

ESTUDO DO MOVIMENTO

1

MÓDULO 2

Sistema muscular

2

- **Compreende os músculos e órgãos anexos.**

MÚSCULO

3

- **É constituído por uma parte carnosa, o VENTRE, e uma parte tendinosa, o TENDÃO.**

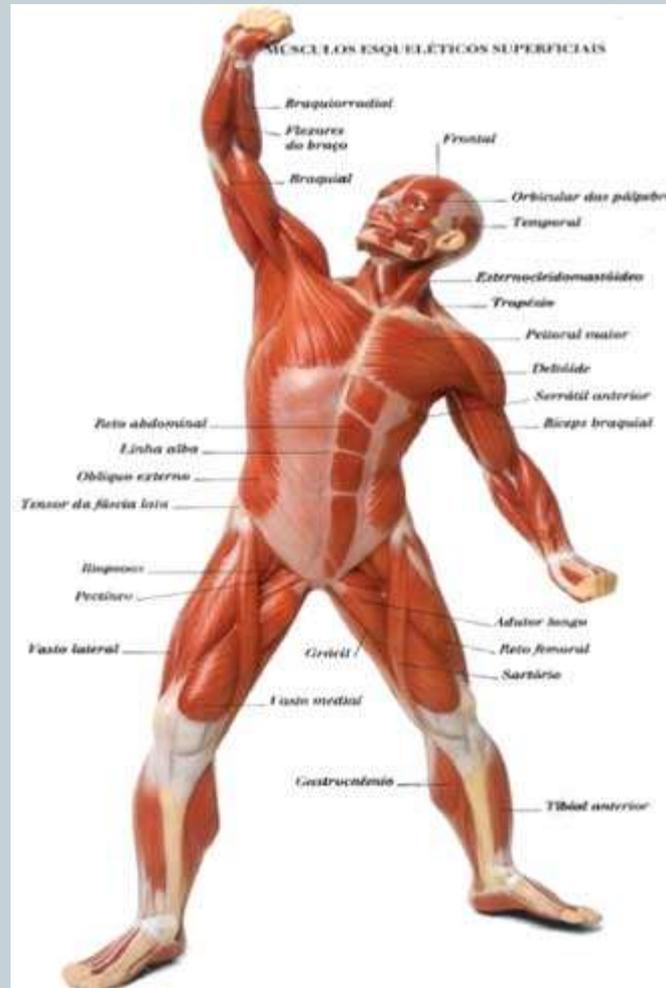
Ventre/Tendão

4

- **O ventre é a parte ativa, que produz movimento, enquanto o tendão é a parte passiva, que apenas transmite a força da contração do ventre para o osso.**
- **Geralmente, os tendões são cilíndricos ou em forma de fita.**
- **Os que têm forma de lâminas são denominados aponeuroses de inserção.**

Sistema muscular

5



Estrutura dos músculos

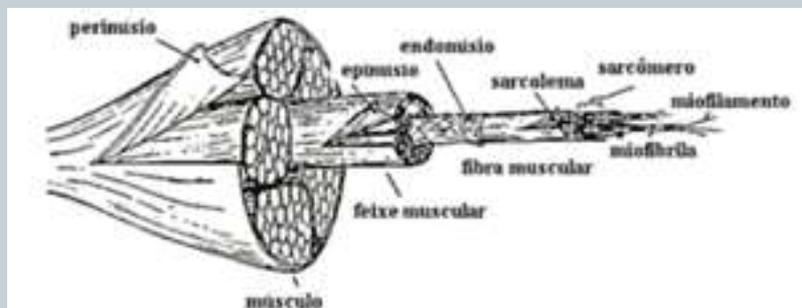
6

- **O ventre muscular é constituído por feixes de células musculares (fibras musculares) unidas por tecido conjuntivo.**
- **O revestimento conjuntivo externo do músculo é o epimísio ; o perimísio envolve feixes de fibras musculares; e, o endomísio envolve cada fibra muscular.**

- **No interior do tecido conjuntivo correm os vasos e nervos que nutrem e inervam as fibras musculares.**
- **Os vasos (artérias e veias) penetram no músculo por meio de um ou mais troncos. No interior do músculo, as artérias ramificam-se formando uma extensa rede capilar.**
- **O comprimento das fibras musculares pode variar entre 10 e 30 cm aproximadamente.**

Músculo

8



Classificação dos músculos

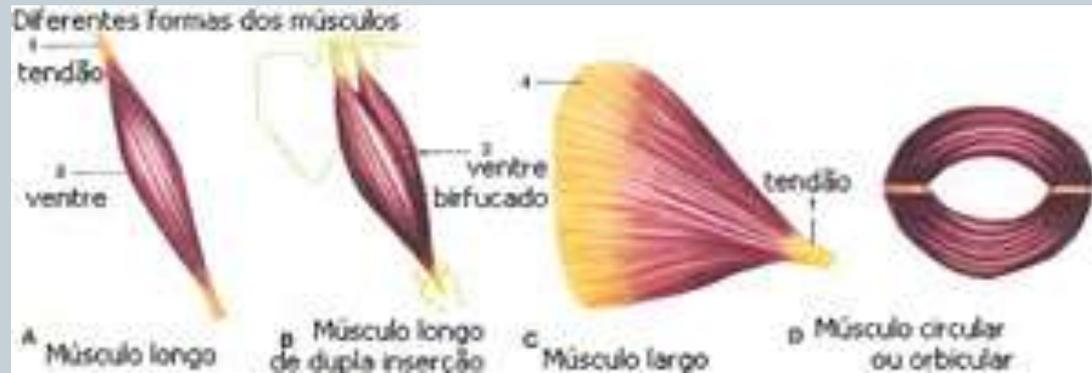
9

- **A - Quanto à forma: podem ser longos e largos.**
- **Nos longos predomina o comprimento e nos largos a superfície.**

- **B - Quanto à localização: podem ser cutâneos ou esqueléticos.**
- **Os primeiros inserem-se na pele e os últimos, nos ossos.**
- **Esses formam grupos separados por tecido conjuntivo.**

Músculos

11



Vasos sanguíneos

12

- Irrigam o músculo esquelético, correm pelos tabiques de tecido conjuntivo e ramificam-se para formar uma abundante rede capilar em torno de cada uma das fibras musculares.
- Os capilares são suficientemente tortuosos para se adaptarem às alterações de comprimento das fibras, estirando-se durante o alongamento muscular e tornando-se tortuosos durante a contração.

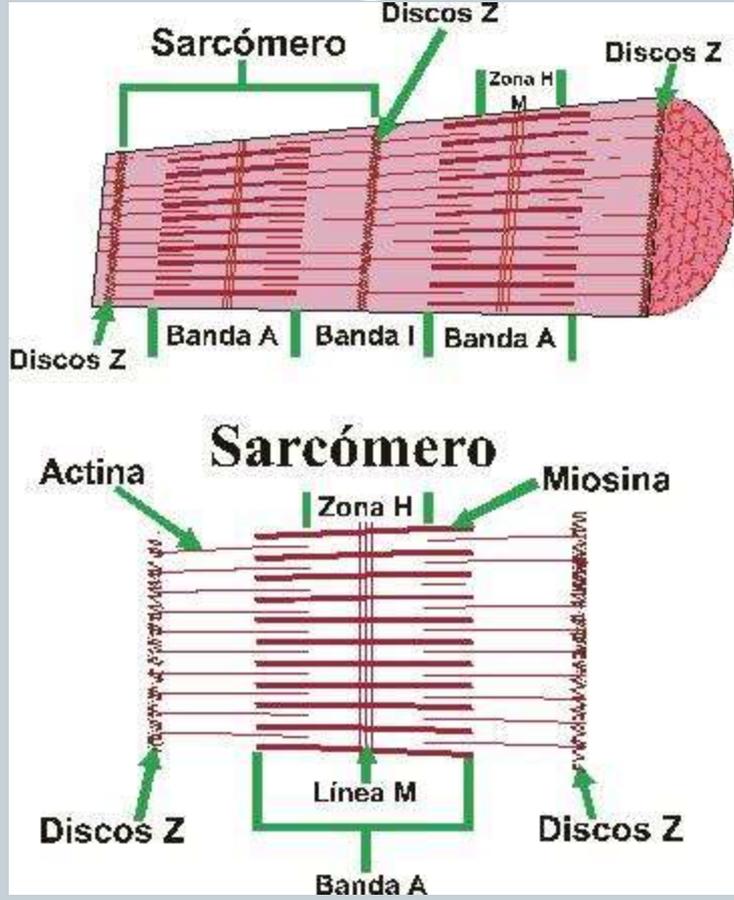
Diâmetro das fibras

13

- Varia entre 10 e 100 μ m (ou mesmo mais), consoante a espécie e o músculo particular examinado, podendo mesmo apresentar variações consideráveis dentro dum mesmo músculo.
- Durante o crescimento verifica-se um aumento gradual do diâmetro nas fibras musculares.
- Esse aumento pode ainda ser estimulado por solicitação muscular intensa, fenómeno designado por hipertrofia de uso.
- De modo inverso, as fibras podem adelgaçar-se em músculos imobilizados, fenómeno designado de atrofia por desuso.

- A maior parte do interior da fibra muscular está ocupada por **miofibrilas** de 1 a 2 μ m de diâmetro.
- Cada fibra pode conter, desde várias centenas, até muitos milhares de miofibrilas.
- Cada miofibrila apresenta cerca de 1500 filamentos de miosina e 3000 de actina, dispostos lado a lado.
- Em cortes longitudinais pode ser observada a **estriação transversal** tão característica das miofibrilas.
- Esta estriação é devida à presença de actina e miosina, as duas principais proteínas contráteis do músculo.

- A **banda I** (isotrópica), apresenta-se mais clara porque a luz polarizada atravessa facilmente os finos filamentos de actina que a constituem.
- A **banda A** (anisotrópica), apresenta-se mais escura por ser composta por actina e espessos filamentos de miosina, o que dificulta a passagem da luz.
- O comprimento relativo das bandas varia consoante o músculo examinado se encontre em posição de repouso, contração, ou estiramento passivo.
- O comprimento da banda A permanece constante em todas as fases de contração, mas a banda I é maior no músculo estriado, menor na posição de repouso e extremamente curta no músculo contraído.



- Tanto em preparações coradas como no músculo vivo observado em contraste de fase, é observável uma linha transversal escura - a **linha Z** - que divide a meio cada banda I.
- Os filamentos de actina estão ligados a esta linha, estendendo-se para cada lado dessa membrana para se interdigitarem com os filamentos de miosina.
- A membrana, ou linha Z, também passa de miofibrila a miofibrila, ligando-as entre si através de toda a fibra muscular.
- A unidade estrutural a que se referem todos os fenómenos morfológicos do ciclo contrátil, é o **sarcómero**, que se define como sendo o segmento compreendido entre duas linhas Z consecutivas, incluindo uma banda A e a metade de duas bandas I contíguas.

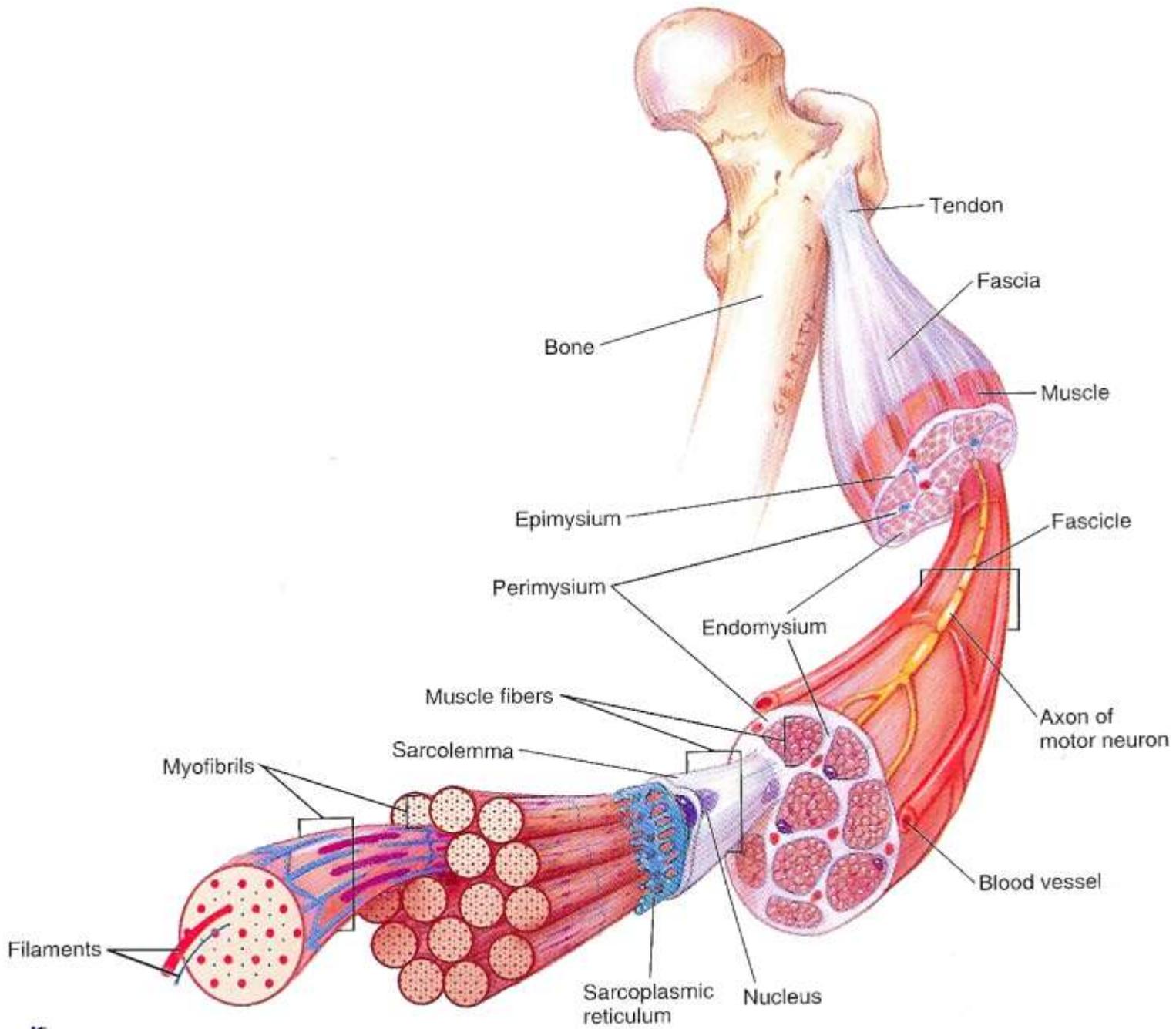
- Ocupando a região central da banda A, pode ainda observar-se uma zona mais clara, denominada **banda H**.
- Esta banda apresenta-se exclusivamente constituída por filamentos de miosina.
- Localizada no meio da banda A, pode ser ainda observada uma linha escura delgada, a **linha M**.
- No músculo dos mamíferos, o comprimento ótimo do sarcómero, em termos de capacidade para gerar força, situa-se entre 2.4 e 2.5 μ m.

Músculos esqueléticos ou estriados

19

- Apresentam estrias nas suas fibras.
- São os responsáveis pelos movimentos voluntários;
- Inserem sobre os ossos e sobre as cartilagens;
- Contribuem, com a pele e o esqueleto, para formar o invólucro exterior do corpo.

- A maioria dos músculos está presa ao esqueleto, junto a articulações, abrindo-as e fechando-as.
- Nas articulações, esses músculos são presos a ossos por meio de tendões, que são cordões de tecido conjuntivo.
- Quando os tendões são chatos e largos, e não possuem a forma de cordão, recebem o nome de aponeuroses.



- Os músculos são formados por células bastante compridas e polinucleadas, com núcleos localizados sob o sarcolema.
- Geralmente, estão cercados por tecido conjuntivo, que transmitem a força produzida pelos músculos aos ossos, ligamentos e outros órgãos executores de movimento.

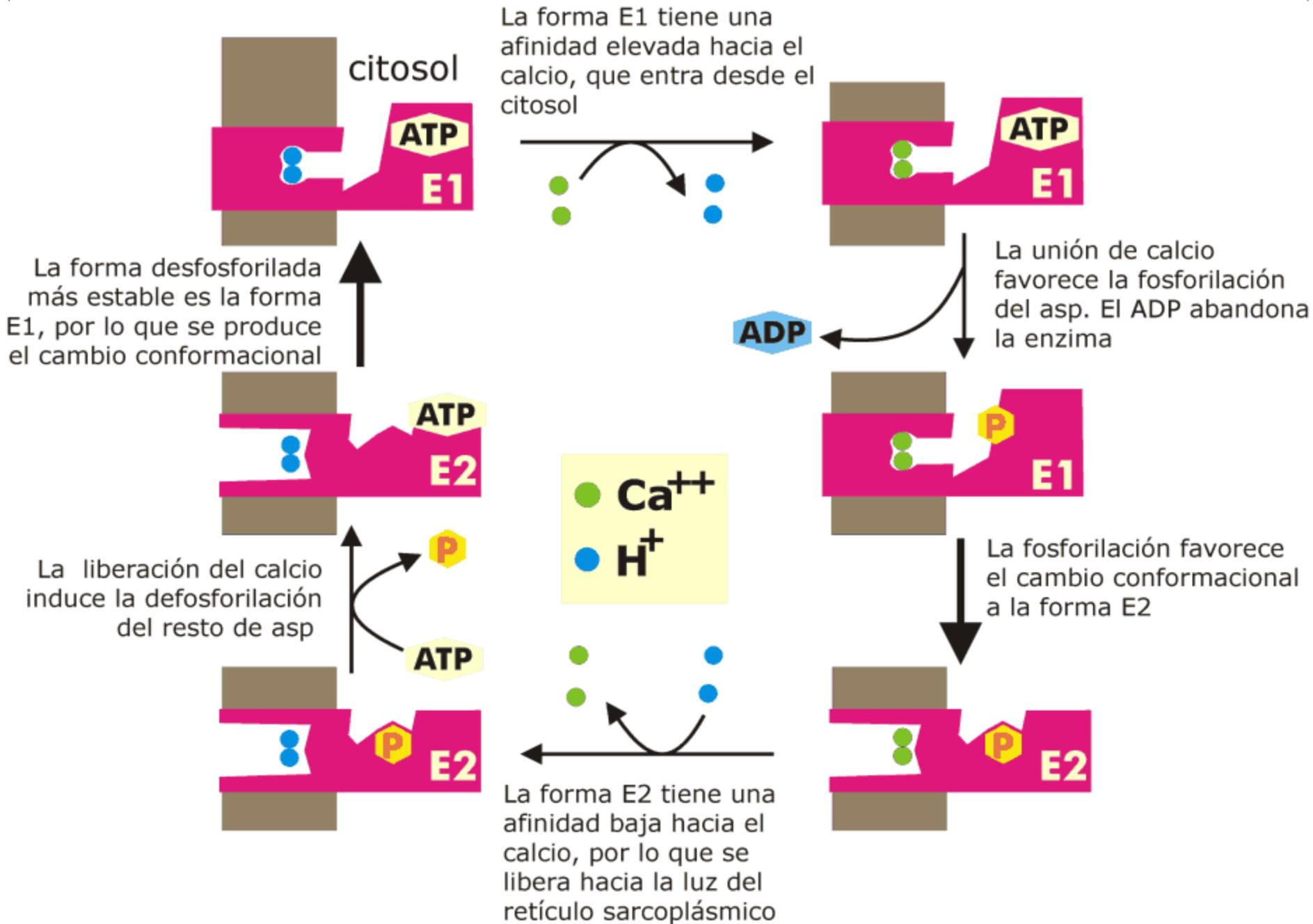
- Os músculos esqueléticos estão dispostos em camadas que vão das mais superficiais às mais profundas e em direções variáveis.
- Quando o músculo está relaxado, os filamentos delgados e grossos presentes estão apenas ligeiramente sobrepostos.

- Com a contração muscular, os filamentos grossos se interpõem acentuadamente sobre os delgados.
- Este mecanismo encurta as miofibrilas e, conseqüentemente, toda a célula muscular.
- Quanto mais curtas as células musculares estiverem, maior será a intensidade da contração do músculo como um todo.

- O papel dessas células nervosas é transmitir estímulos para a contração da fibra muscular através de impulsos nervosos.
- Chama-se **sinapse** ou **junção neuromuscular** ao espaço de comunicação entre esses dois tipos de células.

- Também possui três propriedades principais: a elasticidade (distensão), a contratilidade (contração) e a tonicidade (tônus).
- A contração muscular esquelética acontece quando há uma interação das proteínas contráteis de actina e miosina, que ocorre na presença de íons de cálcio intracelulares e energia.

- A disponibilidade de energia para a contração vem da hidrólise de ATP, e o cálcio é libertado pelo retículo sarcoplasmático (RS) quando estimulado pela despolarização.
- A ligação de um impulso neural gerado no sistema nervoso central a uma contração muscular esquelética distante é denominada **acoplamento excitação-contração**.



- A função do cálcio no músculo esquelético é expor um sítio de ligação da miosina na proteína actina.
- A contração muscular pára através do impulso nervoso na placa motora terminal ou junção neuromuscular.

- Quando o impulso é interrompido o cálcio é removido através da bomba de cálcio para ser armazenado no retículo sarcoplasmático.
- A bomba de cálcio precisa da energia proveniente da hidrólise da molécula de ATP em ADP.
- Devido a isto, após a morte verifica-se a rigidez muscular.

- Existe a *Lei do tudo ou nada*, ou seja, quando qualquer fibra é estimulada até o seu limite, uma resposta contrátil completa é desencadeada.
- Se o estímulo é menor que o limiar, não ocorre resposta contrátil.
- Para qualquer dada fibra, ela se contrai completamente ou não se contrai de todo.

Contração muscular

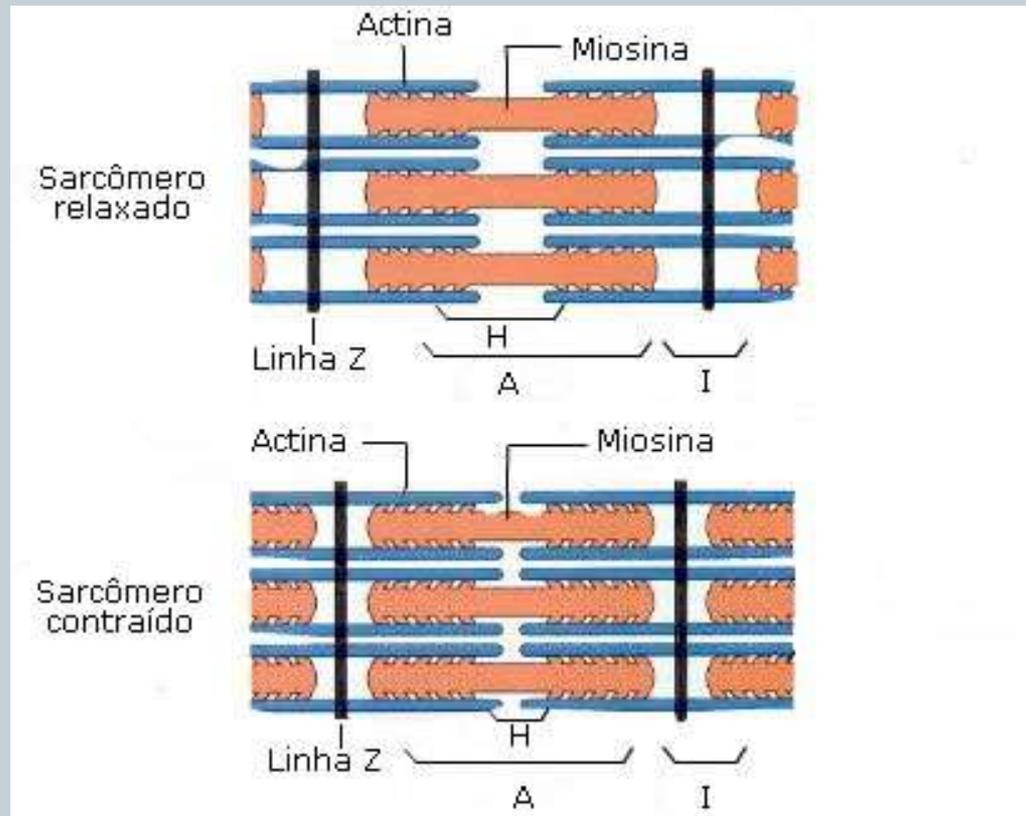
32

- A **actina** desliza sobre os filamentos da **miosina**, que conservam os seus comprimentos originais.
- A contração inicia-se na faixa anisotrópica, ou A, onde a actina e a miosina se sobrepõem.
- Durante a contração, a faixa isotrópica (I) diminui de tamanho, enquanto os filamentos de actina penetram na faixa A.

- Concomitantemente, a faixa H, formada somente pelos filamento grossos (miosina) também se reduz, à medida que esses filamentos são sobrepostos pelos filamentos finos (actina).
- Isso irá resultar em num grande encurtamento do **sarcómero**.

Contração muscular

34

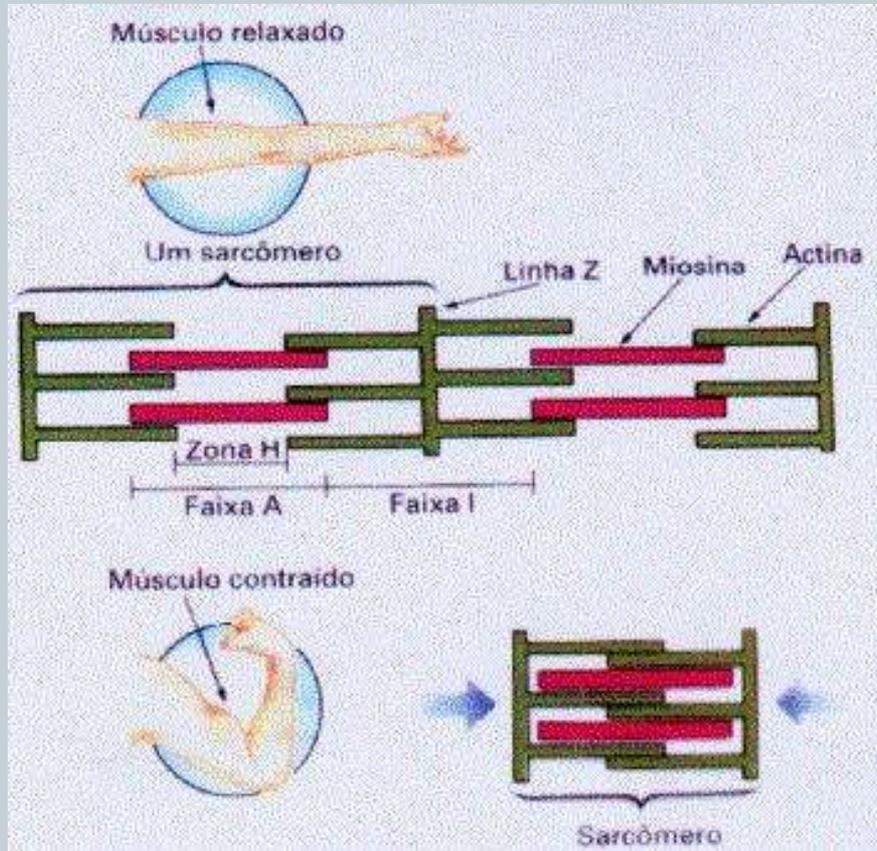


- A contração muscular depende da disponibilidade de íons cálcio e o relaxamento muscular está na dependência da ausência destes íons.
- O fluxo de íons cálcio é regulado pelo retículo sarcoplasmático (RS), para a realização rápida dos ciclos de contração muscular.
- O RS é uma rede de cisternas do retículo endoplasmático liso, que envolve e separa em feixes cilíndricos grupos de miofilamentos.

- Quando despolarizado, o RS liberta os íons de cálcio passivamente até os filamentos finos e grossos.
 - Ao ser polarizado novamente, o RS transporta o íon cálcio de volta às cisternas, interrompendo a atividade contrátil.
- A contração uniforme de cada fibra muscular é responsabilidade do sistema de túbulos T.
- Esse sistema é constituído por uma rede complexa de invaginações tubulares do sarcolema da fibra muscular

Contração muscular

37



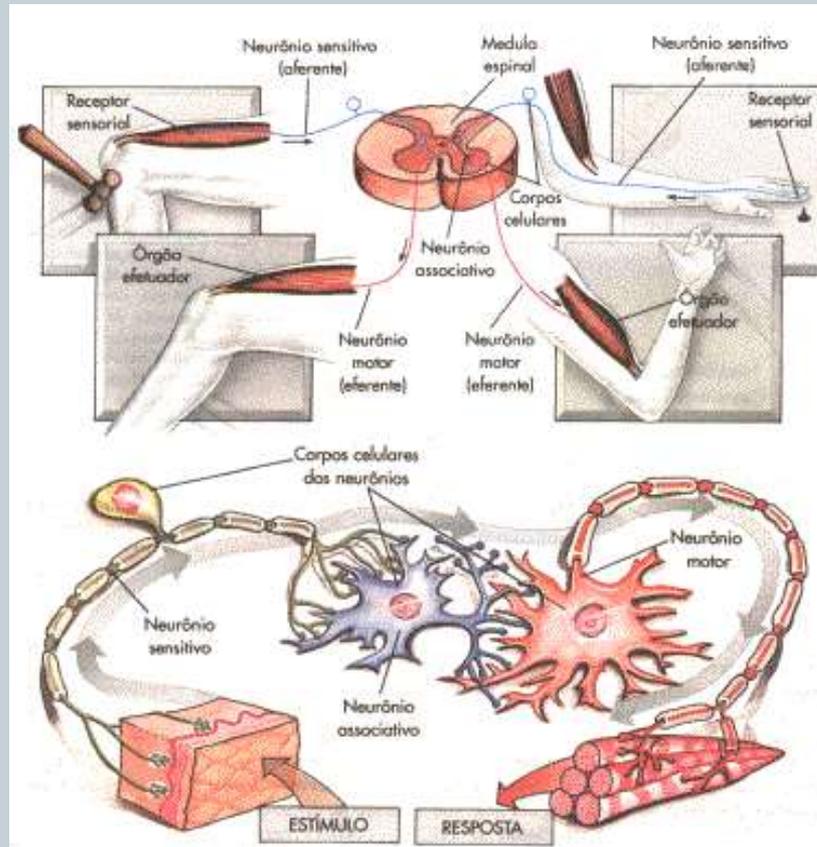
Nervos motores

38

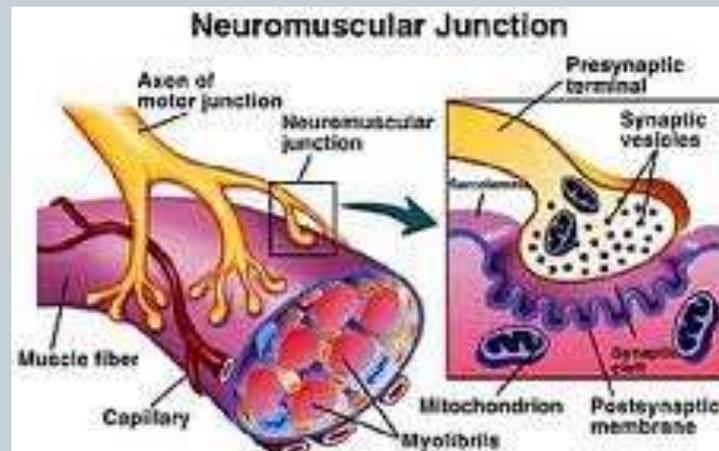
- Nervos motores controlam a contração normal das fibras musculares esqueléticas.
- Ramificados dentro do tecido conjuntivo do perimísio neste local de inervação, o nervo perde sua bainha de mielina e forma a dilatação que se situa dentro de uma depressão da superfície da fibra muscular.

Nervo motor

39

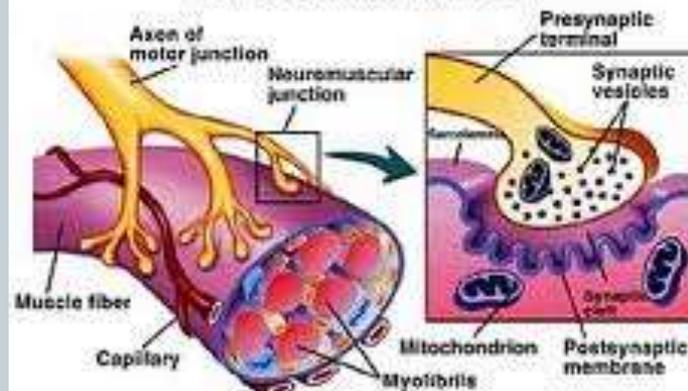


- Esta estrutura é chamada de placa neural ou junção mioneural, onde o axônio possui inúmeras mitocôndrias e vesículas sinápticas, e liberta acetilcolina, que se difunde através da fenda sináptica, da placa motora e vai se prender a recetores específicos aos sarcolemas das dobras juncionais.



- Uma fibra nervosa pode inervar uma única fibra muscular, ou ramificar-se e inervar até 160 fibras musculares, formando uma unidade motora.
- O número de unidades motoras em determinado músculo é relacionado com a delicadeza de movimentos requerida pelo músculo.
- [Estudo Movimento\Muscular System, Sliding Filament Theory \(1\).mp4](#)

Neuromuscular Junction



Músculos

43

- Estriado esquelético;
- Estriado cardíaco;
- Liso.

Caraterísticas dos músculos

44

- Podem contrair-se e encurtar, tornando-se mais tensos e duros, em resposta a um estímulo vindo do sistema nervoso;
- Podem ser distendidos, aumentando o seu comprimento;
- Podem retornar à forma e ao tamanho originais.
- A propriedade do tecido muscular de se contrair chama-se contratilidade e a propriedade de poder ser distendido recebe o nome de **elasticidade**.

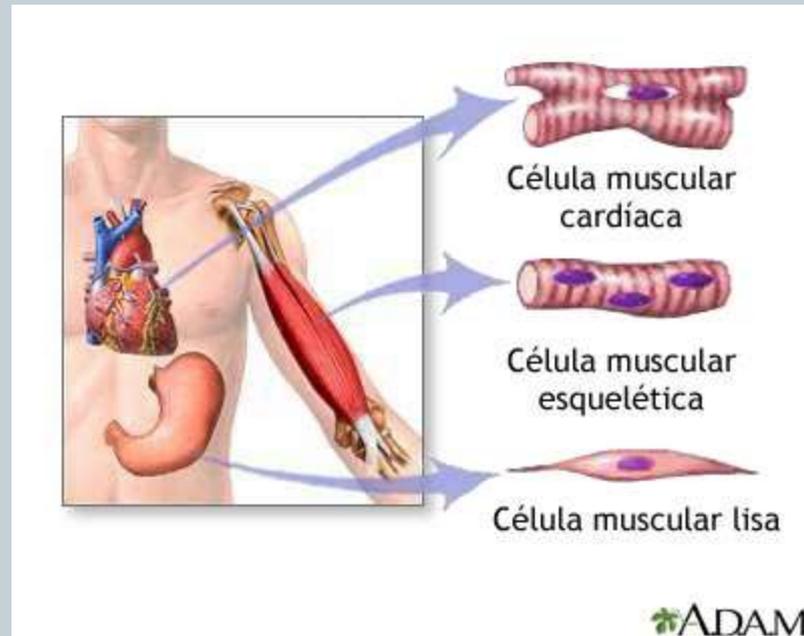
Músculo estriado esquelético

45

- É formado por fibras musculares cilíndricas, finas e que podem medir vários centímetros de comprimento.
- Possuem uma coloração mais avermelhada.
- São também chamados de músculos estriados, já que apresentam estriações nas suas fibras.

Tipos de músculo

46



Músculo estriado esquelético

47

- São os responsáveis pelos movimentos voluntários; estes músculos inserem-se nos ossos e sobre as cartilagens.
- Contribuem, com a pele e o esqueleto, para formar o invólucro exterior do corpo.

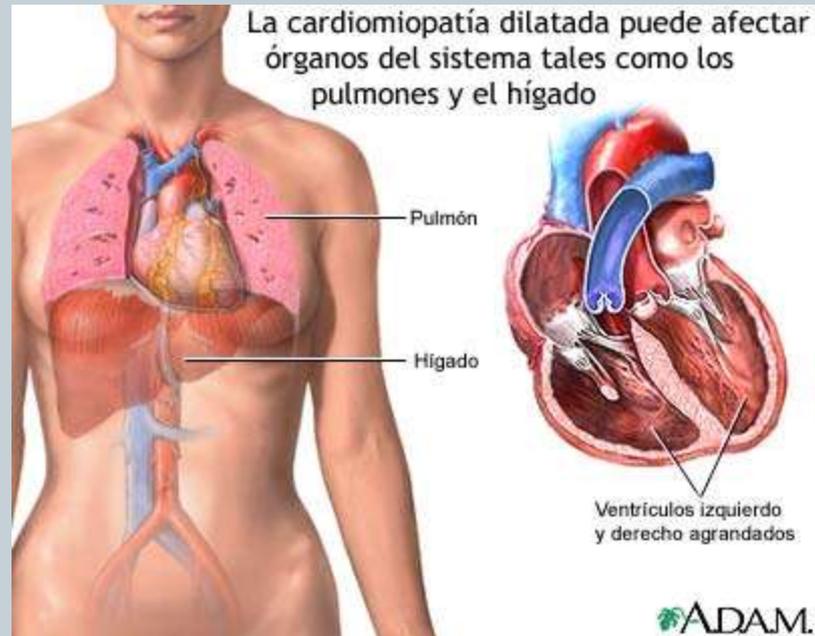
Músculo estriado cardíaco

48

- Histologicamente tem característica de músculo esquelético, mas funcionalmente tem característica de músculo liso.
- É também chamado de *miocárdio*, e constitui a parede do coração.
- Apesar de ser estriado, possui movimentos involuntários.
- Este músculo contrai-se e relaxa sem parar.

Músculo estriado cardíaco

49



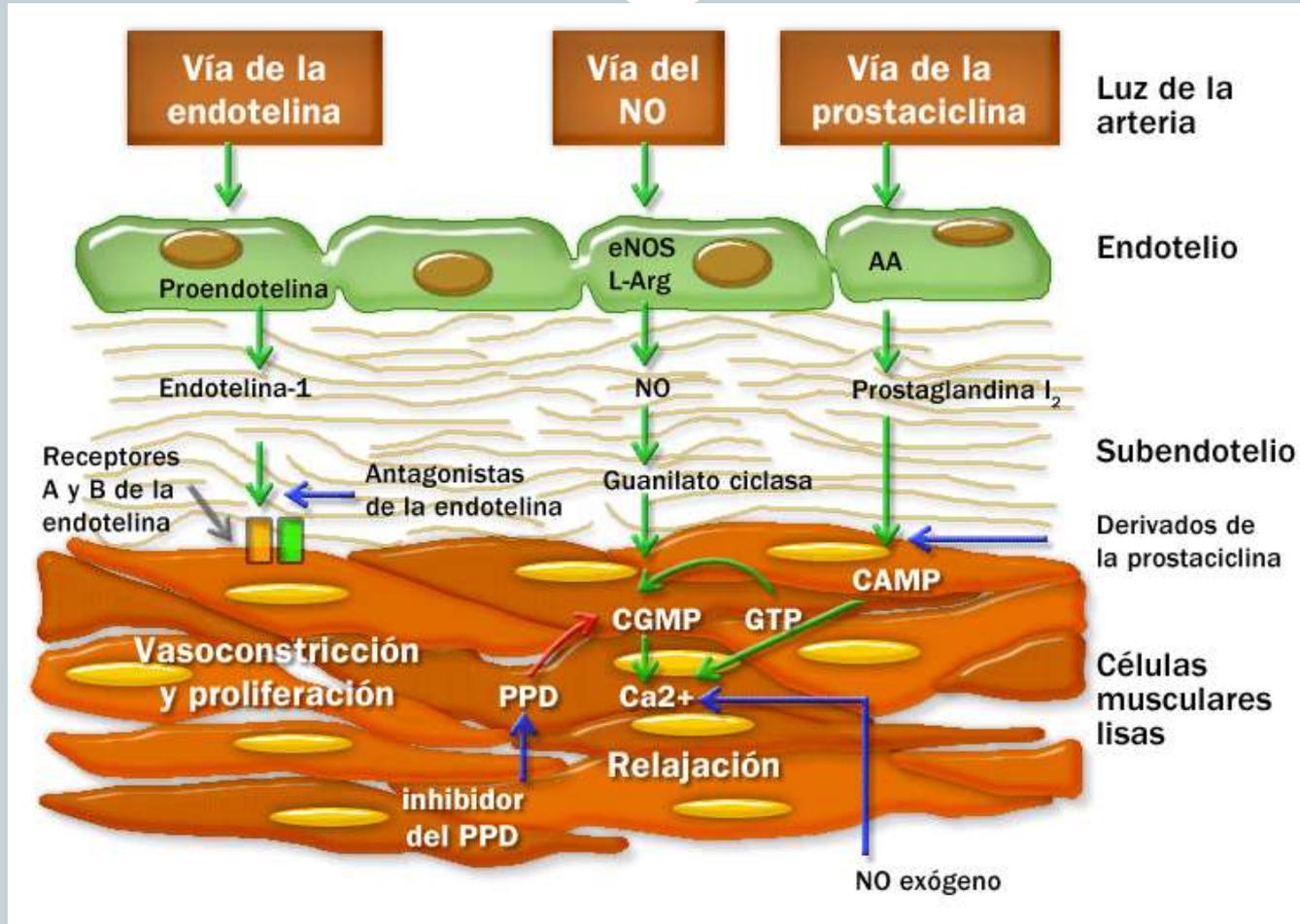
Músculo liso

50

- É um tecido muscular de contração involuntária e lenta.
- É composto por células fusiformes mononucleadas.
- O músculo liso se encontra nas paredes de órgãos ocos, tais como os vasos sanguíneos, na bexiga, no útero e no trato gastrointestinal.

Músculo liso

51

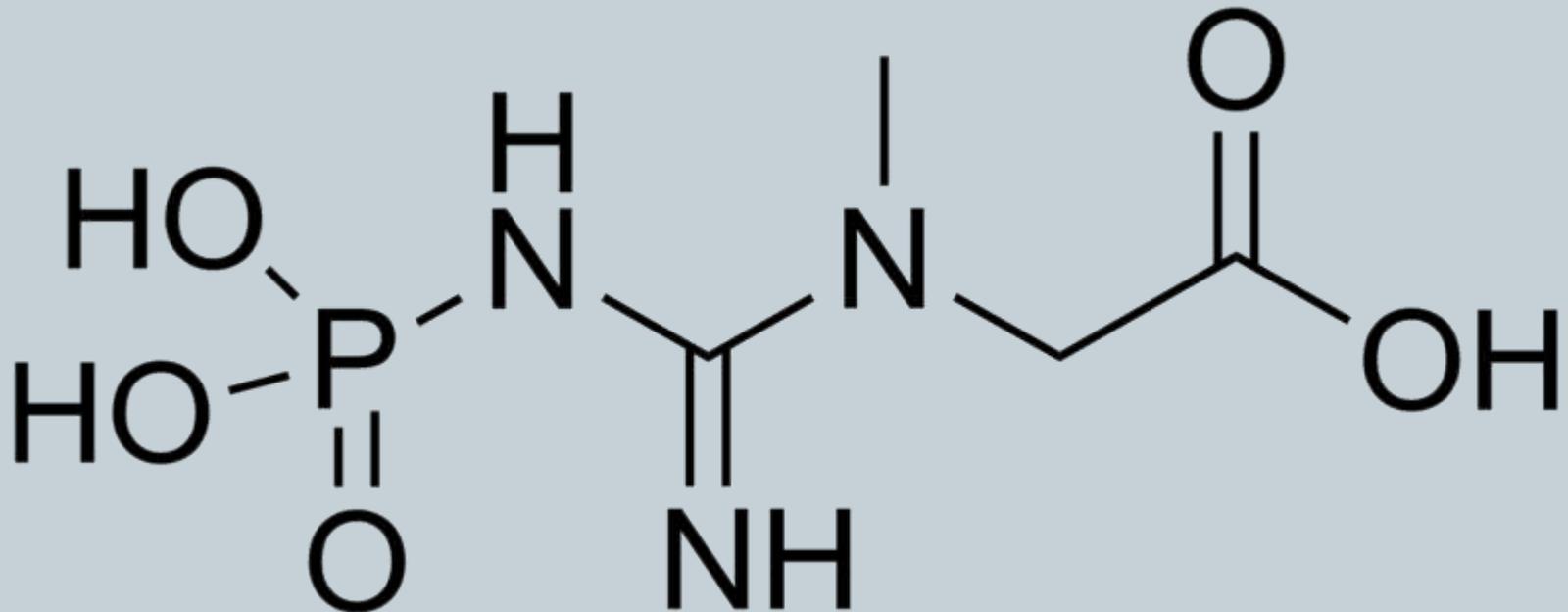


- A contração muscular esquelética acontece quando há uma interação das proteínas contráteis de actina e miosina, que ocorre na presença de íons de cálcio intracelulares e energia.
- A disponibilidade de energia para a contração vem por meio da hidrólise de ATP, e o cálcio é libertado pelo retículo sarcoplasmático(RS) quando estimulado pela despolarização.

- A função do cálcio no músculo esquelético é expor um sítio de ligação da miosina na proteína actina.
- A contração muscular pára através do impulso nervoso na placa motora terminal ou junção neuromuscular.
- Quando o impulso é interrompido o cálcio é removido através da bomba de cálcio para ser armazenado no retículo sarcoplasmático, a bomba de cálcio precisa da energia proveniente da quebra da molécula de ATP em ADP, por isso após a morte verifica-se a rigidez muscular.

Fosfocreatina

54



Fosfocreatina ou creatina fosfato

55

- É um importante depósito de energia no músculo esquelético, já que transporta uma ligação fosfato de alta energia similar às ligações do ATP.
- A fosfocreatina é clivada instantaneamente para reconstituir a molécula de ATP, gasta na contração muscular a partir de um ADP e de um novo íon fosfato que se liga a ele, além de formar creatina por 2 a 7 segundos após um esforço muscular intenso. Essa reação de degradação é reversível.

Mioglobina (Mb)

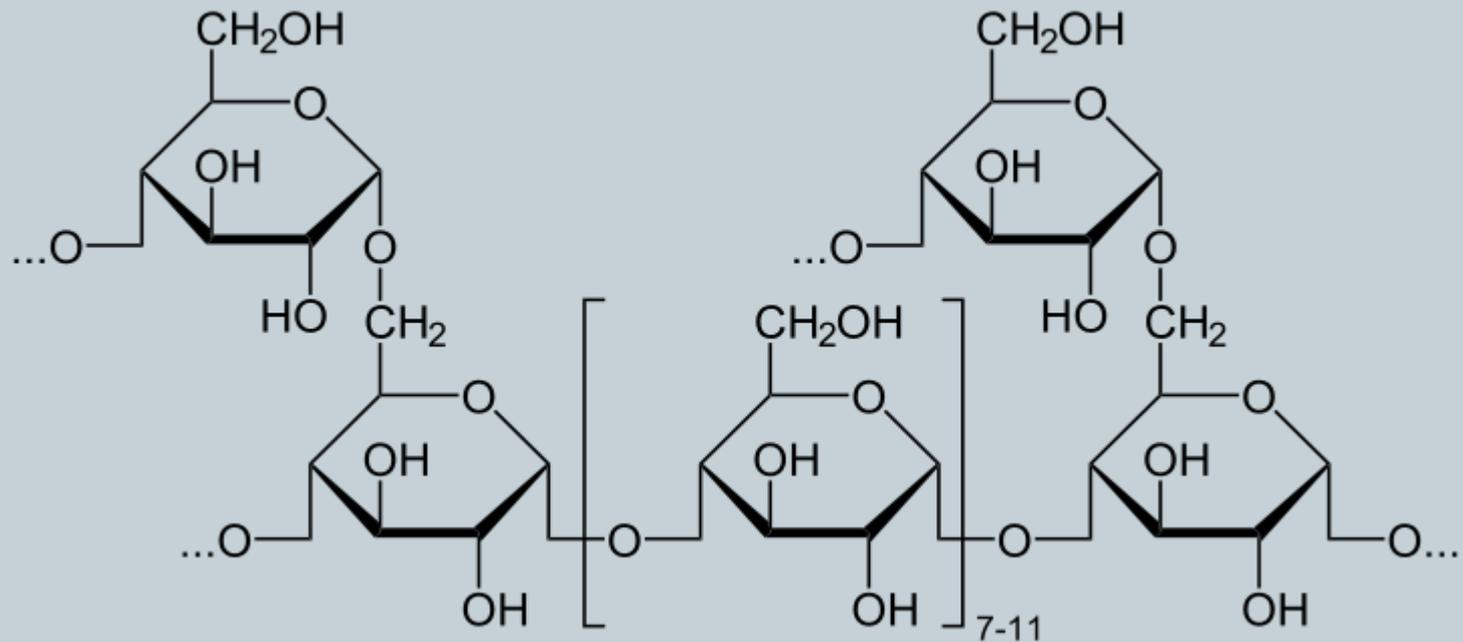
56

- É uma proteína globular dos vertebrados.
- É uma das proteínas mais simples que transporta (O_2), sendo o principal transportador intracelular de oxigênio nos tecidos musculares.
- Reserva de oxigênio nos músculos dos mamíferos.

- É particularmente abundante nos músculos de mamíferos que mergulham como focas e baleias, pois é capaz de reter O_2 por longos períodos, enquanto o animal está submerso.
- Os músculos desses animais possuem uma cor castanha devido à grande concentração de mioglobina.
- A cor vermelha e a abundância da mioglobina em certos músculos ou em certas espécies explicam a diferença da aparência entre carnes brancas e carnes vermelhas.

Glicogénio

58



Glicogénio

59

- O **glicogénio** é um polissacárideo e a principal reserva energética nas células animais, encontrado, principalmente, no fígado e nos músculos.

Glicogénio

60

- Constitui até 7% do peso húmido do fígado.
- A principal função do glicogénio armazenado no fígado serve para alimentar a necessidade energética das células cerebrais.