

Biomecânica

CONSIDERAÇÕES BIOMECÂNICAS SOBRE O SISTEMA NEUROMOTOR

– Parte I –

Prof. Dr. Matheus M. Gomes

Sistema Nervoso

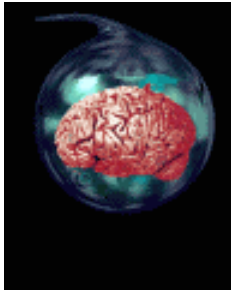
✓ Durante a execução de movimentos:

└─ Controle e coordenação dos movimentos.

└─ Realizados pelo Sistema Motor.

└─ Monitoramento dos movimentos e ações musculares.

└─ Realizado pelos Sistemas Sensoriais.



Sistema Muscular

– Sumário –

- ✓ **Organização Geral do Sistema Nervoso.**
- ✓ **Motoneurônios.**
- ✓ **Unidade Motora.**
- ✓ **Controle da Tensão Gerada.**
- ✓ **Medida da Atividade da Unidade Motora.**
- ✓ **Neurônios Sensoriais.**
- ✓ **Bibliografia Consultada.**

Organização do Sistema Nervoso

Divisão anatômica e funcional:

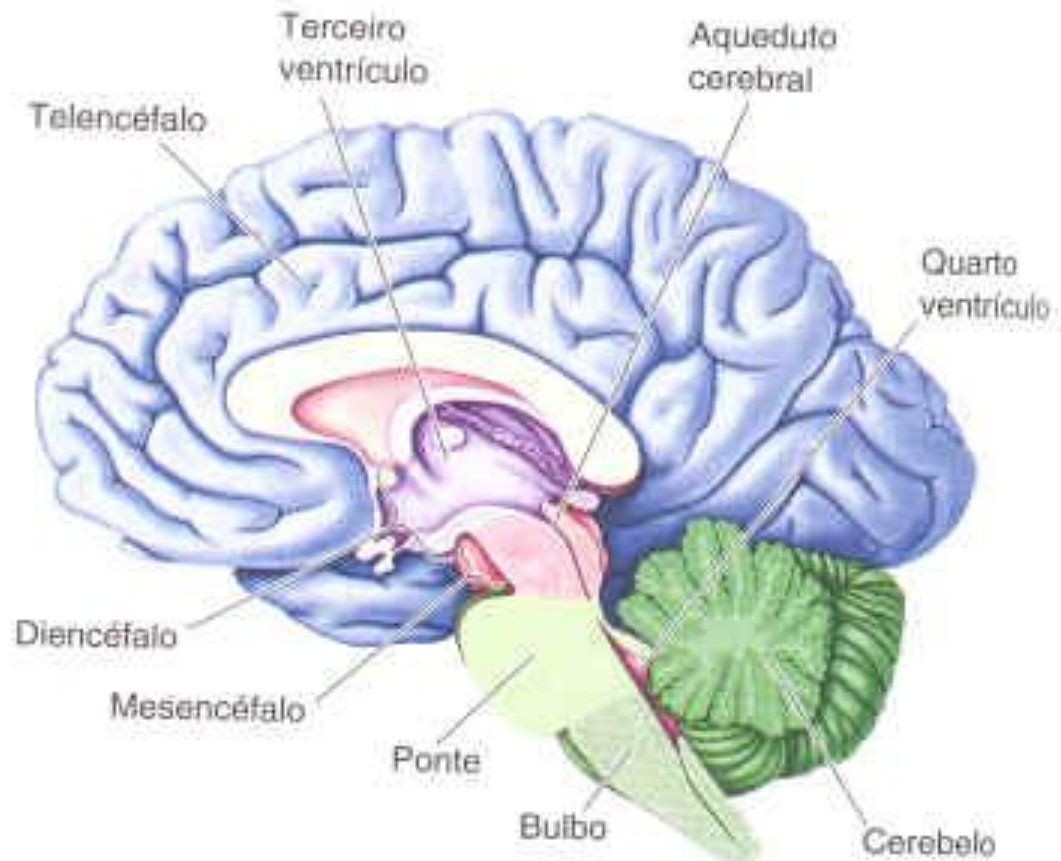
- Sistema Nervoso Central.
 - Encéfalo e Medula Espinhal.
- Sistema Nervoso Periférico.
 - Todos os nervos fora da medula espinhal.

Organização do Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Central:

Encéfalo ou Cérebro:

Consiste de:
telencéfalo,
diencefalo,
tronco cerebral
e cerebelo.



Organização do Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Central:

Medula Espinhal:

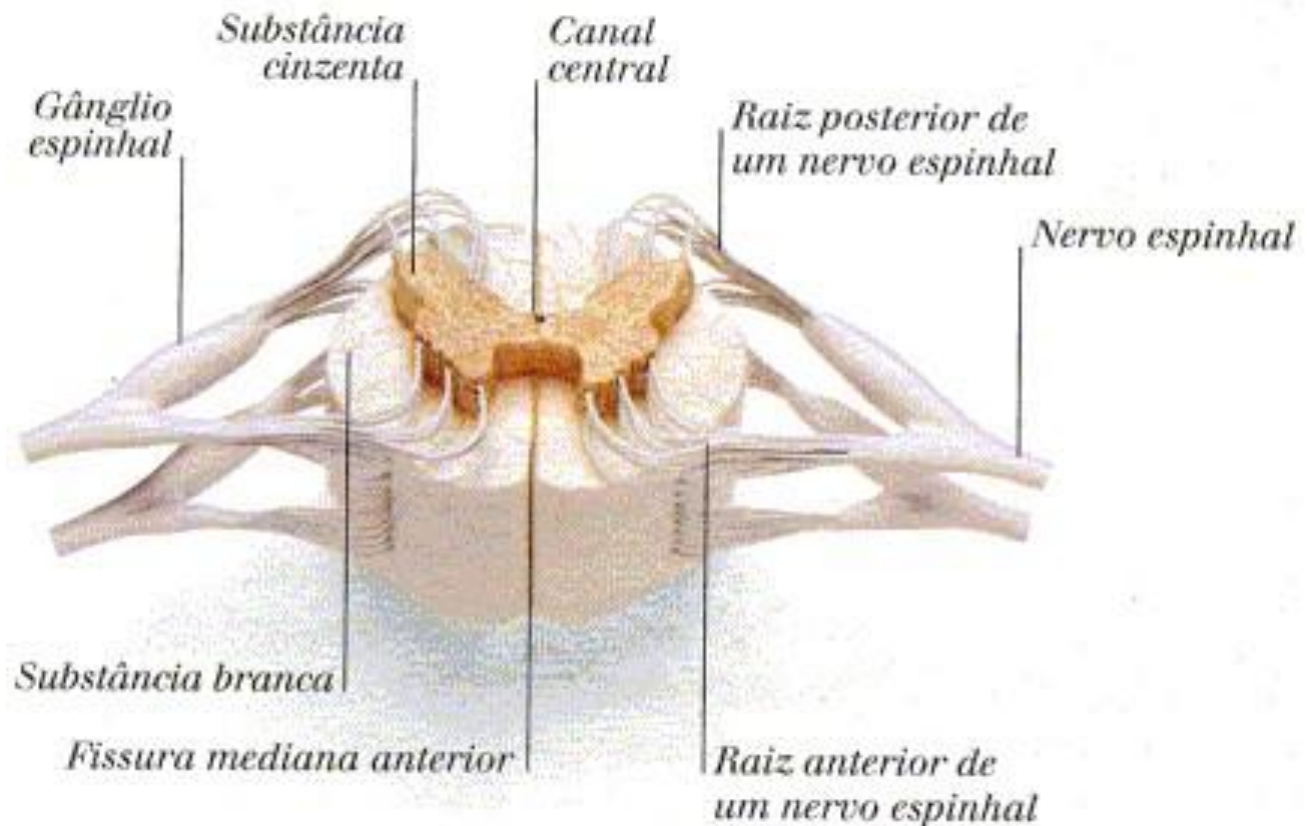
- Possui 3 tipos de neurônios: sensoriais, motores e interneurônios.
- Substância Cinzenta (H).
 - Cornos (ventral e dorsal)
 - Possui corpos dos neurônios.
- Substância Branca.
 - Tractos.



Organização do Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Central:

Medula Espinhal:



Organização do Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Periférico:

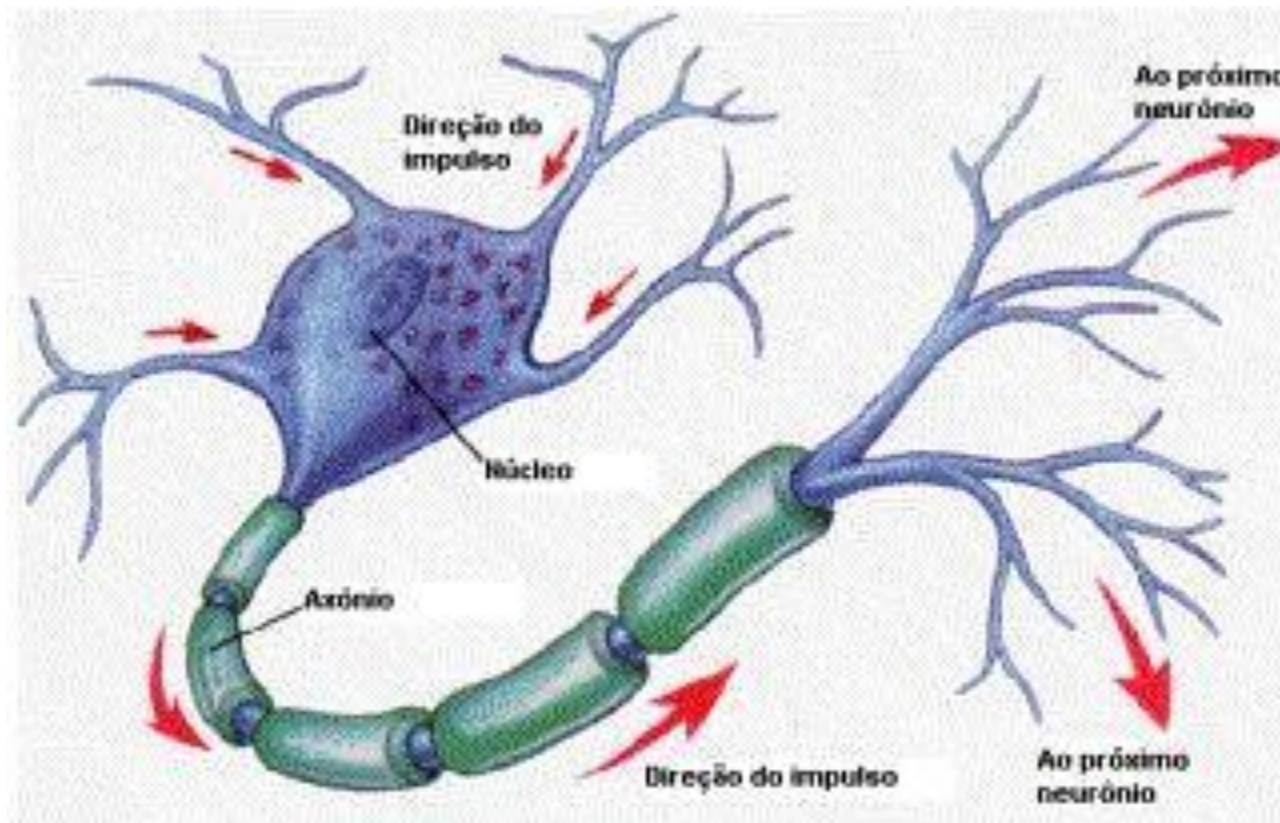
Estrutura Geral dos Neurônios:

- **Corpo Celular (soma):** local onde se encontram as organelas responsáveis pelo metabolismo celular e o núcleo da célula.
- **Axônio:** prolongamento longo e fino do corpo do neurônio que leva impulso nervoso para outro neurônio.
- **Dendritos:** ramificações em torno do corpo do neurônio que servem como local de entrada das informações provenientes de outros neurônios.

Organização do Sistema Nervoso

Sistema Nervoso Periférico:

Estrutura Geral dos Neurônios:



Motoneurônios

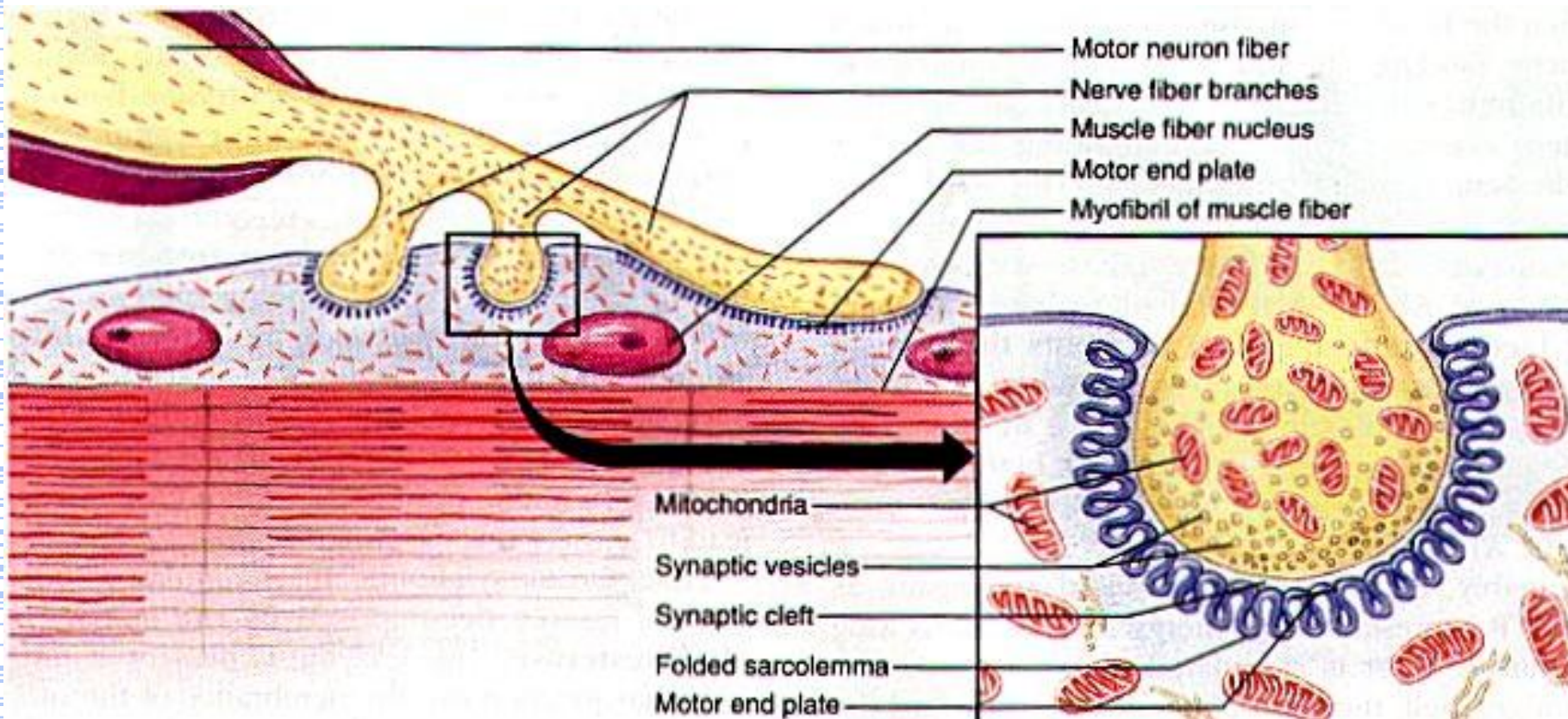
Origem e Destino

Os **corpos celulares** estão no corno ventral da medula espinhal.

Os **axônios** deixam o corno ventral e, próximo aos músculos, dividem-se em ramos denominados placas terminais – JUNÇÃO NEUROMUSCULAR

Motoneurônios

Junção Neuromuscular:



Motoneurônios

Sinápses:

Não ocorre contato físico entre o neurônio e o músculo.

Existe um pequeno vão, denominado de **fenda sináptica** entre a placa terminal do neurônio e a fibra muscular.

A **contração muscular** ocorre por meio de uma transmissão eletroquímica ocorrida na fenda sináptica.

Motoneurônios

Tipos de Motoneurônios:

Motoneurônio Alfa (α):

- Transmitem informação da medula espinhal para as fibras musculares extrafusais.
- Diâmetro da fibra entre 8 e 20 μm .
 - Quanto maior a fibra, maior a velocidade de condução do impulso nervoso.
 - Velocidade chega a 100 m/s.

Motoneurônios

Tipos de Motoneurônios:

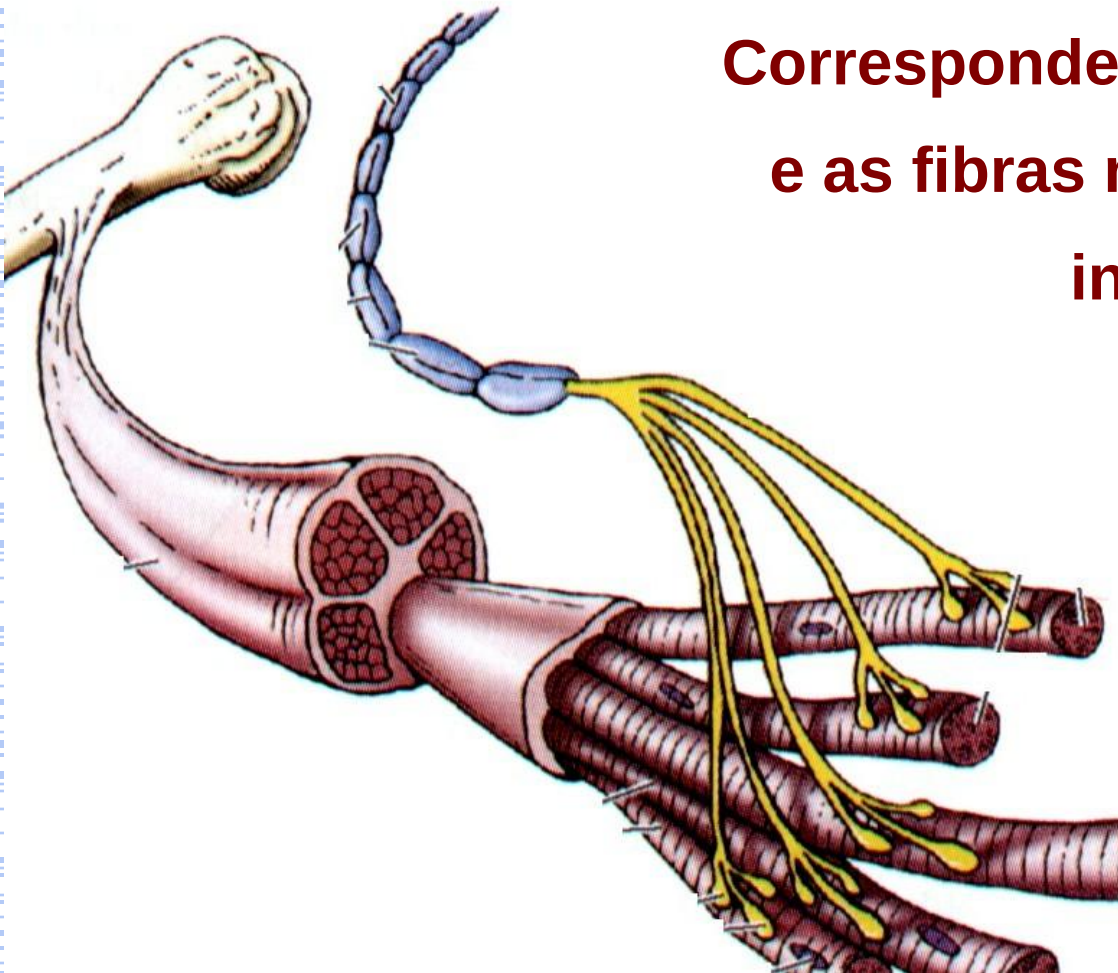
Motoneurônio Gama (λ):

- Inervam receptores sensoriais especiais localizados nos músculos.
- Diâmetro da fibra não superior a 10 μm .
 - Velocidade chega a 50 m/s.

Unidades Motoras

**Corresponde a um motoneurônio
e as fibras musculares por ele
inervadas.**

**Unidade funcional
do movimento.**



Unidades Motoras

Relação: motoneurônio – número de fibras

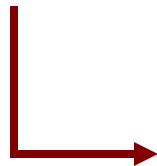
Relação Baixa: características de controle do movimento serão mais finas. Músculos pequenos ou aqueles que atuam em movimentos que necessitam de precisão e maior controle. Ex.: olhos (1:10), mãos (1:100).

Relação Alta: adequada para funções que necessitam de respostas musculares em massa. Músculos grandes ou aqueles que realizam movimentos vigorosos. Ex.: gastrocnêmio (1:1600), glúteo máximo (1:2000).

Unidades Motoras

Tipos de Unidades Motoras (UMs):

Há 3 tipos diferentes de UMs, correspondente aos três tipos de fibras (Tipo I , Tipo IIa e Tipo IIb.



Um motoneurônio inerva apenas um tipo específico de fibra muscular.

Os motoneurônios apresentam pequenas diferenças de acordo com o tipo de fibra que eles inervam.

Controle da Tensão Gerada

A quantidade de força ou tensão gerada por um músculo é controlada pelo SN e depende:

- **Número de unidades motoras recrutadas**
- **Frequência de disparo das unidades motoras**

Unidade Motora (UM)

Nº de fibras por UM varia

Em média 1:100 a 1:200

Movimentos precisos 1:6 (orbicular do olho)

Movimentos vigorosos 1:2000 (glúteo máximo)

Mesmo músculo vários tamanhos de unidades motoras

Unidade Motora (UM)

Unidades motoras pequenas (1:50) → neurônios diâmetro menor → mais facilmente excitáveis

Unidades motoras grande (1:1000) → neurônios diâmetro maior → mais difícil de excitar

Recrutamento das UMs

Princípio do Tamanho

Motoneurônios pequenos para grandes

Lentos para Rápidos

De pequena força para muita força

Músculos resistentes a fadiga para fatigáveis

Desativação na ordem inversa

Tipos de Unidades Motoras

Tipo I – oxidativa lenta – tamanho pequeno

Tipo IIa – oxidativa rápida – Tamanho médio

Tipo IIb – glicolítica rápida – Alta relação neurônio fibra (ex. quadríceps)

Tipos de Unidades Motoras

Tipo I

Tipo IIa

Tipo IIb

Potencial de ação



Força



Resistência

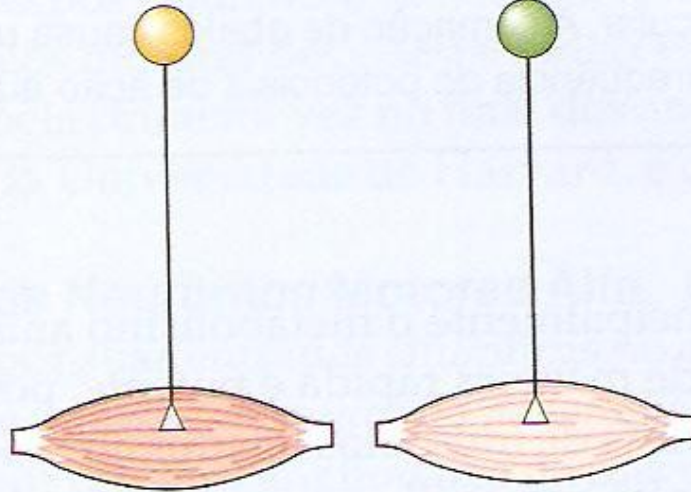


Fibra Muscular x Neurônio Motor

Tipo de neurônio motor alfa:

Lento

Rápido



Nome do músculo: Sóleo

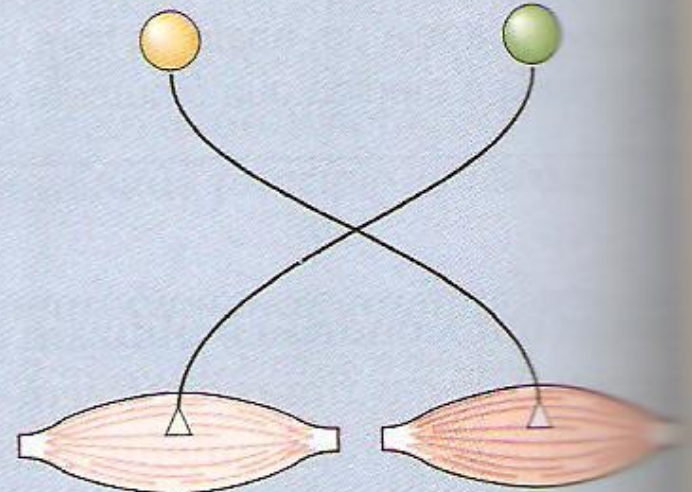
Gastrocnêmio

Tipo de músculo: Lento

Rápido

Lento

Rápido



Sóleo

Gastrocnêmio

tipo rápido

tipo lento

Figura 13.9

Um experimento de inervação cruzada. Forçando neurônios motores lentos a inervarem um músculo rápido faz com que o músculo assuma propriedades lentas de contração.

Alteração no tipo de contração e na bioquímica celular

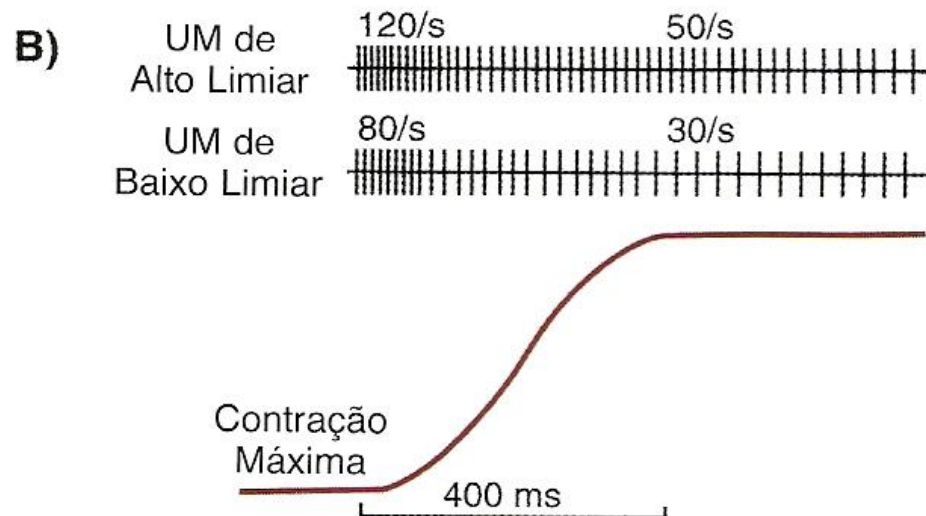
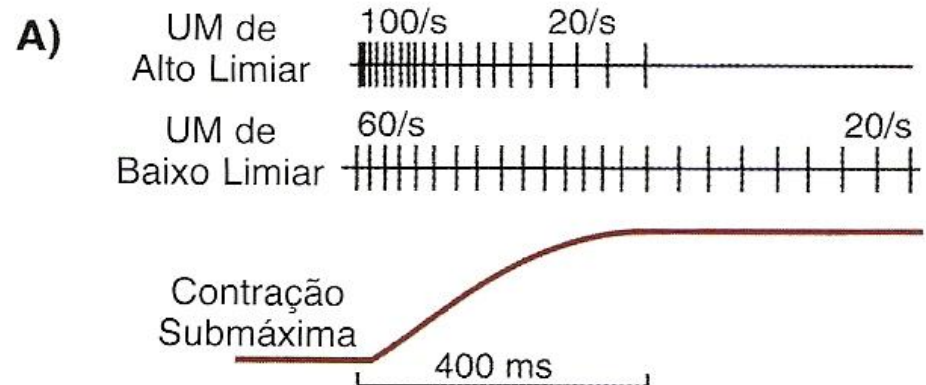
Terje Lomo et al. Demonstraram alteração em função da frequência de estímulo.

Graduação da força

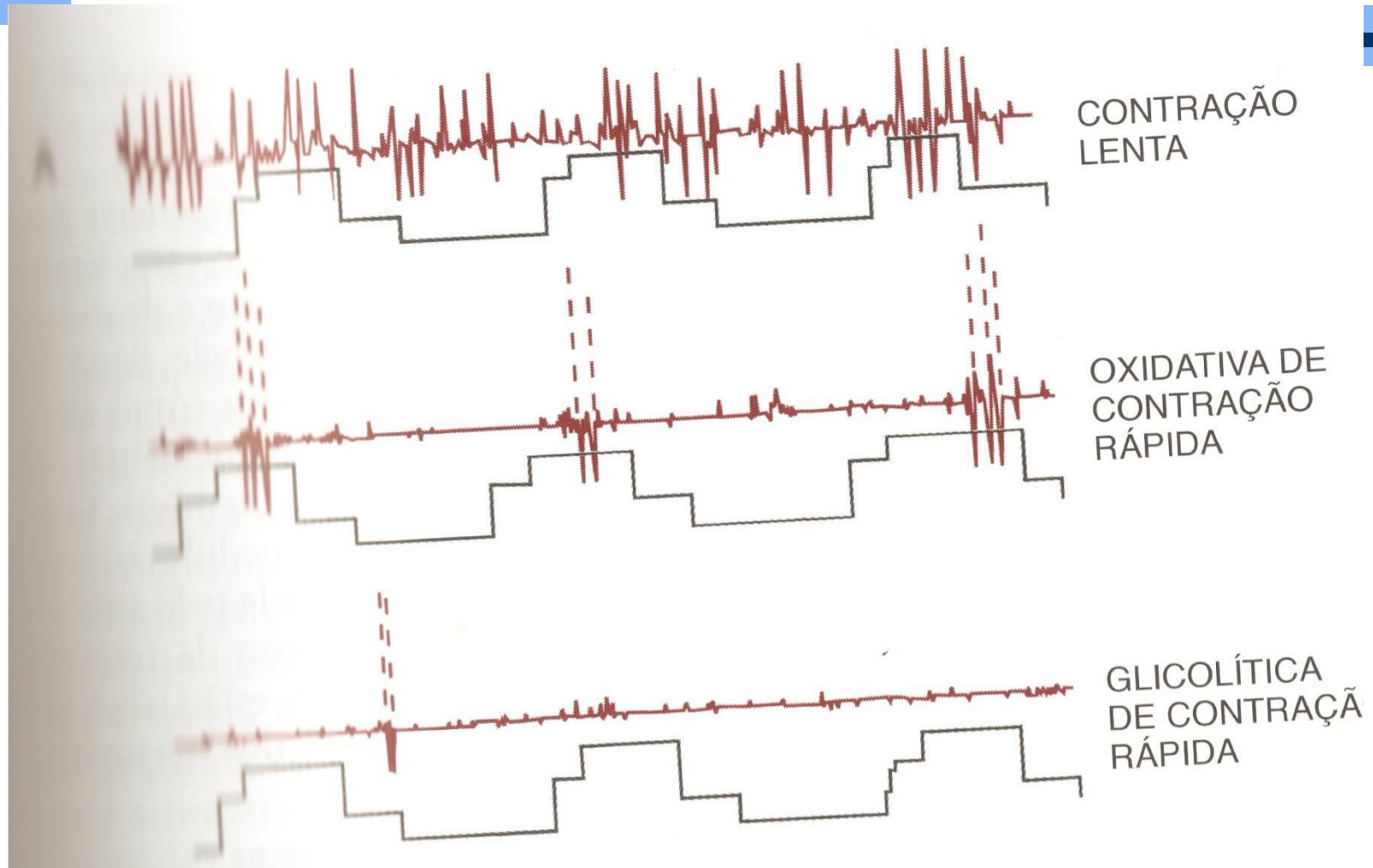
Frequência de disparo
(depois de recrutadas todas
UM)

Músculos pequenos – todas
UM recrutadas com 50% da
força máxima

Músculos grandes – não
recrutaram todas UMs com
95% da força máxima



Recrutamento das UMs



Controle da Tensão Gerada

Número de Unidades Motoras Recrutadas:

- Quanto maior o número de UMs recrutadas ao mesmo tempo, maior a força que um músculo pode gerar.
- As UMs são recrutadas de acordo com o “Princípio do Tamanho”.
 - UM Tipo 1 → UM Tipo IIa → UM Tipo IIb
└─ Seqüência depende do limiar de ativação
 - Em tarefas que exigem pequena quantidade de força, apenas UMs do Tipo I são ativadas
 - Se necessidade de força aumenta, outros tipos de UM são ativados

Controle da Tensão Gerada

Freqüência de Disparo das Unidades Motoras:

- A freqüência de disparo é o número de vezes que potenciais de ação resultam em tensão muscular em um determinado tempo.
- A freqüência de disparo varia entre 3 e 50 disparos/s.
- Músculos Pequenos: força adicional é alcançada pelo aumento da freqüência de disparo após todas as UMs terem sido recrutadas.

Controle da Tensão Gerada

Frequência de Disparo das Unidades Motoras:

- Músculos Grandes: a frequência de disparo aumenta juntamente com o aumento do número de UMs e, após 80% a força é aumentada pelo aumento da frequência.
- Fibras do Tipo IIb têm maior frequência de disparo que fibras do Tipo I, mas esta frequência é mantida por menos tempo.

Medida da Atividade da Unidade Motora

Eletromiografia (EMG):

EMG com eletrodo tipo agulha

- Registra atividade elétrica de uma UM específica.

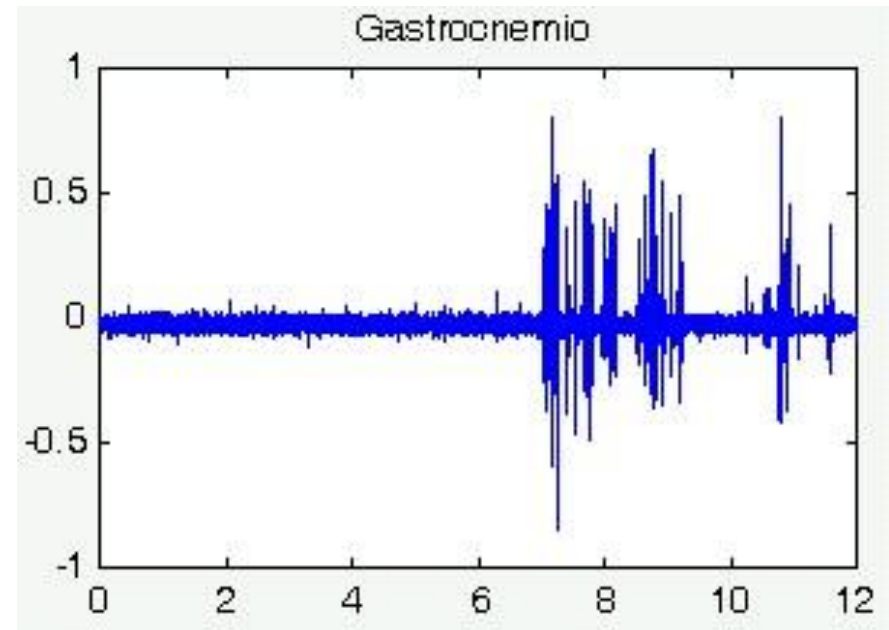
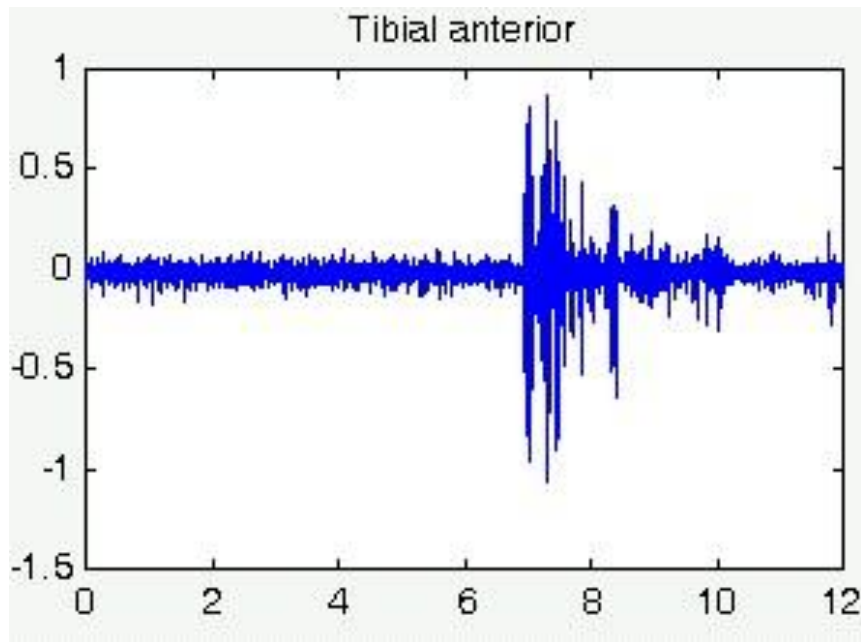
EMG com eletrodos de superfície

- Registra o sinal que corresponde à soma dos potenciais de ação de várias UMs.

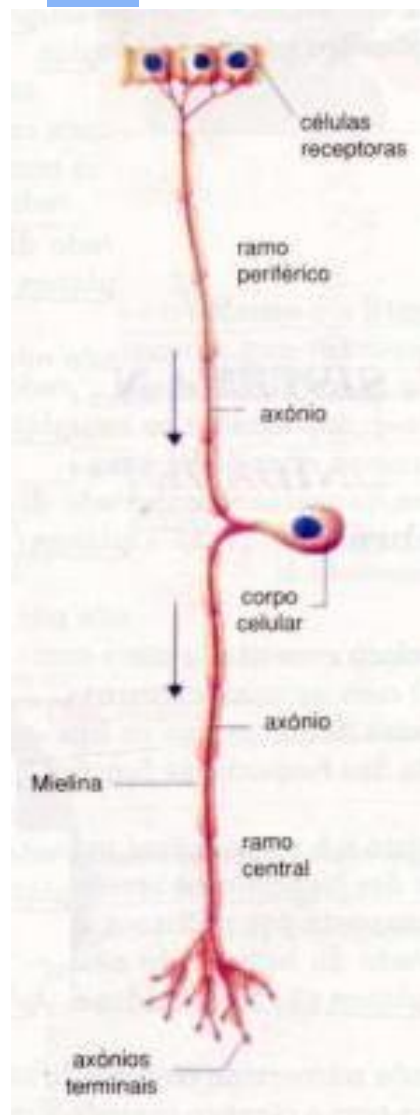
EMG não mede a força muscular. Registra quando, por quanto tempo e qual a intensidade da contração muscular.

Medida da Atividade da Unidade Motora

Eletromiografia (EMG):



Neurônios Sensoriais



- Captam e transportam as informações sobre as condições e características de mudança do corpo e da relação estabelecida entre o corpo e o ambiente.
- Possui sensores ou receptores que mudam suas propriedades em resposta a estímulos (fontes de energia) de uma modalidade ou tipo especial.
- Diferentes sistemas receptores permitem aos seres humanos diferenciar e responder a diferentes tipos de estímulos ou fontes de energia (Ex.: som, luz, energia térmica, química).

Neurônios Sensoriais

Tipos de Neurônios Sensoriais:

- Interoceptores: sensores sensíveis a alterações químicas (quimioceptores). Ex.: Sensores olfativos e do paladar.
- Exteroceptores: transmitem informações do ambiente. Ex.: Receptores visuais e auditivos.
- Proprioceptores: transmitem informações do próprio corpo e são sensíveis às mudanças mecânicas ocorridas nos músculos, articulações, ligamentos, tendões e pele.

Neurônios Sensoriais

Proprioceptores:

- Estão mais associados ao movimento corporal.
- São sensores especializados localizados principalmente nos músculos, tendões, articulações e na pele.
- São sensíveis a distensão (alongamento), a tensão e a pressão.

Principais proprioceptores:

- Fuso Muscular;
- Órgão Tendinoso de Golgi;

Bibliografia Consultada

- HALL, S.J. **Biomecânica básica.** 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K.M. **Bases biomecânicas do movimento humano.** São Paulo: Manole, 1999.
- VILELA, A.L.M. **Anatomia e fisiologia Humana.** Disponível em: <<http://www.afh.bio.br/nervoso/nervoso3.asp>>. Acesso em: 5 mar 2006.