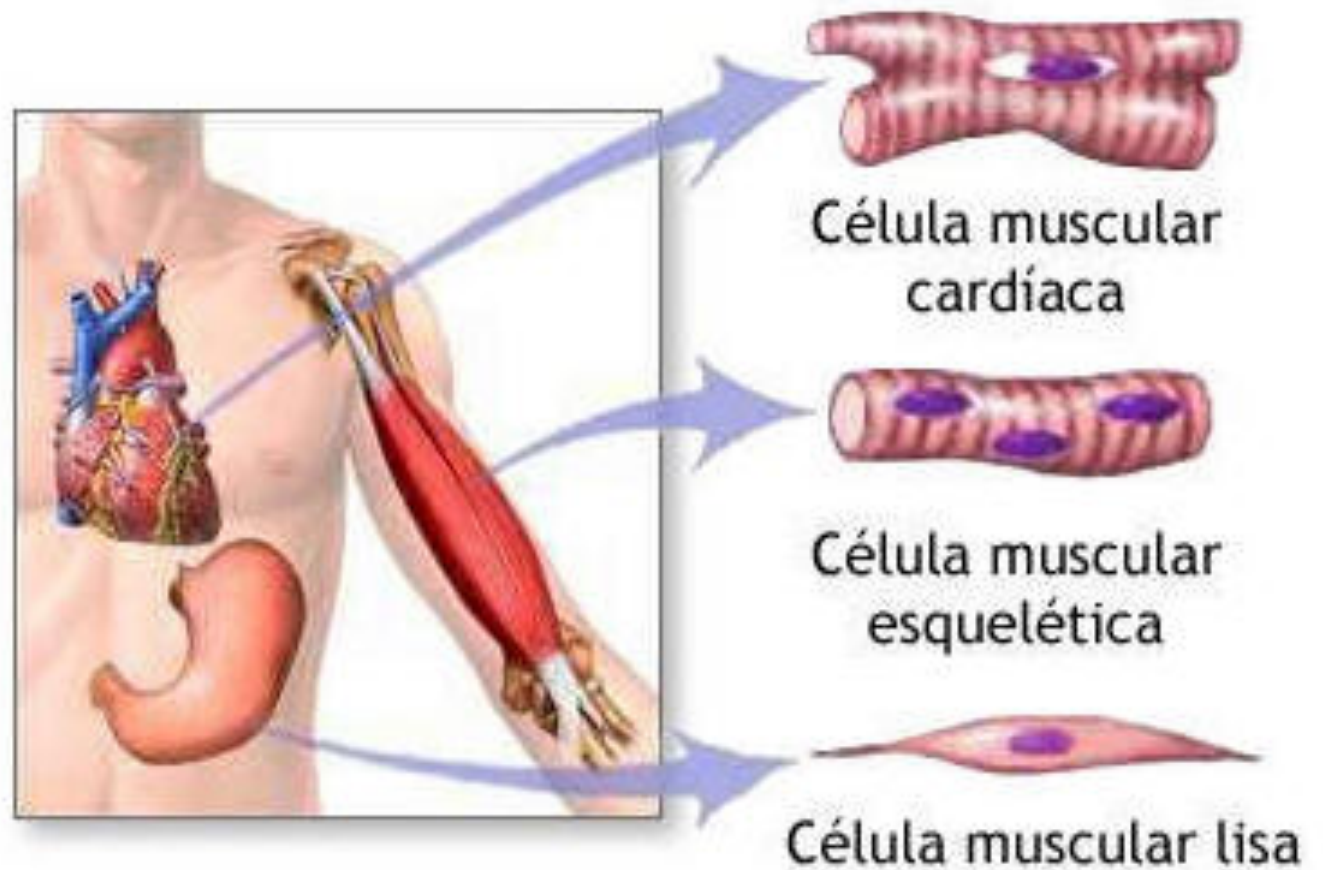
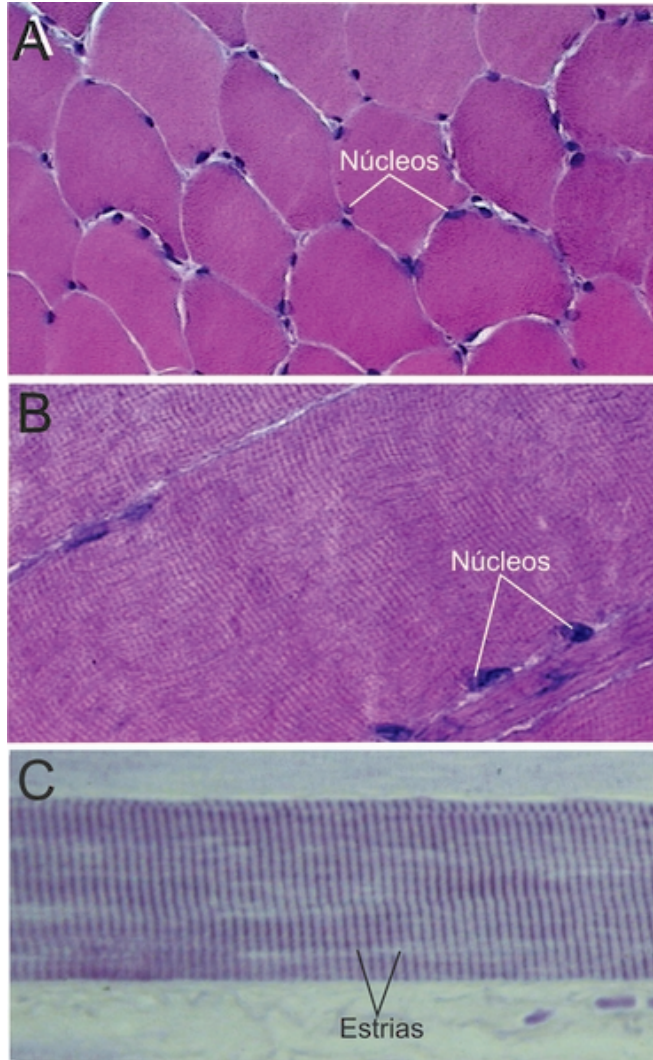


Fisiologia do Tecido Muscular



Dra. Elaine Del Bel
2017

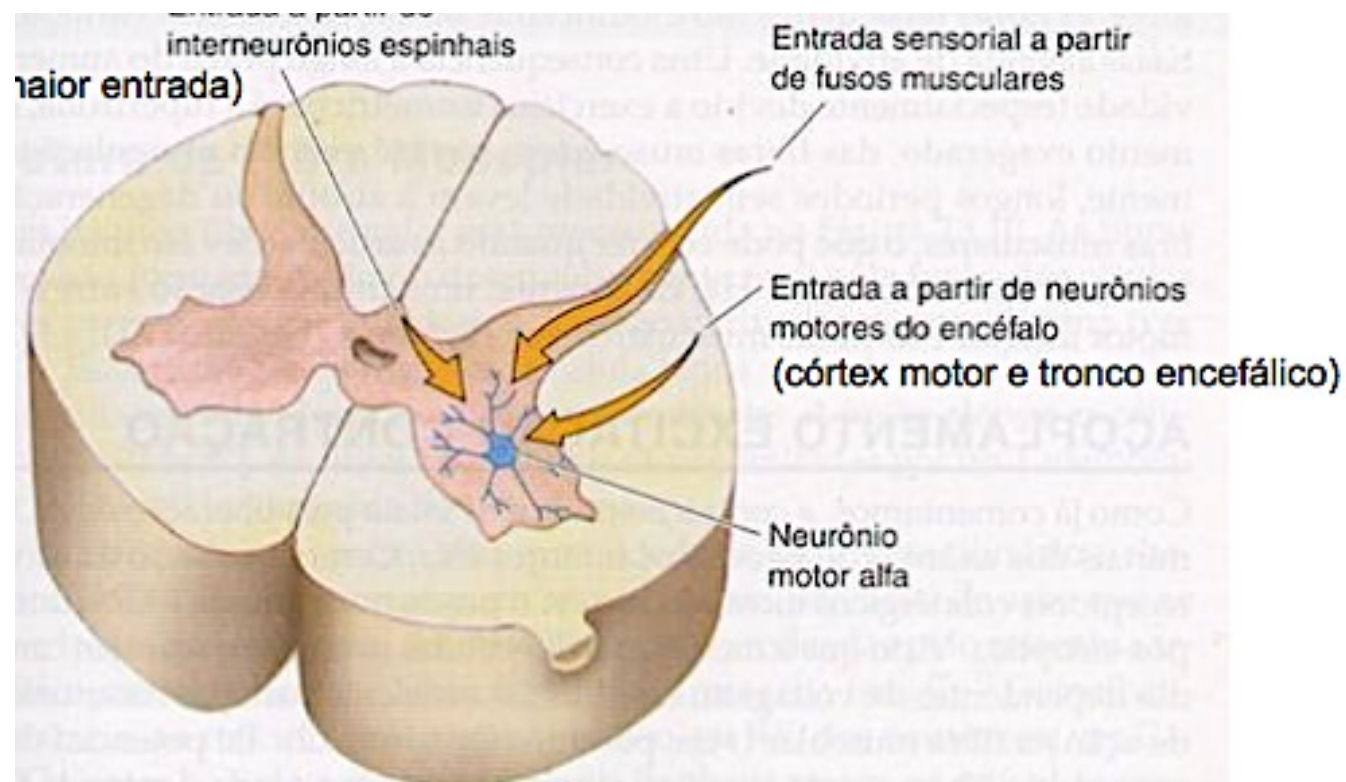
Tecido Muscular



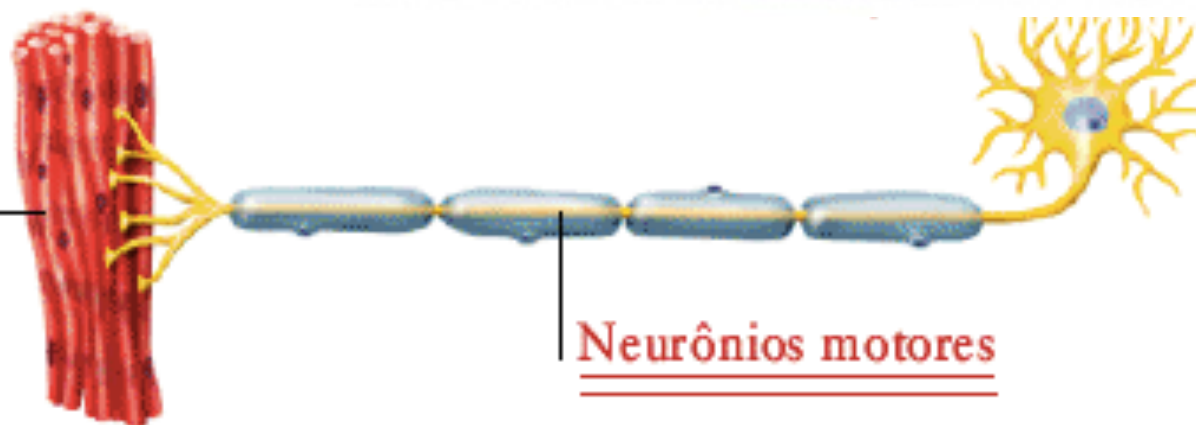
- Conjuntos maciços ou frouxos de células alongadas capazes de mudar seu comprimento ativamente.
- Podem contrair-se ou relaxar-se sob:
 - (i) controle direto/indireto de fibras nervosas
 - (ii) de forma espontânea segundo ritmos intrínsecos produzidos.

Músculo estriado ou Músculo voluntário

Ligado aos ossos; Move o esqueleto



Músculos
Recebem
mensagens dos
neurônios motores
e movem o corpo



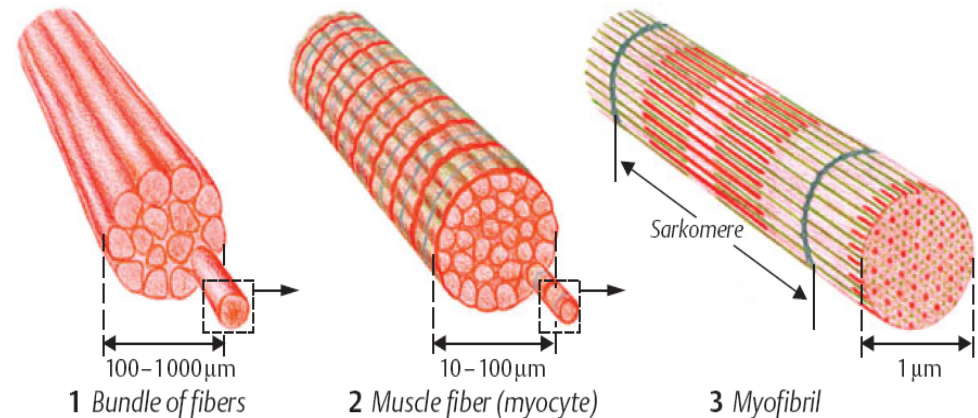
Neurônios motores

Estrutura do Músculo Esquelético

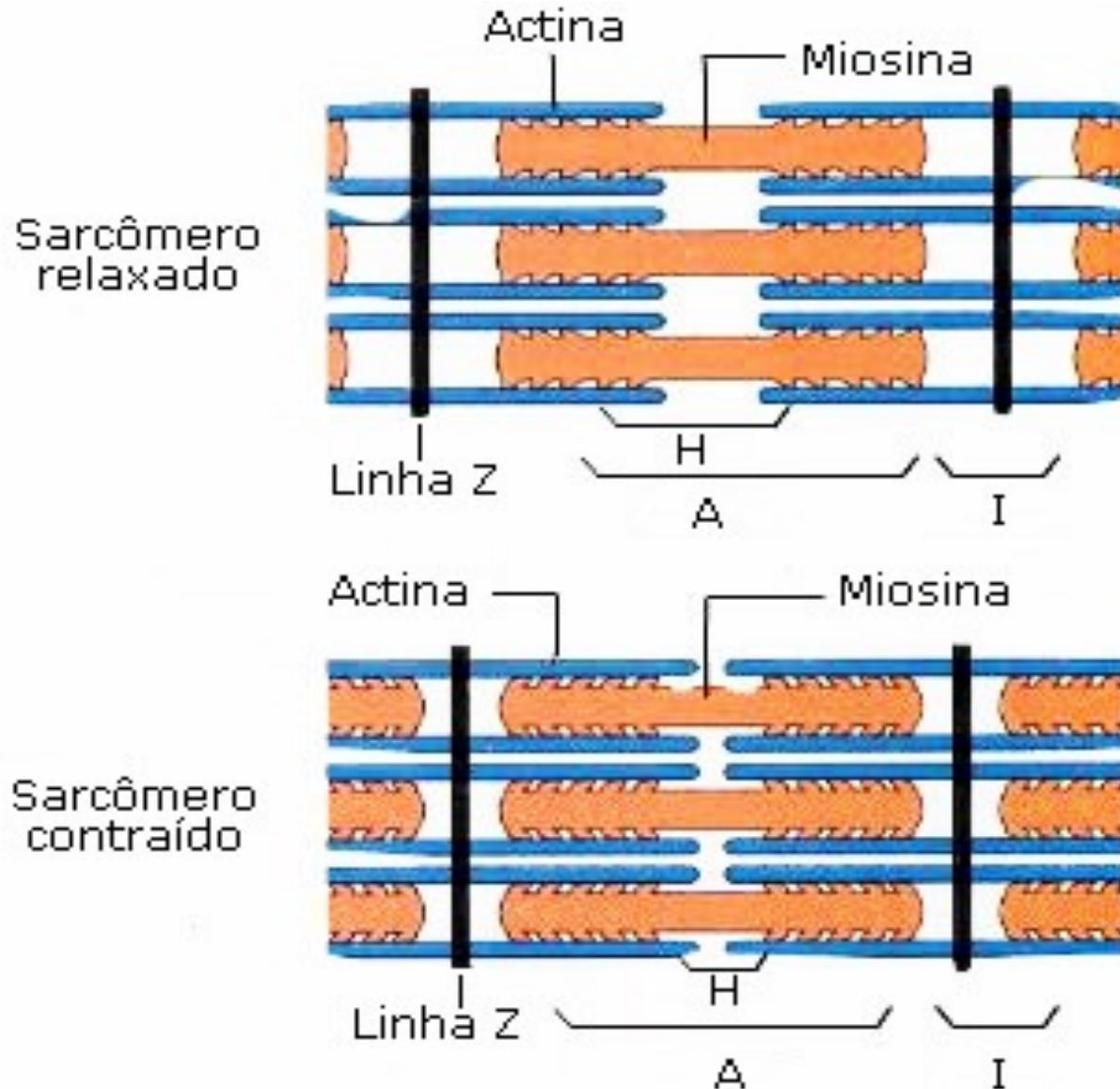
- Feixe de fibras musculares
- Fibra muscular
- Miofibrila



- A. Ultrastructure of striated muscle fibers

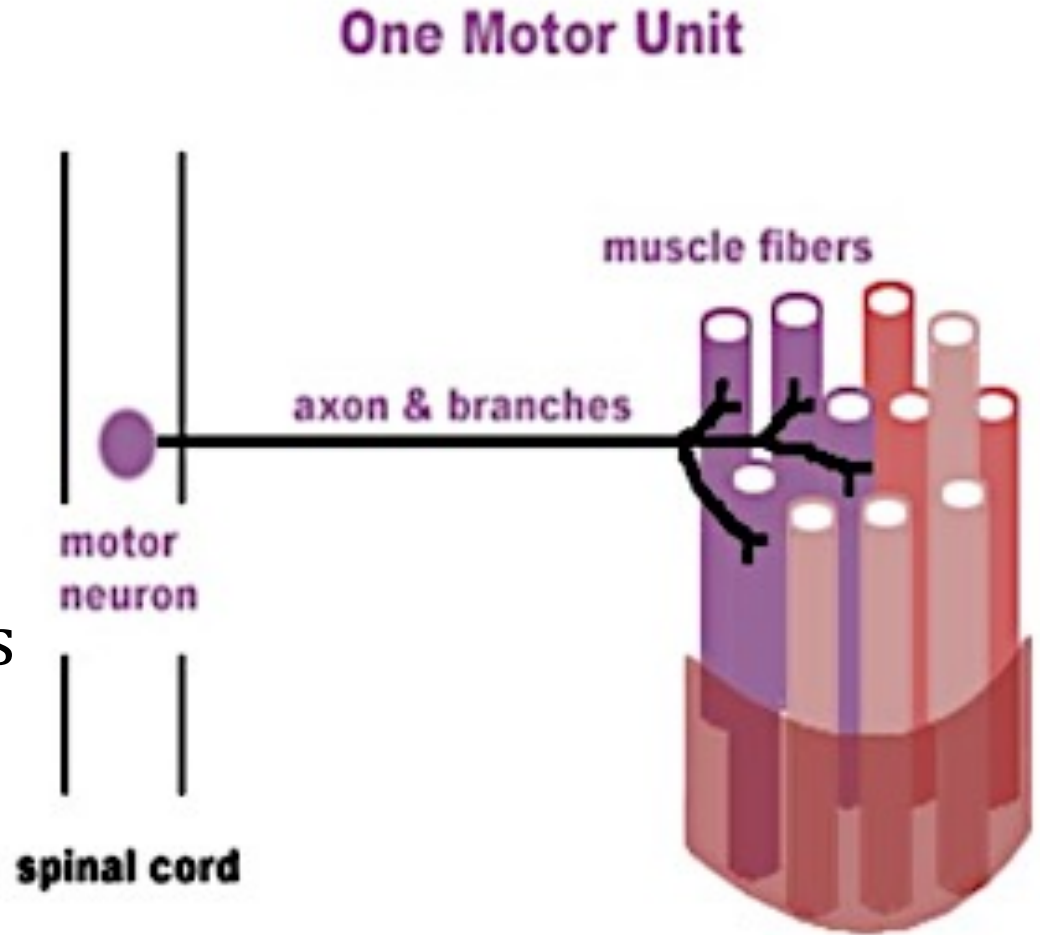


Fibra muscular ou Miofibrila: colunas paralelas filamentos grossos e finos



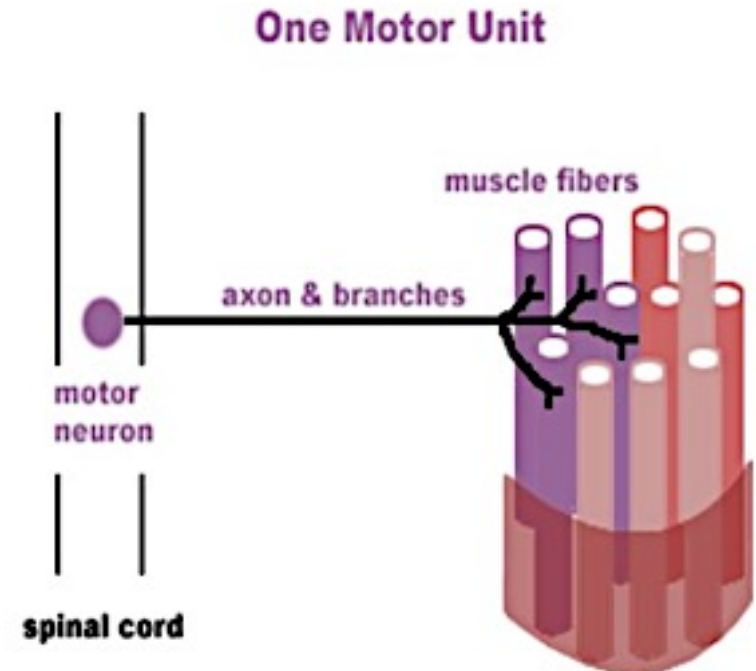
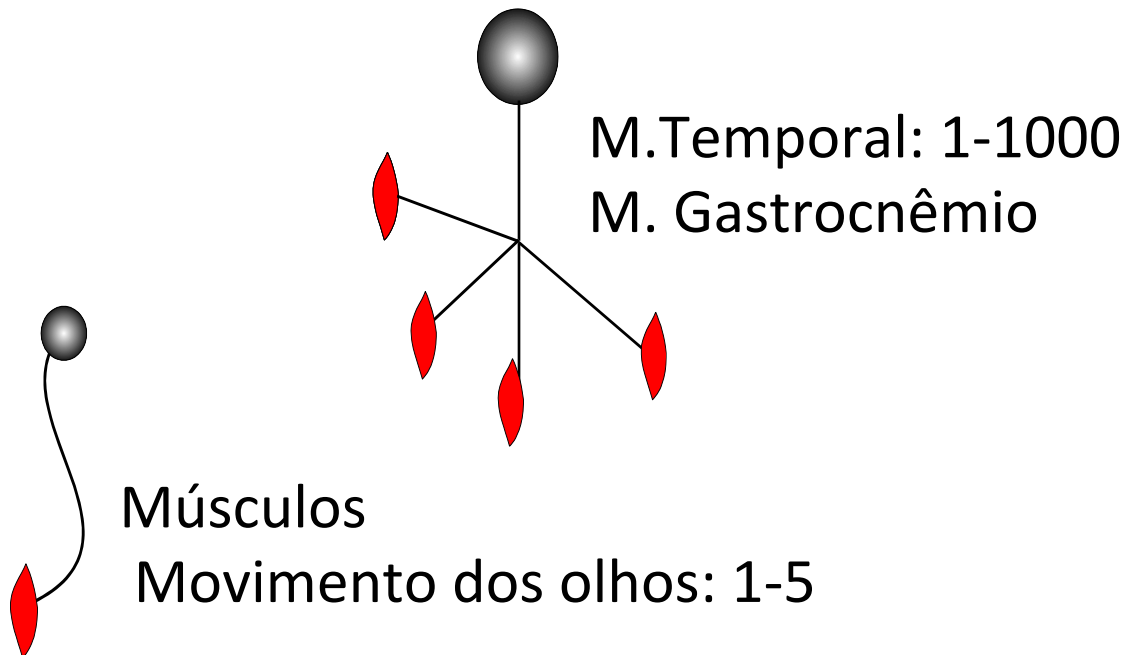
A Unidade de Comando ou Unidade Motora

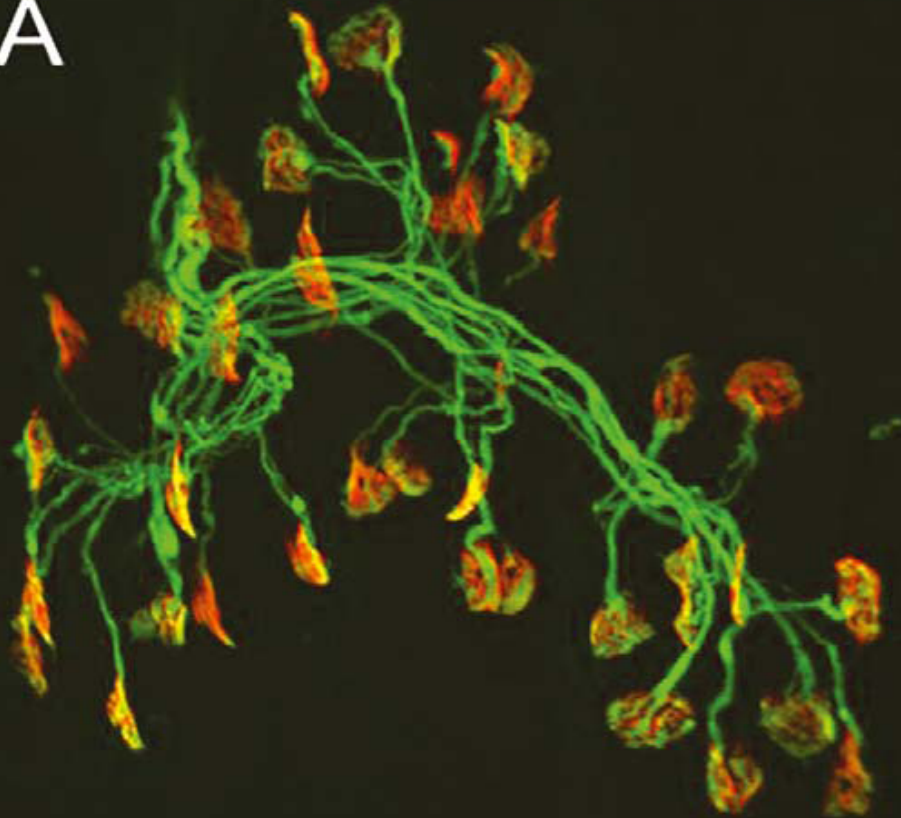
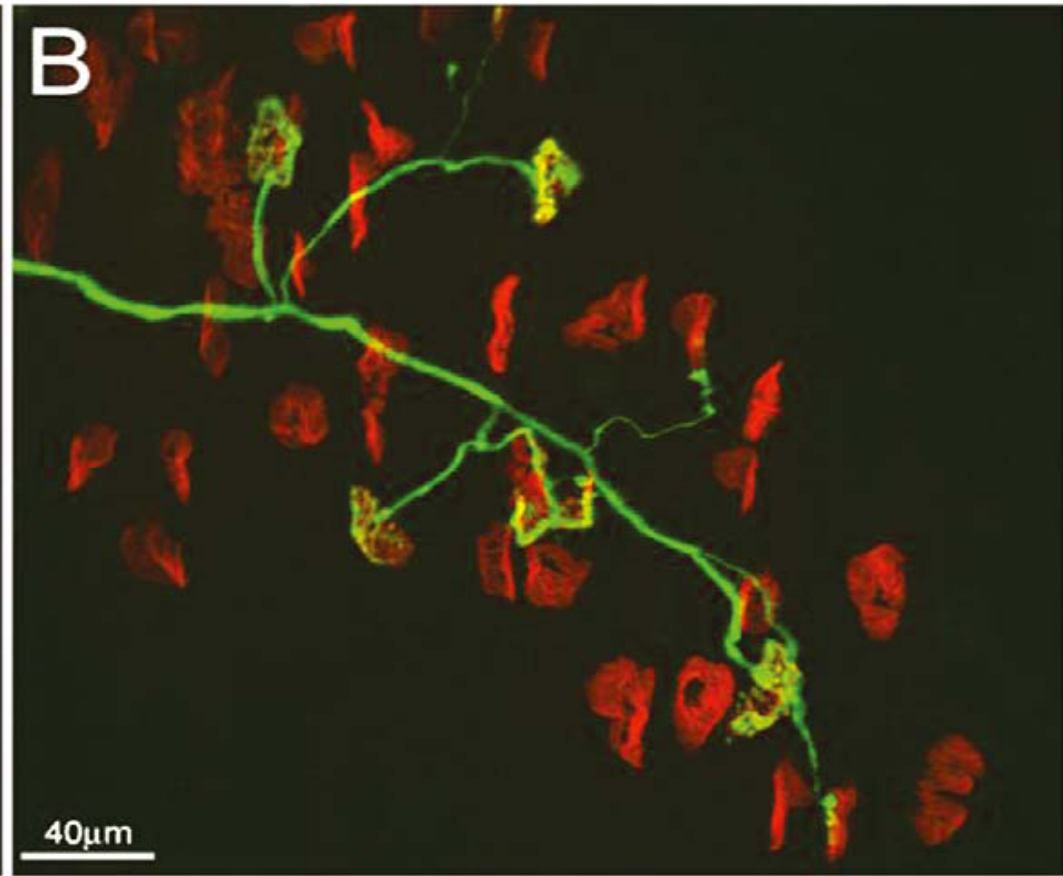
- Unidade funcional do movimento.
- Motoneurônio + todas as fibras por ele inervadas
- Cada neurônio motor se ramifica para inervar um número de fibras musculares
- Quando o neurônio motor é ativado todas estas fibras musculares se contraem



A Unidade de Comando ou Unidade Motora

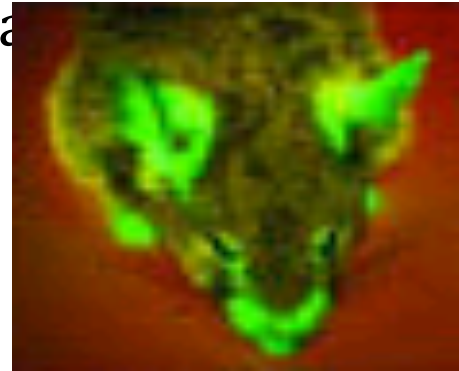
- Unidade funcional do movimento.
- Motoneurônio + todas as fibras por ele inervadas
- Cada neurônio motor se ramifica para inervar um número de fibras musculares
- Quando o neurônio motor é ativado todas estas fibras musculares se contraem



A**B**

Reconstrução por microscopia Confocal de uma placa motora

(From Keller-Peck *et al.*, 2001)



Mecanismo geral da contração muscular

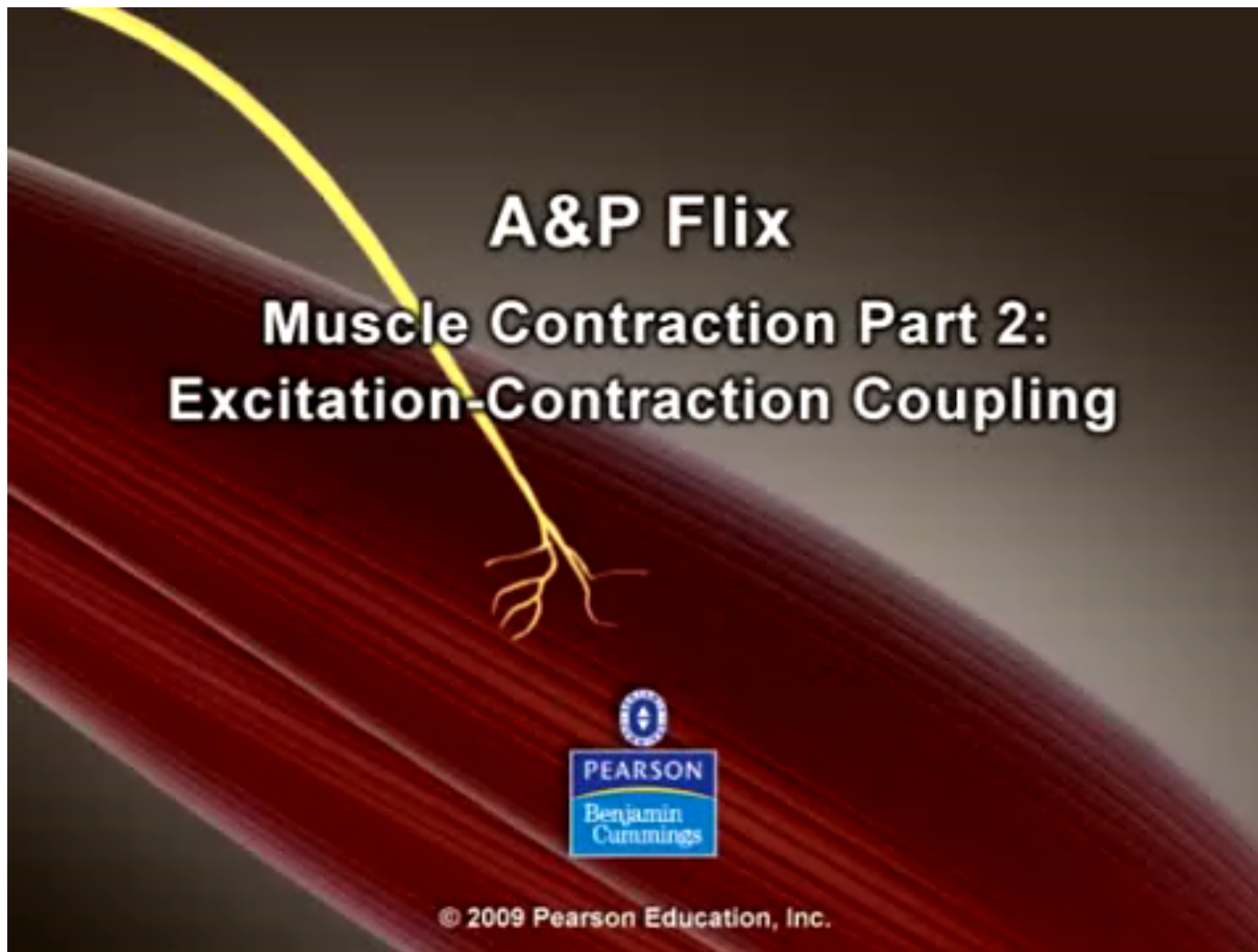
Músculo Esquelético: Teoria dos filamentos deslizantes

Filamentos finos deslizam entre os filamentos grossos



A base molecular da contração muscular

- Um potencial de ação ocorre em um axônio de NM alfa
- A Acetilcolina é liberada pelo terminal do axônio do neurônio motor alfa na junção neuromuscular
- Os canais de receptores de acetilcolina se abrem e o sarcolema pós sináptico despolariza (PEPS)
- Canais de sódio dependentes de voltagem se abrem; um potencial de ação é gerado na fibra muscular e propaga-se ao longo do sarcolema
- A despolarização do túbulos T provoca a liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático.



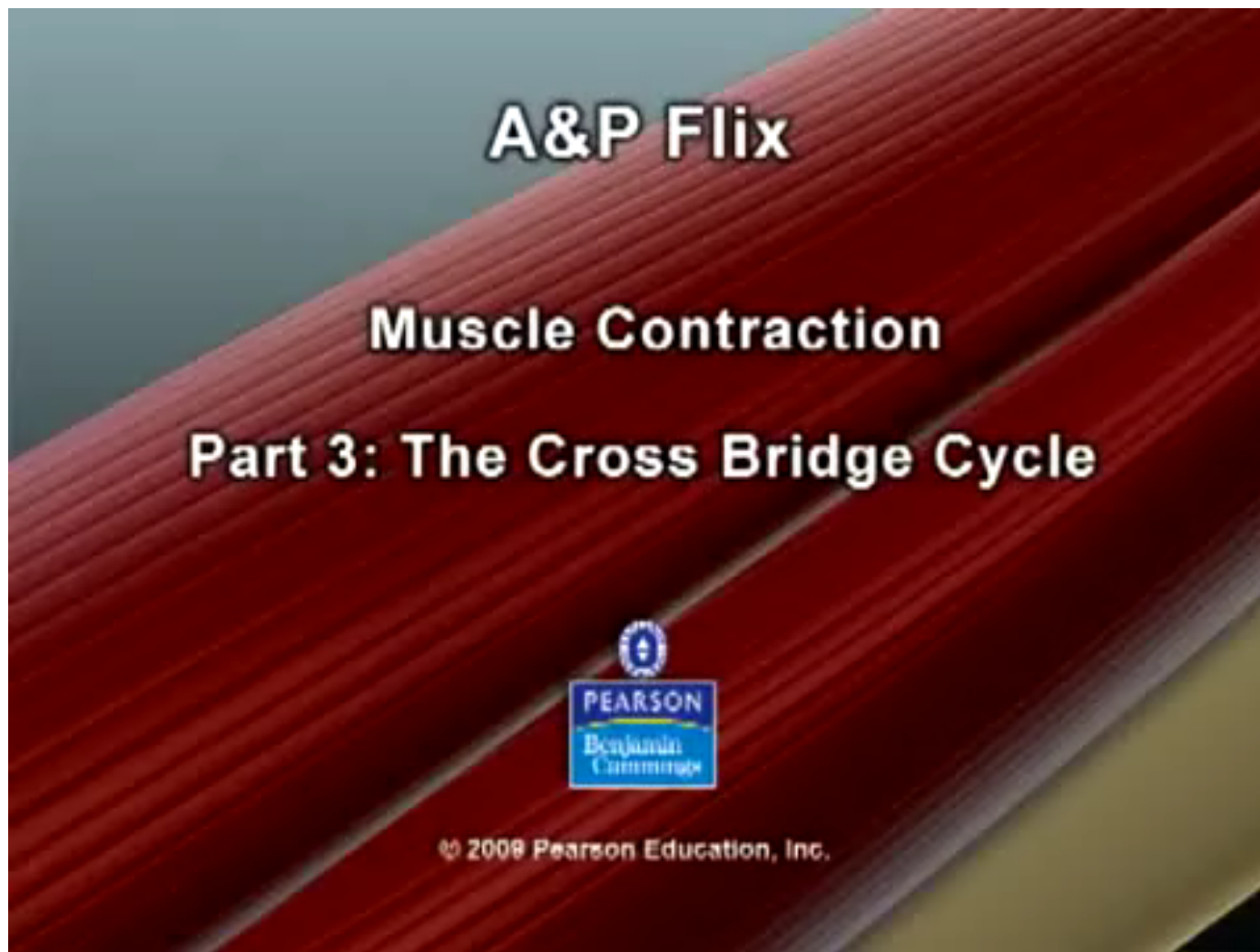
Acoplamento excitação contração

Contração

- 
- O Ca^{2+} liga-se a troponina
 - Os sítios de ligação para a miosina, na actina, são expostos
 - As cabeças da miosina conectam-se à actina
 - As cabeças da miosina fazem movimento de rotação
 - As cabeças da miosina desconectam-se às custas do ATP
 - O ciclo prossegue enquanto Ca^{2+} e ATP estiverem presentes

Relaxamento

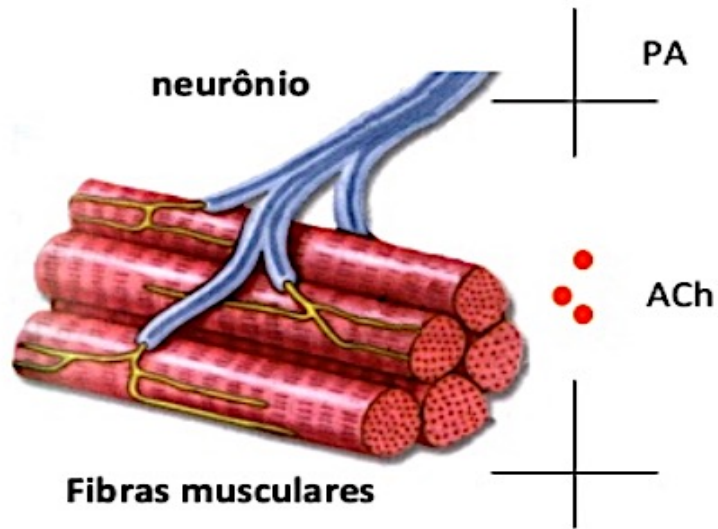
- O Ca^{2+} é sequestrado pelo Retículo sarcoplasmático
- Os sítios de ligação para miosina na actina são cobertos por troponina



O Ciclo das Pontes Cruzadas

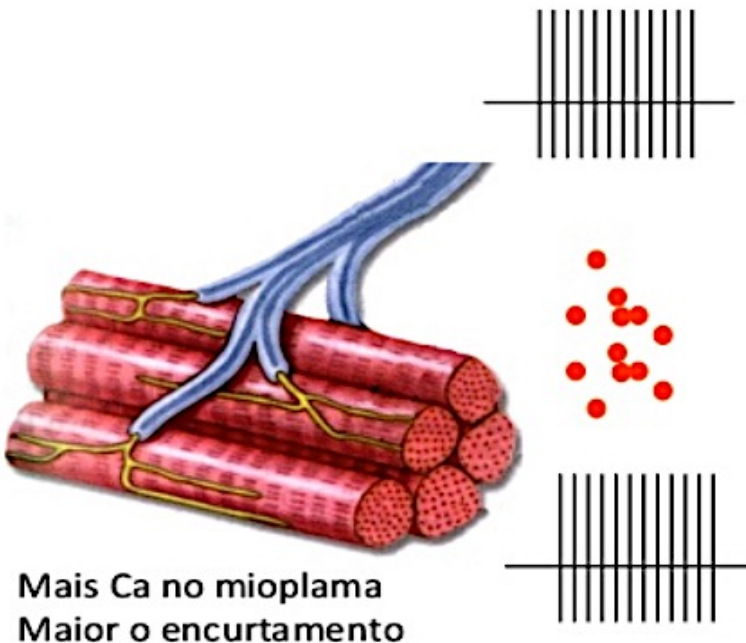
Deslizamento dos filamentos ocorre pela ação de numerosas pontes cruzadas

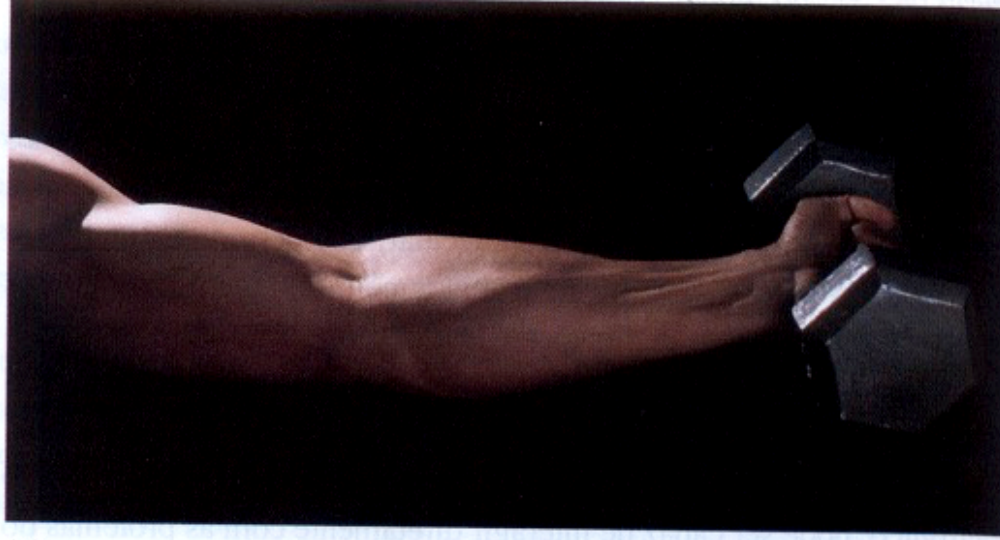
Contrações dos Músculos Esqueléticos



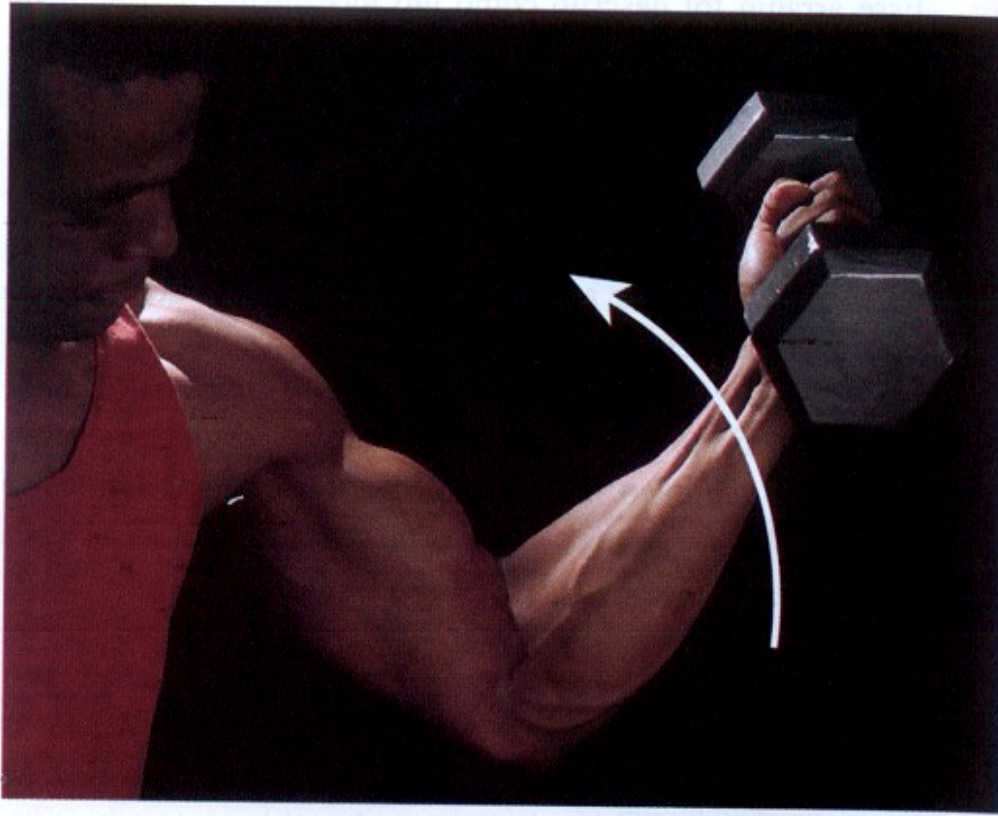
Contração muscular

- Gera Tensão
- Realiza trabalho
- O músculo esquelético pode contrair-se em graus distintos
- Força de Contração é GRADUADA ou variada
- PORQUE?
- Ativação de número variável de neurônios motores implica em ativação variável de fibras musculares





(a)



- **CONTRAÇÃO ISOTÔNICA:**
- Tensão ou Força gerada pelo músculo é maior que a carga
- Músculo se encurta e movimentada carga
- Força gerada maior que a força da gravidade

Contração Isotônica

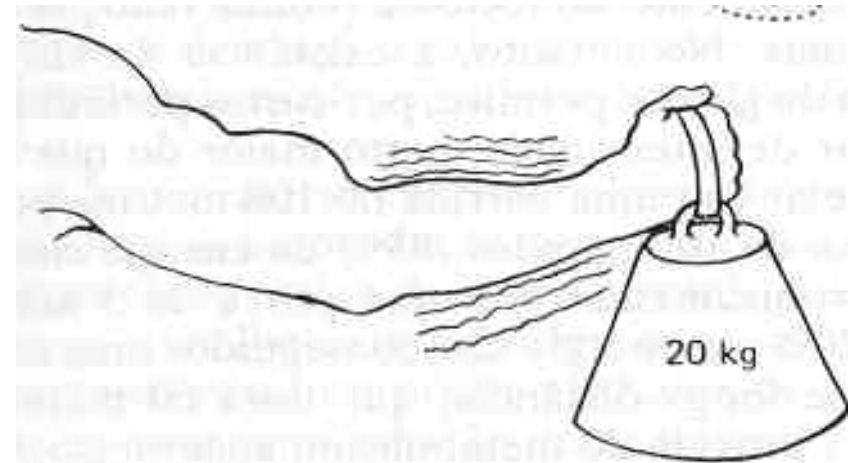
Contração Isotônica Também conhecida por contração dinâmica, é a contração muscular que provoca um movimento articular. Há alteração do comprimento do músculo sem alterar sua tensão máxima. Possui alto consumo calórico e geralmente é de rápida duração. A contração isotônica divide-se em dois tipos: concêntrica e Excêntrica.

Concêntrica: o encurtamento dos sarcômeros aproxima as inserções musculares. Ex: levar o alimento à boca

Excêntrica: o aumento do comprimento dos sarcômeros realiza um movimento de alongamento dos músculo afastando as inserções. Ex: devolver um copo à mesa



- **CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA:**
- -tensão muscular não gera movimento
- -sem encurtar o comprimento externo



Contração Isométrica

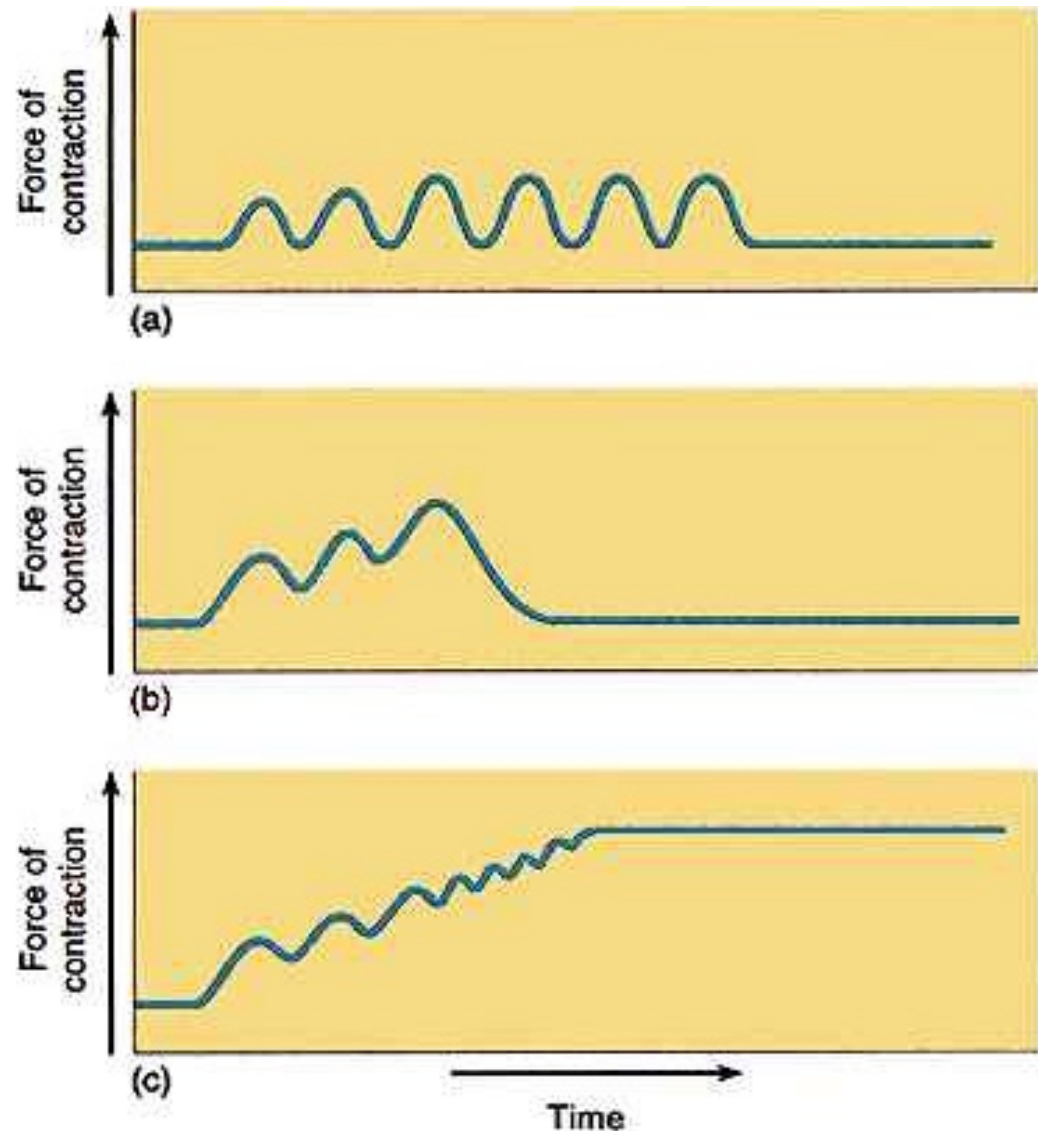
Contração Isométrica

Também conhecida por contração estática, é a contração muscular que não provoca movimento ou deslocamento articular, sendo que o músculo exerce um trabalho estático. Não há alteração no comprimento do músculo, mas sim um aumento na tensão máxima do mesmo.

Possui baixo consumo calórico e média duração e a energia gasta durante essa contração é dissipada sob a forma de calor. Por possuir essas características apresentam rápido ganho de força. Para visualizarmos o trabalho dessa contração basta observar o trabalho do músculo bíceps braquial ao segurar uma carga pesada com os cotovelos em flexão.

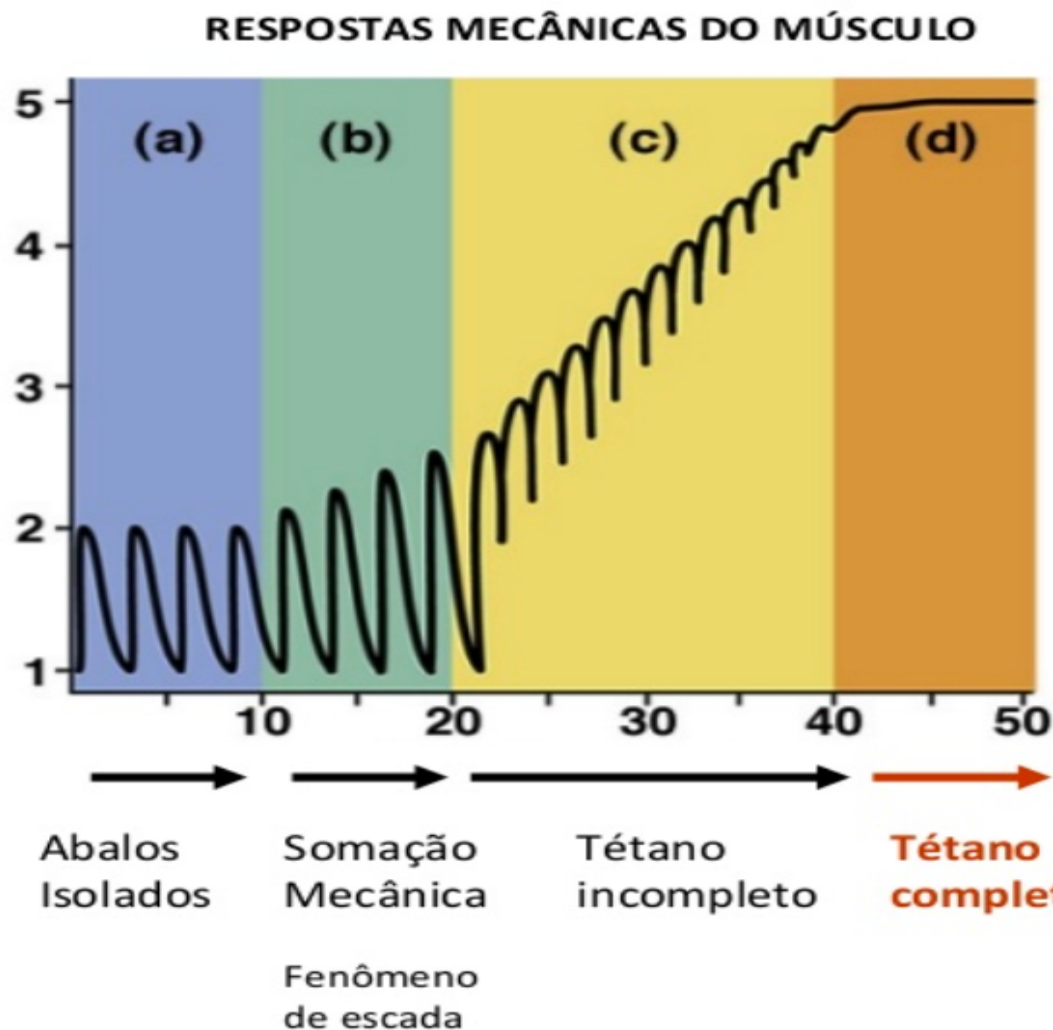


- Contração Muscular Graduada
- O músculo esquelético pode contrair-se em graus distintos
- **Recrutamento:** aumentando o número de unidades motoras ativas aumentará a força da contração muscular
- **Somação das unidades motoras** uma contração se sobrepõem à outra



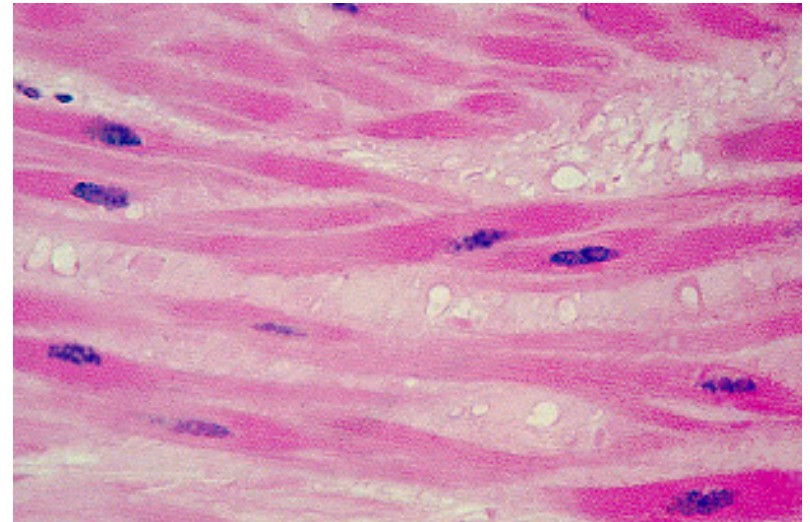
Como aumentar a força de contração???

1) Aumentado a frequência de estimulação das fibras musculares pelo motoneurônio da unidade motora. O aumento de força ocorre por somação mecânica.



Músculo Liso ou INVOLUNTÁRIO ou músculo das Víceras

- Fibras muito pequenas (20-500um)
- Involuntário
- Podem (auto) gerar potenciais de ação
- Artérias/Veias: Motilidade, tensão
- Víceras: Contrações alternadas das camadas circulares das víceras, produzindo ondas peristálticas



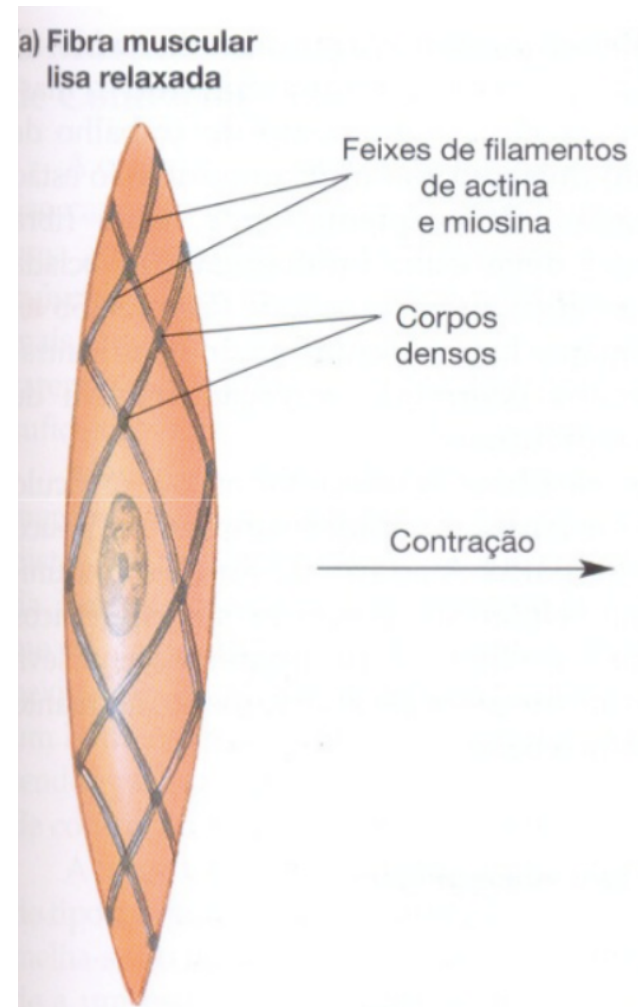
-Na superfície das células musculares existem vesículas membranosas chamadas **cavéolas**.

-Similares ao retículo sarcoplasmático no músculo estriado: captura e liberação de Cálcio.

Contém proteína **calmodulina**

Não apresentam estriações transversais.

As células são mais espessas no centro e finas nas extremidades, com um ou dois núcleos centrais.



Fatores de controle do músculo liso

- Adrenalina
- Noradrenalina
- Acetilcolina
- Angiotensina
- Vasopressina
- Oxitocina
- Serotonina

- Distensão da parede

Fatores de controle do tônus dos vasos

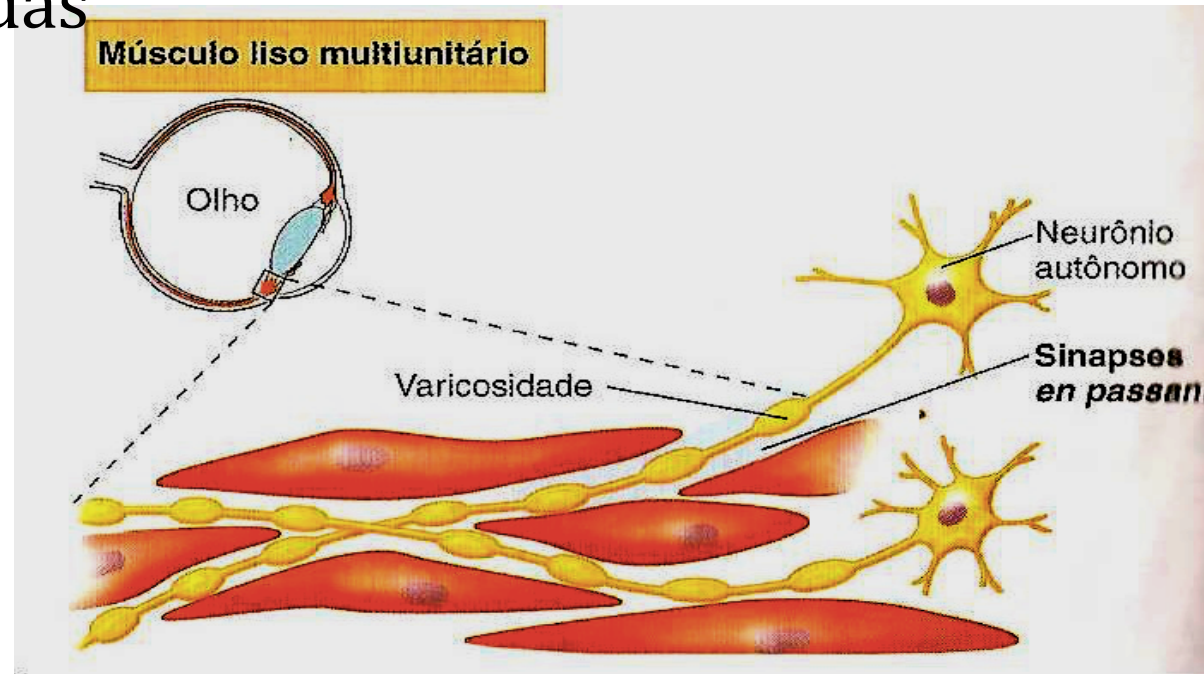
- Adrenalina
- Noradrenalina
- Acetilcolina
- Angiotensina
- Vasopressina
- Oxitocina
- Serotonina
- Distensão da parede
- Ausência de oxigênio nos tecidos locais produz relaxamento do músculo liso (vasodilatação)
- O excesso de gás carbônico produz vasodilatação
- O aumento da concentração de hidrogênio produz vasodilatação

Músculo liso MULTI-UNITÁRIO:

-Fibras musculares separadas que contraem independentemente

-Cobertos por colágeno e glicoproteínas

-Inervados por uma única fibra neural

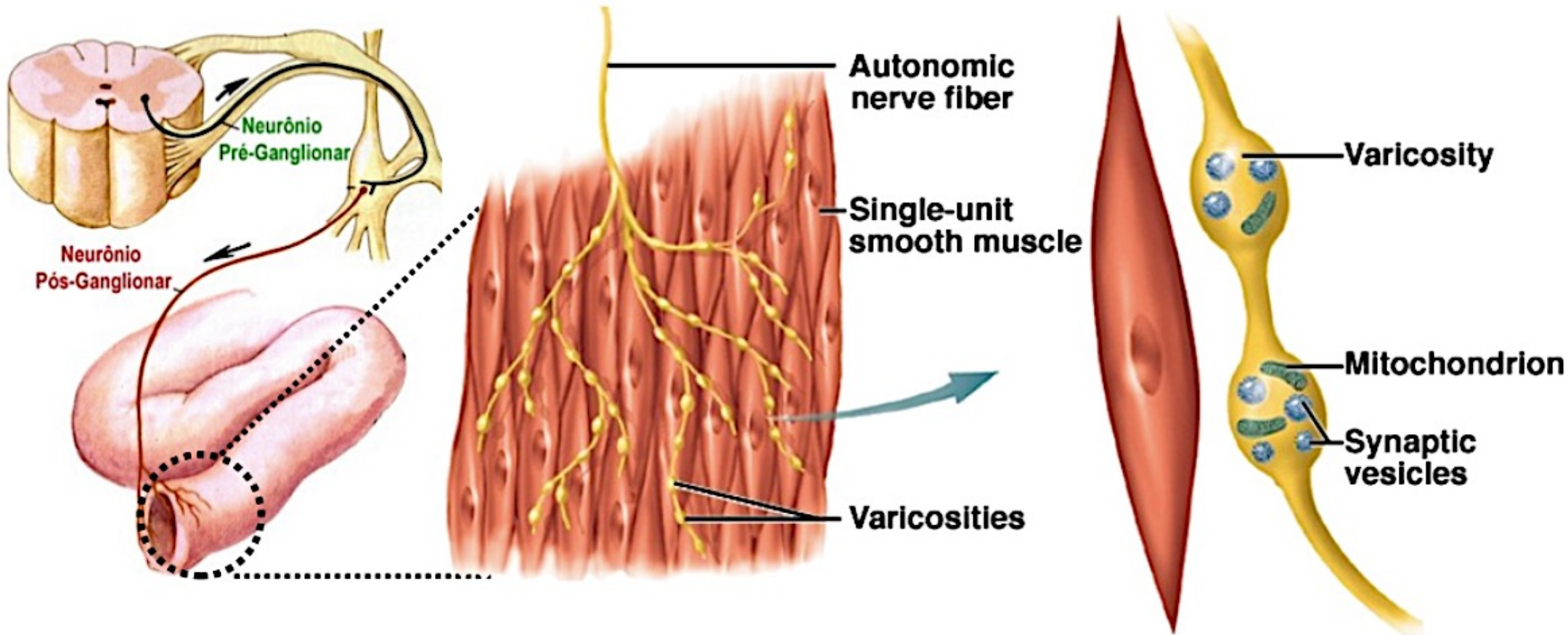


-EX: Músculo ciliar do olho, músculo piloerector

-Não estão eletricamente ligadas

-A despolarização local gerada pelo transmissor se propagará e a célula se contrai

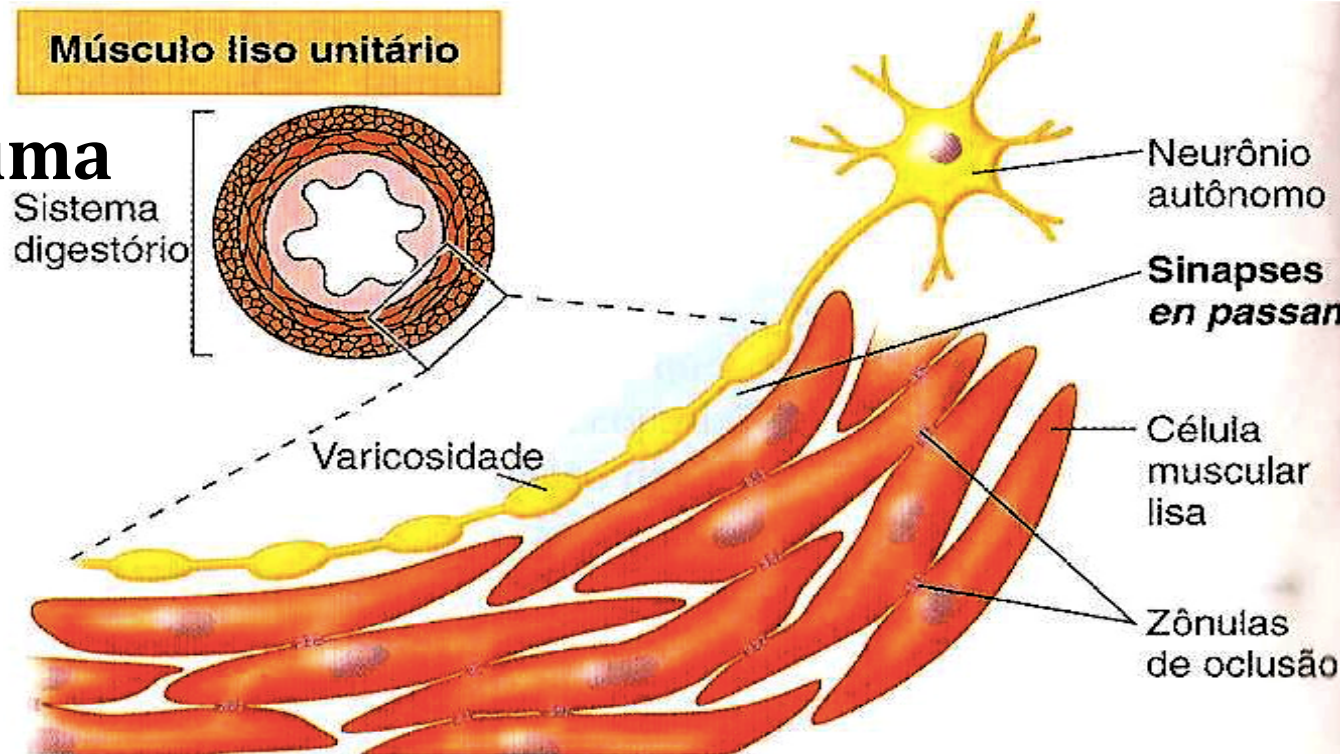
Músculo liso UNITÁRIO (sincicial ou visceral)



Músculo liso UNITÁRIO (sincicial ou visceral)

- fibras unidas pelas zonas de oclusão (ou gap junctions) que estão eletricamente ligadas
- Fibras estão agregadas em lâminas ou feixes e suas membranas celulares aderem entre si.
- Força gerada em uma fibra é transmitida à seguinte

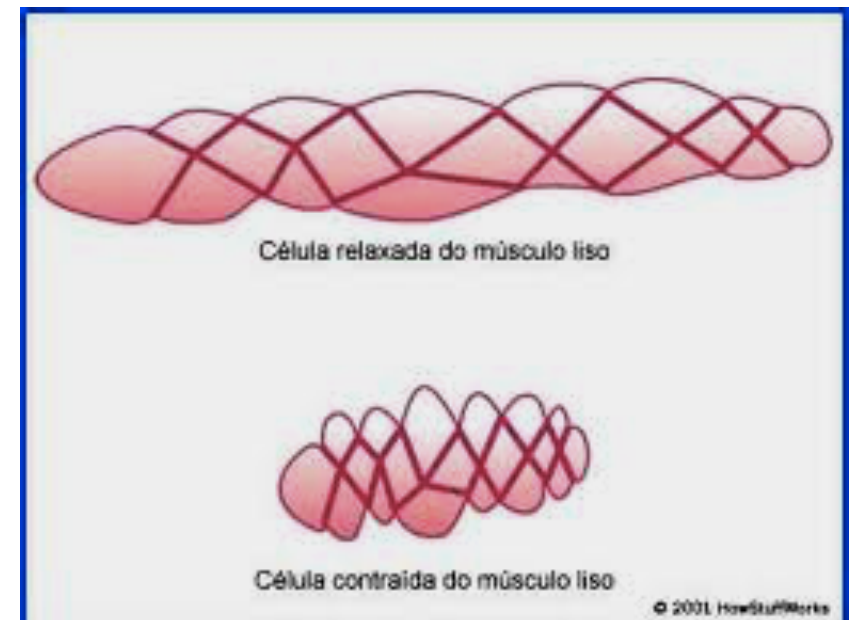
-Se contraem como uma UNIDADE



Processo contrátil do músculo liso

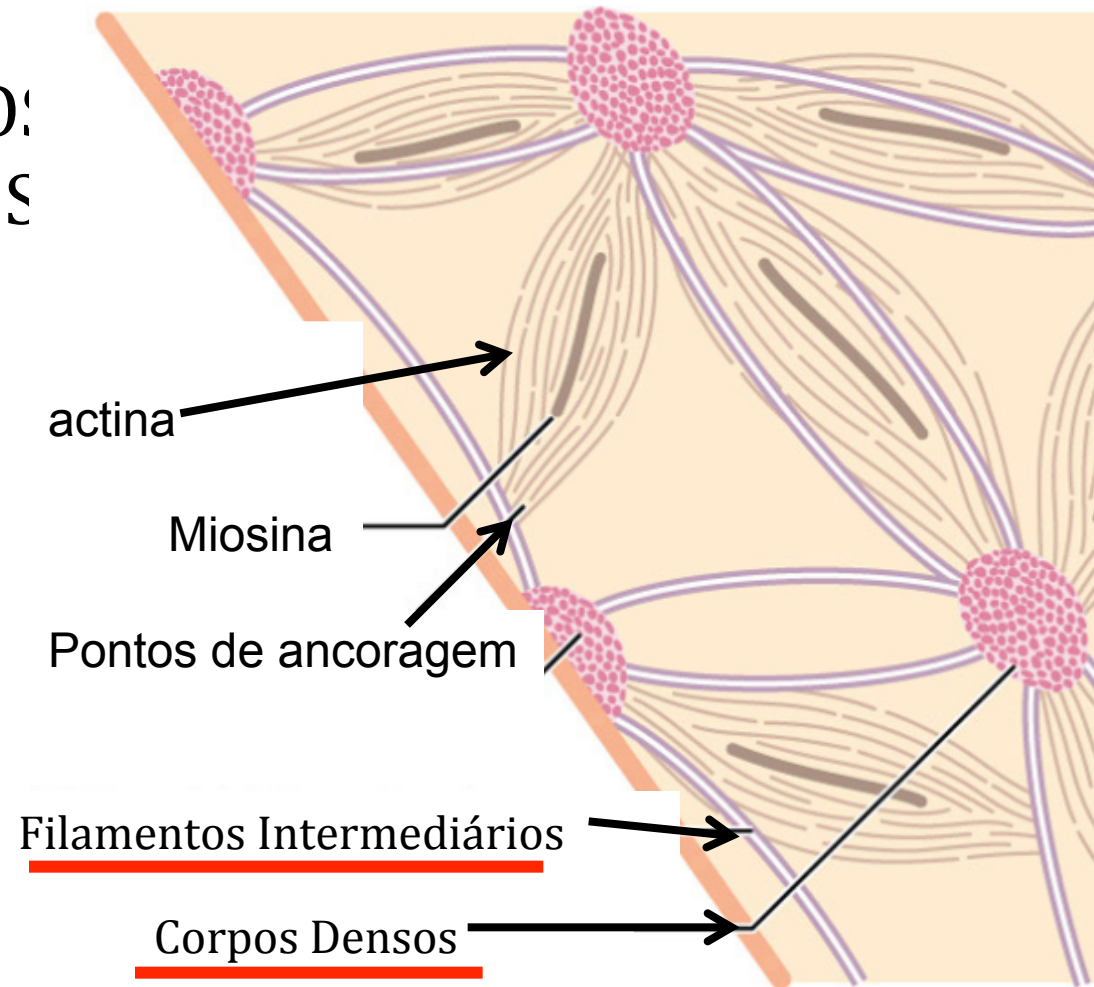
Processo contrátil do MÚSCULO LISO

- Potencial de membrana em repouso -50/-60
- mais lento que o músculo estriado
- Processo contrátil ativado por cálcio e ATP
- Músculo liso se encurta mais que o músculo esquelético
- Baseia-se no deslizamento de filamentos
- Fibras neurais autonômicas
- Troponina ausente

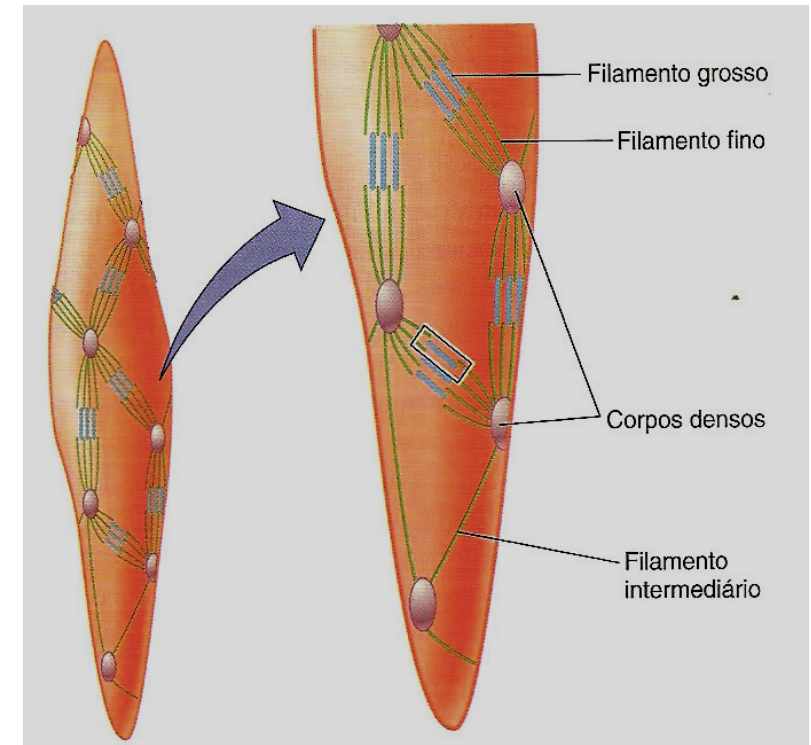
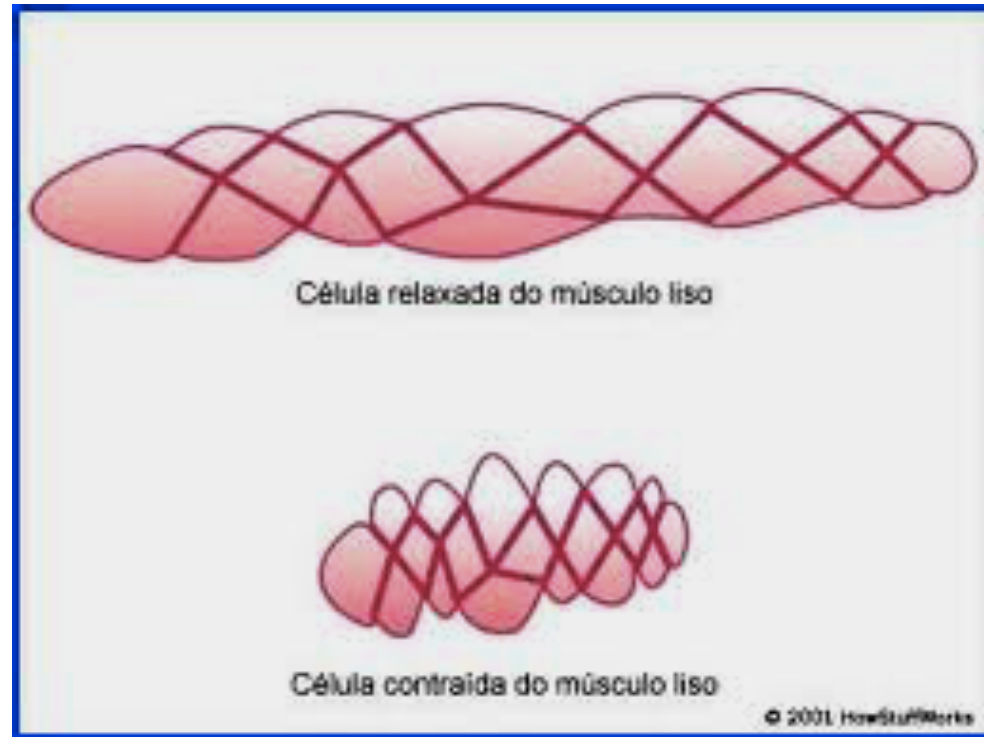


Músculo liso - Disposição dos Filamentos das proteínas contráteis

- Filamentos de actina e miosina
- **CORPOS DENSOS:**
Interconectados por FILAMENTOS intermediários NÃO CONTRÁTEIS
- O filamento de **Actina** se une aos corpos densos localizados na membrana
- no interior da célula se **ANCORAM** em cada extremo aos corpos densos



-Contração de até 80% do comprimento





Tetania e Fadiga muscular

- O que significa?
- A estimulação contínua faz com que o músculo atinja um grau máximo de contração, o músculo permanece contraído, condição conhecida como tetania.
- Uma tetania muito prolongada ocasiona a fadiga muscular. Um músculo fadigado, após se relaxar, perde por certo tempo, a capacidade de se contrair.
- A Fadiga Muscular pode ser definida como declínio da tensão muscular com a estimulação repetitiva e prolongada durante uma atividade.



Resumo da dos Eventos do Acoplamento Excitação - Contração

- 1-Potencial de Ação do nervo – liberação de Ach na junção mioneural
- 2-Ach liga-se ao Receptor Nicotínico – PEPS
- 3-PA na junção mioneural – túbulos T (transversos) condução "profunda"
- 4-Túbulos T-estimulação liberação de Cálcio (retículo sarcoplasmático)
- 5-Cálcio + Troponina: alteração da estrutura
- 6-Tropomiosina muda posição: expõe locais para ligação com a Miosina
- 7-Pontes cruzadas de tropomiosina (previamente ativada pela ligação com o ATP) que liga-se à Miosina
- 8-Hidrólise do ATP liberação de energia (*power Stroke*)
- 9-Pontes cruzadas “puxam” filamentos
- 10-Miosina desliga-se da actina (novo ciclo) Novo ATP liga-se à miosina:
- 11-Término do PA-nervo: saída de Cálcio, tropomiosina na posição inibida pela troponina