



BIOLOGIA

com Arthur Jones

Tecido muscular

TECIDO MUSCULAR

O tecido muscular é de origem mesodérmica, sendo caracterizado pela propriedade de *contração* e *distensão* de suas células, o que determina a movimentação dos membros e das vísceras. Tecido formado por células alongadas (*miócitos*), denominadas fibras musculares.

O tecido muscular desempenha um papel vital nos movimentos do corpo. Ele é composto por células longas e altamente especializadas, conhecidas como fibras musculares ou miócitos, que possuem uma grande quantidade de filamentos proteicos no citoplasma responsáveis pela sua capacidade de contração. Além de movimentar os membros durante a locomoção ou ao segurar objetos, o tecido muscular também é responsável por movimentar órgãos internos e contrair os ductos das glândulas, além de promover outros tipos de movimentos no corpo dos animais.

Todos os tipos de tecido muscular têm origem na mesoderme durante o desenvolvimento embrionário.

► Características Gerais:

- Tecido cujas células são capazes de transformar energia química em mecânica;
- Onde, apresentam suas fibras organizadas para produzir contrações simultâneas e no mesmo sentido;
- Responsável pelos movimentos, e modificações no tamanho e forma de órgãos internos;
- Apresentam ainda tecido conjuntivo, vasos e nervos;
- Origem a partir do mesoderma;

► Propriedades especiais do Tecido Muscular:

- **Excitabilidade** – responde a impulsos nervosos e estímulos elétricos;
- **Contrabilidade** – poder de contração;
- **Extensibilidade** – capacidade de se alongar;
- **Elasticidade** – volta ao seu estado normal.

FIBRA MUSCULAR OU MIÓCITO

A célula muscular, conhecida como fibra muscular ou miócito, é altamente especializada e possui uma terminologia própria. A membrana plasmática da fibra muscular é chamada de sarcolema, o citoplasma é denominado sarcoplasma e o retículo endoplasmático é conhecido como retículo sarcoplasmático. Essas designações refletem a sua singularidade e importância funcional dentro do tecido muscular.

A estrutura da fibra muscular é composta por proteínas organizadas em miofibrilas contráteis. Essas miofibrilas são formadas por miofilamentos de proteínas contráteis, principalmente actina e miosina, que preenchem praticamente todo o sarcoplasma.

Ao contrário de outros tecidos do corpo, o tecido muscular é estabelecido no momento do nascimento e não é renovado durante a vida adulta. Portanto, um bebê já possui todas as fibras musculares que terá ao longo da vida. No entanto, à medida que o indivíduo se desenvolve, novas miofibrilas são formadas dentro das fibras musculares, promovendo o crescimento e o desenvolvimento muscular.



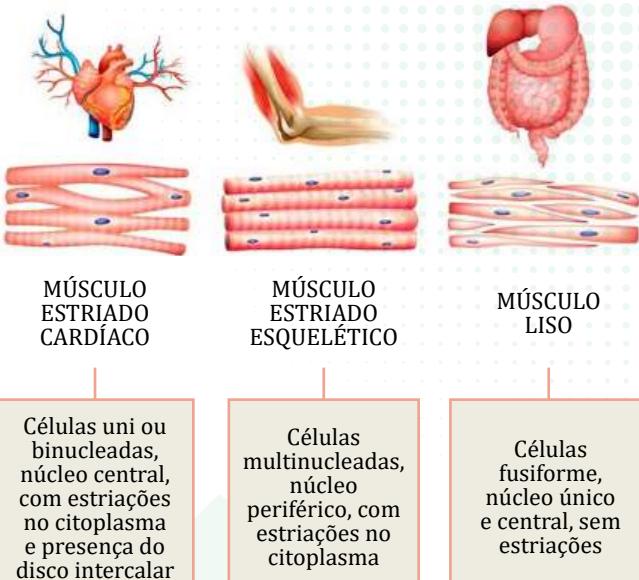
Se liga

mamífero

O estímulo frequente e intenso aos músculos pode levar à hipertrofia, ou seja, ao aumento do tamanho muscular, devido à formação de um maior número de miofibrilas. Isso é observado em pessoas que praticam musculação ou outras atividades físicas que concentram a carga em músculos específicos. No entanto, é importante destacar que esses estímulos não resultam no aumento do número de fibras musculares.

Devido à demanda energética da atividade muscular, as fibras musculares apresentam um conjunto bem desenvolvido de mitocôndrias, conhecido como condrioma. Essas mitocôndrias são as principais responsáveis por fornecer energia para as células musculares.

Para garantir um suprimento adequado de combustível para as mitocôndrias, as fibras musculares acumulam substâncias de reserva energética, principalmente na forma de glicogênio, que é um polímero de glicose. Essas reservas garantem que haja energia disponível para as células musculares durante períodos de atividade física intensa ou prolongada.



Fonte: UNIFAL-MG

TIPOS DE TECIDOS MUSCULARES:

- ▶ Estriado esquelético
- ▶ Estriado cardíaco
- ▶ Não-estriado (liso)

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES (MIÓCITOS)

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

Fonte: Wix

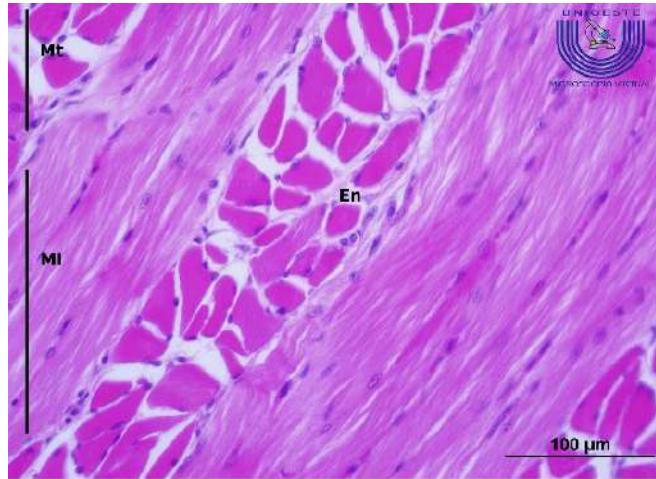
TIPOS DE MÚSCULOS

MÚSCULOS	CLASSIFICAÇÃO	CONTRAÇÃO
Liso	Tipo I (Multiunidade)	Neuro-ativado
	Tipo II (Visceral)	Neuro-regulado
Estriado	Cardíaco (Miocárdio)	Neuro-regulado
	Esquelético	Neuro-ativado

I) Músculos neuro-regulador apresentam contração própria (automatismo), porém quando há necessidade sua atividade é controlada pelo sistema nervoso autônomo. Obedece a Lei do tudo ou da.

II) Músculo neuro-ativado é aquele que para realizar a sua própria contração depende obrigatoriamente de estímulos nervosos. Não obedece a Lei do tudo ou nada.

TECIDO MUSCULAR ESTRIADO ESQUELÉTICO



Lâmina, 400x, HE. Tecido muscular estriado esquelético: em corte transversal (Mt) e longitudinal (Ml). Endomílio (En).

Fonte: Unioeste

O músculo estriado esquelético possui suas proteínas contráteis organizadas em **miofibrilas**, dispostas sempre na mesma direção, o que resulta em estriações transversais em sua estrutura. Essa organização permite que sua contração ocorra em uma única direção. Responsável pelo movimento dos membros, locomoção, e apreensão de objetos, é uma musculatura de contração rápida, forte e voluntária, controlada pelo córtex cerebral através do sistema nervoso voluntário. Apesar de sua força e eficiência, a contração do músculo estriado esquelético é descontínua, exigindo períodos de repouso para evitar a fadiga muscular. Esse tipo de músculo é altamente diferenciado e incapaz de realizar mitose, mas possui células satélites que podem se dividir e fundir para formar novas fibras musculares, embora essa capacidade de regeneração seja limitada.

As fibras musculares estriadas esqueléticas são cilíndricas e longas, podendo alcançar até 30 cm de comprimento, e são multinucleadas, com núcleos periféricos. Esses vários núcleos formam um sincício, uma vez que, durante a diferenciação, as membranas entre as células desaparecem, resultando na formação de uma fibra muscular multinucleada. A coloração vermelha desse tipo de músculo se deve à presença da proteína mioglobina, que contém ferro e é responsável por armazenar oxigênio na fibra muscular durante a atividade física, permitindo uma atividade prolongada. Sem a mioglobina, a musculatura estriada esquelética não seria capaz de manter a atividade respiratória aeróbica por muito tempo, resultando em falta de energia para a contração muscular.

CARACTERÍSTICAS:

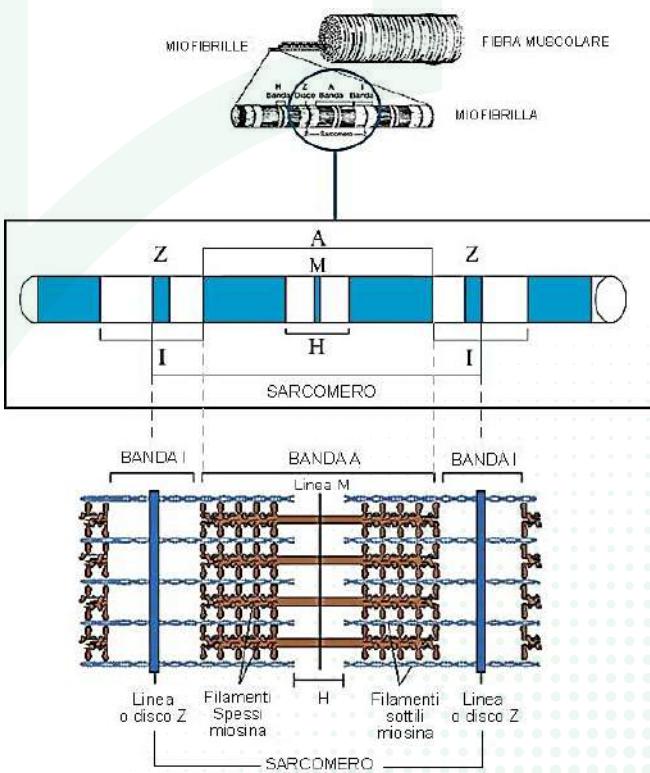
- Músculo constituído por feixes de células cilíndricas longas, denominadas fibras musculares;
- Originadas pela fusão celular de mioblastos;
- São células polinucleadas com núcleos periféricos;
- Seu diâmetro varia de 10 μ m a 100 μ m.

► As fibras musculares apresentam características especiais como:

- *Condrioma* (conjunto de mitocôndrias), organoides denominados de *sarcossomo*, que garantem a energia para os processos de contração e relaxamento muscular.
- *Sarcolema* (membrana plasmática) apresenta extensões membranosas que formam pequenos túbulos (canais), conhecidos por Túbulos T.
- *Retículo Sarcoplasmático*, altamente desenvolvido, responsável pelo armazenamento de cálcio (Ca^{2+}).
- *Sarcoplasma* (Citosol) apresenta grânulos de glicogênio e mioglobina – proteína responsável pelo armazenamento de oxigênio e que dá a cor vermelha aos músculos.
- *Miofibrilas* – inúmeras estruturas proteicas cilíndricas que se dispõem longitudinalmente. Em conjunto, as miofibrilas formam faixas claras e escuras, quando vistas a luz polarizada, constituindo as estrias transversais.

I) Faixas Escuasas: Anisotrópicas (organizadas) caracterizam a linha ou faixa A.

II) Faixas Claras: Isotrópicas (desorganizadas) caracterizam a linha ou faixa I.





Se liga, mamífero

No centro da Banda I encontra-se a linha Z. E duas linhas Z delimitam um sarcômero, que é a unidade funcional contrátil da fibra muscular.

SARCÔMERO - Filamentos Proteicos

- Actina:
- Miosina: apresenta um sítio de ligação para o ATP.
- Troponina: apresenta um sítio de ligação para o cálcio.
- Tropomiosina:



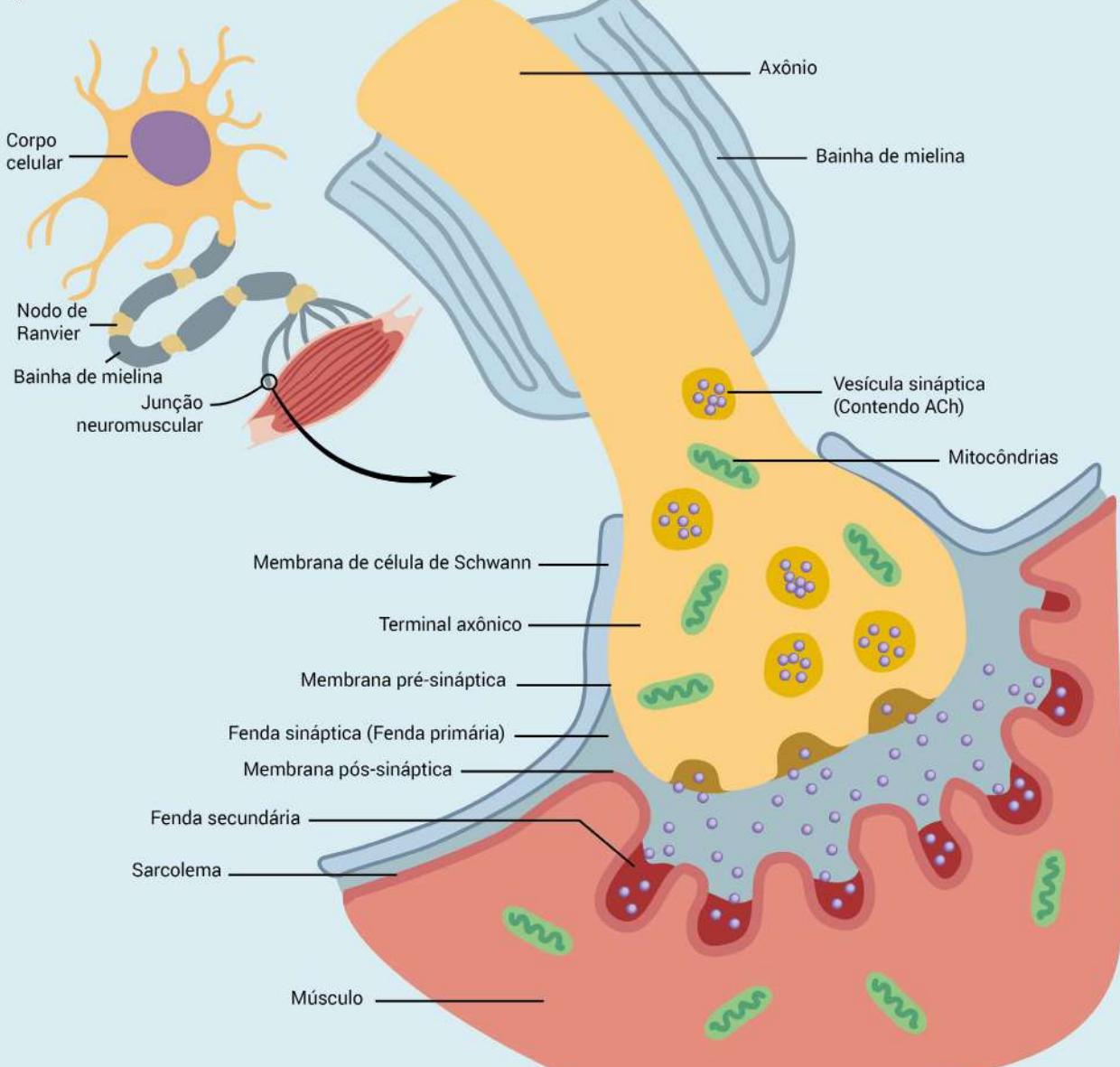
Se liga, mamífero

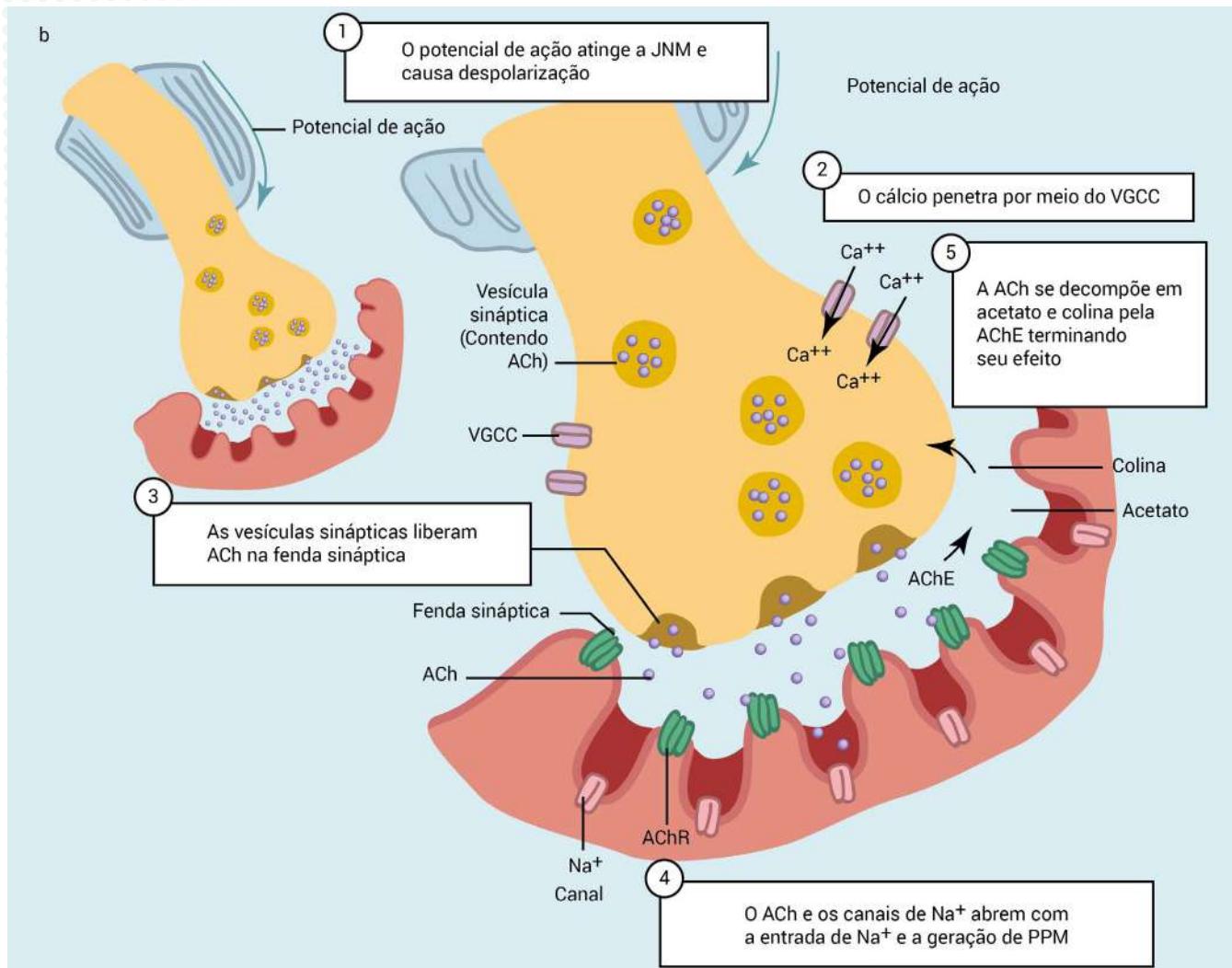
Muitas outras proteínas participam do elaborado arranjo que forma os sarcômeros e as miofibrilas. Entre as miofibrilas adjacentes existem filamentos intermediários como: a *Desmina*, a *Nebulina* e a *Titina*.

São fatores imprescindíveis para a contração muscular, a presença de cálcio (ativador enzimático) e de ATP.

Quando cessa o estímulo, não sendo mais liberado cálcio, ocorre o relaxamento muscular, porém quando não há ATP, a cabeça da miosina não é capaz de dissociar da actina. Havendo contração máxima da musculatura.

a





Fonte: Medicinanet

- Sinapse
- Placa motora
- Mediadores químicos

Rigor mortis – que se caracteriza pela rigidez muscular após a morte ou, então em casos de câimbras, onde os estoques de ATP se exaurem devido ao uso da célula muscular (fadiga).

MECANISMO DE CONTRAÇÃO

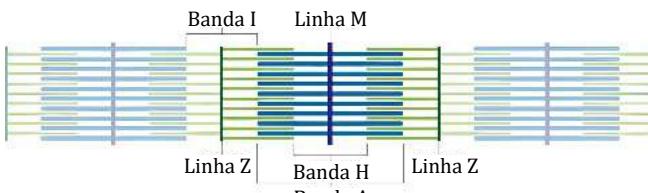
Na fibra muscular estriada esquelética, a unidade contrátil é o sarcômero ou miômero, que é visível devido à organização das miofibrilas, responsáveis pela estriação característica desse tipo de tecido muscular. As miofibrilas são compostas por miofilamentos, que são filamentos de proteínas contráteis, como a miosina e a actina. Existem dois tipos de miofilamentos no sarcômero: os miofilamentos espessos, formados pela miosina, e os miofilamentos delgados, que são compostos por três proteínas diferentes: a actina, a troponina e a tropomiosina. A

miosina possui uma estrutura com projeções laterais chamadas cabeças ou pontes cruzadas, que possuem atividade ATPásica, ou seja, são capazes de quebrar ATP para fornecer energia durante a contração muscular. Os miofilamentos delgados são móveis no sarcômero e são compostos por três proteínas distintas: a actina, que forma a estrutura principal dos filamentos finos, a troponina, que regula a interação entre actina e miosina durante a contração muscular, e a tropomiosina, que bloqueia os sítios de ligação entre actina e miosina quando o músculo está em repouso.

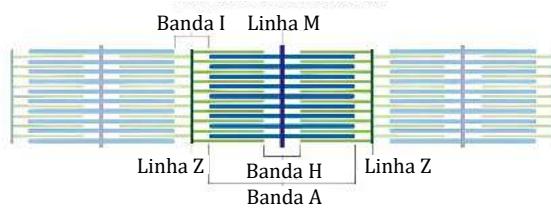
A contração do músculo esquelético é voluntária e ocorre pelo deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina. Nas pontas dos filamentos de miosina existem pequenas projeções, capazes de formar ligações com certos sítios dos filamentos de actina, quando o músculo é estimulado.

Essas projeções 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.

Sarcômero em repouso



Sarcômero contraído



Fonte: Todamateria

Constatou-se, através de microscopia eletrônica, que o *sarcolema* 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 contração uniforme de cada fibra muscular estriada esquelética, não ocorrendo nas fibras lisas e sendo reduzido nas fibras cardíacas.

A química da contração muscular

O estímulo para a contração 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 contato com as miofibrilas, o cálcio desbloqueia os sítios de ligação da actina e permite que esta se ligue à miosina, iniciando a contração muscular. Assim que cessa o estímulo, o cálcio é imediatamente rebombado para o interior do retículo sarcoplasmático, o que faz cessar a contração.

A energia para a contração muscular é suprida por moléculas de ATP produzidas durante a respiração celular. O ATP atua 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 atividade 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 contração, 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 glicogênio armazenado no citoplasma das fibras musculares como combustível.

Uma teoria simplificada admite que, ao receber um estímulo nervoso, a fibra muscular mostra, em sequência, os seguintes eventos:

- 1º) O retículo sarcoplasmático e o *Sistema T* liberam íons Ca^{2+} e Mg^{2+} para o citoplasma;
- 2º) Em presença desses dois íons, a miosina adquire uma propriedade *ATPásica*, isto é, desdobra o ATP, liberando a energia de um radical fosfato;
- 3º) A energia liberada provoca o deslizamento da actina entre os filamentos de miosina, caracterizando o encurtamento das miofibrilas.



**Se liga,
mamífero**

AUMENTO DO VOLUME MUSCULAR (HIPERTROFIA MUSCULAR)

↑ Sobrevida ↑ Trabalho Mecânico ↑ Volume Massa Muscular

Consequentemente; ↑ Síntese de novos sarcômeros.

Portanto, não ocorre hiperplasia (aumento n° de miócitos).

Em casos de lesão existe entre o sarcolema e a lámina basal da fibra muscular *células mioblásticas*, ainda indiferenciadas denominadas *células satélites*.

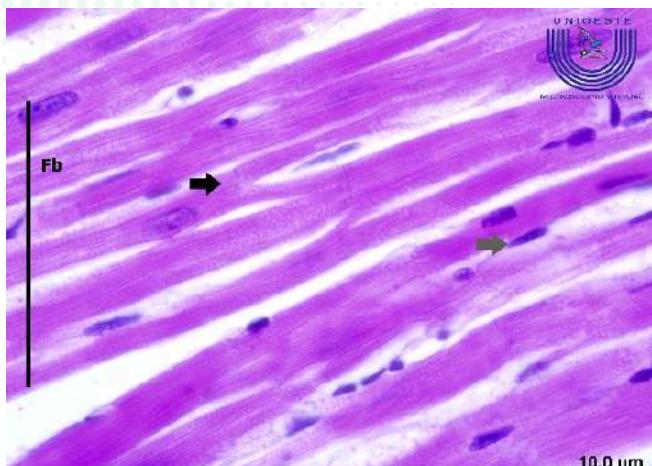
TIPOS DE FIBRA MUSCULAR ESTRIADA ESQUELÉTICA

Efeito da atividade muscular sobre a fisiologia geral

- As atividades musculares de resistência são realizadas por músculos chamados de fibras lentas, escuras ou tipo I. Estas, por realizarem atividades aeróbicas, têm muitas mitocôndrias e muita mioglobina, o que justifica a cor escura.
- As atividades musculares de explosão são realizadas por músculos chamados de fibras rápidas, claras ou tipo II. Estas, por realizarem atividades anaeróbicas, têm poucas mitocôndrias e pouca mioglobina, o que justifica a cor clara.



TECIDO MUSCULAR ESTRIADO CARDÍACO



Coração, 1000x, HE. Fibras musculares em corte longitudinal (Fb). Núcleos centrais. Disco Intercalar (Seta Preta). Tecido conjuntivo ocupa espaço entre células (não visualizado pela técnica). Fibroblastos (Seta Cinza).

Fonte:Unioeste

O músculo estriado cardíaco apresenta as proteínas contráteis, resultando em contração em uma única direção e a presença de estriações transversais. No entanto, as fibras musculares cardíacas não são tão organizadas quanto as do músculo esquelético. Está presente apenas no miocárdio, o músculo responsável pelos batimentos cardíacos, e é caracterizado por contração rápida, forte, involuntária e rítmica.

As fibras musculares estriadas cardíacas são cilíndricas e curtas, e podem ser uni ou binucleadas, com núcleos centrais. Elas apresentam uma característica única: estão ligadas entre si por estruturas chamadas discos intercalares. Esses discos permitem a troca de íons e outras substâncias, além de facilitar a rápida passagem do impulso elétrico gerado pelo marca-passo de uma célula para outra, sem a necessidade de uma sinapse, como ocorre no sistema nervoso. Isso permite uma contração rápida e uniforme do miocárdio como um todo, aumentando a eficiência de bombeamento do coração. Assim como no músculo esquelético, o músculo cardíaco também possui grande quantidade de mioglobina, conferindo-lhe uma cor vermelha.

CARACTERÍSTICAS:

- ▶ Presente no coração – Miocárdio;
- ▶ Apresentam suas fibras mono ou binucleadas, com núcleos periféricos organizados mais para o centro das células;
- ▶ Possui *discos intercalares*, que são linhas transversais que aparecem em intervalos regulares e representam complexos de junção entre as células.
- ▶ Apresenta contração involuntária, vigorosa e rítmica.

Se liga, mamífero

O coração humano, além de órgão que participa do bombeamento de sangue em nosso corpo, também pode atuar como glândula endócrina. Pois, células musculares presentes em seu átrio (aurícula) esquerdo são responsáveis por secretar moléculas precursoras do hormônio ANP (Peptídeo Atrial Natriurético). Moléculas estas que são empacotadas em vesículas (grânulos) do Complexo golgiense e liberadas na via sanguínea.



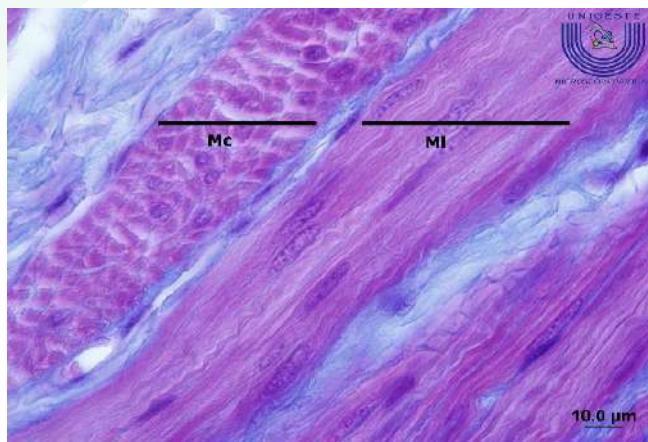
Fonte:Googleimagens

Onde, consequentemente nos rins (órgão-alvo) aumentará a eliminação de:

- Sódio (Na^+) – Natriurese
- Água (H_2O) – Diurese

Reduzindo, consideravelmente, a pressão arterial.

TECIDO MUSCULAR NÃO-ESTRIADO (LISO)



Bexiga urinária, 1000x, tricrômico de Mallory. Tecido conjuntivo frouxo em (azul); muscular com células musculares lisas em arranjo longitudinal (LI) e circular (CI).

Fonte:Unioeste

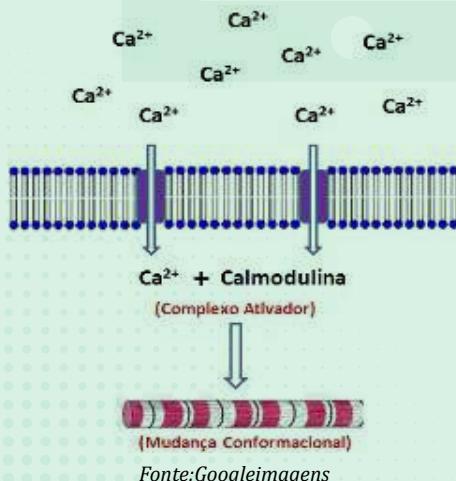
O músculo liso possui miofibrilas dispostas em várias direções, o que permite que ele se contraia em todas as direções. Como as miofibrilas não estão alinhadas em uma única direção, não há a formação de estriações transversais, e esse músculo apresenta uma aparência lisa. Encontrado nas vísceras, ele é responsável pela motilidade do tubo digestivo, como os movimentos peristálticos, pela secreção de glândulas e por outros movimentos involuntários. Este tipo de tecido muscular é caracterizado por contração fraca, lenta e involuntária, sendo controlado pelo sistema nervoso autônomo. Apesar de menos diferenciado do que outros tipos de músculos, o músculo liso possui a capacidade de regeneração. Quando é lesado, as células remanescentes entram em mitose e formam novas fibras lisas.

As fibras musculares lisas são fusiformes e curtas, com cerca de 200 mm de comprimento. Elas são uninucleadas, com núcleo central. Devido à sua baixa concentração de mioglobina, o músculo liso apresenta uma cor esbranquiçada.

CARACTERÍSTICAS:

- Apresenta miócitos alongados, sem estrias transversais, fusiformes e mononucleados;
- Fibras que se caracterizam por apresentar contrações involuntárias e lentas;
- O estímulo para a contração dos músculos lisos é mediado pelo sistema nervoso vegetativo;
- Apresenta contração lenta e ação involuntária;
- São presentes em vários locais:
- Aparelho reprodutor – contrações do canal vaginal, epidídimos, glândulas mamárias e útero, por ação do hormônio oxitocina.
- Tubo digestivo – movimentos peristálticos.
- Pele – necessário ao eriçamento dos pêlos.
- Órgãos internos – trato geniturinário: bexiga.
- Grandes vasos sanguíneos.
- Trato respiratório.
- Presente na íris.

O cálcio utilizado na contração do músculo liso provém da matriz extracelular, e não do retículo sarcoplasmático. Pois, nestas células não estão presentes os Túbulos T.



As fibras lisas podem sofrer hiperplasia, ou seja, pois estas ainda conservam o poder de proliferação celular mitótica.

Na regeneração do tecido muscular liso da parede dos vasos sanguíneos participam os **pericitos**, células que se multiplicam por mitose e originam novas células musculares lisas.



Leitura complementar

O músculo é dotado de mecanismos complexos para obter energia e garantir seu funcionamento durante a atividade física. Uma das principais fontes de energia é o glicogênio, uma forma armazenada de glicose. Inicialmente, o músculo utiliza a glicose aerobicamente por meio da respiração aeróbica, que requer oxigênio. Durante a atividade muscular, ocorre uma dilatação dos vasos sanguíneos para aumentar o fluxo de sangue e, consequentemente, o suprimento de oxigênio para os músculos. Isso explica por que os músculos podem parecer dilatados após o exercício, pois estão recebendo mais sangue. A mioglobina, uma proteína presente nos músculos, ajuda a armazenar o oxigênio necessário durante a atividade.

No entanto, em momentos de demanda intensa, o suprimento de oxigênio pode ser insuficiente. Nesse caso, a glicose é consumida anaerobicamente por meio da fermentação láctica, um processo que produz ácido láctico. O ácido láctico acumulado nos músculos pode causar dor e fadiga muscular. Após cerca de 24 a 48 horas, o ácido láctico é transportado pela corrente sanguínea para o fígado, onde é convertido de volta em glicose.

Além da glicose, o músculo também pode usar a fosfocreatina como fonte de energia. A fosfocreatina armazena grupos fosfato que podem ser transferidos para o ADP, regenerando o ATP, a principal molécula de energia celular. Esse processo mantém a atividade muscular por um curto período de tempo e é importante para momentos de demanda rápida de energia.

Existem vários mecanismos de produção de energia para a atividade muscular, que são utilizados em uma sequência específica conforme a necessidade:

1. Inicialmente, o ATP armazenado nos músculos é utilizado, mas sua quantidade é limitada e só pode sustentar a atividade muscular por alguns segundos.
2. Em seguida, o sistema creatina-fosfato entra em ação, fornecendo energia para regenerar o ATP muscular. Esse sistema é eficiente, mas também tem um tempo limitado de atividade.
3. Se a demanda de energia continuar, o músculo recorre à fermentação láctica, que fornece energia rapidamente, mas é menos eficiente do que a respiração aeróbica.
4. À medida que o ritmo respiratório e cardíaco aumentam, a respiração aeróbica se torna a principal fonte de energia para o músculo.

5. No entanto, se o suprimento de oxigênio for insuficiente, a fermentação láctica pode ser retomada, levando ao acúmulo de ácido lático e à fadiga muscular.
6. Esses mecanismos garantem que o músculo possa se adaptar às demandas variáveis de energia durante diferentes atividades físicas.



Anote aqui





Estamos juntos nessa!



TODOS OS DIREITOS RESERVADOS.