Currículo do Curso de Técnicos de Medicina Geral

1º. Semestre
Disciplina de Anatomia e Fisiologia



Ministério da Saúde de Moçambique

2012

‘

Introdução

Com o presente currículo pretende-se formar técnicos de nível médio, da carreira profissional de medicina, designados por Técnicos de Medicina Geral (TMG).

O TMG é um profissional de saúde com formação relevante na área clínica com afectação a nível primário e secundário.

As actividades principais do TMG consistem na prestação de cuidados de saúde a pacientes em ambulatório e em regime de internamento. Essas actividades são desempenhadas de forma integrada, em unidades sanitárias onde operam outros profissionais de nível básico, médio e superior em particular Enfermeiras de Saúde Materno Infantil (ESMI), Enfermeiros gerais, Agentes de Medicina Geral, Agentes e Técnicos de Laboratório e de Farmácia, Agentes e Técnicos de Medicina Preventiva e de Saneamento do Meio e Médicos.

O TMG, segundo as necessidades e disponibilidade em recursos humanos, assume o mais elevado cargo de gestão e administração da unidade sanitária, sendo por isso indispensável que ele possua não apenas competências sólidas na área clínica e preventiva, mas também competências de gestão e administração de uma unidade sanitária no seu todo. Existem unidades sanitárias onde o TMG é o clínico mais diferenciado e é ao mesmo tempo o gestor da unidade sanitária.

Onde existe pessoal mais diferenciado, como é o caso do médico, o TMG é tutorado e supervisionado na sua actividade clínica por este.

O presente pacote de ensino destina-se a fornecer o conteúdo necessário para que o futuro TMG possa adquirir as competências básicas para prestar cuidados de saúde primários e secundários de qualidade ao paciente.

Breve Descrição do Projecto

O Programa de Formação inicial de TMG é fruto da colaboração do I-TECH (International Training and Education Center for Health) que é parte do Departamento de Saúde Global da Universidade de Washington, filiada com a Universidade da Califórnia em São Francisco, com o MISAU (Ministério de Saúde de Moçambique), para melhorar as capacidades clínicas dos TMG no diagnóstico e tratamento das principais doenças, incluindo as relacionadas ao HIV/SIDA, contribuindo desta forma para a melhoria da saúde da população moçambicana.

A formação inicial dos TMG com recurso ao currículo revisto, baseado em competências, consiste em 5 semestres de formação clínica, compostos por 36 disciplinas, leccionadas de forma linear e modular, com actividades na sala de aulas, laboratório humanístico e multidisciplinar e estágio clínico. Para garantir a implementação do currículo revisto de forma eficaz, são realizadas capacitações dos docentes para a introdução de cada semestre do currículo (em metodologias de ensino e de avaliação dos alunos, bem como explicação exaustiva sobre a composição do material) e capacitação de docentes, tutores e supervisores do curso, na organização e seguimento dos alunos nos estágios. Estas capacitações são complementadas com visitas de monitoria e apoio técnico e pedagógico aos docentes e gestores das instituições de formação implementadoras.

Sobre o I-TECH Mozambique

O I-TECH iniciou as suas actividades em Moçambique em Dezembro de 2005, a convite do Programa Global de Combate à SIDA dos Centros de Controlo e Prevenção de Doenças (CDC-GAP). Após uma avaliação preliminar e uma série de visitas de assistência técnica, o I-TECH abriu um escritório em Fevereiro de 2007, que começou como uma pequena organização mas que tem vindo a expandir-se ao longo do tempo. O objectivo do I-TECH Moçambique é prestar assistência ao Ministério da Saúde (MISAU) na capacitação dos profissionais de saúde a fim de enfrentar a escassez de profissionais capazes de fazer o diagnóstico e tratamento adequado às pessoas infectadas pelo HIV. Este esforço visa promover a formação e a tutoria dos profissionais de saúde, especialmente os TMG para que possam fornecer cuidados e tratamento de HIV/SIDA de qualidade.

Agradecimentos

Este currículo enquadra-se no plano do Ministério da Saúde, de revisão do currículo de formação inicial de 30 meses destinado aos Técnicos de Medicina Geral (TMG), para o currículo baseado em competências, com o intuito de transmitir a estes profissionais, conhecimentos, competências e prática necessárias para fornecer cuidados de saúde de qualidade em conformidade com o perfil profissional para o TMG estabelecido pelo MISAU.

Este material é produto de uma extensa colaboração entre diversas instituições que operam na área de saúde em Moçambique e por isso gostaríamos de manifestar o nosso mais profundo agradecimento às instituições que de uma ou de outra forma desempenharam um papel na elaboração e edição do mesmo, destacando a Direcção Nacional de Assistência Médica do Ministério da Saúde, aos directores, docentes, supervisores e tutores de estágio das IdFs.

Este material de ensino foi desenvolvido, com o financiamento do Acordo de Cooperação U91H06801 do Departamento de Saúde e Serviços Sociais dos EUA, a Administração dos Recursos e Serviços de Saúde (HRSA), no âmbito do Plano de Emergência do Presidente dos EUA para o Alívio da SIDA (PEPFAR). Foi desenvolvido em colaboração com o Ministério da Saúde de Moçambique e com o Centro de Prevenção e Controlo de Doenças dos EUA (CDC).

O Ministério da Saúde agradece o apoio técnico e financeiro oferecido pelas entidades supracitadas

I-TECH
International
Training & Education
Center for Health

MOÇAMBICANOS E AMERICANOS
JUNTOS NA LUTA CONTRA O HIV/SIDA

Índice

Introdução 3
Breve Descrição do Projecto 3
Sobre o I-TECH Mozambique 3
Agradecimentos 5
Plano Analítico 1
Definições, Estrutura e Função Celular 6
Diferenciação Celular 22
Observação de Tecidos ao Microscópio 36
Homeostase 43
Anatomia Topográfica (1) 56
Anatomia Topográfica (2) 71
Fundamentos de Embriologia 76
Pele e Estruturas Acessórias 83
Ossos e Cartilagens e Articulações (1) 95
Ossos e Cartilagens e Articulações (2) 109
Músculos 128
Ossos, Articulações e Músculos 140
Ossos, Articulações e Músculos (2) 151
Componentes do Sangue e Linfa 157
Medula Óssea e Fisiologia da Imunidade 167
Coagulação 181
Observação de Células Sanguíneas 191
Anatomia do Sistema Cardiovascular 195
Fisiologia do Sistema Cardiovascular (1) 212
Fisiologia do Sistema Cardiovascular (2) 224
Anatomia Cardiovascular e Auscultação Cardíaca 234
Anatomia do Aparelho Respiratório 239
Anatomia do Aparelho Respiratório 251
Fisiologia do Aparelho Respiratório 262
Anatomia e Auscultação Respiratória 274
Anatomia do Aparelho Digestivo 278
Fisiologia do Aparelho Digestivo 293
Anatomia do Aparelho Digestivo 306
Anatomia do Aparelho Urinário 313
Fisiologia da Produção de Urina 323
Estruturas do Aparelho Urinário 337
Anatomia e Fisiologia do Aparelho Genital Masculino 340

Anatomia do Aparelho Genital Feminino 352
Fisiologia do Aparelho Genital Feminino 362
Estruturas do Aparelho Genital Masculino e Feminino 371
Anatomia das Glândulas Endócrinas..... 376
Fisiologia das Glândulas Endócrinas..... 388
Anatomia do Sistema Nervoso 399
Fisiologia do Sistema Nervoso 412
Fisiologia do Sistema Nervoso 419
Fisiologia do Sistema Nervoso 428
Estruturas do Sistema Endócrino, SNC e Dermátomos..... 442
Olho e Visão 448
Nariz e Olfacto 463
Ouvido, Audição e Equilíbrio 475
Estruturas do Ouvido, Olho, Olfacto e Gosto..... 486
Crescimento..... 491

Plano Analítico

NOME DA DISCIPLINA: **Anatomia e Fisiologia**

DURAÇÃO DA DISCIPLINA: **15 semanas**

NÚMERO DE HORAS POR SEMANA: **7**

NÚMERO TOTAL DE HORAS: **101**

NOME E CONTACTO DO COORDENADOR DA DISCIPLINA:

_____

NOMES E CONTACTOS DOS DOCENTES DA DISCIPLINA:

_____

_____

_____

_____

COMPETÊNCIAS A SEREM ADQUIRIDAS ATÉ AO FINAL DA DISCIPLINA:

O Técnico de Medicina será capaz de realizar as seguintes tarefas:

1. Demonstrar os conhecimentos anatómicos e fisiológicos necessários para melhor compreender o funcionamento normal do ser humano e que permita realizar correctamente uma exploração de um paciente, por sistemas;

DESCRIÇÃO DA DISCIPLINA:

A Anatomia é a ciência que estuda a forma e a estrutura do corpo e das suas partes. Divide-se em Anatomia Macroscópica, que estuda as estruturas visíveis a olho nu, e Microscópica, que estuda mediante o microscópio as estruturas que o olho não consegue diferenciar. A Fisiologia é a ciência que estuda a função do corpo e das suas partes.

Pelo grande tamanho dos conhecimentos acumulados nestas diferentes ciências, tradicionalmente têm sido estudadas na maioria de faculdades e escolas de ciências de saúde, em disciplinas separadas.

Porém, actualmente a tendência é a integrá-las num único âmbito de conhecimento. Assim a estrutura não se deve estudar sem considerar a função que desempenha e a função não se pode entender sem conhecer a estrutura que a realiza.

A Anatomia e a Fisiologia são a base do conhecimento médico e por tanto, uma sólida formação em estas ciências garante um melhor entendimento das ciências clínicas que se estudarão mais adiante no curso.

É por isto, que a ideia é orientar essa imensidade de informação não mediante a sua simples enumeração e descrição, mas sim na sua aplicação futura, nas ciências clínicas, destacando os conhecimentos que o aluno técnico de medicina precisa para construir mais tarde as sistemáticas de diagnóstico e tratamento das doenças mais comuns com as que enfrentar-se-á no dia a dia.

Data / Hora	Número da Aula	Tópicos e Conteúdo	Duração da Aula	Tipo da Aula
	1	**Introdução (1):** - Definições - Estrutura e Função Celular	2 h	*Teórica*
	2	**Introdução (2):** - Diferenciação Celular	2 h	*Teórica*
	3	**Introdução (3):** - Observação de Tecidos ao Microscópio	2 h	*Laboratório multidisciplinar*
	4	**Introdução (4):** - Homeostase	2 h	*Teórica*
	5	**Introdução (5):** - Anatomia Topográfica (1)	2 h	*Teórica*
	6	**Introdução (6):** - Anatomia Topográfica (2)	2 h	*Laboratório humanístico*
	7	**Introdução (7):** - Fundamentos de Embriologia	2 h	*Teórica*
	8	**Pele e Anexos:** - Pele e Estruturas Acessórias	2 h	*Teórica*
	9	**Sistema Músculo-Esquelético:** - Ossos e Cartilagens (1) - Articulações (1)	2 h	*Teórica*
	10	**Sistema Músculo-Esquelético:** - Ossos e Cartilagens (2) - Articulações (2)	2 h	*Teórica*
	11	**Sistema Músculo-Esquelético:** - Músculos (1)	2 h	*Teórica*
	12	**Sistema Músculo-Esquelético:** - Ossos, Articulações e Músculos	2 h	*Teórica*
	13	**Sistema Músculo-Esquelético:** Ossos, Articulações e Músculos	3 h	*Laboratório humanístico*
	14	**Sangue e Linfa (1):** - Componentes do Sangue e Linfa	2 h	*Teórica*
	15	**Sangue e Linfa (2):** - Medula Óssea - Fisiologia da Imunidade	2 h	*Teórica*
	Avaliação		**2h**	***Teórica***

	16	**Sangue e Linfa (3):** - Coagulação - Grupos Sanguíneos - Patologia Sanguínea e da Imunidade	2 h	*Teórica*
	17	**Sangue e Linfa:** - Observação de Células Sanguíneas	2 h	*Laboratório multidisciplinar*
	18	**Sistema Cardiovascular:** - Anatomia do Sistema Cardiovascular	2 h	*Teórica*
	19	**Sistema Cardiovascular:** - Fisiologia do Sistema Cardiovascular (1)	2 h	*Teórica*
	20	**Sistema Cardiovascular:** - Fisiologia do Sistema Cardiovascular (2) - Sistema Linfático	2 h	*Teórica*
	21	**Sistema Cardiovascular:** - Anatomia Cardiovascular e Auscultação Cardíaca	2 h	*Laboratório humanístico*
	22	**Aparelho Respiratório:** - Anatomia do Aparelho Respiratório	2 h	*Teórica*
	23	**Aparelho Respiratório:** - Anatomia do Aparelho Respiratório - Fisiologia do Aparelho Respiratório (1)	2 h	*Teórica*
	24	**Aparelho Respiratório:** - Fisiologia do Aparelho Respiratório (2) - Anatomia do Aparelho Digestivo (1)	2 h	*Teórica*
	25	**Aparelho Respiratório**: - Anatomia e Auscultação Respiratória	2 h	*Laboratório humanístico*
	26	**Aparelho Digestivo:** - Anatomia do Aparelho Digestivo (2) - Fisiologia do Aparelho Digestivo (1)	2 h	*Teórica*
	27	**Aparelho Digestivo:** - Fisiologia do Aparelho Digestivo (2)	2 h	*Teórica*
	28	**Aparelho digestivo:** - Anatomia do Aparelho Digestivo	2 h	*Laboratório humanístico*
	29	**Aparelho Urinário:** - Anatomia do Aparelho Urinário	2 h	*Teórica*
	30	**Aparelho Urinário:** - Fisiologia da Produção de Urina	2 h	*Teórica*
	31	**Aparelho Urinário:** - Estruturas do Aparelho Urinário	2 h	*Laboratório multidisciplinar*
	Avaliação		**2h**	***Teórica***
	32	**Aparelho Genital Masculino:** - Anatomia e Fisiologia do Aparelho Genital Masculino	2 h	*Teórica*
	33	**Aparelho Genital Feminino:** - Anatomia do Aparelho Genital Feminino	2 h	*Teórica*

	34	**Aparelho Genital Feminino:** - Fisiologia do Aparelho Genital Feminino	2 h	*Teórica*
	35	**Aparelho Genital Masculino e Feminino:** - Estruturas do Aparelho Genital Masculino e Feminino	2 h	*Laboratório humanístico*
	36	**Sistema Endócrino:** - Anatomia das Glândulas Endócrinas	2 h	*Teórica*
	37	**Sistema Endócrino:** - Fisiologia das Glândulas Endócrinas	2 h	*Teórica*
	38	**Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso:** - Anatomia do Sistema Nervoso (1) - Fisiologia do Sistema Nervoso (1)	2 h	*Teórica*
	39	**Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso:** - Anatomia do Sistema Nervoso (2) - Fisiologia do Sistema Nervoso (2)	2 h	*Teórica*
	40	**Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso:** - Anatomia do Sistema Nervoso (3) - Fisiologia do Sistema Nervoso (3)	2 h	*Teórica*
	41	**Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso**: - Anatomia do Sistema Nervoso (4) - Fisiologia do Sistema Nervoso (4)	2 h	*Teórica*
	42	**Sistema Endócrino e Sistema Nervoso:** Estruturas do Sistema Endócrino, SNC e Dermátomos	3 h	*Laboratório humanístico*
	43	**Órgãos dos Sentidos:** - Olho e Visão	2 h	*Teórica*
	44	**Órgãos dos Sentidos:** - Nariz e Olfacto - Língua e Gosto - Mecanorreceptores, Termorreceptores e Nociceptores	2 h	*Teórica*
	45	**Órgãos dos Sentidos:** - Ouvido, Audição e Equilíbrio	2 h	*Teórica*
	46	**Órgãos dos Sentidos:** - Estruturas do Ouvido, Olho, Olfacto e Gosto	2 h	*Laboratório humanístico*
	47	**Anatomia e Fisiologia do Crescimento:** - Crescimento	2 h	*Teórica*
	Avaliação		**2h**	***Teórica***
		Total	**101 h**	

BIBLIOGRAFIA:

A. Texto Principal da Disciplina

Jacob, Francone, Lossow. “Anatomia e Fisiologia Humana”. 5ª edição. Guanabara

B. Livros de Referência para a Disciplina

1. Moore, Dalley. “Anatomia orientada para a clínica”. 5ª edição. Guanabara 2007
2. Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006
3. Ganong. “Fisiologia Médica”. 22ª edição. Lange 2005
4. Netter. “Atlas de Anatomia Humana”. 4ª edição. Saunders 2008
5. Sadler. “Langman’s Embriologia Médica com Orientação Clínica”. 8ª edição. Panamericana
6. http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/ (espanhol)
7. http://www.auladeanatomia.com/ (português)

C. Leituras para o Docente Aprofundar no Tópico

D. Leituras Adicionais para o Aluno (se necessário)

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	1
Tópico	Introdução	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Definições, Estrutura e Função Celular	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Definir embriologia, citologia, histologia, anatomia e fisiologia
2. Definir célula
3. Listar as principais componentes celulares
   a. Membrana celular
   b. Citoplasma
   c. Núcleo
4. Listar os componentes da membrana celular
5. Descrever a função das proteínas de canal e das proteínas de transporte
6. Descrever a função dos receptores da membrana
7. Descrever os processos de transporte activos e passivos
8. Listar os componentes do núcleo
9. Listar os componentes do citoplasma
10. Descrever as funções celulares mais importantes
11. Descrever o ciclo celular

Estrutura da Aula

Bloco	Título do bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Disciplina		
2	Introdução à Aula		
3	Definições e Descrição Geral da Célula		
4	Membrana Celular		
5	Citoplasma e Núcleo		
6	Funções da Célula		
7	Ciclo Celular		
8	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

De Robertis. *Biologia celular e molecular*. 8ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian; 1996.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À DISCIPLINA

1.1. Apresentação do/s docente/s.

1.2. Apresentação dos alunos.

1.3. Apresentação do plano temático: tópicos, conteúdos e laboratórios.

1.4. Apresentação da estrutura do módulo com o correspondente cronograma e inter-relações com estágios e outras disciplinas teóricas.

1.5. Explicar o que se espera dos alunos para esta disciplina e os métodos de avaliação.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À AULA

2.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

2.2. Apresentação da estrutura da aula.

2.3. Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 3: DEFINIÇÕES E DESCRIÇÃO GERAL DA CÉLULA

3.1. Definições

- A **Anatomia** é a ciência que estuda a forma e estrutura do indivíduo e das suas componentes (órgãos, aparelhos, etc.), a olho nú ou com lentes de aumento simples ("Morfologia macroscópica", com tamanhos de milímetros ou centímetros).
- A **Fisiologia** é a ciência que estuda a função do indivíduo e das suas componentes (órgãos, aparelhos, etc.), estando relacionadas com níveis de organização da matéria muito mais básicos, pois muitas das funções dos órgãos são de carácter químico.
- A **Embriologia** é a ciência que estuda o desenvolvimento do organismo, desde a concepção (primeira célula) até a formação completa de tecidos e órgãos (morfogénese e organogénese).
- A **Histologia** é a ciência que estuda a forma e estrutura interna dos tecidos, utilizando métodos de microscopia óptica de baixa resolução ("Morfologia microscópica", com tamanhos de micras e milímetros).
- A **Citologia** é a ciência que estuda a estrutura e funções da célula, utilizando o microscópio óptico de alta resolução (tamanhos em micras).

3.2. **Níveis de organização da matéria viva.**

Os seres viços estão organizados em diferentes níveis de complexidade. Assim, teremos os seguintes níveis de organização:

3.2.1 Nível individual. Considera o organismo vivo completo.

3.2.2 Nível de órgãos e sistemas.

- *Órgãos* – é um conjunto de células integradas em tecidos que executam uma função comum. Exemplo: baço, coração, fígado, pulmões, pele.
- *Sistema*: é um grupo de órgãos associados com uma função geral e formados predominantemente pelos mesmos tipos de tecidos (como o sistema muscular, composto por músculos, ou o sistema esquelético, composto por ossos).

- *Aparelho*: grupo de órgãos diferentes em origem e composição, que estão agrupados para cumprir uma função (como o aparelho locomotor, que incluiria músculo, osso e articulações, com o fim de dar mobilidade ao organismo).

3.2.3 Nível tissular. Os "tecidos" são grupos de células com mesma aparência, função e origem embriológica (como o tecido ósseo, muscular ou nervoso), que ao combinar-se formam os órgãos e sistemas.

3.2.4 Nível celular. **As "células" são as unidades individuais básicas, estruturais e funcionais que compõem os seres vivos**. Têm certa autonomia e são capazes de desenvolver as funções vitais (alimentação, crescimento estrutural, manutenção energética, reprodução).

3.2.5 Nível ultra-estrutural. Unidades simples ("organelas") com morfologia e função definida, que formam a célula. São como os órgãos, aparelhos e sistemas para o organismo. O seu estudo é mediante o uso de microscópio electrónico.

3.2.6 Nível bioquímico. Baseado na combinação de átomos (carbono, oxigénio, hidrogénio, etc.), para formar moléculas básicas (glicose, aminoácidos, bases nucleicas), as quais combinam-se em moléculas complexas (carboidratos e lípidos complexos, proteínas, ácidos nucleicos).

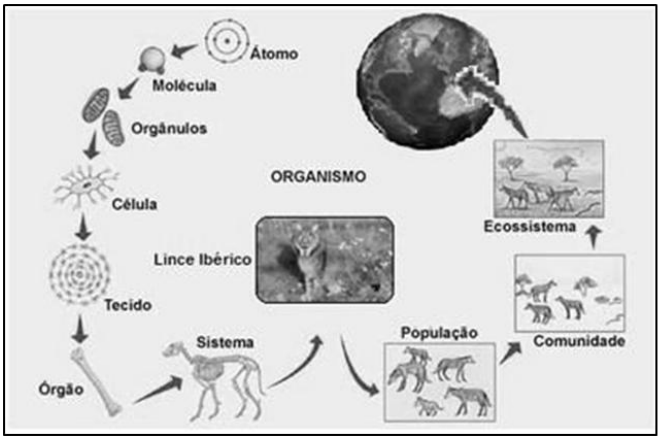


Imagem cortesia de Claúdia Bispo e Ricardina Aragão

Figura 1. Níveis de organização da matéria viva.

Os seres vivos podem estar compostos por uma única célula ("unicelulares", como as bactérias) ou por muitas ("pluricelulares", como o ser humano).

3.3 Classificação das células que compõem o ser humano

As células que compõem o ser humano são:

- "Eucariotas" (com núcleo diferenciado e material genético isolado do resto da célula);
- "Heterotróficas" (obtêm energia da combustão com oxigénio de moléculas procedentes de outros organismos).

3.4 Componentes Principais das células humanas

Os **componentes principais** das células humanas são (não diferem fundamentalmente das de outros animais superiores): membrana celular (também chamada de membrana plasmática), citoplasma e núcleo.

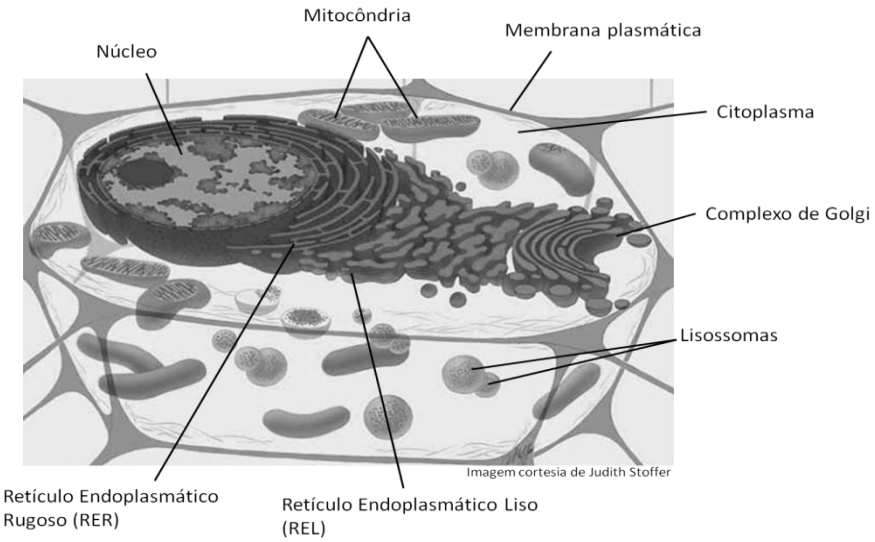


Figura 2. Esquema geral de uma célula animal (eucariota, heterotrófica).

BLOCO 4: MEMBRANA CELULAR

4.1. **Membrana celular ou plasmática** é a estrutura linear que separa o conteúdo celular do meio externo, com função principal de protecção da célula (revestimento e reconhecimento celular) e de controlo selectivo da entrada e saída de materiais (permeabilidade celular e comunicação intercelular).

4.2. Componentes da Membrana Celular

A **ultra-estrutura da membrana** de uma célula humana ideal (microscópio electrónico) responde ao "modelo de mosaico fluido", sendo constituída por:

4.2.1. Uma camada base, formada por dois lençóis de moléculas de fosfolípidos enfrentadas ("bicamada lipídica"). Cada fosfolípido tem um extremo hidrofílico (atrai a água) e um extremo hidrofóbico (repele a água). Os extremos hidrofílicos se enfrentam entre si no meio da bicamada e os hidrofóbicos formam a superfície externa e interna.

4.2.2. "Proteínas integrais ou intrínsecas", diferentes complexos proteicos embutidos na bicamada num arranjo assimétrico e fluido, pois estas proteínas podem realizar movimentos de translação ao longo da bicamada.

4.2.3. "Proteínas periféricas ou extrínsecas", pousadas sobre a superfície interna da bicamada, ligadas ao citoesqueleto (estrutura proteica reticulada que dá forma e consistência à célula), ou pousadas sobre a superfície externa ("glicocálix").

Algumas destas proteínas são grupos complexos adaptados a funções específicas: mecânicas (dar estrutura à célula), transportadoras (levar outras moléculas entre partes diferentes da célula), receptoras antigénicas (capazes de reconhecer e fixar moléculas estranhas ao organismo) e enzimáticas (capazes de facilitar reacções químicas).

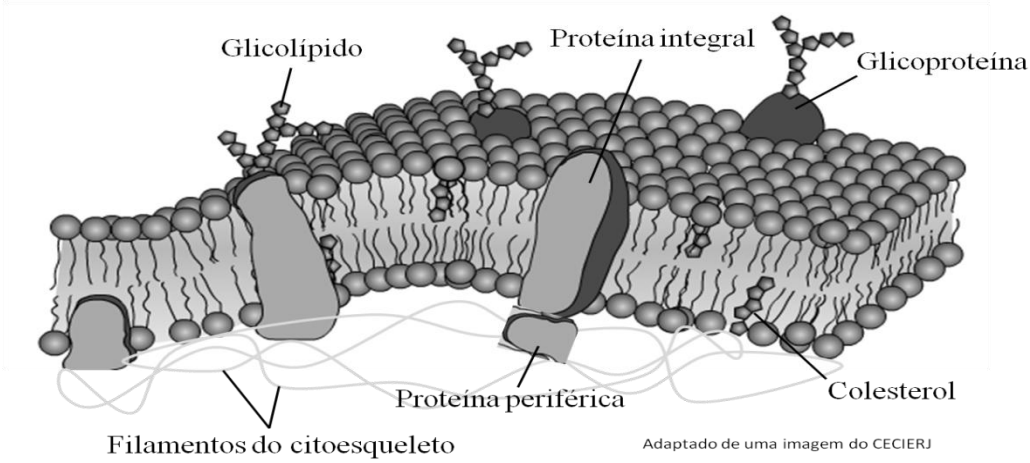


Figura 3. Esquema da ultra-estrutura da membrana plasmática.

4.3. Permeabilidade Celular.

A membrana celular apresenta permeabilidade selectiva (semi-permeável) fundamental para a manutenção das condições do meio intracelular, estabelecendo uma barreira entre o líquido intracelular (LIC) e o extracelular (LEC), com composições químicas, cargas eléctricas e pressões osmóticas diferentes. Este trânsito selectivo trans-membrana pode ser feito de duas maneiras:

4.3.1. *Permeabilidade passiva*, quando o trânsito de moléculas através da membrana obedece apenas a tendência ao equilíbrio mediante leis físicas básicas como:

- Difusão, que é a passagem de moléculas em solução de um lado (elevada concentração) ao outro (baixa concentração) através de uma membrana permeável para igualar as concentrações das moléculas dissolvidas em ambos lados.

- Osmose, que é passagem de água através duma membrana semi-permeável (permeável à água mas não às moléculas dissolvidas), para o lado onde as moléculas dissolvidas estão mais concentradas para tentar igualar as suas concentrações em ambos lados da membrana.

- Gradiente eléctrico, que é a passagem de iões carregados electricamente para tentar igualar a carga total a ambos lados da membrana.

- Lipossolubilidade, moléculas hidrossolúveis não atravessam a membrana, por ter superfície lipídica hidrofóbica.

- Tamanho da molécula, pelo que quanto mais pequena é a molécula, melhor transita.

4.3.2. *Permeabilidade activa, é* quando o trânsito de moléculas se faz contra as leis anteriores, para o qual é preciso um gasto de energia, mediante mecanismos específicos, diferentes para cada tipo de molécula, como:

- Bomba de sódio/potássio, pela que a membrana lança (através de “poros carregados electricamente”) Na+ e água para o exterior, e K+ para o interior, em contra dos gradientes osmóticos para poder manter um meio intracelular adequado.

- Translocadores ou permeases, proteínas de transporte com capacidade para reconhecer e ligar a molécula correspondente (glicose, por exemplo) no meio extracelular e introduzi-la no citoplasma.

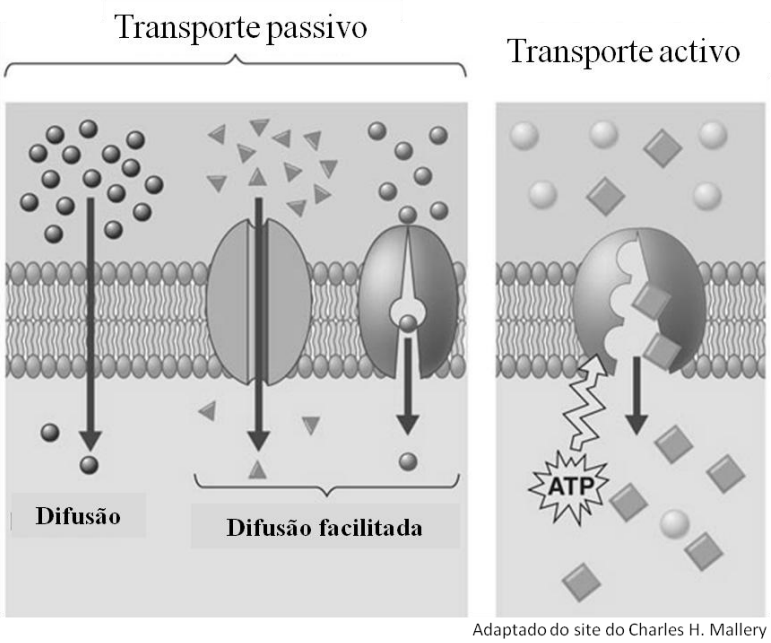


Figura 4. Permeabilidade celular passiva e activa.

4.4. A **comunicação intercelular** é fundamental para o funcionamento dos organismos pluricelulares. As células dum tecido precisam realizar actividades sincronizadas e para isto é obrigatório a propagação de sinais reguladores, entre eles:

4.4.1. *Acoplamento eléctrico*, correntes eléctricas que sincronizam grupos de células mediante a passagem de célula a célula ("canais de união") de iões carregados.

4.4.2. *Acoplamento metabólico,* que permite passar açúcares, vitaminas, metabólitos, entre outros, para um controlo coordenado das actividades enzimáticas.

4.4.3. *Acoplamento regulador,* pelo que pequenas moléculas (nucleótidos) passando de célula em célula controlam o seu crescimento e diferenciação.

4.5. O **revestimento ou cobertura celular** é uma camada de polissacáridos ("glicocalix") e lípidos ligados às proteínas da superfície exterior da membrana celular, secretados pela célula e incorporado na sua superfície (renovação activa contínua) com as funções de:

4.5.1. *Protecção mecânica e química* da célula (como no epitélio gástrico, onde têm que resistir agressões químicas), e regulação da passagem de moléculas pelo seu tamanho (importante na filtração do sangue pelas células renais).

4.5.2. *Criação de um micro-ambiente electroquímico* que actua como barreira à difusão de iões (importante na excitabilidade das células musculares).

4.5.3. *Reconhecimento celular,* que permitem o reconhecimento de células do mesmo tipo e organismo e a rejeição de outras que lhe são estranhas (como os grupos sanguíneos presentes nos eritrócitos).

4.5.4. *Adesão intercelular,* com a criação de uma matriz extracelular comum que preenche o espaço que fica entre as células ("espaço intersticial") e agrega as células num tecido único.

4.6. As **diferenciações da membrana celular** referem-se a regiões adaptadas a funções altamente específicas, presentes ou não dependendo do tipo de célula. Destacam-se:

4.6.1. "Lâmina basal", camada espessada de material extracelular (nos epitélios serve de base para o alinhamento das células).

4.6.2. “Microvilosidades”, prolongamentos múltiplos da membrana com forma de dedo de luva, com função de aumentar a superfície total e permitir maior intercâmbio com o meio extracelular (absorção de nutrientes no epitélio intestinal).

4.6.3. “Junções estreitas”, áreas para selar o espaço intersticial, evitando a passagem de fluido desde o lúmen dum órgão ao interstício do tecido.

4.6.4. “Junções comunicantes”, placas proteicas acopladas intimamente entre duas células adjacentes, com um canal no centro para a passagem selectiva de pequenas moléculas (comunicação intercelular).

4.6.5. “Desmossomas” (pontuais ou contínuos), estruturas que realizam adesão mecânica mediante filamentos entre tecidos (como botões e zips) entre células de tecidos que se encontram submetidas a stress mecânico (tecidos elásticos).

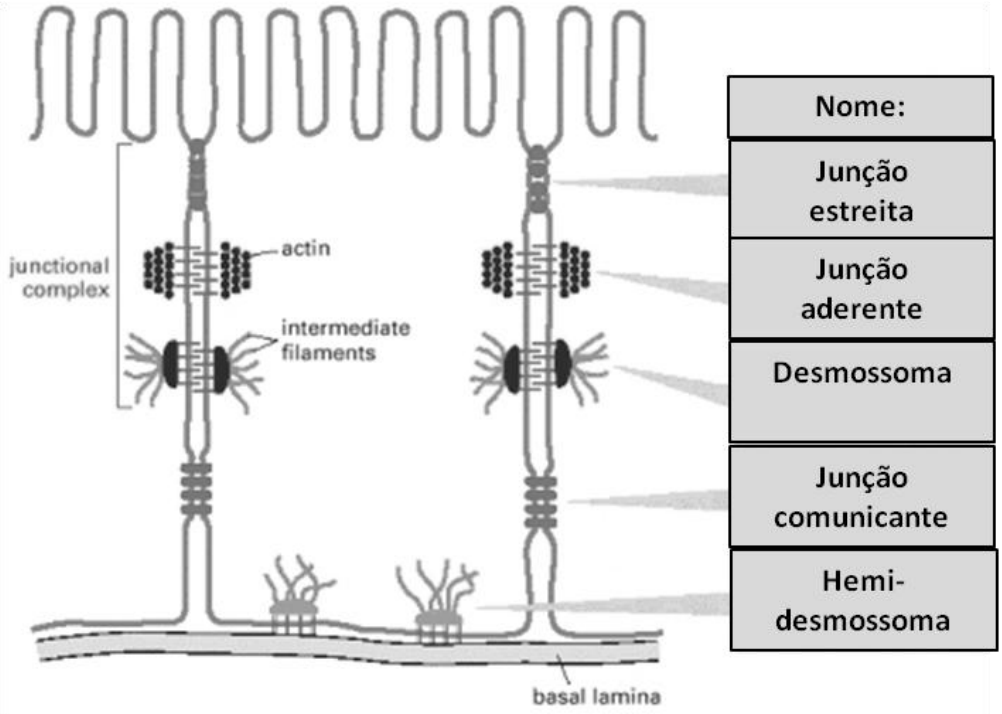


Imagem ©2002 de Molecular Biology of the Cell 4E por Alberts et al.
Reproduzido com permissão de Garland Science/Taylor & Francis LLC.

Figura 5. Estruturas de diferenciação celular das membranas de duas células epiteliais.

BLOCO 5: CITOPLASMA E NÚCLEO

5.1. **Citoplasma** compreende todo o volume da célula incluído dentro da sua membrana, com a excepção do núcleo, que está preenchido por uma solução aquosa (**matriz citoplasmática**) com moléculas, quer dissolvidas (movendo-se por difusão livre), quer organizadas em estruturas semi-rígidas (conferem uma organização interna que canaliza muitas reacções químicas celulares ao longo de vias restritas).

A matriz pode estar em forma líquida (“citosol”) ou de gel (“citogel”), que aparecem simultaneamente em sítios distintos da mesma célula e se inter-trocam dinamicamente (sol > gel e gel > sol), dependendo de actividades específicas intracelulares.

Na matriz se realizam importantes funções celulares, como a síntese proteica, a decomposição de grandes moléculas e a grande maioria de reacções bioquímicas (mediadas por “enzimas”) que mantêm um meio interno celular constante.

5.2. **Citoesqueleto**. Rede de filamentos proteicos da matriz, com função de manter a forma e estrutura da célula e de servir de fixação aos diferentes organelos e enzimas. Não é fixo, mas se reconstrui continuamente, permitindo mudanças rápidas na forma (células musculares) ou na estrutura celular (processos de divisão) e servem de base para os movimentos das células móveis (leucócitos). Inclui:

5.2.1. *Microtúbulos* (tubulina)

5.2.2. *Microfilamentos* (actina, miosina e tropomiosina).

5.2.3. *Filamentos intermédios*.

Todos os três tipos de fibras estão relacionados com a resistência, manutenção e fortalecimento celular, forma da célula, divisão celular, contracção, motilidade e movimento dos cromossomas no interior da célula.

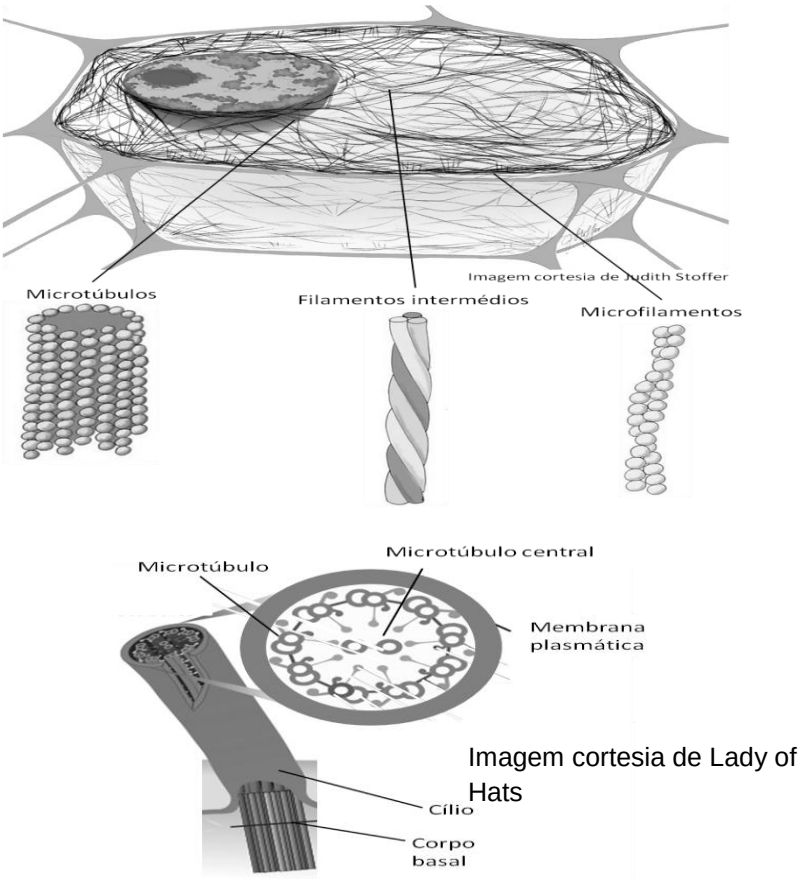


Figura 6. Citoesqueleto e organelos microtubulares.

5.3. **Organelas microtubulares**. Microtúbulos reunidos de formas específicas e com funções diferentes:

5.3.1. *Cílios*. Múltiplas pequenas prolongações pilosas da membrana dotadas de movimento formadas por microtúbulos, com função de deslocar líquidos pela superfície celular exterior com movimentos ondulatórios (epitélio respiratório).

5.3.2. *Flagelos*. Estruturas semelhantes aos cílios, mas em escasso número e com grande comprimento. Função locomotora em células livres (espermatozóides).

5.3.3 *Centrosomas*. Com dois “centriolos” perpendiculares, ponto de partida na montagem do citoesqueleto e na formação do fuso durante a mitose.

5.4. **Sistema endomembranoso.** Rede de membranas, vesículas e sáculos (morfológica e funcionalmente semelhante à membrana celular), comunicadas entre si formando um compartimento (“matriz endoplasmática”) isolado do resto do citoplasma que funciona como um aparelho circulatório. Inclui vários organelos diferenciados:

5.4.1. *Invólucro nuclear*. Membrana dupla que delimita o núcleo. Função de protecção do material genético e de controlo do trânsito de moléculas entre núcleo e citoplasma (“poros nucleares”).

5.4.2. *Retículo endoplasmático rugoso (RER)*. Rede sacular com “ribossomas” ancorados na superfície externa, com função de sintetizar as cadeias proteicas que depois acabam por se reunir no interior do RER, e transportar para: exterior (enzimas ou antigénios), outras partes da célula (estruturas ou enzimas intracelulares) ou inclusão nas próprias membranas.

5.4.3. *Retículo endoplasmático liso (REL)*. Rede tubular sem ribossomas, com funções de síntese e transporte de moléculas não proteicas (lípidos e carboidratos, como o glicogénio).

5.4.4. *Aparelho de Golgi*. Pilha de sacos discóides em contínua renovação, com um pólo de formação de membranas (ligado ao invólucro ou ao REL) e um pólo de maturação (com discos dos que se desprendem vesículas). Função de completar as moléculas produzidas no RER e REL e secretá-las ao exterior ou armazená-las para uso interno por meio das vesículas (“grânulos de zimogénio”).

5.4.5. *Lisossomas*, vesículas desprendidas do aparelho de golgi, com enzimas, utilizadas para:

- Digestão na própria vesícula de produtos exteriores, incorporados na célula por fagocitose (“endocitose”);
- Digestão na própria vesícula de restos intracelulares para serem excretados (“exocitose”); e
- Digestão extracelular pela libertação das enzimas no meio externo (“exocitose”).

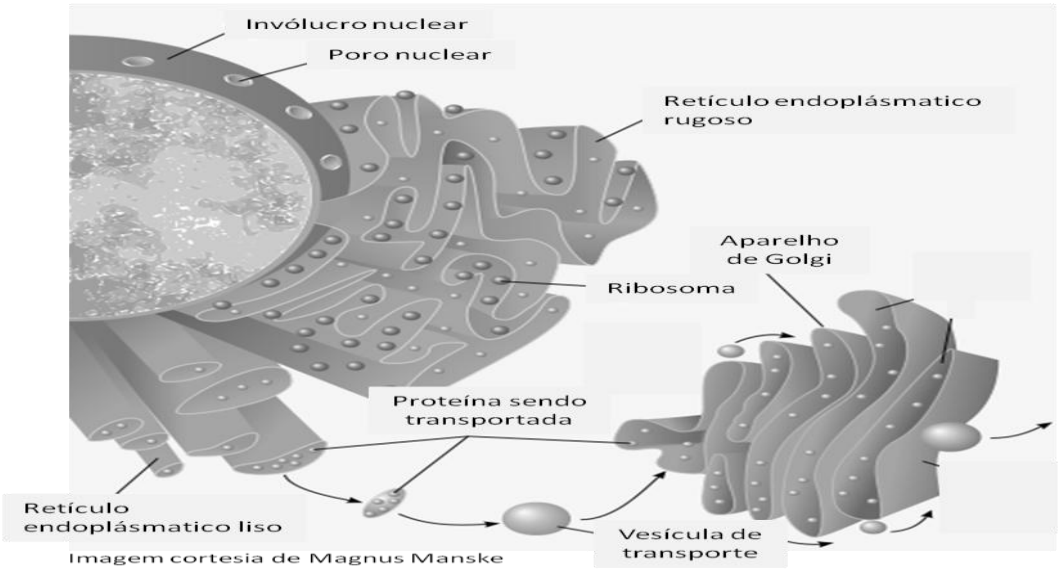


Figura 7. Sistema endomembranoso.

5.5. **Mitocôndrias.** Organelos semi-autónomos de forma capsular, delimitados por duas membranas: uma exterior, lisa, e uma interior com invaginações, que contêm as enzimas da respiração celular, que são sintetizadas pela própria mitocôndria (têm material genético e ribossomas próprios como maquinaria de produção).

Produzem a energia que as células precisam para todas as actividades (crescimento, manutenção e reprodução), mediante a combustão aeróbica de moléculas simples que produz ligações de fosfato altamente energéticas como "ATP" ("fosforilação oxidativa"), que são as unidades básicas de energia armazenáveis e utilizáveis pela célula.

5.6. **Núcleo**. Estrutura esférica, bem isolada do citoplasma pelo "invólucro nuclear", que guarda o material genético, o qual contêm toda a informação (codificada em sequências de bases nos ácidos nucleicos) que a célula precisa para realizar as suas actividades e que vai transmitir às novas células que se formem a partir dela.

5.6.1 A substância genética, o ácido desoxirribonucleico (DNA) localiza-se em estruturas chamadas cromossomas (no ser humano existem 46 cromossomas em cada célula, excepto no espermatozóide e óvulo que contém 23 cromossomas). Os segmentos de DNA contendo informação codificada para a síntese de proteínas são chamados de **genes** (unidades hereditárias que ocupam posições específicas nos cromossomas). O conjunto de cromossomas de uma célula, caracterizado pelo número, tamanho e forma desses mesmos cromossomas recebe o nome de **cariótipo**.

5.6.2 Este material genético está organizado em diferentes cadeias de DNA e proteínas (histonas) que conformam a "cromatina".

- O núcleo controla a síntese de proteínas no citoplasma, enviando mensageiros moleculares (ácido ribonucleico mensageiro - RNAm) replicados do DNA nuclear, para montar nos ribossomas a estrutura primária (sequência de aminoácidos) de cada proteína.

- "Nucléolo" é um corpo dentro do núcleo onde se produzem o RNAr (ácido ribonucleico ribossómico) que compõem os ribossomas.

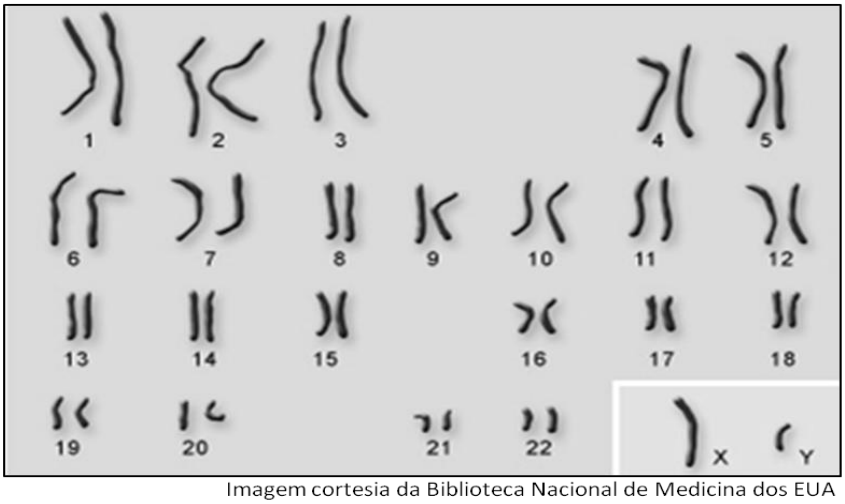


Imagem cortesia da Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA

Figura 8. Cariótipo humano: os 23 pares de cromossomas ordenados. O par 23, denominado cromossomas sexuais, é diferente em mulheres (tem dois cromossomas "X") e em homens (tem um cromossoma "X" e um "Y").

BLOCO 6: FUNÇÕES DA CÉLULA

6.1. **Funções básicas**. Aquelas que todas as células realizam, relacionadas com manter a sua própria vitalidade celular:

6.1.1. *Comunicação* (entre células e com o interstício), mediante a passagem selectiva (por mecanismos activos e passivos) de moléculas com carga eléctrica ou com informação quimicamente codificada.

6.1.2. *Alimentação*, pela passagem activa ou passiva (membrana celular) de oxigénio e nutrientes para o citoplasma.

6.1.3. *Digestão e eliminação de resíduos*, mediante lisossomas e processos de exocitose e endocitose.

6.1.4. *Metabolismo e manutenção do meio interno celular*, fundamental para permitir o resto das funções, mediante "enzimas" facilitadoras das reacções bioquímicas.

6.1.5. *Síntese de moléculas* necessárias para a estrutura e metabolismo da célula: proteínas (nos ribossomas e no RER), lípidos e açúcares (no REL).

6.1.6. *Produção e armazenamento de energia*, nas mitocôndrias principalmente, armazenada como ATP que estará presente em todos os processos activos da célula.

6.1.7. *Mobilidade*, absoluta (de toda a célula, por flagelos o cílios) ou relativa (do meio exterior, por cílios, pseudópodos, etc.).

6.1.8. *Protecção*, contra as agressões mecânicas ou químicas do exterior, salvaguardando o meio interno celular.

6.1.9. *Reprodução*, divisão celular (por mitose) para dar lugar a novas gerações de células idênticas.

6.1.10. *Controle e regulação* dos processos celulares, a partir da informação genética contida no DNA do núcleo celular.

6.2. **Funções especializadas.** Aquelas que só certas células dentro do organismo realizam, relacionadas com manter a vitalidade do organismos ao que pertencem. Entre as principais estão:

6.2.1. *Estruturais*, que dão forma ao organismo (células ósseas).

6.2.2. *Protectoras,* que criam barreiras contra as agressões do meio ambiente (células epidérmicas queratinizadas).

6.2.3. *De defesa do organismo*, que identificam e neutralizam agentes agressivos para os organismos como microrganismos e tóxicos (células do sistema imune).

6.2.4. *Secretoras*, que produzem moléculas fundamentais para o funcionamento de outras partes do organismo (células glandulares)

6.2.5. *Excretoras*, que eliminam produtos residuais do metabolismo (células renais)

6.2.6. *Transportadoras*, que levam produtos vitais entre partes do organismo (eritrócitos).

6.2.7. *De contractilidade*, que permitirão a mobilidade de partes ou todo o organismo (células musculares)

6.2.8. *De informação e controle*, que por sinais eléctricos ou químicas, dirigem e integram as diferentes funções do organismo (células nervosas e endócrinas).

6.2.9. *Reprodutoras*, que recombinam e reduzem o material genético para se juntar com outras de outros organismos e formar um organismo novo (gâmetas).

BLOCO 7: CICLO CELULAR

7.1. **Ciclo celular** é a sequência das fases pelas que passa uma célula, desde que "nasce" (da divisão da célula mãe precedente) até que se divide para dar duas células filhas. Inclui a interfase (períodos G_1, S e G_2) e a mitose (divisão celular).

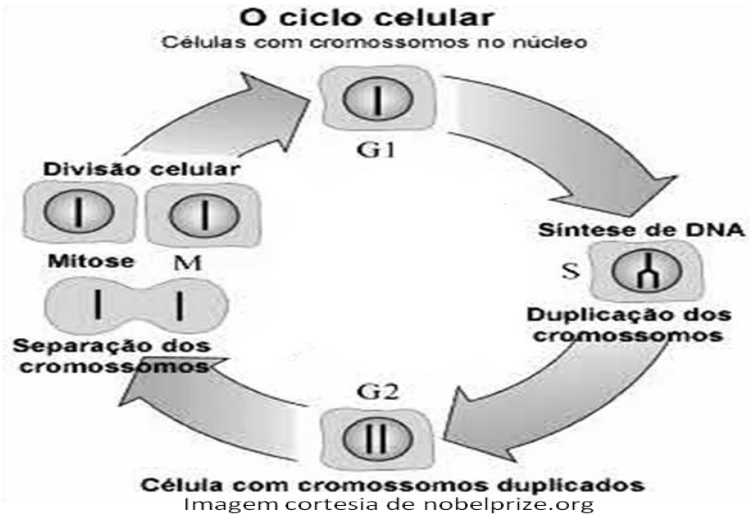


Figura 9. Ciclo celular.

7.1.1. *"Período G_1"* é o início do ciclo, desde o fim da mitose que da origem à célula ("nascimento") até ao começo da síntese de DNA. Os cromossomas não estão condensados e tem um só cromatídio. A sua duração é muito variável dependendo do tipo de célula e organismo (desde horas até anos).

As células que não se dividem (como os neurónios) e as que tem ciclos prolongados, param o seu ciclo num ponto específico de G_1 e entram num "estado G_0", retirado do ciclo celular, para sempre ou até retomar o crescimento, respectivamente.

7.1.2. *"Período S"* é a fase de síntese de DNA, preparatória da divisão celular, pela que o material genético da célula (cromatina) replica-se em outro jogo completo. Tem duração constante nas células do mesmo organismo (horas, no ser humano).

7.1.3. *"Período G_2"* é a fase que vai desde o fim da síntese de DNA até o começo da mitose. Começa a condensação da cromatina em cromossomas. Tem uma duração constante e curta (poucas horas).

7.1.4. *"Mitose"* é a fase de divisão da célula em duas novas células idênticas (que terão dotação genética simples (um cromatídio por cromossoma) e entrarão num novo período G_1. Tem uma duração curta (1-2 horas).

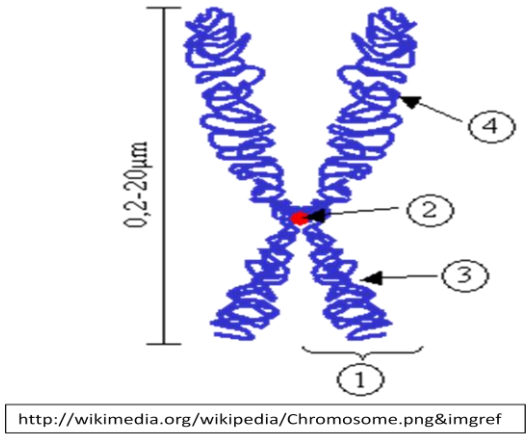


Figura 9. Cromossoma. (1) Cromatídeo. Cada um dos dois braços idênticos dum cromossoma depois da fase S. (2) Centrómero. O ponto de ligação de dois cromatídeos, onde se ligam os microtúbulos. (3) Braço curto. (4) Braço longo.

7.2. **Mitose** é o mecanismo pelo qual a célula divide-se em dois, distribuindo em quantidades equivalentes, os componentes que foram duplicados previamente. Tem quatro fases de divisão nuclear e um posterior de divisão citoplasmática.

7.2.1. "Profase". Cromossomas acabam de condensar-se, mostrando seus 2 cromatídios e o centrómero. No citoplasma, os dois centríolo vão migrando para os pólos da célula, iniciando a formação do *fuso mitótico*.

7.2.2. "Metafase". Invólucro nuclear desaparece, misturando-se núcleo e citoplasma e os cromossomas ligam-se à parte média do fuso, formando a *placa equatorial*.

7.2.3. "Anafase": os centrómeros separam os cromatídios dos cromossomas, migrando cada um para um pólo, pelo encurtamento dos microtúbulos do fuso.

7.2.4. "Telofase": reestruturam-se os invólucros (dois agora), em volta de cada grupo de cromossomas, que descondensam-se em cromatina.

7.2.5. "Citocinese" é o processo de divisão do citoplasma (com divisão equitativa de organelos) a partir duma constrição da membrana na zona equatorial.

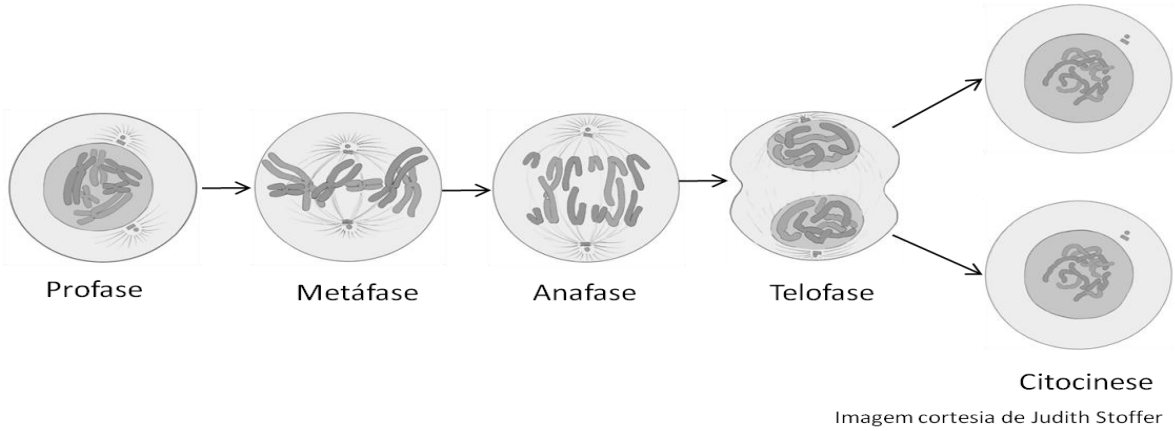


Figura 10. Mitose: profase, metáfase, anafase, telofase e citocinese.

7.3. **Meiose** é uma variedade da mitose realizada só pelas células germinais (reprodutoras) dos organismos sexuados, pela qual a célula mãe com material genético completo (*diplóide*) produz células filhas ("gâmetas") com metade do material genético (*haplóides,* com apenas um

cromossoma de cada par) que têm sido previamente misturado e distribuído aleatoriamente (*recombinação genética*).

7.3.1. A fusão dum gâmeta com outro, de outro organismo da mesma espécie, darão lugar a um novo indivíduo (zigoto) com material genético completo, mas com informação misturada dos dois pais (hereditariedade biparental), o qual permite uma enorme variabilidade genética e mais possibilidades de adaptação ao meio.

7.3.2. Na *Espermatogénese* e na *Ovogénese* (para homens e mulheres, nos testículos e ovários, respectivamente), uma célula mãe com 23 pares de cromossomas e mediante duas divisões consecutivas sem duplicação do DNA, produz quatro células com 23 cromossomas (4 espermatozóides no homem e um óvulo e três células polares – atróficas - na mulher)

- Na mulher a meiose dura anos. O ovário desde a época embrionária já tem folículos primários, que são células paradas no início da meiose. Em cada ovulação, liberta um folículo, que completa a 1ª divisão, e só no caso de ser fecundado por um espermatozóide, completará a 2ª divisão.

- No homem, as células germinais só começam entrar em meiose na puberdade e continuam fazendo-o durante toda a fase sexual activa.

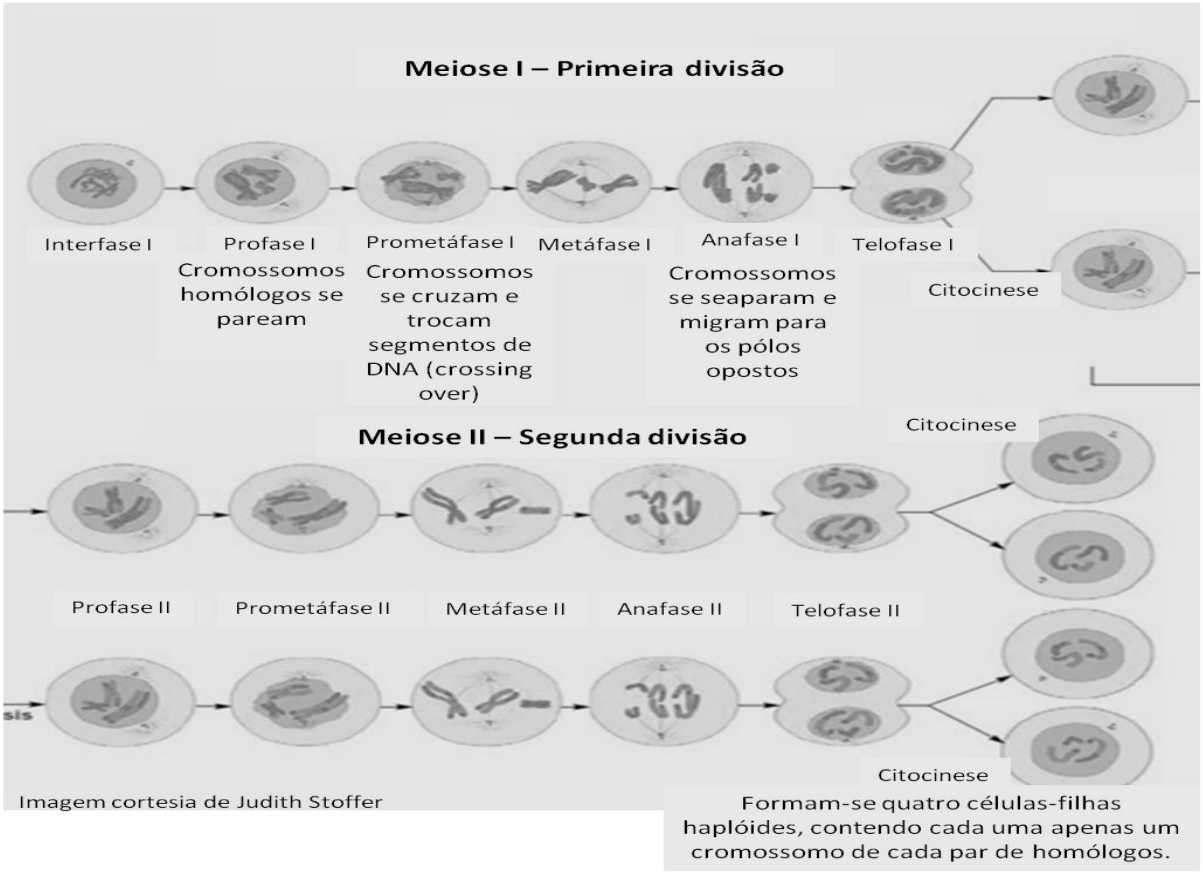


Figura 11. Meiose: divisões I e II.

BLOCO 8: PONTOS-CHAVE

8.1. As células se especializam em diferentes tipos, que se unem em “tecidos” (com o mesmo tipo celular), que estruturam os “órgãos” (unidades morfológicas macroscópicas), que formam os aparelhos e sistemas (grupos morfológicos e funcionais completos), que se integram para formar o organismo completo.

8.2. A Anatomia estuda a forma e estrutura de órgãos, aparelhos e sistemas. A Histologia estuda a forma e estrutura de células e tecidos. A Fisiologia estuda a função dos diferentes níveis de organização do organismo. A Embriologia estuda o desenvolvimento do organismo desde a primeira célula até a morfogénese completa.

8.3. A célula está composta por: membrana celular, citoplasma e núcleo.

8.4. A célula é capaz de realizar as funções vitais de todo ser vivo: alimentação, digestão e eliminação de resíduos, manutenção do meio interno, produção de energia, mobilidade e protecção, comunicação, controle e regulação das suas próprias funções e reprodução. Além, cada tipo celular tem funções especializadas dentro do organismo.

8.5. O ciclo celular e a sequência de fases pelas que passa uma célula desde que nasce até que morre, e inclui a “interfase” (períodos G1, S e G2) e a “fase de divisão” (mitose, pela que a célula mãe se divide em duas células filhas completas e iguais).

8.6. Meiose é um tipo de divisão celular realizada só pelas células reprodutoras, pela que uma célula com material genético completo (diplóide) produz células filhas (“gâmetas”) com metade do material (haplóides) distribuído aleatoriamente (recombinação genética).

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	2
Tópico	Introdução (2)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Diferenciação Celular	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever os mecanismos de diferenciação celular
2. Explicar os mecanismos de organização das células em tecidos
3. Diferenciar os principais grupos de tecidos: epitelial, conjuntivo, muscular, nervoso e outros
4. Classificar os tipos de epitélio: simples, estratificado, pseudoestratificado, escamoso, cúbico, colunar, ciliado, de transição
5. Listar os tipos de tecidos conjuntivos
6. Diferenciar células dos seguintes tecidos conjuntivos: osso, cartilagem, sangue, tecido adiposo, tecido conjuntivo frouxo e denso
7. Diferenciar os tipos de tecidos musculares (esquelético, cardíaco e liso)
8. Diferenciar neurónios e neuroglia

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Mecanismos de Diferenciação Celular		
3	Tecidos: Generalidades		
4	Tecido Epitelial		
5	Tecido Conjuntivo		
6	Tecido Muscular		
7	Tecido Nervoso		
8	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

De Robertis. *Biologia celular e molecular*. 8ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian; 1996.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Junqueira C. *Biologia celular e molecular*. 6ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1997.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá dominar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: MECANISMOS DE DIFERENCIAÇÃO CELULAR

2.1. O **corpo humano** tem cerca de 200 tipos de células diferentes. Todas têm a informação genética completa, mas cada uma utiliza apenas uma pequena parte desta informação para desenvolver uma morfologia particular encaminhada a cumprir com uma função específica.

2.2. **Diferenciação celular**. Processo pelo qual se estabelecem diferenças morfológicas e funcionais entre as células, a partir de uma única célula totipotencial, o "zigoto" (óvulo fecundado), para dar origem aos vários tecidos, órgãos e sistemas do organismo.

O processo envolve dois mecanismos de controle principais. Por uma lado, os genes que mantém o embrião no seu estado totalmente potencial são desligados e, ao mesmo tempo, os genes específicos de cada tecido, são ligados. Assim, activando um determinado conjunto de genes, o embrião pode produzir células musculares e, activando um conjunto diferente de genes, as mesmas células imaturas podem gerar células do fígado, e assim por diante, com cada conjunto de genes sendo responsável pela produção de um determinado tipo de tecido. Este processo é regulado por mecanismos intrínsicos (genéticos e citoplasmáticos) e mecanismos extrínsicos (factores locais: sinais bioquímicos que se transmitem entre células iguais, e factores ambientais: radiação, temperatura, tóxicos, medicamentos, vírus)

2.2.1. A diferenciação aumenta a eficiência das células, que se especializam em funções específicas diferentes.

2.2.2. Uma vez definida o tipo de célula, o seu estado diferenciado é muito estável e vai persistir nas seguintes gerações celulares.

2.2.3. "Potencialidade" é a capacidade que uma certa célula tem de originar outros tipos celulares. A maior diferenciação, menor potencialidade, e vice-versa.

- *Os primeiros blastómeros (células divididas do zigoto), ainda nada diferenciados, têm uma potencialidade do 100% e darão origem a todos os tipos celulares.*
- *A maioria das células do adulto tem mínima potencialidade (uma célula muscular não pode dar origem a células nervosas, por exemplo). Mas existem algumas células que ainda tem potencialidade para se diferenciar em tipos celulares distintos, como as da medula óssea, que podem originar diferentes células do sangue dependendo das necessidades do organismo.*

2.2.4. *"Divisibilidade"* é a capacidade que a célula tem de dividir-se e dar gerações de células iguais. Quanto maior diferenciação, menor será a divisibilidade, e vice-versa.

- *Certas células do adulto (como as da pele ou as que recobrem o estômago) têm muita capacidade de se dividir, e continuamente estão sendo renovadas. Outras células, como as nervosas, não têm nenhuma capacidade de se dividir, pelo que quando morrem, não são substituídas por outras novas.*

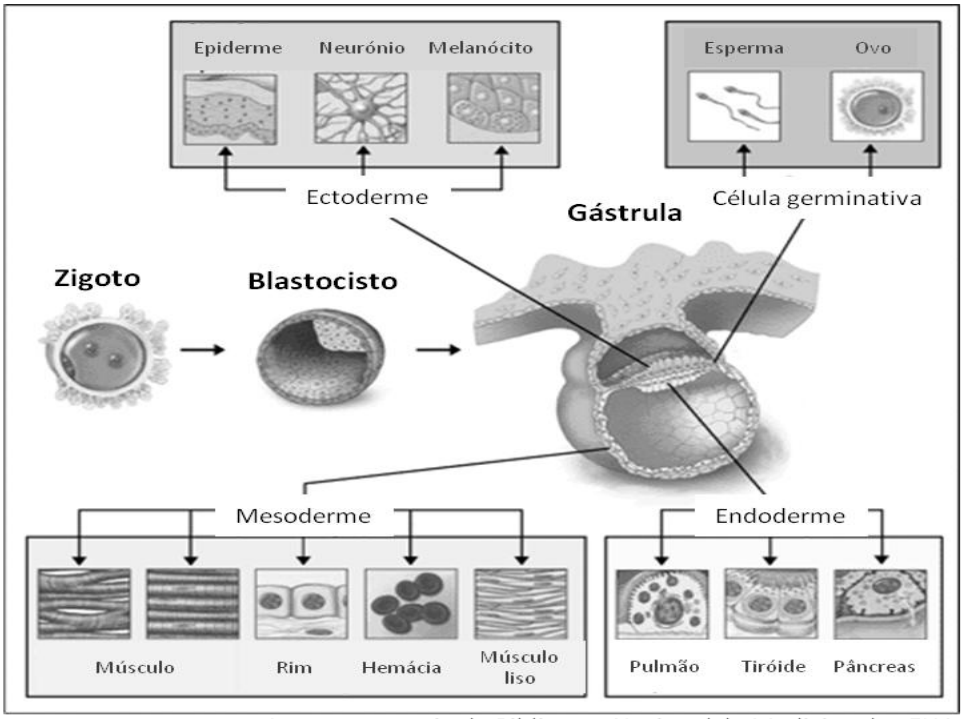


Figura 1. Diferenciação celular.

BLOCO 3: TECIDOS: GENERALIDADES

3.1. **Tecidos** são grupos organizados de células semelhantes que desenvolvem colectivamente uma função comum. Têm como características principais:

- Estão compostas por múltiplas unidades com função semelhante, *células do mesmo tipo ou tipos celulares parecidos*.
- A *função conjunta* do tecido é possível pela comunicação física (eléctrica) e química (moléculas transitam por comunicações intercelulares) entre as células.
- Vários tecidos diferentes organizam-se para *formar níveis superiores* de organização (órgãos, sistemas).

Os tecidos não só se compõem de células, mas também de materiais intercelulares (*"matriz extracelular"*) com funções estruturais do tecido (como no osso), de alimentação e limpeza das próprias células, e de comunicação e coordenação molecular.

3.2. Principais Grupos de Tecidos

Existem mais de 200 tipos de células no corpo humano, que podem ser agrupadas em **quatro tecidos fundamentais**:

3.2.1. *Tecido epitelial*. Grupos celulares compactos, sem quase matriz extracelular e sem vascularização, que formam lençóis que recobrem o corpo, cavidades e órgãos ocos (como o epitélio da pele, do interior do estômago ou da bexiga) ou se agrupam em órgãos sólidos que sintetizam e secretam diferentes produtos necessários para as funções do organismo (como o fígado e o pâncreas para a digestão).

3.2.2. *Tecido conjuntivo ou conectivo*. Inclui uma variedade de tecidos diferentes, com abundante matriz extracelular (na qual se realizam grande parte das suas funções). No geral, dão suporte, recheio e estrutura aos outros tecidos (como as fáscias, tendões e ligamentos que facilitam a função móvel dos músculos e articulações) ou a todo o organismo (como o tecido

ósseo que forma o esqueleto). As células do sangue, muito especializadas, também são consideradas neste grupo.

3.2.3. *Tecido muscular*. Células altamente especializadas, com propriedades contrácteis, que produzem o movimento geral do organismo (músculos ligados ao esqueleto) e a mobilidade de certos órgãos que facilita a sua função (contractilidade do intestino, para a digestão e absorção dos alimentos, ou da bexiga, para o esvaziamento de urina).

3.2.4. *Tecido nervoso*. O mais altamente especializado do organismo, capaz de gerar e transmitir impulsos eléctricos pelo corpo com função de transmissão de informação entre outros tecidos, órgãos e sistemas.

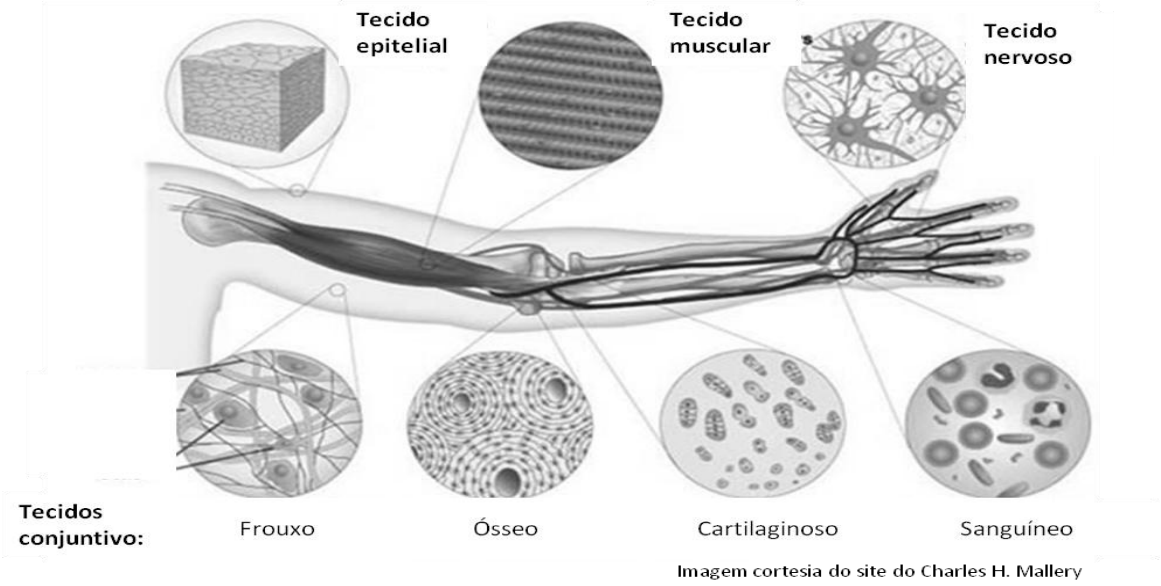


Figura 2. Tecidos fundamentais.

BLOCO 4: TECIDO EPITELIAL

4.1. **Tecido epitelial**. Composto por células adjacentes sem quase matriz extracelular, que se organizam em dois tipos de arranjos:

- Dispostas em camadas, para formar membranas conexas, que recobrem externamente o organismo e internamente órgãos e cavidades, ou
- Dispostas em estruturas ramificadas (“ácinos”) para formar órgãos compactos (“glândulas”) que produzem substâncias necessárias para o funcionamento do organismo.

4.1.1. Têm funções de:

- Protecção, como na epiderme da pele.
- Absorção, como no epitélio intestinal, que recobre o tubo digestivo.
- Metabolismo, como no parênquima hepático.
- Secreção e Excreção, como nas glândulas digestivas e endócrinas (secreção) e as glândulas da pele (excreção do suor).

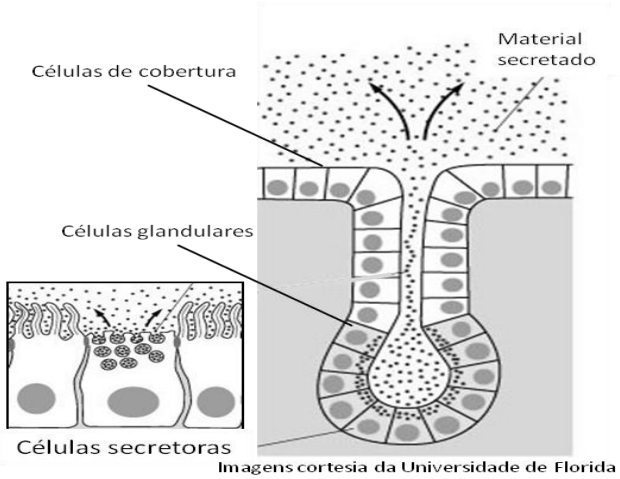


Figura 3. Células epiteliais: revestimento e glandulares.

-

4.1.2. Não tem vasos sanguíneos, pelo que recebe o oxigénio e nutrientes desde os capilares do tecido conjuntivo que o sustêm, através da membrana basal.

4.1.3. **"Membrana basal"** é um manto proteico que ancora a face interna da camada epitelial com o tecido conjuntivo subjacente. Composta pela "lâmina basal" (em contacto com o epitélio e secretado por este) e a "lâmina reticular" (em baixo da anterior, em contacto com o conjuntivo e secretado por este). Tem várias funções:

- Sustêm o epitélio e ancoragem ao conjuntivo que dá a estrutura.
- Guia nos processos de cicatrização e de regeneração do epitélio (agressões mecânicas ou químicas levam à morte as células, pelo que se precisa a reposição com outras novas).
- Filtragem molecular passiva entre os capilares e o epitélio (deixa passar algumas moléculas e outras não).
- Filtragem celular (deixa passar células de defesa desde o sangue para proteger de microrganismos invasores).

4.1.4. A superfície livre (em contacto com o exterior ou com as cavidades) pode ser plana ou ter **estruturas especializadas**:

- Microvilosidades e Cílios

4.1.5. O epitélio é compacto graças aos diferentes tipos de **"junções ou comunicações intercelulares".**

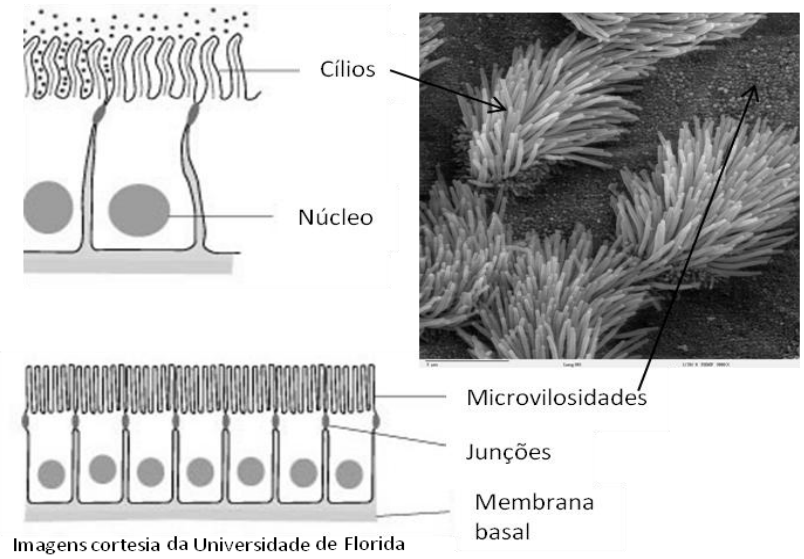


Figura 4. Célula epitelial.

4.2. **Pela forma das células**, o epitélio pode ser:

4.2.1. *Plano* ou *Pavimentoso*, células aplanadas com funções de protecção (como nas mucosas oral e vaginal) ou revestimento (como o endotélio que recobre os vasos).

4.2.2. *Cúbico*, células de igual altura e largura, típicas dos epitélios glandulares (como túbulos renais, glândulas de secreção externa)

4.2.3. *Cilíndrico*, células altas, típicas de ductos (como o epitélio urinário) e de tecidos que secretam muco (como o epitélio digestivo e respiratório)

4.3. **Pelo arranjo das camadas**, o epitélio pode ser:

4.3.1. *Simples*, com uma única camada de células (como os epitélios de revestimento do tubo digestivo).

4.3.2. *Estratificado*, com várias camadas celulares, geralmente planas as mais superficiais e cúbicas as mais profundas (como a epiderme da pele).

4.3.3. *Pseudoestratificado*, aparentemente com várias camadas celulares (por estarem estas deitadas), mas todas elas em contacto com a membrana basal (como o epitélio de revestimento do aparelho respiratório).

4.3.4. *De transição* (entre plano estratificado e cilíndrico simples), com várias camadas de células flexíveis, mais ou menos aplanadas com a contracção do epitélio (como a transição entre o esófago e o estômago).

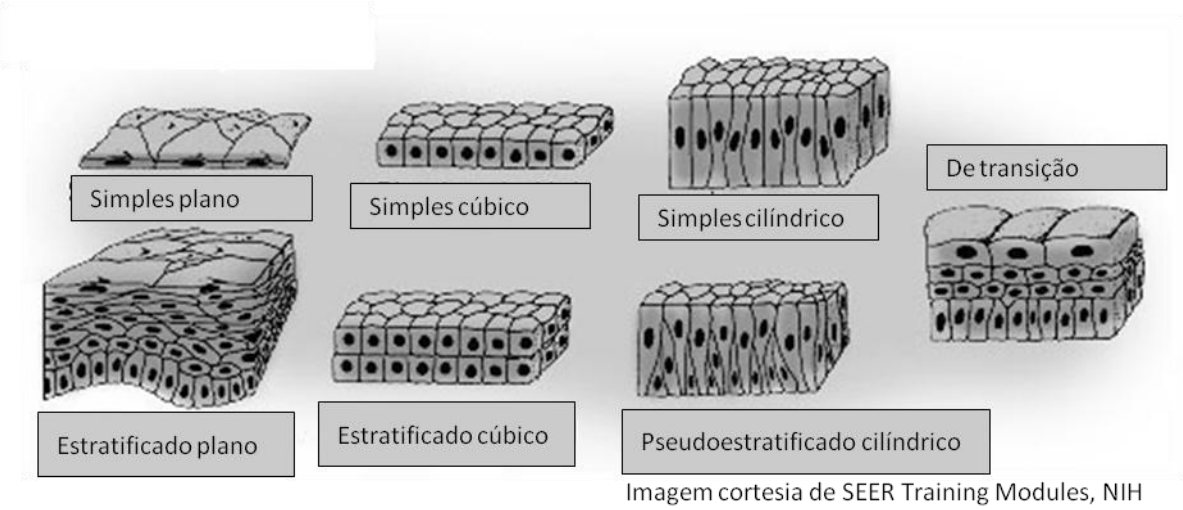


Figura 5. Tipos de epitélio: pela forma e arranjo das células.

4.4. **Pela função**, o epitélio pode ser:

4.4.1. *Epiderme*, epitélio plano estratificado queratinizado (as células mais superficiais estão endurecidas), que protege toda a superfície do corpo. É a camada mais superficial da pele, pela qual o corpo entre em contacto com o meio ambiente, que deve ser de grande resistência.

4.4.2. *Epitélio mucoso*, membranas que revestem as vias digestivas, respiratórias, urinárias e genitais, com função de revestimento (protecção e suporte) e intercâmbio moleculares com o exterior (absorção de nutrientes, secreção de muco, enzimas,…). Inclui vários tipos histológicos, pela forma e arranjo das células, como foi visto anteriormente.

4.4.3. *Epitélio glandular*. "Glândulas" são órgãos compactos, formados pela invaginação de membranas epiteliais em "ductos" digitiformes simples ou ramificados, com função de sintetizar e secretar determinados compostos especializados.

Além do componente epitelial activo ("parênquima"), as glândulas têm também associado tecido conjuntivo para dar estrutura e sustentação. As glândulas podem ser:

- Exócrinas, com ductos por onde excretam os seus produtos para o exterior (pele) ou para cavidades corporais (como o tubo digestivo). Podem ser "tubulares" (simples com um ducto, como as glândulas da pele) ou "acinares" (ramificadas com múltiplos ductos, como glândula mamária, salivares, pâncreas,…).
- Endócrinas, sem ductos, pois secretam seus produtos directamente ao sangue (tiróide, supra-renais,…).

4.4.4. *Endotélio*. Epitélio pavimentoso simples de cobertura de toda a árvore circulatória (coração, veias, artérias, capilares e linfáticos).

4.4.5. *Mesotélio*. Epitélio pavimentoso simples de cobertura das cavidades corporais, unido a uma camada conjuntiva de suporte para formar as "membranas serosas" (peritónio, pleura, pericárdio). Estas têm função de protecção dos órgãos e de facilitação dos seus movimentos, diminuindo o atrito (secretam os líquidos serosos, lubrificantes das cavidades).

BLOCO 5: TECIDO CONJUNTIVO

5.1. **Tecido conjuntivo**. Inclui uma grande variedade de tecidos especializados, tendo em comum a presença de uma matriz extracelular abundante e funcionalmente fundamental. Desempenham muitas funções diferentes:

- Estrutura do organismo, mediante o endurecimento da matriz, como no tecido ósseo (com calcificação) e cartilagem.
- Facilitação da mobilidade, como tendões e tecidos articulares.
- Sustentação e nutrição de outros tecidos. Formam a estrutura da maioria dos órgãos.
- Recheio e protecção de espaços entre tecidos e órgãos, como a gordura subcutânea, e as fáscias e tegumentos que dividem as cavidades.
- Defesa do organismo, como no sistema imune.
- Transporte de substâncias por todo o corpo, como o sangue.

5.1.1. A matriz extracelular esta constituída por uma **"substância fundamental"** (água com mucopolissacárido), muito viscosa, com grande capacidade lubrificante e adesiva; e por três tipos de **"fibras glicoprotéicas"**, arranjadas em proporções e disposições diferentes, dependendo do tipo de tecido:

- *Fibras colágenas* ("colagénio", proteína trançada), as mais comuns, altamente resistentes e pouco elásticas (tendões e fáscias).
- *Fibras elásticas* ("elastina", proteína enrolada), muito elástica, capaz de se alongar e de se retrair sem romper (parede de vasos e tubo digestivo).
- *Fibras reticulares* (diferentes proteínas arranjadas em rede), capazes de dar suporte e sustentar outras estruturas (membranas, órgãos,…).

5.1.2. Os diferentes tecidos conjuntivos podem-se **classificar** em três grandes grupos:

- Tecido conjuntivo frouxo;
- Tecido conjuntivo denso;
- Tecido conjuntivo especializado.

5.2. **Tecidos conjuntivos frouxos**. Com fibras pouco entrelaçadas, que deixam muita matriz livre. Tem função de preenchimento de espaços entre tecidos e órgãos. Pode ser: tecido areolar, tecido adiposo e tecido reticular.

5.2.1. *Tecido areolar*. O mais frequente, muito flexível, com uma rede de filamentos pouco compacta, relativamente elástico e resistente. Inclui vários tipos celulares:

- "Fibroblastos", aplanadas e irregulares, com pouco citoplasma, produtoras das fibras. Muito activos nos processos de regeneração de tecidos e cicatrização.
- "Macrófagos" ou "Histiocitos", irregulares, capazes de engolir ("fagocitose") estruturas nos seus vacúolos digestivos, com função de protecção imunológica.
- "Mastócitos", arredondados, em volta dos capilares sanguíneos da pele, aparelho digestivo, respiratório, entre outros, onde controlam a permeabilidade dos vasos e, portanto, a saída de plasma ao interstício durante os fenómenos de inflamação (defesa inespecífica do organismo).
- "Células mesenquimais", células conjuntivas pouco diferenciadas, que podem-se desenvolver e especializar em outros tipos celulares.

5.2.2. *Tecido adiposo (gordura).* Tipo de tecido areolar especializado na protecção mecânica dos órgãos e no isolamento térmico destes. Composto principalmente de:

- "Adipócitos", células grandes, arredondadas por um conteúdo massivo de gordura, que desvia o resto do citoplasma à periferia da célula (aspecto de anel).

5.2.3. *Tecido reticular.* Com uma matriz de fibras reticulares que suportam "células reticulares primitivas", pouco diferenciadas, capazes de originar células fagocitárias (macrófagos). Forma a estrutura do tecido linfóide, fígado e medula óssea.

5.3. **Tecidos conjuntivos densos**. Com fibras colágenas e elásticas, compactas (com pouca matriz livre), intimamente arranjadas, com células menores que as anteriores. Inclui: tecido conjuntivo denso irregular, tecido conjuntivo denso regular e tecido conjuntivo elástico.

5.3.1. *Tecido conjuntivo denso irregular*: Grandes quantidades de colagénio em cordões grossos, formando uma rede. Exemplo: na derme da pele e nas cápsulas dos órgãos.

5.3.2. *Tecido conjuntivo denso regular*: Colágeno ordenado em paralelo, com grande resistência às forças de tracção. Exemplo: nos tendões, ligamentos e fáscias.

5.3.3. *Tecido conjuntivo elástico*: Elastina ordenada em paralelo, com grande elasticidade. Exemplo: nas cordas vocais, brônquios, entre outros.



Figura 6. Tipos de tecido conjuntivo básico.

5.4. **Tecidos conjuntivos especializados**. Incluem uma série de tecidos de origem comum, mas com funções muito diferentes, para as que se adaptaram morfologicamente.

5.4.1. *Cartilagem.* Matriz muito firme, com fibras colágenas e elásticas organizadas, que dão propriedades de elasticidade e resistência. Com células grandes arredondadas produtoras da matriz ("condrócitos"). Não têm vasos, pelo que recebe o oxigénio e os nutrientes desde os tecidos vizinhos. Há três tipos de cartilagem:

- "Hialina". Base do sistema esquelético no embrião (sendo substituído por tecido ósseo durante a infância), têm matriz muito celular e pouco fibrosa. No adulto está apenas nas superfícies articulares, anéis traqueio-bronquiais, costelas e nariz.
- "Fibrosa". Cordões colagénios com células em fileiras, em um tecido pouco elástico e muito resistente, que une ossos (sínfise pubiana, intervertebrais,…)
- "Elástica". Predominam fibras elásticas, como nas orelhas e na laringe.

5.4.2. *Osso*. Matriz endurecida ("ossificada") pelos depósitos de sais (Ca^{++} e $H_2PO_4^-$) sobre as fibras extracelulares. Muito activo, bem vascularizado e em constante remodelação. Tem dois tipos, presentes ao mesmo tempo em todos os ossos, em diferentes proporções e arranjos (que definem o tipo e função de cada osso):

- "Compacto", com fibras ossificadas mais densamente apertadas, na parte mais periférica do osso, dando a dureza típica do osso. Está recoberto pelo "periostio", membrana de tecido conjuntivo denso, que o protege e nutre.
- "Esponjoso" ou "Trabecular", com estrutura mais leve, no interior do osso, para diminuir o peso deste e dar suporte à medula óssea.

5.4.3. *Membranas sinoviais*. Revestem as cavidades de articulações e bolsas e bainhas de tendões, diminuindo a fricção e facilitando os movimentos entre tecidos. São vascularizadas e produzem o "líquido sinovial", que é o lubrificante das articulações.

5.4.4. *Tecido linfóide*. Matriz reticular, que suporta células linfóides ("linfócitos") que desempenham um papel principal na defesa do organismo (sistema imune). Forma órgãos completos (gânglios linfóides, baço, timo, tonsilas) ou está presente em outros tecidos (mucosas respiratórias e digestivas).

5.4.5. *Sangue e Medula óssea*. Considera-se o sangue como um tecido conjuntivo líquido (o plasma é a matriz extracelular) com três estirpes celulares sanguíneas:

- "Eritrócitos" ou células vermelhas (glóbulos vermelhos), com função de transporte de oxigénio;
- "Leucócitos" ou células brancas (glóbulos brancos), com função de defesa (sistema imune);
- "Plaquetas", com função na coagulação do sangue.

A medula óssea contém as células precursoras dos tipos sanguíneos, sendo uma autêntica fábrica de sangue ("tecido hematopoiético").

5.4.6. *Sistema retículo-endotelial (SER).* Tecido conjuntivo dispersado em todos os tecidos do corpo, com função de limpeza de restos celulares e corpos estranhos, mediante fagocitose.

São os "macrófagos", presentes no tecido conjuntivo frouxo (cavidades e aparelhos digestivo e respiratório), nos alvéolos pulmonares, no sangue ("monócitos"), no fígado ("células de Kupfer"), na medula óssea, no baço e gânglios, e no sistema nervosos ("microglia").

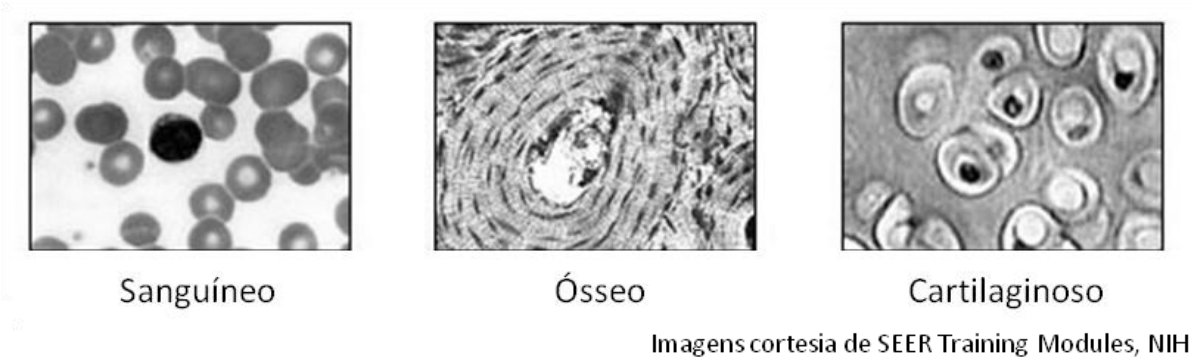


Figura 7. Tipos de tecido conjuntivo especializado.

BLOCO 6: TECIDO MUSCULAR

6.1. **Tecido muscular**. Formado por "fibras musculares", células muito compridas contrácteis especializadas, organizadas para movimentar outras partes do organismo (ossos, principalmente) ou para modificar o formato de órgãos (útero, tubo digestivo, vasos, entre outros).

6.1.1. Têm abundantes vasos sanguíneos e nervos, que circulam pelo tecido conjuntivo associado, o qual divide os grupos de fibras em “feixes”.

6.1.2. A célula muscular é muito alongada (filamentosa), com um ou vários núcleos periféricos, com membrana sensível a estímulos eléctricos e com citoplasma preenchido por elementos contrácteis (“miofibrilas”), proteínas filamentosas com capacidade para se deslizar umas com outras, produzindo a contracção da célula.

6.2. Existem **três tipos de tecido múscular**, com diferenças morfológicas e funcionais:

6.2.1. *Tecido muscular estriado,* estimulado voluntariamente, basicamente para movimentar o esqueleto. Fibras cilíndricas muito grandes, polinucleadas, em feixes paralelos, com estriações transversais. Por exemplo, são os músculos palpáveis dos membros que movimentam seus ossos.

6.2.2. *Tecido muscular liso,* estimulado involuntariamente pelo sistema nervosos autónomo, para adaptar a função de vísceras ocas, vasos. Fibras fusiformes pequenas, mononucleadas, sem estriações. Por exemplo, são as fibras musculares que provocam a contracção da bexiga para seu esvaziamento ou que fazem a contracção do útero durante o parto.

6.2.3. *Tecido muscular cardíaco,* estimulado involuntariamente intrinsicamente (sistema eléctrico cardíaco) e pelo sistema nervoso autónomo. Fibras curtas ramificadas, mononucleadas, com estriações transversas. É o que forma o miocárdio (músculo do coração).

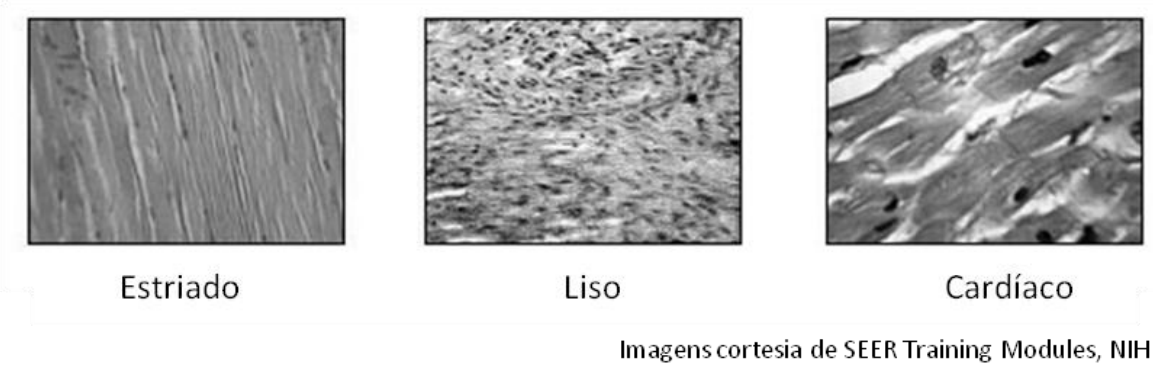


Figura 8. Tipos de tecido muscular.

BLOCO 7: TECIDO NERVOSO

7.1. **Tecido nervoso** é o mais altamente organizado do organismo, iniciando, controlando e coordenando a capacidade do corpo de adaptar-se ao seu meio ambiente, e dirigindo a função do resto dos tecidos do corpo.

7.1.1. O tecido nervoso encontra-se em:

- Encéfalo (cérebro e estruturas intracraniais associadas), responsável pelo controle superior de todas as funções do corpo,
- Medula espinal (estrutura nervosa de dentro da coluna vertebral), responsável pela transmissão dos comandos desde o encéfalo e pela produção de comandos simples independentes chamados “reflexos”
- Nervos periféricos (fios nervosos que se estendem desde o encéfalo e a medula até todos os tecidos corporais), que transmitem informação desde a periferia até os órgãos centrais (nervos sensitivos ou aferentes) e que transmitem comandos desde os órgãos centrais até a periferia (nervos motores ou eferentes).

7.2. Composto por **dois grupos de células** morfológicas e funcionalmente diferentes:

7.2.1. *Neurónios.* Unidades estruturais e funcionais nervosas, especializadas na transmissão rápida de informação, mediante impulsos electroquímicos (excitáveis electricamente). Compostas por:

- "Corpo celular", que contem o núcleo e a maior parte do citoplasma
- "Axónio" e "dendritos", extensões citoplasmáticas capilares, que transmitem os impulsos, estando ligados a outros de outros neurónios nas "sinapses" (pontos de contacto entre neurónios) pelos que transitam sinais químicas mediante moléculas especializadas ou "neurotransmissores".
    - Dendritos – actuam como receptores de estímulos levando o impulso na direcção do corpo celular
    - Axónios – actuam como condutores de impulsos nervosos para longe do corpo celular e só possuem ramificações nas extremidades. Em toda sua extensão, o axónio possui um envoltório por fora da membrana celular constituído por um tipo celular denominado "célula de Schwann". Em muitos axónios, as células de Schwann determinam a formação de bainha de mielina – invólucro lipídico que actua como isolante térmico e facilita a transmissão do impulso nervoso. Entre uma célula de Shwann e outra, existe uma região de descontinuidade da bainha de mielina, que acarreta a existência de uma constrição denominada de nódulo de Ranvier. A parte celular da bainha de mielina, onde está o citoplasma e o núcleo da célula de Schwann, constitui o neurilema.

7.2.2. *Neuroglia, também chado de nevróglia ou células da glia – são* células não excitáveis, que formam a estrutura de suporte, sustentação, defesa, limpeza e alimentação das células neuronais. As células da glia são: astrócitos, oligodendrócitos, glioblastos, células ependimárias e as células de Schwann.

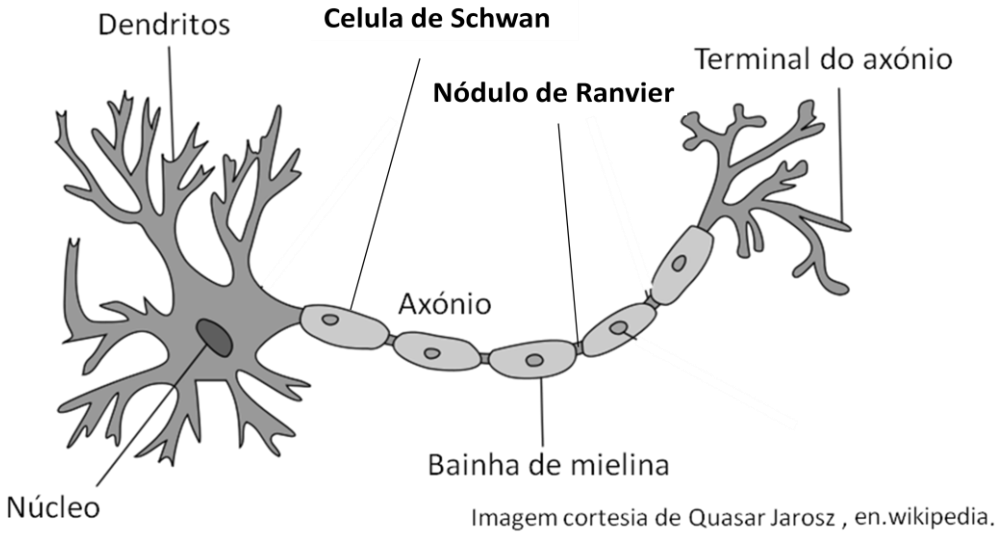


Figura 9. Neurónio

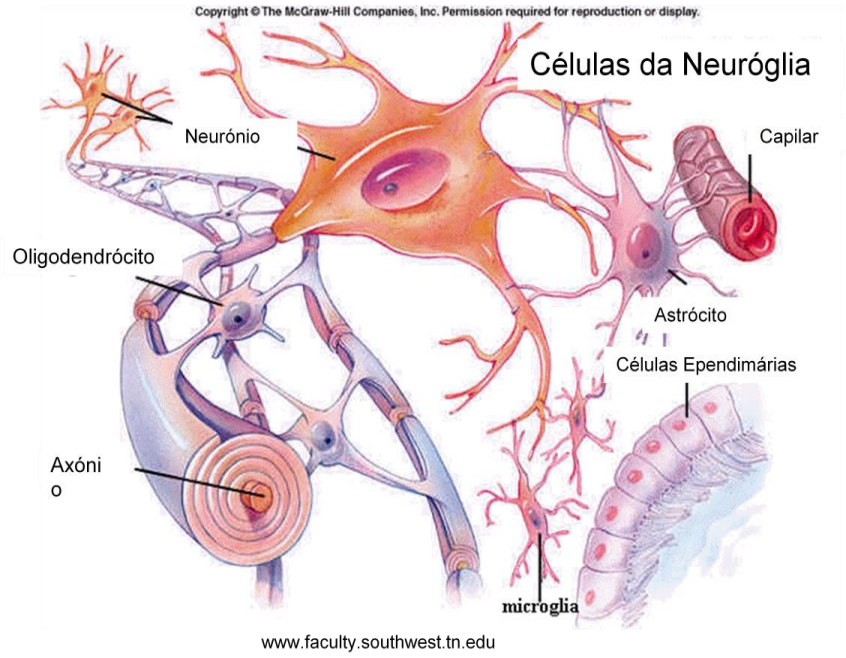


Figura 10. Células da Neuróglia

BLOCO 8: PONTOS-CHAVE

8.1. A Diferenciação Celular é o processo pelo que se estabelecem diferenças morfológicas e funcionais entre células para dar origem aos diferentes tecidos do organismo.

8.2. Quanto mais diferenciada estiver uma célula, têm menor capacidade de originar outros tipos celulares ("potencialidade") e menor capacidade de dividir-se para dar outras células iguais.

8.3. A diferenciação celular se faz através da expressão génica selectiva controlada por factores intrínsecos (genéticos e citoplasmáticos) e extrínsecos (locais e ambientais).

8.4. Tecidos são grupos organizados de células iguais, comunicadas, com função conjunta, que depois se combinam para formar órgãos e sistemas. Podem ser classificados em quatro grupos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

8.5. O tecido epitelial está organizado em membranas ou ácinos de células comunicadas e apoiadas numa membrana basal. Tem funções de protecção, de secreção de muco, de secreção de moléculas activas, e de cobertura.

8.6. O tecido conjuntivo inclui uma grande variedade de tecidos, com matriz extracelular rica em fibras colágenas, elásticas ou reticulares. Tem funções básicas de sustentar e preencher os outros tecidos, e de protecção e mobilidade.

8.7. Existe tecido conjuntivo muito especializado: de estrutura corporal (osso e cartilagem), de defesa imune (tecido linfóide e células do sangue), de circulação, limpeza e remodelação (sangue e medula óssea).

8.8. O tecido muscular está formado por fibras, células muito alongadas com capacidade contráctil, que forma tecidos que movimentam voluntariamente a estrutura do corpo (músculo estriado) ou involuntariamente vísceras móveis como coração (músculo cardíaco) e como vasos, tubo digestivo,… (músculo liso).

8.9. O tecido nervoso é o mais especializado do organismo, capaz de dirigir acções de adaptação ao meio ambiente, mediante actividade electroquímica transmitida numa rede celular excitável (neurónios).

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	3
Tópico	Introdução (3)	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Observação de Tecidos ao Microscópio	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar ao microscópio amostras de diferentes tecidos
2. Explicar as diferenças observadas nos vários tipos de tecidos

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:20
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:35
4	Prática da Técnica pelos Alunos	00:60

Materiais e Equipamentos necessários:

- Projector Digital (Data Show) com imagens gravadas das 9 preparações histológicas abaixo mencionadas

  [Se for possível, usar um microscópio com saída digital de imagem, para poder mostrar as imagens dinâmicas, directamente do microscópio]

- Apresentação de PowerPoint com imagens digitalizadas das preparações listadas em baixo. Para cada preparação, imagens: com baixa resolução (x10), com moderada resolução (x40) e com elevada resolução (x100).
- Microscópio óptico, eléctrico, com visor duplo e 3 objectivos habituais: 1 para cada 4 alunos (idealmente 1 para cada aluno).

  [Se for possível, usar microscópios para ensino e demonstração com 2-4 oculares, para poder trabalhar simultaneamente dois alunos em cada microscópio]

- Preparações histológicas. 1 jogo completo para cada 10 microscópios disponíveis (para colocar cada preparação num microscópio diferente).

  1. Pele: Epitélio plano estratificado queratinizado, Conjuntivo frouxo, Anexos, Adiposo.
  2. Artéria: Endotélio, Conjuntivo elástico, Músculo liso, Serosa.
  3. Intestino: Epitélio cilíndrico simples com microvilosidades, Conjuntivo denso, Músculo liso, Mesotélio visceral.
  4. Glândula salivar (ou mamária): Epitélio glandular exócrino.
  5. Tiróide (ou supra-renal): Epitélio glandular endócrino.
  6. Linfonodo: Linfóide.
  7. Osso (epifisário com cartilagem, se for possível) e Medula óssea.

8. Músculo estriado.
9. Tecido Nervoso: Neurónios com dendrites, Microglia.

Preparação:

- Confirmar que os microscópios são suficientes e funcionam (todos os objectivos) e que tem óleo de imersão e pano de limpeza.
- Confirmar que cada microscópio tem uma preparação diferente, que está identificada.
- Os alunos têm acesso prévio as lâminas fotográficas (em papel, num caderno, ou digitalizadas, num CD) das preparações histológicas da aula

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (20 min)

2.1. O conhecimento da estrutura microscópica dos tecidos ("histologia") e células ("citologia") é fundamental para a compreensão do processo de diferenciação celular aplicada à especialização numa função determinada, e para o melhor entendimento dos mecanismos de aparição e evolução das doenças. Por exemplo, a visualização:

- Da célula muscular ajuda entender a sua propriedade de contractilidade.
- Do epitélio intestinal ajuda entender a função de absorção de nutrientes, e a da camada muscular da sua parede, os movimentos intestinais.

2.2. Os tecidos classificam-se em 4 grupos (epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso), sendo **tecidos fundamentais** do corpo humano que vão ser observados neste laboratório:

<u>Tecidos epiteliais:</u>

2.2.1. *Epitelial plano estratificado*: múltiplas fiadas de células planas sobre uma lâmina basal, com funções de protecção de superfícies (como na epiderme da pele).

2.2.2. *Epitelial plano simples*: única fiada de células planas, de recobrimento fino (como o endotélio dos vasos)

2.2.3. *Epitelial cúbico ou cilíndrico simples*: única fiada de células cúbicas ou cilíndricas, com função de troca de moléculas (como o endotélio do aparelho digestivo)

2.2.4. *Glandular*: epitelial compacto em volta de canais de drenagem para secretar diferentes substâncias necessárias para o organismo (como nas glândulas salivares ou na tiróide).

<u>Tecidos conjuntivos:</u>

2.2.5. *Conjuntivo*: tecido de recheio, ligação e estrutura de órgãos (como da derme da pele, e paredes de vasos e intestino)

2.2.6. *Ósseo*: conjuntivo calcificado para formar os ossos.

2.2.7. *Linfóide*: células de defesa num órgão de filtragem da linfa.

<u>Tecidos musculares:</u>

2.2.8. *Muscular liso*: células compridas, com capacidade de se contrair (como na parede de artérias e tubo digestivo)

2.2.9. *Muscular estriado*: células muito compridas, multinucleares, com bandas características, com capacidade de se contrair (músculos voluntários)

<u>Tecido nervoso:</u>

2.2.10. *Nervoso*: células muito ramificadas (como uma árvore) conectadas entre si e protegidas por outras menos complexas ("glia").

2.3. O **propósito** de realizar preparações histológicas e de observa-las ao microscópio é conhecer melhor a sua estrutura microscopia para assim compreender melhor como cada tecido realiza as suas funções específicas.

2.3.1. Clinicamente (“anatomia patológica”), a observação microscópica se realiza com amostras de tecidos patológicos, o que permite uma melhor definição da natureza da doença, para estabelecer um diagnóstico preciso que permita uma tratamento adequado e eficaz. Em muitas ocasiões é a única forma de chegar a um diagnóstico definitivo.

2.4. A estrutura interna dos tecidos, por ser de tamanho muito pequeno, só pode observar-se com **“microscópio”**, aparelho com um sistema de lentes que amplificam uma imagem.

2.4.1. microscópio está baseado na passagem de luz através de uma preparação histológica (tecido cortado numa finíssima fatia e corado para diferenciar as suas estruturas) que se projecta numa série de lentes de aumento para que imagem possa ser observada amplificada por transparência.

2.4.2. Têm como partes essenciais:

- *Fonte de luz*, que pode ser uma lâmpada eléctrica (microscópio eléctrico) ou um espelho que reflecte a luz do sol (microscópio solar).
- *Condensadores*, *filtros* e *diafragma*, que condicionam a luz para que incida da melhor maneira sobre a preparação.
- *Placa móvel*, tábua onde se coloca a preparação, que pode ser mexida nos dois eixos (vertical e horizontal) mediante parafusos de ajuste.
- *Objectivas*, sistemas de lentes de aumentos. Habitualmente há três intercambiáveis (sistema de revolver): de x10, x40 e x100 aumentos.
- *Ocular ou Visor*, onde se recebe a imagem formada pelos objectivos. Pode ser único (para ver com um olho) ou duplo (para ver com os dois). Amplifica também a imagem, geralmente x10, de maneira que os aumentos finais (ocular mais objectivo) serão: x100, x400 e x1.000.
- *Comando macro e micrométrico*: parafusos que ajustam a distância entre a preparação e as objectivas , para “focar” convenientemente a imagem à nossa visão.

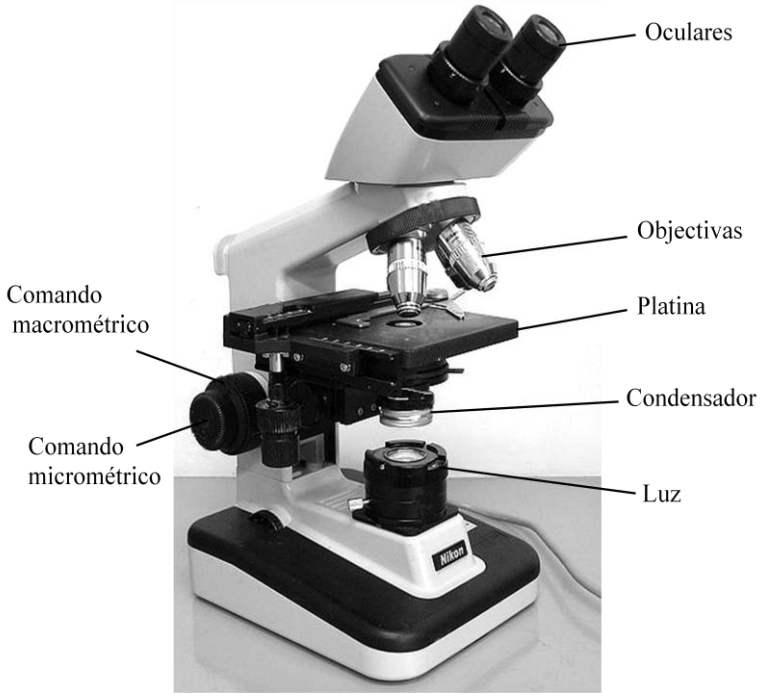


Figura 1: Microscópio.

Imagem cortesia de GcG

2.4.3. Princípios do uso do microscópio:

- Colocar preparação na placa (lâmina em baixo, tecido encima), fixando-a e colocando a parte a observar no meio da luz.
- Conferir que a luz está condensada (incide) sobre a preparação.
- Ajustar os visores aos olhos
- Iniciar a observação com a objectiva menor (x10), com o que se observará em zig-zag a preparação, passando só a aumentos maiores quando queiramos observar detalhes.
- Focar a preparação com os comandos macrométrico primeiro (foco grosso) e micrométrico depois (foco fino) até uma visão bem nítida.
- A "observação em zig-zag" deve-se realizar muito devagar e com uma sistemática e não "navegando sem rumo". É conveniente começar pelo canto superior esquerdo e '' observar em zig-zag de esquerda a direita e de direita a esquerda, descendo pela preparação em cada barrido. Em estruturas definidas (como a pele) deve-se começar por um extremo da estrutura e ir avançando para o outro.
- Na observação com alta resolução (objectiva de x100), para poder focar, é preciso colocar um meio líquido ("óleo de imersão") entre a preparação e a objectiva.

2.4.4. São precauções fundamentais no seu uso:

- Não deixar acesa muito tempo a luz: ligar a luz antes de começar a observação e desliga-la no fim.
- Manter limpos as objectivas: evitar sujá-las com os dedos e quando precisar (sempre depois de utilizar óleo de imersão), limpá-las com um pano fino que não os risque.
- Mexer os comandos devagar, tendo cuidado de não apertar as objectivas contra a preparação (poderia rompe-las).
- No fim: retirar as preparações da placa, limpar objectivas e oculares, desligar a luz e cobrir o microscópio com funda.

2.5. A **preparação histológica** requer uma série de passos, para poder ser utilizável no microscópio:

2.5.1. Obter a amostra de tecidos desvitalizados (como na remoção cirúrgica de órgãos ou partes deles) ou vivos (como "biopsias", extracção de uma pequena porção do tecido mediante agulhas, lâminas,… directamente na pessoa viva)

2.5.2. Conservar a amostra. Submergir em líquidos que evitam a degradação (apodrecimento) do tecido. Algumas se utilizam directamente, pelo que não precisam ser conservadas.

2.5.3. Incluir a amostra num suporte sólido (pois os tecidos acostumam ser moles e difíceis de manusear), que acostume ser parafina ou por congelação.

2.5.4. Cortar em fatias finíssimas (que deixam passar a luz), mediante aparelhos cortadores específicos ("microtomos").

2.5.5. Colocar o corte na "lâmina" de vidro.

2.5.6. Corar os cortes de tecido submergindo-os em "corantes", líquidos capazes de se fixar a diferentes estruturas do tecido dando-as cores diferenciais. A mais habitual é a hematoxilina-eosina, que cora de azul as estruturas ácidas (como o núcleo celular) e de vermelho as estruturas alcalinas.

2.5.7. Selar com líquido oleoso e um protector de vidro fino, para evitar que se oxide e deteriore com o tempo.

2.5.8. Identificar o nome com marcador na própria lâmina.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (35 min)

Este bloco estará dividido em duas partes:

1ª Parte (10 min): Demonstrar o uso correcto do microscópio óptico

2ª Parte (25 min): Projecção digital de imagens de preparações histológicas (jogo)

3.1. Demonstrar o **uso correcto do microscópio óptico** no estudo de preparações histológicas (10 min):

3.1.1. Preparação do microscópio (vide em cima).

Identificação prévia da amostra: tecido Colocação da lâmina na placa, condensação da luz e foco da objectiva de baixa resolução .

3.1.2. Reconhecimento com observação em "zig-zag" (começando no canto superior esquerdo da preparação: de esquerda a direita e de direita a esquerda, descendo em cada observação), identificando a estrutura do tecido.

3.1.3. Reconhecimento usando a objectiva a moderada resolução com "observação em zig-zag" em áreas mais pequenas, das estruturas antes identificadas com objectiva a baixa resolução .

3.1.4. Reconhecimento usando objectivas a alta resolução com óleo de imersão de estruturas concretas antes identificadas com objectiva a menor resolução

3.1.5. Registo no caderno das estruturas vistas. Deve ir acompanhado de desenhos básicos.

3.1.6. Limpeza e Arrumação das preparações e do microscópio.

3.2. **Projecção digital das imagens** das preparações histológicas (PowerPoint, com cada preparação a progressivos aumentos) que depois os alunos hão de observar ao microscópio.

- Divida os alunos em 3 grupos (A, B e C)
- Projecte os 9 slides de preparações histológicas (cada slide 30 segundos)
- Cada grupo discute os slides (30 segundos de discussão por cada slide)
- Após a projecção de todos os slides (9 minutos), solicite aleatoriamente um elemento de cada grupo para efectuar a apresentação de 3 slides durante 5 minutos
- O docente não corrige no momento da apresentação do elemento, atribuindo 1 ponto por cada slide de preparação histológica correctamente identificado
- No fim de todos grupos identificarem os slides, o docente efectua a correcção em plenária e atribui a nota de cada grupo
- Vence o grupo que mais pontuação obter

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (60 min)

4.1. Dividir os alunos em 4 grupos.

4.2. Cada aluno irá se posicionar em cada microscópio durante 2 minutos

4.3. Cada microscópio deverá conter uma preparação histológica das acima mencionadas

4.4. Cada aluno deve observar as preparações e esquematizar durante esse tempo o que está a visualizar

4.5. O docente deve circular por entre os alunos durante a observação para apoiar em quaisquer dificuldades que possa surgir

4.6. Findo o tempo do 1º grupo, entrará o 2º grupo, e repetir-se-á todo o procedimento

4.7. Reserve os últimos 10 minutos, após rotação de todos grupos, para analisar o decorrer da aula e solicitar questões por parte dos alunos

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	4
Tópico	Introdução (4)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Homeostase	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Definir a homeostase
2. Descrever os mecanismos de regulação fisiológica de volume, concentração e composição de sangue e fluido extracelular
3. Descrever os mecanismos de regulação fisiológica da temperatura
4. Descrever os mecanismos da regulação fisiológica do sono

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Considerações e Conceitos Gerais		
3	Generalidades do Meio Interno		
4	Manutenção do Meio Interno		
5	Outros Sistemas Homeostáticos		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Guyton and Hall. Tratado de Fisiologia medica. 11ªedicao.Brasil: Elsevier;2006

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: CONSIDERAÇÕES E CONCEITOS GERAIS

O corpo humano é composto de líquidos que se encontram dentro ou fora das células (*intra* e *extracelulares*). O espaço extracelular é dividido em *compartimento vascular,* ou *plasma*, e *compartimento intersticial* (intercelular).

2.1 Definições

- *Electrólito*. Moléculas simples que se dissociam quando dissolvidas em água, produzindo partes com carga eléctrica opostas ("iões"). Por exemplo, a sal (NaCl), dissocia-se em Na^+ e Cl^-. São extremamente importantes para os organismos pois são os que mantêm as condições químicas das células e participam em funções críticas de algumas células (como provocar a contracção das fibras musculares ou levar o estímulo eléctrico pelas fibras nervosas).
- *Pressão osmótica*. Pressão que se precisa exercer na solução de maior concentração para evitar a osmose de água desde a de menos concentração. Depende mais do número ("gradiente osmótico") de moléculas da solução que do tamanho ou forma de estas.
- *Pressão hidrostática* é a que exerce um líquido contra as paredes que o contêm.

"Os movimentos osmóticos de água dependem do balanço entre a pressão osmótica e hidrostática a ambos lados duma membrana" (*Lei de Starling*). A pressão hidrostática do sangue nos capilares tende a expulsar água para o líquido intersticial, mas a sua pressão osmótica tende a reter água no interior do capilar, entrando num equilíbrio dinâmico.

- *No lado arterial do capilar a pressão hidrostática é maior, pelo que existe tendência à passagem de água para o interstício. No lado venoso, a menor pressão hidrostática, devolve o líquido intersticial para dentro do capilar. Nesta micro-circulação está baseado o intercâmbio de moléculas entre sangue e tecidos.*
- *Os "edemas", acúmulo excessivo de água nos tecidos, aparece por alterações destes balanços. Na desnutrição, a falta de proteínas no sangue provoca uma diminuição da sua pressão osmótica e saída de líquido para os tecidos. Na insuficiência cardíaca (incapacidade do coração para bombear todo o sangue que recebe) acumula-se sangue no lado venosos, o que provoca aumento da pressão hidrostática e saída de líquido para os tecidos.*

Osmolaridade. Medida da actividade osmótica duma solução, medida em "osmoles" (ou "miliosmoles") por litro, peso molecular do soluto dividido pelo número de partículas que cada molécula libera na solução (no caso de electrólitos, este número corresponde aos iões dissociados).

- *Por exemplo, sabendo que o peso molecular do sal (NaCl) é 58,5 e que em água, dissociam-se como Na+ e Cl- (2 partículas por cada molécula), uma solução 1 osmolar de sal será 1 litro de água com 29,25 g de sal dissolvidos.*
- *No caso da glicose, com peso molecular de 180 e que não se dissocia em iões, uma solução 1 osmolar de glicose será 1 litro de água com 180 g de glicose dissolvidos.*

Para medir a carga eléctrica duma solução, utilizam-se os "equivalentes" (ou "miliequivalentes"), considerando o número de partículas com carga eléctrica (iões) livres na solução. Um equivalente é igual a um osmol dividido pela sua valência eléctrica.

Tonicidade. Termo comparativo de osmolaridade em relação ao plasma sanguíneo, o qual tem uns 290 miliosmoles por litro, que dependem fundamentalmente da glicose, ureia e Na^+ que contêm. Assim, teremos soluções:

- "Isotónicas", com osmolaridade igual à do plasma.
- "Hipotónicas", com osmolaridade menor à do plasma. Células em solução hipotónica, por osmose, incharão.
- "Hipertónicas", com osmolaridade maior à do plasma. Células em solução hipertónica, por osmose, encolherão.

"pH" é o potencial hidrogeniônico e refere-se à concentração de hidrogénio [H^+] de uma solução, medido como logaritmo inverso em base 10 (uma diminuição de 1 ponto de pH, indica um aumento de x10 da sua concentração). Os valores variam de 0 a 14, sendo ácidos se o pH for < 7, neutro se pH for 7 e bases se o pH for maior que 7. A água pura tem pH 7, numa escala de 1 (acido: máxima concentração de H^+) a 14 (alcalino: mínima concentração de H^+).

Ácidos são moléculas que contêm átomos de hidrogénio, que podem libertar na água em forma de iões H^+. São denominados *fortes* quando na água dissociam-se rapidamente libertando grandes quantidades de H^+. Exemplo: o HCl que se ioniza em H^+ e Cl^-; são denominados *fracos* quando tem menos tendência a dissociar-se e portanto libertam na água pequenas quantidades de iões $H^{+\cdot}$ Exemplo: o H_2CO3 que se dissocia (ioniza) em pequenas quantidades em H+ e HCO_3^-,

Bases ou Álcalis são moléculas que em solução, podem ligar H^+, eliminando-o da água. São denominadas *fortes* quando na água reagem rapidamente com H^+ e portanto, remove-o da solução. Exemplo: o OH^- que reage com H^+ formando H2O; são denominadas *fracas* quando na água ligam H^+ em pequenas quantidades. Exemplo: $HPO_4^=$ e proteínas (com cargas negativas).

Os líquidos do corpo humano mantêm um pH entre 7,35 e 7,45. Valores inferiores a 7,35 indicam "acidose", valores superiores a 7,45 indicam "alcalose".

Sais são compostos iónicos formados pela substituição do H^+ num ácido por outro ião positivo. Exemplo: o $NaHCO_3$; neste caso o H+ é substituído por Na+.

Tampões são moléculas capazes de ligar-se ou desligar-se do H^+, para manter constante o pH, embora sejam acrescentadas quantidades importantes de ácido ou base à solução. No corpo humano o principal sistema tampão é constituído pelo um ácido fraco, $H2CO_3$ e pelo um sal bicarbonato, como o $NaHCO_3$ (bicarbonato de Sódio).

"Metabolismo" é o conjunto de transformações que as substâncias químicas sofrem no interior do organismo, que permitem às células transformar os nutrientes que recebem em outros componentes químicos necessários para as suas funções. Têm duas etapas:

- "Catabolismo", degradação de moléculas em outras mais pequenas, com produção de energia e compostos residuais
- "Anabolismo", produção de moléculas complexas a partir de outras mais simples, com consumo de energia.

BLOCO 3: GENERALIDADES DO MEIO INTERNO

Para funcionarem perfeitamente, as células precisam de um meio ambiente constante. O meio ambiente das células corporais, o líquido intersticial (derivado da corrente sanguínea), que circunda cada célula, é chamado de **meio interno do corpo (fluido extracelular).**

Este meio interno é relativamente constante e estável, enquanto o organismo vive em um "meio externo" (o ambiente que está em volta do corpo) física e quimicamente muito mais variado e instável. A maioria das reacções químicas nas que está baseada toda a fisiologia do organismo só é possível num estreito leque de condições físico-químicas: pH, temperatura, osmolaridade, carga eléctrica, etc.

3.1. **"Homeostase"** é a manutenção de condições quase constantes no meio interno.

3.1.1. Todos os órgãos e tecidos do corpo humano realizam funções que contribuem para manter estas condições constantes. Por exemplo: os pulmões fornecem oxigénio ao fluido extracelular para repor o oxigénio utilizado pelas células, o sistema gastrointestinal fornece nutrientes.

3.2. Todos os mecanismos homeostáticos têm relação com a manutenção dalguma das **funções fisiológicas básicas** do organismo:

3.2.1. *Aprovisionamento* (às células, tecidos e órgãos) com as moléculas que precisam para sua função. Participam:

- Aparelho respiratório e digestivo (junto com o sistema musculoesquelético), que providenciam oxigénio e nutrientes (respectivamente) para a combustão metabólica.
- Sistema cardiocirculatório e sangue, que leva até as células as diferentes moléculas que precisam (oxigénio e nutrientes).

3.2.2. *Remoção dos resíduos metabólicos*. Participam:

- Sistema cardiocirculatório e Sangue, que transporta os resíduos do metabolismo celular aos aparelhos excretores para sua eliminação definitiva.
- Aparelhos com função excretora: respiratório, urinário e digestivo.

3.2.3. *Manutenção do meio interno,* condições físico-químicas que células, tecidos e órgãos precisam para poder desenvolver as suas funções.

- Manutenção do pH e das concentrações normais de electrólitos.
- Balanço de líquidos corporais.
- Manutenção da temperatura corporal.

3.2.4. *Mobilidade e Prevenção* de agressões. Participam:

- Pele, barreira física que protege o organismo
- Sistema musculoesquelético
- Sistema imune, que protege o organismo de infecções e materiais estranhos.

3.2.5. *Reprodução* (pelo aparelho reprodutor), que garante a reposição dos indivíduos, mantendo a continuidade da vida.

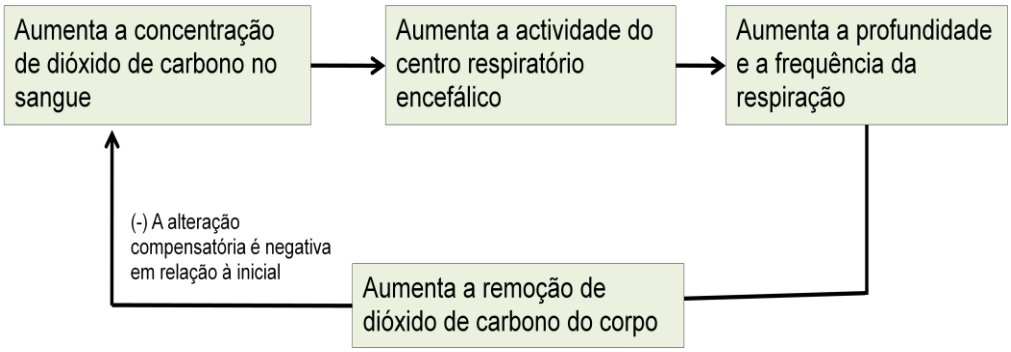
3.3. O **controlo homeostático** se faz principalmente por processos de *"feed-back" (retroalimentação)*: reacção (em um sentido ou outro) perante uma alteração inicial.

3.3.1. Dependendo do sentido do reajuste, poderá ser:

- *Feed back negativo* (em sentido contrário à alteração inicial, é o mais habitual), quando qualquer variável se altera e sai dos seus valores normais em um sentido (aumentar ou diminuir), automaticamente desencadeia uma série de processos fisiológicos em sentido contrário que fazem retornar a variável ao seu leque de equilíbrio (quando este é atingido, o mecanismo compensador cessa).
    - *Por exemplo, quando o ambiente está frio, o corpo baixa a sua temperatura até níveis inaceitáveis, pelo que começa tremer (contracções musculares rápidas que produzem calor) até um ponto de aquecimento em que o corpo volta a temperatura ideal, parando o tremor.*
- *Feedback positivo* (no mesmo sentido que a alteração inicial, é menos comum), quando a alteração inicial cria uma resposta que aumenta ainda mais o desequilíbrio.
    - *Por exemplo, as primeiras contracções do parto provocam dilatação do colo uterino, e este mediante hormónio envia um sinal positivo, no sentido de estimular uma ainda maior contracção uterina que permita a progressão do parto.*

3.3.2. Estes mecanismos de retroalimentação realizam-se mediante vias nervosas ou hormonais, nas que participam, pelo menos,

- Um *receptor* (órgãos sensoriais, presentes em todos os sistemas), capaz de detectar desvios mínimos da norma e enviar um sinal de alarme;
- Um *centro de controlo* (sistemas nervoso central e endócrino*)*, que recebe e processa a informação do desvio e envia ordens para uma resposta compensadora ; e
- Um *efectuador* (sistemas musculoesquelético, cardiocirculatório, digestivo, etc.), que executa a ordem do centro de controlo até o restabelecimento do equilíbrio.



- **Figura 1.** Feedback negativo

BLOCO 4: MANUTENÇÃO DO MEIO INTERNO

4.1. O componente líquido do corpo humano (água) está entre 50 e 75% da sua massa corporal e está distribuída em diferentes **compartimentos corporais**:

4.1.1. *Espaço ou líquido intracelular (LIC)*, que é aquele contido dentro das células dos diferentes tecidos (entre 30-40% da massa corporal).

4.1.2. Espaço ou *líquido extracelular (LEC)*, que é aquele que está fora das células. Está dividido em:

- *Plasma* (parte líquida, não celular, do sangue) contida dentro do sistema vascular (“intravascular”) (5% da massa corporal).
- *Líquido intersticial*, fora dos vasos (“extravascular”), ocupando os espaços microscópicos entre as células, autêntico ambiente delas (15% da massa corporal).

- Outros líquidos (“transcelular”), presentes em: cavidades (cefalorraquidiano, pleural, pericárdico, articulações, peritoneal…), órgãos (estômago, rins e bexiga, olhos, ouvidos,…), sistema linfático,… (5% da massa corporal).

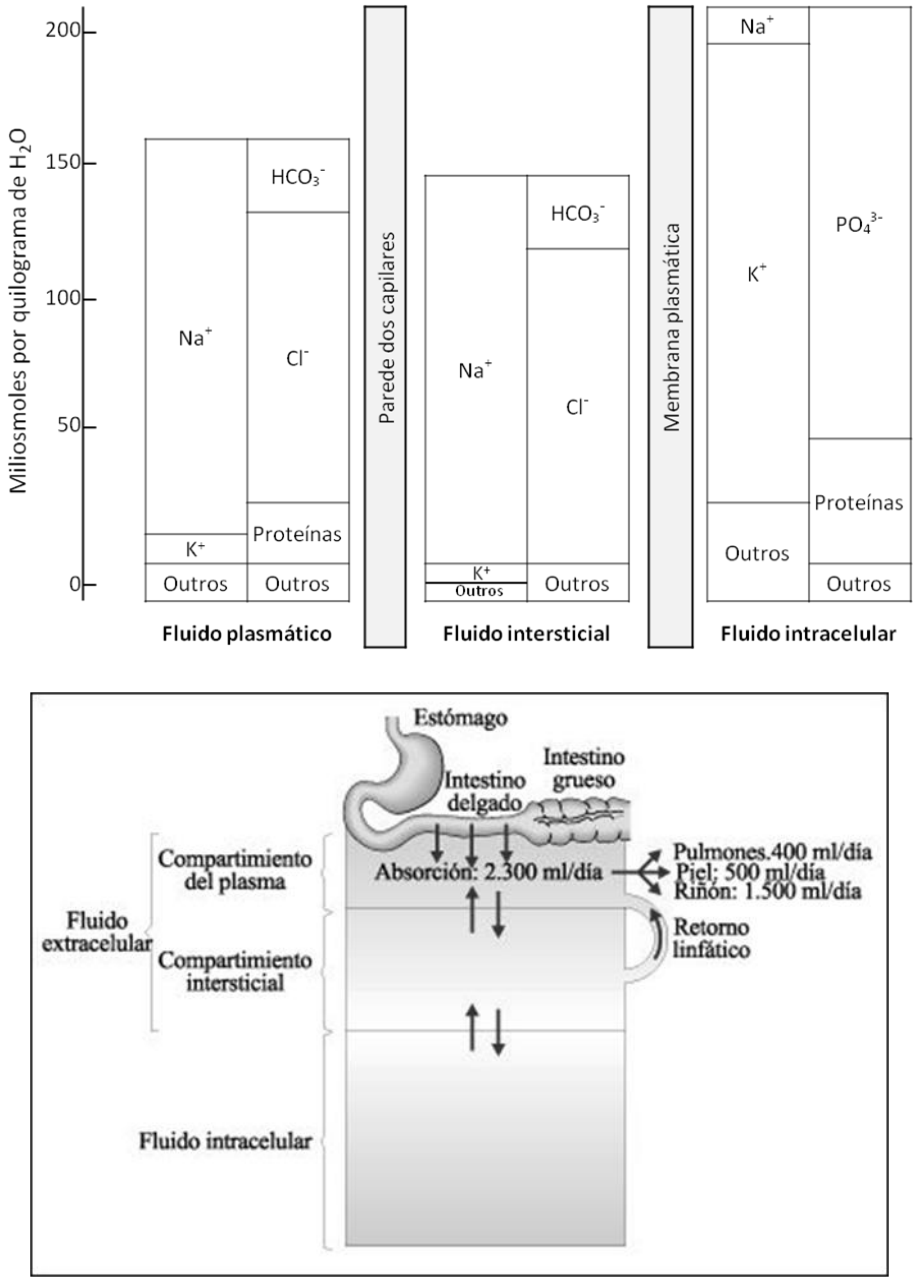


Figura 2. Compartimentos líquidos corporais.

4.2. **Equilíbrio hídrico e electrolítico**. O volume de água e a concentração de electrólitos têm que permanecer constantes num leque estreito de valores, diferente para cada compartimento, o que acontece duma maneira dinâmica (sujeito a desvios da normalidade e a compensações imediatas). Para o equilíbrio se manter, a entrada e a saída no organismo de água e electrólitos devem ser iguais.

4.2.1. Os compartimentos estão interligados e trocam entre si continuamente e rapidamente água e moléculas, mas pelos mecanismos reguladores homeostáticos cada compartimento consegue manter condições físico-químicas particulares que os permitem desenvolver processos fisiológicos determinados.

4.2.2. Os compartimentos têm carga eléctrica e concentrações de electrólitos diferentes:

- O LIC tem maior carga iónica negativa (-), predominando potássio (K^+), fosfatos ($HPO_4^=$) e proteínas (carga -).
- O LEC tem maior carga iónica positiva (+), predominando sódio (Na^+), cloro (Cl^-), cálcio (Ca^{++}) e bicarbonato (HCO_3^-).

4.2.3. Considerando que o LEC e o LIC estão separados apenas pela membrana celular (semipermeável), acontecem movimentos de osmose que tendem a igualar as concentrações de electrólitos e as cargas eléctricas em ambos compartimentos.

Para poder-se manter as diferenças entre LEC e LIC nas concentrações de electrólitos existem diferentes mecanismos:

- "Bomba Na+/K+", processo activo (gasta energia) que mete 2 K+ para a célula, por cada 3 Na+ que tira para o LEC.
- Gradiente eléctrico. O Cl- mantém uma maior concentração no LEC, (em contra do seu gradiente de concentração) pois o LIC é electricamente negativo (pela bomba Na+/K+), pelo que repele iões negativos para o LEC.
- Semi-permeabilidade da membrana, que impede a difusão para o LEC das proteínas formadas no LIC (existe um trânsito selectivo de algumas proteínas).

4.3. **Homeostase da água**. Equilíbrio hídrico refere-se a constância dinâmica do volume corporal (e em cada um dos compartimentos) de água, de maneira que *"as entradas e saídas de água do corpo são iguais"* e os mecanismos homeostáticos fazem com que o aumento ou diminuição das entradas de água tenha uma resposta compensadora (de sentido contrário) das saídas (e vice-versa).

4.3.1. *Entradas habituais de água*: ingestão de líquidos (uns 1.500 ml/dia, como média normal), água em alimentos (750 ml) e produção metabólica -água de oxidação- (250 ml).

4.3.2. *Saídas (perdas) habituais de água*: urina (1.500 ml), fezes (200 ml), transpiração (300 ml), respiração (500 ml).

4.3.3. *Mecanismos compensadores*. A principal variável do equilíbrio é a ingestão de água, que compensa as perdas, para manter a água total constante. Assim perdas elevadas (diarreia ou vómitos importantes, sangramentos, grande transpiração e respiração em ambientes muito quentes e secos, por febre ou por queimaduras extensas), provocam respostas compensadoras:

- Sede. Existem diferentes receptores periféricos (osmóticos, de pressão vascular – barorreceptores- de humidade das mucosas) que informam ao Sistema Nervoso Central da quantidade de água no organismo. No "centro da sede" (cérebro - hipotálamo) se geram alarmes em forma de sensação de sede, que leva à procura de maior ingestão de líquidos (variável principal do equilíbrio hídrico) – feedback negativo.
- Mudanças no volume e concentração da urina. A detecção (barorreceptores vasculares) de diminuição do volume intravascular estimula a secreção do hormónio anti-diurético (ADH) pela neurohipófise (no cérebro), que estimula o rim no sentido de diminuir a excreção de urina (poupar a perca de água e electrólitos) – feedback negativo. Esta compensação tem limite, pois é preciso produzir um mínimo duns 300 ml de urina por dia (para garantir a eliminação de tóxicos metabólicos), além das perdas existentes por respiração e transpiração.

3.3.3. A insuficiência dos mecanismos compensadores da água leva a situações de "desidratação" (volume total de água diminuído) ou "hiperidratação" (volume

aumentado), que podem, em situações extremas não compensadas, levar à morte.

3.3.4. *Perdas rápidas de líquidos, provocam depleção severa do LEC e queda na pressão sanguínea, que se não se compensa provocaria falta de sangue em órgãos chave (SNC, rins). Através dos barorreceptores, se provoca uma resposta vasoconstritora periférica selectiva, dando prioridade a irrigação dos órgãos chave. É um mecanismo eficaz e imediato, mas de curta duração, pelo que a solução final é só o aumento das entradas sobre às perdas de água.*

3.3.5. *Um dos pontos principais do manejo de doentes graves é o controlo do equilíbrio hidro-electrolítico, que se faz com o registo de entradas (soros, bebida) e saídas (urina, transpiração, fezes, respiração, etc.) de água e electrólitos, repondo o que faltar ("balanços positivos") ou eliminando o que sobrar ("balanços negativos") para restabelecer os equilíbrios.*

4.4. **Homeostase dos electrólitos**. Como com a água, os electrólitos apresentam um equilíbrio dinâmico, entrando com a ingestão de líquidos e alimentos que os contêm, e sendo excretados com a urina, as fezes e o suor.

Os equilíbrios hídricos e electrolíticos estão intimamente relacionados, de maneira que o desequilíbrio de um supõe o desequilíbrio do outro. Também, os mecanismos homeostáticos reguladores vão juntos.

4.4.1. *Sódio*. É ingerido com os alimentos como sal e excretado pelo rim (e pelo suor). As grandes perdas de água (diarreia, vómitos, sangramento, etc.), acompanham-se de perda de Na^+ (por ser o principal ião do LEC), pelo que a osmolaridade do plasma diminui, aumentando a osmose para o LIC e por tanto, a depleção de volume plasmático.

- O principal regulador da quantidade de Na^+ no organismo é o rim, através da quantidade de Na^+ reabsorvida (nos túbulos renais) para o sangue, mecanismo mediado pela hormona aldosterona (uma baixa [Na+] no LEC estimula a secreção de aldosterona).

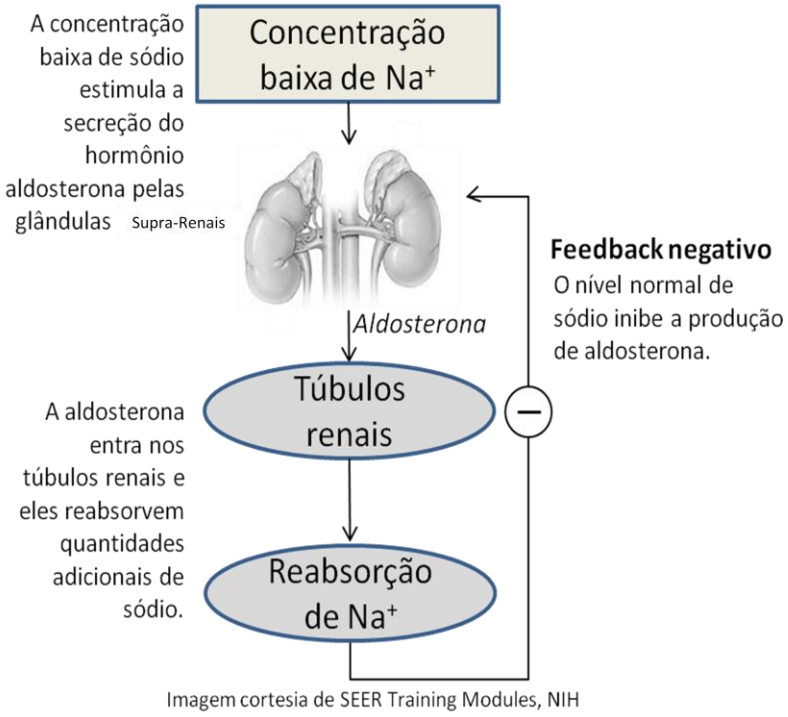


Figura 3. Homeostasia do sódio

4.4.2. *Potássio*. É ingerido com a dieta (presente em muitos alimentos, especialmente frutas) e excretado pelo rim. Tem movimentos opostos ao Na^+ (por estar principalmente no LIC), mediante a bomba de Na/K. A depleção de Na^+ no LEC, a destruição de células (queimaduras, trauma, desidratação) provoca saída massiva de K^+ ao LEC (com perda no LIC).

- *A saída massiva de líquidos digestivos (vómitos, diarreia) provoca perdas importantes do K^+ corporal. Isto é de crítica importância pela função do K^+ no batimento cardíaco, podendo concentrações anormais de K^+ provocar até a morte.*

- O principal regulador da quantidade de K^+ no organismo é o rim, através da quantidade de K^+ intercambiado por Na^+ nos túbulos renais, mecanismo mediado pela aldosterona (uma alta $[K^+]$ no LEC estimula a secreção de aldosterona – exactamente o oposto em relação ao sódio).
- Outro mecanismo compensador depende do equilíbrio ácido-base. O K^+ é o principal responsável da carga (+) intracelular. Uma diminuição do pH do plasma é compensada pela passagem de esse excesso de H^+ do LEC para o LIC (onde será tamponado por fosfatos e proteínas, de carga -), acompanhada da saída do K^+ em sentido contrário (**a acidose acompanha-se de aumento do K^+ no plasma**).

4.4.3. Cloro. É ingerido com a dieta (no sal, junto com o sódio) e excretado pelo rim (e pelo suor e as fezes). E o principal ião (-) do LEC e acompanha o Na^+ e o H^+ nos seus movimentos entre compartimentos e para o exterior. Sua alta concentração no suco gástrico (ácido clorídrico) faz com que se percam grandes quantidades com os vómitos.

- O principal regulador da quantidade de Cl^- no organismo é o rim, seguindo o mesmo caminho que o Na^+, mecanismo mediado pela aldosterona.

4.4.4. Cálcio e Fosfato. Ingeridos com a dieta (com o leite e peixe, por exemplo) e excretados pelo rim. O Ca^{++} (principalmente no LEC) e o HPO_4^- (no LIC) estão depositados em grandes quantidades no osso.

- O regulador dos balanços de cálcio e fosfato é o Hormónio da paratiróide (PTH), que perante uma diminuição da $[Ca^{++}]$ no plasma, liberta Ca^{++} e $HPO_4^=$ desde o osso e aumenta a excreção de $HPO_4^=$ pelo rim.

4.5. **Homeostase ácido-base**. Está encaminhada à manutenção da $[H^+]$ nos estreitos valores normais (pH: 7,35-7,45), equilibrando a ingestão com a excreção (renal, fundamentalmente). Os mecanismos envolvidos são:

4.5.1. *Tampões ou amortecedores*. Mecanismos de compensação imediata por moléculas formadas no organismo que são capazes (em fracção de segundo) de fixar ou libertar H^+ mantendo o pH, sem mudar as quantidades globais de H^+ no organismo. Incluem:

- Bicarbonato (HCO_3^-), que fixa H^+ (formando H_2CO_3) ou liberta H^+ no LEC (trocando-o por Na^+ para formar $NaHCO_3$ – bicarbonato de sódio).
- Fosfato ($HPO_4^=$), equivalente intra-celular do bicarbonato, que fixa H^+ (formando NaH_2PO_4) ou liberta H^+ no LIC (trocando-o por Na^+ para formar Na_2HPO_4).
- Hemoglobina eritrocitária e outras proteínas intracelulares (no LIC) e albumina plasmática (no LEC), sistemas que apoia aos anteriores, com grande capacidade de armazenamento quer de H^+, quer de OH^-, sendo por tanto os tampões finais.

4.5.2. *Respiração*. O dióxido de carbono (CO_2), importante resíduo do metabolismo celular, é excretado pelos pulmões (exalado durante a expiração). Sua produção vai directamente

ligada com a produção de H^+ ($CO_2 + H_2O \leftrightarrow HCO_3^- + H^+$) pelo que um aumento do CO_2 (por insuficiência respiratória) implica uma diminuição do pH (acidose).

- O aumento da $[H^+]$ provoca um estímulo no "centro respiratório do bulbo raquidiano" – no encéfalo, que incrementa a frequência respiratória. Desta maneira, excretar-se-á mais CO_2, com a conseguinte diminuição compensatória da $[H^+]$. Não é tão imediato como os tampões, mais tem mais capacidade que estes para eliminar H^+.

4.5.3. *Renal*. Os nefrónios – unidades funcionais dos rins, mediante a maior ou menor filtração de HCO_3^- e H^+, são capazes de compensar os excessos ou defeitos de H^+ no sangue, reagindo mediante a produção duma urina ácida (que excreta H^+, quando está em excesso) ou básica (que excreta HCO_3^-, em caso de alcalose) compensadora.

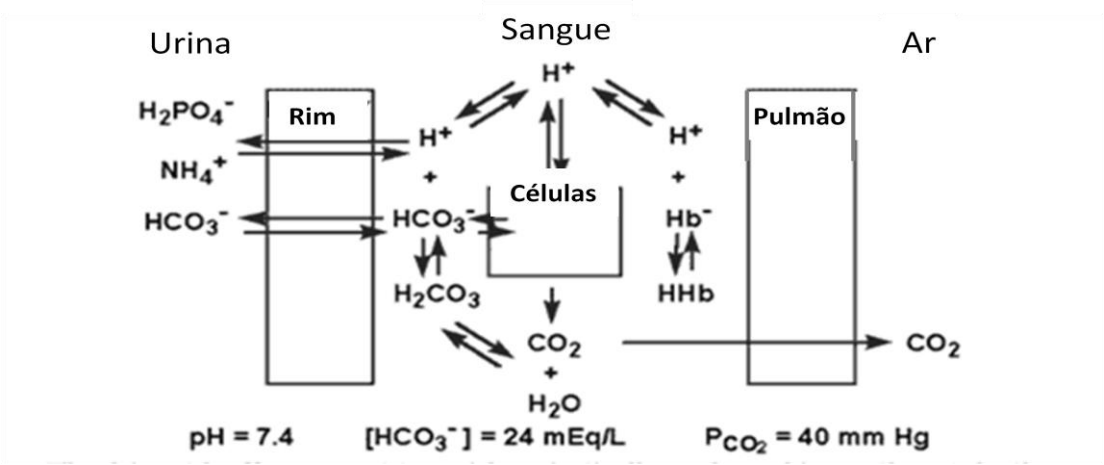


Figura 4. Equílibrio ácido-base.

BLOCO 5: OUTROS SISTEMAS HOMEOSTÁTICOS

5.1. **Manutenção da Temperatura**. O organismo humano mantém uma temperatura constante (36-37º), necessária para o acontecimento dos processos fisiológicos. Qualquer desvio da normalidade provoca uma reacção compensadora imediata.

5.1.1. *O frio*, activa o hipotálamo posterior no encéfalo (mediante termorreceptores cutâneos e viscerais), que desencadeia vários mecanismos compensadores (produzem ou diminuem a perda de calor, e protegem zonas do corpo mais sensíveis ao frio):

- Aumento do catabolismo celular, com liberação de energia, parte dela em forma de calor.
- Aumento da actividade muscular reflexa (tremor, erecção dos pelos) e voluntária.
- Vasoconstrição periférica (mediada por catecolaminas) e minimização da transpiração.
- Redistribuição vascular, com abertura de comunicantes arterio-venosas que desviam o sangue das regiões menos prioritárias (membros, pele,…) para as vitais (cérebro, coração,…).
- Diminuição da superfície de perda de calor mediante encolhimento (enrolar-se sobre si próprio).

5.1.2. O *calor*, activa o hipotálamo anterior no encéfalo (por termorreceptores), que desencadeia vários mecanismos compensadores (diminuem a produção e/ou aumentam a perda de calor):

- Diminuição do catabolismo celular, e por tanto da energia calorífica.
- Diminuição da actividade muscular voluntária (apatia).
- Vasodilatação periférica e redistribuição vascular à pele (irradia calor).
- Aumento da transpiração (a evaporação do suor na pele é uma reacção termodinâmica que consome calor).
- Aumento da frequência respiratória, com maior contacto do ar com a rede capilar pulmonar, dissipando o calor.

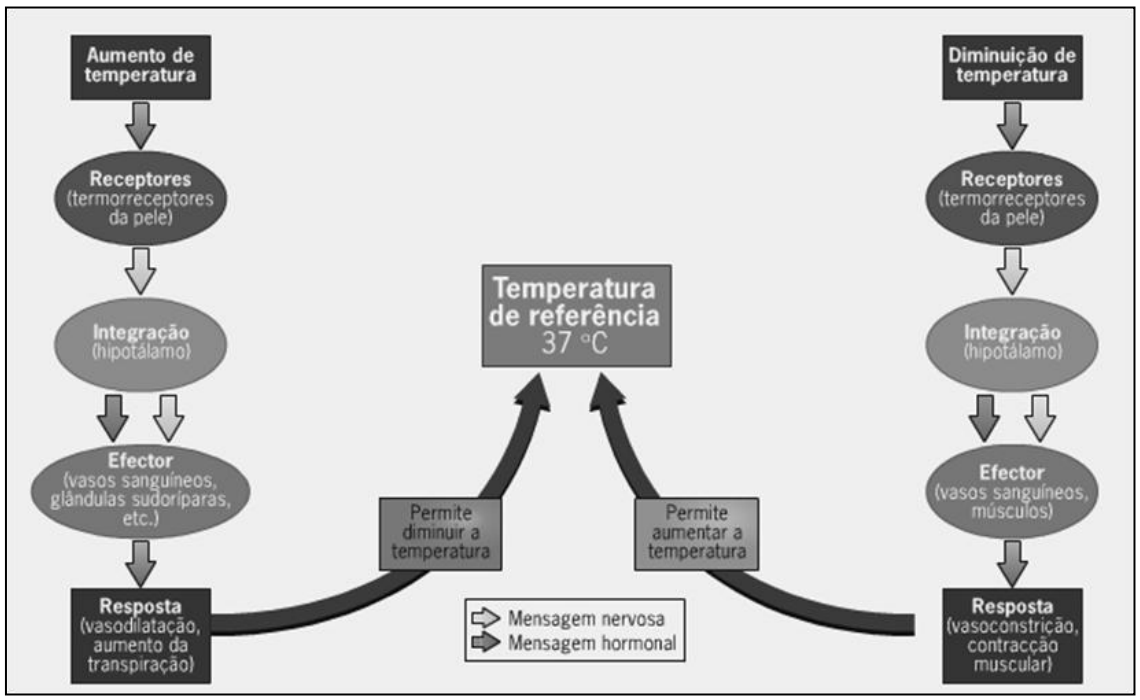


Figura 5. Homeostase da temperatura corporal.

5.2. **Homeostase do sono.** O “sono” é um estado normal, recorrente e reversível de diminuição da percepção e da capacidade de resposta ao meio ambiente, para permitir a recuperação dos tecidos e órgãos depois da actividade.

5.2.1. Existem 2 fases diferentes durante o sono, que vão alternando-se repetidamente (umas 3-6 vezes por noite):

- *Fases não-REM* (sem “movimentos rápidos dos olhos”) com sincronização cerebral generalizada, caracterizadas por sono profundo e menor relaxamento muscular. Duram uns 50-90 min.
- *Fases REM* (com “movimentos rápidos dos olhos”), parecidas aos períodos de vigília, com actividade cerebral elevada, caracterizadas por sono leve com sonhos, mas com grande relaxamento muscular. Duram uns 20-40 min, diminuindo sua duração conforme avança a idade.

5.2.2. A regulação do sono e das suas fases não é bem conhecida, mas se sabe que:

- Está controlado principalmente pelo “relógio biológico” encefálico, marcado pelos ciclos circadianos (de dia-noite), com um ritmo aproximado de 16 horas de vigília e 8 horas de sono por dia.

- A luz solar ao incidir no olho (retina) estimula os “centros encefálicos da vigília” (a escuridão têm efeito contrário).
- Durante cada episódio de vigília o corpo vai acumulando produtos indutores do sono (como a adenosina), até chegar um ponto que aparece o sono, como balanço homeostático: descanso depois de períodos de actividade.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1. O meio interno mantém-se num leque estreito, com correcções compensadoras dos desvios da normalidade (“homeostase”).

6.2. Os mecanismos homeostáticos estão encaminhados à manutenção das funções fisiológicas básicas: aprovisionamento de nutrientes, remoção de resíduos, manutenção do meio interno, mobilidade e prevenção de injúrias, e reprodução.

6.3. A homeostase se faz mediante sistemas de “feed-back” (retroalimentação) de reacção positiva ou negativa perante um estímulo, que é detectado por um receptor, que alerta o centro de controlo, que envia um comando compensador a um órgão executor.

6.4. Os movimentos de difusão e osmose dependem do balanço entre a pressão osmótica e hidrostática a ambos lados da membrana celular.

6.5. Os líquidos do corpo (50-75% da massa corporal) estão distribuídos em dois compartimentos: Intracelular (LIC) e Extracelular (LEC), que inclui o plasma, o líquido intersticial e outros líquidos.

6.6. Os compartimentos estão interligados e trocam entre si continuamente e rapidamente água e moléculas, mas pelos mecanismos reguladores cada compartimento consegue manter condições físico-químicas particulares que os permitem desenvolver processos fisiológicos determinados.

6.7. O volume de água e a concentração de electrólitos permanecem constantes em limites estreitos e de uma maneira dinâmica (sujeito a desvios da normalidade e a compensações imediatas).

6.8. A entrada no organismo de água e electrólitos deve ser igual que a saída.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	5
Tópico	Introdução (5)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia Topográfica (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar a posição do corpo.
2. Identificar as superfícies do corpo.
3. Identificar planos e secções corporais.
4. Definir os termos de relação anatómica.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Anatomia Topográfica: Conceitos Básicos		
3	Anatomia Topográfica: Terminologia		
4	Anatomia Regional		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: ANATOMIA TOPOGRÁFICA: CONCEITOS BÁSICOS

2.1. **Anatomia Sistémica** é o estudo anatómico focado aos aparelhos e sistemas, sendo um conceito fisiológico, fundamental na clínica médica. Por exemplo: estudo do aparelho digestivo ou do sistema nervoso central.

2.2. **Anatomia Topográfica**, pelo contrário, dedica-se ao estudo das relações posicionais entre os diferentes órgãos e sistemas contidos em cada região do corpo, sendo um conceito mais espacial, fundamental na clínica cirúrgica. Por exemplo: estudo da mão, relacionando os ossos, músculos, tendões, nervos, vasos, lá contidos.

2.3. **Nomenclatura Anatómica Topográfica**. Conjunto de termos empregados para definir a posição (absoluta ou relativa entre partes diferentes), comparar a posição entre as partes e descrever o movimento de qualquer parte do corpo. É uma norma internacional, oficialmente aprovada. Deve-se falar sempre em estes termos e não inventar outros, para evitar mal-interpretações.

2.4. Já que o corpo humano é móvel, foi necessário definir uma **Posição Anatómica,** que é a posição de referência que dá significado aos termos direccionais utilizados na descrição das partes e regiões do corpo.

O estudo do corpo, o modo como se movimenta, sua postura ou a relação entre uma e outra área assume que o corpo como um todo está nesta posição.

2.4.1. Posição básica

- De pé (bipedestração), com pernas ligeiramente separadas, pés paralelos e braços estendidos ao lado e ao longo do corpo.
- Face sem inclinação, olhando para frente (bordo infraorbitário e orifício auditivo externo ao mesmo nível), olhos abertos fixos num ponto distante à mesma altura, boca fechada e expressão facial neutra.
- Palmas das mãos para frente com dedos esticados e juntos, com polegar a 90º dos outros.



Imagem cortesia de 3DScience.com

Figura 1. Posição anatómica básica.

2.4.2. Posições especiais, que se usam em certos casos:

- *Decúbito dorsal (supino)*, igual a posição básica, mas deitado, com a face olhando para cima. É importante pois é a que coloca-se inicialmente o doente na marquesa de exame físico.
- *Decúbito ventral (prono)*, igual a posição básica, mas deitado, com a face olhando para baixo.
- *Decúbito lateral (esquerdo ou direito)*, igual a posição básica, mas deitado sobre um dos lados do corpo com a face olhando para o mesmo lado (esquerda ou direita).

Nestas 3 posições especiais utiliza-se a mesma terminologia topográfica que na posição básica.

- *Posição de Litotomia* ou *Ginecológica*, decúbito dorsal, mas com flexão de 90° de anca e joelho, expondo o períneo (área dos órgãos genitais e ânus). É usada para o exame ginecológico e do ânus e utiliza alguns termos anatómicos relacionais particulares.

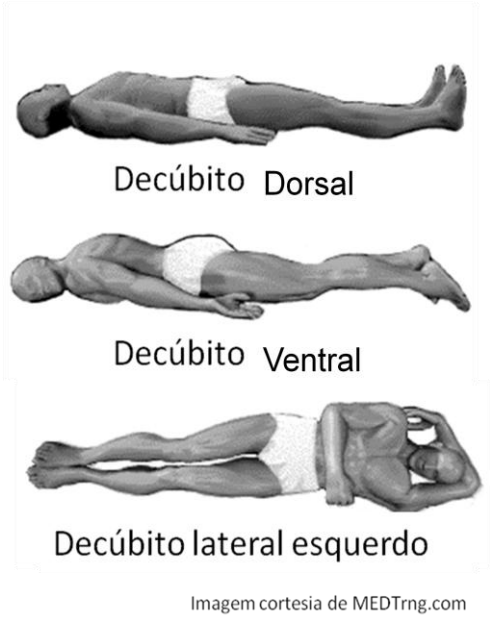




Figura 2. Posições anatómicas especiais: decúbitos dorsal, ventral e lateral (esq) e posição ginecológica.

2.5. **Eixos anatómicos de referência**. Linhas imaginárias que percorrem o corpo (ou determinadas partes dele) nas 3 direcções do espaço (vertical horizontal, profundidade). Servem como base para a definição dos planos anatómicos e para a terminologia relacional.

2.5.1. *Eixo vertical* (ou longitudinal), é a linha média do corpo, que passa pelo vértice da cabeça, pela 6ª vértebra cervical, pela 1ª vértebra lombar, pelo centro de gravidade da pélvis, até entre os calcanhares dos pés

2.5.2. *Eixos horizontais* (ou lateral), perpendiculares ao eixo vertical desde um lado do corpo ao outro

2.5.3. *Eixos de profundidade*, perpendiculares aos eixos vertical e horizontal entre a frente e o dorso do corpo.

2.5.4. *Eixos particulares das partes e dos órgãos do corpo*. Iguais aos anteriores, mas referidos a uma parte do corpo. Em ocasiões estão alinhados com os anteriores (como na mão, onde o eixo vertical passa pelo 3º dedo) ou não (como no pé, onde o eixo principal é longitudinal desde o calcanhar até o 3º dedo).

Pelo corpo ser considerado uma figura aproximadamente cilíndrica, tem um eixo vertical único e infinitos eixos horizontais e de profundidade.

2.6. **Centro de gravidade**. É um ponto imaginário onde balançaria toda a massa do corpo (ou do órgão), correspondendo com o ponto de corte entre o eixo vertical e os eixos horizontais e de profundidade médios (ponto de corte dos três planos). Supõe a origem das coordenadas do corpo e na posição anatómica, está situado na pélvis, em frente da 2ª vértebra sacral (um pouco mais abaixo nas mulheres).

2.7. **Planos anatómicos de referência**. Superfícies planas imaginárias que cortam o corpo (ou partes ou órgãos dele) nas 3 direcções do espaço, e que são sempre definidos mediante 2 eixos.

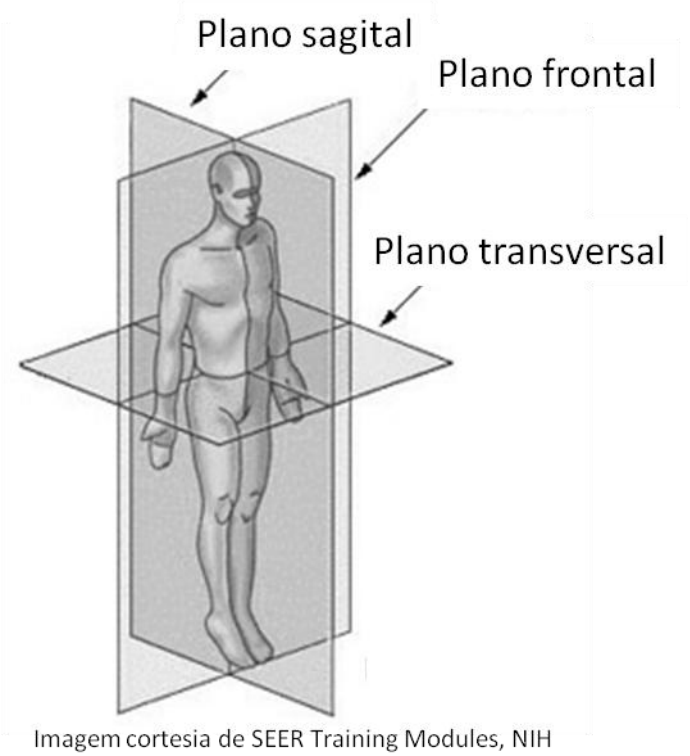


Figura 3. Eixos e planos anatómicos.

2.7.1. *Planos sagitais*: definidos pelos eixos vertical e de profundidade, dando una superfície que corta o corpo (ou órgão) verticalmente de frente para atrás, dividindo-o numa parte esquerda e outra direita.

- *Plano sagital médio (Plano mediano)* quando passa pela linha média do corpo (ou do órgão) dividindo este em duas metades iguais (esquerda e direita).
- *Planos para-sagitais*, quando não passa pela linha média, se não por algum ponto dos lados esquerdo ou direito, dividindo o corpo (ou órgão) em partes não iguais.

2.7.2. *Planos frontais (coronais)*: definidos pelos eixos vertical e horizontal, dando uma superfície que corta o corpo (ou órgão) verticalmente dum lado para o outro, dividindo-o numa parte anterior e outra posterior.

- *Plano frontal médio,* quando passa pela linha média do corpo (ou do órgão), dividindo em anterior (ventral) e posterior (dorsal).

2.7.3. *Planos transversais (axiais)*: definidos pelos eixos horizontal e de profundidade, dando uma superfície que corta o corpo (ou órgão) horizontalmente, dividindo-o numa parte superior e outra inferior.

2.7.4. *Planos oblíquos,* que cortam o corpo (ou órgão) em ângulos diferentes aos de 90º definidos antes.

2.8. Todos estes planos definidos "cortam" o corpo em superfícies chamadas "**secções**" (ou simplesmente "**cortes**"), de alto interesse no estudo topográfico da anatomia, pois mostram as relações entre os órgãos a qualquer nível. Tem a mesma nomenclatura que os planos (secção ou corte para-sagital esquerdo, corte oblíquo, …).

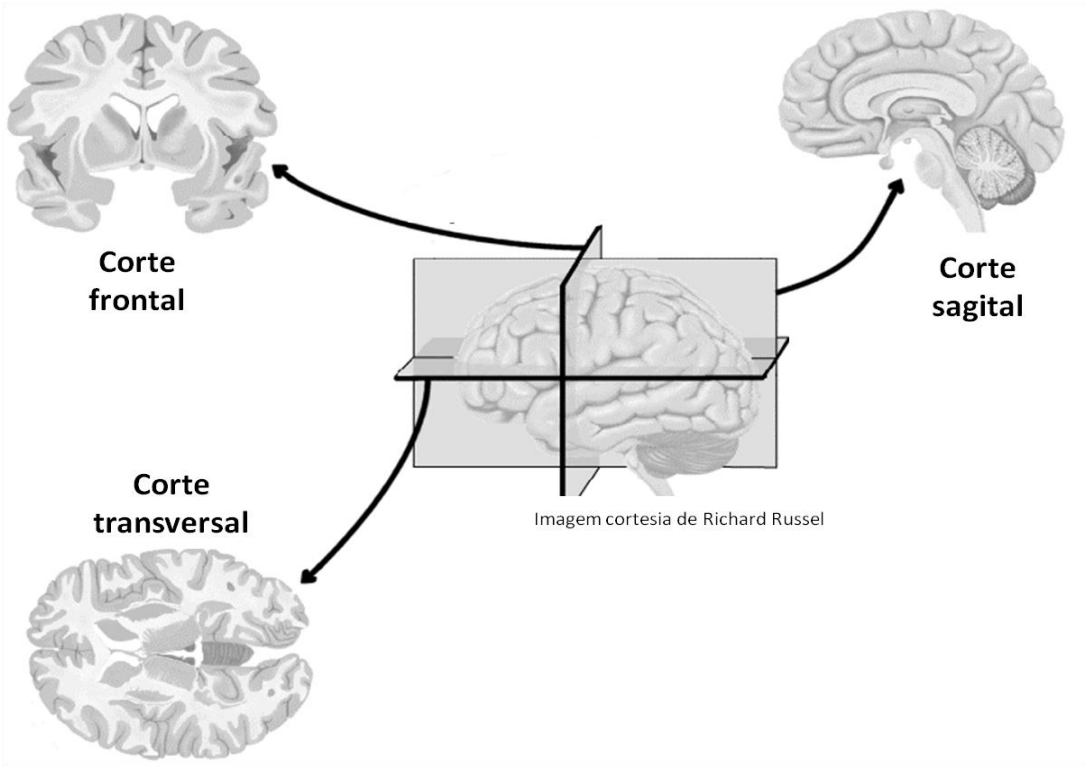


Figura 4. Secções ou cortes anatómicos.

2.9. **Medições**. Como complemento as descrições e imagens bidimensionais anatómicas definidas pelos parâmetros anteriores (eixos e planos), são úteis também para descrever as estruturas anatómicas as medições das mesmas.

2.9.1. Tamanho, medido em metros, centímetros ou milímetros do corpo (ou partes dele) em qualquer dos eixos: longitudinal (*comprimento*), horizontal (*largura*) ou profundidade (*espessura*). É frequente colocar como referência uma régua ou uma escala nos desenhos e fotos de peças anatómicas e patológicas.

2.9.2. *Peso*, medido em quilogramas e gramas.

2.9.3. *Volume*, medido em litros ou mililitros (centímetros cúbicos).

BLOCO 3: ANATOMIA TOPOGRÁFICA: TERMINOLOGIA

Uma vez estabelecidos os parâmetros de orientação em eixos e planos, é fundamental definir a terminologia para a descrição espacial de estruturas anatómicas e as relações entre elas

3.1. **Termos de Localização**. Nomenclatura para definir a posição duma certa estrutura anatómica em relação aos eixos e planos do corpo e em relação a outras estruturas.

3.1.1. Em relação ao plano sagital

- *Medial (Médio-)*, quando está mais próximo do plano sagital médio.
- *Lateral (Latero-)*, quando está mais afastado do plano sagital médio ou de outra estrutura. Frequentemente se especifica se é para o lado direito ou para o esquerdo.
- *Axial (Centro-),* quando está no eixo principal do corpo ou estrutura.
    - *Exemplos: O coração é um órgão medial, porque está próximo do plano sagital médio. O baço é lateral em relação ao estômago. Os gânglios latero-cervicais estão nos lados do pescoço. O úmero é axial no braço.*

3.1.2. Em relação ao plano frontal

- *Anterior, Ventral ou Frontal (Antero-, Ventro-, Fronto-), quando está na parte de frente do corpo ou em frente de outra estrutura.*
- *Posterior ou Dorsal (Postero-, Dorso-, Retro-), quando está na parte de trás do corpo ou atrás de outra estrutura.*
    - *Exemplos: A tiróide é um órgão anterior à traqueia. O esófago é um órgão posterior à traqueia.*

3.1.3. Em relação ao plano horizontal

- *Superior ou Cranial (Supra-), quando está na parte de cima do corpo ou em cima de outra estrutura.*
- *Inferior ou Caudal (Infra-, Sub-), quando está na parte de baixo do corpo ou em baixo de outra estrutura.*
    - *Exemplos: O ânus e a parte mais caudal do tubo digestivo. O pulmão direito é superior ao fígado. O hemi-abdómen superior é supra-umbilical. Extremidade superior do úmero (porque está acima do corpo do úmero).*

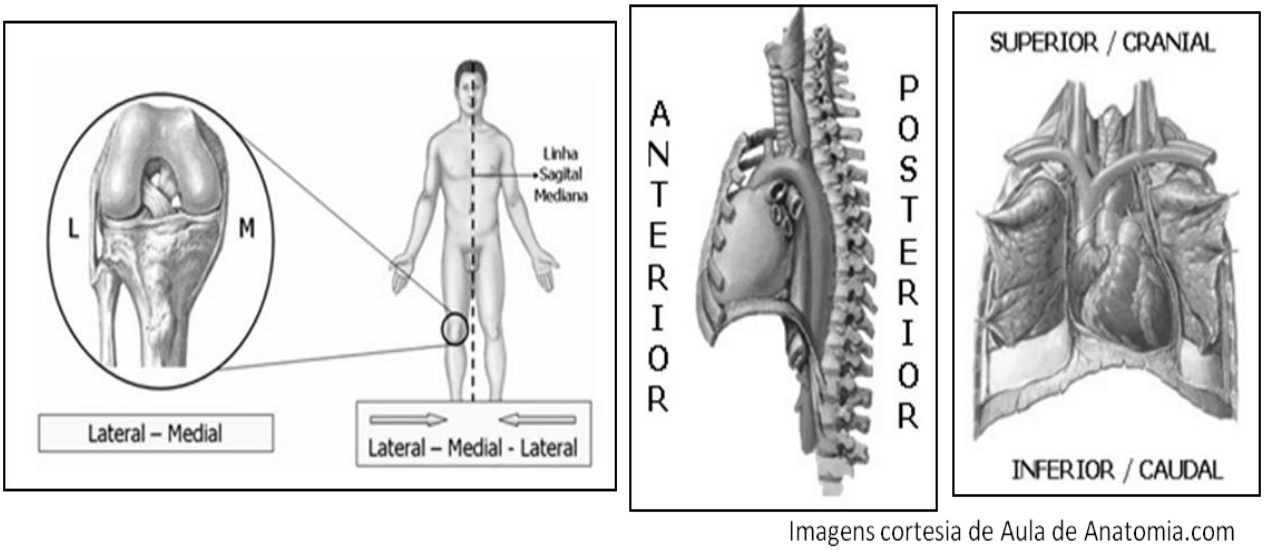


Figura 5. Termos de Localização: Medial e Lateral, Anterior e Posterior, Superior e Inferior.

3.1.4. Nos 3 grupos anteriores, pode-se incluir o termo *Médio* ou *Intermédio*, indicando uma estrutura que está entre outras duas.

- *Exemplos: O Lóbulo Médio do pulmão direito está entre o lóbulo superior e inferior. O estômago é um órgão intermédio entre o esófago e o duodeno.*

3.1.5. Termos compostos. Os termos anteriores podem-se juntar para dar localizações mais precisas, considerando vários planos: *Antero-medial*, *Postero-inferior*, *Latero-caudal*, …

- Exemplos: O diafragma é postero-superior em relação ao fígado. Os rins são postero-laterais (esquerdo e direito, respectivamente). O coração é um órgão ântero-medial

3.2. **Termos de Comparação**. Nomenclatura para definir a posição relativa duma certa estrutura anatómica dentro do órgão ao que pertence.

3.2.1. Em relação à distância:

- *Proximal, quando está mais próximo á raiz do órgão ou membro, considerando a raiz a parte mais próxima (zona de implantação) do centro do corpo ou a parte onde começa-se formar no seu desenvolvimento embriológico.*
- *Distal*, quando está mais longe da raiz do órgão ou membro.
  - *Exemplos: A falange distal é o osso mais longe da raiz dos dedos. O tornozelo é distal em relação ao joelho.*

3.2.2. Em relação à profundidade:

- *Superficial, quando está mais próximo á superfície do corpo ou da estrutura anatómica.*
- *Profundo*, quando está mais longe (em profundidade) da superfície.
  - *Exemplo: A pele é superficial em relação aos músculos.*

3.2.3. Em relação ao conteúdo:

- *Interno (Intra-…), quando está incluído no corpo, órgão ou está dentro duma víscera oca.*
- *Externo (Extra-…), quando está fora do corpo, órgão ou está no exterior duma víscera oca.*

- *Periférico, quando está em volta (Peri-…) ou ao lado (Para-) do corpo, órgão ou está no exterior duma víscera oca.*
    - *Exemplos: O estômago é uma víscera intra-peritoneal (está dentro do peritoneo). O canal auditivo externo comunica o exterior com o tímpano. A gordura peri-renal está a volta do rim, para protegê-lo. Os gânglios para-aórticos estão ao lado da aorta.*

3.2.4. Em relação ao plano sagital:

- *Homolateral ou Ipsilateral, quando está no mesmo lado do corpo.*
- *Contralateral,* quando está no lado oposto do corpo.
    - *Exemplos: A vesícula biliar é homo-lateral com o rim direito e contra-lateral com o coração. O estômago tem uma posição contra-lateral ao fígado.*

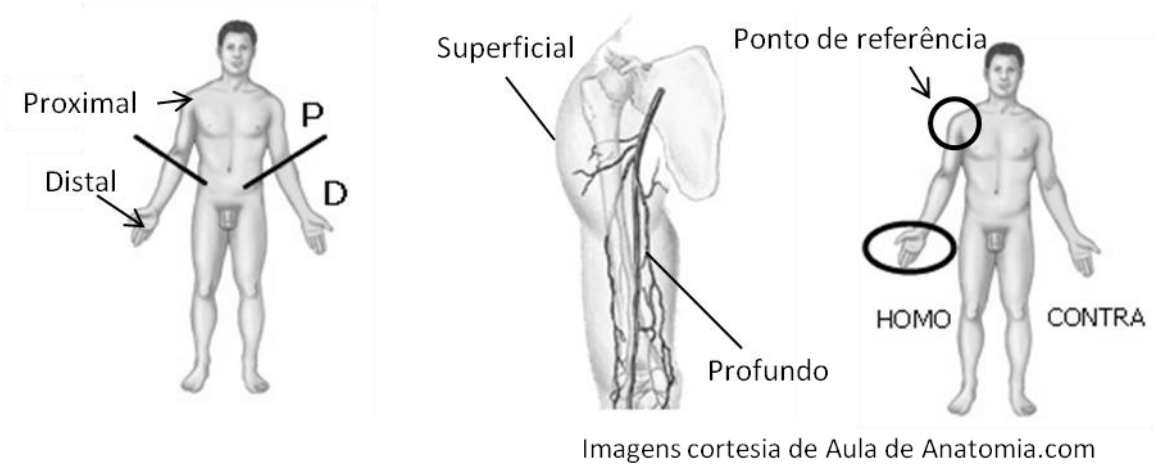


Figura 6. Termos de Comparação: Proximal e Distal, Superficial e Profundo, Homolateral e Contralateral.

3.3. **Termos de Movimento ou Posição**. Nomenclatura para definir a posição relativa duma certa estrutura anatómica dentro do órgão ao que pertence.

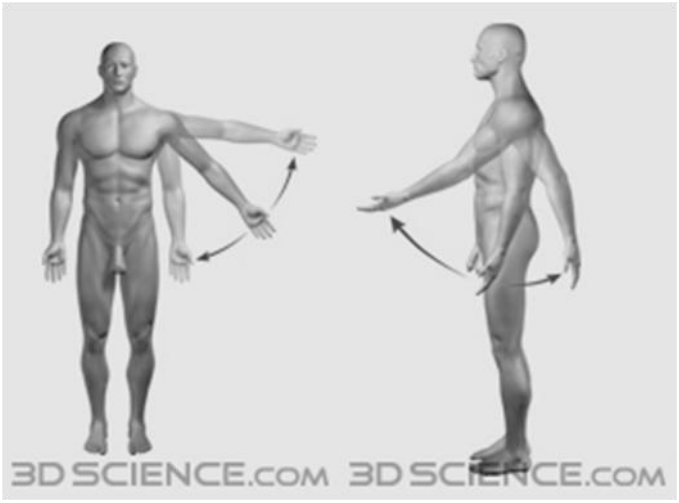
3.3.1. Em relação ao ângulo de abertura de duas partes móveis unidas em um ponto:

- *Flexões, quando o ângulo diminui e as partes se aproximam.*
- *Extensão, quando o ângulo aumenta e as partes se separam. Hiperextensão é quando* a extensão vai além da máxima normal.

Exemplos: quando a cabeça se inclina para frente e diminui o ângulo em relação ao tórax, diz-se flexão da cabeça. Quando a cabeça se inclina para trás, aumentando o ângulo em relação ao tórax, diz-se extensão da cabeça.

3.3.2. No plano coronal, em relação aos movimentos das estruturas:

- *Separação ou Abdução, quando a estrutura se afasta da linha média no plano coronal.*
- *Aproximação ou Adução, quando a estrutura se aproxima à linha média no plano coronal.*

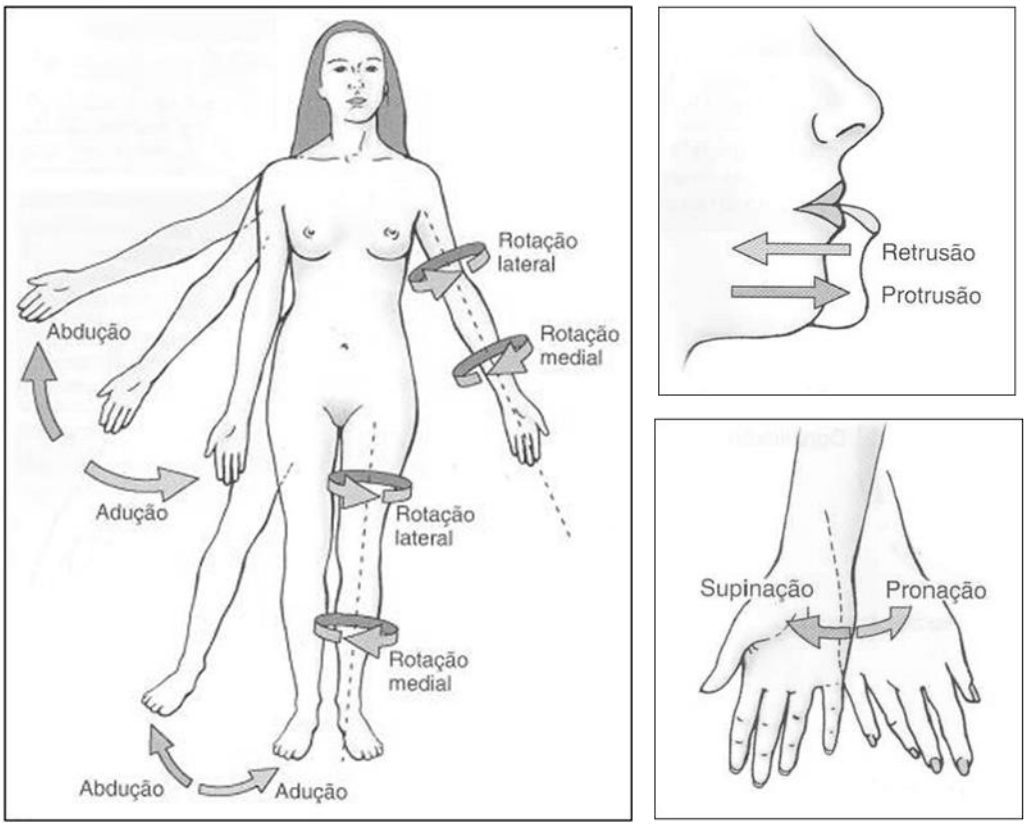


Imagens cortesia de 3DScience.com

Figura 7. Termos de Movimento (1): Separação e Aproximação; Flexão e Extensão. Movimentos referidos à articulação do ombro.

3.3.3. Em relação ao eixo da estrutura:

- *Rotação Medial - Rotação Lateral, quando uma estrutura com eixo vertical gira sobre o seu próprio eixo, aproximando ou afastando a sua face anterior do plano medial (membro inferior ao afastar calcanhares com os 1º dedos dos pés juntos e ao contrário, respectivamente).*
- *Rotação Inferior - Rotação Superior, quando uma estrutura com eixo horizontal gira sobre o seu próprio eixo, aproximando ou afastando do plano horizontal (escápulas quando se aproximam e separam os braços, respectivamente).*
- *Elevação - Depressão, quando uma estrutura vertical tem um movimento superior ou inferior respectivamente, ao longo do seu próprio eixo (levantar e abaixar o ombro, respectivamente).*
- *Supinação - Pronação, quando duas estruturas paralelas giram sobre o eixo de uma para separar ou aproximar respectivamente a outra (antebraço em posição anatómica e quando a palma olha posteriormente, respectivamente).*
- *Protrusão - Retrusão, quando uma estrutura horizontal tem um movimento anterior ou posterior respectivamente ao longo do seu próprio eixo (mandíbula para frente e para trás, respectivamente).*



Imagens cortesia de Aula de Anatomia.com

Figura 8. Termos de Movimento (2): Rotação Médial e Lateral; Protrusão e Retrusão; Supinação e Pronação.

3.3.4. Outros termos:

- *Oclusão - Abertura, quando uma estrutura "em dobradiça" fecha ou abre respectivamente o seu ângulo (arcada dentária inferior quando fecha e abre a boca, respectivamente).*
- *Anteroversão - Retroversão, quando uma estrutura que balança sobre um ponto fixo leva para frente ou para trás respectivamente a sua parte móvel (útero, fixado pela vagina, quando cai sobre a bexiga ou sobre o recto).*
- *Inversão - Eversão, quando uma estrutura que balança sobre um ponto fixo leva para o médio ou para um lado respectivamente a sua parte móvel (pé quando apoia sobre o bordo lateral ou sobre o arco medial, respectivamente).*



Imagens cortesia de Aula de Anatomia.com

Figura 9. Termos de Movimento (3): Inversão e Eversão.

BLOCO 4: ANATOMIA REGIONAL

4.1. **Anatomia Regional** é a anatomia topográfica focada ao estudo das regiões e cavidades do corpo. Por exemplo: estudo da cabeça.

4.2. **Regiões e sub-regiões** são partes do corpo com identidade anatómica e funcional, que podem ser definidas por limites anatómicos superficiais (na pele) e profundos (estruturas anatómicas) claros.

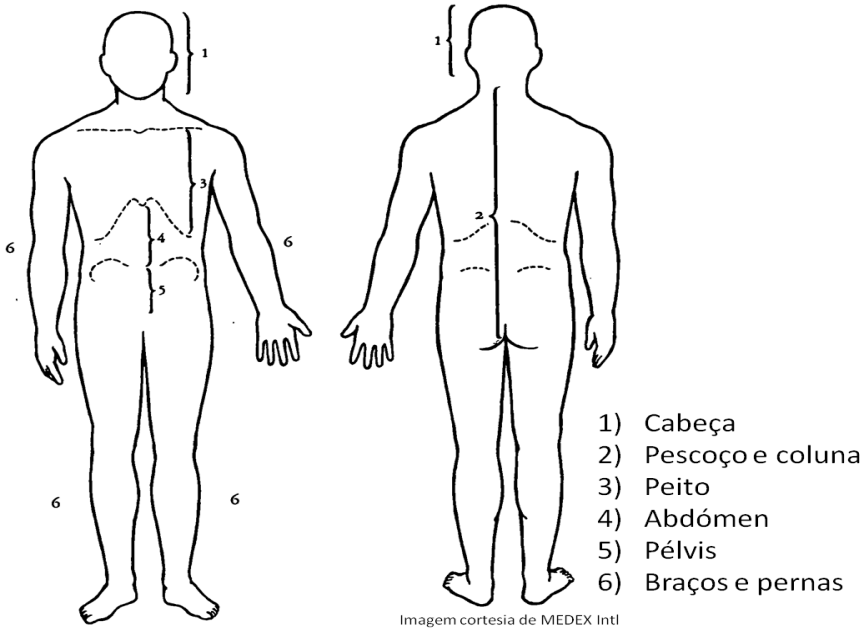


Figura 10. Regiões e subregiões do corpo: cabeça (crânio, face e pescoço), tronco (tórax, abdómen, pélvis e dorso), membros superiores (ombro, braço, antebraço e mão) e membros inferiores (anca, coxa, perna e pé).

4.3. **Cabeça**, desde o vértice superior do corpo ate o plano horizontal que passa pela 7ª vértebra cervical e as articulações esterno-claviculares. Inclui as sub-regiões:

4.3.1. *Crânio*: pele, músculos, ossos em volta e o próprio conteúdo da cavidade craniana. Inclui principalmente o encéfalo e as estruturas que o protegem (crânio, principalmente ósseo).

4.3.2. *Face*: maciço facial, resto de estruturas da cabeça a excepção do pescoço. Inclui olhos, cavidade oro-nasal e faríngea, seios paranasais, orelhas e as estruturas de suporte (óssea e muscular).

4.3.3. *Pescoço*, estruturas inferiores ao plano horizontal da 1ª vértebra cervical. Inclui vértebras e medula cervicais, laringe e traqueia superior, esófago cervical, tiróide, grandes vasos da cabeça e as estruturas de suporte (musculares).

4.4. **Tronco**, desde o plano horizontal que passa pela 7ª vértebra cervical até a raiz dos membros. Inclui as sub-regiões:

4.4.1. *Tórax*: desde o plano horizontal que passa pela 7ª vértebra cervical até o diafragma (profundo) e até o bordo costal (superficial). Inclui principalmente a cavidade torácica (pulmões -laterais-, coração e mediastino -mediais-) e as estruturas de suporte e que o protegem (parede torácica, óssea e muscular).

4.4.2. *Abdómen*: desde o bordo costal (superficial) e o diafragma (profundo), até o bordo ósseo pélvico e púbico (superficial) e o anel pélvico superior (profundo). Inclui a cavidade peritoneal (órgãos digestivos) e o retroperitoneu (rins, grandes vasos) e as estruturas que o protegem (parede abdominal, principalmente muscular).

4.4.3. *Pélvis*, em continuidade anatómica com o abdómen, desde o anel pélvico superior até a raiz dos membros. Inclui bexiga, recto e órgãos reprodutores e as estruturas de suporte (pélvis e sacro, principalmente óssea).

O "períneo" corresponde ao solo da pélvis, limitado por coxas e nádegas (laterais), estendendo-se desde o cóccix (posterior) até a púbis (anterior). Inclui o ânus e os órgãos sexuais externos.

4.4.4. *Dorso*, sub-região posterior do tronco, muscular e óssea (vértebras dorsais e lombares), que contem a medula espinal.

4.5. **Membros superiores** (esquerdo e direito), desde o plano sagital axilar (raiz do membro) até a ponta dos dedos da mão. Inclui as sub-regiões:

4.5.1. *Ombro*: desde o plano sagital axilar (raiz do membro) até o plano horizontal axilar Inclui a articulação do ombro e escápula (cintura escapular).

4.5.2. *Braço*: desde o plano horizontal axilar plano horizontal axilar até o cotovelo. Inclui o úmero com seus músculos, vasos e nervos.

4.5.3. *Antebraço*, desde o cotovelo até o punho. Inclui rádio e cúbito com seus músculos, vasos e nervos.

4.5.4. *Mão*, desde o punho até a ponta dos dedos.

4.6. **Membros inferiores** (esquerdo e direito), desde o plano oblíquo inguinal (raiz do membro) até a ponta dos dedos do pé. Inclui as sub-regiões:

4.6.1. *Anca*: desde o plano oblíquo inguinal (raiz do membro) até o plano horizontal sub-trocantérico. Inclui a articulação da anca e os glúteos (cintura pélvica)

4.6.2. *Coxa*: desde o plano horizontal sub-trocantérico até o joelho. Inclui o fémur, com seus músculos, vasos e nervos.

4.6.3. *Perna*, desde o joelho até o tornozelo. Inclui tíbia e fíbula, com seus músculos, vasos e nervos.

4.6.4. *Pé*, desde o tornozelo até a ponta dos dedos.

4.7. **Cavidades corporais** são espaços do corpo que contêm (protegem, separam e sustêm) os órgãos internos (vísceras). Todos têm uma parede (óssea ou muscular) que os protege e contêm e uma membrana que os delimita e envolve.

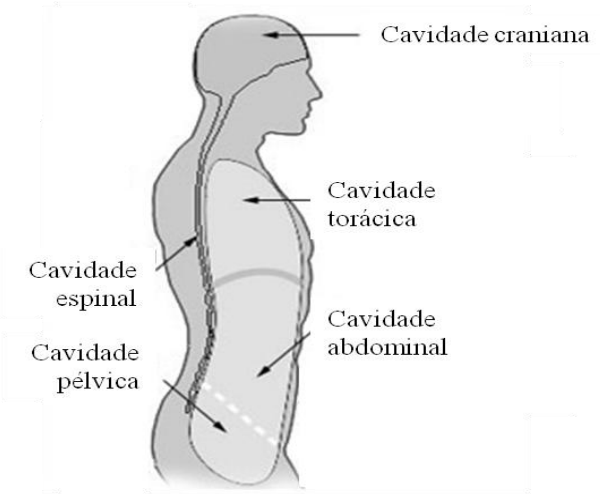


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 11. Cavidades corporais: craniana, espinal, torácica, abdominal e pélvica.

4.7.1. *Cavidade craniana*, incluída na região craniana. Protegida pelo crânio, limitada pelas "meninges". Contêm o encéfalo.

4.7.2. *Cavidade espinal*, incluída na sub-região dorsal do tronco. Protegida pelas vértebras, limitada pelas "meninges". É uma continuação da cavidade craniana, com a que comunica pelo orifício occipital. Contêm a medula espinal.

4.7.3. *Cavidade torácica*, incluída na sub-região torácica do tronco. Protegida pelas costelas e diafragma e dividido em três espaços:

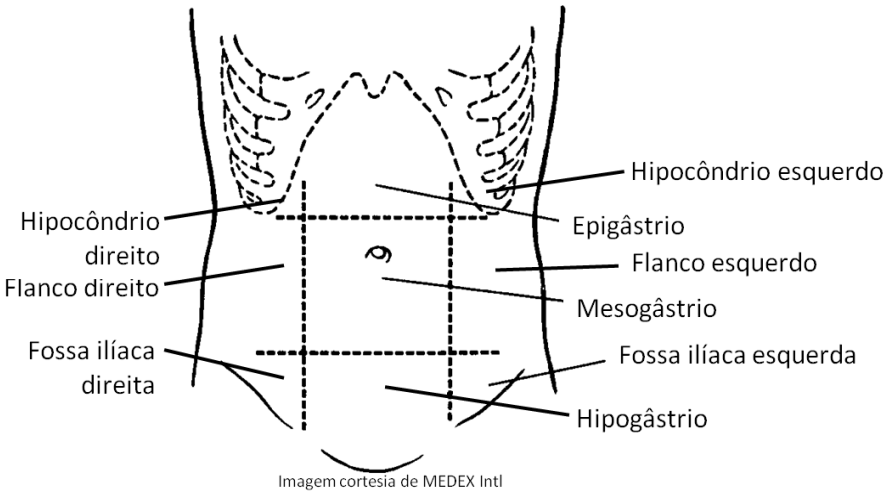
- *2 laterais: Cavidades pleurais, limitadas pela "pleura" (esquerda e direita). Contêm os pulmões.*
- *1 medial: Cavidade pericárdica, limitadas pelo "pericárdio". Contêm o coração.*
- *1 medial: Mediastino, sem membrana de limitação, dividido pelo plano horizontal do ângulo esternal, em Superior e Inferior.*

  O mediastino superior contém os grandes vasos, timo, esófago e traqueia. O inferior, está dividido pelo coração em anterior, médio (que contêm o coração) e posterior (contêm esófago, vasos, nervos e gânglios).

4.7.4. *Cavidade abdominal*, incluída na sub-região abdominal do tronco. Protegida pela parede muscular abdominal (anterior e lateral), região dorsal (posterior) e diafragma (superior), limitada pelo "peritónio". Contêm estômago, intestino, fígado, pâncreas (parcialmente retroperitoneal) e baço.

Subdividida em 9 quadrantes por 2 planos sagitais que passam pelos mamilos e por 2 planos horizontais que passam pelo bordo costal e pelas espinhas ilíacas antero-superiores:

- *Hipocôndrio direito (supero-lateral direito)*
- *Epigâstrio (supero-medial)*
- *Hipocôndrio esquerdo (supero-lateral esquerdo)*
- *Flanco direito (lateral direito)*
- *Mesogástrio (medial)*
- *Flanco esquerdo (lateral esquerdo)*
- *Fossa ilíaca direita (infero-lateral direito)*
- *Hipogástrio (infero-medial)*
- *Fossa ilíaca esquerda (infero-lateral esquerdo)*



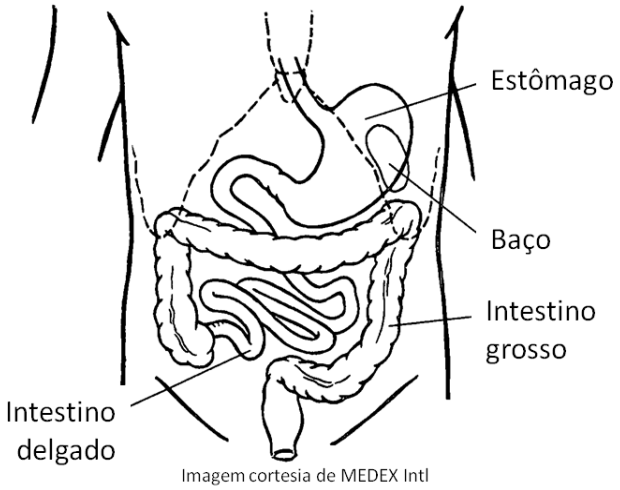


Figura 12. Localização dos órgãos abdominais segundo os quadrantes abdominais.

4.7.5. *Cavidade pélvica*, incluída na sub-região pélvica do tronco. Protegida pela bacia e o sacro e limitada pelo peritónio pélvico, é uma continuação da cavidade abdominal (peritoneal), da que está separada pelo plano imaginário do anel pélvico superior. Contêm bexiga, recto e órgãos sexuais internos.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1. A anatomia topográfica estuda as relações posicionais entre as diferentes estruturas anatómicas, para o qual utiliza uma nomenclatura internacional muito precisa.

5.2. A posição anatómica se utiliza como base a qualquer descrição anatómica, sendo de pé, com a face olhando para frente, membros superiores ao longo do corpo com as palmas das mãos anteriores, com os membros inferiores juntos e com os pés paralelos.

5.3. A localização de estruturas anatómicas se faz em base a três planos: sagital (vertical de frente para trás, passando pelo eixo médio do corpo, que divide o esquerdo do direito), frontal (vertical de um lado para outro, que divide o anterior do posterior) e horizontal (que divide o superior do inferior).

5.4. São termos opostos de comparação: proximal-distal (perto o longe da raiz da estrutura), superficial-profundo (perto ou longe da superfície da estrutura), interno-externo (dentro ou fora da estrutura).

5.5. São termos opostos de movimento: flexão-extensão (fechar ou abrir ou ângulo entre estruturas), separação-aproximação (separar ou juntar estruturas), elevação-depressão (levantar ou abaixar uma estrutura) e rotações medial-lateral e inferior superior (giro da estrutura para frente ou para trás com eixo vertical ou horizontal).

5.6. O corpo está dividido em regiões com suas sub-regiões: cabeça (crânio, face e pescoço) tronco (tórax, abdómen e pélvis) membros superiores direito e esquerdo (ombro, braço, antebraço e mão) e membros inferiores direito e esquerdo (anca, coxa, perna e pé).

5.7. O corpo tem várias cavidades (craniana, espinal, torácica, abdominal e pélvica) que são espaços que contêm e protegem os principais órgãos internos.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	6
Tópico	Introdução (6)	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Anatomia Topográfica (2)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar os parâmetros topográficos principais sobre modelos anatómicos.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:20
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:25
4	Prática da Técnica pelos Alunos	00:70

Materiais e Equipamentos:

- Modelo anatómico artificial de corpo humano completo em posição anatómica básica, com possibilidade de colocá-lo em outras posições anatómicas: 1 por turma.

  [Alguns dos conceitos deveriam ser explicados usando uma pessoa real, que poderia ser o próprio professor, um aluno ou outra pessoa qualquer]
- Marquesa de exame clínico, com perneiras para exame ginecológico, para posicionar o modelo anatómico artificial ou real nas posições de decúbito e ginecológicas: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial capaz de mostrar cortes sagital, coronal e transversal: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial em que se podem abrir e mostrar as cavidades corporais (torácica, abdomino-pélvica, cranial, espinal): 1 por turma.
- Apresentação de PowerPoint com as figuras da Aula 5 (ou outras semelhantes), que mostram os conceitos que aparecem nesta prática e que se poderão projectar simultaneamente à explicação sobre modelos.

Preparação:

- Treinar o modelo vivo para:
  - Se colocar nas diferentes posições anatómicas: básica, decúbitos supino, prono e laterais;

    [Por considerações éticas, as posições ginecológica e gino-peitoral não deva ser feita com modelo vivo, e será feita apenas com o artificial e com as imagens projectadas]
  - Realizar os principais movimentos com os membros superior: flexão-extensão. abdução-adução, elevação-depressão, pronação-supinação, rotações medial, lateral, inferior e superior
  - Realizar movimentos secundários: protrusão-retrusão e oclusão-abertura com a mandíbula, inversão-eversão com o pé.

- Conferir que os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Conferir que o conteúdo da Aula 5 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (20 min)

2.1. No estudo da anatomia é fundamental a descrição da posição das diferentes estruturas, a relação espacial existente entre elas e as diferentes posições possíveis que podem ser adoptadas no caso das estruturas móveis.

2.1.1. Parte-se de uma posição anatómica básica, definida em baixo, que será a referência para a descrição de estruturas.

2.1.2. Para que esta descrição seja exacta, utiliza-se uma série de termos, aprovados por uma norma internacional:

- Posição absoluta, relacionada com os eixos e planos do espaço;
- Posição relativa, relacionada com as outras estruturas anatómicas vizinhas;
- Movimento, respeitante à posição anatómica básica.

2.2. O **propósito** de dominar a nomenclatura anatómica e as posições absoluta e relativa e os movimentos das partes corporais é de poder-nos comunicar com precisão na descrição anatómica sem induzir a erros.

2.3. A **prática da anatomia topográfica** faz-se sobre o modelo anatómico (vivo ou artificial, depende da disponibilidade que houver) e inclui:

2.3.1. *Colocação em posição anatómica básica:* de pé, com membros superiores, inferiores e pés paralelos ao eixo vertical, com as palmas para frente e dedos juntos, face sem inclinação e olhar para o horizonte.

2.3.2. *Colocação em posições anatómicas secundárias:*

- Decúbito supino ou dorsal: igual que a básica, mas com o modelo deitado com a face virada para cima.
- Decúbito prono ou ventral: igual que a básica, mas com o modelo deitado com a face virada para baixo.
- Decúbitos laterais esquerdo ou direito: igual que a básica, mas com o modelo deitado lateralmente com a face virada para a esquerda ou para a direita.
- Ginecológica: decúbito supino ou dorsal, mas com o modelo com as pernas abertas e levantadas, para expor o períneo.
- Gino-peitoral, semelhante à anterior, mas em decúbito ventral. Com o doente ajoelhado na marquesa, com pernas afastadas e inclinado de modo que o peito toque na marquesa.

2.3.3. *Identificação dos eixos:* vertical, horizontal e profundo.

2.3.4. *Identificação dos planos:* sagitais (médio e para-sagitais), coronais, transversais e oblíquos.

2.3.5. *Descrição da localização de estruturas, em relação ao:*

- Plano sagital: medial (coração), lateral (pulmão Esquerdo), axial (coluna e grandes vasos), homolateral (baço e pulmão Esquerdo) e contralateral (pulmões Direito e Esquerdo)
- Plano frontal: anterior ou ventral (traqueia) e posterior ou dorsal (esófago)
- Plano horizontal: superior ou cranial (pulmão Direito) e inferior ou caudal (fígado)
- Termos complexos: postero-inferior (rim Direito em relação ao fígado), Antero-medial (estômago em relação ao baço), …

2.3.6. *Descrição da comparação de estruturas*, em relação à:

- Distância: proximal (ombro) e distal (mão).
- Profundidade: superficial (pele) e profundo (osso).
- Conteúdo: interno (estômago no abdómen) e externo (orelha do aparelho auditivo)

2.3.7. *Descrição do movimento de estruturas* (deve ser em modelo anatómico vivo, assistido por imagens, que podem ser projectadas)*:*

- Flexão - Extensão (cotovelo).
- Separação ou abdução – Aproximação ou adução (membro superior).
- Rotação Medial - Lateral (membro inferior, girando os pés sobre o calcanhar).
- Rotação Inferior - Superior (escápulas, na aproximação e separação dos braços).
- Elevação – Depressão (ombros).
- Supinação – Pronação (antebraço).
- Protrusão – Retrusão (mandíbula)
- Oclusão – Abertura (boca)
- Inversão – Eversão (planta do pé).

2.3.8. *Identificação das grandes regiões e sub-regiões do corpo:*

- Cabeça: crânio, face e pescoço.
- Tronco: tórax, abdómen, pélvis e dorso.
- Membros superiores: cintura escapular, braço, antebraço e mão.
- Membros inferiores: cintura pélvica, coxa, perna e pé.

2.3.9. *Identificação das cavidades do corpo* (em modelo anatómico artificial):

- Craniana.
- Espinal.
- Torácica (cavidades pleurais e mediastino).
- Abdominal. Com os 9 sectores (Hipocôndrio direito, Epigastro, Hipocôndrio esquerdo, Flanco direito, Mesogastro, Flanco esquerdo, Fossa ilíaca direita, Hipogastro, Fossa ilíaca esquerda).
- Pélvica

[Para uma melhor compreensão dos termos, acompanham-se com exemplos. Figuras ilustrativas de todos estes conceitos aparecem na aula 5, que deverá ser consultada]

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (25 min)

3.1. Demonstrar praticamente os conceitos anteriores, em 5 blocos de prática (uns 5 minutos de explicação para cada bloco):

3.1.1. Posições anatómicas, descrevendo os detalhes das mesmas (sobre modelo anatómico artificial, ou idealmente, vivo).

3.1.2. Eixos e planos (sobre modelo anatómico artificial ou vivo).

3.1.3. Localização e comparação de estruturas, com os exemplos colocados anteriormente e com outros (2 ou 3 por cada conceito) semelhantes (sobre modelo anatómico artificial).

3.1.4. Movimentos, com os exemplos colocados anteriormente e com outros (2 ou 3 por cada conceito) semelhantes (sobre modelo anatómico vivo).

3.1.5. Regiões e Cavidades, descrevendo os detalhes das mesmas (sobre modelo anatómico artificial).

3.2. Paralelamente à explicação dos conceitos sobre os modelos, podem ser projectadas (PowerPoint) as figuras correspondentes da Aula 5, para reforçar a prática.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (70 min)

4.1. Dividir os alunos em 5 grupos. Cada aluno terá cerca de 10 minutos para falar sobre os 5 blocos de prática.

4.2. Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos, criando novos exemplos, para além dos já dados. É importante manter a interacção entre os membros do grupo.

[No caso de modelos vivos, recomenda-se que sejam os próprios alunos a utilizar os conceitos sobre si próprios ou sobre os colegas de grupo, não precisando de modelos externos]

4.3. Cada aluno deverá, no seu caderno, fazer desenhos básicos dos principais conceitos aprendidos.

4.4. O docente (se for único) deverá circular pelos grupos, dinamizando a interacção entre os alunos, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada bloco, de forma a permanecer mais tempo com o grupo, para moderá-lo e dinamizá-lo].

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	7
Tópico	Introdução (7)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fundamentos de Embriologia	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Definir o estado de zigoto
2. Descrever o processo de clivagem
3. Definir os estados de mórula, blástula
4. Descrever o processo de organogénese

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Embriologia: Considerações Gerais		
3	Fecundação, Clivagem e Implantação		
4	Período Embrionário		
5	Período Fetal		
7	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Moore. Embriologia básica. 5 edição. Brasil: McGraw-Hill; 2000.

Moore, Persaud, Shiota. Atlas de embriologia clínica (espanhol). Panamericana; 2000.

Sadler. Embriologia médica com orientação clínica de Langman. 8ª edição. Pan-americana; 2002.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: EMBRIOLOGIA: CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1. A **Embriologia** é a ciência que estuda o desenvolvimento do organismo, desde a concepção (fecundação - união dos gâmetas masculino e feminino) até a formação completa de tecidos e órgãos (morfogénese e organogénese). Portanto, estuda o período antes do nascimento do ser humano (período pré-natal).

2.2. Os eventos da embriologia, tem lugar no útero. O útero é composto pelas seguintes estruturas: um corpo, duas trompas de Falópio e dois ovários. Os espermatozóides (células reprodutoras masculinas) se unem com o óvulo (célula reprodutora feminina), num processo chamado fecundação. Esta fecundação ocorre, geralmente, ao nível das trompas de Falópio (estrutura do útero) e dá início a gravidez.

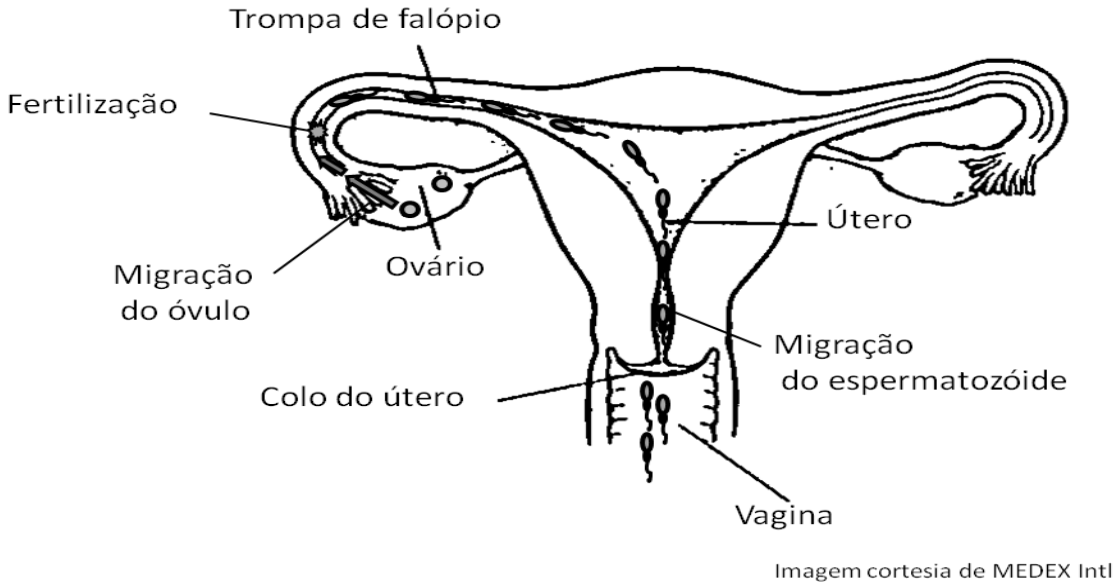


Figura 1. Anatomia reprodutiva básica.

2.3. A fecundação (união de duas células haplóides) origina a formação de uma célula diplóide (o zigoto) que tem 46 cromossomas. Se o espermatozóide que fecunda tiver o cromossoma X nascerá uma menina (XX) e se tiver o Y nascerá um menino (XY). O cromossoma materno é sempre X, pelo que quem determina o sexo do bebé são os genes contidos no cromossoma X ou Y do espermatozóide, portanto, o pai.

2.4. O desenvolvimento pré-natal, dura cerca de 40 semanas (cerca de 9 meses) e está dividido em 3 fases cronológicas principais:

- Fecundação, Clivagem e Implantação – primeiras duas semanas
- Período embrionário – 6 semanas (3ª semana até 8ª semana)
- Período fetal – 31 semanas (9ª semana até a 40ª semana – nascimento)

2.5. Os “gâmetas” masculino (espermatozóide) e feminino (óvulo), são antes formados num processo chamado gamatogénese, que no caso dos espermatozóides recebe o nome de espermatogénese e no caso dos óvulos recebe o nome de ovogénese.

A espermatogénese inicia na puberdade e mantêm-se de forma mais ou menos constante até a velhice, consistente na divisão meiótica e maturação das “espermatogónias” (células germinativas primordiais masculinas presentes nos testículos desde a época fetal) em “espermatozóides”.

A ovogénese inicia no período fetal, consistente na divisão meiótica e maturação das “ovogónias” (células germinativas primordiais femininas presentes nos ovários desde a época fetal), em “óvulos”, células sexuais femininas maturas, liberadas periodicamente na idade adulta (“ovulação”).

BLOCO 3: FECUNDAÇÃO, CLIVAGEM E IMPLANTAÇÃO

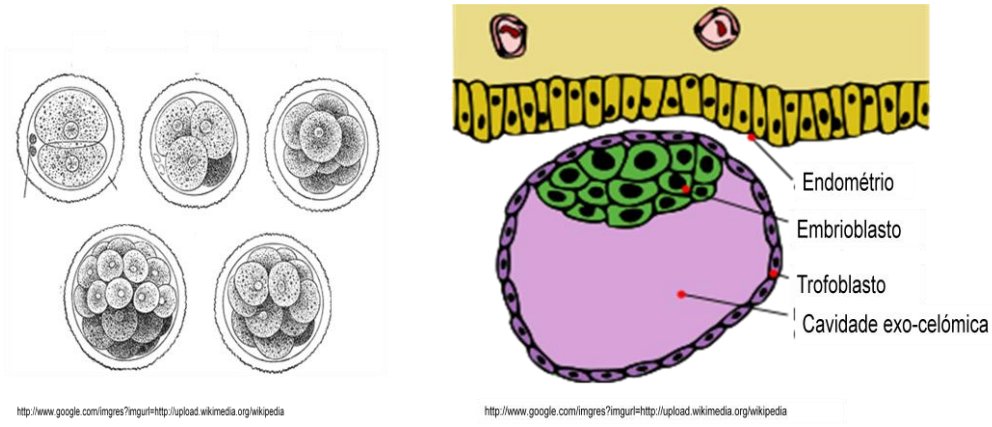
Todo o processo embriológico inicia com a fecundação, que origina a formação de uma célula diplóide (o zigoto) que já foi abordado no bloco anterior. Este bloco, dará enfoque aos processos seguintes das primeiras duas semanas após a fecundação: a clivagem e implantação.

3.1. A **Clivagem** supõe as primeiras divisões do zigoto e a especialização inicial das suas células:

3.2.1. *Morulação*: divisões mitóticas repetidas do zigoto para dar lugar a uma massa de células iguais (“blastómeros”) agrupadas numa “mórula” (de uns 16 blastómeros, no dia 3º) que vai migrando desde a trompa de Falópio para o útero.

3.2.2. *Blastócito* (dias 4º-5º, já na cavidade uterina) é a fase de especialização da mórula:

- As células mais periféricas aplanam-se para formar o “trofoblasto” (parte fetal da futura placenta), e
- As células internas agrupam-se num pólo, como uma massa celular, “embrioblasto”, primórdio do embrião, deixando uma cavidade líquida interna (“cavidade exo-celómica”).



- **Figura 2.** Clivagem - Morulação (à esquerda) e Blastocisto (à direita)

3.2. A **Implantação** (entre os dias 6º e 12º) é a integração do blastócito (ovo) no endométrio (camada celular que reveste a cavidade do útero) até existir uma comunicação entre ambos (mãe e filho). A implantação ocorre normalmente na parede posterior do corpo do útero.

3.3.1. As células trofoblásticas (periféricas) dividem-se em duas camadas:

- “Citotrofoblasto” (interna), que aplana-se recobrindo a cavidade exo-celómica.

- "Sinciciotrofoblasto" (externa), massa multinucleada (sem membranas celulares) que lançará prolongações citoplasmáticas que infiltram o epitélio materno (para dar no futuro a placenta).
- O sinciciotrofoblasto produz "gonadotrofina coriónica humana" (hCG), hormónio que entra no sangue materna para facilitar as mudanças fisiológicas que permitem a gravidez. Os testes bioquímicos de gravidez estão baseados na detecção da hCG no sangue (e urina) materna.

3.3.2. A partir do dia 7º-8º, o embrioblasto organiza-se em dois tipos de células para formar o "disco embrionário bilaminar":

- "Epiblasto" (em contacto com o citotrofoblasto).
- "Hipoblasto" (camada em contacto com a cavidade exo-celómica), e

▪ A partir do dia 8º-9º, ocorrem uma série de transformações que culminam com a formação da "cavidade amniótica", que crescerá em volta do embrião para protege-lo até o nascimento, cobertura da cavidade amniótica com uma membrana ("âmnio"), formação do "saco vitelino" (que alimentará o disco embrionário até se formar a circulação uteroplacentária), formação de vilosidades coriónicas, que serão a futura estrutura da placenta, até que nos dias 12º-13º, o endométrio recobre totalmente o ovo, que fica enterrado.

3.3.3 Nos dias 13º-14º, células do saco vitelino formam uma camada de tecido conectivo ("mesoderma extra-embrionário") que cresce circundando âmnios e saco vitelino, formando posteriormente uma única "cavidade coriónica" que aloja o âmnios e o saco vitelino, junto com o embrião, (que ficarão suspendidos pelo "pedículo do embrião"). O trofoblasto e mesoderma juntos constituem o "córion".

3.3.4 **Gastrulação.** Processo (dias 16º-17º) pelo qual o disco bilaminar passa a ter 3 camadas ("disco trilaminar"). Começa com a formação de um sulco (*"linha primitiva"*) na parte caudal do epiblasto, a partir do qual crescem células que vão-se situando entre epiblasto e hipoblasto criando um tecido laxo ("mesénquima"). O disco ficará com:

- *Ectoderma*, derivado do epiblasto, que dará origem à pele e ao sistema nervoso.
- *Mesoderma*, derivado do mesénquima, que dará origem ao tecido conectivo e osteo-muscular e aparelhos cardiocirculatório e urogenital.
- *Endoderma*, derivado do hipoblasto, que dará origem ao tubo digestivo e epitélios de revestimento.

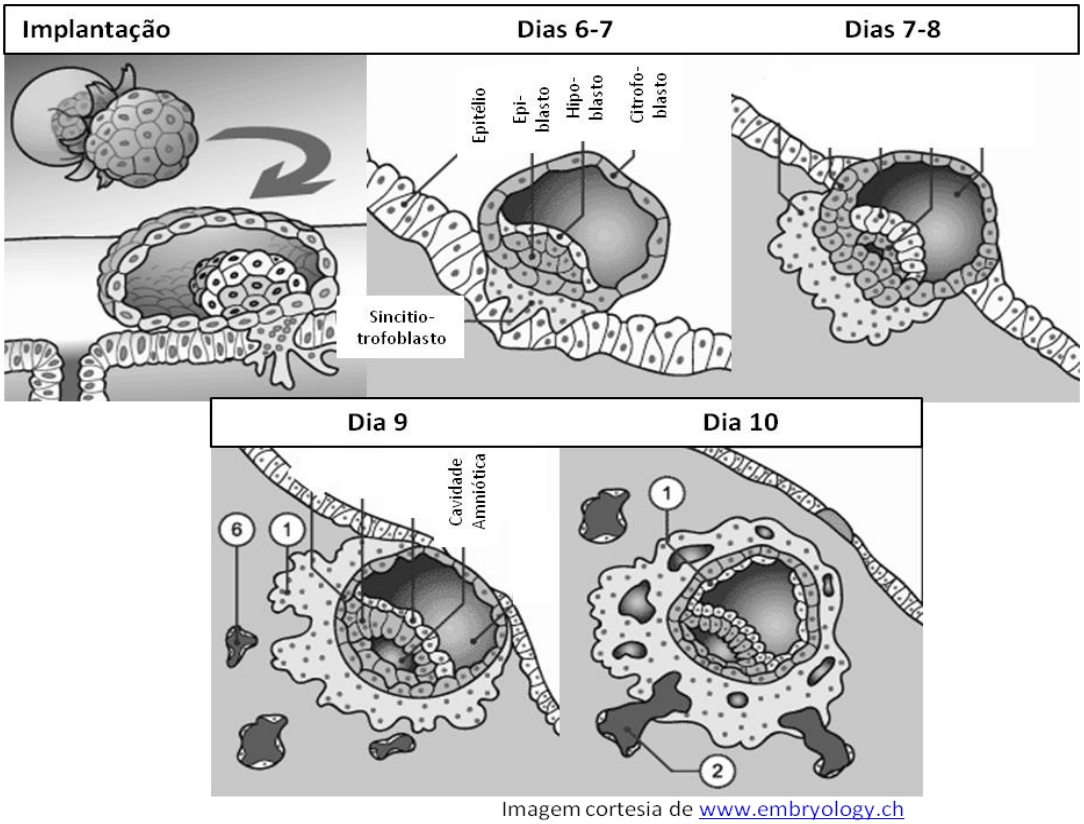


Figura 3. Implantação.

BLOCO 4. PERÍODO EMBRIONÁRIO

O período embrionário inicia na 3ª semana, e vai até ao final da 8ª semana. Está dividido em período embrionário inicial e período embrionário tardio. Durante este período, ocorre a formação de todos os órgãos, sistemas e aparelhos do corpo, pelo que quaisquer intervenções/acções sobre a mãe, podem ter repercussão no desenvolvimento do embrião.

4.1 O período embrionário inicial (3ª e 4ª semanas) corresponde à *"morfogénese"*, processo pelo qual o embrião passa de ser um disco bilaminar a ser um embrião formado, onde é possível distinguir a cabeça do corpo e os primórdios das extremidades.

4.2 O período embrionário tardio (5ª a 8ª semanas) corresponde à culminação da organogénese, processo pelo qual o embrião já esboçado no fim da 4ª semana, desenvolve progressivamente os órgãos, aparelhos e sistemas, de maneira que na 8ª semana é um ser com características humanas, basicamente completo, a espera de crescer e amadurecer (no período fetal)

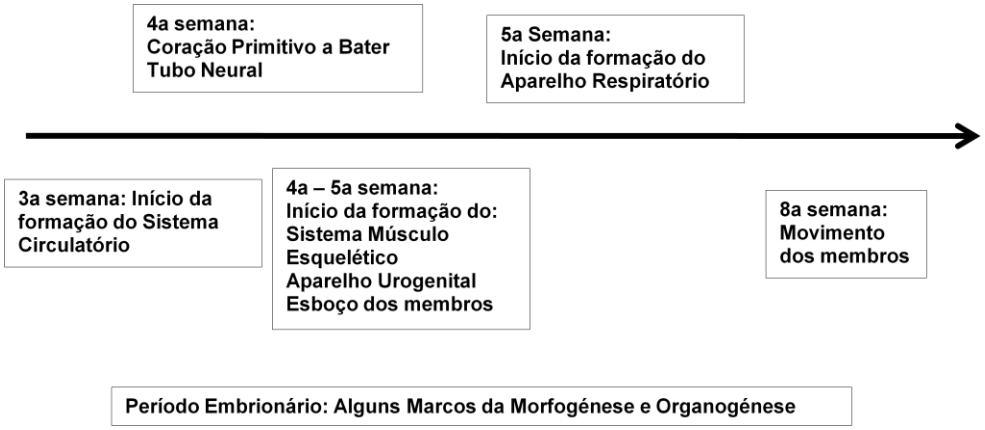


Figura 4. Período Embrionário

- É nesta fase de desenvolvimento embrionário que os factores ambientais que afectam a diferenciação celular podem actuar de forma negativa. Existem diferentes "agentes teratogénicos" (capazes de induzir malformações durante o desenvolvimento embriológico): agentes físicos (radiações, temperatura), químicos (tóxicos, medicamentos) e biológicos (vírus).
- Radiografias feitas à mãe durante o primeiro trimestre de gravidez, a tomada de certos medicamentos (consultar a teratogenicidade antes de prescrever medicamentos a uma grávida) ou a exposição a vírus (como a rubéola) nesta época podem provocar malformações no feto, pelo que devem ser evitados.

BLOCO 5: PERÍODO FETAL

5.1 **O período fetal** começa na 9ª semana (3º mês) de idade de fecundação, com um embrião de "comprimento crânio-caudal" (CRL) de uns 30 mm e uma altura (crânio-calcanhar) de uns 40 mm.

5.1.1 Já têm morfologia humana característica, cabeça muito grande (metade do CRL) com face estreita e olhos amplamente separados (pálpebras ainda fundidas), cordão umbilical ainda não fechado (com intestino parcialmente herniado), membros curtos, com mãos e pés formados, e genitais externos não definidos.

5.1.2 Inicialmente a função dos aparelhos e sistemas é ainda mínima: batimentos cardíacos presentes, alguns movimentos dos membros, no entanto o aparelho digestivo e urinário ainda não têm função.

5.1.3 Durante o período fetal haverá um crescimento rápido de tamanho e uma maturação progressiva das estruturas já formadas, estabelecendo-se a função dos aparelhos e sistemas que preparam-se para o nascimento.

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1. Embriologia estuda o desenvolvimento do ser humano desde a fecundação até o nascimento.

7.2. Fecundação é a união dum óvulo e um espermatozóide para dar o zigoto, célula diplóide totipotencial capaz de produzir todas os diferentes tipos de células para o desenvolvimento do novo ser.

7.3. A Clivagem é a divisão celular progressiva inicial do zigoto até dar o blastócito, onde já se diferenciam células que formarão o próprio embrião (embrioblasto) e células que formarão a placenta e as membranas que protegem o embrião (trofoblasto).

7.4. A Implantação é a inclusão no endométrio uterino dum blastócito em crescimento e diferenciação embrionária como disco bilaminar.

7.5. O Período Embrionário inicia na 3ª semana e vai até ao fim da 8ª semana, e corresponde a "morfogénese" e "organogénese".

7.6. O Período Fetal (semana 9ª até o nascimento) é o processo de crescimento rápido dum embrião morfologicamente completo e da maturação da função dos seus órgãos, aparelhos e sistemas, até dar um feto capaz de viver fora do útero.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	8
Tópico	Pele e Anexos	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Pele e Estruturas Acessórias	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica
2. Listar as características de epiderme, derme e hipoderme
3. Descrever as funções básicas da pele
4. Explicar a fisiologia da pele
5. Descrever os anexos cutâneos e as suas funções: folículo piloso, glândula sebácea, glândula sudorípara, unhas
6. Listar doenças e alterações comuns deste sistema

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Pele: Generalidades		
3	Histologia e Fisiologia da Pele		
4	Anexos Cutâneos		
5	Funções da Pele		
6	Patologia Geral da Pele		
7	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: PELE: GENERALIDADES

2.1. **A Pele** é o órgão de cobertura do corpo, que pesa entre 3 e 7 kg (dependendo da gordura subcutânea) o que supõe um 5-10% do peso corporal total. É de grande importância pelas suas características:

- Órgão que isola e protege o corpo das agressões do meio externo, sendo praticamente impermeável e contínuo. Têm uns 2 m^2 de superfície.
- Vascularização. A sua imensa rede de capilar acolhe quase 1/5 da circulação sanguínea total, pelo que tem importância crítica no intercâmbio de calor com o meio externo, na homeostase da temperatura corporal.
- Inervação. Tem multidão de terminais nervosas sensitivas (para pressão mecânica, para temperatura,…) o que faz que seja uma das fontes de informação principais para o cérebro.
- Metabolismo. Têm um alto metabolismo, uma elevada auto-regeneração celular (cicatrização de feridas, queimaduras,…).
- Clinicamente, é facilmente acessível ao exame físico e nela se reflectem muitas doenças de outros órgãos e sistemas, pelo que é de máxima ajuda no processo diagnóstico.

2.2. Está formada por **3 camadas e várias estruturas anexas**, de diferente origem embriológica:

2.2.1. *"Epiderme"*, camada externa, de epitélio plano estratificado queratinizado (os estratos mais superficiais estão endurecidos e impermeabilizados pela "queratina"), não vascularizada, que procede do ectodermo embrionário.

2.2.2. *"Derme"* ou *"Cório"*, camada intermédia, de tecido conjuntivo denso irregular, mas com alto conteúdo em "elastina" (fibras proteicas que conferem a elasticidade típica da pele), e que aporta a vascularização e inervação à epiderme e a própria derme. Procede da lâmina lateral e dos dermatotomas dos sómitos do mesodermo embrionário.

2.2.3. *"Hipoderme"* ou *"Tecido subcutâneo"*, camada interna, de tecido conjuntivo frouxo areolar e adiposo, que liga a pele às estruturas subjacentes.

2.2.4. *"Anexos cutâneos"*, são estruturas especializadas da pele, como o cabelo, as glândulas sudoríparas e sebáceas,… Procedem embriologicamente da epiderme, mediante evaginações desta na derme.

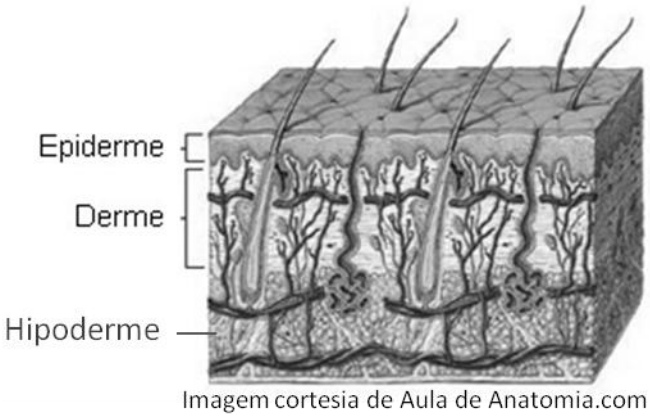


Figura 1. Estrutura geral da pele.

2.3. **Superficialmente** apresenta:

2.3.1. *Sulcos*. Pele redundante nas partes moveis, para não restringir a mobilidade destas (cotovelos, interfalángicas).

2.3.2. *Linhas de tensão da pele*. A orientação das fibras na derme faz com que macroscopicamente a pele apresente linhas de tensão, úteis na planificação das incisões cirúrgicas (cortando ao longo das linhas, e não através, a cicatriz será menos evidente)

2.3.3. *Impressões digitais*, que dão certa rugosidade à pele nas palmas e plantas, que as fazem mais aderente (útil para não deslizar coisas da mão). O desenho é diferente em cada pessoa pelo que são úteis para a sua identificação.

2.3.4. *Poros*, orifícios de saída das glândulas sudoríparas.

2.3.5. *Anexos (cabelo e pelos com glândulas sebáceas)*, com função de protecção, encontrados em quase toda a superfície corporal, embora com características diferentes.

BLOCO 3: HISTOLOGIA E FISIOLOGIA DA PELE

3.1. A **Epiderme** é um epitélio pavimentoso estratificado com células queratinizadas superficiais. Tem 5 camadas, que vão formando-se a partir da mais profunda ("estrato basal"), que tem células com capacidade de divisão e diferenciação celular.

3.1.1. *Estrato basal* (o mais profundo). Células cúbicas com capacidade de divisão mitótica, que repousam numa membrana basal. Formarão todos os outros estratos, por migração superficial das células que no seu caminho até a descamação vão sofrendo mudanças morfológicas. É indispensável para a regeneração da epiderme.

Algumas destas células ("melanócitos") estão especializadas na produção de "melanina", principal pigmento da pele que a protege do sol e a dá maior dureza e resistência. Os melanócitos transferem a melanina formada aos queratinocitos.

Quanto mais espessa é a pele (dorso do corpo), mais melanina produz. Pele fina (como em palmas e plantas) contêm pouca melanina.

- *A cor da pele das diferentes raças é devida à maior ou menor quantidade de melanina produzida. O albinismo e uma alteração genética do enzima que facilita a formação da melanina. Sem esse enzima, não se pode sintetizar melanina, pelo que não haverá pigmentos na pele.*

A cor da pele está determinada, além da melanina, pela vascularização da derme (em ambiente frio, a pele fica mais pálida) e pelo conteúdo de carotenos (coloração alaranjada).

- *Várias doenças podem induzir mudanças da coloração da pele: rubicunda (insuficiência cardíaca congestiva), pálida (na anemia), cianótica (na insuficiência respiratória), ictérica (na hepatite),…*

3.1.2. *Estrato espinhoso.* Várias fileiras de células poliédricas, entre as que ainda pode haver células em divisão, pelo que junto com o estrato basal, forma a *"Camada germinativa".*

Aparecem dispersas neste estrato também:

- "Células de Langerhans", com capacidade fagocítica, que formam parte do sistema imune de defesa da pele.
- "Células de Merkel", em relação a terminações nervosas sensitivas, são parte do sistema neuroendocrino difuso.

3.1.3. *Estratos granuloso e lúcido.* Poucas camadas de células cada vez mais aplanadas, que contêm proteínas precursoras da queratina e lípidos responsáveis pela impermeabilidade dos estratos superficiais.

3.1.4. *Estrato córneo* (o mais superficial). Células já muito planas (como escamas), mortas (com baixo conteúdo em água, que se descamam continuamente e são substituídas por outras), preenchidas de "queratina" (proteína estrutural que as endurece).

Com função de protecção mecânica, a sua espessura depende do estímulo por agressões mecânica (peso, erosões,…), sendo muito espessa nas palmas e plantas de mãos e pé (onde podem formar "calos").

3.2. A **Derme** é uma camada de uns 1-3 mm de espessura, de tecido conjuntivo com fibroblastos escassos e proporções variáveis de fibras colágenas e elásticas (estas vão diminuindo ao longo da vida, deixando uma pele menos flexível e com rugas). Tem 2 camadas, onde estão embebidos vasos, nervos e anexos da pele:

3.2.1. *Camada papilar*, a mais superficial, em contacto com o estrato basal da epiderme, com a que interdigita em cristas e papilas. É tecido conjuntivo frouxo muito vascularizado (os capilares entram nas papilas, para aproximar-se mais à epiderme que nutrem).

3.2.2. *Camada reticular*, a mais profunda, em contacto com o tecido areolar subcutâneo num limite impreciso. É tecido conjuntivo denso, com feixes de colágeno e elastina formando uma rede irregular, que prolonga-se até a hipoderme.

3.3. A **Hipoderme (tecido celular subcutâneo)** é tecido conjuntivo frouxo, principalmente adiposo, de espessura muito variável, por ser um dos espaços de depósito de gordura (pode ter desde poucos milímetros em pessoas muito magras até bastantes centímetros em obesos).

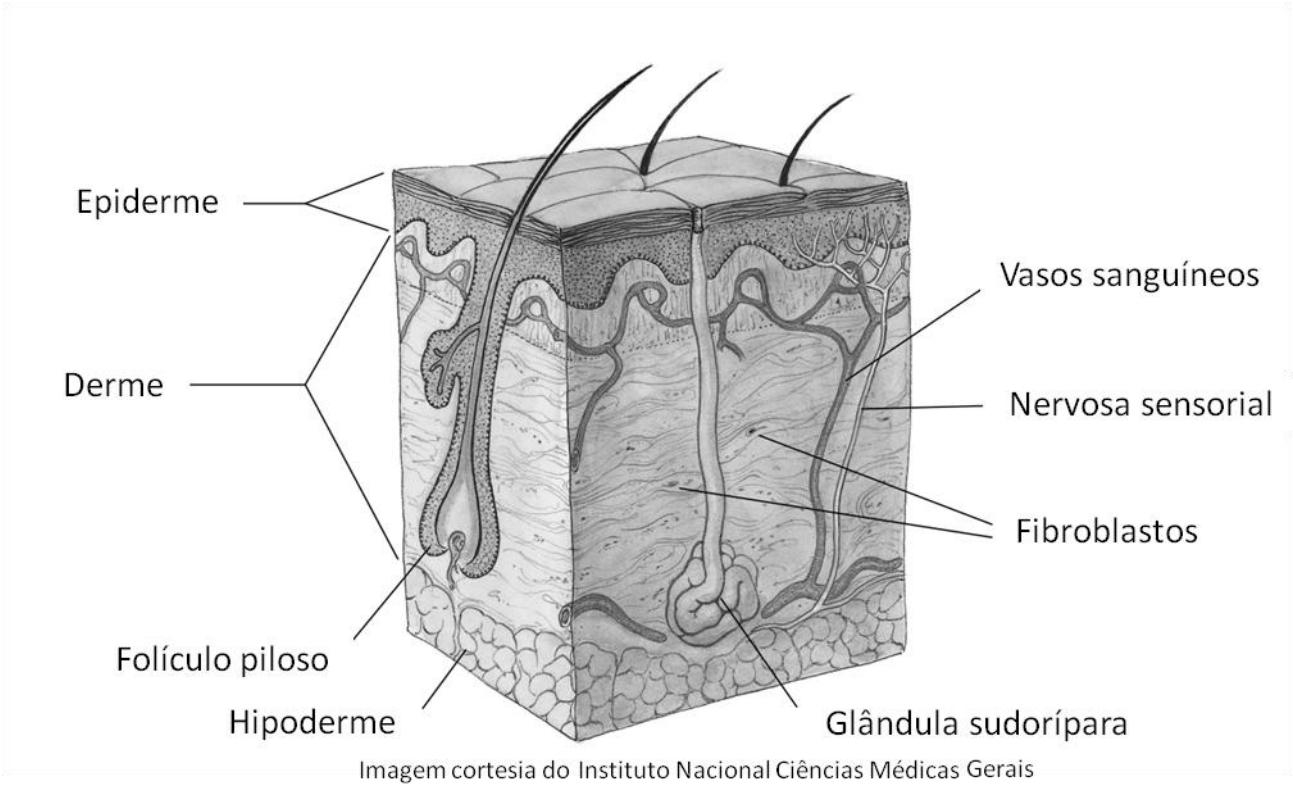


Figura 2. Estrutura microscópica da pele.

BLOCO 4: ANEXOS CUTÂNEOS

4.1. Os Anexos da pele são uma série de estruturas complexas diferenciadas, derivadas das próprias células epiteliais ou procedentes de outros tecidos, que têm funções especializadas.

4.2. **Pelos**. Estruturas filamentares, queratinizadas, que aparecem em quase toda a pele, com características e densidades algo diferentes (entre 50 e 500 por cm^2), mas com uma estrutura básica comum, com uma porção enterrada na pele até a derme, com células activas ("raiz") e uma parte visível, exterior à pele, com células mortas ("haste").

4.2.1. A raiz está incluída no "folículo piloso", bainha de epiderme invaginada até a derme. A raiz acaba num alargamento ("bulbo"), unido a base do folículo, onde está a "matriz epidérmica" (a partir de cujas células cresce o pelo) e a "papila dérmica" (com vasos e terminações nervosas, que nutrem o crescimento do pelo).

- Existem melanócitos na matriz, que transferem o pigmento às células em divisão (desaparecem com a idade, pelo que aparecem os pelos brancos)

4.2.2. O folículo piloso tem também um feixe de células musculares de inserção lateral ("músculos erectores do pelo"), que podem se contrair para levantar o pelo ("pele de galinha") e para facilitar a excreção sebácea da glândula associada.

4.2.3. Fisiologicamente é semelhante a epiderme, pois a matriz (continuação do estrato basal) é a que se divide para formar o pelo, que vai crescendo e queratinizando até cair (como a descamação epidérmica). O crescimento não está sincronizado em toda a pele, de maneira que há pelos em intenso crescimento e outros parados ("crescimento em mosaico").

4.2.4. A função dos pelos é principalmente protectora, evitando traumas físicos e químicos na epiderme. Nos animais, toda a pele está coberta por pelos. No ser humano, evolutivamente têm sido reduzidos à certas localizações:

- Cabelo da cabeça (que isola o crânio das variações de temperatura),
- Supracilias e pestanas (que protegem os olhos da entrada de corpos estranhos),
- Pelos das narinas (que protegem a via aérea da entrada de insectos, poeiras,…),
- Pelos no dorso dos membros (que protegem as partes mais expostas destes).

4.3. **Unhas**. Estruturas planas, nas pontas dorsais dos dedos, compostas por células não descamativas muito queratinizadas (córneas), que dão a típica dureza.

4.3.1. Como na epiderme, tem uma zona basal formadora de células ("matriz ungueal"), a partir da qual a unha ("placa ungueal") cresce em sentido distal ao longo duma pele fina ondulada e muito rica em vasos e nervos ("leito ungueal"), delimitada lateralmente pelos "sulcos laterais".

4.3.2. Se uma unha cair (por doença ou trauma) poderá crescer de novo, desde que a matriz esteja respeitada, em uns 2 meses (mãos) e 4 meses (pés).

4.3.3. Como os pelos, são estruturas regressivas (tendência evolutiva a desaparecer) no ser humano, procedentes de garras animais, especializadas na defesa (armas pontiagudas) e facilitadoras das funções preensora e locomotora de mãos e pés.

4.4. **Glândulas sebáceas**. São glândulas dérmicas exócrinas ramificadas, associadas ao folículo piloso, que perante estímulos hormonais (androgénios e estrogénios) segregam um material oleoso ("sebo") sobre o pelo em crescimento, para lubrificá-lo e manter a sua flexibilidade. Em algumas partes do corpo não estão associadas ao pelo (plantas e palmas).

- *Os aumentos hormonais sexuais durante a puberdade provocam alterações da secreção sebácea que contribuem a aparição do "acne" (borbulhas típicas dos adolescentes).*

4.4.1. É um sistema de invaginações ramificadas a partir do conduto que drena ao folículo. Este sistema está internamente recoberto por inteiro ("glândula holocrina") de células produtoras de sebo, que são excretadas mediante contracções do músculo erector do pelo.

- *Deficiências na drenagem do sebo, podem fazer encher a glândula sebácea de sebo, que pode ser invadido por bactérias que provocam uma infecção local ("foliculite" ou "furúnculo").*

4.5. **Glândulas sudoríparas**. São glândulas dérmicas exócrinas simples, disseminadas por quase todo o corpo (muito concentradas em palmas e plantas e inexistentes em lábios e glande).

4.5.1. Não estão associadas aos folículos pilosos. São capazes de sintetizar e excretar "suor", solução aquosa sem odor, de composição parecida com o plasma, embora mais diluída, que têm um papel fundamental na homeostase da temperatura corporal, pois em ambientes quentes, a sua excreção e evaporação provoca uma diminuição da temperatura da pele.

4.5.2. Há 2 tipos:

- *Merocrinas*. Presentes em todo o corpo, especialmente em palmas e plantas. São invaginações tubulares rectas do epitélio ("conduto secretor") não associadas aos folículos pilosos, que quando se introduz na derme, enrola-se em convolutas, coberta internamente por "células piramidais", que produzem e excretam suor mediante exocitose).
- *Apocrinas*. Semelhantes às anteriores, mas de maior tamanho e ligadas a folículos pilosos, presentes em axilas, órgãos sexuais e períneo, controladas por hormónios sexuais (apenas funcionais na idade sexual activa). O suor é excretado por rotura celular, junto com restos celulares, que quando colonizados por bactérias podem dar mau cheiro.

4.6. **Terminais nervosas**. A pele (nas papilas dermais) têm muitas terminações nervosas sensitivas capazes de ser estimuladas por agentes diferentes:

4.6.1. *Terminais livres*, que respondem ao estímulo da dor.

4.6.2. *Corpúsculos de Merckel*, que respondem ao estímulo mecânico do tacto grosso.

4.6.3. *Corpúsculos de Meissner*, que respondem ao estímulo do tacto fino.

4.6.4. *Corpúsculos de Pacini*, que respondem ao estímulo mecânico da pressão e vibração.

4.6.5. *Bulbos de Krausse e Ruffini,* da derme profunda, que respondem a estímulos de temperatura (frio e calor, respectivamente)

4.7. **Músculos**. A pele (tecido subcutâneo) está entrelaçada a uma muito fina rede muscular, praticamente restrita à face e pescoço ("músculo platisma"), onde ancoram-se os músculos da expressão facial.

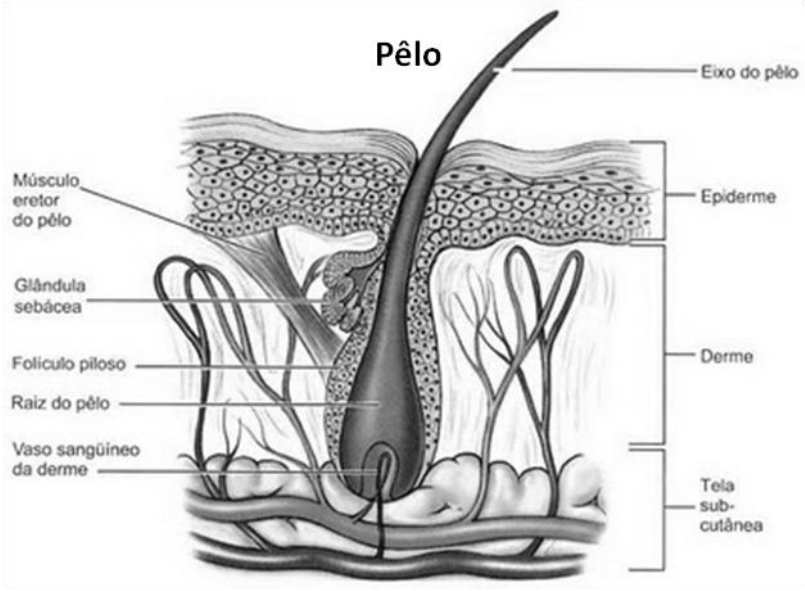


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

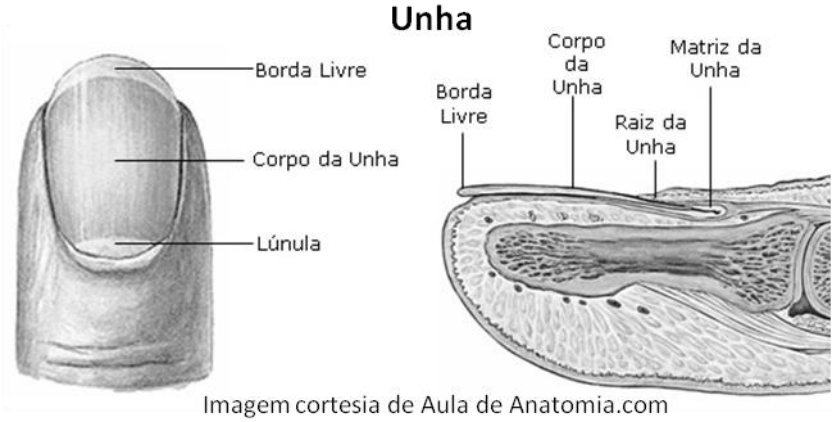


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

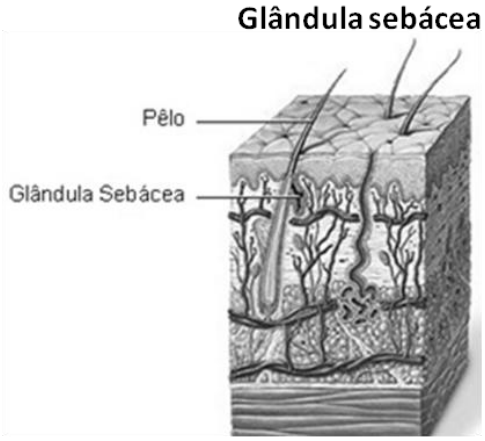


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

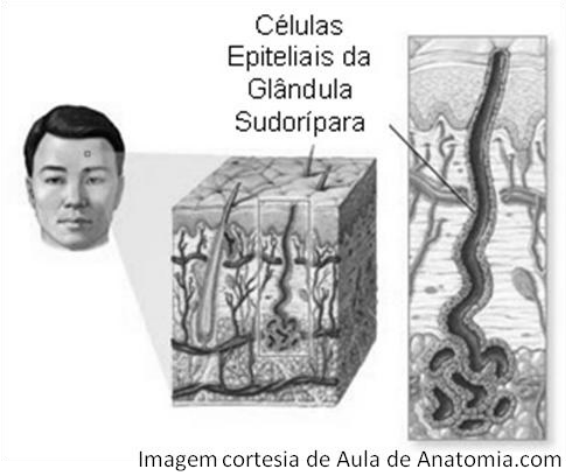


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

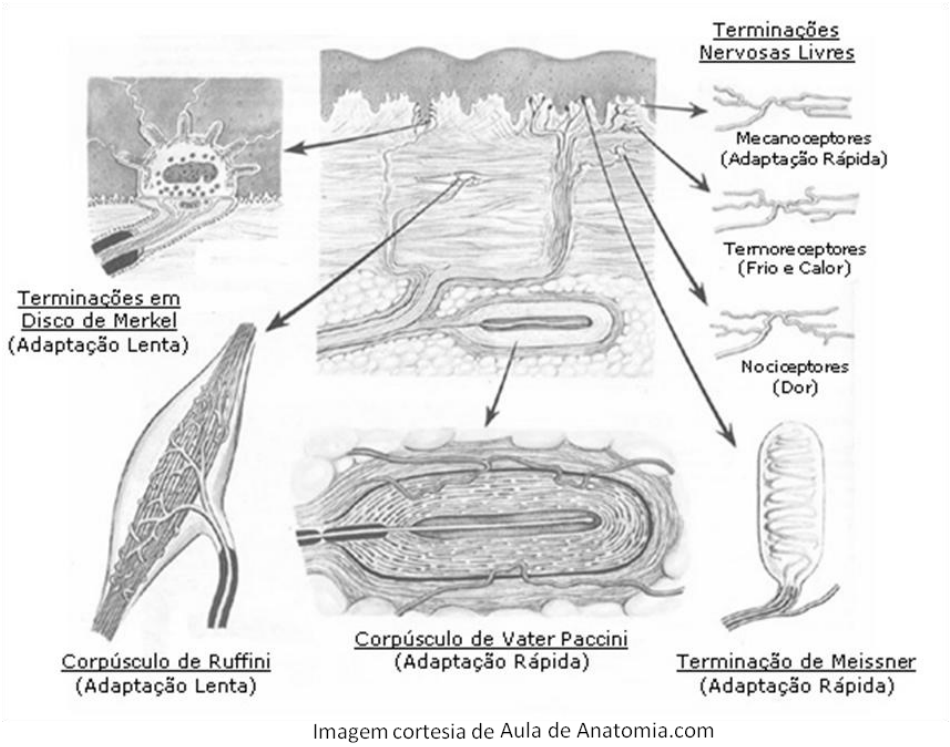


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

Figura 3. Histologia dos anexos cutâneos.

BLOCO 5: FUNÇÕES DA PELE

5.1. **Protecção**. A pele é um revestimento elástico, mas muito resistente, que protege o organismo das diferentes agressões do meio ambiente:

- *Mecânicas*, evitando que o contacto com materiais duros do meio ambiente seja lesivo para o organismo.
- *Térmicas*, evitando a congelação (por frio) e a queima de estruturas (por calor). É só relativamente eficaz neste aspecto, não conseguindo proteger o corpo de muito altas ou baixas temperaturas.
- *Infecciosas*, através do manto ácido que cobre toda a pele, que evita o crescimento de microorganismos na mesma e a penetração ao interior do organismo.

5.1.1. A característica de ser barreira de protecção faz com que continuamente esteja recebendo agressões, que provocam descontinuidade da pele (feridas) ou lesão de parte ou todas as

camadas (queimaduras, erosões,…). Para a reparação rápida de estes defeitos, a pele tem capacidade de ***"cicatrização"*****,** mediante a divisão de células no borde da zona lesada e a sua migração até cobrir o defeito.

5.1.2. A pele têm um recambio celular elevado, de maneira que continuamente estão descamando células epiteliais queratinizadas, sendo substituídas por outras a partir do estrato basal (***"regeneração"***).

5.2. **Facilitação dos movimentos articulares**. O excesso de pele nos pontos de movimentação das articulações permite o amplo movimento destas, que se não ficariam presas (como acontece em grandes cicatrizes de queimaduras).

5.3. **Termo-regulação**. O calor é perdido (ou poupado) a través da pele principalmente por 2 vias:

5.3.1. Radiação, por ter a pele uma grande superfície, irradia continuamente calor para o ar ambiente, em diferente grau dependendo da quantidade de sangue existente na derme.

Estas mudanças do sangue presente na derme são devidas à existência de muitas anastomoses artério-venosas (comunicações entre artéria de chegada e veia de saída, evitando a rede capilar), que funcionam para compensar a temperatura externa:

- Quando o ambiente está frio, as anastomoses se abrem, diminuindo a quantidade de sangue na derme (poupando a perda de calor).
- Quando está quente, se fecham, deixando o sangue fluir pela rede capilar (radiando calor).

5.3.2. Evaporação, principalmente a través do suor, que ao se evaporar liberta calor. Por isto, a elevação da temperatura corporal por calor externo (ambiente quente) ou interno (exercício, febre,…) provoca transpiração.

5.4. **Osmo-regulação**. Pela sua impermeabilidade (relativa), a pele evita a entrada e perda não controladas de água, electrólitos e proteínas (existe um intercâmbio controlado a través dos folículos e do suor), ajudando a homeostase do meio interno.

5.4.1. A pele não é totalmente impermeável, pelo que certas moléculas podem ser absorvidas pela pele (***"absorção transdérmica"***), incluindo tóxicos (pesticidas,…).

- *A absorção transdérmica é aproveitada farmacologicamente para dispensar medicamentos ao organismo (cremas de anti-inflamatórios ou de hormónios)*

5.5. **Secreção e Excreção**. O sebo e o suor (secretados pelas glândulas sebáceas e sudoríparas, respectivamente) mantêm a humidade e textura da pele e criam uma barreira química anti-infecciosa.

5.6. **Recepção sensorial**. Nas papilas dérmicas existem terminações nervosas sensitivas, que possuem estruturas especializadas capazes de detectar sensações básicas: Dor, Tacto, Temperatura, e Pressão.

A estimulação de estes por agentes externo, combinada em diferentes proporções e intensidades, é uma informação que processa o cérebro para formar todas as sensações: prurido (comichão), dor queimante, pressão pontual,…

5.7. **Funções metabólicas**. Precursores da vitamina D encontram-se na pele, onde serão estimulados pela radiação solar (ultravioleta) para seguir a via metabólica de síntese dos produtos activos.

5.8. **Estética**. A pele supõe o contacto visual e táctil, fundamental no relacionamento entre as pessoas. A aparência da pele é um reflexo do estado de saúde, do cuidado pessoal, do estado de nutrição.

BLOCO 6: PATOLOGIA GERAL DA PELE

6.1. A pele, por estar em contacto com um meio externo (que pode ser agressivo para o organismo) e por ter uma grande extensão e desenvolver funções variadas, pode adoecer de muitas maneiras diferentes.

6.2. **Lesão mecânica**. A alteração mais frequente da pele, por estar exposta e por ter função de barreira.

6.2.1. Queimaduras, que podem ser de extensão e profundidade (e prognóstico) muito variável.

6.2.2. Feridas, Erosões, Lacerações,…

6.3. **Envelhecimento**. Principalmente baseado numa perda progressiva do conteúdo de água na pele, na diminuição das fibras elásticas (elastina), que são substituídas por colágena, e na lentidão dos processos de regeneração celular. O resultado é uma pele mais seca e menos flexível.

Os processos de envelhecimento da pele são acelerados por certas agressões: exposição contínua ao sol, tabagismo, doenças crónicas, malnutrição,…

6.4. **Infecções**. Pela colonização da pele por microorganismos, que acontece quando baixam as defesas externas (manto ácido e oleoso) ou internas (estados imunodeficientes, malnutrição,…), quando existem pontos de entrada (feridas, picaduras, queimaduras,…) ou quando localmente se favorece o crescimento microbiano (falta de higiene, humidade,…).

Podem ser por vírus (como as "verrugas", provocadas por papilomavirus), por bactérias (como os furúnculos, provocados por estreptococos e estafilococos), por parasitas (como a sarna) ou por fungos (como a tinha das pregas cutâneas). São frequentes também as "infestações" por organismos macroscópicos (como pulgas, piolhos,…).

6.5. **Tumores**. São crescimentos incontrolados de algum tecido da pele em uma certa localização, podendo ser:

- Benignos, crescimento limitado e que não se estende além, como os "lipomas" (acúmulos de gordura no tecido subcutâneo), ou
- Malignos, crescimento progressivo e destrutivo que pode-se estender a outras partes do corpo, como os "melanomas" (pigmentados, derivados dos melanócitos).

6.6. **Processos auto-imunes**. Grupo de doenças causadas por alterações do sistema imune, em que se torna capaz de atacar os tecidos do próprio organismo (normalmente só combate os elementos estranhos ao organismo).

6.6.1. Causam auto-lesões
- Só na pele (como pénfigo, psoriase,…) ou
- Em vários tecidos, incluído a pele (como o lúpus, esclerodermia,…).

6.7. **Alergias.** Reacções exageradas da pele de certas pessoas sensíveis ("atópicas") perante o contacto com certas substâncias ("alergenos", que podem ser animais, vegetais, alimentos, metais, tecidos,…). Provocam diferentes tipos de alterações cutâneas: inchaço, calor, comichão.

6.8. **Toxicidade (medicamentos)**. Muitos medicamentos (e outros produtos de uso humano frequente) podem provocar patologia na pele: urticária (tipo de reacção alérgica), vasculite (lesão dos vasos da pele, provocando a morte ou "necrose" de zonas desta) ou reacções graves que se assemelham a queimaduras (síndrome de Steven-Johnson).

6.9. **Reacção ao sol e Fotosensibilidade**. Alterações cutâneas patológicas provocadas pela exposição ao sol.

6.10. **Doenças sistémicas**. Muitas doenças sistémicas (de todo o organismo, não só da pele) ou efeitos secundários de tratamentos, têm alguma expressão cutânea. Exemplos são:

- Palidez, na anemia (falta de sangue).
- Alopecia (queda do cabelo) em doenças auto-imunes, em problemas endócrinos e em certos tratamentos.
- Icterícia (pele e mucosas amareladas), em doenças do fígado.
- Acne, inchaço das glândulas sebáceas por dificuldades na sua drenagem, em doenças endócrinas da produção de hormónios sexuais.
- Vesículas (borbulhas com liquido aquoso) em infecções por vírus, como a varicela.
- Exantema (pequenas nódoas avermelhadas), em infecções por vírus (como sarampo) ou bactérias (como sífilis).

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1. A pele é o órgão que cobre todo o corpo (5-10% do peso corporal) importante por actuar de limite do corpo e de barreira frente ao meio exterior.

7.2. A epiderme é a camada externa da pele, composta por um epitélio plano estratificado queratinizado não vascularizado, com grande recâmbio a partir da divisão de células do seu estrato basal, que vão transitando até a superfície, onde descamam.

7.3. A derme é a camada intermédia, de tecido conjuntivo, com fibras de colágeno e elásticas, com abundantes capilares e terminações nervosas, que recobre a hipoderme ou tecido celular subcutâneo de gordura, que é a camada mais profunda.

7.4. Anexos cutâneos são estruturas especializadas da pele responsáveis de funções específicas. Incluem: pelos, unhas, glândulas sebáceas (associadas aos pelos), glândulas sudoríparas e terminações nervosas sensíveis à dor, tacto, pressão e temperatura.

7.5. As funções da pele são muito amplas e incluem: protecção frente a agentes externos, com regeneração e cicatrização (perante a lesão e o envelhecimento); termo-regulação; osmo-regulação e absorção selectiva de substâncias; secreção e excreção (de sebo e suor); recepção sensorial (um dos principais sistemas aferentes do cérebro); metabolismo (vitamina D); e estética.

7.6. A patologia da pele é muito variada e inclui lesões por agressão física; por infecção; por mecanismos imunes e alérgicos; por crescimento tumoral; por toxicidade; e como manifestações cutâneas de doenças gerais.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	9
Tópico	Sistema Músculo-Esquelético	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Ossos e Cartilagens e Articulações (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica.
2. Listar as características dos tecidos ósseo e cartilaginoso.
3. Identificar as diferentes camadas do osso.
4. Descrever os processos fisiológicos envolvidos na formação, crescimento e remodelação dos ossos.
5. Descrever as funções básicas das cartilagens.
6. Definir e classificar as articulações do corpo humano.
7. Descrever a mecânica e o grau de mobilidade das articulações.
8. Explicar a fisiologia das articulações.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Ossos e Cartilagens: Generalidades		
3	Anatomia e Histologia de Ossos e Cartilagens		
4	Fisiologia de Ossos e Cartilagens		
5	Anatomia e Histologia das Articulações		
6	Fisiologia das Articulações Sinoviais		
7	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

- Ossos humanos cortados longitudinal e transversalmente (1 conjunto por turma). Podem ser reais ou artificiais.
- Modelo móvel artificial de articulação sinovial em corte longitudinal (1 por turma).

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem
1.2 Apresentação da estrutura da aula
1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: OSSOS E CARTILAGENS: GENERALIDADES

2.1. O conjunto articulado de ossos e cartilagens forma o **esqueleto ou sistema esquelético**, estrutura de suporte do corpo, com funções de:

- Manutenção da posição erecta,
- Protecção de órgãos vitais,
- Facilitação dos movimentos do corpo,
- Produção de células sanguíneas (na medula óssea), e
- Armazenamento de sais minerais (ajuda na homeostase do meio interno).

2.2. **Osso** é um tecido conjuntivo duro, altamente especializado e vascularizado, com metabolismo muito activo, responsável pela rigidez do sistema esquelético.

2.3. **Cartilagem** é um tecido conjuntivo semi-rígido, sem vasos sanguíneos (recebe nutrientes desde capilares dos tecidos vizinhos), presente em certas partes do esqueleto, ao qual dão flexibilidade e resistência à fricção.

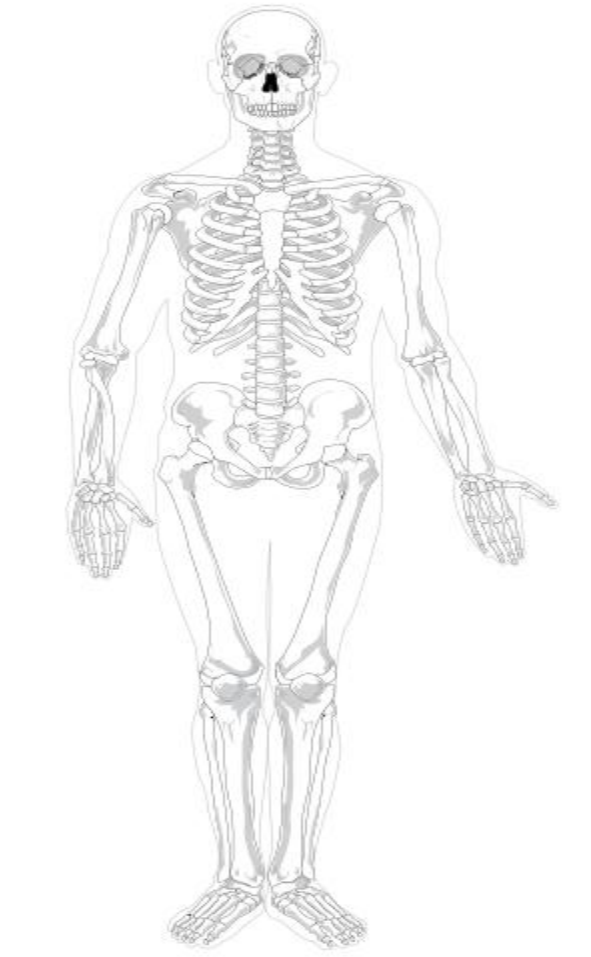


Figura 1. Esqueleto humano.

Imagem cortesia de Mariana Ruiz Villarreal

2.4. **Embriologia**. A maior parte das estruturas do sistema músculo-esquelético são derivados do mesoderma.

2.4.1. Inicialmente (2º mês de vida intra-uterina), esse mesénquima vai desenvolvendo-se num molde de cartilagem hialino (esqueleto cartilaginoso) sobre o que mais tarde se formarão os ossos.

2.4.2. A certas partes deste esqueleto cartilaginoso, chegarão (3º mês) células ósseas formando os "centros de ossificação primários". Trata-se de uma *"ossificação endocondral"* (diferenciação do cartilagem hialino em tecido ósseo primário).

2.4.3. Os "centros de ossificação secundários" começam aparecer só depois do nascimento, no extremo dos ossos longos (nas epífise).

2.4.4. Centros primários e secundários estender-se-ão (ao longo de anos, até a idade adulta) ao resto do molde cartilaginoso até criar um osso inteiro adulto.

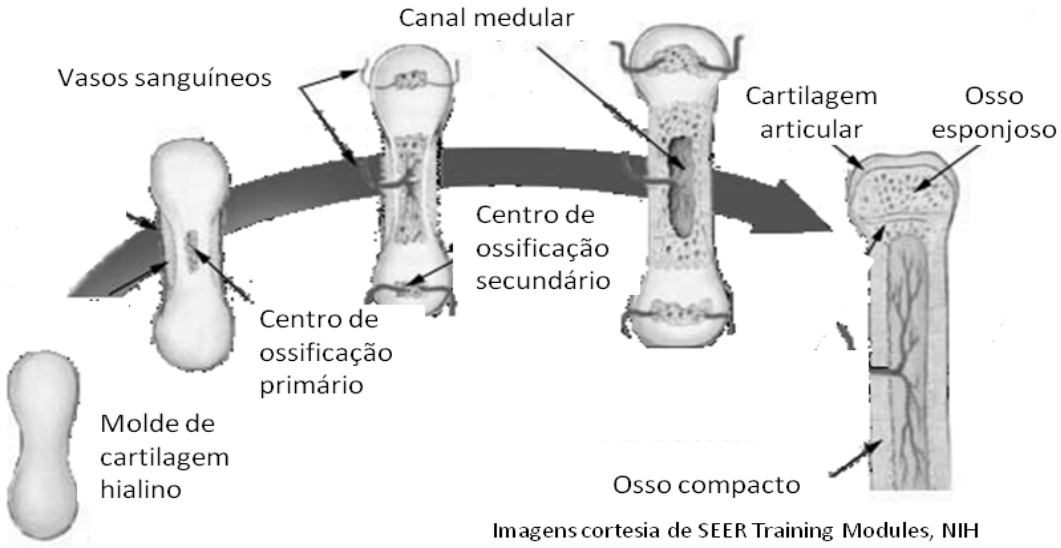


Figura 2. Embriologia do osso.

BLOCO 3: ANATOMIA E HISTOLOGIA DE OSSOS E CARTILAGENS

3.1. O osso é um tecido altamente especializado, **composto por**:

- Matriz, que é o meio extracelular composto por:
  - Ampla rede de fibras colágenas, que dão ao osso uma certa flexibilidade frente à tensão mecânica.
  - Sais minerais (principalmente cálcio e fosfatos) depositadas sobre a rede fibrosa, que conferem a consistência dura típica do osso.
- Células especializadas, relacionadas entre elas, em diferentes fases de diferenciação e com função diversa, Incluem 3 tipos:
  - *Osteoblastos*, células mais imaturas, capazes de formar a matriz óssea (encontradas em ossos em crescimento e nas zonas de regeneração e reparação).
  - *Osteoclastos*, células fagocitárias que reabsorvem (eliminam) osso, mediante a digestão enzimática das fibras e dos sais.

- *Osteócitos*, células maduras (osteoblastos já diferenciados), encontrados em tecido ósseo do adulto (com baixa taxa de regeneração), incapazes de formar osso, com função de manutenção do mesmo.



Figura 3. Tecido ósseo.

3.2. Existem 2 **tipos de tecido ósseo**, com as mesmas componentes, mas diferentes pela quantidade relativa e arquitectura delas.

3.2.1. *Compacto*, tecido denso, muito resistente, com rede colágena apertada e mínimos espaços abertos.

3.2.2. *Esponjoso* ou *Trabecular*, tecido laxo, com muitos espaços abertos interiores (trabéculas), que normalmente acolhem a medula óssea (tecido de formação de células sanguíneas).

3.3. Num **corte transversal**, os ossos apresentam de fora para dentro, as seguintes camadas:

3.3.1. *"Periósteo"* ("*pericóndrio"* na cartilagem, com estrutura e função semelhante), bainha externa de tecido conjuntivo vascularizado e inervado, com funções de :

- Nutrir as faces externas do sistema esquelético,
- Regenerar os tecidos esqueléticos pois tem capacidade para produzir osteoblastos (recâmbio normal e reparação de fracturas, lesões,…),
- Fixação de músculos, tendões e ligamentos.

3.3.2. *Tecido ósseo compacto*, muito denso e duro, que dá resistência ao osso. Forma uma camada chamada *"cortical"*, que é mais espessa na parte cumprida (diáfise) dos ossos longos das extremidades, e mais fina nos extremos (epífise) e em ossos curtos (como vértebras).

3.3.3. *Tecido ósseo esponjoso*, mas leve que o compacto, e que preenche o interior dos ossos curtos e das epífises dos ossos longos.

3.3.4. *"Endósteo"*, tecido conjuntivo frouxo que reveste as cavidades ósseas internas (como o canal medular da diáfise dos ossos longos), com capacidade de regenerar osso, tal como o periósteo.

3.3.5. *Medula óssea*, tecido que preenche as cavidades interna dos ossos. Pode ser:

- Medula vermelha, associado às pequenas cavidades das trabéculas do tecido ósseo esponjoso. Está formada por células precursoras das células sanguíneas, com função de regeneração do sangue.
- Medula amarela, tecido areolar, principalmente adiposo (no canal medular diafisário dos ossos longos e curtos).

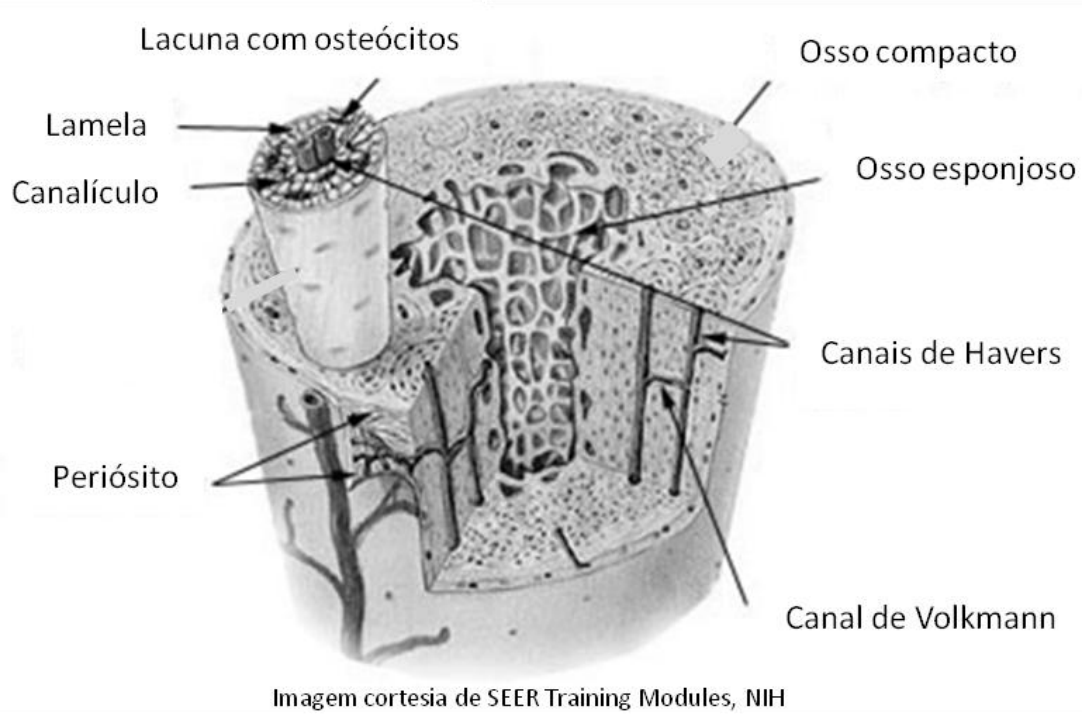


Figura 4. Corte anatómico do osso.

3.4. A **vascularização** dos ossos chega por:

3.4.1. Uma (ou várias) *"artéria nutrícia"* diafisária, que dá ramos pelo periósteo (para nutrir o osso mais superficial) e que atravessa o osso compacto diafisário (por uns buracos chamados "forames nutrícios") para vascularizar a medula e a parte interna da cortical.

3.4.2. *"Artérias epifisárias"*, que se estendem e ramifica-se pelo osso esponjoso epifisário.

3.4.3. O *"Sistema de Havers"* é a estrutura microscópica básica do osso compacto, que permite uma alimentação adequada das células, sem perder o tecido e as suas características de dureza. Têm vários componentes:

- *"Canais de Havers"*, paralelos à superfície do osso, por onde discorrem os capilares que distribuem o sangue pelo tecido ósseo. Os canais estão formados por tubos concêntricos de matriz óssea (*"lamelas"*) e se comunicam entre si por outros canais transversais (*"canais de Volkman"*)
- Os canais se comunicam com o tecido ósseo por outros canais mais finos transversais (*"canalículos"*), já sem vasos, onde circula líquido extracelular que leva nutrientes às células ósseas.
- As células se encontram em cavidades microscópicas (*"lacunas"*), comunicadas com este sistema de canais.

3.5. **Inervação**. A inervação do osso (distribuição de terminais nervosas por todo o tecido) é paralela à vascularização. É especialmente rica em terminais sensitivos (à dor) no periósteo.

3.6. A **cartilagem** é um tecido firme, mas elástico, que se encontra em pequenas quantidades em diferentes lugares do corpo, com funções ligeiramente diferentes:

- Dar estrutura e forma a certas partes anatómicas moles, como é o caso das cartilagens das orelhas ou o nariz.

- Aliviar o atrito entre os ossos na movimentação do esqueleto, recobrindo as superfícies ósseas que estão em contacto entre si (as articulações).
- Dar certa elasticidade ao esqueleto rígido para amortecer as tensões que recebe, como entre as costelas e o esterno, no púbis entre os ossos pélvicos, ou entre as vértebras da coluna.

3.6.1. Têm uma estrutura microscópica parecida ao osso, composta por uma matriz firme, mais o menos fibrosa, com lacunas onde estão alojadas as células ou ”condrócitos”. Têm certas características específicas que o diferencia:

- Não têm vasos sanguíneos, pelo que precisa receber o aporte de oxigénio e nutrientes desde os tecidos vizinhos
- Não deposita sais minerais, pelo que mantêm a elasticidade. Em pessoas de idade avançada vai depositando minerais (calcificando-se), diminuindo as suas capacidades elásticas.

BLOCO 4: FISIOLOGIA DE OSSOS E CARTILAGENS

4.1. **Crescimento ósseo**. Ao longo da infância, os ossos vão crescendo para se adaptarem ao crescimento geral do corpo.

4.1.1. Para isto, entre o centro de ossificação primário (diáfise) e os centros secundários (epífise), permanece uma placa de cartilagem (“disco epifisário” da metáfise) com células menos diferenciadas, capaz de formar células ósseas e matriz, que se estenderão dos dois lados da placa (epifisário e metafisário), conseguindo o alongamento do osso.

4.1.2. Só na idade adulta, esta cartilagem se ossifica (fechamento das epífises na “linha epifisária”), terminando o crescimento do osso.

4.1.3. Em ossos curtos ou planos (só têm centros de ossificação primários), o processo é igual, mas a partir de células não diferenciadas da periferia do centro primário.

4.2. **Remodelação óssea**. Existe uma contínua formação e destruição de osso, sendo um tecido metabolicamente muito activo.

4.2.1. Embora a actividade metabólica é mais evidente durante a infância, pela necessidade do crescimento do esqueleto, também no adulto existem contínuos processos de destruição e regeneração de osso, que permitem a remodelação de este adaptando-o às necessidades e a reparação de possíveis lesões.

4.2.2. A formação de osso é feita pelos osteoblastos, os quais sintetizam proteínas precursoras do colágeno, que segregam à matriz, onde se polimerizam e organizam para formar microfibrilas, que se entrelaçam numa rede densa. Posteriormente, sais de cálcio e fosfatos serão depositadas sobre a rede, dando rigidez a esta.

4.2.3. Os principais estímulos para a formação de osso são:

- Crescimento do organismo até a idade adulta, mediante estímulos hormonais determinados geneticamente.
- Lesões estruturais. As fracturas estimulam a divisão e a actividade dos osteoblastos, facilitando a formação de osso que leva a reparação do defeito.
- Pressão mecânica. Assim em ossos com muito exercício a deposição será maior, enquanto o repouso leva a descalcificação. Desta maneira, a forma e microestrutura de

cada osso (determinada geneticamente) pode ser ligeiramente alterada por forças mecânicas externas.

4.2.4. A destruição de osso é realizada pelos osteoclastos, que são células fagocitárias gigantes, cheias de lisossomas com enzimas digestivos, que são vertidos à matriz para eliminar os sais depositadas e a própria rede colágena.

A velocidade de remodelagem óssea e a consequência desta (crescimento ou atrofia do osso) depende do balanço entre a actividade de osteoblastos e de osteoclastos.

4.3. **Regulação do crescimento e remodelação óssea**. É mediada por diferentes substâncias (vitaminas e hormónios), que se encontram em um complexo equilíbrio homeostático, que vai mudando em cada fase da vida. Incluem:

4.3.1. *Vitamina C* (presente em alimentos como laranja, limão,...) facilita a correcta formação do colágeno, dando maior densidade à matriz do osso.

4.3.2. *Vitamina D_3*, produzida na pele a partir de pró-vitaminas hepáticas que se activam pela luz solar, têm o efeito de aumentar a absorção intestinal de Ca^{++} e a sua deposição no osso como sais cálcicos.

- *A falta de vitamina D nas crianças provoca "raquitismo": ossos insuficientemente calcificados, moles, que quando o bebe começa andar, dobram-se pela pressão.*

4.3.3. *Vitamina A* (presente em alimentos como cenoura, abóbora, ovos,...) estimula os osteoclastos a liberarem enzimas lisosómicos que reabsorvem o osso.

4.3.4. *Hormónio do crescimento* ("somatotropina"), secretado pela hipófise (no cérebro), têm efeito de estimular a divisão celular ao nível do disco epifisário e por tanto estimula o crescimento do osso durante a infância (até o encerramento dos discos).

4.3.5. *Tiroxina*, secretada pela glândula tiróide, aumenta a velocidade de substituição de cartilagem por osso ao nível do disco epifisário, pelo que deve estar balançada com a somatotropina, para que não exista um encerramento precoce do disco.

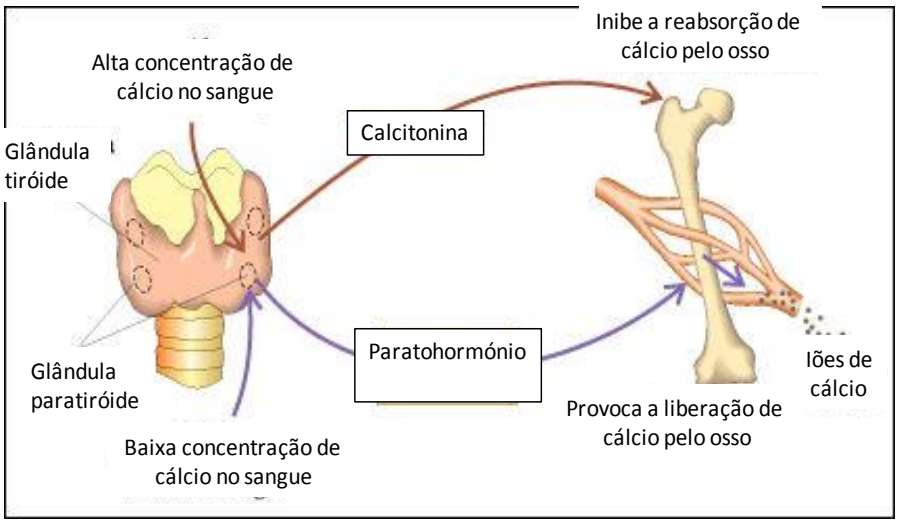
4.3.6. *Hormónios sexuais (androgénios e estrogénios)*, estimulam a deposição de osso durante a fase adulta e inibem a acção da paratohormónio (PTH) sobre o osso (diminuindo a sua reabsorção.

- *A diminuição dos hormónios sexuais (especialmente em mulheres pós-menopáusicas) pode levar a "osteoporose", com perda de sais pelo osso e enfraquecimento deste, que pode levar a fracturas patológicas (perante traumas mínimos), deformações esqueléticas (vertebrais sobre tudo)*

4.4. **Papel do osso na homeostase do cálcio.** O cálcio, que é encontrado em grandes quantidades no leite e seus derivados, é responsável de funções celulares críticas (estabilização da transmissão de impulsos pelas fibras nervosas, controle da excitabilidade do músculo estriado e cardíaco, facilitação do processo de coagulação sanguínea), pelo que requer um estreito controle dos seus níveis no LEC e no LIC.

4.4.1. A grande maioria do cálcio corporal está nos ossos, que actuam de armazém de cálcio. Para manter o equilíbrio da sua concentração no sangue, o osso responde (entre outros) aos estímulos de:

- *Paratohormónio (PTH),* secretada pelas glândulas paratiróides. Perante o estímulo da diminuição da [Ca^{++}] provoca a reabsorção de osso com libertação de cálcio no sangue.
- *Calcitonina,* secretada pela tiróide. Perante o estímulo da aumento da [Ca^{++}] no sangue, inibe a reabsorção de osso (efeito contrário à PTH, com a que deve estar em equilíbrio homeostático).



Fonte: http://www.cobach-elr.com/academias/quimicas/biologia/biologia/curtis/libro/c46f.htm

Figura 5: Homeostasia do cálcio

4.5. As **funções da cartilagem** são variadas e também evoluem ao longo da vida:

4.5.1. Suporte esquelético nas fases embrionárias pré-ósseas. O primeiro esqueleto que se forma (primeiras semanas embrionárias) é inteiramente de cartilagem hialino.

4.5.2. Molde ao desenvolvimento dos ossos (pelo mecanismo de "ossificação endocondral") durante o crescimento (desde a fase fetal até a puberdade).

4.5.3. Suporte flexível em partes móveis do esqueleto (como entre costelas e esterno, pela mobilidade respiratória do tórax).

4.5.4. Suporte estrutural flexível em partes anatómicas não esqueléticas (orelhas, conduto auditivo, traqueia e brônquios).

4.5.5. Facilitação do movimento articular, por diminuição do atrito entre as superfícies articulares dos ossos. Estas estão recobertas de uma camada de cartilagem lubrificado que permite uma mobilidade com mínima agressão ao osso.

BLOCO 5: ANATOMIA E HISTOLOGIA DAS ARTICULAÇÕES

5.1. **Articulação** é a união (junção) móvel ou não entre dois ou mais ossos no esqueleto.

5.2. Dependendo do **grau de mobilidade** que têm, as articulações podem ser:

- *Diartrose*, que permitem um amplo movimento mediante uma cavidade articular cheia de lubrificante chamada "sinovial", que reduz o atrito entre as superfícies articulares.
- *Sinartrose*, que são completamente imóveis.
- *Anfiartrose*, que são ligeiramente móveis. Junto com as anteriores, são classificadas como "articulações não sinoviais", fibrosas ou cartilaginosas.

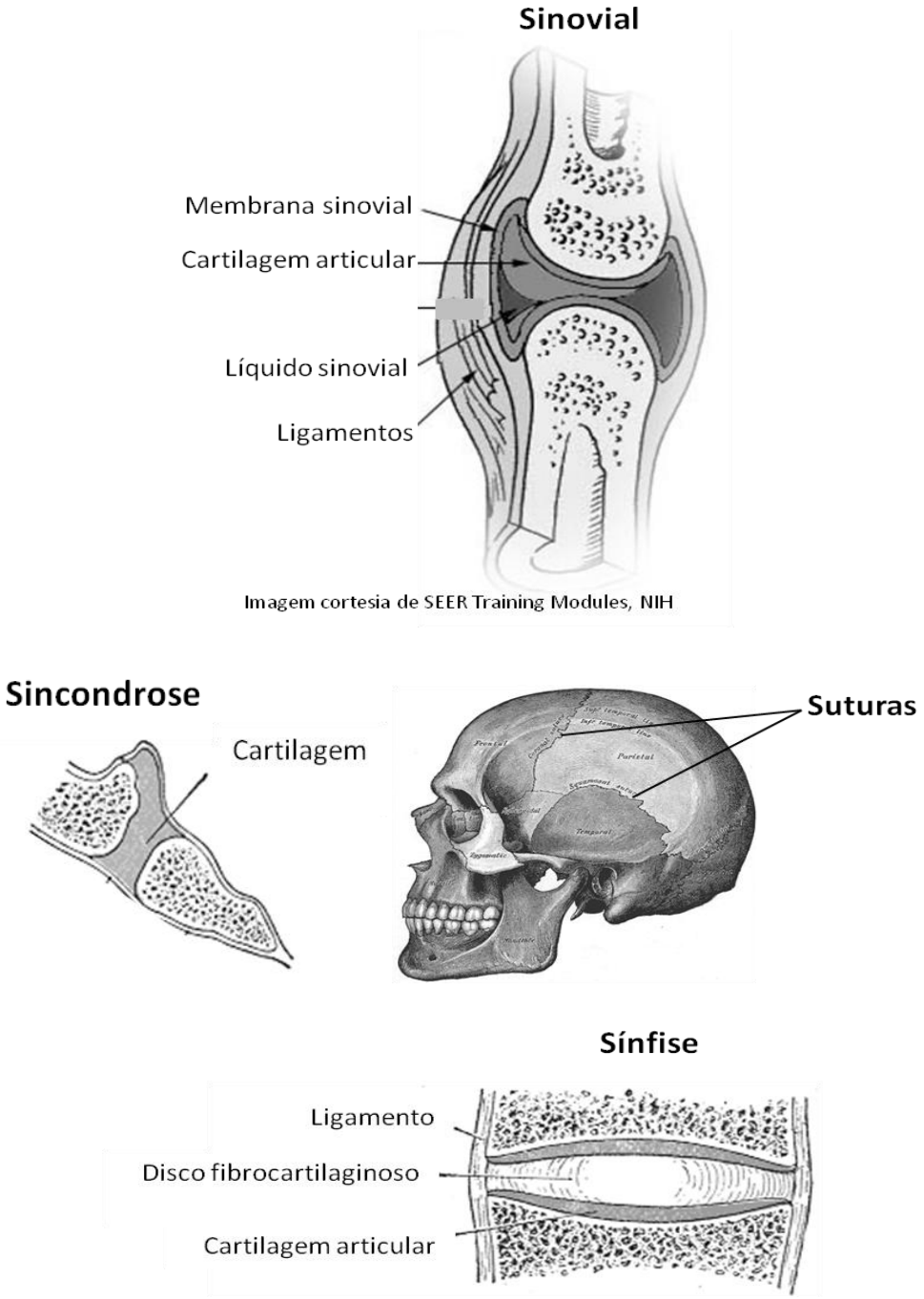
5.3. As **articulações não sinoviais** unem os ossos mediante tecido fibroso ou cartilaginoso unindo directamente às superfícies articulares, dando uma nula ou mínima mobilidade. Incluem:

5.3.1. *Suturas* (como entre os ossos planos do crânio): contém superfícies articulares interdentadas com mínimo tecido fibroso que as articula, sem mobilidade nenhuma. Ao longo da vida o tecido conjuntivo vai sendo substituído por osso ("sinostose").

5.3.2. *Cartilaginosas primárias* ou *Sincondrose* (imaturas, como o disco epifisário do osso em crescimento): superfícies lisas ligadas por cartilagem, sem mobilidade.

5.3.3. *Cartilaginosas secundárias* ou *Sínfise* (definitivas, como entre os ossos púbicos ou entre os corpos vertebrais): superfícies lisas unidas por um disco fibro-cartilaginoso, que confere mínima mobilidade.

5.3.4. *Sindesmose* (como no tornozelo, entre tíbia e fíbula): superfícies lisas unidas por ligamentos de tecido fibroso.



Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

Figura 6. Alguns tipos principais de articulações: sinovial, sutura, sincondrose, e sínfise.

As **articulações sinoviais** unem os ossos mediante uma estrutura adaptada, formada por:

- "Cápsula articular", conjuntivo fibroso denso que a protege externamente (da continuidade com o periósteo dos ossos adjacentes), e que envolve uma membrana sinovial
- "Membrana sinovial", conjuntivo seroso vascularizado que reveste a cavidade sinovial

- “Cavidade sinovial”, espaço virtual que inclui as superfícies articulares cartilaginosas (hialinas) dos ossos, e que está cheia de líquido sinovial
- “Líquido sinovial”, sintetizado pela membrana sinovial, e formado por água, sais e ácido hialurónico (responsável da sua viscosidade), com função de lubrificar as superfícies articulares.

5.4.1. As articulações sinoviais podem ser **classificadas** segundo a morfologia e mobilidade em:

- *Articulações planas* (como entre escápula e clavícula), entre duas superfícies planas, permitem ligeiros movimentos de deslizamento.
- *Gínglimos* (como entre úmero e ulna), entre uma superfície semi-cilíndrica e outra semi-tubular que a recebe, permitem apenas movimentos de flexão e extensão.
- *Articulações selares* (como entre 1º metacarpo e trapézio), entre duas superfícies em forma de sela, permitem movimentos em dois planos (flexão-extensão e abdução-adução).
- *Articulações elipsóides* (como entre metacarpianos e 1ª falanges), entre uma superfície em elipse e outra côncava que a recebe, permitem movimentos em dois planos e circundução.
- *Articulações esferóides (como entre fémur e acetábulo pélvico), entre uma superfície* esférica e outra côncava que a recebe, permitindo movimentos livres.
- *Articulações trocóides* (como entre atlas e axis), entre um cilindro e um orifício, permitem movimentos de rotação.

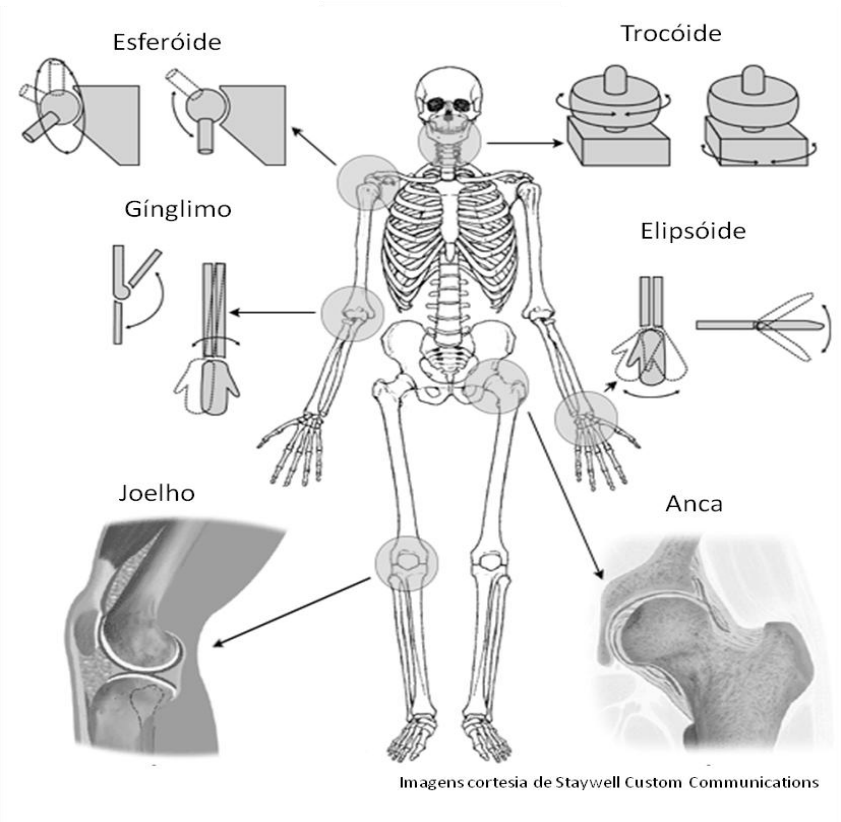


Figura 7. Tipos de articulações sinoviais.

5.4. **Vascularização**. As articulações recebem o sangue desde artérias articulares, que formam uma rede de vasos finos em volta da articulação para nutrir a cápsula.

5.5.1. Desde a cápsula, os nutrientes se difundem às estruturas articulares internas para a sua alimentação.

5.5. **Inervação.** As cápsulas articulares são amplamente inervadas por nervos que suprem também os músculos e pele adjacentes. Tipicamente sensoriais, além da sensação dolorosa, transmitem sensações *"proprioceptivas"*, que informam da posição em que se encontra a articulação em cada momento e do movimento que faz.

BLOCO 6: FISIOLOGIA DAS ARTICULAÇÕES SINOVIAIS

6.1. A principal função das articulações sinoviais é dar mobilidade ao esqueleto, o qual implica duas questões que devem ser resolvidas:

- Como minimizar o trabalho das superfícies articulares para uma maior eficácia e para evitar o desgaste?
- Como proteger a articulação que é a parte móvel (e portanto, a mais exposta) dum sistema esquelético rígido?

6.2. A redução da fricção articular (e portanto o desgaste das suas superfícies) consegue-se com a **lubrificação pelo líquido sinovial**. Esta se dá por dois mecanismos:

6.2.1. *Hidrodinâmico*: o líquido absorve as pressões exercidas sobra as superfícies articulares (efeito de almofada).

6.2.2. *Viscoso*, pelo que o líquido sinovial, perante grandes pressões na articulação, é capaz de mudar a sua viscosidade, aumentando-a (por transudação de água para o cartilagem), sendo mais eficaz nesta situação.

6.3. Para a proteger, a articulação é **estabilizada por outras estruturas** mais fortes que a própria cápsula articular, como são:

6.3.1. *Discos* e *meniscos* (em algumas articulações, como no joelho), que são fibrocartilagens intra-articulares fixados à cápsula, que limitam a mobilidade lateral da articulação, estabilizando-a.

6.3.2. *Ligamentos*, engrossamentos fibrosos de tecido conjuntivo denso, incluídos ("intrínsecos") ou não ("extrínsecos") na cápsula e que unem os ossos da articulação.

- Permanecem relaxados na posição de repouso da articulação e se tensam com os movimentos desta, limitando os movimentos extremos.
- Em algumas articulações complexas, existem "ligamentos internos" dentro da cápsula (como os ligamentos cruzados do joelho)

6.3.3. *Músculos* e *tendões*, que constituem um sistema mais dinâmico que os ligamentos. A contracção dos músculos dá a articulação a tensão necessária em cada momento.

- Toda articulação tem associados grupos musculares opostos (flexores e extensores, aductores e abductores,…) que a mantêm numa estabilidade dinâmica.

6.3.4. *Sistema de propriocepção*, é constituido por nervos sensoriais que enviam sinais de posição e movimento da articulação à medula, para criar um arco reflexo de protecção que controla os grupos musculares.

- Um movimento forçado duma articulação num sentido, activa imediatamente a contracção do grupo muscular oposto ao movimento, evitando a lesão.

6.3.5. *Bolsas sinoviais, que são* sacos fechados e fibrosos com membrana e líquido sinovial internos, associados mas externos às articulações muito móveis, com função de facilitar os movimentos de deslizamento entre a articulação e:

- A pele (“bolsas subcutâneas” como no olecrânio),
- Os músculos (“bolsas subfaciais”) e
- Os tendões (“bolsas subtendinosas”, como a patelar do joelho).

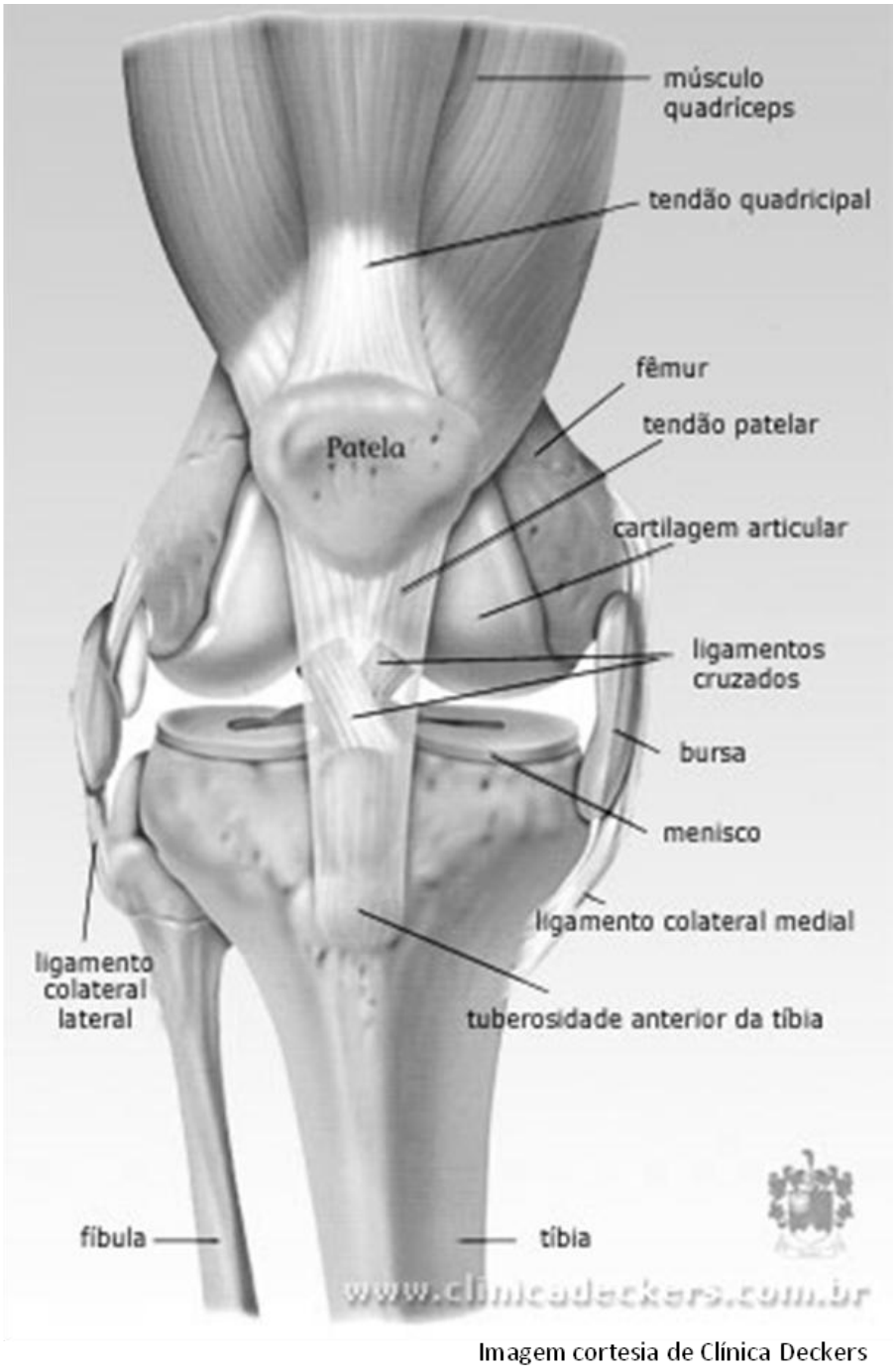


Figura 8. Articulação do joelho.

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1. Sistema esquelético é uma estrutura articulada de suporte do corpo, composta por ossos, cartilagens e articulações.

7.2. O esqueleto têm funções de manutenção da posição erecta, protecção de órgãos vitais, facilitação dos movimentos do corpo, produção de células sanguíneas, e armazenamento de sais minerais.

7.3. O tecido ósseo é muito activo, com processos contínuos de construção e destruição, estimulados por factores mecânicos e controlados por um sistema homeostático com diferentes reguladores.

7.4. O tecido ósseo pode ser compacto (duro, periférico) ou esponjoso (leve, interno). O tecido cartilaginosos é um tecido conjuntivo denso, duro, mas flexível, sem vasos que cobre as extremidades dos ossos (zonas articulares).

7.5. Articulação é a união móvel (sinovial) ou não (não sinovial) entre dois ou mais ossos ou partes rígidas do esqueleto e podem ser classifcadas em articulações sinoviais e articulações não sinoviais.

7.6. As “articulações não sinoviais” unem os ossos mediante tecido fibroso ou cartilaginoso directamente sobreposto às superfícies articulares, dando uma nula ou mínima mobilidade. Podem ser: suturas, sincondrose, sínfise e sindesmose, sinostose.

7.7. As “articulações sinoviais” têm estrutura adaptada, formada por uma “cápsula articular” que envolve uma “membrana sinovial” que reveste a “cavidade sinovial”, espaço virtual que inclui as superfícies articulares cartilaginosas dos ossos, e que está lubrificado por “líquido sinovial” viscoso. Podem ser: planas, gínglimos, selares, elipsóides, esferóides e trocóides.

7.8. A função principal das articulações sinoviais é a de facilitar os movimentos do esqueleto, diminuindo grandemente a fricção entre os ossos, mediante o poder lubrificante do líquido sinovial.

7.9. Por ser uma parte muito móvel, é mais frágil e exposta a traumas, pelo que precisa aparelhos de protecção, compostos por: discos intra-articulares e meniscos, ligamentos, músculos e tendões, bolsas sinoviais e um sistema sensorial de própriocepção.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	10
Tópico	Sistema Músculo-Esquelético	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Ossos e Cartilagens e Articulações (2)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Diferenciar ossos longos, curtos e planos.
2. Identificar os ossos do esqueleto humano e os pontos anatómicos principais.
3. Listar as articulações mais importantes.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Morfologia dos Ossos		
3	Ossos do Esqueleto Humano		
4	Articulações do Corpo Humano		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

- Esqueleto humano montado (1 por turma).
- Ossos humanos individuais (1 conjunto por turma).

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem
1.2 Apresentação da estrutura da aula
1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: MORFOLOGIA DOS OSSOS

2.1. Pela sua forma, os ossos podem ser **classificados em**:

2.1.1. *Longos*, na qual o comprimento predomina em relação a largura e espessura. Tem, geralmente, a forma tubular (como os ossos das extremidades), nos que se pode diferenciar:

- Uma haste, corpo ou "diáfise" (de tecido compacto em volta dum "canal medular"); e
- Dois extremos ou "epífises" (de tecido esponjoso, com uma pequena camada de compacto periférica), com terminais cartilaginosas articulares.
- "Metáfise" é a zona de união entre a diáfise e as epífises.

2.1.2. *Curtos*, na qual as três dimensões são relativamente iguais. Tem, geralmente, a forma cubóide, fundamentalmente esponjosos com camada externa compacta, que estão articulados entre eles (ossos do carpo da mão e tarso do pé)

2.1.3. *Planos*, na qual o comprimento e a largura predominam em relação a espessura, com camada compacta periférica que limita seu interior esponjoso. Conferem protecção as cavidades (como as escápulas, pélvis, parietal).

2.1.4. *Irregulares*, compartem características como os curtos e os planos, mas tem formas sofisticadas, adaptadas à sua função, como as vértebras ou os ossos do ouvido.

2.1.5. *Sesamóides*, pequenos ossos arredondados, incluídos dentro de tendões (perto da sua inserção no osso), com função de melhorar o rendimento e proteger o tendão (como a patella ou rótula do joelho).

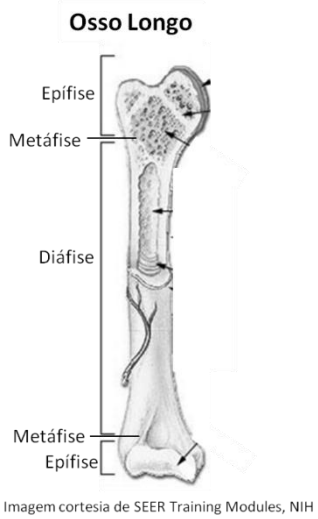


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

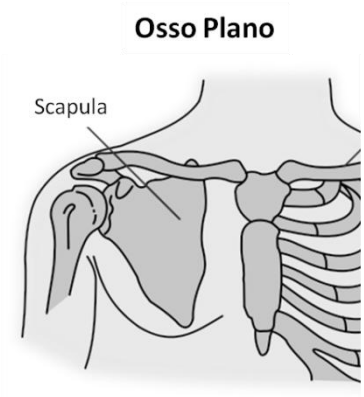


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

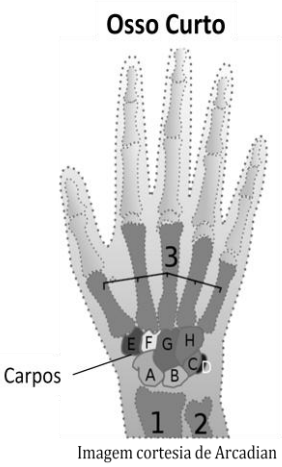


Imagem cortesia de Arcadian

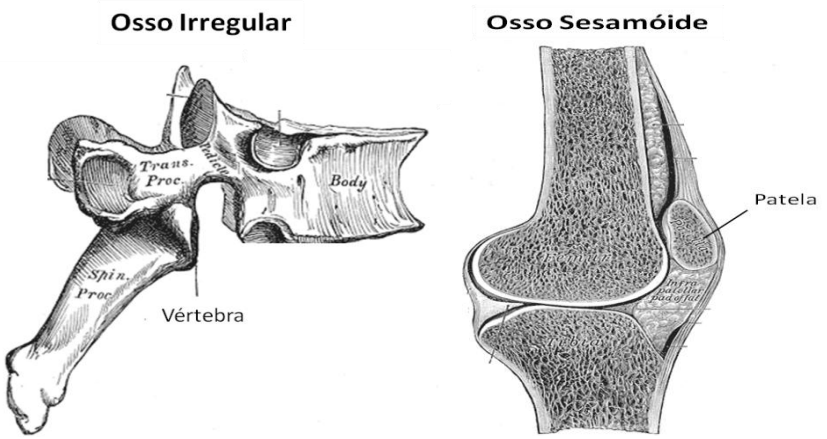


Figura 1. Tipos de ossos.
Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

2.2. **"Acidentes ósseos"** são relevos dos ossos que determinam os detalhes da sua forma. Têm diferentes funções anatómicas (articular, de passagem de vasos ou nervos, de inserção de músculos,…). Podem ser:

2.2.1. *Processos*, são diferentes saliências dos ossos:

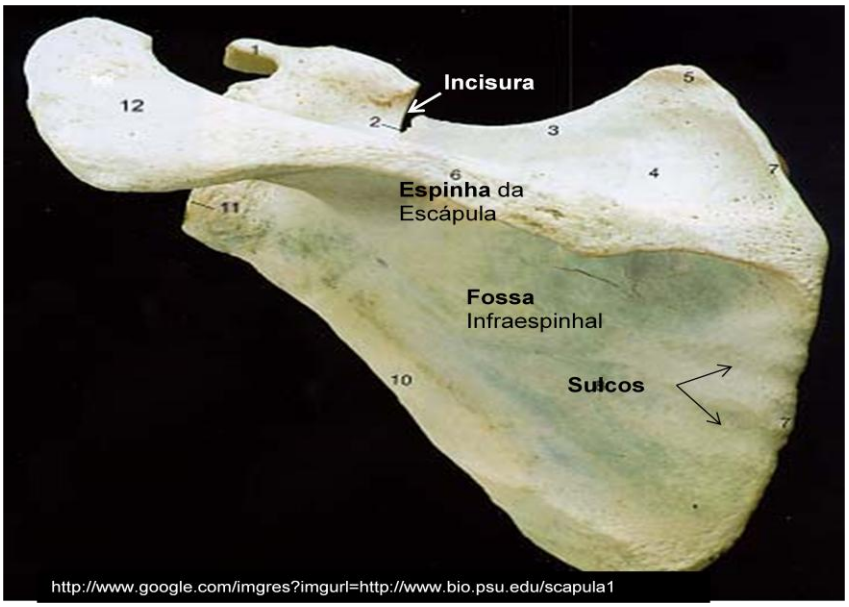
- "Espinha" (saliência pontiaguda),
- "Tuberosidade" e "tubérculo" (arredondadas),
- "Trocanter" (para a inserção de músculos),
- "Crista" e "linha" (alongadas, mais ou menos proeminentes).

2.2.2. *Processos articulares,* são saliências que formam parte duma articulação:

- "Cabeça" (prolongamento terminal),
- "Cóndilo" (arredondada),
- "Tróclea" (forma de polia),
- "Epicóndilo" e "epitróclea" (saliências laterais nos cóndilos e trócleas).

2.2.3. *Fossas*, são diferentes depressões dos ossos:

- "Incisura" (fenda estreita),
- "Sulco" (ranhura ou fenda larga),
- "Forame" (orifício de passagem de vasos ou nervos),
- "Canal" ou "meato" (passagem longa tubular),
- "Seio" ou "antro" (cavidade),
- "Fóvea" (depressão leve que acolhe outra parte óssea).



- **Figura 2**. Alguns acidentes ósseos

2.3. **Anatomia de superfície**. Alguns dos acidentes ósseos podem-se ver ou sentir através da pele, servindo como referências anatómicas, o qual é de grande importância clínica, pois permite:

- Orientar-se durante o exame físico do doente (por exemplo, estabelecer os pontos de auscultação cardíaca e pulmonar em relação às costelas e clavícula).
- Definir regiões e partes anatómicas (como os sectores o quadrantes abdominais) sobre os que em ocasiões estão referidos sintomas que indicam certas doenças (por exemplo, a apendicite aguda na fossa ilíaca direita, definida por acidentes dos ossos pélvicos)
- Determinar a localização precisa de um certo sinal clínico (dor à palpação, inchaço,…) que ajuda no diagnóstico (por exemplo, pontos dolorosos do ombro em patologias específicas).
- Estabelecer referências de tamanho e posição de órgãos ou de massas patológicas (por exemplo, fígado aumentado de tamanho por baixo do bordo costal direito).

BLOCO 3: OSSOS DO ESQUELETO HUMANO

3.1. **O esqueleto humano** tem 206 ossos, e pode ser dividido topograficamente em:

3.1.1. *Esqueleto axial*: ossos da cabeça (crânio e face), pescoço (vértebras cervicais e hióide) e tronco (resto das vértebras, costelas e esterno).

3.1.2. *Esqueleto apendicular*: ossos dos membros superiores e inferiores e das cinturas escapular (escápula e clavícula no membro superior) e pélvica (quadril ou pélvis e sacro no membro inferior).

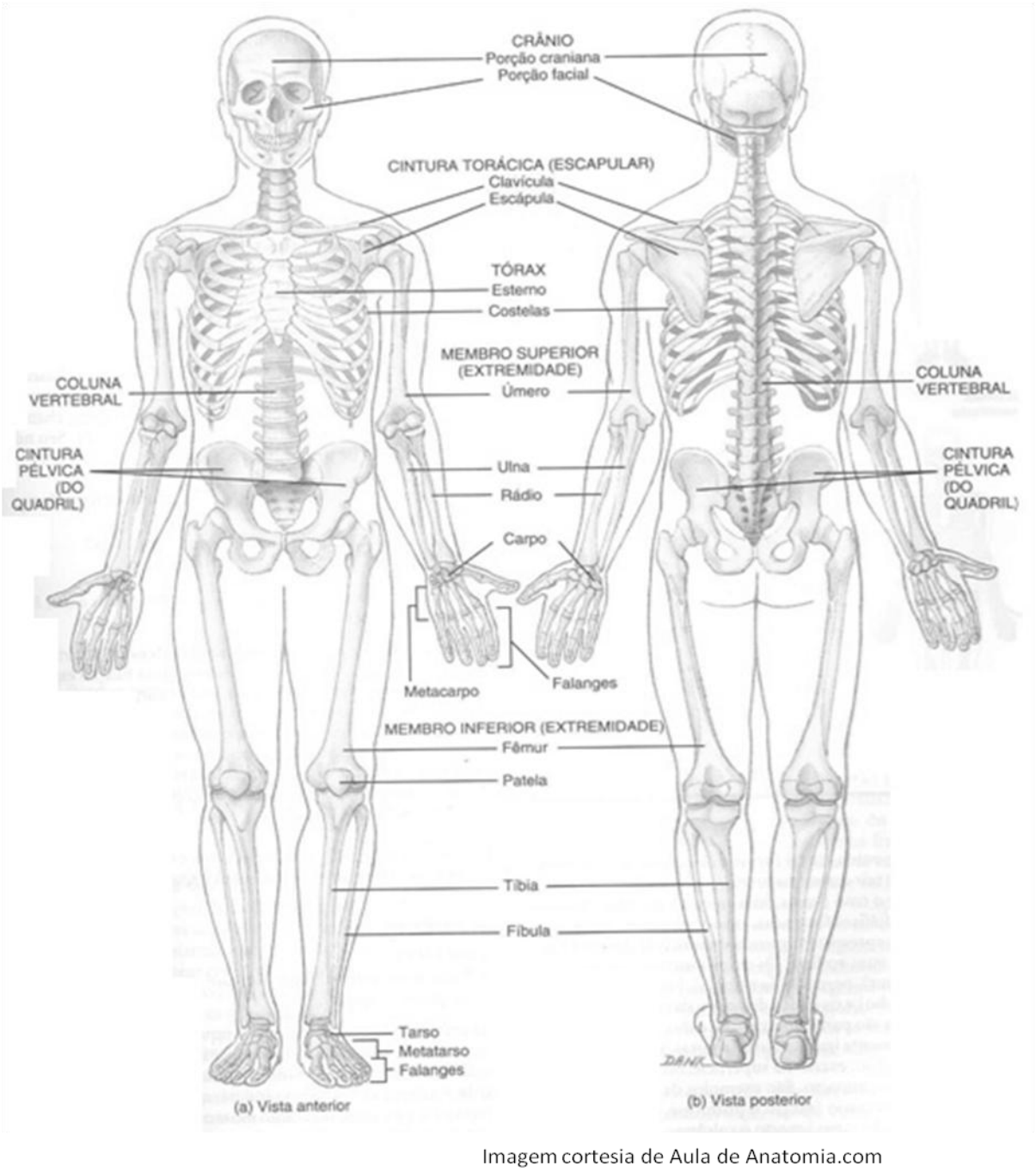


Figura 3. Esqueleto humano.

3.2. **Cabeça**, com um total de 29 ossos entre crânio e face.

3.2.1. ***Caixa craniana*** (8 ossos, 2 pares e 4 ímpares), que protege o encéfalo. Ossos não articulados entre si, unidos por "linhas de sutura": sagital (entre parietais), coronal (entre frontal e parietais), lambdóide (entre occipital e parietais). Alguns contem "seios", cavidades de arejamento da cavidade nasal ou auditiva.

- *Nos lactantes, os ossos estão separados para permitir o crescimento do encéfalo, deixando espaços amplamente separados ou "fontanelas": anterior (entre frontal e parietais), posterior (entre occipital e parietais) e mastoideas (2, entre parietais, temporais e occipital).*

- Occipital (1). Base do crânio (com o "forame magno", grande buraco que serve de passagem à medula espinal)
- Parietais (1 par) simétricos. Paredes laterais e tecto.

- Frontal (1). Parede anterior (testa) e tecto de órbitas e cavidade nasal, entre as que estão os “seios paranasais frontais” (cavidades pares que arejam a cavidade nasal).
- Temporais (1 par) simétricos. Paredes laterais e parte da base.
- Esfenóide (1). Base anterior (liga frontal com occipital), que completa posteriormente órbitas e cavidade nasal, e forma a “sela túrcica” (ocupada pela hipófise). Contêm os “seios paranasais esfenoidais”.
- Etmóide (1). Suporte da cavidade nasal e parede interna das orbital. Contêm os “seios paranasais etmoidais”.

3.2.2. ***Face*** (14 ossos, 6 pares e 2 ímpares)

- Nasais (1 par). Formam a ponte nasal.
- Maxilares superiores (1 par). Completa lateral e inferiormente as órbitas e a cavidade nasal. Contêm “seios paranasais maxilares”. É suporte da arcada dentária superior e forma a parte anterior do palato ósseo.
- Malares ou Zigomáticos (1 par). Formam as maçãs do rosto, articulando caixa (frontal esfenóides e temporais) com a face (maxilar e órbita).
- Mandibular ou maxilar inferior (1). Constituído por dois processos laterais, que se fundem sagitalmente na infância. Articulado (móvel) com os temporais, é o suporte da arcada dentária inferior.
- Lacrimais (1 par). Completam a parede interna da órbita e protegem o “ducto lacrimal” (tubo de drenagem das lágrimas).
- Palatinos (1 par). Completam posteriormente o palato ósseo.
- Conchas nasais inferiores (1 par), que articulam com as conchas do etmóide para dividir a cavidade nasal (“septo nasal”).
- Vômer (1). Porção postero-inferior do septo nasal.

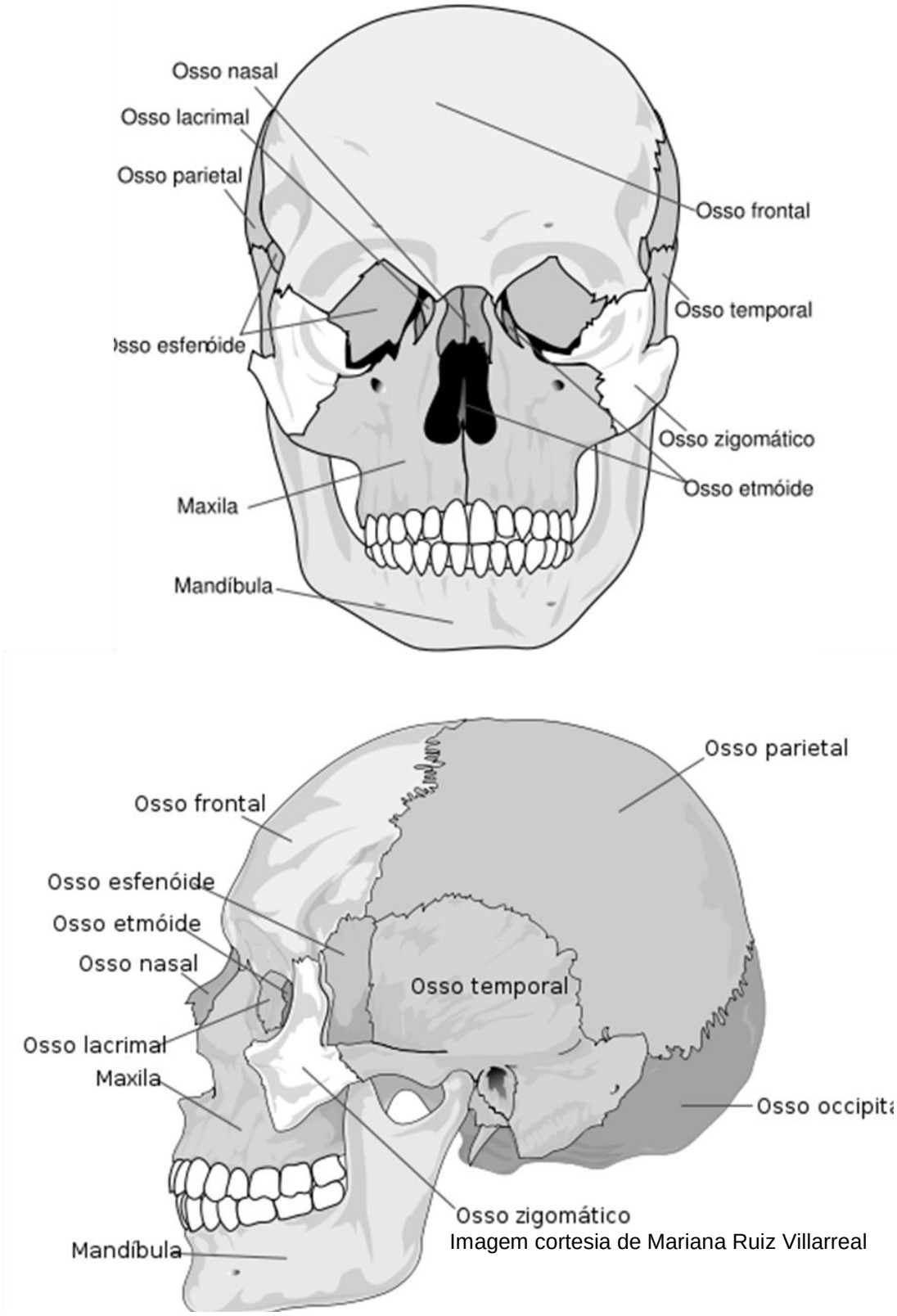


Figura 4. Cabeça.

3.2.3. ***Outros*** (7 ossos, 3 pares e 1 ímpar)

- Ossículos auditivos (3 pares): Martelo, Bigorna e Estribo (no interior do osso temporal).
- Hioide (1). Osso móvel, situado na região antero-superior da região cervical anterior, suspenso por ligamentos, da suporte à língua e laringe.

3.3. **Tronco**, com um total de 51 ossos entre coluna e caixa torácica. Não inclui as cinturas pélvica e escapular, que são incluídas nos membros.

3.3.1. ***Coluna*** (26 ossos). Formado por aposição de vértebras, todas diferentes mas com uma estrutura básica comum:

- *Corpo* (disco ósseo anterior, onde apoiam os "discos intervertebrais"),
- *Arco* (que circunda o "forame vertebral" que dá passagem a medula espinhal),
- *Processos espinhoso* e *transversos* (prolongamento posterior e laterais de inserção muscular, ligados pelas *lâminas*) e
- *Processos articulares* (2 superiores e 2 inferiores, para articular com as vértebras precedente e seguinte).

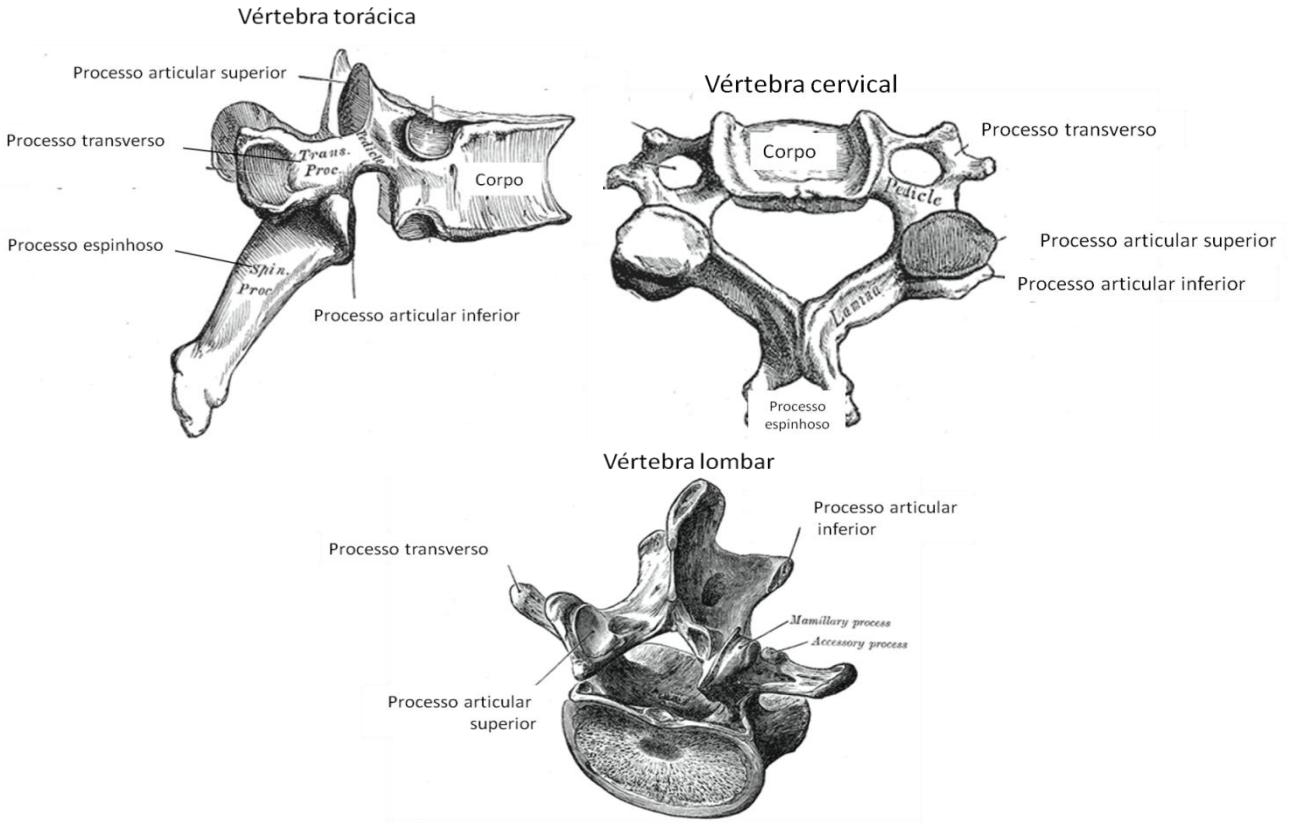


Figura 5. Vértebras.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.3.2. A coluna têm, no plano sagital, 2 curvas de concavidade anterior ("cifóse" torácica e sacra) e 2 de concavidade posterior ("lordose" cervical e lombar). No plano coronal, é recta. Está formada por:

- Vértebras cervicais (7), formam o pescoço. Vértebras leves e muito móveis. A primeira ("atlas") articula com o occipital, e a segunda ("áxis"), actua como pivô ("processo odontóide") sobre o que gira lateralmente a cabeça. A última vertebra cervical (7ª) têm um processo espinhoso mais proeminente, referência que pode ser palpada na base do pescoço.
- Vértebras torácicas (12). Mais grandes, pouco móveis, suportam a caixa torácica. Com fóveas, depressões onde articulam as costelas.

- Vértebras lombares (5). As maiores e mais fortes, com função de suporte, com grandes inserções musculares.
- Vértebras sacras (5, unidas como “sacro”). Osso triangular que forma a parte posterior do cíngulo pélvico e articula com a 5ª lombar formando, anteriormente, o “promontório”.
- Vértebras coccígeas (4, unidas como “cóccix”). Articula, superiormente, com o sacro.

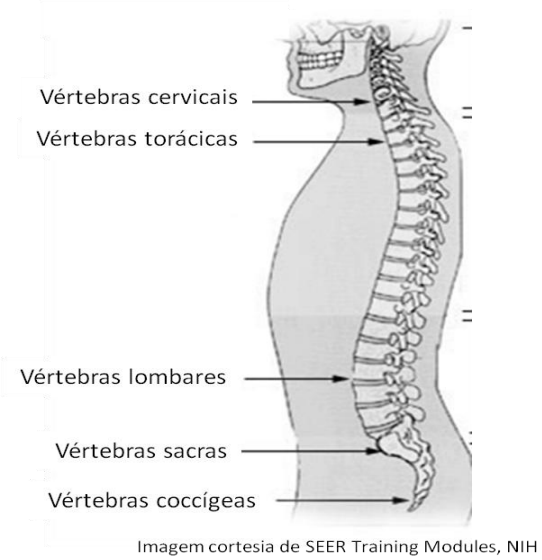


Figura 6. Coluna vertebral.

3.3.3. ***Caixa torácica*** (25 ossos)

- Costelas (12 pares). Arcos ósseos (curvatura antero-inferior) que articulam posteriormente com as vértebras. Anteriormente acabam em cartilagem, que vai-se calcificando ao longo da vida. Os 7 pares superiores articulam, anteriormente, com o esterno (“costelas verdadeiras”). As 8ª, 9ª e 10ª articulam-se, anteriormente, com a 7ª costela (“falsas costelas”). A 11ª e 12ª não articulam anteriormente (“costelas flutuantes”).
- Esterno (1). Onde articulam os 7 pares superiores de costelas, com 3 partes: manúbrio (articulam a clavícula e as costelas 1ª e 2ª), corpo (articulam 3ª a 7ª costela), apêndice xifóide (extremo inferior móvel).

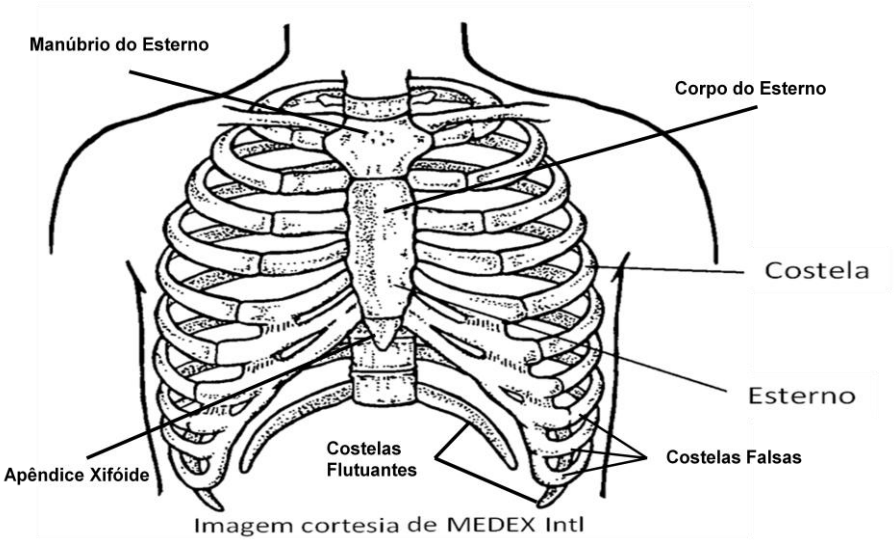


Figura 7. Caixa torácica.

3.4. **Membros Superiores**, formados por 32 pares de ossos (32 ossos cada membro).

3.4.1. ***Cintura escapular*** (2 ossos cada membro)

- Escápulas (1 par). Osso móvel que suporta a estrutura óssea do braço (articula com o úmero e clavícula)
- Clavículas (1 par). Da estabilidade ao braço, fixando a escápula com o esterno (articula-se lateralmente com a escápula e com o manúbrio do esterno, medialmente).

3.4.2. ***Braço e antebraço*** (3 ossos cada membro)

- Úmeros (1 par). Único osso do braço, com uma cabeça que articula com a escápula e uma parte inferior plana (com epicóndilos lateral e medial) que articula medialmente (tróclea) com o ulna e lateralmente (capítulo) com o rádio.
- Ulnas (1 par). Osso maior e medial do antebraço, com o "olécrânio" (osso do cotovelo) e com o processo estilóide (saliência medial do pulso).
- Rádios (1 par). Osso lateral do antebraço, que articula com o úmero (cabeça) e com a mão (pulso), e gira em volta da ulna.

3.4.3. ***Mão*** (27 ossos cada membro)

- Carpo (8 pares): escafóide, semilunar, piramidal, pisiforme, capitato, hamato, trapézio, trapezóide. Em 2 fileiras de 3 (superior, onde articula o antebraço) e 5 ossos (inferior, onde articulam os ossos do metacarpo).
- Metacarpo (5 pares). Ossos longos ("metacarpianos") da palma da mão.
- Falanges proximais (5 pares), médias (4 pares) e distais (5 pares), dos dedos.

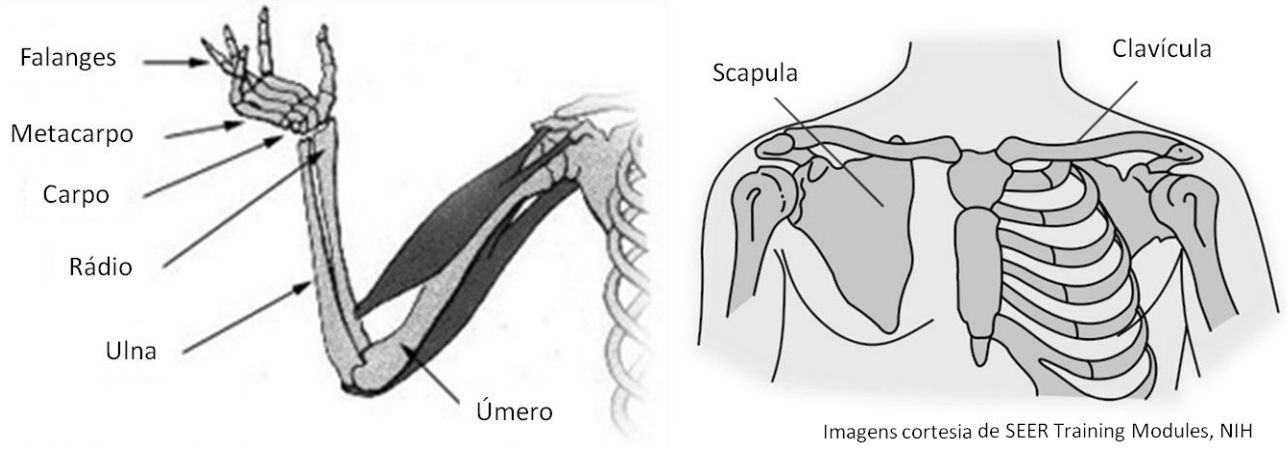


Figura 8. Ossos do Membro Superior..

3.5. **Membro Inferior,** formados por 31 pares de ossos (31 ossos cada membro).

3.5.1. ***Cintura pélvica*** (1 osso cada membro)

- Coxal ou Pélvis (2 pares). Formado cada um por 3 porções soldadas: ílio (superior e lateral, que articula com o sacro, têm a crista ilíaca e espinha antero-superior palpáveis), ísquio (inferior, com a "tuberosidade isquiática" sobre o que apoia o corpo em posição sentada) e púbis (anterior, que articula com outro coxal na "sínfise púbica"). As 3 porções soldam-se na cavidade articular para o fémur ("acetábulo") e deixam um espaço livre entre elas ("forame obturador").

- A entrada à pélvis óssea (“circunferência pélvica”) está marcada por: promontório sacro, linhas ileopectíneas e crista púbica. Por cima fica a “pélvis falsa” (pás ilíacas, que contêm intestino). Por baixo, a “pélvis verdadeira” (contêm recto, bexiga e útero nas mulheres). A saída da pélvis óssea está marcada pelo cóccix e as tuberosidades isquiáticas.

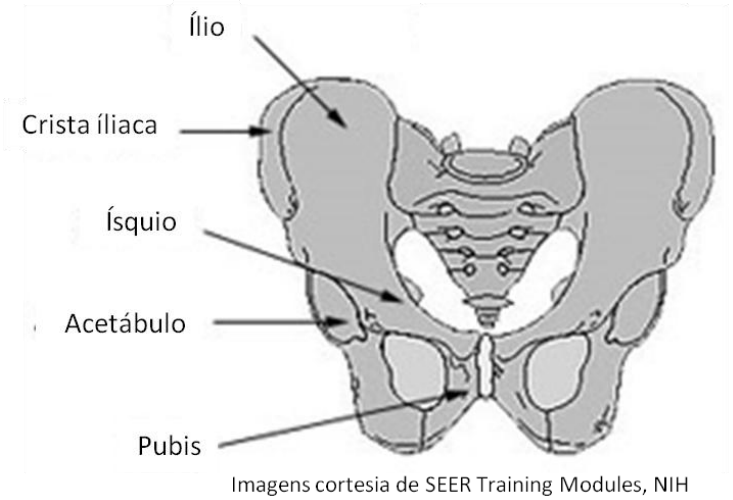


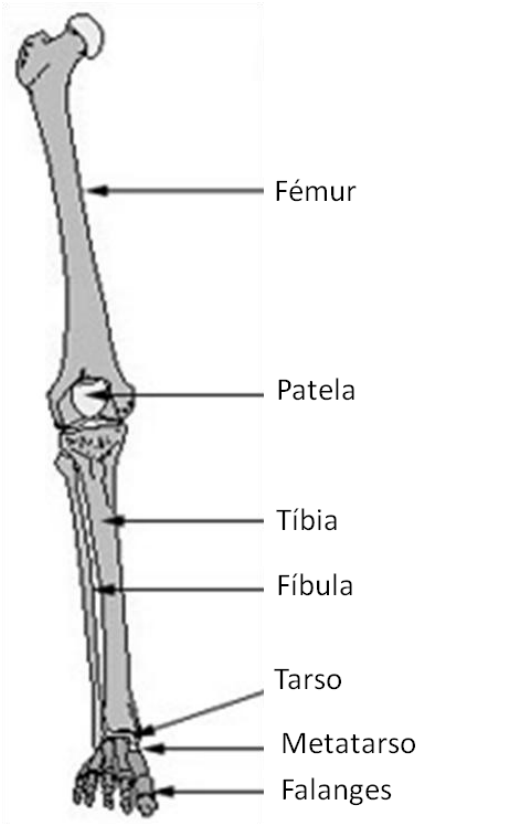
Figura 9. Ossos da Pelvis.

3.5.2. ***Coxa e perna*** (4 ossos cada membro)

- Fémur (1 par). Osso longo da coxa, com cabeça (que articula com a pélvis), colo e trocanteres na parte superior, e com os cóndilos (que articulam com a tíbia) no extremo inferior.
- Patela (1 par). Osso sesamóide do joelho, incluído no tendão do quadriceps, para proteger o joelho.
- Tíbia (1 par). Osso longo maior da perna, situado medialmente, com o planalto tibial que articula com o fémur, e com o maléolo medial que articula com o pé (tornozelo).
- Fíbula ou peróneo (1 par). Osso longo, lateral à tíbia (na que apoia superiormente), forma o maleolo lateral do tornozelo.

3.5.3. ***Pé*** (26 ossos cada membro)

- Tarso (7 pares): calcáneo (calcanhar, ponto de suporte do sistema esquelético em posição de pé), tálus (que articula com os maleolos no tornozelo), navicular, cubóide, cuneiformes medial, intermédio e lateral.
- Metatarso (5 pares). Ossos longos (“metatarsianos”) do pé. Junto com os ossos do tarso formam os arcos longitudinais (medial e lateral) e transversal do pé.
- Falanges proximais (5 pares), médias (4 pares) e distais (5 pares), dos dedos.



Imagens cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 10. Ossos do Membro Inferior.

BLOCO 4: ARTICULAÇÕES DO CORPO HUMANO

4.1. As articulações do corpo humano unem os ossos estudados anteriormente, dando continuidade ao esqueleto. Juntam ossos da mesma parte anatómica e ligam partes anatómicas diferentes (dando-as mobilidade).

4.1.1. Cada osso que está anatomicamente em contacto com outro, está ligado por uma articulação.

- Um único osso pode ter uma ou várias articulações.
- Uma articulação pode ligar dois ou mais ossos.

4.2. **Cabeça**

4.2.1. ***Caixa craniana***. Ossos unidos por suturas que calcificam na idade adulta.

4.2.2. ***Face***. Ossos unidos por suturas que calcificam na idade adulta, excepto:

- Témporo-mandibular (entre o osso temporal e a mandíbula): sinovial, permite a depressão-elevação, protrusão-retração e desvio lateral da mandíbula.

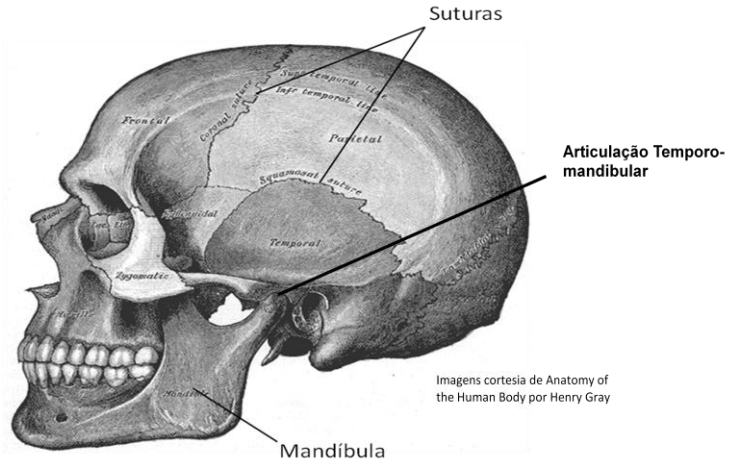


Figura 11. Articulações da cabeça.

4.3. **Tronco**

4.3.1. ***Pescoço***. Articulações que permitem o movimento da cabeça em relação ao pescoço.

- Atlanto-occipital: sinovial, permite a flexão-extensão, circundução e lateralização da cabeça.
- Atlanto-axóide central: sinovial, permite a rotação da cabeça.

4.3.2. ***Vertebrais***, que permitem um movimento restrito entre vértebras, mas que dão uma importante mobilidade global à coluna (flexão-extensão, rotação, lateralização). Inclui:

- Entre corpos vertebrais: sínfise (com disco intervertebral com núcleo pulposo e anel fibroso).
- Entre processos articulares: sinoviais planas.

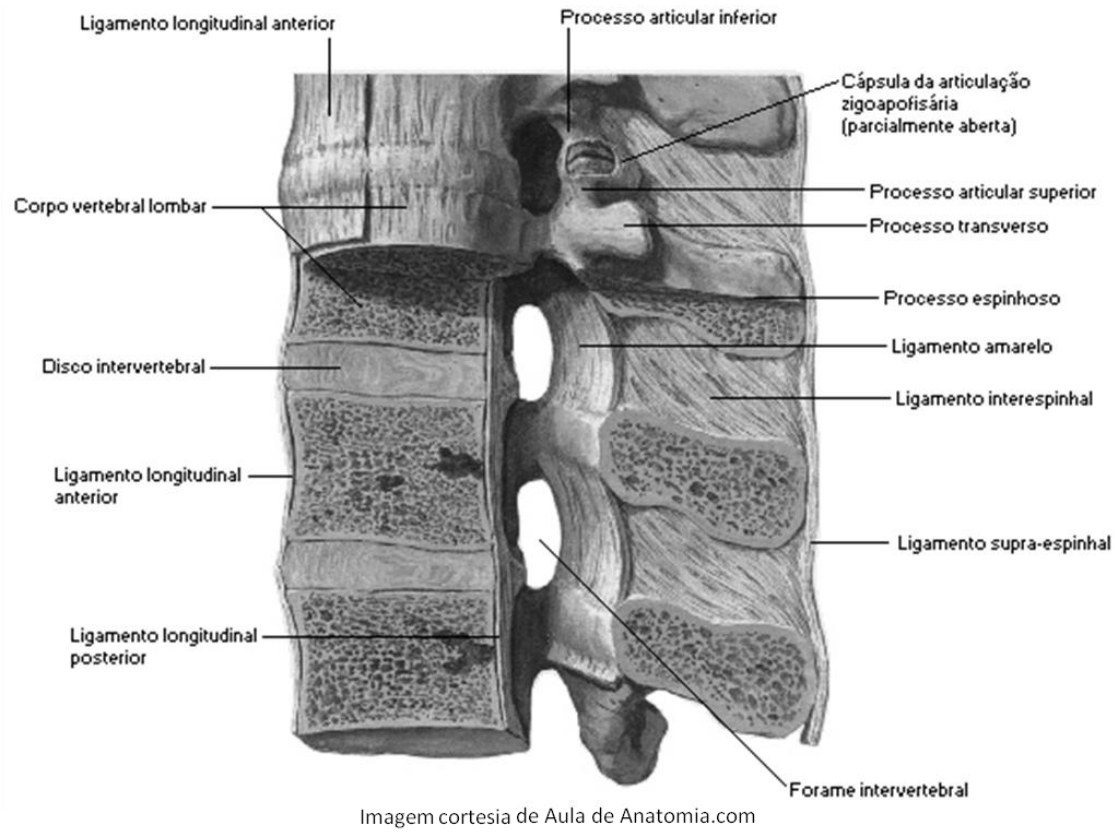


Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

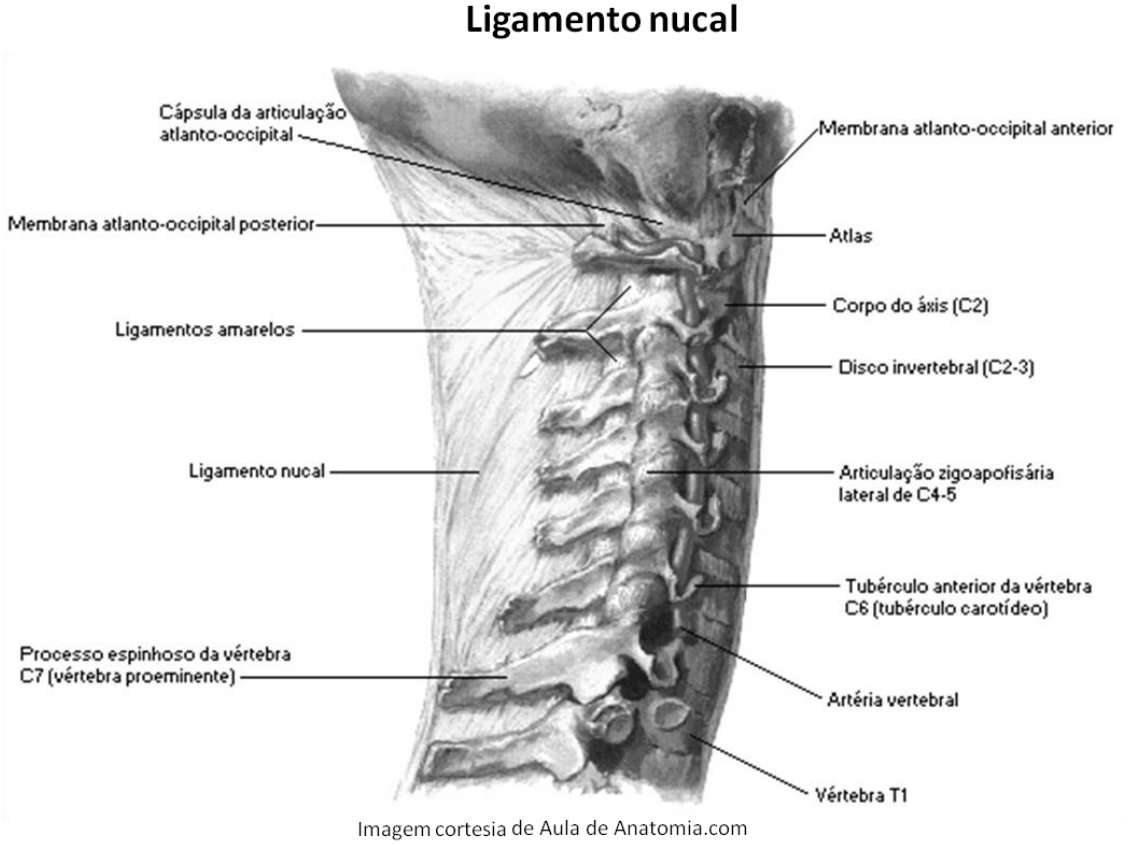


Figura 12. Articulações vertebrais.

4.3.3. ***Caixa torácica***.

- Costo-vertebrais: sinoviais, permitindo a elevação-depressão das costelas com a respiração.
- Costo-condrais (entre costelas e cartilagens costais): sincondroses cartilaginosa, sem mobilidade.
- Esterno-costais: sincondrose (a 1ª) e sinovial (2ª a 7ª), mínima mobilidade (para permitir os movimentos respiratórios).
- Manúbrio-esternal e xifo-esternal (articulações do esterno): sínfise e sincondrose, respectivamente, que com a idade ossificam-se e passam a ser sinostose.

4.4. **Membro Superior**

4.4.1. Cintura escapular.

- Esterno-clavicular: sinovial, permite o deslizamento durante a respiração e movimentos do membro superior.
- Acrómio-clavícular: sinovial, permite o deslizamento frontal, com os movimentos de rotação da escápula.
- Ombro (gleno-umeral ou escapulo-umeral): sinovial, com amplos movimentos em todos os sentidos, ainda ampliados pela mobilidade da escápula, protegida por um complexo sistema de ligamentos, bolsas sinoviais e músculos.

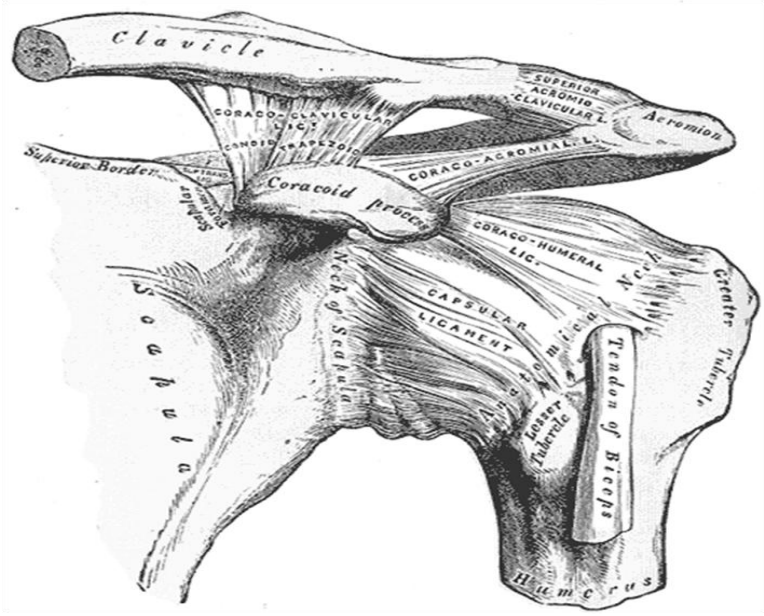


Figura 13. Articulações da cintura escapular.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

4.4.2. ***Braço e antebraço.***

- Cotovelo (tróclea úmero-ulnar e úmero-radial): dupla articulação sinovial, que permite a flexão-extensão.
- Rádio-ulnar proximal: sinovial, que permite a pronação-supinação.
- Rádio-ulnar média: sindesmose, que estabiliza a mobilidade entre rádio e ulna.
- Rádio-ulnar distal: sinovial, que permite ligeiro deslizamento.

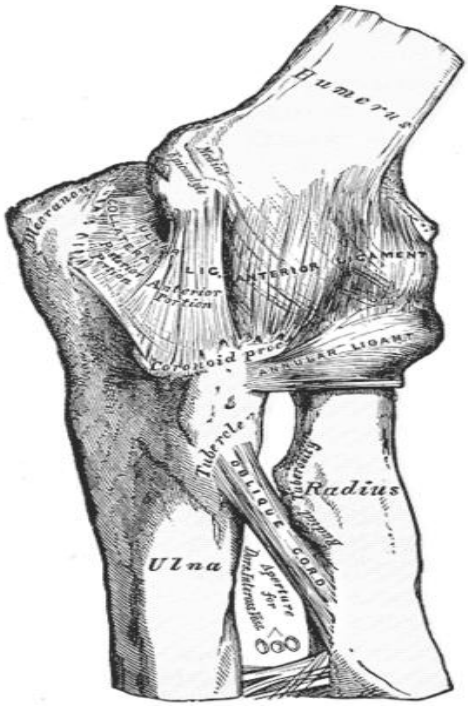


Figura 14. Articulações do cotovelo e antebraço.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

4.4.3. ***Mão***

- Punho (rádio-carpal): sinovial, que permite flexão-extensão, abdução-adução e circundução.
- Inter-carpais (unem os diferentes ossos do carpo): sinoviais, com mínimo movimento.
- Carpo-metacarpal 1ª: sinovial, que permite flexão-extensão, abdução-adução e circundução.
- Carpo-metacarpais 2ª-5ª: sinoviais, que permitem certo deslizamento.
- Metacarpo-falângicas: sinoviais, que permitem flexão-extensão, abdução-adução e circundução.
- Interfalángicas proximais e distais: sinoviais, que permitem a flexão-extensão.

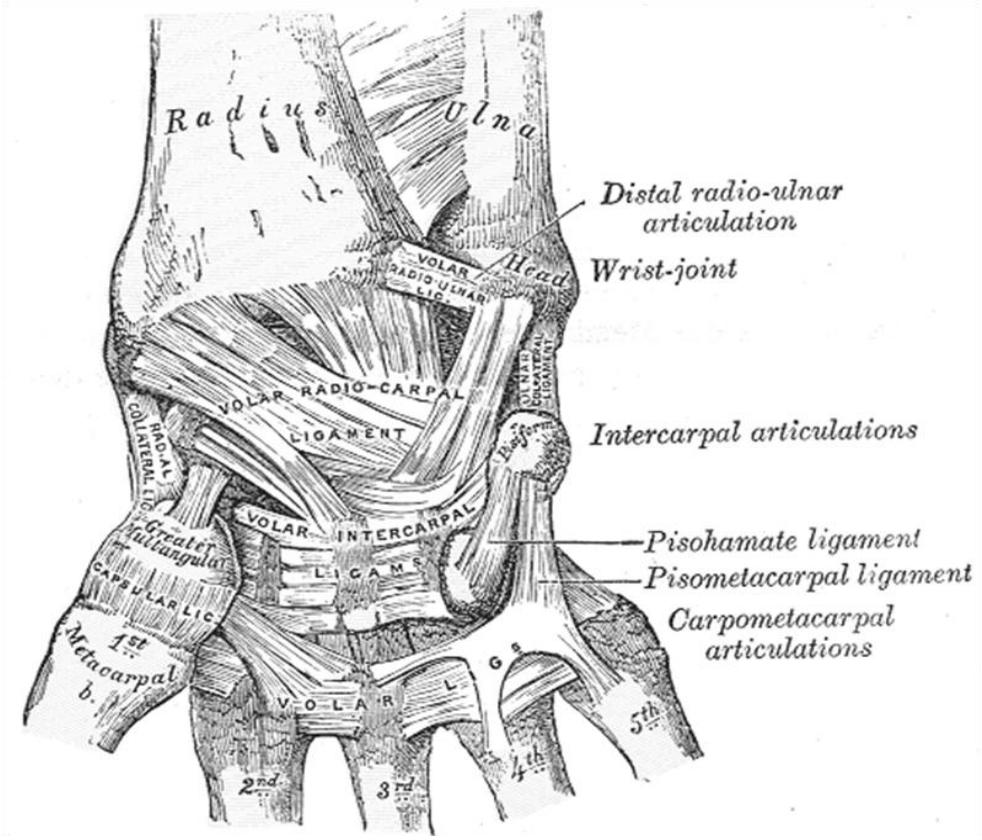


Figura 15. Articulações do punho e mão.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

4.5. **Membro Inferior**

4.5.1. Cintura pélvica.

- Sacro-ilíaca: sinovial, que com o tempo fica sindesmose (fibrosa), permite um mínimo balanço (maior durante a gravidez por relaxamento dos ligamentos).
- Sínfise púbica: sínfise, com mínima mobilidade (maior na gravidez).
- Anca (fémuro-acetabular ou coxo-femural): sinovial, que permite flexão-extensão, abdução-adução, circundução e rotação, protegida por um complexo sistema de ligamentos internos e externos, bolsas sinoviais e músculos.

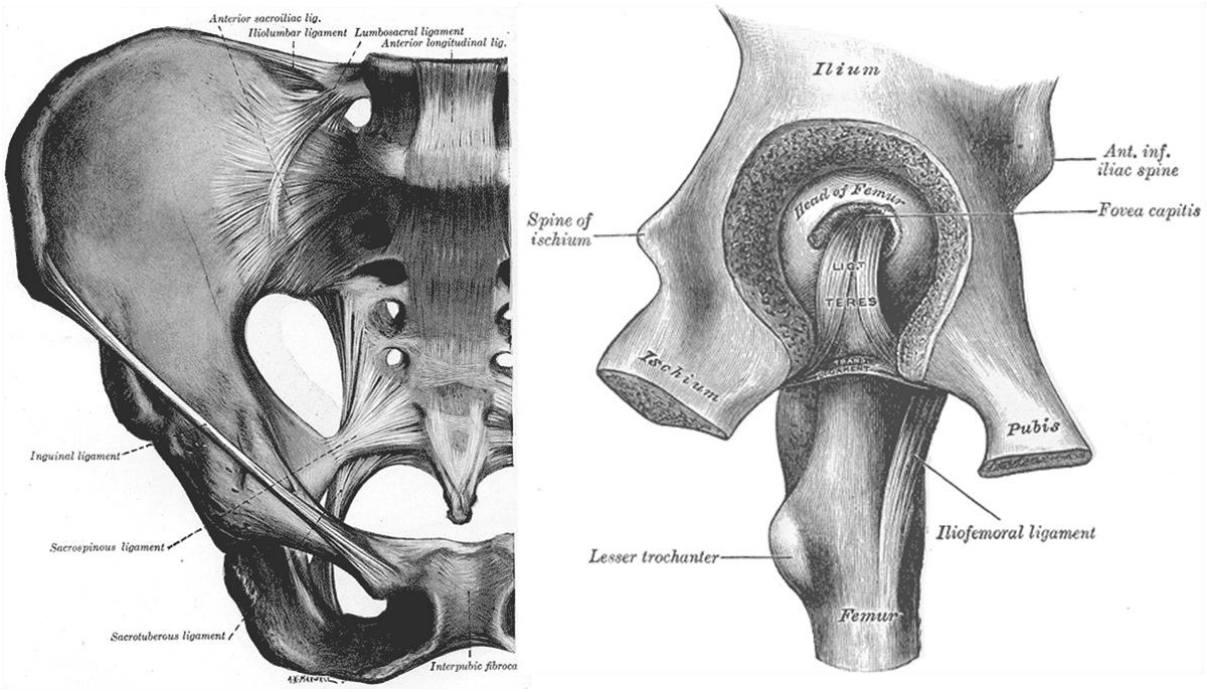


Figura 16. Articulações da cintura pélvica.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

4.5.2. ***Coxa e perna***.

- Joelho (fémoro-tibiais médial e lateral, e fémoro-patelar): dupla articulação sinovial, que permite a flexão-extensão, protegida por um complexo sistema de meniscos, ligamentos internos e externos, bolsas sinoviais e pelo aparelho do tendão do quadriceps e patela.

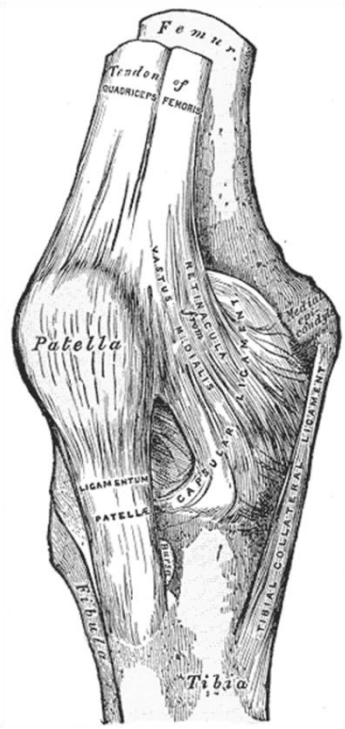


Figura 17. Joelho.

Imagem cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

- Tíbio-fibular proximal: sinovial, que permite mínimo deslizamento.
- Tíbio-fibular distal: sinovial (forma parte do “encaixe maleolar”), que permite mínimo deslizamento.

4.5.3. ***Pé***.

- Tornozelo (maleolo-talar): sinovial, que permite flexão-extensão, e ligeiro deslizamento lateral e inversão-eversão.
- Inter-tarsais: sinoviais, que facilitam os movimentos do tornazelo e que mudam os arcos plantares.
- Tarso-metatarsais e Inter-metatarsais: sinoviais, que facilitam as mudanças dos arcos plantares.
- Metatarso-falângicas: sinoviais, que permitem flexão-extensão e ligeira abdução-adução e circundução.
- Interfalángicas proximais e distais: sinoviais, que permitem a flexão-extensão.

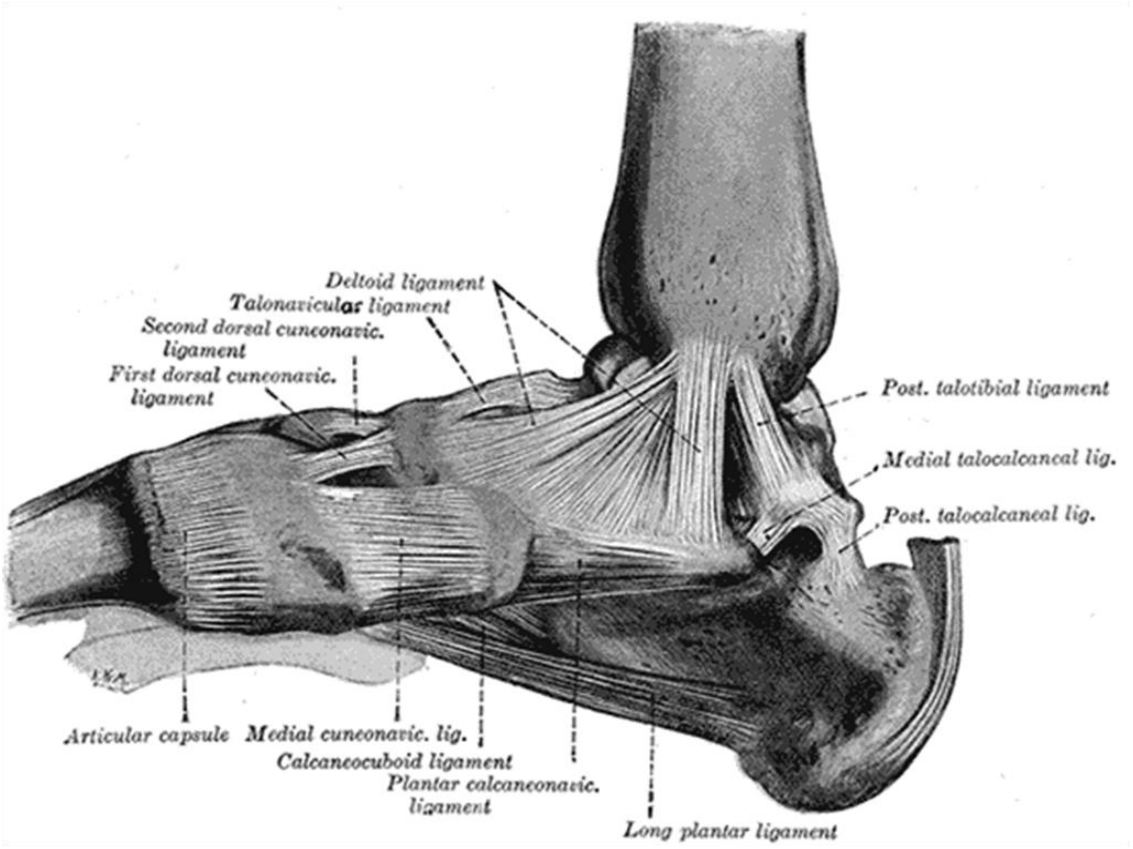


Figura 18. Articulações do tornozelo e pé.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

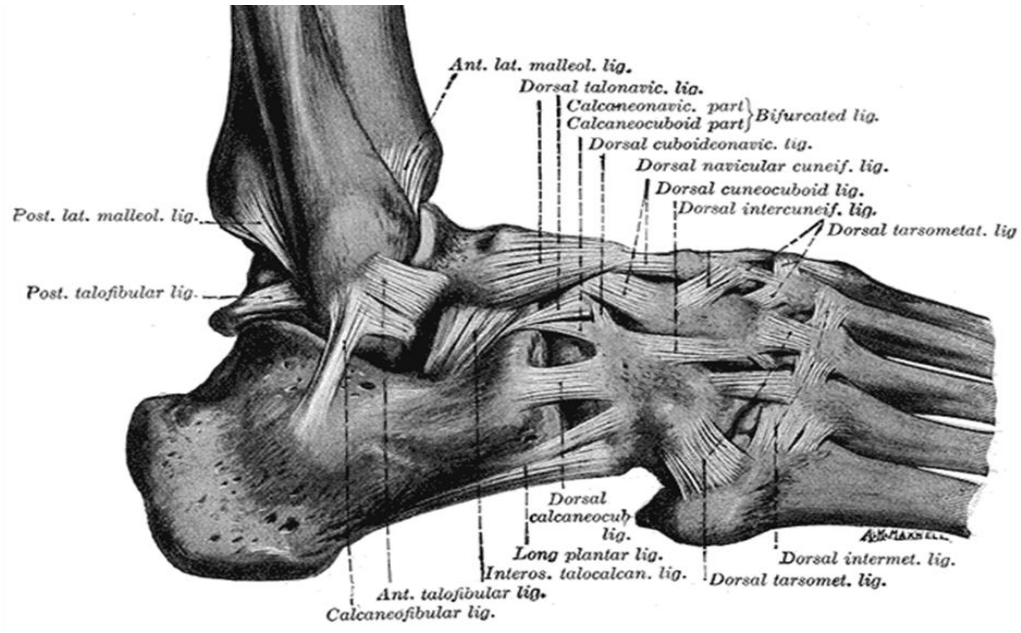


Figura 19. Articulações do tornozelo e pé.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1. Os ossos, pela forma, podem ser: longos curtos, planos, irregulares e sesamóides .

5.2. O esqueleto (206 ossos) está dividido em axial (crânio, face, coluna vertebral, caixa torácica e pélvis) e apendicular (membros superiores e inferiores).

5.3. Os ossos da cabeça incluem a caixa craniana (8 ossos que protegem o encéfalo) e a estrutura óssea da face (14 ossos). A maioria das articulações na cabeça são suturas, sem mobilidade.

5.4. A coluna vertebral, forma o eixo do corpo, e está composta por 26 vértebras: 7 cervicais, 12 torácicas, 5 lombares, 1 sacro (5 vértebras soldadas) e 1 cóccix (4 vértebras soldadas). Têm ampla mobilidade global, pela soma das articulações entre vértebras.

5.5. A cabeça têm movimentos livres de rotação permitidos pelas articulações atlanto-occipital e atlanto-axóide.

5.6. A caixa torácica está formada por 12 pares de costelas que se juntam no esterno. Movimenta como um todo (elevação e depressão com a respiração), pela mobilidade das articulações costo-vertebrais e a estabilização pelas esterno-costais.

5.7. Cada membro superior está formado pela cintura escapular (escápula e clavícula), braço (úmero), antebraço (ulna e rádio) e mão (27 ossos).

5.8. Cada membro inferior está formado pela cintura pélvica (pélvis -com ílio, ísquio e púbis- e sacro-cóccix), coxa (fémur), perna (tíbia e fíbula) e pé (26 ossos).

5.9. As cinturas escapular e pélvica estabilizam os movimentos dos membros, que poderão ter muita liberdade de movimentos por serem sistemas articulares esferóides.

5.10. Ossos de mãos e pés tem um complexo sistema de pequenas articulações com limitada mobilidade que permitem em conjunto uma grande variedade de movimentos.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	11
Tópico	Sistema Músculo-Esquelético	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Músculos	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Mencionar a origem embriológica dos músculos.
2. Listar os componentes dos músculos.
3. Diferenciar os distintos tipos de músculo: estriado, cardíaco e liso.
4. Descrever a fisiologia geral do músculo estriado: teoria dos filamentos deslizantes, contracção muscular.
5. Identificar os diferentes tipos de movimento muscular.
6. Definir tónus muscular.
7. Descrever a estrutura e a função de um tendão.
8. Descrever a estrutura e a função de um ligamento.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Músculos: Generalidades		
3	Anatomia dos Músculos Esqueléticos		
4	Fisiologia dos Músculos Esqueléticos		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

- Modelo anatómico artificial móvel mostrando os grupos musculares (1 por turma).

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: MÚSCULOS: GENERALIDADES

2.1. O músculo é um tecido com capacidade de se contrair perante um estímulo, aplicando a força da sua contracção a outro tecido ao qual movimenta. Representa 40-50% do peso corporal total.

2.1.1. Dependendo da sua localização realiza **funções** algo diferentes. Desta maneira:

- Quando o músculo aplica a força aos ossos, movimenta o esqueleto, permitindo o corpo se deslocar de maneira voluntária;
- Quando o músculo do coração se contrai, bombeia para todo o corpo o sangue;
- Quando o músculo da parede dos diferentes órgãos ocos se contrai, facilita as funções correspondentes (trânsito de alimento pelo tubo digestivo, expulsão de urina pela bexiga, expulsão do feto pelo útero no momento do parto,…).

2.1.2. Para cada uma de estas funções respectivas existe um tecido muscular especializado diferente, com a propriedade comum de se contrair. Assim:

- O "músculo esquelético ou estriado voluntário" movimenta os ossos,
- O "músculo cardíaco ou estriado involuntário" contrai o coração, e
- O "músculo liso involuntário" contrai as paredes de órgãos.

2.2. O tecido muscular está composto por células de tamanho variável, por vezes muito compridas, chamadas **"fibras musculares"**. Cada tipo de músculo têm fibras musculares algo diferentes.

2.2.1. As fibras musculares se juntam em feixes ou "fascículos" de fibras relacionadas fisiologicamente, de maneira que se contraem ao mesmo tempo para exercer a sua função.

2.2.2. Vários fascículos unidos por uma estrutura de tecido conjuntivo forma já um músculo visível macroscopicamente.

2.3. **O Músculo esquelético ou estriado voluntário** é chamado assim por apresentar bandas ou riscos ao microscópio e por ser o que movimenta o esqueleto, por contracção voluntária (inervado pelo Sistema Nervoso Periférico).

2.3.1. Derivado do mesoderma, é composto por fascículos de fibras musculares, células caracterizadas por ter:

- *Sarcolema* ou membrana celular, com múltiplas comunicações entre fibras vizinhas.
- *Vários núcleos* periféricos. Realmente cada fibra muscular estriada é um "sincício" ou grupo de células que partilham o mesmo citoplasma e membrana para realizar uma função comum, mas que mantêm individualizados os núcleos.
- *Miofibrilas*, proteínas filamentares (como cabelos) que preenchem o citoplasma. Têm dois tipos superpostos em uma certa sequência: "espessas" (de miosina) e "finas" (de actina, troponina e tropomiosina).
- Este arranjo particular dá o aspecto estriado característico do "sarcómero", unidade que se repete consecutivamente e que é a unidade funcional do músculo esquelético.

- As fibras finas e espessas se dispõem agrupadas em arranjos em forma de pente, que se sobrepõem para permitir o deslizamento de umas sobre outras, o que produz a contracção das fibras.
- *Retículo sarcoplásmico*, rede de tubos interconectados, em volta das miofibrilas, com função fundamental na transmissão de sinais químicos que sincronizam a contracção entre fibras
- *Mitocôndrias,* também em volta das miofibrilas, responsáveis pelo aporte da energia que precisa a contracção.

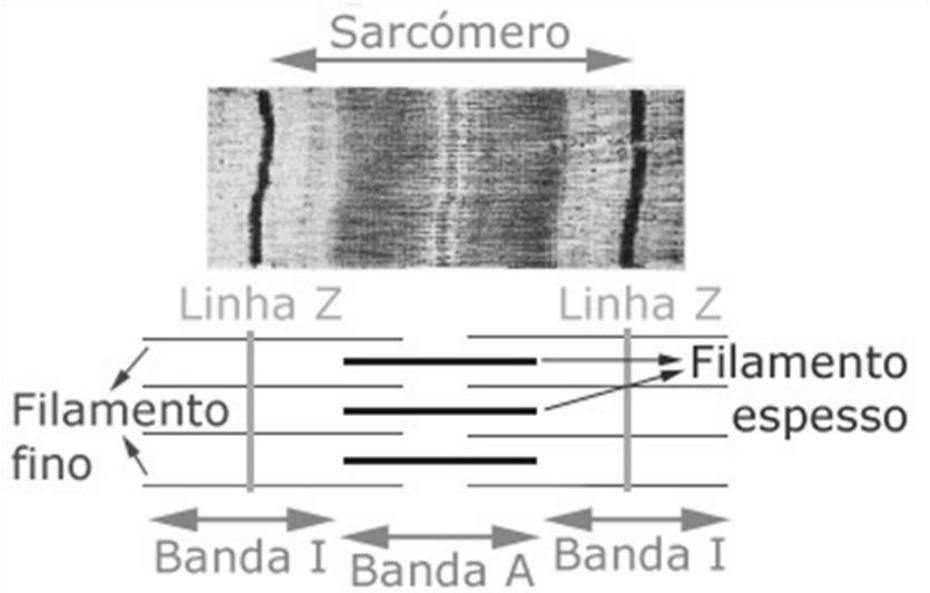


Imagem cortesia de Bjecas

Figura 1. Estrutura miofibrilar do músculo esquelético.

-

2.4. **O Músculo cardíaco ou estriado involuntário**, também com bandas na visão microscópica, forma as paredes do coração contraindo-se involuntariamente perante estímulos intrínsecos (do próprio coração).

2.4.1. É derivado do mesoderma, e têm certas características diferenciais com o esquelético:

- Têm um arranjo parecido ao músculo estriado, mas com um único núcleo em cada fibra, de posição central.
- Tem terminações ramificadas que servem para comunicar umas fibras com outras mediante *"discos intercalares"*.

2.4.2. Algumas delas são diferenciadas em células capazes de produzir e transmitir estímulos eléctricos ("células neuro-musculares"). São delas que parte o impulso que se transmite por todo o coração e que resulta numa contracção rítmica e sincronizada (batimento cardíaco).

2.5. **O Músculo liso involuntário**, chamado assim por não apresentar o aspecto em bandas do músculo estriado e por ser de contracção involuntária (inervado pelo Sistema Nervoso Autónomo).

2.5.1. Formam parte das paredes dos órgãos com mobilidade (intestino, vasos, útero,…). As fibras são células com núcleo único e miofibrilas grossas e finas (como no estriado), mas sem arranjo regular (pelo que não formam as bandas). Pode ser:

- *Visceral (Unitário)*, derivado do mesoderma, formando feixes com fibras muito unidas (para transmitir impulsos eléctricos) que são capazes de se contrair na ausência de estímulo nervoso (vísceras ocas e tubos contrácteis).
- *Multiunitário*, derivado do ectoderma , com fibras separadas que precisam estímulo nervoso (independente para cada uma) para se contrair (como na íris do olho).

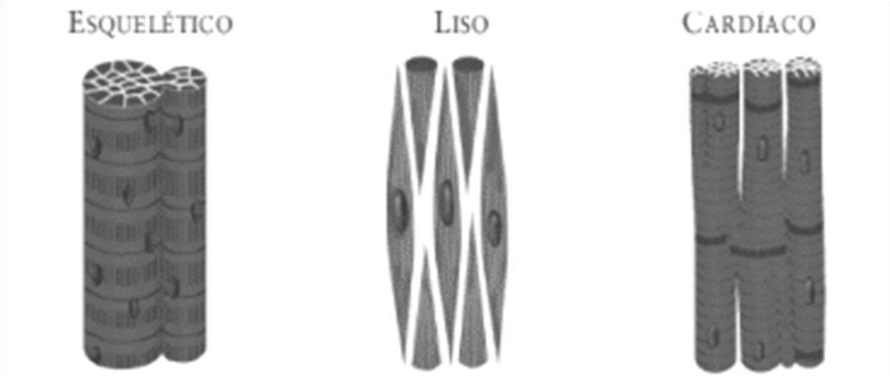


Figura 2. Tipos de tecido muscular: esquelético, cardíaco e liso.

BLOCO 3: ANATOMIA DOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

3.1. Por ser os únicos que formam parte do sistema músculo-esquelético, os músculos estriados são os estudados nestas aulas, ficando os outros dois tipos inseridos nas correspondentes aulas de coração e vísceras ocas.

3.2. **Tipos de músculos estriados**. Se podem classificar considerando diferentes parâmetros

3.2.1. Quanto a sua situação:

- *Superficiais* ou *Cutâneos*: Estão logo abaixo da pele e inserem na camada profunda da derme. Estão localizados na crânio, na face, no pescoço (como o "músculo platisma") e na mão (região hipotenar).
- *Profundos* ou *Subaponeuróticos*: Se inserem em ossos e estão localizados abaixo da fáscia superficial.

3.2.2. ***Quanto a sua função***:

- *Agonistas*, músculos principais que pela sua contracção activam um movimento específico do corpo (para flexionar o cotovelo, agonistas são o bíceps braquial).
- *Antagonistas*, músculos que se opõem à acção dos agonistas (quando o agonista se contrai, o antagonista relaxa progressivamente), produzindo um movimento suave (o triceps braquial é antagonista na flexão do cotovelo).
- *Sinergistas*, músculos que estabilizam as articulações para reforçar a acção do músculo agonista principal (sinergistas da acção anterior são os músculos que estabilizam cotovelo e ombro).
- *Fixadores*, músculos que estabilizam a origem do agonista de modo que ele possa agir mais eficientemente (estabilizam a raiz do membro quando move-se a parte distal).

O conceito de agonista-antagonista é relativo, pelo que um mesmo músculo pode ser agonista para um certo tipo de movimento, mas antagonista para outro

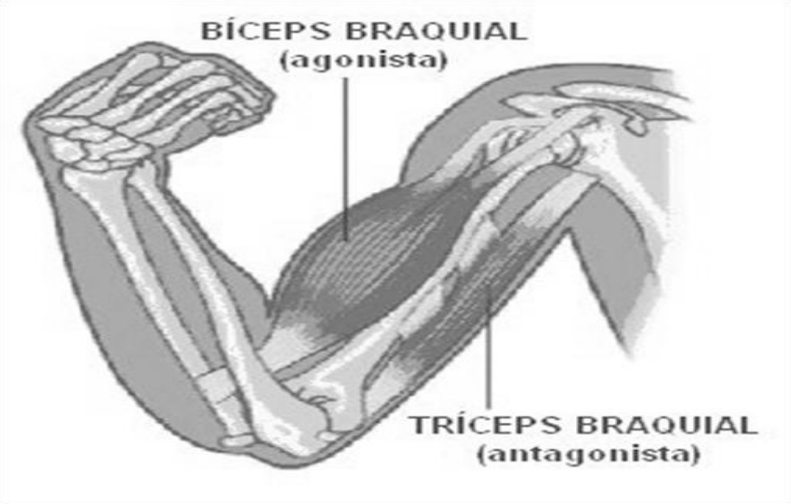


Figura 3. Músculos agonistas e antagonistas.

Exemplo da flexão do cotovelo.

3.2.3. ***Quanto a sua forma***:

- *Longos* é caracterizado por apresentar um comprimento superior a largura e a espessura. São encontrados especialmente nos membros, sendo mais longos os mais superficiais, podendo saltar duas ou mais articulações para se inserir em ossos que não estão directamente em contacto. Podem ter um ou mais ventres e inserções (como o bíceps braquial).
- *Curtos* é caracterizado por apresentar as três dimensões relativamente similares. Encontram-se nas articulações cujos movimentos tem pouca amplitude, mas que podem estar envolvidos em movimentos muito especializados ou que requerem muita força (como os músculos da mão).
- *Largos ou planos* é caracterizado por apresentar um comprimento semelhante à largura e muito superior a espessura. Caracterizam-se por serem laminares. São encontrados nas paredes das grandes cavidades (como os da parede abdominal).
- *Circulares* é caracterizado por apresentar a forma circular. Circundam um orifício ou abertura do corpo, fechando-o quando se contraem (como o esfíncter anal).

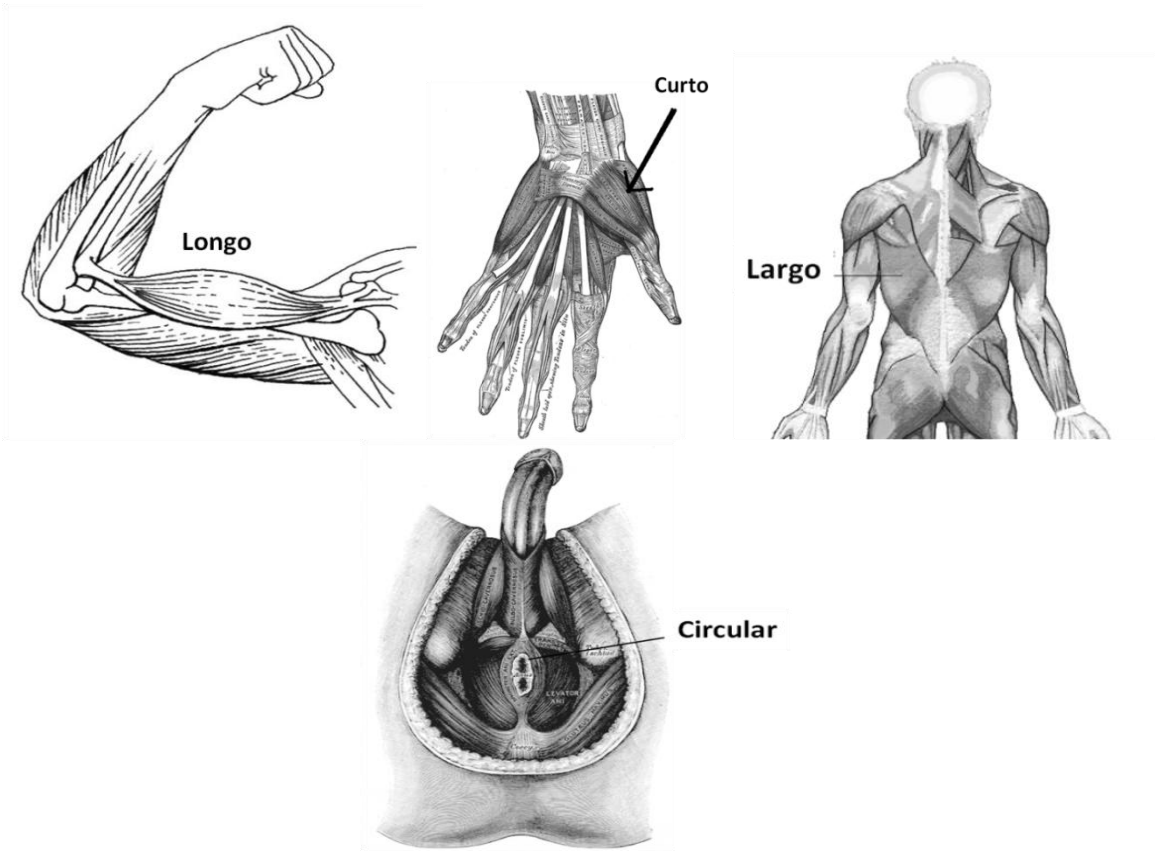


Figura 4. Músculos longos, curtos, largos e circulares.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.3. Os **componentes anatómicos** dos músculos estriados são:

3.3.1. *Ventre muscular* é a porção contrátil do músculo, que forma o corpo do músculo, constituída por fibras musculares.

3.3.2. *Tendão* é o prolongamento (de tecido conjuntivo denso, com aspecto de fita ou cilindro) do músculo, que serve para a fixação do ventre muscular em ossos, tecido subcutâneo ou cápsulas articulares.

- Os músculos têm tendões "de origem" (ligados a partes ósseas imóveis ou a partes ósseas mais proximais à raiz do membro) e "de inserção" (ligados à partes móveis e distais).
  - *Aponeurose* é um tendão plano formado por una lâmina de conjuntivo denso com fibras colágenas paralelas em forma de lâminas ou leques (como os que inserem os músculos largos do abdómen).
  - *Ligamentos (vide Aula 9)* não são tendões nem partes de estes (com os que não se devem confundir), mas sim espessamentos das cápsulas articulares ou das fáscias, que reforçam as articulações protegendo-as ao limitar os movimentos extremos.

3.3.3. Outros tecidos conjuntivos associados ao músculo que dão suporte e estrutura incluem:

- *Fáscias superficiais e profundas:* lâminas fibrosas (colágena densa entrecruzada) que recobre todos os elementos profundos (grupos musculares, com pacotes vasculo-nervosos,…), separando estruturas em compartimentos.
- *Fáscia muscular*: lâmina fibrosa, que circunda (envolve) cada músculo, individualizando-o e dando continuidade entre o ventre muscular e os tendões.

- *Epimísio*: por dentro da fáscia muscular, é a camada mais externa de tecido conjuntivo, que circunda todo o músculo.
- *Perimísio*: camadas dentro do músculo que o dividem em grupos de 10 a 100 ou mais fibras musculares individuais, separando-as em feixes chamados “fascículos” (podem ser vistos a olho nu).
- *Endomísio*: fino revestimento conjuntivo que penetra no interior de cada fascículo e separa as fibras musculares individuais.

3.3.4. *Bainhas tendinosas* são membranas fibro-serosas que formam pontes ou túneis entre as superfícies ósseas dentro das quais deslizam os tendões, facilitando a sua função.

3.3.5. *Bolsas sinoviais* são pequenas cavidades fibro-serosas que contêm líquido sinovial, que situadas entre ossos e tendões e músculos, facilitam o deslizamento destes.

3.3.6. *Vasos.* Todo músculo recebe a nutrição a partir de uma (ou várias) artérias que se dividem amplamente pelas estruturas conjuntivas para chegar a todas as fibras. Existe um sistema paralelo venosos de retorno.

3.3.7. *Nervos.* Junto com os vasos, acostumam entrar no músculo nervos motores (trazem as ordens para a contracção), formando “pacotes vásculo-nervosos”.

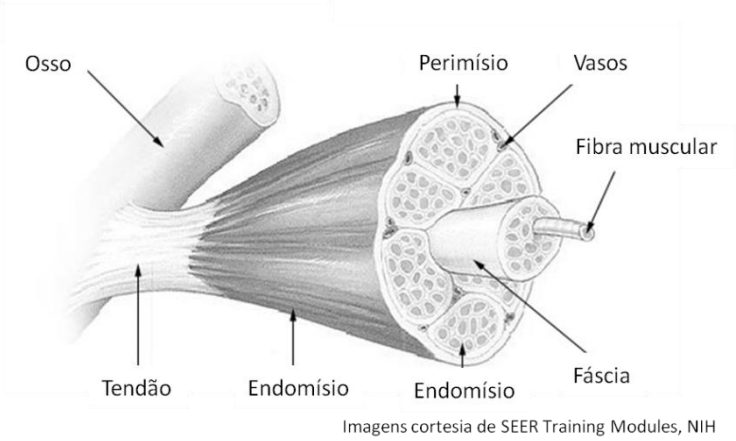


Figura 5. Anatomia do músculo estriado.

BLOCO 4: FISIOLOGIA DOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

4.1. As funções dos músculos estriados são:

4.1.1. *Produção dos movimentos corporais* voluntários (andar, correr,…), mediante sistemas de “alavancas”, que dependendo da posição relativa entre os pontos de apoio (A), de aplicação da força (F) e da resistência (R), podem ser de:

- 1ª classe: F-A-R (como um sobe-desce): a contracção num sentido provoca movimento no sentido contrario (extensão da cabeça para atrás, contraindo os extensores do pescoço).
- 2ª classe: A-R-F (como uma carrinha de mão): a contracção num sentido provoca movimento no mesmo sentido (pôr-se de pontinhas nos pés, contraindo os gêmios)
- 3ª classe: A-F-R (como umas pinças): a contracção num sentido provoca movimento no mesmo sentido (levantar peso com a mão, contraindo o biceps).

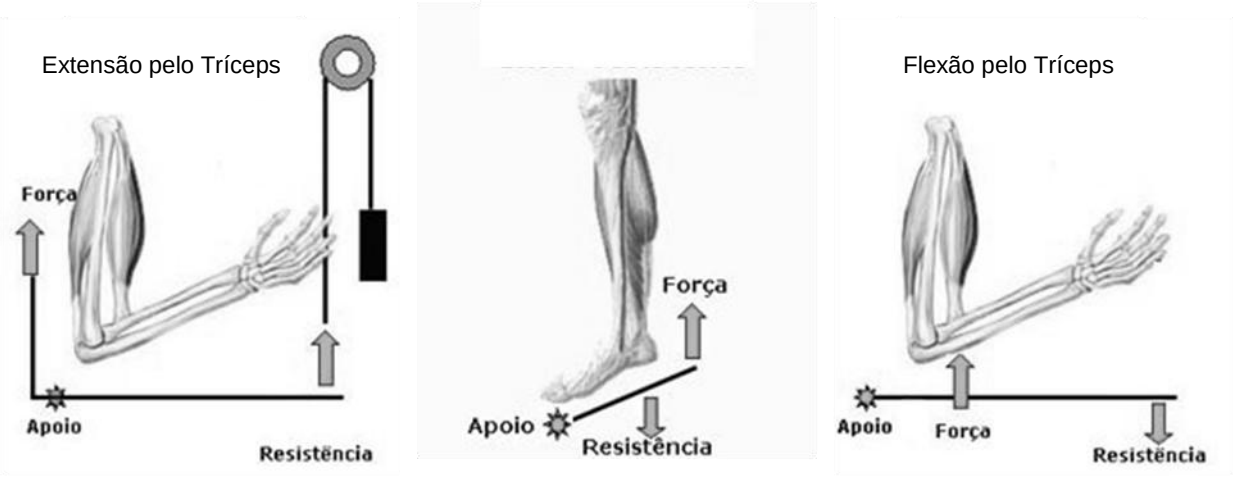


Figura 6. Tipos de alavancas musculares.

▪

4.1.2. *Estabilização da posição do corpo*, mediante a manutenção de um tónus muscular que fixa as articulações em posições de repouso (ficar em pé, sentar,…).

4.1.3. *Facilitação do fluxo* de linfa e de retorno do sangue para o coração, mediante a contracção rítmica dos músculos dos membros (ao caminhar,…).

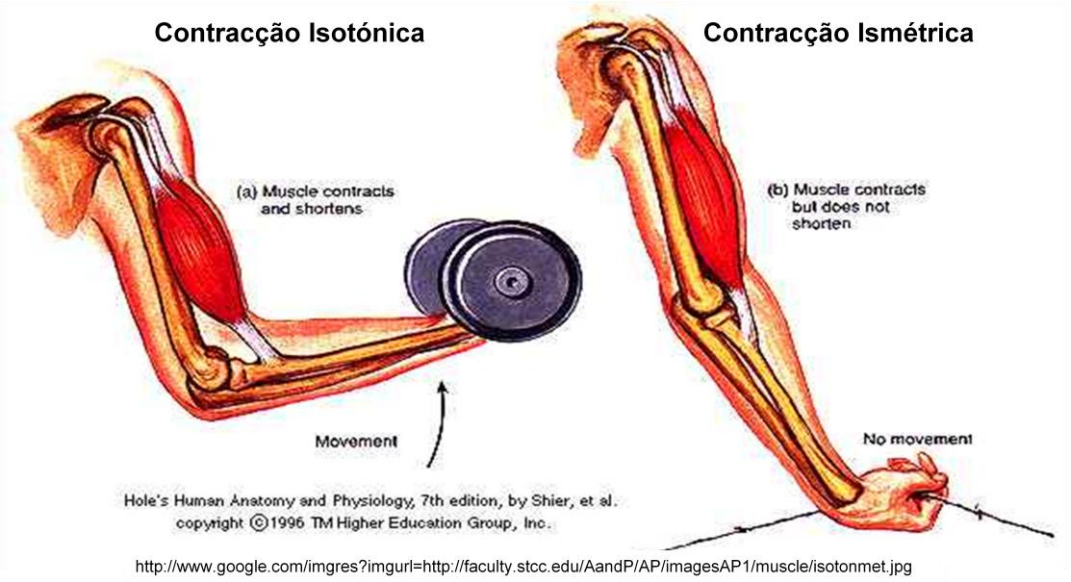
4.1.4. *Produção de calor*, já que quando o tecido muscular se contrai produz calor, que é liberado é usado na manutenção da temperatura corporal.

4.2. As **propriedades mecânicas dos músculos** são:

4.2.1. *Excitabilidade*, capacidade de responder (com contracção) a um estímulo químico, mecânico ou eléctrico (como quando recebemos um "esticão").

4.2.2. *Contractilidade*, capacidade de diminuir activamente de comprimento, perante estímulos eléctricos ou mecânicos. É um processo de transformação de energia química em energia mecânica. Pode ser:

- "Contracção tónica" ou "Tônus muscular", ligeira contracção sempre existente nos músculos do indivíduo consciente, que lhes confere uma certa firmeza, ajudando na estabilidade das articulações e na manutenção da posição corporal, e mantendo o músculo sempre preparado para uma contracção rápida.
- "Contracção fásica (activa) isotónica" é quando o músculo encurta durante uma contracção, mantendo uma tensão constante durante toda a contracção. É responsável pelos movimentos do corpo. Por exemplo, a contracção isotónica do bíceps braquial provoca a flexão do cotovelo.
- "Contracção fásica (activa) isométrica" é quando o músculo não encurta durante a contracção.. É responsável pela postura e sustentação de objectos em posição fixa. Por exemplo, como o cotovelo já flexionado, a contracção isométrica do bíceps braquial é capaz de suportar um peso, como quando se carrega um objecto pesado.



- **Figura 7.** Contracção Isométrica e Isotónica

4.2.3. *Extensibilidade*, pela que o músculo, independentemente da sua contractilidade, pode-se alongar passivamente até um certo limite.

4.2.4. *Elasticidade*, capacidade de recuperar a forma e comprimento original depois de uma mudança passiva ou activa destes.

4.3. **Estruturas que intervêm no mecanismo de contracção**.

4.3.1. *Unidade motora* é um grupo de fibras musculares (entre 10, em músculos de movimentos muito finos, e 1.000 em músculos grosseiros) associadas funcional e bioquimicamente (se comunicam por sinais eléctricos e moleculares), pelo que são capazes de se contrair ao mesmo tempo.

- Cada unidade motora é inervada por uma única fibra nervosa motora (que leva a ordem para se contraírem).

4.3.2. *Placa motora* ou *Junção neuromoscular* é uma estrutura de comunicação entre a terminal da fibra nervosa e o sarcolema da fibra muscular.

- Quando chega um impulso nervoso a terminal nervosa, esta libera vesículas com acetilcolina (neurotransmisor), capazes de provocar um impulso químico pelo sarcolema e retículo sarcoplásmico da fibra muscular,
- Este impulso libera Ca++ desde o retículo às miofibrilas, onde provoca mudanças estruturais nas uniões entre filamentos finos e espessos, permitindo a contracção dos sarcómeros.

4.3.3. *A contracção efectua-se* pelo deslizamento dos filamentos finos (em cada extremidade dum sarcómero em direcção ao outro) entre os filamentos espessos estacionários.

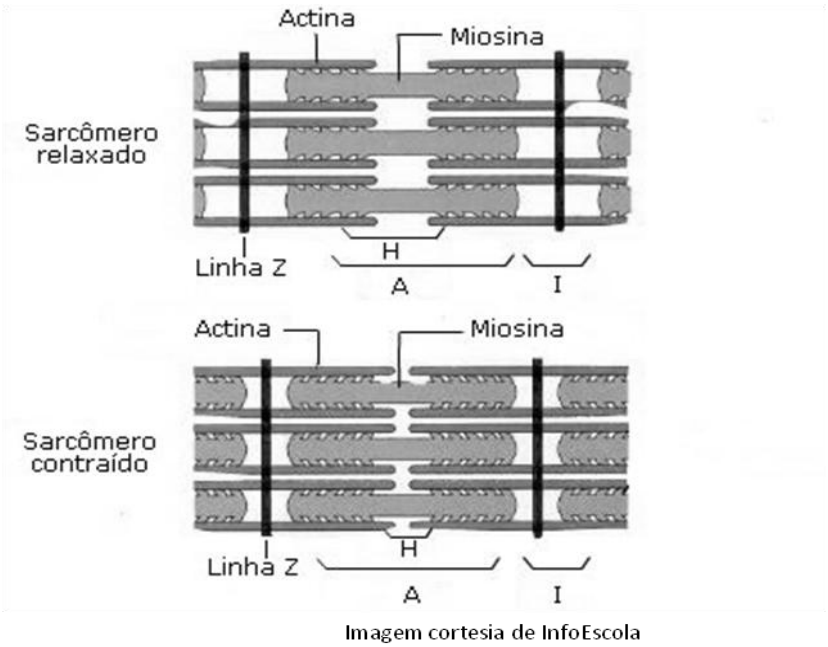


Figura 8. Ultra-estrutura do mecanismo da contracção muscular esquelética.

4.3.4. Este processo implica um consumo de energia importante (por desfosforilização do ATP). A produção de ATP se pode realizar por duas vias:

- Inicialmente mediante a combustão de carboidratos e lípidos com oxigénio ("via aeróbia"), pelo que quando fazemos exercício se acelera a respiração e os batimentos cardíacos, para abastecer o músculo com a maior quantidade oxigénio.
- Mais diante, em caso de exercício intenso e prolongado, o aporte de oxigénio não é suficiente, produzindo-se a energia por outra via ("via anaeróbia") de menor rendimento, mas que não precisa de oxigénio. Produz ácido láctico como metabólito, que é o responsável das dores musculares no dia seguinte de um exercício intenso.

  O oxigénio é transportado dentro da fibra muscular aos centros do seu consumo (mitocóndrias) pela *"mioglobina"*, proteína com estrutura e função parecida à hemoglobina do sangue.

4.3.5. Existem dois tipos de fibras musculares (cada músculo, dependendo da sua função, tem proporções diferentes de cada tipo):

- *Fibras musculares vermelhas ou lentas*, mais finas com muito retículo, muita mioglobina, muitas mitocôndrias e muita energia, capazes de contracções lentas e prolongadas. Exemplo: os corredores de maratonas possuem mais fibras vermelhas, e as usam neste processo.
- *Fibras musculares brancas ou rápidas*, mais grossas, com pouco retículo, pouca mioglobina, menor número de mitocôndrias e pouca energia, capazes de contracções rápidas de tipo anaeróbico. Os corredores de curta distância (100 metros) tem mais fibras brancas, e as usam neste processo.

4.4. O **processo de estimulação-contracção** segue umas regras:

4.4.1. Existe um estímulo mínimo ("estímulo limiar") por baixo do qual não se desencadeia a contracção. Cada tipo de unidade motora pode ter limiares diferentes, assim as de limiares baixos contraem-se com menos estímulo.

- Ao estimulo limiar pode-se chegar por um único estímulo suficientemente grande o por vários pequenos em sequência (somatório).

4.4.2. Um músculo é mais efectivo, quando na contracção, parte da sua posição de repouso.

4.4.3. ***Ciclo de contracção.*** Inclui várias fases:

- Desde a aplicação do estímulo até o começo da contracção existe um "período latente", ao que segue
- Um progressivo encurtamento da fibra ("contracção"), seguido (supondo que o estímulo acabou) de
- Um alongamento até a posição de repouso ("relaxamento").

4.4.4. Uma descarga intermitente de estímulos de alta frequência causa contracção prolongada e de magnitude crescente ("tetánia").

4.4.5. Uma descarga contínua de estímulos leva a uma contracção fraca ("fadiga") e a uma recuperação incompleta ("contractura").

- Algumas horas após a morte, todos músculos do corpo entram num estado de *contractura* conhecido como "rigidez cadavérica" (ou *rigor mortis*), ou seja, os músculos se contraem e ficam rígidos. Essa rigidez resulta da perda de todo ATP que é necessário para a separação das pontes cruzadas dos filamentos de actina durante o processo de relaxamento. Esta situação dura 15 a 25 horas, quando as proteínas musculares degeneram.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1. O tecido muscular está composto por fibras (células musculares) com capacidade de se contraírem, dando movimento às estruturas às que estão ligados.

5.2. Há três tipos de tecido muscular morfológica e funcionalmente diferentes: estriado (de contracção voluntária, que forma os músculos que mexem o esqueleto), cardíaco (de contracção involuntária, que forma as paredes do coração) e liso (de contracção involuntária, que forma as paredes das vísceras ocas).

5.3. Os grupos musculares funcionam por balanço entre opostos ("agonistas", que favorecem um certo movimento, e "antagonistas", que se oporem aos anteriores).

5.4. Um músculo esquelético típico está formado por: ventre, fáscia muscular que a envolve, tendão que o insere aos ossos, e conjuntivo estrutural (epimísio, perimísio e endomísio).

5.5. As funções dos músculos estriados são: produzir movimentos voluntários, estabilizar a posição do corpo, facilitar o fluxo de linfa e de retorno do sangue para o coração, e produzir calor.

5.6. O músculo tem propriedades de excitabilidade (responder a um estímulo), contractilidade (mudar o seu comprimento), extensibilidade (deixar-se estender) e elasticidade (voltar à posição de repouso).

5.7. A contracção do músculo é iniciada por um estímulo nervoso eléctrico que chega até a placa motora onde libera neurotransmissores que provocam uma liberação massiva de cálcio num grupo de fibras musculares comunicadas (unidade motora), provocando uma contracção sincronizada.

5.8. A contracção muscular ocorre pelo encurtamento do sarcómero (unidade funcional das miofibrilas) quando se deslizam grupos sobrepostos de diferentes miofibrilas.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	12
Tópico	Sistema Músculo-Esquelético	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Ossos, Articulações e Músculos	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Listar os grupos musculares principais.
2. Descrever as funções dos grupos musculares principais.
3. Listar exemplos das alterações comuns deste sistema.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Reparação e Regeneração Muscular		
3	Músculos do Corpo Humano		
4	Alterações Comuns do Sistema Músculo-Esquelético		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

- Modelo anatómico artificial móvel mostrando os grupos musculares (1 por turma).

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: REPARAÇÃO E REGENERAÇÃO MUSCULAR

2.1 Reparação e regeneração muscular.

2.1.1 Os músculos, quando usados repetida e intensivamente, acabam por aumentar sua massa em resposta a exigência do tipo de exercício, mediante uma maior síntese de miofibrilas e retículo (*"hipertrofia muscular"*), sem aumentar o número total de fibras.

- Assim, pequenas lesões musculares (por actividade muscular intensa, com micro-roturas) são estímulo para a reparação local com hipertrofia.

2.1.2 A falta de uso de um grupo muscular (como em um membro imobilizado por um gesso ou em um doente acamado) leva a perda de massa muscular (*"atrofia"*).

2.1.3 O aumento do número de fibras musculares, independentemente do processo de hipertrofia, é conhecido como "*hiperplasia muscular"*.

2.1.4 Em caso de grandes lesões, com perda importante de fibras musculares (em traumas severos, necrose isquémica, cirurgia,…), a capacidade do músculo de regenerar-se é muito limitada.

- Existem, entre as fibras, algumas "células satélite", células musculares pouco diferenciadas, capazes de se dividirem e especializar em fibras, mas com uma divisibilidade limitada.
- Em perdas de músculo importantes, não conseguem a reparação completa, sendo o defeito substituído por tecido conjuntivo ("cicatriz fibrosa").

2.1.5 Existe maior capacidade de regeneração no músculo liso e menor no esquelético, sendo mínima no cardíaco.

- Uma perda de músculo cardíaco (como acontece, por necrose isquémica, no infarto agudo de miocárdio) nunca se regenerará, e apenas será substituído por tecido fibroso (não contráctil). Em caso de esta cicatriz ser extensa pode alterar gravemente a função de bomba do coração.

2.2 **Algumas alterações comuns** dos músculos são:

2.2.1 Lesões nervosas que inibam o estímulo de músculos, provocam a sua *"paralisia" (flacidez) ou "hipertonia" (espasticidade)* permanente, o qual implica uma perda de função e uma progressiva atrofia.

2.2.2 *Lesões traumáticas*, que podem ser cortantes (agressões com arma branca - faca, cirurgia,…), lacerantes (por excessiva extensão do músculo, típica de desportistas), esmagantes (grandes traumas por achatamento)

2.2.3 *Inflamação*, geralmente no contexto de doenças imunes que provocam inflamação crónica e degeneração do tecido muscular ("miosite") e do conjuntivo associado ("fibromiosite").

"Mialgia" não é sinónimo de miosite, mas refere-se apenas à dor muscular, sem definir a causa.

2.2.4 *Infecção,* por entrada directa (feridas) ou por via hematógena (micróbios levados pelo sangue), dando lugar a processos supurativos (com pus) muito destruidores ("piomiosite"), especialmente em crianças.

2.2.5 *Lesões necróticas* – morte de células musculares por diminuição ou ausência do suprimento sanguíneo.

BLOCO 3: MÚSCULOS DO CORPO HUMANO

3.1 Os músculos esqueléticos que movimentam o corpo dispõem-se anatómica e funcionalmente em **grupos de agonistas e antagonistas.**

- Assim, em relação a cada articulação encontraremos grupos flexores e grupos extensores, abdutores e adutores,…

3.2 **Cabeça.**

3.2.1. *Músculos mastigadores* (elevam e descem, protraem e retraem a mandíbula): Masseter, Temporal, Pterigóideo medial e Pterigóideo lateral. Inervados pelo Nervo Trigêmio - V par craniano (p.c).

3.2.2. *Músculo da face* (fecham e abrem as pálpebras, fecham e abrem os lábios, levantam os supracílios, levantam os ângulos da boca): Orbicular do olho, Prócero, Auricular superior e posterior, Transverso do nariz, Orbicular da boca, Zigomáticos maior e menor, Elevador do lábio superior, Risório, Depressor do ângulo da boca, Bucinador, e Mental. Inervados pelo nervo Facial (VII p.c.).

3.2.3. *Músculos do couro cabeludo* (puxam para trás e para frente o couro): Epicrániais occipital e frontal. Inervados pelo nervo Facial (VII p.c.).

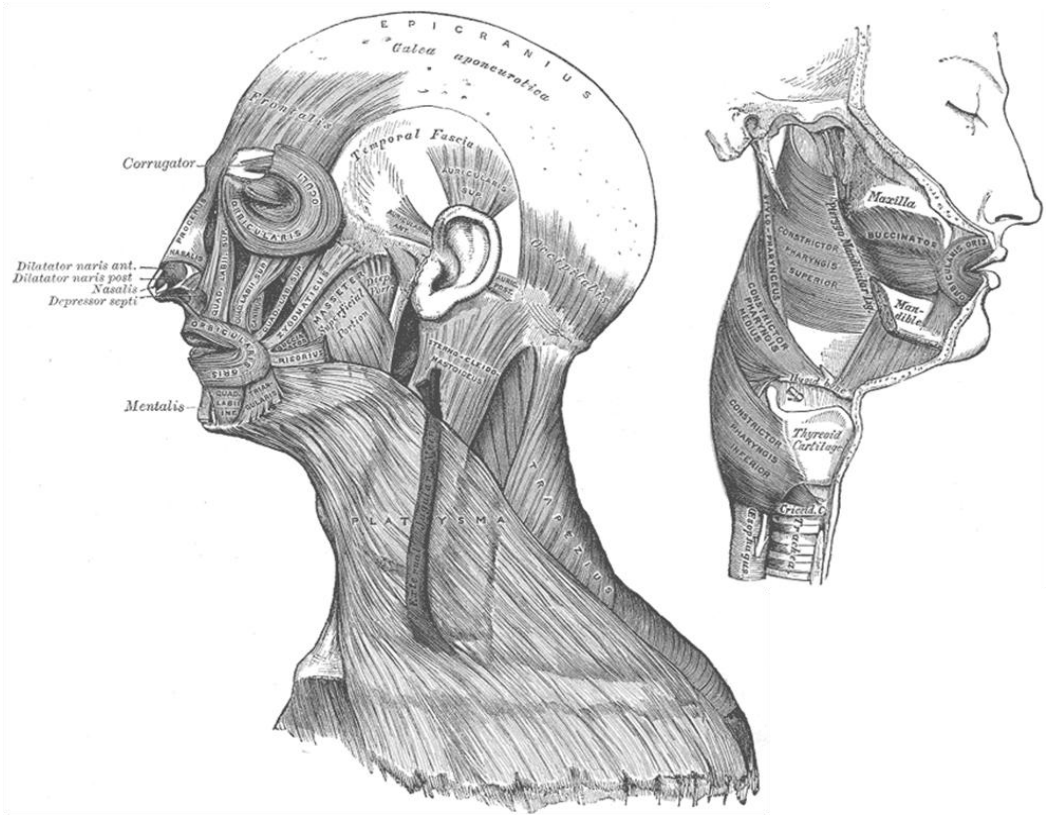


Figura 1. Músculos da cabeça.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.2.4. *Músculos que movem a língua* (puxam, empurram e deprimem a língua): Genioglosso, Estiloglosso, Palatoglosso e Hioglosso. Inervados pelo nervo Hipoglosso (XII p.c.).

3.2.5. *Músculos do pescoço anterior* (Elevam ou deprimem o osso hióide, o assoalho da boca e a laringe): Platisma (subcutâneo), Supra-hióideos (Digástrico, Miloióideo, Genioióideo e Estiloióideo) e Infra-hióideos (Esternoióideo, Omoióideo, Esternotiróideo e Tiroióideo). Inervados pelos nervos Trigémeo (V p.c.), Facial (VII p.c.) e Cervicais.

3.2.6. *Músculos que movem a cabeça* (extendem ou flexionam, e fazem girar a cabeça): Esternocleidomastóideo, Esplénio e Complexos maior e menor. Inervados pelo nervo Accessório (XI p.c.).

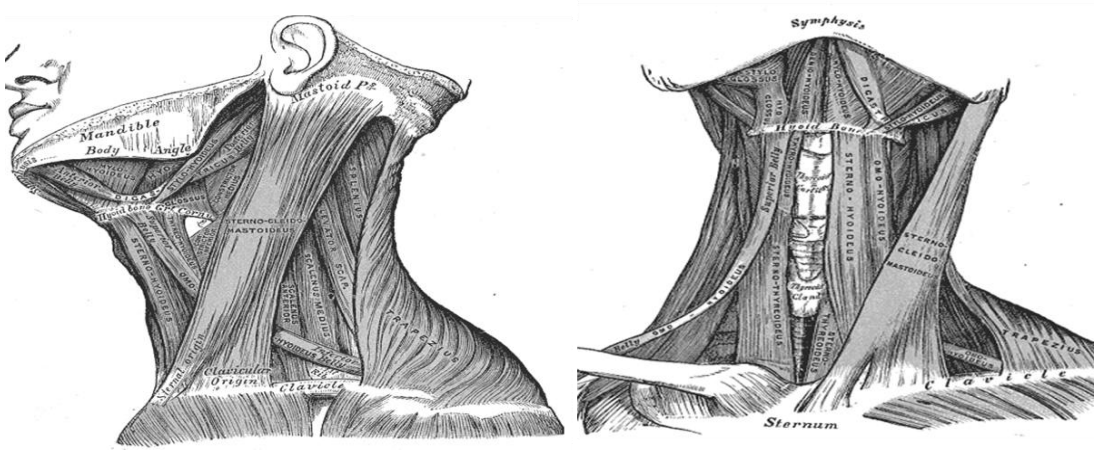


Figura 2. Músculos do pescoço anterior.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.3 **Tronco**.

3.3.1. *Músculos que movem a coluna vertebral* (estendem ou flexionam, lateralizam e fazem girar a coluna): Erector espinhal (cervical, torácico e lombar), Longos (da cabeça, pescoço e tórax) e Espinhal (da cabeça, pescoço e tórax) . Inervados por ramos dorsais dos nervos Espinhais dos diferentes níveis.

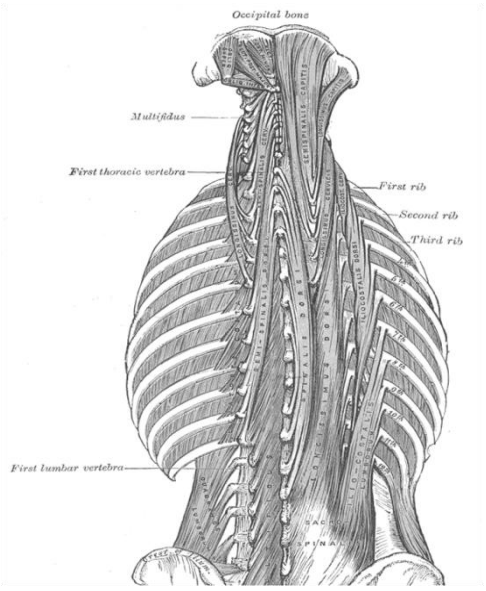


Figura 3. Músculos da coluna.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.3.2. *Músculos da respiração* (aumentam ou diminuem a caixa torácica com a respiração): Diafragma, Intercostais externos e internos. Inervados por N. Frénico e Torácicos dos diferentes níveis (T2 a T12), respectivamente.

3.3.3. *Músculos da parede abdominal* (flexionam a coluna e comprimem a cavidade abdominal): Recto anterior, Oblíquos externo e interno e Transverso do abdómen. Inervados por N. Torácicos dos diferentes níveis (T7 a T12).

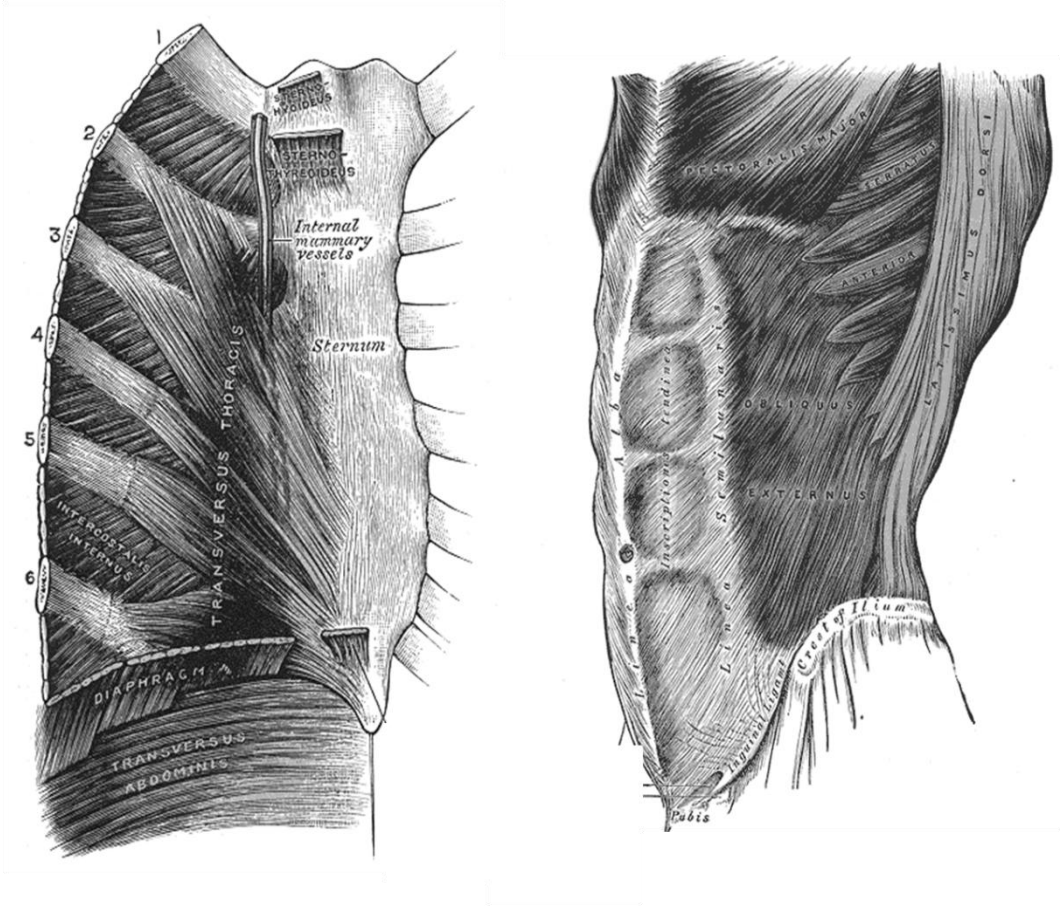


Figura 4. Músculos do tórax e abdómen.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.3.4. *Músculos do assoalho da pélvis* (mantêm as vísceras pélvicas e tem funções na micção, erecção e dejecção): Elevador do ânus (pubococcígeo e iliococcígeo), Isquiococcígeo, Superficiais do períneo (transverso, bulbocavernosos, isquiocavernoso) e Profundos do períneo (trasnverso e esfíncteres uretral e anal) . Inervados por diferentes ramos do Plexo Sacro (S2 a S5).

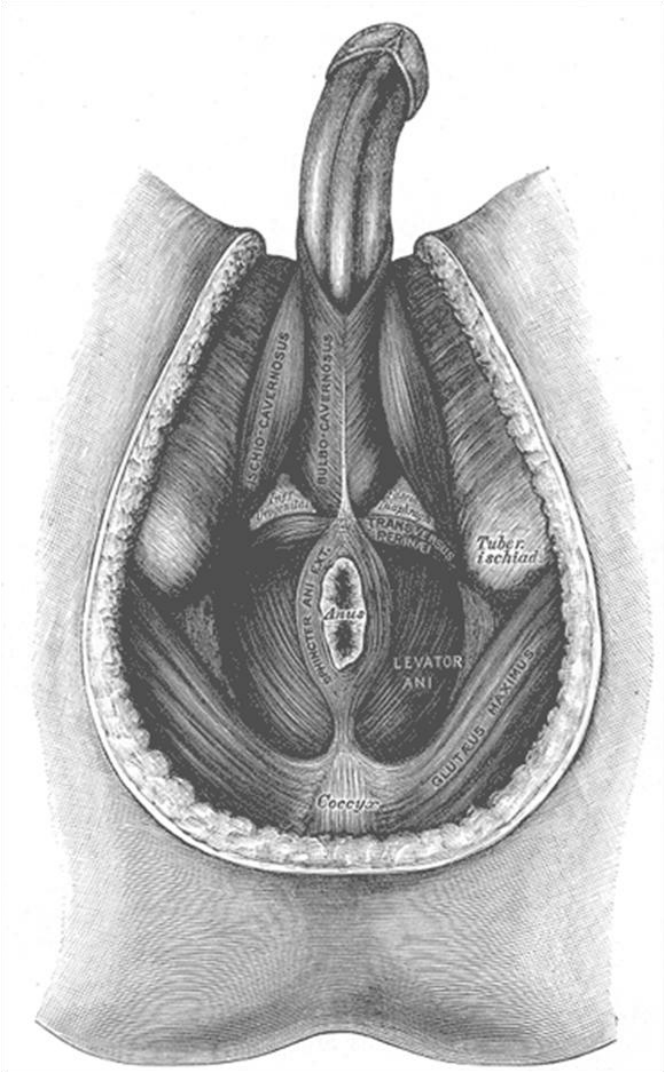


Figura 5. Músculos do assoalho pélvico.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.4 **Extremidade superior**.

3.4.1. *Músculos anteriores da cintura escapular* (abaixam e adiantam o ombro e escápula): Subclávio, Peitoral menor e Serrato maior. Inervados por diferentes ramos do Plexo Braquial (C5 a T1)

3.4.2. *Músculos posteriores da cintura escapular* (elevam e puxam do ombro e escápula): Trapézio, Elevador da escápula, Rombóides maior e menor. Inervados por diferentes ramos do Plexo Braquial (C5 a C7).

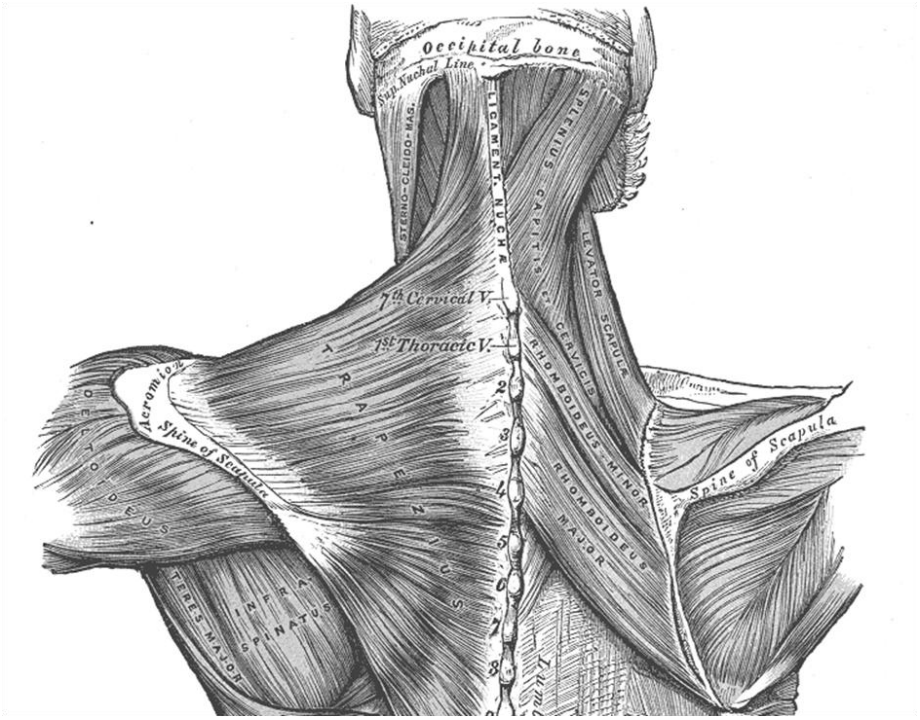


Figura 6. Músculos da cintura escapular.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.4.3. *Músculos do braço* (estendem ou flexionam, abduzem ou aduzem, levantam ou deprimem o ombro e úmero): Coracobraquial, Peitoral maior, Redondos maior e menor, Deltóide, Supra-espinhal, Infra-espinhal, Grande dorsal e Subescapular. Inervados por diferentes ramos do Plexo Braquial (C5 a C8).

3.4.4. *Músculos do antebraço* (estendem ou flexionam o cotovelo, pronam ou supinam o antebraço): Braquial, Triceps, Bíceps, Ancóneo, Braquiorradial, Supinador, e Pronadores redondo e quadrado. Inervados por diferentes ramos do Plexo Braquial (C5 a T1).

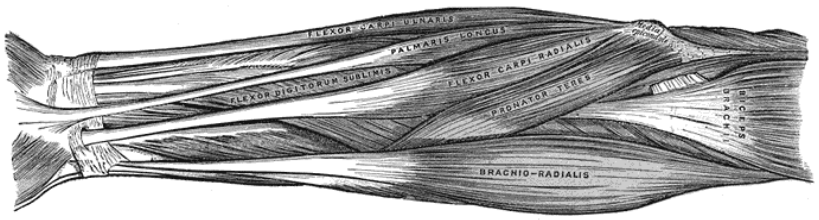


Figura 7. Músculos do antebraço.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.4.5. *Músculos do punho* (estendem ou flexionam, abduzem ou aduzem o punho): Flexor radial, Flexor ulnar, Extensores radiais longo e curto, Extensor ulnar, Palmar longo e Extensor dos dedos. Inervados por diferentes ramos (Mediano, Ulnar e Radial) do Plexo Braquial (C5 a T2).

3.4.6. *Músculos dos dedos da mão* (estendem ou flexionam, abduzem ou aduzem o polegar e os outros dedos): Flexores longo e curto do polegar, Extensores longo e curto do polegar, Adutor do polegar, Abdutores longo e curto do polegar, Oponente do polegar, Flexores

profundos e superficiais dos dedos, Interósseos dorsais e palmares. Inervados por diferentes ramos (Mediano e Ulnar) do Plexo Braquial (C5 a T2).

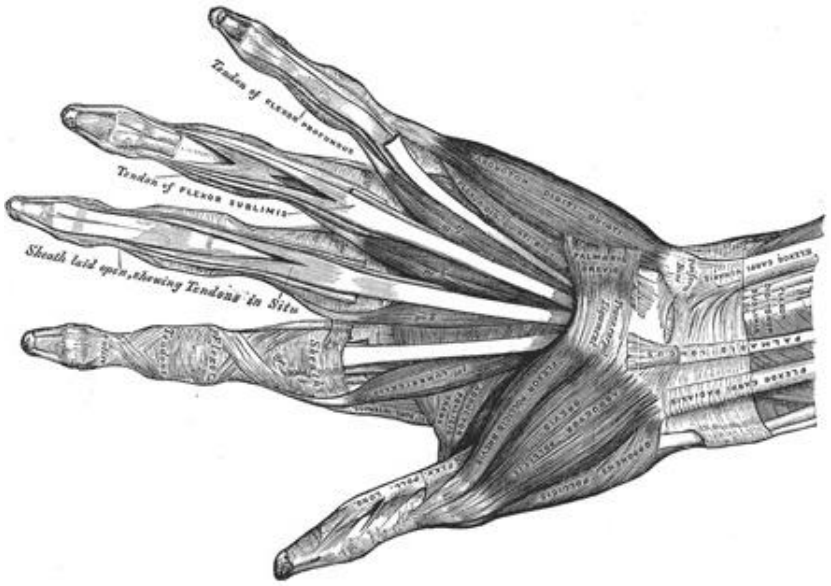


Figura 8. Músculos do punho e mão.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.5 **Extremidade inferior**.

3.5.1. *Músculos da cintura pélvica* (flexionam e estendem, abduzem e aduzem a anca e coxa): Psoasilíaco, Glúteos maior, mediano e menor, Tensor da fáscia lata, Adutores longo, curto e magro, Piramidal, Obturador externo e Pectíneo. Inervados por diferentes ramos dos Plexos Lombar (L1 a L4) e Sacro (L4 a S3).

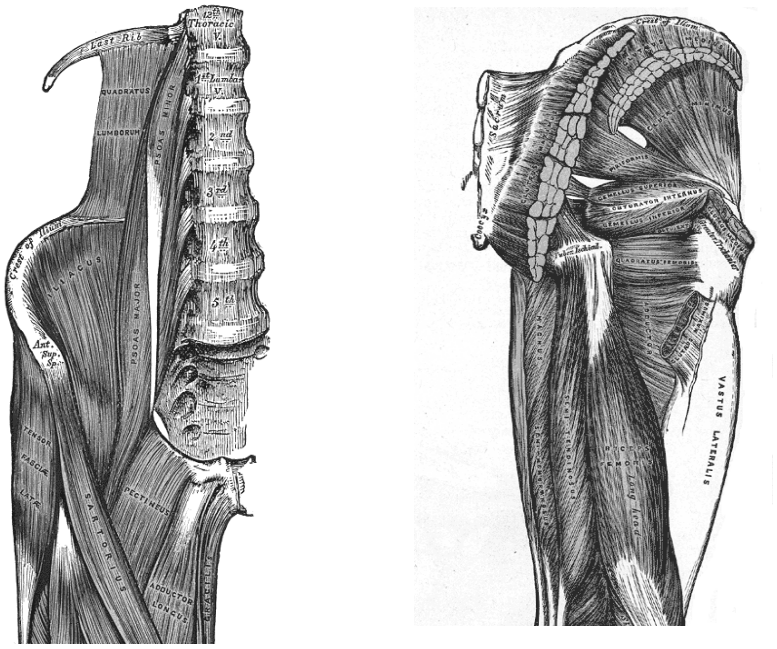


Figura 9. Músculos da cintura pélvica.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

3.5.2. *Músculos da coxa e perna* (flexionam e estendem, abduzem e aduzem a coxa e flexionam e estendem o joelho): Bíceps femoral (longo e curto), Semitendinoso, Semimembranoso, Poplíteo, Grácil, Sartório, Quadriceps femoral (recto e vastos lateral, medial e intermédio). Inervados por diferentes ramos dos Plexos Lombar (L1 a L4) e Sacro (L4 a S3).

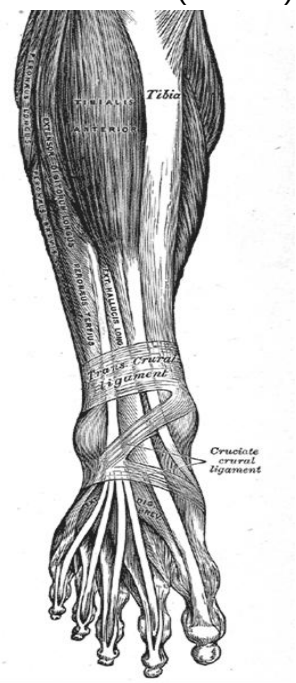


Figura 10. Músculos da anca, coxa e perna.

3.5.3. *Músculos do pé e dos dedos do pé* (estendem ou flexionam, invertem ou evertem o pé e estendem ou flexionam o hálux e os outros dedos): Gastrocnémio, Solear, Tibiais anterior e posterior, Fibulares longo, curto e terceiro, Plantar, Flexores longo e curto do hálux, Extensor do hálux, Interósseos dorsais e ventrais, Flexores longo e curto dos dedos e Extensores dos dedos. Inervados por diferentes ramos do Plexo Sacro (L4 a S3).

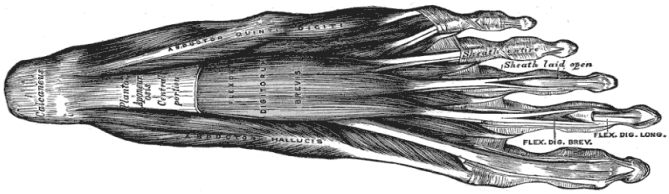


Figura 11. Músculos do pé e dos dedos do pé.

Imagens cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

BLOCO 4: ALTERAÇÕES COMUNS DO SISTEMA MÚSCULO-ESQUELÉTICO

4.1. **Osteoporose** é uma doença degenerativa do osso, relacionada com: o envelhecimento corporal, a inactividade física, a predisposição genética, certas patologias (hormonais, metabólicas,…) e com medicamentos (corticóides,…).

4.1.1 Trata-se dum desequilíbrio do balanço entre a destruição e a regeneração do osso, de maneira que o resultado é a diminuição da massa de tecido ósseo com desestruturação da sua arquitectura (osso mais esponjoso, menos resistente).

4.1.2. Deve-se diferenciar da **Osteomalácia**, que é a descalcificação dos ossos (perda exclusiva de minerais, com tecido fibroso e arquitectura normais), que acontece nas deficiências da vitamina D (provoca **"raquitismo"** nas crianças, com ossos amolgados) e em algumas doenças metabólicas.

4.2. **Osteomielite** é um processo inflamatório ósseo (frequente em ossos longos e nas vértebras), usualmente causado por uma infecção por bacterias ou fúngos com entrada desde o sangue, os tecidos adjacentes (extensão de artrite) ou desde o exterior (fracturas expostas).

4.3. **Fracturas** são soluções de continuidade dos ossos, com ou sem lesão dos tecidos moles adjacentes.

4.4. **Artrose** é uma doença crónica degenerativa (não inflamatória) articular provocada pelo envelhecimento da cartilagem da articulação.

4.4.1. Com a passagem dos anos (idosos), com o esforço excessivo das articulações (desportistas, certas profissões,…) e com traumas prévios não bem curados (que sobrecarregam a articulação), a cartilagem articular vai perdendo água na matriz, perde a sua superfície lisa e se fibrosa progressivamente e de forma irreversível, resultando numa menor eficácia da articulação, pelo que começa ter pequenas lesões pela fricção mal lubrificada.

4.5. **Artrite** é um grupo amplo de doenças inflamatórias articulares provocada por diferentes agentes infecciosos (bactérias, fungos, vírus) ou não (metabólicas como a "gota", auto-imunes como a "artrite reumatóide",…).

4.6. **Paralisia muscular flácida** – é um tipo de paralisia que se manifesta por hipotonia muscular e que surge em situações de lesão dos neurónios motores periféricos ou de lesões agudas da via piramidal

4.7. **Paralisia muscular espástica** – são as paralisias que se manifestam com espasticidade e aumento dos reflexos musculares.

4.8. **Mialgia** – é o termo usado para designar a dor muscular, sem especificar a causa

4.9. **Miosite** – é a inflamação, aguda ou crónica, de um ou mais músculos, geralmente de causa infecciosa

4.10. **Fibromialgia** - é um distúrbio caracterizado por dor músculo-esquelética crónica generalizada e rigidez dos tecidos moles (músculos, tendões e ligamentos)

4.11. **Piomiosite** – é uma doença infecciosa bacteriana dos músculos esqueléticos, frequentemente supurada (com pús)

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1. Os músculos esqueléticos que movimentam o esqueleto estão em equilíbrio, pela disposição anatómica e funcional em grupos de agonistas (e antagonistas .

5.2. Estão divididos em 4 grupos principais: cabeça, tronco, extremidade superior e extremidade inferior.

5.3. A actividade repetida dum certo músculo provoca o seu crescimento por aposição de novas miofibrilas ("hipertrofia muscular"), enquanto o seu desuso provoca emagrecimento do mesmo por eliminação de miofibrilas ("atrofia muscular").

5.4. A capacidade de regeneração (criação de novas fibras musculares) e reparação (reconstrução de fibras danificadas) do músculo é limitada, pelo que lesões severas do músculo deixam sempre sequelas.

5.5. Alterações comuns dos músculos são: atrofia por desuso, lesões traumáticas, miosite, infecções e lesões isquémicas.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	13
Tópico	Sistema Músculo-Esquelético	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Ossos, Articulações e Músculos (2)	**Duração**	3 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar ossos e articulações sobre modelos anatómicos.
2. Identificar os grupos musculares principais sobre modelos anatómicos.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:20
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:55
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:40

Material e Equipamento:

- Esqueleto humano artificial: 2 por turma.
- Articulação real dissecada para ver as diferentes estruturas: 1 por turma.

  [Pode ser um joelho de vaca, dissecado, mas também poderia ser um modelo anatómico humano artificial do joelho, com todas as suas estruturas]
- Luvas de exame clínico: 1 por aluno.
- Modelo anatómico artificial com grupos musculares principais : 2 por turma.

  [Se não houver um modelo artificial, poderia ser um modelo real, pessoa magra e musculada, sobre quem poder-se-ia estudar os grupos musculares principais]
- Modelo anatómico real que mostre os músculos agonistas e antagonistas de uma certa articulação (podem ser, por exemplo, flexores e extensores do cotovelo): 1 por turma.
- Modelo anatómico real, para mostrar as referências da anatomia superficial: 2 por turma.
- Apresentação de PowerPoint com as figuras dos ossos, articulações e músculos (como as figuras das Aulas 10 e 12, ou outras semelhantes), que mostram as estruturas anatómicas sujeito do treino e que se poderão projectar simultaneamente à explicação sobre os modelos.
- Mapas anatómicos (cartazes) do esqueleto, articulações e principais grupos musculares, que podem complementar as imagens projectadas.

Preparação:

- Conferir que os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Se possível, um modelo animal de articulação, onde se mostre claramente as partes articulares (superfícies, membrana sinovial, cápsula, ligamentos e tendões que a protegem).
- Treinar o modelo real para realizar os movimentos de flexão (isotónica e isométrica) do cotovelo.
- Conferir que o conteúdo das Aulas 9, 10, 11 e 12 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (20 min)

2.1. O **sistema musculo-esquelético** é um conjunto de ossos, articulações, músculos e outras estruturas associadas, que tem como funções principais a manutenção da forma e estrutura do corpo e a movimentação do mesmo.

2.1.1. O *esqueleto* humano consta de 206 ossos, que dão forma e estrutura ao corpo.

2.1.2. Os ossos estão ligados uns com outros mediante *articulações*, estruturas que dão continuidade ao esqueleto e permitem a mobilidade dos ossos.

2.1.3. Os *músculos* são estruturas contrácteis unidas aos ossos e articulações, que mediante a sua contracção movimentam o esqueleto.

2.2. **Propósito:** Este laboratório inclui 5 técnicas de estudo:

- Revisão dos ossos e articulações sobre um modelo anatómico montado.
- Estudo das estruturas articulares ao vivo.
- Revisão dos principais grupos musculares sobre um modelo anatómico artificial ou real.
- Estudo das forças agonistas e antagonistas de um certo movimento (neste caso, flexão do cotovelo).
- Estudo de referências ósseas e musculares superficiais, que servem para localizar estruturas internas a partir de sinais externos e para orientar o exame físico.

2.3. ***Revisão de ossos e articulações***. Deverá incluir a identificação geral dos ossos e das articulações, reparando nos ossos e articulações mais importantes e nos acidentes ósseos mais proeminentes. Dever-se-á seguir uma ordem de estudo:

- Crânio: ossos planos com suturas, base do crânio com 3 fossas, osso temporal e articulação témporo-mandibular, orifício occipital, articulações atlanto-occipital e atlanto-axial.
- Face: órbitas, cavidade nasal e seios paranasais, maxilares e mandíbula, palato.
- Coluna: curvas fisiológicas, estudo de uma vértebra (corpo, arco, orifício medular, processos espinhosos e transversos, processos articulares), diferenças de aspecto entre vértebras cervical, torácica, lombar e sacral.
- Caixa torácica: costelas fixas e flutuantes, partes cartilaginosas, articulações costo-esternais, mobilidade da caixa.
- Cintura escapular: escápula e clavícula, articulação esterno-clavicular, cápsula glenoide e articulação acrómio-clavicular.
- Membro superior: úmero (cabeça, epicóndilo e epitróclea), rádio e ulna, cotovelo (úmero-ulnar, úmero-radial e rádio-ulnar).
- Mão: carpo, metacarpo, falanges, articulação rádio-carpal, articulações metacarpo-falângicas e interfalângicas.
- Cintura pélvica: osso pélvico (espinhas ilíacas, sínfise, articulações sacro-ilíacas, tuberosidade isquiática).

- Membro inferior: úmero (cabeça, colo, trocanteres, côndilos), patela, joelho, tíbia (planalto, espinhas, maleolo), perónio (cabeça, maleolo).
- Pé: calcanhar, talus, tornozelo, tarso, metatarso, falanges

2.4. ***Estudo de articulação ao vivo***. Articulação de joelho dissecada para mostrar as seguintes estruturas:

- Superfícies articulares;
- Membrana e cavidade sinovial;
- Cápsula;
- Meniscos;
- Ligamentos cruzados;
- Ligamentos laterais;
- Patela;
- Tendões patelar e quadriceps.

2.5. ***Revisão de grupos musculares***. Deverá incluir a identificação geral dos principais grupos musculares, reparando na sua função. Dever-se-á seguir uma ordem de estudo:

- Cabeça e pescoço: músculos da expressão, músculos mastigadores, músculo esternocleidomastóide.
- Coluna: músculo trapézio, músculo dorsal largo, musculatura para-espinal, músculos lombares.
- Caixa torácica: músculos da respiração principais (diafragma, intercostais) e secundários (escalenos).
- Abdómen: músculos transverso e oblíquos interno e externo, músculo recto anterior.
- Cintura escapular: músculo deltóide, músculos pectorais.
- Membro superior: músculos flexores do cotovelo (bíceps e braquial), músculos extensores do cotovelo (tríceps), músculos supinadores e pronadores, grupo muscular medial do antebraço (flexores do carpo, do polegar e dos dedos), grupo muscular lateral do antebraço (extensores do carpo, do polegar e dos dedos).
- Cintura pélvica: músculo psoas, músculos glúteos
- Membro inferior: grupo muscular adutor, músculo bíceps femoral, músculos semitendinoso e semimembranoso, grupo muscular extensor do joelho (quadriceps), grupo muscular extensor do pé (gastrocnemios e solear), grupo muscular flexor do pé.

2.6. ***Estudo de músculos agonistas e antagonistas***. Referido à flexão do cotovelo, demonstrar que:

- Os músculos do braço (bíceps e triceps braquiais) se inserem em ambos os lados do cotovelo: na escápula e parte superior do úmero e na ulna, para conseguir movimentar o cotovelo com a sua contracção;
- Em posição neutra (braço relaxado) os músculos bíceps e triceps têm uma consistência elástica parecida (tonus muscular);
- A contracção do músculo bíceps provoca flexão do cotovelo, e é acompanhada pelo relaxamento do músculo triceps;
- A contracção do músculo triceps provoca extensão do cotovelo, e é acompanhada pelo relaxamento do músculo bíceps;

- Com o cotovelo em flexão de 90º, a carga de peso na mão provoca uma contracção isométrica do músculo bíceps, que se alarga e endurece pela contracção, mas não se encurta e portanto, não provoca movimento;
- Os movimentos anteriores realizam-se com o ombro fixo, apreciando o tonus elevado dos músculos fixadores (deltóides, pectorais,…).

2.7. ***Identificação de referências anatómicas de superfície***. Deverá incluir a identificação geral dos principais pontos anatómicos de referência, geralmente relacionados com acidentes ósseos proeminentes. Dever-se-á seguir uma ordem de estudo:

- Cabeça e pescoço: processo mastóideo, protuberância occipital, articulação témporo-mandibular, ângulo mandibular.
- Coluna: apófises espinhosas, contagem de vértebras, identificação de C7.
- Caixa torácica: ângulo de His do esterno, contagem de costelas a partir da 2ª, clavículas, articulações costo-esternais, articulação esterno-clavicular, linha médio-clavicular ou mamilar, linhas axilares anterior e posteior.
- Abdómen: xifóide, arcos costais, crista ilíaca, espinhas ilíacas antero-superiores, sínfise púbica, divisão abdominal em 4 quadrantes (a partir do umbigo) e 9 sectores (pelas linhas médio-claviculares, bordos costais e linha interespinhal).
- Cintura escapular: apófise coracoide, acrómio, tubérculo umeral maior, espinha da escápula, borde inferior da escápula.
- Membro superior: epicôndilo, epitróclea, olecrânio, cabeça do rádio, processos estilóides ulnar e radial, tendões flexores e extensores da mão, túnel do carpo, articulações metacarpo-falângicas.
- Cintura pélvica: espinhas ilíacas postero-superiores, articulações sacro-ilíacas, trocanter femoral maior.
- Membro inferior: côndilos femorais, patela móvel, cabeça fibular, crista tibial anterior, maleolos, calcanhar, curvaturas dos pés.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (55 min)

3.1. Demonstrar praticamente os conceitos anteriores, em 5 blocos de prática:

3.1.1. Revisão de ossos e articulações (15 min), conforme à sequência marcada no bloco anterior, mostrando aos alunos as diferentes estruturas sobre o modelo anatómico artificial. Paralelamente irá projectar com PowerPoint as figuras correspondentes.

3.1.2. Estudo de articulação ao vivo (5 min), mostrando as estruturas definidas no bloco anterior, explicando os movimentos da articulação e a função de cada parte.

3.1.3. Revisão de grupos musculares (15 min), conforme à sequência marcada no bloco anterior, mostrando aos alunos as diferentes estruturas sobre o modelo anatómico artificial. Paralelamente irá projectar com PowerPoint as figuras correspondentes.

3.1.4. Estudo de músculos agonistas e antagonistas (5 min), conforme a sequência de demonstrações marcada no bloco anterior.

3.1.5. Identificação de referências anatómicas de superfície (15 min), conforme à sequência marcada no bloco anterior, mostrando aos alunos as diferentes referências sobre o modelo anatómico vivo.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (100 min)

4.1. Dividir os alunos em 4 a 5 grupos (dependendo do tamanho da turma), que irão rodando a cada 15 minutos por cada uma das 8 mesas de práticas:

- 2 mesas com esqueleto, de maneira que cada grupo irá praticar a Revisão de ossos e articulações durante 30 min.
- 1 mesa com a articulação dissecada, de maneira que cada grupo irá praticar o Estudo de articulação ao vivo durante 15 min.
- 2 mesas com modelo muscular (artificial ou vivo), de maneira que cada grupo praticará a Revisão de grupos musculares durante 30 min.
- 1 mesa com modelo vivo de função dos músculos do braço, de maneira que cada grupo irá praticar o Estudo de músculos agonistas e antagonistas durante 15 min.
- 2 mesas com modelo vivo, de maneira que cada grupo irá praticar a Identificação de referências anatómicas de superfície durante 30 min.

4.2. Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3. Cada aluno deverá, no seu caderno, fazer desenhos básicos dos principais conceitos aprendidos.

4.4. O docente (se for único) deverá circular pelos grupos, dinamizando os alunos na interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada bloco, de forma a permanecer mais tempo com o grupo, para moderá-lo e dinamizá-lo]

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	14
Tópico	Sangue e Linfa (1)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Componentes do Sangue e Linfa	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever as funções do sangue;
3. Descrever as funções da linfa;
4. Listar os componentes líquidos de sangue e linfa;
5. Listar os componentes celulares de sangue e linfa;
6. Listar e definir os parâmetros bioquímicos principais;
7. Descrever a morfologia dos eritrócitos e as suas funções;
8. Explicar o ciclo vital dos eritrócitos;
9. Descrever a morfologia dos leucócitos e as suas funções;
10. Explicar o ciclo vital dos leucócitos;
11. Listar os diferentes tipos de leucócitos;
12. Descrever a morfologia das plaquetas e as suas funções;
13. Explicar o ciclo vital das plaquetas.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sangue e Linfa: Generalidades		
3	Células Vermelhas		
4	Células Brancas		
5	Plaquetas		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Harrison, Medicina Interna, 17ª edição, 2009

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem
1.2 Apresentação da estrutura da aula
1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: SANGUE E LINFA: GENERALIDADES

2.1. **O sangue** é um tecido celular conjuntivo dissolvido numa ampla matriz líquida, capaz de fluir e levar o componente celular por todo o corpo, a través do "aparelho cardiovascular", com funções de:

2.1.1. Transporte:

- Abastecimento de todas as células com as moléculas (O_2 e nutrientes) que precisam desde os órgãos produtoras das mesmas (pulmões, fígado, intestino,…).
- Retirada das moléculas do catabolismo celular (CO2 e resíduos metabólicos) para a sua eliminação definitiva pelos órgãos específicos (pulmões, rins,…).
- Comunicação entre diferentes tecidos e órgãos, mediante o transporte de substâncias activas (hormónios, enzimas, neurotransmissores,…).

2.1.2. Homeostase do meio interno:

- Manutenção do pH e do conteúdo osmótico e iónico do LEC e LIC nos tecidos.
- Manutenção da temperatura corporal, mediante absorção ou transferência de calor desde e para os tecidos, e por mecanismos de circulação selectiva nos tecidos prioritários.

2.1.3. Protecção do organismo:

- Contra invasões locais (em uma certa estrutura) ou sistémicas (em todo o corpo, dispersas pelo próprio sangue) por microrganismos.
- Reconhecimento e eliminação de células degeneradas (mortas, envelhecidas, cancerosas,…).

2.1.4. Reparação de tecidos:

- Regeneração e reparação tissular, mediante processos de "inflamação".
- Reparação do próprio aparelho vascular, mediante a coagulação (capacidade do sangue de se solidificar, tamponando qualquer quebra do sistema circulatório evitando uma perca incontrolada de sangue).

2.2. **Origem embriológica do sangue**. As células do sangue têm uma origem comum a partir de células não diferenciadas ("hemocitoblastos ou células mães") que começam-se formar na 3ª semana da vida embrionária a partir do endotélio dos primeiros vasos sanguíneos.

2.2.1. Durante o 2º mês de vida intra-uterina, o fígado assume um papel importante na formação das células sanguíneas

2.2.2. Durante o 5º mês, o baço é o produtor dominante, mas essa actividade rapidamente baixa.

2.2.3. Ainda no 5º mês, começa o desenvolvimento das células sanguíneas dentro dos ossos, na medula óssea, e que continua após o nascimento até a puberdade, altura em que a medula óssea em todas as extremidades dos ossos longos, torna-se menos celular e mais gordurosa, originando a medula óssea amarela.

2.2.4. No adulto, somente a medula óssea vermelha, localizada principalmente no crânio, costelas, vertebras, esterno e pelve, tem actividade hematopoiética. A formação de células sanguíneas a partir de suas percursoras é chamada de hematopiese.

2.3. **Componentes do sangue.** O sangue perfaz cerca de 4 a 6 litros, equivalente a 7 - 8% da massa corporal. Está constituído por duas fracções (líquida e celular), facilmente identificáveis num tubo de ensaio depois de centrifugação:

2.3.1. *Fracção líquida ou "plasma"*, que representa 55-60% do volume sanguíneo total. É uma solução isotónica de iões e proteínas na que flui a fracção celular.

2.3.2. *Fracção celular*, que supõe 40-45% do volume sanguíneo, percentagem que é chamado "hematócrito". Inclui 3 tipos celulares com morfologia e funções diferentes.

- **Células vermelhas**, ou "hemáceas" ou "eritrócitos": são a maior fracção de células do sangue (95%), são células em forma de disco, sem núcleo, cheias de hemoglobina, proteína capaz de transportar os gases: oxigénio (O2) dos pulmões aos tecidos e o dióxido de carbono (CO2) dos tecidos aos pulmões .
- **Células brancas** ou "leucócitos": formadas por vários tipos de células com várias formas. São células de tamanho grande comparadas ás células vermelhas, apresentam núcleo, com funções de defesa perante agentes externos que possam invadir o corpo.
- **Plaquetas**: São fragmentos celulares sem núcleo, que intervêm nos processos de coagulação.

2.4. O **Plasma** é uma solução aquosa (91% do peso do plasma é água) isotónica, que contêm proteínas, iões e outras moléculas

2.4.1. As Proteínas (cerca de 7% do peso do plasma), são a maior porção das substâncias contidas no plasma (60-85 g/l) e incluem:

- *Albumina* (54% das proteínas plasmáticas: 35-45 g/l), que é o principal agente osmótico do plasma: como não passa a membrana celular do endotélio vascular, retêm água no plasma se opondo a sua passagem para o interstício. A pressão osmótica exercida pelas proteínas do plasma é chamada *"pressão oncótica"*.
  - *A diminuição da concentração da albumina no plasma provoca a saída de água dos vasos para o espaço intersticial (extravascular e extracelular), levando ao acúmulo de água nos tecidos, situação clínica chamada "edema", facilmente observável e palpável nos tecidos moles superficiais nas partes de declive do corpo (pés, sacro,…).*
- *Globulinas* (38% das proteínas plasmáticas: 20-35 g/l): entre as que se encontram as *"imunoglobulinas ou anticorpos"*, proteínas de reconhecimento de antigénios (agentes agressores), com papel na defesa imunitária.
- Outras proteínas do plasma: *Fibrinogénios (cerca de 7%)*, *Protrombina (< de 1%)*, ambos com papel na coagulação, e *Outras*

2.4.2. *Electrólitos* (iões dissolvidos e carregados electricamente) em concentrações semelhantes ao líquido extracelular (LEC):

- Na+: entre 134 e 146 mmol/l
- K+: entre 3,6 e 5 mmol/l
- Cl-: entre 98 e 108 mmol/l
- HCO3-: entre 22 e 28 mmol/l
- Outros: Ca^{++} (2,2 – 2,6 mmol/l), Mg^{++} (0,62 – 0.95 mmol/l), Fosfatos (0,8 - 5,1 mmol/l).

2.4.3. *Outras moléculas*:

- Glicose (3,6 – 6,4 mmol/l);
- Lípidos: colesterol (3.6 a 6.5 mmol/l) e triglicéridos (0.34 a 2.26 mmol/l);

- Resíduos metabólicos nitrogenados: ureia (3.3 – 7.7 mmol/l), ácido úrico (180 - 470 µmol/l), creatinina (40 - 130 µmol/l);
- Hormónios, vitaminas, etc.

2.5. A **Linfa** é uma solução aquosa que faz parte dos líquidos extracelulares, estando também constituída por uma fracção líquida e outra celular. Flui por um sistema paralelo ao venoso (sistema linfático), também de retorno, com funções que complementam às do sangue.

2.5.1. Funções da linfa:

- Defesa do organismo.
- Transporte específico de nutrientes, principalmente lípidos absorvidos no intestino, até a circulação venosa.
- Eliminação de restos celulares e proteícos do interstício.
- Restauração do balanço hidroelectrolítico do LEC, retornando ao sangue água e electrólitos acumulados no interstício.

2.5.2. A linfa é um líquido de aspecto aquoso esbranquiçado, de **composição** semelhante ao sangue, com certas diferenças:

- A fracção líquida têm um teor mais baixo de proteínas.
- A composição química da fracção líquida é variável, pois depende das mudanças do LEC, por exemplo: a linfa procedente do intestino durante a digestão é de aspecto leitoso e muito rica em lípidos.
- A fracção celular é constituída somente por células brancas.

BLOCO 3: CÉLULAS VERMELHAS

3.1. **Morfologia dos eritrócitos**. São células sem núcleo que medem cerca de 7 µ de diâmetro. Têm forma de disco bicôncavo (quando maturas), sendo bastante elásticas (capazes de se deformarem para passar por capilares muito finos).

3.1.1. Têm uma **enorme superfície** global (o total de um adulto equivale à superfície de um campo de futebol), que lhes permite uma troca eficaz de gases com o plasma e o líquido intersticial.

3.1.2. Os glóbulos vermelhos são permeáveis a água e aos gases, sendo assim, podem perder água quando estão numa solução hipertónica, tomando um aspecto enrugado (mas não se destroem). Em solução hipotónica, absorvem água e ficam encharcadas até romper a membrana celular *("hemólise").*

3.1.3. Os glóbulos vermelhos contêm **a hemoglobina**, molécula que se liga ao O_2 para o seu transporte. A molécula da hemoglobina é formada por 4 globulinas (proteínas) e um grupo heme, que contém um radical de ferro (Fe^{++}), que as confere a sua típica cor vermelha.

- Quando a hemoglobina está ligada ao Oxigénio (O_2) forma a "*oxi-hemoglobina"*.

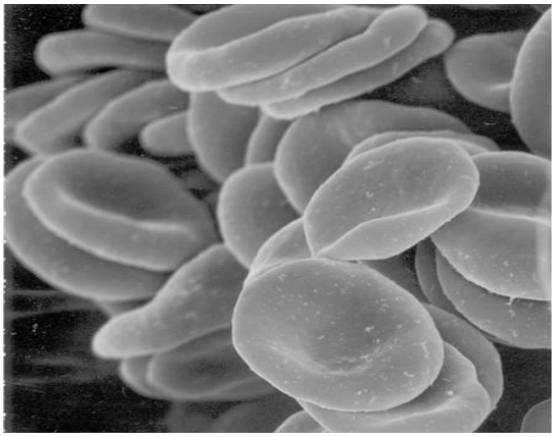


Imagem cortesia de Tina Carvalho,
daUniversidade de Hawaii em Manoa

Figura 1. Eritrócitos

3.2. **Função dos eritrócitos**:

3.2.1. Os glóbulos vermelhos através da hemoglobina transporta o oxigénio desde os alvéolos pulmonares a todos os tecidos do corpo. O oxigénio se difunde desde os alvéolos pulmonares até aos capilares que os circundam, onde é captado pelos eritrócitos, ligando-se ao Fe^{++} da hemoglobina.

3.2.2. O dióxido de carbono em sentido inverso, difunde-se desde todos os tecidos até os alvéolos pulmonares, para ser tirado para o meio ambiente durante a expiração.

3.3. **Valores normais em sangue**. O estudo clínico dos eritrócitos se faz a partir duma série de parâmetros, a partir dos quais se pode determinar uma série de doenças do sangue.

	Homens	**Mulheres**
Eritrócitos (por mm^3)	5 – 6 milhões	4,5 – 5 milhões
Hematócrito (%) - HCT	42 – 52	37 – 47
Hemoglobina (mg/dl) – Hgb	13-17	12-15
Hemoglobina corpuscular média (pg) – HCM ou MCH	27 – 31	27 – 31
Volume corpuscular médio (fl) – VCM ou MCV	85 - 95	85 – 95

3.3.1. Conhecendo o número de eritrócitos por mm3 e a quantidade de hemoglobina, pode-se calcular a *hemoglobina corpuscular média* por eritrócito.

Por exemplo, com uma hemoglobina de 15 e uns eritrócitos de 5,5 milhões, a HCM será de 27,2:

$$15 \times 10^7 / 5{,}5 \times 10^6 = 27{,}2$$

3.3.2. Conhecendo o hematócrito (percentagem da fracção celular do sangue) e o número de eritrócitos, pode-se calcular o tamanho *(volume corpuscular médio)* de cada eritrócito.

Por exemplo, com um hematócrito de 50 e uns eritrócitos de 5,5 milhões, o VCM será de 90,9:

$50 \times 10^7 / 5{,}5 \times 10^6 = 90{,}9$

- *Valores de hemoglobina por baixo de 12 mg/dl nas mulheres e abaixo de 13 nos homens consideram-se anormais ("anemia").*
- *Valores de HCM por baixo do normal correspondem a "hipocromia" (eritrócitos pálidos). Valores de VCM por baixo do normal correspondem a "microcitose" (eritrócitos pequenos). Isto é frequente nas anemias por falta de ferro, as mais comuns no nosso médio.valores de VCM acima do normal correspondem a "macrocitose" (eritrócitos grandes).*

3.4. **Ciclo vital eritrocitário**. A vida média dos eritrócitos no sangue é de 120 dias (4 meses), pelo que tem que ir-se renovando continuamente

3.4.1. A *eritropoiese* realiza-se na medula óssea, pela divisão e diferenciação das células mãe (hemocitoblastos), para formar reticulocitos (eritrócitos imaturos, mais grandes, já sem núcleo, mas ainda com retículo endoplasmático rugoso –RER-) que passam ao sangue, onde perdem o RER, tornando-se em eritrócitos maduros.

- *A contagem de reticulocitos no sangue, que normalmente é menor que 1,5 %, apresentam-se aumentada quando aumenta a actividade eritropoiética, por exemplo, durante a recuperação de uma anemia.*

3.4.2. O envelhecimento dos eritrócitos implica uma perda da sua flexibilidade, pelo que tendem a fragmentar-se nos capilares mais finos. Nesta fase, os eritrócitos são fagocitados pelos macrófagos do sistema retículo-endotelial (no sangue, fígado, baço e medula óssea).

- A hemoglobina é metabolizada no fígado e separada em globulinas (proteínas) e grupo heme.
- O grupo heme é decomposto em seus constituintes para dar bilirrubina (pigmento verde que se excreta com a bílis) e ferro que é armazenado (no fígado, no baço e na medula) e reciclado na formação de novos eritrócitos.

3.4.3. Para manter a quantidade de eritrócitos constante, deve haver sempre um balanço entre a sua formação e destruição. A diminuição da formação ou o aumento da destruição (sem adequada resposta eritropoiética) pode levar a anemia.

- A falta de oxigénio nos tecidos (hipoxia tissular) absoluta (em repouso, como com anemia ou insuficiência respiratória) ou relativa (em desportistas ou pessoas que vivem a grande altitude, com menos oxigénio disponível) estimula a síntese e liberação pelo rim de *eritropoietina*, hormónio que estimula a formação de eritrócitos na medula óssea.
- A medula óssea deve receber nutrientes que favorecem a síntese de hemoglobina tais como: Fe^{++}, Vitamina B_{12} (absorvida pela mucosa do estômago) e Aminoácidos, fundamentalmente.

- *A falta de ferro provoca "anemia ferropénica ou ferropriva" (microcítica e hipocrómica). A elevada destruição de eritrócitos (como na malária) provoca anemia hemolítica (semelhante à ferropénica).*
- *A falta de Vitamina B_{12}, provoca a chamada "anemia perniciosa" (macrocítica ou megaloblástica, caracterizada por eritrócitos grandes e imaturos que vivem pouco).*
- *A insuficiência da medula óssea (que aparece em várias doenças e como efeito secundário de alguns tratamentos) provoca "anemia hipoplásica" (macrocítica, com eritrócitos grandes imaturos).*

BLOCO 4: CELULAS BRANCAS

4.1. **Glóbulos brancos ou leucócitos.** Grupo formado por vários tipos de células com diferentes morfologias e funções, mas com certas características comuns:

- Ser de maior tamanho que os eritrócitos e plaquetas;
- Ter núcleo (os eritrócitos maduros e plaquetas não tem núcleos);
- Ter certa mobilidade que lhes permite sair do sangue (por "diapédese") e incorporar-se ao tecido conjuntivo para realizar as suas funções;
- Participar na defesa do organismo.

4.2. **Tipos de células brancas.** Existem entre 4.000-10.000 leucócitos por mm^3 de sangue. Os leucócitos podem-se dividir em dois grandes grupos, dependendo da presença ou não de lissosomas digestivos ("grânulos") no seu citoplasma:

4.2.1. Granulócitos, grandes, com núcleo segmentado (várias subunidades enlaçadas por pequenas pontes) e grânulos no seu citoplasma, que pelo tipo de corante que fixam, podem ser:

- *Neutrófilos*, são os mais numerosos (40-75 % dos leucócitos), com núcleo muito segmentado (também chamados por isto "polimorfonucleares") e com muitos pequenos grânulos escassamente corados por eosina-hematoxilina.
- *Eosinófilos* (1-6%), com núcleo com 2 lóbulos (bi-segmentado), com grânulos grandes corados pela eosina (vermelhos).
- *Basófilos* (0-1 %), com núcleo em forma de "S" e com grânulos muito grandes corados pela hematoxilina (azuis).

4.2.2. Agranulócitos, glóbulos brancos com núcleo regular (não segmentado) e sem grânulos, que podem ser:

- *Linfócitos*, (21-40 % dos leucócitos), os mais pequenos, com núcleo esférico grande e pouco citoplasma.
- *Monócitos*, (2-10%), os mais grandes, com núcleo relativamente pequeno, em forma de rim, e muito citoplasma.

➢ *O aumento do número de leucócitos (leucocitose) num análise do sangue, pode ser global (de todos os tipos), ou mais frequentemente selectiva, apenas de um tipo deles (neutrofilia, eosinofilia, basofilia, linfocitose ou monocitose). Leucocitose aparece em muitas situações patológicas: infecções, alergia, cancro do sangue, etc.*

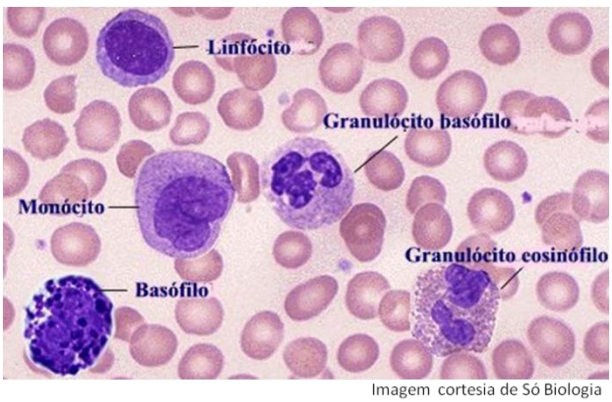


Imagem cortesia de Só Biologia

Figura 2. Células sanguíneas: vermelhas, brancas e plaquetas (extensão de sangue periférica).

4.3. **Função dos leucócitos.** É diferente para cada tipo de célula, mas estão todos implicados nos mecanismos de defesa do organismo:

4.3.1. Neutrófilos:

- Fagocitam (engolem e digerem) microrganismos e outras substâncias estranhas (são a primeira linha de defesa).
- São muito móveis, penetrando nos tecidos, aparecendo em grande quantidade em infecções com produção de pus (piogénicas).

4.3.2. Eosinófilos.

- Fagocitam complexos antigénio-anticorpo (proteínas plasmáticas –anticorpos- capazes de reconhecer e neutralizar substâncias estranhas ou prejudiciais –antigénios-).
- Muito frequentes em reacções alérgicas, e destroem parasitas pluricelulares (vermes).

4.3.3. Basófilos: várias funções, não bem conhecidas. Secretam proteínas específicas (heparina, histamina, serotonina) com função de:

- Amplificação da resposta inflamatória.
- Prevenção da coagulação dentro dos vasos.

4.3.4. Linfócitos.

- Responsáveis pela imunidade (defesa do organismo) mediada por anticorpos e por células.
- Inclui muitos tipos de células, agrupadas em dois: linfócitos T e B.

4.3.5. Monócitos.

- São células não completamente diferenciadas, que perante certos estímulos, transformam-se em macrófagos fixos (ligados a tecidos) ou livres (sanguíneos) que fagocitam restos celulares e microbiológicos, limpando o organismo de resíduos.
- Fixos e livres formam o chamado "sistema retículo-endotelial ou sistema mononuclear fagocítico" (SRE-SMF).

4.4. **Ciclo vital leucocitário**. Os granulócitos têm uma vida média muito curta (entre 2 e 12 dias) devido as funções que realizam, sendo destruídos frequentemente na defesa perante microrganismos. Os linfócitos têm vida média mais prolongada e podem viver até 100 dias.

4.4.1. Tal como as outras células sanguíneas, os leucócitos são produzidos na medula óssea a partir da divisão e diferenciação das células mãe (hemocitoblastos).

4.4.2. No caso dos linfócitos, a sua maturação final ocorre nos órgãos linfáticos (principalmente nos gânglios).

BLOCO 5: PLAQUETAS

5.1. **Morfologia das Plaquetas.** As plaquetas ou *"trombócitos"* não são células completas, se não fragmentos celulares pequenos, irregulares, sem núcleo, e com certa mobilidade. Provém das células chamadas megacariócitos (células gigantes multinucleadas diferenciadas da medula óssea). O número normal de plaquetas no sangue é de 150.000 a 400.000

5.2. **Função das plaquetas.** As plaquetas participam nos processos de reparação do endotélio vascular e coagulação do sangue. Se activam por estímulo de mediadores plasmáticos ("trombina" e outras proteínas da coagulação).

5.2.1. Propriedades das plaquetas que conferem a sua capacidade de coagulação:

- Mobilidade, ou capacidade para se deslocar a onde são precisadas.
- Aglutinação, ou capacidade para se juntar.
- Adesividade, ou capacidade para se colar.
- Agregação, ou capacidade de se somar a grupos de plaquetas previamente aglutinadas.

    - *A diminuição do número de plaquetas ("trombocitopénia") está associada a diferentes condições patológicas, e provoca sangramentos incontrolados. O seu aumento ("trombocitose") origina situações de coagulação exagerada do sangue e produção de trombos intravasculares (massas de plaquetas agregadas dentro de um vaso, que dificultam a passagem de sangue).*

5.3. **Ciclo vital plaquetário**. As plaquetas têm uma vida média entre 4 e 10 dias, e tal como as outras células do sangue, provêm da divisão e diferenciação das células mãe da medula óssea.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1. O sangue é líquido corporal capaz de fluir por todo o corpo através do sistema vascular, e está composto por uma fracção líquida (plasma) e outra celular.

6.2. O componente líquido do sangue é o "plasma", solução aquosa isotónica de iões (Na^+, K^+, Cl^- e HCO_3^- principalmente), proteínas (principal soluto do plasma) e outras moléculas (lípidos, glicose, vitaminas, hormónios,…).

6.3. O componente celular tem três grupos de células diferentes: vermelhas (eritrócitos), brancas (leucócitos) e plaquetas.

6.4. As funções do sangue são: transporte de moléculas, comunicação entre tecidos, homeostase do meio interno e a temperatura corporal, defesa do organismo, limpeza de restos celulares e manutenção da integridade do sistema vascular.

6.5. As células sanguíneas tem vida média relativamente curta e são continuamente produzidas na medula óssea a partir de células muito indiferenciadas ("hemocitoblastos"), capazes de dividir-se e diferenciar-se em todas as células sanguíneas ("hematopoiese").

6.6. A linfa é um líquido aquoso parecido ao plasma, com menos proteínas e só com células brancas. Complementa as funções de retorno de líquidos e moléculas desde os tecidos para o sangue e participa nas funções de defesa e limpeza do organismo.

6.7. Os glóbulos vermelhos ou eritrócitos são células cheias de hemoglobina, proteína especializada no transporte O_2 entre os pulmões e todas as células do organismo.

6.8. Os glóbulos brancos ou leucócitos inclui vários tipos de células (neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfócitos e monócitos) com diferente morfologia e função na defensa do organismo frente a microrganismos, substâncias prejudiciais e resíduos celulares.

6.9. As plaquetas são fragmentos celulares que formam parte dos mecanismos de coagulação do sangue, sendo capazes de reparar as lesões do endotélio vascular.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	15
Tópico	Sangue e Linfa (2)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Medula Óssea e Fisiologia da Imunidade	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a estrutura e função da medula óssea;
2. Explicar a fisiologia geral da medula óssea;
3. Explicar o processo de hematopoiese;
4. Listar os componentes e as fases da resposta inflamatória;
5. Explicar o processo de imunidade humoral e celular;
6. Explicar a resposta não específica;
7. Descrever as características de antigénios e anticorpos;
8. Descrever as funções das amígdalas, do timo, dos linfónodos e do baço, no sistema imunológico

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Medula Óssea		
3	Hematopoiese		
4	Imunidade: Generalidades		
5	Órgãos do Sistema Imune		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. Anatomia e fisiologia humana. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. Apuntes de morfofisiologia (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem
1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: MEDULA ÓSSEA

2.1. A **medula óssea**, é um tecido de aspecto gelatinoso, encontrado no interior dos ossos, disperso por todo o esqueleto. Parte da medula está relacionada com a produção de células sanguíneas (é um "órgão hematopoiético").

2.1.1. A medula é um derivado mesodérmico, que no desenvolvimento embriológico vai mudando de lugar por migração das suas células:

- Origina-se (2º mês) no próprio endotélio vascular.
- Migram (3º mês) para o fígado e baço, que serão os principais órgãos hematopoiéticos fetais.
- Na última fase fetal (8º-9º mês), as células acabam por se estabelecer na medula óssea.
- No nascimento, a actividade hematopoiética desenvolve-se já exclusivamente na medula óssea de todos os ossos (longos, curtos e planos), embora o fígado e o baço mantenham a potencialidade de se tornar activos de novo. Até em adultos, em casos de destruição total da medula óssea, estes órgãos assumem parcialmente a formação de células do sangue ("hematopoiese extramedular").

2.2. A medula óssea é formada por **dois tipos** de tecidos diferentes, que supõem a evolução um do outro nas diferentes etapas da vida:

2.2.1. *Medula vermelha ou activa*, composta principalmente por células sanguíneas não maturas (em diferentes níveis de diferenciação). Esta medula, gradualmente é substituída pela medula óssea inactiva conforme avança a idade do indivíduo.

- No fim da época fetal, quase todos os ossos estão cheios de medula vermelha.
- No adulto, a medula diafisária dos ossos longos já está completamente substituída por medula inactiva, ficando a medula hematopoiética restrita ao osso esponjoso (ossos curtos e planos e epífise de ossos longos).

2.2.2. *Medula branca, amarela ou inactiva*, presente principalmente no canal diafisário dos ossos longos nos adultos. É um tecido adiposo, já sem células precursoras das células sanguíneas, resultante da substituição da medula vermelha por tecido adiposo (inactivo).

- Com o avanço da idade, a medula amarela acaba por ocupar quase todas as partes ósseas, pelo que em pessoas idosas está limitada a produção de células sanguíneas.

BLOCO 3: HEMATOPOIESE

3.1. **Hematopoiese** é o processo de formação, desenvolvimento e maturação das células do sangue (eritrócitos, leucócitos e plaquetas) a partir de um precursor comum, o "hemocitoblasto" ou "célula mãe", que é uma célula não diferenciada e pluripotencial. Diariamente, a medula óssea produz milhões de células.

No processo da diferenciação para a produção de células sanguíneas, as células mãe diferenciam-se inicialmente em dois tipos de células:

- **Mielóide**, dá origem a todas as células sanguíneas com excepção dos linfócitos. Resultam desta célula: eritrócitos, plaquetas, leucócitos granulares (neutrófilos, basófilos e eosinófilos) e monócitos-macrófagos.
- **Linfóide**, produzem somente os linfócitos, nomeadamente os linfócitos B e T.

3.2. **Regulação da hematopoiese.**

A diferenciação das células mãe ocorre como resultado dos estímulos periféricos (factores químicos externos e locais denominados "**microambiente hematopoiético**") que determinam o tipo de células a ser produzida.

3.2.1. A maioria destas moléculas reguladoras são produzidas *localmente* na medula, mas também existem as produzidas *sistemicamente* (como a "eritropoietina", que estimula a diferenciação dos eritrócitos quando produzida no rim e transportada pelo sangue à medula).

3.2.2. Estas moléculas reguladoras são produzidas perante diferentes estímulos *intrínsecos* (próprios do organismo) e *ambientais* (próprios do meio externo), que indicam que o organismo precisa maior quantidade de algum dos tipos celulares sanguíneos. Assim ocorre que:

- A falta de oxigénio nos tecidos (hipoxia, como nas pessoas que vivem a grandes altitudes ou em doentes respiratórios) estimula a secreção de "eritropoietina", proteína estimuladora da diferenciação celular dos eritrócitos.
- As infecções bacterianas (como as anginas ou a apendicite) e inflamações agudas, estimulam a formação de neutrófilos e monócitos.
- Certos tipos de infecções (parasitoses intestinais, por exemplo) e alergias, estimulam a formação de eosinófilos e mastócitos
- Perdas sanguíneas (hemorragias como em mulheres com menstruações exageradas) produzem deficiência de ferro e estimulam a formação de plaquetas e dos eritrócitos.
- Antígenos (moléculas estranhas ao organismo), como por exemplo, bactérias ou vírus, estimulam a formação de linfócitos.

3.3. A **linha de diferenciação mielóide** parte das "células progenitoras mielocíticas" (derivadas directas das células mãe), que por estímulo diferencial de moléculas específicas, seguirão um dos seguintes caminhos de divisão e diferenciação:

3.3.1. *"Mielopoiese"*, para formar algum dos três tipos de leucócitos granulares (neutrófilo, eosinófilo e basófilo)

3.3.2. *"Monopoiese"*, para formar monócitos, que depois passarão ao sangue para se localizar como células fixas de órgãos (baço, pulmão, fígado) ou como células móveis, que permanecerão no sangue. Nestes lugares, sofrerão o último passo de maturação funcional, para se converter em macrófagos (activos).

3.3.3. *"Trombopoiese"*, para formar "megacariócitos", células multinucleares, que se fragmentam para dar lugar às plaquetas.

3.3.4. *"Eritropoiese"*, para formar "reticulócitos" que são liberados ao sangue, onde acabam de maturar como eritrócitos

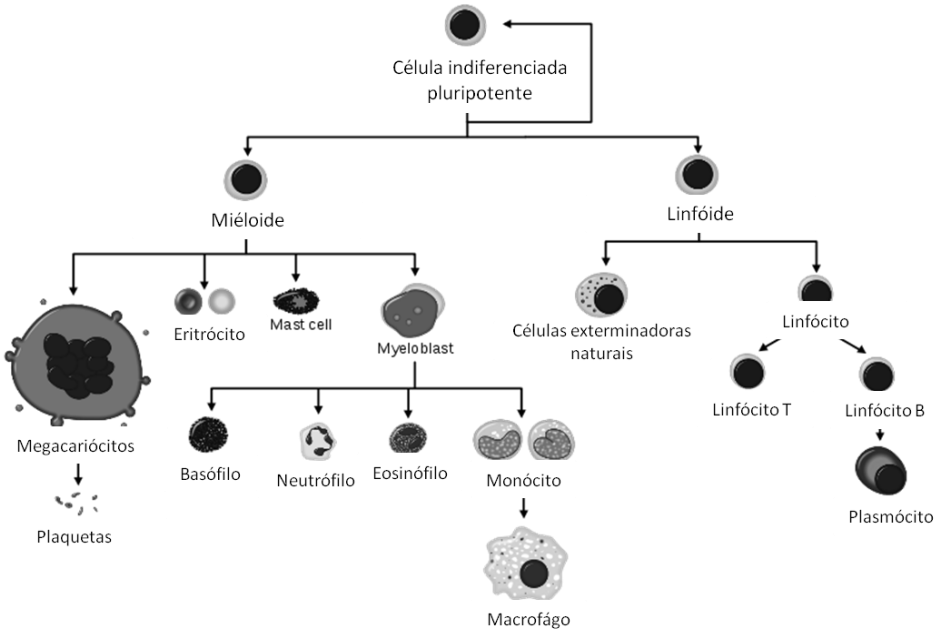


Figura 1. Hematopoiese.

Imagens cortesia de André,
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hematopoiese_humana_pt.jpg.

3.4. A **linha de diferenciação linfóide** parte do "precursor linfocítico medular" (célula derivada directamente das células mãe), que por estímulo de moléculas específicas, seguirá um caminho *("linfopoiese")* de divisão e diferenciação em:

3.4.1. "Linfócitos B", responsáveis pela "imunidade humoral", são formados na própria medula, de onde são liberados para o sangue para chegarem aos órgãos linfóides secundários (gânglios, baço,…), onde completarão a sua diferenciarão só quando encontrar um antígeno (substância estranha) que estimule sua especialização.

3.4.2. "Linfócitos T", são formados no "timo" (órgão linfóide primário situado no mediastino anterior) a partir de células precursoras que migram desde a medula. Acabam por produzir os diferentes tipos de células T, responsáveis pela "imunidade celular", que passam aos órgãos linfóides secundários, onde serão activados perante estímulos antigénicos.

- *Pode ocorrer uma produção exagerada de algum tipo celular sanguíneo, geralmente por estímulos fora de controlo em relação à alterações genéticas ou ambientais, como na "leucemia", cancro do sangue que induz uma produção enorme de algum tipo de célula branca, diminuindo a produção dos outros tipos.*
- *Ao contrário, diferentes estímulos (tóxicos, doenças, medicamentos,…) podem provocar uma deficiência da produção de todos ou alguns dos tipos celulares, como acontece na "aplasia medular" (falta de actividade da medula óssea).*

BLOCO 4: IMUNIDADE: GENERALIDADES

4.1. A **imunidade** é a capacidade do organismo de se defender das agressões estranhas produzidas tanto por agentes externos (como tóxicos e microrganismos) como por agentes internos (células tumorais do próprio organismo, mas que escapam do seu controle e se tornam agressivas).

4.2. A imunidade esta **organizada em dois mecanismos de defesa**:

4.2.1. Mecanismos inespecíficos ou *"Imunidade inata "*, é composta por um conjunto de barreiras físicas e químicas – a 1ª linha de defesa (pele, mucosas, acidez do estômago, suor, saliva,

cílios, etc) e células – a 2ª linha de defesa (neutrófilos, macrófagos,…que desencadeia a "inflamação") com o propósito de neutralizar e fagocitar elementos estranhos de maneira rápida e inespecífica.

4.2.2. Mecanismos específicos ou *"Imunidade adquirida "*, pela que células especializadas (linfócitos T e B), se activam selectivamente só após contacto com antígenos específicos, provocando uma resposta concreta dirigida ao antígeno identificado. É a 3ª linha de defesa.

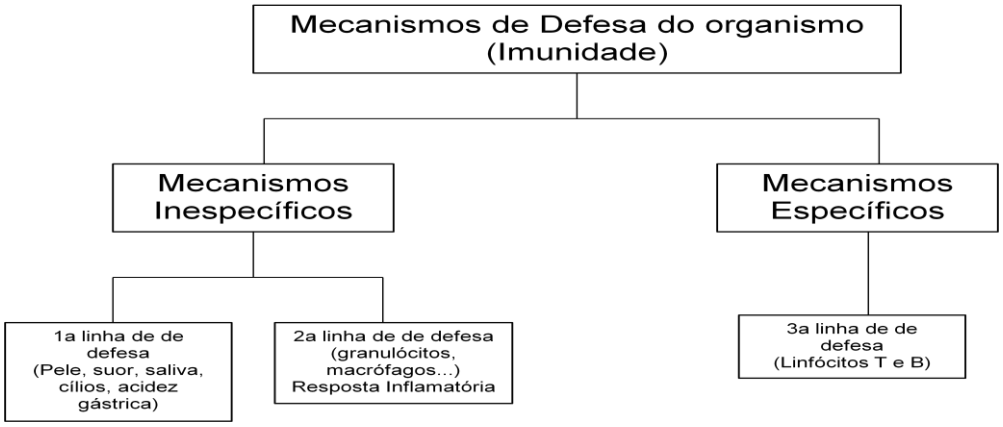


Figura 2. Mecanismos de defesa do organismo (imunidade)

4.3. **Antígeno** é qualquer molécula capaz de gerar uma resposta imune. Normalmente são grandes proteínas, polissacarídios ou lípidos presentes na membrana de microrganismos, embora também possam ser moléculas livres (tóxicos, medicamentos,…) associadas ou não a proteínas circulantes.

4.4. **Anticorpos** são glicoproteínas específicas ("imunoglobulinas" ou "gammaglobulinas") produzidas pelos linfócitos B em resposta a presença dum antígeno concreto, com o qual se ligam para formar um "*complexo" antígeno-anticorpo,* capaz de desencadear os mecanismos da imunidade conducentes à sua destruição e eliminação.

4.4.1. Os anticorpos ou imunoglobulinas tem estrutura em "Y", com uma zona variável (específica para se ligar com cada antígeno) e uma zona constante (responsável pela actividade imune).

4.4.2. Existem várias classes de anticorpos (IgG, IgM, IgA, IgE e IgD) relacionadas com aspectos específicos do sistema imune.

4.4.3. Os anticorpos tem diversas propriedades para desempenhar a sua função imunológica:

- Fixação e inactivação dos antígenos;
- Activação da cascata do complemento (reacções bioquímicas sequenciais que iniciam o processo da inflamação);
- Estimulação para a liberação de mediadores/reguladores da inflamação;
- Facilitação da fagocitose de elementos estranhos.

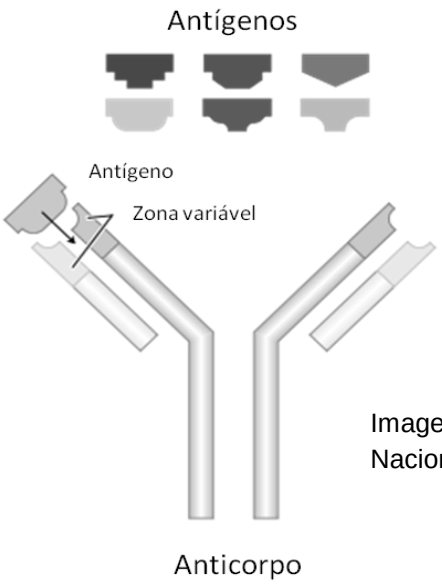


Imagen cortesia da Biblioteca Nacional de Medicina do EUA

Figura 3. Anticorpos e Complexos Antígeno-Anticorpo.

4.5. A **imunidade não específica"** é uma resposta de defesa imediata e inespecífica contra qualquer agressão externa (mecânica, física, infecciosa,…) que se produz como uma sequência de acontecimentos. Como 2ª linha desta defesa, existe a inflamação.

4.5.1 A inflamação é uma resposta fisiológica protectora a uma agressão (física, química ou microbiológica), clinicamente caracterizada por dor, calor, rubor, tumor (edema) e perca de função. Ela se desenvolve em três etapas:

4.5.2. A agressão vai criar algum tipo de destruição de células, o que provoca a libertação de mediadores/reguladores químicos por parte das células lesadas, os quais estimulam a afluência ao local de lesão dos factores e das células da inflamação, mediante dois mecanismos básicos:

- *Vasodilatação e aumento da permeabilidade capilar,* que permite o extravasamento à zona lesada de células sanguíneas e de substâncias que medeiam a inflamação. Clinicamente é observado um inchaço localizado (tumor), avermelhado (rubor), quente (calor) e doloroso.
- *Atracção química de células inflamatórias (processo chamado "quimiotáxia"),* que se concentram no local e atravessam o endotélio vascular, infiltrando o tecido lesado. Chegam primeiro as plaquetas, depois os neutrófilos e finalmente linfócitos e monocitos (macrófagos).

4.5.3. As células inflamatórias que chegam ao local lesado desencadeiam a chamada *"cascata de factores de complemento"*, proteínas presentes no plasma em forma inactiva, capazes de se activar para dar lugar aos mecanismos de defesa local. Esta sequência de activação de factores em cadeia provocará:

- Na medula vermelha: Estímulo para a produção de mais células inflamatórias.
- No endotélio vascular: Maior permeabilidade dos vasos às células inflamatórias, estimulando a sua migração para o tecido lesado.
- Nos linfócitos: Estímulo para a identificação dos antígenos agressores, produzindo anticorpos específicos para fixa-los como complexos antígeno-anticorpo, reconhecíveis pelos leucócitos.

- Nos leucócitos: Estímulo para a fagocitose dos elementos estranhos (já fixados como complexos antígeno-anticorpo) e digestão destes.

4.5.4. *Reparação de tecidos (cicatrização)*. É a fase final da inflamação, que inclui:

- Limpeza de restos de tecidos mortos, principalmente pela fagocitose dos macrófagos,
- Preenchimento dos espaços destruídos, por parte de fibroblastos que criam um tecido leve muito vascularizado chamado "tecido de granulação".
- Substituição do tecido de granulação por tecido fibroso mais resistente ("cicatriz").
- Migração de células vizinhas (epiteliais,…) para ir substituindo o tecido fibroso ("remodelação", que pode durar meses ou anos, dependendo do tamanho e do tipo de tecido lesado).

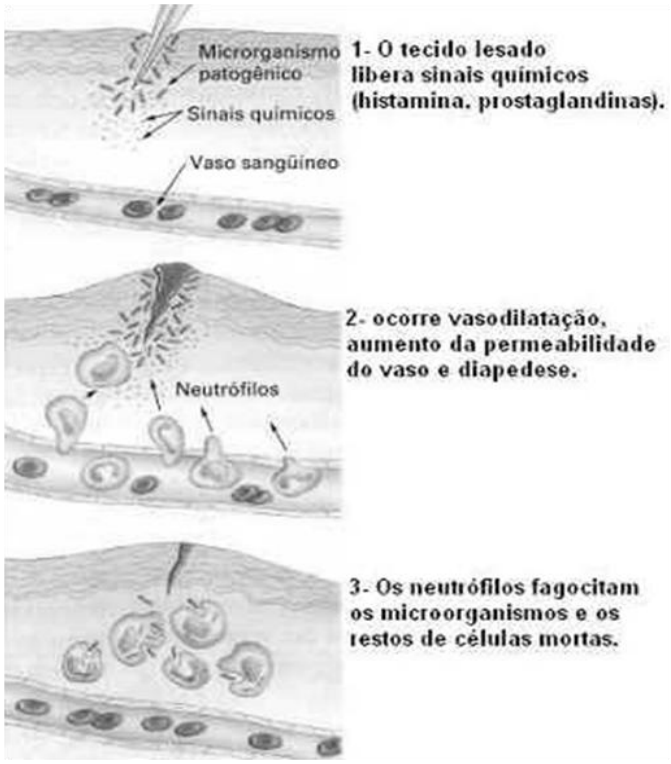


Figura 4. Inflamação.

4.6. A **imunidade adquirida ou específica** supõe uma resposta mais demorada (pois é preciso reconhecer o antígeno e criar a resposta específica), mas muito eficaz na defesa contra agressões específicas. Apresenta três características principais:

- Memória imunológica;
- Tolerância imunológica;
- Auto-regulação.

4.6.1. *"Memória imunológica"*: Depois de repelida a agressão, algumas células persistem activadas contra esse antígeno particular, de modo que numa futura agressão pelo mesmo antígeno, essas células irão desencadear uma resposta imune mais imediata (rápida) e amplificada (maior). Deste modo, diz-se:

- Resposta imunitária primária, quando é a primeira exposição ao antígeno e portanto, os linfócitos precisam identificá-lo e especializar-se na produção do anticorpo específico.

- Resposta imunitária secundária, quando por uma exposição prévia, já existem linfócitos especializados nesse antígeno, capazes de produzir imediatamente anticorpos específicos, minimizando a agressão.

4.6.2. A memória imunológica pode-se adquirir por 4 mecanismos diferentes :

- Imunidade activa natural, resulta da exposição natural a um antígeno (de forma habitual, como descrito antes);
- Imunidade activa artificial, resulta de uma exposição ao antígeno provocada e controlada para conferir artificialmente de imunidade ao organismo (é o princípio das "vacinas");
- Imunidade passiva natural, resulta da transferência de anticorpos ou células imunizadas desde um organismo (mãe) a outro (seu feto ou lactante);
- Imunidade passiva artificial, resulta da transferência de anticorpos ou células imunizadas artificialmente de um organismos (humano ou animal) a outro (é o princípio dos "soros anti-antígeno específicos").

4.6.3. *"Tolerância imunológica"*: Capacidade de distinguir entre antígenos próprios (os presentes em todas as células do próprio organismo, que não desencadeiam a resposta imune) e estranhos (que provocam resposta imune por não serem reconhecidos como próprios). Está propriedade faz com que os próprios tecidos do corpo não sejam atacados pelo próprio sistema imune.

- *Em algumas ocasiões, os mecanismos da tolerância falham, de maneira que antígenos próprios desencadeiam resposta imune e tecidos do corpo são atacados pelo próprio sistema imune (são as chamadas "doenças auto-imunes").*

4.6.4. *"Auto-regulação"*: Trata-se de um mecanismo homeostático complicado que mantêm um balanço entre a resposta imune e a tolerância imunológica, para evitar actividade imune exagerada ou insuficiente em cada momento.

4.6.5. A imunidade adquirida ou específica funciona mediante dois sistemas diferentes, embora interligados, que costumam participar em maior ou menor proporção em todas as reacções imunitárias:

- *Imunidade humoral (ou mediada por anticorpos),* os linfócitos B identificam antígenos estranhos e produzem anticorpos específicos para se ligarem aos antígenos
- *Imunidade celular (ou mediada por células),* participam linfócitos T e outras células imunitárias, com mínima presença de anticorpos.

4.7. A **imunidade humoral**, mediada por linfócitos B produtores de anticorpos específicos, está orientada para a defesa perante tóxicos e microrganismos extracelulares. A sequência típica seria:

4.7.1. Numa invasão bacteriana (ultrapassam a 1ª linha de defesa), por exemplo, algumas bactérias seriam logo fagocitadas e digeridas por macrófagos (resposta não-específica) – 2ª linha de defesa.

4.7.2. No interior do macrófago, os antígenos bacterianos digeridos são incorporados a moléculas celulares chamadas "complexos maiores de histocompatibilidade".

4.7.3. Estes complexos maiores se incorporam á membrana celular do macrófago, que passará a chamar-se "célula apresentadora do antígeno", já com capacidade de ser reconhecida por outras células da resposta imunológica (início da 3ª linha de defesa).

4.7.4. Llinfócitos T se ligam aos complexo maiores de superfície, e por este estímulo, começam produzir mediadores específicos ("linfocinas").

4.7.5. As linfocinas são reconhecidas por linfocitos B adequados que perante este estímulo começam a dividir-se rapidamente formando um "clone" (tipo celular idêntica, já especializada em um certo antígeno) que inicia a produção de anticorpos específicos para esse antígeno.

4.7.6. Os anticorpos ligar-se-ão massivamente aos antígenos formando complexos Ag-Ac livres e ligados às próprias bactérias invasoras, o que vai desencadear uma reacção em cascata do complemento que levará a destruição dos microrganismos.

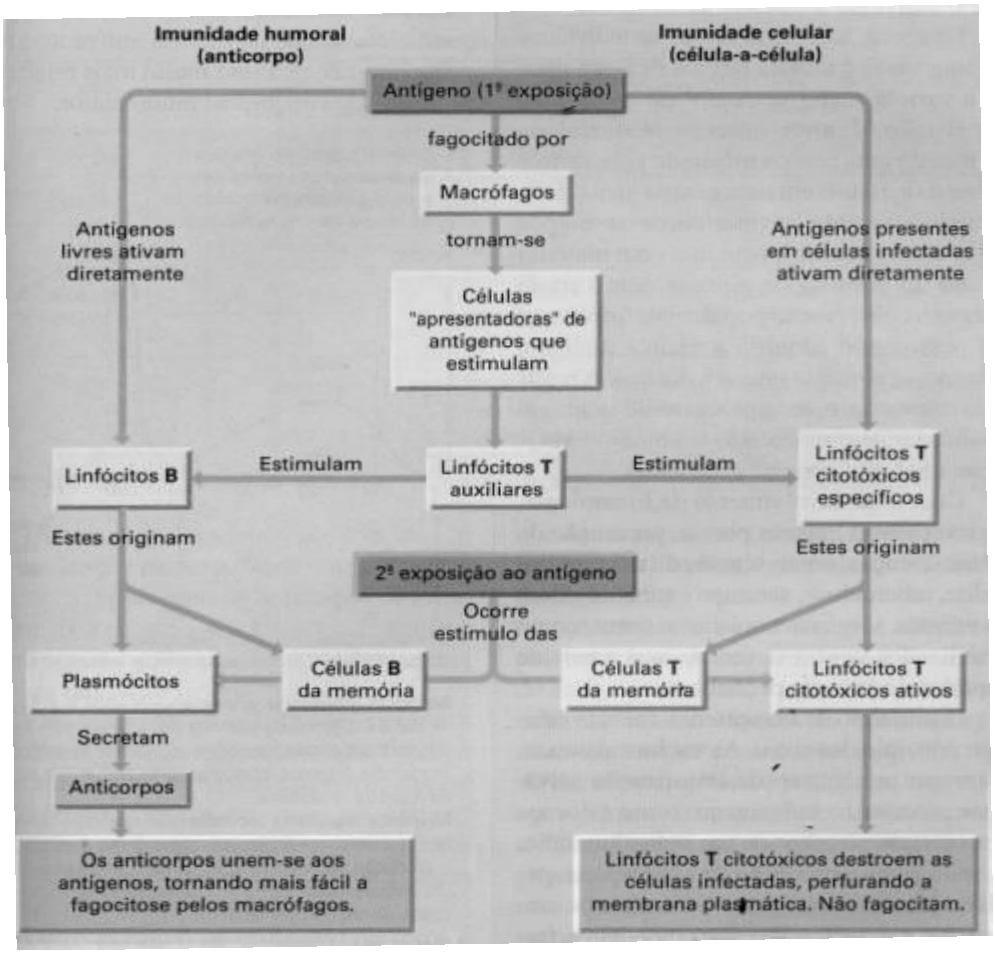


Figura 5. Imunidade humoral e celular.

4.8. A **imunidade celular**, mediada por linfócitos T, combate os patógenos intracelulares, e são responsáveis pela destruição de células próprias infectadas por microrganismos e de células cancerosas. A sequência típica seria:

4.8.1. Como na imunidade humoral, o antígeno será fagocitado, digerido e incorporado à superfície dos macrófagos (células apresentadoras do antígeno), onde se ligarão linfócitos T, que começarão produzir linfocinas.

4.8.2. Estas linfocinas são capazes neste caso de estimular outras células da imunidade celular que serão as encarregadas da defesa directa (chamadas "células citotóxicas"). Estas ficam sensibilizadas para o antígeno específico.

4.8.3. As células citotóxicas se ligam à parede das células que apresentam o antígeno (por tanto, que estão infectadas pelo microrganismo que possui o antígeno), perfuram a sua membrana e introduzem toxinas que destruem o núcleo e os organelos da célula, matando-a.

BLOCO 5: ÓRGÃOS DO SISTEMA IMUNE

5.1. Além das células e substâncias que participam nas diferentes respostas defensivas, o **sistema imune é composto por órgãos** , que intervêm de várias maneiras:

5.1.1. *Órgãos linfáticos primários*: medula óssea e timo. É onde se produzem as células maturas do sistema imune pela divisão dos seus precursores linfóides.

5.1.2. *Órgãos linfáticos secundários:* amígdalas, baço, gânglios, fígado, tecido linfóide associado às mucosas. São os lugares onde migram as células formadas nos órgãos primários, para desempenhar as suas funções.

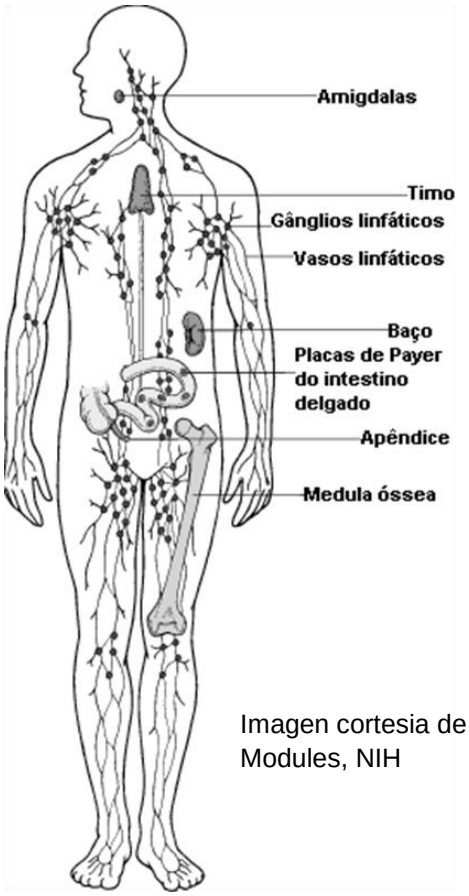


Imagen cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 6. Órgãos linfáticos.

5.2. **Timo**. É um órgão lobular, achatado, situado no mediastino antero-superior da caixa torácica, posterior ao esterno e anterior à traqueia e grandes vasos. É relativamente grande e cresce progressivamente até a pubertade, em que começa a atrofiar.

5.2.1. Constituído por um estroma conjuntivo com pró-linfócitos (T principalmente) de maneira difusa.

5.2.2. A sua função é a maturação e capacitação de precursores dos linfócitos T, que depois migrarão aos órgãos secundários.

5.3. **Tonsilas ou Amígdalas**. Órgãos linfáticos localizados ao nível da faríngе, palato e base da língua, onde formam um anel de tecido linfóide entre a boca e a faringe.

5.3.1. Estão formadas por nódulos, estruturas conjuntivas esféricas, nas que se fixam células da imunidade (linfócitos T, B e macrófagos).

5.3.2. Tem a função de proporcionar protecção contra a entrada de microrganismos por via digestiva ou respiratória, expondo os linfócitos a uma grande diversidade de antígenos que entram continuamente por essas vias.

5.4. Gânglios linfáticos (Nódulos linfáticos ou Linfónodos). Estruturas ovais menores que 1 cm localizadas ao longo dos vasos linfáticos.

5.4.1. São formados por uma cápsula e uma estrutura interna conjuntiva em forma de rede, que sustenta um estroma de linfócitos B (agrupados em "folículos linfóides") e de linfocitos T (periféricos aos folículos). Além dos vasos sanguíneos de entrada (aferentes) e saída (eferentes), têm uma rede capilar de vasos linfáticos interna onde circula a linfa e onde se situam os macrófagos.

5.4.2. Os antígenos (microrganismos ou células tumorais captados desde os tecidos) chegam ao gânglios pela linfa. Os macrófagos os fagocitam e apresentam aos linfócitos T, que activam e estimulam a proliferação de células B produtoras de anticorpos específicos .

- *Em casos de estimulação antigénica importante, os gânglios ficam grandes (linfadenopatia) e dolorosos e facilmente palpáveis (os superficiais). Todo tumor ou infecção provoca uma reacção linfática regional.*

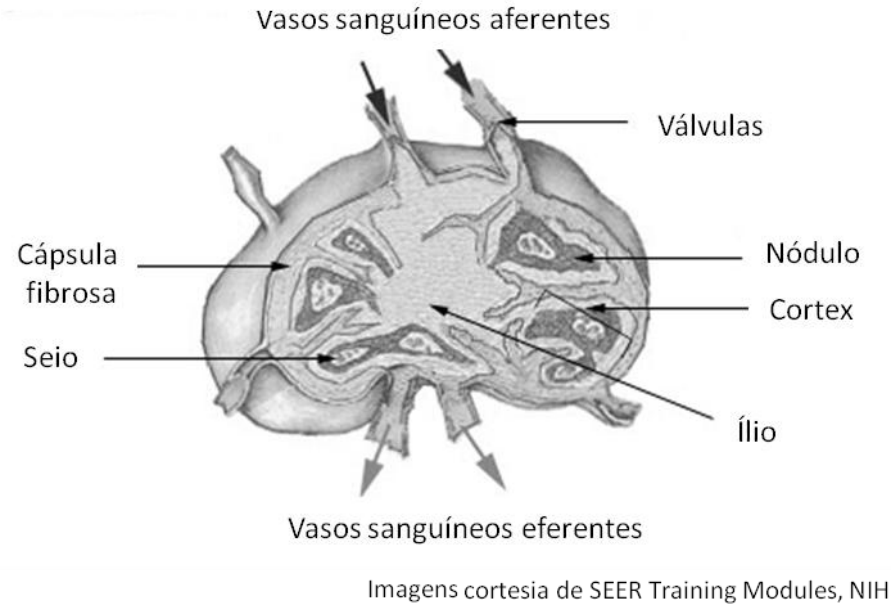


Figura 7. Estrutura dos Gânglios linfáticos.

5.5. **Baço**. Órgão impar de cerca de 200 g (12 x 8 x 6 cm), localizado no hipocôndrio esquerdo do abdómen (postero-superior ao estômago), relativamente frágil, protegido pelas costelas (rompe frequentemente em traumas abdominais, especialmente quando está aumentado de tamanho por infecções parasitárias repetidas, como a malária).

5.5.1. Como os gânglios, está recoberto por uma cápsula fibrosa, da que parte uma rede de conjuntivo em forma radial desde o "hilo esplénico" (lugar onde entram e saem vasos e linfáticos) que suporta um parênquima activo de dois tipos:

- *Polpa branca*, com folículos linfóides e centros germinativos (semelhantes aos linfónodos) e células do sistema retículo endotelial ou macrofágico fagocítico (SRE-SMF). Relacionada com funções de defesa imune.
- *Polpa vermelha*, rede de dilatações venosas ("seios") que acumulam sangue. Relacionada com funções de limpeza e armazenagem de sangue.

5.5.2. Está ricamente vascularizado, pela artéria esplénica (ramo do "tronco celíaco" que entra pelo hilo) que cria uma rede vascular interna de arteriolas radiadas desde o hilo que acabam por formar os seios venosos dos que partem a rede de retorno, que sai também pelo hilo formando a veia esplénica.

5.5.3. Tem funções de:

- Destruição de células sanguíneas velhas ou anormais.
- Filtração do sangue (o SRE-SMF elimina todo o tipo de elementos não desejados).
- Identificação e apresentação de antígenos estranhos na cascata da resposta imunológica do organismo.
- Armazenamento do sangue (os seus seios podem guardar até 1 l) que pode-se liberado rapidamente em caso de necessidade (sangramentos,…).

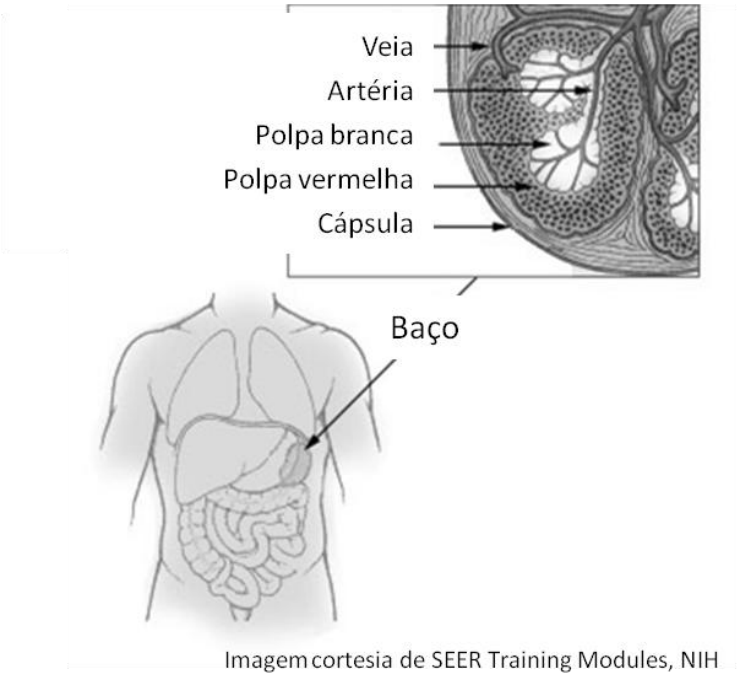


Figura 8. Estrutura do Baço.

5.6. **Outros órgãos com tecido linfóide**. Muitos dos órgãos do corpo tem células linfóides integradas na sua estrutura geral, com funções locais de defesa. Destacam-se:

5.6.1. *Macrófagos*. São as células do SRE-SMF, com funções fagocíticas, dispersos por vários órgãos:

- Pulmões, onde fagocitam elementos não desejáveis do ar inspirado, como poeira ou tabaco.
- Fígado, onde fagocitam elementos estranhos procedentes do tubo digestivo.
- Sistema nervoso.
- Osso, são os "osteoclastos", envolvidos na remodelação dos ossos.

5.6.2. *"Células dendríticas"* (são as típicas apresentadoras de antígenos) capazes de identificar antígenos e os apresentar aos linfócitos. Estão presentes na pele (são as "células de Langherhans"), rins, coração,…

5.6.3. *Tecido linfóide associado a mucosas*. São grupos de linfócitos organizados em folículos, presentes na submucosa dos tratos digestivo ("placas de Peyer" intestinais), respiratório e genito-urinário, que defendem a entrada de microrganismos por estas vias.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1. A medula óssea vermelha é um tecido formador de células do sangue (tecido "hematopoiético") que está no interior do tecido esponjoso dos ossos.

6.2. Hematopoiese é o processo de formação de células sanguíneas a partir de um precursor comum, o hemocitoblasto ("célula mãe").

6.3. A hematopoiese é regulada por estímulos humorais e celulares que estimulam ou inibem a sua função, e que depende da presença de sinais provenientes dos tecidos como: a falta de oxigénio, as infecções, presença de elementos estranhos e hemorragias.

6.4. A Imunidade é a capacidade do organismo para se defender das agressões de agentes externos, como microrganismos e tóxicos, mediante mecanismos inespecíficos (1ª e 2ª linha de defesa – inclui inflamação) e mecanismos específicos (3ª linha de defesa).

6.5. Antígeno é qualquer molécula capaz de gerar uma resposta imune. Anticorpos são glicoproteinas específicas produzidas pelos linfócitos B em resposta a presença dum antígeno concreto.

6.6. A imunidade adquirida específica caracteriza-se por criar uma memória imunológica, ser tolerante e estar autoregulada e está dividida em imunidade "humoral" (mediada por anticorpos) contra microorganismos e tóxicos extracelulares, e imunidade "celular" (mediada por células) que combate os patógenos intracelulares e as células cancerosas.

6.7. Os órgãos linfáticos primários (timo e medula óssea) são os que produzem as células do sistema imune.

6.8. Os órgãos linfáticos secundários (amígdalas, baço, gânglios linfáticos, tecido linfóide das mucosas e sistemas fagocitários dos diferentes tecidos) são os que recebem as células linfóides já formadas pelos órgãos primários, para sua activação e especialização.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	16
Tópico	Sangue e Linfa (3)	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Coagulação Grupos Sanguíneos Patologia Sanguínea e da Imunidade	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

Em relação a “Coagulação”:

1. Explicar a fisiologia da coagulação (hemostasia primária, secundária e terciária)

Em relação aos “Grupos Sanguíneos”:

1. Identificar os grupos sanguíneos ABO e o factor Rh
2. Explicar os princípios teóricos da transfusão sanguínea

Em relação a “Patologia Sanguínea e da Imunidade”:

1. Listar as patologias mais importantes do processo de coagulação e da hematopoiese
2. Listar as principais patologias imunitárias
3. Descrever a malformação de hemácias na anemia falciforme
4. Identificar incompatibilidade sanguínea

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Coagulação		
3	Gupos Sanguíneos e Transfusão		
4	Patologias Sanguíneas		
5	Patologias Imunitárias		

6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2. Apresentação da estrutura da aula

1.3. Apresentação da bibliografia que o aluno deverá dominar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: COAGULAÇÃO

2.1. A **coagulação sanguínea** é um processo fisiológico para a reparação de qualquer rotura do sistema vascular, pelo que o sangue solidifica formando um coágulo (massa semi-sólida) no local da lesão com o fim de tamponar o defeito, impedindo a perda de sangue pelo vaso.

2.2. **Mecanismos de Coagulação.** Na reparação de um vaso rompido intervêm três mecanismos diferentes, que aparecem progressivamente:

2.2.1. *Aglutinação*. É uma acumulação de plaquetas no lugar da lesão. O colágeno presente no tecido conjuntivo do subendotélio do vaso lesado é capaz de estimular a formação de uma acumulação de plaquetas que se aderem ao endotélio lesado, formando o "***trombo***". O trombo libera uma série de substâncias (serotonina) que desencadeiam os outros dois mecanismos.

2.2.2. *Vasoconstrição*. É um contracção do músculo liso do vaso, que reduz o seu diâmetro para diminuir o fluxo de sangue no local e o tamanho do defeito. Está estimulada por substâncias vaso-activas ("serotonina") liberadas pelas plaquetas do trombo.

2.2.3. *Formação do coágulo definitivo*. O coágulo é uma rede de fibrina (proteína) produzida no momento e no local de lesão vascular, na qual se fixam as células sanguíneas para formar o coágulo. O coágulo tem a capacidade de se aderir ao defeito, se retrair e se desfazer mais tarde uma vez reparado o vaso lesado restituindo a integridade do vaso.

2.3. A **formação da rede de fibrina (coágulo)** é um complexo processo bioquímico no qual intervêm muitas moléculas específicas chamadas "factores da coagulação", sintetizados no fígado com participação da vitamina K e enzimas. Estas moléculas são activadas através de duas vias diferentes:

2.3.1. ***Via intrínseca****,* ocorre no plasma, perante um vaso lesado: uma série de factores (presentes no plasma), interagem numa sequência química "em cascata" em três fases:

- **Fase I:** participam as plaquetas e iões de Calcio (Ca++) para a formação do factor activador da protrombina (proteína plasmática inactiva).
- **Fase II**: activação da protrombina para formar a "**trombina**" (enzima = proteína plasmática activa).
- **Fase III**: A trombina é uma enzima capaz de transformar o "**fibrinogénio"** (proteína plasmática inactiva) em moléculas de **"fibrina",** proteína activa que se junta para formar polímeros (cadeias longas de proteínas) que constituem a rede fibrosa do coágulo.

2.3.2. ***Via extrínseca***, ocorre nos tecidos, perante uma lesão dos mesmos. Caracteriza-se por uma reacção que ocorre em cascata, e que começa com a activação da "tromboplastina tissular" e chega por outra via para activar a protrombina (continuando como as outras fases da via intrínseca).

- A *ausência ou mal funcionamento de alguns factores envolvidos na cascata de coagulação (como na "hemofilia" ou como na "insuficiência hepática") provoca defeitos na coagulação com tendência clínica ao sangramento, que em casos severos podem ser incompatíveis com a vida.*

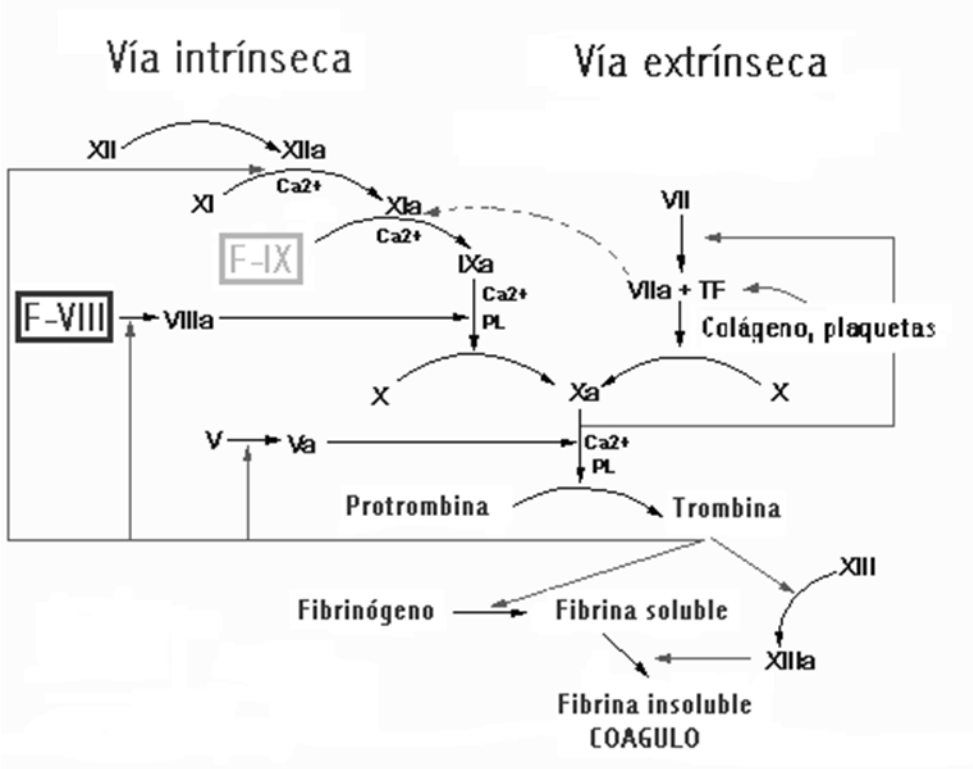


Figura 1. Vias intrínseca e extrínseca da coagulação.

2.4. **Fibrinolise:** É a dissolução (destruição) do coágulo formado previamente, para restituir a integridade do vaso.

2.4.1. Uma vez reparado (epitelizado) o defeito do vaso lesado, em seguida ocorre a fibrinolise. Para isso, existem no plasma "agentes **fibrinolíticos"** (que degradam a fibrina), que são proteínas como o "**plasminogénio**" que quando activada forma a "**plasmina"** (enzima), que provoca a divisão da rede de fibrina, em pequenos fragmentos solúveis no sangue e assim o coágulo é dissolvido e os seu produtos arrastado pela corrente sanguínea.

2.4.2. Fisiologicamente no organismo existe uma auto-regulação entres os sistemas de coagulação (formação de coágulos) e fibrinolíticos (dissolução de coágulos) pois eles actuam em simultâneo, criando um balanço que não permite uma coagulação excessiva.

Portanto, na hemostasia primária tem-se a vasoconstrição, adesão e agregação plaquetária com a formação de tampão plaquetário inicial. Na hemostasia secundária, tem-se as reacções em cascata para a formação de fibrina, conferindo estabilidade ao coágulo. Na hemostasia terciária, temos a fibrinólise.

2.5. **Anticoagulação**. É a capacidade do sangue de se manter habitualmente em estado líquido, evitando a coagulação quando não é requerida.

2.5.1. O endotélio (epitélio de revestimento interno dos vasos) intacto (não lesado) é liso e não permite o contacto das plaquetas com o subendotélio conjuntivo, pelo que não se formam trombos e não se desencadeiam as reacções da coagulação.

2.5.2. Os tecidos e o sangue têm naturalmente "heparina", proteína sintetizada pelos mastócitos (macrófagos especializados localizados nos pequenos vasos sanguíneos), que é capaz de activar uma proteína plasmática ("antitrombina") que bloqueia ambas vias da coagulação..

- *Diferentes agentes patológicos (lesões vasculares prévias, doentes acamados por longos períodos, cirurgia abdominal,…) podem desencadear a cascata da coagulação dentro de veias intactas, provocando uma **"trombose"** (formação de trombos) que pode-se deslocar pelo sistema vascular a outras partes do corpo ("tromboembolismo"), onde pode ser fatal.*

BLOCO 3: GRUPOS SANGUÍNEOS E TRANSFUSÃO

3.1. A superfície dos eritrócitos contêm glicoproteinas e glicolípidos com capacidade antigénica (podem ser reconhecidos por anticorpos do sistema imune). Cada indivíduo tem antígenos próprios, que lhes identificam e que são reconhecidos como próprios pelo sistema imune. Entre os muitos antígenos eritrocitários que existem, tem especial importância clínica pelo seu papel nas transfusões, os sistemas "**ABO**" e **Rhesus** (Rh).

3.1.1 Esta característica é de máxima importância nas "transfusões" (introdução endovenosa de sangue de um indivíduo para outro, com fins terapêuticos), pois a transfusão de um sangue com antígenos diferentes aos do receptor pode levar a incompatibilidade e hemólise (destruição) dos eritrócitos.

3.2. **Grupos sanguíneos.** O sangue pode-se classificar em vários grupos dependendo da presença ou ausência de diferentes antígenos. Embora tenham sido identificados mais de 100 antígenos eritrocitários, clinicamente só interessam dois: o sistema ABO e o Factor Rh.

3.2.1. Sistema ABO. Baseado na presença ou não de dois antigénos, A e B. Existem 4 grupos sanguíneos (cada pessoa pertence a somente um deles):

- Grupo "A", com antígeno A na superfície eritrocitária. O indivíduo com este antígeno pode desenvolver anticorpos B (anti-B).
- Grupo "B", com antígeno B na superfície dos eritrócitos. O indivíduo com este antígeno pode desenvolver anticorpos A (anti-A).
- Grupo "AB", com ambos antígeno A e B na superfície dos eritrócitos. O indivíduo com estes antígenos não desenvolve nenhum anticorpo, pois se isso acontecesse iria destruir os seus próprios eritrócitos. Por isso, este indivíduo é chamado de receptor universal (pode receber sangue de todos os grupos).
- Grupo "O", com nenhum antígeno na superfície dos eritrócitos. O indivíduo com este grupo pode desenvolver tanto anticorpos A como anticorpos B (anti A e anti B). Por isso, este indivíduo é chamado de dador universal e só pode receber o sangue do indivíduo do mesmo grupo.

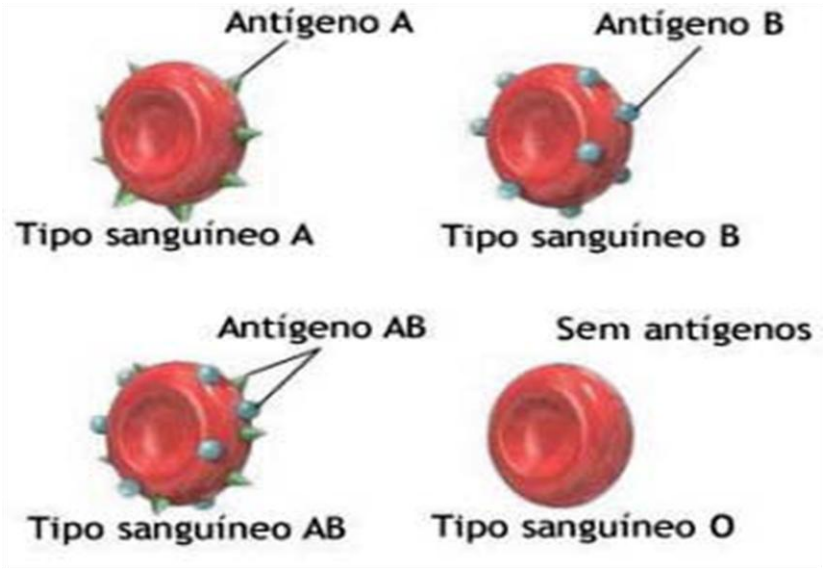


Figura 2. Sistema ABO. Eritrócitos e antígenos definidores do grupo sanguíneo

3.2.2. Factor Rhesus (Rh). Considerando este antígeno Rh ou D, existem 2 tipos de grupo sanguíneo (cada pessoa tem só um deles):

- "Rh positivo (+)", com antígeno Rh (antígeno D) na superfície eritrocitária. Os indivíduos com este grupo **não** produzem anticorpos (anti Rh ou anti D).
- "Rh negativo (-)", sem antígeno Rh (antígeno D). Os indivíduos com este grupo, produzem anticorpos (anti Rh ou anti D). Estes não podem receber sangue do indivíduo cujo grupo sanguíneo contém o factor Rh.

3.3. **Importância dos grupos sanguíneos nas transfusões**. Antes de se realizar uma transfusão é obrigatório determinar o grupo sanguíneo ABO e o factor Rh dos indivíduos dador e receptor para a avaliação da compatibilidade do sangue (provas de compatibilidade), evitando desta forma transfusões de sangue incompatíveis que provocariam "reacções transfusionais" (fenómenos de hemólise massiva, por aglutinação e rotura dos eritrócitos doados).

3.3.1. O plasma de um indivíduo nunca terá anticorpos contra os seus próprios antígenos de superfície do sistema ABO (pois destruiria os seus próprios eritrócitos), mas sim poderá ter contra antígenos alheios. Por exemplo, sangue do grupo A pode ter anticorpos anti-B (mas nunca terá anti-A).

3.3.2. No caso do sistema Rh, nenhum sangue tem inicialmente anticorpos anti-Rh, mas sim que podem aparecer num individuo Rh (-), depois de ter sido exposto a eritrócitos Rh (+) numa transfusão prévia ou numa mãe Rh (-). Durante um parto com feto Rh (+), se ocorrer a passagem do sangue do feto para a mãe através da placenta.

3.3.3. Os anticorpos que se formam contra os antígenos destes dois sistemas são do tipo "aglutinina" (provocam a adesão e agrupamento de eritrócitos formando pequenos trombos e hemólise).

3.4. Clinicamente, a **determinação dos grupos** faz-se colocando numa lâmina 2 gotas do sangue a analisar. Em cada lâmina se coloca uma gota de soros diferentes (uma com anti-A e outra com anti-B) e se observa a reacção. A aglutinação do sangue (pequenos trombos visíveis a olho nu) indica que pertence ao grupo do plasma com esses anticorpos. Assim:

- um sangue que aglutina só com o plasma anti-A, será do grupo "A"
- um sangue que aglutina só com o plasma anti-B, será do grupo "B"
- um sangue que aglutina com ambos plasmas, será do grupo "AB"
- um sangue que não aglutina com nenhum dos plasmas, será do grupo "0"

3.5. Por existirem outros sistemas antigénicos além do AB e do Rh, a determinação dos grupos de dador e receptor pode não ser suficiente para evitar reacções transfusionais, pelo que acostumam-se fazer **"provas de compatibilidade cruzada"**, em que os eritrócitos do dador (obtidos por centrifugação duma amostra de sangue) são misturados com o plasma do receptor em uma lâmina, observando-se se ocorrem fenómenos de aglutinação.

3.6. Como parte do procedimento de **segurança transfusional**, todo sangue para ser transfundido deve ser testado para doenças como a hepatite, o HIV/SIDA e sífilis, para evitar riscos de transmissão dos agentes etiológicos envolvidos. Em qualquer caso, conhecendo a existência de períodos de janela nas doenças víricas e a possibilidade de algum erro nos procedimentos, é obrigatório seguir o princípio que diz: *"qualquer transfusão não bem indicada, é contra-indicada".*

3.7. Em caso de transfusões não urgentes (como as planificadas em grande cirurgia electiva), aproveitando o poder de regeneração do sangue, utiliza-se o método da **"transfusão autóloga"** (autotransfusão).

3.7.1. Neste procedimento, retira-se sangue do próprio doente e aguarda-se durante algumas semanas para que a medula possa recuperar o retirado.

3.7.2. O sangue retirado é congelado até o momento da operação. Desta forma, evitam-se muitos problemas de incompatibilidade, e riscos de transmissão de doenças.

BLOCO 4: PATOLOGIAS SANGUÍNEAS

4.1. **Patologias hematológica** são anormalidades ligadas ás células do sangue que podem ocorrer devido ao defeito (morfologia) das células ou associado a quantidade (diminuição ou aumento), e podem atingir a um só tipo de células ou a vários tipos.

4.2. **Anemia** é a redução de células vermelhas viáveis (funcionais) capazes de carregar o O2 para manter as necessidades do organismo.

4.2.1. Consequências da Anemia: num estado de anemia ocorre insuficiência do transporte de oxigénio o que leva a hipoxia e acidose láctica nos tecidos, que leva a aceleração do trabalho cardio-respiratório (taquicardia e taquipnéia) como um mecanismo de compensar a hipoxia (redução do O_2) e a acidose. Nesta situação o indivíduo pode sentir cansaço, fadiga, fraqueza.

4.2.2. A anemia no nosso meio é uma doença frequente, principalmente em mulheres e crianças e está associada a muitas doenças.

4.3. Tipos de anemias:

4.3.1. **Anemias "microcíticas**" (células pequenas). A anemia microcítica caracteriza-se por ter eritrócitos pequenos: Volume Corpuscular Médio (VCM) diminuído. A anemia microcítica está muita das vezes associada com a hipocrómia (não bem coradas) com eritrócitos pálidos: a concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM) está diminuída. Esta anemia está associada com:

- Falta de ferro ("ferropénica"): por perdas crónicas de sangue ou por deficiência na alimentação (malnutrição).
- Defeitos congénitos da hemoglobina ("hemoglobinopatias"), como a "anemia falciforme", que por uma alteração genética da hemoglobina, a falta de oxigénio provoca mudanças estruturais nos eritrócitos (ficam com forma de "foice" e perdem a flexibilidade) levando-os a sua destruição prematura.

4.3.2. **Anemias "normocíticas".** Ocorrem com eritrócitos de tamanho normal: VCM normal. Podem estar associadas com:

- Perdas sanguíneas agudas (sangramento)
- Doenças agudas (Malária)
- Doenças crónicas (insuficiência renal, tuberculose, SIDA, tumores, doenças auto-imunes,…)
- Reacção a certos medicamentos

4.3.3. **Anemias "macrocíticas".** Ocorrem com eritrócitos grandes: VCM aumentado. Podem estar associadas com:

- Défice da vitamina B12 e/ou de ácido fólico. A chamada anemia megaloblástica.
- Doenças da medula óssea (tumores, infecções, congénitas,…).

4.4. **Policitemia** é o aumento de número de células vermelhas no sangue. É definido clinicamente por aumento da hemoglobina (maior a 16 g/dl) e do hematócrito. É uma alteração rara, de causa primária ("policitemia vera") ou reactiva por falta de oxigénio (doença pulmonar crónica).

4.4.1. Indivíduos que vivem em altas altitudes, pela falta de oxigeno no ar, podem ter policitémia reactiva, com hemoglobina acima de 16 g/dl e hematócrito alto, sem que seja uma doença.

4.5. **Leucopénia** é a redução do número de células brancas (menos de 4.000 / mm^3), geralmente associada a uma falta de produção medular de todas as células sanguíneas (pancitopenia). A leucopénia tem como consequência a insuficiência dos sistemas de defesa do organismo, com maior susceptibilidade às infecções.

4.5.1. Défices parciais demonstráveis na contagem diferencial, podem ocorrer. Por exemplo a **neutropenia** quando existe uma diminuição isolada dos neutrófilos, ou a **linfopenia,** diminuição isolada de linfócitos.

4.6. **Leucocitose** é o aumento do número de células brancas (mais de 10.000 / mm^3). Geralmente ocorre associada a infecções e no cancro de células brancas do sangue ("leucemia"). Existem aumentos parciais e isolados de um tipo de leucócito, por exemplo:

- **Neutrofilia** aumento do número de neutrófilos, que ocorre frequentemente nas infecções bacterianas agudas.
- **Eosinofilia** aumento do número de eosinófilos, que ocorre frequentemente nos estados alérgicos e nas infecções por parasitas.
- **Linfocitose** aumento do número de linfócitos, que ocorre frequentemente em infecções víriais, na tuberculose, e nas infecções crónicas e parasitárias.

4.7. **Coagulopatias hemorrágicas,** são alterações dos mecanismos da coagulação que provocam sangramentos anormais. Podem ser devidas à:

4.7.1. Alterações nos vasos, que ficam mais frágeis (certas infecções, doenças auto-imunes)

4.7.2. "Trombocitopenia" (diminuição do número de plaquetas no sangue). Esta redução pode estar associada à:

- Falta de formação medular (como nas outras linhas),
- Destruição periférica (infecções, medicamentos, doenças auto-imunes),
- Sequestro (esplenomegália)
- Aumento do consumo (trombose intravascular).

4.7.3. Deficiência dos factores da coagulação, de causa:

- Hereditária
- Por falta de produção, como quando falta vitamina K, na diarreia crónica, doenças do fígado,...
- Por consumo exagerado dos próprios factores, quando existem situações de coagulação intravascular

4.8. **Coagulopatias trombóticas,** são alterações dos mecanismos da coagulação que provocam coagulação exagerada. Incluem:

- Trombose venosa, caracteriza-se pela formação de um grande trombo que fecha (obstrui) uma veia e pode-se destacar (romper) e migrar como "**embolo**" (trombo embolismo)
- Coagulação intravascular disseminada, formação de microtrombos dentro dos vasos relacionadas com infecções graves, trauma severo, queimaduras,...

4.9. **Pancitopenia** é a diminuição global de número dos 3 tipos de células sanguíneas. Numa análise mostrará anemia, leucopenia e trombocipenia. Pode estar associada a:

4.9.1. Sequestros celulares: as células são retidas em algum sitio e não passam ao sangue periférico, por exemplo na esplenomegália (aumento do tamanho do baço)", tal como ocorre nos episódios repetitivos de malária ou na coagulação intravascular.

4.9.2. Defeitos na produção de células, como nas doenças da medula ("aplasia medular", infiltração por células de tumores,…), na malnutrição e nas doenças crónicas (como na tuberculose ou SIDA).

BLOCO 5: PATOLOGIAS IMUNITÁRIAS

5.1. **Imunodeficiências** são doenças que estão associados ao funcionamento deficiente do sistema imunológico, tornando o organismo mais vulnerável (susceptível) a infecções ou tumores. Incluem:

5.1.1. *Imunodeficiências congénitas*, defeitos de nascença do sistema imune devidos a alterações genéticas.

5.1.2. *Imunodeficiências adquiridas*, que são defeitos do sistema imune provocados por agentes ambientais, tais como: fármacos, tóxicos, agentes infecciosos, entre outros. A destacar:

- O Sindroma de imunodeficiência adquirida (SIDA) é provocado pelo Vírus de imunodeficiência (HIV) onde o vírus ataca certo tipo de linfócitos T. A destruição progressiva destes linfócitos T, leva a ineficiência da resposta humoral e celular do sistema imunologia e o organismo fica sem protecção contra os agentes infecciosos o que leva a ocorrência das infecções frequentes.
- Outras doenças que levam a imunodeficiência adquirida podem incluir: doenças generalizadas e crónicas, tais como: desnutrição, diabetes, stress continuado. Os fármacos como os corticóides provocam o enfraquecimento do sistema imune e uma maior susceptibilidade às infecções.

5.2. **Reacções de hipersensibilidade,** é uma variante das doenças do sistema imunológico, que se caracteriza por hiperactividade (actividade aumentada) do sistema imune. Pode ocorrer devido a alterações dos factores genéticos e em resposta a estímulos ambientais. A hiperactividade da resposta imunológica pode ocorrer perante estímulos antigénicos relativamente pequenos. Tipicamente o primeiro contacto induz sensibilização ao antigenio especifico, e só após o segundo contacto a hiperactividade imunológica pode provocar problemas ao próprio organismo, como ocorre em:

- *Alergias*, reacções exageradas (rinite, asma, comichão) perante a exposição a "alérgenos" (antígenos que provocam reacções alérgicas: alimentos, medicamentos, pólen, pélo de animais).
- *Reacções transfusionais e reacções a medicamentos*, que provocam hemólise (destruição de eritrócitos).
- *Doenças por imunocomplexos* (complexos antígeno-anticorpo que se depositam em tecidos do próprio corpo, provocando sua destruição), como a glomerulonefrite (inflamação do parênquima renal)
- *Doenças relacionadas a hipersensibilidade mediada por células a antígenios de vários microrganismos (Tuberculose, Lepra)*

5.3. **Doenças auto-imunes,** surgem quando o sistema imune, mediado por anticorpos deixa de reconhecer as estruturas (órgãos, tecidos ou células) do organismo como próprias, pelo que desencadeia uma resposta imunológica contra as referidas estruturas.

5.3.1. Acontece por:

- existirem células ou tecidos que por erros genéticos não foram expostos durante a vida fetal ao próprio sistema imune durante a fase de maturação imunológica. Esta exposição é essencial para o reconhecimento dos próprios tecidos, de modo que sejam registados na memória imunológica como próprios. Depois de nascer, a exposição destes tecidos ao sistema imune (por qualquer lesão), provocarão uma resposta destruidora.
- certos fármacos ou vírus, têm a capacidade de alterar a morfologia de antígenos celulares, que deixam de ser reconhecidos como próprios, desencadeando a resposta imune.

5.3.2. As doenças auto-imunes podem-se classificar dependendo do alvo em:

- ***Órgão – específicas***: o sistema imunológico ataca a um único tecido ou órgão, como ocorre com as ilhas pancreáticas na diabete tipo I.
- ***Não órgão - específicas***: o sistema imunológico ataca a vários ou todos os tecidos do organismo, tal como na artrite reumatóide, em que os anticorpos desencadeiam uma resposta inflamatória ao nível das articulações, rins, pele, coração, e outros órgãos.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1. A coagulação sanguínea é um processo fisiológico de solidificação local do sangue líquido com o fim de tamponar qualquer defeito do sistema vascular, impedindo a perda de sangue.

6.2. A coagulação ocorre como uma sequência em cascata onde se destacam as fases de aglutinação de plaquetas, vasoconstrição e formação do coágulo. Uma vez reparado completamente o defeito, o coágulo é dissolvido por fibrinólise.

6.3. Os grupos sanguíneos são classificados pela presença ou não de certos antígenos na superfície dos seus eritrócitos. Destacam o sistema ABO (grupos A, B, AB e O) e o sistema do factor Rh (Rh+ e Rh-).

6.4. Antes de transfundir o sangue é obrigatório realizar as prova de compatibilidade para determinar o grupo AB e o Rh do indivíduos dador e do receptor, como forma de evitar reacções transfusionais.

6.5. As patologias sanguíneas são traduzidas, frequentemente, por: Anemia, Leucopénia, Leucocitose e Pancitopenia.

6.6. As alterações dos mecanismos da coagulação podem ser: por defeito (coagulopatias hemorrágicas) e por excesso (coagulopatias trombóticas).

6.7. As imunodeficiências são defeitos do funcionamento do sistema imune que provocam uma maior vulnerabilidade á infecções e doenças malignas associado.

6.8. A Hipersensibilidade é uma condição em que a resposta imunológica a um antigenio é exagerada ou inapropriada e que pode ser prejudicial para o organismo.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	17
Tópico	Sangue e Linfa	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Observação de Células Sanguíneas	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar e diferenciar no microscópio células sanguíneas
2. Descrever as características morfológicas principais das células observadas

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:10
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:40
4	Prática da Técnica pelos Alunos	00:65

Materiais e Equipamentos:

- Apresentação em PowerPoint de imagens digitalizadas de uma esfregaço de sangue periférico tingida com Hematoxilina-Eoxina: com baixa resolução (objectiva x10), moderada resolução (objectiva x40) e com alta resolução (objectiva x100).
  [Se for possível, usar um microscópio com saída digital de imagem, para poder mostrar as imagens dinâmicas, directamente do microscópio]
- Microscópio óptico, eléctrico, com visor duplo e 3 objectivas habituais: 1 para cada 4 alunos.
  [Se for possível, usar microscópios para ensino e demonstração com 2-4 oculares, para poderem trabalhar simultaneamente dois alunos em cada microscópio]
- Extensão de sangue periférico (esfregaço) corada com Hematoxilina-Eoxina: 1 para cada microscópio.
- Papel e lápis para esquematizar as imagens das células observadas

Preparação:

- Confirmar que os microscópios são suficientes e funcionam (todas as objectivas) e que têm óleo de imersão e pano de limpeza.
- Confirmar que cada microscópio tem uma preparação de sangue periférica.
- Conferir que o conteúdo das Aulas 14, 15 e 16 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.
1.2 Apresentação da estrutura da aula.
1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (10 min)

2.1. O sangue é um tecido líquido composto por células e plasma, que circula por todo o corpo nos vasos do sistema circulatório e que desempenha importantes funções no organismo nomeadamente: transporte de gases e nutrientes e resíduos, defesa perante infecções, coagulação, manutenção do meio interno e da temperatura, entre outros.

2.1.1. ***O reconhecimento das diferentes células do sangue*** é importante para melhorar a compreensão sobre a fisiologia destas e dos mecanismos de aparição e evolução das doenças do sangue. Por exemplo,

- A visualização de eritrócitos como células sem núcleo e organelos, ajuda a entender a sua função de transporte de oxigénio pela hemoglobina; e
- A visualização dum esfregaço de sangue periférico nos dará uma melhor ideia das quantidades relativas de cada um dos tipos de células (muitos eritrócitos, bastantes plaquetas, poucos linfócitos e neutrófilos, quase nenhum basófilo,…)

2.2. A estrutura interna dos tecidos, por ser de tamanho muito pequeno, só pode ser observada com **microscópio**, aparelho com um sistema de lentes que amplificam uma imagem, como foi explicado na Aula 3 desta disciplina.

2.2.1. Devem-se lembrar dos passos para o uso do microscópio:

- Colocar a preparação na placa (lâmina em baixo, tecido encima), fixando-a e colocando a parte a observar no meio da luz.
- Conferir que a luz está condensada (incide) sobre a preparação.
- Ajustar os visores aos olhos.
- Iniciar a observação com a objectiva menor (x10), passando só a maiores aumentos quando se pretende observar detalhes. Usualmente adopta-se a "observação em zig-zag", especialmente a partir das objectivas de moderada resolução (x40).
- Focar a preparação com os comandos macrométrico primeiro (foco grosso) e micrométrico depois (foco fino) até uma visão bem nítida.
- A "observação em zig-zag" deve-se realizar muito devagar e com uma sistemática e não "navegando sem rumo". É conveniente começar pelo canto superior esquerdo, mexendo a placa com a preparação, primeiro de esquerda a direita e depois, descendo um poço na preparação, voltar de direita a esquerda, continuando assim até completar toda a preparação.
- Na observação com alta resolução (objectiva de x100), para poder focar, é preciso colocar um meio líquido (óleo de imersão) entre a preparação e a objectiva.
- Manter limpas as objectivas: evitar sujá-los com os dedos e quando precisar (sempre depois de utilizar óleo de imersão), limpá-los com um pano fino que não os risque.
- Mexer os comandos devagar, tendo o cuidado de não apertar as objectivas contra a preparação para não romper a lamina.

- No fim: retirar as preparações da placa, limpar as objectivas e oculares, desligar a luz e cobrir o microscópio.

2.3. A componente celular do sangue pode-se observar num esfregaço de sangue periférico obtida por punção.

- A lâmina é corada com hematoxilina-eoxina, corante capaz de pintar de azul as estruturas alcalinas (basófilas) e de vermelho as estruturas ácidas (eosinófilas).

2.4. Desta maneira, poderemos ao microscópio identificar os **diferentes tipos celulares sanguíneos** (apoiar a explicação com projecção de imagens das diferentes células):

2.4.1. ***Eritócitos***. Células eosinófilas (vermelhas) sem núcleo nem organelos, que medem cerca de 7µ de diâmetro. Têm forma de disco bicôncavo. São as células predominantes num esfregaço de sangue periférico.

- *Reticulócitos* são eritrócitos imaturos, de tamanho maior e com pontos azuis (basófilos) no seu interior.

2.4.2. ***Leucócitos***. Grupo de células de maior tamanho que os eritrócitos, de forma mais irregular e com núcleo (basófilo). Em escassa quantidade, mas claramente diferenciáveis dos eritrócitos pelo seu maior tamanho e pela sua morfologia diferente. Se dividem em dois grupos, dependendo da presença ou não no citoplasma de pontos coloridos: granulócitos e agranulocitos.

Entre os granulócitos estão:

- *Neutrófilos* (40-75 % dos leucócitos), são grandes, com pontos escassamente coloridos e com núcleo dividido em vários segmentos, pelo que também se chamam polimorfonucleares.
- *Eosinófilos* (1-6 % dos leucócitos), são grandes, com pontos finos vermelhos (eosinófilos) e com núcleo dividido em dois segmentos.
- *Basófilos* (0 - 1 % dos leucócitos), são grandes, com pontos grossos azuis (basófilos) e com núcleo em “S” ou em forma de ferradura.

Entre os agranulócitos estão:

- *Linfócitos* (21-40 % dos leucócitos), são pequenos com núcleo redondo e grande, sem quase citoplasma.
- *Monócitos* (2-10 % dos leucócitos), são muito grandes com núcleo pequeno em forma de rim.

2.4.3. ***Plaquetas***, são pequenos fragmentos celulares, irregulares, sem núcleo. Facilmente visíveis, apesar do seu tamanho ser pequeno, dispostos geralmente em grupos.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (40 min)

3.1. Demonstrar o **uso correcto do microscópio óptico** no estudo de lâminas de sangue (15 min):

3.1.1. Preparação do microscópio (vide em cima).

3.1.2. Identificação prévia da amostra: esfregaço de sangue periférico corado com hematoxilina-eosina.

3.1.3. Colocação da lâmina na placa, condensação da luz e foco da objectiva a baixa resolução.

3.1.4. Identificação geral do sangue com “observação em zig-zag” (começando no canto superior esquerdo da preparação: de esquerda a direita e de direita a esquerda, descendo em cada observação).

3.1.5. Identificação das células sanguíneas (eritrócitos, leucócitos e plaquetas), usando a objectiva a moderada resolução (x40) com “observação em zig-zag”em áreas mais pequenas.

3.1.6. Reconhecimento dos diferentes tipos de leucócitos (neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos, linfócitos) usando a objectiva de alta resolução com óleo de imersão (x100).

3.1.7. Registo no caderno das estruturas observadas. Deve ir acompanhado de desenhos básicos.

3.1.8. Limpeza e Arrumação das preparações e do microscópio.

3.2. **Projecção digital de imagens** de esfregaços de sangue periférico a progressivos aumentos (objectivas x40, x100) – 25 minutos

3.2.1 Divida os alunos em 3 grupos (A, B e C)

3.2.2 Projecte os 9 slides de preparações histológicas (cada slide 30 segundos)

3.2.3 Cada grupo discute os slides (30 segundos de discussão por cada slide)

3.2.4 Após a projecção de todos os slides (9 minutos), solicite aleatoriamente um elemento de cada grupo para efectuar a apresentação de 3 slides durante 5 minutos

3.2.5 O docente não corrige no momento da apresentação do elemento, atribuindo 1 ponto por cada slide de preparação histológica correctamente identificado

3.2.6 No fim de todos grupos identificarem os slides, o docente efectua a correcção em plenária e atribui a nota de cada grupo

3.2.7 Vence o grupo que mais pontuação obter

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (65 min)

4.8. Dividir os alunos em 4 grupos.

4.9. Cada aluno irá se posicionar em cada microscópio durante 2 minutos

4.10. Cada microscópio deverá conter uma preparação histológica das acima mencionadas

4.11. Cada aluno deve observar as preparações e esquematizar durante esse tempo o que está a visualizar

4.12. O docente deve circular por entre os alunos durante a observação para apoiar em quaisquer dificuldades que possa surgir

4.13. Findo o tempo do 1º grupo, entrará o 2º grupo, e repetir-se-á todo o procedimento

4.14. Reserve os últimos 10 minutos, após rotação de todos grupos, para analisar o decorrer da aula e solicitar questões por parte dos alunos

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	18
Tópico	Sistema Cardiovascular	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Sistema Cardiovascular	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a anatomia do coração e a sua vascularização
2. Explicar a estrutura anatómica dos vasos sanguíneos (veias, artérias, vénulas, arteríolas e capilares)
3. Identificar os principais vasos sanguíneos que entram e saem do coração
4. Identificar as artérias principais e as suas zonas de irrigação
5. Identificar as veias principais e as suas zonas de drenagem

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sistema Cardiovascular: Generalidades		
3	Coração		
4	Sistema Arterial		
5	Sistema Venoso		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

- Cartaz do corpo humano inteiro com as artérias e veias principais (pelo menos, as que são mencionadas no texto)

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá dominar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: SISTEMA CARDIOVASCULAR. GENERALIDADES

2.1 **Sistema circulatório** é uma complexa rede de tubos ("vasos") que transportam o sangue e a linfa por todo o organismo.

2.1.1 Tem, entre outras, funções de: troca de moléculas (água, gases, nutrientes, resíduos, sinais hormonais,…) entre os diferentes órgãos e tecidos, manutenção do meio interno dos tecidos (homeostase) e defesa do organismo perante microrganismos e tóxicos.

2.1.2 Inclui:

- *Sistema cardiovascular*, que transporta o sangue, mediante o impulso de uma bomba (*coração*).
- *Sistema linfático*, que transporta a linfa *(tratado nas Aulas 14 e 20).*

2.2 O **Sistema cardiovascular** é um complexo circuito fechado (o sangue nunca sai dos vasos) de vasos (artérias, veias, capilares) ligados a uma bomba (coração) que tem a função de manter a circulação do sangue para que chegue a todos os tecidos do corpo.

2.2.1 Componentes do sistema cardiovascular:

- ***Coração***. Bomba muscular com 4 compartimentos:
- Duas aurículas (direita e esquerda). A aurícula direita recebe o sangue venoso proveniente dos tecidos periféricos; a aurícula esquerda recebe o sangue oxigenado proveniente dos pulmões.
- Dois ventrículos (direito e esquerdo). O Ventrículo direito bombeia o sangue venoso para os pulmões e o esquerdo bombeia o sangue arterial em direcção aos tecidos.
- ***Artérias***. Vasos que levam o sangue desde o coração até os tecidos. A partir das artérias que saem dos ventrículos (artéria pulmonar sai do ventrículo direito e artéria aorta do ventrículo esquerdo) vão ramificando-se (como uma árvore a partir do tronco) em tubos cada vez mais finos até originar "arteríolas" que chegam a todos os tecidos.
- ***Capilares***. Redes muito ramificadas de vasos finos onde se realizam as trocas de substâncias com as células dos tecidos. Se originam das "arteríolas" (extremo arterial dos capilares) e retornam o sangue às "vénulas", começo do retorno do circuito (extremo venoso dos capilares).

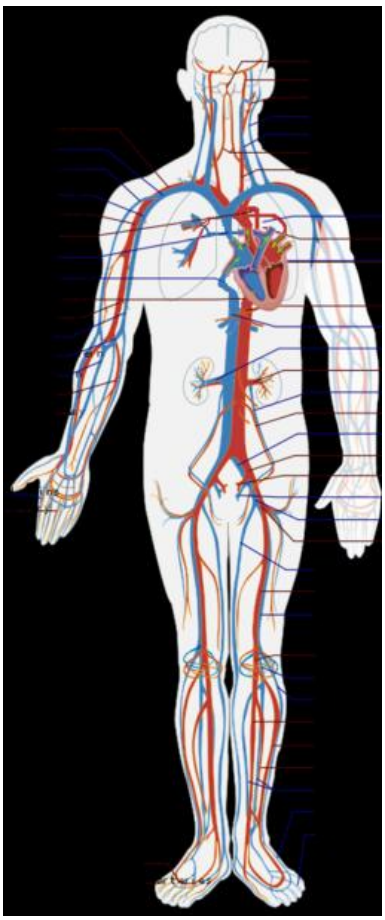


Figura 1. Sistema Cardiovascular.

Imagem cortesia de Mariana Ruiz Villarreal

- ***Veias***. Vasos que devolvem o sangue desde os tecidos até o coração. Vão confluindo progressivamente desde o extremo venosos dos capilares (como as raízes duma árvore, até o tronco) formando vasos cada vez mais grossos até chegar ao coração (veia cava que entra na aurícula direita e veias pulmonares que entram na aurícula esquerda).

2.2.2 Além do esquema básico descrito da circulação pelos vasos (artéria → arteriola → capilares → vénula → veia), existem outras comunicações entre vasos (*anastomoses*), úteis em algumas situações:

- ***Meta-arteriolas***, comunicações entre arteriolas e vénulas, que desviam o sangue sem passar pelos capilares, em casos do tecido não precisar de muita troca de moléculas, evitando um fluxo de sangue inútil.
- ***Anastomoses arterio-venosas***, iguais as anteriores mas entre vasos de maior calibre (artérias e veias), o que permite uma re-distribuição vascular mais rápida e maior em casos urgentes.

Por exemplo, em sangramentos severos, o fluxo de sangue é priorizado para os órgãos mais importantes (cérebro, coração), deixando os membros e pele com o mínimo fluxo de sangue.

2.3 ***Anastomoses arteriais***, comunicações laterais entre duas artérias que irrigam partes diferentes de um mesmo órgão ou tecido, protegendo-o contra a "isquemia" (redução na quantidade de sangue arterial fornecido com consequente défice de oxigénio no tecido) por uma possível lesão duma das artérias (de maneira que outra artéria irrigaria o território da lesada).

As estruturas anatómicas que recebem sangue por um única artéria (como o testículo) ou por varias artérias não comunicadas que irrigam territórios independentes (como o músculo cardíaco) têm maior risco de sofrer isquemia, pois não tem outras artérias que as substituam quando estão obstruídas.

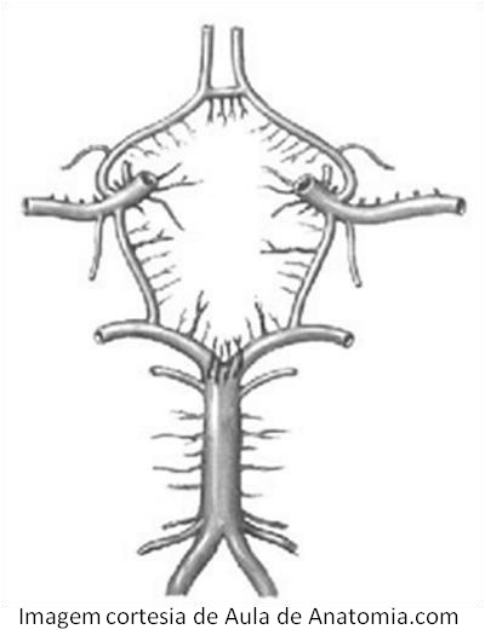

Imagem cortesia de Aula de Anatomia.com

Figura 2. Anastomose.

2.4 **Circuitos pulmonar e sistémico.** O sistema cardiovascular está formado por dois circuitos interligados que se entrecruzam no coração (formando uma figura de "8"). São *(tratado mais amplamente na Aula 19)*:

- *A Circulação pulmonar*, que desde o ventrículo direito do coração, leva o sangue pobre em oxigénio (vindo dos tecidos) aos pulmões para a sua oxigenação, retornando-o à aurícula esquerda.
- *A Circulação sistémica,* que desde o ventrículo esquerdo do coração, leva o sangue oxigenado a todo o corpo para a oxigenação dos tecidos, retornando sangue já desoxigenado à aurícula direita (que passará de novo ao circuito pulmonar).

2.5 **Morfologia dos vasos sanguíneos.** Todos os vasos (artérias e veias, de qualquer diâmetro) têm uma estrutura anatómica comum, com 3 camadas concêntricas:

- "Íntima", camada mais interna (em contacto com o sangue), de endotélio plano, que recobre todo o sistema circulatório (coração, vasos sanguíneos e linfáticos), suportado num lenço de fibras colágenas ("lâmina basal").

- "Média", que dá a espessura e resistência a parede vascular, composta por músculo liso e fibras elásticas e colágenas. É muito saliente nas artérias (que suportam maior pressão do sangue), menor nas veias e ausente nos capilares.
- "Adventícia", camada externa de conjuntivo com vasos finos (de alimentação da própria parede vascular) e nervos (que regulam as fibras musculares).

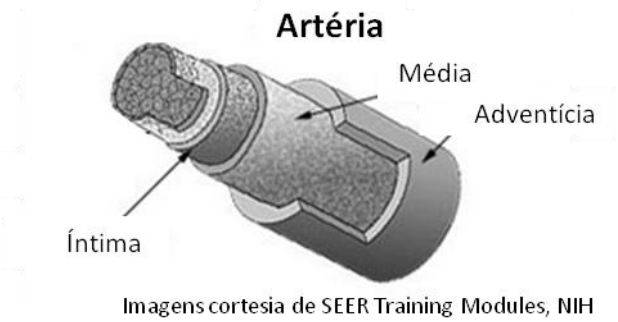


Figura 3. Secção de um vaso sanguíneo.

2.5.1 A estrutura geral das ***artérias*** vai mudando conforme diminui o seu tamanho:

- As mais grandes (artéria aorta e seus ramos principais) são *"Artérias elásticas"*, com predomínio de fibras elásticas e colágeno e fibroblastos, capazes de resistir as altas pressões do sangue que parte do coração.
- Artérias de menor diâmetro e que suportam menores pressões são *"Artérias musculares"*, com maior predomínio de fibras de músculo liso e escassa camada elástica. A contracção das fibras musculares serve para manter a pressão do sangue para que consiga chegar a longas distância (como as mãos e pés).
- *"Arteriolas",* são as artérias mais finas, das que partem as redes capilares. A sua parede tem células musculares grossas, capazes de se contraírem para fechar a passagem de sangue, actuando como esfíncteres controladores do fluxo sobre as redes capilares.

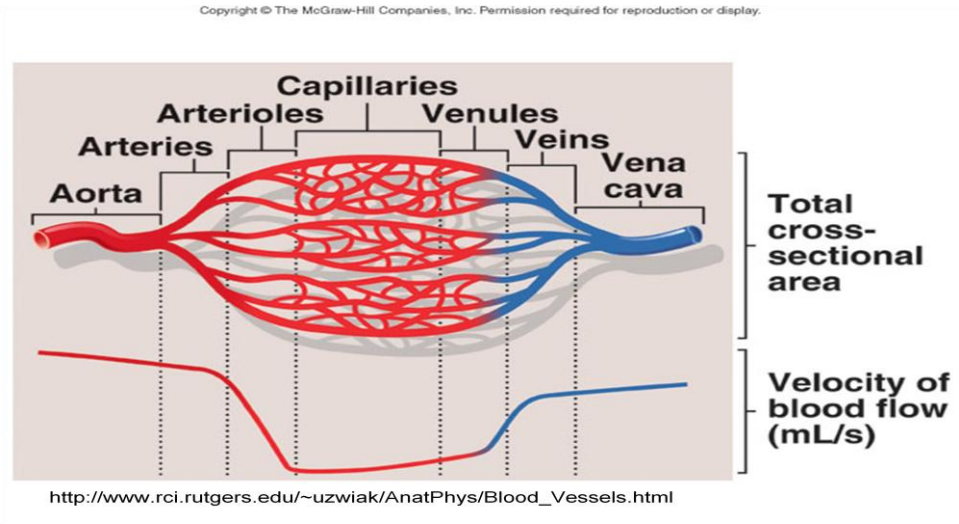
2.5.2 Os ***capilares*** são os vasos mais finos que interagem directamente com as células, e permitem a troca de substâncias entre o sangue e os tecidos. São constituídos apenas por endotélio: uma única célula plana que contorna todo o diâmetro do vaso. As células do endotélio podem:

- Estar seladas, deixando passar as substancias só a traves da célula endotelial (endotélio contínuo) ou
- Ter espaços abertos entre elas para a passagem rápida de grandes moléculas (endotélio descontínuo).

2.5.3 As **veias** também mudam conforme vão aumentando de diâmetro:

- *"Vénulas"* são o extremo de retorno das redes capilares, produto da convergência de vários deles. Tem um endotélio descontínuo, que deixa passar células brancas do sangue para os tecidos (função de defesa).
- *"Vénulas musculares",* maiores que às anteriores e com endotélio contínuo e com uma camada de fibras musculares.

- *"Veias",* são vasos grandes que apresentam as três camadas completas, com escassa fibras musculares e muitas fibras elásticas. Capazes de se dilatar para receber muito sangue, mas com pouca possibilidade de se contrair e manter pressão no sangue.



  - **Figura 4.** Ramificações das artérias e veia, e anastomoses

A parede interna das veias dos membros (especialmente os inferiores) forma pregas semilunares ("válvulas venosas") que se abrem a favor da corrente sanguínea e se fecham em contra da corrente, evitando o refluxo de sangue pelo efeito da gravidade.

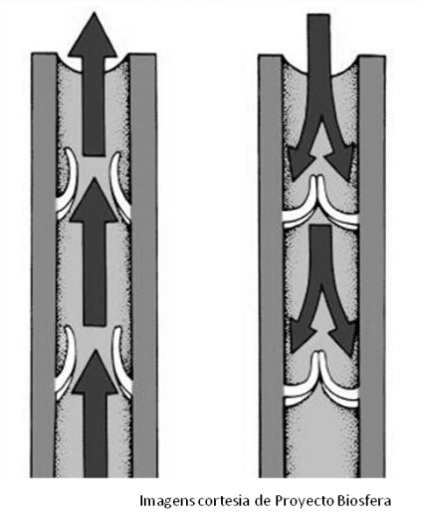


Figura 5. Válvulas venosas.

BILOCO 3: CORAÇÃO – ESTRUTURA E FUNÇÃO

3.1 O coração é a **bomba muscular** que proporciona pressão ao sistema circulatório, movimentando o sangue por todo o corpo. Pesa entre 270 e 300g, do tamanho do nosso próprio punho e com forma de cone oco.

3.1.1 Está situado no tórax,mediastino anterior, imediatamente posterior e esquerdo ao esterno, apoiado no diafragma e com a ponta anterior, inferior e a esquerda.

3.1.2 A semelhança dos outros elementos do sistema circulatório, é um órgão oco procedente da fusão de dois tubos dilatados. A parede têm três camadas:

- Interna ou “Endocárdio”, endotélio de células planas com lâmina basal.
- Média ou “Miocárdio”, grossa camada de fibras musculares estriadas cardíacas.
- Externa, dividida em duas folhas: interna (“Pericárdio visceral” ou “Epicárdio”), camada serosa que recobre o miocárdio, e externa (“Pericárdio parietal”), camada fibrosa, separada da anterior por um espaço pericárdico virtual, que contém aproximadamente 10 ml de líquido lubrificante (líquido pericárdico), que facilita os movimentos do coração.

3.2 Está dividido em 4 cavidades: duas a direita, comunicadas entre elas (aurícula e ventrículo direito) e duas a esquerda, comunicadas entre elas (aurícula e ventrículo esquerdo).

3.2.1 Aurículas (também chamadas “átrios”) ou câmaras receptoras, localizadas na parte superior do coração, são câmaras ou cavidades que recebem o sangue que chega ao coração através de veias. Estão separadas entre elas por um *tabique inter-auricular*.

- *Aurícula direita (AD)*, recebe o sangue não oxigenado da circulação sistémica (de todo o corpo, excepto dos pulmões). Três veias desembocam na AD: *veia cava inferior* que recolhe o sangue venoso, proveniente do tórax, abdómen e membros inferiores, *veia cava superior* que recolhe o sangue venoso proveniente da cabeça, pescoço e membros superiores, e o *seio coronário* que drena o sangue do próprio coração.
- *Aurícula esquerda (AE)*, recebe o sangue oxigenado da circulação pulmonar através das *veias pulmonares*.

3.2.2 Ventrículos ou câmaras ejectoras, localizam-se na parte inferior do coração. Os ventrículos bombeiam o sangue para as artérias. Têm o miocárdio mais espesso para poder realizar a sua função propulsora. Estão separados por um grosso *tabique inter-ventricular*.

- *Ventrículo direito (VD)*, recebe o sangue da aurícula direita e bombeia-o para a circulação pulmonar através da *artéria pulmonar*.
- *Ventrículo esquerdo (VE)*, recebe o sangue da aurícula esquerda e bombeia-o para a circulação sistémica através da *artéria aorta*. Têm um miocárdio muito mais espesso que o direito, pois alimenta a circulação sistémica, que precisa de pressões muito maiores para o sangue chegar a todos os tecidos.

3.3 Assim a **sequência da circulação** do sangue seria: Ventrículo esquerdo → circulação arterial sistémica (através da artéria aorta) → capilares dos tecidos (desoxigenação do sangue) → circulação venosa sistémica → aurícula direita → Ventrículo Direito → circulação arterial pulmonar → capilares pulmonares (oxigenação do sangue) → circulação venosa pulmonar → Aurícula Esquerda → Ventrículo Esquerdo.

3.4 Todas as câmaras têm na sua porta de saída, um mecanismo (**“válvulas cardíacas”**) que permitem o fluxo do sangue num único sentido, evitando o retorno do sangue ejectado, que faria a bomba cardíaca menos eficaz:

3.4.1 Válvulas aurículo-ventriculares (AV), estão entre as aurículas e os ventrículos, impedem o refluxo de sangue às aurículas quando os ventrículos contraem e ejectam o sangue para as artérias. São:

- *Válvula AV direita ou “tricúspide”*, por estar formada por 3 folhas (“valvas”) que abrem e fecham como comportas.
- *Válvula AV esquerda, “mitral” ou “bicúspide”,* por estar formada por 2 valvas.

3.4.2 Válvulas ventriculares (V) ou semi-lunares (SL), estão entre ventrículos e artérias de saída, e impedem o refluxo do sangue aos ventrículos desde as artérias. São formadas cada uma

por três lâminas (“valvas semilunares”) de tecido conjuntivo elástico, ligadas ao orifício de saída arterial.

- *Válvula Ventricular direita ou pulmonar*
- *Válvula Ventricular esquerda ou aórtica*

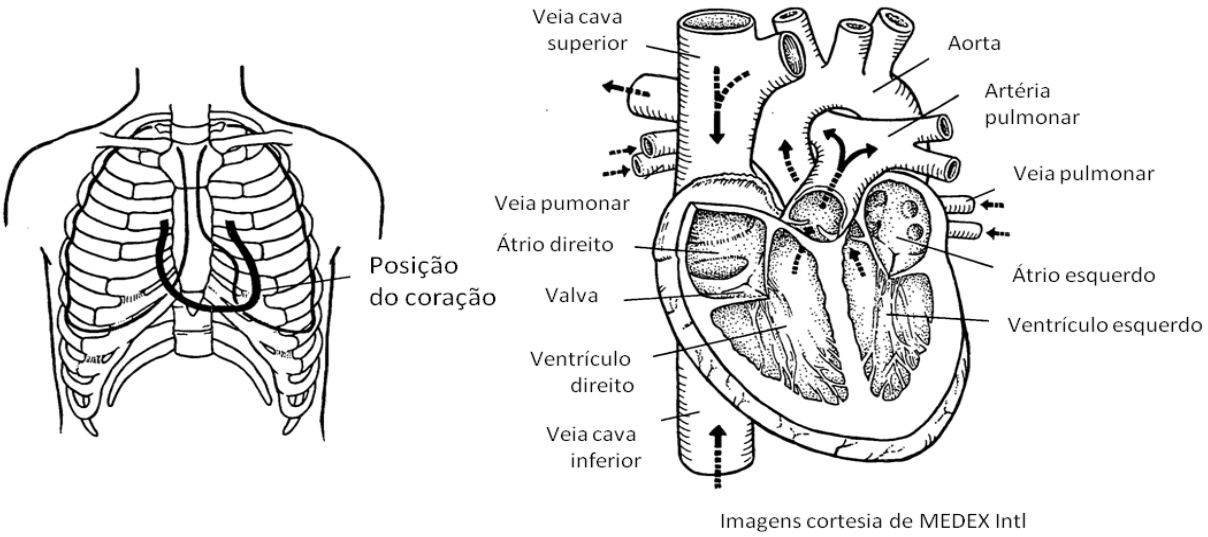


Figura 6. Coração: posição e esquema

3.5 **Irrigação do coração.** O coração é um órgão muito activo, com alto metabolismo devido à contracção rítmica permanente do seu miocárdio, o que exige um aporte contínuo de oxigénio e nutrientes.

3.5.1 A irrigação é feita pelas **“artérias coronárias”** que partem da aorta, imediatamente depois da válvula aórtica, e se estendem pelo pericárdio visceral originando múltiplas arteriolas que penetram no miocárdio.

3.5.2 Ambas artérias estão comunicadas proximalmente, mas todos os ramos distais são “terminais” (não comunicados), pelo que a obstrução de um delas provoca a isquemia no território miocárdico correspondente.

3.5.3 O retorno venosos faz-se por um sistema paralelo que desagua no “seio coronário”, comunicado directamente com a AD.

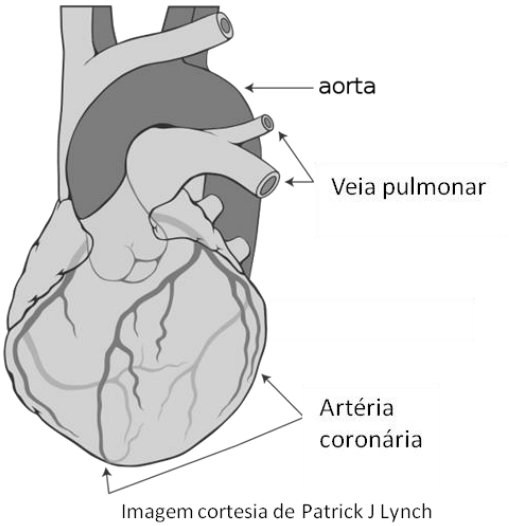


Figura 7. Artérias coronárias

3.6 **Sistema eléctrico cardíaco.** O coração tem um tecido próprio (células musculares modificadas: neuro-musculares) especializado na transmissão de impulsos eléctricos através de todo o miocárdio, que disparam a contracção rítmica e síncrona do músculo cardíaco.

3.6.1 Estes impulsos são gerados espontaneamente (não precisa dum comando nervosos externo) e podem ser detectados e impressos num gráfico continuo ("electrocardiograma"), que informa sobre a fisiologia e patologia do ritmo cardíaco.

3.6.2 Este tecido neuro-muscular é formado por:

- *Nodo sinoatrial (NSA) ou de Keith-Flack,* na parede do AD, é a estrutura que gera os impulsos ("marca-passo fisiológico", cerca de 60-70 batimentos/min), que transmite ao:
- *Nodo atrioventricular (NAV) ou Aschoff-Tawara ,* perto do anterior, entre AD e VD, é a estrutura da qual parte toda a rede de fibras para o miocárdio e é capaz de substituir ao NSA no caso deste deixar de funcionar. Recebe o impulso do NSA e transmite através do feixe de His às:
- Fibras conductoras ("sistema de Purkinje") e se distribuem o impulso nervoso por todo o miocárdio, originando a contracção.

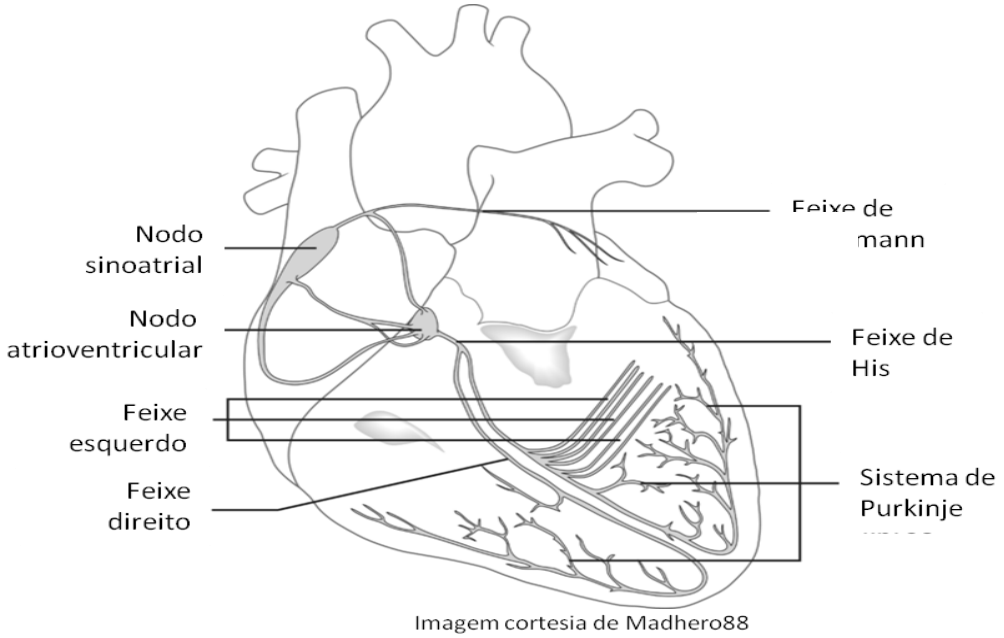


Figura 8. Sistema eléctrico cardíaco

3.6.3 A ***inervação cardíaca*** (a través do sistema nervoso autónomo, encarregue pela regulação visceral) não produz o batimento, mas sim modifica a frequência deste, modulando o NSA para adaptar o seu ritmo às necessidades de cada momento.

BLOCO 4: SISTEMA ARTERIAL

4.1 O sistema arterial é o que transporta o sangue desde o coração até os pulmões (circulação pulmonar) e até os órgãos e tecidos de todo o corpo (circulação sistémica).

4.1.1 As veias do sistema venoso têm geralmente percursos paralelos às artérias do sistema arterial, mas de sentido contrário (desde pulmões e tecidos até o coração). Para melhor

entender este conceito, artérias e veias de cada região aparecem juntas nas figuras do bloco seguinte (em este bloco aparecem apenas as referências para a sua consulta).

4.2 **Circulação pulmonar arterial.**

4.2.1 A circulação pulmonar começa no ventrículo direito, de onde sai o ***tronco pulmonar***.

4.2.2 O tronco logo se bifurca nas ***artérias pulmonares direita e esquerda***, as quais entram em cada pulmão (pelo "hilo pulmonar"), onde se dividem em diferentes ramos para cada lobo e segmento.

4.2.3 Esses ramos principais continuam-se dividindo até formarem as redes capilares, em torno dos alvéolos pulmonares (sacos microscópicos onde circula o ar inspirado), onde se efectua o intercâmbio gasoso (hematose - entra o O_2 na circulação sanguínea, e sai o CO_2).

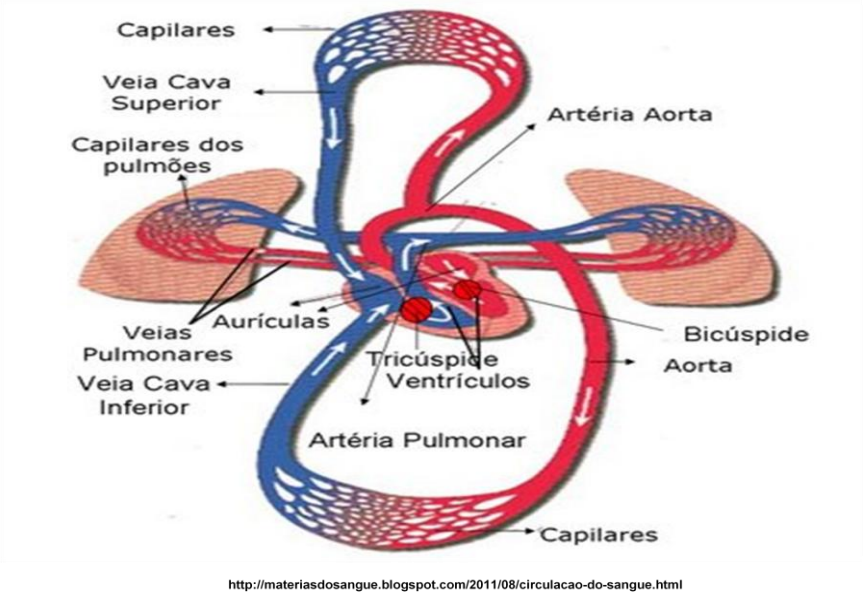


Figura 9. Circulação Pulmonar e Sistêmica

4.3 **Circulação sistémica arterial.** Parte do ventrículo esquerdo do coração pela ***artéria aorta***. Esta artéria é a maior do corpo com cerca de 2 a 3 cm de diâmetro, da qual partem todas as artérias sistémicas. É dividida regionalmente em:

- aorta ascendente, que inclui a válvula semi-lunar aórtica, da que partem as artérias coronárias que irrigam o próprio coração.
- arco aórtico, que origina ramos para cabeça e para os membros superiores
- aorta torácica, que origina ramos para o tórax
- aorta abdominal, que origina ramos para o abdómen e para os membros inferiores.

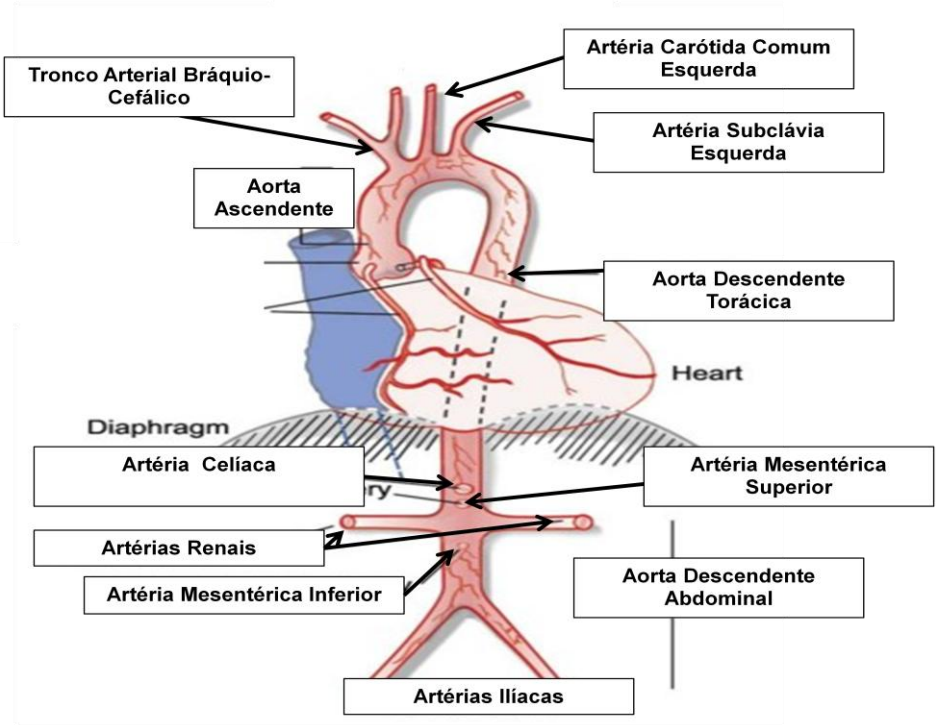
4.3.1 Excepto em alguns casos que serão mencionados posteriormente, a circulação arterial sistémica é simétrica (igual nos dois lados do corpo: direito e esquerdo).

4.4 Do **arco aórtico** partem sequencialmente todas as artérias pares, excepto as dos troncos principais que não são simétricos:

4.4.1 *"Tronco arterial braquio-cefálico direito"*, que divide-se em artéria carótida comum e artéria subclávia direita (que já terão os mesmos ramos que as esquerdas).

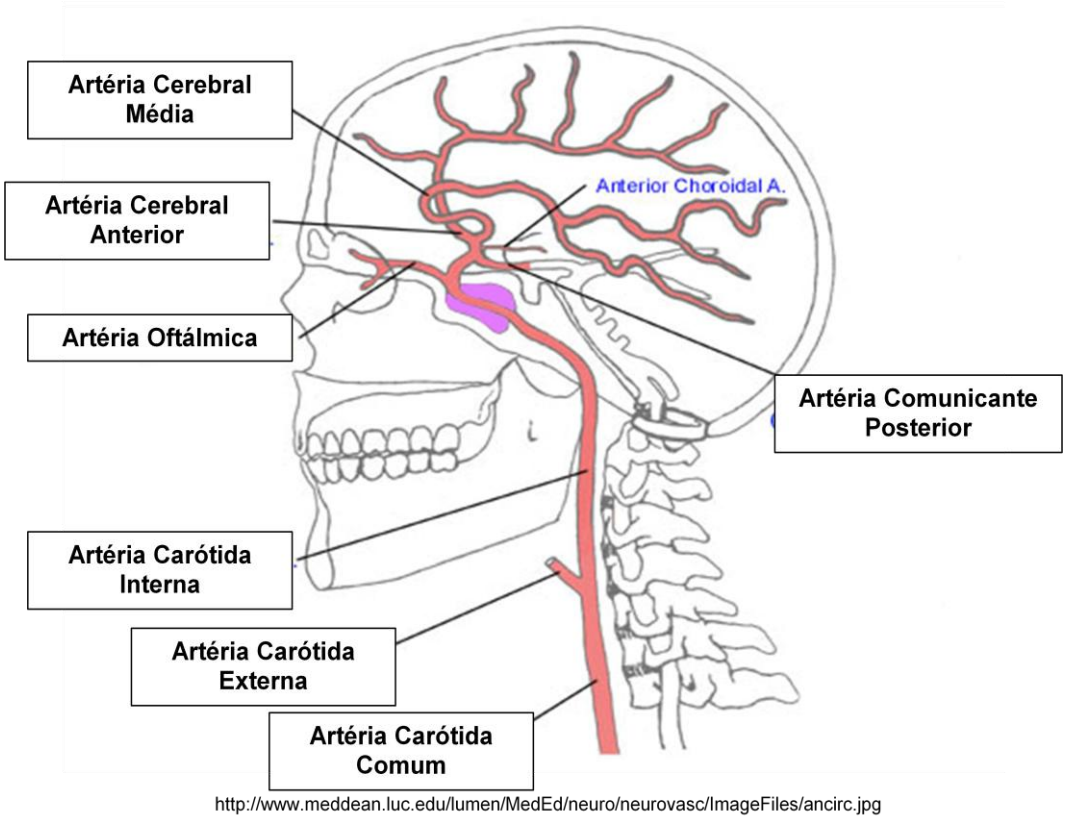
4.4.2 *"Carótida comum esquerda"*, que sobe para irrigar a cabeça e divide-se (na parte alta do pescoço) em *"carótida interna"* (que irriga o encéfalo) e *"carótida externa"* (que irriga a parte externa da cabeça e a face).

4.4.3 *"Subclávia esquerda"*, da qual partem a arteria *"Vertebral"* (para a coluna e partes do encéfalo, anastomosándo-se a ramos da carótida interna: sistema vértebro-basilar), o *"Tronco tíreo-cervical"* (para tiróide e outras estruturas do pescoço), a *"Torácica interna"* e o *"Tronco costo-cervical"*.



http://www.cedars-sinai.edu/Patients/Programs-and-Services/Heart-Institute/Images/stuctureofaorta_l.jpg

Figura 10. Artéria Aorta e seus Ramos

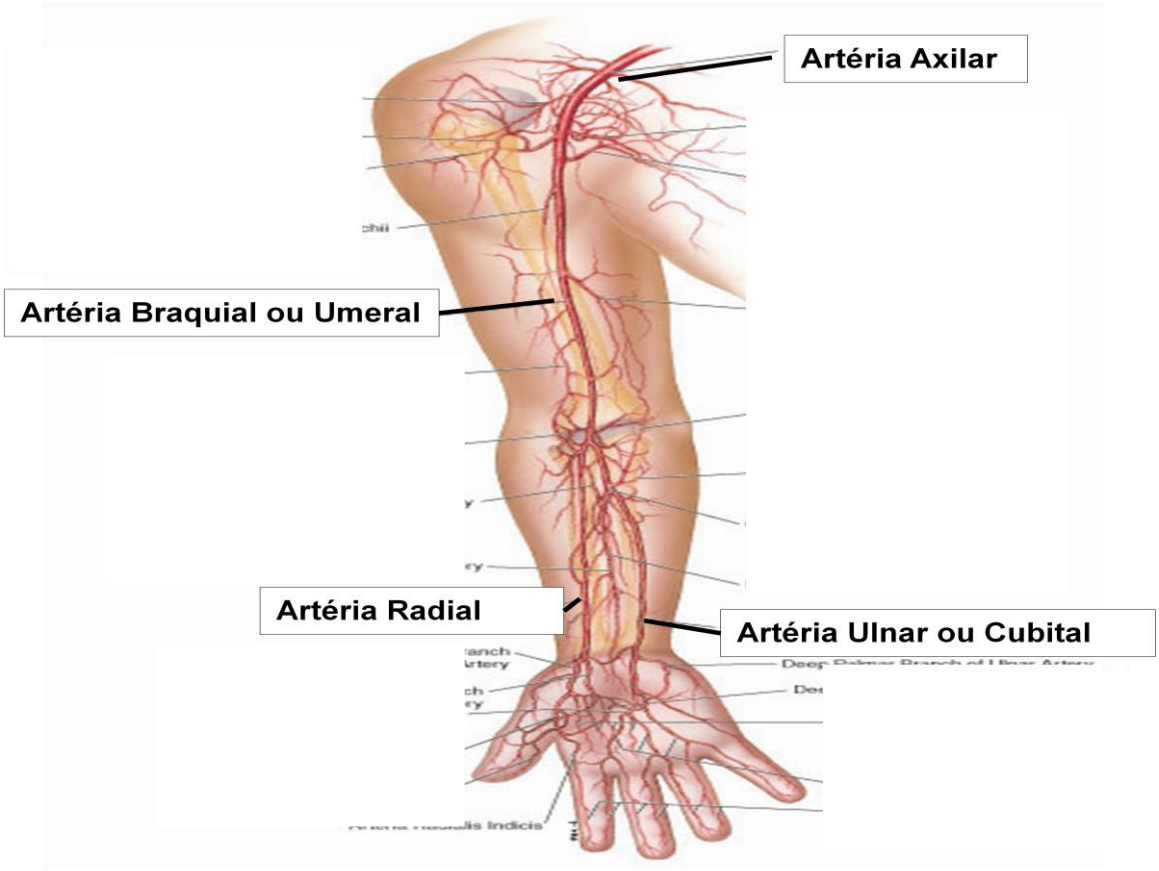


http://www.meddean.luc.edu/lumen/MedEd/neuro/neurovasc/ImageFiles/ancirc.jpg

Figura 11. Artérias para o pescoço e cabeça

Quando a artéria subclávia passa por baixo da clavícula, passa a chamar-se *"Artéria axilar"*, que considera-se já um vaso terminal (que vai a uma estrutura concreta, onde termina), que originará todos os ramos arteriais do membro superior:

- Artéria "Braquial", no braço, que dividir-se-á no cotovelo em
- Artéria "Ulnar" e "Radial", no antebraço, que finalmente irrigarão a mão.



http://www.musc.edu/intrad/AtlasofVascularAnatomy/images/CHAP15FIG22.jpg

Figura 12. Artérias do Membro Superior

4.5 Da **aorta torácica** partem sequencialmente todas artérias pares:

4.5.1 Na sua face anterior, artérias que vão às estruturas intra-torácicas:

- *Artérias "Bronquiais"* (que levam sangue oxigenado aos pulmões e correm paralelas às da circulação pulmonar),
- *Artérias "Pericárdicas"* (para o pericárdio),
- *Artérias "Esofágicas"* (para o esófago) e
- *Artérias "Frénicas"* (para o diafragma).

4.5.2 Na sua face latero-posterior, os ramos

- *Artérias "Vertebrais torácicas"* (para coluna e medula) e
- *Artérias "Intercostais"*, um para cada espaço intercostal, para irrigar toda a parede torácica.

4.6 Da **aorta abdominal** partem sequencialmente artérias pares (excepto as mencionadas como únicas):

4.6.1 *"Tronco celíaco"* (único), com 3 ramos:

- *Artéria "Gástrica esquerda"*, que irriga o estômago.
- *Artéria "Hepática"*, que irriga o fígado (com sangue oxigenada, fora do sistema porta).
- *Artéria "Esplénica"*, que irriga o pâncreas e o baço.

4.6.2 *Artéria "Mesentérica superior"* (única), que irriga o intestino delgado e grosso, até o transverso.

4.6.3 *Artérias "Renais"* e *"Supra-renais"*, que irrigam estes órgãos.

4.6.4 *Artéria "Testicular"* (em homens) ou *"Ovariana"* (em mulheres), que desce até os correspondentes órgãos reprodutores.

4.6.5 *Artéria "Mesentérica inferior"* (única), que irriga o intestino grosso desde o tranverso e o recto.

4.6.6 *Artérias "Vertebrais lombares"*, continuação da sequência dos torácicos, partem da face postero-lateral da aorta, para irrigar coluna e medula.

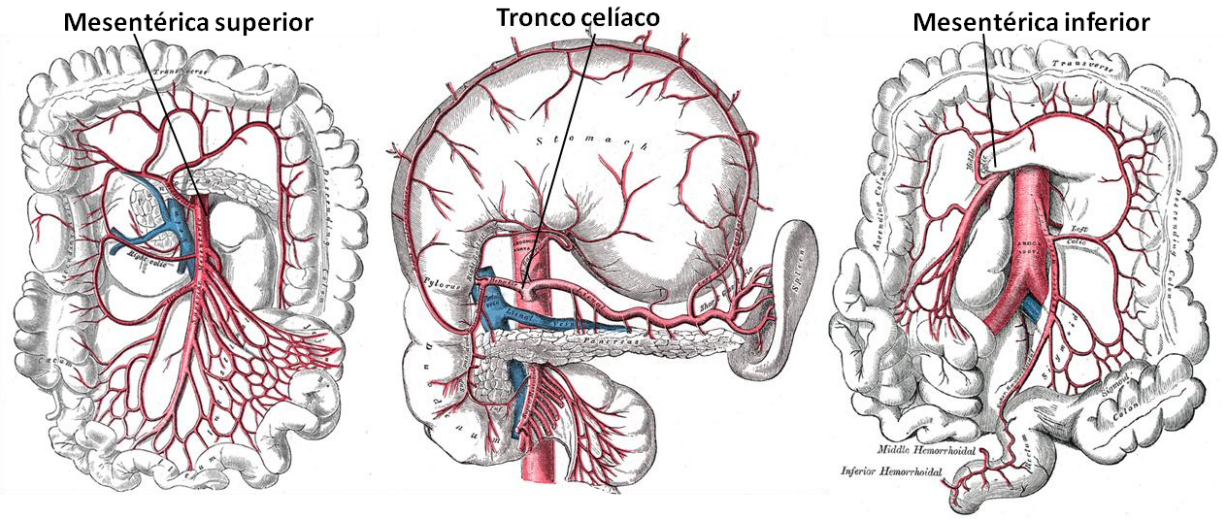


Figura 13. Circulação arterial dos órgãos abdominais.

4.7 A **aorta terminal** supõe o fim da aorta abdominal, quando se divide na entrada da pélvis ("bifurcação aórtica") nas *"Ilíacas comuns"* (uma para cada membro inferior), que darão os seguintes ramos:

4.7.1 *Artéria "Ilíaca interna"*, que origina ramos para os órgãos pélvicos e para a parede pélvica e períneo.

4.7.2 *Artéria "Ilíaca externa"*, que dará as seguintes artérias:

- *"Femoral"* (na coxa), que chamar-se-á *"Poplítea"* a partir da sua passagem parte posterior do joelho, onde dará:
- *"Tibial anterior e posterior"* e *"Fibular"* na perna, que finalmente irrigarão o pé.

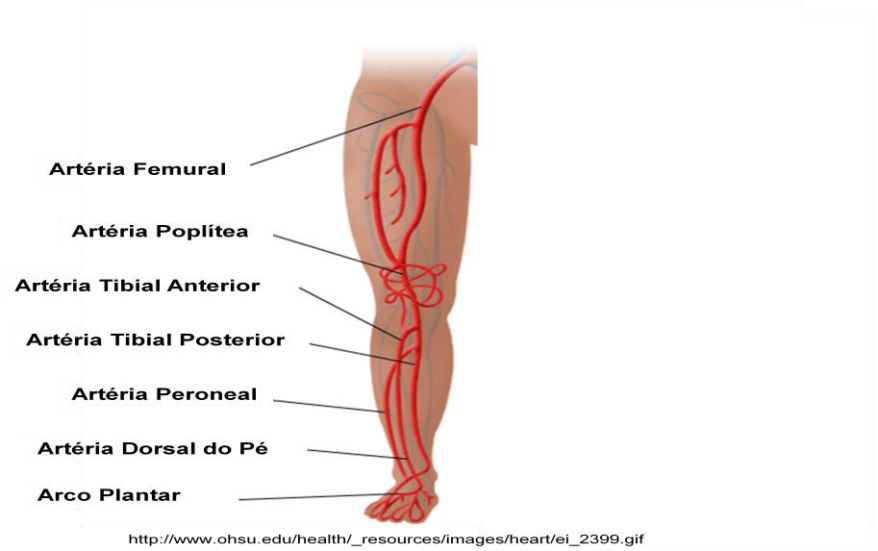


Figura 14. Artérias dos Membros Inferiores

BLOCO 4: SISTEMA VENOSO

4.1 **Circulação pulmonar venosa.** Supõe o retorno de sangue oxigenado desde os pulmões até o coração. O sangue procedente do intercâmbio gasoso alveolar, retorna pelo extremo capilar venoso para se incorporar a veias confluentes de progressivo maior calibre, até formar as 4 *"veias pulmonares" (direitas, superior e inferior, e esquerdas, superior e inferior)*, que entram directamente na aurícula esquerda.

4.2 Circulação sistémica venosa. O sangue retornará desde todos os órgãos do corpo até a aurícula direita pelas **veias cava superior e inferior**, nas que desembocam todas as veias sistémicas:

- Os territórios irrigados por ramos do arco aórtico e da aorta torácica (cabeça, pescoço, membros superiores e tórax) drenam à veia cava superior.
- Os territórios irrigados por ramos da aorta abdominal e das ilíacas (abdómen, pélvis e membros inferiores) drenam à veia cava inferior.

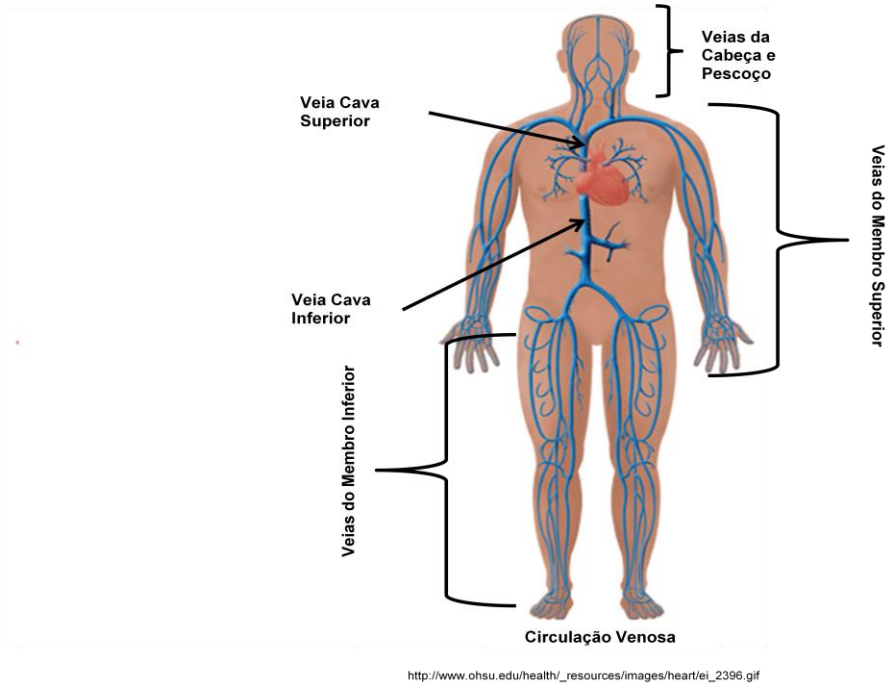


Figura 15. Circulação venosa

- Excepto em alguns casos (que serão mencionados), a circulação sistémica venosa também é simétrica.
- Em muitos casos, mas não sempre, as veias que drenam um certo território seguem, de retorno, o mesmo caminho anatómico que as artérias correspondentes, e têm os mesmos nomes (por ex.: artéria e veia femorais). Ao contrário que as artérias, que são muito constantes na sua posição, as veias, especialmente as mais periféricas e superficiais, não são exactamente iguais em todos os indivíduos.
- As *"veias coronárias"*, drenam o sangue do miocárdio ao "seio coronário", que desemboca directamente na aurícula direita.

4.3 A **veia cava superior** forma-se da junção do "sistema ázigos" (conjunto de pequenos vasos que drenam o sangue da coluna e parede torácica) e das duas "veias braquiocefálicas" (que retornam sangue das vísceras do tórax, cabeça e membros superiores). As principais veias que desembocam nas braquiocefálicas são:

4.3.1 *"Ázigos"* (única, no lado direito) e *"Hemiázigos"* (duas, no lado esquerdo, que finalmente tributam na ázigos), retornam o sangue procedente da parede torácica (pelas *"Intercostais"*), da coluna e medula (pelas *"Vertebrais"*), dos pulmões (*"Bronquiais"*) e do pericárdico (*"Pericárdicas"*).

4.3.2 *"Tiróidea"*, *"Traqueal"*, *"Frénica"*, *"Mediastínicas", "Esofágica"* e *"Tímica"*, que drenam as estruturas correspondentes.

4.3.3 *"Jugular interna"*, drena sangue do encéfalo e pescoço.

4.3.4 *"Vetebral"* e *"Cervical profunda"*, que drenam coluna cervical e parte posterior do pescoço.

4.3.5 *"Jugular externa"*, drena sangue do exterior da cabeça e face.

4.3.6 *"Subclávia"*, drena o sangue vindo do membro superior, a través dos seus ramos:

- veias superficiais de antebraço e braço: *"Basílica"* (medial) e *"Cefálica"* (lateral).
- veias profundas: *"Ulnar"* e *"Cubital"* (do antebraço) que confluem na *"Braquial"* (do braço).

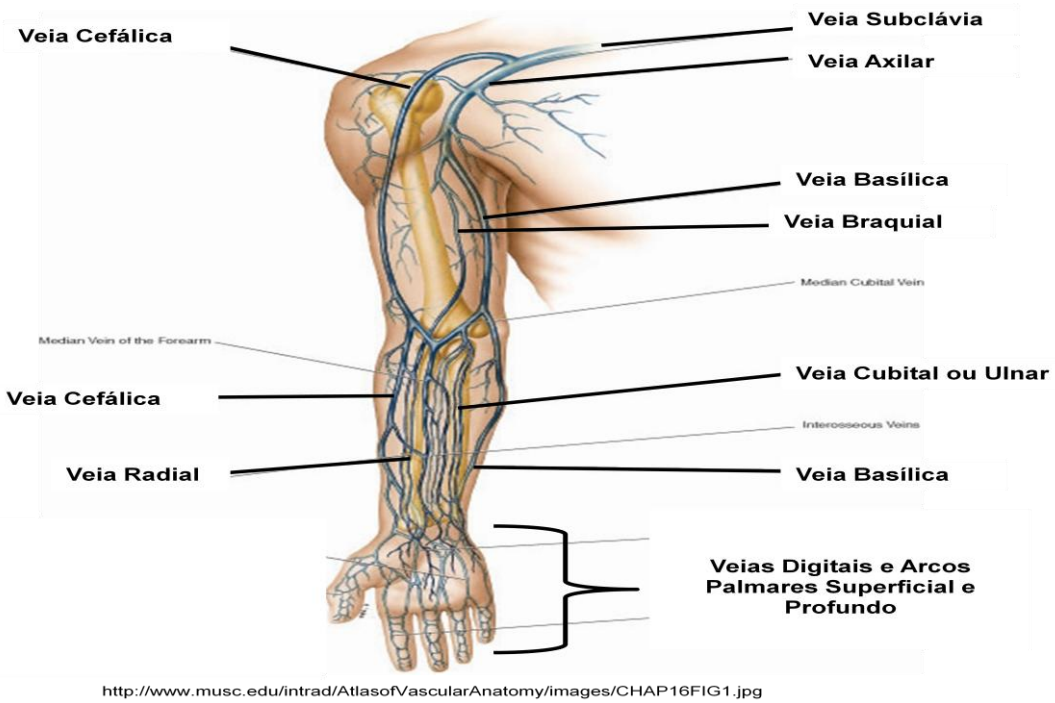


Figura 16. Veias dos Membros Superiores

4.4 Na **veia cava inferior** drenam as veias procedentes do abdómen, pélvis e membros inferiores:

4.4.1 *"Frénicas inferiores"*, que drenam a face inferior do diafragma.

4.4.2 *"Vertebrais lombares"*, continuação da sequência das torácicas, drenam à face postero-lateral da cava.

4.4.3 *"Sistema portal hepático"* (único), pelo que drenam as vísceras intra-abdominais até o fígado *(vide detalhes na Aula 19)*.

4.4.4 *"Renais"* e *"Supra-renais"*, que drenam estes órgãos.

4.4.5 *"Testicular"* (em homens) ou *"Ovariana"* (em mulheres), que drenam os correspondentes órgãos reprodutores (a direita drena directamente na cava inferior, mas a esquerda drena na v. renal esquerda, o qual têm implicações clínicas)

4.5 A **veia cava inferior** forma-se da confluência das *"Ilíacas comuns"* (uma desde cada membro inferior), que pela sua vez recebem sangue dos ramos:

4.5.1 *"Ilíaca interna"*, que drena os órgãos pélvicos e a parede pélvica e períneo.

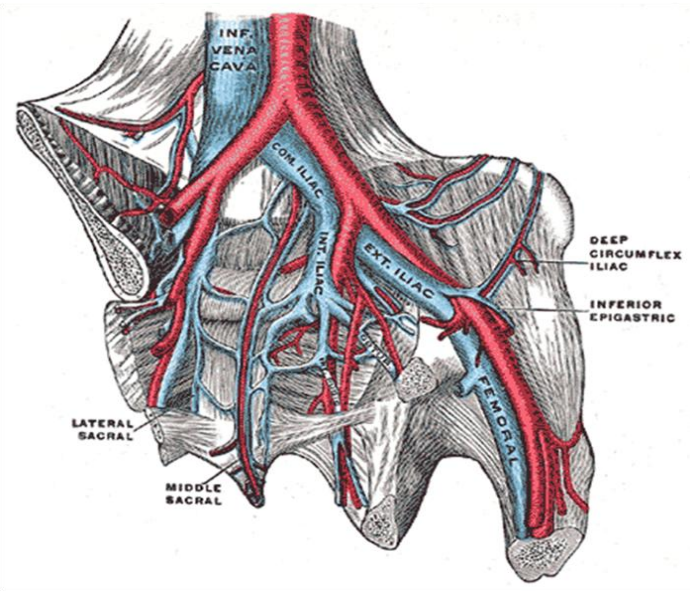


Figura 17. Circulação arterial e venosa da pélvis.

4.5.2 *"Ilíaca externa"*, onde confluem as veias que drenam o membro inferior:

- veias superficiais de perna e coxa: *"Safena"* (medial).
- veias profundas: *"Tibial anterior e posterior"* e *"Fibular"* (da perna) que confluem na *"Poplítea"* (posterior do joelho), que chamar-se-á
- *"Femoral"* no seu trajecto pela coxa, para formar a ilíaca externa.

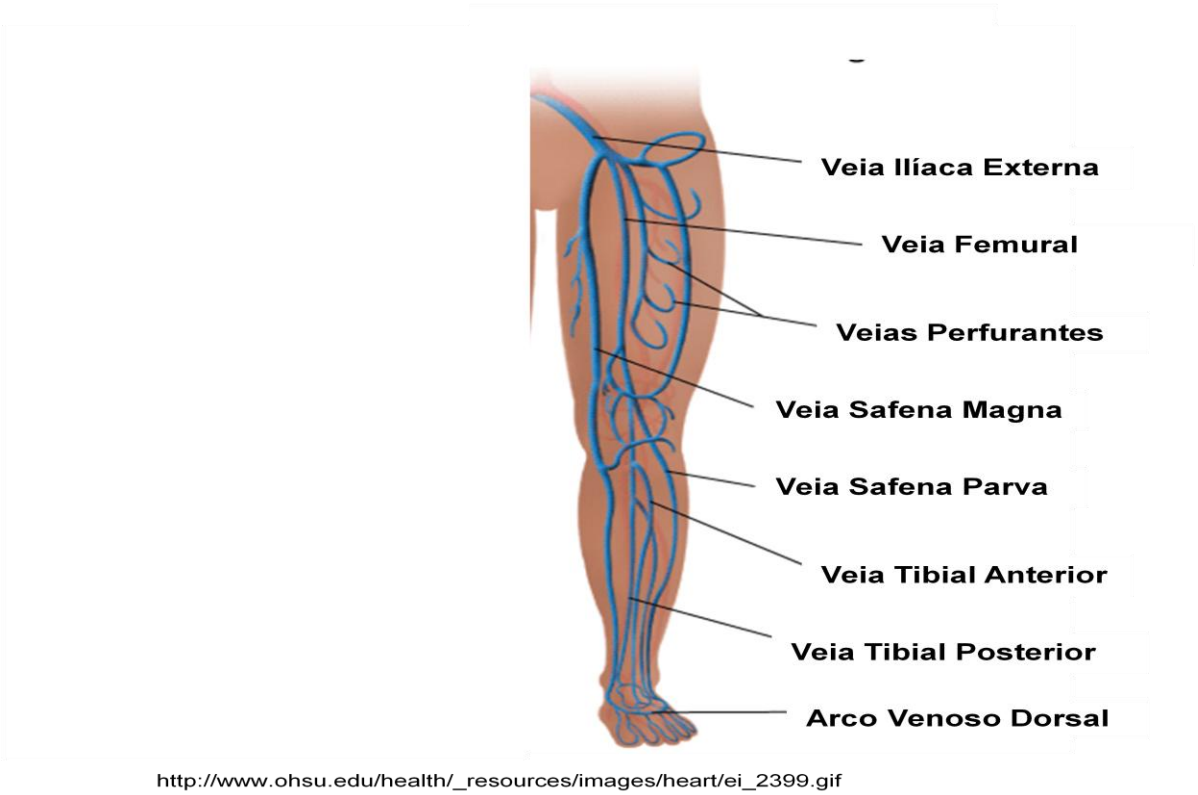


Figura 18. Veias dos Membros Inferiores

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

4.6 O sistema circulatório é uma rede de tubos ramificados com função de transporte de sangue e linfa entre todos os tecidos.

4.7 O sistema cardiovascular é uma rede ramificada múltipla e sequencialmente que leva o sangue desde o coração até aos capilares (sistema arterial) e destes até ao coração de volta (sistema venoso).

4.8 O sistema cardiovascular está formado por dois circuitos independentes, que partem do coração: a circulação pulmonar, que leva o sangue até os pulmões para ser oxigenado, e a circulação sistémica , que leva sangue oxigenado para todos os órgãos do corpo.

4.9 O coração é uma bomba muscular (miocárdio) com 4 cavidades: duas aurículas (direita e esquerda), que recebem o sangue das veias, e dois ventrículos (direito e esquerdo), que ejectam o sangue para as artérias.

4.10 As aurículas comunicam-se com os ventrículos através das válvulas aurículo-ventriculares: direita ou tricúspide e esquerda ou mitral. Os ventrículos comunicam-se com as artérias de saída mediante vávulas semilunares: direita ou pulmonar e esquerda ou aórtica.

4.11 O coração é nutrido por uma rede vascular (coronária) que aporta oxigeno e nutrientes.

4.12 O batimento cardíaco é espontâneo e rítmico, a partir de um marca-passos de células neuromusculares especializadas situado na aurícula direita, de onde o sinal eléctrico se espalha progressivamente por todo o miocárdio como uma onda na água.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	19
Tópico	Sistema Cardiovascular	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia do Sistema Cardiovascular (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a circulação pulmonar e a circulação sistémica;
2. Descrever as circulações especiais (portal e fetal);
3. Listar as fases do ciclo cardíaco;
4. Identificar os sons cardíacos;
5. Definir sístole e diástole;
6. Descrever a pressão arterial;
7. Descrever os mecanismos normais de controlo da pressão arterial;
8. Explicar as características da condução dos impulsos eléctricos no músculo cardíaco;
9. Identificar os factores que influenciam o gasto cardíaco e o fluxo sanguíneo;

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sistemas Vasculares		
3	Fisiologia Cardíaca		
4	Pressão Arterial		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

Guyton and Hall. Tratado de Fisiologia Medica. Traducao da 11ª Edicao, Brasil: Elsevier Editora. 2006

BLOCO 1. INTRODUÇÃO À AULA

1.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2. Apresentação da estrutura da aula

1.3. Apresentação da bibliografia que o aluno deverá dominar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2. SISTEMAS VASCULARES

2.1. Os dois circuitos (pulmonar e sistémico) que formam o sistema cardiovascular partem e retornam ao coração. São circuitos fechados, pois o sangue nunca sai dos vasos.

2.1.1. Acontracção do coração fornece a pressão necessária para levar o sangue a todo o corpo. As artérias, pela contractilidade da sua parede, ajudam a manter a pressão do sangue, que vai-se reduzindo progressivamente devido ao atrito do sangue com a parede das próprias artérias.

2.1.2. *A Circulação pulmonar* é de baixa pressão, cerca de 25 mmHg à saída do VD (em máxima contracção) até cerca de 5 mmHg à chegada a AE.

2.1.3. A Circulação sistémica ou geral é um circuito de alta pressão, cerca de 120 mmHg à saída do VE (em máxima contracção), caindo para 30 mmHg à entrada das redes capilares, 15 mmHg á saída destas, até cerca de 5 mmHg à chegada a AD.

2.1.4. Habitualmente, se relacionam as artérias com o transporte de sangue oxigenado (pelo que também se chama “sangue arterial”) e as veias com o sangue desoxigenada (“sangue venosa”). Isto é apenas certo para o circuito sistémico, já que no circuito pulmonar as artérias levam sangue desoxigenada até os pulmões e as veias retornam sangue oxigenada.

Por tanto, a diferença entre artérias e veias tem a ver com o sentido do fluxo sanguíneo (artérias levam sangue desde o coração, veias a retornam) e com a pressão vascular (artérias suportam alta pressão, veias levam sangue com baixa pressão) e não com a oxigenação do sangue que transportam. Por isso diferem na sua estrutura.

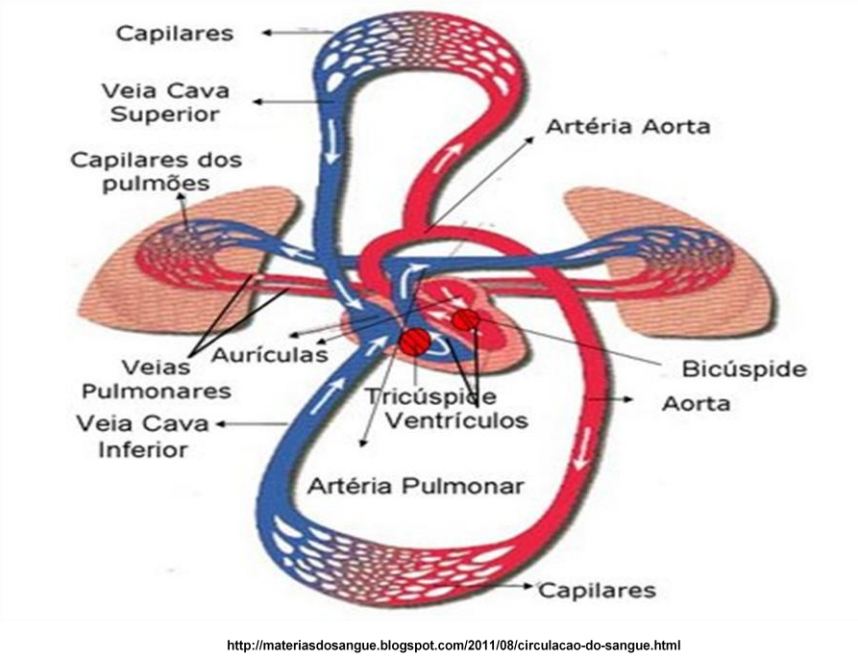


Figura 1. Circulação arterial e venosa

2.2. O sistema venoso portal hepático é um subcircuíto do circuito sistémico venoso pelo que todo o sangue vindo dos órgãos abdominais passa primeiro pelo fígado antes de desaguar na veia cava inferior.

2.2.1. É o sistema de drenagem venoso de todos os órgãos abdominais intraperitoneais (estômago, intestino delgado e grosso, vesícula, pâncreas e baço) que passam conjuntamente pela "veia porta" (chamada assim por ser a entrada do fígado) ao fígado, que actua como filtro de resíduos metabólicos e como depósito das substâncias absorvidas ao longo do tubo digestivo, antes de retornar o sangue ao sistema venoso geral (à veia cava inferior).

2.2.2. A veia porta, ao nível do hilo hepático (entrada do fígado) divide-se em ramos esquerdo e direito (para os dois lóbulos hepáticos). É um vaso curto (7 cm) e largo (1 cm de diâmetro) formado a partir de veias que vêm das vísceras abdominais:

- Veia mesentérica superior, que drena o sangue proveniente do intestino delgado e cólon direito e transverso.
- Veia esplénica, que drena o sangue proveniente do baço, uma parte do estômago e pâncreas, que depois junta-se à
- Veia mesentérica inferior que drena o sangue proveniente do cólon esquerdo e recto.
- Outras veias menores: gástricas direita e esquerda; pancreáticoduodenal posterior drenam o sangue proveniente duma parte do estômago, duodeno e pâncreas.

2.2.3. Anastomoses do sistema portal. Este sistema tem uma série de pequenas veias que comunicam directamente (sem passar pelo fígado) com a circulação sistémica ("anastomoses porto-cava ou porto-sistémicas"), que são de pouca importância fisiológica em condições normais, mas fundamentais na compensação de pressões no caso de patologia portal (que implica a alteração da pressão e do sentido do fluxo no sistema). São:

- Esofágicas: entre as veias gástricas (portais) e as "veias esofágicas" (sistémicas).
- Paraumbilicais: entre o ramo esquerdo da porta (portais) e as "veias subcutáneas umbilicais" (sistémicas).
- Rectais: entre as rectais superiores (portais) e as "veias rectais inferiores" (sistémicas).
- Retroperitoneais: entre a porta (portais) e vasos finos retroperitoneais (sistémicas).
    - *O aumento da pressão do sistema portal ("hipertensão portal") acontece em doenças que impedem o fluxo do sangue (doenças crónicas do fígado, trombose da porta,…). Para aliviar esta pressão as anastomoses porto-cava se abrem e dilatam ("varizes"), invertendo o fluxo do sistema portal, que agora drenará à veia cava inferior por estes atalhos. Aparecem, respectivamente, varizes esofágicas, paraumbilicais ("cabeça de medusa"), rectais ("hemorróides") e retroperitoneais.*

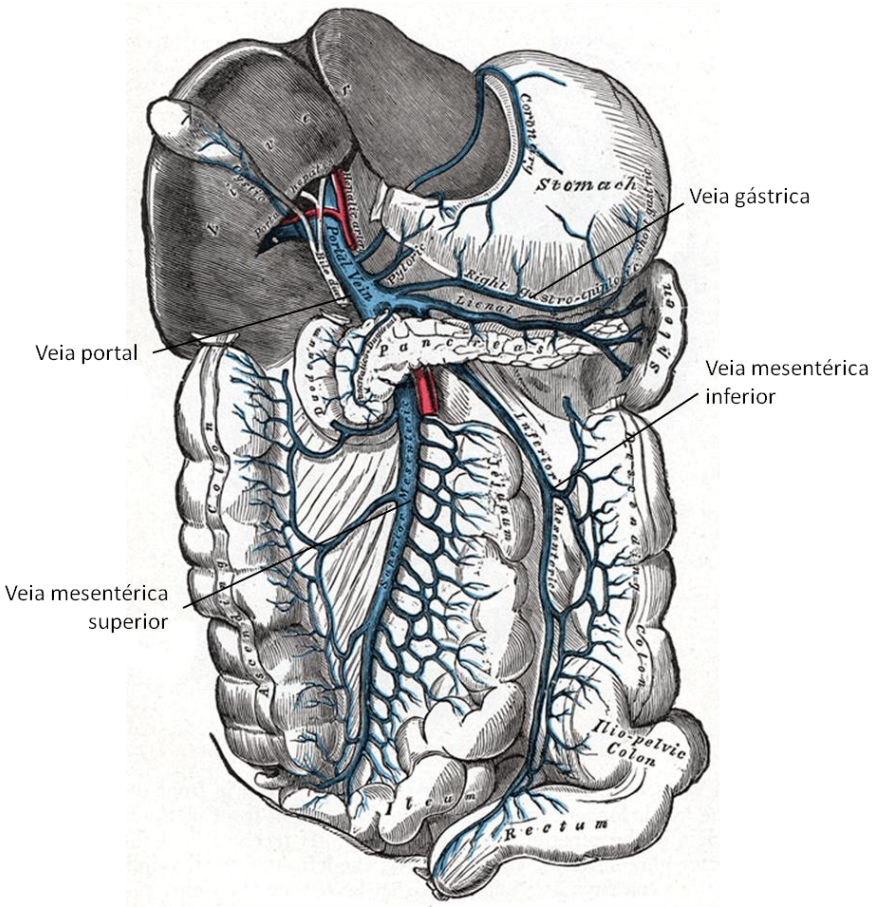


Figura 2. Sistema portal hepático.

Imagem cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

2.3. Circulação fetal. É a circulação que se estabelece entre o feto e a mãe para a troca de gases, nutrientes e resíduos, que o feto precisa para desenvolver. O sistema circulatório do feto difere do recém-nascido, pois no feto a troca de gases, a absorção de nutrientes e a eliminação de resíduos não se faz nos aparelhos respiratório, digestivo e urinário, mas sim a través da placenta.

2.3.1. A circulação no feto acontece do seguinte modo:

- O sangue oxigenado vindo da mãe banha a placenta onde se procede a troca de gases, captura do oxigénio para o sangue do feto e libertação do dióxido de carbono para o sangue da mãe. O sangue do feto carregado de oxigénio vai através da veia umbilical até alcançar o fígado onde passa pelo ducto venoso até a veia cava inferior onde se mistura com sangue desoxigenado procedente de abdómen e membros inferiores, e desta até a AD.
- Ao nível da AD, um terço (1/3) do volume do sangue passa para o VD e deste para à circulação pulmonar. Uma parte deste sangue passa através do “ducto arterial”, que comunica a artéria pulmonar e a aorta, e depois para os ramos arteriais da parte superior do corpo.
- Os outro dois terços (2/3) do volume do sangue, parte logo da AD directamente para a AE, por um orifício de comunicação entre ambas aurículas (forame ovale). Da AE o sangue passa para o VE, desde onde é bombeado para a circulação sistémica através da artéria Aorta.

- O retorno para a placenta (onde se fazem as trocas de gases e moléculas) se faz a traves das artérias umbilicais (direita e esquerda), ramos das artérias ilíacas que vão aos membros inferiores.

2.3.2. No nascimento, a expansão dos pulmões devido ao ar e a obliteração (fechamento) das veias e artérias umbilicais, provoca mudanças de pressões sanguíneas que fecham o forame ovale (comunicação entre AD e AE) e os ductos arterioso e venoso, obrigando o sangue a seguir a circulação típica do adulto.

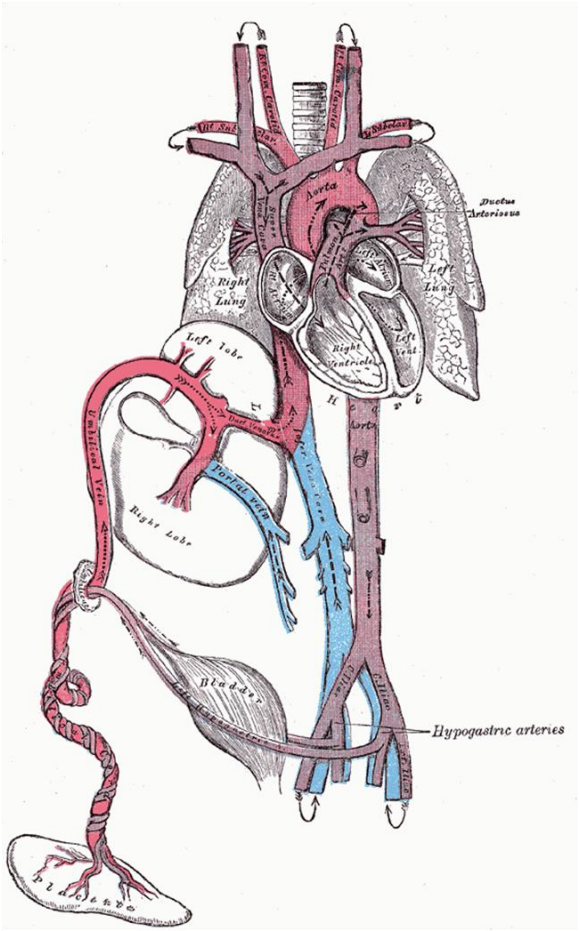


Figura 3. Circulação fetal.
Imagem cortesia de Anatomy of the Human Body por Henry Gray

BLOCO 3: FISIOLOGIA CARDÍACA

3.1 **Ciclo cardíaco.** O coração actua como uma bomba hidráulica que bombeia sangue com pressão para ser distribuída em todo o corpo pelas artérias.

3.1.1 O coração trabalha mediante um mecanismo conhecido como “ciclo cardíaco”, que inclui todas as acções que acontecem durante cada batimento do coração.

É preciso entender três conceitos antes de descrever o ciclo cardíaco:

- *“*Frequência cardíaca” (FC): é ao número de ciclos (batimentos) que o coração faz por 1 minuto. Em repouso a FC é de cerca de 80 bpm (entre 60 e 100 é considerado normal).
- “Sístole”: é à contracção do músculo cardíaco, com aumento da pressão na câmara correspondente (enquanto as válvulas estão fechadas) e ejecção de sangue a

pressão (quando se abrem as válvulas aórtica e pulmonar, estando as válvulas tricúspide e mitral encerradas).

- "Diástole" refere-se à relaxação do músculo cardíaco, com diminuição da pressão. Quando se abrem as válvulas mitral e tricúpide permite o enchimento das cavidades ventriculares com sangue novo, proveniente das aurículas.

Cada ciclo tem três fases, que acontecem ao mesmo tempo em ambos lados do coração (direito e esquerdo):

3.1.2 Enchimento ventricular, realizado em dois passos:

- Passivo: por abertura das válvulas AV e passagem do sangue desde as aurículas aos ventrículos (cerca de 80% do sangue passa deste modo).
- Activo: por sístole (contracção) auricular que provoca a passagem extra de sangue (cerca de 20% do preenchimento). No fim desta fase os ventrículos estão cheios e as válvulas fechadas.

3.1.3 *Esvaziado ventricular*, realizada em dois passos:

- Contracção ventricular com válvulas AV e SL fechadas, portanto sem saída de sangue e com ganho progressivo de pressão.
- Ejecção do sangue nas artérias (VD na pulmonar e VE na aorta), quando as válvulas SL abrem-se, quando a pressão dos ventrículos supera a das artérias correspondentes. No fim desta fase os ventrículos permanecem com um resto de sangue e as válvulas SL fecham quando diminui a contracção dos ventrículos e o sangue tende a retroceder desde as artérias.

3.1.4 Relaxamento completo dos ventrículos e das aurículas, que provoca uma diminuição da pressão dentro deles, sem mudança do volume, pois todas as válvulas estão fechadas.

- O relaxamento das aurículas provoca o seu progressivo enchimento de sangue desde as veias de chegada (cavas e seio coronário para a AD e pulmonares para o AE), aumentando a sua pressão até que ultrapassa a dos ventrículos, provocando a abertura das válvulas AV e iniciando um novo ciclo.

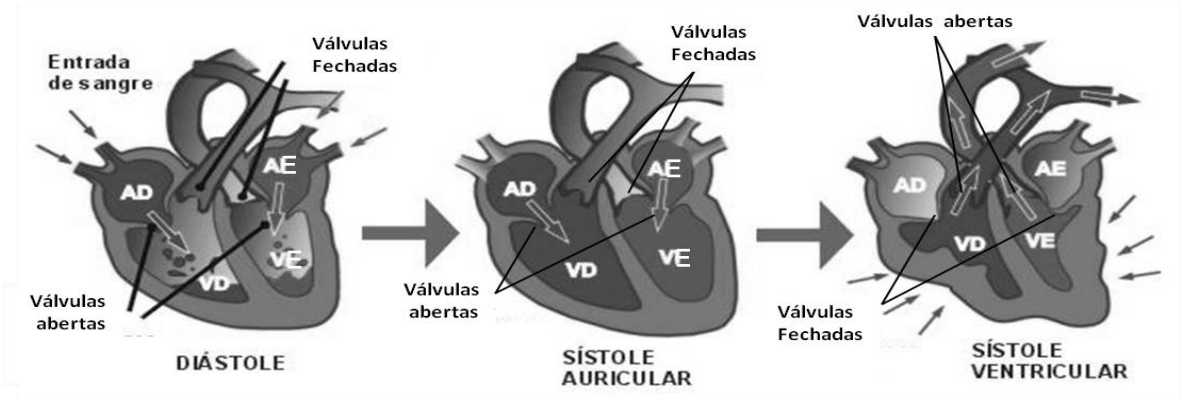


Figura 4. Ciclo cardíaco.

3.2 **Sons cardíacos.** O encerramentos das válvulas cardíacas durante cada ciclo provoca "sons cardíacos", que transmitido pelos tecidos, são audíveis na zona anterior do tórax (colocando a orelha sobre o tórax, ou a través dum "estetoscópio", aparelho mecânico que amplifica e transmite os sons para um melhor discernimento).

3.2.1 A audição dos sons cardíacos (“auscultação cardíaca”) é um exame físico de grande ajuda nas patologias cardíacas, pois frequentemente aparecem sons patológicos que indicam certas doenças. Existem 2 sons fisiológicos:

- 1º som (S1), mais prolongado e forte, corresponde ao encerramento das válvulas AV no fim do enchimento ventricular (início da sístole ventricular isovolumétrica)
- 2º som (S2), mais curto e suave, corresponde ao encerramento das válvulas SL no fim do esvaziado ventricular.

3.2.2 O tempo entre S1 e S2 considera-se o “tempo de sístole” (aproximadamente 1/3 do ciclo cardíaco) e o tempo entre S2 e S1 considera-se o “tempo de diástole” (2/3 do ciclo).

3.3 Inicio **do ciclo cardíaco.** As diferentes acções do ciclo são iniciadas por estímulos eléctricos do sistema de condução cardíaco.

- *Estes impulsos eléctricos podem ser detectados por sensores de corrente eléctrica desde a superfície do corpo. Esta é a base física do “electrocardiograma” (ECG), registo contínuo da actividade eléctrica cardíaca (que corresponde com o ciclo cardíaco), de importante aplicação na clínica, no diagnóstico de muitas patologias cardíacas.*

3.3.1 O ritmo de contração-relaxamento do miocárdio é sincronizado pela acção em cascata do sistema de condução neuromuscular:

- O marca-passo do nodo sino-auricular (NSA) dispara espontaneamente impulsos periodicamente com uma frequência coincidente como a do ciclo cardíaco (uns 80 batimentos / min), que se estendem como uma onda na água pelas aurículas provocando a sua contracção.
- O impulso também passa rapidamente (por fibras neuromusculares “internodais”) para o nodo aurículo-ventricular (NAV), próximo do anterior, onde se retarda o tempo suficiente para permitir a sístole completa das aurículas.
- Do NAV se estende aos ventrículos pelos feixes do sistema de Purkinje, provocando a sístole ventricular.

3.3.2 Dentro do miocárdio, o impulso eléctrico que chega pelas fibras neuromusculares terminais é transmitido de fibra muscular a fibra muscular (o músculo cardíaco age em conjunto, através das comunicações intercelulares).

3.4 **Débito cardíaco** é o volume de sangue por minuto bombeado pelo VE à circulação sistémica e é um indicador de rendimento do coração como bomba.

3.4.1 Num adulto em repouso é de 5 a 6 l/min, equivalente ao volume sistólico (o volume que bombeia o VE em cada contracção: perto de 70 ml) vezes a frequência cardíaca (uns 80 bpm). O débito cardíaco é semelhante à volémia (volume de sangue que existe em todo o corpo), pelo que todo o sangue passa pelo coração aproximadamente uma vez cada minuto.

3.4.2 O débito é um valor muito flexível, que pode chegar a se multiplicar por 5 em máxima actividade física, ou pode-se reduzir muito nas doenças cardíacas, impedindo a mínima actividade física. Os factores que intervêm nesta variabilidade são:

- Enchimento ventricular prévio à sístole (“pré-carga”). Quanto maior é o volume de enchimento do VE, maior é a contracção que o segue. A pré-carga depende do “retorno venoso” (volume de sangue que chega pelas veias cavas). A pré-carga está diminuída (e portanto, o débito também) em: sangramentos importantes, dilatação

venosa (armazena-se sangue que não retorna), imobilidade (falta o efeito da bomba muscular para ajudar ao retorno do sangue ao coração).

- Contractilidade, que é o rendimento da contracção do miocárdio. Está sujeito a factores que aumentam ou diminuem a eficácia de cada contracção.
- Resistência encontrada no sistema arterial ("pós-carga"): pressão que deve vencer o VE para abrir a válvula aórtica e ejectar o sangue na árvore arterial. Quanto mais pressão (como na "hipertensão arterial" ou na "arteriosclerose"), pior rendimento cardíaco.
- Frequência cardíaca (FC). É o regulador mais rápido e determinante do débito cardíaco.

3.5 **Regulação homeostática do débito cardíaco.** A FC e o débito cardíaco, inicialmente definidos pelo marca-passos cardíaco, estão sujeitos a uma regulação, que mantêm um equilíbrio entre factores aceleradores e desaceleradores. Esta regulação inclui:

3.5.1 Regulação Nervosa. O "centro cardiovascular do bulbo raquídeo" recebe informação das necessidades dos tecidos (por receptores arteriais de pressão, oxigénio e pH do sangue, que indicam maior ou menor necessidade de O2 nas células), dando resposta compensadora através do balanço entre:

- impulsos "simpáticos" mediados por adrenalina/noradrenalina (que provocam aumento da FC)
- impulsos "parassimpáticos" mediados por acetilcolina (que diminuem a FC).

3.5.2 Regulação Hormonal. Vários hormónios supra-renais (epinefrina e norepinefrina) e tiróideos (tiroxina) são capazes de acelerar a FC, quando são secretados perante diferentes estímulos: exercício, stress, ansiedade, emoções fortes.

3.5.3 Regulação Química. Níveis sanguíneos anormais de Na+, K+ e Ca++ podem provocar alterações da FC e da contractilidade cardíaca. O excesso de K+ diminui a contractilidade e a FC; o excesso de Ca++ causa efeitos quase opostos aos do K+ induzindo o coração a produzir contracções espásticas ; a deficiência de Ca++ tem efeitos semelhantes aos causados pelo excesso de K+

3.5.4 Outros factores:

- idade (a FC diminui com a idade),
- sexo (menor FC nas mulheres),
- exercício físico habitual (desportistas têm a FC baixa em repouso),
- temperatura corporal (a febre aumenta a FC).

BLOCO 4: PRESSÃO ARTERIAL

4.1 **Pressão sanguínea** é a pressão que o sangue exerce contra as paredes dos vasos que o contém. Embora se pode aplicar à pressão nas artérias, capilares ou veias de ambas circulações, geralmente é referida à pressão nas artérias sistémicas principais, o que se denomina **"pressão arterial" (PA**), que é a que mais significado clínico tem.

4.2 A **velocidade do sangue** depende do fluxo sanguíneo (que é igual ao débito cardíaco) e da área transversal do segmento vascular correspondente. A velocidade está muito bem adaptada à função de cada segmento e vai diminuindo desde a aorta até os capilares. Assim:

- Na artéria aorta (que tem um área total pequena num corte transversal) a velocidade sanguínea é muito rápida (cerca de 40 cm/seg), o qual é útil para fazer chegar o sangue aos tecidos sem demora.
- Nos capilares (com um área total, soma das secções de todos os capilares, muito grande) a velocidade sanguínea é muito lenta (1mm/seg), o que é necessário para dar tempo suficiente para as trocas moleculares.
- Segmentos intermédios do sistema arterial (artérias mais ou menos centrais, artérias periféricas, arteríolas) têm áreas de corte totais progressivamente maiores e portanto, velocidades progressivamente decrescentes.

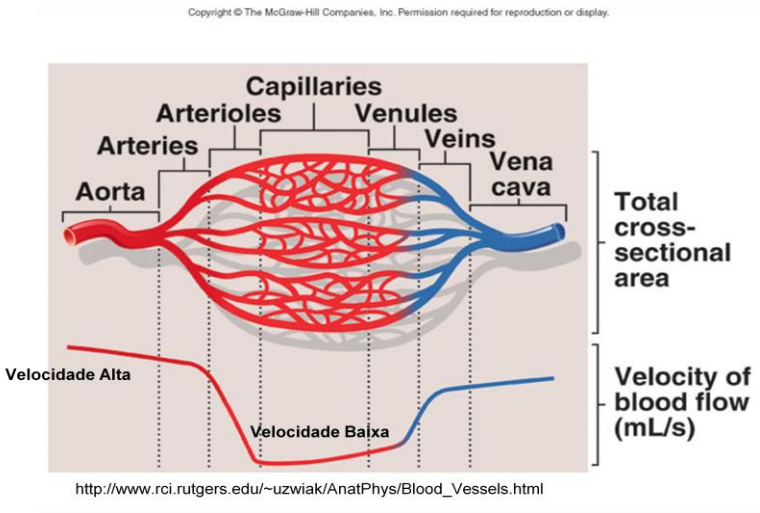


Figura 5. Velocidade do Sangue nos diferentes segmentos arterio-venosos

4.3 **Pressão arterial.** A medida da PA se realiza sistematicamente como parte do exame clínico geral de um doente. É fundamental para a avaliação de numerosos parâmetros básicos na prática clínica: estado de hidratação, função cardíaca, função renal, consequências das infecções graves e dos sangramentos severos,…

4.3.1 A pressão arterial é transmitida desde o coração, portanto, não é constante, mas acompanha as mudanças do ciclo cardíaco:

- *"Pressão* sistólica ou máxima" é a que se dá imediatamente depois da sístole ventricular.
- "Pressão diastólica *ou mínima"* é a que se dá durante o relaxamento dos ventrículos.

4.3.2 No caso da circulação sistémica, a pressão é gerada pelo VE e transmitida a todo o sistema circulatório, onde vai diminuindo progressivamente pelo efeito da "resistência vascular" (atrito do sangue contra as paredes dos vasos). De esta maneira:

- Nas artérias centrais, a PA é de uns 120 mmHg durante a sístole e de 80 mmHg durante a diástole. Não existe queda de pressão ao longo da árvore arterial principal, pois a elasticidade e contractilidade das artérias compensa o efeito da resistência. A queda da pressão e a perda da oscilação de pressão entre sístole e diástole acontece pela resistência nas artérias pequenas e arteríolas (chamados "vasos de resistência")
- Nas arteríolas precapilares, a PA é de apenas uns 30 mmHg (com mínimas diferenças sistólica-diastólica)
- Nas vénulas pós-capilares (depois das redes capilares), a pressão venosa (PV) é já só de uns 15 mmHg.

- Nas veias cavas, a pressão venosa central (PVC) é de uns 5 mmHg até chegar à AD, onde é de 0 mmHg. Pelas suas propriedades de dilatação, as veias são capazes de armazenar muito sangue sem mudar sua pressão *("vasos de capacitância").*

Na circulação pulmonar, o esquema é o mesmo, mais partindo de menores pressões (20-30 mmHg na saídas das artérias pulmonares).

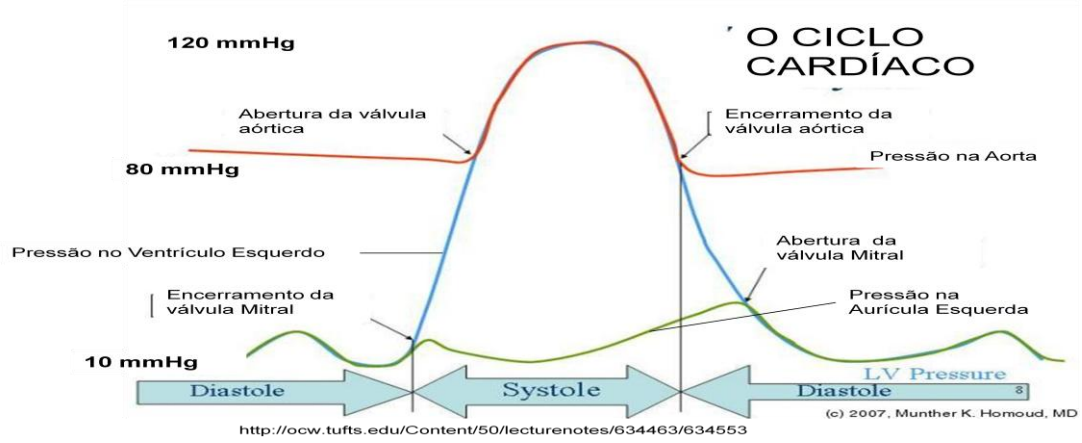


Figura 6. Variações de pressão, fluxo e secção ao longo do sistema circulatório.

4.4 **Factores dos que depende a PA**.

4.4.1 Da quantidade de sangue no sistema arterial, que por sua vez depende:

- da quantidade de sangue que entra no sistema arterial (débito cardíaco). Perdas maiores a 10% da volémia (sangramentos, desidratação,…) provocam quedas não compensadas da PA.
- da quantidade de sangue que o sistema capilar e venoso é capaz de armazenar (capacitância). Em casos de grandes dilatações venosas (como a que se produz durante algumas técnicas anestésicas), o sangue acumula-se do lado venoso e está menos disponível no arterial podendo cair a PA.

4.4.2 Resistência vascular, que depende da contractilidade e elasticidade das paredes vasculares, que pode provocar:

- diminuição do seu calibre ("vasoconstrição") que aumenta a resistência e por tanto, a PA (como em situações de alerta e stress, com actividade simpática aumentada), ou
- aumento do seu calibre *("vasodilatação")*, que diminui a resistência e a PA (como pela acção de certos medicamentos, utilizados para baixar a PA, quando está alta patologicamente).

4.5 **Factores que regulam a PA.** A PA é a responsável de manter um fluxo sanguíneo com pressão suficiente nos tecidos ("perfusão tissular") que permita o intercâmbio molecular entre sangue e células.

Uma perfusão adequada a cada momento é conseguida mediante um complicado sistema de regulação homeostática (vários mecanismos de retro-alimentação negativa), no qual intervêm a FC, o volume sistólico, a volemia e as resistências vasculares periféricas. Esta regulação inclui:

4.5.1 *Regulação Nervosa*. O "centro cardiovascular do bulbo raquídeo" têm núcleos cardioestimuladores, cardioinibidores, vasodilatadores e vasoconstrictores, que estão em equilíbrio e respondem perante qualquer mudança do equilíbrio, com um estímulo contrário compensador.

Este centro recebe informação dos receptores arteriais de pressão ou baro-receptores ("carotídeos e aórticos") e dos receptores de concentração de gases e pH ou quimioreceptores. A partir desta informação, o centro enviará:

- impulsos "simpáticos" mediados por adrenalina, que provocam aumento da PA, por estímulo da contracção arterial e aumento do débito cardíaco; ou
- impulsos "parassimpáticos" mediados por acetilcolina, que provocam a queda da PA, por inibição da contracção arterial e diminuição do débito cardíaco.

4.5.2 *Regulação Hormonal*. Inclui vários sistemas que respondem às quedas da PA:

- Sistema renina-angiotensina-aldosterona (do rim), que aumenta a PA mediante vasoconstricção e diminuição da urina (aumento do volume sistólico).
- Adrenalina e noradrenalina (das supra-renais), que aumenta a PA mediante vasoconstricção selectiva (tecidos menos prioritários) e aumento da FC.
- Hormónio anti-diurético (ADH da hipófise), que aumenta a PA, diminuindo a produção de urina (aumento do volume sistólico).

4.5.3 *Outros factores*:

- Agentes químicos vasodilatadores ou vasoconstrictores locais, produzidos pelos próprios endotélios em resposta a necessidades locais.
- Idade (a PA aumenta com a idade, por aumento das resistências periféricas).
- Físicos (o calor provoca vasodilatação periférica e queda da PA).

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 Circulação pulmonar é um circuito restrito de baixa pressão entre o coração e os pulmões para a troca de gases.

5.2 Circulação sistémica é o circuito geral de alta pressão entre o coração e todos os tecidos do corpo para a sua oxigenação e nutrição.

5.3 O sistema portal hepático é um circuito venoso de retorno do sangue desde os órgãos abdominais a través do fígado, que faz função de filtro do sangue.

5.4 O sistema cardiovascular do feto apresenta uma série de diferenças (que se eliminam ao nascimento), que permitem o sangue fetal fluir para e desde a placenta, órgão que efectua a oxigenação e a absorção de nutrientes e eliminação de resíduos.

5.5 O coração actua como uma dupla bomba hidráulica, que bombeia ritmicamente sangue mediante um ciclo de relaxamento (diástole), para encher com sangue as câmaras, e de contracção (sístole), para ejectar o sangue das câmaras nas artérias de saída.

5.6 Débito cardíaco é o volume de sangue por minuto (uns 5 l/min em repouso) bombeado pelo VE à circulação sistémica, que depende do volume de sangue circulante, da frequência cardíaca, da contractilidade do miocárdio e da resistência vascular periférica.

5.7 Pressão arterial é a que exerce o sangue contra as paredes das artérias sistémicas principais que o contêm.

5.8 Débito, frequência cardíacas e pressão arterial estão regulados por um sistema homeostático que os equilibra para dar a perfusão tissular necessária em cada momento, mediante estímulos nervosos e hormonais e outros factores.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	20
Tópico	Sistema Cardiovascular	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia do Sistema Cardiovascular (2) Sistema linfático	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

Fisiologia do Sistema Cardiovascular:

1. Explicar o intercâmbio capilar
2. Listar exemplos de alterações do sistema cardiovascular

Sistema Linfático:

1. Listar os componentes do sistema linfático
2. Identificar as funções do sistema linfático
3. Identificar os principais grupos de linfónodos do corpo humano

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Fisiologia Capilar e Venosa		
3	Anatomia e Fisiologia do Sistema Linfático		
4	Patologia Vascular e Linfática		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

Manual Merck". 8ª edição (espanhol). Doyma

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2. Apresentação da estrutura da aula

1.3. Apresentação da bibliografia que o aluno deverá dominar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: FISIOLOGIA CAPILAR E VENOSA

2.1 **Fisiologia capilar.** Os capilares e a rede de vasos finos onde se realizam as trocas moleculares entre o sangue e as células. Embora o volume de sangue nos capilares num dado momento seja baixo (cerca de 5% do sangue total), a sua importância é fundamental pois a rede capilar é o único sítio onde acontece a troca de gases e nutrientes e produtos de degradação entre o sangue e os tecidos.

2.1.1 Os capilares são redes de vasos muito ramificadas, a partir de uma "arteríola", que desaguam numa "vénulas". O movimento do sangue depende da diferença de pressões entre os extremos arteriolar (em média cerca de 30mmHg) e venoso (cerca de 15 mmHg).

2.1.2 Os capilares são curtos, mas por estarem muito ramificados e com uma superfície total de corte muito grande, a velocidade de passagem do sangue é baixa (menos de 1mm/seg), o que permite tempo suficiente para as trocas moleculares.

2.1.3 A passagem de moléculas entre os capilares e o líquido intersticial faz-se através do endotélio, que tem diferentes tipos de canais de comunicação, e depende de diferentes factores:

Gradiente de pressão hidrostática (pressao hidrostática no capilar menos a pressão hidrostática do interstício). A pressão hidrostática a nível do capilar usualmente é maior que no interstício e diminui passando da extremidade arteriolar a extremidade venular do capilar. A pressão hidrostática tende a expulsar liquido pelo interstício.

- Gradiente de pressão osmótica (pressão osmótica do plasma menos pressão osmótica do interstício). A pressão osmótica é maior no capilar que no interstício, pelo que provoca uma tendência à passagem de liquido do interstício para o capilar.
- Como resultado do balanço entre a pressão hidrostática e osmótica, o liquido se move para o interstício na extremidade arteriolar do capilar onde a pressão hidrostática excede a pressão osmótica, e no interior do capilar na extremidade venular, onde a pressão osmótica excede a pressão hidrostática.
- Gradiente de concentração de moléculas específicas. Por exemplo, o O2 e glicose, mais abundantes no capilar, têm tendência de se difundirem (passar) para o interstício, enquanto que o CO2, mais abundante no interstício, passará de este para os capilares.
- Transporte activo de moléculas através das células endoteliais. Algumas moléculas são transportadas do sangue ao interstício ou vice-versa, em contra dos factores anteriores, trânsito que só pode ser feito por estruturas celulares especializadas e com gasto de energia.

2.1.4 O resultado deste jogo de pressões é que nem toda água e moléculas grandes (como proteínas e lípidos) que saem do capilar para o interstício retornam para o sangue, pelo que é precisa a função do sistema auxiliar, o "sistema linfático", que transportará esses excedentes (cerca de 15% do sangue filtrado) de volta para a circulação venosa.

2.1.5 Para além das redes capilares, existem vias de passagem directa entre arteríolas e vénulas que evitam as redes capilares (vasos preferenciais ou meta-arteriolas).

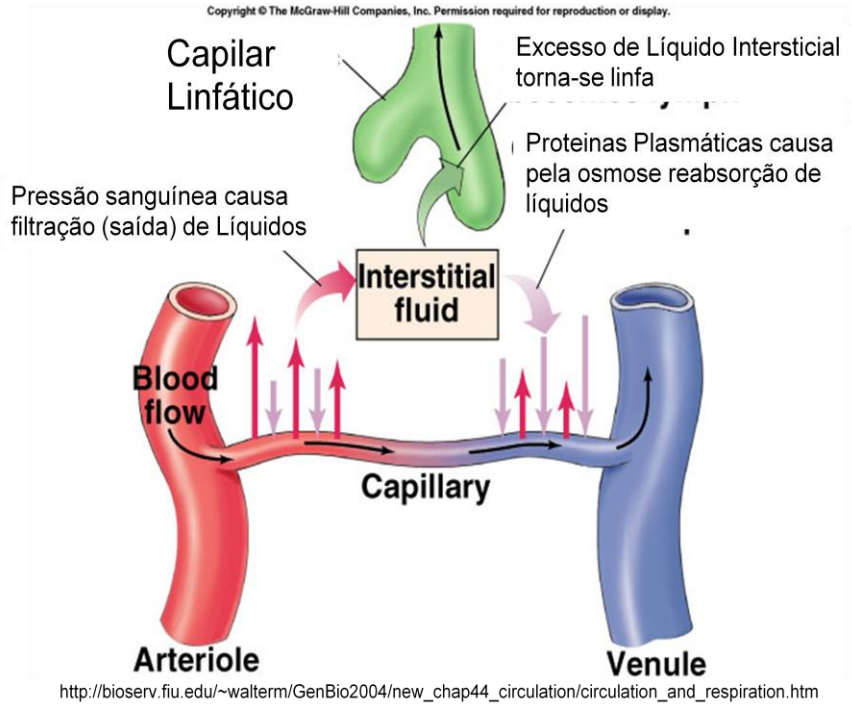


Figura 1. Jogos de pressões na rede capilar e formação de linfa

2.2 **Fisiologia venosa.** As veias são o sistema de retorno do sangue proveniente dos tecidos em direcção ao coração, a favor de um gradiente de pressões muito fraco entre o extremo venosos das redes capilares (cerca de 15 mmHg) e a entrada da aurícula direita (pressão venosa central – PVC-, com cerca de 5 mmHg).

2.2.1 Ao contrário do sistema arterial, a velocidade do sangue aumenta conforme vai-se aproximando do coração (chega a uns 10 cm/seg), pois a superfície total da secção vai diminuindo no sistema venoso progressivamente desde as vénulas até às veias centrais.

2.2.2 Contra este gradiente de pressões está a gravidade, que provoca um aumento da pressão de cerca de 0,7 mmHg por cada centímetro por baixo do coração. Isto significa que o gradiente de pressões venosas só conseguiria elevar o sangue até o coração desde uma altura de 15 cm por baixo dele. Isto seria válido em decúbito, mas claramente insuficiente em bipedestração.

2.2.3 Para que o retorno venosos seja possível (e não se acumule o sangue nas veias, com menos pressão e mais dilatação que as artérias) existem vários *mecanismos que ajudam* a aumentar o gradiente de pressões, a saber:

- Bomba torácica. A inspiração provoca uma importante pressão negativa no tórax (cerca de -6 mmHg), que provoca um efeito de sucção de sangue nas grandes veias. Assim a PVC oscila entre 2 e 6 mmHg entre a expiração e a inspiração calma.
- Batimentos cardíacos. A pressão da aurícula direita cai durante a sístole ventricular, pois aumenta-se o volume das aurículas produzindo também o efeito de sucção nas grandes veias.
- Valvas venosas, que impedem o refluxo gravitacional do sangue.

- Bomba muscular. A contracção dos músculos dos membros inferiores (ao caminhar, por exemplo) provoca um efeito de compressão rítmica sobre as veias profundas (até 30 mmHg) que consegue balancear o efeito da gravidade.

2.2.4 Para as regiões que ficam por cima do coração, a situação é ao contrário, portanto, a pressão diminui com a altura, de maneira que a cerca de 7 cm acima da aurícula direita, a pressão fica "0" e as veias se colapsam pela pressão atmosférica transmitida sobre a pele. Assim as veias jugulares superficiais não são visíveis baixo da pele em situações normais.

2.2.5 Embora as suas paredes das veias tenham pouca contractilidade (porque têm poucas fibras musculares), esta é suficiente para comprimir a própria veia e aumentar a pressão venosa baixa. Este mecanismo é mediado pelo sistema nervoso autónomo e é útil para compensar a diminuição do volume intravascular por perdas de sangue ou desidratação e para redistribuir o sangue entre tecidos (por exemplo, para diminuir as perdas de calor pela pele).

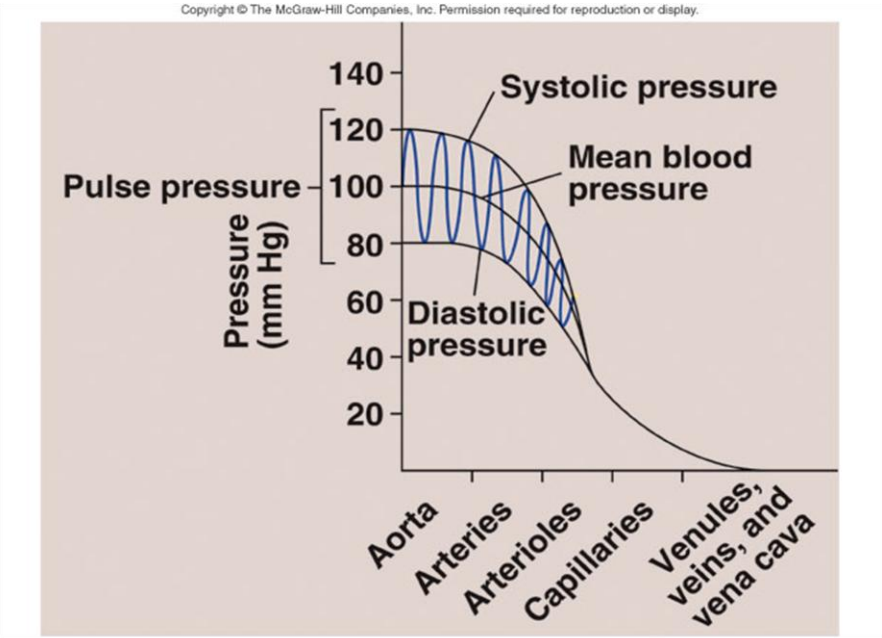


Figura 2. Variações da pressão sanguínea nas diferentes partes do sistema vascular

BLOCO 3: ANATOMIA E FISIOLOGIA DO SISTEMA LINFÁTICO

3.1 O Sistema linfático é um componente do sistema circulatório especializado no transporte de retorno (em direcção ao coração) de líquidos, moléculas e restos celulares dos tecidos, que o sistema venosos não chegou a drenar.

3.1.1 O sistema linfático é constituído por:

- Linfa: líquido que circula no sistema linfático (descrita na Aula 14)
- Vasos linfáticos, condutos que transportam a linfa desde os tecidos até ao sistema venoso
- Gânglios linfáticos ou linfónodos, estruturas de filtragem da linfa com fins imunes, situados ao longo dos vasos linfáticos (as suas funções são descritas na Aula 15), e
- Outras estruturas linfáticas especializadas como o timo, amígdalas, baço e tecido linfoíde dispersos em outros órgãos (intestino, respiratório,…) *(descritos na Aula 15).*

3.1.2 As **funções** do sistema linfático são:

- Restauração do balanço hidroelectrolítico do líquido extra-celular (LEC), retornando ao sangue venoso, a água e electrólitos acumulados no interstício.
- Transporte de nutrientes específicos (lípidos especialmente) absorvidos no intestino até a circulação venosa.
- Defesa, mediante a função de reconhecimento e filtragem da linfa (gânglios) e do sangue (baço) de microrganismo, células tumorais e outras substâncias estranhas.
- Limpeza, mediante a eliminação de restos celulares e proteínas do LEC (intersticial).

3.2 **Vasos linfáticos.** É um sistema de tubos (com poucas comunicações laterais entre eles) que desde os tecidos periféricos vão confluindo em estações cada vez mais centrais, até drenar no sistema venoso central. É constituído sucessivamente, desde a periferia até o nível central, por:

3.2.1 ***Capilares linfáticos***: que são vasos microscópicos constituídos por uma parede endotelial plana (muito permeável a líquidos, moléculas e até células), que estão integrados na estrutura conjuntiva dos diferentes órgãos e tecidos dos que drenam o espaço intersticial.

A rede capilar linfática corre paralela à rede capilar sanguínea, mas sem se comunicar.

3.2.2 ***Vasos linfáticos***: vasos finos macroscópicos, com parede completa, com fibras elásticas e musculares de menor espessura que nas veias e com muitas válvulas anti-retorno que evitam o refluxo da linfa desde o sistema linfático aos tecidos.

Os vasos linfáticos vão confluindo em grupos de linfonodos cada vez mais abrangentes (locais → regionais → centrais).

Os vasos linfáticos que partem do intestino delgado e que transportam o quilo (substância rica em gordura, 2%), chamam-se *vasos quilíferos*.

> ➢ *A estrutura linear ascendente do sistema linfático, sem comunicações laterais, faz com que a lesão (obstrução ou secção) dos vasos linfáticos de um certo nível provoque um défice do transporte de líquidos desde o respectivo tecido de drenagem, acontecendo o "encharcamento" deste, chamado "edema linfático" facilmente observável no caso dos membros, como engrossamento mole do tecido subcutâneo.*

3.2.3 *Troncos linfáticos*, são os tubos colectores de grandes áreas anatómicas: jugular, subclávio, bronco-mediastínico, intestinal e lombar.

3.2.4 *Ductos linfáticos*, são os últimos elementos (2) que desaguam directamente nas grandes veias:

- conduto torácico, que drena a linfa de quase todo o corpo, desde a cisterna do quilo (retroperitoneal) até a veia subclávia esquerda.
- grande veia linfática, que drena o quadrante superior direito do corpo, até a veia subclávia direita.

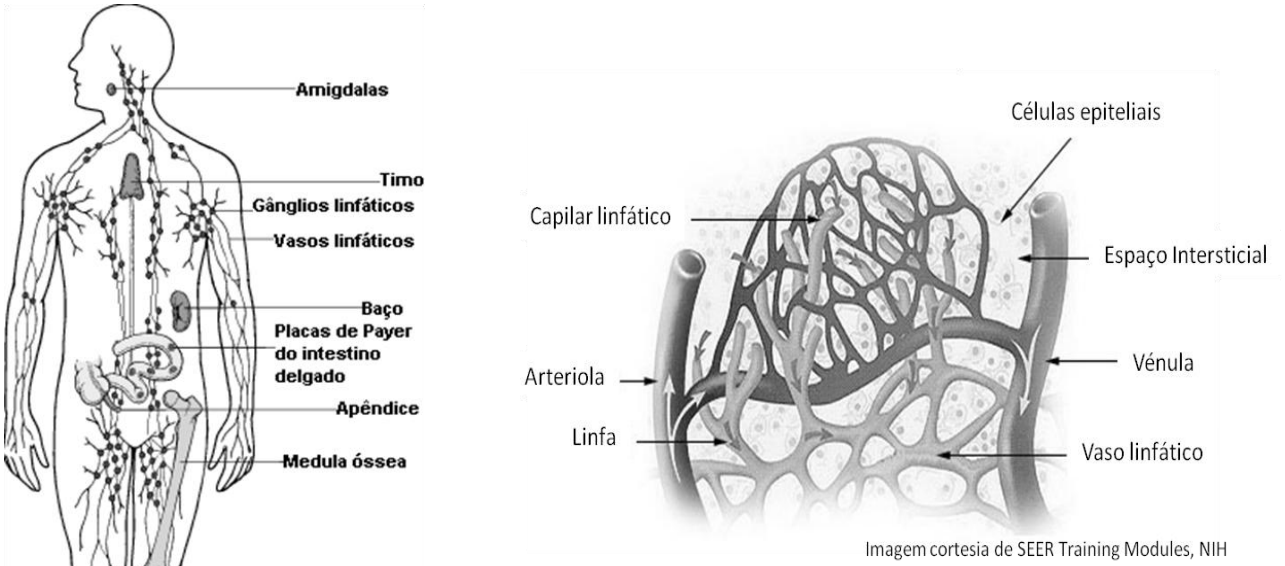


Figura 3. Sistema linfático.

Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

3.3 **Fisiologia da circulação linfática.** Os vasos linfáticos são imprescindíveis na restauração da composição química do LEC. Assim:

- Do total da água e solutos que saem ao interstício tissular desde o lado arterial dos capilares (cerca de 25 l/dia), embora a maioria retorna por osmose aos capilares venosos, existe cerca de 15% do volume (cerca de 3 l/dia) que fica no interstício e só é devolvida ao sangue através dos linfáticos.
- A maioria das proteínas plasmáticas que saem ao espaço intersticial retornam também por via linfática, devido a grande permeabilidade do endotélio linfático permitindo a passagem de substâncias de grande peso molecular.

3.3.1 Embora não exista uma bomba linfática (como o coração para o sistema cardiovascular), a linfa consegue circular em direcção ao sistema venoso central, mesmo contra a gravidade, com um fluxo total de 125 ml/h, graças à:

- Movimentos respiratórios. Na inspiração cria-se uma pressão intra-torácica negativa que atrai os líquidos desde o abdómen.
- Contracção dos músculos esqueléticos dos membros, que exprimem os vasos.
- Válvulas anti-refluxo linfáticas, que permitem a passagem de líquidos em direcção ao sistema venoso, mas impedem o seu retorno aos capilares.
- Mudanças de postura (por exemplo, o decúbito durante as horas de sono), que contra-balançam o efeito da gravidade.
- Efeito terapêutico de medidas de compressão dos tecidos moles como: massagens, meias elásticas entre outros

3.4 **Gânglios linfáticos ou Linfonodos.** São pequenos órgãos em forma de feijão localizados ao longo do sistema de vasos linfáticos.

3.4.1 Possuem estrutura e função muito semelhantes às do baço:

- Cápsula conjuntiva com tabiques internos, que compartimentam. Recebe em vários pontos vasos linfáticos aferentes de chegada.
- Rede interna de capilares linfáticos dilatados em seios, recobertos por células fagocíticas, que transportam e filtram a linfa desde os vasos aferentes até os linfáticos eferentes de saída.
- Hilo, zona côncava por onde entram e saem os vasos sanguíneos que dão uma rede capilar dentro do gânglio e por onde saem os linfáticos eferentes.
- Tecido linfóide: difuso em volta do hilo (medula) é organizado em massas celulares ou folículos linfóides (alguns com centros germinais activos) na zona periférica do gânglio (córtex).

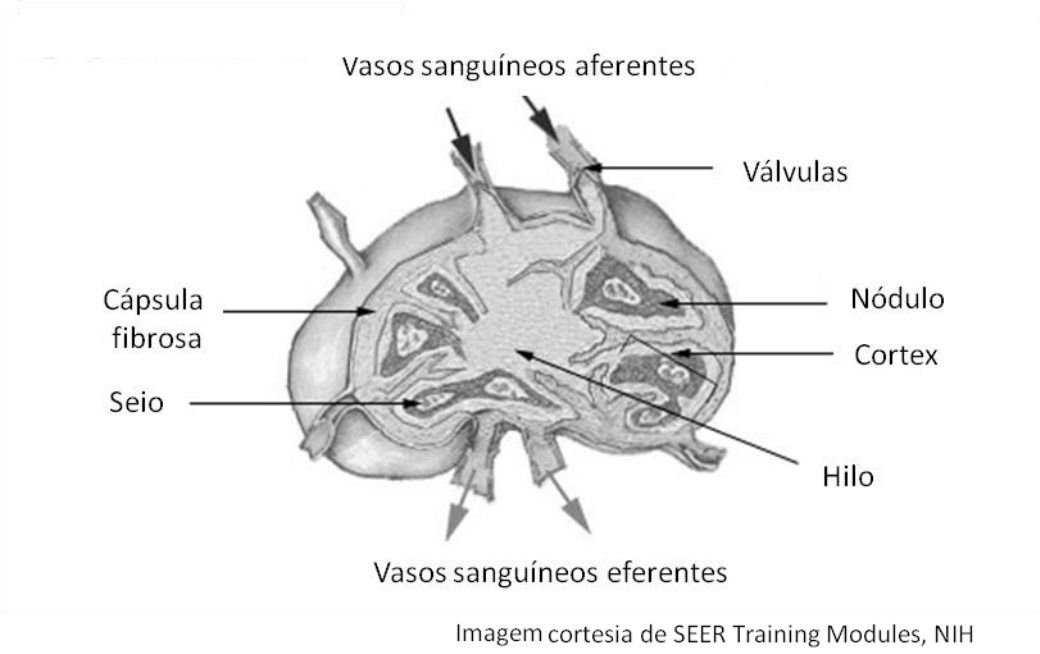


Figura 4. Gânglio linfático.

3.4.2 Os gânglios linfáticos são autênticos filtros protectores, de maneira que:

- Quando ocorre uma infecção ou um tumor numa certa região anatómica, os antígenos são transportados do tecido para a linfa, e desta, pelos vasos linfáticos, para os diferentes níveis de linfonodos regionais.
- Nos seios do linfonodo, os macrófagos e células dendríticas fagocitam os antígenos, processando-os, e apresentando os antígenos aos linfócitos, que podem então iniciar a produção de anticorpos ou servir como células de memória para reconhecer o antígeno novamente no futuro.

➢ *Durante este processo, os gânglios podem aumentar de tamanho e com sensibilidade dolorosa, portanto, clinicamente os gânglios podem ser palpáveis, e o doente ter um sensibilidade dolorosa um processo chamado de adenopatias. Que indicam algum tipo de infecção aguda (gânglios mais dolorosos, quentes e avermelhados) ou crónica (menos inflamatórios) ou tumor (duros e fixos aos tecidos vizinhos) na zona anatómica de drenagem.*

3.5 **Cadeias ganglionares.** Os gânglios dispõem-se em grupos chamados "cadeias ganglionares", que são estações de filtragem de áreas anatómicas concretas, denominadas zonas de drenagem.

3.5.1 A linfa, no seu caminho desde um determinado tecido até retornar ao sangue central, costuma atravessar vários grupos ganglionares, que supõem níveis de filtração

progressiva. Estas cadeias ganglionares costumam-se distribuir ao longo de artérias acompanhadas pelos vasos linfáticos.

3.5.2 Pela sua importância clínica destacam as seguintes cadeias ganglionares:

- Submandibulares, no soalho da boca, que drenam a boca, o nariz, os lábios e os dentes.
- Cervicais superficiais e profundos: são vários grupos interconectados, ao longo do esternocleidomastóideo e da artéria carótida, respectivamente, que drenam a cabeça e o pescoço.
- Axilares, ao longo da artéria braquial, drenam o membro superior (existem outras estações anteriores ao longo do membro)
- Supraclaviculares, em relação com os cervicais e os axilares (estação de nível superior) no espaço entre clavícula e trapézio.
- Inguinais, nas virilhas, ao longo da artéria femoral, drenam o membro inferior (existem outras estações anteriores ao longo do membro).
- Para-aórticos, retroperitoneais a diferentes níveis ao longo da artéria aorta, drenam os órgãos abdominais.
- Mediastínicos, em volta dos grandes vasos torácicos, drenam os órgãos torácicos.

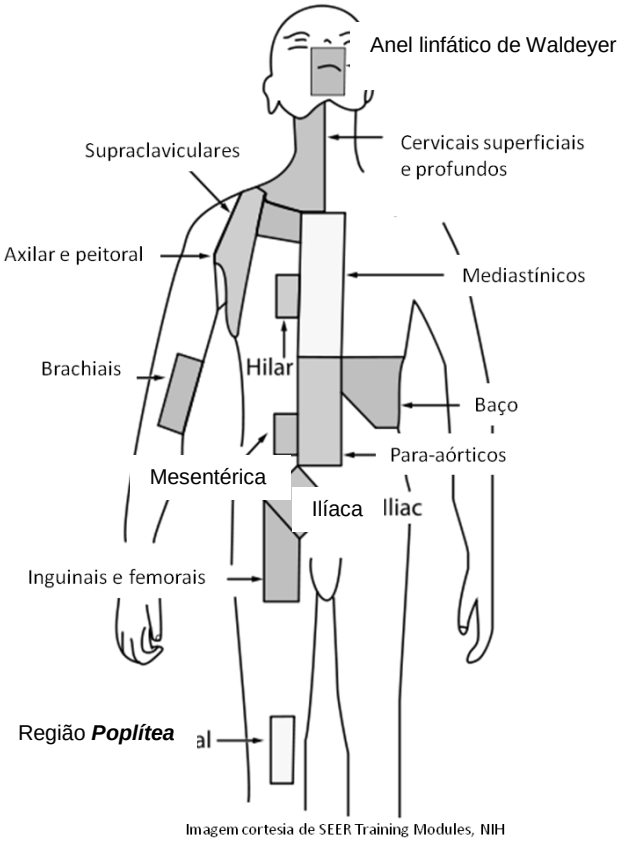


Figura 5. Cadeias ganglionares.

BLOCO 4: PATOLOGIA CARDIOVASCULAR E LINFÁTICA

4.1 **Choque cardio-circulatório.** É a falência aguda do sistema vascular para manter uma perfusão tissular adequada e portanto, fornecer oxigénio e nutrientes necessários para os tecidos. É uma

situação muito grave que pode conduzir à morte, se não se trata para reverter a causa que o provoca.

4.2 **Insuficiência cardíaca (IC).** É a falência do coração como bomba para manter um débito adequado para manter a perfusão tissular. Isto provoca: fadiga e intolerância ao exercício e redução da função dos órgãos principais (diminuição da produção de urina, dificuldade na respiração e confusão mental).

4.3 **Cardiopatia isquémica.** É a falta de perfusão sanguínea (isquemia) do músculo cardíaco Para sua função de bomba, o miocárdio requer uma provisão contínua de oxigénio e nutrientes através das artérias coronárias. A insuficiência desta perfusão, que ocorre geralmente por obstrução de uma artéria coronária que pode ser resultado de aterosclerose (acúmulo de depósitos de gordura no endotélio). A cardiopatia isquémica pode ser:

4.4 **Hipertensão arterial** é a elevação anormal da pressão arterial, por cima de 160 mmHg (a sistólica) ou de 90 mmHg (a distólica). Muito frequente em Moçambique, geralmente é assintomática (a pessoa que a sofre nem sabe que tem) e de causa desconhecida em muitos casos.

4.5 **Trombose.** É a coagulação patológica (não para reparar defeitos da parede do vaso) de sangue dentro de um vaso, que provoca uma obstrução à passagem do sangue.

- **Varizes.** É a dilatação patológica das veias.

4.6 **Inflamação dos linfáticos.** Devido as suas funções de defesa, perante qualquer infecção localizada num certo território anatómico, os vasos linfáticos e linfonodos que drenam a zona activar-se-ão num processo inflamatório, que provoca um aumento de tamanho quente e doloroso dos:

- vasos linfáticos, que aparecem como cordões quentes subcutâneos (linfangite), e
- gânglios, que aparecem como nódulos subcutâneos facilmente visíveis ou palpáveis nas axilas e nas virilha, nas infecções dos membros superiores e inferiores, respectivamente (linfadenite).

4.7 **Linfedema.** É o acúmulo de linfa (água, iões e proteínas) no interstício de algum tecido, devido à incapacidade dos linfáticos de este território de drena-lo convenientemente. A consequência é um encharcamento de linfa no interstício, chamado linfedema.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 Os capilares são redes muito ramificadas de vasos finos e permeáveis a moléculas, por onde circula sangue muito lentamente permitindo a troca de substâncias com as células.

5.2 As veias são o sistema de retorno de sangue desde os tecidos até o coração a favor de uma fraco gradiente de pressão, pelo que precisam de outras forças para seu trânsito (válvulas venosas, bomba muscular dos membros inferiores, pressão negativa intratorácica durante a inspiração).

5.3 O sistema linfático é uma rede unidireccional (desde os tecido até as veias centrais) de vasos com funções de drenar a linfa e de defesa do organismo frente a microrganismos e tóxicos.

5.4 Os capilares linfáticos tissulares, drenam linfa desde os tecidos a vasos linfáticos cada vez maiores até os troncos e ductos linfáticos que desaguam nas veias subclávias.

5.5 No sistema linfático existem várias estações de linfonodos, estruturas linfóides com função de filtragem da linfa e defesa frente a microrganismos.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	21
Tópico	Sistema Cardiovascular	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Anatomia Cardiovascular e Auscultação Cardíaca	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as principais estruturas cardíacas em modelos anatómicos
2. Identificar zonas de irrigação e de drenagem em modelos anatómicos
3. Realizar exercícios de auscultação cardíaca com estetoscópio

Estrutura da Aula

Bloco	Título do bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:25
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:30
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:00

Materiais e Equipamentos:

- Modelo anatómico artificial com coração e grandes vasos. O coração deve ser desmontável para mostrar as câmaras e as válvulas: 2 por turma (1 poderia ser suficiente).
  [No caso dos modelos não serem disponíveis, pode-se realizar o estudo dum coração real de animal (vaca), dissecado, incluindo a saída das grandes vasos]
- Modelo anatómico artificial com artérias e veias principais e com suas correspondentes zonas de irrigação: 2 por turma (1 poderia ser suficiente).
- Luvas de exame clínico (no caso de escolher a opção do coração dissecado): 1 por aluno.
- Apresentação de PowerPoint com as figuras do coração e grandes vasos (como as figuras das Aulas 18 e 19, ou outras semelhantes), que mostram as estruturas anatómicas e que poderão ser projectadas em simultâneo com a explicação sobre os modelos.
- Estetoscópios: 1 para cada 6 alunos
- Modelo anatómico com amplificador para auscultação dos sons cardíacos.
- Apresentação em PowerPoint (ou vídeo/DVD) do ciclo cardíaco, relacionando as posições anatómicas do coração em cada fase com o efeito sobre o fluxo de sangue e com os sons (devem ser audíveis)

Preparação:

- Conferir que os modelos anatómicos artificiais estão completos, se desmontam e funcionam (os sons) correctamente.
- Adquirir e dissecar o modelo animal de coração, onde se mostre claramente as cavidades, válvulas e grandes vasos.
- Preparar as projecções PowerPoint: podem-se digitalizar (escanear) desde o livro (“Netter’s Atlas de Anatomia”) e depois montar numa apresentação seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir que o conteúdo das Aulas 18 e 19 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2. Apresentação da estrutura da aula.

1.3. Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (25 min)

2.1. O **sistema cardiovascular** é um circuito de tubos (vasos) ramificados interconectados que distribuem o sangue por todo o organismo.

2.1.1. O sistema cardiovascular inclui:

- Uma bomba impulsora do sangue: ***coração***.
- Um conjunto de vasos ramificados eferentes (levam o sangue desde o coração até os tecidos periféricos): ***sistema arterial.***
- Um conjunto de tubos ramificados aferentes (devolvem o sangue desde o os tecidos periféricos até ao coração) que correm paralelos ao vasos do sistema arterial: ***sistema venoso.***

2.1.2. O sistema cardiovascular humano é composto por dois circuitos comunicados:

- ***Circulação pulmonar***, que leva o sangue desoxigenado desde o coração até os pulmões (pela artéria pulmonar), para ser oxigenada por troca de gases com o ar inspirado, e o devolve ao coração (pela veia pulmonar).
- ***Circulação geral ou sistémica***, que leva o sangue oxigenado proveniente do sistema pulmonar desde o coração até os tecidos periféricos (pela artéria aorta), onde se utilizará o oxigénio, e o devolve já desoxigenado ao coração (pelas veias cavas), para iniciar de novo o circuito pulmonar.

2.1.3. O ***coração*** é uma bomba que alimenta os dois circuitos (realmente são duas bombas independentes funcionando ao mesmo tempo). Para isto, tem 4 cavidades ou câmaras:

- Aurícula direita, que recebe o sangue das veias cavas e seio coronário
- Ventrículo direito, que recebe o sangue desde a aurícula direita e a bombeia para a circulação pulmonar
- Aurícula esquerda, que recebe o sangue das veias pulmonares
- Ventrículo esquerdo, que recebe o sangue desde a aurícula esquerda e a bombeia para a circulação geral

2.1.4. O coração é composto por várias camadas:

- Tecido muscular que representa quase todo a massa do coração (o miocárdio, que é mais desenvolvido no lado esquerdo),
- Recoberto internamente por endotélio liso e fino (endocárdio) e
- Recoberto externamente por 2 lâminas fibroelásticas (pericárdio visceral e parietal) separadas por uma cavidade virtual lubrificada (cavidade pericárdica) que isolam o coração e facilitam os seus movimentos.
- É vascularizado pelas artérias coronárias

2.1.5. No coração, a saída do sangue das cavidades é controlada por ***válvulas*** anti-retorno (deixam passar o sangue apenas num sentido):

- Aurículo-ventricular direita ou tricúspide (entre aurícula e ventrículo direitos)
- Aurículo-ventricular esquerda ou mitral (entre aurícula e ventrículo esquerdos)
- Ventricular direita ou pulmonar (entre ventrículo direito e artéria pulmonar)
- Ventricular esquerda ou aórtica (entre ventrículo esquerdo e artéria aorta)

2.1.6. A bomba cardíaca funciona mediante contracções ejectoras rítmicas (batimentos), que se repetem com frequência mais ou menos constante de aproximadamente 80 batimentos por minutos (considera-se normal entre 60 e 100 bpm) seguindo um ***ciclo cardíaco*** em cada batimento:

- Relaxamento dos ventrículos (diástole), que enchem de sangue desde as aurículas cheias de sangue a través das válvulas aurículo-ventriculares abertas. No fim desta fase as aurículas contraem-se para completar o enchimento ventricular. As válvulas ventriculares estão fechadas, pelo que o enchimento de sangue aumenta progressivamente a pressão dentro dos ventrículos.
- Contracção dos ventrículos (sístole), com ejecção do sangue nas artérias pulmonar e aorta a través das válvulas ventriculares abertas. Nesta fase, as válvulas aurículo-ventriculares estão já fechadas, para impedir o refluxo de sangue para as aurículas.
- Relaxamento de todas as câmaras, permitindo de novo o enchimento auricular antes de iniciar um novo ciclo.

2.1.7. As fases do ciclo cardíaco podem ser ouvidas através da parede torácica (***sons cardíacos***), exame que ajuda a determinar se o coração está a funcionar bem ou não. Incluem em cada ciclo:

- 1º som, que corresponde ao encerramento das válvulas aurículo-ventriculares e assinala o inicio da sístole (ventricular)
- Silêncio entre o 1º e o 2º sons, que corresponde à sístole
- 2º som, que corresponde ao encerramento das válvulas ventriculares e assinala o inicio da diastole
- Silêncio entre o 2º e o 1º som, que corresponde à diástole

2.2. **Propósito:** Este laboratório inclui 3 técnicas de estudo:

- Estudo da anatomia do coração e dos grandes vasos num modelo animal real (vaca) que é semelhante ao humano.
- Identificação dos principais ramos vasculares que irrigam as partes principais do corpo sobre um modelo anatómico artificial, que há de servir para fixar na memória as estruturas já explicadas nas aulas teóricas.
- Estudo do ciclo cardíaco, mediante a ausculatação cardiáca, técnica de audição dos sons cardíacos através da parede torácica.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (30 min)

3.1. **Estudo da anatomia do coração (10 min)**, sobre um modelo real animal dissecado convenientemente para mostrar todas as estruturas e entender o funcionamento das mesmas.

3.1.1. Visualização de estruturas:

- Visualização das 4 câmaras, 2 aurículas e 2 ventrículos
- Visualização das 4 válvulas, à saída de cada câmara

- Identificação das camadas da parede: endocardio, miocárdio e pericárdio visceral e parietal.
- Visualização da entrada das grandes veias nas aurículas: cavas (na direita) e pulmonar (na esquerda)
- Visualização da saída das grandes artérias dos ventrículos: pulmonar (do direito) e aorta (do esquerdo)
- Visualização das artérias e veias coronárias.

3.1.2. Compreensão do funcionamento do coração:

- Identificação das bombas direita (menor) e esquerda (maior) independentes mais sincronizadas.
- Seguimento do sentido do fluxo do sangue em ambas bombas: veia → aurícula → ventrículo → artéria
- Simulação das 3 fases do ciclo cardíaco.

3.2. **Identificação dos principais vasos (10 min)**. Deverá incluir a identificação geral dos principais vasos e suas zonas de irrigação sobre o modelo anatómico artificial. Pode-se reforçar a explicação com projecção de figuras adequadas. Dever-se-á seguir uma ordem de estudo, seguindo os ramos da artéria aorta:

- Artéria aorta, que supõe o vaso eferente central, do qual partem todas as artérias sistémicas.
- Veias cavas, que supõem os vasos aferentes centrais, que retornam o sangue da circulação sistémica. A cava superior, retorna o sangue desde a cabeça, pescoço e membros superiores. A cava inferior retorna o sangue desde o tronco e membros inferiores.
- Artérias carótidas direita e esquerda, que irrigam a cabeça. O sangue retorna pelas correspondentes veias jugulares.
- Artérias subclávias direita (unida a raiz da carótida direita, no chamado tronco braquiocefálico) e esquerda, que irrigam os membros superiores. O sangue retorna pelas correspondentes veias subclávias.
- Artérias e veias axilares, continuação das subclávias ao nível dos ombros e dos braços.
- Tronco celíaco, que irriga o fígado, o estômago e o baço.
- Artérias mesentérica superior e inferior que irrigam o resto do tubo digestivo.
- Sistema venoso portal, com convergência da veia esplénica (desde baço e estômago) e veia mesentérica (desde o resto do tubo digestivo) na veia porta, que entra no fígado.
- Artérias renais direita e esquerda, que irrigam os rins. O sangue retorna pelas correspondentes veias renais.
- Bifurcação da aorta nas artérias ilíacas comuns. Formação da veia cava inferior por união das veias ilíacas comuns direita e esquerda.
- Artérias ilíacas internas direita e esquerda para os órgãos pélvicos e perinéio. O sangue retorna pelas correspondentes veias ilíacas internas.
- Artérias ilíacas externas direita e esquerda para os membros inferiores. O sangue retorna pelas correspondentes veias ilíacas externas.
- Artérias e veias femorais direita e esquerda, continuação das ilíacas externas quando entram na coxa.

3.3. **Auscultação cardíaca (10 min)**. Esta técnica de estudo do ciclo cardíaco incluirá duas partes:

3.3.1. Descrição do estetoscópio, aparelho de auscultação, que tem:

- Uma câmara amplificadora (sino) e uma membrana rígida (diafragma), que se colocam na zona para auscultar;
- Tubos que acabam em auscultadores, para transmitir que os sons cheguem até aos ouvidos do examinador.

3.3.2. Técnica de auscultação cardíaca básica, que inclui vários passos. Deve-se reforçar a explicação com a auscultação do modelo artificial (que reproduz os sons audíveis) ou a projecção de vídeo do ciclo com os sons correspondentes.

- Posicionamento da pessoa ou do modelo artificial que vai ser auscultado: sentado em posição relaxada.
- Identificação dos focos de auscultação cardíaca, sítios onde tem maior intensidade do som de cada válvula:
- Audição dos sons 1º e 2º, em cada um dos focos de auscultação.
- Audição dos silêncios entre os sons: sistólico e diastólico, em cada um dos focos de auscultação.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (60 min)

4.1. Dividir os alunos em 3 grupos, que irão rodando em cada 20 minutos por cada um dos 3 blocos de práticas:

- 1 mesa com o modelo anatómico do coração e grandes vasos (ou com o coração dissecado). Se houver 2 seria melhor, pois os alunos teriam mais tempo para o estudo. Os alunos dentro de cada grupo se colocarão em pares e dividirão o tempo disponível para o Estudo da anatomia do coração, seguindo os passos definidos na técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo.
- 1 mesa com o modelo anatómico dos principais vasos e zonas de irrigação. O grupo irá rodando em volta do modelo anatómico analisando as diferentes partes conforme o guião definido na técnica de Identificação dos principais vasos.
- 1 mesa com estetoscópios suficientes para ter 1 por cada par de alunos do grupo. Cada par se alternará no estudo do ciclo e sons sobre o seu colega e sobre o modelo artificial, seguindo o guião definido na técnica de Auscultação cardíaca.

4.2. Dentro de cada grupo, cada membro indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3. Cada aluno deverá, no seu caderno, fazer desenhos básicos dos principais conceitos aprendidos.

4.4. O docente deverá circular pelos grupos para orientar os trabalhos, dinamizar os alunos na interacção, esclarecer dúvidas, corrigir possíveis erros e estimular perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de maneira que poderia estar permanentemente com cada grupo, agindo como moderador e dinamizador]

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	22
Tópico	Aparelho Respiratório	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Respiratório	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

Anatomia do Aparelho Respiratório:

1. Descrever a origem embriológica
2. Descrever a anatomia do tracto respiratório superior e inferior

Fisiologia do Aparelho Respiratório:

1. Descrever a função das diferentes componentes do aparelho respiratório (fossas nasais até alvéolos)

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Aparelho Respiratório: Generalidades		
3	Anatomia e Função da Via Aérea Superior e Inferior		
4	Anatomia e Função dos Pulmões		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1. INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar conhecimentos.

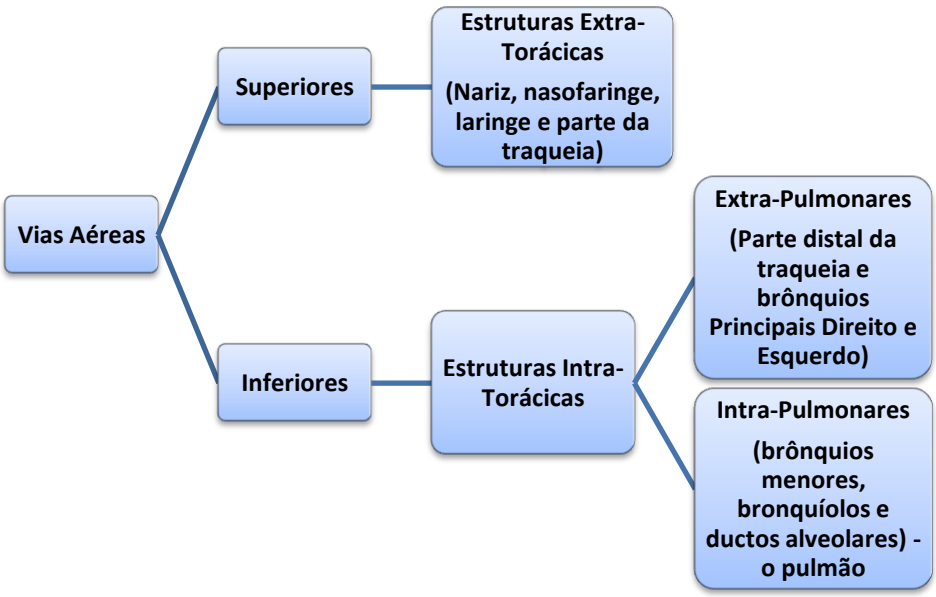
BLOCO 2: APARELHO RESPIRATÓRIO: GENERALIDADES

2.1 O **aparelho respiratório** é uma rede ramificada de tubos e cavidades que realizam a respiração, troca de gases entre o ar proveniente da atmosfera e o sangue. Durante a respiração, o aparelho respiratório obtêm oxigénio do ar atmosférico, necessário para o metabolismo do organismo, e elimina dióxido de carbono, molécula residual do metabolismo.

2.2 O aparelho respiratório é **formado por**:

2.1.1 ***Via aérea***, que é a rede de tubos que leva e acondiciona (filtra, aquece e humedece) o ar desde o exterior até as estruturas de intercâmbio de gases. Inclui:

- Estruturas extra-torácicas classificadas como vias aéreas superiores: *nariz, nasofarínge*, *laringe* e parte da *traqueia*.
- Estruturas intra-torácicas extra-pulmonares classificados como vias aéreas inferiores: parte distal da traqueia e *brônquios principais*.
- Estruturas intra-torácicas intra-pulmonares (incluídas nos pulmões, órgãos da respiração). Entram na classificação de vias aéreas inferiores e incluem *brônquios menores*, *bronquíolos* e *ductos alveolares*.



2.1.2 ***Estruturas de troca gasosa***, que é a rede pulmonar de cavidades terminais da árvore respiratória (*sacos alveolares* e *alvéolos*), único sítio onde acontecem os intercâmbios gasosos entre o sangue e o ar trazido pela via aérea.

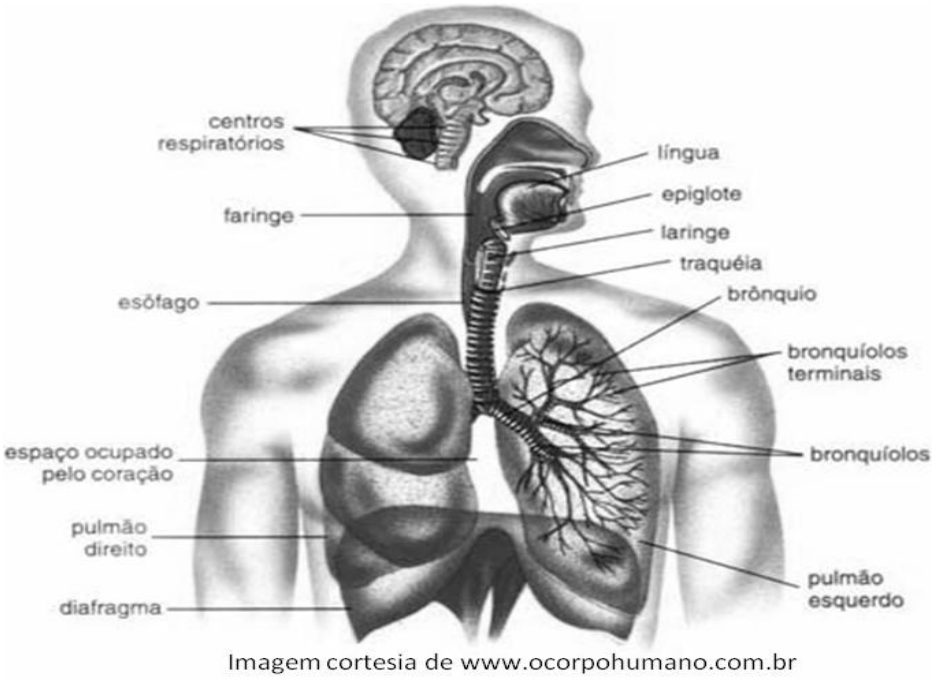


Figura 1. Aparelho respiratório.

2.1.3 Todas as vias aéreas são recobertas por um *epitélio pseudo-estratificado cilíndrico (colunar) ciliado*. Ao nível dos brônquios as células ficam mais pequenas e aplanadas e tomam a forma 242uboide.

- O epitélio das vias respiratórias produz muco que se deposita como uma camada sobre a superfície das células ciliadas, e serve para reter partículas e poeiras e para humidificar o ar inspirado.
- Os cílios produzem um movimento ondulatório de dentro para fora que arrasta o muco a as partículas incluídas para a faringe, para serem eliminados com a tosse ou engolidos.

2.2 **Embriologia do Aparelho Respiratório.** O aparelho respiratório começa desenvolver na 3ª semana a partir do intestino anterior, do que fica separado mais tarde pelo "septo traqueio-esofágico".

2.2.1 Todo o endotélio de laringe, traqueia, brônquios e alvéolos tem origem endodérmica.

2.2.2 Cartilagem e tecidos muscular e conjuntivo que formam a estrutura da árvore respiratória procedem do mesodermo.

2.2.3 Toda a árvore respiratória é formada pela progressiva ramificação do primórdio respiratório, inicialmente como uma árvore de cordões que sucessivamente converte-se numa árvore de tubos.

2.2.4 Toda a árvore está completa no 7º mês, preenchida por líquido que contem *surfactante*, molécula fosfolipídica que no momento do nascimento recobrirá os alvéolos, drenando o líquido para o interstício (secando os alvéolos) e impedindo o seu colapso durante a expiração. A presença de suficiente surfactante é o principal factor da viabilidade dum feto pré-maturo.

2.2.5 Depois do nascimento e até os 10 anos de idade, o crescimento dos pulmões faz-se por divisão de bronquíolos terminais e alvéolos, e não pelo aumento de volume destes. Existe, portanto, um crescimento pós-natal de tecido pulmonar: passa dos 20 milhões de alvéolos ao nascimento até os 300 milhões do adulto.

BLOCO 3: ANATOMIA E FUNÇÃO DA VIA AÉREA SUPERIOR E INFERIOR

3.1 **Nariz.** Estrutura anatómica através da qual entra e sai o ar no aparelho respiratório.

3.1.1 É composto por:

- *Nariz externo (ou Nariz)*, parte que faz saliência na face, formada por uma pequena porção óssea (ossos nasais e partes do maxilares e frontais) e várias cartilagens que dão a forma típica em volta dos 2 orifícios de entrada ou *narinas*, separadas entre elas pelo "septo nasal cartilaginoso" e comunicadas com os 2 *vestíbulos* (cavidades do nariz).
- *Nariz interno (ou Cavidade nasal)*, que é uma grande cavidade dupla (simétrica esquerda e direita, separadas pelo "septo nasal ósseo") que se estende a seguir dos vestíbulos, separada da boca pelo palato, e aberta posteriormente à nasofaringe pelas *coanas*.

3.1.2 A cavidade nasal é toda coberta por mucosa muito húmida e vascularizada com epitélio ciliado (para condicionar o ar inspirado). A mucosa aumenta a sua superfície mediante:

- 3 cristas (elevações ósseas recobertas por mucosa) horizontais sobrepostas: *conchas nasais* superior, média e inferior. Entre elas, as depressões ou vales por onde passa o ar são chamados *meatos* (superior, médio e inferior).
- Várias cavidades ósseas pares, que se abrem à cavidade nasal principal: *seios paranasais* frontais, maxilares, etmoidais e esfenoidais.

3.1.3 O nariz tem as seguintes funções:

- Via de passagem (entrada e saída) do ar respirado.
- Filtro de impurezas do ar (poeiras e outras partículas grossas), mediante as vibrissas (pelos do vestíbulo do nariz).
- Aquecimento e humidificação do ar, mediante a mucosa nasal.
- Órgão do olfacto, situado no tecto da cavidade nasal *(vide Aula 43).*
- Parte auxiliar do órgão da fonação, funcionando como caixa de ressonância na emissão de sons pela laringe.

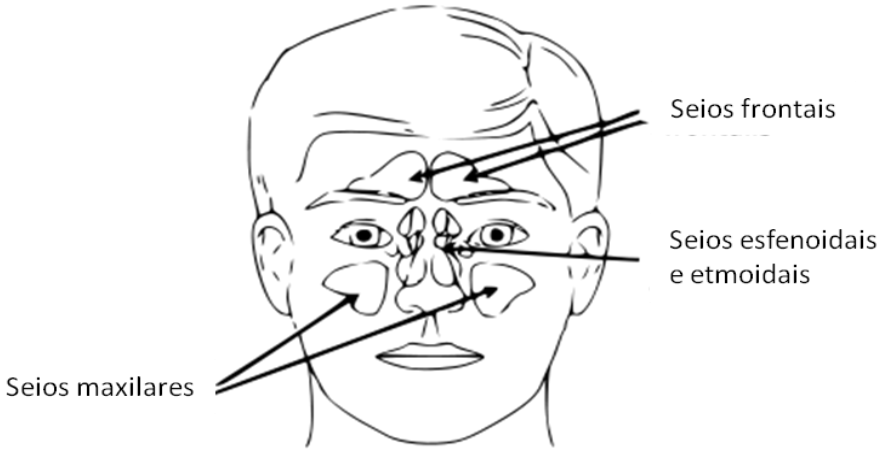


Figura 2. seios paranasais.

Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

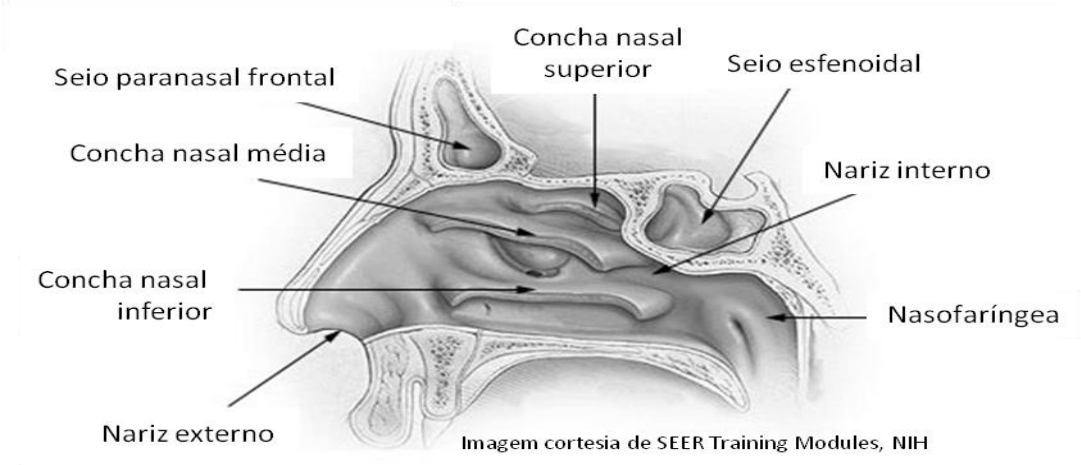


Figura 3. Cavidade nasal e seios paranasais.

3.2 A **faringe** é um tubo músculo-membranoso vertical de uns 12 cm, que parte desde a base do crânio até ao esófago, apoiado posteriormente pelas vértebras cervicais, e que actua como meio de passagem de ar e alimentos entre a via aérea e o tubo digestivo.

3.2.1 Divide-se em 3 partes, de superior a inferior:

- *Nasofaríng*e, que se abre à cavidade nasal através das coanas. Recebe a saída das tubas de Eustáquio, pequenos ductos de drenagem do ouvido médio.
- *Orofaringe*, separada da anterior pelo palato mole, abre-se à cavidade bucal através do istmo das fauces.
- Laringofaringe, que se abre na laringe através da epiglote, separando-a do esófago.

3.2.2 Funções da Faringe:

- Passagem de ar que entra pelo nariz ou pela boca e alimentos que entram pela boca no caminho do tubo digestivo.
- Defesa imune do organismo perante microrganismos que entram com o ar ou com os alimentos. Existe um anel de tecido linfóide na submucosa em volta das coanas (tonsilas nasofaríngeas ou adenóides) e do istmo das fauces (tonsilas palatinas ou amígdalas nas paredes, e tonsilas linguais no soalho) *(vide Aula 15).*
- Colabora no acondicionamento do ar inspirado (limpeza, humidificação e aquecimento).
- Parte auxiliar do órgão da fonação, funcionando como caixa de ressonância na emissão de sons pela laringe.

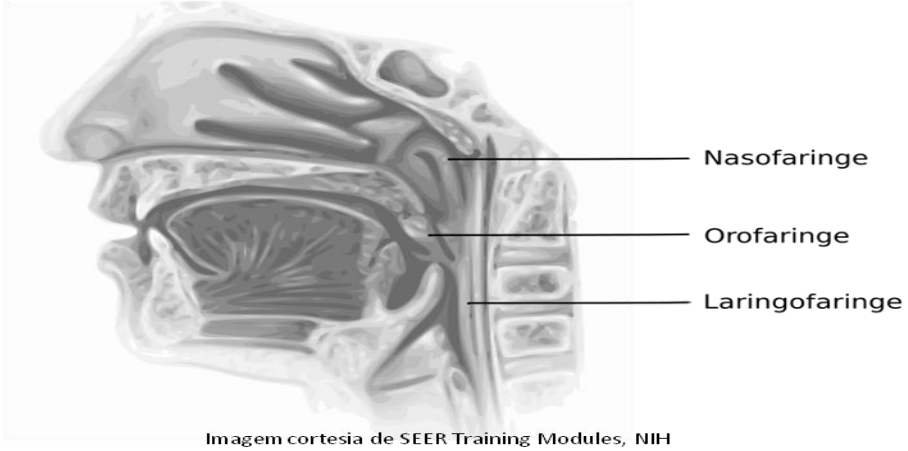


Figura 4. Faringe.

3.3 A **laringe**, órgão fonador, é uma estrutura rígida e móvel, formada pelo tecido cartilaginoso que começa na base da língua (*glote* ou entrada da laringe) e une a faringe com a traqueia. A laringe é recoberta pelo epitélio pseudoestratificado ciliado e é formada por 9 cartilagens :

3.3.1 3 cartilagens centrais:

- "Epiglote" (superior, porta da laringe). É uma lâmina livre e móvel, articulada na base da língua com a face anterior dos cartilagens tiróides, que é capaz de fechar a glote durante a deglutição de alimentos para evitar a passagem destes à via aérea.
- "Tiróide" (a maior, que forma a caixa laríngea, pro eminencia laringea palpável na face anterior do pescoço, chamada pomo de Adão).
- "Cricóide" (anel inferior que liga a laringe com a traqueia).

3.3.2 3 pares de cartilagens laterais: aritenóides, corniculadas e cuneiformes.

3.3.3 Músculos intrínsecos (entre as cartilagens) e extrínsecos (com outras estruturas fora da laringe) facilitam as funções de suporte e mobilidade da laringe em relação a outras estruturas do pescoço, fecham-na durante a deglutição e mexem as cordas vocais.

3.3.4 As *pregas ou cordas vocais* são um par de dobras fibrosas no interior da laringe, capazes de se esticar pela contracção dos músculos fonadores, fechando mais ou menos a glote, o que produz os sons de diferente frequência.

- As cordas vocais não estão recobertas do típico epitélio respiratório, mas sim de um epitélio plano estratificado, que é mais resistente e apropriado para a função fonadora.
- Durante a deglutição as cordas são fechadas, colaborando com a epiglote no encerramento da glote.

3.3.5 Funções da laringe:

- Órgão fonador, que produz sons que depois modulam-se através das estruturas acessórias (cavidade bucal, palato, língua, dentes, lábios e cavidade nasal) para produzir a fala.
- Protecção das vias aéreas perante a entrada de líquidos e alimentos durante a deglutição. A mucosa laríngea tem muitas terminações nervosas que alertam logo da passagem de qualquer elemento estranho (fumo, líquido, sólido) o que desencadeia imediatamente um *reflexo da tosse* para a expulsão do elemento estranho.

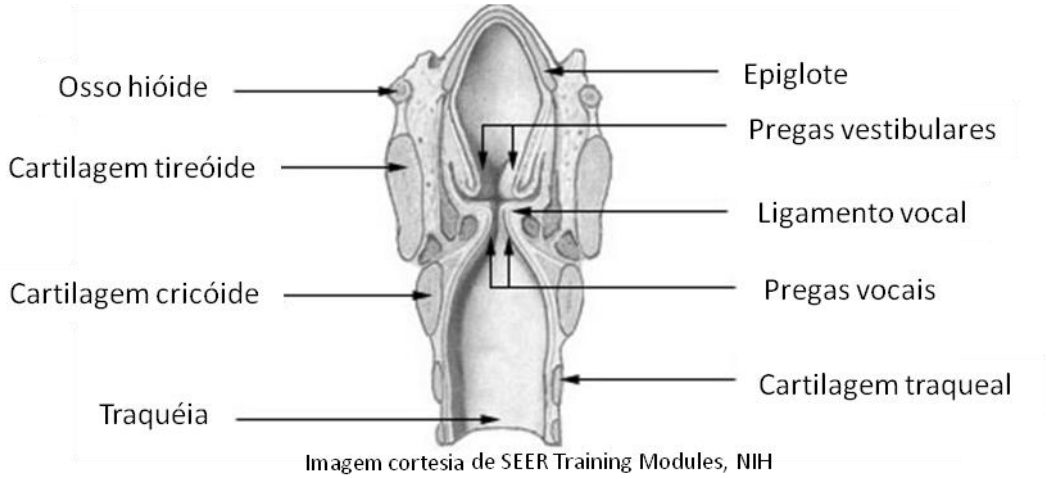


Figura 5. Laringe.

3.4 A **traqueia** é um tubo vertical (10-12 cm comprimento, 2,5 cm de diâmetro) que leva o ar entre a laringe e os brônquios. Desce imediatamente anterior ao esófago.

3.4.1 É formada por uns 20 anéis cartilaginosos abertos posteriormente (forma de "C" com convexidade anterior) ligados por tecido fibroso e muscular. Internamente recoberto pelo típico epitélio respiratório (epitélio cilíndrico ciliado pseudo-estratificado).

3.4.2 Funções da traqueia:

- Passagem de ar desde a laringe até os brônquios. A traqueia é rígida (pelas cartilagens que a formam) pois comunica o ar exterior, que tem pressão atmosférica positiva, com os pulmões, que tem pressões negativas quando se expande a caixa torácica. Se não fosse rígida, fechar-se-ia e o ar não poderia passar.
- Colabora no acondicionamento do ar inspirado (limpeza, humidificação e aquecimento).

3.5 Os **brônquios** resultam da ramificação da traqueia em dois brônquios principais (direito e esquerdo) que penetram nos pulmões e se ramificam progressivamente formando a "árvore bronquial" que tem progressivos níveis de ramificação

3.5.1 *Brônquios principais* (direito e esquerdo) que se originam da divisão em dois da traqueia (na carina traqueial) e entram em cada pulmão pela parte medial (hilo pulmonar, por onde entram e saem também os vasos pulmonares). Tem a mesma estrutura que a traqueia, mas diâmetro progressivamente menor.

- O brônquio esquerdo é o mais fino, mais horizontal e mais comprido. O brônquio direito é mais grosso, vertical e curto.

3.5.2 *Brônquios secundários ou lobares* (3 no lado direito, 2 no esquerdo) derivam dos anteriores, já dentro de cada pulmão, para fornecer ar a cada um dos lobos pulmonares (superior, médio e inferior direitos e superior e inferior esquerdos).

3.5.3 *Brônquios terciários ou segmentares* derivam dos anteriores, já dentro de cada lobo pulmonar, para fornecer ar a cada um dos segmentos pulmonares. A estrutura cartilaginosa é já muito irregular (não anelada) e ausente em alguns troços.

3.5.4 *Bronquíolos*, que surgem da múltipla divisão dos anteriores, já sem parede cartilaginosa (apenas fibrosa e muscular, capaz de abrir mais ou menos a passagem de ar) e com epitélio cúbico simples ciliado.

- Cada bronquíolo supre apenas uma unidade básica funcional respiratória do parênquima pulmonar, chamadas lóbulos. À entrada do lóbulo, o bronquíolo divide-se em vários *bronquíolos terminais, "bronquíolos respiratórios"* e *ductos alveolares* (nos quais se abrem os *alvéolos).*

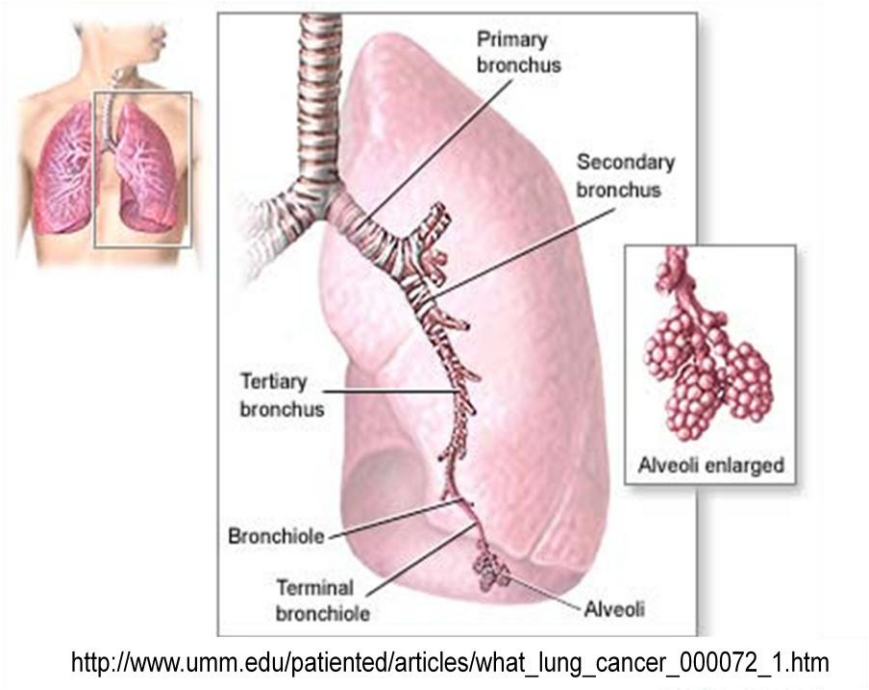


Figura 6. Traqueia e árvore bronquial.

3.5.5 A secção total da árvore bronquial em cada nível de ramificação vai aumentando ligeira e progressivamente, até chegar aos bronquíolos respiratórios e estruturas alveolares, em que se multiplica grandemente.

- Este aumento dramático da secção total na porção respiratória faz com que à estes níveis o ar se movimente muito devagar, o que permite um maior intercâmbio gasoso.
- A superfície total da membrana respiratória (zona de troca entre ar e sangue nos alvéolos) é enorme (uns 50 m^2 em cada pulmão), o que facilita também a troca gasosa.

BLOCO 4: ANATOMIA E FUNÇÃO DOS PULMÕES

4.1 Os pulmões são os órgãos respiratórios e para realizar a sua função estão contidos numa caixa rígida expansível chamada **cavidade torácica**, que os protege e permite o seu enchimento e vazamento de ar.

4.1.1 A cavidade torácica é limitada pela caixa torácica osteomuscular que tem a forma de um cone com a base virada para baixo.

- É constituída por várias estruturas rígidas, de posterior a anterior: coluna vertebral torácica, costelas e esterno.
- A estrutura óssea é completada por diferentes músculos que a dão flexibilidade e expansibilidade: músculos intercostais, outros músculos da parede e diafragma.
- A cavidade contem a parte distal da traqueia, brônquios principais, pulmões, coração, os grandes vasos, e a porção intra-torácica do esófago.

4.1.2 Está separada do abdómen pelo *diafragma*, lâmina muscular inserida todo em volta da caixa torácica. A contracção do diafragma é o principal motor dos movimentos respiratórios.

4.1.3 A cavidade torácica está dividida em:

- Dois espaços laterais ou pleurais (direito e esquerdo) onde se alojam os pulmões.

- Um espaço medial ou mediastino, onde se alojam: coração, grandes vasos, traqueia, esófago

4.2 Os **pulmões** são grandes órgãos pares em forma de cone, que preenchem completamente os espaços pleurais da cavidade torácica. O parênquima pulmonar é uma estrutura esponjosa muito elástica, cheia de bronquíolos, condutos alveolares e alvéolos, capaz de se contrair e de se expandir com os movimentos respiratórios.

4.2.1 Tem várias faces:

- As superfícies mediais são concavas e delimitam o mediastino.
- As superfícies laterais, anterior e posterior são convexas e adaptam-se a forma da caixa torácica.
- A face inferior está em contacto com o diafragma, mudando de forma com os movimentos respiratórios: concava em expiração e plana-convexa em inspiração.
- A *cúpula* é a ponta do pulmão e sobressai ligeiramente por cima da clavícula.

4.2.2 Cada pulmão é independentemente envolvido por dois folhetos de uma membrana serosa chamada pleura.

- O folheto interior (*pleura visceral*) reveste a superfície do pulmão até o hilo em que se dobra/prega para fora para formar:
- O folheto exterior (*pleura parietal*) reveste a parte interna da caixa torácica e à superfície superior do diafragma.
- Entre elas existe um espaço virtual de deslizamento lubrificado por *líquido pleural* que minimiza o atrito durante os movimentos respiratórios.

4.2.3 Na superfície medial está o *hilo pulmonar*, fenda de entrada de brônquios e vasos pulmonares e bronquiais, única parte conectada com o resto do corpo, e não recoberta por pleura.

4.2.4 Os pulmões, seguindo a estrutura da árvore bronquial podem ser divididos anatomicamente:

- O pulmão direito está dividido pelas *fissuras oblíqua e horizontal* em 3 zonas anatómicas independentes (com brônquio e vasos próprios): *lobos superior, médio e inferior*.
- O pulmão esquerdo está dividido pela *fissura oblíqua* em 2 zonas anatómicas independentes (com brônquio e vasos próprios): *"lobos superior e inferior*.

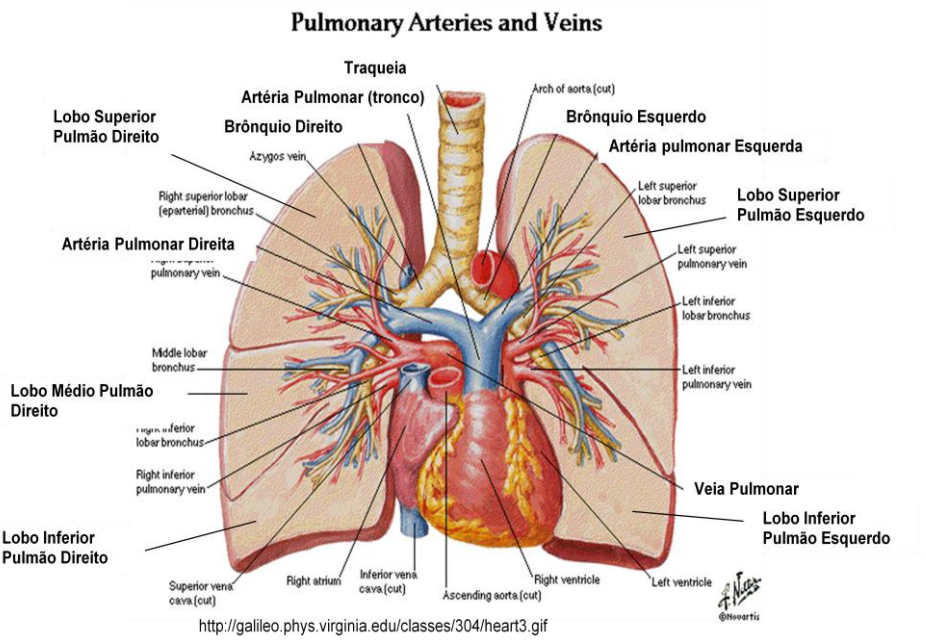
4.2.5 A árvore bronquial é acompanhada (com parecida estrutura de ramificação) pelas:

- Artérias e veias pulmonares e seus ramos, que formam a circulação pulmonar.
- Artérias e veias bronquiais e seus ramos, que forma parte da circulação sistémica.
- Árvore linfática, que vai confluindo desde a periferia até os brônquios, em volta dos que há linfonodos, primeira estação de drenagem, conectadas com níveis linfáticos superiores (mediastínicos e cervicais profundos).

4.2.6 As funções das estruturas de troca gasosa dos pulmões são:

- Realizar o intercâmbio gasosos entre o ar e o sangue: absorção de O_2, e eliminação de CO2 e H+ (mecanismo compensador do equilíbrio ácido-base).
- Eliminar por fagocitose as agressões (partículas, fumos e microrganismos) que entram com o ar.

- Regular a temperatura e humidade corporal (a imensa superfície da membrana respiratória realiza grandes trocas de calor e água com o ar inspirado).



- **Figura 7:** Pulmões, suas divisões e estruturas

4.3 As **estruturas alveolares** são as dilatações terminais da árvore bronquial (a partir dos bronquíolos respiratórios), onde chega o ar inspirado para realizar as trocas gasosas com o sangue dos capilares que os envolvem.

4.3.1 Incluem: *ductos alveolares*, dilatação do bronquíolo respiratório (parte terminal do brônquio) onde se abrem os *sacos alveolares*, formados por várias dilatações com ar comunicados entre si, que são os *alvéolos.*

4.3.2 A parede das estruturas alveolares é um epitélio plano apoiado numa membrana basal com fibras elásticas, que o separa do endotélio dos capilares. Contêm 3 tipos de células*:*

- Epiteliais planas, as mais abundantes, muito finas que realizam a troca gasosa.
- Epiteliais cúbicas, que secretam o “surfactante”, molécula lipoprotéica (como um sabão) que diminui a tensão superficial do alvéolo impedindo o seu colapso durante a expiração.
- Macrófagos, com capacidade para fagocitar microrganismos e partículas de pó inaladas.

4.3.3 Em volta dos alvéolos está uma rede capilar (vasos com uma única camada de endotélio plano), desde onde se realiza a troca de gases.

4.3.4 Portanto, a finíssima *membrana respiratória* (a que separa ar e sangue) está formada por:

- Células epiteliais planas.
- Membrana basal epitelial (do alvéolo).
- Membrana basal endotelial (do capilar).
- Células do endotélio capilar

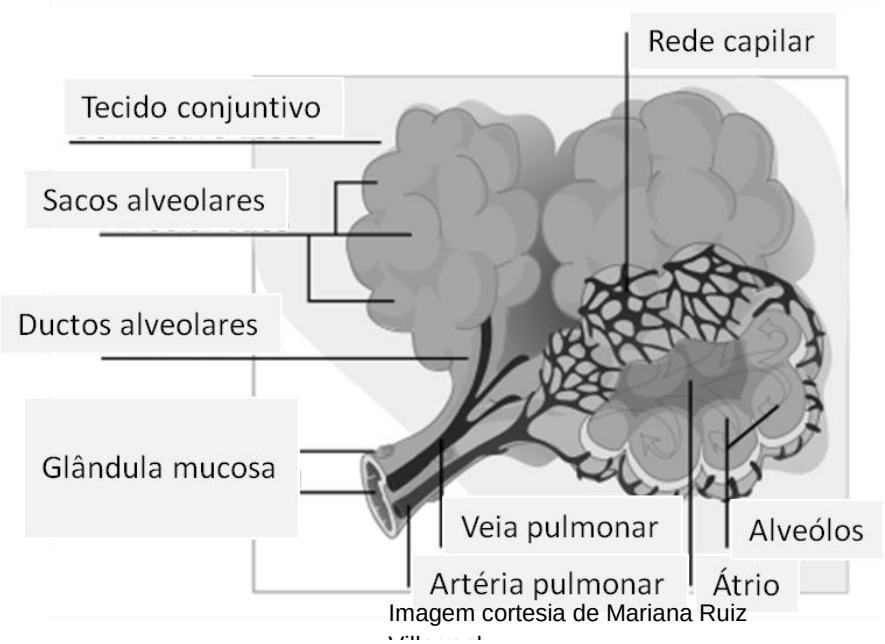


Imagem cortesia de Mariana Ruiz

Figura 8. Estruturas alveolares

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 O aparelho respiratório é o conjunto de estruturas onde se realiza a troca de gases entre o ar exterior e o sangue: proporciona oxigénio e elimina dióxido de carbono.

5.2 O aparelho respiratório é constituído por uma porção condutora (via aérea, que transporta e condiciona o ar) e uma porção respiratória (onde se realiza a troca gasosa).

5.3 A via aérea superior inclui: nariz, nasofaringe, laringe e parte da traqueia. A via aérea inferior inclui: parte distal da traqueia e árvore bronquial.

5.4 A porção condutora esta revestida por um epitélio pseudoestratificado ciliado, capaz de produzir e transportar muco ao exterior, que humidifica o ar e elimina as partículas nele contidas. A porção respiratória tem um epitélio plano muito fino, para permitir o intercâmbio gasoso.

5.5 Os pulmões são um par de órgãos esponjosos muito elásticos que contem a parte mais periférica da via aérea inferior e a porção respiratória. Estão na cavidade torácica envolvidos numa dupla lâmina serosa (pleura) que permite o deslizamento durante os movimentos respiratórios.

5.6 As estruturas alveolares (ductos, sacos e alvéolos) são dilatações terminais da árvore bronquial, onde se realiza o intercâmbio gasoso, que se produz pela passagem de gases entre o ar dos alvéolos e o sangue dos capilares, através da membrana respiratória.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	23
Tópico	Aparelho Respiratório	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Respiratório B. Fisiologia do Aparelho Respiratório (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo Anatomia do Aparelho Respiratório:

1. Listar os volumes e capacidades pulmonares.

B. Sobre o conteúdo Fisiologia do Aparelho Respiratório:

1. Definir a respiração como um processo bioquímico
2. Explicar o processo de respiração interna ou celular
3. Explicar o processo de respiração externa ou ventilação

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Mecânica Respiratória		
3	Trocas Gasosas		
4	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1. INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: MECÂNICA RESPIRATÓRIA

2.1 **Respiração**, do ponto de vista bioquímico, é a troca de moléculas gasosas (O_2 e CO_2 fundamentalmente) entre várias estruturas do corpo para facilitar o metabolismo aeróbico celular. Este processo de intercâmbio gasoso realiza-se em dois fases diferentes:

2.1.1 *Respiração externa ou Ventilação*, que é a troca de gases, com absorção de O_2 e remoção de CO_2 nos pulmões entre o ar inspirado e o sangue do circuito pulmonar. Está é a função do aparelho respiratório.

2.1.2 *Respiração interna ou celular*, que é a troca de gases entre o sangue do circuito sistémico e todas as células do corpo, incluindo a utilização do O_2 pelas células com produção do CO_2 como resíduo do metabolismo celular. Esta função se faz ao nível de todos os tecidos do organismo.

2.2 A ventilação é realizada em forma de um **ciclo respiratório**, que no caso da respiração normal em repouso (*eupnéia*), se realiza por um jogo de pressões entre o ar atmosféricos e o ar dentro dos pulmões, que é possível pelas características móveis do tórax e expansíveis dos pulmões.

O ciclo tem duas fases: *inspiração* ou entrada de ar no aparelho respiratório e *expiração* ou expulsão do ar.

2.2.1 A ***inspiração***, que dura cerca de 2 segundos, permite a introdução do ar atmosférico (do exterior) para o interior dos pulmões, produzido pela pressão negativa intra-torácica gerada pela expansão do tórax, que ocorre pela contracção dos músculos respiratórios, em particular :

- *Diafragma*, que sua contracção o aplana, aumentando a altura da cavidade torácica
- *Músculos intercostais*, que sua contracção levanta as costelas e o esterno, aumentando os diâmetros antero-posterior e lateral do tórax.

2.2.2 A pleura parietal acompanha o movimento das estruturas osteomusculares da caixa, e arrasta à pleura visceral.

- Isto provoca a expansão dos pulmões, e por tanto a entrada de ar nos pulmões (os pulmões “chupam” ar activamente), até o fim da inspiração, em que as pressões interior e exterior são igualadas.

  ➢ *Situações patológicas nas quais o espaço pleural não é virtual, mas está ocupado por ar (pneumotórax) ou líquido (derrame pleural), comprometem a expansão pulmonar e portanto, a respiração.*

2.2.3 A **expiração** que dura em média cerca de 3 segundos devolve, uma vez feita a troca gasosa, o ar inspirado para o exterior. Neste processo, ocorre o relaxamento dos músculos respiratórios, o tórax volta a posição de repouso, aumentando a pressão intra-torácica.

2.2.4 Na respiração normal, a expiração é um processo passivo, facilitado pela elasticidade dos elementos da caixa torácica e dos próprios pulmões (tendência a voltar a sua posição de repouso), produto do balanço entre:

- *Fibras elásticas*, da estrutura conjuntiva do pulmão, que têm tendência a exprimi-lo.

- *Líquido surfactante*, líquido que recobre a parede interna dos alvéolos e evita a sua tendência ao colapso (fechamento completo) dos alvéolos à saída do ar durante a expiração. Consegue, portanto, que os alvéolos estejam sempre com ar (a maior ou menor pressão dependendo do momento do ciclo).

2.2.5 Esta retracção das estruturas torácicas provoca um aumento da pressão intra-pulmonar, forçando a saída de ar para o exterior, até o fim da expiração, em que as pressões interior e exterior se igualam de novo, iniciando um novo ciclo.

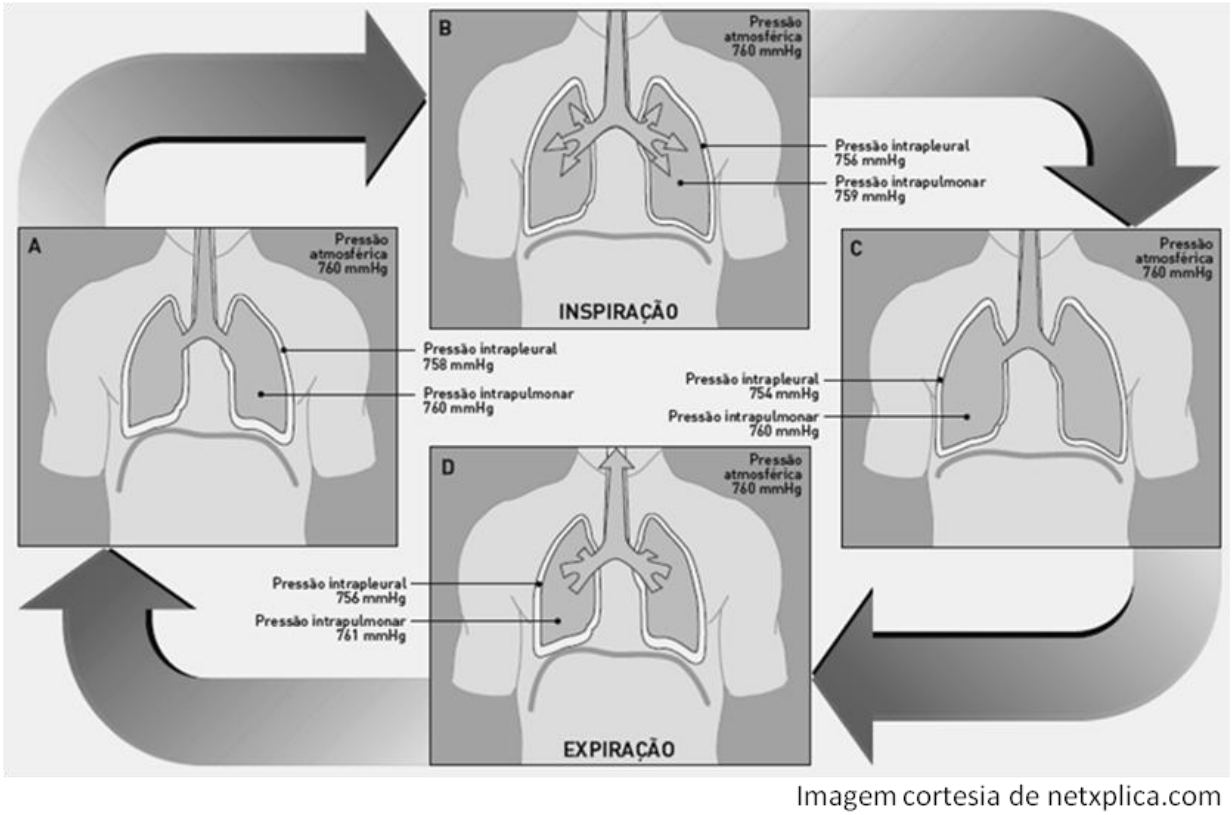


Figura 1. Ciclo respiratório: movimentos torácicos e jogo de pressões.

2.2.6 ***Frequência respiratória*** *(FR)* é o número de ciclos respiratórios correntes que a pessoa faz em repouso. Varia, normalmente, de 16 a 20 cpm (ciclos por minuto).

2.2.7 Em caso de *respiração forçada ou hiperpnéia* (como durante o exercício vigoroso) existe um maior fluxo de ar, pois o jogo de pressões é maior:

- Na inspiração, participam uma serie de músculos acessórios da respiração (esternocleidomastóideo e escalenos) que levantam as primeiras costelas e esterno, provocando uma expansão torácica maior e mais rápida.
- Na expiração, além do processo passivo, participam agora músculos expiratórios, que provocam um movimento de retracção do tórax, e por tanto uma saída de ar, maior e mais rápida.

  ➢ *Na prática clínica, frequentemente se encontram formas alteradas do ciclo respiratório. "Taquipnéia", é o aumento da frequência respiratória, sem aumentar a sua profundidade (respiração superficial e rápida)). "Apnéia", é a cessação temporário do ciclo respiratório. "Ortopnéia", é a incapacidade para respirar com o corpo em posição horizontal. "Dispneia" é a dificuldade para respirar.*

2.2.8 O ciclo respiratório normal, está frequentemente interrompido por ciclos respiratórios modificados, que tem funções concretas. Incluem:

- *Tosse*, esforço expiratório forçado com glote fechada (aumenta muito a pressão intra-pulmonar), que se abre de repente provocando saída rápida de ar. Serve para desobstruir a via aérea intra-torácica (por muco acumulado, corpos estranhos,…).
- *Espirro*, tipo de tosse da via aérea superior, em que uma abertura grande da glote leva o ar até as cavidades bucal e nasal com muita pressão, desobstruindo-as. Serve para a limpeza da via aérea superior.

2.3 O padrão do ciclo respiratório é de grande importância clínica. Os diferentes **volumes pulmonares** de ar inspirado e expirado podem ser medidos e registados mediante um aparelho apropriado (espirómetro).

Os valores mostrados a seguir, estão expressados em litros e correspondem a um homem adulto médio, (variam com o tamanho da pessoa, sexo e idade). Incluem:

2.3.1 Volumes, que são quantidades de ar inspirado ou expirado dependendo do tipo de respiração. Em repouso, no fim da expiração normal, ainda restam uns 3 Litros de ar nos pulmões, chamado *volume pulmonar basal normal ou Capacidade residual funcional (CRF)*. A partir deste momento do ciclo (fim da expiração normal) temos:

- *Volume corrente (VC)* é a quantidade de ar inspirado (e expirado) durante a respiração normal. São uns 0,5 Litros, dos quais apenas 0,35 litros chegam aos alvéolos. O resto fica na via aérea (chamado *espaço morto*) e não realiza trocas de gases.
- *Volume de reserva inspiratória (VRI)* é o ar inspirado a mais (depois da inspiração corrente) durante uma inspiração forçada máxima. Pode introduzir aproximadamente 2,5 litros.
- *Volume de reserva expiratória (VRE)* é o ar expirado a mais (depois da expiração corrente) durante uma expiração forçada máxima. São aproximadamente 2 l.
- *Volume residual (VR)* é o ar que resta nos pulmões depois de uma expiração forçada máxima. É aproximadamente 1 litro.

2.3.2 Capacidades, que são combinações (somas) dos volumes anteriores que nos dão informação clínica específica sobre algum aspecto da respiração:

- *Capacidade vital (CV) = VRI + VC + VRE.* Corresponde a quantidade máxima de ar que se pode expirar depois de uma inspiração máxima forçada. Dá a informação sobre a anatomia geral do aparelho respiratório. É de cerca de 5 litros.
- *Capacidade pulmonar total (CPT) = CV + VR.* Igual ao anterior, incluindo o volume residual. São cerca de 6 litros.

2.3.3 Medidas em relação ao tempo. Os volumes e capacidades anteriores são pontuais e não relacionados com o tempo, pelo que dão uma informação parcial. Existem outras medidas que relacionam os volumes (em litros) com o tempo (geralmente em 1 minuto), dando uma informação mais completa da função do aparelho respiratório.

- *Volume respiratório ou Volume minuto (VMR) = FR x VC.* É o total de ar inspirado durante 1 minuto em estado de repouso. São aproximadamente 6 litros/min.
- *Ventilação voluntária máxima ou Capacidade respiratória máxima (VVM),* é o maior volume de gás que pode ser inspirado voluntariamente (máxima frequência e máxima profundidade) em 1 minuto. Está entre 125 e 170 l/min.

  A diferença entre o *VMR* e o *VVM* dá ideia da grande capacidade de adaptação que tem o aparelho respiratório, como por exemplo perante o exercício intenso.

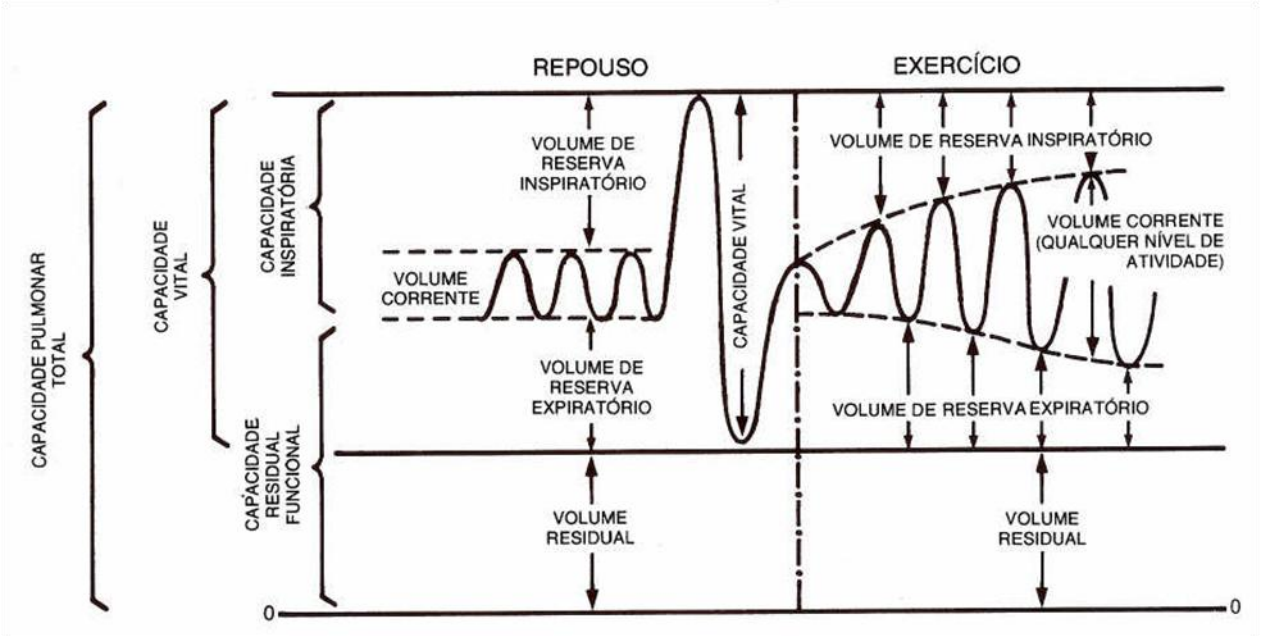


Figura 2. Volumes e capacidades funcionais.

2.4 **Outros conceitos** são importantes para entender a mecânica respiratória e para interpretar as alterações que se produzem em certas doenças. A entrada de ar nos pulmões durante o ciclo respiratório se faz condicionada pelas próprias características dos tecidos (caixa torácica, pulmões e vias aéreas). Assim:

2.4.1 *Complacência ou Distensibilidade* é a capacidade dos pulmões e da caixa torácica para se expandirem e retraírem com os movimentos respiratórios. Mede o volume de ar que é preciso introduzir na via aérea para aumentar uma certa pressão nos pulmões. Se o volume que se precisa para aumentar a pressão intrapulmonar é pequeno, é porque os pulmões são rígidos (tem pouca complacência) e se é volume que se precisa introduzir é grande, é porque são muito distensíveis.

2.4.2 *Resistência* é a oposição da árvore bronquial ao avanço do ar pelo atrito contra as suas paredes. Mede a diferença de pressão que é preciso criar (entre atmosférica e intra-pulmonar) para meter nos pulmões um certo volume de ar. Se deve principalmente à resistência das vias mais periféricas, pois são as que têm uma secção total muito maior.

2.4.3 Trabalho respiratório é um conceito relacionado com os dois anteriores. É o esforço que devem fazer os músculos respiratórios para inspirar um certo volume de ar e depende tanto da distensibilidade pulmonar como da resistência da via aérea. Casos patológicos de contínuo trabalho respiratório aumentado pode levar ao esgotamento energético dos músculos e provocar falência do aparelho respiratório.

BLOCO 3: TROCAS GASOSAS

3.1 A mecânica respiratória que tem sido estudada no bloco anterior tem a ver com o transporte do ar desde o exterior até a porção respiratória (alvéolos). Nestes alvéolos é donde se realiza a função fundamental do aparelho respiratório: a troca de gases entre o ar inspirado e o sangue capilar pulmonar.

3.1.1 A ***dinâmica dos gases do corpo humano*** pode-se estudar a quatro níveis diferentes:

- Troca entre ar e sangue, através da membrana respiratória.
- Distribuição (transporte) dos gases pelo sangue por todo o organismo.

- Troca entre sangue e células, através do endotélio capilar e membrana celular.
- Respiração celular: utilização do O_2 e produção de CO_2 no metabolismno das células.

3.2 A troca de gases acontece segundo os **princípios físicos gerais**:

3.2.1 A pressão de um gás é a que fazem as suas moléculas contra as paredes do recipiente que o contem. No caso do ar atmosférico, é a pressão do ar sobre a superfície da terra. É de 760 mmHg (equivalente a 1 atmosfera) ao nível do mar. Vai diminuindo com a altitude sobre o nível do mar.

3.2.2 A pressão total duma mistura de gases é igual a soma das pressões parciais de cada componente (Lei de Dalton).

- Assim a pressão atmosférica, é igual à soma das pressões parciais dos seus componentes: $P(N_2) + P(O_2) + P(H_2O) + P(CO_2) + \ldots$
- O ar é formado principalmente por 78% de nitrogénio (N_2), 21% de oxigénio (O_2), 0,5% de água (H_2O), 0,05% de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases em quantia menor.

3.2.3 Quando uma mistura de gases (como o ar) se difunde através de uma membrana permeável (como a respiratória), cada componente difunde no sentido de equilibrar pressões do próprio componente a ambos lados da membrana (desde o lado de pressão maior para o lado de pressão menor), sem ter em conta os movimentos e concentrações dos outros gases.

3.2.4 Este princípio actua também com gases dissolvidos num meio líquido (Lei de Henry), assim na troca gasosa entre um meio gasoso e um meio líquido através duma membrana permeável, a pressão parcial de um elemento gasoso num líquido tende a se igualar à pressão parcial de esse componente no meio gasoso. Assim as pressões parciais de O_2 e CO_2 no alvéolo se igualam com as do sangue.

3.3 **Trocas gasosas nos pulmões**. O ar inspirado (cerca de 500 ml) é misturado com o ar da capacidade residual funcional (cerca de 3 litros), modificando levemente a sua composição. As pressões parciais de O_2 e CO_2 no ar atmosférico (de uns 160 e 0,3 mmHg respectivamente) passam a ser de uns 100 e 40 mmHg no ar alveolar (mudando só ligeiramente entre inspiração e expiração).

3.3.1 Estas pressões parciais dependem da *ventilação alveolar*, quantidade real de ar inspirado que chega aos alvéolos, que é de uns 4 l/min, que corresponde ao volume minuto (uns 6 l) menos o volume minuto do espaço morto (uns 1,8 l).

- Como o espaço morto é fixo (uns 150 ml em cada inspiração), respirações rápidas e superficiais produzem ventilações alveolares baixas, enquanto que a respiração lenta e profunda, ventila muito melhor os alvéolos.

3.3.2 O sangue do circuito pulmonar que chega aos capilares alveolares, tem uma pO_2 baixa (uns 40 mmHg) e uma pCO_2 alta (uns 46 mmHg) em relação ao ar alveolar, pelo que há uma tendência do oxigenio passar do ar para o sangue e do dióxido em sentido contrário.

- O sangue oxigenado que sai dos capilares pulmonares, leva pressões parciais semelhantes às alveolares (com as que se igualaram por difusão): pO_2 alta (uns 95 mmHg) e uma pCO_2 ligeiramente mais baixa (uns 40 mmHg).

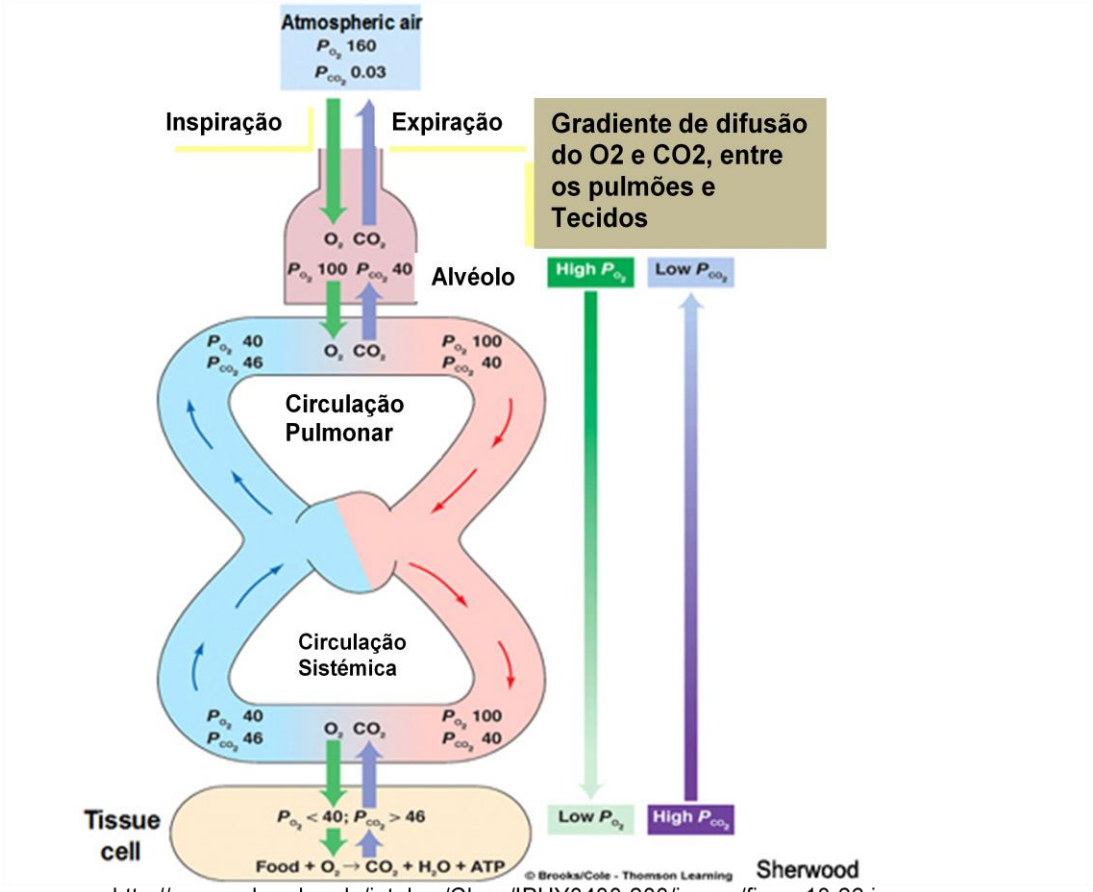


Figura 3. Pressões Parciais dos gases em diversas partes do organismo

3.3.3 A ***capacidade de difusão*** é a capacidade de um gás em igualar as suas pressões a ambos lados da membrana respiratória. É diferente para cada molécula: pequena para o O_2 (difunde mal) e alta para o CO_2 (difunde bem).

Existem diferentes factores que podem alterar a capacidade de difusão de um certo gás entre o alvéolo e o sangue:

- Solubilidade do gás no sangue, que expressa a capacidade do gás para atingir altas concentrações no sangue. É escassa para o O_2 e algo maior para o CO_2.
- Gradiente de pressão do gás a ambos lados da membrana. Quanto maior é a diferença de pressão a ambos lados da membrana, maior será a difusão.
  - *Em zonas de grande altitude (com pO_2 atmosférica baixa) a difusão é menor.*
- Superfície da membrana respiratória (quanto maior superfície, maior difusão) e espessura desta (quanto menor espessura, maior difusão).
  - *Em doenças que destruem o parênquima pulmonar, como no enfisema, a superfície da membrana está diminuída, e por tanto, a capacidade de difusão. Em doenças que acumulam líquido no espaço intersticial, como o edema de pulmão, a difusão também é menor.*

3.3.4 ***Perfusão pulmonar*** é a quantidade de sangue que passa (fluxo) de sangue pela rede capilar pulmonar. Quanto mais alta é a perfusão pulmonar, melhor será a troca de gases. É equivalente ao débito cardíaco (6 l/min).

3.4 **Transporte de gases no sangue**. Como mencionado acima, a solubilidade dos gases, especialmente do O_2, no sangue é fraca. Isso significa que as quantidades de O2 e em maneira menor de CO2 dissolvidas no sangue e transportadas para e dos tecidos seriam inadequadas se não existissem outros mecanismos como o transporte de O2 (e numa medida menor de CO2) pela

hemoglobina e reacções químicas reversíveis que convertem temporariamente o CO2 em outros compostos. .

3.4.1 A hemoglobina aumenta a capacidade de transporte de O2 no sangue cerca de 70 vezes. A combinação de O_2 com a hemoglobina (proteína transportadora de oxigénio nos glóbulos vermelhos do sangue) para formar oxi-hemoglobina responde pelo 97% do transporte de oxigénio entre os pulmões e os tecidos (100 ml de sangue oxigenado transportam cerca de 20 ml de O_2 ligado a hemoglobina, o que supõe um transporte altamente efectivo).

3.4.2 A relação entre a pressão parcial (pO2) de oxigénio e a afinidade do O_2 pela hemoglobina pode-se ver na curva de saturação de esta com duas considerações principais a serem feitas:

- O transporte do oxigénio pelo sangue é muito estável: mudanças de pO_2 por cima de 50 mmHg – pressão típica nas artérias - não influência na capacidade de transporte pois o nível de saturação da hemoglobina com oxigénio não varia significativamente.
- A entrega de oxigénio nos tecidos é rápida e eficaz: pequenas mudanças da pO_2 entre 20 e 40 mmHg – pressão típica nos capilares- provocam grande dissociação de hemoglobina, pelo que se produz uma libertação massiva de oxigénio.

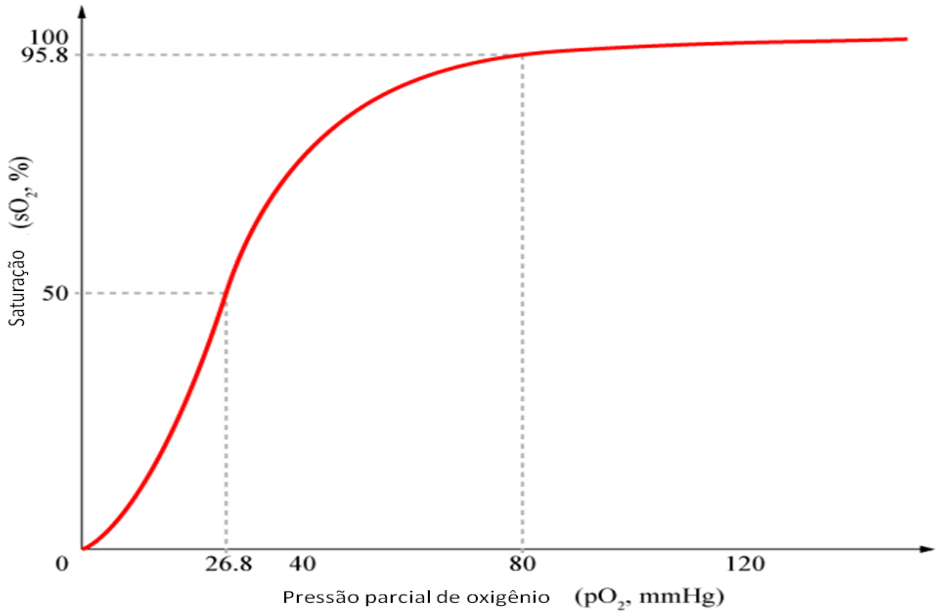


Figura 4. Curva de saturação da hemoglobina.

3.4.3 O CO_2 é cerca de 20 vezes mais solúvel no sangue do que o O_2. Apesar disso, só cerca de 10% está presente em solução simples. A maioria de CO2 transporta-se desde os tecidos até os pulmões "combinado" com água (para formar iões bicarbonato, HCO_3^-, forma em que se transporta 70% do CO_2) e cerca de 20% ligada a hemoglobina (formando **carbamino-hemoglobina**).

3.5 **Trocas gasosas nos tecidos**. Acontece pelos mesmos princípios que a troca a través da membrana respiratória.

3.5.1 Quando as células utilizam oxigénio no seu metabolismo, diminui a pO_2 intra-celular estabelecendo-se um gradiente em relação ao sangue, de maneira que passará por difusão desde os glóbulos vermelhos ao interior da célula.

- Como ao nível dos capilares a curva de saturação de hemoglobina está quase na sua pendente máxima, pequenos gradientes de pressão conseguem grandes liberações de O_2 para os tecidos.

- O aumento da pCO_2, o aumento da temperatura e a diminuição do pH no sangue (como acontece em estados de alto metabolismo como o exercício) reduzem a afinidade da hemoglobina pelo oxigénio, liberando-o mais rapidamente. Este facto pode-se expressar na curva de saturação da hemoglobina como um desvio de esta para a direita.

3.5.2 O metabolismo produz CO_2 como resíduo, que se acumula na célula, aumentando a sua pressão parcial criando um fluxo do mesmo até ao sangue (com pCO_2 mais baixa).

3.5.3 Estas trocas se fazem através do interstício, pelo que haverá sempre um duplo gradiente de pressões que tende sempre a se igualar.

3.6 A **Respiração celular** é o processo de produção de energia armazenável, a partir da degradação química de moléculas que fazem parte dos alimentos, especialmente glicose e ácidos graxos.

A célula precisa de esta energia para realizar as suas funções básicas (síntese proteíca, transporte transmembrana,…) e especializadas (contracção pelas fibras musculares, secrecção por células glandulares,…)..

3.6.1 Essa degradação de moléculas complexas em outras mais simples, pode-se fazer com o oxigénio (respiração aeróbica, a mais habitual, de alto rendimento energético) ou sem oxigénio (respiração anaeróbica, alternativa quando não há suficiente oxigénio, de baixo rendimento energético).

- Estas reacções químicas libertam energia, que se transmite a certas moléculas especializadas (AMP, adenosina monofosfato, ou ADP, difosfato) que a absorverão mediante a ligação de radicais fosfato de alta energia, criando ATP (adenosina trifosfato). A energia fica assim armazenada nestes moléculas e pode ser libertada e utilizada em qualquer momento , mediante a ruptura destas ligações fosfato.

3.6.2 Na respiração aeróbica, as moléculas de glicose ($C_6H_{12}O_6$) são "desmontadas" em diferentes etapas químicas até originar substâncias muito simples (CO_2 e H_2O), produzindo energia (38 ATP por cada glicose, e até 2 ou 3 vezes mais no caso de ácidos graxos, que são os que mais rendem energéticamente).

- Ambas vias (aeróbica e anaeróbica) iniciam-se no citoplasma: A glicose é inicialmente quebrada (processo chamado glicólise) formando duas moléculas de ácido pirúvico, libertando uma certa quantidade de energia, sem consumir oxigénio.
- O resto da via aeróbica se realiza na mitocóndria, onde entra o ácido pirúvico para ser convertido em acetil-coenzima A por um sistema multienzimático (o Ciclo de Krebs), que liberta muita energia como ATP e consome oxigénio.
- O oxigénio se utiliza na fixação dos H^+ produzidos nas reacções do ciclo de Krebs, formando água (H_2O). Este processo, chamado “fosforilação oxidativa”, ocorre na membrana interna da mitocóndria.

3.6.3 Na respiração anaeróbica, as moléculas de glicose sofrem glicólise citoplasmática (como na aeróbica), mas depois não passam à mitocóndria, acabando sua degradação como ácido láctico, com produção de pouca energia (apenas 2 ATP por cada glicose) e acúmulo deste ácido na célula.

3.6.4 O resultado da respiração celular é:

- Consumo de oxigénio e portanto, diminuição da pO_2 intracelular. Isto provocará a passagem de mais oxigénio desde o sangue para a célula.
- Produção de dióxido de carbono e portanto, aumento pCO_2. Isto provocará a saída de dióxido desde a célula para o sangue.

- Produção de energia que se armazena como ATP, para ser utilizada mais tarde em todas as funções celulares.
- Produção de calor (os processos químicos libertam também energia não armazenável, em forma de calor), que contribui para a manutenção da temperatura corpórea, compensando o calor que o organismo cede para o ambiente.

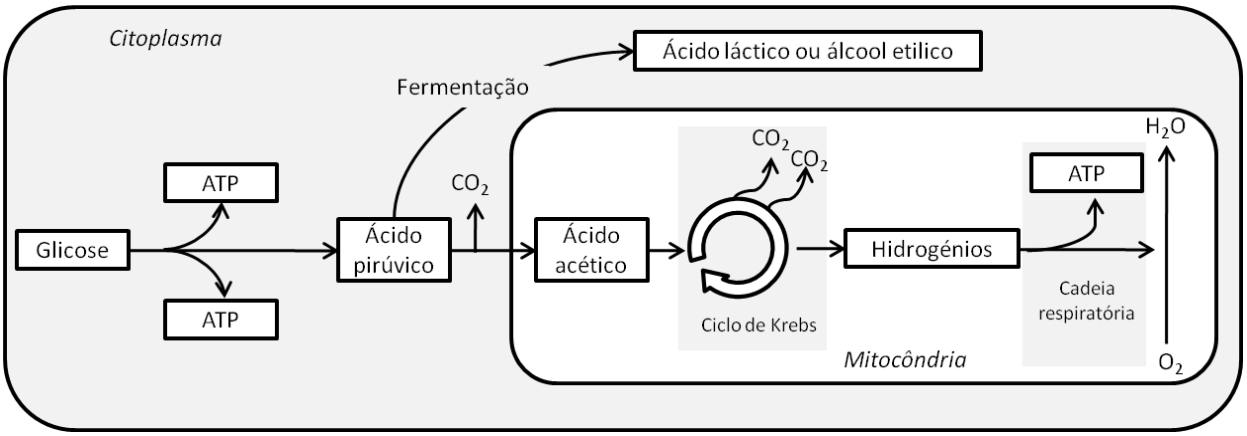


Figura 5. Respiração celular aeróbica (dentro da mitocôndria) e anaeróbica (fermentação, no citoplasma). Ambas tem uma sequência comum até o ácido pirúvico.

BLOCO 4: PONTOS-CHAVE

4.1 Respiração externa ou Ventilação é o processo de absorção de oxigénio e remoção de dióxido de carbono entre o ar exterior e o sangue. O oxigénio absorvido é transportado até as células onde é utilizado nos processos metabólicos, produzindo dióxido de carbono (Respiração interna).

4.2 A ventilação se produz mediante um ciclo respiratório de entrada nos pulmões de ar atmosférico (inspiração, activa por contracção dos músculos respiratórios) e de saída depois de feita a troca gasosa (expiração passiva, por relaxamento dos músculos).

4.3 Volume respiratório minuto é a quantidade de ar média que é inspirado por uma pessoa em um minuto, e equivale ao número de ciclos por minuto (frequência respiratória) vezes o volume de cada inspiração (volume corrente). É de uns 6 l num adulto normal.

4.4 Em caso de necessidade, pode-se aumentar o volume respiratório minuto aumentando a frequência respiratória ou aumentando o volume corrente mediante inspirações e expirações forçadas.

4.5 As trocas gasosas (de O_2, CO_2 e H^+) são realizados em diferentes passos: do ar exterior ao ar alveolar, de este ao sangue, e de este ao interior das células (e em sentido contrário).

4.6 Nas trocas gasosas, cada gás se difunde independentemente seguindo gradientes de pressão: tendência a se igualarem as pressões do gás entre compartimentos diferentes.

4.7 Pela sua escassa solubilidade no sangue, o oxigénio necessita ser transportado activamente, por uma proteína específica: a hemoglobina.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	24
Tópico	Aparelho Respiratório	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia do Aparelho Respiratório (2) B. Anatomia do Aparelho Digestivo (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo Fisiologia do Aparelho Respiratório:

1. Descrever a função do centro respiratório
2. Identificar os factores que agem sobre o centro respiratório e influenciam o ritmo e a profundidade da respiração
3. Listar exemplos de alterações do sistema respiratório

B. Sobre o conteúdo Anatomia do Aparelho Digestivo:

1. Descrever a origem embriológica
2. Identificar os órgãos do aparelho digestivo
3. Descrever a anatomia do aparelho digestivo
4. Identificar os órgãos anexos ao aparelho digestivo

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Regulação da Respiração		
3	Patologia Respiratória		
4	Aparelho Digestivo: Generalidades		
5	Anatomia Geral do Tubo Digestivo		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1. INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

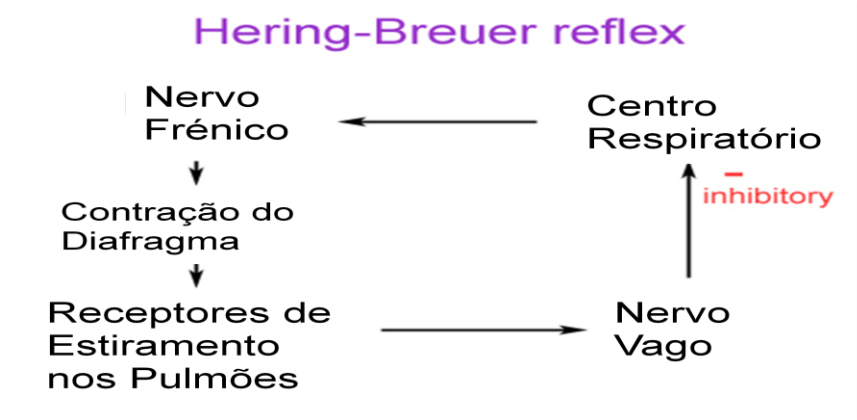
1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: REGULAÇÃO DA RESPIRAÇÃO

2.1 **Estabelecimento do ciclo respiratório básico.** O ciclo respiratório tem um ritmo (número de respirações por minuto e duração de cada inspiração e expiração) que é estabelecido pelo ***centro respiratório do bulbo raquidiano*** no sistema nervoso central, que actua como marca-passos respiratório pela descarga rítmica dos neurónios que partem dele para inervar os músculos respiratórios.

2.1.1 A inspiração se inicia pela descarga nervosa do centro respiratório, que provoca a contracção dos músculos da respiração, especialmente o diafragma. Conforme o tórax se expande, receptores nervosos de esticamento que estão nos próprios pulmões começam a se activar e gerar impulsos inibitórios de volta sobre o centro respiratório, que travam a descarga nervosa de este, produzindo-se a expiração de forma passiva. Este é o chamado *"reflexo expiratório de Hering-Breuer"*.

2.1.2 A retracção do tórax faz com que os impulsos inibitórios dos receptores de esticamento parem, começando de novo as descargas do centro bulbar, que iniciam uma nova inspiração. Este é o chamado *"reflexo inspiratório de Hering-Breuer"*.



Modificado de: http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3430-200/image/Heringbreuer.jpg

Figura 1. Reflexo de Hering-Breuer

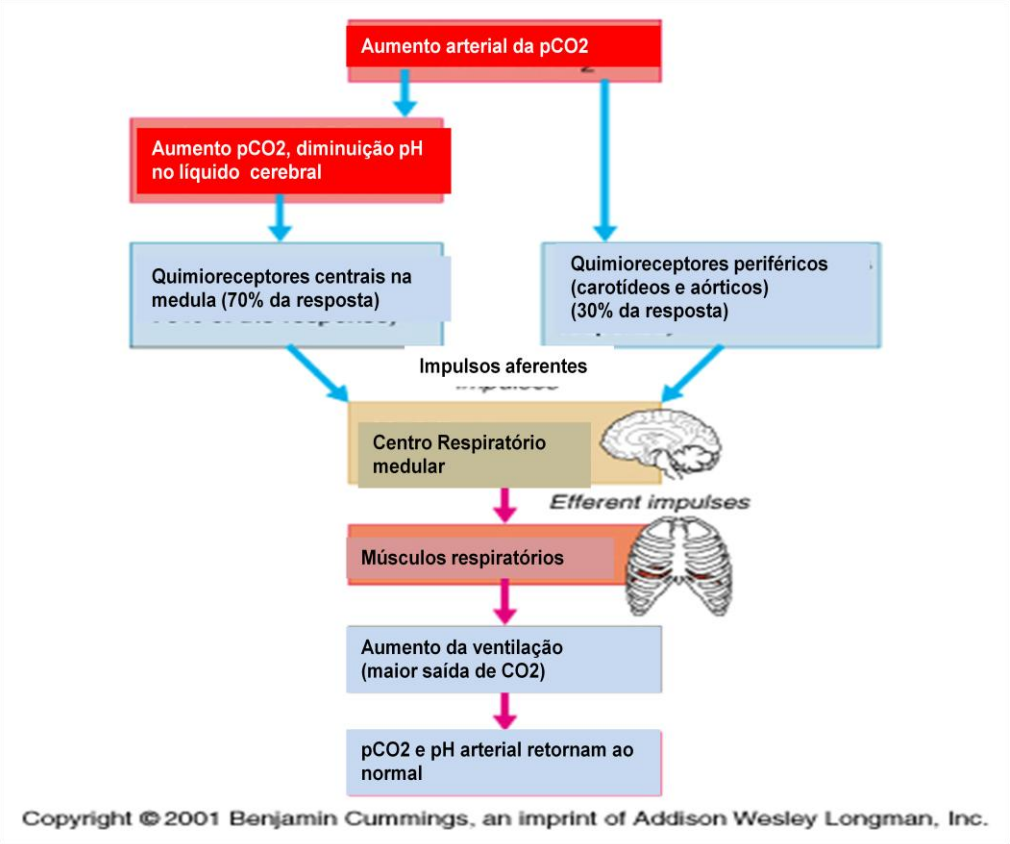
2.2 **Regulação do ciclo respiratório.** O padrão respiratório básico é regulado principalmente pela acção homeostática de reflexos nervosos, que respondem com mudanças do ciclo respiratório para se adaptarem às necessidades do organismo em cada momento, a partir da informação fornecida por ***receptores químicos***, que detectam mudanças na composição do meio interno. Esta regulação está sempre encaminhada a manter as pressões parciais dos gases (pO_2, pCO_2) e o pH no sangue dentro dos valores normais. Os receptores envolvidos são:

2.2.1 *Quimio-receptores centrais* (perto do centro respiratório bulbar), capazes de detectar mudanças mínimas da pCO_2 e do pH, de maneira que se o CO_2 aumenta ou o pH diminui no sangue (ambos sinais de insuficiente respiração), informam ao centro bulbar que responde com um aumento da frequência e profundidade respiratória, até devolver a pCO_2 e o pH aos seus valores normais. Este é o mecanismo homeostático principal.

2.2.2 *Quimio-receptores periféricos* (nos corpúsculos carotídeos e aórticos, estruturas sensíveis na parede das artérias carótida e aorta), sensíveis às mudanças da pO_2, de maneira que

quando esta diminui informam ao centro bulbar, que responderá com aumento da respiração. Este mecanismo é secundário e só funciona perante grandes quedas da pO_2 arterial (por baixo de 60 mmHg).

- Geralmente, os quimio-receptores periféricos funcionam combinados com os presso-receptores (situados anatomicamente junto aos anteriores), de maneira que uma falta de oxigénio (como quando se sobe a grandes altitudes) provoca, além dum aumento da frequência respiratória (FR), um aumento da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA).



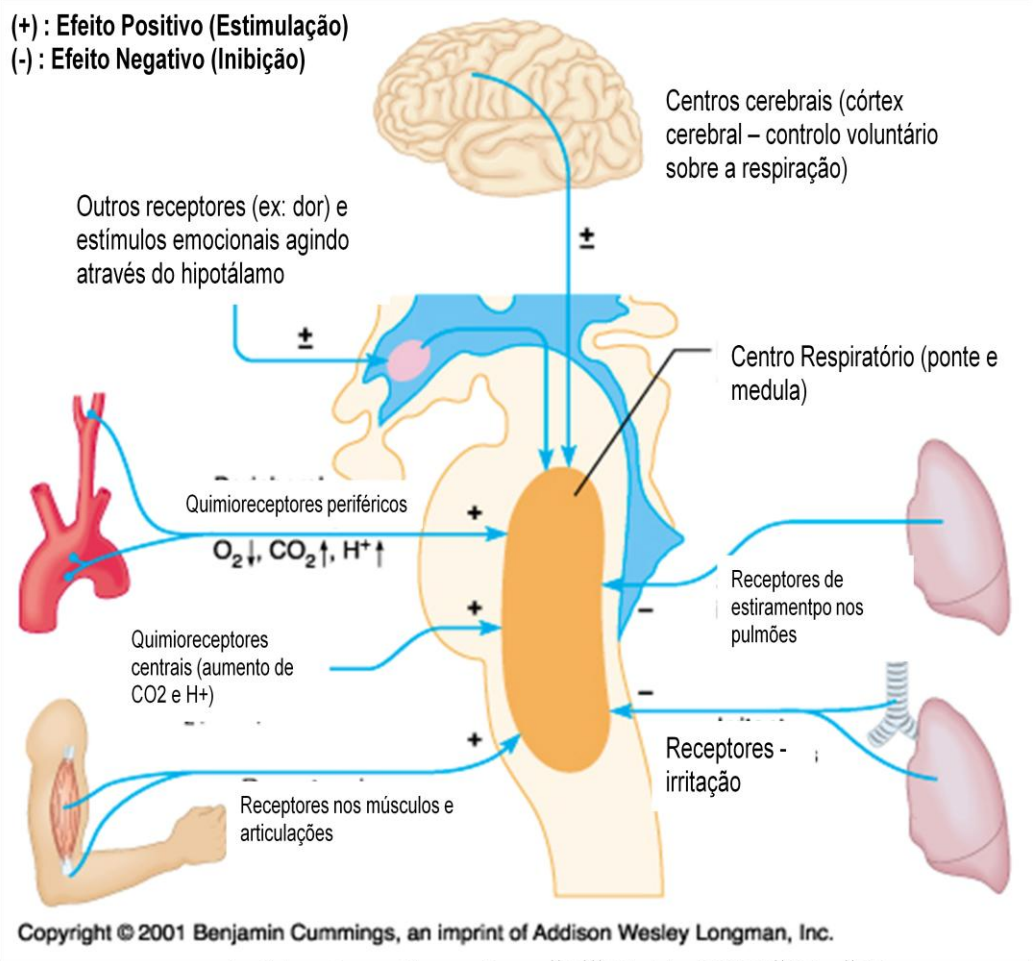
http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/Anatomy%20&%20Physiology/2020/2020%20Exam%20Reviews/Exam%203/CH22%20ANS%20Control%20of%20Breathing.htm

Figura 2. Regulação da respiração por quimioreceptores

2.2.3 Existem outros factores secundários que influenciam a regulação do ciclo respiratório:

- *Exercício físico*. Além do efeito sobre a pCO_2 e o pH, o exercício têm efeito direito sobre a ventilação, a través dos próprio-receptores (de posição e movimento das articulações), que quando são estimulados por movimentos, estimulam o centro bulbar.
- *Pressão arterial*. A estimulação dos pressoreceptores carotídeos e aórticos (por uma PA alta), alem de provocar uma vasodilatação compensadora, provoca também uma diminuição da frequência respiratória.
- *Temperatura*. Aumento da temperatura corporal (febre) ou da temperatura do meio ambiente provocam aumento da frequência respiratória, como meio de dissipar calor a traves da grande superfície vascular da membrana respiratória. Choques de frio (como quando se toma banho com água muito fria) provocam apnéia (paragem do ciclo respiratório) passageira.

- *Dor e Ansiedade*. Estímulos dolorosos ou de medo agudos provocam apnéia passageira. Mas estímulos persistentes, levam a hiperventilação (aumento da FR).
- *Estimulação faríngea e laríngea*. A irritação destas estruturas por tóxicos ou alimentos provoca (além do encerramento da glote) apneia passageira, como mecanismo protector da via aérea.
- *Regulação voluntária*. Se pode aumentar o diminuir a frequência e profundidade respiratória de maneira voluntária (desde o córtex cerebral, que comanda o centro bulbar), embora é um estímulo secundário. Assim, uma apnéia voluntária é sempre limitada, pois provoca um aumento da pCO_2 até o ponto de disparar o centro bulbar (via os quimio-receptores centrais), restaurando-se a respiração.



http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/Anatomy%20&%20Physiology/2020/2020%20Exam%20Reviews/Exam%203/CH22%20ANS%20Control%20of%20Breathing.htm

Figura 3. Visão geral da regulação da respiração.

BLOCO 3: PATOLOGIA RESPIRATÓRIA

3.1 Os diferentes órgãos do aparelho respiratório estão sujeitos a adoecer pelo efeito de agentes externos (infecções, trauma ou tóxicos) ou internos (doenças de outros aparelhos que afectam a função respiratória, degeneração com a idade,…), que levam geralmente a uma insuficiência do aparelho respiratório no fornecimento do oxigénio necessário aos tecidos.

3.2 Todas as estruturas das **vias aéreas superior** estão especialmente expostas às agressões exteriores, como microrganismos, tóxicos ou partículas estranhas, que frequentemente acompanham ao ar inspirado.

3.2.1 Embora que estes órgãos são bem munidos com tecido linfóide de defesa, são sujeitos a frequentes processos inflamatórios como:

- *Rinite*, inflamação da cavidade nasal.
- *Sinusite*, inflamação dos seios paranasais.
- *Faringite*, inflamação da faringe.
- *Laringite*, inflamação da laringe.
- *Amigdalite ou Anginas*, inflamação das amígdalas.

3.3 **Insuficiência respiratória** é a incapacidade do aparelho respiratório para manter as pressões parciais dos gases nos níveis normais. Os mecanismos reguladores da ventilação para manter constantes as pressões parciais dos gases no sangue são muito eficazes, mas quando por alguma doença, não conseguem restabelecer os equilíbrios, o aparelho respiratório entra em falência.

3.4 Há **doenças não pulmonares** que têm efeito directo sobre a ventilação:

3.4.1 *Doenças da pleura*. Quando o espaço pleural enche com ar (pneumotórax), líquido (derrame pleural ou hidrotórax) ou sangue (hemotórax) provoca uma limitação da expansibilidade do pulmão, com graves consequências restritivas da ventilação.

3.4.2 *Embolismo*. A coagulação do sangue dentro das veias da circulação sistémica (trombose, típica nas veias cavas e veias profundas dos membros inferiores) pode ser uma fonte de coágulos que migram ao coração direito e de aí à circulação pulmonar, encravando-se quando chegam a vasos de calibre menor da árvore arterial pulmonar.

- Isto provoca uma obstrução à perfusão de um certo território dos pulmões, e portanto, uma falta da oxigenação a esse nível.
- Se a artéria obstruída for central e irrigar um lobo ou até um pulmão inteiro, o defeito de perfusão pode ser tão grave que pode ser incompatível com a vida.

3.5 **Tabaguismo.** O hábito de fumar tabaco, além das patologias que provoca em outros aparelhos (cardiocirculatório, especialmente), cria alterações crónicas importantes no aparelho respiratório, tais como:

- Inflamação crónica da via aérea superior: rinite, faringite e laringite crónica.
- Bronquite crónica, doença obstrutiva dos brônquios que acaba por dar insuficiência respiratória permanente.
- Cancro de pulmão, pelo estímulo persistentes de tóxicos do tabaco (“carcinógenos”).

BLOCO 4: APARELHO DIGESTIVO: GENERALIDADES

4.1 O **aparelho digestivo** é um sistema de órgãos com a função de fornecer nutrientes para os diversos processos metabólicos ao organismo mediante um processo chamado digestão.

4.1.1 A digestão é o processo que inclui a ingestão dos alimentos, a absorção dos nutrientes e a eliminação dos restos alimentares.

4.1.2 Estruturas anatómicas do aparelho digestivo:

- O aparelho digestivo é formado por um tubo longo e sinuoso de cerca de 10 a 12 metros de comprimento que se estende desde a extremidade cefálica (cavidade oral) até a caudal (ânus). Inclui: boca, faringe, esófago, estômago, intestino delgado, intestino grosso (ou cólon), recto e ânus.
- Ao longo do tubo digestivo existem órgãos anexos que auxiliam o processo da digestão dos alimentos fazem parte dos órgãos anexos: os dentes, a língua, as glândulas salivares, o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas.

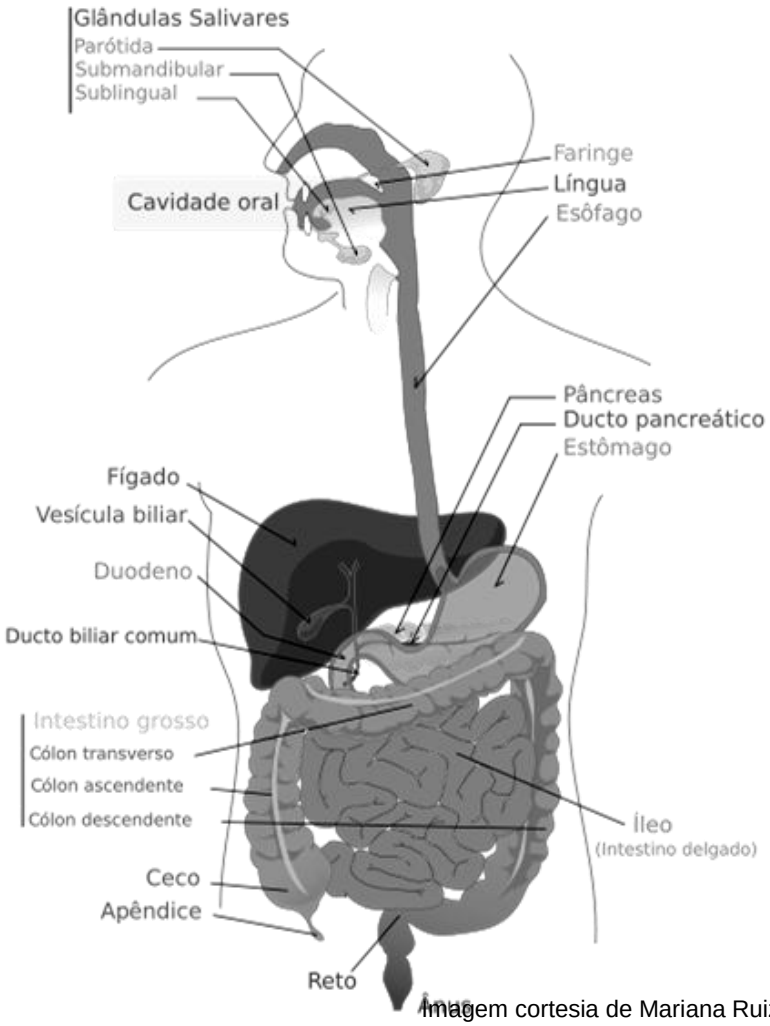


Imagem cortesia de Mariana Ruiz Villarreal

Figura 4. Aparelho digestivo.

4.2 O objectivo final do aparelho digestivo se consegue mediante as **funções** de:

4.2.1 Transporte e Transformação mecânica e química dos alimentos ingeridos em moléculas de tamanho e formas adequadas para serem absorvidas pelo intestino, mediante:

- *Ingestão*, introdução do alimento na boca.
- *Mastigação*, desintegração (mecânica e química) parcial dos alimentos na boca, com a colaboração de dentes, língua e glândulas salivares.
- *Deglutição*, condução dos alimentos desde a boca até o estômago, através da faringe e o esófago.
- *Digestão*, divisão química do alimento (no estômago e intestino delgado, por parte dos sucos digestivos) em moléculas mais simples que podem já ser utilizadas pelo organismo.

4.2.2 Transporte de alimentos já digeridos, ao longo do intestino, para serem absorvidos até sangue, mediante:

- *Mistura e Propulsão*, pelo que o alimento digerido se mistura convenientemente com as secreções e percorre o intestino para ser absorvido.
- *Absorção*, processo de transporte para o sangue, através da parede do intestino delgado e grosso, dos nutrientes.

4.2.3 Eliminação de resíduos alimentares não digeridos e não absorvidos juntamente com restos de células descamadas do próprio tubo e substâncias excretadas, mediante:

- *Defecação*, eliminação pelo recto-ânus dos resíduos da digestão (alimentos não digeridos e excreções do tubo digestivo).

4.3 **Embriologia do aparelho digestivo.** O aparelho digestivo surge do dobramento anterior da folha embrionária endodérmica, formando um tubo desde o pólo cefálico (membrana bucofaríngea) até o pólo caudal (membrana cloacal).

- O epitélio do tubo digestivo e o parênquima (epitélio glandular) dos anexos são de origem endodérmico.
- A parede do tubo e a estrutura fibrosa dos anexos são de origem mesodérmico.

4.3.1 O tubo digestivo primitivo divide-se em 3 partes:

- *Intestino anterior*, que dará lugar a: esófago, estômago e duodeno proximal, fígado, via biliar e pâncreas.
- *Intestino médio*, que dará lugar ao intestino, desde o duodeno (distal à via biliar) até o cólon transverso (terço distal).
- *Intestino posterior*, que dará lugar ao terço distal do cólon transverso, cólon descendente, sigmóide, recto e ânus.

4.3.2 A anatomia final do aparelho digestivo depende de uma rotação axial à direita do intestino anterior e uma rotação anti-horária de 270º do intestino médio, pelas que:

- O estômago fica anterior à esquerda enquanto que o duodeno fica posterior a direita.
- O fígado fica anterior à direita, enquanto que o pâncreas fica posterior à esquerda.
- O intestino grosso fica anterior, com a parte proximal à direita e a distal à esquerda.

BLOCO 5: ANATOMIA GERAL DO TUBO DIGESTIVO

5.1 **Estrutura geral da parede do tubo digestivo**. A parede do tubo digestivo está formada por 4 camadas fundamentais, que de uma maneira ou de outra, estão presentes em todos os segmentos do tubo. De dentro para fora:

5.1.1 *Mucosa*. Epitélio, que é plano estratificado não queratinizado (na boca, faringe, esófago e ânus) e cilíndrico simples com microvilosidades (estômago e intestino). Abaixo do epitélio esta uma pequena lamina de tecido conjuntivo laxo (lamina própria) que pode conter glândulas cujos ductos abrem-se na superfície do tubo digestivo.

5.1.2 *Submucosa*. Conjuntivo laxo que contêm estruturas relacionadas com a absorção de nutrientes:

- Vascularização para a absorção, pela rede capilar procedente das artérias que irrigam o tubo digestivo (tronco celíaco e artérias mesentéricas superior e inferior).
- Inervação que controla os movimentos, secreções e perfusão da mucosa, pelo plexo nervoso submucoso de Meixner do sistema autónomo (fibras simpáticas inibidoras e parasimpáticas estimuladoras).
- Tecido linfático que protege da invasão por microrganismos presentes nos alimentos.

5.1.3 *Muscular*. Músculo liso, que se contrai ritmicamente criando movimentos do tubo para misturar (movimentos de segmentação ou mistura) e para transportar os alimentos ao longo

do tubo (movimentos de propulsão ou "peristálticos"). Estes movimentos estão controlados pelo plexo nervoso mioentérico de Auerbach do sistema autónomo (fibras simpáticas inibidoras e parasimpáticas estimuladoras).

5.1.4 *Serosa*. É a camada mais superficial, formada pelo epitélio plano simples apoiado em conjuntivo. Protege as estruturas anteriores. É mais evidente no tubo digestivo intra-abdominal, onde forma um lençol de revestimento (peritónio visceral).

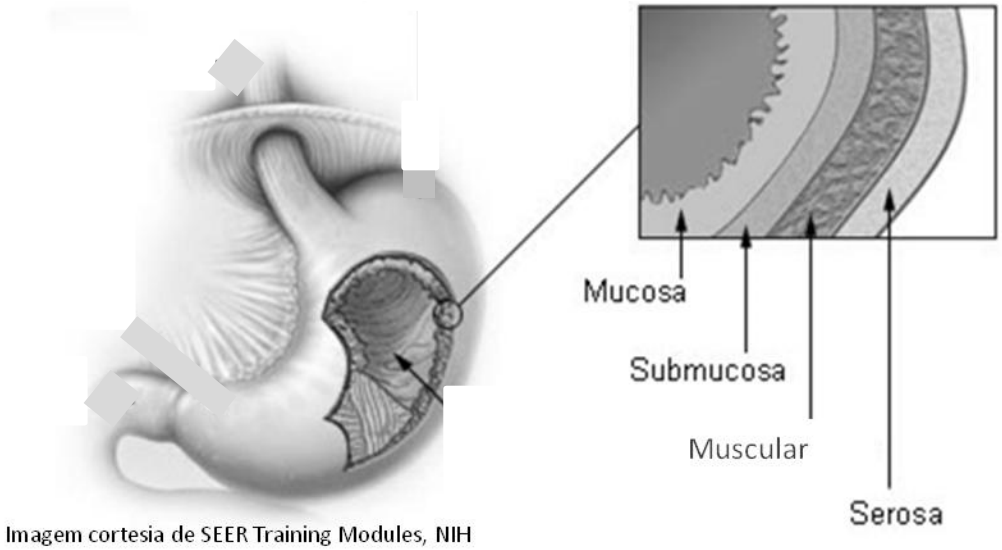


Figura 5. Parede do tubo digestivo.

5.2 **Peritónio e cavidade peritoneal.** A cavidade abdominal, onde se alojam a maioria dos órgãos do aparelho digestivo, e os próprios órgãos estão recobertos por uma serosa que os protege e que permite o deslizamento de uns sobre outros durante os movimentos peristálticos. Esta serosa é chamada ***peritónio*** e é formada por um epitélio plano simples apoiado em conjuntivo, que dá o seu aspecto liso e escorregadio.

5.2.1 O peritónio é um único lençol (tem continuidade entre todas as estruturas que reveste) com uma grande superfície, que reveste:

- a parte interna da parede abdominal, para formar a cavidade peritoneal, onde se denomina *peritónio parietal*, e
- a parte externa do tubo digestivo e as vísceras intra-abdominais, onde se denomina *peritónio visceral.* Estes órgãos são chamados também "intra-peritoneais".

5.2.2 Peritónio parietal e visceral tem continuidade mediante diferentes pregas, que incluem:

- *Meso ou Mesentérios*, lâmina dupla recheiada de tecido adiposo ao longo da face posterior do tubo digestivo, formada pela invaginação do peritónio por um órgão (como quando metemos o punho num balão pouco inchado). Fixam o órgão ao eixo posterior do corpo e permitem a entrada de vasos e nervos ao mesmo.
- *Hilos*, como os mesentérios, mas para os órgãos anexos, que têm apenas um ponto de entrada de tubos e vasos. Como os anteriores, limitam áreas nuas dos órgãos (onde não estão revestidos de peritónio).

5.2.3 *Omentos ou epíplons* são grandes pregas de peritónio visceral que formam um saco com função de protecção e delimitação de espaços dentro da cavidade peritoneal. Incluem:

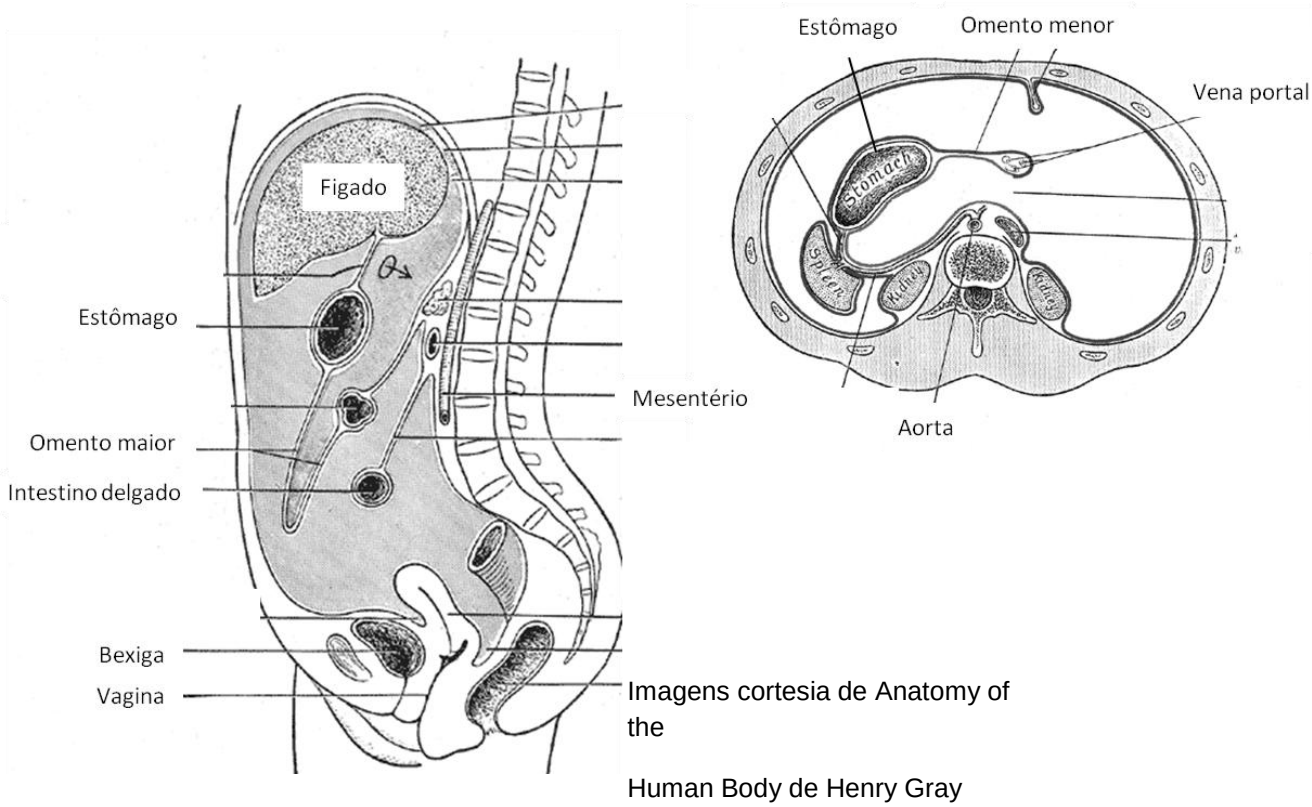
- Omento maior, desde a curvatura maior do estômago até o cólon transverso, formando como um avental anterior entre o peritónio parietal e os intestinos, para proteger.

- Omento menor, entre o fígado e a curvatura menor do estômago e duodeno, que limita um grande recesso peritoneal posterior ao estômago (transcavidade omental).

5.2.4 Entre peritónio parietal e visceral existe uma cavidade virtual (***cavidade peritoneal***) com líquido peritoneal seroso que lubrifica todas as superfícies permitindo a mobilidade sem atrito das vísceras.

5.2.5 A parede posterior da cavidade peritoneal separa os órgãos intra-peritoneais do espaço posterior à cavidade, chamado *retroperitónio ou espaço retroperitoneal*.

- Este espaço, de grande importância clínica, alberga estruturas vitais como os grandes vasos (aorta e cava inferior) e aparelho urinário (rins e ureteres).
- Alguns dos órgãos digestivos são parcialmente retroperitoneais, como o pâncreas ou parte do duodeno e recto.



Imagens cortesia de Anatomy of the

Human Body de Henry Gray

Figura 6. Formações peritoneais.

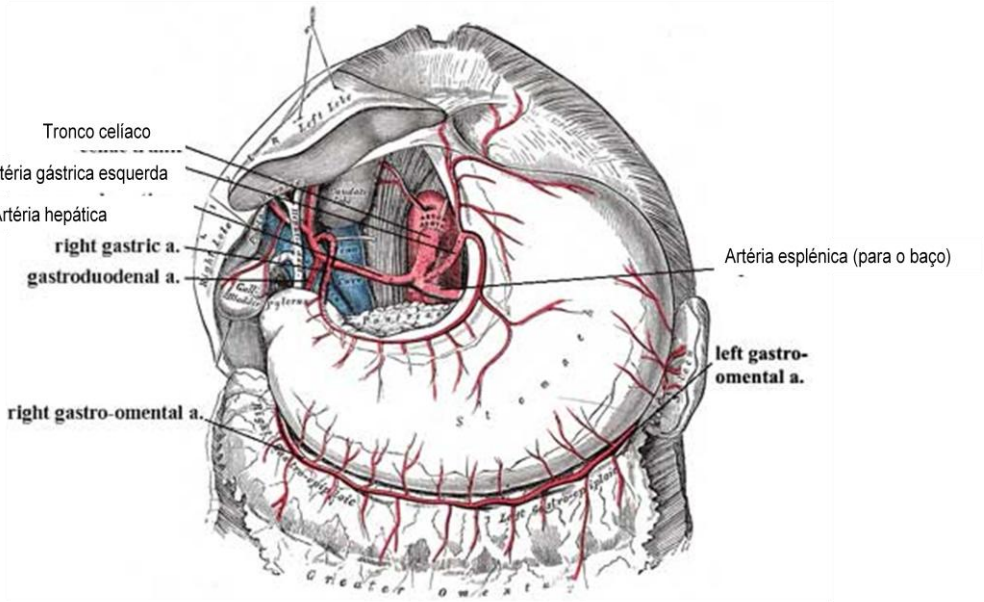
5.3 **Vascularização dos órgãos intra-abdominais.** É realizada através da circulação esplácnica que inclui:

5.3.1 Um sistema arterial de várias entradas (em relação aos três segmentos do intestino embrionário) desde a aorta abdominal:

- *Tronco celíaco* (para o intestino anterior embrionário), com 3 ramos: A. hepática (que nutre o fígado), A. esplénica (que nutre o baço) e A. gástrica esquerda (que nutre o estômago e duodeno proximal).
- *A. mesentérica superior* (para o intestino médio embrionário), que irriga desde o duodeno distal até o cólon transverso distal.
- *A. mesentérica inferior* (para o intestino posterior embrionário), que irriga desde o cólon transverso distal até o ânus.

5.3.2 Um sistema venoso de retorno *(sistema porta)*, de uma única saída, a través do fígado *(detalhado na Aula 19)*.

5.3.3 Um sistema linfático, que transporta as grandes moléculas absorvidas (proteínas e lípidos) até a circulação venosa *(detalhado na Aula 20)*.



http://www.med.umich.edu/lrc/coursepages/m1/anatomy2010/html/images/celiac.jpg

Figura 7. Circulação esplâncnica - Tronco celiaco.

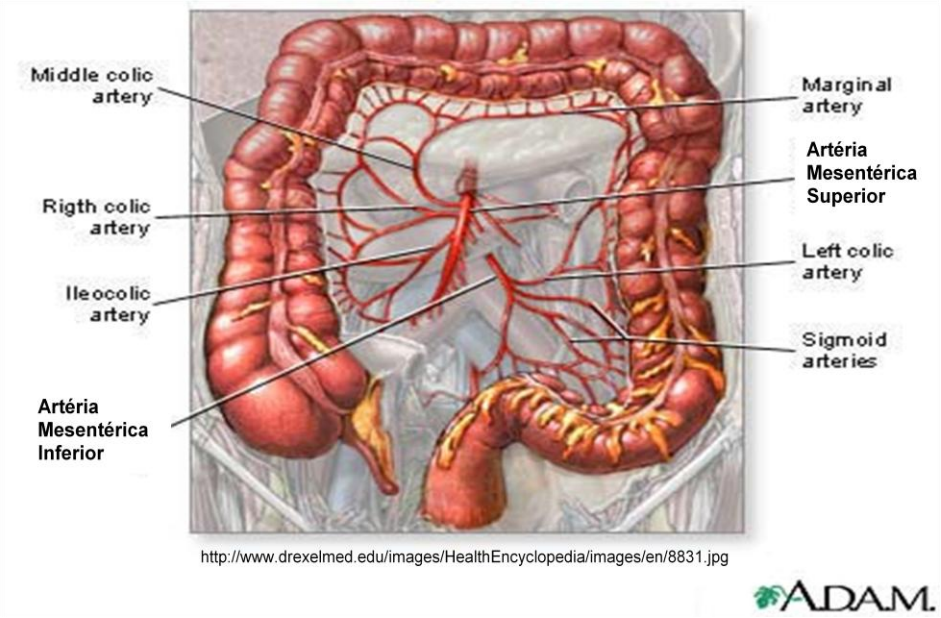


Figura 8. Circulação esplâncnica - Artéria mesentérica superior e inferior

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 O ciclo respiratório está determinado por um marca-passos situado no centro respiratório do bulbo, que estimula ritmicamente a contracção dos músculos respiratórios, provocando ciclos de inspiração (entrada de ar) e expiração (saída de ar).

6.2 O ritmo básico do ciclo respiratório é regulado por diferentes factores, que tem o objectivo de manter sempre as pressões parciais de O_2, CO_2 e H^+ nos seus valores normais.

6.3 Quando estes mecanismos compensadores não conseguem balançar as concentrações dos gases cria-se uma situação de Insuficiência respiratória, na que a pO_2 diminui (hipoxia), a pCO_2 aumenta (hipercapnia) e o pH diminui (acidose).

6.4 O aparelho digestivo é composto por um tubo digestivo (desde a boca até o ânus) e por uma série de órgãos anexos, dedicados ao aproveitamento das moléculas necessárias para o organismo contidas nos alimentos.

6.5 A sequência das suas funções do aparelho digestivo desde a entrada dos alimento pela boca inclui: ingestão, mastigação, deglutição, digestão, mistura, propulsão, absorção e defecação.

6.6 O tubo digestivo é composto por uma mucosa que prepara o alimento (mediante a sua degradação química) e absorve os nutrientes, uma submucosa que leva a vascularização e inervação, uma muscular que proporciona a mobilidade e uma serosa que o protege externamente.

6.7 O peritónio é uma membrana serosa, lisa e lubrificada que reveste a cavidade peritoneal e envolve aos órgãos abdominais, protegendo-os e facilitando a sua mobilidade.

6.8 A vascularização dos órgãos intra-abdominais provêm da ramos directos da artéria. aorta (sistema esplácnico). O retorno de sangue se faz até a veia cava inferior a través do fígado (sistema portal).

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	25
Tópico	Aparelho Respiratório	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Anatomia e Auscultação Respiratória	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas do aparelho respiratório em modelos anatómicos;

Estrutura da Aula

Bloco	Título do bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:20
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:15
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:20

Materiais e Equipamentos:

- Modelo anatómico artificial do aparelho respiratório, incluindo via aérea superior e inferior, e pulmões: 2 por turma (1 poderia ser suficiente).
  [Alternativamente poderia ser um modelo animal real dissecado]
- Luvas de exame clínico (no caso de ser um modelo real): 1 por aluno.
- Modelo anatómico com amplificador para auscultação dos sons respiratórios: 2 por turma (1 poderia ser suficiente).
- Apresentação de PowerPoint com as figuras da anatomia do aparelho respiratório (recomendam-se as que aparecem no "Netter's Atlas de Anatomia"), que mostram as estruturas anatómicas indicadas para o treino. As figuras devem ser projectadas em simultâneo com a explicação dos modelos.
- Apresentação em PowerPoint (ou vídeo/DVD) do ciclo respiratório, relacionando as posições anatómicas do tórax em cada fase com o efeito sobre o fluxo de ar e com os sons (devem ser audíveis).

Preparação:

- Conferir que os modelos anatómicos artificiais estão completos, se desmontam e funcionam (os sons) correctamente.
- Adquirir e dissecar o modelo animal de aparelho respiratório (se for usada esta alternativa).
- Preparar as projecções PowerPoint: podem-se digitalizar (escanear) desde o livro ("Netter's Atlas de Anatomia") e depois montar numa apresentação seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir que o conteúdo das Aulas 22, 23 e 24 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1. INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (20 min)

2.1 O **aparelho respiratório** é uma rede ramificada de tubos e cavidades onde circula o ar proveniente da atmosfera para proporcionar oxigénio ao organismo e remover o dióxido de carbono do sangue.

2.1.1 O aparelho respiratório inclui:

- Uma porção condutora extra-torácica ou ***via aérea superior***: cavidade nasal, faringe, laringe e traqueia proximal.
- Uma porção condutora intra-torácica ou ***via aérea inferior***: traqueia distal, brônquios principais e secundários e bronquíolos. Os brônquios secundários e bronquíolos formam já parte dos pulmões. As porções condutoras transportam o ar desde o exterior até os pulmões e vice-versa.
- Uma porção respiratória ou ***parênquima pulmonar***: sacos alveolares e alvéolos, onde se efectuam as trocas de gases com o sangue.

2.1.2 A ***cavidade nasal*** tem uma série de pregas (conchas e meatos) recobertas por uma mucosa muito vascularizada, com função de filtrar, aquecer e humidificar o ar inspirado.

- Comunicam com uma série de cavidades (seios paranasais) escavadas nos ossos vizinhos, que reforçam ainda mais a sua função.

2.1.3 A ***faringe*** é um espaço de distribuição que comunica a cavidade nasal (nasofaringe) com a boca (orofaringe) e com a laringe (laringofaringe).

2.1.4 A ***laringe*** é uma estrutura rígida, que separa o esófago (tubo digestivo) e a traqueia (via respiratória), evitando a passagem de alimentos para a via aérea e que também actua como órgão fonador.

2.1.5 A ***traqueia*** é um tubo que leva o ar até a cavidade torácica, onde se divide em 2 ***brônquios principais*** (direito e esquerdo), que levam o ar a cada pulmão.

2.1.6 Os ***pulmões*** são grandes órgãos pares (direito e esquerdo) que estão dentro do tórax para realizar as trocas de gases entre o ar inspirado e o sangue da circulação pulmonar. São elásticos e capazes de se expandir ou comprimir com os movimentos respiratórios.

- Cada brônquio principal se divide na entrada de cada pulmão em ***brônquios lobares***: 3 no pulmão direito (para cada um dos lobos superior, médio e inferior) e 2 no pulmão esquerdo (para cada um dos lobos superior e inferior)
- Cada brônquio lobar divide-se em vários ***brônquios segmentares***, que fornecem ar a cada segmento dos pulmões: 10 no direito e 9 no esquerdo.
- Cada brônquio segmentar dá origem a diferentes tipos de ***bronquíolos*** de calibre progressivamente mais fino, até chegar a porção respiratória, que são tubos terminais com dilatações em forma de sacos, os ***alvéolos***, onde se realizam as trocas gasosas. Cada bronquíolo supre apenas uma unidade básica funcional respiratória do parênquima pulmonar, chamadas lóbulos.

- Os pulmões estão recobertos por duas membranas serosas (***pleuras visceral e parietal***) com um espaço virtual lubrificado entre elas (cavidade pleural), que facilita os movimentos respiratórios. São independentes para cada pulmão.

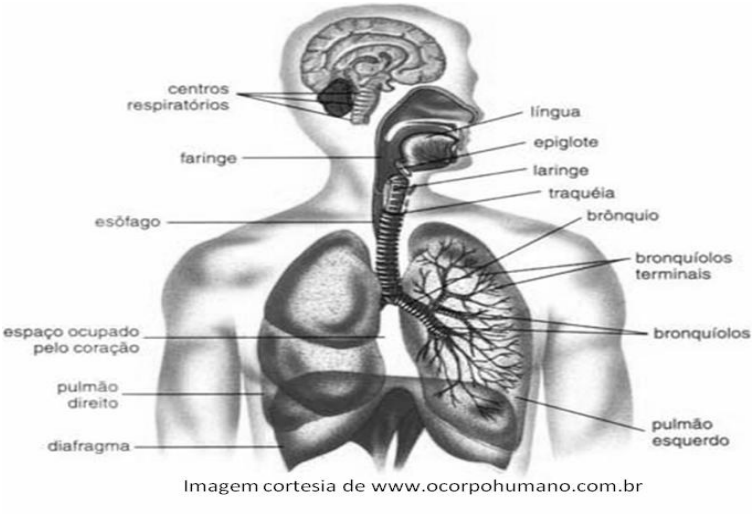


Figura 1. Aparelho respiratório.

2.1.7 O ciclo respiratório consta de 2 fases: uma de entrada de ar desde o exterior aos pulmões e outra de saída de ar em sentido inverso.

- A entrada de ar nos pulmões através da via aérea superior (***inspiração***) faz-se activamente por contracção da musculatura respiratória, fundamentalmente o diafragma e os músculos intercostais, que aumentam o diâmetro da cavidade torácica criando uma pressão negativa que arrasta o ar desde o exterior.
- A saída de ar dos pulmões (***expiração***) é um processo passivo de relaxamento dos músculos respiratórios, facilitado pelas propriedades elásticas da caixa torácica e pulmões, com tendência de voltar a usar a posição de repouso.

2.1.8 As fases do ciclo respiratório podem ser ouvidas através da parede torácica (***"sons respiratórios"***) em forma de um murmúrio vesicular, devido ao atrito do ar contra as paredes da via aérea inferior. Este exame ajuda a determinar se os brônquios e os pulmões estão a funcionar bem ou não.

2.2 **Propósito**. Este laboratório inclui 2 técnicas de estudo:

- Estudo da anatomia do aparelho respiratório (via aérea superior, inferior e pulmões) num modelo anatómico artificial.
- Estudo do ciclo respiratório, mediante analise dos movimentos respiratórios.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (15 min)

3.1 **Estudo da anatomia do aparelho respiratório (15 min).** A ser desenvolvido sobre um modelo anatómico artificial para mostrar todas as estruturas e entender o funcionamento das mesmas.

3.1.1 Visualização da via aérea:

- Cavidade nasal com conchas e meatos e seios paranasais;
- Nasofaringe, como parte da faringe;
- Laringe com epiglote e cordas vocais;
- Traqueia;
- Brônquios principais até a entrada nos pulmões.

3.1.2 Visualização externa dos pulmões inseridos na caixa torácica:

- Diafragma e outros músculos respiratórios (intercostais e escalenos);
- Pleuras parietal e visceral;
- Pulmões com lobos divididos pelas fissuras: 3 lobos (superior, médio e inferior) e 2 fissuras (oblíqua e horizontal) para o pulmão direito e 2 lobos (superior e inferior) e 1 fissura (oblíqua) para o pulmão esquerdo;
- Hilos pulmonares com entrada de brônquios principais e lobares e dos vasos pulmonares (artéria e veia, dividindo-se em ramos lobares).

3.1.3 Visualização interna dos pulmões com a sequência de ramos da via aérea intra-pulmonar (se não houver um modelo artificial para mostrar com aumento estas estruturas pequenas, poder-se-iam visualizar em projecção de imagens apropriadas):

- Brônquios segmentares;
- Bronquíolos de diferente calibre até aos bronquíolos terminais;
- Porção respiratória (condutos e sacos alveolares);
- Vasos arteriais e venosos acompanhando a árvore bronquial.

3.1.4 Compreensão do funcionamento dos pulmões na troca de gases:

- Seguimento do sentido do fluxo do sangue nos pulmões: artéria pulmonar (sangue desoxigenado) → ramos arteriais → capilares (troca gasosa) → ramos venosos (sangue oxigenado) → veias pulmonares.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (80 min)

4.1 Dividir os alunos em 4 grupos, que irão rodando cada 15 minutos por cada um dos blocos de práticas a seguir:

- 2 mesas com o modelo de via aérea do aparelho respiratório (até brônquios lobares). Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para a Visualização da via aérea, seguindo os passos definidos para o desenvolvimento da técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo
- 1 mesa com o modelo dos pulmões (macroscópico e com aumento das estruturas alveolares). Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para a Visualização da estrutura dos pulmões, seguindo os passos definidos para o desenvolvimento da técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo
- 1 mesa para o estudo funcional do aparelho respiratório. Os alunos dentro de cada grupo dividir-se-ão em pares, que trabalharam juntos, ensaiando os movimentos respiratórios normal e forçados, reparando na diferente musculatura utilizada e entendendo os movimentos do ar e a troca de gases. Deverão seguir os passos definidos para o desenvolvimento da técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo.

4.2 Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3 Cada aluno deverá, no seu caderno, fazer desenhos básicos dos principais conceitos aprendidos.

4.4 O docente deverá circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos na interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

- Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de forma a permanecer mais tempo com o grupo para moderá-lo e dinamizá-lo.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	26
Tópico	Aparelho Digestivo	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Digestivo (2) -Fisiologia do Aparelho Digestivo (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo “Anatomia do Aparelho Digestivo”:

1. Descrever a anatomia do aparelho digestivo;
2. Identificar os órgãos anexos ao aparelho digestivo.

B. Sobre o conteúdo “Anatomia do Aparelho Digestivo”:

1. Explicar as funções realizadas na boca, na faringe e no esófago

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Anatomia do Aparelho Digestivo Extra-abdominal		
3	Anatomia do Aparelho Digestivo Intra-abdominal		
4	Anatomia dos Órgãos Anexos		
5	Fisiologia do Aparelho Digestivo Extra-abdominal		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Guyton & Hall, tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: ANATOMIA DO APARELHO DIGESTIVO EXTRA-ABDOMINAL

2.1 O aparelho digestivo extra-abdominal é constituído pela boca e seus anexos (língua, dentes e glândulas salivares), a faringe e o esófago. Estes órgãos iniciam os processos de digestão e transportam os alimentos até o aparelho digestivo intra-abdominal para a sua digestão final e absorção de nutrientes.

2.2 **Boca ou Cavidade oral**. Estrutura que recebe os alimentos, com uma porta de entrada, *"rima da boca"* limitada pelos lábios, estruturas carnosas móveis que fecham a boca, e uma porta de saída, o *"istmo das fauces"*, que a separa da faringe.

A cavidade oral está recoberta pela mucosa oral, composta de um epitélio plano não queratinizado e de um tecido conjuntivo subjacente (lamina própria) com a função de suporte. A mucosa oral é humedecida pela saliva.

2.2.1 Limites da boca:

- Superior: palato ósseo (anterior) e mole (posterior), que acabam na úvula, estrutura móvel que faz de válvula entre naso e orofaringe, impedindo a passagem de alimentos para o nariz.
- Anterior e Laterais: lábios, dentes e bochechas. O espaço entre lábios e bochechas e dentes e gengivas é o "vestíbulo da boca".
- Inferior: língua e soalho da boca.

2.2.2 *Funções da boca* são:

- Realizar os primeiros passos da digestão, mediante à dissociação mecânica e química inicial dos alimentos.
- Via alternativa para a passagem do ar até a faringe.
- Caixa de ressonância onde se amplifica e modula a voz produzida na laringe (com a intervenção dos dentes, palato, lábios e língua).
- Defesa contra a entrada de microrganismos, mediante o anel de tecido linfóide do istmo das fauces: amígdalas, adenóides e tonsilas linguais.

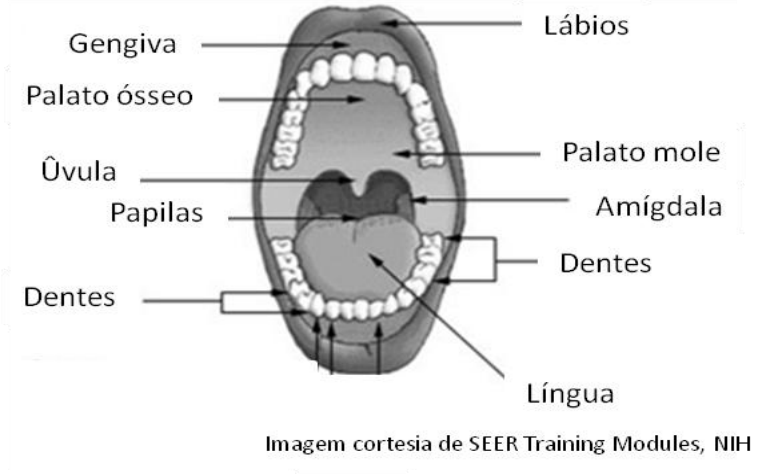


Figura 1. Anatomia da boca.

2.3 **Língua**. Estrutura de tecido muscular voluntário, muito móvel, formada por músculos intrínsecos (feixes de fibras dentro da língua) e extrínsecos que a fixam a estruturas vizinhas, (ossos temporal e hióide principalmente).

- Na parte anterior, o dorso da língua está recoberto de uma mucosa muito pregada em elevações ásperas de diferentes formas (papilas), entre as que se encontram as terminais nervosas sensitivas responsáveis do gosto.
- Na parte posterior do dorso da língua (raiz da língua, parte menos móvel) encontramos numerosas glândulas mucosas (secretoras de saliva) e folículos linfáticos (tonsila lingual).

2.3.1 *Funções da língua* são:

- Mistura do bolo alimentar, que finalmente é empurrado posteriormente para a sua deglutição.
- Modulação da voz.
- Gosto, órgão sensorial que informa ao cérebro da adequação dos alimentos, evitando a ingestão de substâncias tóxicas.

2.4 **Dentes**. Estruturas duras, cilíndricas, ancoradas nos alvéolos (covas escavadas nos ossos maxilar e mandibular), que sobressaem destes ossos através das gengivas (tecido conjuntivo recoberto de mucosa oral que protege a base dentária) para realizar funções de mastigação.

2.4.1 No adulto, são um total de 32 dentes, distribuídos em duas fiadas independentes (arcadas superior e inferior) que se opõem ao fechar a boca. Cada arcada é simétrica, com 8 dentes em cada lado (de anterior a posterior): 2 incisivos, 1 canino, 2 pré-molares e 3 molares.

- No nascimento estão enterrados nos alvéolos. Começam a sair a partir dos 6-8 meses de idade (começando pelos incisivos inferiores), até completar 20 dentes temporários (dentes de leite ou deciduais) aos 4-5 anos. Estes irão sendo substituídos progressivamente (entre os 5 e os 14 anos) pelos dentes definitivos.

2.4.2 A parte visível dos dentes é a coroa e a parte que o fixa aos ossos, a raiz (pode ser uma para os incisivos e caninos e várias para pré-molares e molares).

2.4.3 Têm um núcleo de conjuntivo (polpa) com vasos e nervos que entram através dos alvéolos, recoberto por um conjuntivo denso e calcificado, mais duro que o osso (dentina) revestido externamente na coroa por uma camada fina de conjuntivo extremamente calcificado e duro (esmalte).

2.4.4 *A função dos dentes* é a mastigação do alimento, corte de alimentos sólidos em pequenas peças sujeitas já de ser misturadas com a saliva para formar o bolo alimentar.

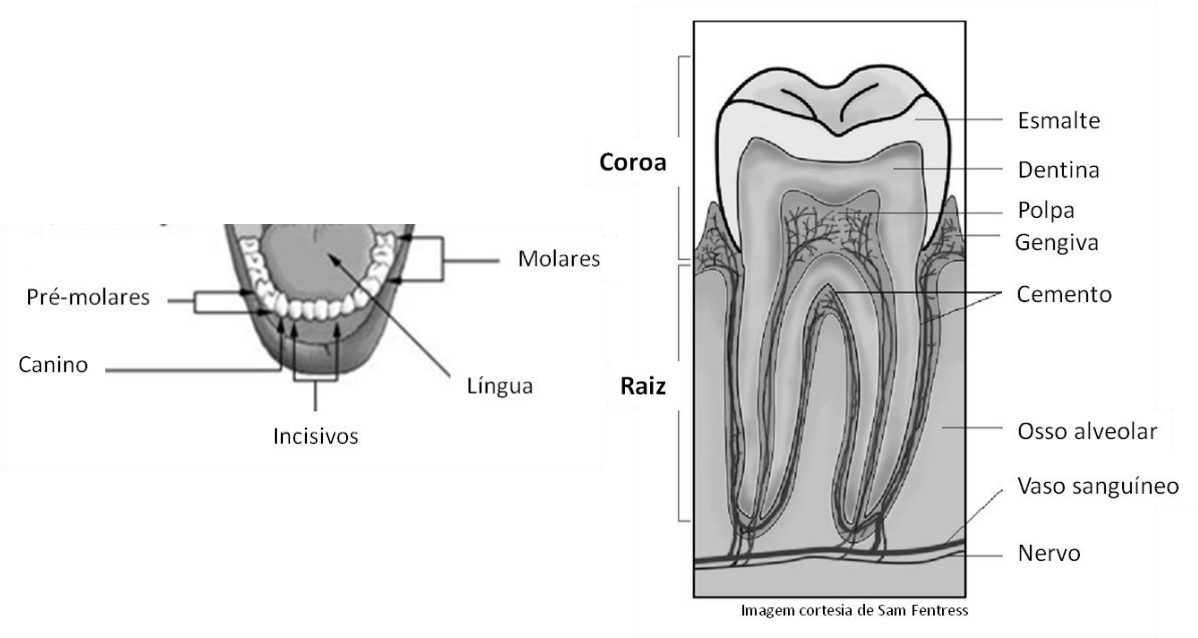


Figura 2. Dentes adultos.

2.5 **Faringe**. Tubo muscular que comunica a boca com o esófago, revestido pela mucosa faríngea (epitélio plano, como da boca), que facilita a rápida passagem do alimento, divide-se em 3 partes: nasofaringe, orofaringe e laringo-faringe. *(mais detalhes na Aula 22).*

2.5.1 *A Função da faringe* é levar o bolo alimentar desde a boca até o esófago (deglutição), facilitada pela saliva e muco que reveste a boca, a faringe e o esófago.

2.6 **Esófago**. Tubo fibro-múscular que mede aproximadamente 25 cm que se estende, na parte posterior da traqueia e anterior à coluna e comunica a faringe com o estômago. Perfura o diafragma pela abertura chamada hiato esofágico e termina no cárdia, porta de entrada ao estômago.

2.6.1 Formado por três porções (de proximal a distal):

- Cervical, curta, em contacto íntimo com a traqueia.
- Torácica, posterior ao arco aórtico e brônquio esquerdo (no mediastino).
- Abdominal, curta, desde o diafragma até o estômago. Possui um esfíncter esofágico inferior, engrossamento da muscular, habitualmente contraído para evitar o refluxo (retorno de conteúdo desde o estômago).

2.6.2 Tem a estrutura típica do tubo digestivo *(vide Aula 24)*, mas o epitélio é plano estratificado (muda para cilíndrico na entrada do estômago),

2.6.3 *A Função do esófago* é o transporte do bolo alimentar até ao estômago.

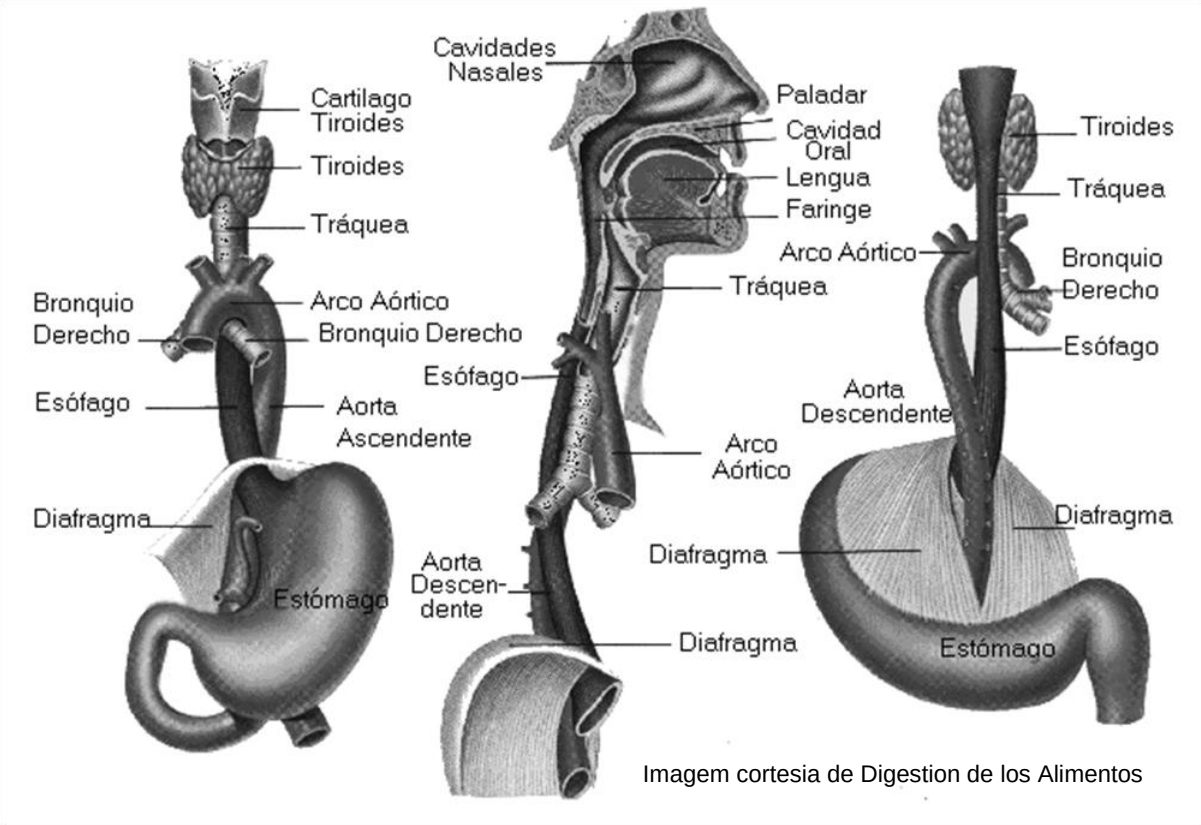


Figura 3. Esófago (vistas anterior, lateral e posterior, respectivamente).

BLOCO 3: ANATOMIA DO APARELHO DIGESTIVO INTRA-ABDOMINAL

3.1 **Estômago**. Situado no quadrante superior esquerdo do abdómen, parcialmente coberto pelas costelas, inferior ao diafragma, anterior ao pâncreas, a esquerda do fígado e medial ao baço.

3.1.1 Tem forma de "J" dilatada, sendo o segmento mais largo do tubo digestivo. O bordo medial côncavo (a direita) é denominado Curvatura menor, enquanto que o lateral convexo (a esquerda) é a Curvatura maior. Pode-se dividir em 4 regiões:

- Cárdia, em volta do orifício esófago-gástrico de entrada. Colabora com o esfíncter esofágico inferior para impedir o refluxo gastroesofágico..
- Fundo, que é a zona superior, por cima e lateral à cárdia.
- Corpo, é a grande zona central, que representa 2/3 do volume gástrico.
- Antro pilórico, área de saída do estômago, que o conecta com o duodeno (primeira porção do intestino), mediante um estreitamento o conduto pilórico, dotado de uma potente válvula muscular (Esfíncter gastro-duodenal ou Piloro).

3.1.2 O estômago tem as camadas típicas da parede do tubo digestivo, com algumas particularidades:

- O epitélio é já cilíndrico simples, capaz de secretar muco que lubrifica a mucosa.
- O epitélio está invaginado em muitos pontos formando covas microscópicas ramificadas (*criptas gástricas*) que produzem o suco gástrico. Contêm *células principais*, que secretam enzimas digestivos e *células parietais*, que secretam ácido e factor intrínseco (molécula necessária para a absorção da vitamina B_{12}).

3.1.3 O estômago recebe o bolo alimentar e o mistura com o suco gástrico ácido para formar o "quimo", papa semi-líquida onde os alimentos vão sendo divididos em unidades moleculares cada vez mais simples.

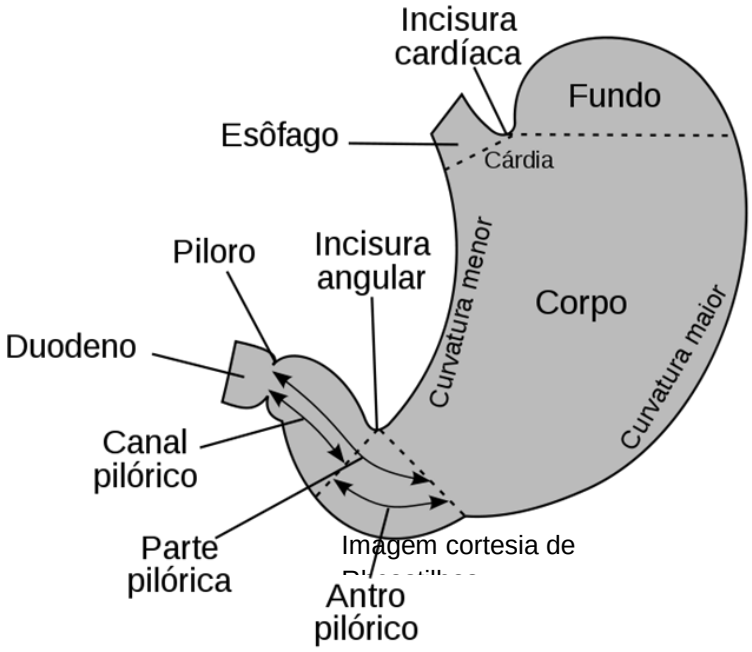


Figura 4. Estômago.

3.2 O **Intestino delgado** é um tubo com cerca de 6 a 8 m e 2 a 3 cm de diâmetro, que vai desde a saída do estômago (piloro) até o ceco, parte proximal do intestino grosso.

3.2.1 Tem três partes (de proximal a distal):

- ***Duodeno*****:** com cerca de 25 cm, com forma de "C", imóvel e parcialmente incluído no retroperitónio. Apresenta 4 porções: superior (horizontal, da esquerda a direita), descendente (onde desembocam os ductos das glândulas anexas: fígado e pâncreas), horizontal (de direita a esquerda) e ascendente.

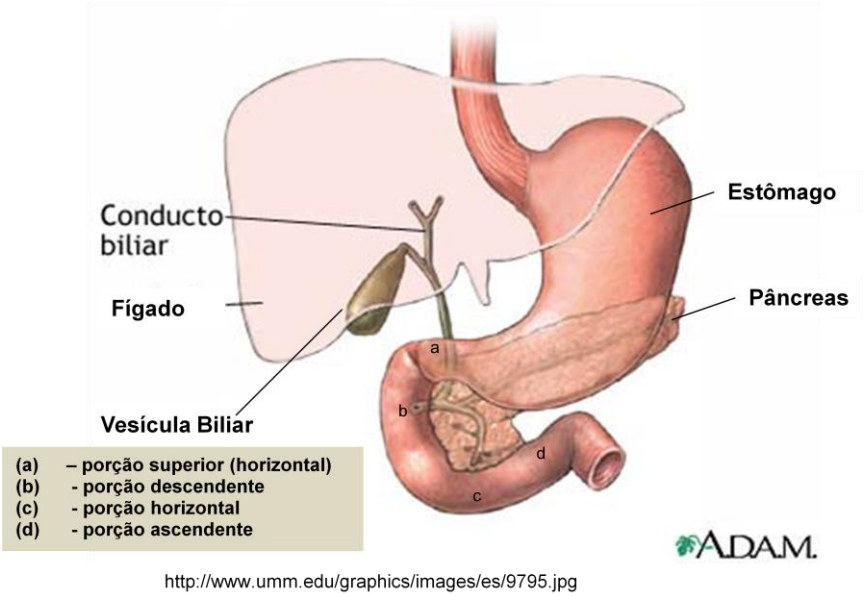


Figura 5. Duodeno e estruturas relacionadas .

- ***Jejuno***: Continuação do duodeno, com maior diâmetro (quase 4 cm), com parede mais espessa e mesentério mais vascular. Situa-se no quadrante superior esquerdo abdominal.
- ***Íleo***: Último segmento, continuação do jejuno até o intestino grosso, sendo mais estreito e com parede mais fina e menos vascularizada que o jejuno. Situa-se no quadrante inferior direito abdominal. A transição entre jejuno e íleo é progressiva e não exactamente num ponto. Ambas são muito móveis, sobre o seu próprio mesentério.

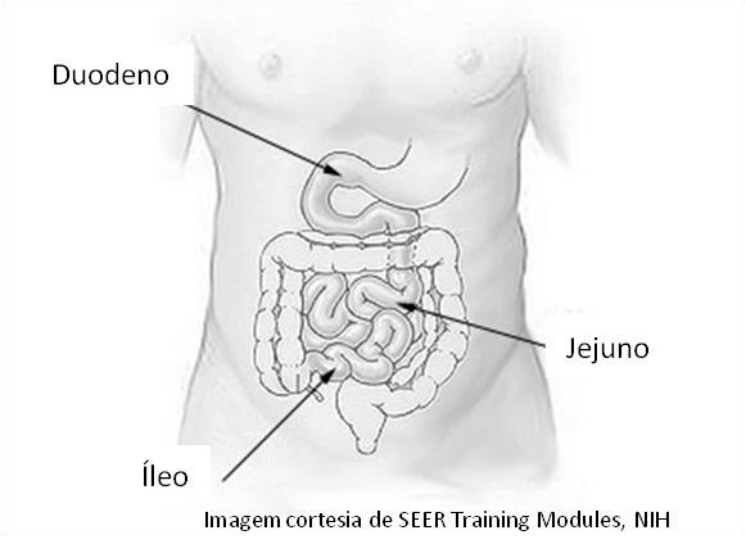


Figura 6. Intestino delgado: Jejuno e Íleo.

3.2.2 O intestino delgado tem a estrutura típica do tubo digestivo, com algumas particularidades:

- Tem diferentes estruturas que aumentam a superfície da mucosa, facilitando a absorção de nutrientes: *Pregas circulares* (dobras visíveis da mucosa de 1 cm de altura), *Vilosidades* (projecções digitiformes da mucosa, de 1 mm de altura) e *Microvilosidades* (processos cilíndricos da superfície livre de cada célula).
- Semelhantes às do estômago, a mucosa tem glândulas tubulares entre as vilosidades (*criptas de Lieberkuhn*) que secretam o suco intestinal, solução alcalina com diferentes enzimas digestivas.
- Mais profundas que as anteriores e presentes apenas no duodeno estão as *criptas de Brunner*, que secretam muco alcalino, para neutralizar o ácido que vem do estômago.
- O epitélio cilíndrico simples inclui *células de absorção* (a maioria, que absorvem os nutrientes), *células caliciformes* (secretam muco para lubrificar a mucosa) e *células enteroendócrinas* (secretam hormónios de acção local reguladores da função digestiva).
- Existem acúmulos de tecido linfóide dispersos na mucosa (*placas de Peyer*).

3.2.3 O intestino delgado tem a função de completar a digestão (já iniciada em segmentos anteriores) e de realizar a absorção dos nutrientes para o sangue. A grande superfície da sua mucosa está especialmente adaptada para essa função.

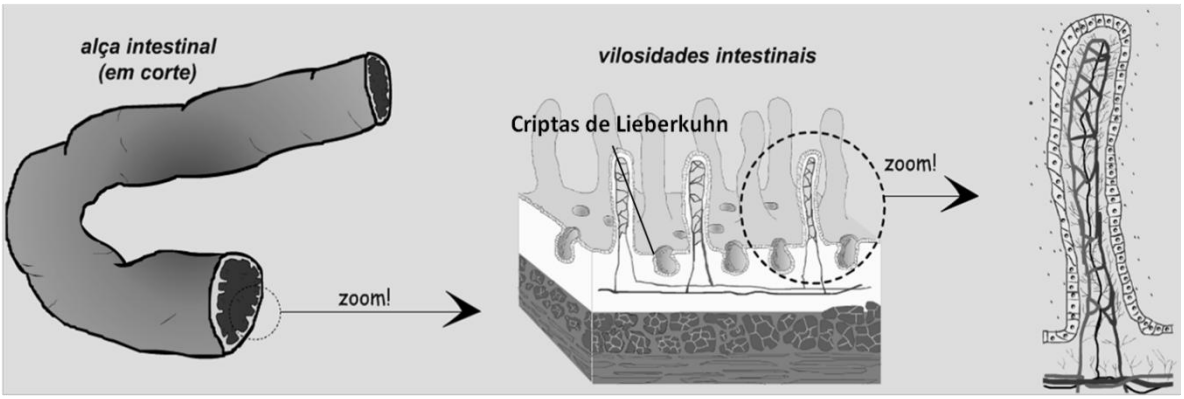


Imagem cortesia de PlanetaBio

Figura 7. Estrutura do intestino delgado.

3.3 O **Intestino grosso** é o segmento final do tubo digestivo, que se estende desde o intestino delgado até o ânus (orifício distal aberto ao exterior). Com forma quadrangular, tem aproximadamente 1,5 m de comprimento e entre 6 e 8 cm de diâmetro.

3.3.1 Tem várias partes (de proximal a distal):

- **Ceco**. Dilatação sacular (área de maior calibre do intestino) na fossa ilíaca direita, que recebe o íleo através da *válvula ileocecal ou iliocólica*, que impede o refluxo para o intestino delgado. No fundo do ceco, encontramos o *apêndice vermiforme*, pequeno tubo cego com tecido linfóide e função de defesa.
- **Cólon ascendente**. Desde o ceco até o *flexura ou ângulo hepático*, ângulo superior direito do cólon (inferior ao fígado).
- **Cólon transverso**. Desde o ângulo hepático até a *flexura ou ângulo esplénico*, ângulo superior esquerda do cólon (inferior ao baço).
- **Cólon descendente**. Desde o ângulo esplénico até a fossa ilíaca esquerda, onde se curva em forma de "S" formando o sigma ou cólon sigmóide, que o une à porção terminal do intestino grosso.
- **Recto**. Tubo vertical de uns 15 a 20 cm que perfura o soalho da pélvis para ter saída ao exterior.
- **Ânus**. Estrutura tubular de saída do tubo digestivo, de uns 3 cm, habitualmente fechada pela acção muscular dos esfíncteres anais para evitar a saída de conteúdo fecal. Só se relaxam para a defecação e apresenta dois esfíncteres:

  O *esfíncter anal interno, profundo ou involuntário* resulta do espessamento das últimas fibras musculares lisas circulares do recto. O *esfíncter anal externo, superficial ou voluntário* resulta do espessamento do músculo estriado que forma o soalho da pélvis.

  O ânus é uma estrutura de trânsito, onde o epitélio cilíndrico simples do intestino passa a ser plano estratificado (marcado pela *linha pectínea*).

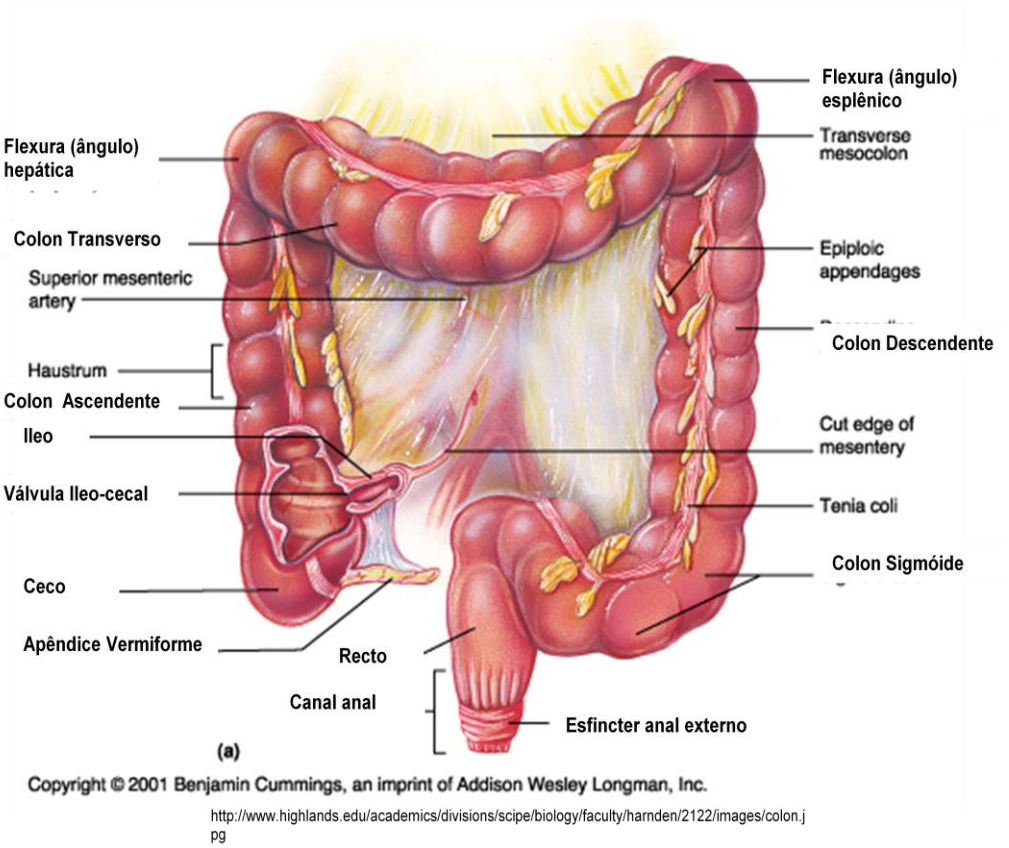


Figura 8. Intestino grosso

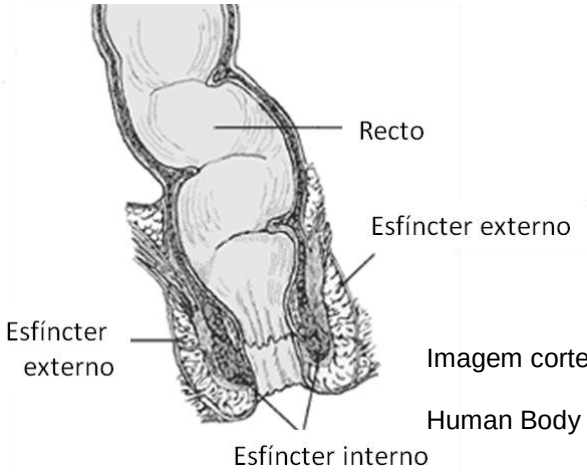


Imagem cortesia de Anatomy of the Human Body de Henry Gray

Figura 9. Recto e Ânus.

3.3.2 O intestino grosso apresenta algumas características que o diferenciam do intestino delgado:

- Tem um maior diâmetro, que vá-se afinando progressivamente desde o ceco até o ânus.
- Não tem vilosidades.
- As glândulas mucosas (criptas) são mais profundas, mais frequentes e contem muitas células caliciformes, produtoras de muco que lubrifica a mucosa para facilitar a passagem do bolo fecal.

3.3.3 O intestino grosso absorve água principalmente, recuperando-a do resíduo líquido procedente da absorção de nutrientes pelo intestino delgado, até formar o bolo fecal, de

consistência semi-sólida. O cólon sigmóide e o recto fazem de reservatório das fezes até serem expulsas.

BLOCO 4: ANATOMIA DOS ÓRGÃOS ANEXOS

4.1 **Glândulas salivares.** Formações que produzem e secretam saliva, que podem estar dispersas pela mucosa oral (glândulas menores) ou bem individualizadas, localizadas em volta da cavidade oral (glândulas maiores), com a que se comunicam através de ductos.

4.1.1 As glândulas salivares menores são pequenas invaginações glandulares disseminados nas paredes da boca: labiais, palatinas, linguais e molares.

4.1.2 As glândulas salivares maiores são estruturas pares bem delimitadas, com multidão de ácinos glandulares que acabam por drenar à boca por um conduto conjuntivo-muscular, e são:

- *Glândulas Parótidas*, são as maiores, situam-se uma de cada lado, na parte lateral da face, antero-inferior ao pavilhão da orelha, externo ao ângulo mandibular.
- *Glândulas Submandibulares* situam-se no assoalho da boca, interior ao ângulo mandibular.
- *Glândulas Sublinguais*, são as menores deste grupo, localizam-se em baixo da mucosa do assoalho da boca.

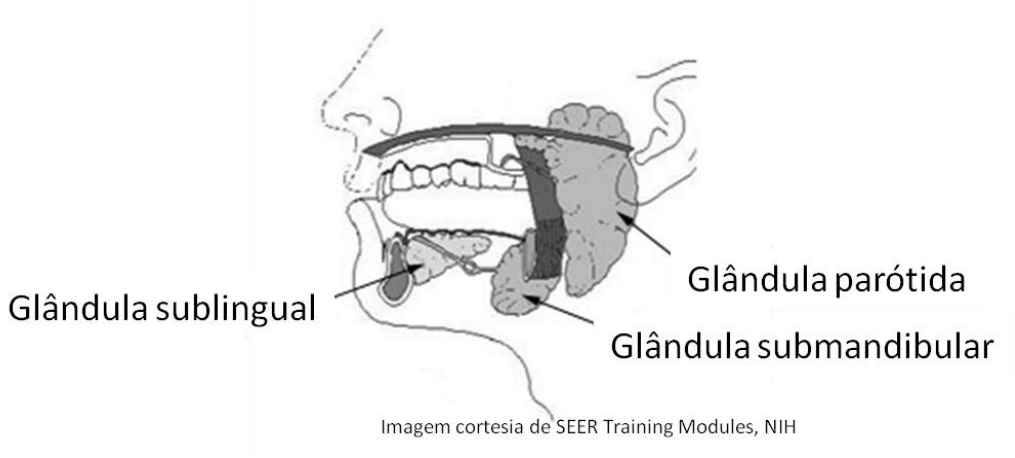


Figura 10. Glândulas salivares maiores.

4.2 **Fígado**. Maior glândula do corpo e pesa aproximadamente 1,5 kg, localizado no quadrante superior direito do abdómen, inferior ao diafragma, e que tem funções vitais tanto na digestão como no metabolismo de muitas substâncias.

4.2.1 Tem duas faces:

- Face diafragmática (antero-superior), convexa e lisa, em contacto com o diafragma; e
- Face visceral (postero inferior), irregularmente côncava, em contacto com os diferentes órgãos, que fazem impressões na sua superfície (flexura direita do cólon, duodeno, rim direito, e estômago).

4.2.2 É totalmente recoberto pelo peritónio visceral, que se estende pelo *ligamento coronário*, que o suspende do diafragma, e pelo *ligamento falciforme,* que o fixa ao peritónio parietal da parede abdominal anterior (o seu bordo está espessado pelo *ligamento redondo*, resíduo dos vasos umbilicais fetais).

4.2.3 A face visceral contem estruturas fundamentais, dispostas em forma de “H”:

- ligamento falciforme (ramo vertical esquerdo do “H”);
- *“hilo hepático”*, zona de entrada ao fígado, onde transitam “v. porta” (que traz sangue venosa dos órgãos abdominais), “a. hepática” (que traz sangue oxigenada), “ducto biliar” (conduto secretor da bílis formada no fígado), nervos e linfáticos (ramo horizontal do “H”); e
- *vesícula biliar* (saco anexo ao fígado, onde se armazena a bílis), na parte anterior, e *veia cava inferior*, na parte posterior (ramo vertical direito do “H”).

4.2.4 O fígado é dividido em 2 lobos e 8 segmentos, cada um dos quais tem uma irrigação e canalização secretora independente.

- *Lobo esquerdo*, pela sua vez dividido verticalmente pelo ligamento falciforme em 2 segmentos laterais e 2 segmentos mediais (quadrado e caudado).
- *Lobo direito*, maior, com outros 4 segmentos.

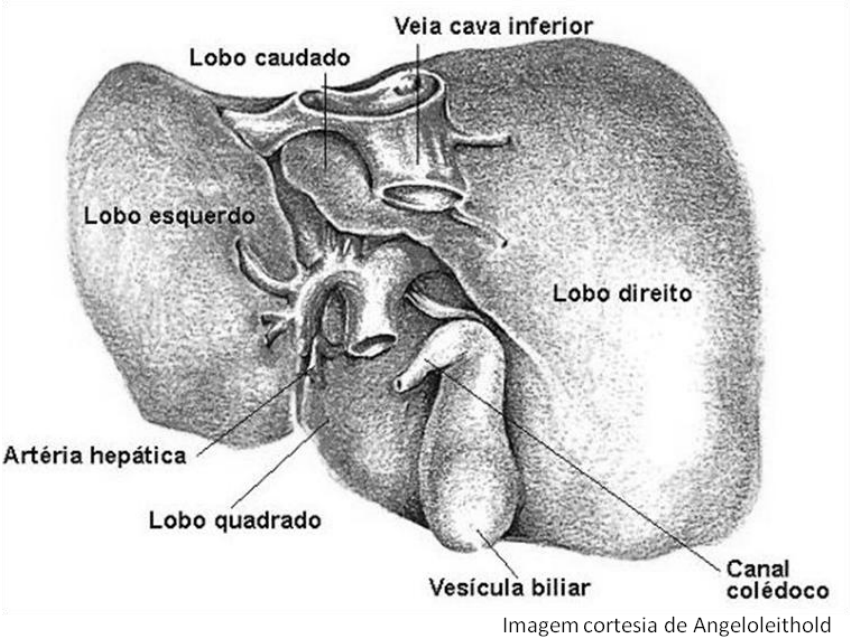
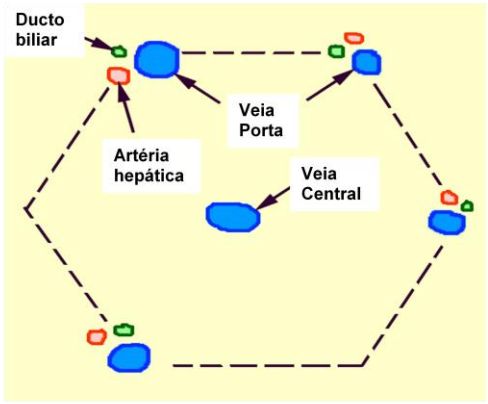


Figura 11. Fígado.

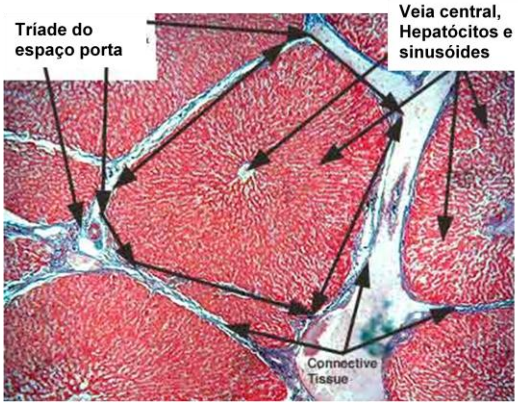
4.2.5 O parênquima hepático é formado por uma multidão de *“lóbulos hepáticos”*, unidades funcionais de aproximadamente 1 mm^3 e de forma hexagonal, formadas por células hepáticas (“hepatocitos”), em disposição radial, em volta de um espaço central. Inclui:

- *“Tríadas portais ou espaços porta”*, nos vértices do hexágono, com ramos da veia porta, da artéria hepática e da via biliar.
- *“Veia centro-lobular”*, que ocupa esse espaço central de confluência.
- *“Sinusóides”*, comunicações radiais desde os vasos portais (periféricos) até a veia centro-lobular, ao longo dos quais o sangue entra em contacto com os hepatócitos. Contêm algumas células de defesa *(“células de Kupfer”)* que fagocitam restos celulares sanguíneos e microrganismos que vêm do tubo digestivo.
- *“Canalículos biliares”*, comunicações radiais em sentido oposto desde os hepatócitos ate o ducto biliar de cada espaço porta, para a drenagem da bílis produzida pelos hepatócitos.



http://www.siumed.edu/~dking2/erg/images/hlob.gif

Representação esquemática de um Lóbulo hepático



http://faculty.une.edu/com/abell/histo/pigliverw2.jpg

Lóbulos hepáticos

Figura 12. Lóbulos hepáticos. Vascularização e via biliar

4.2.6 O fígado tem uma *irrigação sanguínea* dupla: pela artéria hepática (com sangue oxigenada e com nutrientes) e pela veia porta (com sangue desoxigenada com as substâncias absorvidas ao longo do tubo digestivo).

- O retorno venoso se faz a partir das veias centro-lobulares, que irão desaguando progressivamente a outras maiores até chegar às veias hepáticas (esquerda, média e direita) que desembocam na veia cava inferior.

4.3 **Via biliar**. Sistema de condutos que drenam a bílis (produto da secreção hepática) até o duodeno. Inclui:

4.3.1 Via intra-hepática, desde os canalículos, que vão drenando a vasos biliares progressivamente maiores, paralelos à árvore portal, mas de sentido contrário, até chegar aos *"ductos hepáticos esquerdo e direito"*, que drenam cada lobo.

4.3.2 Via biliar extra-hepática, que inclui a confluência dos anteriores num *"ducto hepático comum"*, que se dirige até o duodeno.

- Pouco depois de se formar, o hepático comum tem um ramo lateral, o *"ducto cístico"* que comunica com a *"vesícula biliar"*, que é a bolsa que armazena bílis e a libera quando é requerida na digestão
- canal *colédoco*, tubo com cerca de 10-15 cm, que passa posterior ao duodeno e se introduz na cabeça do pâncreas até desembocar no duodeno, onde drenará a bílis e sucos pancreáticos.

4.4 **Pâncreas**. Glândula comprida, de 12-15 cm, aplanada, que se situa na parte retroperitoneal, posterior ao estômago, com uma estrutura microscópica semelhante às glândulas salivares

4.4.1 O pâncreas divide-se em Cabeça (que se aloja na curva que forma o duodeno), Corpo e Cauda

4.4.2 O seu parênquima tem duas componentes com funções diferentes:

- Glândula exócrina (99% do tecido pancreático) que secreta no duodeno o suco pancreático (líquido alcalino formado por agua, sais, bicarbonato e enzimas digestivos, *vide a Aula 27)*.
- Glândula endócrina pequenas ilhas de células espalhadas entre a parte exócrina, que secreta no sangue hormónios responsáveis pela regulação do metabolismo dos carbohidratos *(vide a Aula 36)*.

4.4.3 O *ducto pancreático principal ou de Wirsung* é a estrutura tubular que percorre todo o comprimento do pâncreas, recebendo o suco pancreático desde ramos que vêm dos acinos e portando-o até a parede do duodeno, onde se une ao ducto colédoco (vindo da vesícula biliar) num pequeno ducto comum: *ampola hepato-pancreática ou de Vater*.

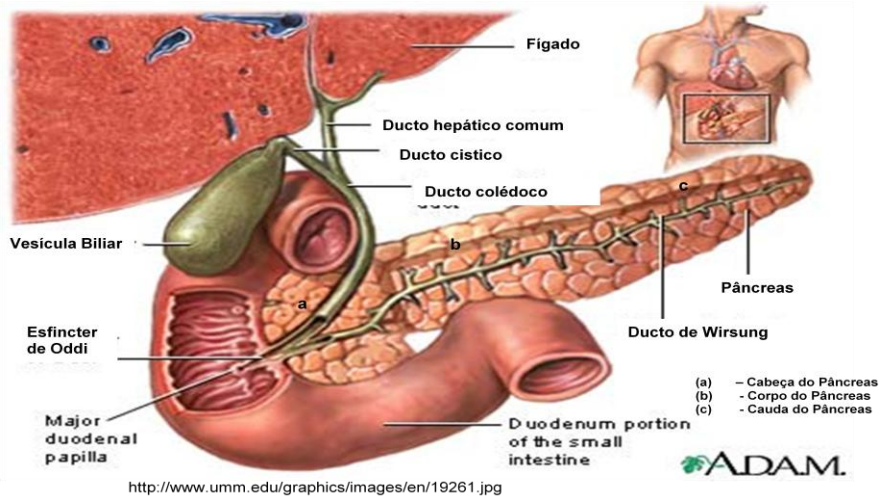


Figura 13. Via biliar extra-hepática e pâncreas.

Imagem cortesia de Anatomy of the Human Body de Henry Gray

BLOCO 5: FISIOLOGIA DO APARELHO DIGESTIVO EXTRA-ABDOMINAL

5.1 O processo fisiológico da digestão começa já na boca, onde se realizam os primeiros passos na preparação dos alimentos, mediante:

- Dissociação Mecânica, na qual os alimentos são triturados pelos dentes e se misturam (com ajuda da língua) com a saliva (produzida pelas glândulas salivares) para formar uma papa mole chamada bolo alimentar, capaz já de ser deglutida.
- Dissociação Química, ocorre sob efeito das enzimas (proteínas facilitadoras de reacções químicas) contidas na saliva, que decompõem os alimentos em moléculas mais pequenas.

5.1.1 ***Mastigação.*** Os dentes fazem a divisão inicial dos alimentos quando entram na boca mediante a mastigação. Cada tipo de dente mastiga diferente: os incisivos cortam, os caninos desgarram, os pré-molares e molares trituram.

- A mastigação é realizada voluntariamente, mas estimulada pela presença de alimento na boca (reflexo mastigadoiro).

5.1.2 ***Ensalivação.*** É a mistura com a saliva dos alimentos triturados pelos dentes. A ***saliva*** *é* um líquido viscoso, claro, sem gosto e sem odor, constituído por uma solução com enzimas que ajudam na digestão dos alimentos e na protecção da mucosa oral. É composta por duas porções, com funções diferentes:

- Serosa (secretada pelas glândulas maiores), solução clara rica em enzimas digestivas a ptialina ou amilase salivar, que degrada o amido em carbohidratos simples, e a lipase lingual, que degrada os lípidos em ácidos graxos.
- Mucosa (secretada pelas submandibulares e sublinguais e pelas menores), solução viscosa com função de lubrificação e protecção do epitélio da boca.

5.1.3 A quantidade da saliva secretada estima-se em 1.500 ml por dia. A porção mucosa da saliva é secretada de maneira contínua e a porção serosa é secretada perante estímulos que indicam início iminente da ingestão de alimentos.

- Os estímulos podem serem: visuais, olfactivos, gustativos, auditivos ou tácteis que activam o centro da salivação do bolbo (sistema nervosos central), que por via nervosa autónoma (parassimpática) ordena a secreção de saliva.

5.1.4 ***Deglutição.*** O bolo alimentar, produto da mastigação e da mistura com saliva, será deglutido em fracções de segundos, mediante três estágios:

- Voluntário através dos músculos da língua: no qual o bolo alimentar é empurrado pela língua para a parte oral da faringe.
- Faríngeo: controlada pelo sistema nervoso autónomo onde ocorre a passagem do bolo alimentar pela faringe para o esófago..
- Esofágico: também controlada pelo sistema nervoso autónomo onde ocorre a passagem do bolo alimentar pelo esófago para o estômago.

5.1.5 Durante a fase faríngea da deglutição, a faringe evita que o bolo passe à cavidade nasal (o palato mole levanta-se e fecha a nasofaringe) e ao trato respiratório (a traqueia move-se para cima e permite que a epiglote, cubra a entrada da via respiratória).

5.1.6 O bolo alimentar chega ao esófago, que o transporta até o estômago (cerca de 2 segundos para líquidos e 8 segundos para sólidos), mediante contracções rítmicas ondulatórias da sua parede (peristalse) , que empurram o bolo alimentar para baixo.

- A peristalse é um movimento reflexo, desencadeado pela presença de alimento no interior do esófago.
- Existem glândulas mucosas dispersas pelo esófago (parecidas com as salivares menores da boca) que produzem muco lubrificante, para facilitar o trânsito do bolo.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 O aparelho digestivo extra-abdominal é constituído pela boca e seus anexos, a faringe e o esófago, e tem como função o início da digestão e o transporte dos alimentos até o aparelho digestivo intra-abdominal.

6.2 A boca é a cavidade de entrada dos alimentos, que contem os anexos que iniciam a digestão: dentes, língua e glândulas salivares.

6.3 Na boca se realiza a primeira fase da digestão, mediante a trituração mecânica dos alimentos pelos dentes é a mistura com a saliva pela língua para formar o bolo alimentar.

6.4 O estômago é órgão intra-abdominal que recebe o bolo desde o esófago, para fazer uma grande parte da digestão dos alimentos, que depois envia pelo piloro para o intestino delgado.

6.5 O intestino delgado é um tubo comprido onde se realizam as últimas fases da digestão dos alimentos e onde se realiza a absorção dos nutrientes.

6.6 O intestino grosso é um tubo de maior diâmetro onde se faz a absorção de água para formar o bolo fecal que se expulsará pelo ânus.

6.7 O fígado é uma glândula que produz bílis (necessária para a digestão) e que filtra o sangue proveniente da absorção intestinal de nutrientes, realizando o metabolismo e armazenamento destes.

6.8 O pâncreas é uma glândula com uma porção exócrina que secreta no duodeno enzimas digestivas e outra endócrina que secreta no sangue hormónios que regulam o metabolismo dos açúcares.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	27
Tópico	Aparelho Digestivo	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia do Aparelho Digestivo (2)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Explicar as funções realizadas no estômago
2. Explicar as funções realizadas no intestino delgado
3. Descrever as funções do fígado, vesícula biliar e pâncreas
4. Explicar as actividades realizadas no intestino grosso
5. Explicar o funcionamento do esfíncter anal
6. Descrever as influências neurais e hormonais sobre a digestão
7. Listar exemplos de alterações do aparelho digestivo e dos órgãos anexos

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Fisiologia do Aparelho Digestivo Intra-abdominal		
3	Fisiologia dos Órgãos Anexos		
4	Regulação da Digestão		
5	Patologia Digestiva		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), Exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo):

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá manejar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: FISIOLOGIA DO APARELHO DIGESTIVO INTRA-ABDOMINAL

2.1 O aparelho digestivo intra-abdominal inclui estômago, intestino delgado e grosso até o ânus. Nestes segmentos se realizam a maior parte dos processos fisiológicos da digestão, a partir do bolo alimentar transportado pelo esófago desde a boca, onde tem sido triturado e misturado com a saliva, iniciando a digestão.

2.2 A função geral do tubo digestivo é a preparação dos alimentos ingeridos para seus nutrientes serem aproveitados pelo organismo. Isto é realizado mediante 3 grandes **mecanismos fisiológicos,** presentes em maior ou menor medida em todos os segmentos do aparelho digestivo intra-abdomninal:

2.2.1 *Actividades motoras*. O tubo digestivo é capaz de mudar de forma pelos movimentos que provoca a contracção do músculo liso da sua parede. Os movimentos do tubo digestivo podem ser de dois tipos, ambos presentes em maior ou menor medida em cada segmento do tubo, com finalidades diferentes:

- Movimentos segmentares ou de mistura, pelos que o alimento se mistura com secreções e se emulsiona, facilitando a sua digestão química.
- Movimentos peristálticos ou de propulsão, pelos que o bolo alimentar avança ao longo do tubo digestivo por cada segmento desde a boca até o ânus.

2.2.2 *Digestão química*, pela acção de diferentes enzimas e outros compostos químicos secretados pelo próprio tubo e pelos órgãos anexos, que degradam as grandes moléculas contidas nos alimentos em pequenas moléculas capazes já de ser absorvidas ao nível do intestino delgado para o organismo.

2.2.3 *Absorção*, pela imensa superfície da mucosa intestinal, que é capaz de transportar os nutrientes já preparados no interior do tubo digestivo até o sangue (de onde se distribuirão pelo organismo).

2.3 O **Estômago** é o primeiro órgão do aparelho digestivo intra-abdominal, que recebe o bolo alimentar desde o esófago, uma vez que foi triturado pelos dentes, amolecido pela saliva e decompostas quimicamente as estruturas dos amidos dos vegetais pela “amilase salivar ou ptialina”.

O estômago tem uma importante actividade motora, especialmente de mistura, e realiza fundamentalmente uma actividade de digestão química de alimentos mediante o suco gástrico que secreta. As suas funções de absorção são mínimas.

2.3.1 O ***suco gástrico*** é uma solução muito ácida (pH de 2, rica em ácido clorídrico) produzida pelo epitélio gástrico (cerca de 3 litros por dia), que contem enzimas digestivas, especialmente a pepsina, capaz de decompor as proteínas em moléculas mais pequenas (polipéptidos).

- O ácido, para além de permitir a função da pepsina (a qual fica inactiva a pH maior de 4), tem função de defesa, eliminando a maioria dos microrganismos que entram com os alimentos.
- Apesar de estarem protegidas por uma densa camada de muco, as células da mucosa gástrica são continuamente lesadas pela acção do ácido, pelo que tem que estar sempre

em regeneração. Estima-se que a superfície do estômago é totalmente reconstituída em cada três dias.

- Nos lactantes a maior parte da enzima é a quimosina e não a pepsina, capaz de separar o leite em fracções líquidas e sólidas.

2.3.2 O bolo alimentar é misturado com o suco gástrico durante 2 a 4h, auxiliado pelas contracções da musculatura do estômago, para transformar-se em uma massa acidificada semilíquida leitosa, o ***quimo***.

2.3.3 A absorção de nutrientes no estômago é mínima. Apenas o etanol (álcool contido nas bebidas), alguns sais, água e certos medicamentos (como a aspirina) podem ser absorvidos directamente no estômago.

2.3.4 O quimo passa para o duodeno através do esfíncter muscular de saída (piloro), que permite a passagem apenas de pequenas quantidades quando ondas de contracção peristáltica progridem desde o corpo gástrico ao antro pilórico empurrando o quimo.

A velocidade do esvaziamento depende de:

- qualidade do quimo (quanto mais ácido é o quimo, mais lento se transporta ao duodeno), e
- capacidade do intestino delgado para dar os passos seguintes da digestão (quanto mais cheio está o duodeno, mais lento esvazia o estômago).

2.4 No **duodeno e na parte proximal do jejuno**, o quimo mistura-se com as secreções do fígado (bílis), pâncreas (suco pancreático) e do próprio intestino (suco entérico), para formar o ***quilo***, líquido alcalino no qual as macromoléculas dos alimentos são divididas em unidades simples.

2.4.1 A ***bílis***, produzida no fígado (aproximadamente 1litro por dia) e armazenada na vesícula biliar, é uma solução alcalina (pH de 8), que contem, além de água e iões:

- Sais dos ácidos biliares, que têm acção detergente (como sabão), emulsionando as gorduras, fragmentando-as em milhares de microgotículas (gotas de tamanho microscópico), para permitir a acção das enzimas digestivas.
- Pigmentos biliares, que dão a cor amarela esverdeada à bílis, principalmente a bilirrubina (produto de degradação metabólica da hemoglobina do sangue).
- Colesterol, Lecitina,…

2.4.2 O ***suco pancreático***, produzido pelo pâncreas (aproximadamente 1,5 litros por dia), é uma solução alcalina (pH de 9, com grandes quantidades de bicarbonato de sódio) que contém a maioria dos enzimas digestivos responsáveis pela degradação das diferentes macromoléculas de alimento:

- *Amilase pancreática*, enzima que degrada o amido em carbohidratos mais simples (maltosa, sacarosa,…).
- *Lipase*, enzima que degrada as gorduras em glicerol e ácidos gordos.
- *Tripsina, Quimotripsina e Elastase*, enzimas que degradam as proteínas em péptidos de cadeia curta. São secretados como precursores inactivos (para evitar a digestão interna do próprio pâncreas) e são activados ao entrar no duodeno, pela acção da *Enterocinasa*, enzima produzido pelo epitélio intestinal.
- *Ribonuclease e Desoxirribonuclease*, que dividem os ácidos nucléicos (RNA e DNA, respectivamente) em nucleótidos de cadeia curta.

2.4.3 O ***suco intestinal***, secretado pela mucosa do intestino delgado, (aproximadamente 2 litros por dia), é uma solução de pH neutro rica em enzimas digestivos capazes de produzir a degradação final das unidades moleculares mais pequenas provenientes da digestão mais grosseira feita pelas enzimas pancreáticas. Inclui:

- *Alfa-dextrinase, Maltase, Sacarase e Lactase*, capazes de dividir os respectivos carbohidratos nas unidades mais simples (como a glicose).
- *Peptidases*, que fazem a digestão dos péptidos em aminoácidos.
- *Nucleosidases e Fostatases* que fazem a digestão dos nucleótidos em bases nucleicas simples.

2.4.4 A secreção dos diferentes sucos e os movimentos de mistura e de propulsão do intestino delgado, são estimulados pela entrada do quimo no duodeno e mantidos até o esvaziamento do intestino delgado para o intestino grosso.

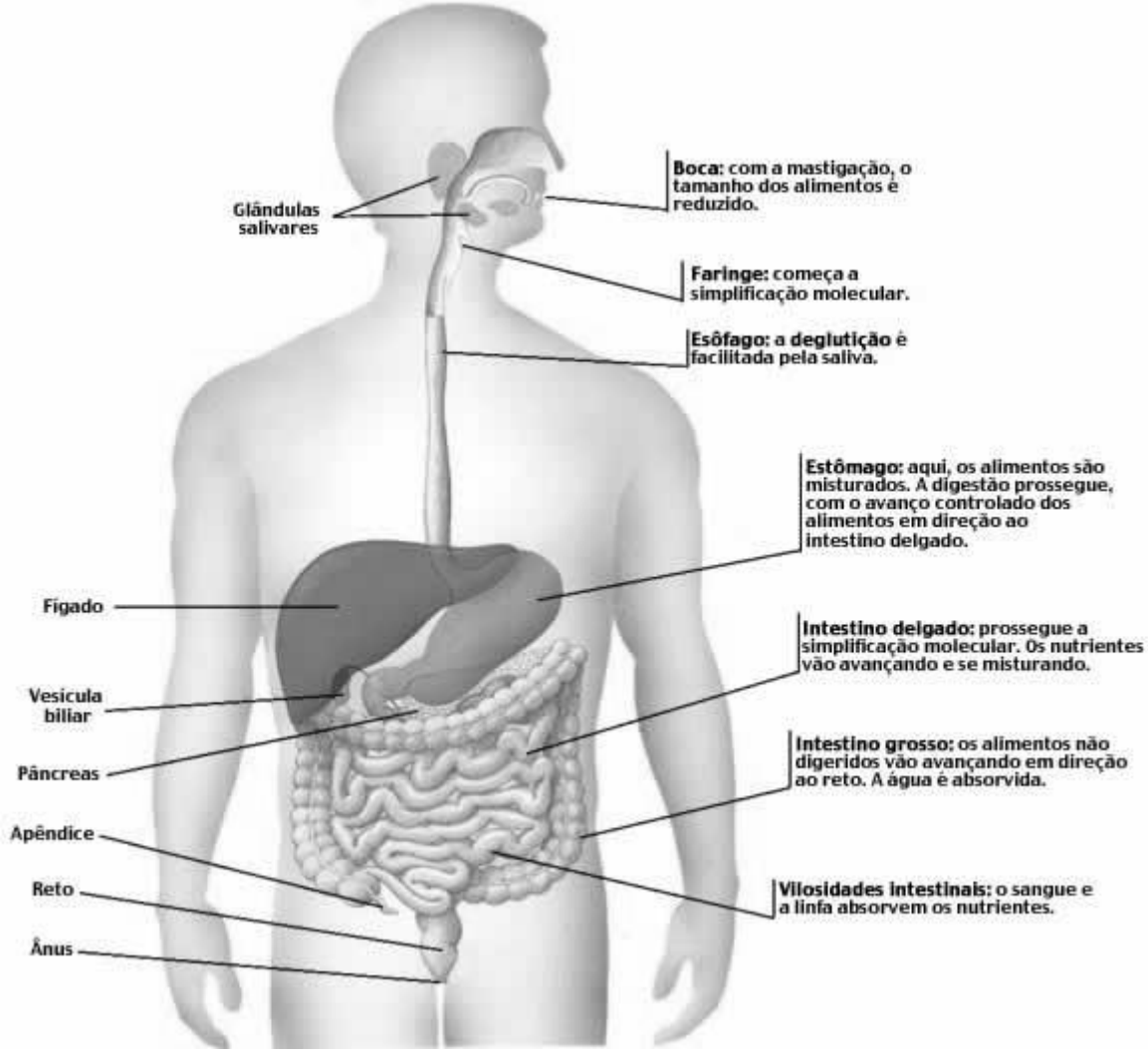


Figura 1. Digestão dos alimentos.

2.5 **Absorção**. Ao longo do intestino delgado, uma vez formado o quilo e conforme avançam os processos de digestão, as células da vasta mucosa intestinal absorvem as moléculas básicas digeridas desde o interior do intestino. Desde as células, passarão ao sangue dos capilares da submucosa intestinal.

Desta maneira, os nutrientes absorvidos (excepto os lípidos) chegarão as veias intestinais e de ai à veia porta até o fígado, onde serão processados e armazenados.

2.5.1 A água absorve-se por osmose (existe uma passagem nos dois sentidos em relação à passagem de electrólitos e nutrientes).

2.5.2 Os electrólitos (Na^+, K^+, Cl^-, Ca^+, Fe^{++}, Mg^{++}, nitratos e fosfatos) entram nas células intestinais por transporte passivo ou activo, sendo encaminhadas aos capilares.

2.5.3 Os carbohidratos simples (monossacáridos como a glicose, frutose,…) *atravessam* as células da mucosa intestinal mediante transporte passivo (por difusão) ou activo (como a glicose) e passam para os capilares sanguíneos intestinais.

2.5.4 Os aminoácidos e péptidos de cadeia muito curta (di- ou tri-péptidos) são absorvidos activamente também e passam aos capilares por difusão facilitada.

2.5.5 O glicerol e os ácidos gordos resultantes da digestão de lipídos são absorvidos pelas células intestinais, onde são agrupados de novo em pequenos grãos lipídicos recobertos por proteínas (quilomicrones).

- Os quilomicrones, pelo seu grande tamanho, não podem passar aos capilares, e são transportados pela rede linfática (desde os vasos linfáticos intestinais até o conducto torácico) até a veia subclávia esquerda, incorporando-se ao sangue, sem passar inicialmente pelo fígado.
- Depois de uma refeição rica em gorduras, o plasma do sangue fica com aparência leitosa, devido ao grande número de quilomicrones.

2.5.6 As vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) absorvem-se por difusão simples, e passam a formar parte dos quilomicrones, sendo transportadas via linfática

2.5.7 As vitaminas hidrossolúveis (C, B1, B2, B6, Niacina e Ácido fólico) são absorvidas pelos capilares por difusão facilitada.

2.5.8 A vitamina B12 absorve-se apenas no íleo, para o qual precisa do factor intrínseco, produzido pelo estômago.

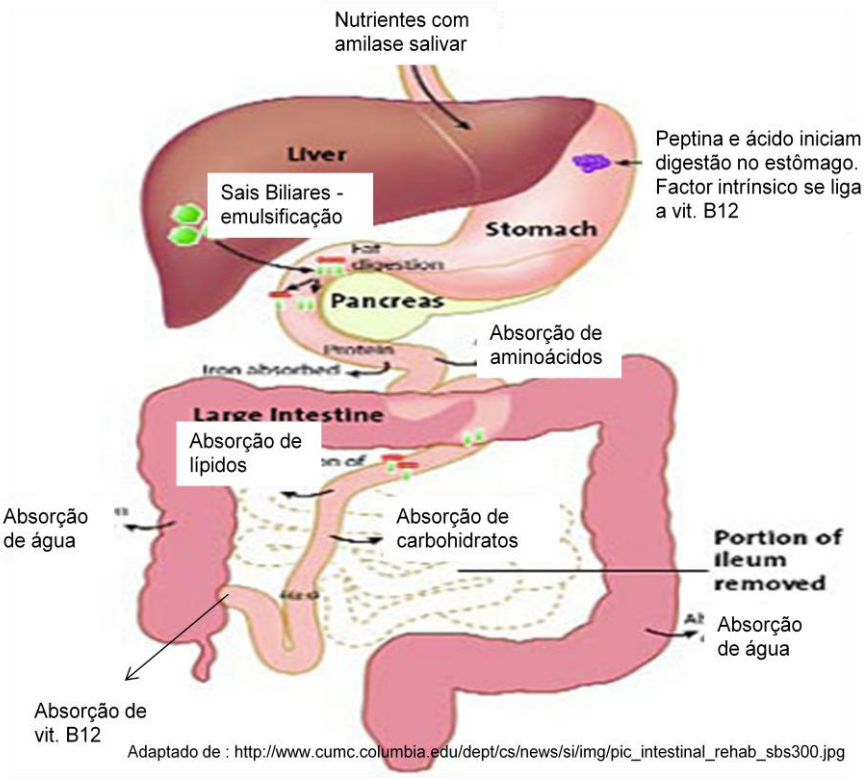


Figura 2. Absorção dos produtos da digestão

2.6 O **intestino grosso** (ver figura 2) receberá, através da válvula ileo-cecal (que evita o refluxo desde o intestino grosso para o delgado), um quilo já pobre em nutrientes, mas com muita água.

2.6.1 O intestino grosso proximal (colon ascendente e transverso) é o principal local para a absorção de água, tanto a ingerida (cerca de 1-2litros por dia) quanto a secretada pelos sucos digestivos (cerca de 8-9l por dia).

- O intestino grosso não possui vilosidades e nem secreta sucos digestivos com enzimas, sendo assim, o seu papel é a absorção da água para a formação do bolo fecal.
- A formação do bolo fecal por absorção de água no intestino grosso dura em média cerca de 3-8 horas e faz-se mediante suaves movimentos.

2.6.2 Numerosas bactérias não patogénicas (que não provocam doenças) vivem no intestino grosso. Suas funções são:

- Dissolver os restos alimentares não assimiláveis mediante fermentação, o que produz os gases (metano, CO_2, sulfureto de hidrogénio, indol,…) que acompanham às fezes.
- Decompor a bilirrubina da bílis em estercobilina, que dá a cor parda característica das fezes.
- Proteger o organismo contra bactérias estranhas geradoras de doenças (com as quais concorrem para se alimentarem dos resíduos fecais).

2.6.3 As fibras vegetais, principalmente a celulose, não são digeridas nem absorvidas, contribuindo para uma percentagem significativa da massa fecal. As fibras dos vegetais, por um mecanismo osmótico, retém a água, tornando as fezes macias e fáceis de serem eliminadas.

2.6.4 O intestino grosso distal (cólon descendente, sigmóide e recto) têm uma menor função de absorção de água, sendo o sítio de armazenamento dos resíduos da digestão (fezes) até a sua expulsão pelo ânus.

2.6.5 O transporte das fezes para preencher o recto, lugar de armazenamento até o momento de ser expulsas, faz-se por impulsos pontuais, que se produzem 1-3 vezes por dia, com contracção massiva de todo o cólon (movimentos em massa).

2.7 **Defecação** é a expulsão ou evacuação das fezes ao exterior.

2.7.1 As fezes acumuladas no cólon descendente e sigmóide são empurradas pelos movimentos em massa até o recto.

2.7.2 A distensão provocada pela presença de fezes no recto, provoca o *reflexo da defecação*, que estimula a contracção do recto e a relaxamento do esfíncter anal interno (involuntário), permitindo a evacuação dos resíduos.

2.7.3 O esfíncter anal externo (voluntário) é capaz de regular o reflexo. Normalmente está contraído, impedindo a defecação, mesmo em presença dum reflexo defecatório. O seu relaxamento voluntário será o que permita a defecação.

- O relaxamento do esfíncter externo acompanha-se da contracção voluntária da musculatura da parede abdominal e do diafragma, mediante uma expiração com glote fechada, chamada também manobra de Valsalva, que ajuda na evacuação das fezes.

BLOCO 3: FISIOLOGIA DOS ÓRGÃOS ANEXOS

3.1 Os órgãos anexos do tubo digestivo são estruturas anatómicas que facilitam a função digestiva do aparelho. São glândulas especializadas na síntese e secreção de substâncias (enzimas, principalmente) necessárias para a digestão dos alimentos.

3.2 As **funções das glândulas salivares**, localizadas na boca e produtoras da saliva, foi vista na aula 26 (Fisiologia do aparelho digestivo extra-abdominal).

3.3 As **funções do fígado** são muito diversas:

3.3.1 Produção e excreção da bílis, que será armazenada na vesícula biliar e excretada ao duodeno pela via biliar perante certos estímulos, especialmente a presença no duodeno de alimentos ricos em gorduras.

3.3.2 Metabolismo e armazenamento de carbohidratos:

- Quando a concentração de glicose no sangue é elevada, como depois de uma refeição, capta e armazena a glicose em forma de glicogénio (grandes cadeias de unidades de glicose).
- Quando a concentração de glicose no sangue é baixa, como nos períodos de jejum ou durante o exercício, degrada o glicogénio para libertar glicose no sangue, equilibrando seus níveis.

3.3.3 Metabolismo e armazenamento de lípidos (triglicéridos e colesterol) dependendo também das suas concentrações no sangue.

3.3.4 Síntese das proteínas plasmáticas (do plasma), abaixo indicadas:

- Albumina, responsável principal da pressão oncótica do sangue (pressão osmótica do sangue devida às proteínas).
- Factores da coagulação, dependentes e independentes da vitamina K para a sua síntese. Também é responsável pela degradação destes e da fibrinólise.
- Glicoproteinas, Proteínas transportadoras de ferro (ferritina e transferrina) e outras proteínas.

3.3.5 Metabolismo e armazenamento de minerais como o ferro (necessário para a síntese de hemoglobina).

3.3.6 Metabolismo final de diferentes produtos bioquímicos (especialmente carbohidratos e aminoácidos) para obter energia armazenando-a em forma de ATP (adenosina trifosfato).

3.3.7 Metabolismo de substâncias tóxicas (como o álcool), medicinais (como muitos dos antibióticos) e hormônios (como os estrógenos, testosterona, insulina,…). Esta acção química pode ser de:

- Activação, mediante a transformação das substâncias precursoras inactivas em outras já activas que libera no sangue; ou de
- Desactivação, mediante a captação dos princípios activos desde o sangue e sua degradação em metabólitos inactivos, que depois serão excretados com a bílis ou devolvidos ao sangue para serem eliminados com a urina.

3.3.8 Produção ou activação de vitaminas, como a D (para calcificação dos ossos) ou a K (para a síntese dos factores da coagulação).

3.3.9 Limpeza do sangue, mediante a fagocitose (através das células de Kupfer) de restos celulares e microrganismos.

3.4 As **funções do pâncreas** são duas, realizadas por cada uma das partes histológicas:

3.4.1 Pela glândula pancreática exócrina: produção e excreção no duodeno pela via pancreática, do suco pancreático.

3.4.2 Pela glândula pancreática endócrina (ilhotas de Langerhans): produção e secreção ao sangue de hormónios que regulam o metabolismo dos carbohidratos, insulina e glucagon principalmente *(vide a Aula 36)*.

BLOCO 4: REGULAÇÃO DA DIGESTÃO

4.1 As três funções do sistema digestivo (motilidade, digestão e absorção) que conduzem ao aproveitamento dos nutrientes dos alimentos estão reguladas por **diferentes mecanismos locais e sistémicos**, mediados por:

4.1.1 Estruturas nervosas (*regulação nervosa*), que incluem:

- Sistema nervoso autónomo simpático, inibidor geral das funções digestivas (diminui o peristáltismo e a actividade secreto-motora);
- Sistema nervoso autónomo parassimpático ou vagal (do nervo vago), estimulador geral das funções digestivas (aumenta o peristaltismo, a actividade secreto-motora e relaxa os esfíncteres involuntários) ;
- Sistema nervoso entérico constituído pelos plexos submucoso e mioenterico que são estruturas nervosas da parede intestinal. Este sistema pode dar origem as respostas locais directas ou sob a influencia do sistema nervoso autónomo
- Alças de retroalimentação para o Sistema Nervoso Central que integram e coordenam as actividade entre Sistema Nervoso Entérico e o Sistema Nervoso Autónomo.

4.1.2 Hormónios, produtos químicos produzidos no próprio intestino ou em outros órgãos que comandam acções do tubo digestivo (*regulação hormonal*).

4.2 O **apetite** ou vontade de comer é regulado pelo equilíbrio entre dois centros do hipotálamo: centro da fome e centro da saciedade, que controla o anterior por mecanismo homeostático (retroalimentação negativa).

4.2.1 A redução da concentração da glicose no sangue (hipoglicémia) e outros estímulos bioquímicos inibem (desactivam) o centro da saciedade, de maneira que o centro da fome desencadeia a sensação de vontade de comer, que estimula a procura e ingestão de alimento.

4.2.2 Uma vez ingerido o alimento, a glicose aumenta no sangue e activa o centro da saciedade, que trava o centro da fome (retroalimentação negativa).

4.3 A **salivação** tem regulação nervosa exclusivamente, desde o centro da salivação do bulbo, que envia ordens às glândulas salivares por via parassimpática para a sua contracção, que provoca a secreção salivar. Existem diferentes estímulos:

4.3.1 Estímulos positivos, que provocam maior salivação:

- Informação directa da presença de alimentos apetitosos pelo sentido do gosto (papilas gustativas da língua).
- Informação indirecta da presença de alimentos apetitosos por outros sentidos (ver, cheirar ou pensar em comida).

- Presença de alimento na boca, faringe ou esófago. A irritação destes órgãos provoca também a salivação, pelo que uma salivação excessiva, sem relação com a comida pode ser sintoma de tumores ou inflamações a estes níveis.
- Estimulação parassimpática, como se produz em estados de relaxamento ou com certos medicamentos ou drogas parassimpaticomiméticos (medicamentos que estimulam a actividade do sistema nervoso parassimpático).

4.3.2 Estímulos negativos, que reduzem a salivação:

- Informação pelos órgãos dos sentidos sobre o estado dos alimentos em mal estado ou coisas nojentas.
- Desidratação reduz a produção de saliva, mediante mecanismo homeostático de poupança de água.
- Inibição parassimpática, como se produz em estados de ansiedade e alerta ou com certos medicamentos ou drogas (parassimpaticolíticos).

4.3.3 A composição e volume da saliva depende do tipo de alimento ingerido: substâncias ácidas e secas produzem mais saliva aquosa; substâncias proteícas e com carbohidratos provocam maior secreção enzimática.

4.4 A **deglutição** tem também regulação nervosa (mediante o centro da deglutição do bulbo), começando com um mecanismo voluntário (a língua empurra o bolo alimentar para a faringe) e continuando com reflexos simples provocados pela própria presença de alimento.

4.4.1 A chegada do bolo à faringe estimula o centro da deglutição, que responderá provocando:

- Encerramento da nasofaringe e laringe, para evitar a passagem do bolo para a via aérea,
- Inibição do centro respiratório do bulbo, para parar a respiração, e
- Contracção da musculatura faríngea, para empurrar o bolo até o esófago.

4.4.2 A chegada do bolo ao esófago provoca, por meio de estímulo parassimpático (vagal) a contracção ondulatória (Peristálse) da musculatura esofágica, empurrando o bolo até o estômago.

4.5 O **estômago** tem regulação mista:

- Nervosa, pelos nervos vago (estimulador) e simpático abdominal (inibidor), e
- Hormonal, pela *gastrina*, hormónio estimulador produzido pelo próprio epitélio gástrico, que facilita a secreção de suco gástrico, os movimentos de mistura e de propulsão e o relaxamento do piloro

4.5.1 A regulação gástrica faz-se em 3 fases:

- Cefálica, que começa antes da chegada do bolo ao estômago e na que participam os níveis superiores do encéfalo. Assim, a visão, cheiro,… de alimentos provoca, além de salivação, secreção de suco gástrico e movimentos do estômago (contracções de fome)
- Gástrica. A chegada de alimento ao estômago provoca um reflexo simples: o enchimento do fundo gástrico e o aumento do pH gástrico pelo alimento, estimulam a secreção de gastrina.
- Intestinal. A entrada de quimo no duodeno provoca a libertação de hormónios intestinais com função oposta à gastrina, diminuindo a secreção gástrica e retardando o esvaziamento gástrico.

4.6 O **intestino delgado**, como o estômago, tem regulação nervosa e hormonal.

4.6.1 A chegada de quimo ácido ao duodeno desencadeia a liberação de diferentes hormónios da própria mucosa duodenal:

- *Enterogastrona*, secretada quando passa uma porção de quimo pelo piloro, inibindo a motilidade e a secreção gástrica. Quando essa porção avança e deixa o duodeno, este se esvazia, cessando a produção de enterogastrona, e o estômago, agora já não inibido, reinicia a motilidade, deixando passar uma nova porção de quimo para o duodeno, reiniciando o ciclo.
- *Secretina*, secretada quando o duodeno recebe ácido do quimo, estimulando o pâncreas para liberar um suco pancreático rico em água e bicarbonato.
- *Colecistocinina*, secretada perante um quimo rico em gorduras, estimula a liberação de bílis e de suco pancreático.

4.6.2 A chegada de quimo ao duodeno também desencadeia os movimentos (de mistura e de propulsão) do intestino delgado, que tem uma regulação mista:

- Gastrina, colecistocinina e insulina estimulam a motilidade intestinal
- O nervo vago, perante a distensão mecânica do duodeno, estimula a Peristálse. A falta do reflexo (sempre que o intestino está vazio), faz com que o simpático predomine, inibindo a motilidade.

4.7 O **intestino grosso** tem regulação nervosa.

4.7.1 A entrada de quilo no cego provoca a distensão deste, que tem efeito reflexo sobre a actividade parassimpática (nervo vago) provocando as contracções da parede do cólon:

- Peristaltismo suave do cólon ascendente e transverso, que faz avançar lentamente o bolo fecal.
- Movimentos em massa de todo o cólon, para depositar o material fecal no recto.

4.7.2 A distensão gástrica (quando passa o bolo alimentar ao estômago), provoca outros dois reflexos simples por via parassimpática:

- Gastro-ileal, pelo que estimula a motilidade do íleo e portanto, a passagem de quilo pela válvula íleo-cecal.
- Gastro-cólico, que provoca movimentos em massa do cólon.

4.8 A **defecação** é regulada por duas vias nervosas interligadas. A distensão do recto envia um sinal com dois destinos:

4.8.1 A nível da medula espinal sacra, que provoca involuntariamente o reflexo da defecação: contracção do recto e relaxamento do esfíncter interno

4.8.2 A nível do hipotálamo e outros centros cerebrais, que provoca a vontade de defecar, que permite a defecação só se voluntariamente se faz o relaxamento do esfíncter anal externo e a contracção da musculatura da parede abdominal e diafragma.

BLOCO 5. PATOLOGIA DIGESTIVA

5.1 Grande parte da **patologia de esófago e estômago** se dá pela condição extremamente ácida do conteúdo gástrico:

5.1.1 O *refluxo gastro-esofágico* se dá quando o esfíncter esofágico inferior não se fecha adequadamente, permitindo ao quimo ácido reflua para a parte inferior do esófago. Isto causa azia, com sensação de queimação epigástrica e retroesternal chamada pirose.

- *Disfagia* refere-se à dificuldade para a deglutição do alimento, que acontece em diferentes doenças do esófago.

5.1.2 A alteração (por bactérias, medicamentos,…) da barreira de muco que protege a mucosa gástrica do seu próprio ácido, provoca:

- Lesões difusas da mucosa (*gastrite*) ou
- Lesões localizadas e profundas (*úlceras gastro-duodenais*) que até podem sangrar severamente ou perfurar a parede do estômago ou duodeno.

5.2 **Diarreia** é a evacuação frequente (mais de 3 vezes por dia) de fezes, que geralmente são fezes líquidas ou pastosas, ocasionalmente acompanhadas de sangue (*disenteria*).

5.3 **Obstipação ou constipação** é a evacuação pouco frequente (menos de 3 vezes por semana) de fezes, geralmente duras. É uma condição de longa duração (meses), geralmente relacionada com hábitos alimentares e higiénicos inadequados. O termo constipação, embora seja sinónimo de obstipação, na prática clínica e como senso comum, tem-se usado para se referir a congestão nasal por resfriado, gripes.

5.3.1 A **obstrução intestinal** é uma condição aguda, de muitas possíveis causas, caracterizada pela obstrução completa do trânsito intestinal, de maneira que não há emissão de fezes nem de gases e se acompanha geralmente de vómitos.

5.4 O **fígado** adoece principalmente pela acção de tóxicos (álcool, principalmente) e de microorganismos (como o vírus da hepatite), que podem actuar durante muito tempo (cronificar) até diminuir a função do fígado. Esta situação chama-se *insuficiência hepática* e pode provocar:

- Retenção de líquidos no interstício de todo o corpo, especialmente na cavidade peritoneal (*ascite*), devido a diminuição da produção de albumina (proteína plasmática que mantém a pressão oncótica do sangue) e/ou aumento da pressão hidrostática.
- Sangramentos, por diminuição da produção de factores da coagulação.
- Alterações metabólicas, pela incapacidade de realizar as suas funções habituais e pela incapacidade para metabolizar medicamentos e tóxicos.

5.4.1 A obstrução ao fluxo do sangue pela veia porta (por trombose da mesma ou por doença crónica do fígado) provoca um aumento da pressão do sangue do seu território (*hipertensão portal*), que frequentemente provoca sangramentos dentro do próprio tubo digestivo (*hemorragia digestiva alta*).

5.4.2 A via biliar produz frequentemente *cálculos* (formações minerais, como pedras, por cristalização dos seus componentes). Os cálculos podem não dar problemas ou provocar diferentes doenças, em relação à obstrução e infecção da via biliar e do pâncreas.

5.5 **Doenças do pâncreas** incluem: a sua inflamação aguda com auto-digestão do órgão pelos enzimas que contém (pancreatite aguda), a sua inflamação crónica e cicatrização do seu tecido (pancreatite crónica) e os tumores (carcinoma pancreático). Lesões das células beta das ilhotas de Langerhans no pâncreas resultam em diabetes insulino-dependente

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 O tubo digestivo realiza o aproveitamento de nutrientes a partir dos alimentos ingeridos, mediante três mecanismos fisiológicos: a actividade motora constituída pelos movimentos de tipo segmentais e peristálticos , a digestão e a absorção.

6.2 O estômago faz a digestão inicial do bolo alimentar mediante a mistura com o suco gástrico, solução ácida com enzimas, para formar o quimo.

6.3 No duodeno, o quimo mistura-se com os sucos biliar, pancreático e intestinal, para formar o quilo, que contem diferentes enzimas digestivos que degradam todas as macromoléculas dos alimentos em unidades básicas absorvíveis.

6.4 No intestino delgado os nutrientes básicos presentes no quilo são absorvidos pela mucosa intestinal e passam à sangue até o fígado ou aos linfáticos intestinais até a circulação sistémica.

6.5 A mucosa do intestino grosso reabsorve a maior parte de água e iões do quilo, compactando os resíduos alimentares não aproveitáveis em forma de bolo fecal, que serão expulsos pelo ânus.

6.6 O fígado tem muitas funções: produção de bílis, síntese de proteínas plasmáticas, metabolismo de substâncias tóxicas contidas no sangue, metabolismo e armazenamento de carbohidratos e lípidos.

6.7 A regulação da digestão é mediada por nervos (simpático inibidor, e parassimpático estimulador) e por hormónios produzidos pelo próprio tubo digestivo, que controlam a progressão das diferentes fases da digestão.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**N° da Aula**	28
Tópico	Aparelho Digestivo	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Digestivo	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas do aparelho digestivo em modelos anatómicos;

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:25
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:20
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:10

Materiais e Equipamentos necessários:

- Modelo anatómico artificial do aparelho digestivo, incluindo extra-abdominal e intra-abdominal: 2 por turma (1 poderia ser suficiente);
  [Alternativamente poderia ser um modelo animal real dissecado]

- Luvas de exame clínico (no caso de ser um modelo real): 1 por aluno;
- Apresentação em PowerPoint de figuras da anatomia do aparelho digestivo (recomenda-se as que aparecem no “Atlas de Anatomia de Netter”), que mostram as estruturas anatómicas, as quais poderão ser projectadas em simultâneo com a explicação dos modelos;

Preparação:

- Conferir se os modelos anatómicos artificiais estão completos e se podem ser desmontados correctamente;
- Adquirir e dissecar o modelo animal de aparelho digestivo (se for usada esta alternativa);
- Preparar as projecções em PowerPoint: fazer o scan a partir dos livros (“Netter’s Atlas de Anatomia”) e depois montar numa apresentação seguindo a sequência da explicação e a demonstração pelo professor;
- Conferir se o conteúdo das Aulas 24, 26 e 27 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (REVISÃO) (25 min)

2.1 O **aparelho digestivo** é um conjunto de órgãos com a função de fornecer nutrientes ao organismo a partir dos alimentos ingeridos, que são utilizados nos diversos processos metabólicos do mesmo.

2.1.1 O aparelho digestivo inclui:

- Um tubo digestivo, no qual os alimentos são transformados desde a sua ingestão pela boca (extremo proximal do tubo) até a expulsão dos resíduos pelo ânus (extremo distal). Tem uma parte ***extra-abdominal*** (boca, faringe e esófago) e uma parte ***intra-abdominal*** (estômago, intestino delgado e grosso).
- Órgãos anexos (glândulas salivares, fígado e via biliar e pâncreas) que secretam para o tubo digestivo diferentes sucos necessários para a digestão dos alimentos.

2.1.2 Função do aparelho digestivo:

- Ingestão dos alimentos,
- Degradação dos alimentos em moléculas pequenas mediante a sua divisão mecânica e química,
- Absorção dessas moléculas pequenas para o sangue, e
- Expulsão dos resíduos alimentares.

2.1.3 A ***boca*** é a cavidade que recebe os alimentos. Inclui:

- 32 dentes, em duas arcadas superior e inferior, cada uma com 2 pares de dentes incisivos, 1 par de dentes caninos, 2 pares de pré-molares e 3 pares de molares. Realizam a mastigação, trituração mecânica dos alimentos.
- Língua, estrutura muscular voluntária, capaz de misturar os alimentos triturados com a saliva produzida pelas glândulas salivares, para formar o bolo alimentar
- Glândulas salivares maiores em pares (localizadas simetricamente):
  - Parótidas,
  - Submandibulares, e
  - Sublinguais.
- Glândulas salivares menores: a maior parte são microscópicas, espalhadas pela mucosa oral, com a função de produzirem a saliva.
- A saliva é uma solução mucosa que amolece os alimentos triturados, para além de conter enzimas que começam a digestão química dos alimentos.

2.1.4 A ***faringe*** é um espaço de distribuição que comunica a boca com o esófago (orofaringe), evitando a passagem do bolo alimentar para a via aérea. Realiza a deglutição, processo pelo qual o bolo alimentar passa da boca até o esófago.

2.1.5 O ***esófago*** é um tubo muscular que transporta o bolo alimentar até o estômago.

2.1.6 O ***estômago*** é uma dilatação em forma de "J" onde se realiza uma grande parte da degradação química dos alimentos (digestão). Tem 4 partes diferenciadas:

- Cardia, a mais proximal, porta ou válvula de entrada dos alimentos desde o esófago (contém o esfíncter esofágico inferior).
- Fundo, a mais superior, por cima e à esquerda do cardia.
- Corpo, a maior, com uma curvatura menor (concava, à direita) e uma curvatura maior (convexa, à esquerda).
- Antro, a mais distal, que se estreita progressivamente até formar o piloro, esfíncter ou válvula de saída que comunica o estômago com o duodeno.

2.1.7 O ***intestino delgado*** é um tubo de mais de aproximadamente 6 metros onde se completa a digestão dos alimentos e se realiza a maior parte da absorção dos nutrientes. Tem 3 segmentos, nomeadamente, da direcção proximal a distal:

- ***Duodeno***, curto, em forma de "C" com 4 porções: *superior* (comunicada com o piloro), *descendente* (onde desemboca a via biliar e o ducto pancreático), *horizontal* e *ascendente* (que comunica com o segmento a seguir).
- ***Jejuno***, de maior diâmetro, com parede espessa e muito vascularizado, é o principal local onde ocorre a absorção dos alimentos .
- ***Íleo***, progressivamente (sem delimitação clara com o jejuno) de menor diâmetro, parede mais fina e menos vascularizado.

2.1.8 O ***fígado*** é um órgão maciço que produz a bílis. É situado no hipocôndrio direito e tem dois lobos (esquerdo e direito).

- Hilo hepático é a zona de entrada e saída do fígado, que inclui a veia porta, a artéria hepática e o ducto biliar.
- A via biliar extra-hepática é formada pelos ductos biliares direito e esquerdo (que chegam de cada lobo) que se unem no ducto biliar comum. Este bifurca-se (divide-se) em ducto lateral chamado canal cístico e ducto colédoco também chamado comum.
    - O canal cístico conduz a bílis produzida no fígado até a vesícula biliar (saco que armazena a bílis), colado a face inferior do fígado.
    - O ducto comum (colédoco), que parte do local da bifurcação até desembocar junto ao ducto pancreático no duodeno.

2.1.9 O ***pâncreas*** é um órgão retroperitoneal (atrás do peritoneu), situado posteriormente ao estômago. Tem 3 partes: cabeça (junto ao duodeno), corpo e cauda (junto ao hilo esplénico). É formado por duas porções anátomo-fisologicamente misturadas:

- ***Glândula exócrina***, que produz o suco pancreático, que drena ao duodeno pelo ducto pancreático de Wirsung que depois se conecta ao ducto colédoco..
- ***Glândula endócrina***, que produz hormónios que são drenados directamente no sangue.

2.1.10 O ***intestino grosso*** é um tubo de aproximadamente 1,5 metros, de maior diâmetro que o delgado e com parede mais fina. É uma sequência de dilatações (haustras). Realiza a absorção da água do alimento em processo da digestão, deste então onde se formam as fezes. Inclui de proximal a distal:

- ***O ceco***, a parte mais dilatada, que recebe o íleo através da válvula íleo-cecal. No fundo do ceco está o *apêndice vermiforme*.
- ***O cólon ascendente***. Desde o ceco até a *flexura ou ângulo hepático*, ângulo superior direito do cólon.

- ***O cólon transverso***. Desde o ângulo hepático até a *flexura ou ângulo esplénico*, ângulo superior esquerdo do cólon.
- ***O cólon descendente***. Desde o ângulo esplénico até a fossa ilíaca esquerda, onde se curva em forma de "S" formando o sigma ou cólon sigmóide, que o une à porção terminal do intestino grosso.
- ***O recto***. Tubo vertical de cerca de 15 à 20 cm que perfura o soalho da pélvis para ter saída para o exterior.
- ***O ânus***. Estrutura tubular de saída do tubo digestivo, de cerca de 3 cm, que inclui o *esfíncter anal interno ou involuntário* (espessamento das últimas fibras musculares lisas do recto) e o *esfíncter anal externo ou voluntário* (espessamento do músculo estriado que forma o soalho da pélvis).

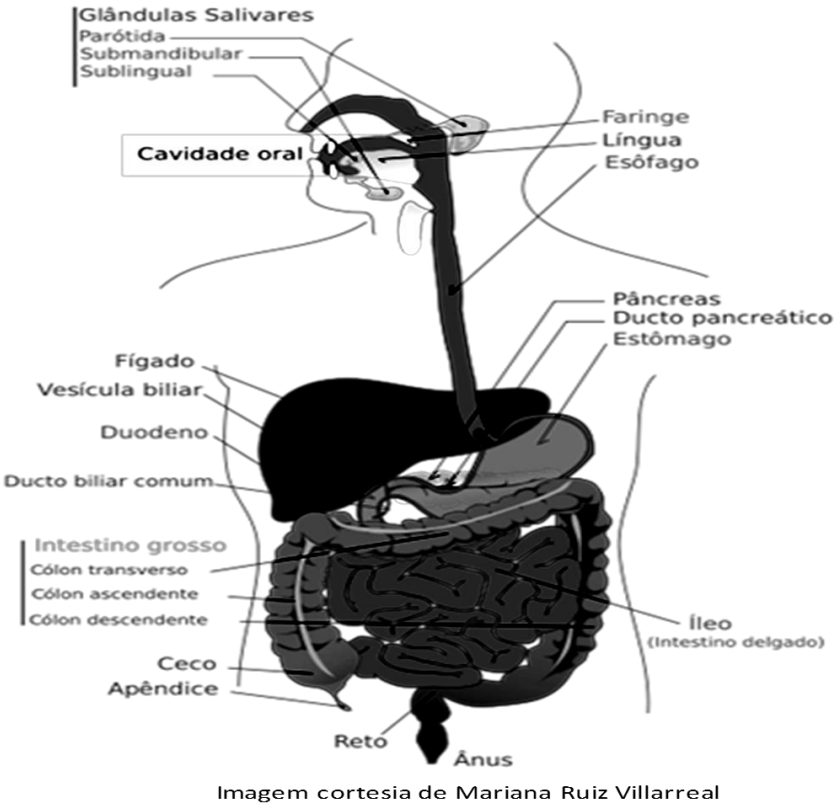


Figura 1. Aparelho digestivo.

2.1.11 O tubo digestivo intra-abdominal é móvel e é capaz de realizar dois tipos diferentes de movimentos:

- Segmentares ou de mistura, pelos quais o alimento se mistura com secreções, facilitando a sua digestão química.
- Peristálticos ou de propulsão, pelos quais o bolo alimentar avança ao longo do tubo digestivo por cada segmento.

2.1.12 Os movimentos são realizados pela contracção sincronizada das fibras musculares da parede do tubo digestivo. Estas contracções provocam movimento dos líquidos conteúdos no interior do tubo e estes podem ser facilmente ouvidos através da parede abdominal. São os ***sons gastrointestinais ou peristálticos***.

2.2 Na prática clínica é frequente o **exame abdominal**, estudo da cavidade abdominal através da parede abdominal, mediante:

- Inspecção a olho nú da superfície abdominal, localizando os diferentes órgãos e avaliando a forma, o tamanho, e a simetria (para os órgãos pares).
- Palpação através da parede abdominal dos diferentes órgãos, avaliando a sua forma, tamanho, consistência e sensibilidade à dor.
- Percussão da superfície abdominal para identificar áreas internas líquidas, sólidas ou com gás, e de pontos dolorosos.
- Auscultação, audição dos sons gastrointestinais que são hidro-aéreos (mistura de água e gás).

2.2.1 Para uma melhor identificação de estruturas e registo dos achados clínicos, o abdómen pode ser dividido em ***9 sectores***, utilizando como referencias as 2 linhas sagitais mamilares (verticais desde ambos mamilos), e 2 linhas horizontais que passam: a superior, pelo bordo costal inferior e a inferior pelas espinhas ilíacas antero-superiores, respectivamente. Assim, o abdómen fica dividido em:

- Hipocôndrio direito (supero-lateral direito), que contém fígado direito e via e vesícula biliar.
- Epigâstrio (supero-medial), que contém fígado esquerdo e parte do estômago, pâncreas e duodeno.
- Hipocôndrio esquerdo (supero-lateral esquerdo), que contém o fundo gástrico e o baço.
- Flanco direito (lateral direito), que contém o cólon ascendente e o uréter esquerdo.
- Mesogâstrio (medial) , que contém o cólon transverso e parte do duodeno e pâncreas.
- Flanco esquerdo (lateral esquerdo) , que contém o cólon descendente e o uréter direito.
- Fossa ilíaca direita (infero-lateral direito) , que contém o ceco e apêndice e outros órgãos não digestivos (uréter, ovário e trompa direitos).
- Hipogâstrio (infero-medial) , que contém a bexiga e o útero (na mulher).
- Fossa ilíaca esquerda (infero-lateral esquerdo), que contém o cólon e sigmóide e outros órgãos não digestivos (uréter, ovário e trompa esquerdos).

2.2.2 Também utiliza-se uma divisão mais simples, em ***4 quadrantes*** que se definem mediante uma linha sagital medial (vertical) e uma transversal (horizontal) que passam pelo umbigo:

- Quadrante superior direito;
- Quadrante superior esquerdo;
- Quadrante inferior direito;
- Quadrante inferior esquerdo.

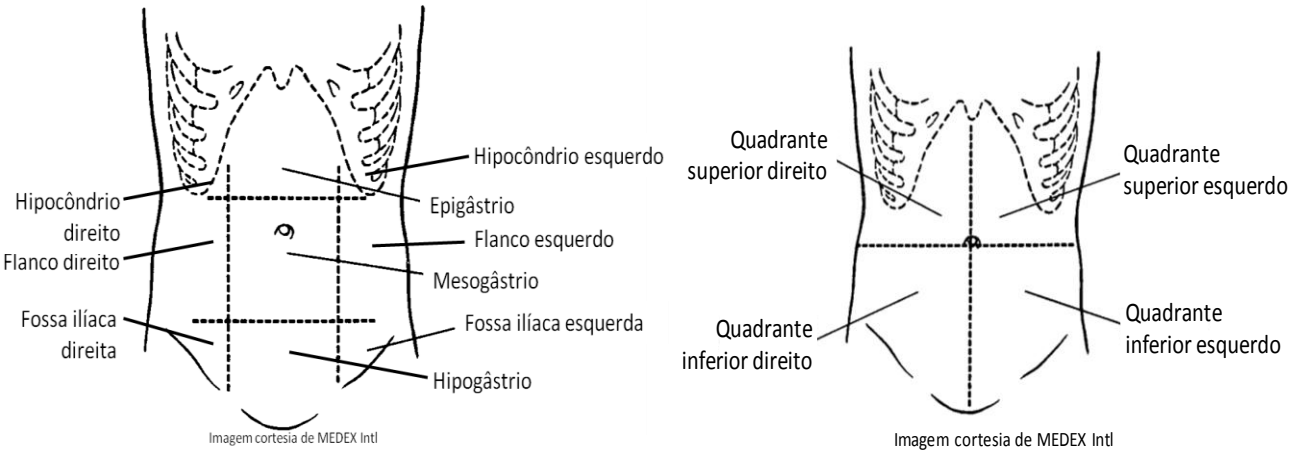


Figura 2. Sectores e quadrantes abdominais.

2.3 **Propósito.** Este laboratório inclui 2 técnicas de estudo:

- Estudo da anatomia do aparelho digestivo (tubo extra-abdominal, intra-abdominal e órgãos anexos) num modelo anatómico artificial.
- Estudo básico da anatomia topográfica abdominal de superfície, incluindo a audição dos sons intestinais, mediante a "auscultação abdominal", técnica de audição dos movimentos digestivos através da parede abdominal.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (20 min)

3.1 **Estudo da anatomia do aparelho digestivo (10 min)**, sobre um modelo anatómico artificial para mostrar todas as estruturas e entender o funcionamento das mesmas.

3.1.1 Identificação de estruturas digestivas extra-abdominais:

- Cavidade oral (boca) com lábios, língua, dentes (16 pares) e glândulas salivares maiores (3 pares).
- Orofaringe, como parte da faringe, com amígdalas, úvula e base da língua.
- Faringe.
- Esófago.

3.1.2 Identificação de estruturas digestivas intra-abdominais:

- Esófago intra-abdominal com esfíncter inferior (cardia)
- Estômago
- Duodeno
- Fígado e via biliar
- Pâncreas
- Jejuno e íleo
- Ceco, cólon ascendente, transverso, descendente e sigmóide.
- Recto e ânus.

3.2 **Anatomia topográfica (10 min)**. Esta técnica de estudo inclui vários passos. Pode-se reforçar a explicação com a projecção de imagens correspondentes.

- Posicionamento da pessoa que vai ser examinada: decúbito supino (dorsal).
- Identificação das referências do abdómen: bordo costal e bordo pélvico, umbigo, linhas mamilares (sagitais), linhas subcostal (transversal) e inter-ilíaca (transversal).
- Identificação dos 9 sectores e dos 4 quadrantes, em relação às referências anteriores.
- Posicionamento dos diferentes órgãos abdominais em relação às referências anteriores.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (70 min)

4.1 Dividir os alunos em 4 grupos com 4 mesas de prática::

- 2 mesas com modelos do aparelho digestivo para o estudo anatómico. 1 mesa com modelo de estruturas extra-abdominais e 1 mesa com modelo de estruturas intra-abdominais. Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para o "Estudo da anatomia do aparelho digestivo", seguindo os passos definidos na técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo. Duração - 15 minutos cada mesa
- 2 mesas com marquesa de exame clínico. Cada par se alternará no estudo dos sectores e quadrantes sobre o seu colega, seguindo o guião definido na técnica de "Anatomia topográfica". Duração - 30 minutos

4.2 Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3 Cada aluno deverá, no seu caderno, fazer desenhos básicos dos principais conceitos aprendidos.

4.4 O docente deverá circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos na interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de forma a permanecer mais tempo com o grupo, para moderá-lo e dinamizá-lo. Exemplo:

Grupos	Actividade 1	Duração 1	Actividade 2	Duração 2
A	Estruturas intra-abdominais	15 min	Anatomia topográfica	30 min
B	Estruturas extra-abdominais	15 min	Anatomia topográfica	30 min
C	Anatomia topográfica	30 min	Estruturas intra-abdominais	15 min
D	Anatomia topográfica	30 min	Estruturas extra-abdominais	15 min

Na actividade 1, o grupo A e B, depois de 15 minutos, trocam de actividade entre eles. Na actividade 2, o grupo C e D, depois de 15 minutos, trocam de actividade entre eles.

Reserve os últimos 10 minutos, para discutir com os grupos as dificuldades e esclarecer eventuais dúvidas que ainda possam persistir nos alunos.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	29
Tópico	Aparelho Urinário	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Urinário	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Identificar os órgãos do aparelho urinário;
3. Descrever a anatomia do aparelho urinário, incluindo as diferenças entre os sexos;
4. Descrever a estrutura do rim;
5. Descrever a estrutura do nefrónio.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Aparelho Urinário: Generalidades		
3	Anatomia do Rim		
4	Anatomia dos Órgãos Excretores		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: APARELHO URINÁRIO-GENERALIDADES

2.1 O **aparelho urinário** é um conjunto de órgãos cuja função é de produzir e eliminar do organismo a urina, como um mecanismo homeostático de manutenção da composição do meio interno.

2.1.1 A urina é uma solução aquosa constituída por iões e outros resíduos metabólicos.

- O principal mecanismo que o organismo tem para regular a composição dos líquidos corporais nos diferentes compartimentos (intra e extra celulares) é através da produção de urina, que pela quantidade das diferentes moléculas que contem, controla a concentração de estas nos compartimentos corporais.

2.1.2 Os outros aparelhos que colaboram na manutenção dos líquidos e iões corporais são:

- Aparelho digestivo (com a ingestão de água e alimentos e a excreção de fezes),
- Pele (com a excreção de suor) e
- Aparelho respiratório (com a excreção de vapor de água com o ar expirado, sobretudo o CO_2).

2.2 O aparelho urinário é constituído por:

2.2.1 ***Órgãos secretores***, são aqueles que produzem a urina, portanto, os rins.

- Os rins são órgãos pares (direito e esquerdo) situados no retroperitónio, formadas por muitas unidades funcionais chamadas “nefrónios”.

2.2.2 ***Órgãos excretores***, são ductos que transportam a urina desde os órgãos secretores até o exterior do corpo. Incluem:

- pélvis renal (em cada rim), é um área dilatada que serve para a colecção da urina formada nos rins,
- ureteres direito e esquerdo (um que parte de cada pélvis),
- bexiga, órgão único onde a urina fica retida (acumulada) por algum tempo, e
- uretra, através da qual a urina é expelida do corpo.

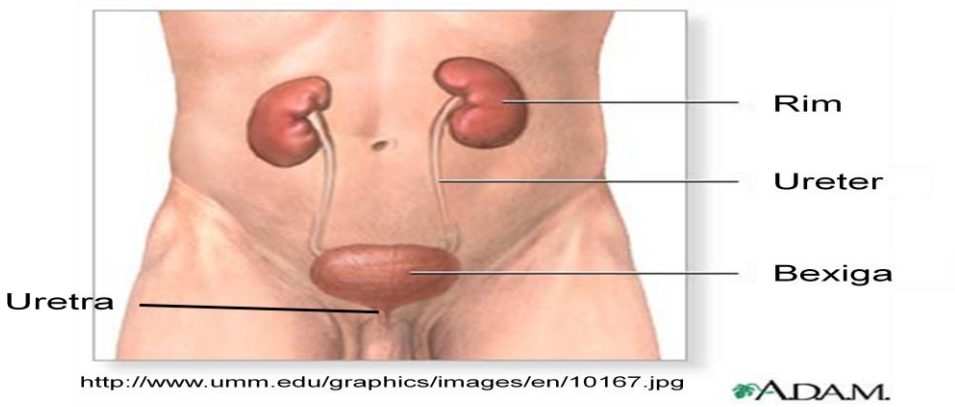


Figura 2. Aparelho urinário.

2.3 **Embriologia do aparelho urinário.** O aparelho urinário procede do mesodermo intermédio.

2.3.1 Os rins definitivos são desenvolvidos desde a 6ª semana a partir do metanefros.

- A sua função de produção de urina começa só na 10ª semana.
- O parênquima renal continua a desenvolver-se anatómica e funcionalmente até o nascimento.

2.3.2 Parte do sistema excretor interno do rim (os túbulos colectores) e os ureteres são formados a partir do mesonefros (2º primórdio urinário).

2.3.3 Bexiga e uretra são formados a partir da cloaca (extremo distal do intestino posterior), que se divide numa parte anterior, que será a bexiga e uretra, e uma parte posterior, que será o recto e ânus.

2.3.4 O epitélio uretral é de origem endodérmico, a partir do epitélio do intestino posterior.

BLOCO 3: ANATOMIA DO RIM

3.1 **Localização dos rins.** Os rins são órgãos pares (direito e esquerdo), situados na cavidade abdominal na região retroperitoneal (atrás do peritóneo parietal posterior).

- São postero-mediais ao lóbulo hepático direito e ao baço, respectivamente.
- São inferiores a parte posterior do diafragma, entre as vértebras T12 e L3.
- O rim direito relaciona-se com: glândula supra-renal direita (ântero-superior), veia cava inferior (medial), lóbulo direito hepático, vesícula biliar, duodeno, ângulo cólico direito (anteriores).
- O rim esquerdo, geralmente é um pouco maior que o direito e relaciona-se com: glândula supra-renal esquerda (ântero-superior e medial), artéria aorta (medial), estômago, pâncreas, jejuno, baço e ângulo cólico esquerdo (anteriores).

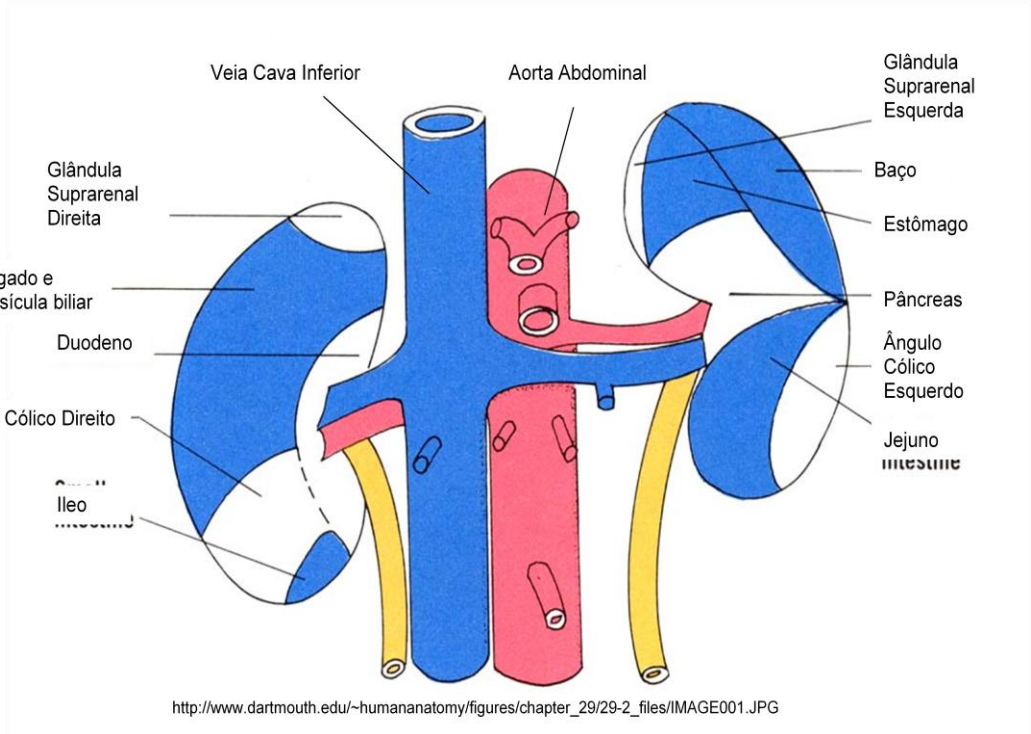


Figura 3. Localização dos rins e suas relações.

3.2 **Anatomia do rim.** Os rins tem forma de feijão, pesam cerca de 120 à 170 g e com 11 à 12 cm de comprimento, com um bordo convexo lateral, um bordo côncavo medial e dois pólos, superior e inferior (extremos cefálico e caudal). É aplanado nas suas faces anterior e posterior.

3.2.1 Cada rim está incluído numa ***cela renal***, espaço isolado do resto do retroperitónio por uma *fáscia renal* e recheado com *gordura perirrenal* (tecido adiposo que envolve, fixa e protege o rim).

- Cada rim é recoberto completamente por uma cápsula fibro-elástica, intimamente ligada ao parênquima renal.

3.2.2 O ***hilo renal***, que se encontra na parte média do bordo côncavo medial, é a única porta de entrada do rim, por onde passam as seguintes estruturas:

- Artéria e veia renais, que levam e retornam o sangue da circulação geral.
- Nervos renais, ramos do sistema nervoso autónomo.
- Linfáticos renais, que recolhem a linfa do rim.
- Pélvis renal, cavidade que recebe a urina formada no rim, e que se continua para o exterior do rim pelo uréter, tubo de drenagem da urina.

3.2.3 Num ***corte frontal*** (coronal) o rim tem um aspecto radiado, com diferentes estruturas que confluem no *seio renal*, parte côncava do rim onde se aloja a pelvis renal.

Desde a periferia do rim até ao seio renal, encontramos:

- *Cortical ou córtex renal*, zona periférica de tecido de aspecto granular denso.
- *Medula renal*, formada por pirâmides renais (entre 10 a 16 em cada rim), estruturas triangulares de aspecto filamentoso com base periférica e que convergem centralmente em papilas (cada pirâmide acaba numa papila). Entre as pirâmides, existem as colunas, prolongamentos do tecido cortical que se aprofunda na medula.

  A cortical e a medula formam o "parênquima renal".

  Cada pirâmide, junto com a cortical associada, forma uma unidade parcialmente diferenciada chamada lobo renal. Os rins são órgãos multilobares, com 10 a 16 lobos.
- *Cálices menores e maiores*. Cada pirâmide se abre a um cálice menor através de uma papila. Vários cálices menores confluem em um cálice maior. Cada rim tem três cálices maiores.
- *Pélvis*, espaço de confluência dos cálices maiores, que finalmente drena a urina ao exterior do rim pelo uréter.

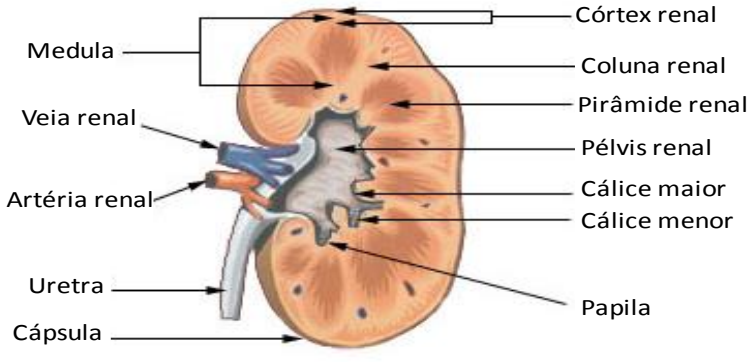


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 4. Estrutura dos rins.

3.3 **Vascularização e inervação do rim.** O rim tem uma vascularização de disposição radial, a partir do hilo, seguindo as outras estruturas.

3.3.1 Cada artéria renal divide-se no hilo em várias *artérias interlobares*, que se estendem radialmente pelas colunas medulares. Comunicam-se entre elas por anastomoses laterais que correm pela base das pirâmides, chamadas *artérias arqueadas*, das que saem múltiplas *artérias interlobulares* que se estendem e dividem pela cortical até dar *arteriolas aferentes*, que são as que suprem cada nefrónio, unidade morfológica e funcional do rim.

3.3.2 O retorno venoso faz-se por um sistema paralelo e de sentido contrário ao arterial.

3.3.3 As artérias dos rins têm uma rica inervação autónoma (simpática) que provoca a sua contracção ou dilatação, controlando a quantidade de sangue que chega aos nefrónios, e consequentemente, a quantidade de urina que produzem.

3.4 **Anatomia microscópica do rim.** Cada rim é constituído por cerca de 1 milhão de nefrónios, unidades morfológicas com a função de filtrar o sangue para produzir urina.

3.4.1 Os ***nefrónios*** encontram-se principalmente na medula renal. Cada nefrónio é um túbulo comprido formado por células epiteliais em uma única camada. Tem vários segmentos, modificados e adaptados a cada etapa da produção de urina. São constituídos por:

- *Corpúsculo renal ou de Malpighi*, composto por um *glomérulo renal*, novelo de capilares da artéria aferente, incluídos numa cavidade em forma de taça chamada *cápsula de Bowman*, a qual tem uma camada parietal externa e uma camada visceral interna em contacto com os capilares do glomérulo.

Ambas camadas são epitélios planos simples. A camada visceral da cápsula é capaz de filtrar o sangue que passa pelo glomérulo, produzindo uma urina inicial (chamada "ultrafiltrado") que passa para a cavidade virtual entre as duas camadas.

A membrana de filtração é constituída por: células endoteliais do capilar com espaços não selados que deixam passar moléculas (endotélio fenestrado), lâmina basal de colagénio (comum ao endotélio vascular e ao epitélio capsular) e células da camada visceral interna da cápsula, que formam uma rede interdigitada, também com espaços de passagem de moléculas.

- *Túbulo contornado proximal*, *alça de Henle* e *túbulo contornado distal* são segmentos consecutivos de uma mesma estrutura tubular que parte da cápsula de Bowman. Estão em contacto com uma rede capilar vascular peritubular que se origina da arteríola eferente que sai do glomérulo renal, e que devolve o sangue para o sistema venoso.

O nefrónio é constituído por epitélio cúbico simples, a excepção duma parte da alça de Henle, o *segmento delgado*, que é mais fino e com epitélio plano e que penetra nas pirâmides. Este segmento é capaz de realizar trocas moleculares com os capilares associados, mediante processos de secreção e de reabsorção de água, iões e moléculas modificando a composição final da urina.

- Uma parte do túbulo contornado distal que está em contacto com a arteríola aferente do glomérulo, forma o *aparelho justaglomerular*, células especializadas no controlo do fluxo pela arteríola aferente e portanto, do volume de filtração. Também produzem renina, hormona relacionado com o controlo da pressão arterial.

3.4.2 Vários nefrónios, através dos seus túbulos contornados distais, drenam a urina a um ***túbulo colector***. Cada pirâmide é formada por 400 a 500 túbulos colectores, dando o seu aspecto filamentoso.

Nos túbulos colectores, além do transporte da urina, faz-se um último ajuste da sua composição, para dar origem a urina final, a qual é drenada através da papila para os cálices.

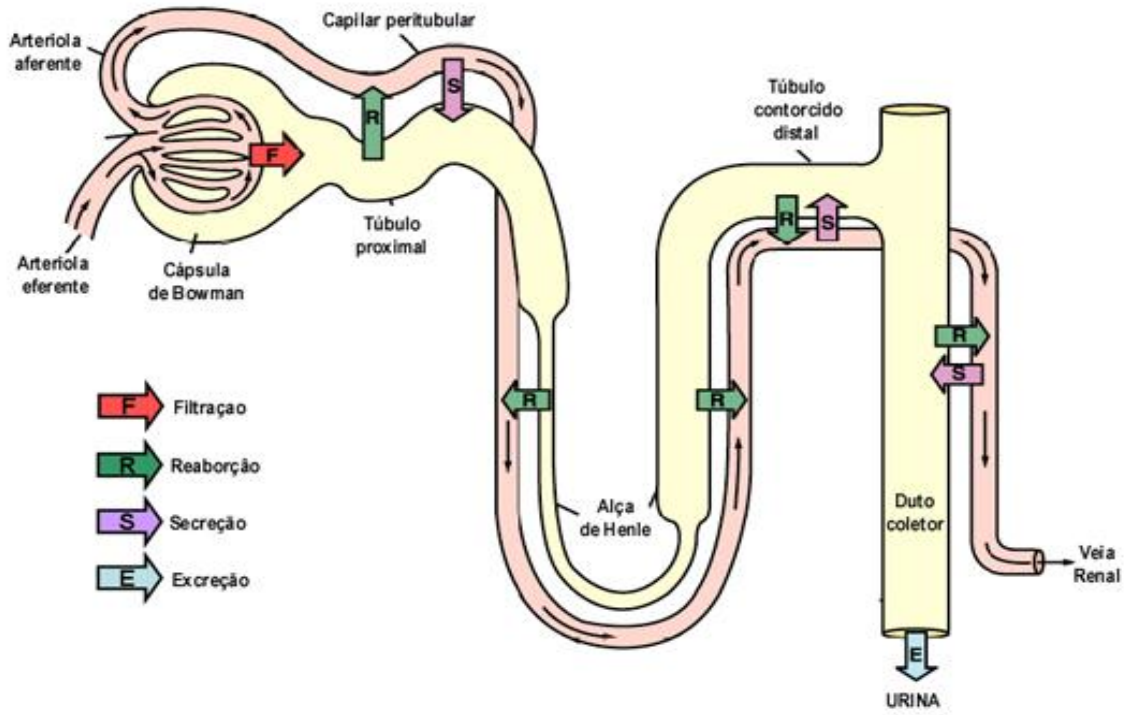


Imagem cortesia da Universidade Estadual Paulista

Figura 5. Anatomia microscópica do rim: o nefrónio.

3.4.3 Os túbulos colectores de uma pirâmide drenam a urina através de uma papila (vértice da pirâmide) que se abre num ***cálice menor*** (cavidade colectora da urina de uma pirâmide). Vários cálices menores (entre 3 a 5) confluem para formar um ***cálice maior***. Existem 3 cálices maiores em cada rim (superior, médio e inferior) que confluem finalmente numa cavidade única: a ***pélvis renal***.

- Tem função de transporte de urina e não modificam a sua composição.

BLOCO 4: ANATOMIA DOS ÓRGÃOS EXCRETORES

4.1 **Ureteres**. São os tubos localizados em cada rim e que transportam a urina desde a pélvis renal até a bexiga urinária.

4.1.1 Tem entre 25 a 30 cm de comprimento e um diâmetro que vai se afinando, de 10 à 5 mm, desde o rim até a bexiga.

4.1.2 Tem um trajecto retroperitoneal, descendo obliqua e medialmente. Percorre por diante da parede posterior do abdome (*uréter abdominal*), penetrando em seguida na cavidade pélvica (*uréter pélvico*), abrindo-se no óstio do ureter situado na parede posterior da bexiga.

4.1.3 A parede dos ureteres tem três camadas:

- Mucosa constituído por um epitélio de transição
- Média, constituído por músculo liso, capaz de se contrair ritmicamente em movimentos ondulatórios peristálticos para conduzir a urina até a bexiga.
- Adventícia externa, constituído por uma membrana fibrosa.

4.1.4 Os ureteres entram na bexiga através de um canal oblíquo incluído na parede vesical, o *meato ureteral*, de cerca de 2 cm, que serve como mecanismo valvular para evitar o refluxo da urina desde a bexiga para os ureteres. Quando a bexiga está cheia e se contrai para expulsar a urina, este canal é comprimido pela própria parede vesical impedindo o refluxo da urina.

4.1.5 Ao longo dos ureteres existem 3 zonas de estreitamento anatómico, que se relacionam com patologias frequentes, tais como: obstrução por cálculos (minerais cristalizados na urina). Estes locais de estreitamento são: união pielo-ureteral (saída do uréter da pélvis renal), entrada do uréter na pélvis (cruzamento com a artéria ilíaca comum) e meato ureteral (uréter intra-vesical).

4.2 **Bexiga**. É uma bolsa elástica que recebe a urina dos rins através dos ureteres e que funciona como um reservatório temporário para o armazenamento da urina. É capaz de reter até 800 ml de urina.

4.2.1 Quando está vazia, localiza-se inferiormente ao peritónio parietal e posteriormente à sínfise púbica. Quando está cheia, se eleva para a cavidade abdominal e é palpável no hipogástrio.

- Nos homens situa-se imediatamente anterior ao recto.
- Nas mulheres é anterior à vagina e inferior ao útero quando está vazia e anterior ao útero quando está cheia.

4.2.2 Tem três camadas, as mesmas que os ureteres:

- Mucosa, com epitélio de transição,
- Muscular, chamada também *músculo detrusor da bexiga*, e
- Adventícia, recoberta na sua parte superior e posterior pelo peritónio parietal.

4.2.3 Quando a bexiga está vazia, a sua superfície interna (mucosa de epitélio de transição) está pregueada em grandes rugas, mas quando enche com urina, a sua superfície interna fica lisa.

4.2.4 Uma área triangular na superfície posterior da bexiga, chamada *trígono*, não exibe rugas. É limitado por três vértices: os pontos de entrada dos dois ureteres e o ponto de saída da uretra (*colo da bexiga*). O trígono é importante clinicamente, pois as infecções e tumores apresentam-se com frequência neste local..

4.2.5 Em volta da saída da bexiga urinária para a uretra, existe um espessamento da camada muscular da bexiga, o *esfíncter vesical interno*, que habitualmente está contraído prevenindo a saída incontrolada da urina.

4.2.6 Inferiormente ao esfíncter interno, envolvendo a parte superior da uretra, está o *esfíncter vesical externo*, espessamento do músculo estriado do soalho da pélvis que permite a regulação voluntária da saída da urina.

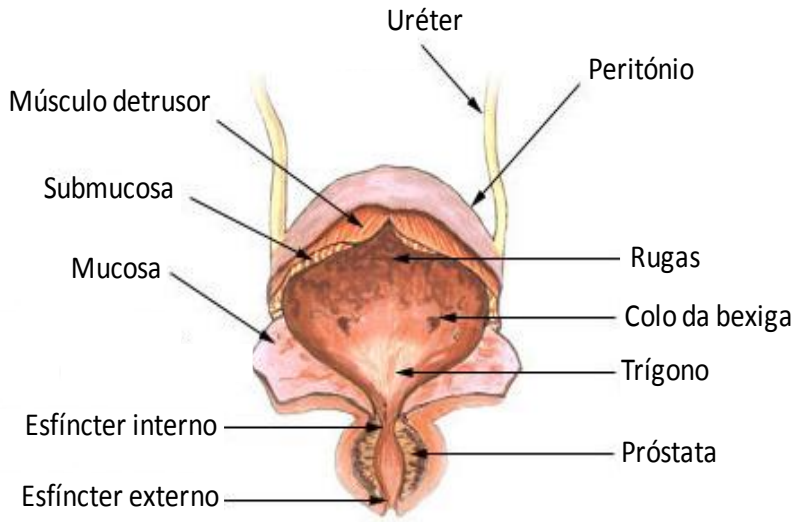


Figura 6. Ureteres distais e bexiga urinária.

4.3 **Uretra**. A uretra é um tubo que conduz a urina da bexiga para o meio externo. É diferente entre os dois sexos.

4.3.1 A ***uretra masculina*** estende-se do orifício uretral interno na bexiga urinária até o orifício uretral externo na extremidade do pénis, onde se abre para o exterior através do *meato urinário*.

- Para além da sua função na expulsão da urina, faz também parte do aparelho genital masculino, com função de passagem do sémen.
- É dividida em três porções, de proximal a distal: *uretra prostática*, de 3 cm, *uretra membranosa*, de apenas 1 cm e a *uretra esponjosa*, de 15 cm que corre ao longo do pénis.
- A uretra prostática atravessa a próstata (órgão que faz parte do aparelho genital masculino), onde parte o ducto prostático e os ductos ejaculatórios (estruturas também do aparelho genital masculino).
- A uretra é revestida por uma mucosa que na uretra prostática muda de epitélio de transição para epitélio cilíndrico estratificado. Já no extremo distal o epitélio se transforma em plano estratificado (igual que da pele). Toda a mucosa contém glândulas secretoras de muco, que a mantêm lubrificada.

4.3.2 A ***uretra feminina*** é um canal membranoso estreito e curto com cerca de 4 a 5 cm, estendendo-se desde a bexiga até o orifício externo, imediatamente anterior à abertura vaginal. Na sua extensão está situada entre a parede dorsal da sínfise púbica , e em contacto com a parede anterior da vagina.

- Faz parte exclusivamente do sistema urinário, sem relação com o aparelho genital, embora o orifício externo localiza-se posterior ao clítoris e entre os lábios menores.
- É revestida por uma mucosa com epitélio plano estratificado. Muitas e pequenas glândulas uretrais abrem-se na uretra.
- A proximidade da uretra da vagina e do recto fazem com que o aparelho urinário feminino esteja mais exposto à infecções comuns na prática clínica.

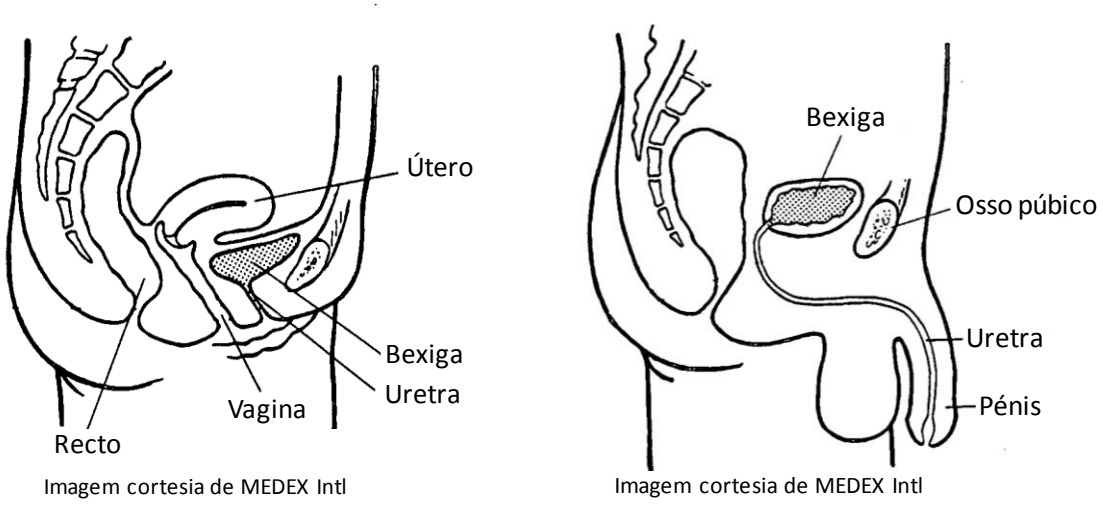


Figura 7. Uretras masculina e feminina.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 O aparelho urinário é constituído por dois rins , dois ureteres, uma bexiga e uma uretra. Tem a função de depurar o organismo filtrando o sangue através da produção e eliminar a urina.

5.2 A urina é uma solução aquosa constituída por iões e moléculas residuais do metabolismo. A regulação da sua composição supõe um mecanismo homeostático de manutenção da composição do meio interno.

5.3 Os rins são órgãos pares, retroperitoneais em forma de feijão, capazes de filtrar o sangue para produzir a urina.

5.4 Os rins têm três partes: cortical (externa), medula (interna) e pélvis (cavidade colectora de urina).

5.5 Os nefrónios são as unidades morfológicas e funcionais do rim, constituídas por um túbulo com vários segmentos especializados na filtragem do sangue e na secreção e reabsorção de diferentes moléculas, no processo de formação da urina .

5.6 A urina formada nos nefrónios é drenada através de túbulos colectores que se abrem nos cálices da pélvis renal.

5.7 Depois da sua formação nos rins a urina é transportada pelos ureteres até a bexiga, onde é temporariamente armazenada até ser expulsa pela uretra.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	30
Tópico	Aparelho Urinário	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia da Produção de Urina	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Explicar a formação da urina e os processos de filtração, reabsorção e secreção
2. Explicar a regulação do fluxo renal
3. Identificar os factores que influenciam a formação, concentração e composição da urina
4. Explicar a regulação dos balanços hídrico, electrolítico e ácido-base
5. Explicar a funDescrever as funções dos ureteres e da bexiga
6. Descrever os processos de enchimento e esvaziamento da bexiga
7. Descrever a função da próstata no sistema urinário
8. Listar exemplos de alterações comuns do sistema urinário

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Funções do Aparelho Urinário		
3	Fisiologia da Formação da Urina		
4	Regulação da Formação da Urina		
5	Fisiologia da Micção		
6	Patologia Urinária		
7	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Guyton & Hall, Tratado de Fisiologia Médica, 11ª edição, 2006

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: FUNÇÕES DO APARELHO URINÁRIO

2.1 O aparelho urinário tem diferentes funções contudo, nem todas estão relacionadas com a produção e excreção da urina.

2.1.1 As ***funções do rim*** são:

- Depuração de resíduos metabólicos do sangue.
- Homeostase dos líquidos corporais, regulando a água corporal total e o volume do LEC (líquido extra celular).
- Homeostase dos electrólitos, retendo ou excretando cada ião dependendo das suas concentrações plasmáticas.
- Homeostase do equilíbrio ácido-base, como mecanismo final de uma série de amortecedores intermédios.

Estas 4 funções anteriores são cumpridas mediante a produção da urina.

- Produção de hormonas, como a eritrogenina, molécula precursora da eritropoietina.
- Activação de precursores hormonais, como os metabolitos activos da vitamina “D”.
- Controlo da pressão arterial, mediante um complexo de enzimas.

2.1.2 A ***função dos ureteres*** é exclusivamente de transporte da urina desde os rins até a bexiga.

- O transporte faz-se através de ondas peristálticas proporcionadas pela contracção do músculo liso do uréter. Estas ondas começam na pélvis renal e chegam até a bexiga. Uma onda peristáltica pode durar entre 1 à 5 por minuto a percorrer o uréter.
- O trajecto intramural (dentro da parede da bexiga) dos ureteres funciona como esfíncter, o que é fundamental para evitar o refluxo vesico-ureteral quando a bexiga está cheia e se contrai.

2.1.3 A ***função da bexiga*** é a regulação da excreção da urina ao exterior, desta forma, a bexiga é :

- Um reservatório de urina, que evita a saída continua de urina, que interferiria com outras funções vitais. Esta função é regulada pelos esfíncteres interno e externo situados em volta do colo vesical.
- Um órgão que actua na expulsão activa da urina para o exterior, pelo mecanismo voluntário da *micção*.

2.1.4 A ***função da uretra*** é, em ambos sexos, o transporte final da urina para o exterior durante a micção.

- Nos homens, além desta função, actua também como segmento final do aparelho genital, que expulsa o sémen (*vide aula 32*).

BLOCO 3: FISIOLOGIA DA FORMAÇÃO DA URINA

3.1 A **urina** é uma solução aquosa de iões e resíduos do metabolismo, que podem estar em concentrações variáveis dependendo das necessidades do organismo.

3.1.1 ***Aspecto.*** É um líquido transparente de cor amarelada (a tonalidade da cor pode variar com a concentração dos solutos e com a dieta), com cheiro característico a amónia.

- Normalmente, os rins produzem diariamente em média 1.500 ml (500 – 2500 ml), embora esse volume varia muito com a ingestão de água (ou outro tipo de alimentos com maior teor de líquidos), com transpiração e outros factores (perdas respiratórias, digestivas,…).
- Tem uma densidade de 1.015 a 1.020 mg/ml e um pH ligeiramente ácido (considera-se normal entre 5 e 7,5).

3.1.2 ***Composição.*** A urina é composta por 95% de água e por 5% de diferentes moléculas. Ambas percentagens e as diferentes concentrações dos solutos variam com os factores anteriormente mencionados (dieta, transpiraração, perdas líquidas anormais,…). Os solutos presentes na urina (cerca de 60 g por dia) são:

- Resíduos nitrogenados do metabolismo das proteínas: ureia, ácido úrico, amónia e creatinina.
- Electrólitos: Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}, Cl^{-}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, HCO_3^{-}, PO_4^{-3} e SO_4^{-2}.
- Toxinas: diferentes restos de microrganismos e resíduos de tóxicos, processados previamente em outros órgãos como no fígado.
- Pigmentos, como o urobilinogénio, derivado da bilirrubina, resíduo biliar do metabolismo da hemoglobina.
- A presença de certas moléculas (glicose, albumina), de minerais organizados (cristais de cálcio, fosfatos ou ácido úrico) ou de elementos celulares (eritrócitos e leucócitos) é anormal e indica patologia, que deve ser investigada.

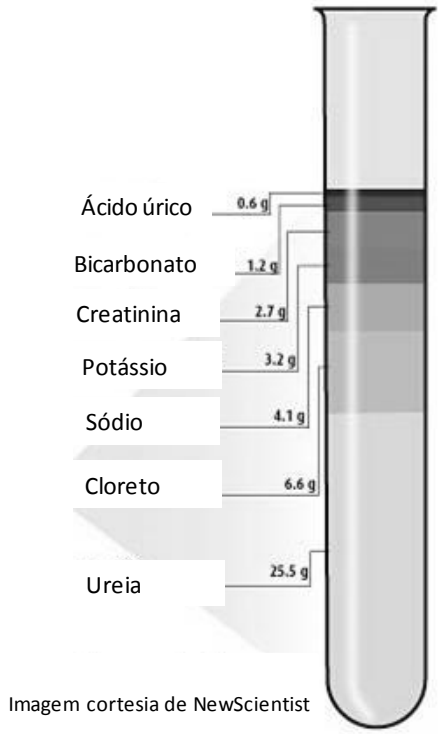


Figura 6. Valores normais da composição da urina.

3.1.3 ***Produção.*** A urina é produzida ao longo dos nefrónios mediante três processos diferentes: filtração, reabsorção e secreção.

- *Filtração*, consiste na passagem passiva de água e moléculas pequenas desde o sangue para o interior do nefrónio. Realiza-se exclusivamente entre o glomérulo de Malpighi e a cápsula de Bowman
- *Reabsorção*, é a passagem activa de volta para o sangue de parte da água e solutos filtrados. Realiza-se nos túbulos.
- *Secreção*, é a passagem activa de certas moléculas desde o sangue até o néfrom. Realiza-se nos túbulos distal e colector.

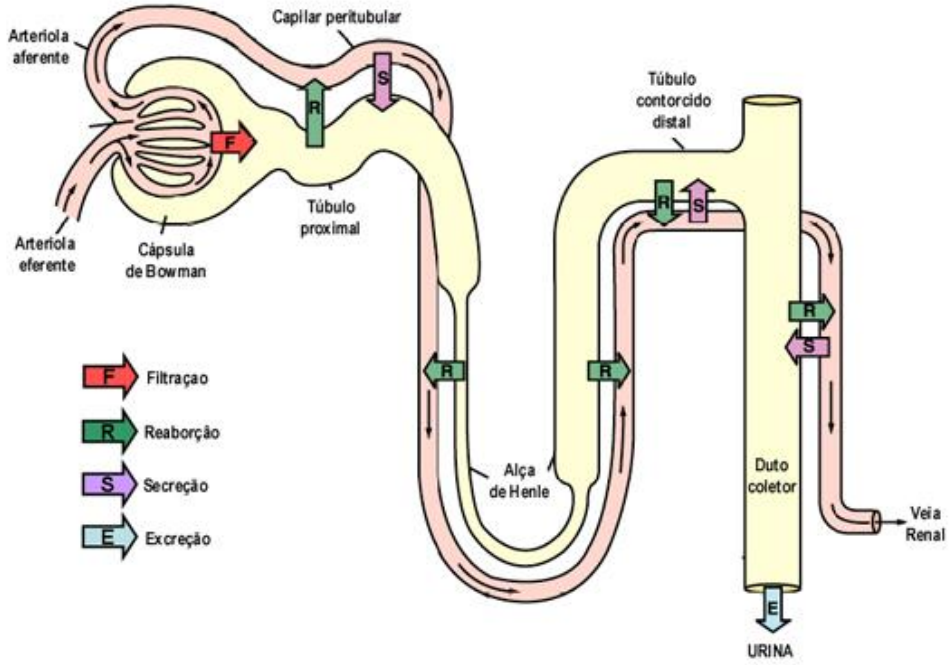


Imagem cortesia da Universidade Estadual Paulista

Figura 2. Produção de Urina

3.2 **Filtração glomerular**. É a passagem de água e solutos (electrólitos e pequenas moléculas) do sangue que flui pelo glomérulo, até o interior da cápsula de Bowman, mediante um processo físico passivo (não consome energia), que se faz a favor dos gradientes de pressões a um e outro lado da barreira de filtração.

3.2.1 A barreira de filtração é composta pelo endotélio dos capilares, pela membrana basal e pelo epitélio plano da camada visceral da cápsula de Bowman.

- A barreira de filtração comporta-se como uma membrana com permeabilidade selectiva, pois deixa passar a água e moléculas pequenas, mas não deixa passar as proteínas, nem as células do sangue.
- Ambos epitélios têm múltiplos poros entre células (epitélios fenestrados) que permitem a livre passagem de moléculas pequenas.
- O líquido, produto da filtração glomerular na cápsula de Bowman, chama-se *ultrafiltrado*, *filtrado glomerular* ou *urina primária*, e tem uma composição semelhante ao plasma sanguíneo, mas sem proteínas.

3.2.2 A passagem de água e solutos realiza-se com base em 3 pressões diferentes, que tendem a atingir o equilíbrio:

- *Pressão hidrostática glomerular* (PHG, do sangue capilar), que favorece a passagem de água e solutos desde o sangue para a cápsula. Esta pressão deve-se principalmente à diferença de diâmetro entre a arteríola aferente (maior diâmetro) e a eferente (menor diâmetro), que provoca um aumento de pressão sanguínea no glomérulo.
- *Pressão osmótica glomerular* (POG, do sangue capilar), ocorre principalmente devido à presença de proteínas no plasma, que tendem a reter água e moléculas no plasma, pelo que se opõe à PHG.
- *Pressão hidrostática capsular* (PHC, do ultrafiltrado dentro da cápsula). É a pressão do ultrafiltrado dentro da cápsula de Bowman, e como a anterior, se opõe à PHG, limitando a filtração.

3.2.3 O jogo destas pressões resulta na *pressão efectiva de filtração* (PEF), que equivale a aproximadamente 10 mmHg.

PEF = PHG – (POG + PHC)

3.2.4 Tendo em conta que pelos rins passam cerca de 1.200 ml de sangue por minuto num estado de repouso, numa pessoa normal, com débito cardíaco mínimo, a produção de ultrafiltrado pelos rins (***taxa de filtração glomerular***) é de cerca de 125 ml/min e depende directamente do débito cardíaco (DC) e da pressão efectiva de filtração (PEF).

3.3 **Reabsorção tubular**. É a passagem de água e solutos (electrólitos e pequenas moléculas) de volta, desde o ultrafiltrado da cápsula de Bowman para o sangue capilar. Intervêm mecanismos activos (que consomem energia) e passivos a favor de gradientes de concentração.

3.3.1 A reabsorção tubular faz-se através do epitélio dos diferentes segmentos tubulares do nefrónio e do endotélio da rede capilar peritubular formada entre a arteriola glomerular eferente e a vénula de retorno.

- A reabsorção tubular é a principal responsável pelo volume e composição da urina definitiva, pois o efeito da secreção tubular é menor e limitado a certas moléculas.
- Cada segmento tubular do nefrónio, nomeadamente: túbulo contornado proximal (TCP), alça de Henle (AH), túbulo contornado distal (TCD) ou túbulo colector (TC) se comporta de maneira diferente nos processos de reabsorção. Os detalhes destes mecanismos são complicados e vão além do nível de compreensão deste curso.

3.3.2 ***Sódio***. A reabsorção tubular é baseada principalmente na reabsorção activa de Na^+, que é o processo fisiológico que mais oxigénio consome no rim.

- Ocorre ao longo de todos os segmentos do nefrónio, mas especialmente no TCP.
- Consegue-se recuperar a maior parte do Na^+ filtrado no glomérulo. A quantidade do Na^+ absorvido depende da quantidade do Na^+ ingerido pela dieta e das reservas totais do organismo..

3.3.3 ***Água***. A reabsorção tubular da água faz-se de maneira passiva por osmose (sem gasto de energia) a favor do gradiente de osmolaridade criado pela reabsorção activa de sódio.

- Ocorre ao longo de todos os segmentos do nefrónio, mas especialmente no túbulo contornado proximal (reabsorção obrigatória da água, seguindo o gradiente criado pelo transporte de sódio) e no tubo colector (reabsorção facultativa de água, pois é onde se fazem os ajustes finais de volume e concentração de urina, mediado por hôrmónios).
- Consegue-se recuperar a maior parte da água filtrada no glomérulo, de maneira que dos 125 ml/min aproximadamente filtrados, apenas se produzirá 1 ml/min de urina.

3.3.4 ***Cloro***. A reabsorção tubular de Cl^- faz-se passivamente, seguindo um gradiente eléctrico criado pela reabsorção activa de Na^+. Neste caso, a passagem activa de sódio (que é um ião +) cria um desequilíbrio eléctrico, que se compensa pela passagem passiva de cloro (ião -) seguindo o sódio.

- Ocorre ao longo de todos os segmentos do nefrónio, mas especialmente no TCP. Na alça de Henle existe a reabsorção activa (com gasto de energia, sem seguir nenhum gradiente) de cloro.

3.3.5 ***Potássio***. A elevada concentração de K^+ na urina final (10 vezes maior que no plasma sanguíneo) depende não só da sua escassa reabsorção, mas sobretudo da sua importante secreção.

- A reabsorção de potássio é um processo menor e activo (requer energia) que ocorre principalmente no TCP.

3.3.6 ***Ureia***. É a principal substância da urina. A sua alta concentração é devida a escassa reabsorção (a favor de gradiente de concentração), que acompanha à da água.

3.3.7 ***Glicose***. É totalmente reabsorvida (junto com os ***aminoácidos***) no TCP e faz-se por um mecanismo de transporte activo mediante proteínas transportadoras de membrana.

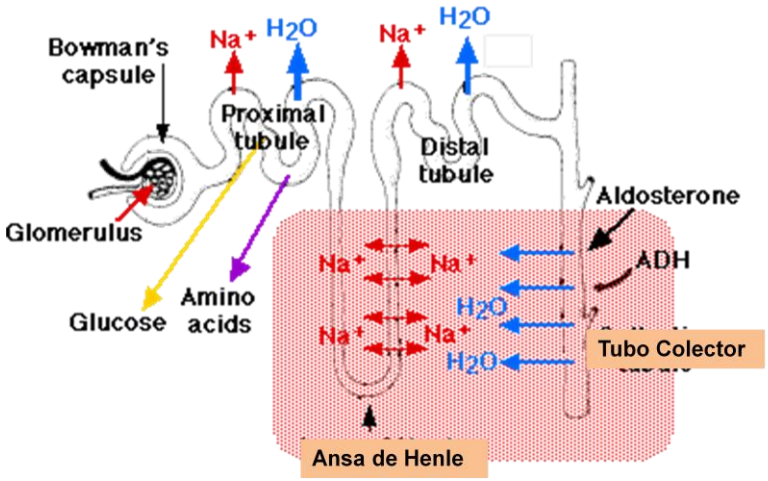
- Quando a concentração de glicose no sangue for muito elevada (maior a 300 mg/dl), o ultrafiltrado tem tanta glicose que satura a capacidade de transporte das proteínas de membrana, começando a aparecer glicose na urina excretada, condição anormal chamada *glicosúria*.

3.4 **Secreção tubular**. É a passagem de certas moléculas desde o plasma capilar da rede peritubular para a urina dos segmentos distais do nefrónio (TCD e TC).

3.4.1 Embora algumas moléculas (como a amónia) realizam esta passagem de maneira passiva a favor de gradiente de concentração, a secreção tubular é fundamentalmente um processo activo que consome energia.

3.4.2 As principais moléculas que se eliminam por secreção tubular são:

- ***Potássio*** (K^+), que pela sua baixa concentração no plasma, a sua filtração é escassa e precisa de ser secretado para atingir as altas concentrações contidas na urina.
- ***Hidrogénio*** (H^+). A secreção deste ião equivale à eliminação de ácido, o que supõe que seja a etapa final da regulação do equilíbrio ácido-base no organismo.
- ***Amónia*** (NH4+)
- ***Ácido úrico*** (em forma de sais de cálcio e fósforo), que é um produto do catabolismo das bases nitrogenadas dos ácidos nucléicos.
- Diferentes medicamentos, como a penicilina.



http://people.eku.edu/ritchisong/nephron2.gif

Figura 3. Reabsorção de sódio, água, glucose e aminoácidos no nefrónio

BLOCO 4: REGULAÇÃO DA FORMAÇÃO DA URINA

4.1 O volume da urina excretado (quantidade de água) e a sua composição (concentração dos diferentes solutos) é um poderoso mecanismo regulador da composição do meio interno do organismo.

4.1.1 Considerando que os diferentes compartimentos corporais (líquidos intracelular, intersticial e plasma) estão em equilíbrio dinâmico, a entrada de água e das diferentes moléculas (com a ingestão de líquidos e alimentos) devem ser compensada com as perdas das mesmas.

4.1.2 Embora as perdas de água e iões realizam-se principalmente através da urina, outros sistemas também participam (transpiração, respiração, defecação) e em certos casos podem ter um grande protagonismo (por exemplo, em climas muito quentes e secos, as perdas de água pelo suor e respiração podem ser muito elevadas).

4.1.3 Os mecanismos principais que intervêm na regulação da formação da urina são:

- Características (físicas e químicas) do sangue que chega ao glomérulo.
- Reabsorção de água, mediada pelo hormônio anti-diurético (ADH).
- Reabsorção de sódio, mediada pela Aldosterona.
- Controlo da pressão arterial.
- Secreção de iões hidrogénio, que supõe a regulação renal do equilíbrio ácido-base.

4.2 **Efeito do fluxo renal de sangue sobre o volume e composição da urina**. As características físicas (pressão) e químicas (volume e concentração de solutos) do plasma que chega ao glomérulo, onde se realiza a filtração, são mecanismos primários e imediatos que determinam as características da urina formada.

4.2.1 Assim, em relação ao volume da urina:

- A chegada de sangue muito concentrado (como em situação de desidratação) ou com pouca pressão (como em grandes sangramentos) provocará imediatamente uma diminuição da filtração, e portanto, da produção da urina.
- A chegada de sangue com pressão elevada ou muito diluída (quando se bebem muitos líquidos) provoca um aumento da filtração, e portanto, da urina formada.

4.2.2 Com os solutos acontece a mesma coisa. Assim, a presença de altas concentrações no plasma de qualquer dos electrólitos ou moléculas, provoca um ultrafiltrado com maior quantidade do soluto e portanto, se excretará em maior proporção.

4.2.3 Qualquer factor que altere as características físicas ou químicas do sangue glomerular, mudará a taxa de filtração glomerular.

- A deficiência da perfusão do rim diminui a taxa de filtração glomerular, como em situações de débito cardíaco baixo (por exemplo nas doenças cardíacas) ou de pressão arterial baixa (como em sangramentos severos ou em desidratação).
- A diminuição da pressão osmótica do plasma, como em situações de diminuição das proteínas plasmáticas (malnutrição, queimaduras,…) diminui também a filtração.
- Situações que aumentam a taxa de filtração glomerular são: a pressão arterial alta, a elevada ingestão de água e sal, e o escape de proteínas para a cápsula por doenças da barreira de filtração (criam uma pressão osmótica capsular que arrasta água).

4.2.4 O sistema nervoso autónomo actua como regulador da filtração, de maneira que o estímulo simpático que se dá em situações de alarme, como numa hemorragia grave, provoca uma contracção da arteriola aferente, diminuindo a pressão hidrostática glomerular, e portanto a diminuição da taxa de filtração.

4.3 **Efeito da Hormona Anti-Diurética (ADH) sobre o volume e concentração da urina**. A ADH é produzida e secretado pela neuro-hipófise (no cérebro), perante o estímulo dos osmorreceptores do hipotálamo, os quais detectam mudanças da osmolaridade do plasma e libertam a ADH quando esta é elevada.

4.3.1 A ADH provoca um aumento da permeabilidade do TCD e do TC à água, permitindo uma maior reabsorção de água, produzindo-se uma urina mais concentrada (hipertónica).

- Quando se bebe muita água, o plasma tem osmolaridade diminuída, sendo assim ocorre a inibição da secreção da ADH. Assim a água não se reabsorve em grande quantidade, produzindo-se uma maior eliminação da mesma (urina hipotónica em grande volume) até compensar a osmolaridade do plasma.
- Quando esta osmolaridade aumenta (quando não se bebe ou existem situaçãoes de desidratação), existe uma libertação de ADH, que provoca uma maior reabsorção de água (levando a formação duma urina hipertónica), até compensar a osmolaridade do plasma.

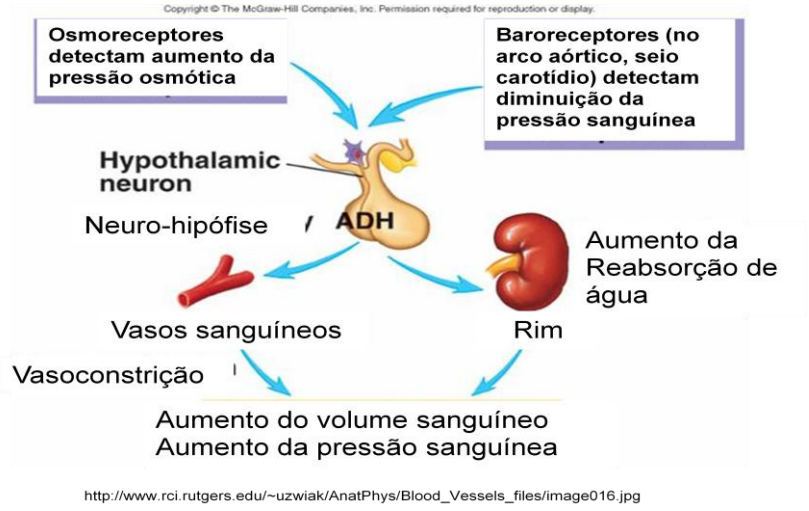


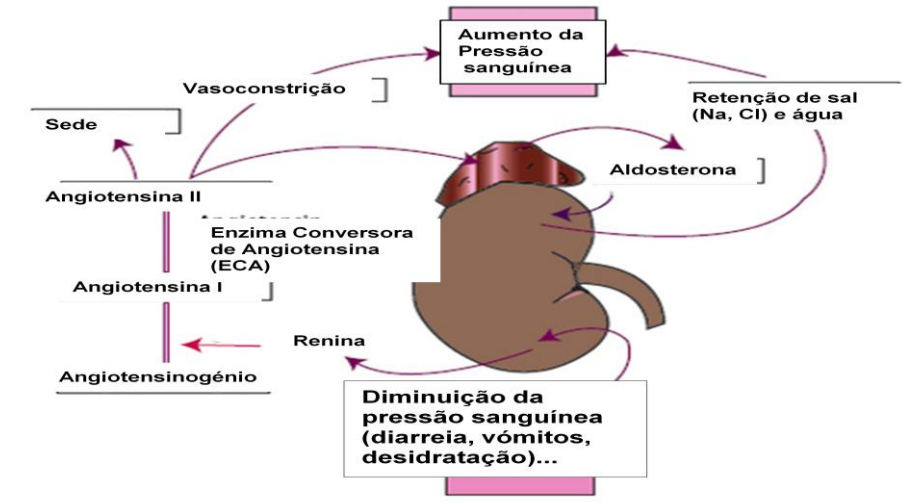
Figura 4. Efeitos da Hormona Anti-Diurética no Rim e Homeostasia

4.4 **Efeito da Aldosterona na retenção de água e sódio**. A *aldosterona* é um hormônio produzido na glândula supra-renal perante o estímulo do sistema renina-angiotensina. A aldosterona é capaz de aumentar a reabsorção activa de sódio (também cloro, e com ela, a reabsorção passiva de água).

4.4.1 A *renina* é secretada pelo aparelho justaglomerular dos nefrónios em resposta a uma descida da pressão sanguínea na arteriola aferente ao glomérulo.

- A renina é uma enzima que estimula a activação da *angiotensina* a partir de proteínas precursoras existentes no plasma.
- A angiotensina é capaz de provocar a vasoconstrição das artérias periféricas, o que leva a um aumento da pressão sanguínea o que melhora a perfusão do glomérulo renal.

4.4.2 Por outro lado, a angiotensina estimula a produção e secreção da aldosterona, e portanto, a reabsorção de sódio e água, o qual aumenta o volume intravascular, o que colabora na restauração da pressão sanguínea.



http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3430-200/image/angiotensin.jpg

Figura 5. Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona na regulação de água e sódio

4.5 **Controlo da pressão arterial pelo rim**. Uma descida na pressão arterial é detectada ao nível da arteriola aferente pelo aparelho justaglomerular, desencadeando uma série de reacções conducentes à restauração da pressão arterial.

4.5.1 Perante o estímulo de hipotensão (pressão arterial baixa) o aparelho justaglomerular é capaz de produzir e secretar *renina*.

- A renina facilita uma reacção química no plasma, pela qual proteínas precursoras se transformam em *angiotensina I*. Esta é convertida pela enzima conversora da angiotensina (ECA – vide figura 5) em *angiotensina II* ao nível do pulmão . A Angiotensina II é a substância activa para elevar a pressão arterial.
  - A angiotensina II provocar a vasoconstrição nas artérias (arteríolas), aumentando a pressão arterial.

4.5.2 Um aumento da pressão arterial (hipertensão) inibe a produção de renina, o que bloqueia este sistema vasoconstritor até a pressão voltar para valores normais (figura 5).

4.6 **Regulação renal do equilíbrio ácido-base**. O metabolismo do organismo produz ácidos entre os resíduos finais. Estes ácidos devem ser eliminados do corpo, para restaurar o equilíbrio ácido-base do meio interno.

Isto consegue-se com um sistema imediato e temporário (o tampão bicarbonato) e uns sistemas definitivos (excreção respiratória de CO_2 e excreção de ácidos pela urina com formação renal de bicarbonato).

4.6.1 Usando como exemplo, o ácido clorídrico, o papel inicial de tampão do bicarbonato de sódio seria:

$HCl + NaHCO_3 \rightarrow NaCl + H_2CO_3$

$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$ (*através da enzima anidrase carbónica*)

Estas reacções de tampão implicam a formação de sal (NaCl), que se elimina pela urina, a formação de dióxido de carbono (CO_2), que se elimina na respiração, e o consumo de bicarbonato ($NaHCO_3$) que deve ser reposta.

4.6.2 O papel do rim é a reposição do bicarbonato, mediante a reacção anterior, mas no sentido contrário, que se dá no interior das células dos túbulos do nefrónio.

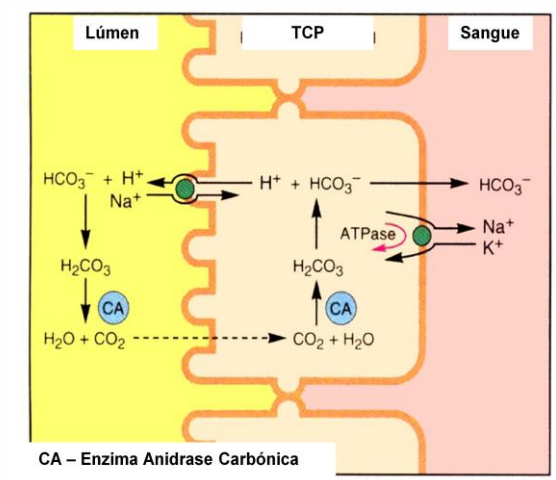
$H_2O + CO_2 \rightarrow HCO_3^- + H^+$ (*através da enzima anidrase carbónica*)

O bicarbonato (HCO_3^-) produzido passa para o plasma para repor aquele perdido com a neutralização dos ácidos do metabolismo, mantendo-se desta forma o equilíbrio ácido-base do meio interno.

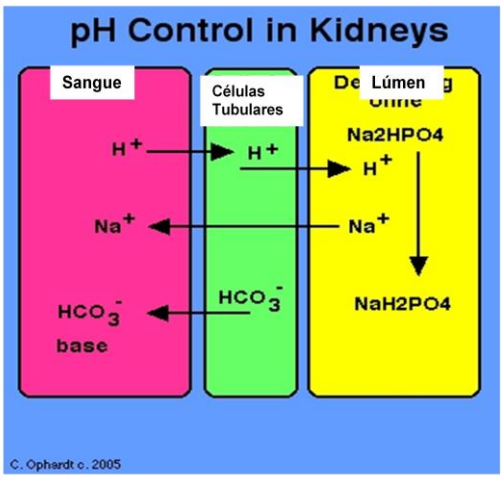
4.6.3 Os iões hidrogénio (H^+) procedentes da reacção anterior, passam à luz tubular, incorporando-se a diferentes bases da urina, para a sua eliminação definitiva:

- Bicarbonato de sódio, de novo pela reacção anterior, mas com sentido contrário ($NaHCO_3 + H^+ \rightarrow Na^+ + H_2O + CO_2$). Os produtos desta reacção são reabsorvidos, e desta forma não acidificam a urina.
- Fostato de sódio ($Na_2PO_4 + H^+ \rightarrow Na^+ + NaH_2PO_4$). O sódio é reabsorvido e o fosfato é excretado com a urina, contribuindo para a acidificação desta.
- Amónia ($NH_3 + H^+ + ClNa \rightarrow Na^+ + NH_4Cl$). O sódio é reabsorvido e o cloreto de amónia é excretado com a urina, contribuindo para a acidificação desta.

4.6.4 A urina final excretada é ligeiramente ácida (pH de 6) e varia dependendo da produção de ácidos pelo metabolismo.



http://biomed.brown.edu/Courses/BI108/BI108_2001_Groups/WAK/renalphys/images/bicarbonate.jpg



http://www.elmhurst.edu/~chm/vchembook/images2/262kidney.jpg

Figura 6. Regulação renal do equilíbrio ácido-base

BLOCO 5: FISIOLOGIA DA MICÇÃO

5.1 A bexiga é o órgão regulador da saída da urina para o exterior, através da uretra. A função da bexiga realiza-se em duas fases: armazenamento da urina e esvaziamento.

5.1.1 ***Fase de armazenamento.*** A urina é produzida continuamente pelos rins, passando pelos ureteres até a bexiga, onde começa a acumular-se. A bexiga por ser elástica, vai-se distendendo, sem aumentar sua pressão até que a quantidade da urina atinge cerca de 250 ml. Nesta fase, os esfíncteres estão contraídos, impedindo a saída de urina para o exterior.

5.1.2 ***Fase de esvaziamento.*** Quando a bexiga atinge sua capacidade máxima (entre 350 e 650 ml), os receptores do interior do músculo detrusor emitem sinais para se iniciar a fase de esvaziamento, que se realiza mediante duas acções:

- Involuntária, por contracção da bexiga associada ao relaxamento do esfíncter interno (músculos lisos). A uretra se encurta e alarga, o que diminui a resistência do fluxo.
- Voluntária, por relaxamento do esfíncter externo (músculo estriado, parte do soalho da pélvis)

5.2 **Regulação nervosa da micção**. A micção é um reflexo completamente autonómico da medula espinhal, mas pode ser inibido ou facilitado por centros do cérebro.

5.2.1 ***Reflexo autonómico.*** A parede da bexiga contém inervação simpática e parassimpática, com efeito sobre a musculatura lisa vesical.

- Esta musculatura normalmente está relaxada, com excepção da que forma o esfíncter interno, normalmente contraída. Essa configuração, que dependente da actividade *simpática*, permite o enchimento progressivo da bexiga com urina
- A distensão progressiva da parede termina por activar os seus mecanorreceptores. Estes põem em funcionamento um arco reflexo *parasimpático*, resultando em comandos que provocam a contracção da musculatura da bexiga e o relaxamento do esfíncter interno.
- Nesse momento a micção fica contida apenas pela contracção do esfíncter externo, constituído de fibras musculares estriadas sob o comando voluntário.

5.2.2 ***Controlo voluntário.*** O cérebro também recebe informação do enchimento da bexiga, que se experimenta como sensação de desconforto a partir de 150 ml de urina, que aumenta até uma sensação de micção imperiosa quando se chega aos 500 ml.

- O cérebro é capaz de integrar esta informação sensorial com uma avaliação das condições sociais para decidir o relaxamento do esfíncter externo, que permite a saída de urina para o exterior.
- Somente ao término do esvaziamento da bexiga, a contracção vesical cessa, e o tônus uretral e esfinctérico volta aos níveis basais.
- Quando desejamos interromper voluntariamente a micção antes do total esvaziamento vesical, realizamos a contracção da musculatura perineal, resultando no aumento da resistência uretral e na interrupção do fluxo. A musculatura detrusora (involuntária) mantém-se contraída ainda por alguns poucos segundos, relaxando-se à seguir.

BLOCO 6: PATOLOGIA URINÁRIA

6.1 As doenças do aparelho urinário, habitualmente dividem-se entre as que atingem os órgãos secretores (rins) e os órgãos excretores (ureteres, bexiga e uretra), embora em muitos casos possam afectar ambos os órgãos.

6.2 **Insuficiência renal.** É a incapacidade dos rins para a formação de um volume de urina suficiente para eliminar as substâncias que a constituem. Estas substâncias acumulam-se no organismo, criando situações patológicas graves.

- Insuficiência Renal Aguda, que aparece em horas ou dias, sem permitir uma adaptação do organismo. Se não for auto-limitada (casos em que o rim se recupera espontaneamente) ou tratada, conduz à morte da pessoa, por sobrecarrega cardiocirculatória de água e electrólitos (especialmente potássio).
- Insuficiência Renal Crónica, que se instala gradualmente em períodos de meses ou mesmo anos, permitindo uma adaptação progressiva do organismo, e gerando consequências em muitos sistemas (cardio-circulatório, esquelético, pele,…).

6.2.1 A insuficiência renal é consequência de muitas diferentes doenças que podem atacar:

- Os glomérulos, como as ***glomerulonefrites***, de origem infeccioso ou autoimune,
- Os túbulos, como a ***necrose tubular*** por falta de suprimento de sangue ao rim,
- Os órgãos excretores, como a ***obstrução das vias urinarias***, que não permite a passagem de urina, ficando retida nos rins (ou a qualquer nível das vias urinárias), o que leva a dilatação e destruição dos rins.

6.3 **Infecções.** São frequentes as infecções do aparelho urinário, geralmente introduzidas retrogradamente (desde a uretra em direcção ascendente). Podem atingir:

- A via urinária baixa: ***cistite***, infecção da bexiga, muito frequente em mulheres (pela proximidade da uretra com a vagina e ânus), ou
- A via urinária alta e rins: ***pielonefrite***, infecção da pélvis renal desde os ureteres que acaba progredindo ao rim, podendo causar lesões severas que levem a uma insuficiência renal. Algumas vezes os agentes microbianos chegam aos rins através do sangue, a partir de outros pontos do organismo.

6.4 **Sindroma nefrótica** (ou **Nefrose**) é um grupo de doenças (de diferentes causas), mais frequentes em crianças, que levam a perda de proteínas pela membrana glomerular, resultando na perca da pressão osmótica do plasma, o que provoca edemas generalizados.

6.5 **Cálculos.** A presença de sais (uratos, fosfatos,…) na urina faz com que seja possível a sua cristalização, quando a sua concentração é elevada ou quando existem patologias associadas (infecções, malformações,…), formando pequenas pedras chamadas cálculos. Geralmente se formam na pélvis renal, migrando depois a outros segmentos inferiores.

6.6 **Incontinência urinária.** É a incapacidade da bexiga para armazenar urina, escapando continuamente e sem controlo para o exterior.

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1 Os rins, para além da sua função como órgãos produtores de urina, têm a função de regular a pressão arterial, o equilíbrio ácido-base do meio interno e a activação de certos hormónios.

7.2 A urina é uma solução aquosa com electrólitos e diferentes moléculas, que serve para manter estável a composição do meio interno e para eliminar certos resíduos do metabolismo.

7.3 A urina produz-se nos rins por três mecanismos: filtração glomerular, reabsorção e secreção tubulares.

7.4 A composição final da urina depende de complexos mecanismos reguladores encaminhados a manter estáveis os níveis plasmáticos dos diferentes electrólitos.

7.5 Os mecanismos reguladores da formação de urina são: pressão arterial renal, hormónio anti-diurético, sistema renina-angiotensina-aldosterona e sistema de equilíbrio ácido-base.

7.6 A micção é o produto de mecanismos misto: involuntário e voluntário que inclui a contracção reflexa da bexiga e o relaxamento dos esfíncteres interno e externo.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	31
Tópico	Aparelho Urinário	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Estruturas do Aparelho Urinário	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas do aparelho urinário em modelos anatómicos;

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:15
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:15
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:25

Materiais e equipamentos necessários:

- Modelos anatómicos artificiais do aparelho urinário: 2 por turma, 1 de aparelho urinário completo e outro de um corte longitudinal de rim.
  [Alternativamente, o corte de rim poderia ser um modelo animal real dissecado]
- Luvas de exame clínico (no caso de ser um modelo real): 1 por aluno.
- Apresentação em PowerPoint com as figuras da anatomia do aparelho urinário (recomendam-se as figuras que aparecem no “Atlas de Anatomia de Netter”), que mostram as estruturas anatómicas e que podem ser projectadas em simultâneo com à explicação sobre os modelos.
- Apresentação em PowerPoint dos passos a seguir na técnica de recolha de amostra da urina em homens e mulheres.

Preparação:

- Conferir se os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Se possível, adquirir e dissecar (corte longitudinal) o modelo animal de rim (se for utilizada esta alternativa).
- Preparar as projecções em PowerPoint: podem-se digitalizar (scanar) desde um livro (“Atlas de Anatomia de Netter” e outras fontes) e depois montar nas respectivas (2) apresentações seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir se o conteúdo das Aulas 29 e 30 foi completamente leccionado e percebido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (15 min)

2.1 O **aparelho urinário** é um conjunto de órgãos com a função de produzir e excretar urina, solução aquosa de electrólitos e resíduos do metabolismo, para manter estável a composição do meio interno.

2.1.1 O aparelho urinário inclui:

- Um órgão produtor de urina: os rins.
- Um grupo de estruturas excretoras da urina: ureteres, bexiga e uretra.

2.1.2 Os ***rins*** são órgãos pares, com forma de feijão, situados no retroperitoneo, a ambos lados da coluna lombar. A sua estrutura inclui:

- Estruturas de protecção dos rins. De externo para interno: fascia renal, gordura perirrenal e cápsula renal.
- Cortical: zona periférica granular, que contém os glomérulos e os túbulos contornados dos nefrónios. Estende-se para a zona central pelas colunas.
- Medular: zona central, da qual se diferenciam 10-12 pirámides de base periférica, que contém os túbulos colectores e alças de Henle dos nefrónios.
- Pélvis renal, zona escavada onde desaguam os túbulos colectores. Formada por cálices menores (um por cada pirâmide) e maiores (3 grupos em cada rim, que confluem na cavidade única).

2.1.3 Os ***ureteres*** são tubos musculares que levam a urina desde a pélvis renal até a bexiga. O seu percurso pode ser dividido em dois segmentos:

- retroperitoneal, apoiados nos músculos psoas, até cruzar anteriormente aos vasos ilíacos; e
- pélvico, contornando a parede infero-lateral da pélvis até atingir a parede posterior da bexiga, onde desembocam atravessando obliquamente a parede, disposição que actua como mecanismo anti-refluxo de urina.

2.1.4 A ***bexiga*** é um órgão oco pélvico, com uma parede elástica (músculo detrusor) capaz de se distender para armazenar a urina.

- Na sua parte mais inferior tem o colo, área de saída da urina para sua expulsão, que está controlado por dois esfíncteres: interno (involuntário) e externo (voluntário, parte do soalho da pélvis).
- O Trígono é uma parte da parede vesical, com forma de triângulo invertido, sendo os ângulos ocupados pela desembocadura dos dois ureteres e pela saída do colo vesical.

2.1.5 A ***uretra*** é o tubo de saída da urina desde a bexiga para o exterior. É diferente em homens e mulheres:

- Nos homens é comprida e é partilhada com o aparelho genital (também serve para a ejaculação do sémen). Vai desde o colo vesical, ao longo do pénis, até o meato urinário

da glande. Tem três partes, de proximal a distal: uretra prostática (atravessa a próstata), membranosa e peneana (incluída no corpo esponjoso do pénis).

- Nas mulheres é curta e se abre anteriormente ao intróito vaginal.

2.2 **Propósito.** Este laboratório inclui:

Estudo da anatomia do aparelho urinário (secretor e excretor) num modelo anatómico artificial.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (15 min)

3.1 **Estudo da anatomia do aparelho urinário**, sobre um modelo anatómico artificial para mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas.

3.1.1 Identificação de estruturas urinárias:

- Rins
- Ureteres
- Bexiga
- Uretra masculina
- Uretra feminina

3.1.2 Identificação das partes do rim numa secção longitudinal:

- Cápsula renal
- Cortical com colunas de Bertin
- Medular com pirâmides e papilas
- Pélvis com cálices menores e maiores

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (85 min)

4.1 Dividir os alunos em 4 grupos, que irão rodando em cada 15 minutos por cada um dos blocos de prática:

- 2 mesas com o modelo anatómico: aparelho urinário . Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para o “Estudo da anatomia do aparelho urinário”, seguindo os passos definidos na técnica, amostrando os achados aos seus colegas de grupo. Duração – 40 min.
- 2 mesas com o modelo anatómico: corte do rim. Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para o “Estudo do corte do rim”, seguindo os passos definidos na técnica, amostrando os achados aos seus colegas de grupo. Duração – 40 min.

4.2 Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo e a rotação entre os alunos.

4.3 Cada aluno deve fazer desenhos básicos, no seu caderno, dos principais conceitos aprendidos.

4.4 O docente deve circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos para a interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de forma a moderar e a dinamizar permanentemente cada grupo]

4.5. Os últimos 5 minutos reserve para interacção com todos alunos, solicitando dúvidas que eventualmente ainda persistam, esclarecendo-as.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	32
Tópico	Aparelho Genital Masculino	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia e Fisiologia do Aparelho Genital Masculino	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever a anatomia do aparelho genital masculino;
3. Descrever a estrutura do testículo;
4. Explicar a função do testículo como glândula endócrina;
5. Descrever o processo de espermatogénese;
6. Descrever o processo de ejaculação;
7. Listar exemplos de alterações do aparelho genital masculino.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Aparelho Genital: Generalidades		
3	Anatomia do Aparelho Genital Masculino		
4	Fisiologia do Aparelho Genital Masculino		
5	Patologia do Aparelho Genital Masculino		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: APARELHO GENITAL-GENERALIDADES

2.1 O **aparelho genital**, também chamado **sistema reprodutor**, é um conjunto de órgãos com a função de realizar os processos de reprodução, através dos quais se mantém a espécie.

2.1.1 Nos seres humanos a reprodução é sexuada, o que significa que existe uma diferenciação dos indivíduos em dois sexos possíveis, masculino e feminino. A criação de novos indivíduos se realiza mediante a união de células especializadas (gâmetas) de cada um dos sexos.

2.1.2 Tanto desde o ponto de vista anatómico como fisiológico, os indivíduos masculinos (homens) e femininos (mulheres) têm sistemas reprodutores diferentes especializados.

- Os homens produzem gâmetas masculinos (espermatozóides) capazes de se unir (fecundar) a gâmetas femininas (óvulos) para criar novos indivíduos.

2.1.3 A união entre um óvulo e um espermatozóide dá lugar a um novo ser humano, que desenvolverá no interior do sistema reprodutor da mulher, até dispor de estruturas anatómicas completas e funções básicas para a sua vida independente.

2.1.4 Ambos sistemas reprodutores, masculino e feminino, constam basicamente de:

- Um órgão par (dois, simétricos) produtor de gâmetas, chamado ***gônada***, e
- Uma serie de estruturas de apoio à função reprodutora, chamadas ***genitais***, que podem ser internos (no interior do organismo) ou externos (à vista).

2.2 **Embriologia do aparelho genital masculino.** Os órgãos do aparelho genital masculino têm diferentes origens embrionárias, partilhando estruturas com o aparelho urinário.

2.2.1 Os testículos provêm do mesodermo intermédio, a partir da crista urogonadal (origem também dos rins).

- Os testículos, formados intra-abdominalmente, descem no último trimestre fetal ou nos primeiros meses de vida, até ao escroto, arrastando os ductos deferentes, a sua vascularização e inervação e peritónio, para formar o *cordão espermático*.

2.2.2 O sistema de túbulos pares genitais (epidídimo, deferentes, vesículas seminais), como os ureteres, são formados a partir do mesonefros (2º primórdio urinário).

2.2.3 Prostata e uretra, assim como a bexiga, são formados a partir da cloaca (extremo distal do intestino posterior), que se divide numa parte anterior (seio urogenital), e uma parte posterior, que será o recto e ânus.

2.2.4 O epitélio uretral é de origem endodérmico, a partir do epitélio do intestino posterior.

BLOCO 3: ANATOMIA DO APARELHO GENITAL MASCULINO

O aparelho genital masculino é composto por órgãos externos e órgãos internos. Os órgãos externos são: escroto e pénis. Os órgãos internos são: testículos, epidídimo, ducto deferente, vesículas seminais, próstata, glândulas bulbouretrais e a uretra masculina.

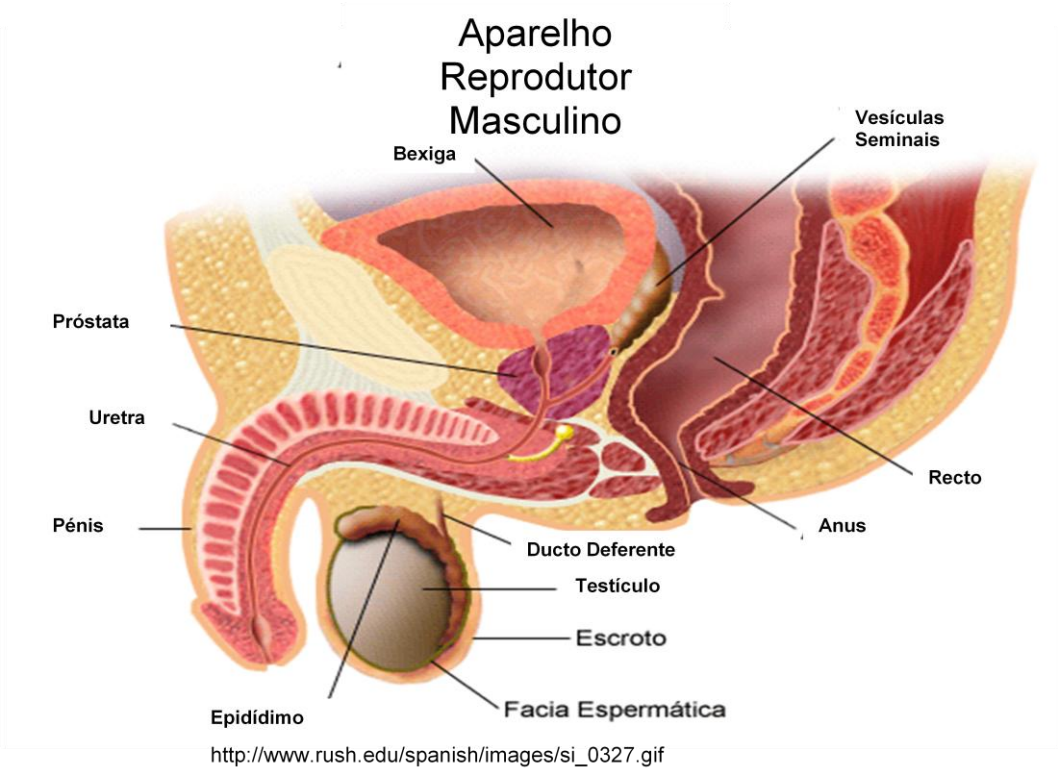


Figura 1. Aparelho Reprodutor Masculino – Órgãos Externos e Internos

3.1 **Testículos.** São pequenas glândulas de forma ovóide (com cerca de 5 cm de comprimento) pendurados na parte anterior do períneo, o que permite manter uma temperatura inferior ao do resto do corpo, o qual é fundamental para a sua função.

3.1.1 O testículo está recoberto por duas camadas, apenas interrompidas no hilo testicular, zona medial de saída e entrada de tubos e vasos.

- ***Túnica albugínea***, interna, membrana fibrosa dura, de onde partem septos que dividem o testículo em cerca de 200-300 lóbulos.
- ***Túnica vaginal***, externa, membrana dupla com uma cavidade virtual lubrificada (cavidade vaginal), procedente do peritónio no seu caminho de descida para o escroto.

3.1.2 Cada lóbulo é uma unidade histológica que inclui entre 1 e 3 ***túbulos seminíferos***, tubos capilares muito convolutos (curvados sobre si mesmos, como um novelo) compostos por:

- Células epiteliais germinativas, em diferente estágio de diferenciação, a partir das quais se formam os espermatozóides,
- Células de suporte de sertoli, que dão estrutura aos túbulos e nutrem às células germinativas, e
- Células intersticiais de leydig, que preenchem o espaço entre os túbulos, e são responsáveis pela produção de hormônios masculinos.

3.1.3 Os diferentes túbulos seminíferos drenam conjuntamente a uma rede de túbulos no hilo de cada testículo, até formar um único tubo convoluto, intensamente pregado sobre si mesmo, o ***epidídimo***, estrutura macroscópica que recobre o pólo superior do testículo, da que parte o ***ducto deferente***.

- O testículo produz espermatozóides a partir das células germinativas e são transportados até o deferente num meio líquido.

3.1.4 Os testículos são vascularizados pela artéria espermática, que entra pelo hilo testicular, junto com a veia e linfáticos correspondentes, e distribui o sangue de maneira radial, seguindo os septos testiculares.

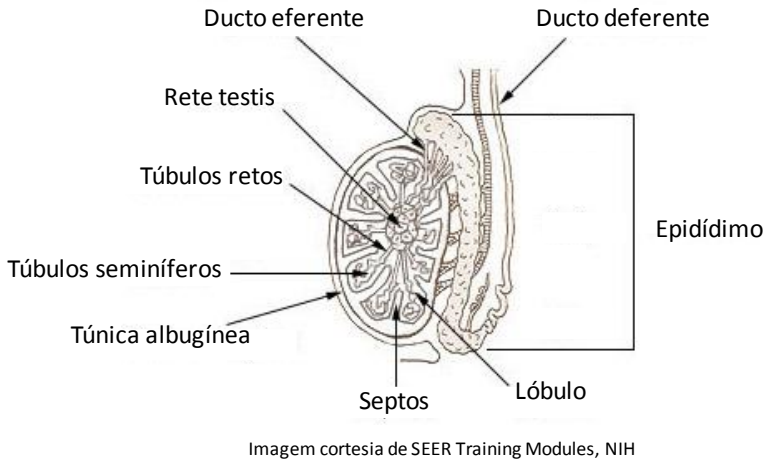


Figura 7. Estrutura do testículo no escroto.

3.2 **Escroto.** É a bolsa que contêm os testículos. Trata-se de um saco de pele excessiva e enrugada, dividida em dois compartimentos, um para cada testículo. Pode-se contrair perante estímulos (frio, toque,…) pela acção das fibras musculares subcutâneas (*músculo dartos*) que se prolongam até o canal inguinal acompanhando ao cordão espermático (*músculo cremaster*), aproximando mais ou menos os testículos ao períneo, regulando assim a sua temperatura.

3.3 **Ducto deferente.** É o tubo excretor do testículo, continuação do epidídimo, que sai do escroto para transportar os espermatozóides formados no testículo até as glândulas anexas (vesículas seminais, próstata e glândulas bulbouretrais). Apresenta as seguintes características:

3.3.1 Desde o escroto ascende até a cavidade abdominal pelo canal inguinal, junto com a artéria e veias espermáticas, linfáticos e nervos testiculares, formando o chamado ***cordão espermático***, palpável subcutaneamente na região inguinal.

- Já dentro do abdómen, o ducto deferente situa-se no espaço pré-peritoneal descendo até a face posterior da bexiga urinária até penetrar na próstata.

3.3.2 Tem um aspecto e uma estrutura semelhante ao uréter, com um epitélio cilíndrico, uma grossa camada de músculo liso, capaz de se contrair ritmicamente propulsando o líquido testicular, e uma adventícia externa.

3.4 **Vesículas seminais.** São glândulas situadas na face posterior da bexiga, compostas por um único tubo muito enovelado sobre si próprio, até se juntar ao extremo distal do correspondente ducto deferente, imediatamente antes da sua entrada na próstata, para formar o ***ducto ejaculatório***, que atravessa a próstata até desaguar na uretra.

3.4.1 As vesículas seminais produzem o *líquido seminal*, rico em nutrientes, que se une ao líquido testicular para dar viabilidade e alimento aos espermatozóides, e compõe cerca de 70% de sémen.

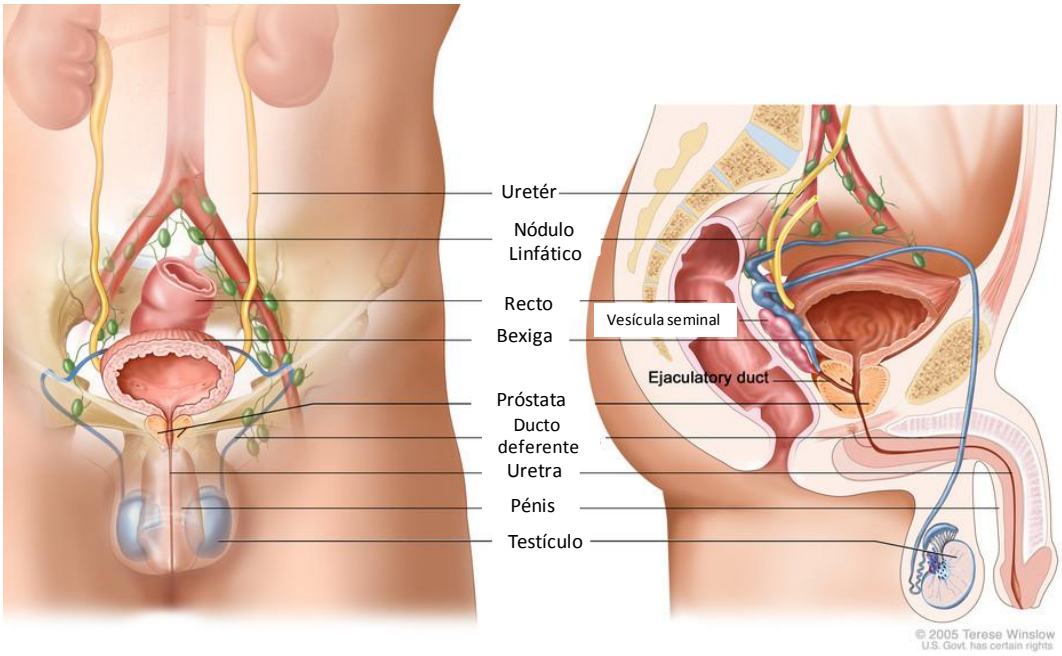


Figura 8. Ducto deferente e vesículas seminal.

3.5 **Próstata.** É um órgão único, em forma de cone invertido, com a sua base em contacto com o colo da bexiga, e o ápice inferior, circundando o trajecto de 2-3 cm da uretra (este segmento é chamado ***uretra prostática)***. Características:

3.5.1 É formada por vários lobos, não claramente definidos: dois laterais grandes (direito e esquerdo), unidos anteriormente pelo istmo (lobo anterior) e posteriormente pelos lobos médio (superior, relacionado com a bexiga) e posterior (inferior, relacionado com a uretra).

3.5.2 A próstata é uma glândula que produz o *líquido prostático*, que excreta directamente à uretra prostática perante estímulos ejaculatórios. O líquido prostático é uma solução alcalina composta por cerca de 25% de sémen, e que protege os espermatozóides do meio ácido que encontrarão ao longo da uretra e na vagina, caso haja cópula (relações sexuais).

3.6 **Glândulas bulbouretrais.** São duas pequenas glândulas (como ervilhas), situadas imediatamente inferiores à próstata e que drenam muco alcalino a uretra, para a sua lubrificação.

3.7 **Uretra.** É o ducto excretor urinário, que se estende ao longo do pénis, desde a bexiga até o exterior. Além da sua função urinária, também tem a função do transporte do sémen até a vagina durante a ejaculação *(vide Aula 29 para maior detalhe)*.

3.8 **Pénis**. É o órgão masculino que durante a cópula (relação sexual entre o homem e a mulher), introduz o sémen na vagina . É um cilindro anterior ao escroto, suspenso flacidamente de estruturas ósseas púbicas por ligamentos laxos.

3.8.1 O pénis é composto por três estruturas cilíndricas de tecido eréctil (capaz de aumentar seu tamanho e consistência, mediante seu preenchimento com sangue a pressão), recobertas e separadas por septos fibroelásticos:

- 1 ***corpo esponjoso***, medial e anterior, que contêm a uretra. É um cilindro de trabéculas finas e laxas, muito elástico, com escassa capacidade eréctil.
- 2 ***corpos cavernosos***, posteriores direito e esquerdo. Cilindros grossos com trabéculas grandes que deixam grandes espaços capazes de se preencher com sangue.

3.8.2 O extremo distal do pénis e uma expansão arredondada do corpo esponjoso, chamada ***glande***, na qual se abre o orifício uretral externo (meato). A pele redundante (a mais) do pénis que cobre totalmente a glande é o ***prepúcio***.

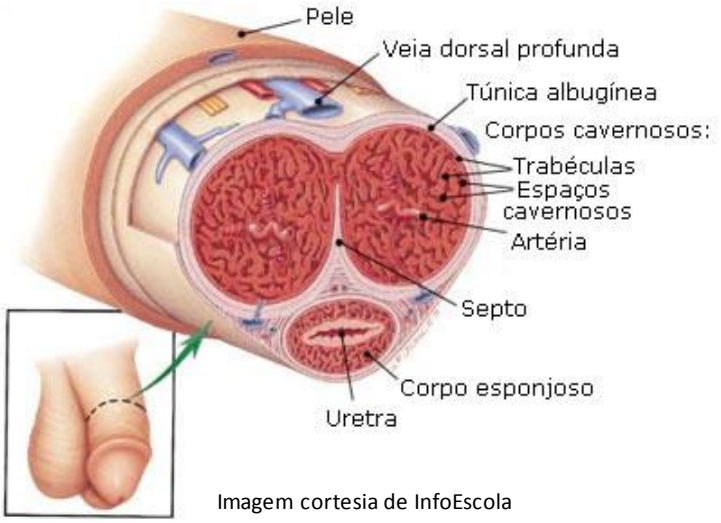


Figura 9. Corte transversal do pénis.

BLOCO 4: FISIOLOGIA DO APARELHO GENITAL MASCULINO

4.1 A função do aparelho genital masculino é a produção das gâmetas masculinos (espermatozóides) viáveis (com capacidade para fecundar óvulos). Isto se realiza mediante a produção de sémen, líquido que contém e mantêm viáveis os espermatozóides, e a sua excreção (ejaculação) no órgão reprodutor da feminino, para fertilizar o óvulo e criar um novo indivíduo.

4.1.1 Os testículos têm duas funções:

- Produção de espermatozóides (espermatogénese) e
- Secreção de hormonas sexuais e outras substâncias reguladoras do próprio sistema reprodutor.

4.1.2 As outras estruturas descritas no bloco anterior são os órgãos auxiliares para a realização da função principal de fecundação das gâmetas femininas e suas funções estão implícitas na descrição da sua anatomia.

4.2 **Espermatogénese**. É o processo de divisão e diferenciação das células germinativas ou ***espermatogónias*** dos túbulos seminíferos em espermatozóides maturos. Acontece continuamanete durante a idade fértil do homem, produzindo-se cerca de 100 milhões de gâmetas por dia.

4.2.1 As espermatogónias estão presentes desde a idade fetal nos túbulos seminíferos, em forma quiescente (sem actividade de divisão nem diferenciação).

4.2.2 Perante os estímulos hormonais que começam na puberdade (entre 12 e 15 anos de idade), as espermatogónias começam o processo de divisão e diferenciação em quatro fases, que duram cerca de 3 meses:

- Mitose, onde cada espermatogónia forma outras iguais por divisão simples, as quais ficarão como reserva para ir produzindo outras ao longo da vida.
- Meiose. Parte das espermatogónias experimentam uma divisão redutora, que produz 4 ***espermátides*** (células haplóides, com 23 cromosomas simples).

- Diferenciação. Nesta fase as espermátides sofrem uma série de mudanças morfológicas até originar os ***espermatozóides***, que ficam ligados às células de Sertoli das quais se nutrem.
- Maturação. nesta fase, os espermatozóides adquirem na sua passagem pelo epidídimo, mobilidade e capacidade de fecundar, sendo já ***espermatozóides maturos***.

4.2.3 O espermatozóide maturo tem aspecto de "chicote" e é constituído por:

- *Cabeça*, pequena estrutura celular, formada pelo núcleo e por uma proeminência anterior, o *acrossoma*, que contém os enzimas que permitirão ao espermatozóide perfurar a membrana do óvulo durante a fecundação.
- *Pescoço*, que contém um minúsculo citoplasma, fundamentalmente cheio de mitocondrias, para dar energia para a sua mobilidade.
- *Cauda*, filamento comprido, móvel, que da mobilidade ao espermatozóide.

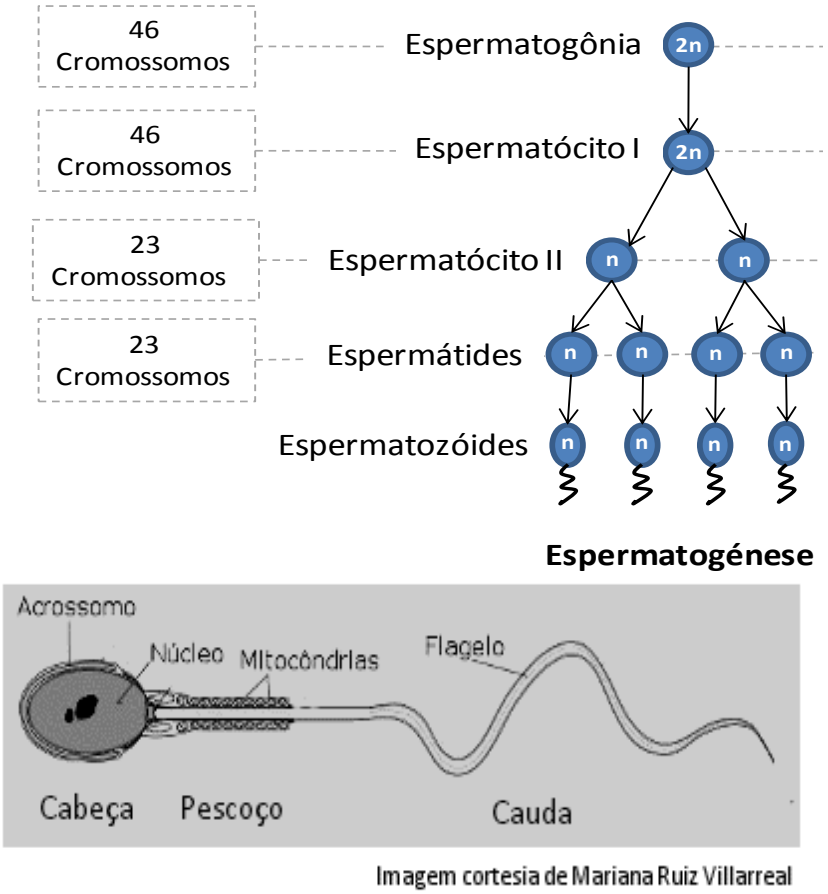


Figura 10. Espermatogénese. Espermatozóides.

4.3 **Regulação hormonal do aparelho genital**. É efectuada mediante a interacção de diferentes hormónios produzidos no hipotálamo, na hipófise anterior e no próprio testículo, e que produzem uma cadeia de estímulos com retroalimentação negativa (o último estímulo da cadeia regula o sistema inibindo os primeiros passos da cadeia).

Todo o sistema começa a funcionar durante a puberdade e permanece activo durante toda a vida adulta.

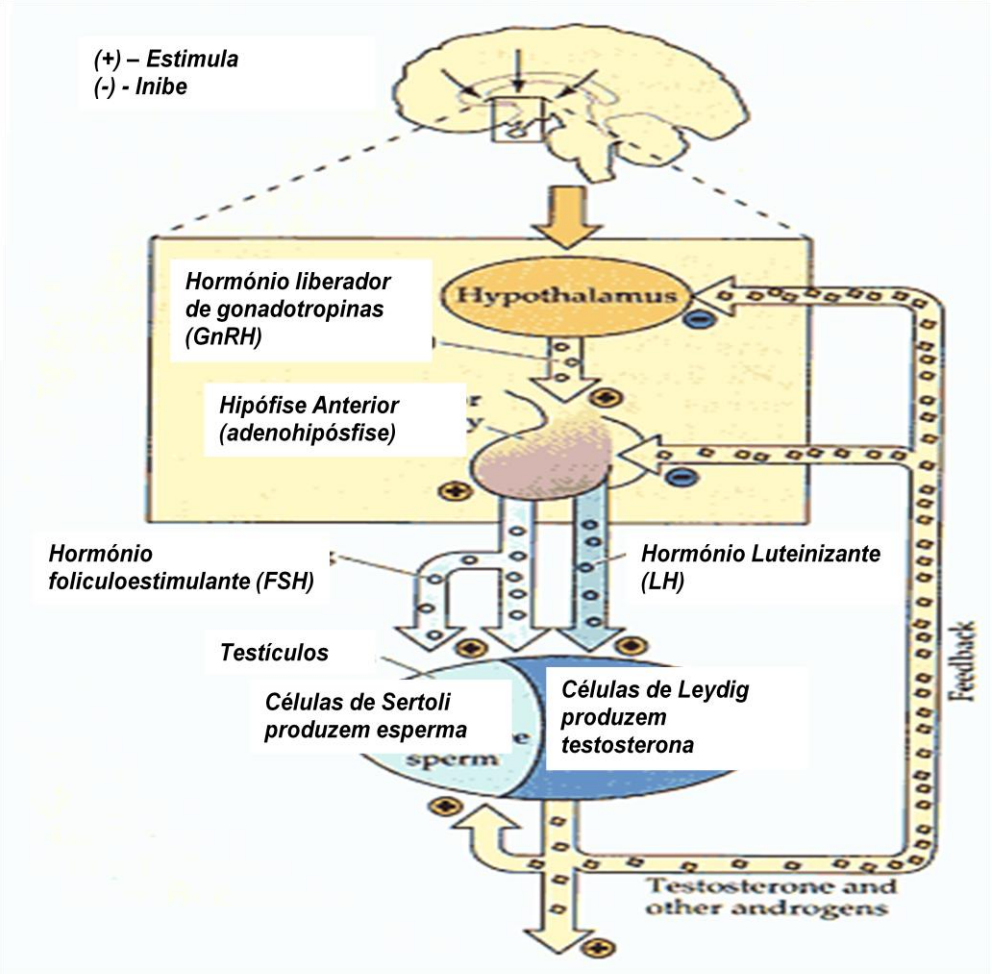
4.3.1 O hipotálamo secreta o ***hormónio liberador de gonadotropinas (GnRH)***, quando o nível de testosterona circulante no sangue é baixo.

4.3.2 A hipófise anterior secreta os ***hormónios luteinizante (LH) e folículo estimulante (FSH)***, perante o estímulo do GnRH. Cada uma tem um efeito diferente:

- LH estimula a formação de testosterona pelas células intersticiais (Leydig) do testículo.
- FSH estimula às células de suporte (Sertoli) para que promovam a espermatogenese nos túbulos seminíferos.

4.3.3 A ***testosterona*** é o principal hormónio sexual masculino, produzido nos testículos a partir da puberdade. As suas funções são:

- Estimulação das células germinativas à se diferenciarem no processo de espermatogenese.
- Estimulação do desejo sexual (libido), pela estimulação dos centros do sistema nervosos central.
- Estimulação do crescimento ósseo e muscular do corpo, por aumento da síntese de proteínas.
- Estabelecimento e manutenção dos caracteres sexuais secundários masculinos.
- Estimulação da função dos órgãos sexuais acessórios (próstata, vesículas e seminais).
- Inibição da secreção de FSH e LH pela hipófise anterior.



http://berkeley.edu/news/media/releases/2006/02/images/repro.gif

Figura 11. Regulação hormonal do sistema reprodutor masculino

4.4 **Caracteres secundários masculinos**. A chegada do período fértil no homem, caracterizado pelo começo da espermatogénese na adolescência e do sistema hormonal de regulação da função sexual, é acompanhada por uma série de modificações do organismo masculino que indicam o fim da etapa de crescimento juvenil. Incluem:

- Distribuição do músculo e gordura corporal, com aumento dos músculos nos membros e no tórax.
- Distribuição do pelo, com crescimento nos antebraços e pernas, principalmente, e linha de inserção do cabelo na cabeça.
- Modulação da voz, com sons mais graves, por um alargamento da laringe.
- Endurecimento da pele.
- Transpiração odorosa, pelas glândulas apócrinas axilares e púbicas.

4.5 **Função sexual.** O sistema reprodutor masculino tem a função de fertilizar o óvulo. Para isso, precisará de depositar o sémen no aparelho reprodutor feminino durante uma relação sexual.

No homem, a relação sexual ou coito supõe um progressivo aumento da excitação sexual que culmina com a expulsão de sémen pela uretra e se realiza em três fases:

4.5.1 ***Erecção***. É o aumento de tamanho e consistência do pénis, necessário para penetrar na vagina para depositar o sémen. Ocorre por um estímulo parassimpático que dilata as artérias que suprem o pénis, permitindo a entrada de sangue a pressão nos corpos esponjosos e cavernoso, dilatando-os e endurecendo-os.

4.5.2 ***Emissão***. É a passagem do sémen desde as vesículas seminais até a uretra prostática, onde se mistura com o líquido prostático. Ocorre por um estímulo simpático, que se desencadeia quando existe uma suficiente excitação sexual.

4.5.3 ***Ejaculação***. É a expulsão de sémen pela uretra, que se produz como fase final da excitação sexual. Ocorre pela contracção involuntária dos músculos do períneo, por um reflexo medular, independente do cérebro.

- A ejaculação coincide habitualmente com a última fase da excitação sexual, o *orgasmo*, sensação de prazer intenso. Pode existir ejaculação sem orgasmo, e inclusive, sem erecção.

4.5.4 **Sémen.** Em cada ejaculação, é ejectado entre 2 e 4 ml de sémen. O sémen é um líquido branco, mucoso, ligeiramente alcalino (pH: 7,3 - 7,5) que contém cerca de 20-40 milhões de espermatozóides por ml destes em condições normais, cerca de 70% são móveis. A maior parte do volume líquido provém das vesículas seminais (60-70%) e da próstata (20-30%), rico em carbohidratos, lípidos e electrólitos.

BLOCO 5: PATOLOGIA DO APARELHO GENITAL MASCULINO

5.1 O aparelho genital masculino, pelo seu complicado desenvolvimento embriológico, está sujeito a várias **malformações congénitas**. As mais frequentes são:

5.1.1 ***Criptorquídia***. Defeito na descida dos testículos desde o retroperitónio onde são formados, até ao saco escrotal. Os testículos quando não descem podem-se localizar no abdómen, pélvis ou ao longo do canal inguinal.

- Como parte do exame clínico de rotina dos recém-nascidos e dos lactantes deve constar o exame escrotal e palpação dos testículos na sua posição.

- Se não se corrige cirurgicamente antes da puberdade, os testículos não se desenvolvem correctamente, e o homem sofrera de esterilidade (incapacidade para produzir espermatozóides viáveis que possam fecundar um óvulo).

5.1.2 ***Patologia da vaginal do testículo***, ocorre por falta de encerramento do processo vaginal (caminho de descida do testículo desde o retroperitóneo até o escroto) e persistência da sua comunicação com o peritóneo, dando diferentes alterações anatómicas: hérnia congénita, hidrocélo e quistos do cordão.

5.1.3 ***Malformações da uretra***. Como a desembocadura anormal do meato urinário, quer na zona dorsal do pénis (epispádias), quer na zona ventral (hipospádias), que no caso de serem severas, podem comprometer a ejaculação normal.

5.1.4 ***Estados intersexuais***. É um grupo amplo de sindromas congénitos em que o desenvolvimento do aparelho reprodutor e/ou o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários não é normal, originando indivíduos com anomalias anatómicas e geralmente estéreis.

5.2 **Infecções de transmissão sexual (ITS)**. São infecções que se transmitem por contacto sexual. São a patologia adquirida (não congénita) mais frequente do aparelho genital masculino no nosso meio.

5.2.1 São muito variadas dependendo do agente causador: bactérias (causam a ***sífilis*** ou ***gonorreia***), vírus (provocam a ***herpes genital***), fungos (como ***cândidas***) ou parasitas (como ***clamídias***).

5.2.2 As ITS podem provocar inflamação aguda ou crónica, mais ou menos severa, a distintos níveis do aparelho genital, nomeadamente: uretra (***uretrite***), próstata (***prostatite***), testículo (***orquite***),… Nos casos crónicos severos, a função reprodutora pode estar comprometida, chegando-se à esterilidade.

5.3 **Impotência** é a incapacidade do pénis para manter a erecção, tornado impossível a relação sexual. É uma patologia muito frequente, embora por motivos sociais, é pouco reconhecida pelos próprios pacientes e pouco consultada na clínica habitual. Pode ser devida a muitos factores, especialmente nervosos, cardiovasculares e psicológicos.

5.4 **Esterilidade** é a falta ou a incapacidade do espermatozóide fecundar o óvulo. Impotência e esterilidade são conceitos diferentes que não devem ser associados.

5.4.1 A esterilidade é o resultado final de muitas diferentes patologias: alterações hormonais, patologias gerais crónicas e graves, infecções de transmissão sexual, defeitos congénitos, problemas cardiovasculares crónicos,…

5.4.2 O estudo clínico da esterilidade é muito complexo e é motivo de preocupação para o casal, pois por vezes pode haver incompatibilidade entre os conjugues.

5.5 **Prostatismo**. Fisiologicamente, a próstata do homem cresce com a idade. Devido a sua localização no colo da bexiga, e se o crescimento for excessivo, pode chegar a ser um obstáculo para a micção, que se manifesta como uma diminuição da força do jacto urinário até uma paragem completa desta, provocando uma obstrução urinária, que deve ser resolvida, pois se não, a urina se acumula retrogradamente provocando lesões no rim que levariam a insuficiência renal e morte.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 O aparelho genital ou sistema reprodutor é um grupo de órgãos responsáveis pela produção de novos indivíduos da mesma espécie, a partir dos gâmetas, células germinativas sexuais masculinas e femininas.

6.2 O aparelho genital masculino produz gâmetas masculinos, os espermatozóides, que introduzirá no aparelho genital feminino durante a relação sexual, para a fecundação do gâmeta feminino, o óvulo.

6.3 O aparelho genital masculino consta de um par de gônadas produtoras de espermatozóides, os testículos, e diferentes estruturas genitais de apoio para a fecundação: ducto deferente, vesículas seminais, próstata, uretra e pénis.

6.4 Os testículos são duas glândulas ovóides situadas no escroto. São composto por túbulos seminíferos com células germinativas que produzem espermatozóides e por um interstício que produz hormónios masculinos.

6.5 Os espermatozóides formados nos testículos passam pelos ductos deferentes até as vesículas seminais e próstata, onde formam o sémen e completam a maturação e lhes são atribuídos a capacidade para fecundação.

6.6 A regulação do aparelho genital realiza-se pela interacção de um sistema hormonal, composto por hôrmónios do hipotálamo, hipófise anterior e testículo, que controlam a espermatogenese, o desenvolvimento e manutenção do aparelho genital masculino e dos caracteres sexuais secundários.

6.7 O coito ou relação sexual é a penetração do pénis do homem na vagina da mulher para depositar o sémen, que irá fecundar o óvulo. A relação sexual no homem compreende três fases: erecção do pénis, emissão e ejaculação do sémen.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	33
Tópico	Aparelho Genital Feminino	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Aparelho Genital Feminino	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica.
2. Descrever a anatomia do aparelho genital feminino.
3. Descrever a estrutura da glândula mamária.
4. Descrever a estrutura do útero.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Aparelho Genital Feminino: Generalidades		
3	Anatomia do Aparelho Genital Feminino		
4	Anatomia da Mama		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: APARELHO GENITAL FEMININO: GENERALIDADES

2.1 O **aparelho genital feminino**, bem como o masculino, têm a função de perpetuar a espécie. deste modo, o aparelho genital feminino é responsável por:

2.1.1 Produção de gâmetas femininos (óvulos) pela gônada feminina, o ovário. que serão fertilizados pelos espermatozóides.

2.1.2 Desenvolvimento do(s) novo(s) individuo(s) no interior do útero, desde o ovo fecundado, através das fase embrional e fetal, até que o feto esteja suficientemente maduro para a vida extra-uterina.

2.1.3 Sobrevivência e desenvolvimento inicial do recém-nascido, mediante a produção de leite pela glândula mamária. O *leite* contém todos os nutrientes que o recém-nascido (“lactante”) precisa para a sua alimentação durante a primeira fase da sua vida, até juntar novos alimentos para começar uma alimentação mais diversificada (a partir do sexto mês: desmame).

2.2 O aparelho genital feminino é constituído por órgãos externos e órgãos internos. O órgão externo é a vulva. Os órgãos internos são: vagina, útero, tubas uterinas e ovários (gónada feminina). Existem também os órgãos reprodutores acessórios: as mamas.

2.2.1 ***Gónada feminina***: par de *ovários*, situados na pélvis.

- Os ovários produzem os gâmetas femininos, óvulos, e diferentes hormónios responsáveis pelo desenvolvimento e regulação das funções do aparelho genital.

2.2.2 ***Genitais internos***, que incluem:

- *Útero*, órgão único central na pélvis, no qual o embrião crescerá durante cerca de 40 semana (a contar da última menstruação), até o parto.
- *Tubas uterinas (de Falópio)*, que comunicam a pélvis com o útero, para permitir a entrada dos óvulos formados nos ovários.
- *Vagina*, órgão copulador tubular e único, aberto ao exterior no períneo, onde é depositado o sémen masculino para a fertilização dos óvulos.

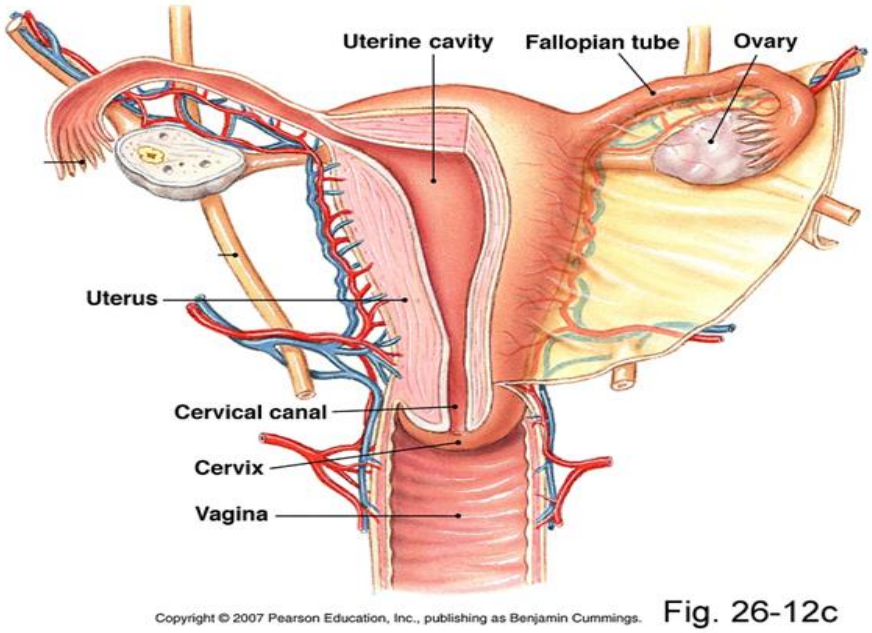
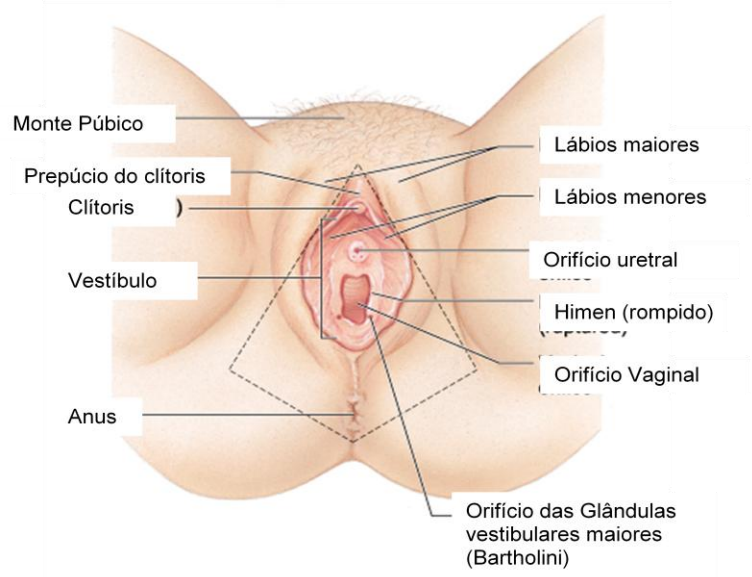


Figura 1. Órgãos Genitais Internos Femininos

2.2.3 ***Genitais externos***, várias estruturas, chamadas *vulva* (o seu conjunto), que incluem: lábios maiores, lábios menores, vestíbulo, clítoris e hímen.



http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/Anatomy%20&%20Physiology/2020/2020%20Exam%20Reviews/Exam%205/vulva%20diagram.jpg

Figura 2. Vulva – Órgãos genitais externos

2.2.4 ***Órgão sexual acessório***: *Mamas ou Glândulas Mamárias*.

2.3 **Embriologia do aparelho genital feminino.** Como no aparelho masculino, os órgãos do aparelho feminino têm diferentes origens embrionárias, partilhando estruturas com o aparelho urinário e digestivo. A origem dos órgãos sexuais femininos e masculinos é a mesma. O desenvolvimento das características masculinas é determinado pela acção hormonal.

2.3.1 Os ovários provêm do mesodermo intermédio, em particular da mesma estrutura que dá origem também aos rins.

2.3.2 Os genitais internos provêm do mesónefros, que originam as tubas e que se fundem distalmente para formar as estruturas únicas centrais (útero e vagina).

2.3.3 A vulva forma-se a partir da cloaca (extremo distal do intestino posterior), que se divide numa parte anterior (seio urogenital: uretra e vagina), e uma parte posterior, que será o recto e ânus.

- As estruturas vulvares assemelha-se com as dos genitais masculinos, mas desenvolvem-se de outra forma por falta de testosterona nas primeiras fases do desenvolvimento embriológico do sexo feminino. Assim, o clítoris corresponde com o pénis, e os lábios maiores com o escroto.

BLOCO 3: ANATOMIA DO APARELHO GENITAL FEMININO

3.1 **Ovários**. São glândulas pares e simétricas de forma de amêndoa, de cerca de 4 cm, localizadas na pélvis, em ambos lados do útero.

3.1.1 São incluídos numa prega de peritónio que se forma na parede posterior dos ligamentos largos do útero. Esta prega tem três partes:

- Medial: ligamento próprio do ovário, que o une a parede lateral do útero;
- Anterior: mesovário, que une o ovário com o ligamento largo; e
- Lateral: ligamento suspensório, que une o ovário com a parte lateral da tuba, e por onde entra a vascularização e inervação para o ovário.

3.1.2 Histologicamente é constituído por:

- *Camadas de protecção exterior*: exterior (peritónio parietal) e interior ou albugínea (fibrosa).
- *Cortical*, onde se encontram os gametes femininos, incluídos em estruturas quísticas, os folículos, em diferentes estados de desenvolvimento *(vide aula 34)*.
- *Medular*, conjuntivo estrutural e de suporte para passagem de vasos e nervos.

3.1.3 Suas funções são:

- Desenvolvimento e libertação de gâmetas femininos (óvulos). Os óvulos têm um processo de maturação cíclica que acontece em cada 28 dias aproximadamente. No fim deste processo é libertado a cavidade pélvica um único óvulo maturo, que é captado pelas fímbrias das trompas uterinas e transportado em direcção ao útero ao encontro de espermatozóides que podem-no fertilizar.
- Produção de hormónios sexuais femininos, que regulam a função e o ciclo do aparelho genital.

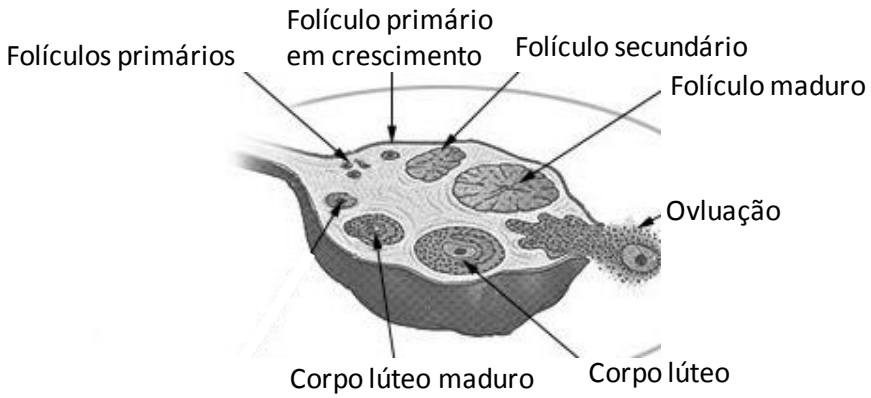


Figura 3. Ovário.

3.2 **Útero**. Órgão único que ocupa o centro da pélvis, entre bexiga e recto. Trata-se duma estrutura com forma de pêra invertida, de cerca de 8 cm de comprimento, de estrutura principalmente muscular com uma cavidade central, a *cavidade uterina*, onde cresce o embrião durante a gravidez.

3.2.1 A sua estrutura triangular invertida tem três partes:

- uma base superior, o *fundo*, que acaba lateralmente nas tubas uterinas (vértices da base do triângulo);
- zona central do órgão, o *corpo*, entre base e vértice
- e um vértice inferior arredondado, o *cérvix ou colo uterino*, que se insere na parte superior da vagina.

3.2.2 É um órgão relativamente livre de movimentos, que fica acima da bexiga quando está vazia. Normalmente, o útero faz um ângulo de 90º graus com a vagina. Esta posição é chama-se anteversão, Em algumas mulheres, o útero fica posteriormente sobre o recto, na posição chamada de retroversão.

3.2.3 É fixado à parede pélvica por:

- Ligamentos cardinais (2) e uterossacrais (2), que fixam elasticamente o colo uterino ás paredes laterais e posteriores da pélvis, respectivamente.
- Ligamentos redondos, desde a base das tubas até a parede lateral pélvica superior.
- Ligamentos largos, grandes pregas entre o peritónio parietal das paredes laterais pélvicas e o peritónio visceral que recobre o útero.

3.2.4 No útero se podem diferenciar três camadas:

- Camada externa, que é *peritónio visceral*, que o recobre totalmente, menos a parte antero-inferior, que está em estreito contacto com a parede posterior da bexiga. Continua lateralmente nos ligamentos largos, anteriormente no peritónio visceral da bexiga (formando o recesso vésico-uterino) e posteriormente no peritónio visceral do recto (formando o recesso recto-uterino ou saco de Douglas).
- Camada média ou *miométrio*, de músculo liso, que ocupa quase todo o volume do útero, mediante feixes de fibras entrelaçadas em diferentes orientações, formando três camadas pouco diferenciadas.
- Camada interna ou *endométrio*, mucosa de recobrimento da cavidade uterina que inclui uma base conjuntiva muito vascularizado e um epitélio cúbico simples. Tem mudanças cíclicas na sua estrutura, dirigidas por factores hormonais *(vide* Aula 34).

3.2.5 A vascularização provém das artérias e veias uterinas, ramos das ilíacas internas, que entram pelos ligamentos largos a altura do colo, próximos aos ureteres. Tem trajecto ascendente ao longo dos bordos laterais do útero, dando ramos para todo o órgão, acabando em ramos para as tubas. Inferiormente comunicam com as artérias vaginais.

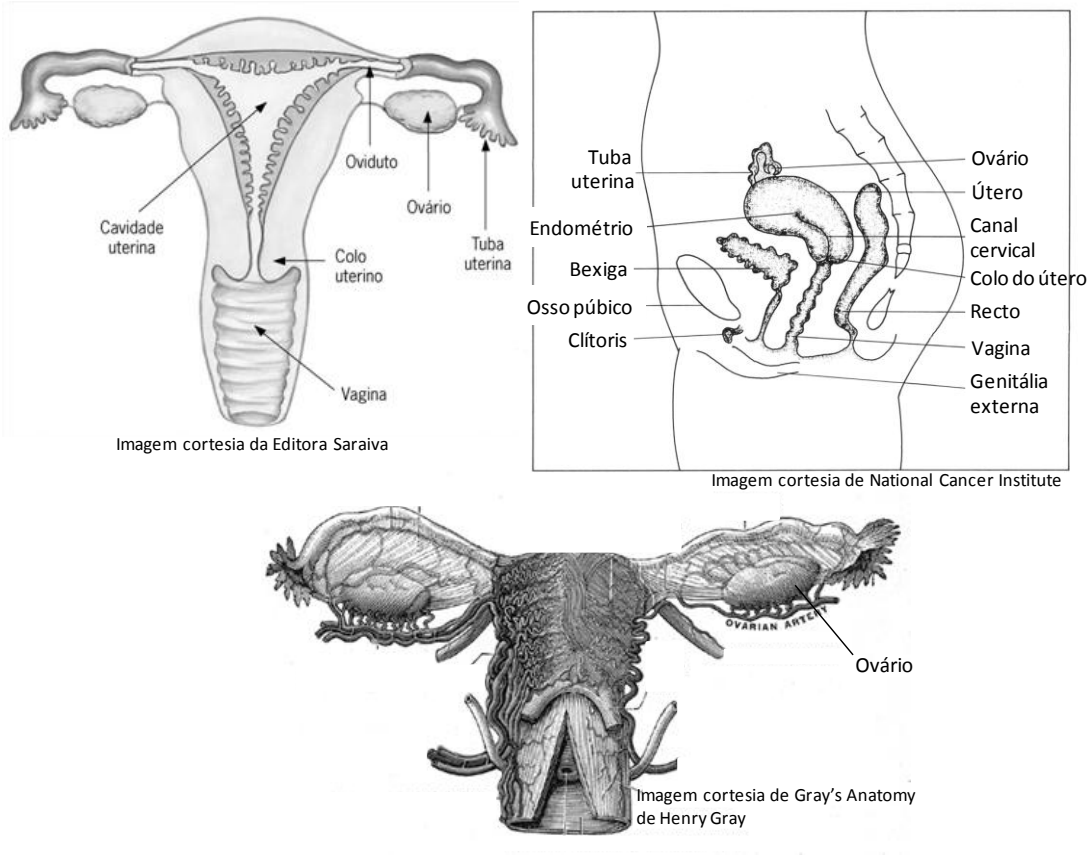


Figura 4. Vagina, útero, e tubas de Falópio (vista anterior, corte sagital e vista posterior).

3.3 **Tubas uterinas (de Falópio)**. São dois tubos musculares de cerca de 10 a 12 cm de comprimento, incluídos no bordo superior dos ligamentos largos. Partem dos vértices superiores do útero, até um extremo livre que se abre na cavidade peritoneal.

3.3.1 Podem-se identificar vários segmentos:

- *Istmo*, extremo proximal, que está incluído no miométrio e se abre na cavidade uterina.
- *Ampola*, segmento médio, já fora do útero até o extremo distal.
- *Infundíbulo*, dilatação distal da tuba, curvada postero-inferiormente (em direcção ao ovário), da qual partem as *fímbrias*, múltiplas projecções com forma de dedos, formando um cálice.

3.3.2 A função das tubas é a captação (pelas fímbrias) do óvulo libertado pelo ovário e seu transporte até a cavidade uterina, para se implantar e crescer no caso de ter sido fecundado por um espermatozóide.

- Normalmente a fecundação ocorre no interior das tubas, durante o percurso do óvulo desde a cavidade pélvica até a uterina.

3.4 **Vagina**. É um canal tubular muscular elástico de cerca de 8 a 10 cm, que se estende desde o colo do útero ao períneo, onde se abre ao exterior na vulva.

3.4.1 O colo do útero se introduz parcialmente na vagina, criando uns recessos, os *fórnix anterior e posterior*. Pela posição de anteroversão do útero, a parede vaginal anterior é mais curta que a posterior.

3.4.2 É um órgão situado posteriormente à bexiga e anteriormente ao recto, totalmente extra-peritoneal excepto a parte superior da sua parede posterior, o fórnix posterior, que se relaciona com o saco de Douglas, o qual tem importância clínica, por ser este o ponto mais

declive da cavidade peritoneal (de pé e em decúbito), onde se deposita líquido peritoneal patológico (por ex., sangue ou pus).

3.4.3 É um tubo muito elástico, que normalmente está colapsado e aplanado antero-posteriormente, mas que pode chegar a dilatar grandemente, como durante o parto. Tem duas camadas:

- Interna, de tecido conjuntivo muito laxo e eréctil (capaz de se engrossar com a chegada de sangue), revestido de epitelio estratificado plano não queratinizado. Forma pregas transversais.
- Externa, de músculo liso, que confere a sua dilatabilidade.

3.4.4 Está vascularizada pelos vasos vaginais, prolongamentos inferiores dos uterinos, que percorrem os bordos laterais da vagina.

- Tem uma importante drenagem linfática para as cadeias ganglionares inguinais (a parte inferior e vulva) e ilíacas (parte média, superior e cérvix uterino).

3.4.5 Tem duas funções:

- Recebe o pénis durante a cópula, sendo o lugar de depósito do sémen durante a ejaculação (principalmente no fórnix posterior).
- É via de passagem entre o útero e o exterior, pelo que faz parte do canal do parto e é via para a eliminação de líquidos menstruais.

3.5 **Vulva**. Representa os órgãos genitais externos, onde se abre a vagina e a uretra (vide figura 2). Inclui:

3.5.1 ***Monte púbico (ou de Vénus)*** e ***lábios maiores***, estruturas exteriores da vulva, anterior e pregas laterais respectivamente, acolchoadas com tecido adiposo, cobertas de pele com pelos (na parte externa), que fecham a vulva.

3.5.2 ***Lábios menores***. Pregas laterais finas, por dentro dos lábios maiores, que se juntam anteriormente na base do clítoris e posteriormente na linha média do períneo.

- Delimitam um espaço chamado ***vestíbulo*** da vagina. Na parte anterior do vestíbulo abre-se a uretra.
- São constituídos por pele muito fina, sem pelos, e são bem lubrificados pela secreção mucosa das ***glândulas vestibulares maiores ou de Bartholin***, que são duas pequenas estruturas latero-posteriores ao vestíbulo, responsáveis principais da secreção lubrificante durante a relação sexual.
- Existem também múltiplas **glândulas menores**, microscópicas, em volta do vestíbulo, que ajudam na lubrificação.

3.5.3 ***Clítoris***. É uma estrutura de tecido eréctil (correspondente embriológico feminino do pénis e semelhante internamente aos corpos cavernosos do pénis,) que se situa na união anterior dos lábios menores, imediatamente anterior ao meato uretral.

- Está amplamente inervado (parassimpático) e é fundamental na excitação da mulher durante o coito, estímulo que provoca uma maior secreção das glândulas vestibulares para a lubrificação da entrada vaginal que facilita a cópula.

3.5.4 ***Hímen***. É uma prega membranosa que fecha parcialmente a vagina, separando-a do vestíbulo. Com as primeiras relações sexuais, o hímen rasga e retrai até deixar restos de tecido cicatrizal (*carúnculas himenais*).

3.5.5 A vulva ocupa a parte anterior do períneo da mulher e está separada do ânus, que ocupa a parte posterior, pela zona inferior do tabique vagino-rectal, onde se encontra a parte anterior dos esfíncteres anais. É uma zona muito sensível a lacerações durante o parto, sobretudo na sua parte posterior, que podem conduzir a lesões crónicas, como a incontinência anal.

3.5.6 A vulva tem uma dupla função como porta do aparelho genital feminino:

- protecção da entrada da vagina, contra microrganismos, corpos estranhos e
- facilitação da entrada do penis durante a cópula, mediante a sua lubrificação.

BLOCO 4: ANATOMIA DA MAMA

4.1 As **Mamas ou Glândulas Mamárias** são órgãos pares da mulher, capazes de produzir e excretar leite. Nos homens, aparecem como estruturas residuais, atróficas, sem função.

4.1.1 Aspecto externo. Encontram-se subcutaneamente na parede anterior do tórax, sobre os músculos peitorais maiores. São circundadas por tecido adiposo, que dá a forma tipicamente arredondada das mamas. Na pele que as recobre, tem uma zona central, o ***mamilo***, que contém a ***papila mamária***, lugar por onde drena o leite, e a ***aréola***, zona periférica circular, de pele mais pigmentada.

4.1.2 Estrutura interna. O tecido glandular é composto por 15 a 20 ***lóbulos***, separados por tabiques fibroadiposos.

- Cada lóbulo é composto de múltiplos ***alvéolos***, massas de células glandulares, drenadas por ramos que vão confluindo até se abrirem a um único ducto lactífero para cada lóbulo.
- Os ***ductos lactíferos*** conduzem o leite até o mamilo, em baixo do qual se dilatam em cavidades capazes de armazenar leite (***seios lactíferos***). Finalmente os ductos drenam a sua secreção à papila mamária, estrutura comum a todos os lóbulos.
- Em alguns indivíduos existem mamilos sobrenumerários, geralmente rudimentares, situados ao longo de duas linhas mamárias (entre as clavículas e as virilhas), que correspondem às linhas de implantação das mamas na maioria dos mamíferos. São resíduos da evolução sem significado patológico.

4.1.3 As mamas são vascularizadas desde a artéria mamária interna, da parede torácica e tem uma importante rede de drenagem linfático, de muita importância clínica.

- A maior parte da drenagem linfática da mama faz-se às cadeias ganglionares pectorais, axilares e supraclaviculares, estações sucessivas de um mesmo sistema.

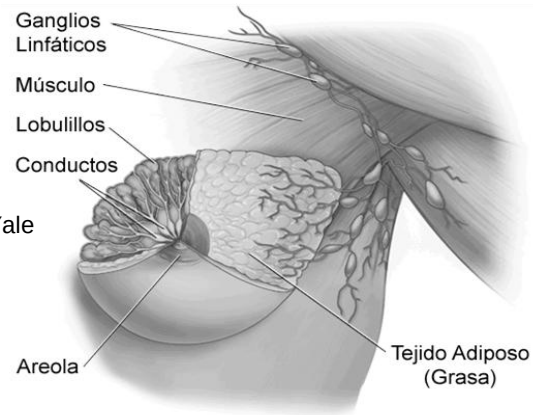


Imagem cortesia da Universidade de Yale

Figura 5. Glândula mamária.

4.2 **Ciclos anátomo-funcionais das mamas.** As mamas desenvolvem-se apenas na adolescência, sob a influência dos hormónios femininos (estrogénios), ficando com o tecido glandular parcialmente desenvolvido e aquiescente (sem função activa) até a gravidez.

4.2.1 Durante a gravidez, e sob o estímulo dos hormónios da gestação, as mamas crescem, mediante:

- Aumento do número e tamanho dos alvéolos e da ramificação dos diferentes ductos de cada lóbulo, assim como do tecido adiposo de sustentação.
- Armazenamento progressivo (no fim da gravidez) da secreção (*leite primário ou colostro)*, que é de cor acastanhado e relativamente pobre em gordura e muito rico em proteínas.

4.2.2 Durante a lactação, período em que o recém-nascido é alimentado com o leite materno, o próprio amamentar é o estímulo para que um sistema neuro-hormonal (mediado por hipotálamo e neurohipófise) mantenha a capacidade da mama em produzir o leite.

- A interrupção prolongada da lactação inibe o sistema neuro-hormonal, pelo que a mama regressa pouco a pouco à sua estrutura normal.

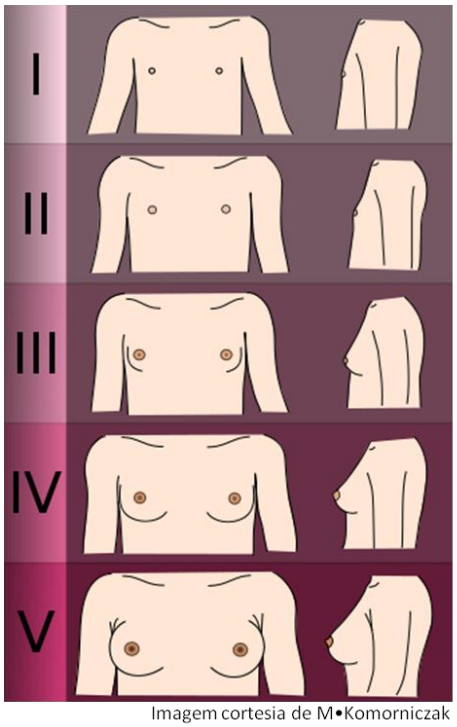


Imagem cortesia de M•Komorniczak

Figura 6. Desenvolvimento da mama.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 O aparelho genital feminino tem como finalidade gerar novos indivíduos, a partir da união de gâmetas masculino e feminino.

5.2 O aparelho genital feminino consta de um par de gónadas produtoras de óvulos, os ovários, e diferentes estruturas genitais de apoio: útero, tubas, vagina, vulva e mamas.

5.3 Os ovários são duas glândulas ovóides situadas na pélvis, com um parênquima composto por células germinativas em diferentes fases de desenvolvimento, e é capaz de secretar hormónios femininos que regulam o aparelho genital.

5.4 O útero é um órgão muscular oco, pélvico, onde cresce o embrião desde que é uma célula (ovo) até que é um indivíduo completo com capacidade de desenvolver funções básicas de maneira independente (feto a término).

5.5 As tubas são ductos que comunicam a cavidade pélvica com a uterina, nos quais os óvulos podem ser fecundados e se deslocam em direcção ao útero.

5.6 A vagina é um canal muscular que se encontra entre a vulva, que se abre para o exterior, e o colo do útero. É o órgão copulador da mulher, onde é depositado o sémen durante a ejaculação.

5.7 A vulva inclui uma série de estruturas com função de protecção da entrada da vagina e de facilitação da entrada do pénis durante a cópula.

5.8 As mamas são glândulas pares capazes de produzir e excretar leite para alimentação do recém-nascido, quando são suficientemente estimuladas por factores neurohormonais presentes no fim da gravidez e durante a lactação.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	34
Tópico	Aparelho Genital Feminino	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia do Aparelho Genital Feminino	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Explicar a função do ovário como glândula endócrina
2. Descrever o processo da ovogénese e fecundação
3. Definir a menarca, o período fértil e a menopausa
4. Descrever os processos de ovulação e menstruação
5. Listar exemplos de alterações comuns do aparelho genital feminino

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Ciclo ovárico. Ovogenese		
3	Ciclo Menstrual		
4	Regulação do Ciclo Feminino		
5	Patologia do Aparelho Genital Feminino		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: CICLO OVÁRICO - OVOGÉNESE

2.1 **Conceitos básicos** que devem-se conhecer para poder entender a fisiologia reprodutora feminina.

2.1.1 A diferença do que acontece no sexo masculino, em que a produção de gâmetas é enorme e continua, a partir da adolescência e durante toda a vida, na fêmea a produção de gametes é limitada a 400-500 durante toda a vida.

- A expulsão de gametes maduros pelos ovários depende de ciclos, chamados ***ciclos menstruais***. Tais ciclos ocorrem aproximadamente em cada 28 dias e são regulados por complexas interacções hormonais, permitindo, normalmente, a maturação e libertação de um único gâmeta.

2.1.2 As células germinativas primárias se formam já no ovário fetal, mas ficam paradas na primeira divisão meiótica até a puberdade, em que começam, de uma maneira cíclica a desenvolver e a liberar gâmetas maduros, os óvulos.

- Em cada ciclo feminino se produz em geral um único óvulo que é libertado pelo ovário (***ovulação***).
- Igualmente em cada ciclo, sempre que o óvulo não seja fecundado, o endométrio sofre uma série de alterações cíclicas que levam à sua degeneração e expulsão (***menstruação***) e sua posterior regeneração.
- O primeiro dia de menstruação (primeiro dia que a mulher tem sangramento vaginal) se considera o dia 1 do ciclo menstrual, relacionando os outros eventos do ciclo com esta referência.

2.1.3 ***Menarca*** é o começo da idade reprodutora na mulher. Acontece, na maioria dos casos, entre os 11 e 14 anos, controlada por uma série de fenómenos hormonais que provocam o início da função reprodutora no ovário e no resto dos órgãos genitais, ocorrendo a primeira menstruação.

2.1.4 ***Menopausa*** é o fim da idade reprodutora da mulher. Nesta fase os ovários deixam de produzir óvulos viáveis e o endométrio para seus ciclos, desaparecendo a menstruação. Ocorre geralmente entre os 45 e 55 anos.

2.2 **Ovogénese**. É o processo de divisão e diferenciação das células germinativas primárias (*ovogónias*), que estão presentes nos ovários desde a época fetal, em gâmetas femininos maturos (*óvulos*), que são libertadas periodicamente na idade adulta *(vide também Aula 7).*

2.2.1 As ovogónias têm divisões mitóticas durante o segundo trimestre fetal, chegando a entrar na profase da primeira divisão meiótica, passando-se a chamar *ovócitos primários*, que ficam inactivos até a puberdade. Muitos deles atrofiam-se durante este tempo, restando cerca de 200.000 em cada ovário de uma mulher adulta.

2.2.2 Cada ovócito primário, situado na cortical do ovário, fica guardado num “ninho” de células epiteliais que o protegem, formando os *folículos primordiais*.

2.3 **Ciclo ovárico**. Na puberdade, pelo estímulo hormonal do FSH (Hormónio Folículo Estimulante) da hipófise anterior, começam os ciclos ováricos, que duram 28 dias de cada mês, um ovócito

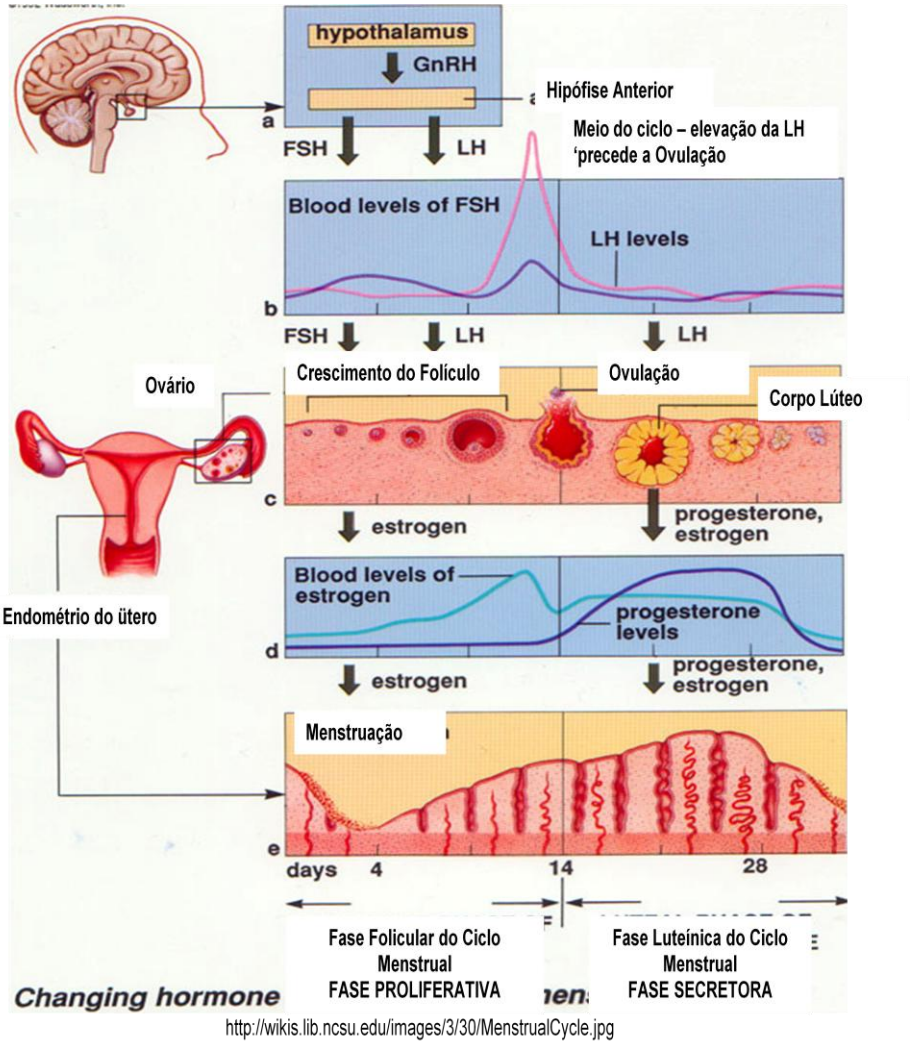
primário continua sua divisão meiótica até formar um único gâmeta feminino e três células atróficas, os *corpos polares.*

O ciclo ovárico tem duas fases principais:

2.3.1 ***Fase folicular***, desde o dia 1 do ciclo (início da menstruação), em que o folículo correspondente começa a desenvolver até o dia 14 aproximadamente, em que o óvulo (ovócito secundário) ainda imaturo é libertado do ovário (processo chamado ovulação), captado e alojando-se na trompa de Falópio.

2.3.2 ***Fase luteínica***, desde a ovulação até o fim do ciclo (início da seguinte menstruação). Nesta fase o folículo que resta depois da saída do ovócito secundário se converte numa estrutura sólida de cerca de 1 cm de diámetro chamada *corpo lúteo*, capaz de produzir hormónios que facilitam a gravidez.

- Se o óvulo (ovócito secundário) não for fecundado por um espermatozóide nos dias 10 a 12 depois da ovulação, o corpo lúteo degenera, formando uma cicatriz residual, reiniciando-se um novo ciclo.
- Se o óvulo for fecundado, o ovo resultante implantar-se-á no endométrio uterino, que começará a produzir *gonadotropina coriónica humana (hCG)*, hormónio produzido pelo corion (membrana externa do ovo fecundado) capaz de estimular (tropismo) o corpo lúteo (presente na gônada), evitando que degenere e por tanto, permitindo que continue a produzir hormónios para manter os processos fisiológicos do primeiro trimestre da gravidez.



http://wikis.lib.ncsu.edu/images/3/30/MenstrualCycle.jpg

Figura 1. Fases do ciclo menstrual e sua regulação hormonal

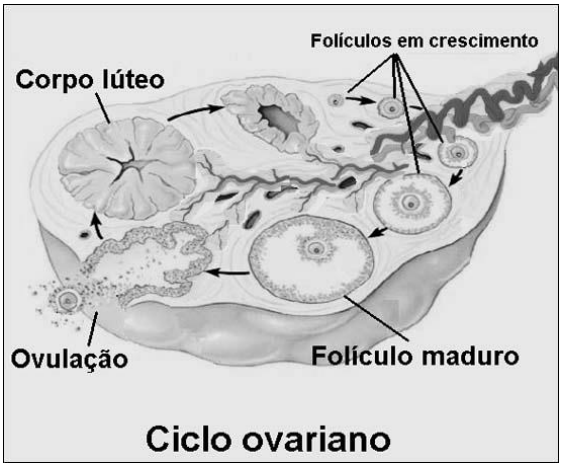


Imagem cortesia da Universidade Federal de São Paulo

Figura 2. Ciclo ovárico.

BLOCO 3: CICLO MENSTRUAL

3.1 Acompanhando o ciclo ovárico acontecem uma série de mudanças cíclicas na mulher com vista a preparar o corpo para uma possível gravidez.

3.1.1 Assim existem mudanças ligeiras nas secreções vestibulares, na vagina e nas glândulas mamárias.

3.1.2 Mudanças mais importantes e clinicamente patentes ocorrem no endométrio uterino, que correspondem com as fases do ciclo ovárico. Neste caso se fala de:

- Fase proliferativa endometrial, que corresponde com a fase folicular ovárica.
- Fase secretora endometrial, que corresponde com a fase luteínica ovárica.

Nota para o aluno: Vide figura 1 para acompanhamento do ciclo menstrual

3.2 **Fase proliferativa do endométrio**. O começo do ciclo menstrual (dia 1, correspondente ao início da fase folicular ovárica) está marcado pelo início da menstruação.

3.2.1 A ***menstruação*** é a descamação hemorrágica do endométrio maduro quando não é implantado por um ovo fecundado. Embora é a conclusão do processo de maduração que acontece no ciclo prévio, se considera o primeiro evento do novo ciclo, pois tem uma evidente manifestação clínica, a hemorragia vaginal, que dura uns 5 dias (normal entre 3 e 7 dias).

- O líquido menstrual é o endométrio necrótico desprendido e o sangue dos vasos endometriais superficiais.
- O endométrio descama a camada funcional (que cresce ao longo do ciclo menstrual), restando uma camada basal intacta, a partir da qual regenerar-se-á o endométrio no seguinte ciclo.

3.2.2 Quando acaba a menstruação (aproximadamente no dia 5 do ciclo), o endométrio basal restante começa-se regenerar (***re-epitelização***), espessando-se e vascularizando-se progressivamente, sob a influência dos hormónios ováricos, até o momento da ovulação (de ai o nome de fase proliferativa).

3.2.3 Nesta fase, as secreções cervicais e vaginais ficam leves e organizadas em fios (“filantes”), com a intenção de facilitar a passagem de espermatozóides da vagina ao útero.

3.3 **Fase secretora do endométrio**. O começo desta fase é marcado pela ovulação.

3.3.1 Nesta fase, o endométrio espessado na fase proliferativa, começa a diferenciar-se, sob a influência dos hormónios ováricos, num tecido maduro capaz de receber um ovo fecundado (implantação).

3.3.2 Se a implantação não acontecer, a queda da produção dos hormónios ováricos produzirá a necrose isquémica do endométrio, iniciando-se a sua descamação (menstruação) e portanto, um novo ciclo.

3.3.3 Nesta fase, as secreções cervicais e vaginais ficam grossas e mais aderentes, com a intenção de evitar a passagem de qualquer elemento para o útero, protegendo-o de infecções externas durante uma eventual gravidez.

BLOCO 4: REGULAÇÃO DO CICLO FEMININO

4.1 Todas as mudanças cíclicas acima descritas, denominadas como ciclo menstrual, que se repetem aproximadamente em cada 28 dias, são reguladas pela acção de diferentes hormónios:

- Gonadotropinas, secretadas pela hipófise anterior, que controlam a actividade do ovário. São o Hormónio Folículo Estimulante (FSH) e o Hormónio Luteinizante (LH).
- Estrogénios e Progesterona, produzidas pelo folículo ovárico, controlam as mudanças que se dão nos outros órgãos do aparelho genital, especialmente no endométrio uterino.

4.1.1 Estes hormónios são secretados em quantidades diferentes dependendo da fase do ciclo, e são capazes de provocar efeitos diferentes no aparelho genital feminino, todos têm a função de preparar a mulher para uma eventual gravidez, se o óvulo for fecundado.

Nota para o aluno: Vide figura 1 para acompanhamento da regulação hormonal do ciclo menstrual

4.2 **Ciclo hormonal.** Os eventos hormonais que acontecem ao longo do ciclo são:

4.2.1 ***Fase secretora***. A queda rápida de estrogénio e progesterona que acontece no fim do ciclo anterior, provoca durante os primeiros dias do novo ciclo, uma secreção intensa de FSH pela hipófise anterior (devida à suspensão da retro-alimentação negativa que os hormónios ováricos têm sobre a hipófise).

- A FSH estimula o crescimento e maturação do folículo ovárico.
- O folículo ovárico, conforme vai crescendo, vai produzindo quantidades maiores de estrogênios que liberta no sangue. Quando a concentração plasmática estrogénica chega a um certo pico, provoca uma libertação brusca de FSH e LH pela hipófise, sendo por tanto um dos poucos casos fisiológicos de retro-alimentação positiva.

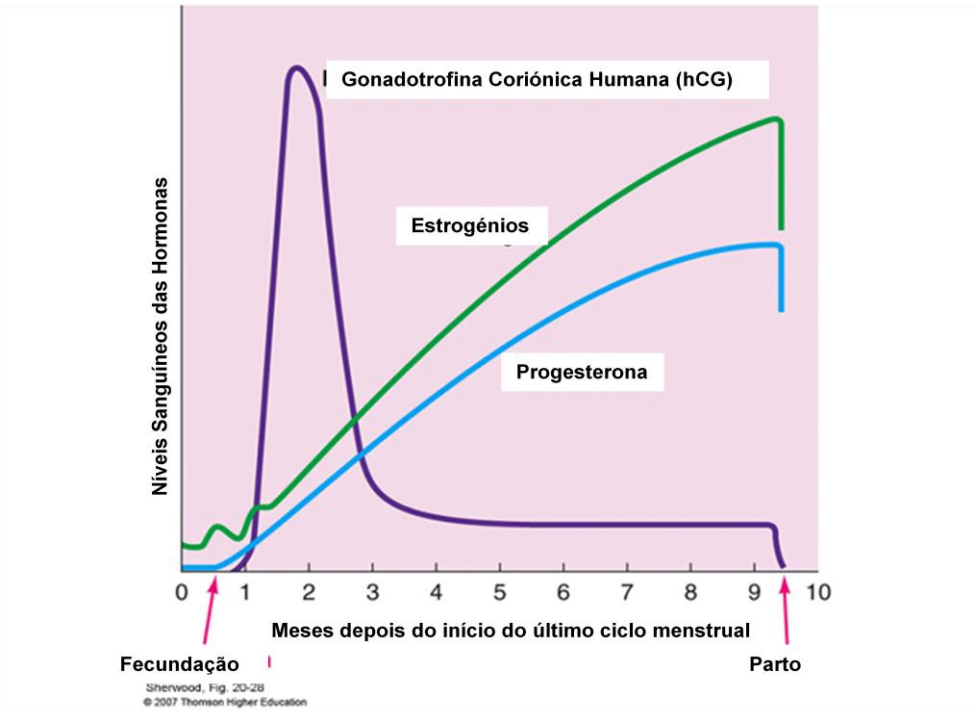
4.2.2 ***Ovulação***. A libertação brusca de LH provoca inicialmente a ovulação e depois a manutenção do corpo lúteo durante a fase luteínica.

4.2.3 ***Fase luteínica***. O corpo lúteo desenvolve durante a fase luteínica e vai secretando estrogênio (que atingem um segundo pico plasmático) e progesterona. Estes inibem à hipófise anterior, diminuindo a produção de FSH e LH.

4.2.4 Se não houver fertilização do óvulo por um espermatozóide, a queda de LH provoca a regressão do corpo lúteo, e com ele a queda rápida de estrogênio e progesterona, o qual é o estímulo desencadeante da menstruação, e portanto, do início de um novo ciclo.

4.2.5 Se houver fertilização, se produzirá a implantação do ovo fecundado num endométrio preparado para o efeito pela acção dos hormónios do corpo lúteo durante a fase luteínica.

- O endométrio, uma vez implantado o ovo fecundado, começa secretar hCG, hormónio que impede a regressão do corpo lúteo, permitindo a secreção contínua de estrogênio e progesterona, e impedindo o aparecimento da menstruação, permitindo o crescimento do embrião.
- A partir do fim do primeiro trimestre da gravidez, a placenta começa a secretar estrogênio e progesterona como maneira de manter a gravidez, assim o protagonismo do corpo lúteo diminui.



http://www.colorado.edu/intphys/Class/IPHY3430-200/image/figure2028.jpg
Imagem cortesia da Editora Saraiva

Figura 3. Regulação hormonal após fecundação (fertilização)

4.3 **Outras funções dos hormónios ováricos**. Os hormónios ováricos têm também outro tipo de efeitos no aparelho genital, além do controlo do ciclo menstrual, e sobre outros órgãos.

4.3.1 Os ***estrogênios*** são responsáveis pelo:

- Crescimento e maturação do útero e vagina durante a puberdade
- Aparecimento dos caracteres sexuais femininos (distribuição muscular, de gordura e de pelo) durante a puberdade
- Crescimento mamário (por divisão dos acinos glandulares) durante a puberdade e durante a gravidez.
- Sensibilização do útero no desencadeamento do parto. Parece que para a oxitocina poder ter acção sobre o parto, os seus receptores no útero tem que estar sensibilizados previamente pela acção de estrogénios.
- Estímulo da formação de matriz óssea. É por isto, quer dizer, pela caída das concentrações de estrogénios no sangue, que mulheres pós-menopáusicas têm maior tendência a osteoporose (diminuição do tecido ósseo, com tendência a fracturas ósseas).

4.3.2 A ***progesterona*** têm outras funções como:

- Manutenção da gravidez.
- Inibição das contracções do útero protegendo a gravidez.
- Crescimento mamário durante a gravidez (por desenvolvimento das células secretoras de leite), como preparação da lactação.

BLOCO 5: PATOLOGIAS DO APARELHO GENITAL FEMININO

5.1 O aparelho genital feminino apresenta também **malformações congénitas,** embora não sejam tão frequentes como no aparelho genital masculino. As mais frequentes são:

5.1.1 ***Hímen imperfurado***. O hímen fecha completamente a vagina, pelo que na menarca, não é possível eliminar o líquido menstrual das primeiras menstruações, acumulando-se de maneira dolorosa, primeiro na vagina (*hematocolpos*) e depois no útero (*hematometra*). A solução cirúrgica é simples (perfura-se o hímen).

5.1.2 ***Estados intersexuais***. É um grupo amplo de síndromas congénitos em que o desenvolvimento do aparelho reprodutor e/ou o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários não é normal, originando indivíduos com anomalias anatómicas: genitais externos indeterminados (pénis/clítoris e escroto/lábios) e internos escassamente desenvolvidos (indivíduos geralmente estéreis).

- Anomalias cromossómicas ligadas à falta de disjunção dos cromossomas sexuais (XY) provocam o nascimento de indivíduos com malformações sexuais graves e quase sempre estéreis. Por ex., indivíduos com genótipo XXY (sindroma de Klinefelter, com fenótipo masculino) e indivíduos com genótipo X0 (sindroma de Turner, com fenótipo feminino).

5.2 **Infecções de transmissão sexual (ITS)**. são infecções que se transmitem por contacto sexual, sendo a patologia adquirida (não congénita) mais frequente do aparelho genital feminino no nosso meio.

5.2.1 São muito variadas dependendo do agente causador:

- Bactérias, como as que causam a ***sífilis, gonorreia, clamidiase, linfogranuloma venéreo***,…
- Vírus, como os que causam os ***condilomas acuminados*** e o ***herpes genital***.
- Fungos como os que causam a ***candidíase***.
- Protozoários como o que provoca a ***tricomoníase***.

5.2.2 As ITS podem provocar inflamação aguda ou crónica, mais ou menos severa, a distintos níveis do aparelho genital, nomeadamente: vagina (***vaginite***, manifestada clinicamente como corrimento), útero (***endometrite***), tubas (***salpingite***) e ovários (ooforite).

- Diferentemente do homem, por estarem anatomicamente mais próximos uns dos outros, os órgãos genitais da mulher são mais vulneráveis de sofrer infecções pouco localizadas, que se estendem por todo o aparelho genital.
- Os casos mais severos, provocam colecções de pus nas tubas (***piosalpinx***) e no útero (***piometra***) e estendem-se à cavidade pélvica (***abscesso pélvico e pelvi-peritonite***). É a chamada ***Doença Inflamatória Pélvica*** (DIP), que pode chegar a produzir peritonites generalizadas.

5.3 **Alterações menstruais**. Uma das causas de consulta habitual das mulheres são as alterações do seu ciclo menstrual ou das características da menstruação. Assim pode haver:

5.3.1 ***Alterações do ciclo***: ciclos irregulares (o numero de dias muda em cada ciclo), ciclos curtos (menos de 23 dias), ciclos prolongados (mais de 32 dias).

5.3.2 ***Falta de menstruação (amenorreia)***. A causa mais comum é a gravidez, mas existem muitas outras possíveis causas.

5.3.3 ***Menstruação dolorosa*** – **chamada de dismenorreia**

-

5.3.4 ***Alterações da quantidade de líquido menstrual***: pouca (*hipomenorreia*) ou muita quantidade (*hipermenorreia*).

5.3.5 ***Alterações do número de dias de menstruação*** (menos de 2 ou mais de 7).

5.4 **Esterilidade** é a incapacidade do óvulo de ser fecundado por espermatozóides normais.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 A função reprodutora da mulher depende de ciclos menstruais, os quais se repetem aproximadamente em cada 28 dias, controlados por uma série de eventos hormonais.

6.2 Se considera primeiro dia do ciclo o dia que começa a menstruação, processo fisiológico de descamação hemorrágica do endométrio maduro em que não se implantou um ovo fecundado, que se manifesta clinicamente como sangramento vaginal.

6.3 A ovulação, aproximadamente no meio do ciclo menstrual, é a libertação pelo ovário dum óvulo sujeito de ser fecundado por espermatozóide.

6.4 A mulher tem um tempo de vida fértil, que começa na puberdade com a menarca (primeira menstruação) e acaba aos 45-55 anos com a menopausa (desaparecimento da menstruação).

6.5 O ciclo menstrual tem duas fases: folicular (ovárica) ou germinativa (endometrial, desde a menstruação até a ovulação, e luteínica (ovárica) ou secretora (endometrial), desde a ovulação até a seguinte menstruação.

6.6 O ciclo menstrual é controlado hormonalmente a nível do ovário pelos hormónios hipofisários (FSH e LH) e a nível endometrial e do resto do aparelho genital pelos hormónios ováricos (estrogênio e progesterona).

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	35
Tópico	Aparelho Genital Masculino e Feminino	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Estruturas do Aparelho Genital Masculino e Feminino	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas do aparelho genital masculino em modelos anatómicos
2. Identificar as estruturas do aparelho genital feminino em modelos anatómicos

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:30
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:25
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:00

Materiais e Equipamentos necessários:

- Modelos anatómicos artificiais do aparelho genital masculino: 2 por turma, 1 com os genitais externos e 1 com os genitais internos.
- Modelos anatómicos artificiais do aparelho genital feminino: 3 por turma, 1 com os genitais externos, 1 com os genitais internos e 1 com a mama.
- Apresentação em PowerPoint com as figuras da anatomia do aparelho genital masculino e feminino (recomenda-se as figuras que aparecem no “Atlas de Anatomia de Netter”), que mostram as estruturas anatómicas e que podem ser projectadas em simultâneo com à explicação sobre os modelos.

Preparação:

- Conferir se os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Preparar as projecções em PowerPoint: podem-se digitalizar (escanear) desde um livro (“Atlas de Anatomia de Netter” e outras fontes) e depois montar nas respectivas (2) apresentações seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir se o conteúdo das Aulas 32, 33 e 34 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (30 min)

2.1 O **aparelho genital ou sistema reprodutor masculino** é um conjunto de órgãos com a função de produzir e ejectar sémen, líquido que contém espermatozóides, gâmetas masculinos capazes de fecundar o óvulo.

2.1.1 O aparelho genital masculino inclui:

- Um par de gónadas, os testículos, órgãos produtores de espermatozóides e de hormónios capazes de regular o próprio aparelho.
- Um grupo de órgãos genitais internos (ducto deferente, vesículas seminais e próstata), com função de produzir e transportar o sémen, mediante a adição de diferentes líquidos capacitadores.
- Um grupo de órgãos genitais externos, com função de proteger os anteriores (escroto) e de introduzir o sémen formado na vagina da mulher (pénis).

2.1.2 Os ***testículos*** são órgãos pares, em forma de ovo, alojados no ***escroto*** (saco cutâneo no períneo). A sua estrutura interna inclui:

- Estruturas de protecção dos testículos. Do externo para o interno: pele e subcutâneo escrotal, túnica vaginal parietal e visceral e albugínea.
- Parênquima, dividido em lóbulos, que contém túbulos seminíferos (onde se dividem e se diferenciam os gâmetas) e células de suporte e de produção de hormónios.
- Hilo com a rede tubular onde confluem os seminíferos.
- Epidídimo, tubo convoluto de saída.

2.1.3 Os ***ductos deferentes*** são tubos musculares que transportam os espermatozóides formados até as vesículas seminais. O seu percurso pode ser dividido em dois segmentos:

- Externo, formando junto com a artéria e veias espermáticas (protegidas pelo músculo cremaster), o cordão espermático, desde o escroto até o canal inguinal; e
- Interno, desde o canal inguinal, extra-peritonealmente pelo assoalho da pelvis, até a parede posterior da bexiga

2.1.4 As ***vesículas seminais*** são órgãos pares, colados a parede postero-inferior da bexiga (zona do trígono), que recebem o líquido testicular, e o armazenam e o adicionam ao líquido seminal.

2.1.5 A ***prostata*** é um órgão único em forma de pirâmide invertida, na base da bexiga, que recebe os líquidos testicular e seminal e adiciona o líquido prostático para formar o sémen já definitivo.

- Está em volta da primeira porção da uretra (uretra prostática), e drena o sémen.

2.1.6 A ***uretra*** é o tubo de saída do sémen desde a próstata para o exterior. Partilha funções com o aparelho urinário.

- Vai desde o colo vesical, ao longo do pénis, até o meato urinário da glande. Tem três partes, de proximal a distal: uretra prostática (atravessa a próstata), membranosa e peneana (incluída no corpo esponjoso do pénis).

2.1.7 O ***pénis*** é o órgão copulador, que introduz o sémen na vagina. É um cilindro anterior ao escroto, composto por três estruturas cilíndricas de tecido eréctil (capaz de aumentar seu tamanho e consistência, mediante seu preenchimento com sangue a pressão):

- 1 corpo esponjoso, medial e anterior, que contém a uretra.
- 2 corpos cavernosos, posteriores direito e esquerdo. Cilindros grossos com trabéculas grandes capazes de receber sangue.
- O pénis acaba com uma extremidade, a ***glande***, na qual se abre o orifício uretral externo (meato). Em estado não erecto, a pele do pénis cobre a glande, formando o ***prepúcio****. A c*ircuncisão consiste na remoção cirúrgica do prepúcio.

2.2 O **aparelho genital ou sistema reprodutor feminino** é um conjunto de órgãos com a função de produzir gâmetas femininos (óvulos) capazes de serem fecundados por espermatozóides, e de facilitar o crescimento de um novo indivíduo produto da fecundação.

2.2.1 O aparelho genital feminino inclui:

- Um par de gónadas, os ovários, órgãos produtores de óvulos e de hormónios capazes de regular o próprio aparelho.
- Um grupo de órgãos genitais internos (tubas, útero e vagina), com função de facilitar o encontro entre o óvulo e os espermatozóides e de alojar o embrião para o seu crescimento até o nascimento.
- Um grupo de órgãos genitais externos, com função de proteger os anteriores e de facilitar a introdução do pénis na vagina da mulher.

2.2.2 Os ***ovários*** são órgãos pares, com forma de ovo, alojados na pélvis, na parede posterior dos ligamentos que sustentam o útero. A sua estrutura inclui:

- Estruturas de protecção: peritónio parietal (externa) e albugínea (interna).
- Parênquima, com multidão de folículos periféricos em diferentes estados de desenvolvimento (cortical) e tecidos conjuntivo com vasos (medular).

2.2.3 O **útero** ocupa o centro da pélvis, entre bexiga e recto. Tem a forma de pêra invertida, principalmente muscular com uma *cavidade uterina*, onde cresce o embrião.

- Tem três partes: *fundo* (superior), que acaba lateralmente nas tubas uterinas, *corpo* (central) e *colo uterino* (vértice inferior) que entra na parte superior da vagina.
- Repousa encima da bexiga quando está vazia (posição de anteversão, na que faz ângulo recto com a vagina).
- É fixado à parede pélvica pelos *ligamentos cardinais (2) e uterossacrais (2)*, que fixam o colo uterino com as paredes da pélvis, *ligamentos redondos*, desde a base das tubas até a parede lateral pélvica superior, e *ligamentos largos*, grandes pregas entre o peritónio parietal das paredes laterais pélvicas e o peritónio visceral do útero.
- As artérias uterinas, ramos das ilíacas internas, entram pelos ligamentos largos a altura do colo, próximos aos ureteres. Tem trajecto ascendente ao longo dos bordos laterais do útero, dando ramos para todo o órgão. Inferiormente saem as artérias vaginais.

2.2.4 As **tubas uterinas (de Falópio)** são dois tubos musculares que partem dos vértices do fundo uterino e estão incluídos no bordo superior dos ligamentos largos.

- Têm três partes: *istmo* (proximal), *ampola* (médio) e *infundíbulo* (distal).

2.2.5 A **vagina** é um canal tubular muscular elástico que parte desde o colo do útero até a vulva. Situada posterior à bexiga e anterior ao recto, é extra-peritoneal.

- Os *fórnix anterior e posterior* são os recessos que forma o colo do útero que se introduz parcialmente na vagina. A traves do fornix posterior existe acesso à cavidade peritoneal (saco de Douglass).

2.2.6 A **vulva** são os órgãos genitais externos, onde se abre a vagina e a uretra. Inclui:

- ***Monte púbico*** e ***lábios maiores***, pele e gordura, que fecham a vulva.
- ***Lábios menores***. Pregas laterais finas, por dentro dos lábios maiores. Delimitam o ***vestíbulo*** da vagina, lubrificada pelas ***glândulas vestibulares (de Bartholin)***. Na parte anterior do vestíbulo se abre a uretra.
- ***Clítoris***. Estrutura eréctil (correspondente feminino do pénis) situada na união anterior dos lábios menores, imediatamente anterior ao meato uretral.
- ***Hímen***. É uma prega membranosa que fecha parcialmente a vagina, separando-a do vestíbulo.

2.2.7 As **Mamas** são órgãos pares que se encontram sobre os músculos peitorais maiores da parede anterior do tórax.

- Têm uma zona central, o ***mamilo***, que contém as ***papila mamária*** e a ***aréola***, zona periférica circular, de pele mais pigmentada.
- O tecido glandular têm entre 15 e 20 *lóbulos*, cada um composto de múltiplos *alvéolos*. Cada lóbulo têm um único ducto lactífero, que conduzem o leite até o mamilo, em baixo do qual se dilatam em cavidades capazes de armazenar leite (*seios lactíferos*).

2.3 **Propósito.** Este laboratório inclui 2 técnicas de estudo:

- Estudo da anatomia do aparelho genital masculino num modelo anatómico artificial.
- Estudo da anatomia do aparelho genital feminino num modelo anatómico artificial.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (25 min)

3.1 **Estudo da anatomia do aparelho genital masculino (10 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.1.1 Identificação e descrição das partes dos diferentes órgãos externos:

- Pénis e uretra.
- Escroto, com as suas camadas.

3.1.2 Identificação e descrição das partes dos diferentes órgãos internos:

- Testículo e epidídimo
- Ducto deferente
- Vesículas seminais
- Prostata

3.2 **Estudo da anatomia do aparelho genital feminino (15 min)**, sobre modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.2.1 Identificação e descrição das partes dos diferentes órgãos externos:

- Mama
- Vulva, com as suas partes.

3.2.2 Identificação e descrição das partes dos diferentes órgãos internos:

- Ovários
- Tubas
- Útero
- Vagina

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (60 min)

4.1 Dividir os alunos em 5 grupos, que irão rodando em cada 12 minutos por cada um dos modelos anatómicos:

- 2 mesas com os modelos anatómicos de órgãos externos e internos do aparelho genital masculino. Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para o "Estudo da anatomia do aparelho genital masculino", seguindo os passos definidos na técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo.
- 3 mesas com os modelos anatómicos de mama, órgãos externos e internos do aparelho genital feminino. Os alunos dentro de cada grupo dividirão o tempo disponível para o "Estudo da anatomia do aparelho genital feminino", seguindo os passos definidos na técnica, mostrando os achados aos seus colegas de grupo.

4.2 Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3 Cada aluno deve fazer desenhos básicos, no seu caderno, dos principais conceitos aprendidos.

4.4 O docente deve circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos para a interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, ou pelo menos um para os modelos masculinos e outro para os femininos, de forma a moderar e a dinamizar permanentemente cada grupo]

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	36
Tópico	Sistema Endócrino	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia das Glândulas Endócrinas	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica
2. Identificar as principais glândulas endócrinas: pâncreas, hipófise, hipotálamo, tiróide, paratiróide, glândulas suprarenais, ovários e testículos

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sistema Endócrino: Generalidades		
3	Anatomia e Histologia da Hipófise e Hipotálamo		
4	Anatomia e Histologia do Pâncreas Endócrino		
5	Anatomia e Histologia da Tiróide e Paratiróides		
6	Anatomia e Histologia das Glândulas Supra-renais		
7	Outros Órgãos Endócrinos		
8	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: SISTEMA ENDÓCRINO: GENERALIDADES

2.1 Para que o organismo funcione como um "tudo" integrado e não apenas como um conjunto de funções não relacionadas, são precisos sistemas que ponham em contacto os diferentes órgãos e sistemas e os integre em funções coordenadas.

Existem 4 mecanismos fundamentais de comunicação entre células:

2.1.1 ***Comunicação directa***, que é a comunicação através da qual mediadores químicos passam de uma célula para as células vizinhas através das membranas celulares, de forma a que um grupo celular funcione como uma unidade.

2.1.2 ***Comunicação paracrina***, que ocorre dentro do mesmo órgão, mas já por via vascular, o sangue transporta moléculas químicas produzidas pelo próprio órgão (chamados factores parácrinos) que dão ordens locais ao resto das células do órgão.

2.1.3 ***Comunicação endócrina***, ocorre entre órgãos distantes e por via vascular, os órgãos endócrinos produzem moléculas químicas especializadas (hormónios) que actuam enviando mensagens pelo sangue a diferentes órgãos .

- O conjunto de órgãos produtores de hormónios chama-se *sistema endócrino*.

2.1.4 ***Comunicação sináptica***, verifica-se quando órgãos processadores centrais enviam mensagens químicas dirigidas à células concretas, sem utilizar o sangue como transportador.

- Estas mensagens são transmitidas mediante canais formados por prolongamentos citoplasmáticos de células especializadas (células nervosas) capazes de transmitir impulsos eléctricos a velocidade altíssima mediante mudanças electroquímicas das suas fibras.
- Entre células nervosas e entre estas e as células alvo (as que recebem a informação) a transmissão de sinais faz-se por moléculas especializadas (neurotransmissores) de acção local ao nível da sinapse (estrutura microscópica de contacto entre células nervosas).
- O conjunto de estruturas que integram, processam e distribuem a informação por esta via chama-se *sistema nervoso*.

2.2 O **sistema endócrino** inclui os diferentes órgãos produtores de mensagens químicas chamados *hormónios*. Os hormónios são moléculas capazes de dar ordens para iniciar (estimular), modular ou parar (inibir) processos fisiológicos em tecidos e órgãos distantes

2.2.1 Os hormónios produzidos pelos órgãos endócrinos têm estruturas químicas e funções muito diferentes, mas têm um ***esquema de funcionamento comum***:

- Todos hormónios são libertados na corrente sanguínea desde os órgãos produtores, perante um sinal químico: mudanças na composição bioquímica do meio interno, presença de outras moléculas estimuladoras ou inibidoras, sinais neuro-químicos,…
- São distribuídos por todo o corpo, onde aparecem em concentrações extremamente baixas.

- Para que possam entregar a mensagem que conduzem, e esta dar efeito sobre os processos fisiológicos, têm que encontrar receptores específicos, moléculas especializadas situadas na membrana das células-alvo. Desta maneira, o hormónio, mesmo que presente por todo o organismo, actua somente onde for necessário.
- Tem acção imediata, de forma que sua presença nos órgãos-alvo estimula ou inibe uma certa função, e sua ausência tem o efeito contrário.
- Os resultados do processo fisiológico que os hormónios modulam actuam como inibidores da sua secreção, limitando o seu efeito. Deste modo, os próprios hormónios são parte dos circuitos de retro-alimentação negativa, como se vê na figura abaixo.

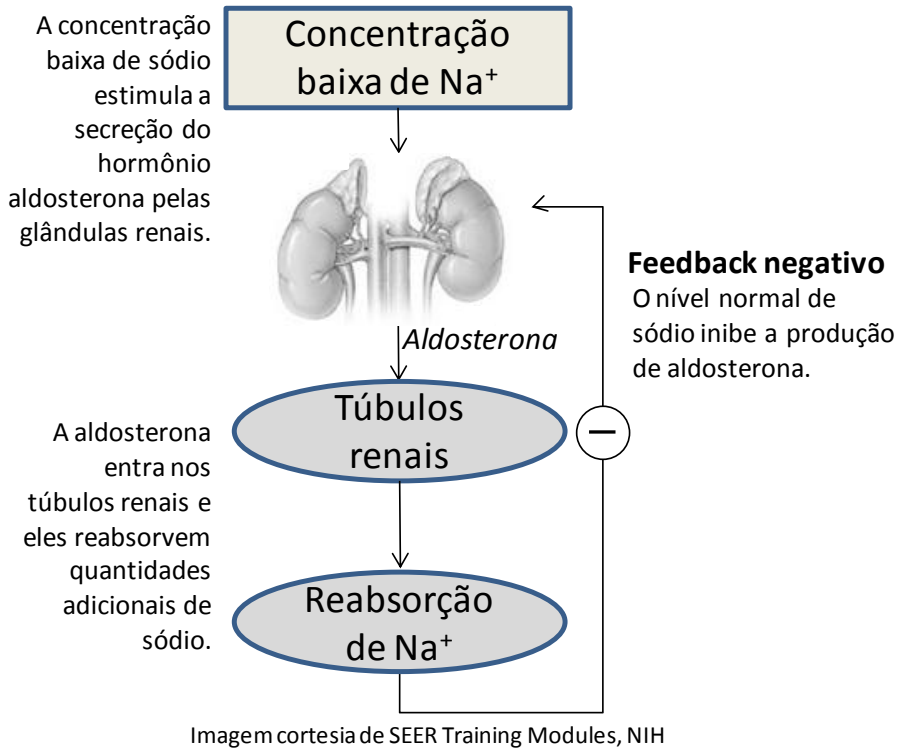


Figura 1. Esquema geral de retro-alimentação negativa no sistema endócrino.

2.3 Os **órgãos produtores de hormónios** podem ser:

2.3.1 Exclusivamente endócrinos, sem outras funções. Incluem:

- Hipófise (glândula pituitária).
- Glândula pineal.
- Glândula tiróide.
- Glândulas paratiróides.
- Timo.
- Glândulas supra-renais (adrenais).

2.3.2 Parcialmente endócrinos, pois têm outras funções diferentes. Incluem:

- Hipotálamo, que tem também funções nervosas superiores.
- Pâncreas, com funções endócrinas e exócrinas.

- Ovários e Testículos, com funções endócrinas e de produção de gâmetas femininas e masculinas, respectivamente.

2.3.3 Secundariamente endócrinos, órgãos com outras funções fundamentais, mas que também produzem hormónios, como o coração, rim ou aparelho digestivo. Não se consideram parte do sistema endócrino e não serão estudados nestas aulas.

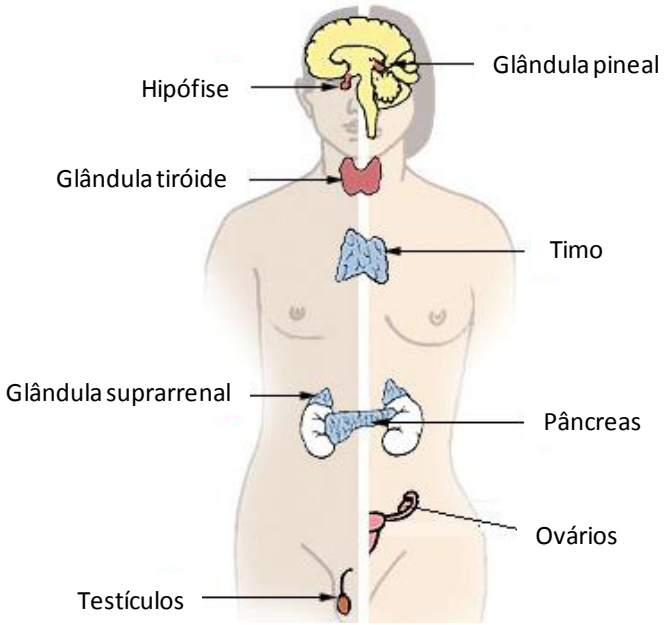


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 2. Sistema endócrino.

BLOCO 3: ANATOMIA E HISTOLOGIA DA HIPÓFISE E HIPOTÁLAMO

3.1 **Hipófise**. É uma pequena estrutura única e medial, com forma de bota que sobressai da base do diencéfalo

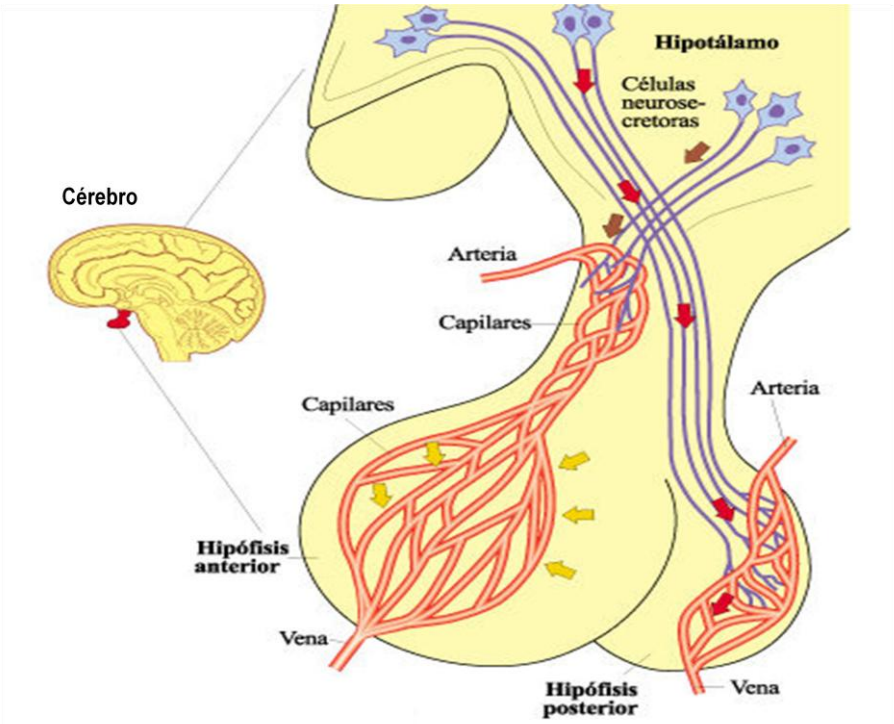
- Localiza-se na base do crânio, alojada numa cavidade chamada *sela túrcica*.
- Está ligada ao resto do diencéfalo (ao hipotálamo) por uma ponte neural, o *infundíbulo ou haste hipofisária*. O infundíbulo é bordeado anteriormente pelo quiasma óptico.
- É formada por duas partes, histológica, embriológica e fisiologicamente diferentes: hipófise anterior ou adeno-hipófise e hipófise posterior ou neuro-hipófise.

3.1.1 ***Hipófise anterior (Adeno-hipófise)***. Parte anterior da hipófise (anterior ao eixo do infundíbulo), que secreta 7 hormónios diferentes, envolvidos em vários processos fisiológicos do organismo.

- É um tecido glandular, composto por células endócrinas (epiteliais modificadas) provenientes do ectodermo faríngeo do embrião.
- É muito vascularizada, por uma rede capilar originada no hipotálamo (sistema portal hipofisário), através da qual recebe ordens hormonais. É também a esta rede que as células hipofisárias secretam seus produtos para a circulação geral.
- Dividida em 3 zonas com características histológicas diferentes: *pars distalis* (quase toda a adeno-hipófise), *pars tuberalis* (no infundíbulo) e *pars intermédia* (fronteira entre hipófise anterior e posterior)

3.1.2 ***Hipófise posterior (Neuro-hipófise)***. Parte posterior da hipófise (posterior ao eixo do infundíbulo), que secreta 2 hormónios relacionados com dois processos fisiológicos diferentes.

- É um tecido nervoso, não glandular, composto pelos terminais axónicos de neurónios originados no hipotálamo. O infundíbulo é composto principalmente por estes feixes axonais a caminho da neuro-hipófise.
- Os dois hormónios que secretam são produzidos no hipotálamo e não na hipófise, onde apenas são transportados para seu armazenamento e libertação no sangue quando for preciso.



http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Index_archivos/endocrino/hipofisiss.jpg

Figura 3. Hipófise e hipotálamo

3.2 **Hipotálamo**. É uma pequena área situada na parte medial e inferior do cérebro, relacionada com o 3º ventrículo cerebral e com o tálamo (superiores), com a hipófise (inferior) e com o quiasma óptico (anterior).

3.2.1 O hipotálamo faz parte do diencéfalo, junto com tálamo e outras estruturas menores.

- *Embriologicamente*, o diencéfalo deriva do encéfalo anterior, diferenciando-se já a partir da 5 semana.
- É formado por diferentes grupos neuronais que formam áreas pares simétricas, definidas histologicamente e com funções diferentes e especializadas, chamadas *núcleos*.

3.2.2 As ***funções do hipotálamo*** são muito variadas e relacionadas com cada núcleo. Incluem:

- Regulação cardiovascular
- Regulação da temperatura.
- Regulação gastrointestinal.

- Controlo de reflexos alimentares (deglutição, sucção,…).
- Processamento de emoções e impulsos sensitivos.
- Controlo de movimentos musculares automáticos ligados a emoções.
- Produção de hormónios, que depois serão secretados pela neuro-hipófise: hormónio antidiurético (ADH), que restringem a eliminação de água pelo rim, regulando o balanço hídrico, e oxitocina, que na mulher estimula a contracção uterina durante e depois do parto e a produção de leite.
- Regulação da função endócrina da hipófise, mediante a produção de hormónios que comandam (uns são estimuladores e outros inibidores) a produção dos diferentes hormónios da adeno-hipófise.

3.2.3 O ***hipotálamo regula a hipófise***, graças a sua proximidade anatómica e a existência de dois sistemas de comunicação anatómica que as permite estar sempre em contacto:

- Sistema vascular. A rede capilar que vasculariza o hipotálamo, continua pela haste até a hipófise anterior, de maneira que os hormónios hipotalámicos que controlam a hipófise, chegam rápida e directamente (e portanto, em altas concentrações) por esta via vascular preferencial.
- Sistema nervoso. Os neurónios de alguns dos núcleos, enviam os seus axónios até a hipófise posterior, onde secretam seus hormónios na rede capilar hipofisária.

BLOCO 4: ANATOMIA E HISTOLOGIA DO PÂNCREAS ENDÓCRINO

4.1 O **pâncreas** é um órgão comprido e aplanado, que se situa na parte retro-peritoneal, posterior ao estômago, que tem duas partes histológica e funcionalmente muito diferentes, embora anatomicamente sejam indiferenciados:

- *Glândula exócrina* (99% do tecido pancreático), que é formada por múltiplos ácinos (grupos de células epiteliais exócrinas que drenam seus produtos a uma cavidade comum) ramificados. Produzem o suco pancreático o qual é drenado por um sistema colector até o duodeno, onde realiza a sua função digestiva (*vide Aulas 26 e 27)*.
- *Glândula endócrina*, que é formada por pequenos grupos de células dispersas entre os acinos. Produzem e secretam no sangue (no sistema venoso portal em direcção ao fígado) os hormónios pancreáticos.

4.2 O **pâncreas endócrino (glândula endócrina)** é constituído pelos chamados *ilhotas pancreáticos ou de Langerhans*, cerca de 2 milhões de grupos celulares compactos, espalhados entre os ácinos do pâncreas exócrino.

4.2.1 Cada ilhota está dentro de uma estrutura conjuntiva que inclui uma rede capilar onde drenam os seus produtos hormonais.

4.2.2 As ilhotas contêm 4 diferentes tipos de células. Cada uma produz um hormónio diferente:

- *Glucagona,* activo no metabolismo dos carbohidratos, produzido pelas células alfa.
- *Insulina*, que juntamente com o anterior tem um papel fundamental no metabolismo dos carbohidratos, produzido pelas células beta.
- *Somatostatina,* com função local de regular a produção dos outros hormónios e de regular a secreção de sucos digestivos, produzido pelas células delta.

- *Polipéptido pancreático (PP)*, com função reguladora da produção de sucos biliar e pancreático, secretado pelas células PP.

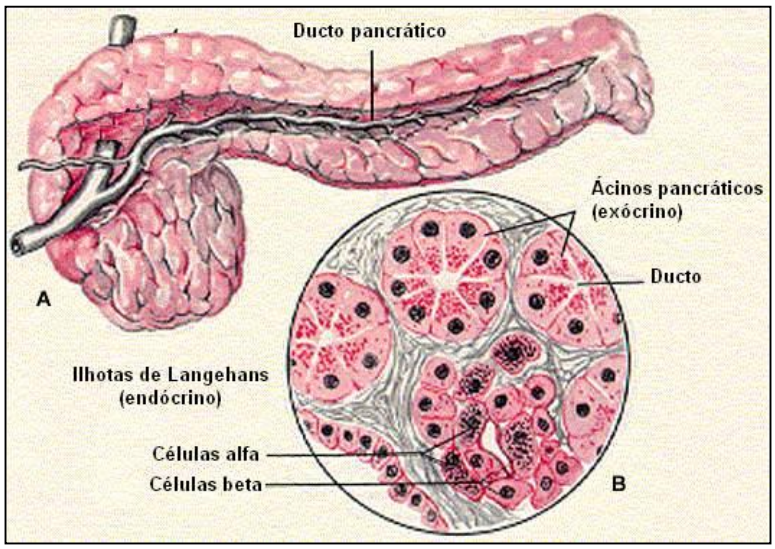


Imagem cortesia da Universidade de Medicina de Barts and the London

Figura 4. Histologia do pâncreas.

BLOCO 5: ANATOMIA E HISTOLOGIA DA TIRÓIDE E PARATIRÓIDES

5.1 **Tiróide**. A tiróide é uma glândula em forma de borboleta, palpável, localizada de baixo da pele do pescoço, anterior à parte superior da traqueia, e inferior às cartilagens laríngeas.

- É envolvida por uma cápsula fibrosa conjuntiva e é composta por dois *lobos laterais* (esquerdo e direito), conectados por uma pequena ponte glandular, o *istmo*.
- O seu tamanho e peso varia entre 20 e 40 gramas dependendo de diferentes factores genéticos e ambientais, que provocam um aumento ou diminuição da sua função.

5.1.1 ***Embriologicamente*** procede de uma invaginação da linha media anterior do endodermo do intestino anterior, onde também se origina a base da língua.

5.1.2 ***Histológicamente***, a tiróide é formada por dois tipos de estruturas:

- *Folículos tiroideos*, estruturas esféricas recobertas por um epitélio simples cúbico *(células foliculares)*, que apresentam no seu interior a *cavidade folicular*, preenchida por líquido coloideo. As células foliculares produzem *tiroxina*, principal hormónio tiroideo, com diferentes funções reguladoras do metabolismo.
- *Medula parafolicular*, grupos celulares de tamanho e forma irregular distribuídos entre os folículos e integrados em redes conjuntivas muito vascularizadas. São as chamadas *células C*, produtoras de *calcitonina*, com papel na homeostase do cálcio e no metabolismo ósseo.

5.1.3 ***Produção hormonal***. As células foliculares produzem uma proteína, a tiroglobulina, rica no aminoácido tirosina, que são secretadas para sua armazenagem no líquido colóide do folículo, a espera de serem utilizadas.

- Estímulos hormonais hipofisários, provocam absorção de iodo pelas células foliculares desde o sangue. Este será enviado para o colóide para se ligar às tirosinas da tiroglobulina.
- As próprias células foliculares captam as tiroglobulinas já iodadas e extraem delas molécuilas de tirosina com 3 ou 4 átomos de iodo, liberando no sangue os hormónios

tiroideos, em forma de *tri-iodotironina ou T3* (10%) e de *tetra-iodotironina, tiroxina ou T4* (90%).

5.1.4 Os folículos têm uma grande capacidade de mudar o seu tamanho.

- Em situações de grande actividade hormonal, tornam-se pequenos (o colóide é consumido) e com células altas de formato cilíndrico.
- Em caso de falta crónica de iodo na dieta (frequente em pessoas que vivem permanentemente nas zonas montanhosas) ou por defeito do estímulo hipofisário para absorver iodo, os folículos vão cumulando colóide, enchendo o folículo e aplanando as células. O tamanho global da glândula cresce, tornando-se visível no pescoço. É o chamado *bócio*.

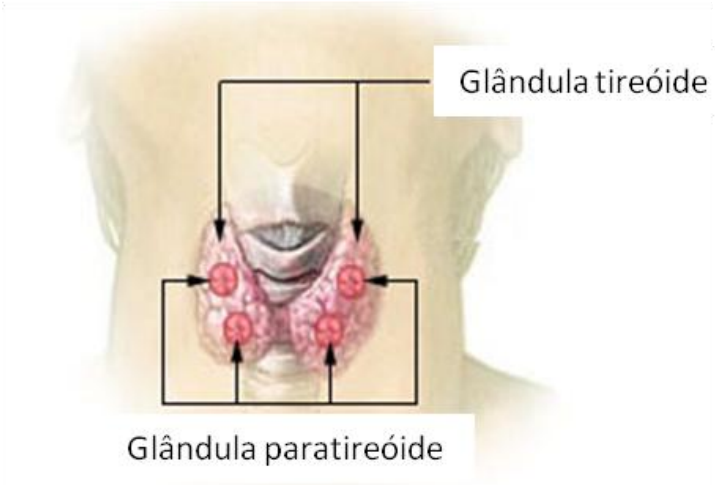


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 5. Tiróides e paratiróides.

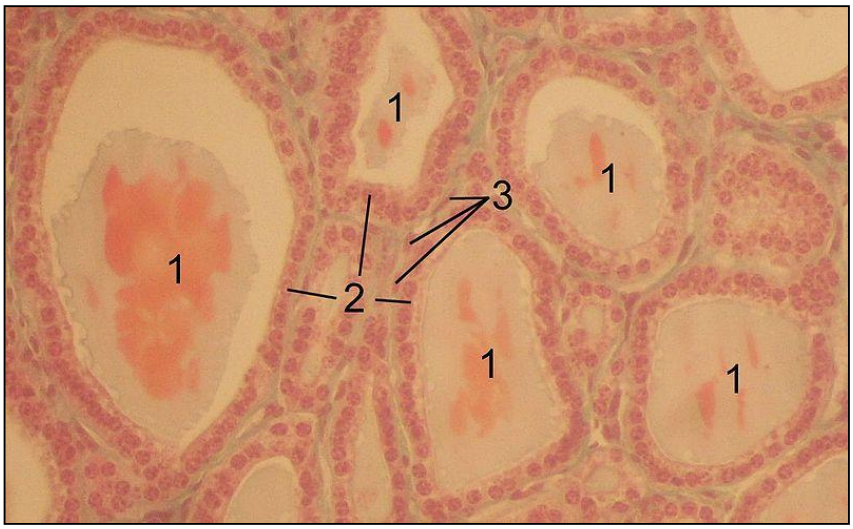


Imagem cortesia da Universidade de Uwe Gille, Wikimedia Commons

Figura 6. Histologia da tiróide. 1) Folículos 2) Células tiróideas foliculares 3) Medula

5.2 **Paratiróides**. São dois pares de pequenas glândulas, com aspecto e tamanho de lentilhas, situadas simetricamente e posteriores aos pólos superior e inferior de cada lobo tiroideo.

5.2.1 ***Embriologicamente*** procedem dos sacos faríngeos III e IV do endodermo do intestino anterior.

5.2.2 ***Histológicamente***, as paratiróides são formadas por dois tipos celulares:

- *Células principais*, muito abundantes, que produzem o *hormónio paratiroideo (PTH) ou paratormónio*, com função na homeostase do cálcio e no metabolismo do osso.
- *Células oxifílicas*, escassas e de função desconhecida.

BLOCO 6: ANATOMIA E HISTOLOGIA DAS GLÂNDULAS SUPRA-RENAIS

6.1 As **glândulas supra-renais ou adrenais** são órgãos pares, de 7 a 10 gramas, de forma piramidal, situados no pólo superior de ambos rins (a maneira de boné).

- Como os rins, são órgãos retroperitoneais e estão junto dos rins nas respectivas celas renais, sendo protegidos pela gordura peri-renal.
- Apoiam na face lateral dos grandes vasos abdominais: a esquerda sobre a artéria aorta e a direita sobre a veia cava inferior.
- São muito vascularizados por diferentes ramos procedentes directamente dos grandes vasos e dos respectivos vasos renais.
- São formados por duas partes, histológica, embriológica e fisiologicamente diferentes: *córtex*, zona externa, e *medula*, parte interna.

6.2 **Córtex adrenal**. Parte periférica da glândula adrenal, de cor amarelada, devida ao alto conteúdo de gordura, produz mais de 20 tipos hormonais diferentes, mas de estrutura química semelhante, geralmente chamados *esteróides adrenocorticais ou corticosteróides ou corticóides*

- É um tecido glandular, composto por células endócrinas (epiteliais modificadas) provenientes do mesodermo embrionário vizinho da crista neural.

6.2.1 O córtex adrenal tem três camadas. Cada uma produz um tipo diferente de corticóide:

- *Zona glomerulosa* (a mais periférica), que produz *mineralocorticóides*, envolvidos na regulação do balanço hidroelectrolítico no rim.
- *Zona fasciculada* (a média), que produz *glucocorticóides*, envolvidos no metabolismo de glicogénio, lípidos e proteínas, e na resposta ao stress e à inflamação.
- *Zona reticular* (a mais interna), que produz *androgênios* (hormónios sexuais masculinos) em pequenas quantidades, com função incerta.

6.3 **Medula adrenal**. Parte central da glândula adrenal, de cor vermelha devida a vascularização, produz dois principais tipos de hormonas, de estrutura diferente aos corticóides, chamados *catecolaminas*.

- É um tecido neural modificado, composto por células provenientes da crista neural (como os gânglios do sistema nervoso autonómico) do ectodermo neural embrionário.
- É composta por massas celulares irregulares incluídas numa rede conjuntiva muito vascularizada, e que secretam dois hormónios: *adrenalina (epinefrina)* e *noradrenalina (norepinefrina)*, que têm efeitos sobre a regulação cardiovascular e sobre o metabolismo.
- A medula é inervada por axónios pré-ganglionares do sistema autónomo, e funciona como um gânglio pós-sináptico deste sistema *(vide aulas 38 e 40)*.

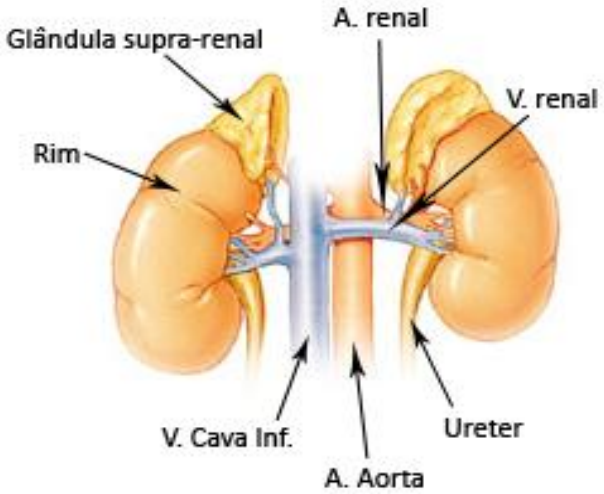


Imagem cortesia de SEER Training Modules, NIH

Figura 7. Glândulas supra-renais.

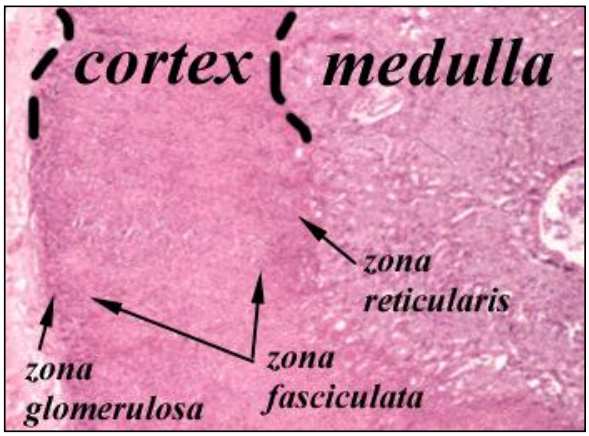


Imagem cortesia da Universidade de Newfoundland

Figura 8. Histologia da glândula supra-renal.

BLOCO 7: OUTROS ÓRGÃOS ENDÓCRINOS

7.1 **Timo**. É um órgão do sistema imune *(vide Aula 15)*, situado no mediastino anterior, imediatamente posterior ao esterno e superior ao coração. É bem desenvolvido na infância, mas atrofia-se na puberdade, ficando como um resto na idade adulta.

7.1.1A sua função imunológica de capacitar precursores dos linfócitos T, é desenvolvida mediante a acção de uma série de hormónios denominados *timosinas.*

7.2 **Glândula Pineal**. É uma pequena estrutura neural do diencéfalo (menor de 1 cm de diâmetro), situada atrás do tálamo, no tecto do 3º ventrículo.

7.2.1 Junto a neurónios e células da glia, contém células secretoras de hormónios, chamadas *pinealócitos*, capazes de produzir o hormónio *melatonina* a partir de neuro-transmissores comuns (serotonina).

7.2.2 A melotonina tem várias funções, entre as quais destacam-se:

- Inibir a função das gônadas. Parece que a puberdade é desencadeada por uma descida na concentração sanguínea de melatonina.

- Estabelecimento dos ritmos circadianos, pelos que certos aspectos da fisiologia do organismo mudam entre o dia e a noite. Parece que a pineal secreta a melatonina à noite, estimulando processos fisiológicos nocturnos.

7.3 **Testículos** *(vide aula 32)*. São as gônadas masculinas, que além de produzir gâmetas masculinos (espermatozóides), produzem hormónios sexuais masculinos (androgênios).

7.4 **Ovários** *(vide aulas 33 e 34)*. São as gônadas femininas, que além de produzir gâmetas femininos (óvulos), produzem hormónios sexuais femininos.

BLOCO 8: PONTOS-CHAVE

8.1 O sistema endócrino é um dos sistemas de comunicação entre os diferentes órgãos e sistemas do organismos para realizar processos fisiológicos combinados, adaptados às necessidades de cada momento.

8.2 O sistema endócrino é composto por uma série de órgãos, capazes de produzir hormónios, produtos químicos secretados ao sangue para actuar em outros órgãos distantes, onde são reconhecidos pelas células-alvo.

8.3 O sistema endócrino inclui órgãos com função endócrina exclusiva (como hipófise, tiróide, paratiróide e supra-renais); órgãos que têm outras funções além da função endócrina (como hipotálamo, pâncreas, timo, pineal e gônadas); e órgãos que têm actividade endócrina só de forma secundária (como coração, rim e tubo digestivo).

8.4 O hipotálamo é uma estrutura do cérebro que, além de ter funções directas sobre vários processos fisiológicos e no controlo das emoções, produz hormónios que regulam a actividade da hipófise.

8.5 A hipófise é um órgão situado na base do cérebro com uma estrutura mista glandular (hipófise anterior) e neural (hipófise posterior) e que secreta até 9 diferentes tipos de hormónios de funções muito variadas.

8.6 O pâncreas endócrino está representado pelos ilhotes de Langerhans, que secretam principalmente insulina e glucagonaa, que tem efeito sobre o metabolismo dos carbohidratos.

8.7 A tiróide é uma glândula situada no pescoço, composta por dois tipos de estruturas: os folículos, que secretam tiroxina, e a medula, que secreta calcitonina.

8.8 As paratiróides são 4 pequenas glândulas coladas a face posterior da tiróide e que secretam paratormónio.

8.9 As glândulas supra-renais são um órgão par, relacionadas com o pólo superior dos rins, que são compostas por um córtex glandular, capaz de produzir corticosteróides, e uma medula neural, capaz de produzir catecolaminas.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	37
Tópico	Sistema Endócrino	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Fisiologia das Glândulas Endócrinas	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Listar as principais hormonas produzidas ou reguladas pelo hipotálamo, hipófise, tiróide, paratiróide e glândulas supra-renais
2. Explicar as funções das principais hormonas
3. Descrever os mecanismos de acção das principais hormonas
4. Listar exemplos de alterações do sistema endócrino

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Mecanismos de Acção Hormonal		
3	Fisiologia do Sistema Hipotálamo-hipofisário		
4	Fisiologia dos Hormónios Tiroideos e Paratiroideos		
5	Fisiologia dos Hormónios Supra-renais		
6	Fisiologia dos Hormónios Pancreáticos		
7	Patologia do Sistema Endócrino		
8	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: MECANISMOS DE ACÇÃO HORMONAL

2.1 **Como actuam os hormónios?** Embora cada hormónio tenha particularidades que definem a sua maneira de actuar, todos seguem o mesmo esquema geral.

2.1.1 Perante um sinal externo ou estímulo primário (pode ser uma mudança na composição do meio interno, a presença de um outro hormónio estimulador, ou um impulso nervoso), o órgão endócrino correspondente, responde com uma libertação ao sangue dos hormónios armazenados pelas suas células e com um aumento na sua produção citoplasmática.

2.1.2 O hormónio secretado é transportado pela sangue a todo o corpo (como molécula livre ou ligada a uma proteína plasmática transportadora), não sendo dirigido especificamente a nenhum órgão.

2.1.3 As células alvo da acção do hormónio correspondente têm receptores de membrana capazes de reconhecer e ligar o hormónio circulante (são órgãos sensíveis a esse hormónio). Os órgãos com células sem estes receptores não sofrerão nenhuma acção por parte do hormónio (são órgãos resistentes a esse particular hormónio).

2.1.4 Os hormónios circulantes que não encontram células alvo, são rapidamente (em minutos) destruídos por enzimas plasmáticas ou eliminados pelo filtro hepático ou renal. Isto permite um controlo muito rigoroso da sua acção.

2.1.5 Uma vez ligado ao receptor de membrana correspondente da célula alvo, o hormónio, dependendo da sua estrutura química, pode actuar de duas maneiras:

- Se for de estrutura lipídica, poderá penetrar na célula e actuar no citoplasma.
- Se for de estrutura proteica, permanecerá na membrana, onde facilita a activação de moléculas citoplasmáticas, chamadas 2ºs mensageiros, que realizam a sua função.

2.1.6 Todos os hormónios podem classificar-se, dependendo da sua estrutura química, dentro de uma das quatro seguintes categorias:

- *Lípidos, derivados do colesterol*. Incluem: os corticosteróides (córtex supra-renal) e os hormónios sexuais masculinos e femininos (gónadas)
- *Derivados de amin*oácidos. Incluem: os hormónios da medula supra-renal (catecolaminas), da pineal (melatonina) e da tiróide (tiroxina).
- *Péptidos*. Incluem: hormónios hipotalámicos, da hipófise posterior, do pâncreas (insulina e glucagon), da tiróide (calcitonina) e das paratiróides (PTH).
- *Glicoproteínas*, Incluem: TSH, LH e FSH (hipófise anterior) e diferentes hormónios periféricos

2.1.7 A acção hormonal consiste na modificação dos processos fisiológicos da célula alvo. Assim, o hormónio pode estimular ou inibir a síntese de proteínas estruturais ou enzimáticas do citoplasma, que fazem com que a célula alvo comece a funcionar de maneira diferente.

2.2 **Controlo da actividade endócrina**. A acção de cada hormónio é controlada com muito rigor, para não produzir efeitos indesejáveis, por excesso ou por defeito.

2.2.1 Existem quatro modelos básicos de regulação hormonal, sendo os dois primeiros puramente endócrinos e os outros dois com participação dos nervos (neuro-endócrinos):

- *Reflexo endócrino simples* (exemplo: libertação de insulina pancreática, perante aumento da glicemia). Mudanças do meio extracelular do órgão endócrino provocam uma libertação do hormónio correspondente. Este actua restaurando a composição do meio extracelular, de modo a que este não estimule a libertação de mais hormónio ficando a situação equilibrada.
- *Reflexo endócrino complexo* (exemplo: libertação de corticosteróides adrenais perante diferentes necessidades metabólicas). Mecanismo é igual ao anterior, mas que envolve passos intermédios, como o sistema hipotálamo-hipofisário. O estímulo externo provoca a libertação do hormónio hipotalámico correspondente, que pela sua vez provoca a libertação do hormónio hipofisário relacionado, o qual estimula finalmente o órgão endócrino periférico.
- *Reflexo neuro-endócrino simples* (exemplo: libertação de oxitocina perante o estímulo do mamilo no aleitamento). O estímulo externo é transmitido por via nervosa até aos centros hipotalámicos, estes libertam o hormónio correspondente que actua equilibrando o estímulo primário.
- *Reflexo neuro-endócrino complexo* (exemplo: libertação de catecolaminas adrenais perante situações de stress). Igual que ao anterior, mas com a participação dum órgão endócrino periférico, que secreta os hormónios correspondentes quando estimulado pelos centros hipotalámicos por via nervosa autónoma.

2.2.2 Em todos os casos o reflexo deixa de funcionar no momento que o estímulo primário desaparece como consequência da acção hormonal, e volta a funcionar no momento em que o estímulo reaparece , de forma a manter uma situação de equilíbrio dinâmico.

BLOCO 3: FISIOLOGIA DO SISTEMA HIPOTÁLAMO-HIPOFISÁRIO

3.1 O hipotálamo, além de outras funções não endócrinas, tem um duplo papel no sistema endócrino:

- Funciona como regulador da função da hipófise anterior, mediante a secreção de uma série de hormónios que estimulam ou inibem a libertação de hormónios adenohipofisários; e:
- Produz hormónios que depois são libertados desde a hipófise posterior.

3.1.1 A hipófise anterior produz 4 hormónios estimuladores de outros órgãos endócrinos periféricos e 3 hormónios com acção directa sobre processos fisiológicos periféricos.

3.1.2 A hipófise posterior secreta 2 hormónios (produzidos no hipotálamo) com acção directa sobre processos fisiológicos.

3.2 **Hormónios adenohipofisários**. Os 7 hormónios da hipófise anterior são:

3.2.1 ***Hormónio estimulante da tiróide ou Tirotropina (TSH)***, que actua sobre a glândula tiróide estimulando a secreção de hormónios tiroideos (tiroxina).

- A TSH é libertada no sangue por estímulo do *Hormónio libertador da tireotropina (TRH)*, produzido pelo hipotálamo.
- A tiroxina é capaz de inibir a secreção de TRH pelo hipotálamo (retroalimentação negativa), controlando assim o equilíbrio do sistema.

3.2.2 ***Hormónio estimulante do córtex supra-renal ou Corticotropina (ACTH)***, actua sobre o córtex supra-renal estimulando a secreção de glucocorticóides.

- A ACTH é libertada ao sangue por estímulo do *Hormónio libertador da corticotropina (CRH)*, produzido pelo hipotálamo.
- Os glucocorticóides são capazes de inibir a secreção de CRH pelo hipotálamo (retroalimentação negativa), controlando assim o equilíbrio do sistema.

3.2.3 ***Hormónio estimulante folicular (FSH)*** e ***Hormónio luteinizante (LH***), chamados também ***Gonadotropinas***, pois actuam sobre as gónadas.

Nas mulheres, sobre o folículo ovárico, controlando a gametogénese e a sua função endócrina (secreção de estrogénios e progesterona). No homem, tem efeitos semelhantes sobre os túbulos seminíferos (gametogénese) e as células intersticiais (secreção de androgénios). *(Vide aulas 32, 33 e 34)*

- As gonadotropinas são secretadas por estímulo do *Hormónio libertador das gonadotropinas (GnRH)*, produzido pelo hipotálamo.
- Os hormónios sexuais (estrogénios, progesterona e androgénios) são capazes de inibir a secreção de GnRH pelo hipotálamo (retroalimentação negativa), controlando assim o equilíbrio do sistema.

3.2.4 ***Prolactina (PRL)***, actua sobre o desenvolvimento da mama e a produção de leite durante o aleitamento.

- A prolactina deixa de ser secretada quando a hipófise anterior é inibida pelo *Hormónio inibidor da prolactina (PIH)*, produzido pelo hipotálamo. Existe também um *Hormónio libertador da prolactina (PRH)*, de acção ainda desconhecida.
- A própria prolactina no sangue é capaz de estimular a secreção de PIH e inibir a secreção de PRH pelo hipotálamo (retroalimentação negativa), controlando assim o equilíbrio do sistema.

3.2.5 ***Hormónio do crescimento ou Somatotropina (GH)***, que estimula o crescimento dos tecidos e a síntese proteica (especialmente osso, cartilagem e músculo). Este efeito realiza-se de maneira directa sobre os tecidos ou através de mediadores hepáticos (*Somatomedinas*) que actuam como últimos mensageiros.

- A GH é libertada para o sangue quando a hipófise anterior é estimulada pelo *Hormónio libertador da somatotropina (GH-RH)*, produzido pelo hipotálamo.
- Pelo contrário, a GH deixa de ser secretada quando a hipófise anterior é inibida pelo *Hormónio inibidor da somatotropina ou Somatostatina (GH-IH)*.
- São as somatomedinas hepáticas as que estimulam a secreção de GH-IH e inibem a secreção de GH-RH pelo hipotálamo (retroalimentação negativa), controlando assim o equilíbrio do sistema.

3.2.6 ***Hormónio estimulante dos melanócitos ou Melanotropina (MSH)***, que actua sobre os melanócitos cutâneos para dar pigmentação à pele, durante o desenvolvimento fetal, infância e gravidez. Na fase adulta não aparece no sangue.

- A MSH deixa de ser secretada quando a hipófise anterior é inibida pelo *Hormónio inibidor da MSH (MSH-IH)*, produzido pelo hipotálamo.

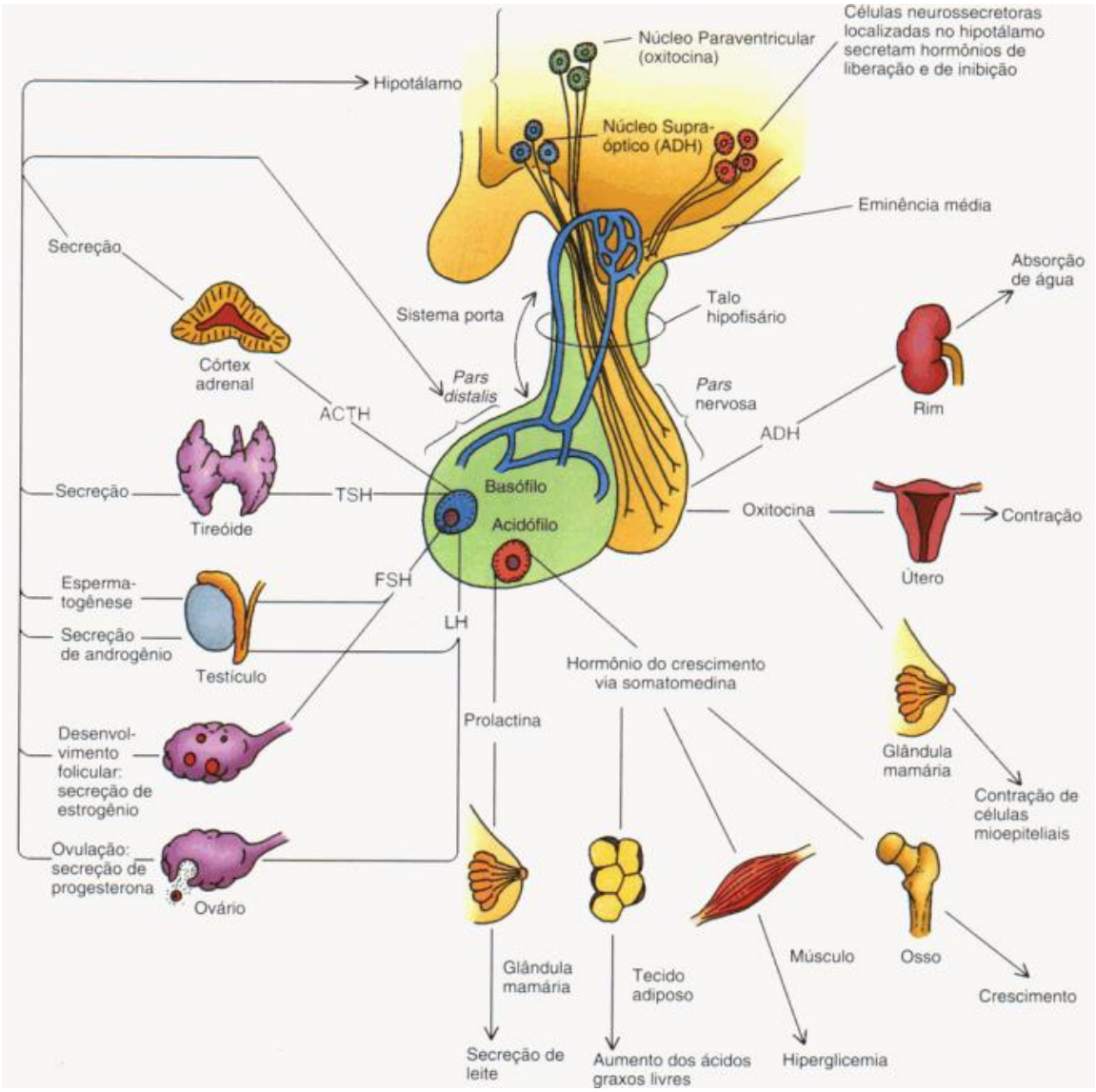


Imagem cortesia de EstudMed.com

Figura 1. Regulação dos hormónios hipotálamo-hipofisários.

3.3 **Hormónios neurohipofisários**. Os 2 hormónios secretados pela hipófise posterior tem acção directa sobre tecidos periféricos e são controlados directamente pelas suas próprias acções (retroalimentação negativa) sem mediadores hormonais hipotalámicos. São:

3.3.1 ***Hormónio antidiurético ou Vasopressina (ADH)***, que actua sobre o rim, aumentando a reabsorção tubular de água, e portanto, diminuindo a perda desta com a urina. A altas concentrações tem efeito constritor sobre os vasos periféricos.

- A ADH, produzida nos núcleos supraópticos hipotalámicos, e libertada pela hipófise posterior por estímulo nervoso detectado pelos receptores vasculares: queda da pressão arterial e aumento da concentração dos electrólitos plasmáticos.
- A restauração da pressão arterial e da concentração dos electrólitos inibe a libertação de ADH, equilibrando dinamicamente o sistema.

3.3.2 ***Oxitocina***, que actua sobre o útero grávido a termo, provocando o trabalho de parto, e sobre a mama lactante para a expulsão de leite durante o aleitamento.

- A oxitocina, produzida nos núcleos paraventriculares hipotalámicos, é libertada pela hipófise posterior por reflexo neuro-endócrino, quando o mamilo é estimulado pela sucção do bebé.

BLOCO 4: FISIOLOGIA DOS HORMÓNIOS TIROIDEOS E PARATIROIDEOS

4.1 **Hormónios tiroideos**. São a tiroxina (T3 e T4) produzidas nos folículos tiroideos, e a calcitonina, produzida pelas células C da medula parafolicular, com funções e sistemas de regulação diferentes.

4.1.1 A ***tiroxina*** é capaz de atravessar a membrana de quase todas as células do organismo, ligando-se a diferentes receptores nucleares , para provocar efeitos fisiológicos orientados a acelerar diferentes processos metabólicos:

- Aumento do metabolismo celular com aumento do consumo de oxigénio e da produção de calor corporal.
- Aumento do ritmo cardíaco e da pressão arterial.
- Aumento da frequência respiratória.
- Aumento da sensibilidade celular à estimulação pelo sistema simpático (catecolaminas).
- Estimulação da eritropoiese (e portanto, do transporte de oxigénio).
- Estimulação do crescimento ósseo e muscular, especialmente em crianças.

4.1.2 O TSH hipofisário estimula a produção e libertação de tiroxina, mediante o seu efeito facilitador da absorção de iodo pelas células foliculares. Quanto mais absorção de iodo pelas células foliculares, mais produção de hormónios tiroideos.

- As altas concentrações de tiroxina no sangue inibem a produção hipotalámica de TRH, e portanto, a produção hipofisária de TSH, travando a absorção de iodo e a produção de mais tiroxina. O sistema tem um equilíbrio dinâmico com retroalimentação negativa.
- A deficiência de iodo da dieta, impede a formação de tiroxina, pelo que aumenta a TSH no sangue, sem conseguir haver produção de hormónios tiroideos.

4.1.3 A ***calcitonina*** actua sobre os rins, estimulando a excreção de cálcio, e sobre o osso, estimulando a deposição de cálcio na matriz e inibindo a reabsorção de osso pelos osteoclastos. Ambas funções levam a diminuição do cálcio no sangue. Sua função é especialmente importante na infância e na gravidez.

- As células C respondem directamente às concentrações de cálcio no sangue. Quanto mais cálcio, mais libertação de calcitonina.
- Sua função diminuidora do cálcio plasmático é limitada pelos hormónios paratiroideos.

4.2 **Hormónio paratiroideo**. O paratormónio (PTH) tem um efeito oposto à calcitonina, aumentando o cálcio plasmático mediante o estímulo dos osteoclastos para destruir osso, a inibição dos osteoblastos para construí-lo, e mediante a diminuição da excreção renal de cálcio.

- Como as células C, as paratiróides respondem directamente às concentrações de cálcio no sangue. Quanto menos cálcio, mais libertação de PTH.
- Sua função aumentadora do cálcio plasmático é portanto, limitada pela calcitonina.

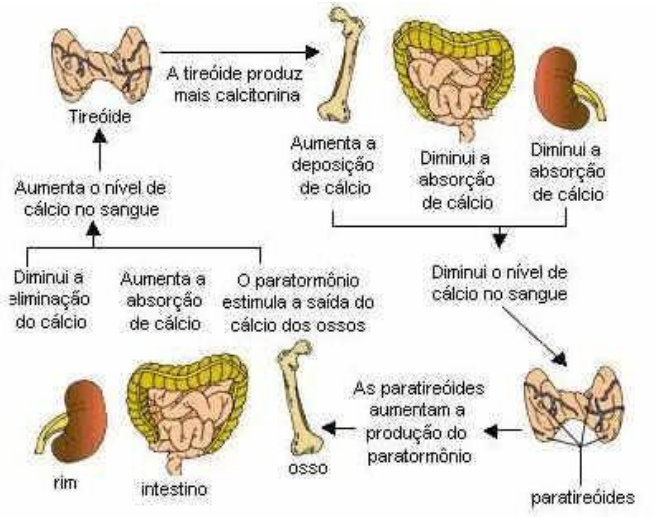


Imagem cortesia de Prof. Ernesto G. Sciarini

Figura 2. Regulação endócrina da concentração plasmática de cálcio.

BLOCO 5: FISIOLOGIA DOS HORMÓNIOS SUPRA-RENAIS

4.1 As supra-renais secretam uma alta variedade de hormónios com funções bem diferentes e que são produzidos em distintas zonas histológicas da glândula.

4.2 **Mineralocorticóides**, principalmente *Aldosterona*, produzidos na zona glomerulosa do córtex supra-renal.

4.2.1 Seu alvo são células de órgãos que têm efeito sobre a composição do meio interno (rins, glândulas digestivas e sudoríparas) provocando retenção do sódio e perda de potássio no plasma.

- Isto é especialmente evidente no rim, onde reabsorve sódio (e água acompanhante) e excreta potássio.

4.2.2 Sua regulação faz-se directamente nas células do glomérulo renal, capazes de detectar as concentrações plasmáticas dos iões (especialmente o aumento de potássio) e responder em consequência (eliminando potássio e poupando sódio e agua).

- Assim a diminuição do sódio ou o aumento do potássio, provocam liberação de aldosterona.
- Também, a queda da pressão arterial estimula a secreção mineralocorticoide pelo sistema renina-angiotensina-aldosterona *(vide aula 19)*, provocando retenção de sódio e água, que aumentam o volume intravascular e portanto, a pressão.

4.3 **Glucocorticóides**, grupo de mais de 20 moléculas de estrutura e função semelhante como *Cortisol*, *Cortisona* ou *Corticosterona*. São produzidos na zona fasciculada do córtex supra-renal.

4.3.1 Estimulam a síntese de glicose a partir de aminoácidos e lípidos e também o armazenamento de glicose. Alem disso inibem a utilização de glicose mediada pela insulina, nos tecidos periféricos, com a excepção do cérebro e do coração que podem beneficiar do aumento da glicólise plasmática. Têm também um efeito anti-inflamatório, inibindo os factores que provocam a reacção inflamatória. Por isso são frequentemente usados como medicamentos (corticóides de uso tópico ou sistémico).

4.3.2 São secretados perante o estímulo da ACTH hipofisária. Os próprios glucocorticóides inibem a CRH hipotalámica, e consequentemente a ACTH hipofisária, mantendo o balanço dinâmico do sistema.

4.4 **Androgénios**, principalmente *Testosterona*, que são produzidos na zona reticular do córtex supra-renal.

4.4.1 É secretado em pequenas quantidades, e uma parte deste hormónio é transformado em estrogénios no próprio plasma.

- Tem uma limitada função no corpo, pois a fonte principal de hormônios sexuais são as gónadas.

4.5 **Catecolaminas**, como *Adrenalina* e *Noradrenalina*, produzidas na medula supra-renal.

4.5.1 São neurotransmissores (a medula supra-renal é uma estrutura neural) que funcionam como mediadores do sistema autónomo simpático, capazes de dar resposta a situações de stress mediante:

- Mobilização das reservas energéticas do músculo.
- Liberação de gorduras para sua utilização metabólica.
- Liberação de glicose dos depósitos hepáticos.
- Aumento do ritmo e da força de contracção cardíacos.
- Inibição de processos fisiológicos não urgentes (digestivos,…).
- Aumento da atenção e da concentração.

4.5.2 São liberados por reflexo nervoso simples, desde os terminais do sistema simpático que inervam as células medulares.

BLOCO 5: FISIOLOGIA DOS HORMÓNIOS PANCREÁTICOS

5.1 O pâncreas endócrino secreta vários hormónios, dos quais a *Insulina* e o *Glucagon* são os mais importantes, tendo funções opostas sobre o metabolismo da glicose, permanecendo num estado de equilíbrio dinâmico, que não precisa de outros estímulos neurais ou endócrinos.

5.2 **Insulina**: Este hormónio é secretado pelas células beta (β) dos ilhotes pancreáticos, perante o estímulo da elevação dos níveis plasmáticos de glicose.

5.2.1 É capaz de se unir a receptores de membrana presentes em quase todas as células do organismo (*células insulino-dependentes*), provocando mudanças químicas que levam a uma maior absorção de glicose desde o espaço extracelular para o citoplasma.

- Alguns órgãos (cérebro, rins,…) tem células capazes de absorver glicose sem a participação da insulina (*células insulino-independentes*).

5.2.2 Os efeitos finais da insulina são:

- Aceleração da passagem de glicose para o espaço intracelular, e portanto, diminuição dos seus níveis plasmáticos.
- Aceleração da utilização celular de glicose como fonte de energia.
- Estimulação do armazenamento intracelular de glicose em forma de glicogénio.
- Estimulação da síntese de proteínas e de triglicéridos.

5.2.3 Este sistema metabólico é auto-regulado pelos próprios níveis de glicose plasmática. Quanto mais glicose no plasma, mais secreção de insulina.

5.3 **Glucagon**. Secretado pelas células alfa (α) dos ilhotes pancreáticos, perante o estímulo da diminuição dos níveis plasmáticos de glicose.

5.3.1 Os efeitos do glucagon nas células são:

- Estimulação da síntese celular de glicose a partir de lípidos e aminoácidos (proteínas).
- Estimulação da libertação de glicose intracelular, mediante o metabolismo do glicogénio.

5.3.2 Estes efeitos provocam a passagem de glicose para o sangue desde as células, aumentando seus níveis plasmáticos, equilibrando o sistema. Quanto mais glicose plasmática, menos secreção de glucagon.

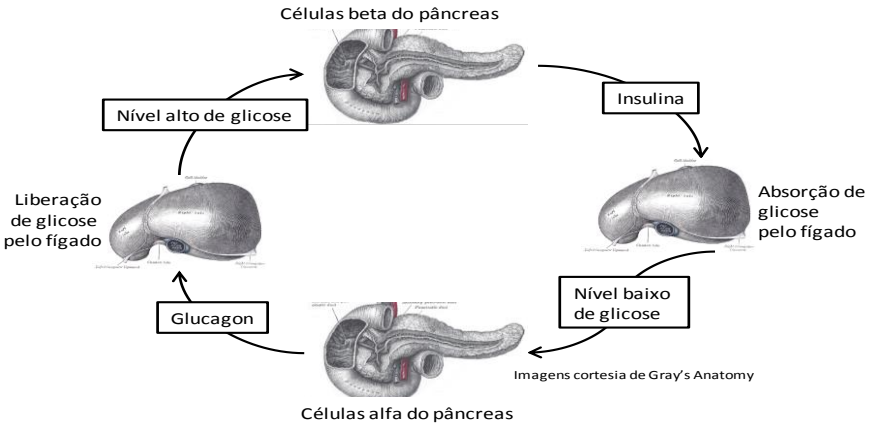


Figura 3. Regulação endócrina da concentração plasmática de glicose.

BLOCO 6: PATOLOGIA DO SISTEMA ENDÓCRINO

6.1 Os órgãos do sistema endócrino são sujeitos de adoecer por diferentes causas, sendo as principais: congénitas, auto-imunes (agressão do próprio sistema imune aos órgãos endócrinos) e tumores.

6.1.1 O resultado da agressão patológica pode ser uma diminuição da produção dos respectivos hormónios (hipofunção) ou um aumento desta (hiperfunção). Em algumas ocasiões, a função endócrina mantém-se normal (normofunção).

6.1.2 Em algumas ocasiões, a função do órgão endócrino é normal, mas a sensibilidade dos receptores dos órgãos alvo está alterada, provocando uma hipo ou hiperfunção relativa. Isto acontece por exemplo, em certas formas da alteração da função da insulina pancreática.

6.1.3 É também frequente que a alteração provocada pela hiper ou hipofunção hormonal correspondente não esteja localizada no respectivo órgão endócrino, mas sim em algum ponto do seu sistema de regulação. Assim, uma hiperfunção adrenal pode ser devida a tumores hipofisários produtores de hormónios estimulantes da supra-renal.

6.2 As alterações endócrinas mais comuns na prática clínica são:

6.2.1 ***Diabetes***. É uma doença metabólica devida a insuficiência da acção da insulina, por falta de produção desta pelo pâncreas *(diabetes juvenil ou tipo I)* ou por perda da sensibilidade dos seus receptores celulares periféricos *(diabetes da maturidade ou tipo II) resultando em aumento da glicose plasmática e diminuição da glicose intracelular*.

6.2.2 As ***alterações do hormónio do crescimento (GH)***, geralmente devidas à tumores hipofisários, podem ser:

- Por excesso, o que provoca um crescimento exagerado do indivíduo se a doença ocorrer na infância *(gigantismo)*, ou um alargamento de ossos e músculos, se acontecer no adulto *(acromegalia)*.
- Por defeito o que provoca em crianças um desenvolvimento corporal insuficiente *(nanismo)*.

6.2.3 ***Síndrome de Cushing***. É uma patologia devida ao excesso de produção de glucocorticóides adrenais, seja por tumores supra-renais produtores de hormónios, ou por patologia hipofisária com hiperprodução de ACTH (que estimula a produção exagerada de corticóides).

6.2.4 ***Bócio***. É o aumento do tamanho da tiróide, visível na face anterior do pescoço. As causas e os resultados hormonais do bócio são muito variados, destacando-se:

- *O Hipertiroidismo*. É o aumento patológico da produção de hormónios tiroideos, por causas diferentes, sendo a mais frequente a autoimune, por produção de anticorpos que simulam a acção estimuladora da TSH *(doença de Graves)*.
- *O Hipotiroidismo*. É a diminuição patológica da produção de hormónios tiroideos, por causas diferentes, sendo as mais frequentes a falta de iodo na dieta e os processos autoimunes que levam a destruição da glândula.
- *O Bócio endémico*. É o crescimento da tiróide devido à falta de iodo na dieta. Os hormónios tiroideos não podem ser produzidos em quantidades suficientes, pelo que a hipófise responde estimulando de forma exagerada a tiróide na formação de hormónios, provocando o seu crescimento progressivo, embora nunca consiga produzir hormónios suficientes pela falta de iodo (situação característica de hipotiroidismo).

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1 A sequência de acção dos diferentes hormónios do sistema endócrino é basicamente a mesma: secreção perante um estímulo externo, ligação do hormónio às células alvo, ocorrência de uma mudança bioquímica que elimina o estímulo externo primário.

7.2 A regulação da actividade endócrina faz-se por sistemas de retroalimentação negativa, pelo que o produto final duma sequência de reflexos endócrinos ou neuroendócrinos, actua como inibidor do próprio processo, levando-o a uma situação de equilíbrio dinâmico.

7.3 O hipotálamo produz uma série de hormonios que regulam (estimulam ou inibem) o funcionamento da hipófise anterior e produz dois hormónios que se secretam na hipófise posterior.

7.4 A hipófise anterior secreta, perante o comando do hipotálamo, 4 hormónios com função estimuladora de órgãos endócrinos periféricos (tiróide, córtex supra-renal e gónadas) e 3 hormónios com acção directa sobre tecidos específicos.

7.5 A tiróide secreta dois hormónios: tiroxina, capaz de acelerar os procesos metabólicos na maioria das células do organismo, e calcitonina, que reduz o cálcio plasmático.

7.6 As paratiróides secretam PTH, hormónio que estimula o osso e o rim para aumentar os níveis plasmáticos do cálcio, estando equilibrada com a calcitonina tiroidea.

7.7 O córtex supra-renal secreta três grupos de hormónios: mineralocorticóides, capazes de aumentar o sódio e água plasmáticos e diminuir o potássio; glucocorticóides, capazes de aumentar a produção de glicose e a sua armazenagem no fígado e que têm também efeitos anti-inflamatórios; e androgénios em pequenas quantidades.

7.8 A medula supra-renal actua como um gânglio do sistema autónomo simpático, secretando catecolaminas em resposta a situações de stress.

7.9 O pâncreas endócrino produz dois hormónios principais: insulina, que facilita a passagem de glicose para a maioria das células do corpo, favorecendo a sua utilização como fonte de energia; e glucagon, com efeito contrário, criando um equilíbrio com a insulina.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	38
Tópico	Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Sistema Nervoso (1) -Fisiologia do Sistema Nervoso (1)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo “Anatomia do Sistema Nervoso”:

1. Descrever a origem embriológica do sistema nervoso;
2. Identificar os componentes do sistema nervoso central, periférico, somático, e autónomo;
3. Identificar os diferentes tipos de células nervosas;
4. Descrever a estrutura do neurónio e da fibra nervosa.

B. Sobre o conteúdo “Fisiologia do Sistema Nervoso”:

1. Explicar os processos de polarização, despolarização e repolarização;
2. Explicar o processo de transmissão de impulsos nervosos e de transmissão sináptica.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sistema Nervoso: Generalidades		
3	Células Nervosas		
4	Fisiologia do Neurónio		
5	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem

1.2 Apresentação da estrutura da aula

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos

BLOCO 2: SISTEMA NERVOSO - GENERALIDADES

2.1 O sistema nervoso juntamente com o sistema endócrino coordena as actividades do resto dos sistemas do organismo. Por tanto, ambos capacitam o organismo a perceber as variações do meio (interno e externo), a difundir as modificações que essas variações produzem e a executar as respostas adequadas para que seja mantido o equilíbrio interno do corpo (homeostase).

2.1.1 As principais diferencias entre os sistemas nervoso e endócrino são:

- O sistema nervoso recebe informação e envia ordens específicas a destinos concretos, por meio de fibras nervosas. O sistema endócrino envia sinais mais gerais, por via hemática.
- No sistema nervoso a recepção de informações e o envio de ordens são efectuados de forma imediata, resultando em respostas do organismo em milésimos de segundo. O sistema endócrino trabalha com tempos de reacção maiores (segundos ou minutos).
- De igual maneira, a cessação do sinal nervoso implica uma cessação imediata da actividade que se desencadeia (por exemplo, a exposição do olho a uma luz provoca uma diminuição automática do tamanho pupilar, e a cessação do estímulo luminoso relaxa imediatamente o íris). Os resultados de ordens do sistema endócrino se mantêm, depois de ter cessado o sinal, durante tempos prolongados (até de dias, por exemplo a falta de iodo na dieta estimula a produção de hormónios tiróideos durante semanas).
- É por isso, que o sistema nervoso está mais vinculados a processos que requerem resposta rápida (sentidos, movimento, reflexos,…) e o endócrino com processos mais estáveis (manutenção do meio interno, ciclos sexuais, crescimento do organismo,…).

2.1.2 O sistema nervoso é relativamente pequeno em tamanho (supõe menos do 5% do peso do organismo) mas é o sistema corporal mais complexo estrutural e funcionalmente, sendo fundamental não só para a manutenção das funções vitais básicas (alimentação, respiração, reprodução,…) mas também para a realização das funções superiores (relação com o ambiente, aprendizagem de comportamentos, inteligência,…).

2.2 O tecido principal que forma o sistema nervoso é o ***tecido nervoso ou neural***, composto por:

- *Neurónios*, células neurais activas, com um pequeno corpo celular de onde partem diferentes tipos de fibras, com capacidade para receber, processar e transmitir sinais electroquímicos, e
- *Células da glia*, diferentes tipos celulares que protegem, dão estrutura de suporte e criam as condições micro-ambientais para o funcionamento dos neurónios.

2.2.1 Junto ao tecido nervoso, os órgãos que compõem o sistema nervoso também contêm quantidades pequenas de tecidos não neurais, como:

- Conjuntivo, que o protege e integra às outras estruturas, e
- Vascular que proporciona o aporte necessário de sangue para a alimentação, oxigenação, eliminação de resíduos,… que o tecido neural precisa.

2.2.2 Embriologicamente, todas as células do tecido nervoso procedem da placa neural do ectodermo, que começa a desenvolver-se na 4ª semana, para formar o tubo neural (a partir

do qual desenvolve-se o SNC e o SNP motor) e a crista neural (a partir da que forma-se o SNP sensorial e o SNA).

2.3 **Estrutura geral do sistema nervoso**. O sistema nervoso é um complexo sistema de estruturas relacionadas entre elas e com órgãos de outros sistemas, que pode se dividir em:

2.3.1 ***Sistema Nervoso Central (SNC)***. Inclui os órgãos que recebem a diversa informação periférica para processá-la e integrá-la em respostas específicas, que partem como comandos. É composto pelo encéfalo (localizado no interior do crânio) e a medula espinal (localizado no interior do canal medular da coluna vertebral).

- O encéfalo inclui: cérebro, cerebelo e tronco encefálico.

2.3.2 ***Sistema Nervoso Periférico (SNP)***. Inclui o resto de estruturas fora do SNC, principalmente feixes de fibras nervosas que formam estruturas filamentosas macroscópicas, os nervos, que transmitem o impulso nervoso entre o SNC e os diferentes órgãos e sistemas do organismo.

- Os nervos relacionados com o encéfalo (são 12 pares) denominam-se nervos cranianos.
- Os nervos relacionados com a medula (são 31 pares) denominam-se nervos medulares/raquidianos ou espinhais.
- Todos os nervos partem do SNC para depois irem ramificando progressivamente até serem milhões de fibras nervosas que chegam a todos os grupos celulares do corpo.

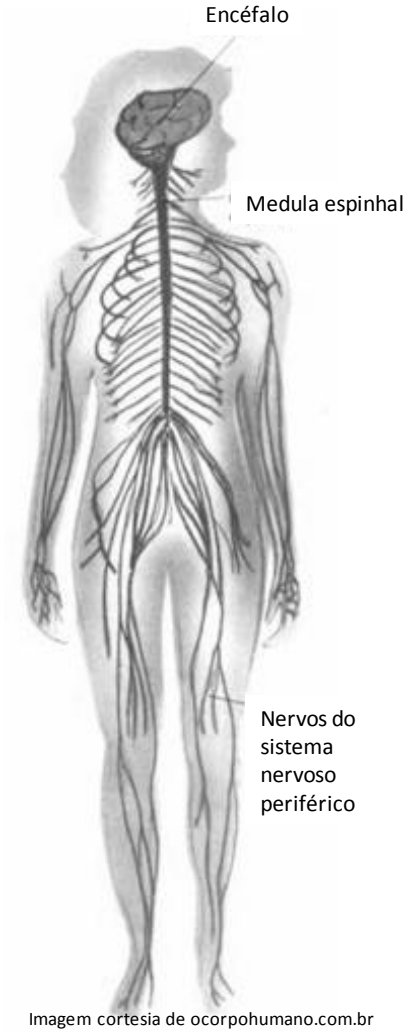


Figura 1. Sistema nervoso. Aspecto geral.

2.3.3 Segundo o sentido em que se transmite o impulso nervoso, o SNP pode-se dividir em:

- ***Fibras aferentes***, que são aquelas que transmitem a informação recolhida nos órgãos ou sistemas periféricos (pele, órgãos dos sentidos, vísceras,…) até o SNC (impulso centrípeto, de fora para dentro).

  As fibras aferentes também denominam-se *nervos sensitivos*, e estão compostos por *neurónios sensitivos*.

- ***Fibras eferentes***, que são aquelas que transmitem comandos desde o SNC até as estruturas (músculos, glândulas,…) situados nos órgãos e sistemas periféricos (impulso centrífugo, de dentro para fora), para que possam realizar uma certa acção (contracção muscular, secreção glandular,…).

  As fibras eferentes também denominam-se *nervos motores*, e estão compostos por *neurónios motores ou moto-neurónios*.

  Muitos dos nervos não são puramente sensitivos ou motores, mas são mistos, pois contêm ambos tipos de fibras, tanto aferentes (sensitivas) como eferentes (motoras).

2.3.4 Dentro do SNP motor, ainda pode-se fazer mais uma divisão, considerando o tipo de comandos que transmitem:

- Fibras motoras somáticas ou ***sistema nervoso somático (SNS)***, que enviam comandos de contracção ao sistema muscular. Estes comandos podem ser:
  - *Voluntários*, sob controlo consciente (por exemplo, quando tentamos colher algo com a mão), ou
  - *Involuntários*, que se realizam inconscientemente (por exemplo, os movimentos respiratórios).
- Fibras motoras viscerais ou ***sistema nervoso autonómico ou autónomo (SNA)***, que enviam comandos involuntários ao músculo liso, ao músculo cardíaco e às glândulas, mediante dois sistemas que transmitem comandos antagónicos que estão em equilíbrio:
  - *Sistema simpático* (por exemplo, provoca contracção vascular, aumentando a pressão arterial) e
  - *Sistema parassimpático* (por exemplo, provoca dilatação vascular, diminuindo a pressão arterial)

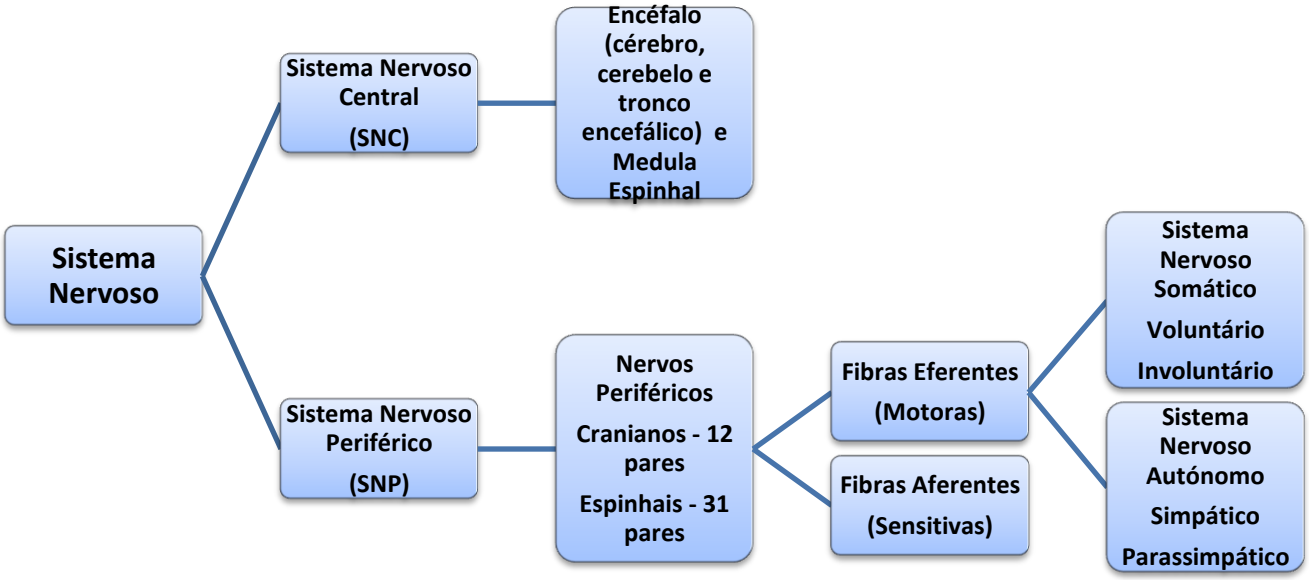


Figura 2. Esquema Anatomo-Funcional do Sistema Nervoso

2.4 **Outros conceitos gerais do sistema nervoso**. No estudo da anatomia (estrutura macroscópica), histologia (estrutura microscópica) ou fisiologia (função) do sistema nervoso, utilizam-se frequentemente termos especializados que devem ser bem entendidos:

- *Centro*. Grupo de corpos neuronais do SNC, com impreciso limite anatómico, mas com única função bem definida. Como o "centro respiratório bulbar", que regula a respiração. Os centros também se denominam *áreas*, especialmente quando são de grande tamanho, como a "área da visão do córtex occipital".
- *Núcleo*. Grupo de corpos neuronais do SNC, com claro limite anatómico, mas com diferentes funções. Como o "núcleo caudado", que intervém em diferentes funções sensoriais e motoras.
- *Matéria cinzenta*. Grandes áreas de tecido neural de cor cinzenta (periférica do cérebro ou interna da medula), que contêm predominantemente corpos neuronais, que dão esta coloração. No caso do cérebro, a matéria cinzenta corresponde ao chamado *córtex cerebral*, onde se encontram as funções motoras e sensoriais superiores.
- *Matéria branca*. Grandes áreas de tecido neural de cor branca (interna do cérebro e periférica da medula) que contêm predominantemente fibras neuronais, que dão a coloração branca.
- *Coluna*. Áreas da matéria branca medular dispostas como uma coluna ao longo da medula.
- *Trato*. Grupo (feixe) de fibras neuronais com identidade histológica (todas são iguais) e fisiológica (todas transmitem informações relacionadas). Por exemplo, cada coluna medular é composta por vários tratos, uns de sentido descendente (levam a informação motora desde o encéfalo) e outros ascendentes (levam a informação sensorial para o encéfalo). Também existem tratos entre diferentes partes (núcleos, áreas ou centros) do encéfalo.
- *Gânglio*. Grupo de corpos neuronais (sensoriais ou motoras) do SNP, com claro limite anatómico (semelhante aos núcleos do SNC). Como os "gânglios simpáticos", parte do SNA, situados em ambos lados da coluna vertebral formando cadeias ganglionares.
- *Nervo e/ou ramo nervoso*. Conjunto anatomicamente identificável (feixe) de fibras nervosas do SNP, que pode incluir fibras sensoriais e/ou motoras, e que se dirige a uma certa região anatómica. Refere-se a "ramo" quando são as ramificações terminais de um nervo, de pequeno diâmetro e função única (como ramos cutâneos de nervos periféricos, que inervam uma certa área restrita da pele).
- *Receptor*. Estrutura celular (uma célula ou várias) especializada para reagir perante um determinado estímulo do seu meio (calor, pressão, irritação química,…) gerando um impulso nervoso. Incluem:
  - *Exteroceptores*, que informam sobre o ambiente exterior (vista, ouvido, gosto,…)
  - *Proprioceptores*, que informam sobre a posição e movimento do sistema músculo-esquelético.
  - *Interoceptores*, que informam sobre o ambiente interior (composição dos líquidos internos, dor visceral,…).
- *Efector*. Tecido, órgão ou aparelho susceptível de responder perante um comando nervoso procedente do SNC, provocando uma acção (contracção muscular, secreção glandular,…) capaz de modificar a morfologia ou fisiologia do organismo.

- *Reflexo*. Resposta nervosa rápida (somática ou visceral), de carácter automático, involuntário e imediato perante um estímulo determinado. Por exemplo, quando retiramos subitamente a mão perante o toque de um objecto muito quente. Inclui um receptor (termo-receptores cutâneos), uma fibra aferente (nervo sensitivo que leva a informação), um centro do SNC (pode ser apenas uma conexão neuronal, neste caso ao nível medular), uma fibra eferente (moto-neurónios correspondentes) e um efector (grupos musculares que afastam a mão).
- *Somático*. Pertencente ao sistema dermo-músculo-esquelético (ossos, articulações, músculos e pele, derivado todos dos somitos do mesodermo embrionário). Inclui fibras sensitivas (desde a pele, tendões, articulações,…) e motoras (para os músculos).
- *Visceral*. Pertencente ao controlo das funções das vísceras (digestivas, respiratórias,…). Inclui também fibras sensitivas (informação desde receptores viscerais, como os da pressão arterial) e motoras (comandos para o músculo liso ou cardíaco, ou para as células glandulares).
- *Inervação*. Condição pela qual um nervo (ou uma fibra nervosa) está em contacto anatómico com um certo tecido (ou célula) para receber ou enviar informação. Quase todos os tecidos corporais estão mais ou menos inervados, como meio para dar informação e receber instruções.

BLOCO 3: CÉLULAS NERVOSAS

3.1 O sistema nervoso tem dois grupos celulares próprios e bem diferenciados, com características e funções especializadas: os neurónios e as células da glia.

3.2 **Neurónios**.É a célula nervosa especializada na transmissão rápida de impulsos (informação), mediante impulsos electroquímicos.

3.2.1 Morfologicamente, o neurónio é constituído por:

- ***Corpo celular ou Soma***, com um núcleo grande rodeado por um citoplasma com proeminente estrutura tubular, sobre o qual se encontram mitocôndrias e retículo rugoso em áreas definidas (*corpos de Nissl*, responsáveis pela cor típica da matéria cinzenta).
- ***Dendritos***, múltiplos processos filamentosos curtos e muito ramificados que partem do soma em sentido proximal, com a função de estabelecer contacto com outros neurónios.
- ***Axónio ou fibra nervosa***, processo citoplasmático filamentoso comprido que parte do soma em sentido distal, composto por uma membrana celular (*axolema*) preenchida por um citoplasma tubular (*axoplasma*). É único para cada neurónio, embora no seu comprimento (que pode ser entre poucos milímetros até muitos centímetros) pode dar ramos (*colaterais*). O axónio distal acaba em várias ramificações curtas terminadas em botões especializados na transmissão de impulsos (*terminais sinápticas*), que estão em contacto íntimo (*sinapse*) com dendrites, axónios ou somas de outros neurónios.
- ***Mielina***, é uma substancia branca formada por lípidos e proteínas que forma uma bainha isolante a volta dos axónios (como o plástico que recobre os fios eléctricos) que facilita a transmissão do impulso. É formada por células da glia muito diferenciadas. Não é uma bainha contínua ao longo de todo o axónio, mas está segmentada, sendo cada segmento formado por uma célula glial. Estes segmentos são separados por constrições periódicas chamadas *nodos de Ranvier* (pequenos espaços não mielinizados).

  Embora a maioria das fibras nervosas tenham mielina (*fibras mielinizadas ou mielínicas*), algumas carecem dela (*fibras amielinizadas ou amielínicas*).

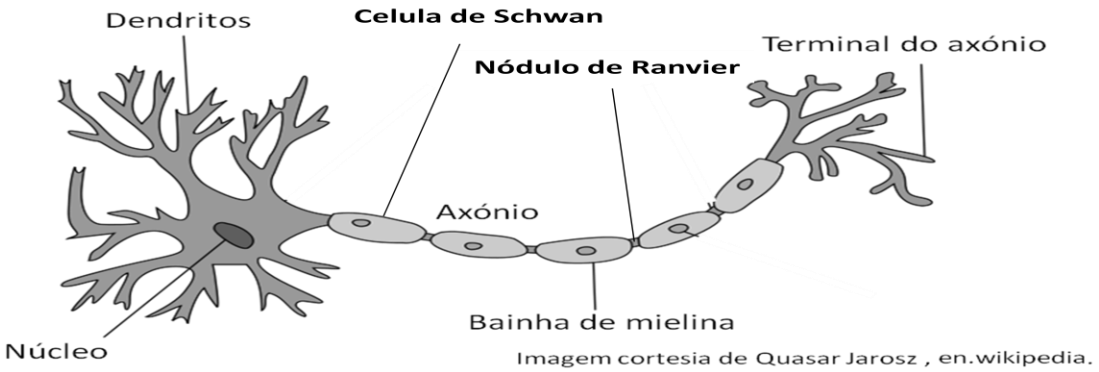


Figura 3. Neurónio.

3.2.2 O esquema básico descrito antes (vários dendritos e um único axónio) corresponde aos *neurónios multipolares*, como os moto-neurónios e a maioria dos outros neurónios do encéfalo e da medula. Mas existem também outros tipos de neurónios, modificações do anterior:

- *Neurónios anaxónicos*, sem axónio e com múltiplos dendritos. Estes, encontram-se em certas zonas do cérebro, com funções de interconexão entre neurónios multipolares. Também são chamados *inter-neurónios*.
- *Neurónios bipolares*, com dois axónios curtos, um funcionando como dendrito (leva o impulso até o soma) e outro como axónio verdadeiro (leva o impulso desde o soma). São raros e existem especialmente em órgãos dos sentidos.
- *Neurónio unipolares*, como os bipolares, mas o soma fica separado pelo que o impulso passa directamente do dendrito ao axónio, sem passar pelo soma. Exemplos são a maioria dos neurónios sensitivos do SNP.

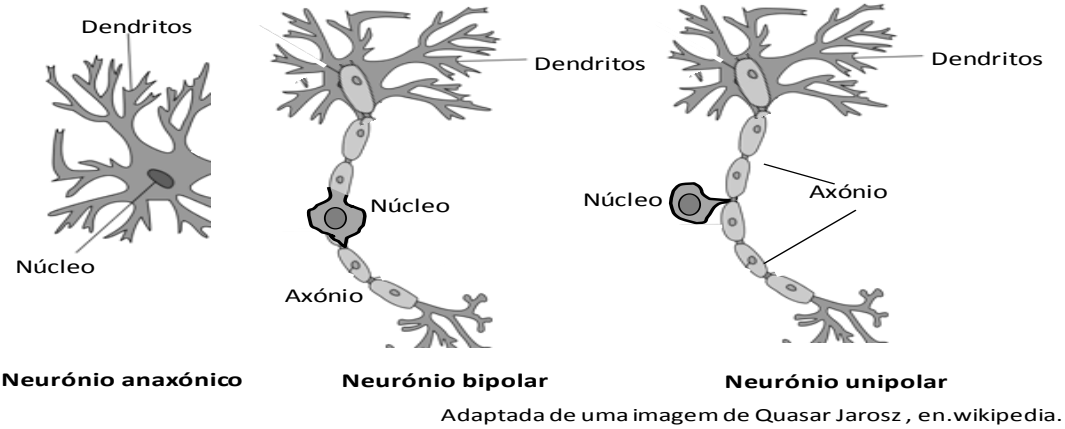


Figura 4. Tipos de neurónios.

3.2.3 ***Funcionamento dos neurónios***. Os neurónios formam uma rede em que uns estão conectados com outros (como o enfiamento de um sistema eléctrico) mediante as sinapses e transmitem o impulso nervoso no sentido "dendrito > soma > axónio".

- O fluxo de informação dentro do neurónio (impulso nervoso) parte dos dendritos, que recebem o estímulo dos axónios de outros neurónios com os quais estão conectadas.
- O dendrito uma vez excitado por uma sinapse, transmitirá o impulso de maneira centrífuga ao soma e ao longo do axónio, que passará a informação aos dendritos de outros neurónios com os quais está conectado sinápticamente.

- As vias aferentes (sensitivas), que levam informação da periferia ao SNC, têm uma orientação centrípeta (dendrites periféricas e axónio em sentido central) para desempenhar a sua função.
- As vias eferentes (motoras), que levam informação desde o SNC aos efectores periféricos, têm uma orientação centrífuga (dendrites centrais e axónio em sentido periférico).

3.3 **Células da Glia (neuróglia)**. São as células não neuronais (não excitáveis) do sistema nervoso, que forma a estrutura de suporte, sustentação, defesa, limpeza e alimentação das células neuronais. São mais abundantes que os neurónios, e podem ser de vários tipos:

3.3.1 ***Astrócitos***. As maiores, em forma de estrela e que desempenham muitas e diferentes funções, nomeadamente:

- Manter a barreira hemato-encefálica (entre o sangue e o cérebro, protegendo este de agressões químicas e de microorganismos),
- Suporte estrutural,
- Reciclagem de restos dos neurónios,
- Ligam os neurónios e vasos sanguíneos (função nutritiva)
- Reparação e cicatrização do tecido nervoso, e
- Regulação da composição química do meio ambiente.

3.3.2 ***Oligodendrócitos***. São células responsáveis pela formação da bainha de mielina que protege os axónios. A bainha é como um lençol plasmático recoberto de membrana que se enrola em volta do axónio, isolando-o.

3.3.3 ***Micróglia***. Pequenas células com função de limpeza de restos celulares, por fagocitose.

3.3.4 ***Células ependimárias***. Semelhantes a células epiteliais, que recobrem as cavidades do encéfalo e o canal medular, produzindo e reabsorvendo o líquido que circula por estas cavidades.

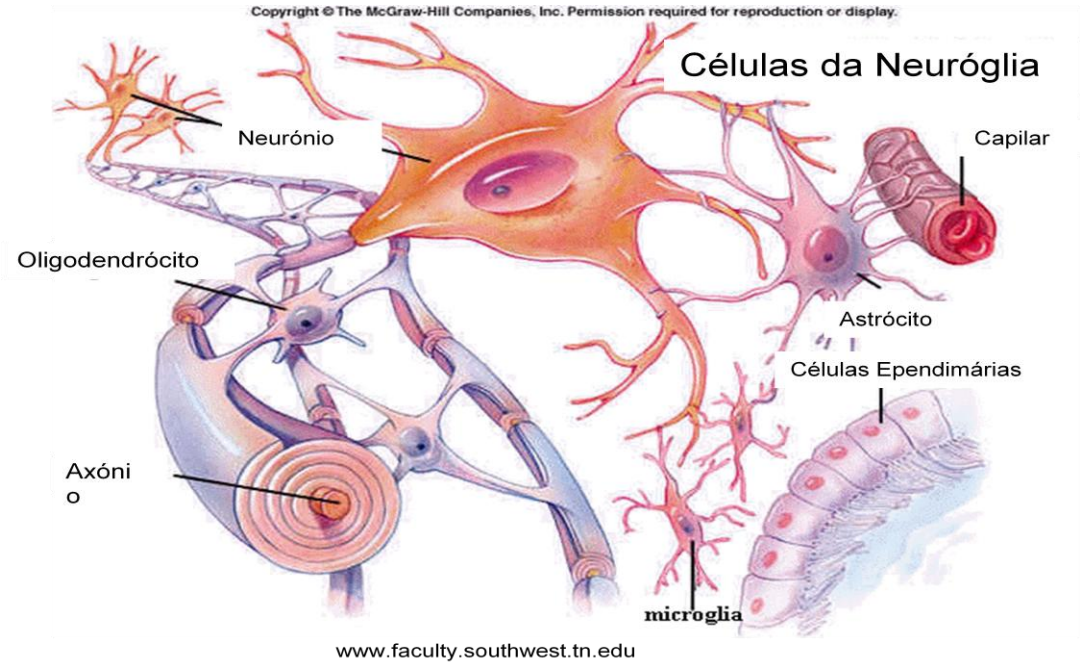


Figura 5: Células da glia no SNC

3.3.5 ***Glia do SNP***. As células da glia antes vistas estão apenas no SNC. Os nervos e gânglios periféricos são protegidos por *células satélites*, que dão estrutura de suporte, e por *células de Schwann*, que são as que formam as bainhas de mielina dos nervos periféricos.

- A superfície exterior da célula de Schwann, que está em contacto com as outras células, é chamada *neurolema*.
- Cada feixe de fibras nervosas é constituído por muitas fibras mielinizadas, com neurolemas unidos numa matriz produzida pelas próprias células de Schwann, chamada *endoneuro*.
- Externamente cada feixe de fibras nervosas é protegido por uma camada conjuntiva chamada *perineuro*. Vários feixes unidos formam um nervo ou ramo nervoso, que é recoberto pelo *epineuro*, também de conjuntivo de protecção.

BLOCO 4: FISIOLOGIA DO NEURÓNIO

4.1 **Impulso nervoso**. Os neurónios são células excitáveis capazes de transmitir mensagens electroquímicas, mediante mudanças instantâneas na sua carga eléctrica dependentes do trânsito dos diferentes iões entre o interior do seu citoplasma e o ambiente exterior.

4.1.1 Em repouso, o neurónio tem um equilíbrio dinâmico de sua composição electroquímica, chamado *polarização*, de forma que:

- O seu citoplasma é electricamente negativo (-) e com alta concentração de proteínas e de potássio.
- O ambiente exterior em volta do neurónio é positivo (+) e rico em sódio e cloro.
- A diferencia eléctrica entre exterior e interior é de -70 mV. É o chamado ***potencial de repouso***.

4.1.2 Quando o neurónio (dendrites ou soma) recebe um estímulo electroquímico adequado, capaz de aumentar o seu potencial de repouso por cima de -60 mV, desencadeia (dispara) uma série de mudanças do equilíbrio químico através da membrana. É o chamado ***potencial de acção***, que dura uns 3 mseg (milisegundos) e tem três fases:

- *Despolarização*. Inicialmente se produz uma abertura dos canais de sódio, que provoca uma passagem massiva deste ião para o interior celular, criando uma mudança do potencial, que se faz positivo. Passa a ser de +30 mV.
- *Repolarização*. Como reacção compensadora, abrem-se os canais de potássio e ocorre a saída deste para o exterior, até devolver o potencial a valores ainda mais negativos que os de repouso.
- *Período refractário*. Em que os canais de sódio e potássio se fecham e pela bomba de sódio-potássio os iões se devolvem a seu nível de repouso, restaurando o potencial de repouso. Isto requer energia, em forma de consumo de ATP.

  Depois de acabado o período refractário e restituídas as concentrações de iões a ambos lados da membrana, o neurónio fica outra vez pronto para receber novos estímulos e desencadear novos potenciais de acção. Pela rapidez da sequência, o neurónio é capaz de gerar centos de potenciais de acção por segundo.

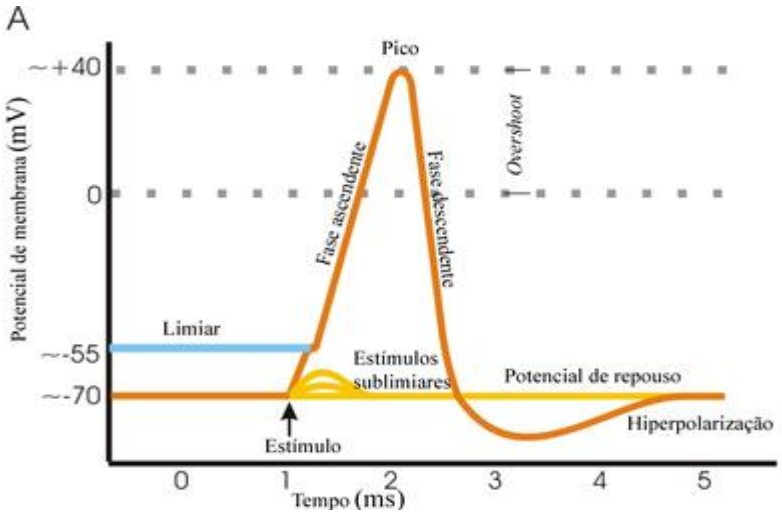


Imagem cortesia de Synaptidude, Wikimedia Commons

Figura 6. Potencial de acção.

4.1.3 Logo que se produz um potencial de acção no soma de um neurónio, as mudanças electroquímicas se transmitem a alta velocidade como uma onda por todo o axónio, provocando um potencial de acção nas terminais sinápticas. É a chamada ***propagação***. Esta pode ser:

- *Contínua*, como a que se dá nas fibras amielinizadas, que é relativamente lenta (1 m/seg).
- *Descontínua (A saltos)*, que se transmite de nó em nó nas fibras mielinizadas, e é mais rápida, com velocidades entre 15 e 150 m/seg. Quanto maior for o diâmetro do axónio, maior a velocidade de propagação do impulso.

4.2 **Transmissão sináptica**. Como já foi referido, no sistema nervoso, as mensagens se transmitem ao longo dos axónios em forma de potenciais de acção, sequência de mudanças electroquímicas que geram um impulso nervoso. Para esta transmissão da informação ser efectiva deve ser propagada também entre neurónios diferentes, para ser distribuída por diferentes partes do sistema nervoso o dos órgãos efectores.

4.2.1 ***Sinapse*** é a estrutura celular especializada que põe em contacto dos neurónios, através da qual se transmite o impulso nervoso entre as células diferentes. Na sinapse, o impulso sempre corre num sentido, e é constituída por:

- *Terminal ou neurónio pré-sináptico* (extremo do axónio do neurónio que porta o impulso nervoso). É um alargamento citoplasmático que contém múltiplas vesículas com produtos químicos activos na transmissão do impulso: os *neurotransmissores*.
- *Terminal ou neurónio pós-sináptico* (zona da membrana do dendrite ou soma que recebe o impulso, para depois propagar ao resto do neurónio), separada da anterior pela *fenda sináptica*.

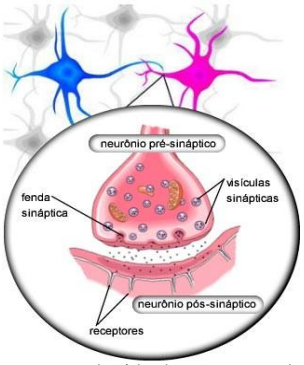


Imagem cortesia do Núcleo de Apoio ao Ensino da Química

Figura 7. Sinapse.

4.2.2 Quando um impulso nervoso chega à terminal pré-sináptica, esta responde libertando na fenda sináptica os neuro-transmissores armazenados nas vesículas. Estes são capazes de se ligar a receptores apropriados da terminal pós-sináptica desencadeando mudanças na polarização da membrana do neurónio pós-sináptico. Isto demora cerca de 0,5 mseg, depois do que a fenda é "limpa" de neuro-transmissores mediante enzimas que os degradam quimicamente.

A reacção pós-sináptica pode ser:

- Um aumento da negatividade do potencial de repouso (hiperpolarização), protegendo o neurónio pós-sináptico de qualquer outro estímulo. Trata-se dum *estímulo inibitório*, que anula a excitabilidade do neurónio.
- Uma diminuição da negatividade do potencial de repouso até o ponto de disparo dum potencial de acção (despolarização), que se transmitirá pelo neurónio pós-sináptico. Trata-se dum *estímulo excitador*.

4.2.3 Há muitos diferentes ***neuro-transmissores***. Embora cada um deles tenha uma tendência excitadora ou inibitória, a maioria pode provocar inibição ou excitação, dependendo do lugar anatómico em que se encontra a sinapse (o mesmo neuro-transmissor provoca inibição em certas zonas do sistema nervoso e excitação em outras). Os mais importantes são:

- *Dopamina*, nas chamadas sinapses "dopaminérgicas", predominantemente inibitórias.
- *Acetil-colina*, nas chamadas sinapses "colinérgicas", fundamentalmente excitadoras.
- *Noradrenalina* e *Adrenalina*, nas chamadas sinapses "adrenérgicas", fundamentalmente excitadoras.
- *Serotonina*, nas chamadas sinapses "serotoninérgicas", fundamentalmente excitadoras.

4.2.4 Cada neurónio recebe sinapses de vários neurónios (*vias convergentes*), que podem ser inibitórias ou excitadoras. Igualmente, o seu axónio dá sinapses para vários neurónios (*vias divergentes*), que também podem ser inibitórias ou escitadoras.

4.2.5 A sinapse entre uma terminal axónica e uma célula não nervosa é a chamada ***junção neuroefectora***. Incluem as:

- *Junções neuromusculares*, sinapses colinérgicas entre neurónios e fibras musculares, também chamadas *placas motoras (vide Aula 11 para os detalhes)*, e
- *Junções neuroglandulares*, entre neurónios e células glandulares.

BLOCO 5: PONTOS-CHAVE

5.1 O sistema nervoso coordena, junto ao sistema endócrino, as actividades dos outros sistemas do organismo para sincronizá-las e ajustá-las às necessidades de cada momento.

5.2 O sistema nervoso é formado principalmente por tecido neural altamente especializado, composto por neurónios, células com capacidade para transmitir informação na forma de impulsos nervosos, e por células da glia, que protegem e facilitam a função dos neurónios.

5.3 O sistema nervoso é composto pelo sistema nervoso central (SNC) e pelo sistema nervoso periférico (SNP). O primeiro processa e integra a informação recebida pelos nervos sensitivos vindos dos órgãos periféricos, e envia comandos aos órgãos efectores através dos nervos motores.

5.4 O circuito nervoso mais básico é o reflexo simples, composto por um receptor periférico, uma fibra aferente, um neurónio integrador e uma fibra eferente até o órgão efector.

5.5 O neurónio é constituído por uma série de ramificações que recebem os impulsos, os dendrites, um soma que contém o núcleo celular, e um único axónio, filamento mais ou menos comprido, recoberto ou não de mielina, que leva o impulso até aos outros neurónios.

5.6 O impulso nervoso é transmitido ao longo do axónio como uma onda produzida por uma série de mudanças na carga eléctrica a ambos lados da membrana, provocadas pelo trânsito diferencial de diferentes iões, conhecidos como potenciais de acção.

5.7 O impulso nervoso se propaga de um neurónio para outro nas sinapses, pelo estímulo químico de neuro-transmissores, moléculas especializadas em excitar ou inibir a membrana do neurónio seguinte.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	39
Tópico	Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Sistema Nervoso (2) Fisiologia do Sistema Nervoso (2)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo “Anatomia do Sistema Nervoso”:

1. Descrever a anatomia do encéfalo e das suas membranas protectoras.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sistema Nervoso Central: Generalidades		
3	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: SISTEMA NERVOSO CENTRAL: GENERALIDADES

2.1 O **sistema nervoso central (SNC)** é responsável pela integração e processamento das diferentes informações chegadas desde o sistema nervosos periférico aferente (sensitivo) e pela elaboração de comandos que serão enviados aos órgãos efectores pelo sistema nervosos periférico eferente (motor).

2.2 **Estrutura geral do SNC**. O SNC pode-se dividir em diferentes estruturas identificáveis, mas relacionadas com continuidade anatómica:

2.2.1 ***Encéfalo***, que se forma a partir das vesículas cerebrais do tubo neural anterior embrionário e está dentro da cavidade cranial. Inclui:

- Encéfalo Anterior, composto por:
  - *Cérebro*, que inclui uma zona periférica de matéria cinzenta, o *córtex cerebral*, e uma zona interna de matéria branca, a *substância branca*.
  - *Diencéfalo*, que inclui o *tálamo* e o *hipotálamo*.
- Encéfalo médio ou *Mesencéfalo*.
- Encéfalo posterior, composto por:
  - *Cerebelo*
  - *Ponte*
  - *Bulbo*

Outras classificações anatómicas dividem o encéfalo em: cérebro (encéfalo anterior), cerebelo e tronco encefálico (mesencéfalo, ponte e bulbo).

2.2.2 ***Medula espinal***, que se forma a partir do tubo neural médio e posterior embrionários e está dentro da cavidade medular da coluna vertebral. Divide-se em segmentos que tem continuidade: *Cervical*, *Torácica*, *Lombar* e *Sacro-coccígea*.

2.2.3 O sistema nervoso central é simétrico em relação ao plano sagital medial, de maneira que todas as estruturas estão divididas em metades direita e esquerda.

- Assim, fala-se de hemisférios cerebrais direito e esquerdo ou de cordões medulares (anteriores, laterais e posteriores) direitos e esquerdos.
- Porém, algumas estruturas que estão na linha média são únicas, como o 3º e 4º ventrículos .

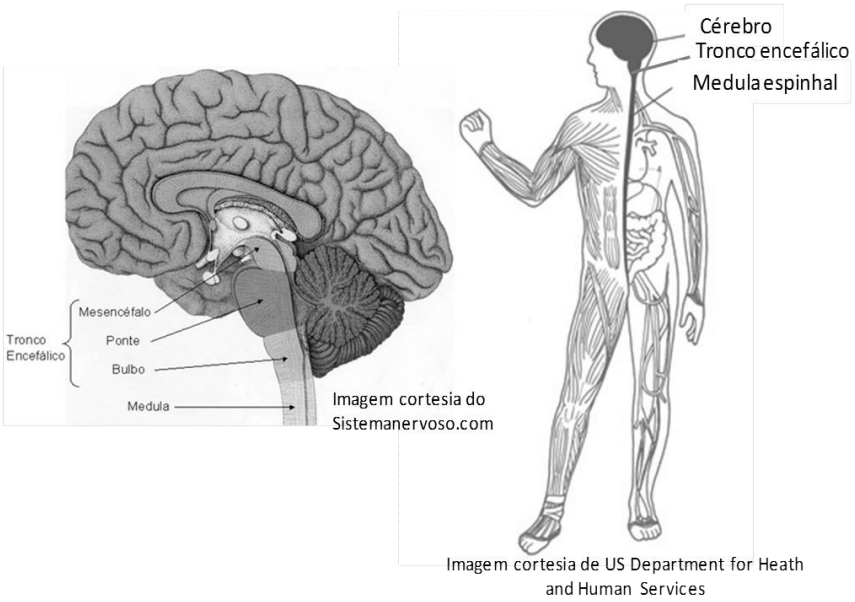


Figura 1. Partes do sistema nervoso central.

2.3 **Auxiliares anatómicos do SNC**. Todas as estruturas do encéfalo têm uma série de componentes anatómicos, acessórios fundamentais para sua função:

2.3.1 São protegidas por ***estruturas ósseas externas*** (crânio e coluna vertebral) que as protegem contra agressões mecânicas directas.

2.3.2 São protegidas por uma série de membranas conjuntivas, chamadas ***meninges***, que as protegem contra agressões físicas.

2.3.3 Têm uma ***irrigação sanguínea*** abundante, com numerosas anastomoses arteriais que protegem o SNC contra a hipoxia e a hipoglicémia. O SNC precisa de um aporte contínuo de oxigénio e glicose como fontes de energia para seu funcionamento, tolerando mal a sua falta (oxigénio não pode faltar mais de 3 ou 4 min, ocorrendo danos permanentes caso isto aconteça).

2.3.4 O sangue está separado das células neurais por uma ***barreira hemato-encefálica*** (parede capilar e células gliais) que protege as estruturas neurais de agressões químicas, metabólicas e microbiológicas chegadas pelo sangue.

2.3.5 As meninges actuam como um saco que contém as estruturas encefálicas e que está preenchido por ***líquido cefalo-raquidiano***, com função de protecção física (amortecedor) e química (eliminação de resíduos), que circula em volta do encéfalo e medula, e também no interior destes, por um sistema de canais (*ventrículos* e *canal medular*).

2.4 **Meninges**. São uma série de camadas de tecido conjuntivo situadas imediatamente internas aos ossos protectores, que recobrem todo o sistema nervoso central: encéfalo (meninges cranianas) e medula (meninges raquidianas). De fora para dentro são 3 camadas:

2.4.1 ***Dura-máter***. A mais externa, resistente e espessa, colada ao periósteo do crânio, mas separada dos ossos do canal raquidiano, pelo *espaço epidural*, de conjuntivo laxo. Muito vascularizada e inervada (a sua compressão provoca intensa dor). A dura-máter forma três pregas internas que se introduzem parcialmente no encéfalo, delimitando espaços. São a:

- *Foz cerebral*, que desde o tecto craniano sagitalmente, separa os dois hemisférios cerebrais.
- *Foz cerebelosa*, continua à anterior, na zona posterior do crânio para separar os dois hemisférios cerebelosos.
- *Tenda*, lâmina horizontal posterior, que separa o cérebro do cerebelo.

2.4.2 ***Aracnóide***. Muito delicada, com uma fina rede de filamentos (como uma teia de aranha). Sem vasos nem nervos, separada da dura-máter pelo *espaço subdural*.

2.4.3 ***Pia-máter***. A mais interna, intimamente relacionada com as estruturas neurais, com as quais faz o contacto, penetrando em todos os sulcos do encéfalo e medula Está separada da aracnóide pelo *espaço subaracnóideo*, por onde circula o líquido cefalo-raquidiano.

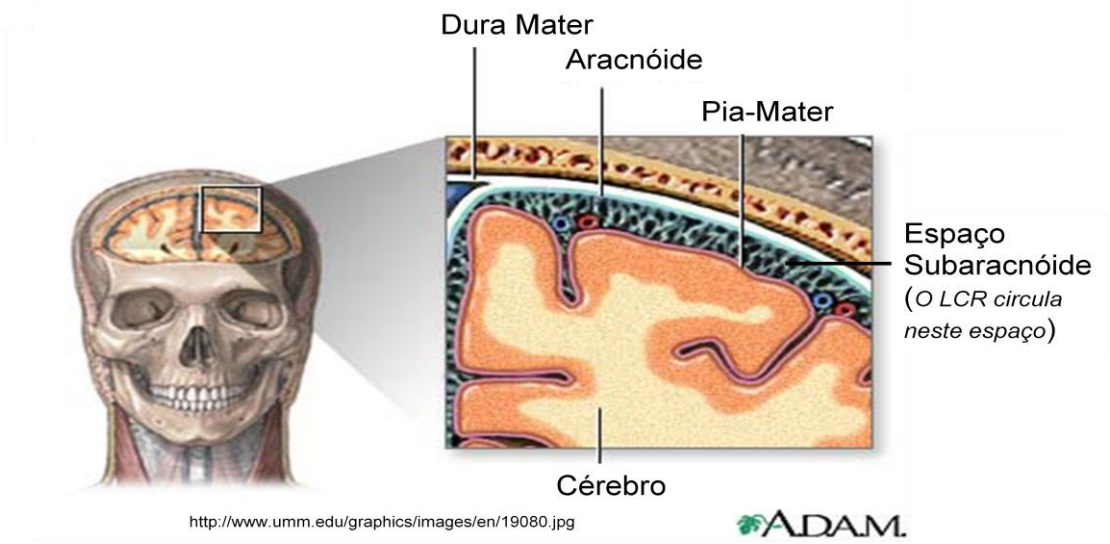


Figura 2. Meninges

2.5 **Irrigação do encéfalo**. Realiza-se a partir de dois sistemas arteriais que estão inter-comunicados: carotídeo (para o encéfalo anterior e médio) e vértebro-basilar (para o encéfalo posterior e medula).

2.5.1 O ***sistema carotídeo*** é nutrido desde as *artérias carótidas internas* (direita e esquerda), que penetram no interior do crânio através do canal carotídeo do osso temporal. Ambas estão amplamente comunicadas numa estrutura circular, chamada *polígono de Willis*, que está na base do crânio, em volta da hipófise. A partir deste partem radialmente as diferentes artérias que vão irrigar o cérebro: *cerebrais anteriores, médias e posteriores* (e todos seus ramos para cada zona do cérebro).

2.5.2 O ***sistema vertebro-basilar*** tem origem nas *artérias vertebrais* (direita e esquerda) que penetram no crânio pelo forame magno e se unem para formar uma única *artéria basilar*, que percorre a face anterior do tronco encefálico dando ramos para as estruturas do encéfalo posterior, até fazer anastomose com o polígono de Willis, relacionando ambos sistemas, que partilham fluxo (de facto, o maior aporte de sangue para a cerebral posterior vem do sistema vertebral e não do carotídeo).

2.5.3 O ***retorno venoso*** faz-se mediante um sistema profundo e outro superficial, que finalmente drenam nos *seios venosos*, grandes canais situados nas pregas da dura-máter. Todos finalmente desaguam nas veias jugulares internas.

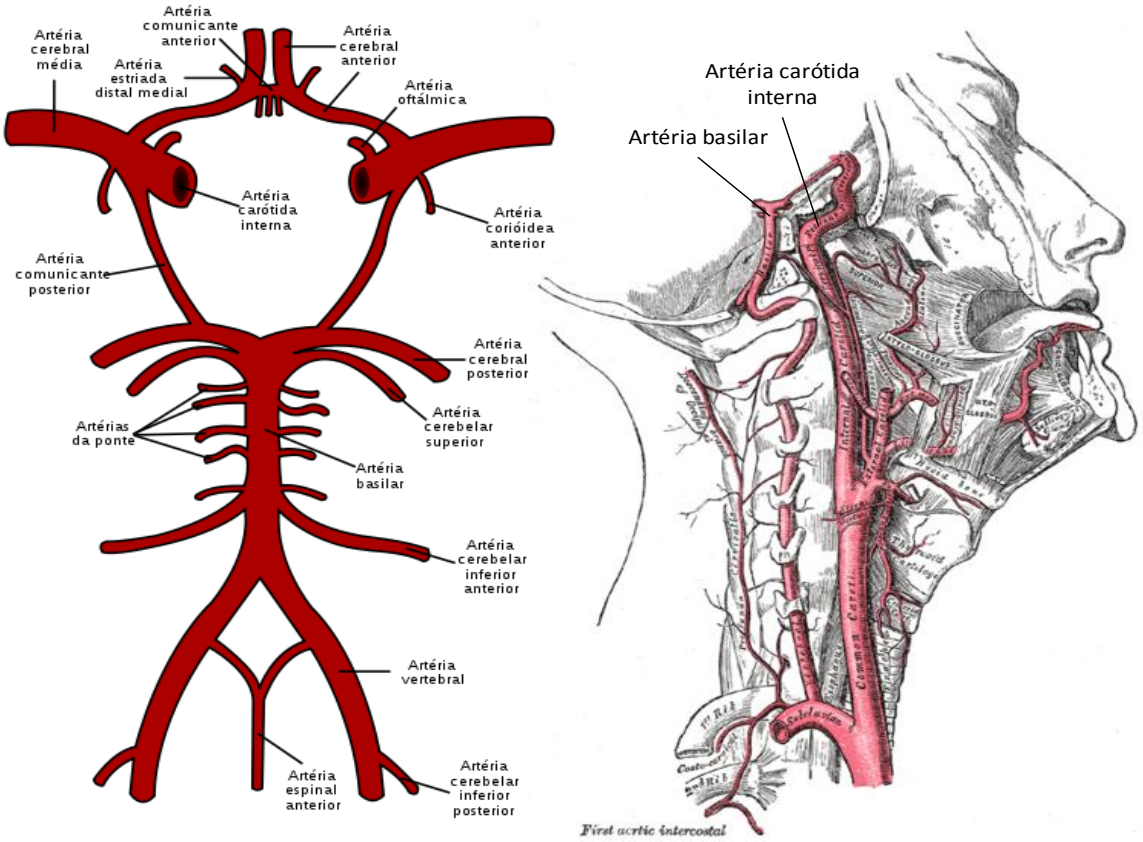


Imagem cortesia de Rhcastilhos

Imagem cortesia de Gray's Anatomy, 1918

Figura 3. Sistemas arteriais carotídeo e vértebro-basilar.

2.5.4 ***Barreira hematoencefálica***. É o limite celular entre o sangue que irriga o SNC e as células neurais do mesmo. É fundamental pois protege o SNC de agressões químicas (tóxicos,…) e microbiológicas (bactérias, vírus,…), impedindo sua passagem. Clinicamente também é importante pois impede a passagem de bastantes medicamentos (que não terão efeito dentro do encéfalo). Está barreira é formada por 3 camadas:

- endotélio capilar
- lâmina basal contínua e espessa
- prolongamentos citoplasmáticos de astrócitos, que se juntam para formar uma camada celular contínua, que filtra a passagem de moléculas e microorganismos.

2.5.5 ***Irrigação da medula***. Faz-se por um sistema segmentar a partir das artérias *vertebrais* (para a medula cervical) e da própria aorta torácica e abdominal (para a medula torácica, lombar e sacra). Cada segmento ou nível medular recebe 1 par de artérias. Existem múltiplas anastomoses entre os segmentos.

2.6 **Líquido céfalo-raquidiano (LCR) ou Liquor**. É um líquido com função de protecção mecânica (amortecedor contra vibrações) do sistema nervoso central. O LCR recobre o SNC inteiramente (no espaço subaracnóideo) e encontra-se também no interior do encéfalo, num sistema de cavidades internas comunicadas entre si. Também tem funções de transporte de oxigénio e nutrientes e eliminação de resíduos.

2.6.1 A produção de LCR é contínua (cerca de 500 ml/dia), como filtrado do plasma sanguíneo, pelos *plexos coróides*, redes capilares situadas na parede dos ventrículos laterais do cérebro, e se reabsorve continuamente para manter o balanço, pelas *vilosidades aracnóideas* (granulações da aracnóide junto aos seios venosos cerebrais, para onde drenam o LCR sobrante).

2.6.2 As cavidades internas por onde circula o LCR estão intercomunicadas e são:

- *Ventrículos laterais*, um no interior de cada hemisfério cerebral, que comunica pelos *orifícios de Monroe*, com o
- *3º ventrículo*, no meio do diencéfalo, sobre o hipotálamo, que por sua vez comunica pelo *aqueduto de Sílvio* com o
- *4º ventrículo*, no tronco encefálico. Aqui existe uma série de orifícios que comunicam o sistema de cavidades com o espaço subaracnóideo.

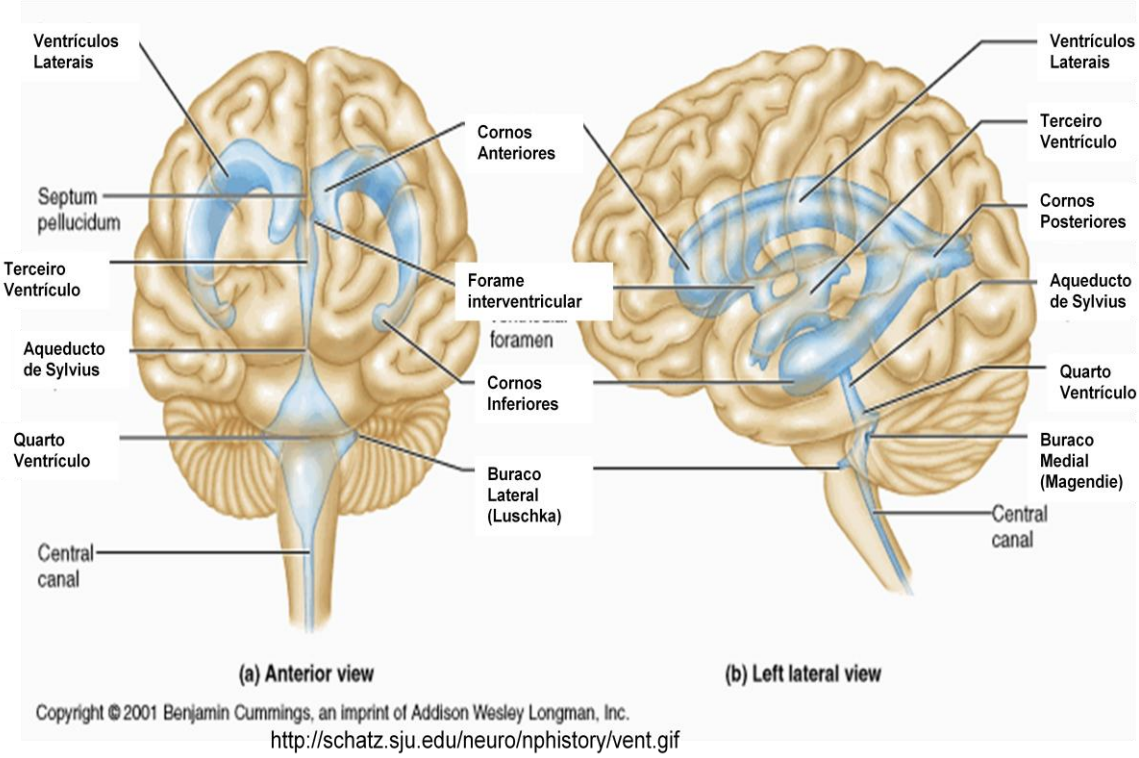


Figura 4. Ventrículos

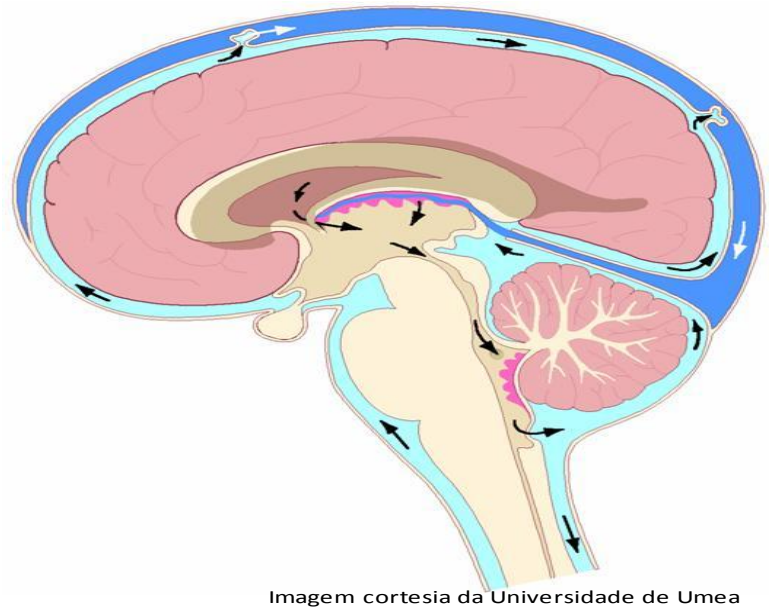


Figura 5. Circulação do LCR.

BLOCO 3: PONTOS-CHAVE

3.1 O SNC integra e processa informações para emitir comandos e é composto pelo encéfalo, grupo de estruturas intracraniais que incluem o cérebro, o diencéfalo, o cerebelo e o tronco encefálico, e pela medula espinhal.

3.2 O SNC está completamente recoberto pelas meninges, três membranas que o isolam e o protegem, e é banhado pelo líquido céfalo-raquidiano (LCR), que ajuda na manutenção do seu meio interno e amortece os traumas mecânicos que possam chegar.

3.3 O SNC está vascularizado por dois sistemas intercomunicados, o carótideo e o vértebro-basilar, que fornecem sangue mediante uma ampla rede capilar, separada do tecido neural por uma barreira hemato-encefálica que protege o SNC de agressões químicas e microbiológicas.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	40
Tópico	Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Sistema Nervoso (3) Fisiologia do Sistema Nervoso (3)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a anatomia e Listar as funções do cérebro;
2. Descrever a anatomia da medula espinal.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Encéfalo		
3	Medula Espinal		
4	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: ENCÉFALO

2.1 **Cérebro**. É a maior (entre 1.200 e 1.400 gramas de peso) e mais desenvolvida estrutura do encéfalo. É um órgão único, simétrico sagitalmente, representado por dois *hemisférios cerebrais* (direito e esquerdo) unidos por uma ponte de matéria branca, o *corpo caloso*, e por diferentes estruturas mal delimitadas, os *núcleos da base*, que entram em contacto já com o diencéfalo.

2.1.1 A superfície dos hemisférios é o chamado ***córtex cerebral***, de matéria cinzenta (uns 3-5 mm de espessura, contendo bilhões de corpos neuronais) e é formada por numerosas pregas de tecido neural que aumentam muito a sua superfície total, chamadas *giros*, que estão separadas umas de outras por *sulcos*.

Existem vários sulcos profundos que dividem o córtex em *lobos*, que correspondem aproximadamente com os ossos do crânio que as recobrem. Assim:

- O sulco sagital (único), divide os dois hemisférios simétricos;
- O sulco central de rolando (direito e esquerdo), divide os lobos frontais dos parietais;
- O sulco lateral de sílvio (direito e esquerdo), divide os lobos frontais dos temporais; e
- O sulco parieto-occipital (direito e esquerdo), divide esses lobos.

2.1.2 O córtex cerebral é a estrutura mais desenvolvida do SNC, que responde pela maioria das funções superiores: sentidos, movimentos, fala,… Existem 46 ***áreas específicas no córtex*** de cada hemisfério, cada uma com funções determinadas, embora todas estejam inter-relacionadas por diferentes tratos de fibras, de maneira a integrar a informação que recebem e que enviam.

2.1.3 As áreas que recebem ou enviam fibras desde ou para níveis inferiores tem sido chamadas como *áreas de projecção* do córtex. As mais importantes são:

- Córtex frontal:
  - Áreas anteriores (giros pré-frontais), relacionadas com o comportamento emocional.
  - Áreas posteriores (giros pré-centrais ou pré-rolándicos), que respondem pelas actividades motoras esqueléticas (*área motora*).
  - Área lateral (giro superior ao sulco de Sílvio), que é o *área motora da fala (de Broca).*
- Córtex parietal:
  - Áreas anteriores (giros pós-centrais ou pós-rolándicos), que respondem pela sensibilidade cutânea (*área somestésica*).
- Córtex temporal:
  - Áreas superiores (giro inferior ao sulco de Sílvio), que é a *área sensorial da audição (de Wernicke)*.
- Córtex occipital
  - Áreas mais posteriores, que é a *área sensorial da visão.*

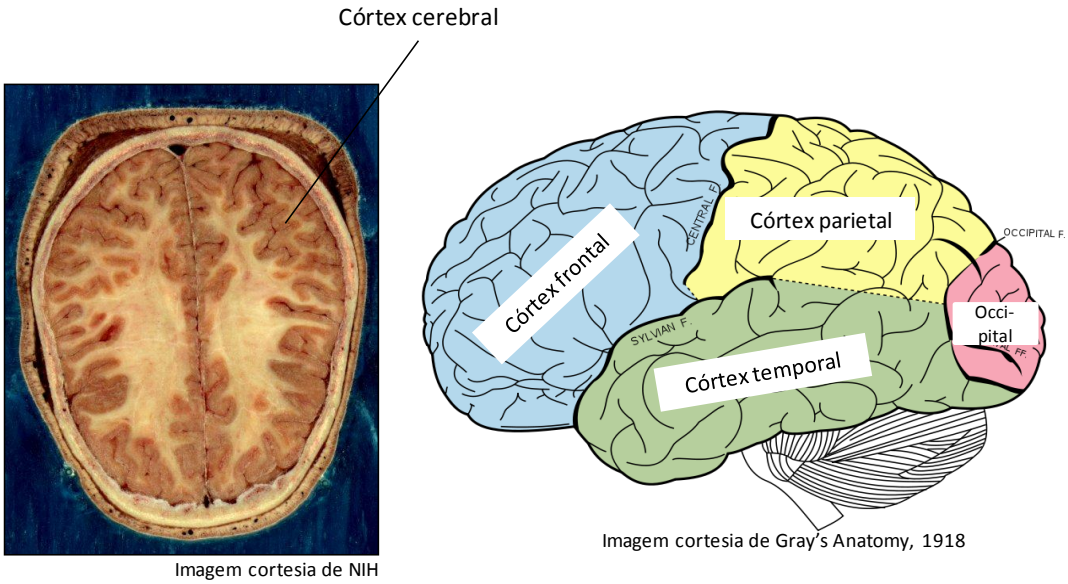


Figura 6. Anatomia geral do cérebro: o córtex.

2.1.4 Mas existem grandes áreas no córtex que não estão ligadas a funções específicas, mas que são estações intermédias no envio de ordens entre as áreas de projecção específicas. São as chamadas *áreas de associação*.

2.1.5 As células do córtex geram potenciais eléctricos quando estão activas. Esta actividade eléctrica característica do cérebro pode ser detectada externamente com um aparelho apropriado e registada como ondas no chamado *electroencefalograma (EEG)*, útil no diagnóstico de diferentes doenças cerebrais.

2.1.6 Por baixo do córtex existe a substância branca, composta por ***feixes de fibras*** mielinizadas que enlaçam as diferentes áreas do córtex. Existem três tipos de feixes:

- *De associação*, que ligam áreas do mesmo hemisfério.
- *Comissurais*, que ligam áreas entre hemisférios, passando pelo corpo caloso.
- *De projecção*, que ligam o córtex com níveis inferiores do SNC. Podem ser ascendentes, que trazem informação, ou descendentes, que levam a informação. A maioria destas vias são cruzadas, de forma que os centros de um hemisfério controlam actividades do outro lado do corpo. Assim a sensibilidade da mão esquerda está representada numa parte da área somestésica direita.

2.1.7 Os ***núcleos da base*** são uma série de grupos neuronais pares incluídos na matéria branca do interior do cérebro, relacionados com a integração de funções entre o córtex e o diencéfalo.

- Fazem parte do sistema extra-piramidal (vide mais adiante) e estão especializados na geração de movimentos esqueléticos automáticos (manutenção da posição erecta, movimentos de equilíbrio,…).

2.2 **Diencéfalo**. Situado no interior do cérebro, totalmente oculto pelos hemisférios, excepto na sua face inferior, em relação à base do crânio. corresponde a uma série de estruturas definidas (tálamo, hipotâlamo e outros) relacionadas com o 3º ventrículo cerebral. O diencéfalo subdivide-se em:

2.2.1 O ***tálamo***, que é uma estrutura única central e grande, composta por diferentes núcleos pares de matéria cinzenta, que tem diferentes funções integradoras de informações

provenientes de outros centros relacionados com à motricidade (sistema extrapiramidal), às emoções (sistema límbico), e à sensibilidade (dor, tacto e temperatura).

2.2.2 O ***hipotálamo***, que é uma estrutura pequena, que forma o soalho e paredes do 3º ventrículo, também formado por diferentes núcleos pares, relacionados com uma grande variedade de funções vitais básicas, como a regulação da temperatura, da composição do meio interno, da função cardiocirculatória e respiratória,… Tem também funções de integração de emoções (sistema límbico) e faz parte do sistema endócrino *(vide aulas 36 e 37)*.

2.2.3 Existem outras estruturas menores que pertencem ao diencéfalo, entre as quais se destacam a *glândula pineal (vide aula 36)*.

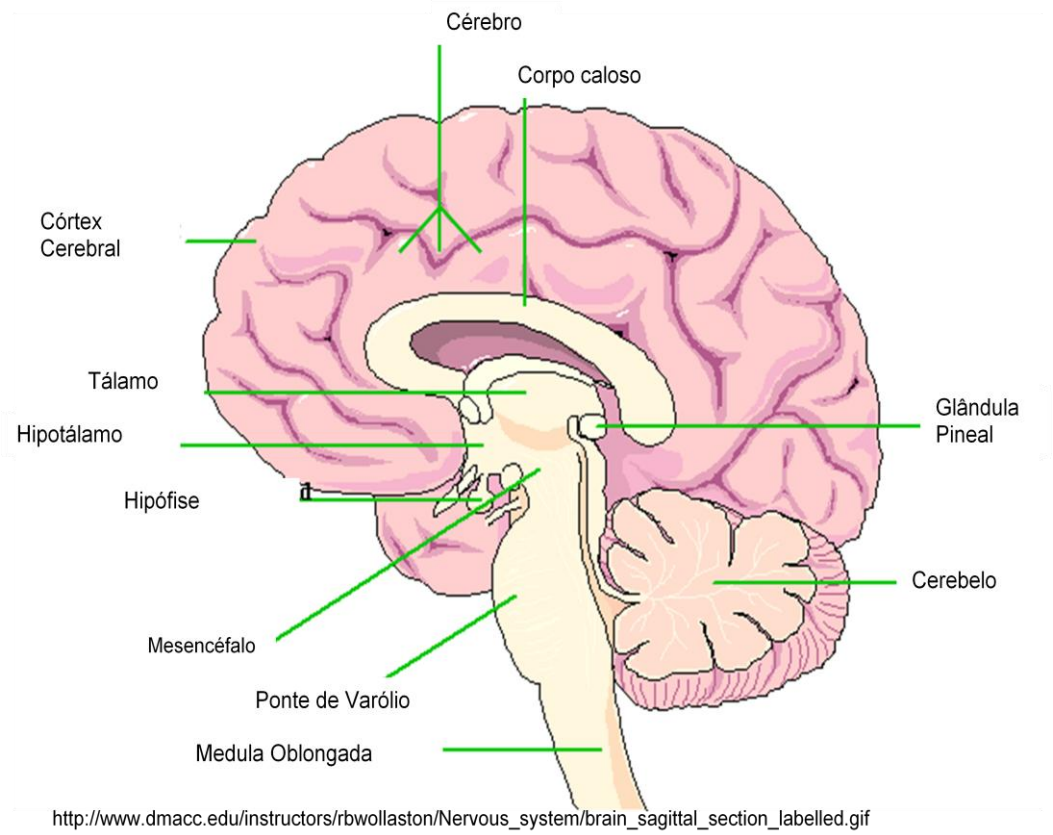


Figura 7. Anatomia geral do encéfalo anterior

2.3 **Cerebelo**. Estrutura simétrica alojada na fossa craniana posterior, por baixo da tenda da dura-máter e atrás do tronco cerebral. Limita posteriormente o 4º ventrículo. A semelhança do cérebro tem:

- um córtex de matéria cinzenta e um interior de matéria branca;
- uma série de pregas paralelas que aumentam muito a superfície; e
- 2 hemisférios (cada um com lobos anterior, posterior e flóculo-nodular) unidos por uma zona central (vermis).

2.3.1 Esta relacionado com as áreas motoras do cérebro e com o órgão do equilíbrio. As suas funções são:

- Integração de movimentos esqueléticos automáticos (não conscientes).
- Coordenação da posição.
- Manutenção do equilíbrio.

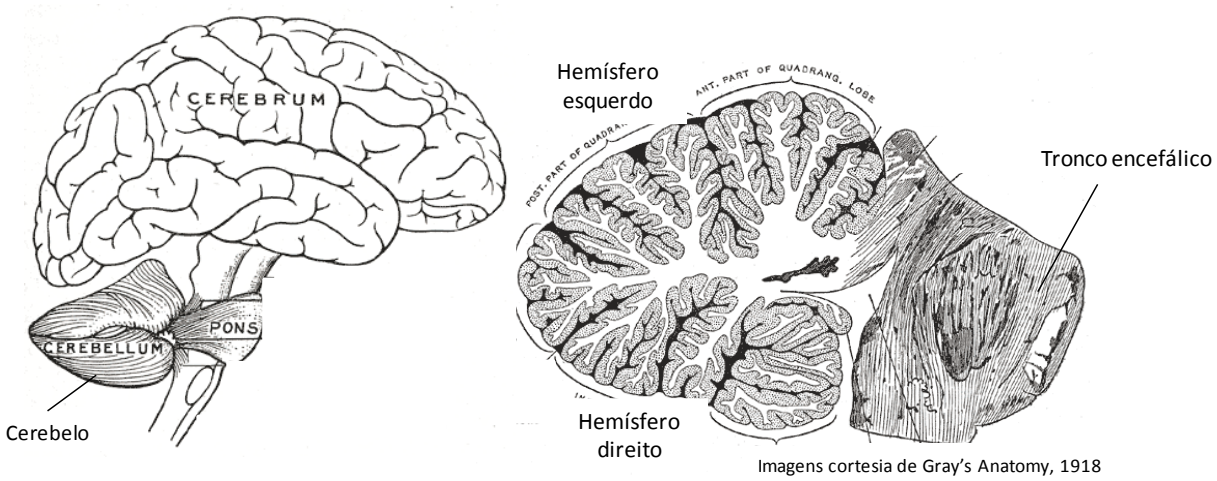


Figura 8. Anatomia geral do cerebelo (vista lateral e corte sagital).

2.4 **Tronco encefálico**. Inclui as estruturas do encéfalo médio e posterior, excluindo o cerebelo, todas localizadas na fossa craniana posterior. Vide figura 8

É uma grande estação intermédia onde transita a informação entre a periferia (medula e SNP) e os centros encefálicos superiores, actuando como central de distribuição de impulsos. Também inclui os núcleos de onde parte a maioria dos nervos cranianos e os centros que regulam as funções vitais básicas. O tronco encefálico se divide em:

2.4.1 ***Mesencéfalo***. Encontra-se em volta do aqueduto de Sílvio, relacionado com o cerebelo através dos *pedúnculos cerebrais*, onde circulam as vias motoras que relacionam o córtex cerebral e o cerebelo. Tem núcleos onde se originam os nervos cranianos III e IV.

2.4.2 ***Ponte de Varólio***. Zona de matéria prevalentemente branca entre o mesencéfalo e o bulbo, em relação ao 4º ventrículo.

- É um área de passagem das vias nervosas e contém alguns núcleos de nervos raquidianos (V, VI e VII) e de funções básicas (centros apnéusico e pneumotáxico da respiração)

2.4.3 ***Bulbo Raquidiano ou Medula Oblongada***. Última estrutura do encéfalo, da qual parte a medula. Como a ponte contém todos os tratos ascendentes e descendentes.

- É no bulbo onde se faz o cruzamento das vias motoras voluntárias (piramidais).
- Tem vários centros vitais de grande importância: cardiovascular (regula o ritmo cardíaco), respiratório (regula o ritmo da respiração), da tosse, do vómito,…
- Tem núcleos dos nervos cranianos VIII, IX, X, XI e XII.

2.5 **Principais Sistemas funcionais.** Uma das principais características no funcionamento do encéfalo é que ,apesar de cada estrutura (órgão, área, núcleo,…) tenha uma função (ou várias) determinada, todas estão relacionadas anatómica e funcionalmente entre si. Grupos de estruturas que funcionam conjuntamente se denominam *sistemas funcionais ou vias*. Há muitos diferentes sistemas funcionais, alguns ainda pouco compreendidas; contudo podem-se destacar:

2.5.1 ***O Sistema Piramidal***. Inclui diferentes *tratos córtico-espinhais*, compostos por axónios de moto-neurónios das áreas motoras corticais do cérebro, que descem sem interrupção até fazer sinapse nos centros motores da medula espinhal.

- Levam ordens voluntárias para o sistema músculo-esquelético. Cruzam-se a nível do bulbo, de forma que áreas motoras cerebrais esquerdas enviam ordens para grupos musculares do lado direito do corpo (e vice-versa).

2.5.2 ***O Sistema Extrapiramidal***. Grupo amplo e heterogéneo de tratos de fibras motoras que interligam varias partes do córtex cerebral com diferentes estruturas subcorticais como o tálamo, os núcleos da base, a formação reticular e também o cerebelo , até chegar, após várias sinapses, à medula.

- Levam ordens involuntárias para o sistema músculo-esquelético relacionados com os movimentos automáticos, a postura e o tonus muscular; coordena a acção do sistema piramidal.

2.5.3 ***A Formação Reticular***. Conjunto de estruturas que se estendem desde o diencéfalo até a parte superior da medula, responsáveis pela regulação do tom muscular e pela manutenção do nível de consciência (regula os ciclos de sono e vigília).

2.5.4 ***As Vias da Fala***. Embora seja a área motora de Broca a que responde pela fala (articulação de palavras), precisa de um complexo sistema que relaciona com outras áreas, principalmente a área auditiva de Wernicke e o giro angular occipital, para poder realizar uma fala com sentido.

2.5.5 ***O Sistema Límbico***. Grupo de estruturas do cérebro (giros internos, núcleo caudado, hipocampo,…) e do diencéfalo (certos núcleos do tálamo), em volta do corpo caloso e os ventrículos laterais, que formam um anel de vias nervosas relacionadas com as emoções (dor, prazer, raiva, submissão, ira, carinho,…) e o efeito destas sobre a memória.

2.5.6 ***A Memória***. É a capacidade de recordar e utilizar o que foi aprendido ou experimentado no passado. Por ser a memória uma função de integração de muitas áreas, o seu processamento é extraordinariamente complexo, intervindo muitas estruturas. Parece que o hipocampo (sistema límbico) tem um papel protagonista.

- Existem dois sistemas anatómica e funcionalmente diferentes, ainda não bem compreendidos: memória a curto prazo e memória a longo prazo.

BLOCO 3: MEDULA ESPINAL

3.1 **Anatomia da medula**. A medula é a única estrutura extra-cranial do SNC, derivada do tubo neural (médio e posterior) embrionário e contida no canal vertebral, que a protege. Tal como o encéfalo, a medula está recoberta por meninges e banhada por LCR.

3.1.1 É um cordão neural que começa no forame magno. É a continuação inferior do bulbo do qual não esta separado anatomicamente.

3.1.2 É um órgão segmentado, composto por múltiplos níveis de estrutura repetida, que condizem com os da coluna vertebral: *8 cervicais* (existem 7 vértebras cervicais, mas conta-se também o nível do forame magno), *12 torácicas*, *5 lombares* e *6 sacrococcígeas*.

- De cada nível, partem e chegam à medula quatro *raízes nervosas (anterior ou ventral* e *posterior ou dorsal*, direitas e esquerdas). São feixes de fibras que se juntam (já fora do canal medular), para formar os nervos medulares ou raquidianos que inervam todas as estruturas corporais (excepto a cabeça, que é inervada pelos nervos cranianos, que partem desde o encéfalo).

- A partir do 5º mês fetal, a coluna vertebral cresce mais rapidamente que a medula, de forma que no adulto, a medula apenas chega ao nível da 1ª vértebra lombar.

- Desta maneira, os níveis medulares e os vertebrais coincidem nas primeiras vértebras cervicais, mas depois vão-se distanciando progressivamente, verticalizando-se as raízes nervosas, que caudalmente a L1 forma um feixe de raízes nervosas descendentes chamada *cauda equina*.

3.1.3 A estrutura de cada nível é repetida (igual em qualquer nível) e simétrica (direita e esquerda), de forma que a medula seja formada por diferentes colunas ou cordões de tecido neural específico, que se podem observar claramente em um ***corte transversal***, onde se visualiza:

- *O Núcleo da matéria cinzenta*, em forma de "H", composto por duas colunas anteriores (direita e esquerda) e duas posteriores, unidas por uma coluna intermédia (em volta de um pequeno canal medular central). Nos cortes transversais, as colunas são denominadas *cornos* (anteriores e posteriores).
- *A Periferia da matéria branca*, em volta da matéria cinzenta, com pares (direita e esquerda) de colunas (ou cordões) ventrais, dorsais e laterais.

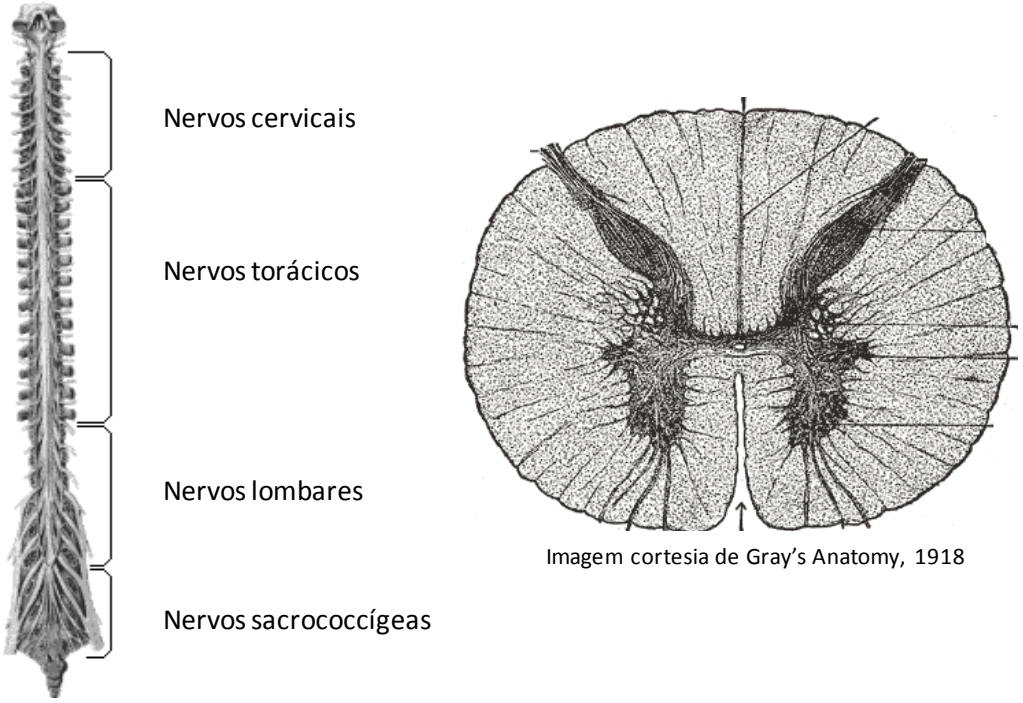


Figura 9. Anatomia geral da medula. Vista longitudinal e corte transversal.

3.2 **Função da medula**. É a estação intermédia entre o encéfalo e o SNP, modulando os impulsos nervosos aferentes que chegam do SNP (sensitivos) e eferentes que chegam do encéfalo em direcção aos órgãos efectores (motores), e criando reflexos (respostas motoras perante um estímulo sensitivo, que não passam por níveis superiores do SNC).

3.2.1 A ***matéria cinzenta*** inclui corpos neuronais onde se ocorrem as sinapses entre as fibras encefálicas e as periféricas:

- As *colunas ou cornos anteriores* têm moto-neurónios, que recebem informação das vias motoras superiores (movimentos voluntários e involuntários) e das fibras sensitivas periféricas (para completar o arco reflexo). Os axónios destes moto-neurónios partem da medula como raízes anteriores (motoras).
- As *colunas ou cornos posteriores* têm neurónios sensitivos, que recebem informação das fibras sensitivas periféricas, que chegam a medula como raízes posteriores (sensitivas) e enviam-na para níveis superiores.

- As *colunas intermédias e laterais* têm moto-neurónios do SNA, que enviam seus axónios (através das raízes anteriores) para os sistemas simpático e parassimpático periféricos.

3.2.2 A ***matéria branca*** é formada por feixes de fibras mielinizadas procedentes dos níveis superiores (vias descendentes motoras) ou procedentes da periferia e que enviam informação para o encéfalo (vias ascendentes sensitivas).

- Entre as vias descendentes (motoras) se destacam:
  - *Vias ou tratos cortico-espinhais* (nos cordões ventrais e laterais), os quais enviam ordens voluntárias para os diferentes músculos e
  - *Vias ou tratos vestíbulo espinhais* (nos cordões ventrais), os quais enviam ordens involuntárias para a conservação do equilíbrio.
- Entre as vias ascendentes (sensitivas) se destacam:
  - *Vias ou tratos espinho-talámicas laterais* (nos cordões laterais), os quais enviam sensações de dor e temperatura,
  - *Vias ou tratos espinho-talámicas ventrais* (nos cordões ventrais), os quais enviam sensações de toque e pressão e
  - *Vias ou tratos espinho-cerebelares* (nos cordões laterais), os quais enviam sensações proprioceptivas para a conservação da posição e do equilíbrio.

BLOCO 4: PONTOS-CHAVE

4.1 O cérebro, dividido em dois hemisférios unidos pelo corpo caloso, é constituído por um córtex de matéria cinzenta, responsável pelas funções motoras e sensitivas superiores, e um interior de matéria branca, envolvido em funções de integração.

4.2 O diencéfalo, composto por tálamo e hipotálamo, encontra-se oculto pelo cérebro e é responsável pela regulação das funções vitais básicas.

4.3 O cerebelo, dividido em dois hemisférios e vários lóbulos, é responsável pelo controlo da posição e do equilíbrio.

4.4 O tronco encefálico é constituído por mesencéfalo, ponte e bulbo, e tem numerosos núcleos que regulam funções vitais primárias e outros que dão origem aos nervos cranianos.

4.5 As diferentes estruturas do encéfalo estão interligadas anatómica e funcionalmente em sistemas, entre os quais se destacam o piramidal e extra-piramidal (motores), o límbico (controla as emoções) e as vias da memória.

4.6 A medula, cordão neural situado no canal vertebral, é uma estação intermédia entre o encéfalo e a periferia que modula os impulsos motores e sensitivos e elabora os reflexos.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	41
Tópico	Anatomia e Fisiologia do Sistema Nervoso	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Anatomia do Sistema Nervoso (4) Fisiologia do Sistema Nervoso (4)	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo “Anatomia do Sistema Nervoso”:

1. Diferenciar os nervos cranianos e raquidianos;
2. Explicar o que são dermatomas.

B. Sobre o conteúdo “Fisiologia do Sistema Nervoso”:

1. Listar as funções dos diferentes nervos cranianos;
2. Listar as funções dos diferentes sub-sistemas do Sistema Nervoso Autónomo;
3. Identificar as actividades reflexas;
4. Explicar o arco reflexo;
5. Listar alguns exemplos de alterações comuns do sistema nervoso.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Nervos Cranianos		
3	Nervos Raquidianos: Reflexos		
4	Sistema Nervoso Autónomo		
5	Patologia do Sistema Nervoso		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Martini. Fundamentos de anatomia e fisiologia (Fundamentlas of anatomy and physiology). 4º edição. Prentice Hall: 2008.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1. Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2. Apresentação da estrutura da aula.

1.3. Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: NERVOS CRANIANOS

2.1 Nervos são cordões esbranquiçados formados por fibras nervosas unidas por tecido conjuntivo e que têm por função levar (ou trazer) impulsos ao (do) SNC. As fibras que levam impulsos ao SNC são chamadas de aferentes ou sensoriais, enquanto que as que trazem impulsos do SNC são as eferentes ou motoras. Os nervos são divididos em dois grupos: nervos cranianos e nervos raquidianos/medulares ou espinhais.

2.2 Os **nervos cranianos** são 12 pares (direitos e esquerdos) que se originam nos núcleos situados no encéfalo (principalmente no tronco encefálico, onde se origem 10 nervos), de onde partem por diferentes canais ósseos que atravessam o crânio.

2.2.1 Inervam as estruturas da cabeça e pescoço, sendo responsáveis pela sensibilidade e mobilidade destas regiões anatómicas e dos órgãos dos sentidos.

2.2.2 Alguns são puramente motores (5 deles) e outros sensitivos (3 deles); os restantes são mistos, com funções motoras, sensitivas e autónomas e com várias funções.

- As fibras motoras têm os seus corpos neuronais nos correspondentes núcleos encefálicos.
- As fibras sensitivas têm os seus corpos neuronais em gânglios nervosos ao nível da saída cranial do nervo correspondente (excepto os corpos neuronais do nervo olfatório e do nervo óptico que estão localizados respectivamente na mucosa nasal e na retina).

2.2.3 Os nervos cranianos são denominados pelo próprio nome do nervo (relacionado com a sua função ou destino anatómico) e com um número (de I a XII, números romanos) em ordem de cranial a caudal.

2.2.4 Suas funções são definidas na tabela a seguir:

Nervo craniano	Destino e Origem	Tipo de fibras	Funções
I – Olfactivo	Mucosa olfatória / Bulbo olfactórios do cérebro frontal	Sensitivas	Olfacto
II – Óptico	Retina / Diencéfalo a través do quiasma óptico	Sensitivas	Visão
III – Oculomotor ou Motor Ocular Comum	Músculos extrínsecos e intrínsecos olho / Núcleo mesencefálico	Motoras Parassimpáticas	Mobilidade ocular Contracção da pupila
IV – Troclear ou Patético	Músculos extrínsecos olho, com excepção do recto lateral e do oblíquo superior / Núcleo mesencefálico	Motoras	Mobilidade ocular (olhar para cima)

V – Trigémeo	Pele cabeça e pescoço / Núcleos do tronco	Sensitivas (a maioria) Motoras	Sensibilidade (3 ramos: oftálmico, maxilar e mandibular) da metade anterior da cabeça e pescoço Mastigação
VI – Abducente ou Motor Ocular Externo	Músculos extrínsecos olho (músculo recto lateral) / Núcleo mesencefálico	Motoras	Mobilidade ocular (olhar para fora)
VII – Facial	Músculos faciais / Núcleos da ponte	Motoras (a maioria) Parassimpáticas Sensitivas	Mímica facial Secreção salivar e lacrimal Gosto (2/3 anteriores da língua)
VIII – Vestíbulococlear ou Auditivo	Ouvido interno / Núcleos da ponte	Sensitivas	Audição (ramo coclear) Equilíbrio (ramo vestibular)
IX – Glossofaríngeo	Língua e faringe / Núcleos do bulbo	Motoras (a maioria) Parassimpáticas Sensitivas	Mobilidade lingual e deglutição Secreção salivar (parótida) Gosto (1/3 posterior da língua)
X – Vago ou Pneumogástrico	Faringe e órgãos torácicos e abdominais / Núcleos do bulbo	Motoras (a maioria) Parassimpáticas Sensitivas	Mobilidade faríngea e deglutição Inervação visceral torácica e abdominal
XI – Acessório ou Espinhal	Músculos do pescoço / Núcleo medular	Motoras	Mobilidade do pescoço
XII – Hipoglosso	Língua / Núcleo do bulbo	Motoras	Mobilidade da língua

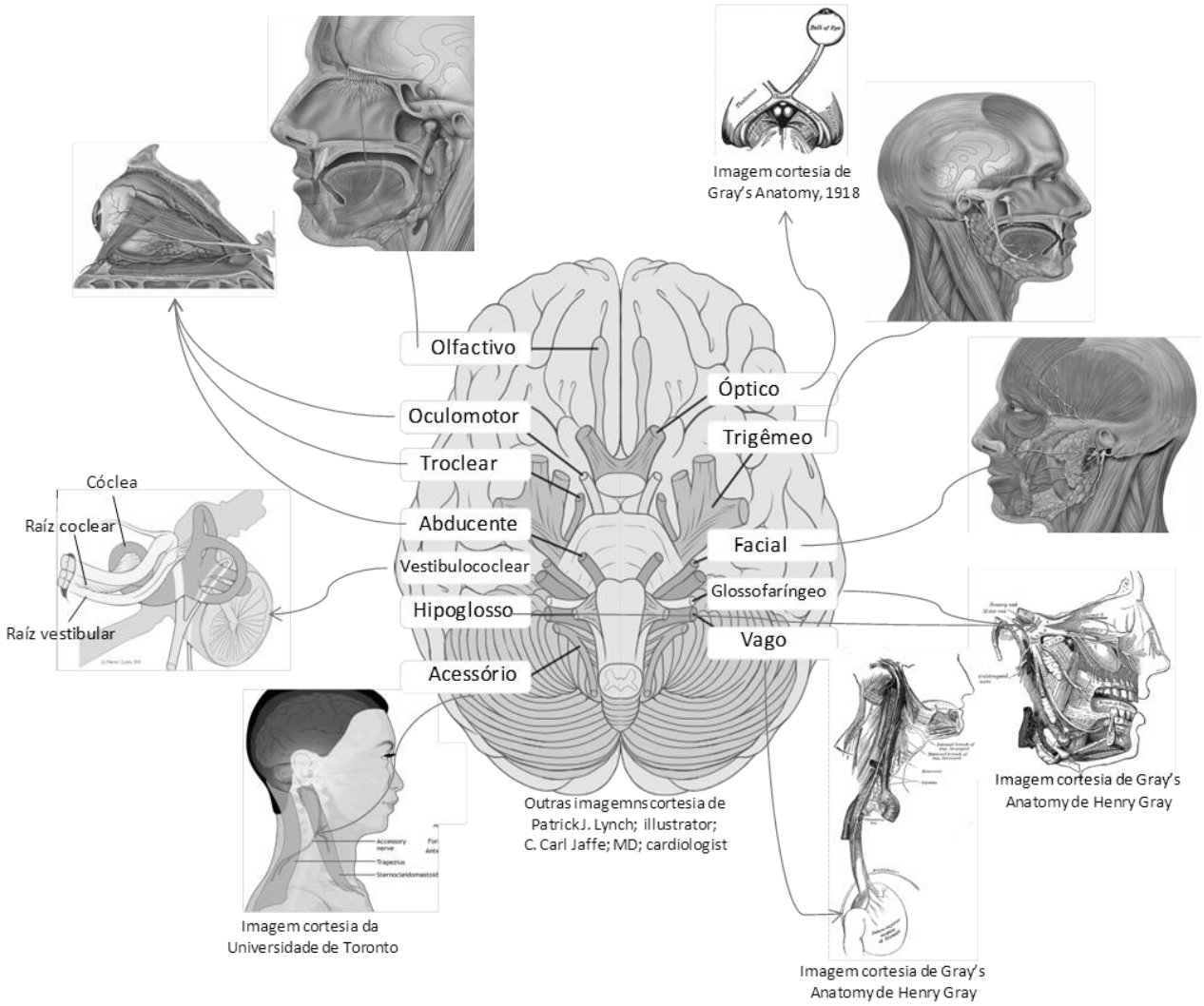


Figura 1. Nervos cranianos.

BLOCO 3: NERVOS RAQUIDIANOS: REFLEXOS

3.1 Os **nervos raquidianos ou espinhais** são 31 pares (direitos e esquerdos), cada par tem origem num determinado nível da medula espinhal. São denominados com uma letra (correspondente ao segmento medular a que pertencem) e um número (em ordem descendente).

Assim, existem em sentido descendente: 8 nervos cervicais (de C1 a C8), 12 nervos torácicos (de T1 a T12), 5 nervos lombares (de L1 a L5), 5 nervos sacrais (de S1 a S5) e 1 nervo coccígeo (C0). Este último é um nervo muito pequeno, que alguns autores denominam 6º sacral (S6).

3.1.1 Em cada nível medular partem pelos orifícios intervertebrais:

- Um par (direita e esquerda) de *raízes nervosas anteriores*, que levam fibras motoras (somática e autonómica) de moto-neurónios situados nos cornos anteriores.
- Um par de *raízes nervosas posteriores*, que levam fibras sensitivas procedentes da periferia (o soma está nos gânglios sensitivos que estão na própria raiz posterior) e que vão contactar com os inter-neurónios dos cornos posteriores medulares.

  De referir que pela disparidade no crescimento de medula e coluna, as raízes dos níveis mais altos (cervicais), são muito curtas e saem logo do canal medular, enquanto que as mais caudais (lumbosacras) são cumpridas com um longo trajecto dentro do canal (formam a cauda equina).

3.1.2 Em cada lado e já fora da coluna, as raízes anterior e posterior se juntam para formar o correspondente *nervo sensitivo-motor*, com destino às respectivas áreas de inervação motora (grupos musculares e vísceras) e sensitiva (pele e órgãos ointernos e sensibilidade músculo-esquelético proprioceptiva).

3.1.3 Logo após a sua formação, cada nervo raquidiano se divide em:

- *Ramo dorsal*, pequeno, com fibras motoras e sensitivas para as zonas posteriores do corpo, e
- *Ramo ventral*, grosso, com fibras motoras e sensitivas para as zonas anteriores do corpo. Deste ramo, logo parte um outro ramo, com fibras autonómicas independentes.

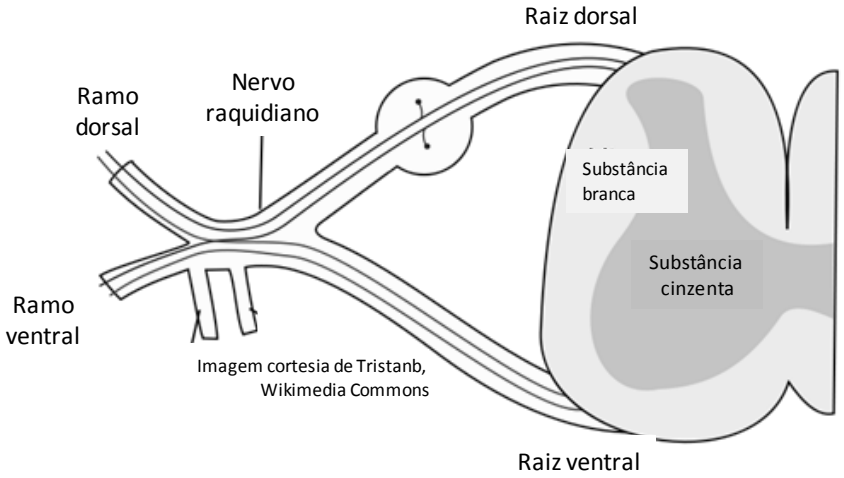


Figura 2. Raízes medulares e nervos raquidianos.

3.1.4 Alguns dos nervos raquidianos (ramos ventrais) não permanecem individualizados até chegar à periferia, mas logo após se formar, misturam as suas fibras com as de outros nervos de níveis vizinhos, para formar redes nervosas chamadas ***plexos nervosos***, das quais partem já nervos periféricos individualizados, que contêm fibras procedentes de diferentes níveis. Assim, temos:

- *Plexo cervical*, que se forma dos ramos ventrais de C1, C2, C3 e C4. Deste plexo partem os nervos para o pescoço ombro e diafragma (nervo frénico).
- *Plexo braquial*, que se forma dos ramos ventrais de C5, C6, C7, C8 e T1. Deste plexo partem os nervos para a cintura escapular e o membro superior: nervos escapular dorsal, torácico longo, supra-escapular, músculo-cutâneo, mediano, ulnar, axilar e cubital.
- *Plexo lombar*, que se forma dos ramos ventrais de L1, L2, L3 e L4. Deste plexo partem os nervos para a coxa e área genital: nervos femoral, cutâneo lateral e génito-femoral.
- *Plexo sacral*, que se forma dos ramos ventrais de L4, L5, S1, S2, S3 e S4. Deste plexo se forma o grande nervo para o membro inferior: o nervo ciático ou isquiático.

A inervação de cada grupo muscular particular aparece na aula 12.

Os nervos torácicos (T2 até T12) são individuais (não formam plexos) e inervam o tórax e o abdómen. São os *nervos intercostais*.

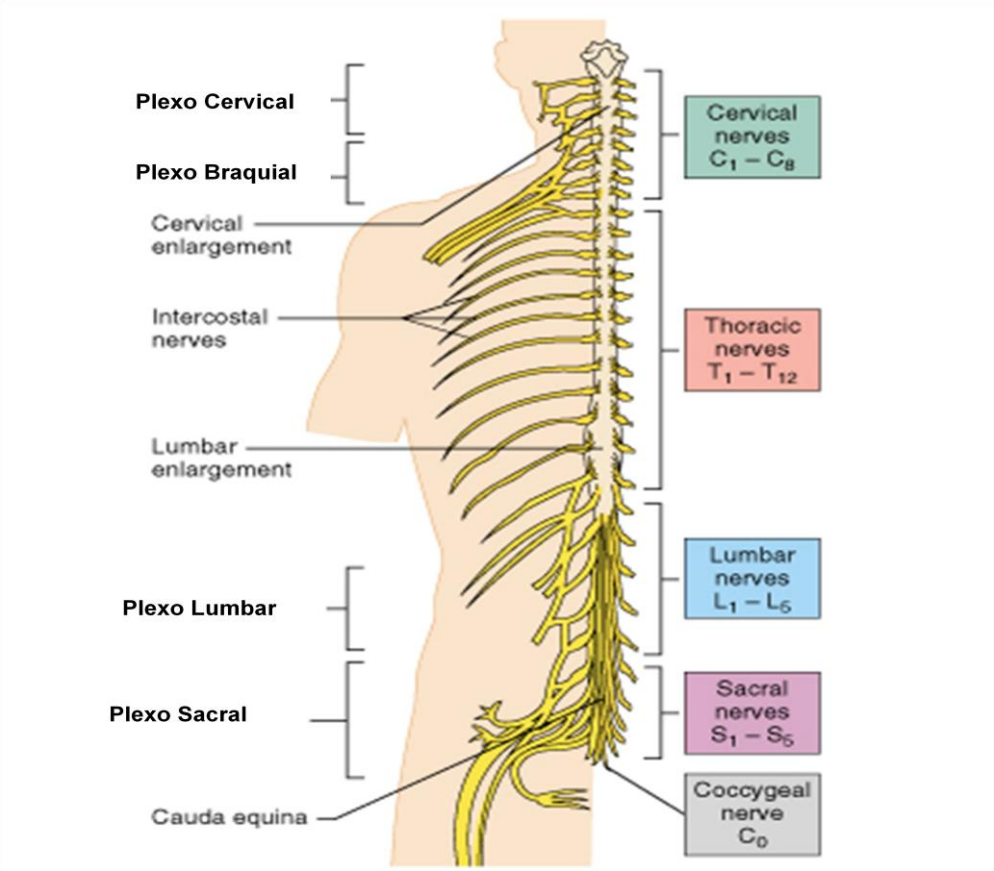


Figura 3. Plexos Nervosos

3.2 **Dermátomos**. A distribuição específica dos territórios anatómicos inervados por cada nervo raquidiano (grupos musculares pelos motores e pele pelos sensitivos), depende do desenvolvimento embriológico do mesodermo embrionário.

3.2.1 O mesodermo para-axial é um engrossamento a ambos lados do tubo neural, que se segmenta em estruturas chamadas “somitos”, que cada uma será origem de um segmento que incluirá uma vértebra, uma costela (no abdómen não desenvolvem) e um segmento muscular, assim como a pele que recobre esse segmento.

3.2.2 Neste desenvolvimento cada somito recebe inervação por um nervo raquidiano, que seguirá o crescimento do correspondente segmento, criando grupos neuro-dermo-osteo-musculares chamados *dermatomos*.

3.2.3 Na pele pode-se desenhar o mapa dos dermatomos, como faixas de pele, cada uma inervada por um nervo raquidiano. Isto é muito útil na clínica para reconhecer lesões medulares ou nervosas periféricas.

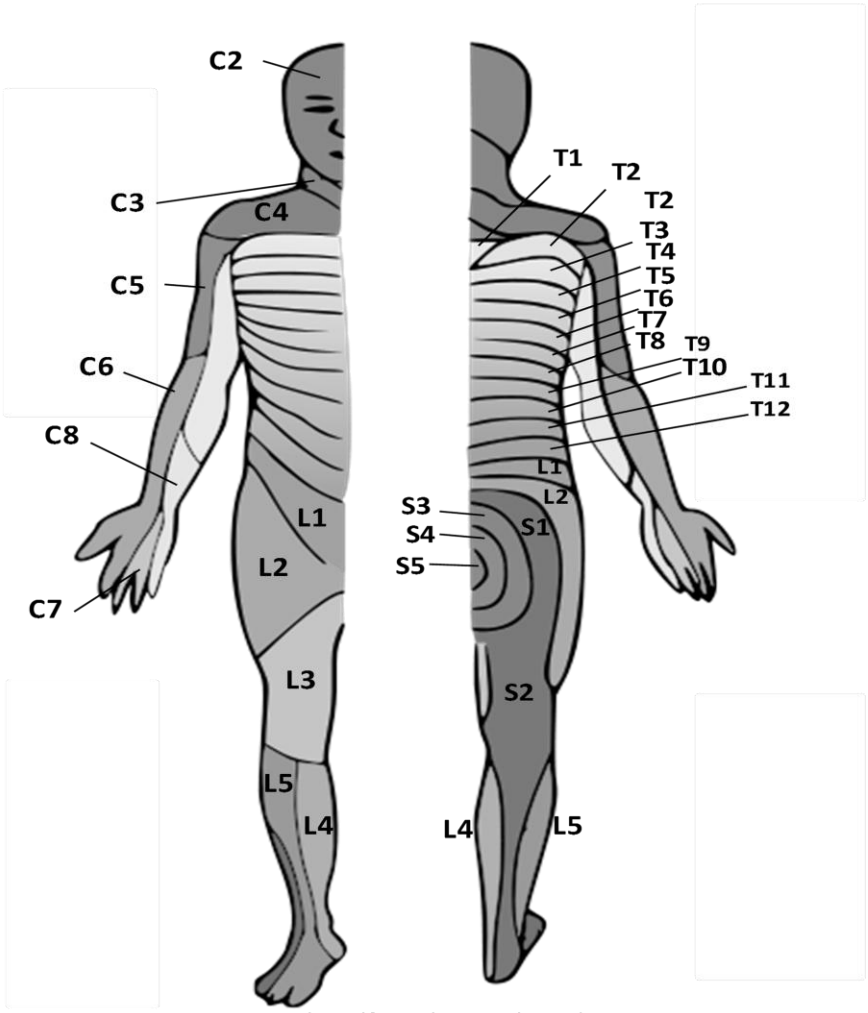


Imagem cortesia de Ralf Stephan, Wikimedia Commons

Figura 4. Dermátomos.

3.3 **Reflexos**. São reacções automáticas, inconscientes, previsíveis e imediatas que se emitem em resposta a certos estímulos do ambiente.

3.3.1 Geralmente são reacções que permitem prevenir perigos para o organismo (por exemplo, a retirada de um membro em resposta ao toque de um objecto pontiagudo). Portanto, são mecanismos de defesa.

3.3.2 A sequência de impulsos nervosos que se produz para criar estas respostas é o chamado ***arco reflexo***, composto por:

- *Receptor sensorial*. O extremo proximal (dendrítico) do neurónio sensorial é uma estrutura microscópica especializada em reagir (produzir uma mudança electro-química no neurónio) perante um estímulo externo específico (como um aumento da temperatura, uma pressão mecânica,…).
- *Neurónio sensorial*. O impulso criado (despolarização) se propaga desde o receptor até ao soma do neurónio sensorial e por todo seu axónio, que chega até a matéria cinzenta dos cornos posteriores do nível medular correspondente (pela raiz posterior).
- *Centro de integração*. É/são o/os neurónio/s do SNC (encéfalo ou medula) que recebem o impulso desde a fibra sensorial (através das sinapses correspondentes) e que processam o sinal para dar uma resposta. Habitualmente é composto por vários inter-neurónios que podem estar:
  - No mesmo nível onde chega o impulso sensorial (*arco reflexo espinhal simples*), ou

- Em níveis superiores: tronco encefálico ou até córtex cerebral (*reflexo complexo*).

- *Moto-neurónio*. É o neurónio situado no corno anterior do nível medular correspondente, que recebe o comando desde os centros de integração, mediante um impulso nervoso, que depois transmite pelo seu axónio (que parte da medula pela raiz anterior) até a periferia.

- *Efector*. É o órgão (grupo muscular) que recebe o impulso desde o terminal axónico do moto-neurónio (placa motora) e age em resposta ao estímulo inicial. A resposta pode ser:

  - Contracção de um certo grupo muscular esquelético (reflexo somático), geralmente associada a um relaxamento (inibição) do grupo muscular antagónico, para facilitar o movimento específico.

  - Contracção de músculo liso ou cardíaco ou secreção glandular (*reflexo visceral*).

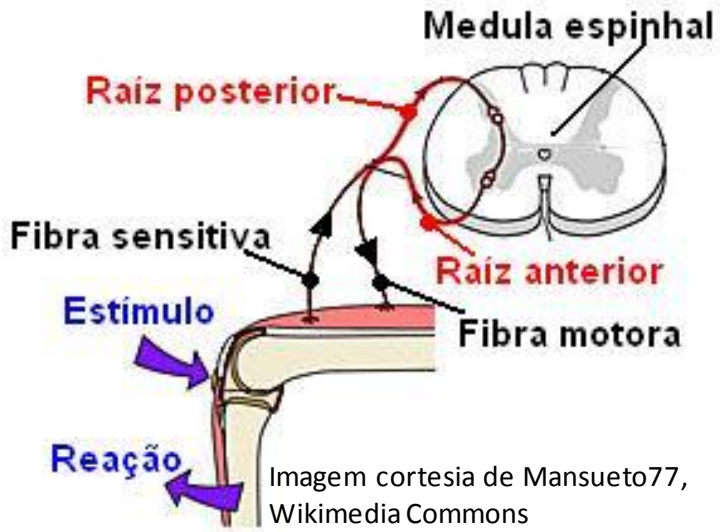


Figura 5. Arco reflexo simples.

3.3.3 Alguns ***exemplos de reflexos*** são:

- Quando pisamos um objecto pontiagudo, o estímulo (receptores nociceptivos da pele) provoca uma contracção dos músculos flexores dessa perna e dos extensores na perna contrária (para manter o equilíbrio). Este tipo de reflexos são chamados *reflexos superficiais*.

- Quando se bate o tendão patelar (esticamento súbito que produz estímulo nos receptores proprioceptivos do tendão), produz-se uma contracção reflexa do quadriceps. Este *reflexo patelar* é um exame clínico habitual para avaliar a função medular. É um dos *reflexos profundos*.

- Quando diminui a pressão arterial, os baro-receptores carotídeos, detectam a mudança e por via reflexa provocam a contracção do músculo liso vascular periférico, aumentando a pressão no sistema arterial. Trata-se de um dos *reflexos viscerais*.

BLOCO 4: SISTEMA NERVOSO AUTÓNOMO

4.1 O **sistema nervoso autónomo (SNA)** é uma parte do SNP, que inerva a musculatura lisa (presente na parede dos tratos respiratório, circulatório, digestivo e genito-urinário), a musculatura cardíaca (miocárdio) e as glândulas exócrinas e endócrinas.

4.1.1 Embora o SNA seja considerado classicamente como eferente (leva ordens para os efectores), seus nervos também incluem fibras aferentes (sensitivas, desde receptores periféricos viscerais), que antes se consideravam parte do SNP sensitivo, mas que muitos autores já incluem como parte do SNA, pelo que este seria misto.

4.1.2 Como se viu antes nos exemplos sobre os arcos reflexos, o SNA funciona do mesmo modo que o SNP somático para desencadear reflexos viscerais.

4.1.3 A diferença das fibras eferentes somáticas, que são únicas desde a medula (onde têm o seu soma) até os músculos, cada via eferente autónoma é compostas de 2 neurónios diferentes:

- *Pré-ganglionar*, desde o SNC (seu soma está localizado nos centros medulares ou encefálicos autónomos) até a um gânglio autónomo intermédio.
- *Pós-ganglionares*, com o seu soma no gânglio autónomo, onde recebem a sinapse desde o terminal axónico do neurónio pré-ganglionar. Daqui parte seu axónio até ao efector periférico.

4.2 O SNA é dividido em dois **sub-sistemas** anatomicamente diferentes (tem nervos separados) e funcionalmente opostos: o *sistema simpático* e o *sistema parassimpático*.

Cada um provoca uma resposta antagónica de cada órgão, pelo que estão num equilíbrio dinâmico que muda com as necessidades do organismo em cada momento.

4.2.1 ***Sistema simpático***. Composto por fibras originadas em todos os níveis medulares entre T1 e L3.

- Os somas dos neurónios pré-ganglionares estão localizados nas colunas laterais da matéria cinzenta medular. Dai partem (pela raiz anterior) até aos gânglios, onde se encontram os somas dos neurónios pós-ganglionares.
- Os gânglios simpáticos estão situados nos lados dos corpos vertebrais, um par (direito e esquerdo) para cada nível, mas têm fibras que os inter-conectam formando verdadeiras *cadeias ganglionares pré-vertebrais simpáticas* (direita e esquerda), de onde partem os *nervos esplácnicos*, que fazem funcionar o simpático como um tudo integrado.
- Nos níveis cervical e sacral também há gânglios simpáticos, ligados a fibras pré-ganglionares procedentes dos níveis torácico e lombar, que ascenderam ou descenderam respectivamente. São responsáveis pela inervação simpática da cabeça e da pélvis, respectivamente.
- Os gânglios localizados em volta da aorta abdominal, são especialmente grandes e inter-comunicados (também os direitos com os esquerdos) formando plexos simpáticos abdominais que acompanham os grandes troncos arteriais abdominais (celíaco e mesentéricos superior e inferior).
- As terminais das fibras pós-ganglionares simpáticas que actuam directamente sobre os efectores funcionam com a noradrenalina como neurotransmissores, por isso são também denominadas *fibras adrenérgicas*.

4.2.2 ***Sistema parassimpático***. É um sistema mais complexo e desenvolvido que o simpático. É dividido anatomicamente em duas regiões:

- Craniana, composta por fibras pré-ganglionares independentes com destino e funções específicas, que acompanham certos nervos cranianos (II, VII, IX e X). O maior é o X nervo craniano ou *nervo vago*, que inerva parassimpaticamente todas as vísceras torácicas e as abdominais até o cólon transverso.

- Caudal ou Sacral, composta por fibras de nervos raquidianos (S2, S3 e S4), unidas para formar o *nervo pélvico*, que inerva os órgãos pélvico digestivos e genito-urinários.

- As terminais das fibras pós-ganglionares parassimpáticas que actuam directamente sobre os efectores funcionam com a acetilcolina como neurotransmissor, por isso são também denominadas *fibras colinérgicas*.

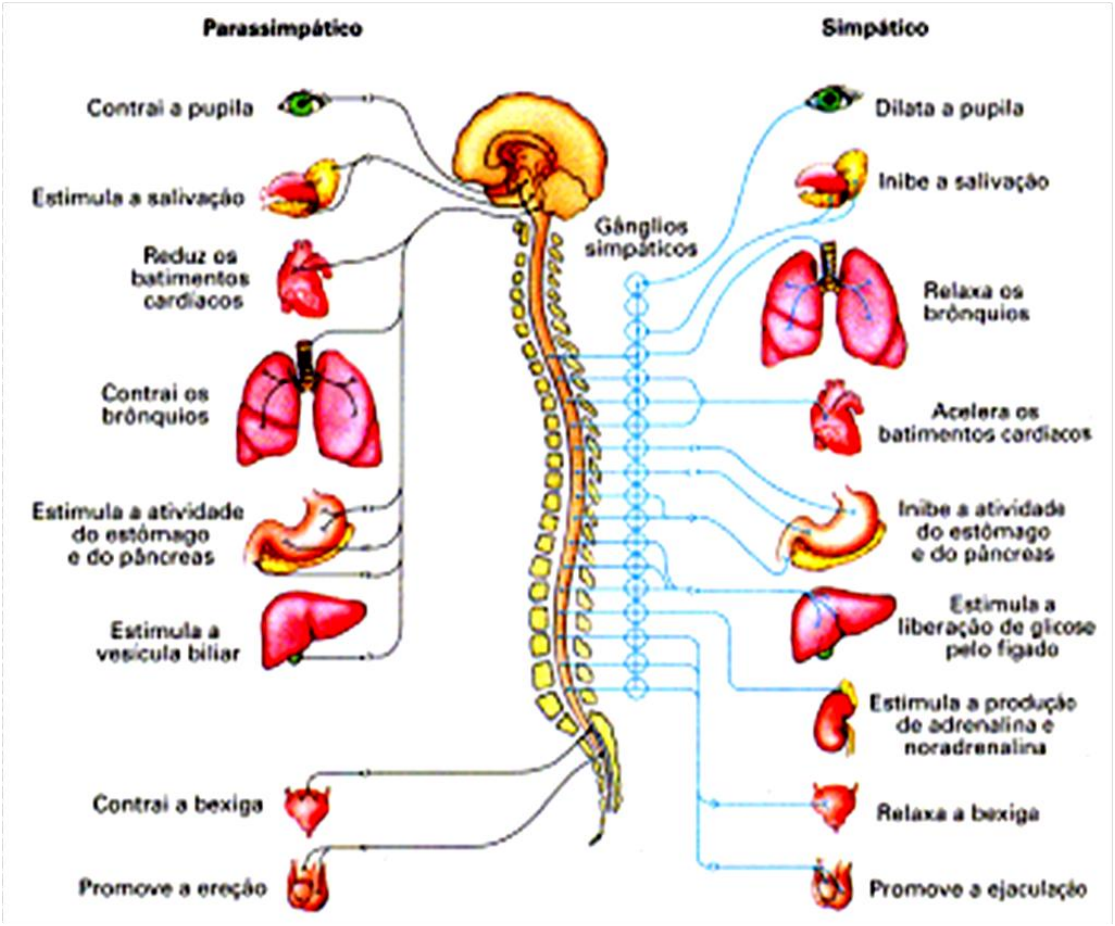


Figura 6. Sistema nervoso autónomo.

4.3 **Funções do SNA**. São numerosas, dependendo de cada órgão-alvo. Como regra geral:

- O simpático facilita acções conducentes a dar respostas rápidas perante situações de stress ou alarme, que implicam aceleração dos sistemas metabólicos, cardiocirculatório e reflexos. Supõe um grande aumento de gasto energético e de oxigénio, pelo que são respostas limitadas no tempo.

- O parassimpático, pelo contrário, facilita acções poupadoras de energia, com retardamento do metabolismo e do sistema cardiocirculatório. Também facilita a restauração do meio interno, estimulando os sistemas digestivo e urinário.

4.3.1 De maneira particular em cada órgão, os efeitos opostos destes dois sistemas são:

Órgão	Acção simpática (adrenérgica)	Acção parassimpática (colinérgica)
Íris do olho	Dilatação pupilar (“midriase”)	Constrição pupilar (“miose”)
Glândulas salivares	Diminui levemente	Estimula
Glândulas lacrimais	Diminui levemente	Estimula
Glândulas sudoríparas	Sudoração copiosa. Única acção simpática mediada por acetilcolina (colinérgica)	
Coração	Aumenta a frequência e a força de contracção	Diminui a frequência
Artérias periféricas	Contracção (vasos cutâneos e digestivos) com aumento da pressão arterial. Dilatação de vasos musculares aumentando sua irrigação	
Brônquios	Dilatação	Constrição
Estômago	Diminui a peristalse e a secreção ácida	Aumenta a peristalse e a secreção ácida
Intestino	Diminui a peristalse	Aumenta a peristalse
Esfíncter anal	Contracção	Dilatação
Pâncreas	Diminui a secreção	Aumenta a secreção
Supra-renal	Libertação de catecolaminas	
Bexiga urinária	Inibição do detrusor com contracção do esfíncter (inibe a micção)	Contracção do detrusor com dilatação do esfíncter (facilita a micção)
Órgãos sexuais	Ejaculação	Erecção
Pelos	Erecção	

BLOCO 5: PATOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO

5.1 Todos os componentes do sistema nervoso (encéfalo, medula e SNP) estão sujeitos a patologias devidas a diferentes agentes causais (congénitas, infecciosas, degenerativas, tumorais, traumáticas,…), que se manifestam clinicamente de maneiras muito específicas dependendo da estrutura afectada.

5.2 A patologia do sistema nervoso mais comum no nosso meio inclui:

5.2.1 ***Doenças do Encéfalo*** frequentes são:

- *Meningite*. É a infecção das meninges e o LCR, provocada por diferentes tipos de bactérias e vírus. Esta infecção é típica em crianças, embora também afecte os adultos.
- *Hidrocefalia*. É a dilatação das cavidades encefálicas (ventrículos e espaço subaracnoideo), devida ao aumento da quantidade de LCR circulante, causada geralmente por algum bloqueio da sua circulação (o LCR é produzido mas não é reabsorvido). É típica nos recém-nascidos e lactantes (provocada por defeitos congénitos do sistema de ventrículos cerebrais). Clinicamente a hidrocefalia apresenta-se como criança com cabeça exageradamente grande para a idade.
- *Acidente vascular cerebral (AVC)*. Grupo de doenças causadas por defeitos na irrigação arterial de alguma parte do encéfalo. Pode ser hemorrágico (sangramento por rotura de algum vaso cerebral) ou isquémico (obstrucção de alguma artéria, com insuficiência de irrigação do território cerebral correspondente). São frequentes em pessoas de idade

avançada, especialmente em relação à elevação crónica e não controlada da pressão arterial.

- *Trauma crânio-encefálico (TCE ou TEC)*. O encéfalo é um órgão muito susceptível à lesões traumáticas, especialmente em traumas directos (golpes na cabeça) ou como parte de grandes acidentes com vários traumatismos (como os acidentes de viação).
- *Epilepsia*. É um vasto grupo de doenças caracterizadas por actividade eléctrica anormal do córtex cerebral (demonstrável por electroencefalograma), que provoca diferentes manifestações periféricas, como perda de consciência e convulsões (contracções musculares generalizadas rítmicas e incontroláveis).

5.2.2 ***Doenças da medula***, as mais frequentes são:

- *Trauma medular*. Pela sua característica de ser estação de passagem intermédia obrigatória entre os níveis superiores e o SNP, a sua lesão traumática com secção de fibras nervosas, provoca interrupção de vias, o qual se manifesta com quadros clínicos característicos de supressão da sensibilidade e/ou da actividade motora a todos os níveis por baixo do nível da lesão.

  São especialmente dramáticos os casos de secção completa medular cervical, que provoca a paralisia (incapacidade para o movimento) e perda de sensibilidade de todos os membros (*tetraplegia*), ou de níveis mais baixos, com paralisia e perda de sensibilidade de cintura para baixo (*paraplegia*).
- *Lesões radiculares*. Frequentemente as raízes medulares são comprimidas na sua saída do canal medular, provocando quadros de insuficiência motora (raízes anteriores) ou alteração de sensibilidade (raízes posteriores) nos grupos musculares e dermotomos correspondentes ao nível da lesão.

5.2.3 ***Doenças dos nervos periféricos***, as mais frequentes são:

- *Lesões traumáticas dos nervos periféricos* podem provocar lesão dos nervos, com o conseguinte defeito motor e/ou sensorial do território correspondente.
- *Doenças crónicas* como o HIV/SIDA ou a diabetes entre outros, podem apresentar manifestações nervosas periféricas em forma de paralisia ou perda de força muscular ou de alterações da sensibilidade (dor, perda de sensibilidade, etc.).

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 Os nervos cranianos são 12 pares, originados em centros do encéfalo, que inervam as estruturas motor e sensibilidade da cabeça e os órgãos dos sentidos, sendo puramente sensoriais, motores e mistos.

6.2 Os nervos raquidianos são 31 pares, cada par é originado em centros neuronais, de cada nível de segmentação da medula: 8 cervicais (C1 a C8), 12 torácicos (T1 a T12), 5 lombares (L1 a L5), 5 sacrais (S1 a S5) e 1 coccígeo (C0)

6.3 Em cada nível, as fibras motoras saem da medula como raiz anterior e as fibras sensoriais como raiz posterior, para se juntarem já fora do canal medular num único nervo raquidiano, que a seguir origina os ramos ventral e dorsal, ambos mistos, motores e sensitivos.

6.4 Os ramos ventrais dos nervos raquidianos acostumam partilhar fibras com os nervos de níveis próximos, formando redes das quais partem os nervos periféricos (com fibras de vários níveis medulares). São os plexos: cervical, braquial, lombar e sacral.

6.5 O reflexo é uma resposta automática, imediata e inconsciente perante um estímulo exterior, e é representada pelo arco reflexo, que inclui um receptor sensorial, uma fibra aferente (sensorial), um centro de integração, uma fibra eferente (motora) e um órgão efector.

6.6 O sistema nervoso autónomo é uma parte do SNP que inerva o músculo liso, o cardíaco e as glândulas, estando envolvido na regulação da maioria das funções vitais do organismo: cardiocirculatórias, respiratórias, digestivas e genito-urinárias.

6.7 O SNA é composto por dois sub-sistemas anatomicamente separados e com funções antagónicas: o sistema simpático, que da respostas rápidas a situações de stress e alarma, e o sistema parassimpático, que facilita as rotinas de recuperação de energia e restauração do meio interno.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	42
Tópico	Sistema Endócrino Sistema Nervoso	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	Estruturas do Sistema Endócrino, SNC e Dermátomos	**Duração**	3 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas principais do sistema endócrino em modelos anatómicos;
2. Identificar as estruturas do sistema nervosos central em modelos anatómicos;
3. Reconhecer as áreas inervadas por cada raiz nervosa.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:25
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	01:00
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:30

Materiais e Equipamentos necessários:

- Modelo anatómico artificial do corpo Humano inteiro com os órgãos endócrinos: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial do encéfalo: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial dos nervos cranianos: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial da medula (longitudinal): 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial de corte transversal de medula com raízes e nervo raquidiano: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial do mapa dos dermátomos cutâneos (pode ser um cartaz com vistas anterior, posterior e lateral): 1 por turma.
- Apresentação em PowerPoint das figuras da anatomia dos órgãos do sistema endócrino e do sistema nervoso central e do mapa dos dermatomos (recomendam-se as figuras que aparecem no “Atlas de Anatomia de Netter”), que mostram as estruturas anatómicas e que podem ser projectadas em simultâneo com a explicação sobre os modelos.

Preparação:

- Conferir se os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Preparar as projecções em PowerPoint: podem-se digitalizar (escanear) a partir de um livro (“Atlas de Anatomia de Netter” e outras fontes) e depois montar na respectiva apresentação seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir se o conteúdo das Aulas 36, 37, 38, 39 e 40 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (25 min)

2.1 Os **sistemas endócrino e nervosos** são dois sistemas anatómica e funcionalmente diferentes, mas que actuam complementarmente como reguladores das funções dos sistemas do organismo.

2.1.1 O sistema endócrino secreta produtos químicos com capacidade de regular as funções celulares, que são distribuídas pelo sangue a todos os sistemas do organismo.

2.1.2 O sistema nervoso, que também regula o sistema endócrino, é composto por um tecido especializado, disposto em fibras compridas, com capacidade de se excitar electroquimicamente e levar assim sinais directamente a todos os tecidos do corpo para regular as suas actividades.

2.2 O **sistema endócrino** é composto por um conjunto de órgãos capazes de reagir perante estímulos (desequilíbrios do meio interno,…) e secretar no sangue diferentes mediadores químicos (hormónios) que respondem ao estímulo inicial. Inclui:

2.2.1 *Sistema hipotálamo-hipofisário*. É o sistema que regula todo o sistema endócrino. É composto por uma série de núcleos nervosos do hipotálamo (diencéfalo), capazes de produzir, perante estímulos adequados:

- Diferentes hormónios que actuam localmente na hipófise (chegam pelo sistema venoso portal hipofisário), onde estimulam ou inibem a secreção dos hormónios hipofisários, que actuarão a distância para regular outros órgãos endócrinos ou directamente órgãos periféricos efectores.
- Dois hormónios de origem nervoso, que se transportam por fibras nervosas até a hipófise posterior, onde se secretam para o sangue.

2.2.2 A *hipófise*, regulada pelo sistema anterior, é um órgão endócrino, associado ao encéfalo (ligado ao hipotálamo diencefálico pelo infundíbulo), que tem duas porções diferentes:

- Hipófise anterior, glândula que secreta 7 hormónios (ACTH, TSH, GH, MSH, FSH, LH e Prolactina)
- Hipófise posterior, estrutura neural que secreta 2 hormónios (Oxitocina e ADH).

A hipófise está alojada numa depressão da base óssea do crânio, a sela túrcica, e está ligada ao hipotálamo pelo infundíbulo, que está relacionado anatomicamente com o quiasma óptico (anterior) e com o polígono arterial de Willis (em volta) de onde parte a vascularização do encéfalo.

2.2.3 A *tiróide* é uma glândula em forma de borboleta situada anterior a traqueia superior, com dois lóbulos laterais unidos por um istmo. Contém dois tipos de tecido glandular diferente (folículos e medula) que produzem dois hormónios diferentes (tiroxina e calcitonina, respectivamente).

2.2.4 As *paratiróides* são 4 glândulas situadas em contacto com a face posterior dos 4 polos da tiróide. Tem forma e tamanho de lentilha e produzem um hormónio (PTH ou paratormónio).

2.2.5 O *pâncreas endócrino* faz parte do pâncreas (a olho nu é indistinguível do pâncreas exócrino), glândula digestiva situada posterior ao estômago, parcialmente retroperitoneal em relação ao dudodeno e os grandes vasos abdominais.

- A parte endócrina é composta por grupos celulares (ilhotes) situados entre os acinos exócrinos, que produzem vários tipos hormonais, de entre eles se destacam a insulina e o glucagon.

2.2.6 As *supra-renais* são glândulas em forma piramidal situadas sobre os pólos superiores de ambos rins, dentro da cela renal. Tem duas partes anatómica e funcionalmente diferenciadas:

- córtex, de tecido glandular, que secreta 3 tipos hormonais: glucocorticóides, mineralocorticóides e androgénios.
- medula, de tecido neural, que secreta catecolaminas.

2.2.7 As *gônadas femininas (ovários) e masculina (testículos)* também são consideradas órgãos do sistema endócrino, pois para além da sua função de formação de células reprodutoras (óvulos e espermatozóides), secretam hormónios sexuais: estrogénios e progesterona (o ovário) e androgénios (o testículo)

2.3 O **sistema nervoso** modula todas as actividades do organismo, incluindo as do sistema endócrino. É composto por órgãos de integração, processamento e emissão de ordens (SNC) e por órgãos de transmissão de informação (SNP).

2.3.1 O **sistema nervoso central (SNC)** pode-se dividir em:

- ***Encéfalo***, série de estruturas superiores de integração, alojadas dentro do crânio, e que inclui (de maior a menor nível de complexidade e responsabilidade):
  - *Cérebro*. Com dois hemisférios separados, unidos pelo corpo caloso e os núcleos da base. Tem uma camada periférica de matéria cinzenta (córtex cerebral), onde se encontram neurónios processadores e integradores que respondem pelas funções superiores.
  - *Diencéfalo*. No interior do cérebro, em contacto com a base do crânio. Inclui o tálamo, o hipotálamo e outros núcleos menores.
  - *Cerebelo*. Com dois hemisférios e vários lobos, ocupando a fossa cranial posterior.
  - *Tronco encefálico*. As estruturas mais inferiores (anatómica e funcionalmente), integradoras de funções vitais básicas. Inclui: mesencéfalo, ponte e bulbo.
- ***Medula***. Estação de integração intermédia, que liga o encéfalo com o sistema nervoso periférico. É um cordão neural alojado no canal vertebral, com estrutura segmentada de 31 níveis que repetem sua estrutura transversal.

  Tem um interior cinzento em forma de "H" (corte transversal), que contém os somas dos neurónios do SNP e um exterior de colunas de fibras nervosas que contém as diferentes vias de comunicação entre níveis e com o encéfalo.

2.3.2 O **sistema nervoso periférico (SNP)** é composto por nervos, feixes organizados de fibras nervosas que levam informação da periferia para o SNC (fibras aferentes ou sensitivas) e que levam comandos desde o SNC até aos órgãos efectores (fibras eferentes ou motoras). Está organizado em dois subsistemas:

- ***SNP somático***: fibras aferentes desde a pele, órgãos dos sentidos e sistema musculo-esquelético e eferentes desde a medula para os músculos. Pode-se dividir dependendo da origem dos nervos em:
  - *Nervos cranianos*, que se originam em núcleos do encéfalo (tronco, principalmente) e atravessam o crânio por canais ósseos diferentes para inervar estruturas cutâneas e

musculares da cabeça e os órgãos dos sentidos. São 12 pares, uns sensitivos, outros motores e outros mistos (4 pares com fibras parassimpáticas).

- *Nervos raquidianos*, que se originam das raízes nervosas anterior (motora) e posterior (sensitiva) de cada nível medular. Existe um par de nervos (direito e esquerdo) por cada nível medular: 8 cervicais (C1 a C8), 12 torácicos (T1 a T12), 5 lombares (L1 a L5) e 6 sacro-coccígeos (S1 a S6).

- ***SNP autónomo ou SNA***: fibras aferentes e eferentes desde e para as vísceras, regulando a actividade destas. Tem duas divisões anatómicas, com função antagónica (em equilíbrio dinâmico):
  - *SNA simpático*. Originado nos níveis C2 a L4, formando um par de cadeias ganglionares sobre a face ántero-lateral da coluna vertebral torácica e abdominal, que trocam fibras nervosas e das quais partem fibras para todas as vísceras.
  - *SNA parassimpático*. Seu componente cranial acompanha os vários nervos cranianos, especialmente ao nervo X (vago), que inerva todas as vísceras torácicas e abdominais. Seu componente caudal, parte de níveis medulares sacrais para formar o nervo pélvico, que inerva os órgãos pélvicos.

2.4 **Propósito.** Este laboratório inclui 5 técnicas de estudo:

- Identificação da situação anatómica dos órgãos endócrinos.
- Estudo da anatomia do encéfalo.
- Estudo da anatomia dos nervos cranianos.
- Estudo da anatomia da medula e da origem do SNP.
- Estudo dos dermátomos.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (60 min)

3.1 **Identificação dos órgãos endócrinos (5 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais, mostrar todas as estruturas estudadas do sistema endócrino. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.1.1 Identificação da morfologia dos diferentes órgãos endócrinos, da sua localização anatómica e das relações com órgãos vizinhos, lembrando as suas principais funções:

- Hipotálamo
- Hipófise anterior e posterior
- Tiróide
- Paratiróides
- Pâncreas
- Supra-renais
- Gônadas femininas e masculinas

3.2 **Estudo da anatomia do encéfalo (15 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais, mostrar todas as estruturas estudadas nas correspondentes aulas teóricas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.2.1 Identificação das diferentes estruturas do ***encéfalo*** mencionadas na introdução, lembrando as suas principais funções:

- Cérebro: hemisférios, mostrando os giros e sulcos com as regiões corticais, cortes com matéria cinzenta e branca, corpo caloso e núcleos da base.
- Diencéfalo: tálamo, hipotálamo.
- Cerebelo: hemisférios e diferentes lobos.
- Tronco: mesencéfalo, ponte e bulbo.

3.2.2 Identificação das diferentes estruturas anatómicas ***acessórias do encéfalo***, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Interior do crânio, com as 3 fossas (anterios, media e posterior), mostrando os acidentes ósseos principais (forame magno, sela túrcica,…).
- Meninges, com 3 camadas e seus espaços (epidural, subdural, subaracnoideo).
- Sistema ventricular (laterais, 3º e 4º ventrículo, aqueduto de Sílvio, orifícios de comunicação, plexos coroideos) e sentido da circulação do LCR.
- Sistema hipotálamo-hipofisário
- Vascularização: sistemas carotídeo e vértebro-basilar.

3.3 **Estudo da anatomia dos 12 nervos cranianos (15 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar a origem encefálica, o percurso (ósseo e extra-cranial) e o destino dos diferentes nervos, lembrando as suas funções sensitivas, motoras e autónomas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

- I – Olfactivo
- II – Óptico
- III – Óculomotor
- IV – Troclear
- V – Trigémeo
- VI – Abducente
- VII – Facial
- VIII – Vestíbulo-troclear
- IX – Glossofaríngeo
- X – Vago
- XI – Acessório
- XII - Hipoglosso

3.4 **Estudo da anatomia da medula (15 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.4.1 Corte longitudinal, reparando em:

- Relação de continuidade com bulbo.
- Diferença de comprimento entre medula e canal vertebral, e o progressivo alongamento das raízes.
- Espaço epidural e subaracnoideo.

3.4.2 Corte transversal, identificando:

- Matéria cinzenta com cornos anteriores (motores) e posteriores (sensitivos) e zona intermédia lateral (autonóma).
- Matéria branca com diferentes tratos.
- Raízes anteriores (motoras) e posteriores (sensitivas, com gânglio)
- Formação do nervo raquidiano e separação dos ramos ventral e dorsal e do ramo simpático (para formar as cadeias ganglionares pré-vertebrais).

3.4.3 Simulação do percurso de um impulso nervosos durante um arco reflexo simples. (sobre o corte transversal)

3.5 **Identificação dos dermatomos (10 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais (ou sobre os cartazes com os mapas em vistas anterior, posterior e lateral) mostrar as áreas cutâneas correspondentes a cada raiz nervosa, pondo exemplos sobre o que aconteceria em caso de se cortar uma certa raiz ou se comprimir (como numa hérnia discal). Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

BLOCO 4. PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (90 min)

4.1 Dividir os alunos em 6 grupos, que irão rodando em cada 15 minutos por cada um dos modelos anatómicos:

- **1 mesa com o modelos anatómico de órgãos endócrinos.** Cada indivíduo do grupo seguirá os passos definidos na descrição e localização de estruturas, discutindo os achados com seus colegas de grupo.
- **1 mesa com o modelo anatómico de encéfalo.** Cada indivíduo do grupo seguirá os passos definidos na descrição de estruturas, discutindo os achados com seus colegas de grupo.
- 1 **mesa com o modelo anatómico de nervos cranianos**. Em grupo seguir-se-ão os percursos dos nervos, discutindo-se o destino do nervo e as funções.
- **1 mesa com o modelo anatómico de medula (corte longitudinal).** Cada indivíduo do grupo seguirá os passos definidos na descrição de estruturas, discutindo os achados com seus colegas de grupo.
- **1 mesa com o modelo anatómico de medula (corte transversal).** Em grupo descrever-se-ão as estruturas de formação de um nervo raquidiano e discutir-se-á o percurso de um arco reflexo.
- **1 mesa com o modelo de dermatomas.** Identificar juntos as diferentes áreas cutâneas.

4.2 Dentro de cada grupo, os alunos debaterão sobre os modelos correspondentes os conceitos anatómicos e fisiológicos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3 Cada aluno deve fazer desenhos básicos, no seu caderno, dos principais conceitos aprendidos.

4.4 O docente deve circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos para a interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de forma a moderar e a dinamizar permanentemente cada grupo]

Na ausência de modelos anatómicos deve se aplicar a projecção de imagens por cada técnica de estudo (com imagens já pré seleccionadas), dividindo a turma em 3 grupos (A, B e C) como na aula 3 – bloco 3 - 2ª parte da demonstração da técnica.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	43
Tópico	Órgãos dos Sentidos	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Olho e Visão	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever a anatomia do olho e do sistema visual;
3. Explicar a fisiologia da visão;
4. Listar as principais condições patológicas que afectam a visão.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Sentidos: Generalidades		
3	Anatomia dos Órgãos da Visão		
4	Fisiologia da Visão		
5	Patologia dos Órgãos da Visão		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: SENTIDOS: GENERALIDADES

2.1 **Órgãos dos sentidos.** Os sentidos são os meios através dos quais os organismos percebem e reconhecem outros organismos e as características do meio ambiente em que se encontram. Se reconhecem 6 sentidos, cada um representado por um órgão diferente.

2.1.1 Os órgãos dos sentidos incluem:

- Visão: O homem é capaz de detectar o estímulo físico das ondas de luz. Os receptores da visão estão situados na retina do olho.
- Audição: O homem é capaz de reagir perante o estímulo físico das ondas de som. Os receptores da audição estão situados na cóclea do ouvido interno.
- Equilíbrio: O homem é capaz de sentir as mudanças da orientação do corpo no espaço. Os receptores do equilíbrio estão situados no vestíbulo do ouvido interno.
- Olfacto e Gosto: Sentidos separados, mas relacionados, capazes de sentir o estímulo químico de moléculas dissolvidas no ar ou presentes nos alimentos. Os receptores do olfacto são situados no nariz e os do gosto na língua.
- Tacto: Diferentes receptores espalhados pela superfície corporal. O homem é capaz de detectar estímulos físicos do meio externo: frio e calor (chamados termorreceptores), toque e pressão (mecanorreceptores) e dor (nocirreceptores).

2.1.2 Todos os órgãos dos sentidos estão formados por:

- Receptores especializados, células capazes de detectar diferentes estímulos físicos ou químicos do ambiente à sua volta.
- Estruturas acessórias, diferentes estruturas que dão suporte e protecção aos receptores e que preparam os sinais físicos ou químicos correspondentes antes de serem apresentados aos receptores.
- Vias nervosas que levam a informação até os centros nervosos correspondentes. Habitualmente, o cérebro filtra e organiza a informação recebida de todos os sentidos e a integra para chegar a uma conclusão final. Por exemplo, perante um fogo, a informação chega ao cérebro a través da visão, do olfacto e da sensação térmica na pele, sendo integrada numa única ideia.

2.2 Os receptores dos órgãos dos sentidos são também chamados exteroceptores, pois informam do meio externo. Mas existem também outros receptores internos que não dão informação do meio externo, mas sim que monitoram a actividade do próprio organismo (já foram vistos em outras aulas, em relação aos diferentes sistemas e aparelhos). Incluem:

2.2.1 Proprioceptores, que informam sobre a posição e movimento de ossos, articulações e músculos.

2.2.2 Interoceptores, que monitoram as funções dos diferentes órgãos:

- Barorreceptores (como os do seio carotídeo, que monitoram a pressão arterial, ou os de distensão do intestino,…).

- Quimiorreceptores (como os corpos carotídeos, que informam da concentração de H^+, O_2 e CO_2 no sangue).

BLOCO 3: ANATOMIA DOS ÓRGÃOS DA VISÃO

3.1 No ser humano, a **visão** é provavelmente o sentido mais importante, pois proporciona uma maior quantidade e qualidade de informação sobre o ambiente externo.

É por isso, que a informação visual predomina nos centros cerebrais de integração sobre qualquer outra informação sensorial. Assim a visão de um perigo dá uma informação prioritária, mesmo se os outros sentidos (olfacto,…) não fornecerem alguma informação no mesmo sentido.

3.2 Os órgãos da visão são estruturas pares (direita e esquerda), simétricas, que incluem:

3.2.1 Estruturas acessórias que proporcionam ao olho:

- Suporte: cavidade orbitária.
- Protecção: pálpebras, conjuntiva, aparelho lacrimal.
- Mobilidade: músculos extrínsecos.

3.2.2 Olho, órgão capaz de sentir as ondas luminosas, composto por receptores sensíveis à luz (retina) e por diversas estruturas (córnea, câmaras, íris, lente) que preparam a onda luminosa para que chegue em boas condições à retina.

3.2.3 Estruturas nervosas que transmitem e interpretam o estímulo luminoso:

- Via óptica, que transmite a informação desde a retina até ao cérebro.
- Centro da visão, situado no córtex cerebral occipital, que integra a informação chegada pelas vias ópticas e que nos faz perceber o estimulo como visão dos objectos.

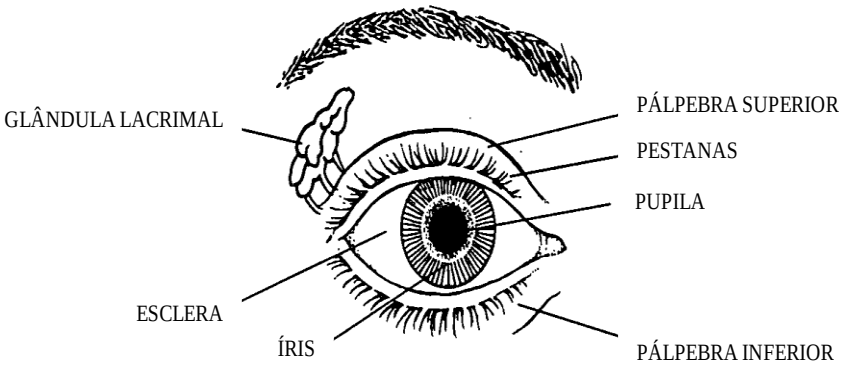


Figura 1. Órgãos da visão.

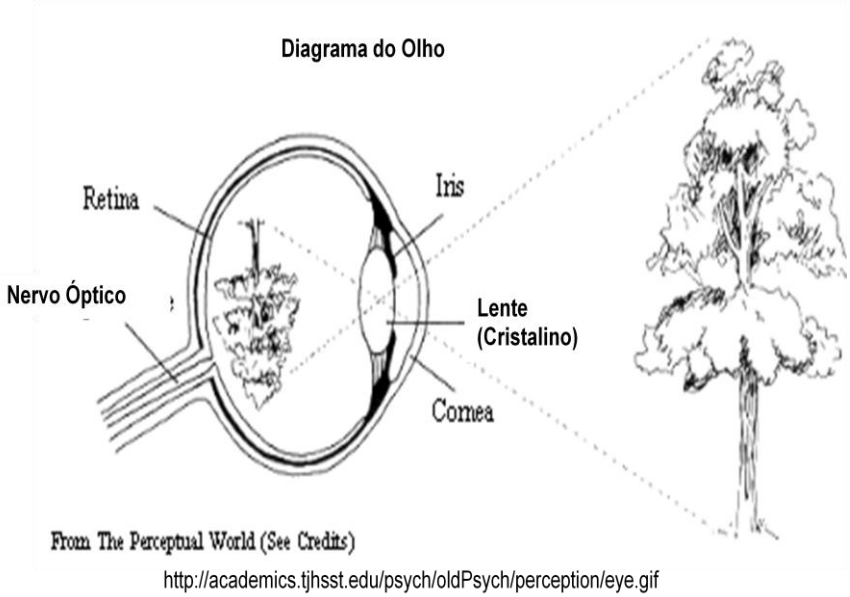


Figura 2. Órgãos da visão.

3.3 **Embriologicamente**, os órgãos da visão têm um desenvolvimento complexo, que começa a partir das vesículas ópticas do cérebro anterior. Estas dão lugar ao nervo óptico e a retina e durante o seu desenvolvimento incorporarão os diferentes elementos, de origem ectodérmico (cristalino) e mesodérmico (outras estruturas do olho).

3.4 **As estruturas acessórias do olho** incluem:

3.4.1 ***Órbita***. Estrutura óssea em forma de cova, situada na zona frontal do crânio, onde se alojam os globos oculares.

- É formada por três ossos crânio-faciais : frontal (face superior), zigomático (face lateral), e maxilar (faces inferior e medial).
- Além dos olhos, a órbita contém as outras estruturas acessórias, e é preenchida por gordura que serve para as acomodar e proteger.
- O bordo ósseo superior (frontal) é ligeiramente sobressalente, protegendo o globo ocular de chuva, suor, e das poeiras. Esta função está reforçada por pêlos que crescem a este nível formando os *supercílios*.

3.4.2 ***Músculos extrínsecos***. Ligam o globo ocular com a parede óssea da órbita. Sua contracção diferencial provoca os movimentos coordenados dos olhos, necessários para a correcta visão. São:

- *Quatro músculos rectos* (superior, inferior, medial e lateral), que ligam o fundo da órbita com o perímetro central do globo, provocando movimentos do olho no sentido da contracção (por exemplo, a contracção do recto inferior, provoca descida da vista).
- *Dois músculos oblíquos*, superior, que gira o olho para baixo e lateralmente, e inferior, que gira o olho para cima e lateralmente.

  Estes músculos estão inervados pelos nervos cranianos III, IV e VI.

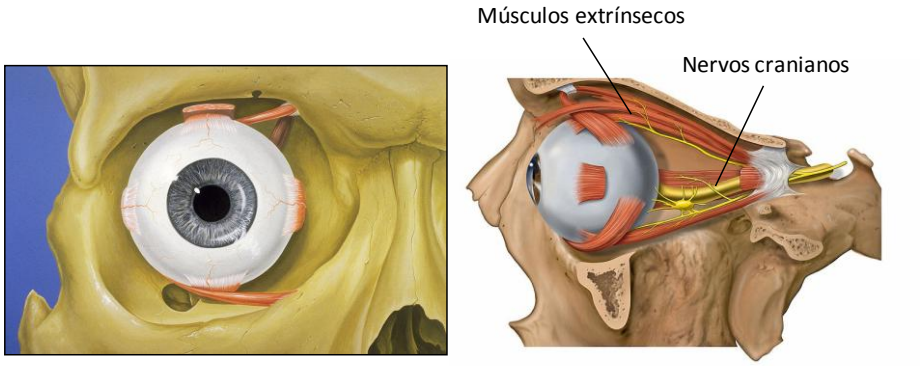


Figura 3. Órbita e músculos oculares.

3.4.3 ***Pálpebras ou cílios***. São duas pregas cutâneas horizontais, capazes de abrir (expor) e fechar (cobrir) os olhos para os proteger da agressão exterior e ajudam a espalhar a humidade (lágrimas) sobre a superfície dos olhos quando eles se fecham (ao pestanejar) evitando que os olhos sequem.

- Têm uma estrutura fibrosa densa (*tarso*), que as confere consistência, e um músculo periférico (*orbicular*) que as dá mobilidade.
- O seu bordo livre tem pêlos finos (*pestanas*) e pequenas glândulas que secretam um óleo de lubrificação (*glândulas de Meibómio*).
- O espaço entre as pálpebras, onde fica exposto o olho, é a *rima palpebral*, que termina medial e lateralmente nos respectivos *cantos*.

3.4.4 ***Conjuntiva***. É uma fina membrana transparente que recobre a superfície interna das pálpebras (conjuntiva palpebral) e a superfície exposta do globo ocular (conjuntiva ocular).

- A conjuntiva palpebral e a conjuntiva ocular se juntam nos recessos conjuntivais (superior e inferior) e se deslizam uma com a outra permitindo os movimentos dos olhos.

3.4.5 ***Aparelho lacrimal***. Da lubrificação e humidade à conjuntiva, permitindo abrir e fechar os olhos e lavando a superfície ocular para que esteja sempre transparente. É composto por:

- *Glândula lacrimal*, que secreta um líquido aquoso, a lágrima, que banha a superfície do olho (lava e lubrifica o olho). Aloja-se no ângulo supero-externo da órbita, drenando por vários pequenos ductos ao recesso superior da conjuntiva. A lágrima se estende por toda a superfície conjuntival, por capilaridade, facilitada pelos movimentos palpebrais e oculares. Tem propriedades antibacterianas, evitando infecções nos olhos
- O aparelho de drenagem, que recolhe a lágrima e a desagua na cavidade nasal, inclui dois *ductos lacrimais* (superior e inferior), que partem da carúncula lacrimal canto medial da rima palpebral, para se juntarem no *saco lacrimal*, alojado numa depressão da face interna da órbita. Daí, a lágrima é drenada na cavidade nasal pelo *ducto nasolacrimal*.

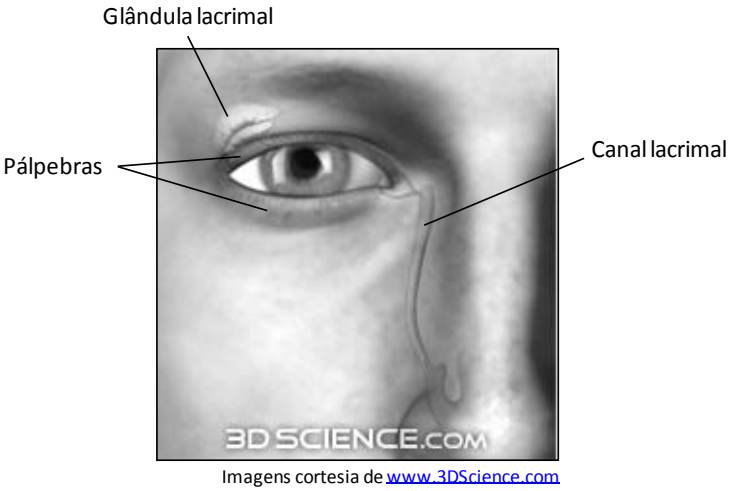


Figura 4. Pálpebras e aparelho lacrimal.

3.5 **Olho**. É uma estrutura esférica de cerca de 25 mm (globo ocular), incluída na órbita, composta essencialmente por:

- Uma parede, com três camadas (esclera, coróides e retina), sendo a mais interna a retina, o órgão receptor da visão.
- Cavidades interiores com componentes líquidos e gelatinosos, capazes de transmitir as ondas luminosas até a retina.
- Duas lentes, uma externa fixa (córnea) e uma interna móvel (cristalino) que permitem focar as ondas luminosas sobre a retina

3.5.1 ***Camadas do globo ocular***. De exterior a interior:

- ***Esclera ou esclerótica*** (a parte branca do olho) é uma túnica fibrosa, conjuntiva, densa e branca que dá estrutura e protecção ao globo ocular. Na parte anterior, a esclerótica se engrossa e torna-se transparente para formar a *córnea*. A córnea actua como lente fixa. É o principal meio refractor, capaz de focar as ondas luminosas na parte posterior do globo ocular, onde se encontra a retina.

  Entre esclera e córnea corre um ducto circular, o *seio venoso da esclera*, que recicla o líquido da cavidade anterior do olho.

- ***Coróide***, é uma túnica vascular, fina e intensamente pigmentada, que recobre toda a parte posterior e média do globo, e quando se aproxima à córnea, se espessa no *corpo ciliar*. Serve para absorver a luz que chega á retina evitando a sua reflexão. Serve também para nutrir à retina, pelo que é muito vascularizada.

  O corpo ciliar é uma estrutura músculo-conjuntiva que suporta e movimenta a íris e o cristalino e que produz o líquido que preenche as câmaras internas do olho.

  A *íris* é uma membrana opaca (é a parte corada que vemos no olho) com fibras musculares, tem um orifício no meio (a *pupila*) que deixa passar a luz. A pupila controla a quantidade de luz que passa para a retina devido a sua capacidade de abrir e fechar. Está fixada ao corpo ciliar e divide a cavidade anterior do olho (entre córnea e cristalino) em duas câmaras: anterior e posterior.

- ***Retina***, é uma túnica neural, é a camada sensível à luz (fotorreceptora) que transforma as ondas luminosas em impulsos nervosos. Recobre o interior do globo ocular na sua metade posterior.

3.5.2 ***Cavidades do globo ocular***. O globo ocular é dividido pelo cristalino (lente móvel do olho) em duas cavidades:

- *Cavidade anterior*, desde a superfície posterior da córnea à superfície anterior do cristalino. É preenchida por um líquido transparente, chamado *humor aquoso*, produzido continuamente pelo corpo ciliar e reabsorvido pelo seio venoso da esclera, mantendo uma certa pressão (*pressão intra-ocular*).

  A cavidade anterior está dividida em:

  - *Câmara anterior* (entre córnea e íris) e
  - *Câmara posterior* (entre íris e cristalino). Ambas comunicam-se através da pupila, permitindo a circulação do humor aquoso (produzido na câmara posterior e reabsorvido na câmara anterior).

- *Cavidade posterior*, desde a superfície posterior do cristalino até a retina. É preenchida por uma substância gelatinosa, *humor vítreo*, que mantém a forma esférica do olho, sem interferir com a transmissão das ondas luminosas.

3.5.3 ***Lente interna ou Cristalino***. É uma lente biconvexa formada por células muito especializadas (sem núcleo e com poucas organelas, preenchidas de material transparente) com uma cápsula exterior de tecido fibroso.

- É uma lente transparente que tem tendência a ficar esférica. Está suspensa por fibras que partem desde o corpo ciliar e se fixam à sua cápsula (*ligamento suspensor*) e que a esticam mais ou menos para dar uma forma mais ou menos plana, o que permite focar a luz exactamente na retina (*acomodação*).

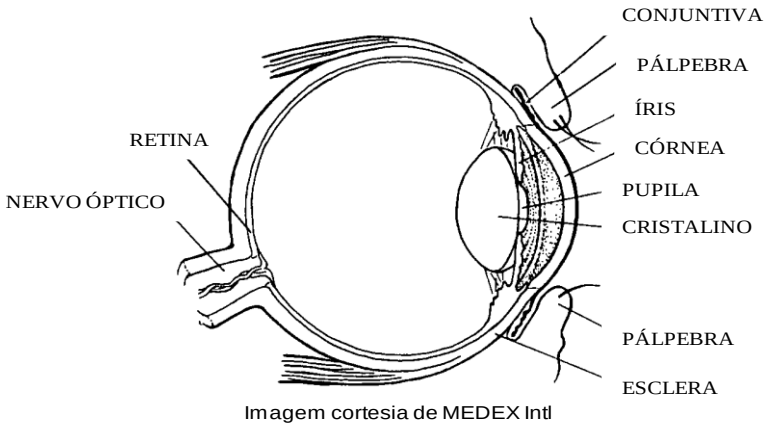


Figura 5. Corte sagital do globo ocular.

3.6 **Estruturas nervosas da visão**. São células neurais, com capacidade de gerar impulsos electro-químicos nervosos. Incluem:

3.6.1 ***Retina***. É a membrana que reveste a parte posterior interna do globo ocular, com células capazes de se excitar ao receber ondas luminosas. É composta por uma série de camadas que contêm diferentes células. De exterior (em contacto com a coróides) a interior (em contacto com o humor vítreo):

- Camada pigmentada, fila de células epiteliais sobre as quais apoiam as outras camadas.
- Camada de células fotossensíveis, verdadeiros receptores da visão. São células cilíndricas, ordenadas como uma vedação. Na zona destas células que apoia na camada pigmentada se encontram os pigmentos visuais sensíveis. As células são de dois tipos, dependendo da sua forma e função:

- *Cones*, sensíveis a muita luz (durante o dia), e
- *Bastonetes*, sensíveis a pouca luz (visão nocturna).

Na zona central da retina, no eixo com o centro da córnea e do cristalino, existe uma pequena área só com cones chamada *mácula*, que é a parte mais sensível da retina, onde as lentes oculares projectam a imagem que recebem.

- Na zona interna da retina, camadas de diferentes células (bipolares, ganglionares, horizontais e amacrinas), neurónios modificados que recebem a informação das células fotossensíveis e dos quais partem os axónios que formam depois o nervo óptico.

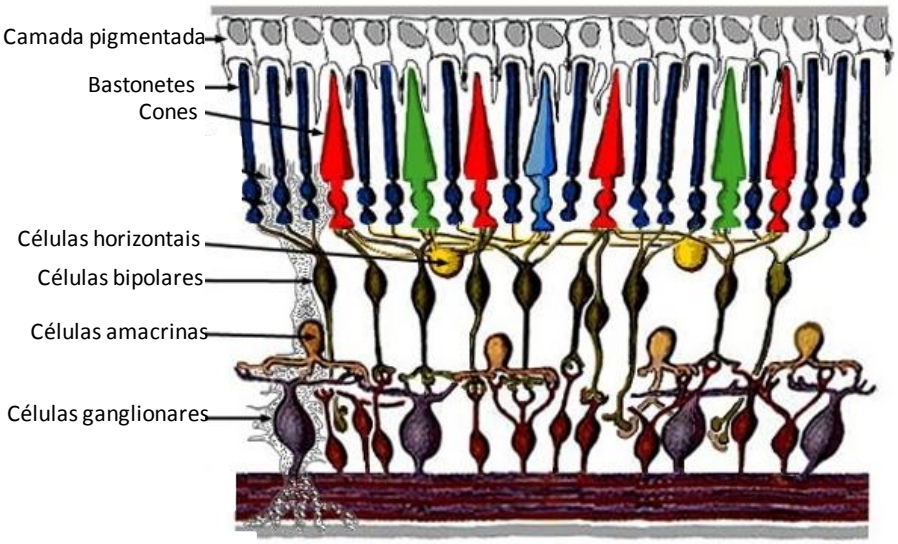


Imagem cortesia de National Library of Medicine, NIH

Figura 6. Secção microscópica da retina.

3.6.2 ***Vias ópticas***. O *nervo óptico* é formado pelos axónios de todas as células neurais da retina, que se situam numa fina camada em contacto com o humor vítreo e que discorrem até o *disco óptico*, área algo lateral à mácula, onde os axónios confluem e de onde parte o nervo. O disco óptico não tem células fotossensíveis, pelo que é um ponto cego de visão. Também é o ponto de entrada da vascularização das membranas do olho, a partir do qual se ramificam perifericamente.

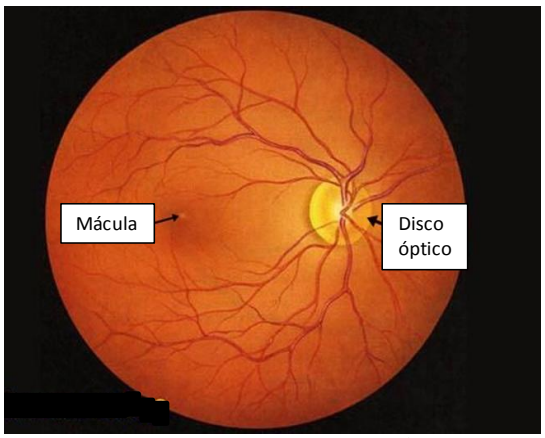


Imagem cortesia de National Library of Medicine, NIH

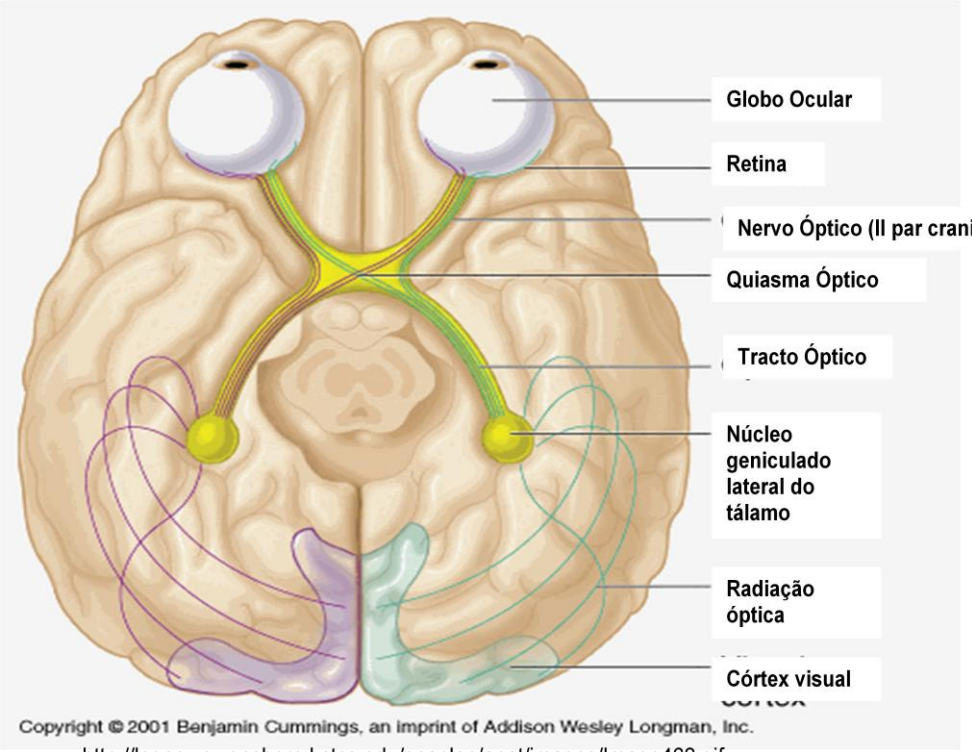
Figura 7. Retina vista através dos meios transparentes do globo ocular. Vista por oftalmoscópio (instrumento médico para o exame directo da retina.

- Quando saem dos globos oculares, os nervos penetram por uma fenda no fundo das órbitas, e já dentro do crânio, as fibras nervosas de ambos nervos ópticos (direito e esquerdo) cruzam-se parcialmente no *quiasma óptico*, imediatamente anterior à hipófise:

as fibras originadas do campo nasal de cada retina cruzam se, enquanto aquelas provenientes do campo temporal continuam directas.

- Depois do quiasma, se fala de *tractos ópticos* (direito e esquerdo), que levam respectivamente a informação dos campos visuais contrários (esquerdo e direito, respectivamente).
- Os tractos ópticos acabam no *Centro da Visão do córtex cerebral occipital*.

  Pelo cruzamento de fibras no quiasma, os campos visuais à esquerda são recebidos e interpretados pelo córtex occipital do lóbulo cerebral direito, e vice-versa.



http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat/images/Image462.gif

Figura 8. Vias nervosas da visão (face inferior do cérebro).

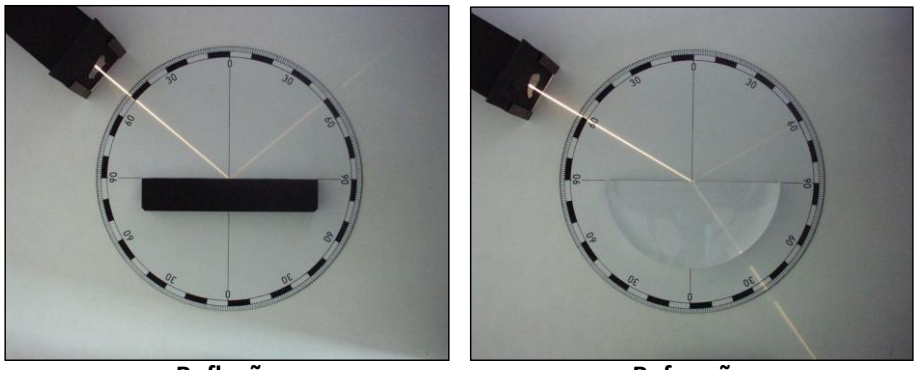
BLOCO 4: FISIOLOGIA DA VISÃO

4.1 **Óptica do olho**. Para que às células fotossensíveis da retina possam ser estimuladas para formar uma imagem "entendível" pelo cérebro, as ondas luminosas que chegam desde qualquer objecto do ambiente devem ser focadas pelos meios transparentes do olho na retina.

4.1.1 ***Conceitos básicos de óptica***.

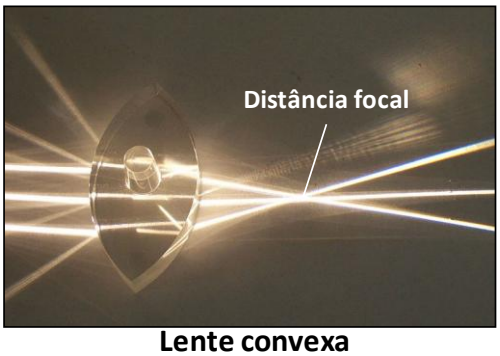
- A onda luminosa transmite-se em linha recta. Quando encontra um objecto, pode chocar e voltar ao mesmo meio (reflexão); pode atravessar de meio sem sofrer mudança de direcção ou pode atravessar mudando a sua direcção (refracção).
- *Uma lente,* é um meio transparente capaz de refractar a luz, dispersando suas ondas (lentes divergentes, que são bicôncavas) ou concentrando-as (lentes convergentes, biconvexas). As lentes do olho são convergentes.
- *Distância focal,* de uma lente convergente é a distância entre a lente e o ponto de convergência dos feixes luminosos. Mede-se em "dioptrias", que são fracções de 100

cm. Assim se a distância focal for 100 cm, corresponde a 1 dioptria. Uma distância focal de 50 cm é de 2 dioptrias, e uma de 10 cm é de 10 dioptrias. As lentes do olho humano tem uma capacidade de convergência máxima de cerca de 60 dioptrias quando são acomodadas para visão distante (alem de 6 metros).

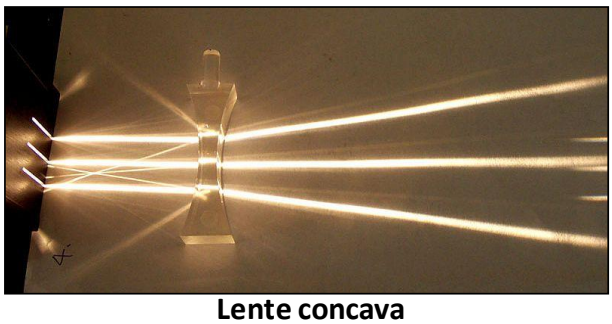


Reflexão **Refracção**

Imagens cortesia de Zátonyi Sándor (ifj.), Wikimedia Commons



Lente convexa



Lente concava

Imagem cortesia de Fir0002, Wikimedia Commons

Figura 9. Conceitos básicos de óptica.

4.1.2 O ***olho*** funciona como se fosse uma câmara fotográfica, com uma objectiva (córnea e cristalino) que foca e projecta a imagem que recebe desde o exterior sobre uma película sensível (retina), utilizando um diafragma (íris) que controla a quantidade de luz projectada.

4.1.3 As ***lentes do olho*** concentram a imagem o mais próximo da mácula, produzindo uma imagem focada central e desfocada perifericamente. São:

- A córnea. Embora responsável por ¾ partes do processo de concentração da imagem, é uma lente fixa, pelo que não pode mudar a distância focal.
- O cristalino. Tem um poder de acomodação de até 19 dioptrias nas crianças muitos novas. Isso permite um foco claro de uma imagem a uma distância de aproximadamente 9 cm aos 10 anos de idade. Esta capacidade vai diminuir com o avançar da idade. O cristalino é capaz de mudar sua forma (mais ou menos plana) pela contracção do músculo ciliar que tensa o ligamento suspensório. Quanto mais se contrai o músculo, mais relaxa o ligamento e mais redonda permanece a lente, aumentando o seu poder de refracção (para focar objectos próximos). Os objectos distantes precisam de um menor poder de refracção da lente ,para focá-los; por isso o músculo relaxa e consequentemente a lente se aplana.

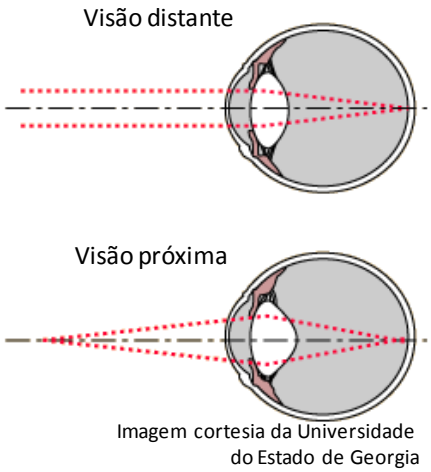


Figura 10. Acomodação.

4.1.4 A ***íris*** regula a quantidade de luz que entra no olho, de maneira que em ambientes de muita iluminação ou na visão de objectos próximos elimina a maioria da luz incidente, para não saturar de estímulo luminoso a retina, e quando há pouca luz no ambiente ou na visão de objectos distantes, abre-se para deixar passar o máximo possível de luz.

- Sua contracção (pupila pequena, em ambientes luminosos e visão próxima) ou dilatação (pupila grande, em ambientes escuros e visão distante) depende dum reflexo nervoso que contrai as fibras musculares da íris.

4.1.5 Os ***músculos extrínsecos*** giram o globo ocular para alinhar o objecto visualizado pelo eixo do olho (linha que passa pelo centro das lentes e chega à mácula).

- No caso de objectos distantes, os eixos estão paralelos. No caso de objectos próximos, os eixos vão convergindo no objecto.
- Os movimentos são também reflexos e integrados com os da íris e lentes.
- Os objectos que se encontram na linha de visão do eixo do olho, são projectados na mácula, parte mais sensível da retina, pelo que se representam no cérebro de maneira clara e focada (visão central). Os objectos que ficam fora do eixo projectam-se em outras partes da retina, representando-se menos claros (visão periférica)

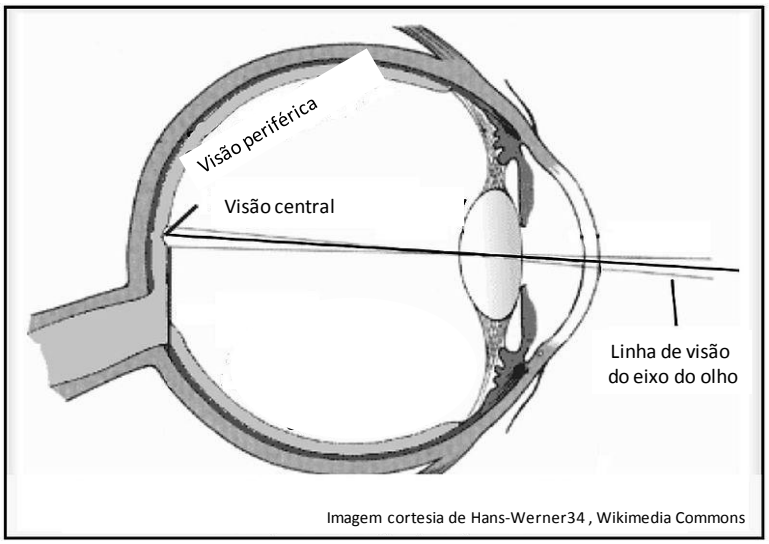


Figura 11. Visão central e periférica.

4.1.6 ***Visão binocular***. O facto dos olhos estarem ligeiramente separados, faz com que chegue a cada retina uma imagem ligeiramente diferente do objecto. Quanto mais próximo estiver o objecto, mais diferente será a imagem. A integração destas duas imagens no centro da visão informa da proximidade do mesmo dando o efeito da profundidade.

4.1.7 ***Agudeza visual***. É a capacidade do olho de ver com maior ou menor clareza.

- É um termo de comparação das pessoas, que se avalia clinicamente com tábuas com letras de certo tamanho que devem ser lidas a certa distância. A medida faz-se como fracção da distância em que a maioria da população pode ler um tamanho de letra.
- A maioria dos olhos tem uma agudeza de "1", que é o padrão. Valores por cima, supõem uma melhor visão que o normal. Valores por baixo, são patológicos, pois indicam certa incapacidade para ver bem.

4.2 **Fotorrecepção**. É o processo de estimulação das células sensíveis da retina pelas ondas luminosas, transformando uma energia lumínica num sinal nervosos electro-químico.

4.2.1 A distribuição e funcionamento dos dois tipos de receptores é diferente:

- Os ***cones*** estão em menor quantidade (cerca de 5 milhões em cada retina) e concentrados nas regiões centrais, especialmente na mácula.

  São só sensíveis a muita luz, pelo que são capazes de "ver" só durante o dia.

  Pela sua localização, durante o dia temos uma visão nítida nos campos visuais centrais (que projectam na mácula ou perto desta) e desfocada nos campos periféricos, que projectam na periferia da retina, com poucos cones.

  Tem três tipos de cones, cada um sensível a uma comprimento de onda diferente, e por tanto, capaz de "ver" imagens de uma cor: azul, verde ou vermelho. A diferente estimulação de cada um deles com ondas luminosas de cores diferentes nos permite ver as cores durante o dia.

- Os ***bastonetes*** estão em maior quantidade (mais de 100 milhões em cada retina) e concentrados nas regiões periférica, com mínimas quantidades na mácula.

  São sensíveis à pouca luz e funcionam na visão nocturna (são capazes de "ver" durante a noite). São todos iguais e não são capazes de distinguir cores.

  Pela sua localização, durante a noite temos uma visão mais nítida nos campos visuais periféricos (que projectam longe da mácula) e quase cega nos campos centrais, que projectam na mácula, com poucos bastonetes.

4.2.2 A zona dos cones e bastonetes que apoia na camada pigmentada (externa) está cheia de pigmentos visuais (rodopsina, principalmente), capaz de mudar a sua estrutura química quando recebe uma onda luminosa. Esta zona sensível de cones e bastonetes está continuamente a ser reciclada (formada e destruída) pelas células da camada pigmentada, onde se armazena a vitamina A, que é o precursor químico da rodopsina.

4.2.3 A vitamina A (retinol) é importante para a síntese de rodopsina, pelo que a sua deficiência resulta em deficiência de rodopsina e posterior incapacidade de ver com pouca luz (cegueira nocturna).

4.2.4 A adaptação da vista quando se passa dum sítio muito iluminado a um sítio escuro (precisa de cerca de 30 min) deve-se não apenas pela abertura maior ou menor da pupila (que se faz rapidamente), mas também por mudanças na sensibilidade das próprias células fotorreceptoras.

BLOCO 5: PATOLOGIA DOS ÓRGÃOS DA VISÃO

5.1 A patologia da visão pode ser dividida essencialmente em problemas ópticos (da formação da imagem na retina) e problemas oftálmicos (alterações orgânicas de qualquer das estruturas da visão).

5.2 Entre as **patologias ópticas**, as principais com alterações, possíveis de corrigir com tipos diferentes de óculos, são:

- *Miopia*: A imagem é formada antes da retina.. Os objectos próximos são vistos com nitidez, mas os distantes são visualizados como se estivessem embaçados (desfocados).
- *Hipermetropia*: A imagem é formada após a retina. É geralmente devida a um defeito genético: olho em forma ligeiramente aplanada (o cristalino está perto demais da retina, pelo que a imagem se foca atrás desta). Boa visão ao longe.
- *Astigmatismo*: Alteração da forma das lentes, as quais não têm uma curvatura perfeita e distorcem a imagem.

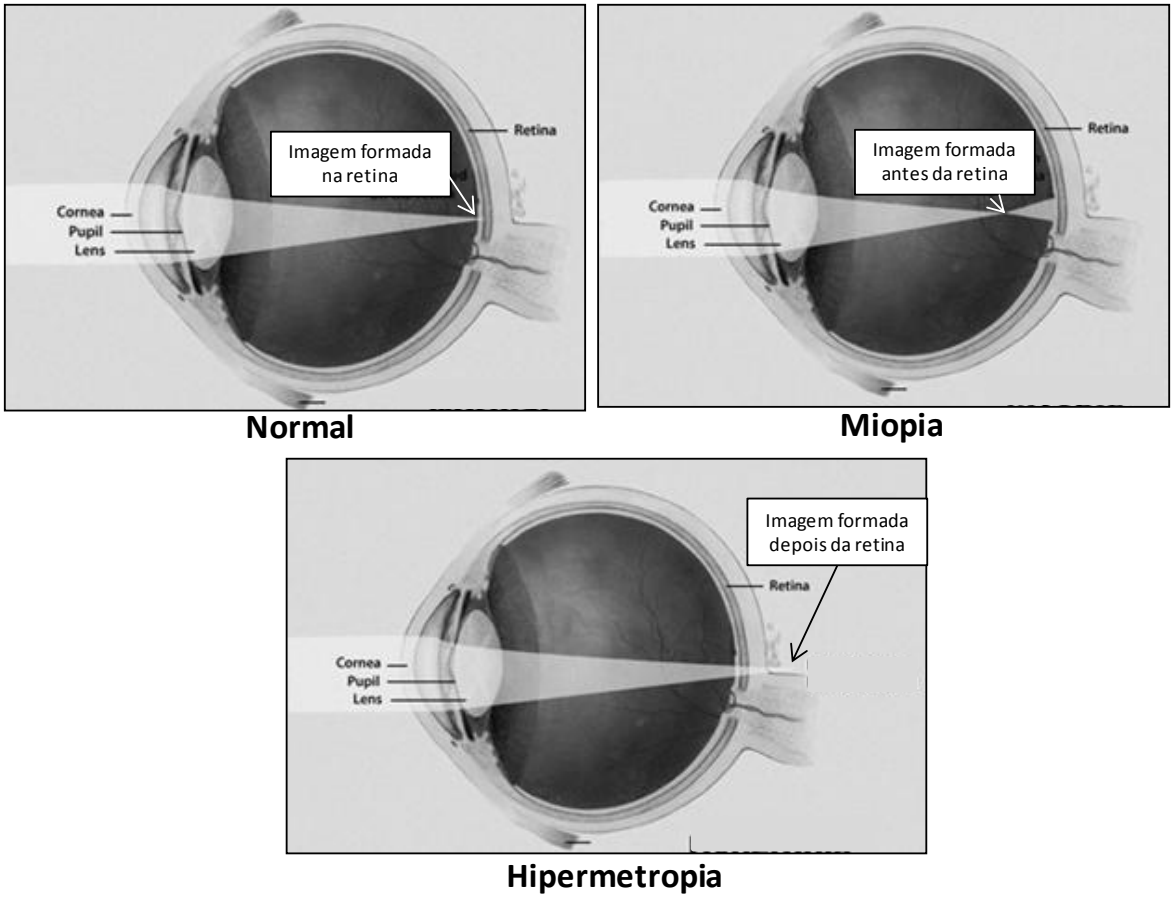


Figura 12. Alterações ópticas do olho: normal, miopia, e hipermetropia.

5.3 As **patologias oftálmicas** podem ser:

5.3.1 Infecciosas, atingindo qualquer estrutura do olho, sendo as mais frequentes as da conjuntiva (***conjuntivite***) e das glândulas de Meibómio (***hordéolo***).

5.3.2 Degenerativas, como a opacificação do cristalino com a idade (***catarata***), que impede às ondas luminosas passar para a retina, sendo uma das principais causas de cegueira.

5.3.3 Alterações da retina que acontecem em doenças gerais como na ***hipertensão arterial*** e na ***diabetes***.

5.3.4 Nutricionais, como a ***cegueira nocturna***, por carência de vitamina A nas crianças.

BLOCO 6: PONTOS-CHAVE

6.1 Os órgãos dos sentidos (visão, audição/equilíbrio, olfacto, gosto e tacto,) proporcionam ao organismo informação sobre o meio externo que é fundamental para a sua sobrevivência.

6.2 O sentido da visão é capaz de recolher informação visual do ambiente mediante o olho, órgão capaz de captar as ondas luminosas e transformá-las em impulsos nervosos que serão utilizados pelo centro da visão no córtex cerebral occipital.

6.3 O olho é um órgão par em forma de esfera, com uma série de meios transparentes que formam a imagem (córnea e cristalino, íris, cavidades e líquidos) e uma membrana sensível (retina) capaz de ser estimulada por ondas luminosas.

6.4 Outra série de estruturas associadas ao olho, que o limpam (aparelho lacrimal), o protegem (pálpebras, supercílios, conjuntiva) e o dão mobilidade (músculos extrínsecos).

6.5 O olho funciona como uma câmara fotográfica, na que um objectivo com lentes (córnea e cristalino) projecta a imagem que recebe desde o exterior sobre uma película sensível (retina), utilizando um diafragma (íris) que controla a quantidade de luz projectada.

6.6 Os fotorreceptores são as células sensíveis da retina, capazes de gerar impulsos nervosos quando recebem ondas luminosas.

6.7 Existem dois tipos de receptores: cones, especializados na visão diurna, das cores e dos campos visuais centrais, e os bastonetes, responsáveis pela visão nocturna e periférica.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	44
Tópico	Órgãos dos Sentidos	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Nariz e Olfacto -Língua e Gosto -Mecanorreceptores, Termorreceptores, Nociceptores	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

A. Sobre o conteúdo “Nariz e Olfacto”:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever a anatomia do sistema olfactivo;
3. Explicar a fisiologia do olfacto;
4. Listar as principais alterações do sistema olfactivo.

B. Sobre o conteúdo “Língua e Gosto”:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever a estrutura das papilas gustativas;
3. Descrever a localização dos diferentes sabores;
4. Explicar a fisiologia do gosto;
5. Listar as principais alterações do sistema gustativo.

C. Sobre o conteúdo “Mecanorreceptores, Termorreceptores, Nociceptores”:

1. Descrever as noções básicas sobre receptores tácteis (tacto, dor, calor, frio e pressão);
2. Identificar as zonas com maior distribuição de receptores tácteis;
3. Listar as principais alterações do tacto.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Olfacto e Gosto: Generalidades		
3	Anatomia e Fisiologia do Olfacto		
4	Anatomia e Fisiologia do Gosto		
5	Anatomia e Fisiologia do Tacto		
6	Patologia do Olfacto, Gosto e Tacto		
7	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em:

http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: OLFACTO E GOSTO: GENERALIDADES

2.1 Olfacto e Gosto são dois sentidos diferentes mas relacionados e que frequentemente funcionam juntos dando informação integrada para o cérebro.

2.1.1 O olfacto é um sentido capaz de dar informação ao cérebro sobre a presença de moléculas de odor no ar inspirado. Esta informação é essencial quer para a prevenção de perigos (fogo, coisas sujas,…), quer para atracção por coisas benéficas (alimentos, reconhecimento de pessoas e sítios,…).

2.1.2 O gosto é um sentido capaz de dar informação sobre a qualidade dos alimentos e líquidos que ingerimos e é suportado pelo olfacto, que trabalha também interpretando os cheiros que provêm dos alimentos.

2.2 **Embriologicamente**, ambos órgãos desenvolvem-se pelo contacto dos respectivos nervos cranianos (I para o olfacto e VII, IX e X para o gosto) procedentes do ectodermo neural, com os correspondentes epitélios (nasal para o olfacto e lingual do intestino anterior para o gosto)

2.2.1 O contacto das fibras nervosas com os respectivos epitélios durante o crescimento do embrião, provoca mudanças morfológicas e funcionais nas células epiteliais que as fazem diferenciarem-se em quimorreceptores.

2.2.2 Evolutivamente, ambos são sentidos primários, com grande desenvolvimento e protagonismo na vida dos animais mais inferiores e menos evoluídos, onde outros sentidos mais especializados (como a visão ou o tacto tem um papel secundário).

BLOCO 3: ANATOMIA E FISIOLOGIA DO OLFACTO

3.1 **Anatomia do olfacto**. O sentido do olfacto ou “cheiro” é representado anatomicamente pelo órgão olfactivo, portanto, conjunto celular de receptores e transmissores localizados na mucosa nasal que reveste a cúpula de cada cavidade nasal, em contacto com a lâmina cribiforme do osso etmóide, camada óssea fina que separa o crânio da cavidade nasal.

O órgão olfactório é constituído por diferentes estruturas dispostas em camadas:

3.1.1 ***Epitélio olfactório***. É uma mucosa nasal modificada com uma superfície total de uns 5 cm^2, localizada no tecto de cada cavidade nasal, que inclui:

- *Células de suporte*: epitélio cilíndrico simples que dá estrutura à mucosa nasal olfactória.
- *Receptores olfactórios*, neurónios modificados, incluídos entre as células anteriores, com extremos distais livres digitiformes (dendritos modificados), chamados cílios sensíveis, que estão submergidos no muco que recobre o epitélio, e com extremos proximais (axónios modificados) que atravessam a lâmina cribiforme para se unirem sinapticamente aos neurónios do tracto olfactório que levam os sinais olfactórios ao cérebro.
- *Células basais*, pequenas e escassas células indiferenciadas incluídas entre as células de suporte e a lâmina própria, capazes de se dividirem e de se diferenciarem em receptores olfactórios. De facto são as únicas células neurais imaturas que existem no

corpo humano, sendo os receptores olfactórios os únicos neurónios com capacidade para se renovarem.

3.1.2 ***Lâmina própria.*** Tecido conjuntivo laxo, sobre o qual se apoia o epitélio, e que contém as *glândulas olfactórias (de Bowman)*, que secretam o muco que recobre todo o órgão olfatório incluindo os cílios sensíveis.

3.1.3 ***Lâmina cribiforme***. Lâmina óssea fina que separa a cavidade nasal da intracranial, e que está furada por múltiplos orifícios diminutos por onde atravessam as fibras dos receptores (em feixes).

3.1.4 ***Via nervosa olfactória***: são as fibras de transmissão do impulso nervoso desde os receptores até a área olfactória cerebral. Inclui:

- *Bulbo olfactório*, massa neural directamente encima da lâmina cribiforme, que contém os corpos dos neurónios que fazem sinapse e recebem a informação desde os receptores olfactórios.
- Os seus axónios levam a informação pelo *tracto olfactório*, desde o bulbo até diversas zonas do cérebro, que integram a informação (córtex olfactório, hipotálamo e sistema límbico).

3.1.5 ***Área olfactória cerebral***: situa-se na zona inferior do córtex temporal, processa a informação olfactória e a integra com os outros sentidos.

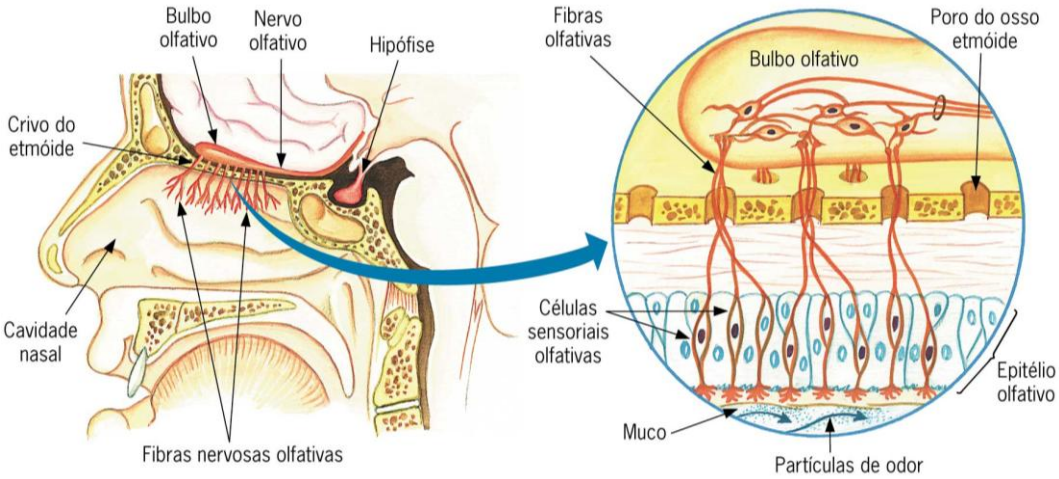


Imagem cortesia de Saraiva S/A Livreiros Editores

Figura 1. Órgão olfactório.

3.2 **Fisiologia do olfacto**. O olfacto é capaz de traduzir uma mensagem química, trazida por moléculas dissolvidas no ar inspirado, num sinal nervoso electro-químico que se transmite como informação para o cérebro.

- Para uma substância poder ser cheirada primeiro tem que se dissolver no ar, portanto, ser volátil.
- Nem todas as moléculas voláteis podem ser cheiradas. Só são cheiradas aquelas que se dissolvem no muco (são hidrossolúveis) e que têm capacidade para provocar uma reacção química nos cílios sensíveis. São as chamadas *moléculas odorantes*.

3.2.1 O ar que inspiramos contém pequenas quantidades de múltiplas moléculas odorantes. São produtos químicos de diferentes objectos orgânicos ou inorgânicos, como o fumo, compostos inorgânicos de motores, compostos orgânicos de plantas e animais,…

- Quando este ar inspirado entra pelas narinas, ocorre a filtração, humidificação e sua exposição à mucosa. As conchas e meatos da cavidade nasal, provocam um fluxo turbulento que retarda a velocidade da passagem do ar, permitindo a sua filtragem e humidificação. Igualmente permite um maior tempo de exposição do ar à mucosa olfactória.
- Depois são absorvidas pelo muco da mucosa olfactória onde são dissolvidas e apresentadas aos receptores (cílios sensíveis do epitélio olfactório).
- Uma vez apresentadas aos receptores, ligam-se a proteínas específicas situadas na membrana dos cílios provocando uma série de reacções químicas conducentes à despolarização do receptor.
- Vários receptores estimulados (despolarizados) excitam fibras do tracto olfactório para transmitir a mensagem até o cérebro.

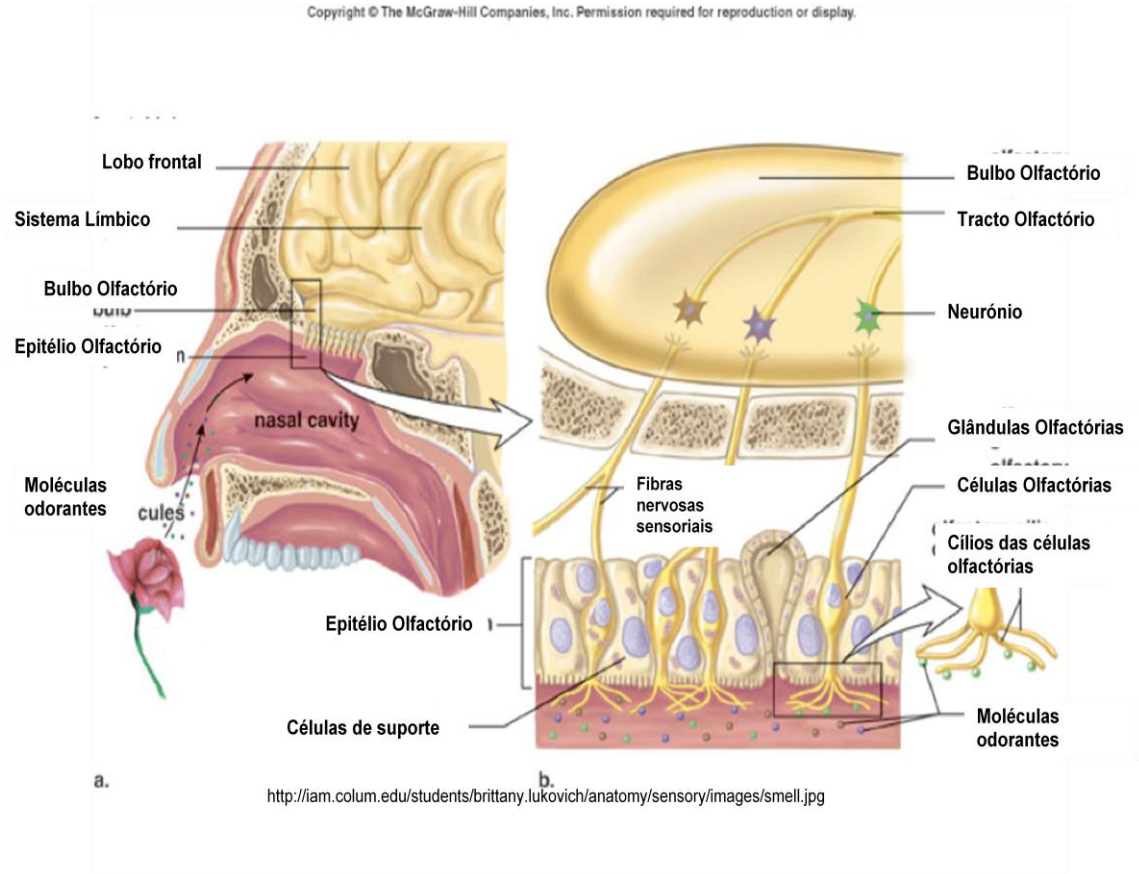


Figura 2. Fisiologia do Olfacto

3.2.2 O epitélio olfactório, embora pequeno em tamanho, tem uma grande quantidade de receptores (entre 10 e 20 milhões) e estes são muito excitáveis, pelo que é um órgão de grande sensibilidade.

- Supostamente, uma pequena quantidade de moléculas no ar inspirado é capaz de provocar um estímulo olfactório nervoso que se transmite ao cérebro.
- Existem cerca de 50 cheiros primários, que são padrões diferentes de estímulo dos receptores.

- O córtex olfactório humano é capaz de distinguir milhares de estímulos químicos diferentes, mediante combinações em proporção diferente dos cheiros primários.
- À diferença de outros sentidos, a capacidade do cortex olfactório humano de se adaptar ao estímulo é muito rápida (segundos ou poucos minutos). Depois de algum tempo de exposição a um certo cheiro, este já não se sente, embora os odorantes continuem presentes no ar inspirado.
- Um facto adicional é que o limite de saturação do olfacto é relativamente baixo. Quando se atinge a máxima capacidade do olfacto para sentir um certo cheiro, o aumento da concentração do odorante no ar não provoca já maior estímulo, pelo que não se sente mais cheiro.

BLOCO 4: ANATOMIA E FISIOLOGIA DO GOSTO

4.1 **Anatomia do gosto.** O sentido do gosto é integrado anatomicamente em múltiplas estruturas epiteliais complexas situadas na superfície da língua e algumas na faringe próxima à língua, chamadas *papilas gustativas*.

4.1.1 Os receptores do gosto são os chamados ***botões gustativos*** (entre 4.000 e 8.000 por pessoa). São estruturas de forma esférica integradas nas papilas gustativas e constituídas por:

- 5 a 15 *células sensíveis gustativas*, células epiteliais modificadas com um extremo distal com pequenas vilosidades sensíveis, que são expostas à superfície da mucosa através do *poro do gosto,* no polo externo do botão gustativo.
- Fibras nervosas (dendritos) que partem do botão gustativo, depois de fazerem sinapse com o pólo proximal das células sensíveis e levam a informação aos centros encefálicos do gosto.
- Um grupo de *células epiteliais de suporte* que dão a estrutura ao botão gustativo e que têm capacidade para se dividirem e se diferenciarem em células sensíveis, para repor as que se degradam (a vida média das células sensíveis é muito curta, cerca de 10 dias).

4.1.2 Existem três tipos de ***papilas gustativas***:

- *Papilas filiformes*, as mais numerosas, que cobrem quase toda a superfície dos 2/3 anteriores da língua. São pequenas e com aspecto de pelos grossos e curtos. Não contêm botões gustativos, pelo que não são capazes de distinguir sabores. Supostamente têm função de preparar as moléculas dos alimentos para apresentá-las aos outros tipos de papilas.
- *Papilas fungiformes*, em forma de cogumelo, sobressaindo ligeiramente da mucosa lingual. Estão em menor número e espalhadas entre as papilas filiformes, principalmente nas laterais e na ponta da língua. Cada uma tem entre 3 e 6 botões gustativos.
- *Papilas circunvaladas*, as maiores, com aspecto de mamilo, com uma crista em sua volta. Encontram-se em escasso número, alinhadas em forma de “V” na parte posterior da língua. Cada uma contém até 100 botões gustativos.

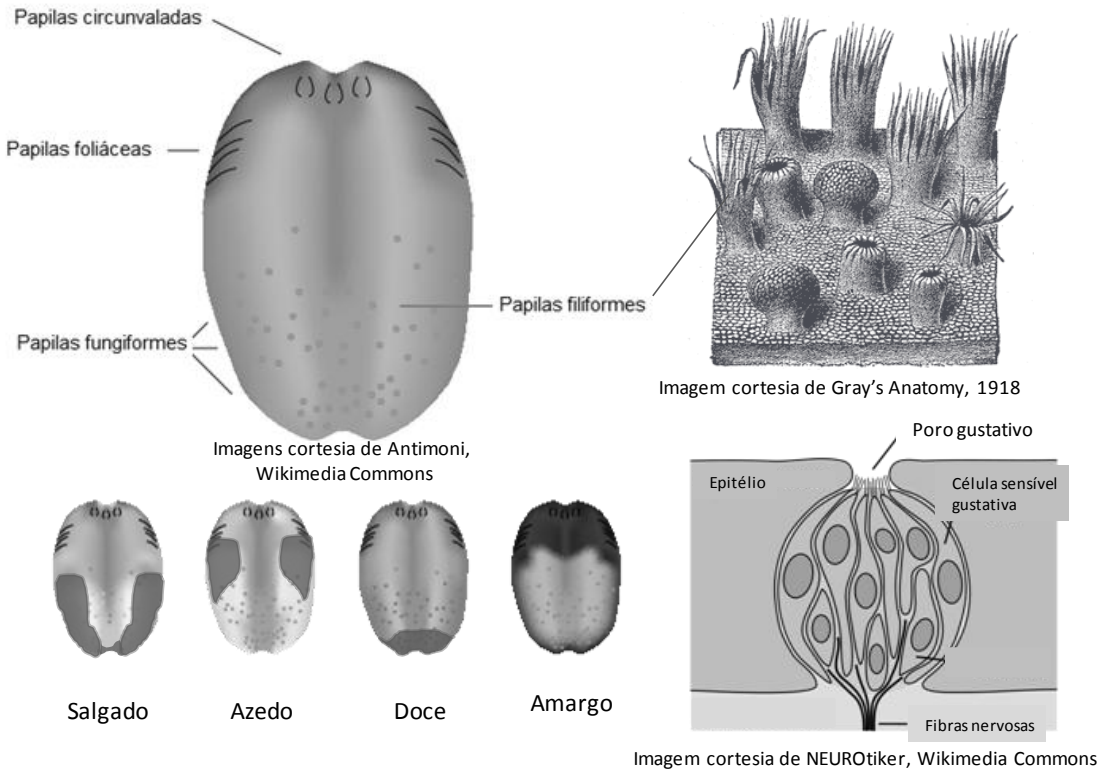


Figura 3. Órgãos do gosto.

4.1.3 A ***via nervosa do gosto*** está dividida em vários nervos cranianos: *Facial (VII)*, que leva a informação dos 2/3 anteriores da língua, *Glossofaríngeo (IX)*, que leva a informação do 1/3 posterior da língua, e *Vago (X)*, que leva informação dos botões gustativos espalhados na faringe próxima à língua.

- Todas estas vias aferentes fazem sinapse inicialmente no *núcleo do gosto da medula*, e depois no tálamo, onde se une a informação complementar (tacto da mucosa oral, olfacto,…) até dar uma informação completa que se projecta na *área do gosto* no córtex parietal.
- Do córtex do gosto partem neurónios para os núcleos bulbares que provocam o *reflexo da salivação*.

4.2 **Fisiologia do gosto**. O gosto é capaz de traduzir uma mensagem química, trazida por moléculas dissolvidas nos líquidos e sólidos do alimento ingerido, num sinal nervoso electro-químico que se transmite como informação para o cérebro.

4.2.1 Como no sentido do olfacto, moléculas presentes nos materiais introduzidos na boca dissolvem-se no muco que recobre a língua, pela acção da saliva e com ajuda da fricção mecânica das papilas filiformes.

- Desta maneira entram em contacto com as vilosidades das células sensíveis nos poros do gosto, abertura externa dos botões gustativos, provocando mudanças electro-químicas no citoplasma das células sensíveis.
- Estas mudanças produzem excitação dos terminais nervosas dendríticas que estão em contacto com as bases das células sensíveis, provocando um sinal nervoso que se transmite ao núcleo do gosto da medula.

4.2.2 Para a elaboração cerebral dos sabores é fundamental a ***informação complementar*** que provem de outros sentidos, especialmente do olfacto.

- Ao mesmo tempo que as vias do gosto são estimuladas pela presença de moléculas na superfície da língua, moléculas voláteis passam até a cavidade nasal e provocam estimulação dos receptores olfactórios.
- Em caso desta informação complementar não se produzir (como na congestão nasal, nas quais há inflamação da mucosa nasal e a mucosa olfactória não funciona convenientemente), a percepção dos sabores estará muito diminuída.

4.2.3 Existem 4 ***sabores primários***, representados por 4 diferentes receptores (histologicamente são iguais, mas são estimulados de maneira diferente) que se encontram distribuídos em áreas concretas da língua:

- *Doce*, na ponta da língua.
- *Salgado*, na parte lateral mais anterior da língua.
- *Azedo*, na parte lateral da língua, posterior à área do salgado.
- *Amargo*, na parte posterior da língua, em relação às papilas circunvaladas.

4.2.4 A combinação em diferentes proporções destes 4 sabores básicos, junto com a informação complementar de tacto (pressão, temperatura,…) e olfacto, proporciona um vastíssimo catálogo de possíveis sabores.

- Geralmente os sabores desagradáveis (azedo e amargo) são sentidos mais facilmente (com menor quantidade de moléculas). Isto tem valor na sobrevivência do individuo, protegendo-se contra alimentos inadequados, tóxicos, venenos,…
- Existem muitas diferenças individuais (que são herdadas) na percepção dos sabores, existindo sabores complexos que há pessoas que são capazes de sentir e outras não.

BLOCO 5: ANATOMIA E FISIOLOGIA DO TACTO

5.1 O sentido do tacto está integrado na pele de todo o corpo e tem a função de proporcionar informação ao cérebro sobre as características do ambiente próximo (visão, audição e olfacto dão informação do ambiente mais longínquo).

5.1.1 Assim, a pele tem receptores capazes de sentir *(vide aula 8)*:

- A temperatura, mediante termorreceptores.
- O contacto de qualquer objecto que possa ser agressivo contra o organismo, mediante nociceptores ou receptores da dor.
- O toque de objectos à pele, ou a pressão exercida por objecto contra o organismo, mediante mecanorreceptores.

5.1.2 Embora cada tipo de sensação, tradicionalmente se tem relacionado com um tipo histológico de receptor, estudos recentes sugerem uma menor especialização, de maneira que todos os tipos de receptores estão envolvidos, embora em distintos graus, na percepção das diferentes sensações cutâneas.

- Igualmente, estímulos muito intensos (como queimaduras da pele) provocam uma excitação simultânea de todos os tipos de receptores, provocando sensações dolorosas muito complexas.

5.2 **Termorreceptores**. São terminais nervosas livres (dendritos sem nenhuma estrutura especializada associada) situados na derme, capazes de sentir mudanças da temperatura no ambiente.

- Alguns termorreceptores são capazes de ser estimuladas com frio (temperaturas abaixo da corporal) e outras são estimuladas por calor.
- São muito sensíveis (logo notamos mudanças na temperatura do nosso meio, como quando entramos num quarto com ar condicionado) mas adaptam-se rapidamente (depois de pouco tempo, já não sentimos a temperatura baixa, o nosso corpo se adaptou).

5.2.1 Além das terminais livres, existem outros receptores especializados na derme (*bulbos de Krausser* e *órgãos de Rufini*) capazes de sentir frio ou calor, respectivamente.

5.3 **Nociceptores** estão presentes não só na pele, mas também em diferentes partes do organismo (articulações, periósteo dos ossos, cápsulas de vísceras, peritónio, parede dos vasos,…).

- São também terminais nervosas livres, muito ramificadas, que cobrem amplas zonas de superfície cutânea (por isso, por vezes, é difícil situar exactamente o ponto da dor).
- Ao contrário dos termoreceptores, a sua adaptação é mínima, de maneira que enquanto persistir o estímulo doloroso, os receptores permanecerão excitados.

5.3.1 Existem três ***tipos de nociceptores*** (pela sua função, já que histologicamente são iguais):

- Dor em relação à temperaturas extremas.
- Dor em relação à dano mecânico (pressão, punção, corte,…).
- Dor em relação à dano químico (mediadores da inflamação, necrose,…).

5.3.2 Como no caso dos termorreceptores, quando a terminal dendrítica recebe o estímulo adequado, é capaz de se despolarizar, excitando os axónios que partem em direcção à medula, como fibras aferentes (sensitivas). Existem dois tipos de ***fibras aferentes da dor***:

- Tipo A, de dor imediata, que transmitem o sinal rapidamente provocando reflexos imediatos de evitação. Como quando picamos um dedo, o reflexo imediato é de retirar a mão.
- Tipo C, de dor permanente, que transmitem o sinal a níveis superiores e com relações mais complexas, que não provocam uma reacção imediata, mas sim um reconhecimento de que “algo está a doer”. Como quando temos uma inflamação ou uma queimadura na pele.

5.3.3 As vias de transmissão do estímulo doloroso no sistema nervosos central são extremadamente complexas e não bem entendidas, mas implicam diferentes centros encefálicos.

5.4 **Mecanorreceptores** são sensíveis a estímulos físicos que distorcem fisicamente (esticar, apertar, retorcer,…) a estrutura do receptor. Incluem:

- Receptores tácteis, presentes na pele e capazes de sentir o toque de objectos. São os receptores do sentido do tacto.
- Barorreceptores, presentes em vasos e tractos digestivo e urinário, capazes de sentir a pressão no interior destes órgãos.
- Própriorreceptores, presentes em articulações e músculos, capazes de sentir a posição do esqueleto e o nível de contracção dos músculos.

5.4.1 Os ***Receptores tácteis*** proporcionam a sensação de toque, pressão ou vibração na pele, dando informação ao cérebro da forma, textura, tamanho, movimento,… dos objectos que entram em contacto com a pele. Funcionalmente, podem ser de dois tipos:

- Receptores finos, muito sensíveis, capazes de dar informação muito precisa sobre a localização e características do toque.
- Receptores grossos, menos sensíveis, que têm mais a ver com a pressão e vibração e não localizam nem definem tão bem o estímulo.

5.4.2 Entre os receptores tácteis, tem alguns que se adaptam rapidamente e deixam de transmitir impulsos, embora o estímulo continue (como os de temperatura) e outros se adaptam lentamente, pelo que continuam transmitindo impulsos enquanto recebem o estímulo (como os da dor).

5.4.3 Pela sua estrutura histológica do receptor, identificam-se vários tipos:

- *Terminais nervosas livres*: chegam até os estratos mais basais da epiderme. São estruturalmente como os da dor e temperatura. Estão presentes em zonas do corpo que precisam de uma sensibilidade muito alta, como na conjuntiva dos olhos.
- *Terminais do bulbo capilar*: dendrites que se unem à base dos pelos e detectam qualquer movimento destes por objectos que os rocem, pelo que normalmente são os primeiros receptores estimulados.
- *Discos de Merckel*: Localizam-se na camada germinativa da epiderme, são muito sensíveis e com campos de percepção (área sobre a qual dão informação) muito pequenos. São de adaptação rápida.
- *Corpúsculos de Meissner*: são estruturas esféricas de glia modificada, situadas nas papilas dérmicas, que respondem ao estímulo do tacto fino e vibração de baixa frequência. Presentes na pele fina de pálpebras, dedos e genitais. São de adaptação lenta.
- *Corpúsculos de Pacini*: são estruturas ovóides (até 3 mm) com muitas camadas concêntricas de colagénio que encerram as terminais nervosas, que respondem ao estímulo mecânico da pressão e vibração de alta frequência. Além da pele, também estão presentes em fascias, cápsulas articulares e órgãos digestivos e urinários. São de adaptação rápida.
- *Bulbos de Krausse e Ruffini: são* estruturas colágenas em forma de fuso da derme profunda, que respondem a estímulos de torção, esticamento e compressão da pele. Também são sensíveis à temperatura, os de Krausse ao frio e os de Ruffini ao calor. São de adaptação lenta, pelo que permanecem excitados enquanto o estímulo dura.

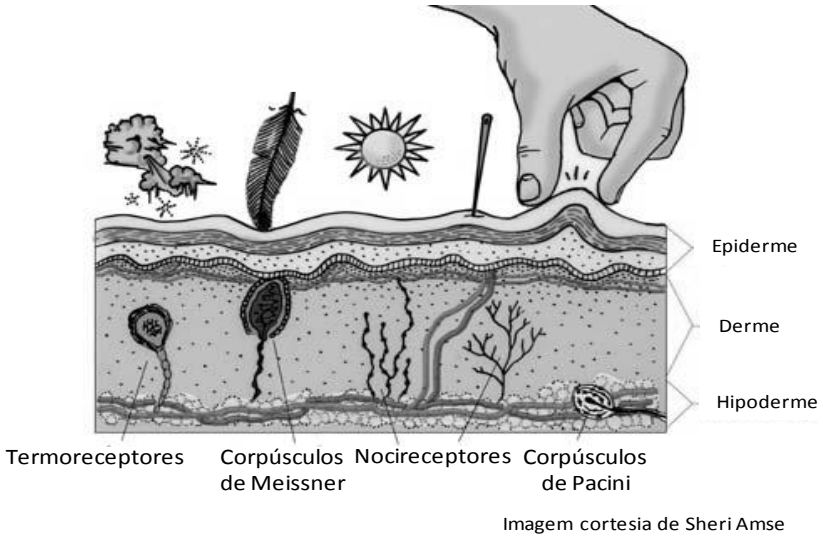


Figura 4. Receptores do tacto.

5.5 **Vias nervosas do tacto**. Os receptores tácteis são terminais dendríticas modificadas. Uma vez excitados pelo correspondente estímulo, transmitem o sinal pelo corpo neuronal aos respectivos axónios, que irão até a medula para iniciar duas vias nervosas medulares:

- ***Coluna ântero-lateral da medula*** (via espino-talámica), que leva as sensações do tacto grosso, da dor e da temperatura à medula espinal, onde realiza sinapses com outras fibras para o tálamo e daí ao córtex sensorial.
- ***Coluna posterior da medula*** (vias cuneiforme e grácil), que leva as sensações do tacto fino até o bulbo, onde realiza sinapses com outras fibras para o tálamo e daí ao córtex sensorial.

5.5.1 O centro para o processamento dos impulsos tácteis chegados desde os receptores cutâneos é o chamado ***córtex sensorial***, que está no lóbulo parietal.

- Cada zona do corpo tem um área de representação cortical (zona do córtex na qual chega a informação sensorial) que depende não da área da pele que representa, mas sim do número de fibras nervosas que tem.
- Assim zonas pequenas, mas muito sensíveis (dedos, genitais,…) tem grandes áreas de representação, enquanto zonas grandes e pouco sensíveis (costas) tem áreas de representação pequenas.

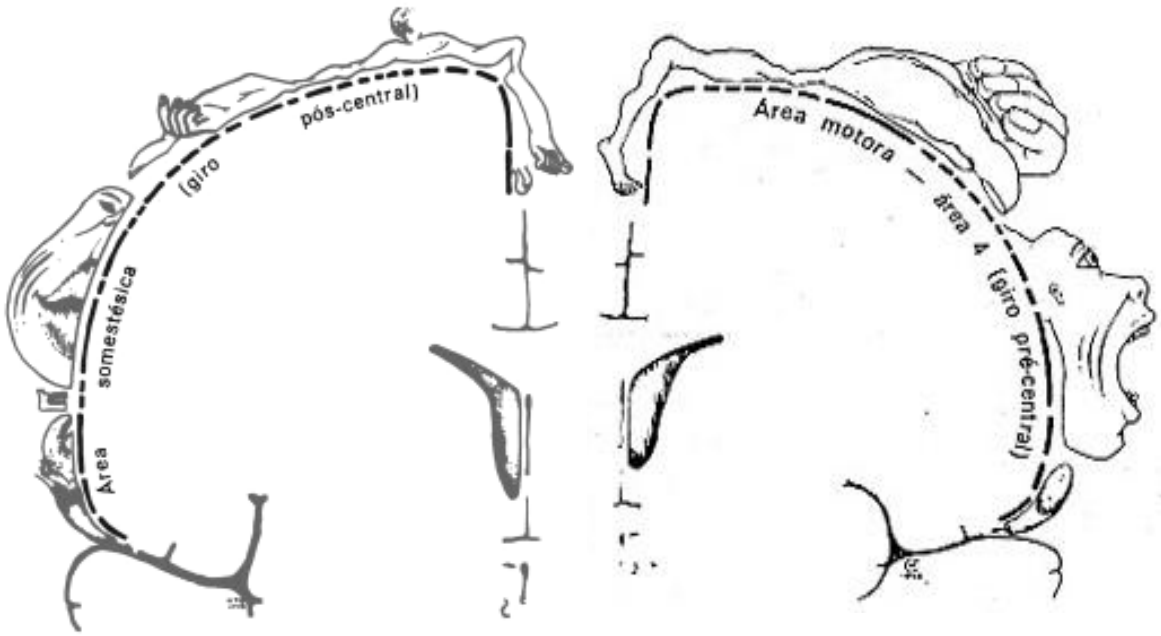


Figura 5. Córtex sensorial. Áreas de representação.

BLOCO 6: PATOLOGIA DO OLFACTO, GOSTO E TACTO

6.1 **Patologia de Olfacto e Gosto**. As patologias graves ou permanentes destes sentidos não são frequentes.

6.1.1 Mais frequente é sua abolição ou distorção temporária em relação a inflamação da mucosa nasal durante episódios de rinite, constipação,… O valor complementar do olfacto na percepção de sabores é tão grande que a sua supressão temporária provoca também abolição da sensação dos sabores.

- Anosmia – é a perda total do olfacto e a hiposmia é a diminuição do olfacto
- Ageusia – é a ausência da função do gosto e a hipogeusia é a diminuição da função do gosto

6.2 **Patologia do Tacto**. Geralmente relacionada com alterações das vias nervosas de transmissão.

6.2.1 As alterações dos nervos periféricos sensitivos ou das vias medulares são frequentes, no sentido de provocar sensações de toque sem existir o estímulo como formigamento ou sensações de alfinetadas e agulhadas (*parestesias*); outro conjunto de anormalidades sensórias refere-se à redução (hipoestesia) ou ausência de sensações cutâneas com estímulo presente (*anestesias*) ou a uma major resposta ao estimulo (hiperestesia).

BLOCO 7: PONTOS-CHAVE

7.1 O Olfacto e Gosto são dois sentidos diferentes mas integrados que dão informação sobre a presença de certas moléculas no ar inspirado e nos alimentos ingeridos respectivamente.

7.2 O Olfacto é composto por um órgão receptor, a mucosa olfactória do tecto da cavidade nasal, por uma via transmissora, o bulbo e tracto olfactórios, e um centro olfactório no córtex temporal.

7.3 Para que uma certa molécula do ar possa provocar um cheiro (molécula odorante) deve ser capaz de se dissolver no muco que cobre a mucosa olfactória e de excitar quimicamente os receptores olfactórios.

7.4 O Gosto é composto por um órgão receptor, botões gustativos das papilas da mucosa da língua, por uma via transmissora através de três diferentes nervos cranianos, e por um centro do gosto no córtex parietal.

7.5 A sensação de um certo sabor se produz pela integração dos sinais proporcionados pela excitação dos botões gustativos por moléculas dos alimentos dissolvidas na saliva e pela excitação da mucosa olfactória por moléculas voláteis desprendidas desses alimentos.

7.6 Os sabores são construídos pela combinação diferente dos 4 sabores básicos (doce, salgado, azedo e amargo), que estão representados em zonas diferentes da língua.

7.7 O tacto é um órgão complexo composto por diferentes tipos de receptores dispersos por toda a pele (e por alguns órgãos internos), capazes de proporcionar sensações de: dor, temperatura, toque (fino e grosso), pressão e vibração.

7.8 As informações tácteis são transmitidas pelos nervos sensitivos até a medula, desde onde é projectada por diferentes tratos medulares até o córtex sensorial do lóbulo parietal.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	45
Tópico	Órgãos dos Sentidos	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Ouvido, Audição e Equilíbrio	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Descrever a origem embriológica;
2. Descrever a anatomia das três partes do ouvido;
3. Explicar a fisiologia da audição;
4. Explicar a fisiologia do equilíbrio;
5. Listar as principais doenças que afectam ao ouvido.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Ouvido, Audição e Equilíbrio.: Generalidades		
3	Anatomia do Ouvido		
4	Fisiologia da Audição e do Equilíbrio		
5	Patologia do Ouvido		
6	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: OUVIDO: AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO: GENERALIDADES

2.1 O ouvido interno é um órgão sensorial complexo situado no interior do osso temporal, que insere dois sentidos diferentes:

- O sentido do equilíbrio, que informa da posição da cabeça no espaço, monitorando a gravidade, a aceleração linear e rotação.
- O sentido da audição, que é capaz de sentir e interpretar ondas de som. Para o seu funcionamento requer uma série de outras estruturas incluídas nos chamados ouvido externo e médio.

2.1.1 Ambos sentidos estão comunicados e funcionam com mecanorreceptores semelhantes, mas o diferente arranjo no posicionamento destes e a diferente preparação do estímulo por estruturas acessórias fazem com que proporcionem informações sensoriais diferentes.

2.1.2 ***Embriologicamente***, o desenvolvimento do ouvido é complexo. Em síntese:

- As estruturas do ouvido interno se desenvolvem a partir duma diferenciação do ectodermo superficial.
- O ouvido médio deriva da primeira bolsa faríngea, sendo a sua estrutura mesenquimal e estando revestido de epitélio de origem endodérmico.
- O ouvido externo se desenvolve da ectoderme superficial.

BLOCO 3: ANATOMIA DO OUVIDO

3.1 O ouvido é um órgão par e simétrico, que se localiza nos lados da face e é dividido em **três zonas anatómicas** diferentes:

- *Ouvido externo*, porção visível, que inclui a orelha e o canal auditivo.
- *Ouvido médio*, câmara fechada em contacto como ouvido externo pelo tímpano, e que contém uma série de estruturas conjuntivas que preparam o estímulo sonoro.
- *Ouvido interno*, que contém os órgãos sensoriais da audição e do equilíbrio

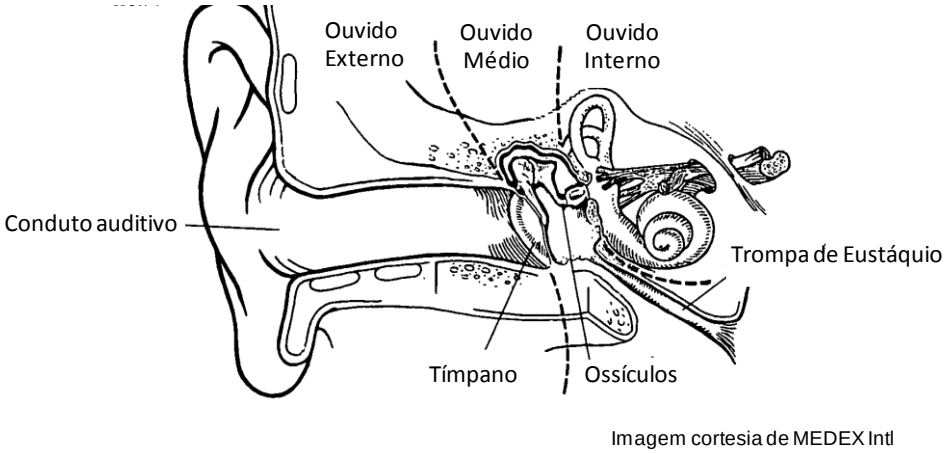


Imagem cortesia de MEDEX Intl

Figura 1. Vista geral do ouvido.

3.2 **Ouvido externo**. É a porção responsável pela captação das ondas sonoras do ar. Tem a capacidade de concentrar as ondas que chegam dispersas, amplificando sua intensidade, para conduzir ao ouvido médio. Este efeito torna-se mais evidente quando colocamos a mão encovada na orelha para ouvir melhor. O ouvido externo consta de:

3.2.1 *Orelha*, estrutura cartilaginosa e fibrosa, semi-rígida, com diferentes pregas cartílago-cutâneas (vide figura abaixo), que encaminha os sons até a outra parte do ouvido externo.

3.2.2 *Canal auditivo externo*, estrutura tubular de cerca de 3 cm situado entre a orelha e o tímpano, que encaminha as ondas sonoras captadas pela orelha. A parte externa tem estrutura de cartilagem e a mais interna tem estrutura óssea, na porção petrosa do osso temporal.

- Tem pêlos e pequenas glândulas serosas que secretam cerume, que protegem a entrada do canal auditivo de poeiras e corpos estranhos que poderiam lesar o tímpano, que é uma estrutura muito frágil.

3.3 **Ouvido médio**. Corresponde à cavidade timpânica, cova óssea irregular arejada, que tem 5 aberturas e contém 3 ossos e 2 músculos pequenos, com a função de modificar (amplificar ou diminuir) o som que chega desde o ouvido externo para que possa ser excitar os receptores do ouvido interno.

3.3.1 As aberturas do ouvido médio são:

- O orifício timpânico, que estabelece a comunicação entre o ouvido externo e médio. Está coberto pelo ***tímpano***, membrana fibrosa e tensa que cobre e sela, como a pele dum tambor, o orifício timpânico. Tem capacidade de vibrar a diferentes frequências quando recebe ondas sonoras.
- As ***janelas oval e redonda*** são os orifícios mais internos (mediais) do ouvido médio, que comunicam com o órgão da audição do ouvido interno.
- O ouvido médio comunica-se inferiormente com a nasofaringe, pela ***tuba auditiva de Eustáquio*** (estrutura tubular muscular que permite a entrada de ar desde o exterior), com a qual consegue manter as pressões iguais nos dois lados do tímpano, permitindo sua livre vibração e protegendo-o das grandes diferenças de pressões que o poderiam romper.
- Várias cavidades arejadas no interior da mastóide, comunicadas com o ouvido médio e que colaboram na dissipação da ressonância dos sons (evitam a sensação de eco).

3.3.2 Os ossículos da audição são articulados, formando uma corrente que liga o tímpano com a janela oval. O ***martelo*** situa-se mais lateralmente, ligado a face interna do tímpano. O ***estribo*** é o mais interno e articula com a janela oval, sobre a qual pode vibrar. A ***bigorna*** articula os dois ossículos anteriores.

- A vibração do tímpano, produzida pelas ondas sonoras externas, se transmite e amplifica-se pela corrente de ossículos até a janela oval, onde o estribo produz uma vibração cerca de 20 vezes mais intensa que a do tímpano.

3.3.3 Dois pequenos músculos, ***tensor do tímpano*** e ***estapédio***, que ligam a parede da cavidade com o martelo e o estribo, respectivamente, contraem-se reflexamente (“reflexo acústico ou estapédico”) perante sons fortes, imobilizando os ossículos e limitando a vibração do sistema, pelo que protegem tímpano e o ouvido interno de sons excessivos que poderiam danificá-lo.

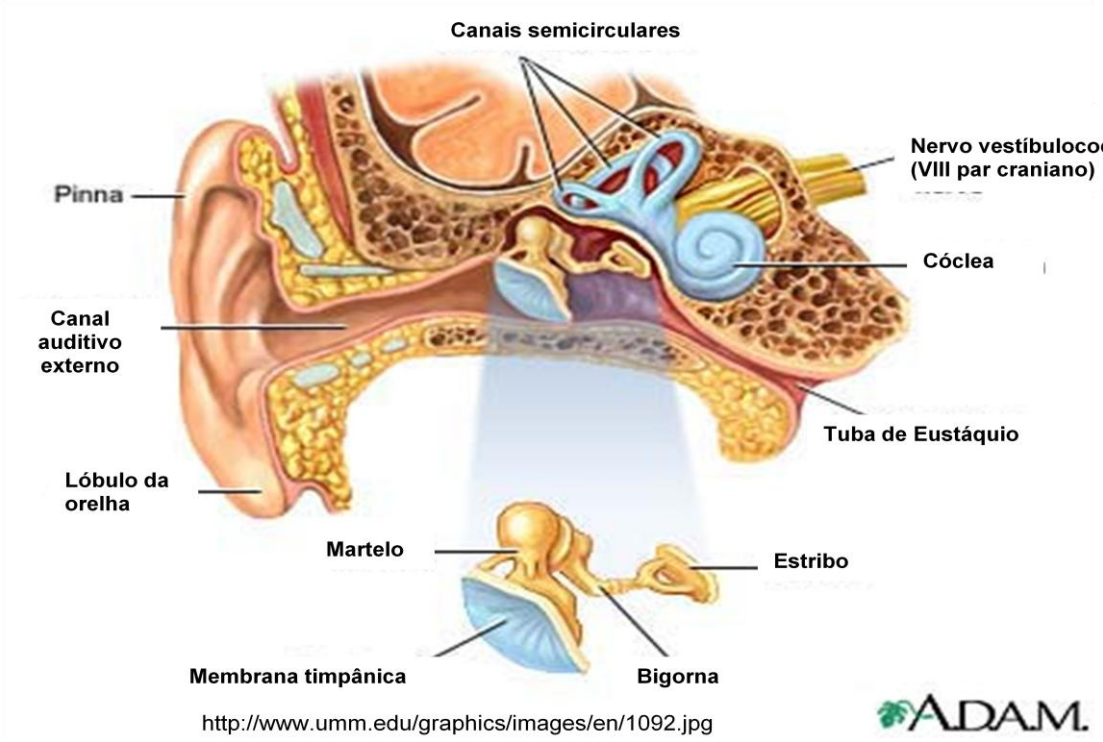


Figura 2. Ouvido externo, médio e interno

3.4 **Ouvido interno**. Contém os dois órgãos sensoriais: *cóclea* (órgão da audição) e o *aparelho vestibular* (órgão do equilíbrio).

3.4.1 O ouvido interno é formado por um sistema de sacos e túbulos interconectados, chamado o ***labirinto membranoso***, que contém um líquido seroso chamado *endolinfa*.

- O labirinto membranoso está incluído num molde ósseo, o ***labirinto ósseo***, do qual está separado por uma fina película de outro líquido seroso de composição electrolítica diferente, a *perilinfa*.

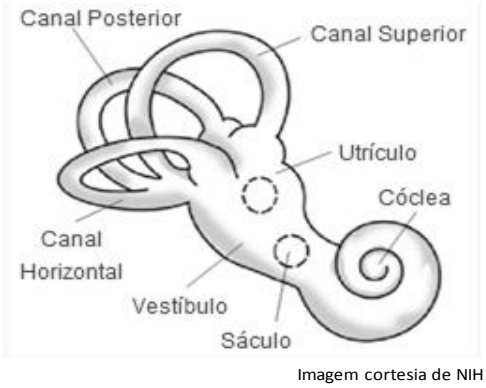


Imagem cortesia de NIH

Figura 3. Estruturas gerais do ouvido interno.

3.4.2 A ***cóclea*** é uma estrutura espiral que vai-se afinando desde a base ao vértice, como a concha dum caracol, com as suas partes óssea e membranosa e líquidos correspondentes.

- A cóclea membranosa é um tubo em espiral colado à cóclea óssea, subdividido internamente (ao longo de toda a espiral) em três andares ou rampas: *vestibular* (superior), *coclear* (média) e *timpânica* (inferior).

- A rampa vestibular começa na janela oval, fechada pela base do estribo. A rampa timpânica começa na janela redonda, fechada por uma fina membrana. Ambas têm perilinfa e estão comunicadas no vértice, de maneira que a onda produzida na janela oval é transmitida até o vértice pela rampa vestibular e de volta (sentido contrário) pela rampa timpânica até a janela redonda.
- A rampa ou ducto coclear tem endolinfa e contém o órgão da audição (chamado *órgão de Corti*), apoiado sobre a *membrana basilar*, que separa o ducto coclear da rampa timpánica. O órgão de Corti é formado por um epitélio cilíndrico, no qual algumas das células estão diferenciadas em células com cílios, capazes de vibrar com os movimentos da endolinfa (transmitidos pelas rampas desde a janela oval).
- Estas células ciliares estão inervadas por terminações dendríticas. Seus núcleos estão junto da cóclea, no chamado gânglio espiral, do qual partem os axónios para formar o *nervo coclear* (ramo do VIII nervo craniano).

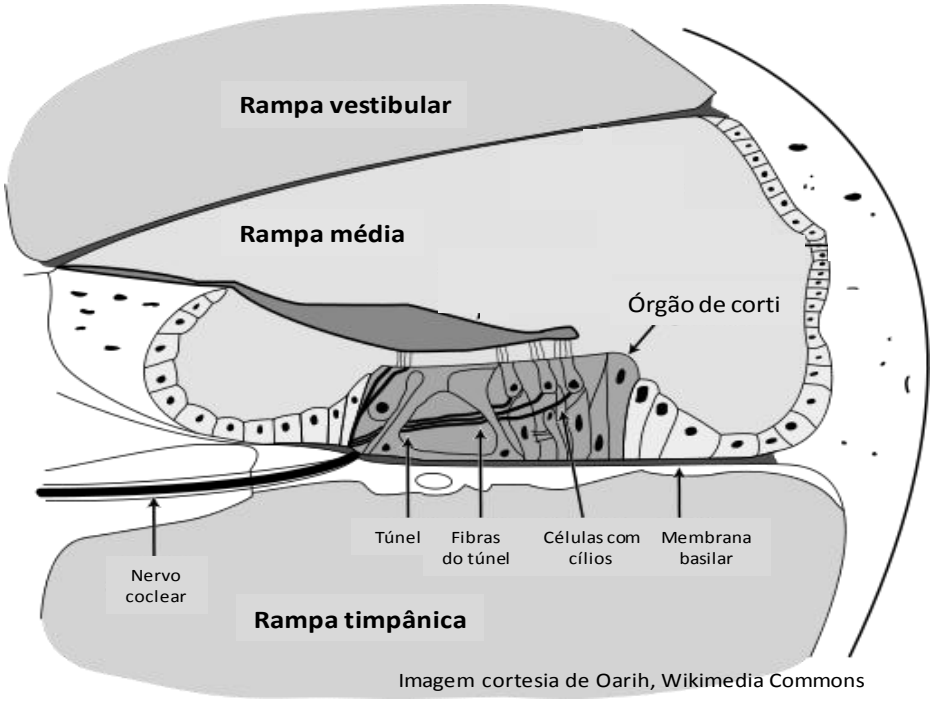


Figura 4. Cóclea e órgão de Corti.

3.4.3 O ***aparelho vestibular*** é composto por um par de dilatações do labirinto membranoso, o *utrículo* e o *sáculo*, comunicadas por um fino canal com o ducto coclear, dos quais partem três túbulos circulares, orientados nos três planos do espaço, os *ductos semicirculares* (anterior, posterior e lateral).

- Utrículo e sáculo contém endolinfa . Ambas contém uma área bem limitada chamada *mácula* onde se alinham células receptoras especializadas com cílios, completamente recobertas por uma membrana gelatinosa. Esta membrana é conhecida como *membrana otolítica* pois engloba microcristais de cálcio, os *otólitos,* que flutuam no gel dando-o mais massa.
- Os ductos semicirculares, que partem do utrículo, também têm endolinfa e na base de cada um tem uma dilatação (*ampula*) que contém uma estrutura semelhante à mácula, chamada *crista*, também com células e cílios englobadas numa massa gelatinosa, a *cúpula*.

- As células ciliares vestibulares estão inervadas por terminações dendríticas. Seus núcleos estão junto do utrículo, no chamado gânglio vestibular, do qual partem os axónios para formar o *nervo vestibular* (ramo do VIII nervo craniano).

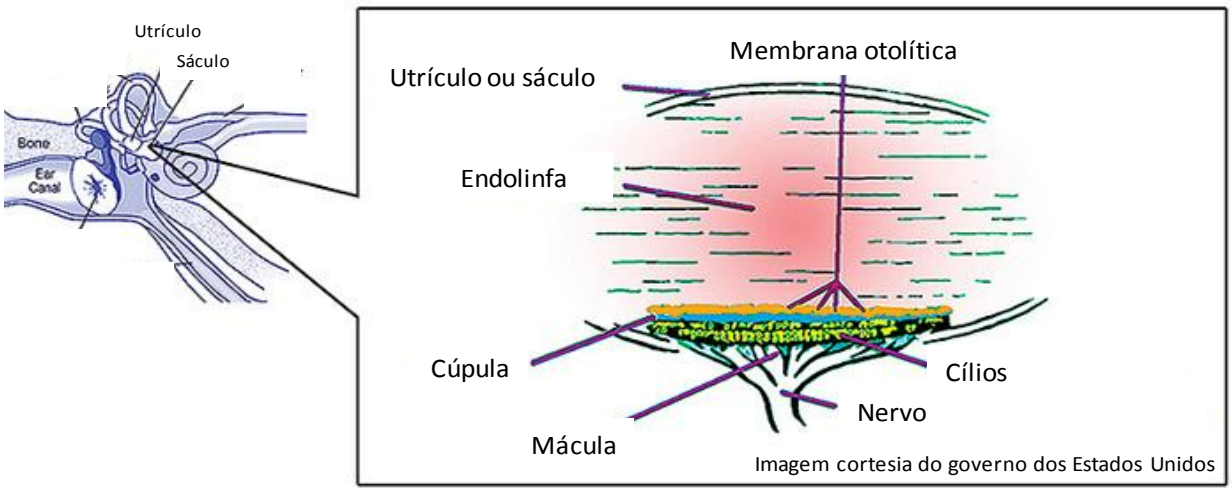


Figura 5. Aparelho vestibular.

3.5 **Vias nervosas**. Os ramos coclear e vestibular do VIII nervo craniano, vão juntos até ao ***núcleo vestibular da ponte do tronco encefálico***, onde se integram as informações dos dois lados e se reenviam ao:

- Córtex auditivo, na zona superior do lóbulo temporal, onde as informações cocleares proporcionam uma sensação consciente de audição.
- Córtex sensorial, onde as informações vestibulares se combinam com outras informações: visuais, proprioceptivas, para proporcionar uma sensação consciente de audição e de posição e movimento.
- Cerebelo, onde se integram os comandos elaborados sobre mudanças posicionais.
- Núcleos motores da medula para criar reflexos posicionais (mudanças posicionais provocam contracções musculares de grupos musculares opostos, para automaticamente manter a posição e não cair).

BLOCO 4: FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO E DO EQUILÍBRIO

4.1 **Audição**. É o sentido que é excitado por ondas de pressão (sons) existentes no meio externo e que envia essa informação para ser interpretada pelo córtex cerebral. A sensação do som é produzida quando vibrações longitudinais de moléculas de um meio elástico como o ar, água ou um corpo sólido se transmitem ao tímpano pondo-o a vibrar.

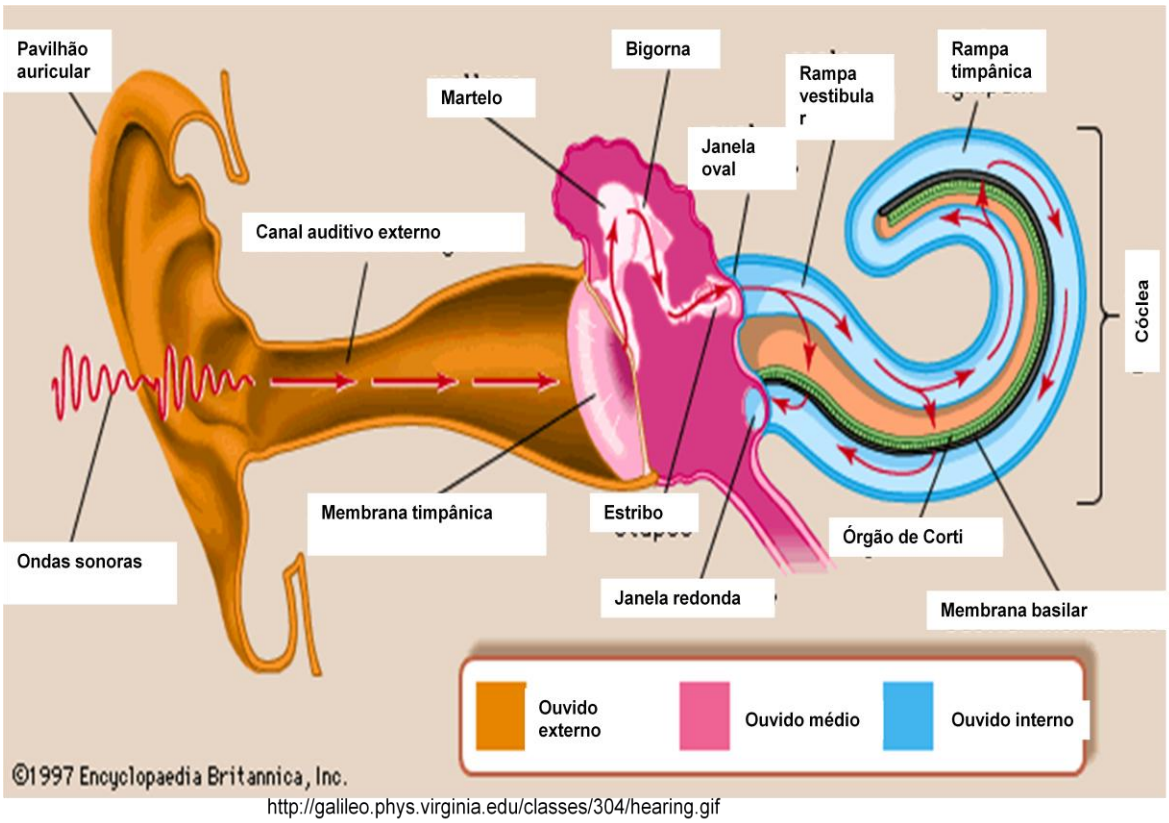
4.1.1 O movimento vibratório das moléculas no referido meio chama-se onda sonora. Suas características físicas principais são:

- ***Frequência***, que é o numero de ciclos (ondas completas) que o som possui por unidade de tempo: ciclos por segundo (ou hertz). A frequência é o que chamamos “tom” de um som e somos capazes de percebê-la como sons agudo (alta frequência) ou graves (baixa frequência). O ser humano tem um leque de percepção máxima entre 20 e 20.000 hertz, que vá-se tornando mais estreito com a idade. Sons complexos, como a música, incluem ao mesmo tempo muitas ondas de frequência diferente.
- ***Intensidade***, que é a potência do som, representada pela quantidade de energia que porta a onda, que é medida em decibéis. É o que chamamos “volume” do som. O leque

normal é entre 1 decibel (o mais leve som audível) a 150 decibéis, acima do qual ocorrem danos no ouvido, com perda de audição.

4.1.2 O ***processo da audição*** consta dos passos seguintes:

- A onda sonora é concentrada pela orelha (e pela posição em que colocamos a cabeça), penetrando no canal auditivo externo até incidir no tímpano.
- O impacto provoca no tímpano uma vibração da mesma frequência que a onda sonora, o qual se transmite pela corrente de ossículos até a base do estribo, ampliando a sua intensidade (diminuindo-a em caso de sons de muita intensidade).
- A vibração da base do estribo contra a janela oval provoca uma onda líquida na perilinfa coclear, que se transmite pela rampa vestibular em sentido ascendente até ao vértice e de volta pela rampa timpânica em sentido descendente até a janela redonda, onde se dissipa a vibração.
- A vibração da perilinfa se transmite por vizinhança à membrana basilar e à endolinfa do ducto coclear, fazendo vibrar o órgão de Corti.
- Os cílios dos receptores são movimentados pela endolinfa na qual estão submersos, o que provoca mudanças electroquímicas nas células receptoras que ficam excitadas (fase da transdução do som em sinais eléctricos).
- Esta informação é transmitida desde os receptores às terminais dendríticas cocleares, e destas aos axónios do VIII nervo craniano até aos centros encefálicos.



http://galileo.phys.virginia.edu/classes/304/hearing.gif

Figura 6. Processo da audição

4.1.3 A ***sensação da frequência*** do som depende da zona de máxima excitação do órgão de Corti.

- Sons agudos (alta frequência) não se transmitem bem, e produzem a sua máxima intensidade na base da cóclea, perto da janela oval.

- Sons graves (baixa frequência) transmitem-se bem e produzem a máxima excitação perto do vértice da cóclea.
- Assim, o próprio órgão da audição elabora o mapa de frequências que cada som contém dependendo das zonas em que é excitado.

4.1.4 A ***sensação da intensidade*** do som (volume) é percebida dependendo do número de receptores que é excitado na zona correspondente a essa frequência. Quanto mais volume, mais receptores são excitados (sem mudar a zona).

4.1.5 A ***localização do som*** (saber de onde é que vem) faz-se com a comparação dos tempos de chegada do som a cada ouvido.

4.1.6 O órgão auditivo é extraordinariamente sensível e é capaz de sentir ao mesmo tempo muitos sons diferentes e de distinta intensidade. São os centros cerebrais da audição que depois filtram toda essa informação e a integram com outros estímulos (visuais,…).

- É por isso que quando estamos concentrados em uma actividade (por exemplo leitura desta aula) podemos não ouvir sons relativamente grandes (outras pessoas a falar, por exemplo).
- Entretanto, sons de muita intensidade podem saturar o órgão de Corti nas correspondentes frequências, impedindo que outros sons possam ser percebidos ao mesmo tempo ou imediatamente depois (a recuperação é relativamente rápida e depende da intensidade do som saturador).

4.2 **Equilíbrio**. É o sentido que detecta os movimentos da cabeça, tais como a aceleração linear de tipo vertical (gravitacional) ou horizontal e a aceleração angular (ou rotacional). Essa informação é importante para o controlo da postura, do equilíbrio e também do controlo dos movimentos oculares para manter uma imagem estável na retina durante os movimentos bruscos da cabeça.

4.2.1 As máculas do utrículo e do sáculo são as responsáveis pela percepção do ***equilíbrio em repouso*** e da ***aceleração linear.***

- O sáculo responde a aceleração da força de gravidade e o utrículo a aceleração horizontal.
- Em ausência de movimento, com a cabeça colocada numa certa posição, a força da gravidade exerce uma acção sobre a membrana otolítica que provoca uma deformação dos cílios das células receptoras.
- A mesma situação é verificada, embora mais rapidamente, quando existe um movimento de aceleração linear do tipo horizontal (por exemplo quando arranca um carro). Assim, um movimento brusco para frente provoca um movimento da membrana otolítica em direcção contrária, modificando a inclinação dos cílios.
- Estas modificações a nível ciliar provocam mudanças electroquímicas nas células receptoras, que ficam excitadas e transmitem a informação às terminais dendríticas dos neurónios que depois formarão o ramo vestibular do VIII nervo craniano.
- Os axónios conduzem a informação vestibular para os núcleos vestibulares na ponte de Varólio cujos neurónios eventualmente distribuem essa informação para outros locais como o cerebelo (equilíbrio), a medula espinal (controlo muscular) responsáveis pela correcção reflexa da posição da cabeça e por outros ajustes de postura.
- Esta informação também chega ao córtex sensorial e se completa com outras informações responsáveis pela sensação consciente de posição do corpo no espaço (orientação espacial) e do movimento linear, respectivamente.

4.2.2 As cristas dos ductos semicirculares são responsáveis pela percepção do ***movimento rotacional***.

- A rotação da cabeça faz com que a endolinfa circule por cada ducto semicircular a velocidades e sentidos diferentes, dependendo do movimento do corpo. Assim, a rotação horizontal (como quando se diz "não" com a cabeça) provoca a circulação no ducto lateral; a rotação vertical (como quando se diz "sim") provoca circulação no ducto anterior, e a rotação frontal (como quando se inclina a cabeça para um ombro) provoca circulação no ducto posterior.
- Esta circulação de endolinfa acontece em direcção oposta à da aceleração angular e provoca uma deformação da cúpula com consequente inclinação dos cílios das células receptoras das cristas. Essa modificação da posição dos cílios provocam mudanças electroquímicas nos receptores, que ficam excitados, transmitindo a informação às terminais dendríticas correspondentes do nervo vestibular.
- Como para o utrículo e o sáculo, a informação se transmite até aos núcleos vestibulares que a distribuem também para outros locais como a medula espinal, o cerebelo, os núcleos dos nervos cranianos relacionados com os movimentos oculares.
- Esta informação chega também ao córtex sensorial e se completa com outras informações para proporcionar uma sensação consciente da orientação espacial e do movimento rotacional.
- A sensação de vertigem que se sente depois de uma rotação rápida e prolongada deve-se ao seguinte: uma vez que o corpo para, a endolinfa, pela inércia continua a circular durante uns segundos, dando uma falsa informação de rotação.

BLOCO 5: PATOLOGIA DO OUVIDO

5.1 O fim das patologias mais graves e não tratadas do ouvido é a incapacidade para ouvir normalmente. **Surdez** é a incapacidade total ou parcial para ter sensações auditivas normais. A surdez estabelece-se em termos de intensidade de som (incapacidade para ouvir sons de poucos decibéis) ou de frequência (incapacidade para ouvir certas frequências). A surdez pode ser:

- ***Surdez de condução***, quando a vibração não chega ao órgão de Corti. Pode ser devida a: a) lesões no ouvido externo (o mais frequente), como quando está inflamado ou com tampas de cerume; b) lesões do Tímpano, por infecções, trauma, cicatrizes, que não o deixam vibrar adequadamente; ou por lesões do ouvido médio (ossículos), por infecções ou fibrose, que impede o seu livre movimento.
- ***Surdez neurosensorial***, quando o problema está no órgão de Corti, nas vias nervosas ou nos centros encefálicos sensoriais. É frequente depois de exposição prolongada a sons de muita intensidade e como efeito secundário de alguns medicamento (como a gentamicina).

5.2 Existe uma perda progressiva da capacidade auditiva com o avanço da idade (*presbiacúsia*), tanto em intensidade como em frequências, devida à perda de células ciliadas do órgão de Corti.

5.3 **Doenças do ouvido externo e médio**. A patologia auditiva mais frequente na clínica são as infecções, geralmente por bactérias ou fungos, do canal auditivo externo (***otite externa***) e do ouvido médio (***otite média***).

- Em crianças é frequente a presença de corpos estranhos (sementes, pedras, brinquedos,…) no canal auditivo externo, que se não forem removidos podem provocar infecção e até lesão do tímpano.

5.4 **Doenças do ouvido interno**. São alterações complexas, em relação à infecções e tumores principalmente que provocam, além de surdez neurosensorial, sintomas típicos, como:

- ***Vertigem***, que é a sensação de rotação na ausência de movimento rotatório real. **È um sintoma frequente em qualquer patologia vestibular**
- ***Nistagmo***, que são ciclos de movimentos lentos dos olhos em sentido contrário ao lado do ouvido alterado, alternados com movimentos rápidos no sentido da lesão. Pode aparecer fisiologicamente junto ao vertigem pós-rotacional, mas aparece também pela estimulação vestibular anormal provocada por doenças do ouvido interno (infecções, tumores,…).
- ***Cinestose***, é uma situação frequente de náuseas, taquicardia, baixa pressão arterial e transpiração que aparece perante uma estimulação vestibular excessiva (como em movimentos rotacionais harmónicos e repetidos, por exemplo quando se viaja de barco). Esta sensação passa depois de uns minutos de cessado o estímulo, sem deixar sequelas.

6. PONTOS-CHAVE

6.1 Os órgãos da audição e do equilíbrio têm receptores histológica e funcionalmente semelhantes e partilham o espaço anatómico no ouvido interno e as vias nervosas.

6.2 O ouvido é uma estrutura par que tem três partes: ouvido externo, constituído pela orelha e canal auditivo, ouvido médio, que contém o tímpano e os ossículos, e ouvido interno, onde se alojam os órgãos da audição e equilíbrio.

6.3 O órgão da audição é representado pela cóclea, tubo em espiral que contém células sensíveis capazes de se excitar e produzir impulsos nervosos, quando são estimuladas mecanicamente por ondas de pressão.

6.4 Essas ondas de pressão são desencadeadas pela transmissão da vibração sonora através do tímpano, corrente de ossículos e líquido coclear.

6.5 O órgão do equilíbrio é representado pelo vestíbulo, grupo de estruturas tubulares conectadas entre si, que contém células sensíveis capazes de se excitar e produzir impulsos nervosos, quando são estimuladas mecanicamente pela gravidade ou por forças de aceleração lineares ou angulares.

6.6 O sáculo e utrículo do vestíbulo são responsáveis pela percepção da posição do corpo em repouso e pelos movimentos com aceleração linear. Os ductos semi-circulares são responsáveis pela percepção dos movimentos de rotação.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	46
Tópico	Órgãos dos Sentidos	**Tipo**	Laboratório
Conteúdos	**Estruturas do Ouvido, Olho, Olfacto e Gosto**	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Identificar as estruturas do olho em modelos anatómicos;
2. Identificar as estruturas do nariz e o sistema olfactivo em modelos anatómicos;
3. Identificar as estruturas da língua em modelos anatómicos;
4. Identificar as estruturas do ouvido em modelos anatómicos.

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Duração
1	Introdução à Aula	00:05
2	Introdução à Técnica (Revisão)	00:25
3	Demonstração da Técnica pelo Docente	00:30
4	Prática da Técnica pelos Alunos	01:00

Materiais e Equipamentos necessários:

- Modelo anatómico artificial do olho, incluindo anexos: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial do ouvido, incluindo ouvido externo e médio, e ampliação do ouvido interno, com seus dois órgãos (cóclea e vestíbulo) detalhados: 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial do nariz (incluindo a mucosa olfactória e as vias olfactórias): 1 por turma.
- Modelo anatómico artificial da língua : 1 por turma.
- Apresentação em PowerPoint com as figuras da anatomia dos órgãos dos sentidos (recomendam-se as figuras que aparecem no “Atlas de Anatomia de Netter”), que mostram as estruturas anatómicas e que podem ser projectadas em simultâneo com a explicação sobre os modelos.

Preparação:

- Conferir se os modelos anatómicos artificiais estão completos e se desmontam correctamente.
- Preparar as projecções em PowerPoint: podem-se digitalizar (escanear) desde um livro (“Atlas de Anatomia de Netter” e outras fontes) e depois montar na respectiva apresentação seguindo a sequência da explicação e demonstração pelo professor.
- Conferir se o conteúdo das Aulas 42, 43 e 44 foi completamente leccionado e entendido.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA (5 min)

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação dos equipamentos e materiais.

BLOCO 2: INTRODUÇÃO À TÉCNICA (25 min)

2.1 O **órgão da visão** é constituído por um conjunto de estruturas capazes de converter ondas luminosas em sinais nervosos interpretáveis como imagens pelo córtex visual. Esse órgão é composto pelo olho e as suas estruturas anexas.

2.1.1 O olho inclui:

- Membranas do globo: esclera, coroides e íris
- Humores aquoso e vítreo
- Cavidades anterior e posterior e Câmaras anterior e posterior
- Córnea e cristalino
- Retina e Nervo óptico

2.1.2 Os anexos são uma série de estruturas que protegem o olho para que possa desempenhar a sua função. Incluem:

- Supercílios, Pálpebras e Pestanas
- Conjuntiva
- Aparelho lagrimal
- Órbita e Músculos extrínsecos

2.2 O **órgão da audição** é o conjunto de estruturas capazes de converter ondas de pressão em sinais nervosos interpretáveis como sons pelo córtex auditivo. O **órgão do equilíbrio** é o conjunto de estruturas que, ligadas anatómica e funcionalmente às da audição, são capazes de sentir a posição do corpo no espaço e os seus movimentos lineares e rotacionais. Ambos estão incluídos no ouvido, que inclui:

2.2.1 Ouvido externo, que inclui:

- Orelha
- Conduto auditivo externo

2.2.2 Ouvido médio, que inclui:

- Tímpano
- Ossículos
- Janelas oval e redonda
- Tuba auditiva

2.2.3 Ouvido interno, que inclui os órgãos sensoriais:

- Cóclea, dividida longitudinalmenrte nas rampas vestibular (superior) e timpânica (inferior) e o ducto coclear (médio), onde se encontra o órgão de Corti, com as células ciliadas.
- Vestíbulo, dividido em sáculo e utrículo, que contém as máculas, e os 3 ductos semicirculares (anterior, posterior e lateral), que contém as cristas.

- Ramos coclear e vestibular que partem de cada órgão para formar o VIII nervo craniano.

2.3 O **órgão do olfacto** é o conjunto de estruturas capazes de reconhecer certas moléculas presentes no ar inspirado (odorantes). É constituído por:

2.3.1 Mucosa olfactória, do tecto da cavidade nasal, apoiada na lâmina basal e na lâmina cribiforme (óssea).

2.3.2 Via nervosa olfactória, que inclui:

- Bulbo olfactório
- Tractos olfactórios

2.4 O **órgão do gosto** é o conjunto de estruturas capazes de reconhecer certas moléculas presentes nos líquidos e sólidos que ingerimos.

2.4.1 Os receptores são os botões gustativos, distribuídos na superfície da língua, como parte de:

- Papilas Filiformes, cobrindo os 2/3 anteriores da língua (não contém receptores).
- Papilas Fungiforme, espalhadas entre as anteriores.
- Papilas Circunvalatas, alinhadas em "V" na parte posterior da língua.
- Botões gustativos livres, no posterior da língua e orofaringe próxima.

2.4.2 Existem 4 sabores básicos, que tem zonas de percepção próprias na língua:

- Doce, na ponta da língua
- Salgado, no lateral anterior
- Azedo, no lateral posterior
- Amargo, na zona posterior da língua

2.5 **Propósito.** Este laboratório inclui 3 técnicas de estudo:

- Estudo da anatomia do órgão da visão.
- Estudo da anatomia do órgão da audição e equilíbrio.
- Estudo da anatomia dos órgãos do olfacto e do gosto.

BLOCO 3: DEMONSTRAÇÃO DA TÉCNICA PELO DOCENTE (30 min)

3.1 **Estudo da anatomia do órgão da visão (10 min)**. Sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.1.1 Identificação das diferentes estruturas do ***olho*** mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Produção e circulação do humor aquoso.
- Meios transparentes e lentes e formação da imagem na retina.
- Função do íris em relação à exposição a um ambiente mais ou menos luminoso

3.1.2 Identificação das diferentes estruturas dos ***anexos oculares*** mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Produção e circulação das lágrimas.

- Movimentos oculares.

3.2 **Estudo da anatomia do órgão da audição e do equilíbrio (10 min)**. Sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.2.1 Identificação das diferentes estruturas do ***ouvido externo e médio*** mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Transmissão da onda sonora até a cóclea.
- Balanço de pressões a ambos lados do tímpano.

3.2.2 Identificação das diferentes estruturas da ***cóclea*** mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Transmissão da onda de pressão nas rampas da cóclea e excitação do órgão de Corti.

3.2.3 Identificação das diferentes estruturas do ***vestíbulo*** mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Movimentação de endolinfa e excitação das máculas de sáculo e utrículo dependendo da posição da cabeça e dos movimentos lineares.
- Movimentação de endolinfa e excitação das cristas dos ductos semicirculares dependendo dos movimentos rotacionais nos três eixos.

3.3 **Estudo da anatomia do órgãos do olfacto e gosto (10 min)**, sobre os modelos anatómicos artificiais mostrar todas as estruturas e explicar o funcionamento das mesmas. Apoiar a explicação com projecção em PowerPoint de figuras correspondentes.

3.3.1 Identificação das diferentes estruturas do órgão do olfacto mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Processo de excitação química dos receptores da mucosa olfactória.

3.3.2 Identificação das diferentes estruturas do órgão do gosto mencionadas na introdução, explicando os seguintes processos fisiológicos:

- Processo de excitação química dos receptores do gosto.
- Zonas de sabores básicos na língua.

BLOCO 4: PRÁTICA DA TÉCNICA PELOS ALUNOS (60 min)

4.1 Dividir os alunos em 3 grupos, que irão rodando em cada 20 minutos por cada um dos modelos anatómicos:

- **1 mesa com os modelos anatómicos de órgão da visão**. O grupo dividir-se-á em 2 sub-grupos, que rodarão 10 min no olho e nos anexos oculares respectivamente, seguindo os passos definidos na técnica, discutindo os achados com seus colegas de grupo.
- **1 mesa com os modelos anatómicos de órgão da audição e equilíbrio**. O grupo dividir-se-á em 2 sub-grupos, que rodarão 10 min para cada órgão, seguindo os passos definidos na técnica, discutindo os achados com seus colegas de grupo.
- **1 mesa com os modelos anatómicos de órgãos do olfacto e do gosto**. O grupo dividir-se-á em 2 sub-grupos, que rodarão 10 min para cada órgão, seguindo os passos definidos na técnica, discutindo os achados com seus colegas de grupo.

4.2 Dentro de cada grupo, cada um dos alunos indicará sobre os modelos correspondentes os conceitos anatómicos e fisiológicos aprendidos. É importante a interacção entre os membros do grupo.

4.3 Cada aluno deve fazer os desenhos básicos no seu caderno, sobre os principais aspectos observados.

4.4 O docente deve circular pelos grupos e orientar os trabalhos, dinamizando os alunos para a interacção, esclarecendo dúvidas, corrigindo erros e estimulando perguntas e novos exemplos.

[Idealmente deveria haver um docente em cada mesa, de forma a moderar e a dinamizar permanentemente cada grupo]

Na ausência de modelos anatómicos deve se aplicar a projecção de imagens por cada técnica de estudo (com imagens já pré seleccionadas), dividindo a turma em 3 grupos (A, B e C) como na aula 3 – bloco 3 - 2ª parte da demonstração da técnica.

Disciplina	Anatomia e Fisiologia	**Aula**	47
Tópico	Anatomia e Fisiologia do Crescimento	**Tipo**	Teórica
Conteúdos	Crescimento	**Duração**	2 h

Objectivos de Aprendizagem

Até ao fim da aula os alunos devem ser capazes de:

1. Diferenciar os períodos da vida
2. Definir os parâmetros antropométricos mais importantes
3. Descrever as mudanças que acontecem nos seguintes locais:
   a. Aparelho cardiovascular
   b. Aparelho respiratório
   c. Aparelho digestivo
   d. Aparelho genito-urinário
   e. Órgãos hematopoiéticos e no sangue
   f. Órgãos sensoriais
4. Listar os sinais mais importantes de desenvolvimento neurológico normal

Estrutura da Aula

Bloco	Título do Bloco	Método de Ensino	Duração
1	Introdução à Aula		
2	Crescimento: Generalidades		
3	Mudanças por Aparelhos		
4	Pontos-chave		

Equipamentos e meios audiovisuais necessários:

Trabalhos para casa (TPC), exercícios e textos para leitura – incluir data a ser entregue:

Bibliografia (Referências usadas para o desenvolvimento do conteúdo)

Ganong. Fisiologia médica. 5ª edição. Brasil: Lange; 2005.

Jacob SW. *Anatomia e fisiologia humana*. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 1990.

Moore D. Anatomia orientada para a clínica. 5ª edição. Brasil: Guanabara Koogan; 2007.

Universidade Nacional del Comahue. *Apuntes de Morfofisiologia* (espanhol). 2007. Disponível em: http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/ARCHIVO%20PDF%202/.

Wecker J. Aula de Anatomia. Disponível em www.auladeanatomia.com.

BLOCO 1: INTRODUÇÃO À AULA

1.1 Apresentação do tópico, conteúdos e objectivos de aprendizagem.

1.2 Apresentação da estrutura da aula.

1.3 Apresentação da bibliografia que o aluno deverá consultar para ampliar os conhecimentos.

BLOCO 2: CRESCIMENTO: GENERALIDADES

2.1 Ao longo de toda esta disciplina apresentou-se a anatomia e fisiologia humana de uma maneira estática, considerando um ser humano normal de idade adulta. Contudo, o ciclo vital de um ser humano na realidade é muito dinâmico e atravessa por diferentes fases, que tem características anatómicas e fisiológicas particulares.

2.2 As **fases do ciclo vital** são:

2.2.1 ***Pré-natal***, desde a fecundação até o momento do nascimento. É um período de 40 semanas (9 meses) com dependência completa da mãe, pois o indivíduo está fisicamente dentro dela. Pode-se dividir em duas fases diferentes:

- *Fase embrionária*, desde a fecundação até a morfogenese (primeiros 2 meses da gravidez).
- *Fase fetal*, segue a anterior, até o nascimento, em que a morfologia apenas cresce e amadurece, sendo as suas mudanças já menos evidentes.

2.2.2 ***Infância***. É o período que vai desde o nascimento (em que existe uma separação anatómica da mãe, mas ainda absoluta dependência funcional) até aproximadamente o 12º ano de vida. É caracterizado por grande desenvolvimento físico (altura e peso) e psicológico (nesta fase adquirem-se as bases da personalidade), com progressiva aquisição de independência funcional dos pais. Tem também diferentes fases:

- *Lactação* (0 a 18 meses). As funções básicas como a mobilidade e a alimentação realizam-se directamente através da mãe. O crescimento do corpo é muito rápido (quadruplica o peso de nascença nesta fase).
- *Infância inicial* (18 meses a 5 anos). O crescimento é mais lento e a dependência é cada vez menor. A criança já se alimenta completamente com comida e é capaz de se movimentar por se próprio. Consegue aprender os aspectos básicos da linguagem para se comunicar com os outros.
- *Infância tardia* (5 anos a 10 anos). É uma fase de crescimento lento progressivo, sem grandes mudanças anatómicas e fisiológicas, onde se aprende a maioria dos comportamentos para a vida adulta e começa-se a ampliar o âmbito social (escola, amigos,…).
- *Pré-adolescência* (10 a 12 anos). É uma fase mal definida, fim da infância, passagem para a adolescência.

2.2.3 ***Adolescência ou Puberdade***. Corresponde ao período de 12 a 16 anos, aproximadamente (existem variações individuais, entre os 10 e os 20 anos, sendo as raparigas mais precoces que os rapazes). É caracterizado por intensas mudanças físicas e psicológicas que transformam a criança em um adulto. Este período é marcado principalmente por um aumento do ritmo de crescimento corporal e pelo amadurecimento dos órgãos sexuais, aparecendo os caracteres sexuais secundários.

2.2.4 ***Idade Adulta***. Depois da adolescência, considera-se que o desenvolvimento do ser humano está completo, estando preparado já para a função reprodutiva . É a época de máximas

capacidades físicas e psíquicas, e tem uma duração variável, desde o fim da adolescência até a senectude. Podem-se considerar duas fases:

- *Juventude (Adulto jovem)*, onde o desenvolvimento físico é completo, enquanto a maturação psíquica e intelectual continua.
- *Maturidade (Adulto maduro)*, fase que se considera o desenvolvimento psíquico e intelectual máximo, enquanto as capacidades físicas começam a declinar lentamente.

2.2.5 ***Senectude ou Velhice***. Última fase do ciclo vital, que leva o ser humano finalmente a morte. A idade do seu começo é difícil de estabelecer e varia muito individualmente. Caracteriza-se por uma diminuição já marcada e progressiva das capacidades físicas e psíquicas, com uma progressiva dependência de outras pessoas.

2.3 **Parâmetros antropométricos**. Existe uma importante variabilidade individual enquanto as fases de crescimento, especialmente conforme se avança na vida (assim, pessoas podem mostrar sinais de velhice com 45 anos e outros ainda não mostrá-las com 65 anos).

2.3.1 Como a cronologia do ciclo vital (datas em que começam e acabam cada período) é um pouco diferente para cada indivíduo, apenas sua idade não é um parâmetro totalmente fiável para definir com exactidão a fase em que se encontra.

2.3.2 A definição do momento vital é especialmente importante durante a infância e adolescência, períodos de máximo crescimento, para poder detectar desvios da normalidade que podem indicar patologias potencialmente corrigíveis.

2.3.3 Para a definição precisa da idade biológica do indivíduo, utilizam-se diferentes parâmetros medíveis, os chamados parâmetros antropométricos. Não existe um único que seja totalmente fiável, pelo que normalmente se avalia a idade biológica com a ponderação de vários parâmetros distintos.

2.3.4 Os principais parâmetros antropométricos que se utilizam são:

- ***Altura***. Pouco útil como parâmetro único, pois depende muito de factores genéticos individuais (uma criança de pais altos pode ser mais alta que a outra mais velha ou da mesma idade de pais de estatura baixa).
- ***Peso***. É mais útil, mas deveria ser usado junto com outros parâmetros. Actualmente em Moçambique é o único parâmetro usado de forma generalizada (só em hospitais especializados empregam outros parâmetros) e pode induzir a erros, devido a factores individuais (genéticos, como no caso da altura) ou por factores de nutrição (muitas crianças têm baixo peso para sua idade biológica por este motivo).

  Para a avaliação da idade biológica mediante a altura e o peso existem tabelas antropométricas que relacionam estes dois parâmetros com a normalidade para cada idade biológica.

  Quanto maior for a idade da criança, maior é o desvio da normalidade por factores individuais, pelo que são especialmente úteis em lactantes e crianças até os 5 anos.

- ***Idade óssea***. É um parâmetro muito fiável de desenvolvimento, que se pode utilizar até para estudos de responsabilidade penal em adolescentes. A medida está baseada no encerramento dos discos epifisários de crescimento de certos ossos *(vide Aula 9)*.

  Mede-se pela comparação de radiografias do indivíduo com radiografias padrões, onde estão assinadas idades biológicas a cada grau de encerramento epifisário. É muito preciso, mas caro pois precisa de aparelho de RX, pelo que no nosso meio se emprega só ocasionalmente. É especialmente útil para definir, na adolescência, o fim do crescimento em altura (quando os discos desaparecem).

- ***Dentição***. Não é um parâmetro muito preciso, mas é simples de medir. Relaciona a idade com o aparecimento de cada um dos dentes primários, a sua queda e o aparecimento dos secundários, mediante tabelas de normalidade, tendo em conta uma certa margem de erro. É útil pela sua simplicidade, e aplica-se em crianças até os 10-12 anos.

- ***Desenvolvimento psicomotor***. Parâmetro muito útil, aplica-se em crianças até 3 anos, pela sua simplicidade e precisão para definir situações que se afastam da normalidade e que podem indicar patologia. Relaciona uma série de eventos *(vide o exemplo na tabela anexa)* da aquisição de capacidades motoras (sentar sem ajuda, andar,…), intelectuais (linguagem,…) e de coordenação (habilidades progressivas com as mãos,…), com a idade em que aparecem. É parte do exame clínico pediátrico de rotina.

- ***Desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários***. Utilizado, junto a idade óssea, para indicar o começo, progressão e fim da adolescência. Fácil de medir e comparar com valores padrão, mas com bastante variação individual.

Tabela 1. Parâmetros do desenvolvimento psicomotor normal.

Idade	Inteligência Mental	Físico-Motor	Sócio-Afetivo-Emocional
1 mês	Agarra o que for colocado na palma da mão	Comanda o pescoço, virando a cabeça para o lado	Conhece a voz da mãe. Chora quando sente dor, fome ou desconforto
2 meses	Começa a descobrir a luz	Vira de costas, mantém a cabeça freqüentemente para trás e, se ouve ruído volta-se para o lado	Pára de chorar quando ganha colo. Já esboça algumas emoções no rosto
3 meses	Procura com os olhos os objetos	Quando deitado de bruços, controla e levanta a cabeça	Corresponde com sorriso ao carinho das pessoas
4 meses	Descobre suas mãos. Balbucia sons de vogais (a,e,u). Já segura firmemente os objetos, examina eleva-os à boca	Deitado de bruços, apoia-se nos cotovelos. Quando no colo, mantém a cabeça erguida	Dá risada alta e espontânea independente dos estímulos de terceiros
5 meses	Nota a diferença entre cores	Rola na cama quando virado de bruços. Tenta levantar, apoiando-se	Solta gargalhadas. Percebe ambientes novos e acompanha movimentação de pessoas no quarto e em outros espaços
6 meses	Explora tudo ao seu redor	Apanha objetos, aperta, bate.Tenta vocalizar as primeiras vogais e consoantes. Vira-se para trás e para frente, senta ainda com apoio. Geralmente os dentes começam a nascer	Já se mostra aborrecido quando insatisfeito. Reconhece os familiares e sabe identificar a presença de estranhos
9 meses	Começa a revelar sua personalidade. Pode apanhar dois brinquedos, um em cada mão sem perder o equilíbrio. Imita expressões faciais e tonalidades de voz	Engatinha, rola e senta-se sozinho. Quando suspenso com os pés no chão, faz movimentos para andar; se apoiado, permanece em pé	Gosta e se alegra com companhia dos outros. Faz graça se diverte, feliz, com brinquedos e objetos
12 meses	Mostra preferência por uma das mãos. Atira objetos propositalmente. no chão. Compreende uma ordem, Articula ao menos 4 palavras	Ensaia os primeiros passos sozinhos. Fica de pé amparado	Fica encabulado na presença de estranhos. Ajuda quando o vestem. Segura copos para beber e, muitas vezes tenta usar a colher
15 meses	Faz gestos para pedir o que quer. Responde a frases familiares. Insiste em fazer tudo sozinho, introduzindo os dedos em buracos. Pronuncia 4 a 6 palavras	Anda sozinho, mesmo cambaleando. Sobe degraus	Entusiasma-se com objetos ou seus agrados e fica zangado caso o tirem

18 meses	Mexe em tudo. Compreende proibições e diz 5 a 10 palavras organizando frases com 2 palavras	Desajeitado ainda, anda e corre sozinho, além de subir em cadeiras. Controla a evacuação	Presta atenção à música. Solicita ajuda quando em dificuldade. Demonstra afeto em contato com bonecos
2 anos	Nomeia objetos do dia a dia. Forma pequenas frases com verbo e pronome, sendo capaz de repetir novas palavras	Corre, chuta bola, sobe escada, anda de triciclo. Controla parcialmente a bexiga e totalmente a evacuação. Completa a dentição	Manifestação de ciúme. Não divide seus brinquedos. Interessa-se mais por histórias. Torna-se mais vaidoso
3 anos	Mais independente, libera seu raciocínio, pois adquire bom vocabulário, identificando, classificando e comparando os objetos	Anda e corre à vontade com segurança. Controle total da bexiga	Curioso, entra na fase dos porquês. Imita os adultos. Pode demonstrar ciúme do relacionamento dos pais

BLOCO 3: MUDANÇAS POR APARELHOS

3.1 Ao longo dos diferentes períodos do ciclo vital, cada um dos órgãos e aparelhos vai realizando diferentes mudanças anatómicas e fisiológicas.

3.1.1 As mudanças mais grandes se fazem durante a vida pré-natal, mas depois do nascimento ainda se realizam importantes adaptações em relação ao crescimento de tamanho e à progressiva maturação do organismo.

3.1.2 As três fases da vida pós-natal que são mais activas em mudanças corporais são a infância (desde o nascimento até os 4-5 anos), a adolescência e a senectude.

3.2 Mudanças no **tamanho corporal** e do **sistema músculo-esquelético**. No nascimento o ser humano tem aproximadamente 50 cm de altura e 3 kg de peso, existindo importantes variações individuais.

3.2.1 O maior crescimento, tanto em altura como em peso, ocorre durante a lactação, no qual o corpo quase duplica a altura e quadruplica o peso. Como se viu antes, os parâmetros antropométricos de altura e peso são amplamente utilizados na monitorização do desenvolvimento da criança.

3.2.2 Conforme progride a infância, o ritmo de crescimento vai diminuindo, embora nunca se para. O crescimento esquelético faz-se por processos de ossificação endocondral *(vide aula 9)*. Nestas fase não há um aumento marcado da massa muscular. O acúmulo de gordura (tecido adiposo) é muito variável individualmente, devido a factores genéticos e ambientais (dieta e exercício), mas é de extrema importância pois definirá a possibilidade de uma obesidade no adulto.

3.2.3 Na adolescência também ocorre uma aceleração do crescimento, que leva o corpo a adquirir o tamanho de adulto. O crescimento em altura para com o encerramento dos discos epifisários no fim deste período. Depende de cada indivíduo, mas tem sido entre os 15 e 20 anos. Também nesta fase torna-se evidente um crescimento muscular (especialmente em rapazes), provocado pela acção dos hormónios sexuais. O crescimento muscular prolongar-se-á durante a juventude.

3.2.4 Durante a maturidade não existem grandes mudanças no sistema esquelético, mas o corpo vai acumulando tecido adiposo, com diferente distribuição em homens (barriga e pescoço) e mulheres (nádegas, coxas, peito).

3.2.5 A partir dos 40 anos, começa a se perder altura a um ritmo muito lento (1cm em cada 10 anos), devido principalmente à compactação dos discos intervertebrais, ao aumento da flexão da anca e joelho e ao aplanamento do arco do pé.

3.2.6 Na senectude existe uma clara perda progressiva de massa muscular, da flexibilidade nos tendões e articulações (com calcificações em alguns deles, que restringem sua mobilidade) e um aumento da reabsorção óssea que pode provocar osteoporose (frequente em mulheres, pela falta de estrogénios nesta fase).

3.3 Mudanças na **pele**. Ao nascimento, a pele aparece recoberta duma substância oleosa protectora (vermix caseoso) e com pelos finos e abundantes (lanugo), que rapidamente vão caindo, trocando por pelos definitivos.

3.3.1 Até a adolescência não existem grandes mudanças na pele (excepto seu crescimento proporcional ao do tamanho). Mantém altos níveis de hidratação e flexibilidade. Especialmente durante a lactação, a pele ainda não tem adquirido bem a barreira química (lubrificação, acidez,…), pelo que é mais propícia a infecções e irritações.

3.3.2 Na adolescência, acontecem mudanças importantes em relação aos caracteres sexuais secundários, com aparecimento de pelos na cara, braços e pernas (em homens), nas axilas e no púbis e genitais externos (em ambos sexos). Começa a secreção apócrina axilar, relacionada com a sexualidade.

3.3.3 Na maturidade e sobretudo, na senectude, a derme emagrece e diminui a sua irrigação, diminuindo a elasticidade, o que provoca pele seca e o aparecimento de sulcos profundos (rugas). O crescimento de cabelo e unhas fica mais lento (nos homens, é frequente uma marcada perda de cabelo na cabeça) e há menos produção de melanócitos Aparecem cabelos brancos. Também a barreira química cutânea enfraquece, sendo mais frequentes as erosões e infecções cutâneas.

3.4 Mudanças no **sistema nervosos e órgãos dos sentidos**. Ao nascimento o sistema nervoso é muito imaturo, estando apenas preparado para as funções vitais básicas (respiração, alimentação,…) com uma total dependência da mãe. A visão é muito precária e a audição também é incompleta.

3.4.1 Durante a lactação e infância inicial o sistema nervosos tem um crescimento marcante em quantidade de neurónios e sobretudo, em conexões (sinapse) e vias de comunicação entre centros nervosos. Aproximadamente aos 5 anos, o sistema nervoso é completo, e pela sua pouca capacidade de regeneração, terá somente mínimas mudanças anatómicas. As bases da personalidades e da intelectualidade do indivíduo são já nesta fase definidas. Deficiências nutricionais ou doenças nesta fase são críticas para o desenvolvimento do indivíduo. O desenvolvimento do sistema nervoso pode-se monitorar com os diferentes parâmetros psicomotores.

3.4.2 A partir dos 40 anos, é típica uma perda da capacidade visual (presbiopia), devida à perda de elasticidade das lentes do olho, incapazes já de focar correctamente os objectos, especialmente os muito próximos. Igual acontece com a audição, que vai perdendo as suas capacidades, especialmente nos sons agudos.

3.4.3 Na senectude, o peso do encéfalo diminui por uma perda selectiva de neurónios (corticais, cerebelosas e do sistema límbico, especialmente), pelo que existe uma diminuição progressiva das capacidades intelectuais e psicomotoras e uma maior instabilidade emocional. Os órgãos dos sentidos podem estar seriamente atingidos, sendo frequente a surdez (tanto por menor mobilidade dos ossículos como por perda de células receptoras) e a cegueira (geralmente em relação à falta de transparência das lentes oculares).

3.5 Mudanças no **sistema cardiovascular**. Imediatamente após o nascimento se produz uma série de mudanças anatómicas para adaptar o sistema à nova vida fora do útero: encerramento dos vasos umbilicais (abolição da circulação placentária), dos ductos arterial e venoso e da comunicação inter-atrial (forame ovale). A frequência cardíaca é alta (entre 100 e 120 lpm) e a pressão arterial baixa.

3.5.1 Ao longo da infância a frequência cardíaca vai diminuindo (rapidamente durante os dois primeiros anos de vida e depois mais lentamente até a adolescência) e a pressão arterial aumenta (a partir dos 6 anos).

3.5.2 Os parâmetros cardiovasculares mantêm-se estáveis até a maturidade avançada ou senectude, onde é comum uma dilatação das cavidades cardíacas e dos grandes vasos e um aumento progressivo da pressão arterial, pela progressiva perda de elasticidade das artérias periféricas.

3.6 Mudanças no **aparelho respiratório**. Ao nascimento, e com os primeiros esforços respiratórios, os alvéolos, que estavam colapsados e cheios de líquido com surfactante, se expandem e enchem com ar, começando a ser funcionais. Os seios paranasais são muito pequenos ou inexistentes.

3.6.1 Durante a infância há uma progressiva maturação da árvore bronquial, que nesta idade é sensível e muito sujeita a patologias (infecções, asma,…). O progressivo desenvolvimento da caixa torácica permite o crescimento alveolar contínuo. Igual que a frequência cardíaca, a frequência respiratória é elevada a nascença e vai diminuindo ao longo dos dois primeiros anos de vida. Os seios paranasais vão crescendo progressivamente até a adolescência (os frontais são os últimos a aparecer, lá para os 6 anos de vida).

3.6.2 Na senectude, há uma diminuição da superfície alveolar total. A calcificação das articulações costo-esternais tornam rígido o tórax, o qual, junto com a diminuição da musculatura intercostal, produz uma respiração menos eficiente. São frequentes os problemas respiratórios por diminuição da elasticidade bronquial e dos mecanismos de defesa (produção e expulsão de muco).

3.7 Mudanças do **aparelho digestivo**. À nascença o aparelho digestivo também é imaturo e esta apenas preparado para a alimentação com leite materno.

3.7.1 Durante os dois primeiros anos de vida o aparelho digestivo amadurece, permitindo uma alimentação cada vez mais complexa. Nesta idade são frequentes a intolerâncias a certos alimentos, por incapacidade do tubo digestivo para processá-los. A capacidade do estômago é reduzida, por isso são necessárias mais refeições, de menor quantidade. O ritmo intestinal está frequentemente alterado, sendo típicas as dores intestinais (cólicas de lactantes) e as diarreias. Não há controlo sobre os esfíncteres anais até os 2-3 anos de idade.

3.7.2 Os dentes de leite começam a sair entre o 6º e 9º mês de vida, estando já todos presentes depois do 3º ano. Para o 6º ano de vida, estes dentes deciduários começam cair para serem substituídos pelos definitivos, que ficam completos no fim da infância (os 3º molares acostumam a sair mais tarde, depois da adolescência). A dentição é um bom parâmetro antropométrico para o seguimento do crescimento da criança.

3.7.3 Durante a maturidade e especialmente na senectude, as gengivas atrofiam-se, expondo os dentes a mais problemas, chegando-se a uma progressiva perda de peças dentárias. Também, ocorrem mudanças musculares no esófago, provocando uma maior dificuldade para a deglutição.

3.8 Mudanças no **aparelho urinário**. À nascença, os rins já têm uma função aceitável, que permite um controlo da composição do meio interno e uma relativa adaptabilidade a situações de desidratação e perdas iónicas.

3.8.1 Durante os primeiros anos de vida, o rim acaba de amadurecer. Neste período é aconselhável um correcto manejo de água e electrólitos. A bexiga não tem controlo voluntário até os 2 anos de vida.

3.8.2 Na senectude, há uma perda progressiva de nefrónios do córtex renal, pelo que a função pode estar diminuída fisiologicamente até cerca de 30%. São frequentes os problemas da micção: escape incontrolado de urina (nas mulheres) ou dificuldade para a micção com tendência à retenção (em homens).

3.9 Mudanças do **metabolismo e homeostase**. A nascença o metabolismo corporal é alto, como corresponde a uma intensa actividade anabólica (construção de tecidos) e o conteúdo de água no corpo é máximo (até 80%). A capacidade de adaptação a situações ambientais extremas (temperatura, humidade, pressão,…) é ainda muito reduzida, pelo que os bebés são muito sensíveis ao calor e frio.

3.9.1 Durante a infância, também acontece uma maturação das capacidades metabólicas. O ritmo metabólico acompanha o crescimento, pelo que depois do 2º ano de vida, se reduz progressivamente. As necessidades alimentares são máximas (em quantidade e qualidade) durante toda a infância e adolescência, especialmente nas fases de maior crescimento.

3.9.2 No fim da adolescência e juventude os ritmos de sono-vigília estão bem estabelecidos e há uma capacidade máxima de resposta fisiológica a situações de stress (mediadas pelos glucocortocóides e pelo SNA simpático).

3.9.3 Na senectude, os períodos de sono-vigilia se alteram, assim como o controlo da temperatura interna (produzem menos calor pois o metabolismo está diminuído e a capacidade de vasoconstrição periférica é menor), sendo os idosos mais susceptíveis às mudanças de temperatura ambiental. Diminui a capacidade de se adaptar a situações de alarme e stress. Regulam mal a água corporal e têm menos sensação de sede, pelo que facilmente se desidratam.

3.10 Mudanças do **sistema reprodutivo**. Durante a época fetal são formadas as gônadas e o aparelho genital externo e interno, não sendo ainda bem desenvolvido. As células germinativas (precursores das gâmetas) estão paradas no início nas suas divisões meióticas.

3.10.1 Durante a infância não existem mudanças (excepto o crescimento que acompanha o resto do organismo) no sistema reprodutivo, que permanece imaturo e inactivo.

3.10.2 É na adolescência que se desencadeia uma série de eventos endócrino *(vide aulas 32, 34 e 37)* que conduzem a maturação do sistema reprodutivo:

- Nas raparigas, começa o ciclo menstrual e ovárico, e desenvolvem os caracteres sexuais secundários: desenvolvimento vulvar e vaginal, crescimento mamário, crescimento de pelo axilar e púbico, alargamento da pélvis, nádegas e ancas e início da transpiração apocrina. No fim da adolescência, a mulher está preparada para suas funções reprodutoras.
- Nos rapazes, o começo da adolescência é algo mais tardio, e caracteriza-se pelo crescimento e começo da função dos testículos com produção dos primeiros espermatozóides, e com o desenvolvimentos dos caracteres sexuais secundários: crescimento muscular (especialmente membros e tórax), mudanças da voz (que se torna mais grave), crescimento do pelo axilar, púbico dos membros e do tórax (com variações individuais), e início da transpiração apocrina.

3.10.3 As mulheres param as suas funções reprodutivas entre os 45 e 55 anos de idade, com a menopausa, em que se interrompem os ciclos hormonais. Não se produzem mais oócitos e os ovários degeneram, diminuindo a produção dos hormónios sexuais. Útero e a vagina sofrem certa atrofia e as mamas involuem.

3.10.4 Nos homens, não existe uma paragem brusca das capacidades reprodutivas, mas sim uma lenta diminuição da função testicular, mantendo-se sempre os caracteres sexuais secundários. É típico o crescimento prostático, que frequentemente da problemas da micção.

3.11 Mudanças nas **barreiras de defesa** e no **sistema imune**. A nascença, o sistema imune é bastante imaturo, pelo que o lactante é muito susceptível à infecções. Seu organismo ainda não é capaz de dar resposta imunológica adequada e muitos dos anticorpos são providenciados pela mãe através do leite.

3.11.1 Durante a infância todo o sistema imune completa o seu desenvolvimento, até ser plenamente funcional. O tecido linfóide cresce até atingir o tamanho de um adulto aos 6-7

anos de idade e continua a crescer, chegando a ser hipertrófico (maior do normal) no fim da infância. Na adolescência atrofia-se parcialmente para ficar do tamanho adulto normal.

3.11.2 Na senectude, a protecção das mucosas é menor (pele, e mucosas oral e genital e respiratória, secas) e portanto a possibilidade de infecções aumenta. A resposta imunológica está globalmente diminuída, especialmente a capacidade de produção de anticorpos.

BLOCO 4: PONTOS-CHAVE

4.1 O ciclo vital do ser humano é muito dinâmico e passa por diferentes fases com características anatómica e fisiológicas especificas. Os períodos do ciclo vital são: pré-natal, nascimento, lactação, infância, adolescência, adulto e senectude.

4.2 As mudanças mais grandes ocorrem no período pré-natal, especialmente na fase embrionária (primeiros dois meses) em que o indivíduo passa de uma célula a ter uma morfologia humana completa e reconhecível.

4.3 A lactação é caracterizada por um crescimento rápido e uma aquisição acelerada das capacidades anatómicas, fisiológicas e psicomotoras que permitem ao indivíduo uma vida independente dos pais.

4.4 A adolescência supõe a passagem à idade adulta e é caracterizada pelo começo da actividade gonadal com aparição dos caracteres sexuais secundários e com a capacitação para as funções reprodutoras.

4.5 De forma geral, todos os aparelhos e sistema têm um crescimento anatómico e maturação funcional ao longo da infância, de maneira que para a adolescência, o corpo tem capacidades completas.

4.6 Durante a vida adulta o indivíduo mantém as suas capacidades físicas e fisiológicas e durante a senectude, última fase da vida que conduz a morte, ocorre uma progressiva regressão anatómica e sobretudo, fisiológica que limita grandemente as capacidades dos diferentes sistemas.