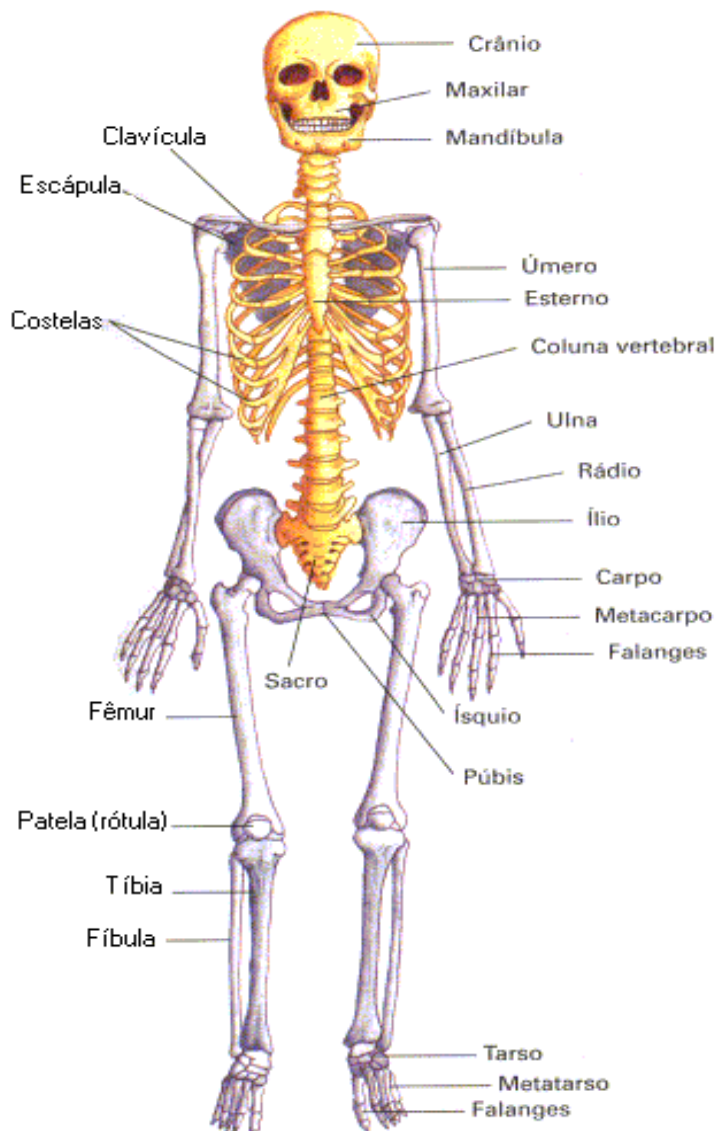


SISTEMA ÓSSEO MUSCULAR

SISTEMA ÓSSEO



Além de dar sustentação ao corpo, o **esqueleto** protege os órgãos internos e fornece pontos de apoio para a fixação dos músculos. Ele constitui-se de peças ósseas (ao todo 208 ossos no indivíduo adulto) e cartilaginosas articuladas, que formam um sistema de alavancas movimentadas pelos músculos.

O esqueleto humano pode ser dividido em duas partes:

1-Esqueleto axial: formado pela caixa craniana, coluna vertebral e caixa torácica.

2-Esqueleto apendicular: compreende a cintura escapular, formada pelas escápulas e clavículas; cintura pélvica, formada pelos ossos ilíacos (da bacia) e o esqueleto dos membros (superiores ou anteriores e inferiores ou posteriores).

Imagem: AVANCINI & FAVARETTO. Biologia – Uma abordagem evolutiva e ecológica. Vol. 2. São Paulo, Ed. Moderna, 1997.

1-Esqueleto axial

1.1-Caixa craniana

Possui os seguintes ossos importantes: frontal, parietais, temporais, occipital, esfenóide, nasal, lacrimais, malares ("maçãs do rosto" ou zigomático), maxilar superior e mandíbula (maxilar inferior).

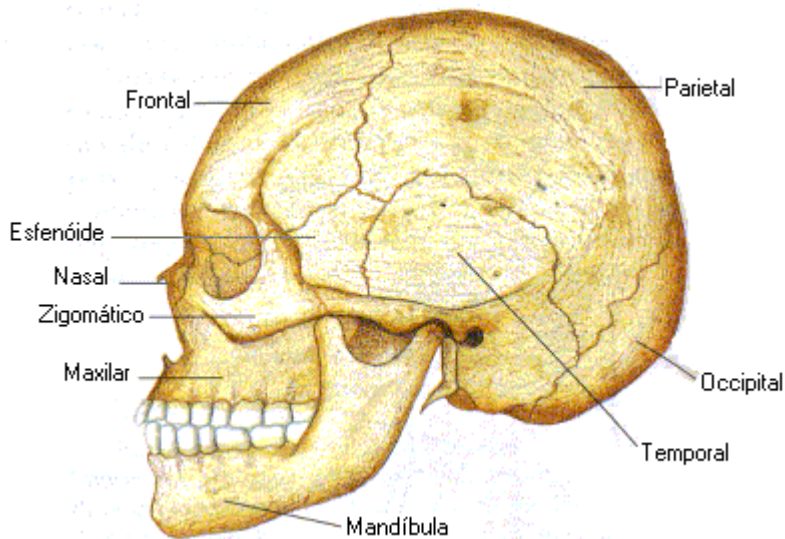


Imagem: AVANCINI & FAVARETTO. Biologia – Uma abordagem evolutiva e ecológica. Vol. 2. São Paulo, Ed. Moderna, 1997.

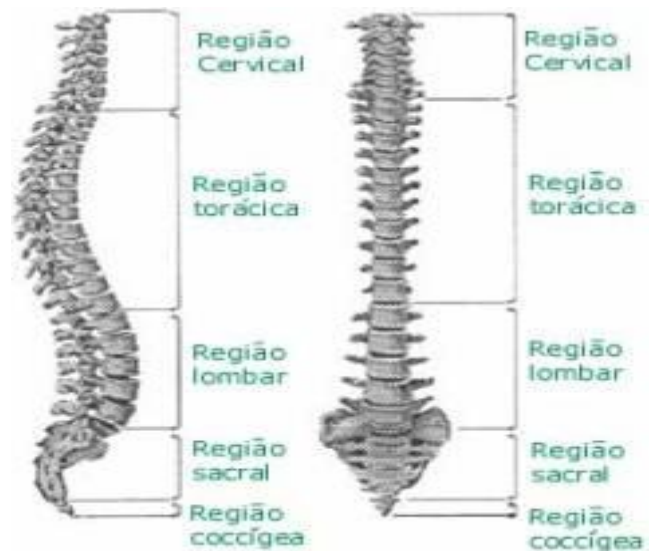
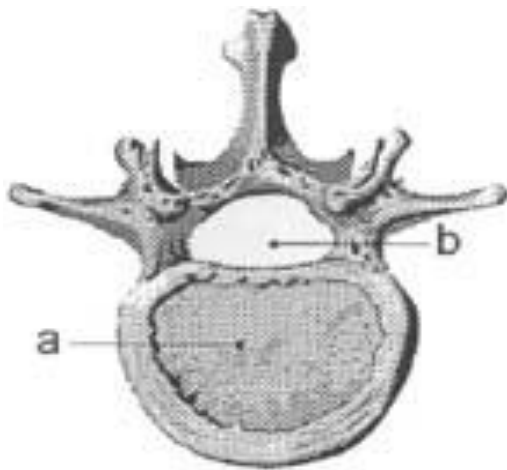
Observações:

Primeiro - no osso esfenóide existe uma depressão denominada de sela turca onde se encontra uma das menores e mais importantes glândulas do corpo humano - a hipófise, no centro geométrico do crânio.

Segundo - Fontanela ou moleira é o nome dado à região alta e mediana, da cabeça da criança, que facilita a passagem da mesma no canal do parto; após o nascimento, será substituída por osso.

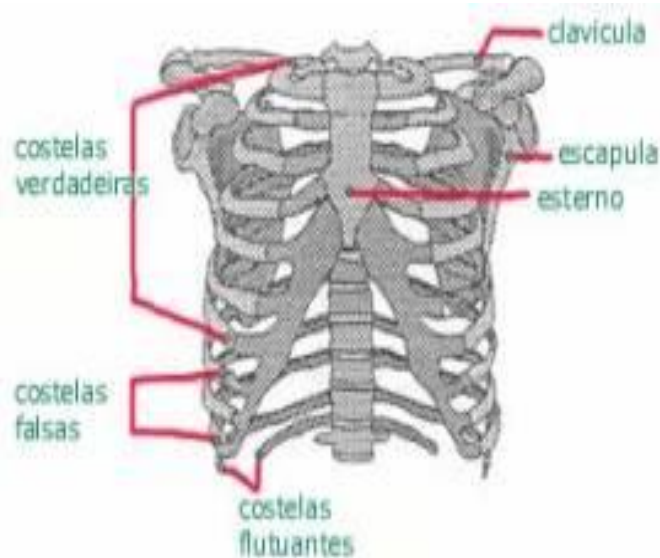
1.2-Coluna vertebral

É uma coluna de vértebras que apresentam cada uma um buraco, que se sobrepõem constituindo um canal que aloja a medula nervosa ou espinhal; é dividida em regiões típicas que são: coluna cervical (região do pescoço), coluna torácica, coluna lombar, coluna sacral, coluna cocciana (côccix).



1.3-Caixa torácica

É formada pela região torácica de coluna vertebral, osso esterno e costelas, que são em número de 12 de cada lado, sendo as 7 primeiras verdadeiras (se inserem directamente no esterno), 3 falsas (se reúnem e depois se unem ao esterno), e 2 flutuantes (com extremidades anteriores livres, não se fixando ao esterno).



2- Esqueleto apendicular

2-1- Membros e cinturas articulares

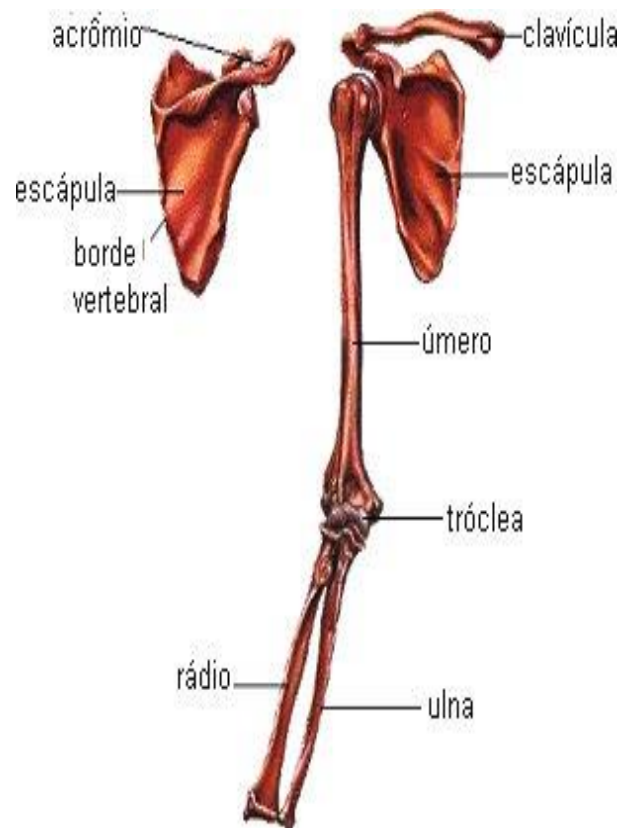
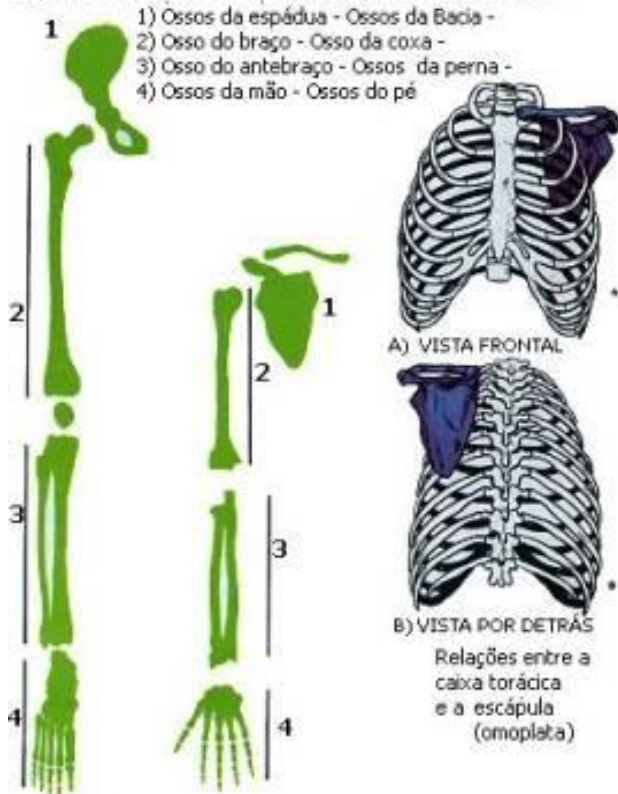
Cada membro superior é composto de braço, antebraço, pulso e mão. O osso do braço – **úmero** – articula-se no cotovelo com os ossos do antebraço: **rádio** e **ulna**. O pulso constitui-se de ossos pequenos e maciços, os **carpos**. A palma da mão é formada pelos **metacarpos** e os dedos, pelas **falanges**.

Cada membro inferior compõe-se de coxa, perna, tornozelo e pé. O osso da coxa é o **fémur**, o mais longo do corpo. No joelho, ele se articula com os dois ossos da perna: a **tíbia** e a **fibula**. A região

frontal do joelho está protegida por um pequeno osso circular: a **rótula**. Ossos pequenos e maciços, chamados **tarsos**, formam o tornozelo. A planta do pé é constituída pelos **metatarsos** e os dedos dos pés (artelhos), pelas **falanges**.

Os membros estão unidos ao corpo mediante um sistema ósseo que toma o nome de cintura ou de cinta. A cintura superior se chama **cintura torácica** ou **escapular** (formada pela **clavícula** e pela **escápula** ou **omoplata**); a inferior se chama **cintura pélvica**, popularmente conhecida como **bacia** (constituída pelo **sacro** - osso volumoso resultante da fusão de cinco vértebras, por um par de **ossos ilíacos** e pelo **cóccix**, formado por quatro a seis vértebras rudimentares fundidas). A primeira sustenta o úmero e com ele todo o braço; a segunda dá apoio ao fémur e a toda a perna.

Esquema comparativo dos membros superiores e inferiores :



Juntas e articulações

Junta é o local de junção entre dois ou mais ossos. Algumas juntas, como as do crânio, são fixas; nelas os ossos estão firmemente unidos entre si. Em outras juntas, denominadas **articulações**, os ossos são móveis e permitem ao esqueleto realizar movimentos.

Ligamentos

Os ossos de uma articulação mantêm-se no lugar por meio dos ligamentos, cordões resistentes constituídos por tecido conjuntivo fibroso. Os ligamentos estão firmemente unidos às membranas que revestem os ossos.

Classificação dos ossos

Os ossos são classificados de acordo com a sua forma em:

A - **Longos**: têm duas extremidades ou epífises; o corpo do osso é a diáfise; entre a diáfise e cada epífise fica a metáfise. A diáfise é formada por tecido ósseo compacto, enquanto a epífise e a metáfise, por tecido ósseo esponjoso. Exemplos: fêmur, úmero.

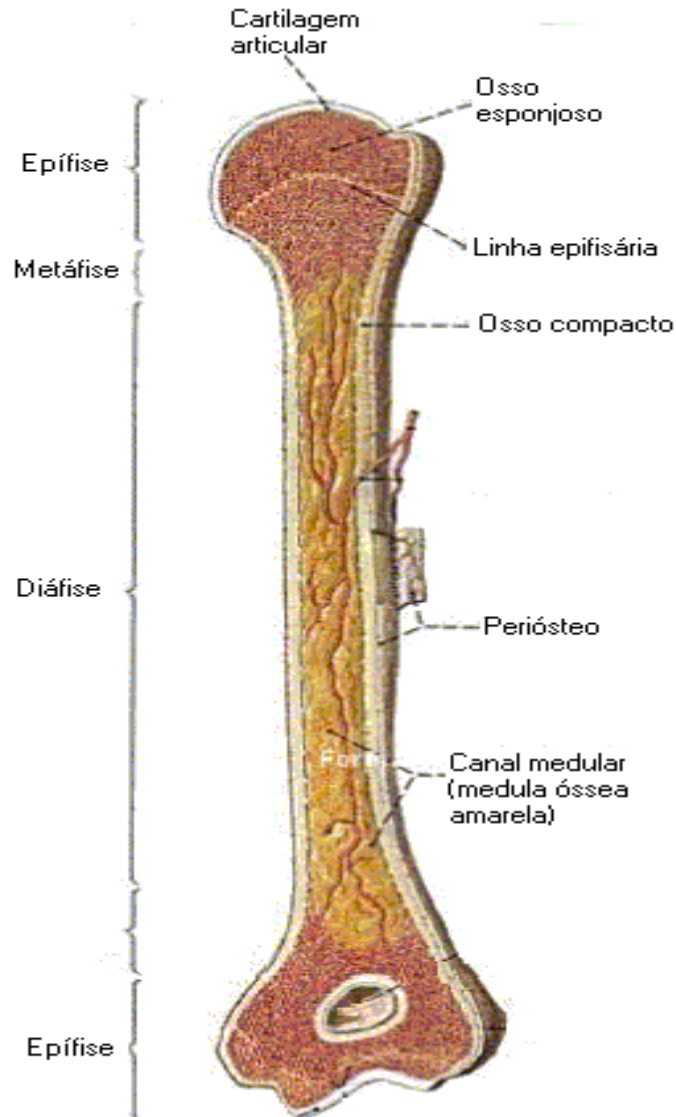
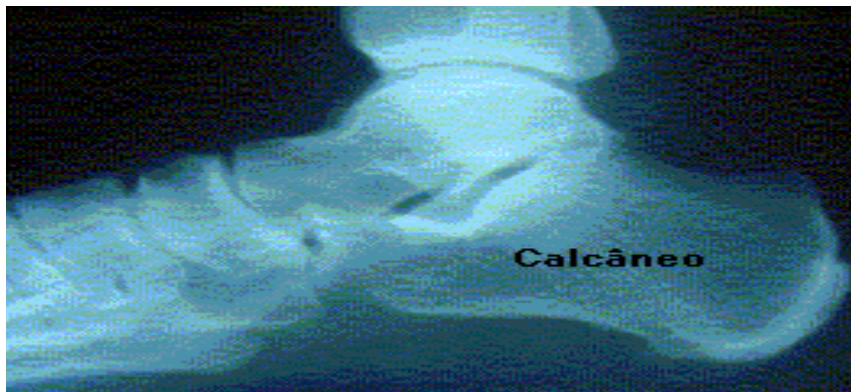
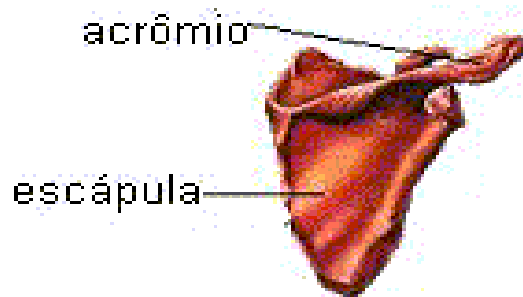


Imagem: AVANCINI & FAVARETTO. Biologia – Uma abordagem evolutiva e ecológica. Vol. 2. São Paulo, Ed. Moderna, 1997, com adaptações

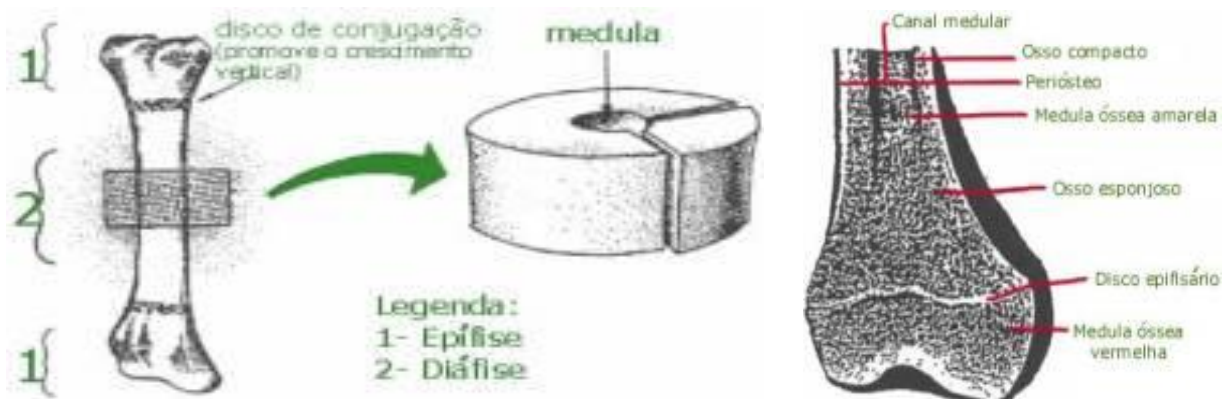
B- **Curtos**: têm as três extremidades praticamente equivalentes e são encontrados nas mãos e nos pés. São constituídos por tecido ósseo esponjoso. Exemplos: calcâneo, tarsos, carpos.



C - Planos ou Chatos: são formados por duas camadas de tecido ósseo compacto, tendo entre elas uma camada de tecido ósseo esponjoso e de medula óssea. Exemplos: esterno, ossos do crânio, ossos da bacia, escápula.



Revestindo o osso compacto na diáfise, existe uma delicada membrana - o perióstio - responsável pelo crescimento em espessura do osso e também pela consolidação dos ossos após fracturas (calo ósseo). As superfícies articulares são revestidas por cartilagem. Entre as epífises e a diáfise encontra-se um disco ou placa de cartilagem nos ossos em crescimento, tal disco é chamado de disco metafisário (ou epifisário) e é responsável pelo crescimento longitudinal do osso. O interior dos ossos é preenchido pela medula óssea, que, em parte é amarela, funcionando como depósito de lipídeos, e, no restante, é vermelha e gelatinosa, constituindo o local de formação das células do sangue, ou seja, de hematopoiese. O tecido hematopoético é popularmente conhecido por "tutano". As maiores quantidades de tecido hematopoético estão nos ossos da bacia e no esterno. Nos ossos longos, a medula óssea vermelha é encontrada principalmente nas epífises.



Diferenças entre os ossos do esqueleto masculino e feminino:

TECIDOS QUE FORMAM O ESQUELETO

O TECIDO ÓSSEO

O tecido ósseo possui um alto grau de rigidez e resistência à pressão. Por isso, suas principais funções estão relacionadas à proteção e à sustentação. Também funciona como alavanca e apoio para os músculos, aumentando a coordenação e a força do movimento proporcionado pela contração do tecido muscular.

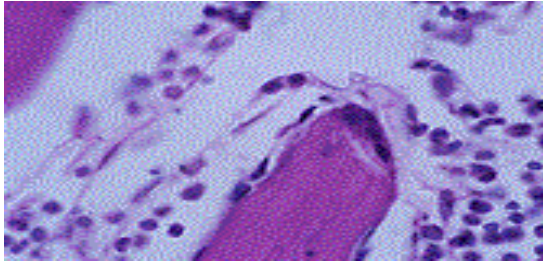
Os ossos ainda são grandes armazenadores de substâncias, sobretudo de íons de cálcio e fósforo. Com o envelhecimento, o tecido adiposo também vai se acumulando dentro dos ossos longos, substituindo a medula vermelha que ali existia previamente.

A extrema rigidez do tecido ósseo é resultado da interação entre o componente orgânico e o componente mineral da matriz. A nutrição das células que se localizam dentro da matriz é feita por canais. No tecido ósseo, destacam-se os seguintes tipos celulares típicos:

- **Osteócitos:** os osteócitos estão localizados em cavidades ou lacunas dentro da matriz óssea. Destas lacunas formam-se canaliculos que se dirigem para outras lacunas, tornando assim a difusão de nutrientes possível graças à comunicação entre os osteócitos. Os osteócitos têm um papel fundamental na manutenção da integridade da matriz óssea.



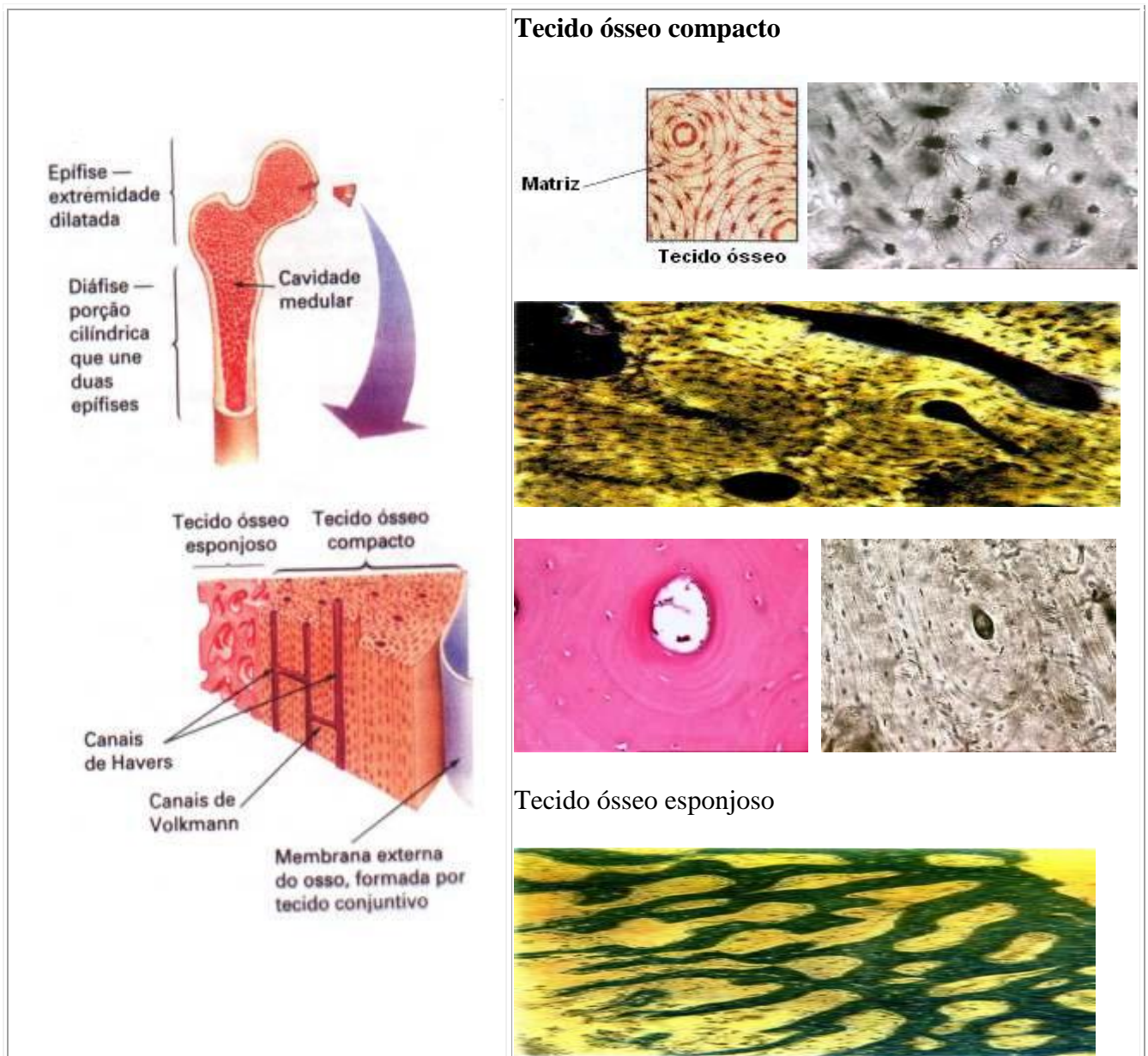
- **Osteoblastos:** os osteoblastos sintetizam a parte orgânica da matriz óssea, composta por colágeno tipo I, glicoproteínas e proteoglicanas. Também concentram fósforo de cálcio, participando da mineralização da matriz. Durante a alta actividade sintética, os osteoblastos destacam-se por apresentar muita basofilia (afinidade por corantes básicos). Possuem sistema de comunicação intercelular semelhante ao existente entre os osteócitos. Os osteócitos inclusive originam-se de osteoblastos, quando estes são envolvidos completamente por matriz óssea. Então, sua síntese proteica diminui e o seu citoplasma torna-se menos basófilo.
- **Osteoclastos:** os osteoclastos participam dos processos de absorção e remodelação do tecido ósseo. São células gigantes e multinucleadas, extensamente ramificadas, derivadas de monócitos que atravessam os capilares sanguíneos. Nos osteoclastos jovens, o citoplasma apresenta uma leve basofilia que vai progressivamente diminuindo com o amadurecimento da célula, até que o citoplasma finalmente se torna acidófilo (com afinidade por corantes ácidos). Dilatações dos osteoclastos, através da sua acção enzimática, escavam a matriz óssea, formando depressões conhecidas como lacunas de Howship.



- **Matriz óssea:** a matriz óssea é composta por uma parte orgânica (já mencionada anteriormente) e uma parte inorgânica cuja composição é dada basicamente por íons fosfato e cálcio formando cristais de hidroxiapatita. A matriz orgânica, quando o osso se apresenta descalcificado, cora-se com os corantes específicos do colágeno (pois ela é composta por 95% de colágeno tipo I).

A classificação baseada no critério histológico admite apenas duas variantes de tecido ósseo: o tecido ósseo compacto ou denso e o tecido ósseo esponjoso ou lacunar ou reticulado. Essas variedades apresentam o mesmo tipo de célula e de substância intercelular, diferindo entre si apenas na disposição de seus elementos e na quantidade de espaços medulares. O tecido ósseo esponjoso apresenta espaços medulares mais amplos, sendo formado por várias trabéculas, que dão aspecto poroso ao tecido. O tecido ósseo compacto praticamente não apresenta espaços medulares, existindo, no entanto, além dos canalículos, um conjunto de canais que são percorridos por nervos e vasos sanguíneos: **canais de Volkmann** e **canais de Havers**. Por ser uma estrutura innervada e irrigada, os ossos apresentam grande sensibilidade e capacidade de regeneração.

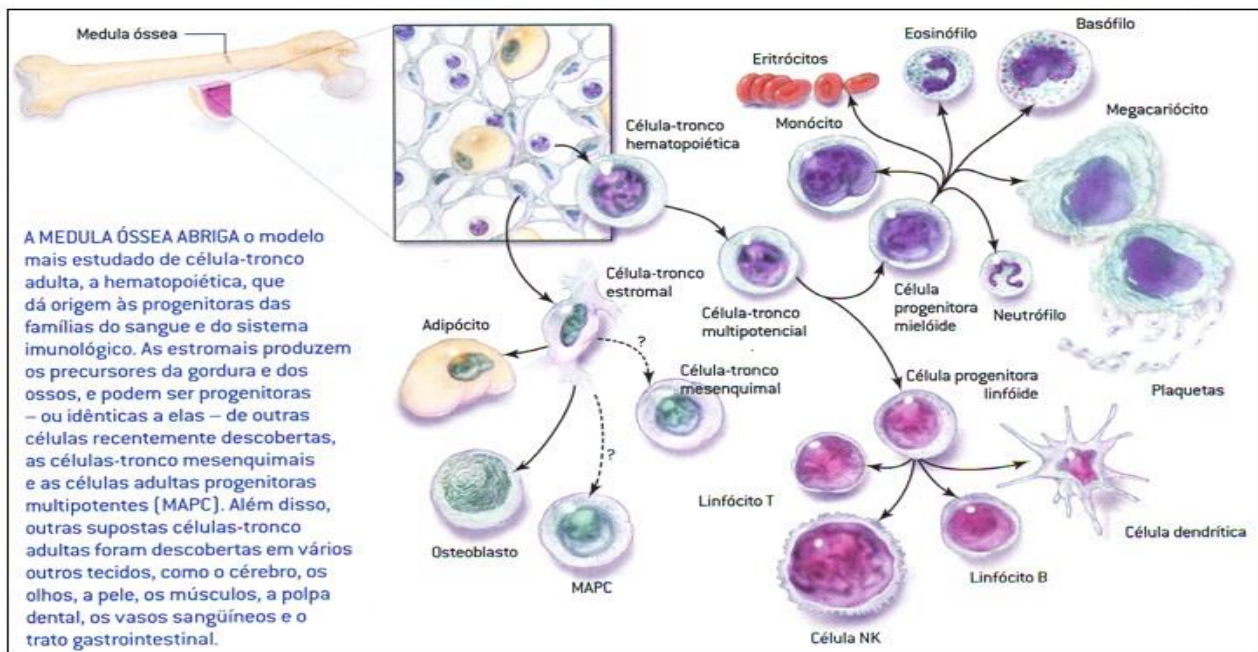
Os **canais de Volkmann** partem da superfície do osso (interna ou externa), possuindo uma trajetória perpendicular em relação ao eixo maior do osso. Esses canais comunicam-se com os **canais de Havers**, que percorrem o osso longitudinalmente e que podem comunicar-se por projecções laterais. Ao redor de cada canal de Havers, pode-se observar várias lamelas concêntricas de substância intercelular e de células ósseas. Cada conjunto deste, formado pelo canal central de Havers e por lamelas concêntricas é denominado **sistema de Havers** ou **sistema haversiano**. Os canais de Volkmann não apresentam lamelas concêntricas.



Os tecidos ósseos descritos são os tecidos mais abundantes dos ossos (órgãos): externamente temos uma camada de tecido ósseo compacto e internamente, de tecido ósseo esponjoso. Os ossos são revestidos externa e internamente por membranas denominadas perióstio e endóstio, respectivamente. Ambas as membranas são vascularizadas e suas células transformam-se em osteoblastos. Portanto, são importantes na nutrição e oxigenação das células do tecido ósseo e como fonte de osteoblastos para o crescimento dos ossos e reparação das fracturas. Além disto, nas regiões articulares encontramos as cartilagens fibrosas. Por ser uma estrutura inervada e irrigada, os ossos apresentam grande sensibilidade e capacidade de regeneração. No interior dos ossos está a medula óssea, que pode ser:

→ **vermelha:** formadora de células do sangue e plaquetas (tecido reticular ou hematopoiético): constituída por células reticulares associadas a fibras reticulares.

→ **amarela:** constituída por tecido adiposo (não produz células do sangue).

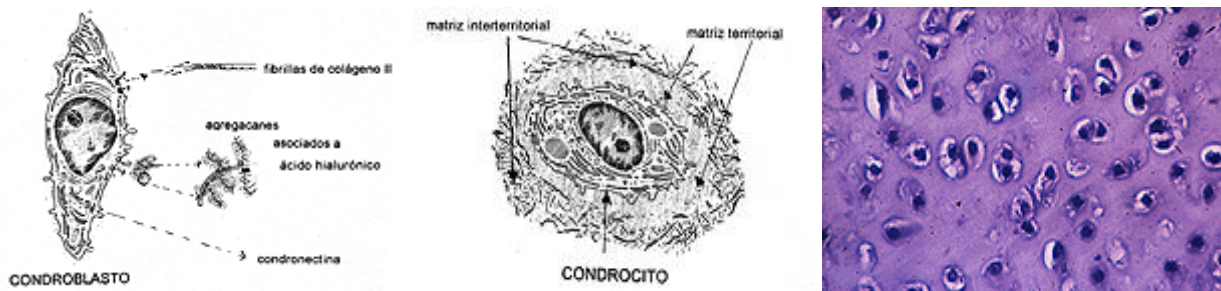


Revista Científica American - Edição Especial Ciência e Saúde nº 3, 2006.

No recém-nascido, toda a medula óssea é vermelha. Já no adulto, a medula vermelha fica restrita aos ossos chatos do corpo (esterno, costelas, ossos do crânio), às vértebras e às epífises do fêmur e do úmero (ossos longos). Com o passar dos anos, a medula óssea vermelha presente no fêmur e no úmero transforma-se em amarela.

O TECIDO CARTILAGINOSO

O tecido cartilaginoso é uma forma especializada de tecido conjuntivo de consistência rígida. Desempenha a função de suporte de tecidos moles, reveste superfícies articulares onde absorve choques, facilita os deslizamentos e é essencial para a formação e crescimento dos ossos longos. A cartilagem é um tipo de tecido conjuntivo composto exclusivamente de células chamadas condrócitos e de uma matriz extracelular altamente especializada.

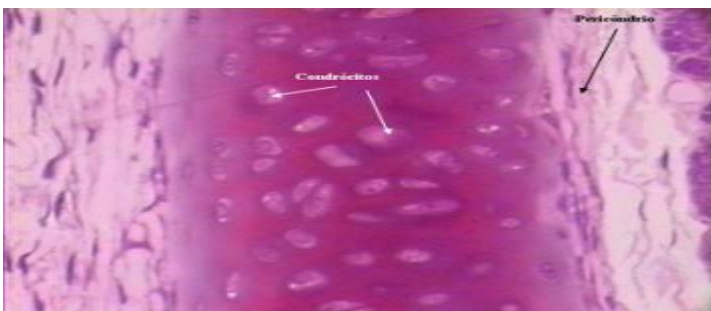


É um tecido avascular, não possui vasos sanguíneos, sendo nutrido pelos capilares do conjuntivo envolvente (pericôndrio) ou através do **líquido sinovial** das cavidades articulares. Em alguns casos, vasos sanguíneos atravessam as cartilagens, indo nutrir outros tecidos. O tecido cartilaginoso também é desprovido de vasos linfáticos e de nervos. Dessa forma, a matriz extracelular serve de trajecto para a difusão de substâncias entre os vasos sanguíneos do tecido conjuntivo circundante e os condrócitos. As cavidades da matriz, ocupadas pelos condrócitos, são chamadas lacunas; uma lacuna pode conter um ou mais condrócitos. A matriz extracelular da cartilagem é sólida e firme, embora com alguma flexibilidade, sendo responsável pelas suas propriedades elásticas. As

propriedades do tecido cartilaginoso, relacionadas ao seu papel fisiológico, dependem da estrutura da matriz, que é constituída por colágeno ou colágeno mais elastina, em associação com macromoléculas de proteoglicanas (proteína + glicosaminoglicanas). Como o colágeno e a elastina são flexíveis, a consistência firme das cartilagens se deve às ligações electrostáticas entre as glicosaminoglicanas das proteoglicanas e o colágeno, e à grande quantidade de moléculas de água presas a estas glicosaminoglicanas (água de solvatação) que conferem turgidez à matriz.

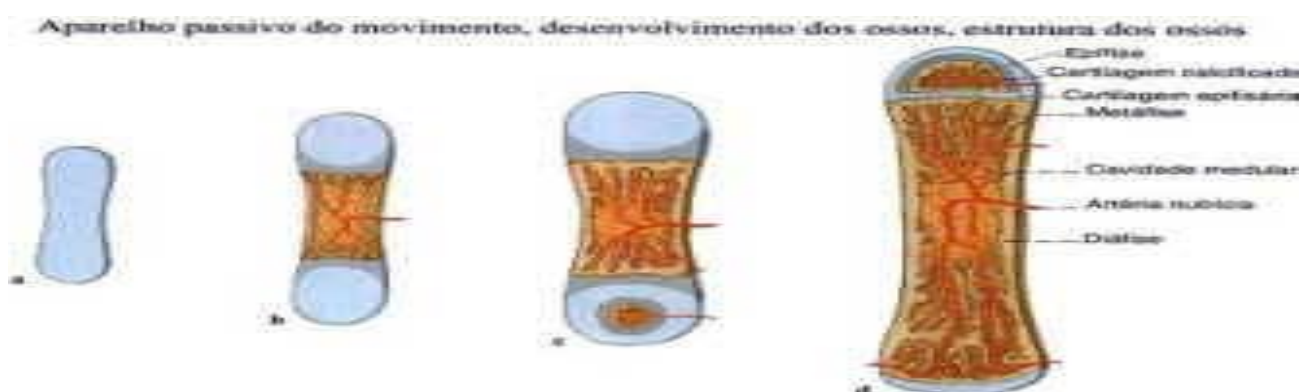
As cartilagens (excepto as articulares e as peças de cartilagem fibrosa) são envolvidas por uma bainha conjuntiva que recebe o nome de **pericôndrio**, o qual continua gradualmente com a cartilagem por uma face e com o conjuntivo adjacente pela outra. As cartilagens basicamente se dividem em três tipos distintos: 1) cartilagem hialina; 2) fibrocartilagem ou cartilagem fibrosa; 3) cartilagem elástica.

Cartilagem hialina



Distingue-se pela presença de uma matriz vítrea, homogénea e amorfa (figura ao lado). Por toda cartilagem há espaços, chamados lacunas, no interior das lacunas encontram-se condrócitos. Essas lacunas são circundadas pela matriz, a qual tem dois componentes: fibrilas de colágeno e matriz fundamental

Essa cartilagem forma o esqueleto inicial do feto; é a precursora dos ossos que se desenvolverão a partir do processo de ossificação endocondral. Durante o desenvolvimento ósseo endocondral, a cartilagem hialina funciona como placa de crescimento epifisário e essa placa continua funcional enquanto o osso estiver crescendo em comprimento. No osso longo do adulto, a cartilagem hialina está presente somente na superfície articular. No adulto, também está presente como unidade esquelética na traqueia, nos brônquios, na laringe, no nariz e nas extremidades das costelas (cartilagens costais).



Esquema do desenvolvimento osseo contral
a. Forma cartilaginosa do futuro osso. **b.** Formação de um manguito ósseo pericondral após a penetração de vasos sanguíneos e o aparecimento de núcleos ósseos endocondrais na diáfise.
c. Aparecimento de núcleos ósseos endocondrais nas epífises e formação de linhas de linhas de crescimento cartilaginosa.
d. Sinostose gradual das linhas de crescimento.

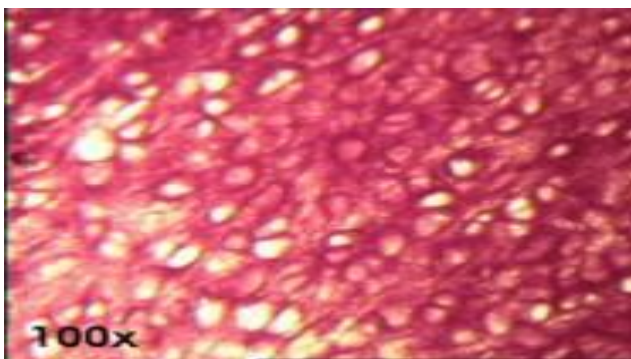
Pericôndrio: a cartilagem hialina geralmente é circundada por um tecido conjuntivo firmemente aderido, chamado pericôndrio. O pericôndrio não está presente nos locais em que a cartilagem forma uma superfície livre, como nas cavidades articulares e nos locais em que ela entra em

contacto directo com o osso. Sua função não é apenas a de ser uma cápsula de cobertura; tem também a função de nutrição, oxigenação, além de ser fonte de novas células cartilaginosas. É rico em fibras de colágeno na parte mais superficial, porém, à medida que se aproxima da cartilagem, é mais rico em células.

Calcificação: a calcificação consiste na deposição de fosfato de cálcio sob a forma de cristais de hidroxiapatita, precedida por um aumento de volume e morte das células. A matriz da cartilagem hialina sofre calcificação regularmente em três situações bem definidas: 1) a porção da cartilagem articular que está em contacto com o osso é calcificada; 2) a calcificação sempre ocorre nas cartilagens que estão para ser substituídas por osso durante o período de crescimento do indivíduo; 3) a cartilagem hialina de todo o corpo se calcifica como parte do processo de envelhecimento.

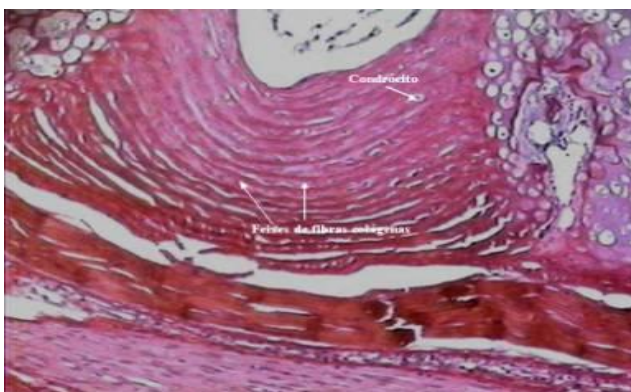
Regeneração: a cartilagem que sofre lesão regenera-se com dificuldade e, frequentemente, de modo incompleto, salvo em crianças de pouca idade. No adulto, a regeneração se dá pela actividade do pericôndrio. Havendo fractura de uma peça cartilaginosa, células derivadas do pericôndrio invadem a área da fractura e dão origem a tecido cartilaginoso que repara a lesão. Quando a área destruída é extensa, ou mesmo, algumas vezes, em lesões pequenas, o pericôndrio, em vez de formar novo tecido cartilaginoso, forma uma cicatriz de tecido conjuntivo denso.

Cartilagem elástica



Esta é uma cartilagem na qual a matriz contém fibras elásticas e lâminas de material elástico, além das fibrilas de colágeno e da substância fundamental. O material elástico confere maior elasticidade à cartilagem, como a que se pode ver no pavilhão da orelha. A presença desse material elástico (elastina) confere a esse tipo de cartilagem uma cor amarelada, quando examinado a fresco. A cartilagem elástica pode estar presente isoladamente ou formar uma peça cartilaginosa

junto com a cartilagem hialina. Como a cartilagem hialina, a elástica possui pericôndrio e cresce principalmente por aposição. A cartilagem elástica é menos sujeita a processos degenerativos do que a hialina. Ela pode ser encontrada no pavilhão da orelha, nas paredes do canal auditivo externo, na tuba auditiva e na laringe. Em todos estes locais há pericôndrio circundante. Diferentemente da cartilagem hialina, a cartilagem elástica não se calcifica.



Fibrocartilagem ou Cartilagem fibrosa

A cartilagem fibrosa ou fibrocartilagem é um tecido com características intermediárias entre o conjuntivo denso e a cartilagem hialina. É uma forma de cartilagem na qual a matriz contém feixes evidentes de espessas fibras colágenas. Na cartilagem fibrosa, as numerosas fibras colágenas constituem feixes, que seguem uma orientação aparentemente irregular entre os condrócitos ou um arranjo paralelo ao longo dos condrócitos em

fileiras. Essa orientação depende das forças que actuam sobre a fibrocartilagem. Os feixes colágenos colocam-se paralelamente às tracções exercidas sobre eles. Na fibrocartilagem não existe pericôndrio. A fibrocartilagem está caracteristicamente presente nos discos intervertebrais, na

sínfise púbica, nos discos articulares das articulações dos joelhos e em certos locais onde os tendões se ligam aos ossos. Geralmente, a presença de fibrocartilagem indica que naquele local o tecido precisa resistir à compressão e ao desgaste.

Crescimento

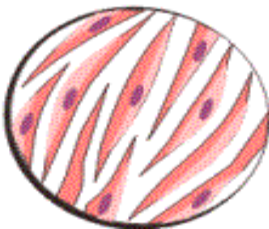
A cartilagem possui dois tipos de crescimento: **apositional** e **intersticial**. Crescimento **apositional** é a formação de cartilagem sobre a superfície de uma cartilagem já existente. As células empenhadas nesse tipo de crescimento derivam do pericôndrio. O crescimento **intersticial** ocorre no interior da massa cartilaginosa. Isso é possível porque os condrócitos ainda são capazes de se dividir e porque a matriz é distensível. Embora as células-filhas ocupem temporariamente a mesma lacuna, separam-se quando secretam nova matriz extracelular. Quando parte desta última matriz é secretada, forma-se uma divisão entre as células e, neste ponto, cada célula ocupa sua própria lacuna. Com a continuidade da secreção da matriz, as células ficam ainda mais separadas entre si.

Na cartilagem do adulto, os condrócitos frequentemente estão situados em grupos compactos ou podem estar alinhados em fileiras. Esses grupos de condrócitos são formados como consequência de várias divisões sucessivas durante a última fase de desenvolvimento. Há pouca produção de matriz adicional e os condrócitos permanecem em íntima aposição. Tais grupos são chamados de grupos isógenos.

SISTEMA MUSCULAR

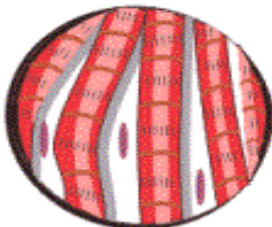
O tecido muscular é de origem exotérmica, sendo caracterizado pela propriedade de contração e distensão de suas células, o que determina a movimentação dos membros e das vísceras. Há basicamente três tipos de tecido muscular: liso, estriado esquelético e estriado cardíaco.

Tecido muscular liso



Músculo liso: o músculo involuntário localiza-se na pele, órgãos internos, aparelho reprodutor, grandes vasos sanguíneos e aparelho excretor. O estímulo para a contração dos músculos lisos é mediado pelo sistema nervoso vegetativo.

Tecido muscular estriado



Músculo estriado esquelético: é innervado pelo sistema nervoso central e, como este se encontra em parte sob controle consciente, chama-se músculo voluntário. As contrações do músculo-esquelético permitem os movimentos dos diversos ossos e cartilagens do esqueleto.

Tecido muscular cardíaco

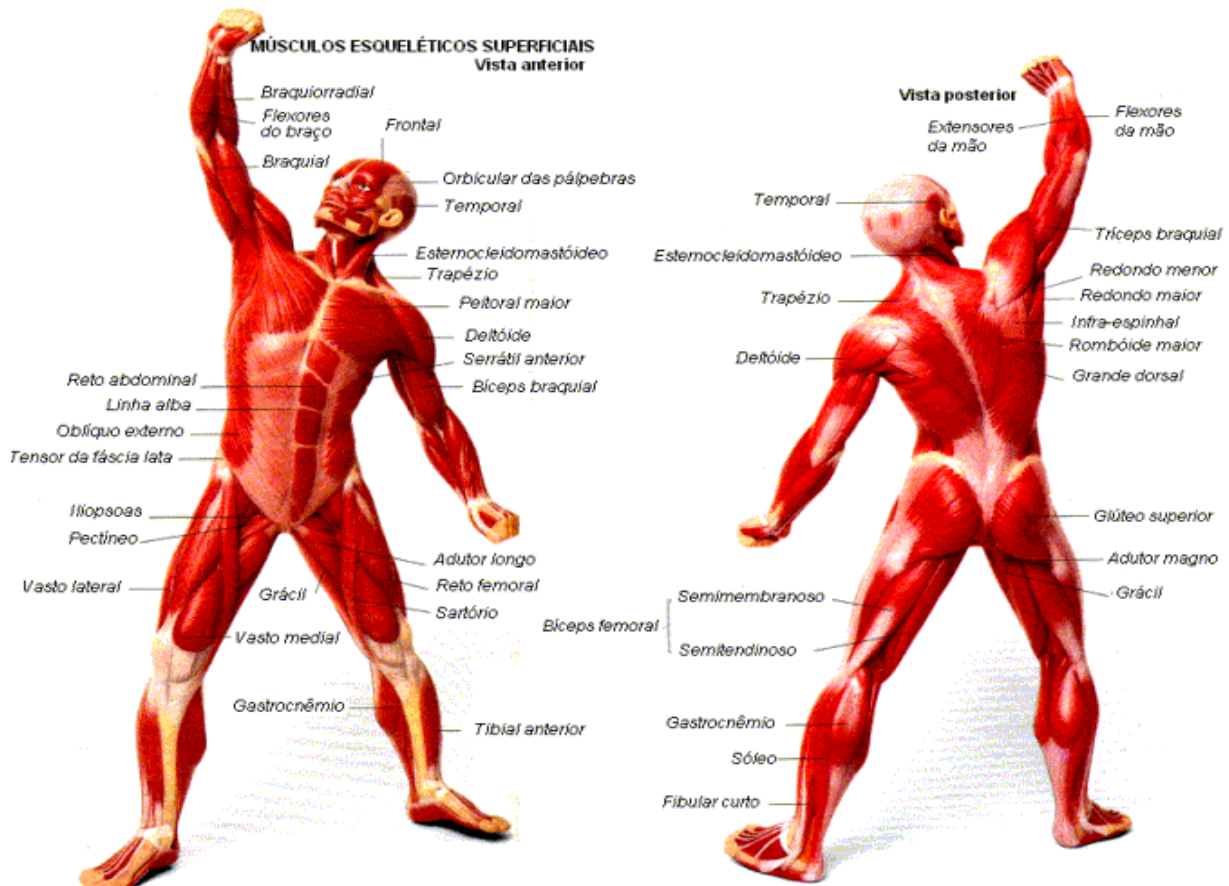


Músculo cardíaco: este tipo de tecido muscular forma a maior parte do coração dos vertebrados. O músculo cardíaco carece de controle voluntário. É innervado pelo sistema nervoso vegetativo.

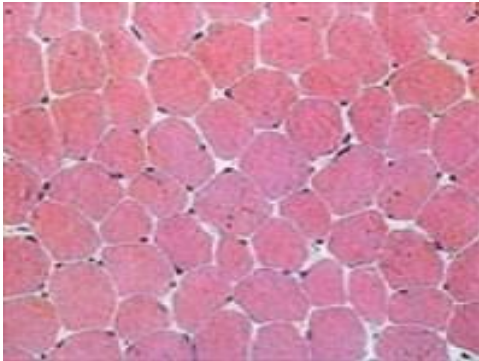
Estriado esquelético	Estriado cardíaco	Liso
		
<p>Miócitos longos, multinucleados (núcleos periféricos).</p> <p>Miofilamentos organizam-se em estrias longitudinais e transversais.</p> <p>Contração rápida e voluntária</p>	<p>Miócitos estriados com um ou dois núcleos centrais.</p> <p>Células alongadas, irregularmente ramificadas, que se unem por estruturas especiais: discos intercalares.</p> <p>Contração involuntária, vigorosa e rítmica.</p>	<p>Miócitos alongados, mononucleados e sem estrias transversais.</p> <p>Contração involuntária e lenta.</p>

Musculatura Esquelética

O **sistema muscular esquelético** constitui a maior parte da musculatura do corpo, formando o que se chama popularmente de **carne**. Essa musculatura recobre totalmente o esqueleto e está presa aos ossos, sendo responsável pela movimentação corporal.

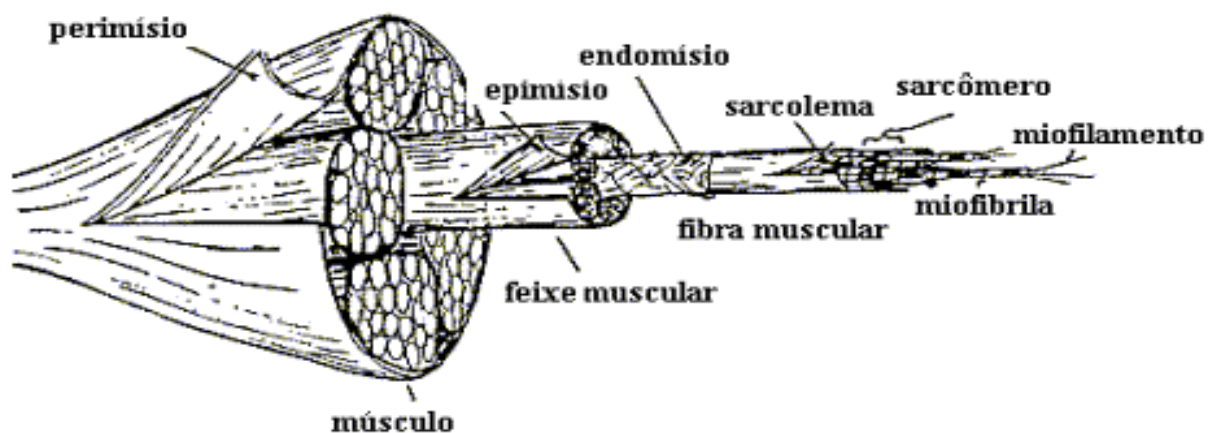


Os músculos esqueléticos estão revestidos por uma lâmina delgada de tecido conjuntivo, o **perimísio**, que manda septos para o interior do músculo, septos dos quais se derivam divisões sempre mais delgadas. O músculo fica assim dividido em feixes (primários, secundários, terciários). O revestimento dos feixes menores (primários), chamado **endomísio**, manda para o interior do músculo membranas delgadíssimas que envolvem cada uma das fibras musculares. A fibra muscular é uma célula cilíndrica ou prismática, longa, de 3 a 12 centímetros; o seu diâmetro é infinitamente menor, variando de 20 a 100 microns (milésimos de milímetro), tendo um aspecto de filamento fusiforme. No seu interior notam-se muitos núcleos, de modo que se tem a ideia de ser a fibra constituída por várias células que perderam os seus limites, fundindo-se umas com as outras. Dessa forma, podemos dizer que um músculo-esquelético é um pacote formado por longas fibras, que percorrem o músculo de ponta a ponta.



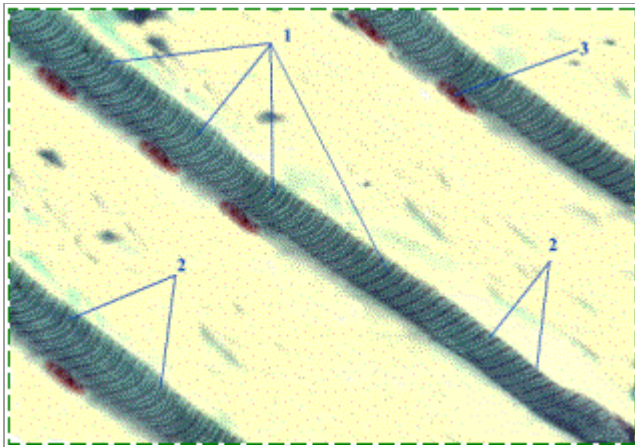
No citoplasma da fibra muscular esquelética há muitas **miofibrilas** contrateis, constituídas por filamentos compostos por dois tipos principais de proteínas – a actina e a miosina. Filamentos de **actina** e **miosina** dispostos regularmente originam um padrão bem definido de estrias (faixas) transversais alternadas, claras e escuras. Essa estrutura existe somente nas fibras que constituem os músculos esqueléticos, os quais são por isso chamados **músculos estriados**.

Em torno do conjunto de miofibrilas de uma fibra muscular esquelética situa-se o **retículo sarcoplasmático** (retículo endoplasmático liso), especializado no armazenamento de íons cálcio.



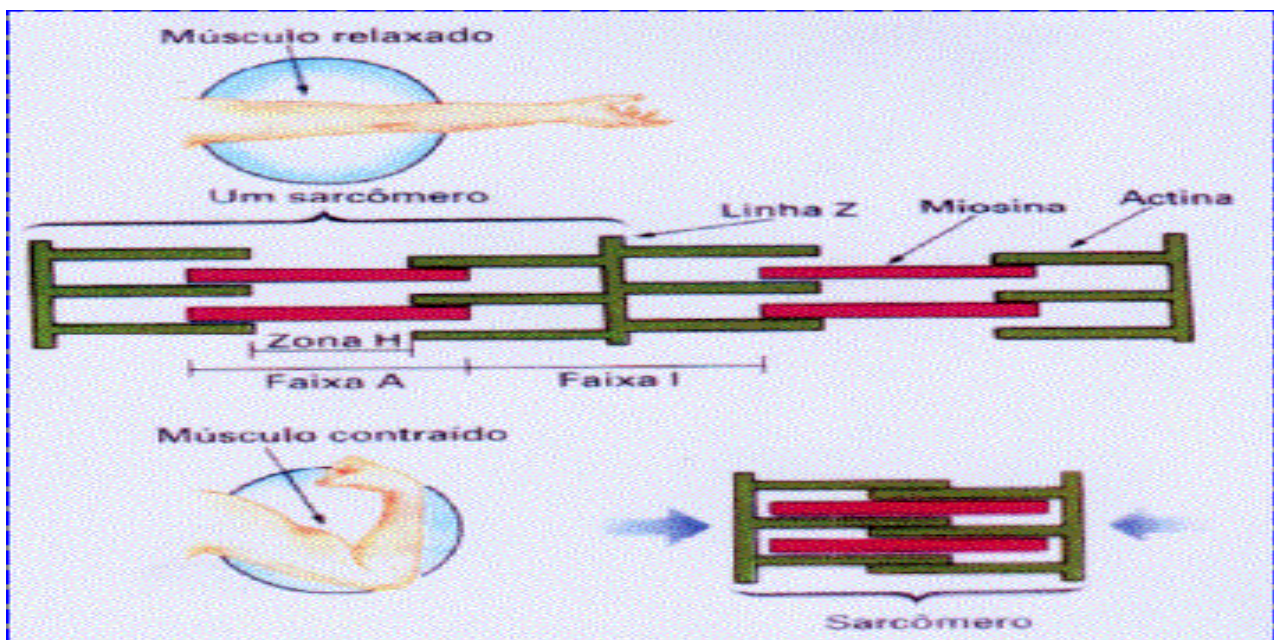
As miofibrilas são constituídas por unidades que se repetem ao longo de seu comprimento, denominadas **sarcômeros**. A distribuição dos filamentos de actina e miosina varia ao longo do sarcômero. As faixas mais extremas e mais claras do sarcômero, chamadas **banda I**, contêm apenas filamentos de actina. Dentro da banda I existe uma linha que se cora mais intensamente, denominada **linha Z**, que corresponde a várias uniões entre dois filamentos de actina. A faixa central, mais escura, é chamada **banda A**, cujas extremidades são formadas por filamentos de

actina e miosina sobrepostos. Dentro da banda A existe uma região mediana mais clara – a **banda H** – que contém apenas miosina. Um **sarcômero** compreende o **segmento entre duas linhas Z consecutivas** e é a unidade contrátil da fibra muscular, pois é a menor porção da fibra muscular com capacidade de contração e distensão.

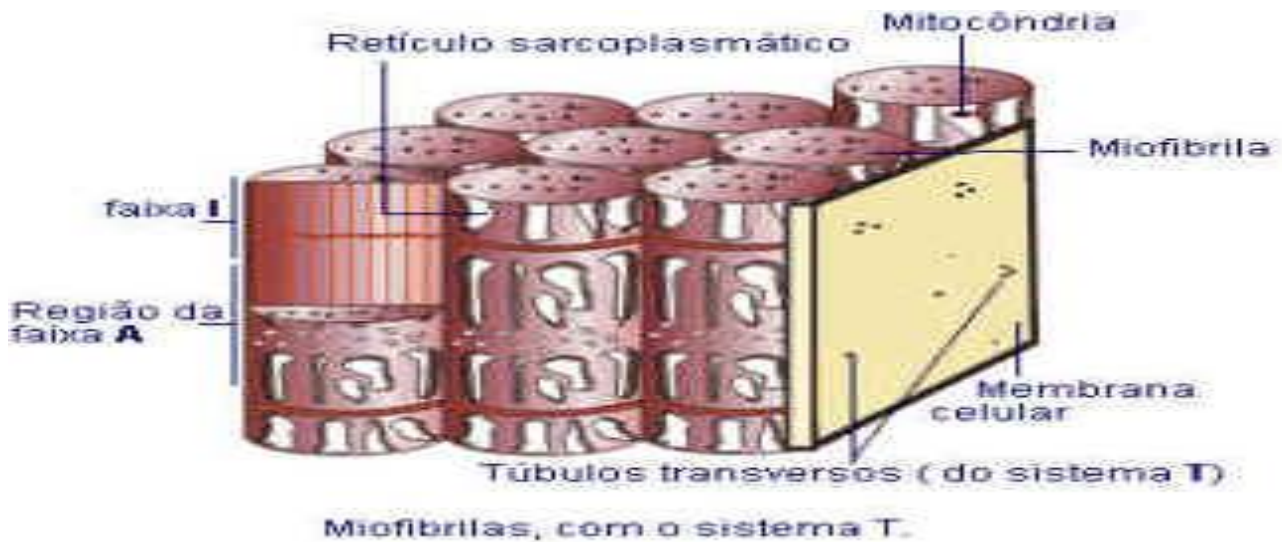


- 1- Bandas escuras (anisotrópicas – banda A).
- 2- Faixas claras (isotrópicas – banda I, com linha Z central).
- 3- Núcleos periféricos.

Contração: ocorre pelo deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina e o sarcômero diminui devido à aproximação das duas linhas Z, e a **zona H** chega a **desaparecer**.



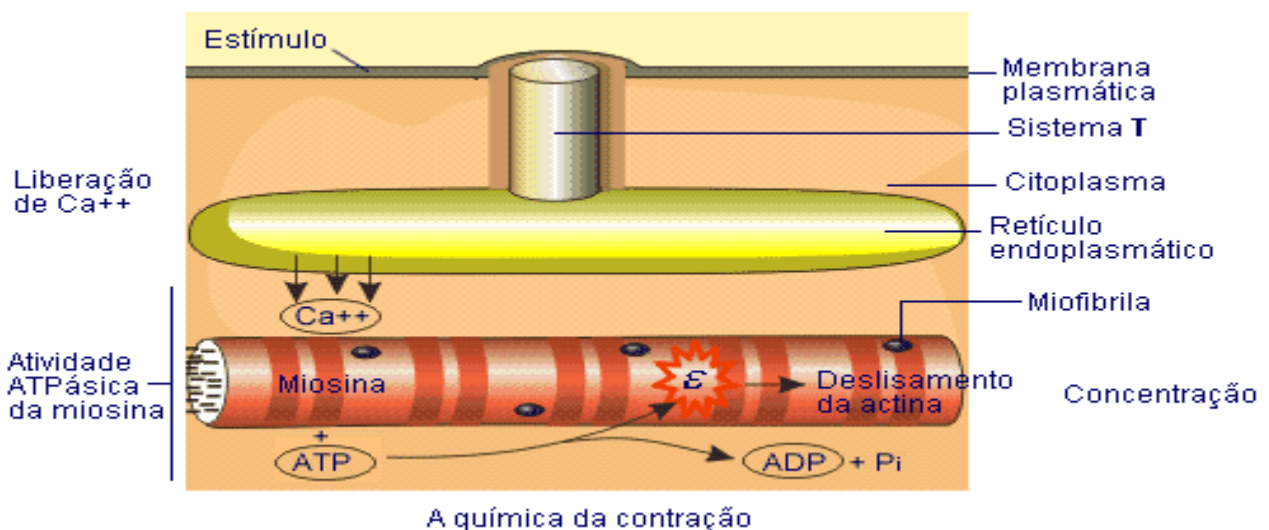
A contração do músculo-esquelético é voluntária e ocorre pelo deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina. Nas pontas dos filamentos de miosina existem pequenas projecções, capazes de formar ligações com certos sítios dos filamentos de actina, quando o músculo é estimulado. Essas projecções de miosina puxam os filamentos de actina, forçando-os a deslizar sobre os filamentos de miosina. Isso leva ao encurtamento das miofibrilas e à contração muscular. Durante a contração muscular, o sarcômero diminui devido à aproximação das duas linhas Z, e a zona H chega a desaparecer.



Constatou-se, através de microscopia electrónica, que o **sarcolema** (membrana plasmática) da fibra muscular sofre invaginações, formando túbulos anastomosados que envolvem cada conjunto de miofibrilas. Essa rede foi denominada **sistema T**, pois as invaginações são perpendiculares as miofibrilas. Esse sistema é responsável pela contracção uniforme de cada fibra muscular estriada esquelética, não ocorrendo nas fibras lisas e sendo reduzido nas fibras cardíacas.

A química da contracção muscular

O estímulo para a contracção muscular é geralmente um impulso nervoso, que chega à fibra muscular através de um nervo. O impulso nervoso propaga-se pela membrana das fibras musculares (sarcolema) e atinge o retículo sarcoplasmático, fazendo com que o cálcio ali armazenado seja liberado no hialoplasma. Ao entrar em contacto com as miofibrilas, o cálcio desbloqueia os sítios de ligação da actina e permite que esta se ligue à miosina, iniciando a contracção muscular. Assim que cessa o estímulo, o cálcio é imediatamente rebombeado para o interior do retículo sarcoplasmático, o que faz cessar a contracção.



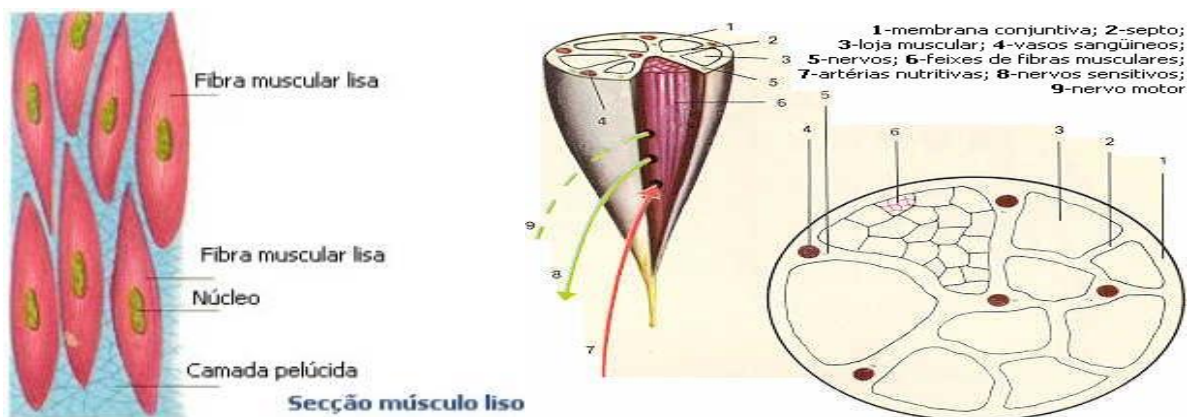
A energia para a contracção muscular é suprida por moléculas de ATP produzidas durante a respiração celular. O ATP actua tanto na ligação da miosina à actina quanto em sua separação, que

ocorre durante o relaxamento muscular. Quando falta ATP, a miosina mantém-se unida à actina, causando enrijecimento muscular. É o que acontece após a morte, produzindo-se o estado de rigidez cadavérica (rigor mortis).

A quantidade de ATP presente na célula muscular é suficiente para suprir apenas alguns segundos de actividade muscular intensa. A principal **reserva de energia** nas células musculares é uma substância denominada **fosfato de creatina (fosfocreatina ou creatina-fosfato)**. Dessa forma, podemos resumir que a **energia** é inicialmente fornecida pela respiração celular é armazenada como **fosfocreatina** (principalmente) e na forma de **ATP**. Quando a fibra muscular necessita de energia para manter a contracção, grupos fosfatos ricos em energia são transferidos da fosfocreatina para o ADP, que se transforma em ATP. Quando o trabalho muscular é intenso, as células musculares repõem seus estoques de ATP e de fosfocreatina pela intensificação da respiração celular. Para isso utilizam o glicogénio armazenado no citoplasma das fibras musculares como combustível.

Musculatura Lisa

A estriação não existe nos músculos viscerais, que se chamam, portanto, músculos lisos. Os músculos viscerais são também constituídos de fibras fusiformes, mas muito mais curtas do que as fibras musculares esqueléticas: têm, na verdade, um tamanho que varia de 30 a 450 microns. Têm, além disso, um só núcleo e não são comandados pela vontade, ou seja, sua contracção é involuntária, além de lenta. As fibras lisas recebem, também, vasos e nervos sensitivos e motores provenientes do sistema nervoso autónomo.

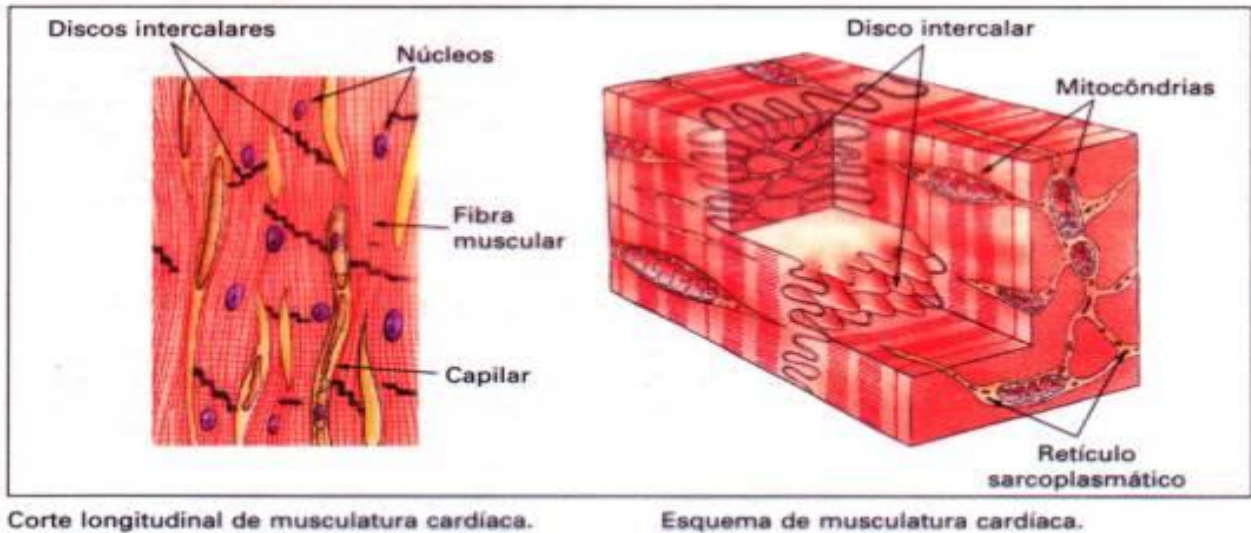


Embora a contracção do músculo liso também seja regulada pela concentração intracelular de iões cálcio, a resposta da célula é diferente da dos músculos estriados. Quando há uma excitação da membrana, os iões cálcio armazenados no retículo sarcoplasmático são então liberados para o citoplasma e se ligam a uma proteína, a calmodulina. Esse complexo activa uma enzima que fosforila a miosina e permite que ela se ligue à actina. A actina e a miosina interagem então praticamente da mesma forma que nos músculos estriados, resultando então na contracção muscular.

Musculatura Cardíaca

O tecido muscular cardíaco forma o músculo do coração (miocárdio). Apesar de apresentar estrias transversais, suas fibras contraem-se independentemente da nossa vontade, de forma rápida e rítmica, características estas, intermediárias entre os dois outros tipos de tecido muscular

As fibras que formam o tecido muscular estriado cardíaco dispõem-se em feixes bem compactos, dando a impressão, ao microscópio óptico comum, de que não há limite entre as fibras. Entretanto, ao microscópio electrónico podemos notar que suas fibras são alongadas e unidas entre si através de delgadas membranas celulares, formando os chamados **discos intercalares**, típicos da musculatura cardíaca.



A contração muscular segue praticamente os mesmos passos da contração no músculo estriado esquelético, com algumas diferenças:

- os túbulos T são mais largos que os do músculo-esquelético;
- retículo sarcoplasmático menor;
- as células musculares cardíacas possuem reservas intracelulares de íões cálcio mais limitadas;
- tanto o cálcio intracelular quanto o extracelular estão envolvidos na contração cardíaca: o influxo de cálcio externo age como desencadeador da liberação do cálcio armazenado na luz do retículo sarcoplasmático, provocando a contração ao atingir as miofibrilas e levando ao relaxamento ao serem bombeados de volta para o retículo.

Características	Lisa	Estriada Esquelética	Estriada Cardíaca
Forma	Fusiforme	Filamentar	Filamentar ramificada (anastomosada)
Tamanho (valores médios)	Diâmetro: 7mm Comprimento: 100mm	30mm centímetros	15mm 100mm
Estrias transversais	Não há	Há	Há
Núcleo	1 central	Muitos periféricos (sincício)	1 central
Discos intercalares	Não há	Não há	Há
Contração	Lenta, involuntária	Rápida, voluntária	Rápida, voluntária

Apresentação	Formam camadas envolvendo órgãos	Formam pacotes bem definidos, os músculos esqueléticos	Formam as paredes do coração (miocárdio)
--------------	----------------------------------	--	--