

Aula 7

TECIDO MUSCULAR

META

Apresentar o tecido muscular descrevendo sua distribuição nos sistemas corporais, sua constituição, classificação e a relação com outros tecidos.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

- Aprender a constituição do tecido muscular e as características das células musculares;
- Reconhecer e classificar os diferentes tipos de tecidos musculares;
- Entender o processo de contração muscular;

PRÉ-REQUISITO

Antes de iniciar o estudo do tecido muscular, faça uma leitura sobre filamentos do citoesqueleto e junções intercelulares (célula-célula) em um livro de Biologia Celular.

Marlúcia Bastos Aires

INTRODUÇÃO

O tecido muscular é um dos quatro tecidos básicos que se caracteriza pela sua contratilidade, ou seja, pela capacidade de se contrair utilizando a energia da hidrólise do trifosfato de adenosina (ATP). As células dos tecidos musculares são alongadas e recebem o nome de fibras musculares ou miócitos. Em seu citoplasma, existem dois tipos de filamentos protéicos: os de actina e os de miosina, responsáveis pela grande capacidade de contração e distensão dessas células. Quando um músculo é estimulado a se contrair, os filamentos de actina deslizam entre os filamentos de miosina e a célula diminui em tamanho, caracterizando a contração. Há três tipos de tecido muscular: estriado esquelético, estriado cardíaco e liso. Cada um deles tem características próprias, adequadas ao papel que desempenham no organismo.

TECIDO MUSCULAR

O tecido muscular é especializado na transformação da energia química em mecânica, o que freqüentemente implica em geração de movimento. Esse tecido é responsável por movimentos de grande porte e também por modificações no tamanho e forma de órgãos internos, graças à capacidade de suas células de diminuir uma de suas dimensões.

Existem três tipos de músculo: estriado esquelético, estriado cardíaco e liso. Em todos os três tipos de músculo, a energia da hidrólise do ATP é transformada em energia mecânica. Todos os três tipos são constituídos de células alongadas chamadas de fibras musculares, especializadas na contração muscular. As fibras musculares são células cilíndricas e longas, as quais apresentam características específicas de acordo com o tipo de tecido muscular. Veja na figura abaixo, os tipos de tecido muscular e suas características gerais.

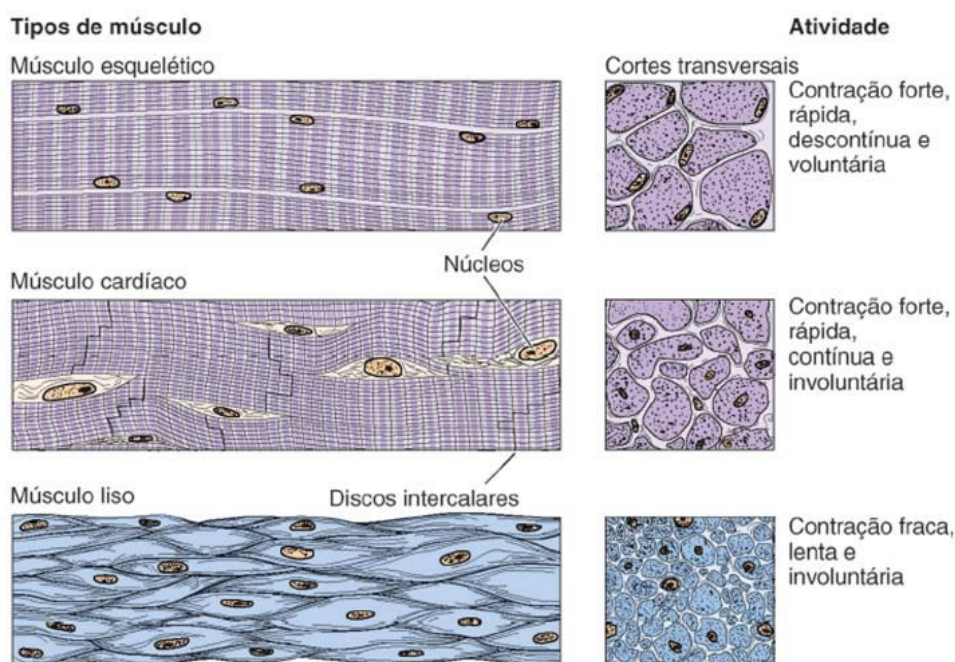


Figura 7A: Tipos de tecido muscular e suas características gerais. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.182.

As fibras musculares apresentam uma estrutura especial que é a base para a contração, as miofibrilas, as quais são constituídas por filamentos delgados (filamentos de actina) e os filamentos espessos (constituídos por miosina II) (Fig. 7B).

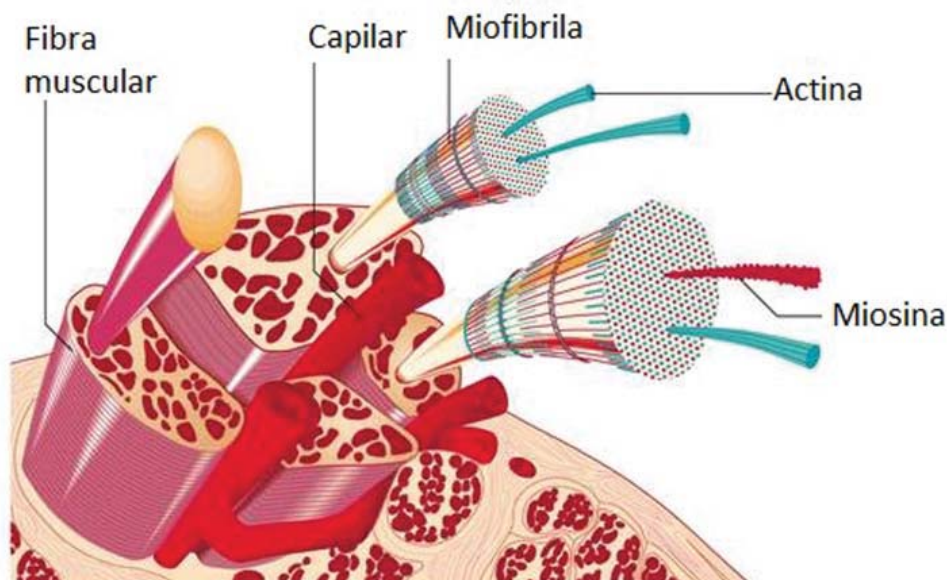


Figura 7B: Desenho esquemático mostrando as fibras musculares e o seu conteúdo de miofibrilas. As miofibrilas são constituídas por filamentos delgados (filamentos de actina) e os filamentos espessos (constituídos por miosina II). (Fonte: Modificado de <http://www.talktalk.co.uk>).

Esses filamentos ocupam a maior parte do citoplasma, que nas células musculares é também designado de sarcoplasma. Outros componentes das células musculares também receberam nomes especiais, a membrana plasmática é chamada de sarcolema e o retículo endoplasmático liso, de retículo sarcoplasmático (Fig. 7C).

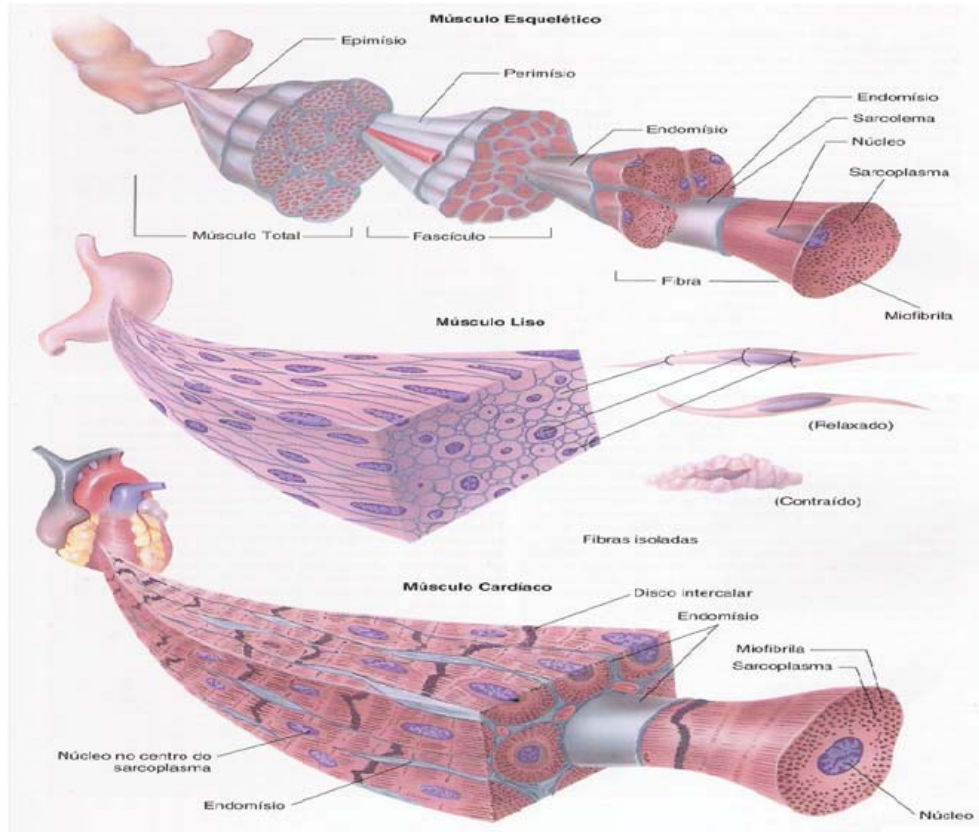


Figura 7C: Desenho esquemático dos três tipos de tecido muscular. Observe as denominações específicas da membrana plasmática (sarcolema), do citoplasma (sarcoplasma) e do retículo endoplasmático liso (retículo sarcoplasmático) que as fibras musculares recebem. Fonte: GARTNER, 1999, p.126.

TECIDO MUSCULAR ESTRIADO ESQUELÉTICO (TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO)

O tecido muscular esquelético possui a maior massa no organismo e se organiza em unidades chamadas de músculos. Os músculos esqueléticos são responsáveis pela movimentação e estabilização do organismo devido ao fato de se inserirem nos ossos do esqueleto. Os músculos esqueléticos não são constituídos somente de tecido muscular, mas também de tecido conjuntivo com vários níveis de organização, além de vasos e nervos.

O tecido muscular esquelético é envolto pelo epimísio, uma camada de tecido conjuntivo denso. O perimísio, oriundo do epimísio, circunda os feixes de células musculares e cada célula muscular é rodeada pelo endomísio, uma camada delgada de fibras reticulares e matriz extracelular intimamente associada a uma lâmina basal que envolve cada célula muscular (Fig. 7D).

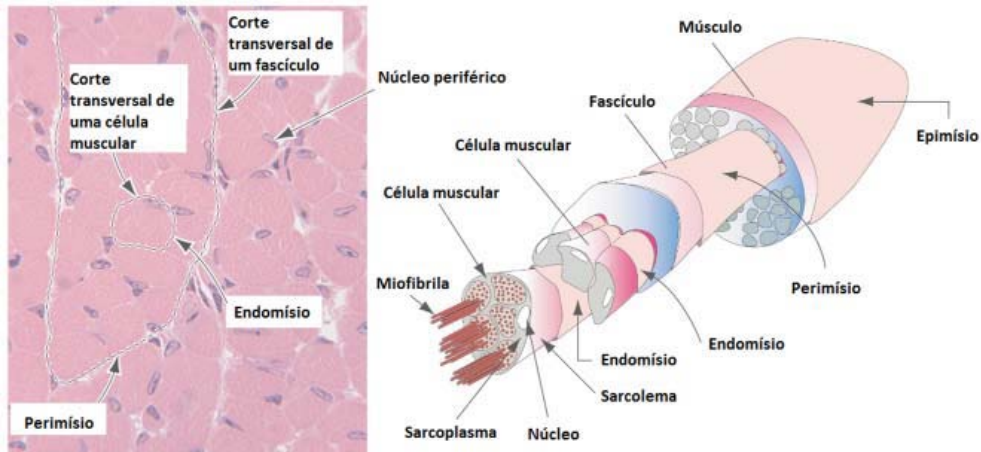


Figura 7D: Figura mostrando o tecido conjuntivo de revestimento do tecido muscular. O epimísio envolve todo o músculo, o perimísio divide o músculo em fascículos e o endomísio circunda cada fibra muscular. Observe na figura histológica a presença de núcleos periféricos nas fibras musculares estriadas esqueléticas. Fonte: Modificado de KIERSZENBAUM, 2008, p.199.

O tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas (até 30 cm), cilíndricas, multinucleadas e contendo muitas miofibrilas. As miofibrilas são estruturas cilíndricas medindo de 1 a 2 μm de diâmetro, que se dispõem longitudinalmente e possuem o mesmo comprimento da fibra muscular. Ao microscópio óptico, as miofibrilas em conjunto, possuem estriações transversais, pela alternância de faixas claras e escuras. O padrão estriado das miofibrilas reflete a sequência de unidades idênticas que se repetem, os sarcômeros, como veremos abaixo.

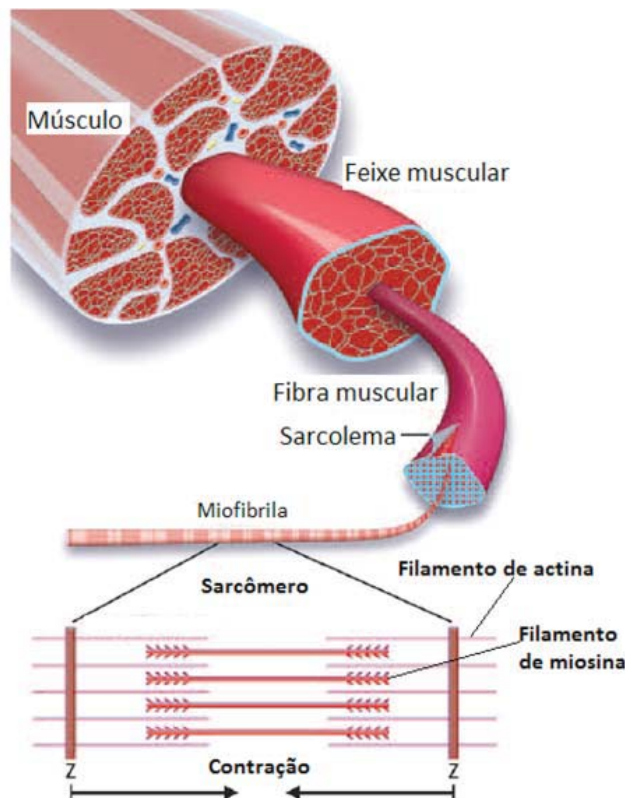


Figura 7E: Desenho esquemático mostrando as miofibrilas com as repetições de unidades idênticas, os sarcômeros, os quais constituem as unidades contráteis do músculo esquelético. Fonte: Modificado de <http://cp.vetlearn.com>).

ORGANIZAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES ESQUELÉTICAS

O sarcômero é a unidade contrátil do músculo esquelético. Cada sarcômero é constituído de filamentos espessos (grossos) e delgados (finos), cujo arranjo é responsável pelo padrão em bandas observado à microscopia de luz e microscopia eletrônica. Os filamentos delgados medem 7 nm de largura e 1µm de comprimento e formam a banda I. Além da actina, o filamento delgado contém troponina, tropomiosina e nebulina. Os filamentos espessos medem 15 nm de espessura e 1,5 µm de comprimento e são encontrados na banda A (Fig. 7F). Além da miosina, os filamentos espessos contêm titina (Fig. 7G).

A banda A é subdividida ao meio por uma região clara chamada banda H. Correndo no centro da banda H está a linha M. As estriações da linha M correspondem a uma série de pontes e de filamentos que se ligam à zona nua dos filamentos espessos. Os filamentos delgados estão inseridos em cada lado da linha Z, cujos componentes incluem a actinina- α .

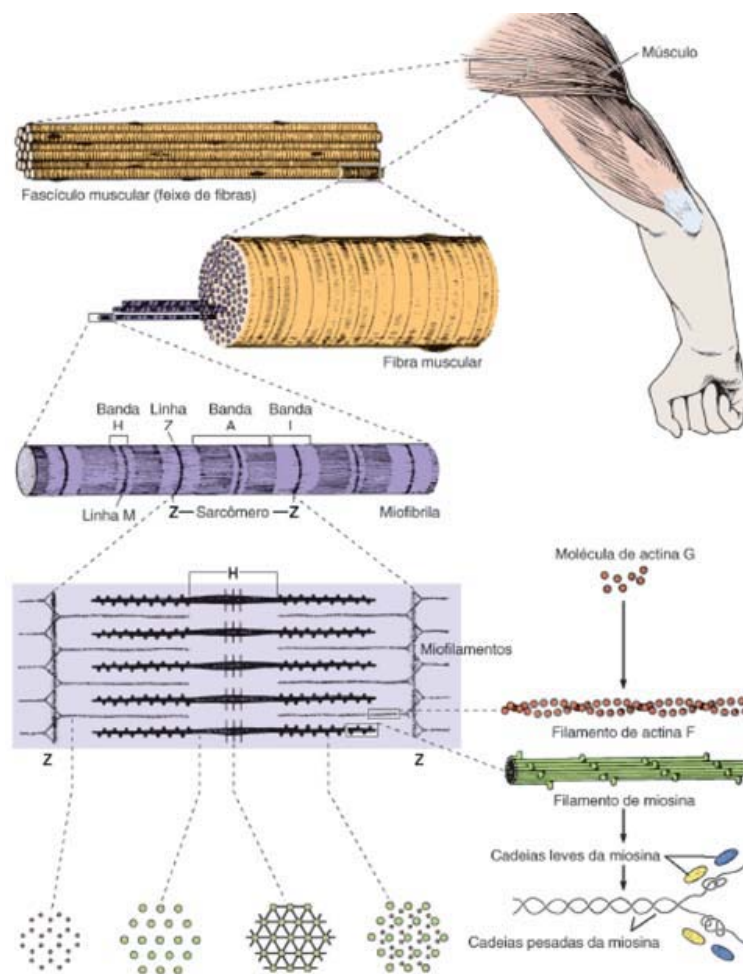


Figura 7F: Diagrama ilustrando a estrutura e posição dos filamentos finos e grossos do sarcômero. Observar a organização do sarcômero em banda A com a linha M ao centro, e banda I com a linha Z ao centro. Um sarcômero compreende um segmento entre duas linhas Z consecutivas. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.188.

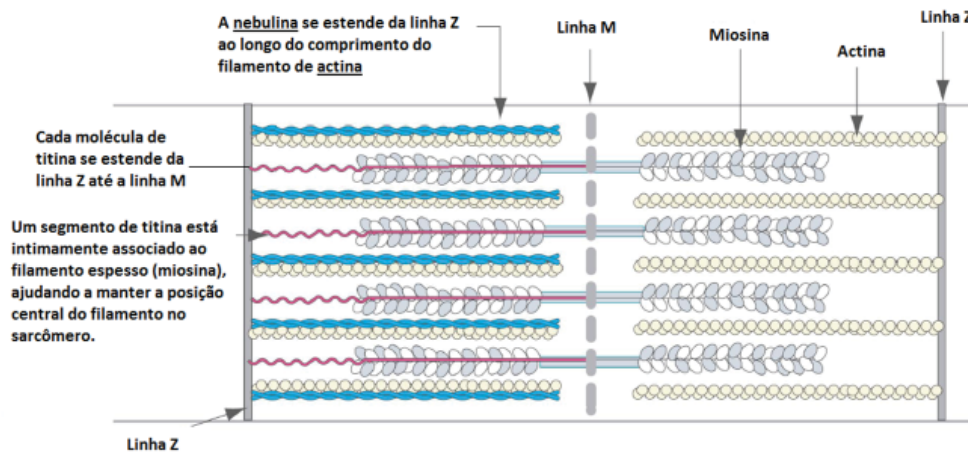


Figura 7G: Desenho esquemático do sarcômero ilustrando a presença de nebulina associada ao filamento delgado e a titina associada à miosina. Fonte: Modificado de KIERSZENBAUM, 2008, p.205.

COMPONENTES DOS FILAMENTOS DELGADO E ESPESSE DO SARCÔMERO

Os filamentos delgados do sarcômero são formados por duas cadeias entrelaçadas de actina-F. A actina-F é constituída por monômeros globulares de actina-G, os quais ligam-se entre si, produzindo um filamento polarizado com extremidade mais (+) e menos (-). A extremidade + dos filamentos de actina se ancora na linha Z (Fig. 7F). Além de actina, os filamentos delgados contêm tropomiosina e troponina.

A tropomiosina é uma proteína de 64 kD que também consiste em uma hélice dupla de dois polipeptídeos. Ela forma filamentos que passam pelo sulco entre as moléculas de actina-F no filamento delgado (Fig. 7H). No músculo em repouso, a tropomiosina e sua proteína reguladora, o complexo da troponina, mascaram o local de ligação de miosina na molécula de actina.

A troponina consiste na realidade em um complexo de três subunidades globulares. A troponina C (TnC) é a subunidade menor do complexo da troponina que fixa o cálcio, uma etapa essencial para o desencadeamento da contração. A troponina T (TnT) se liga a tropomiosina, ancorando o complexo da troponina e a troponina I (TnI), que cobre o sítio ativo da actina, onde ocorre a interação da actina com a miosina (Fig. 7H).

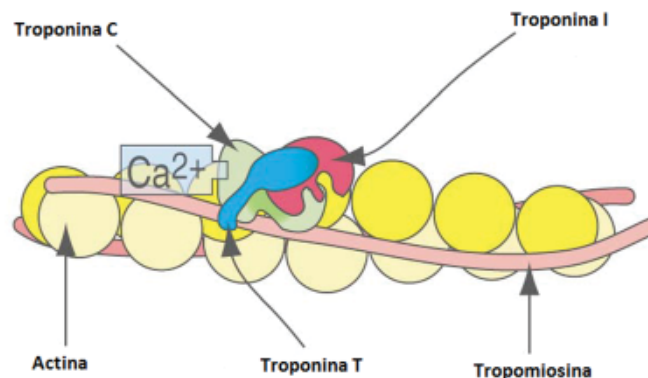


Figura 7H: Complexo troponina-tropomiosina-actina. A tropomiosina forma filamentos que passam pelo sulco entre as moléculas de actina-F no filamento delgado. A troponina consiste em um complexo de três subunidades globulares: troponina C que é a subunidade menor do complexo da troponina e fixa o cálcio, a troponina T que se liga a tropomiosina, e a troponina I, que cobre o sítio ativo da actina, onde ocorre a interação da actina com a miosina. Fonte: Modificado de KIERSZENBAUM, 2008, p.204.

Os filamentos espessos do sarcômero são formados de miosina II, a qual tem forma de bastão, sendo formada por dois peptídeos enrolados em hélice. Numa de suas extremidades, a miosina apresenta uma saliência globular ou cabeça, que possui locais específicos para combinação com ATP. É nesta parte da molécula que tem lugar a hidrólise de ATP para liberar a energia usada na contração. Nesta parte também se encontra o local de combinação com a actina. As moléculas de miosina são dispostas nos filamentos grossos de tal maneira que suas partes em bastão se sobrepõem e as cabeças situam-se para fora (Fig. 7F e 7G).

MECANISMO DE CONTRAÇÃO DO MÚSCULO ESQUELÉTICO

A contração muscular depende da disponibilidade de íons Ca^{2+} , e o músculo se relaxa quando o teor desse íon se reduz no sarcoplasma. O retículo sarcoplasmático (RS) armazena e regula o fluxo de íons Ca^{2+} . Esse retículo forma uma rede de cisternas que envolvem grupos de miofibrilas, separando-as em feixes cilíndricos (Fig. 7I).

O sistema de túbulos transversais ou sistema T é constituído por uma rede de invaginações tubulares da membrana plasmática (sarcolema) da fibra muscular, cujos ramos envolvem as junções das bandas A e I de cada sarcômero (Fig. 7I). O sistema T ajuda a difusão da despolarização iniciada na placa motora e é responsável pela contração uniforme de cada fibra muscular esquelética. Quando a despolarização atinge a membrana do RS, os canais de Ca^{2+} se abrem, e esses íons, difundem-se, indo atuar sobre a troponina.

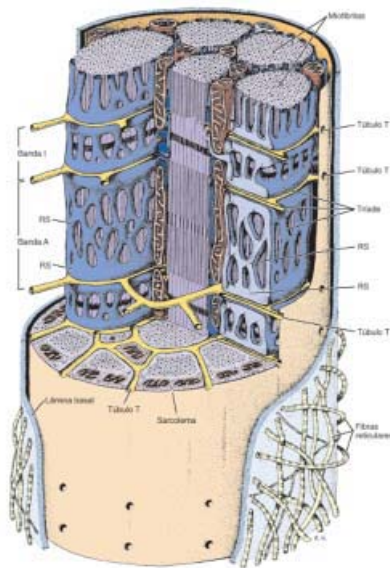


Figura 7I: Diagrama da ultra-estrutura de uma fibra muscular esquelética. O sarcolema e as miofibrilas estão parcialmente cortados, para mostrar as invaginações do sistema T presentes ao nível da transição entre as bandas A e I. O sistema T associa-se às cisternas do retículo sarcoplasmático para formar tríades. Entre os feixes de miofibrilas existem numerosas mitocôndrias. A superfície de corte das miofibrilas mostra os filamentos finos e grossos. O sarcolema é envolvido por uma lâmina basal e por fibras reticulares. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.193.

O Ca^{2+} se combina a subunidade C da troponina (TnC), o que expõe o local ativo da actina que se combina com a miosina (Fig. 7J). Na etapa seguinte, a cabeça da miosina liga-se à actina e o ATP se decompõe em ADP e energia, produzindo o movimento da cabeça da miosina. Em consequência dessa modificação da miosina, o filamento fino desliza sobre o filamento grosso. Esse processo se repete muitas vezes durante um ciclo de contração, levando a uma sobreposição completa dos filamentos de actina e miosina e ao encurtamento da fibra muscular.

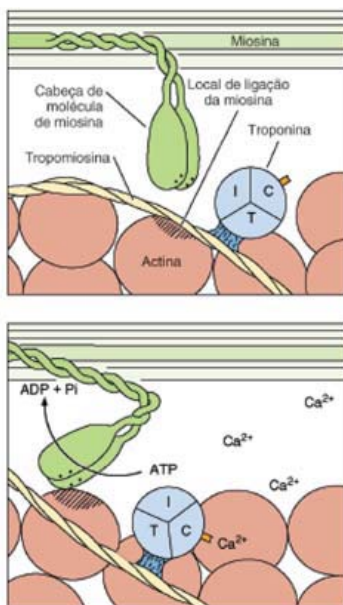


Figura 7J: A contração muscular se inicia pela combinação de Ca^{2+} com a subunidade TnC da troponina, o que expõe o local ativo da actina (área tracejada) que se combina com a miosina. Na etapa seguinte, a cabeça da miosina liga-se à actina e o ATP se decompõe em ADP e energia, produzindo o movimento da cabeça da miosina. Em consequência dessa modificação da miosina, o filamento fino desliza sobre o filamento grosso. Esse processo se repete muitas vezes durante um ciclo de contração e leva a uma sobreposição completa dos filamentos de actina e miosina e ao encurtamento da fibra muscular. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.191.

A sobreposição dos filamentos de actina sobre os de miosina leva ao encurtamento do sarcômero (Fig. 7K). Dessa forma, o encurtamento simultâneo de todos os sarcômeros de uma miofibrila e também de todas as miofibrilas da célula leva ao encurtamento da própria fibra muscular.

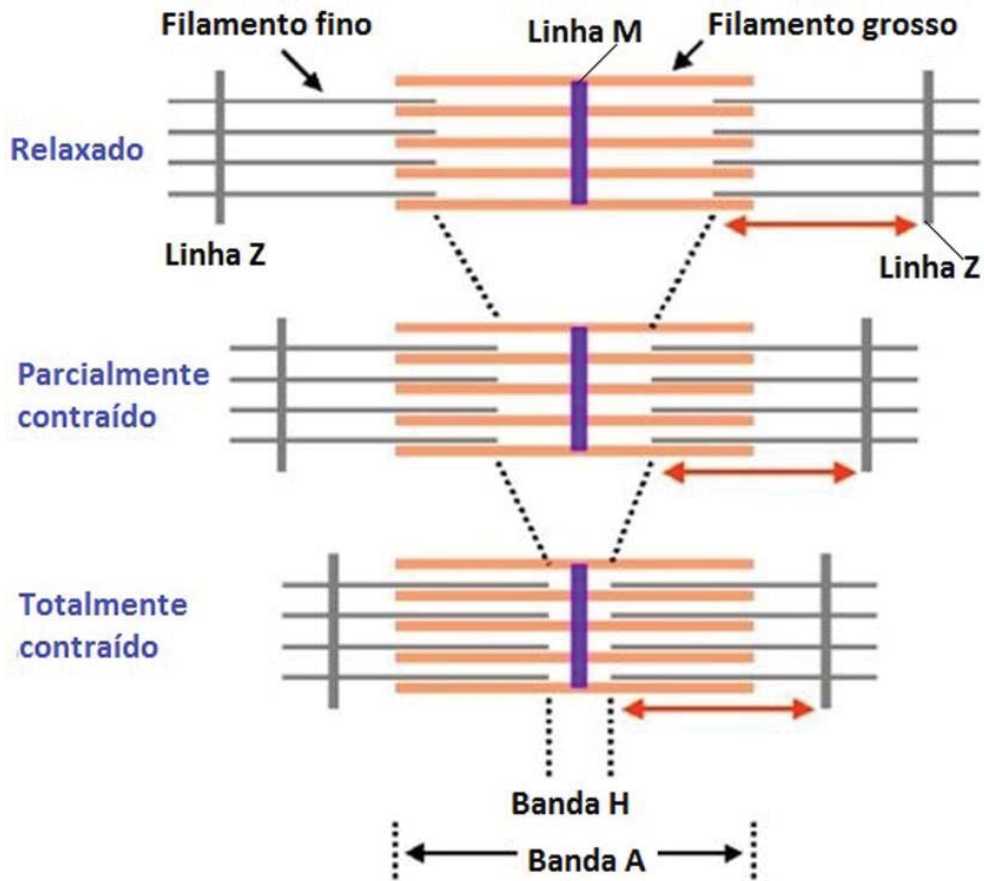


Figura 7K: Desenho esquemático ilustrando a sobreposição dos filamentos de actina sobre os de miosina que leva ao encurtamento do sarcômero (observe a aproximação das linhas Z). O encurtamento simultâneo de todos os sarcômeros de uma miofibrila e também de todas as miofibrilas da célula leva ao encurtamento da própria fibra muscular. Fonte: Modificado de <http://www.ccbm.jhu.edu>.



ATIVIDADES

HIPERTROFIA MUSCULAR ESQUELÉTICA

Hipertrofia, significa genericamente um aumento do volume celular. No caso das fibras musculares, a hipertrofia pode ocorrer em resposta a uma sobrecarga (maior trabalho mecânico) e resulta na síntese de novos sarcômeros, isto é um aumento do número de miofibrilas. Faça uma pesquisa sobre os eventos celulares, envolvidos na hipertrofia muscular esquelética que ocorre em resposta à sobrecarga de trabalho.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

O desenvolvimento muscular, durante a vida embrionária, envolve o alinhamento em cadeia e a fusão dos precursores comprometidos das células musculares, os mioblastos, para formar miotubos multinucleados (fibras musculares em desenvolvimento). As células satélites consistem em uma população celular distinta dos mioblastos que se fixam na superfície dos miotubos e têm uma importância considerável na manutenção, no reparo e na regeneração dos músculos esqueléticos do adulto.

TECIDO MUSCULAR ESTRIADO CARDÍACO (MÚSCULO CARDÍACO)

O músculo cardíaco tem os mesmos tipos e o mesmo arranjo de filamentos contráteis (filamentos de miosina e actina) do músculo esquelético. Portanto, as células musculares cardíacas apresentam estriações transversais, mas ao contrário das fibras esqueléticas que são multinucleadas, as fibras cardíacas possuem apenas um ou dois núcleos centralmente localizados (Fig. 7L).

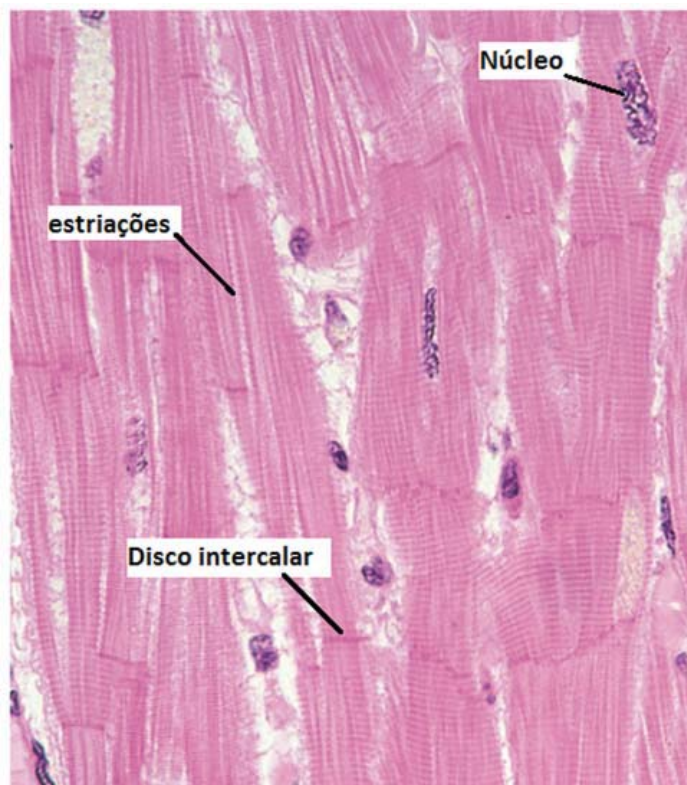


Figura 7L: Figura histológica do tecido muscular estriado cardíaco. Observar as estriações transversais, os núcleos centralmente localizados e a presença dos discos intercalares. Fonte: Modificado de GARTNER, 1999, p.139.

Uma característica exclusiva do músculo cardíaco é a presença de linhas transversais fortemente coráveis que aparecem em intervalos irregulares ao longo da célula (Fig. 7L e 7M). Estes discos intercalares são complexos juncionais encontrados na interface de células musculares adjacentes. Essas junções aparecem como linhas retas ou exibem um aspecto em escada. Nas partes em escada, distinguem-se duas regiões: a parte transversal que cruza a fibra em ângulo reto, e a parte lateral, caminhando paralelamente aos miofilamentos (Fig. 7M).

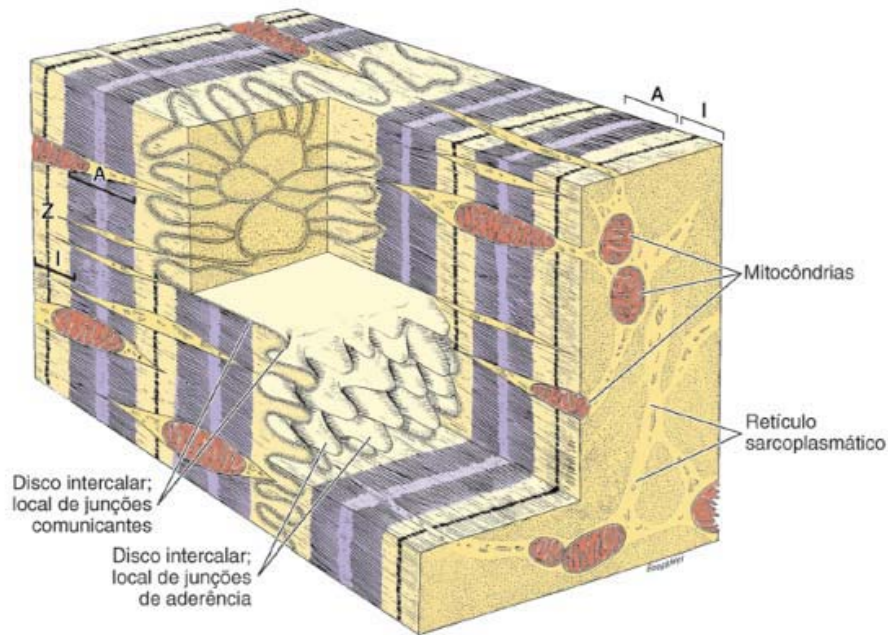


Figura 7M: Ultraestrutura do músculo cardíaco na região do disco intercalar. O Contato entre duas células contíguas se caracteriza por irregularidades que se imbricam na região transversal. No plano paralelo às fibras, o contato é liso. Essa alternância de zonas transversais e longitudinais forma os discos intercalares que se observam ao microscópio óptico. A, banda A; I, banda I; Z, linha Z. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.199.

Nos discos intercalares encontram-se três especializações juncionais principais: zônula de adesão, desmossomos e junções comunicantes (Fig. 7N). As zônulas de adesão representam a principal especialização da membrana da parte transversal do disco, estão presentes também nas partes laterais e servem para ancorar os filamentos de actina dos sarcômeros terminais. Os desmossomos unem as células musculares cardíacas, impedindo que elas se separem durante a atividade contrátil. Nas partes laterais dos discos encontram-se junções comunicantes responsáveis pela continuidade iônica entre células musculares vizinhas, o que se torna importante para que a contração passe como uma onda de uma célula para outra.

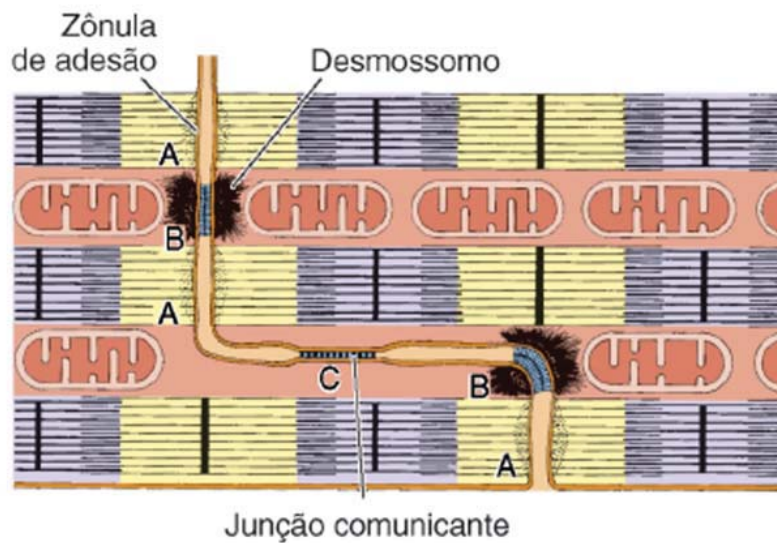


Figura 7N: Junções que constituem os discos intercalares. Zônulas de aderência (A) situadas na parte transversal do disco prendem ao sarcolema (membrana plasmática) os filamentos de actina dos sarcômeros terminais. Desmossomos (B), encontrados principalmente na parte transversal do disco, unem as células impedindo sua separação durante as contrações. Junções comunicantes (C) localizadas longitudinalmente, onde as trações são menores, permitem a passagem de íons de uma célula para outra, facilitando a propagação da despolarização da membrana, que promove a contração muscular. Fonte: JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008, p.199.

A estrutura e função das proteínas contráteis das células musculares cardíacas são praticamente as mesmas descritas para o músculo esquelético. No entanto, no músculo cardíaco, o sistema T e o retículo sarcoplasmático não são tão organizados como no músculo esquelético.

O músculo cardíaco contém numerosas mitocôndrias, que ocupam aproximadamente 40% do volume citoplasmático, o que reflete o intenso metabolismo aeróbio desse tecido. Em comparação no músculo esquelético as mitocôndrias ocupam apenas cerca de 2% do volume do citoplasma. No coração, existe uma rede de células musculares cardíacas modificadas, acopladas às outras células musculares do órgão, que têm papel importante na geração e condução do estímulo cardíaco, de tal modo que as contrações dos átrios e ventrículos ocorrem em determinada sequência, permitindo ao coração exercer com eficiência sua função de bombeamento do sangue.



INFARTO DO MIOCÁRDIO

O infarto do miocárdio é a consequência de uma perda do suprimento sanguíneo do miocárdio provocada pela obstrução de uma artéria coronariana aterosclerótica. O desfecho clínico depende da região anatômica afetada

e também da extensão e da duração da interrupção do fluxo sanguíneo. Faça uma pesquisa sobre as alterações histológicas presentes no infarto do miocárdio e as conseqüências dessas alterações para o funcionamento cardíaco.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

A causa habitual da morte celular é uma isquemia (deficiência de aporte sanguíneo) no músculo cardíaco, por oclusão de uma artéria coronária. A falta de circulação impede a chegada de nutrientes e de oxigênio ao território arterial a jusante. A isquemia determina redução imediata e progressiva da contratilidade do miocárdio. A partir de 20 minutos de oclusão, parcelas progressivamente maiores do miocárdio entram irreversivelmente em necrose. Na ausência de adequada circulação colateral, 50% da massa miocárdica em risco sofrem necrose na primeira hora e 70% em 3 a 4 horas.

TECIDO MUSCULAR LISO

O tecido muscular liso é encontrado principalmente em estruturas ocas como o canal alimentar, vasos sanguíneos, trato geniturinário e respiratório. No entanto, esse tipo de músculo pode também ser encontrado na íris, escroto e na forma de fibras isoladas, em associação com os folículos pilosos. As fibras musculares lisas são revestidas por lâmina basal e mantidas unidas por uma rede de fibras reticulares (Fig. 70). Essas fibras amarram as células musculares lisas umas às outras, de tal maneira que a contração simultânea de apenas alguma ou de muitas células se transforme na contração do músculo inteiro. O sarcolema dessas células apresenta grande quantidade de depressões com o aspecto e dimensões das vesículas de pinocitose, denominadas cavéolas, as quais contêm íons Ca^{2+} que serão utilizados para dar início ao processo de contração.

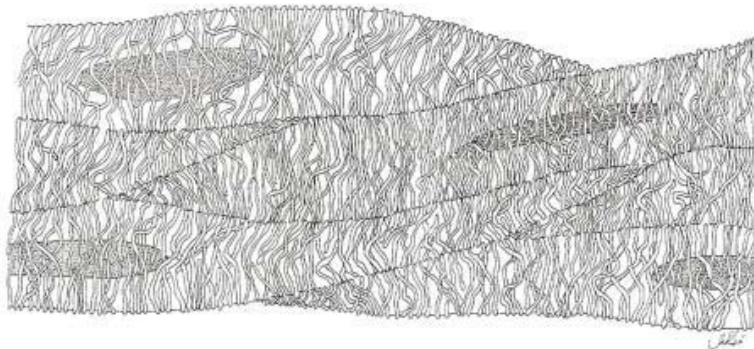


Figura 70: Esquema ilustrativo de células musculares lisas e das fibras reticulares que as envolvem. Fonte: MORISCOT et al., 2004, p.144.

O músculo liso é formado pela associação de células longas, mais espessas no centro e afinando-se nas extremidades, com núcleo único e central (Fig. 7P). O tamanho da célula muscular lisa pode variar de 20 μm na parede dos pequenos vasos sanguíneos até 500 μm no útero grávido.

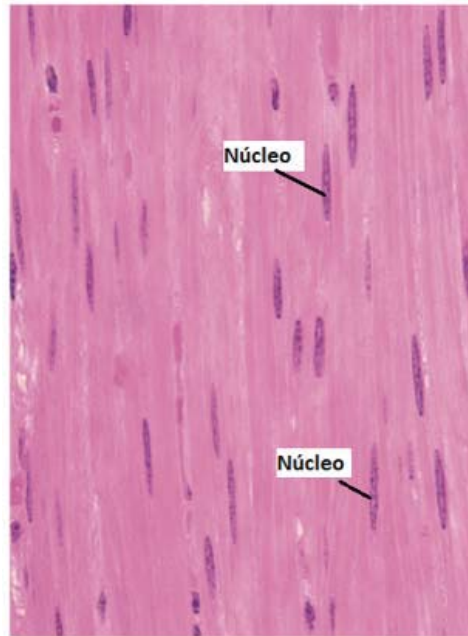


Figura 7P: Figura histológica do tecido muscular liso. Observar os núcleos centrais e a ausência de estriações. Fonte: Modificado de GARTNER, 1999, p.143.

As células musculares lisas são interligadas por junções de comunicação (tipo gap) (Fig. 7Q), pelas quais pequenas moléculas e íons podem passar de uma célula para outra proporcionando elos de comunicação que regulam a contração de todo o feixe ou folheto de músculo liso.

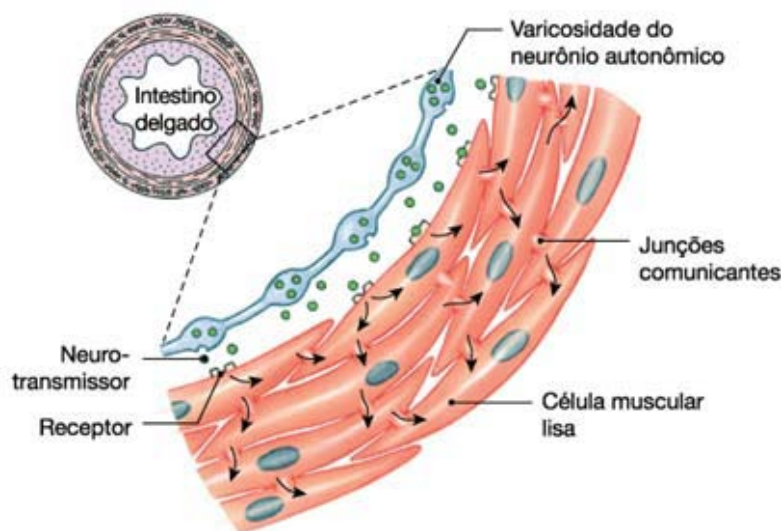


Figura 7Q: Desenho esquemático mostrando a interligação das células musculares lisas por meio de junções comunicantes (do tipo gap). Fonte: SILVERTHORN, 2010, p.433.

Embora dependa do deslizamento de filamentos de actina e miosina (miosina II), o mecanismo molecular de contração do músculo liso é diferente do observado nos músculos estriados esquelético e cardíaco. Existem no sarcoplasma das células musculares lisas filamentos de actina (filamentos finos) estabilizados pela combinação com tropomiosina, porém não existem sarcômeros nem troponina.

Os filamentos finos numa célula muscular lisa estão ligados a corpos densos, que são estruturas associadas ao citoplasma e à membrana plasmática. Os corpos densos contêm várias proteínas de fixação em placa, incluindo a α -actinina, que ancoram tanto filamentos finos como filamentos intermediários (filamentos de desmina e vimentina) ao sarcolema. Eles são importantes na transmissão das forças contráteis geradas dentro da célula para a superfície celular, alterando a forma da célula (Fig. 7S).

MECANISMO DE CONTRAÇÃO DO MÚSCULO LISO

Sob o estímulo do sistema nervoso autônomo, íons Ca^{2+} migram do meio extracelular para o sarcoplasma através de canais da membrana plasmática. O cálcio forma um complexo com a calmodulina, uma proteína com afinidade para cálcio. O complexo calmodulina- Ca^{2+} ativa a enzima cinase de cadeia leve da miosina II (Fig. 7R). A enzima ativada fosforila as moléculas de miosina II que se distendem, tomando a forma filamentososa, deixam descobertos os sítios que têm atividade de ATPase e se combinam com a actina.

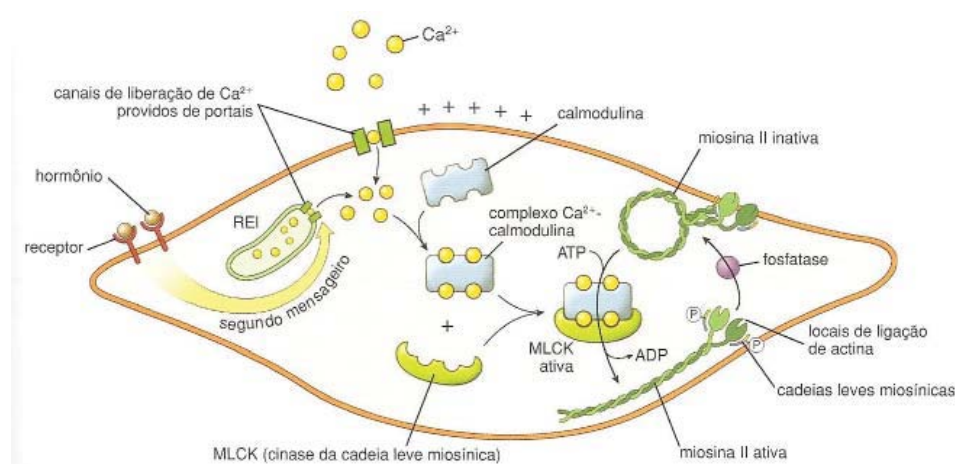


Figura 7R: Diagrama esquemático ilustrando as etapas que levam ao início da contração do músculo liso. Um aumento da concentração de Ca^{2+} no citosol é necessária para iniciar a contração do músculo liso. O Ca^{2+} intracelular se liga à calmodulina e forma o complexo Ca^{2+} - calmodulina. Esse complexo se liga à cinase de cadeia leve miosínica (MLCK) para fosforilar uma das duas cadeias leves reguladoras da molécula de miosina. Quando fosforilada, a miosina altera sua conformação e o local de ligação de actina na cabeça miosínica é ativado, possibilitando que ela se ligue à actina. Na presença de ATP, a cabeça miosínica se inclina, produzindo a contração. REI - retículo endoplasmático liso. Fonte: ROSS & PAWLINA, 2008, p.307.

Esta combinação libera energia do ATP que promove a deformação da cabeça da molécula de miosina II e o deslizamento dos filamentos de actina e de miosina II uns sobre os outros, como ocorre nos outros dois tipos de tecido muscular. Essas proteínas motoras (actina e miosina II) estão ligadas a filamentos intermediários de desmina e vimentina que, por sua vez, se prendem aos corpos densos da membrana da célula. Isto provoca a contração da célula como um todo. Veja mais detalhes na figura 7S.

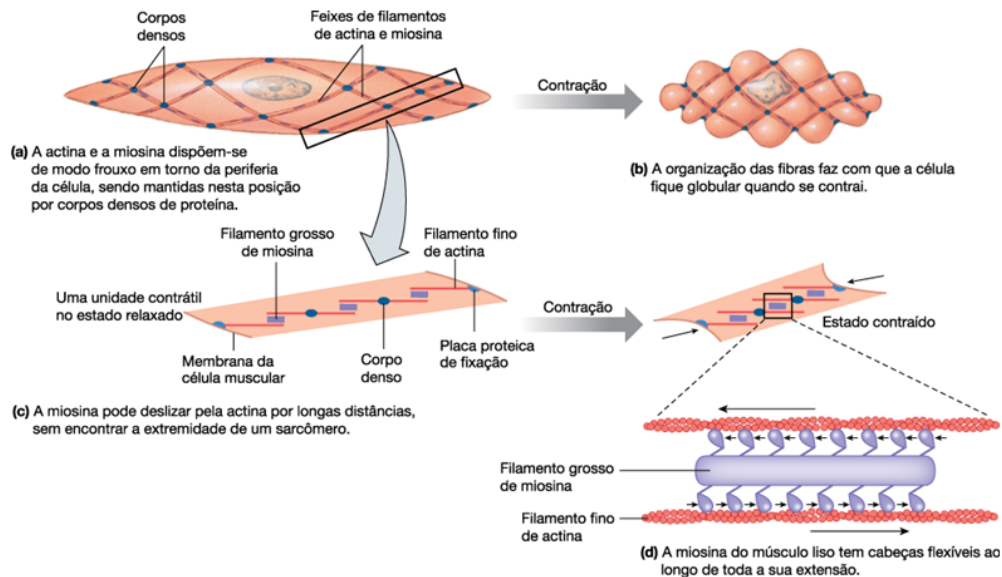


Figura 7S: No músculo liso, a actina e a miosina estão organizadas em feixes longos que se estendem diagonalmente por toda a periferia da célula, formando uma treliça ao redor do núcleo central. Os filamentos de actina prendem-se a corpos densos protéicos no citoplasma e terminam em placas de fixação protéicas na membrana celular. Os filamentos de miosina dispõem-se entre os filamentos de actina, e tem toda a sua superfície recoberta por cabeças de miosina. Fonte: SILVERTHORN, 2010, p.435.

CONCLUSÃO

Como vimos no decorrer desta aula, o tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas (até 30 cm), cilíndricas, multinucleadas e contendo muitas miofibrilas. As miofibrilas em conjunto, possuem estriações transversais, as quais refletem a sequência de unidades idênticas que se repetem, os sarcômeros. Durante a contração muscular, a sobreposição dos filamentos de actina sobre os de miosina leva ao encurtamento do sarcômero. Dessa forma, o encurtamento simultâneo de todos os sarcômeros de uma miofibrila e também de todas as miofibrilas da célula leva ao encurtamento da própria fibra muscular.

O músculo cardíaco tem os mesmos tipos e o mesmo arranjo de filamentos contráteis do músculo esquelético, no entanto, apresenta os discos intercalares. Nas partes laterais dos discos, existem junções comunicantes responsáveis (do tipo gap) pela continuidade iônica entre células musculares vizinhas, o que se torna importante para que a contração passe como uma

onda de uma célula para outra. O músculo liso por sua vez, é formado pela associação de células longas, mais espessas no centro e afinando-se nas extremidades, com núcleo único e central. As células musculares lisas também são interligadas por junções do tipo gap, pelas quais pequenas moléculas e íons podem passar de uma célula para outra proporcionando elos de comunicação que regulam a contração de todo o feixe ou folheto de músculo liso.



RESUMO

O tecido muscular é um dos quatro tecidos básicos que se caracteriza pela sua contratilidade, ou seja, pela capacidade de se contrair utilizando a energia da hidrólise do ATP. As células musculares são alongadas e recebem o nome de fibras musculares ou miócitos. Em seu citoplasma, existem dois tipos de filamentos protéicos: os de actina e os de miosina, responsáveis pela grande capacidade de contração e distensão dessas células. Quando um músculo é estimulado a se contrair, os filamentos de actina deslizam entre os filamentos de miosina e a célula diminui em tamanho, caracterizando a contração. Há três tipos de tecido muscular: estriado esquelético, estriado cardíaco e liso. Cada um deles tem características próprias, adequadas ao papel que desempenham no organismo. O tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas, cilíndricas, multinucleadas e contendo muitas miofibrilas. O músculo cardíaco tem os mesmos tipos e o mesmo arranjo de filamentos contráteis (filamentos de miosina e actina) do músculo esquelético. Portanto, as células musculares cardíacas apresentam estriações transversais, mas ao contrário das fibras esqueléticas que são multinucleadas, as fibras cardíacas possuem apenas um ou dois núcleos centralmente localizados. O músculo liso é formado pela associação de células longas, mais espessas no centro e afinando-se nas extremidades, com núcleo único e central. O tamanho da célula muscular lisa pode variar de 20 μm na parede dos pequenos vasos sanguíneos até 500 μm no útero grávido.



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iniciaremos o estudo do tecido nervoso que tem por função coordenar as atividades de diversos órgãos, receber informações do meio externo e responder aos estímulos recebidos.



AUTOAVALIAÇÃO

- Qual a constituição do tecido muscular?
- Quais as características das células musculares?
- Como posso reconhecer e classificar os diferentes tipos de tecidos musculares?
- Como ocorre o processo de contração muscular no músculo esquelético?

REFERÊNCIAS

- GARTNER, Leslie P. **Tratado de Histologia**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 426 p.
- JUNQUEIRA, Luiz Carlos, CARNEIRO, José. **Histologia Básica**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 524 p.
- KIERSZENBAUM, Abraham L. **Histologia e Biologia Celular: uma introdução à patologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 677 p.
- MORISCOT, Anselmo Sigari, CARNEIRO, José, ABRAHAMSOHN, Paulo Alexandre. **Histologia para Fisioterapia e outras áreas de reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 199 p.
- ROSS, Michael H. Ross, PAWLINA, Wojciech. **Histologia – Texto e atlas**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 908 p.
- SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia Humana: uma abordagem integrada**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 957 p.