

MFT 0833 – Biomecânica do Movimento Humano

Biomecânica do Sistema Muscular

Profa. Dra. Isabel de C. N. Sacco



icsacco@usp.br
<http://www.usp.br/labimph>

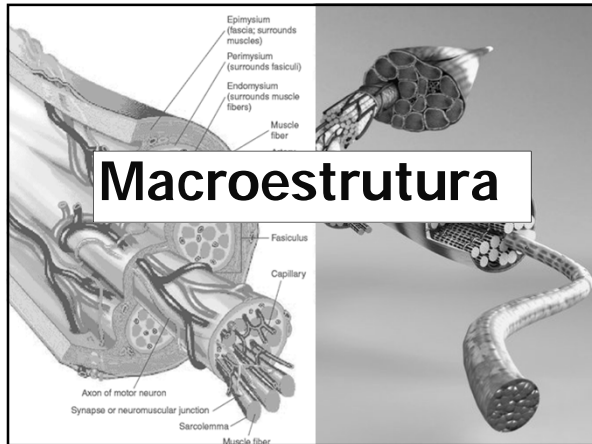
Preparação próxima aula

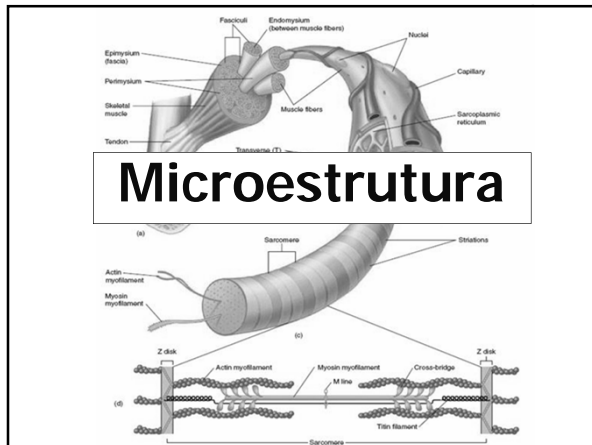
SEGUNDA: Leitura e Estudo Texto Tecido ósseo
Susan Hall

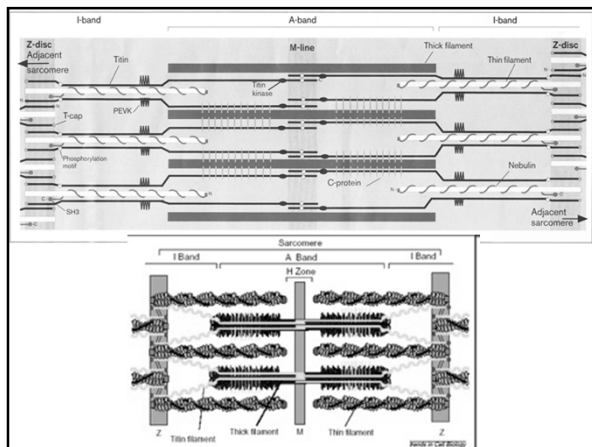
Atividade Team Based Learning 07/8

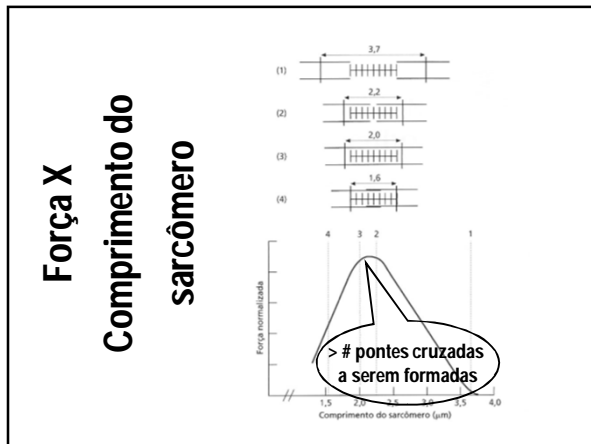
MÚSCULO

- Todo **movimento humano** é gerado pela ação de um **músculo**
- O músculo é o **único tecido** do corpo humano capaz de produzir **força**, i.e., biomecanicamente, o músculo é a única estrutura ativa do corpo







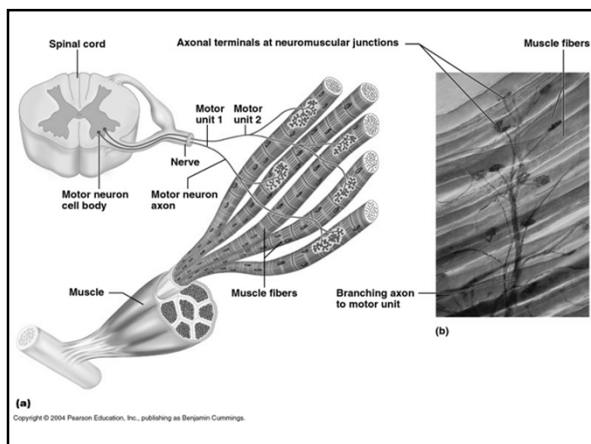


A UNIDADE MOTORA

- A coordenação da contração de todas as fibras é feita através de unidades funcionais - unidades motoras.
- UM = **um nervo motor** que se ramifica e **inerva muitas fibras**.

The Motor Unit

Labels: Motor neuron, Branches of motor neurons, Myofibrils, Muscle fiber



Filmes

- Junção neuromuscular
- Contração muscular

Sacco, 2011

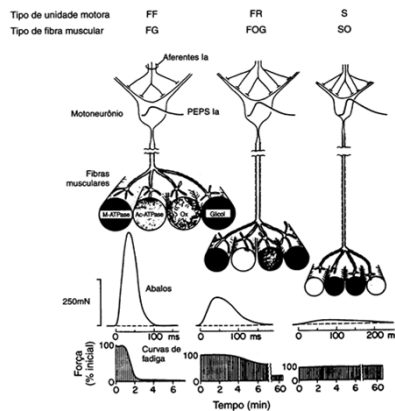
Contração Muscular

Ciclo pontes cruzadas

A força muscular é proporcional ao # de pontes formadas



Tipos de Fibras Musculares



REGULAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR

A regulação da força muscular é dependente de:

- Número e tipo de UM recrutadas
- Freqüência de disparos

Recrutamento das UMs em função da demanda da tarefa

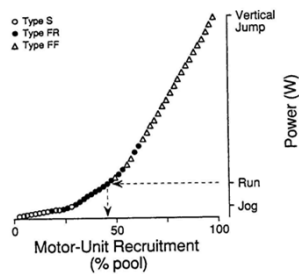
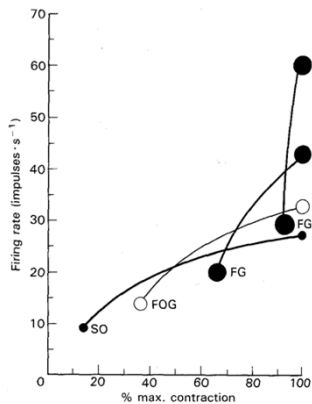


Figure 6.4 Hypothetical model of motor unit recruitment as dictated by the power demands of the task. Recruitment begins on the left (at 0% of the pool) and continues until enough units are recruited to produce the power needed to perform the task. For example, producing sufficient power to run would require the recruitment of about 48% of the motor units in the pool.

Recrutamento das UMs em função do tipo de fibra



TIPOS DE AÇÃO MUSCULAR

■ Ação isométrica

■ Ação isotônica

- Excêntrica: "aumento" L músculo;
F_{musc} < F_{ext}; a favor da força externa
("eu perco")
- Concêntrica: "diminui" L músculo;
F_{musc} > F_{ext}; contra a força externa ("eu
ganho")

■ Ação isocinética

Estudo Dirigido

Texto Tânia Salvini (UFSCar)

1. A posição de imobilização reflete diferentes respostas musculares?
2. Qual a relação entre o comprimento do sarcomero e a produção de força pelo músculo?
3. Para que serviria a estimulação elétrica muscular ou atividade contrátil durante um processo de imobilização?
4. Qual a importância do aquecimento realizado previamente a uma atividade física extenuante?
5. Quais os tipos e as causas de dor relacionadas ao exercício físico?
6. Sabe-se que nadadores profissionais apresentam uma hipertrofia de peitoral e, conseqüentemente, um encurtamento do mesmo. Qual seria uma forma de se adquirir um aumento de massa muscular associado com o alongamento desses músculos?

Ciclo encurtamento - estiramento

- A combinação de ações **excêntricas** e **concêntricas** forma um tipo natural de função muscular chamado **ciclo de estiramento-encurtamento**
- O ciclo é uma maneira econômica de se realizar um movimento e é a base dos movimentos humanos.
- Acúmulo de E elástica nos elementos passivos musculares (fáscias e tendões)

Sacco, 2011

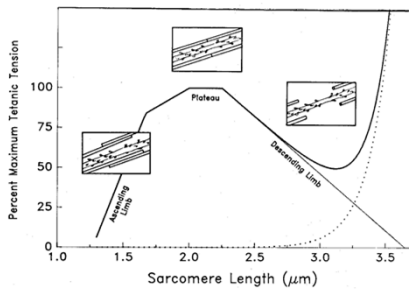
Ciclo encurtamento - estiramento

- Mecanismos passivos elásticos podem contribuir em até 6% na energia para a marcha (Maganaris, CN, et. al., 2000).
- Essas contribuições podem ser maiores ainda em movimentos mais amplos e cíclicos.

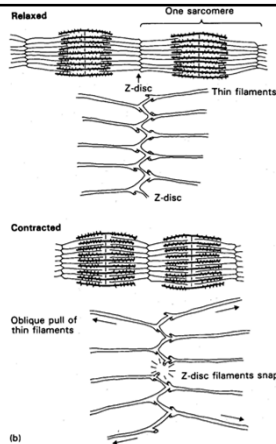
Video Massai

Sacco, 2013

Força X Comprimento do Músculo



Adaptação mecânica do tecido muscular ao exercício



Hipertrofia Excêntrica e Concêntrica

- Aumento # sarcômeros: aumento # proteínas – aumenta # pontes – aumenta F
- Maior [glicogênio]
- Maior [gordura]
- Maior [H₂O]
- Hipertrofia concêntrica: aumenta sarcômero em paralelo (aumento diâmetro músculo) – ganha F
- Hipertrofia excêntrica: aumenta sarcômeros em série (aumenta comprimento fibra) – mantém ADM e ganha F

Sacco, 2013

Macroestrutura

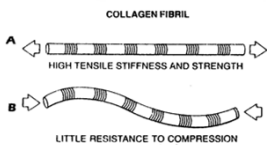
Fáscias e tendões

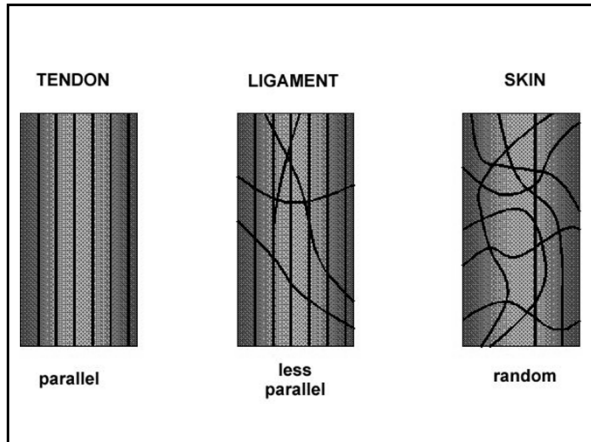
Sacco, 2011

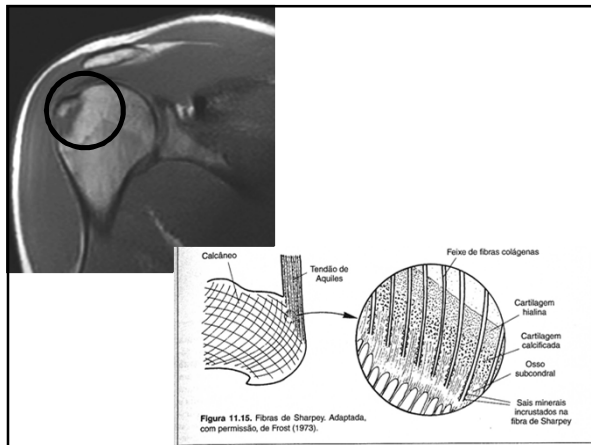
Tipos de Colágeno e distribuição nas estruturas musculoesqueléticas

Tabela 12.1 Características dos 4 tipos principais do colágeno

Tipo	Distribuição	Células produtoras	Grau de polimerização	Função
I	Derma, tendão, osso, pigmentos (fibras de colágeno)	Fibroblastos	Máxima — fibras e feixe de fibras	Resistir à tensão
II	Cartilagens	Condrócitos	Pequena — só forma fibrilas	Resistir à pressão
III	Músculo liso, órgão hemopoético, nervos (fibras reticulares)	Músculo liso, células reticulares	Média — só forma fibras finas	Resistir à tensão com a elasticidade
IV	Lâminas basais	Células epiteliais, endoteliais, musculares	Nenhuma — as moléculas se associam formando uma malha submicroscópica	Suporte, filtração, barreira







Propriedades Biomecânicas

- **ELÁSTICOS:** deformação diretamente proporcional à carga ou stress (lei de Hooke p/ uma mola) e
- **VISCOSOS:** deformação dependente do tempo que a carga atua, a taxa de deformação é diretamente proporcional à força (modelo de Newton p/ um amortecedor).

Sacco, 2011

Propriedades Biomecânicas

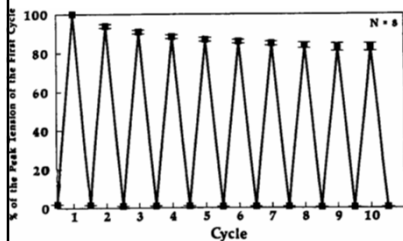
- Materiais **viscoelásticos** tem propriedades **carga-dependentes**:
 - Sobrecarga prolongada = **efeito creep** (deformação lenta)
 - Quando são sobrecarregados **rapidamente**: maior resistência a deformação do que a resistência exibida quando estão sobrecarregados mais lentamente.
 - Qto **maior a duração** da aplicação da carga e magnitude: maior a deformação.

Sacco, 2011

MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO AO EFEITO AGUDO DO ALONGAMENTO

- Relaxação de stress
- Efeito Creep

RELAXAÇÃO POR STRESS



Experimento 1:
Alongamento Extensor comum dedos (coelhos – maq. ensaio) repetido até 10% do comprimento de repouso (taxa de 2 cm/min).

Figure 4. Tension curves of EDL muscle-tendon units repeatedly stretched to 10% beyond resting length. Each of the peak tensions for the first four stretches showed a statistically significant ($P < 0.05$) difference from the other peak tensions. The overall tension decrease was 16.6%.

MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO AO EFEITO CRÔNICO DO ALONGAMENTO

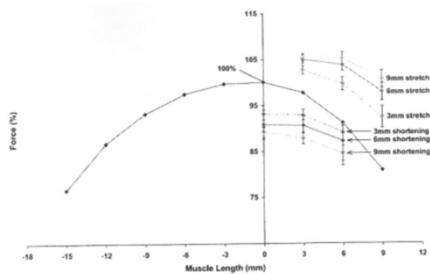
- deformação permanente dos tecidos conectivos e tendão
- aumento do comprimento do músculo pelo aumento dos sarcômeros em série

Efeito do alongamento muscular na produção de Força

- Músculos aumentam em até 2X o trabalho positivo realizado após terem sido alongados.
- Descoberto em 1968 por Cavagna e colaboradores
- Estas adaptações funcionais ocorrem em função das mudanças do número de sarcômeros em série.

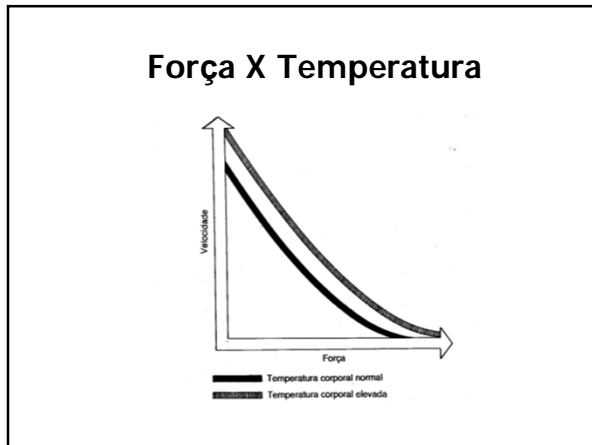
(Zatsiorsky, 2004)

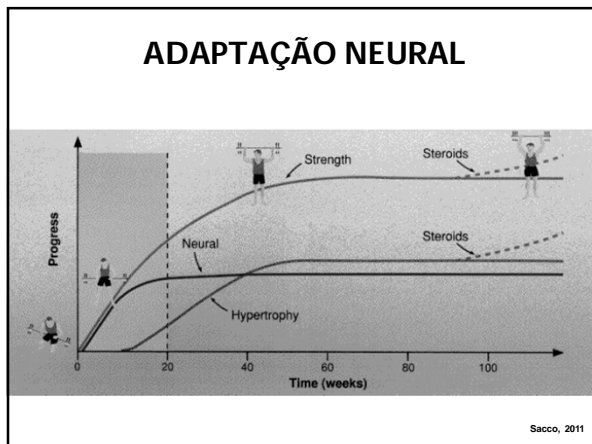
Efeito do alongamento e encurtamento muscular na produção de Força

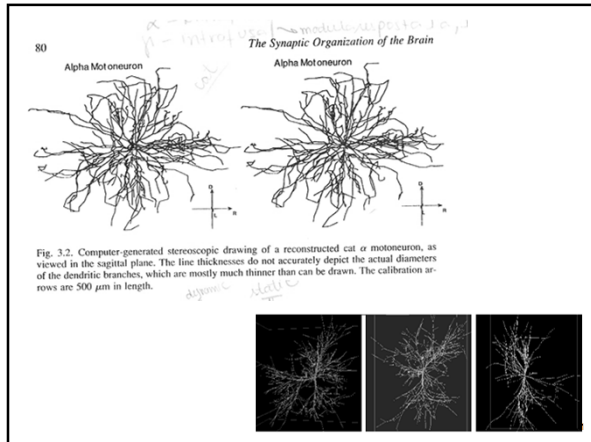


Soleo de gatos (Schachar, R. et al, 2004)









Atividade Casa

1. A posição de imobilização reflete diferentes respostas musculares?
2. Qual o efeito do comprimento muscular na geração de força pelo músculo?
3. Para que serviria a estimulação elétrica muscular ou atividade contrátil durante um processo de imobilização?
4. Qual a importância do aquecimento realizado previamente a uma atividade física extenuante?
5. Quais os tipos e as causas de dor relacionadas ao exercício físico?
6. Sabe-se que nadadores profissionais apresentam uma hipertrofia de peitoral e, conseqüentemente, um encurtamento do mesmo. Qual seria uma forma de se adquirir um aumento de massa muscular associado com o alongamento desses músculos?

MFT 0833 – Biomecânica do Movimento Humano

Biomecânica do Tecido ósseo

Profa. Dra. Isabel de C. N. Sacco

LABORATÓRIO DE BIOMECÂNICA USP
MOVIMENTO E POSTURA

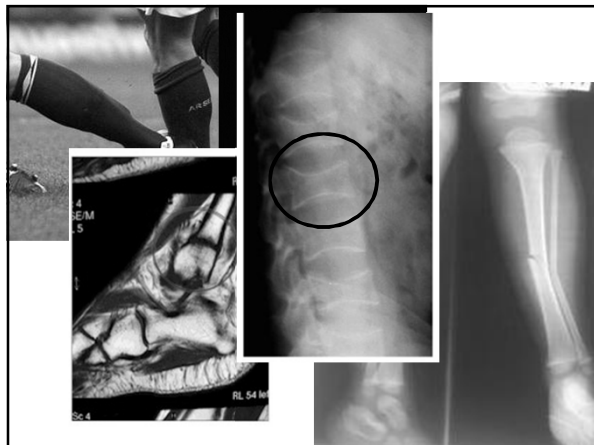
icnsacco@usp.br
<http://www.usp.br/labimph>

TAREFA para dia 14/8

SEXTA: Leitura e Estudo do cap. 2 livro Movimento

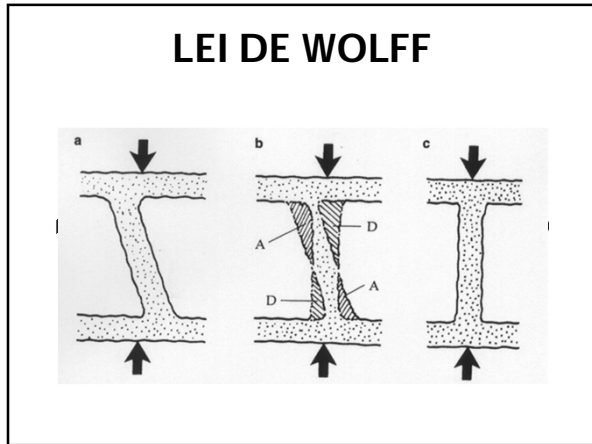
Articular I - Planos e Eixos

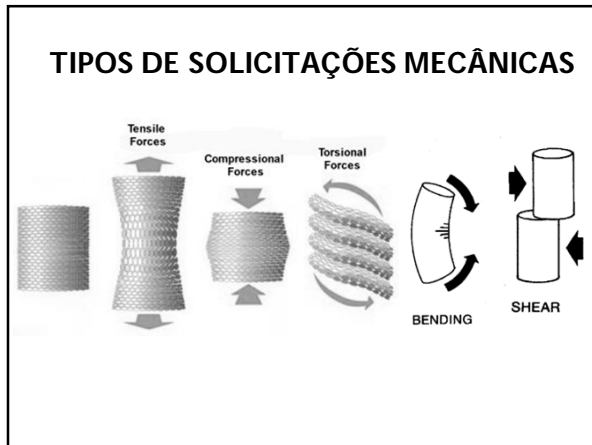
Trazer cópia na AULA

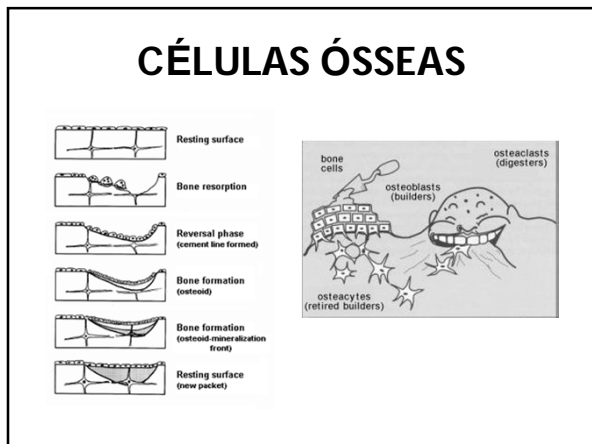


OSSO: tecido vivo

- O osso é um tecido dinâmico que crescem até a idade adulta.
- Após a idade adulta, está sob constante remodelamento
- Sofrem modelamento dado um estímulo apropriado







Team Based Learning

TBL

1. Atividade individual
2. Questões parte 1 – individual (15')
3. Questões parte 1- em dupla (15')
4. Questões parte 1 – em quartetos (20')
5. Questões gerais parte 2 - em quarteto (10')
6. Discussão coletiva

ADAPTAÇÕES DO TECIDO ÓSSEO

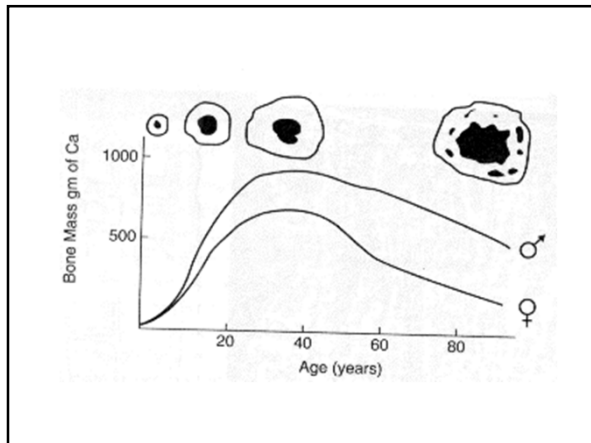
- **Crescimento:** em *comprimento* (~20 anos) e em *diâmetro* em função de fatores genéticos, biomecânicos, fisiológicos e ambientais. *Equilíbrio* entre produção e reabsorção até 40 anos (mulher), até 60 anos (homem)

ADAPTAÇÕES DO TECIDO ÓSSEO

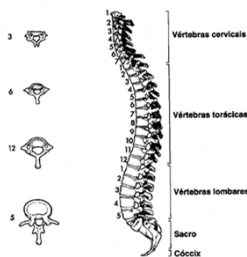
- **Reparo ósseo:** processo pelo qual o osso é *reparado* após uma lesão.

ADAPTAÇÕES DO TECIDO ÓSSEO

- **Modelamento e Remodelamento:** aumento e diminuição da massa óssea (ocorre na idade adulta).
- **Aumento massa óssea** – aumenta a resistência do osso – processo lento e depende de condições ótimas de sobrecarga mecânica aguda
- **Aumento de diâmetro** – diminui stress gerado cronicamente



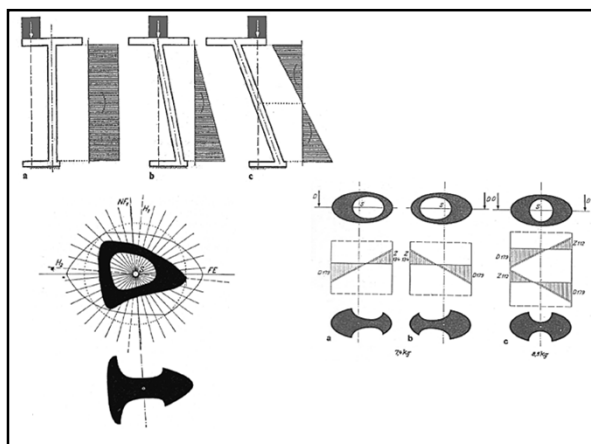
Osso responde ao stress aplicado



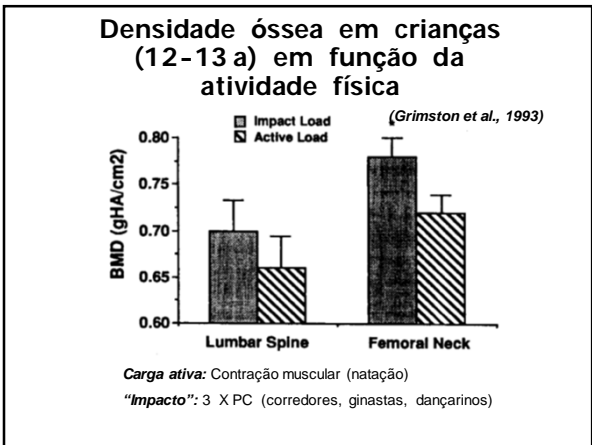


Princípios da construção do esqueleto Humano

- ▣ **CULMANN:** Mínimo material, máxima produção de força, máxima resistência com economia (ARQUITETURA IDEAL)
- ▣ **PAWELLS:** sob o ponto de vista da engenharia ...
 - esqueleto humano representa uma construção ideal leve
 - a geometria muscular otimiza o ↓ "stress" sobre o osso
 - ações musculares antagonistas ↓ "stress" articular
 - > área de inserção muscular no osso para ↓ "stress" de pico e melhor distribuir as Forças

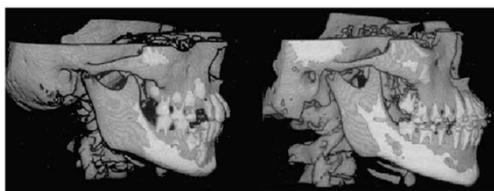


- Atividade física moderada como suporte do peso, como corrida e saltos, têm impacto mais positivo sobre a deposição óssea do que atividades que não necessitam do suporte do peso, como a natação (Taaffe et al, J Bone Miner Res 1995; 10:586-93)
- Dança X Caminhada:** Dança preservou melhor a integridade óssea de mulheres (pós-menopausa) do que a caminhada. Ambas as atividades condicionaram adaptações biopositivas (Zetterberg et al., 1990)
- Soldados:** Observa-se grande aumento (5 - 10 %) da massa óssea de recrutas, após 16 semanas de treinamento. Grupo apresenta alto índice de lesões ósseas.



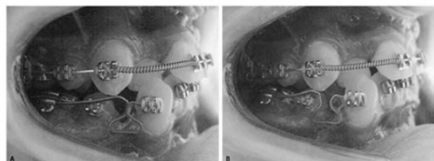
- Diferentes modalidades ⇒ diferente densidade óssea:
 - Fêmur - levantador de peso > arremessador > corredor > futebol > nadadores (≅ sedentários)
- Astronautas** apresentam grande excreção de cálcio através da urina. Após 1 ano de permanência no espaço (Marte) podem ocorrer **perdas** de massa óssea da ordem de **25 %**.
- Indivíduos acamados sofrem severa perda do tecido ósseo (1% / sem)
- Steady State de perda óssea é atingido após perda da ordem de 30 a 40%

- **Tempo para adaptação:** Após 3 meses de atividade, corredores não apresentaram ganho significativo da massa óssea.
- Estímulo efetivo mínimo que aciona formação óssea. Se este estímulo for $<$ \Rightarrow não altera; se for $>$ e raramente aplicados \Rightarrow danos.



Alteração da densidade óssea devido a magnitude da força de mastigação (crescimento)

(Usui et al, 2003)

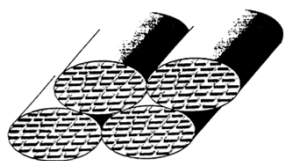


FORMAÇÃO ÓSSEA

- Fukada & Yasuda, 1957 (J. Phys Soc Japan, 1957;12:1158-62) estudos com ossos humanos.
- BRIGHTON (1981) estimulação elétrica e magnética estimulam a consolidação de fraturas.
- MARINO (1984) correntes elétricas estimulam a formação de calo ósseo

PIEZOELÉTRICIDADE NO OSSO

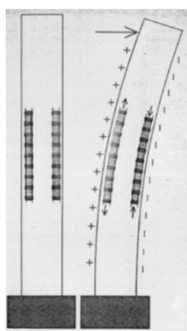
Alguns cristais orgânicos que compõem o tecido ósseo (**Cristais de hidroxiapatita** $Ca_{10} [PO_4]_6 [OH]_2$) podem gerar um potencial elétrico quando deformados (BASSETT, 1967).

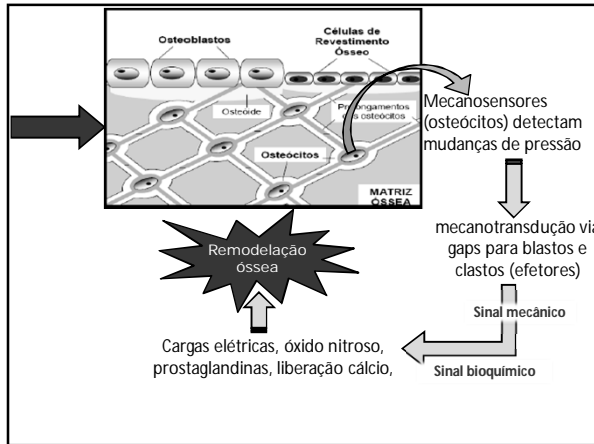


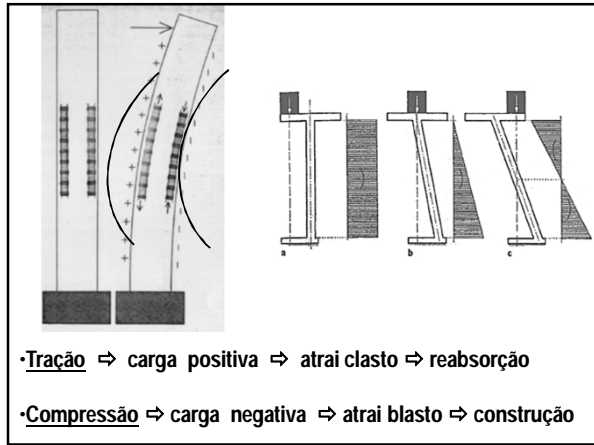
Piezo (grega- *piezin*) = pressão

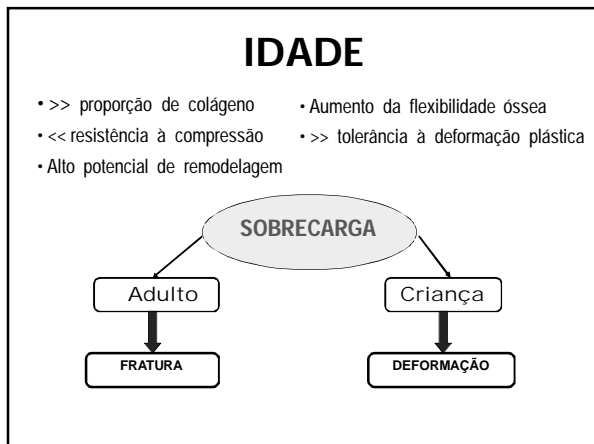
PIEZOELÉTRICIDADE NO OSSO

aplicação de cargas
 ↓
 produção de potenciais elétricos
 ↓
 estimula a formação óssea









EFEITOS DO ÁLCOOL

- De forma geral, as evidências suportam os efeitos deletérios do uso crônico do álcool nos ossos de uma sub população de homens e um efeito neutro mas geralmente benéfico causado pelo consumo moderado de álcool por mulheres (Turner, 2000).

MFT 0833 – Biomecânica do Movimento Humano

Propriedades biomecânicas dos tecidos articulares

Profa. Dra. Isabel de C. N. Sacco

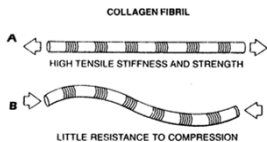


icansacco@usp.br
<http://www.usp.br/labimph>



Composição Tecidos Articulares

- **Colágeno** (10 a 30%) - alta resistência a tração, ineficiente quando comprimido.



- **Proteoglicanas** (3 a 10%) - Glicoproteínas formada de sub-unidades de dissacarídeos unidos por um núcleo protéico. Alta resistência à compressão. Estão extremamente comprimidos pela teia de colágeno.

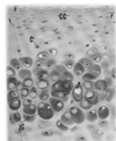
Tipos de Colágeno e distribuição nas estruturas articulares

Tabela 12.1 Características dos 4 tipos principais do colágeno

Tipo	Distribuição	Células produtoras	Grau de polimerização	Função
I	Derma, tendão, osso, pigmentos (fibras de colágeno)	Fibroblastos	Máxima — fibras e feixe de fibras	Resistir à tensão
II	Cartilagens	Condrócitos	Pequena — só forma fibrilas	Resistir à pressão
III	Músculo liso, órgão hemopoiético, nervos (fibras reticulares)	Músculo liso, células reticulares	Méda — só forma fibras finas	Resistir à tensão com a elasticidade
IV	Lâminas basais	Células epiteliais, endoteliais, musculares	Neohuma — as moléculas se associam formando uma malha submicroscópica	Suporte, filtração, barreira

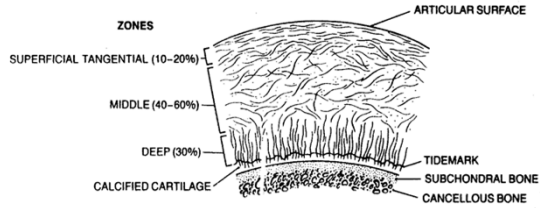
Aspectos Biomecânicos do Sistema Articular

Componentes:



- **Cartilagem articular:** 1- 5 mm de espessura (diminui com a idade); deformável; avascular e de baixa taxa metabólica; não regenera. Funções de transferir forças entre as peças ósseas; distribuir as forças nas articulações; reduzir atrito.
- **Disco fibrocartilaginoso:** otimiza a função da cartilagem; estabiliza a articulação; absorção e distribuição de cargas; melhora o ajuste articular.

Disposição das fibras de colágeno na cartilagem articular



Mecanismo pelo qual a cartilagem articular suporta estresse em compressão

**IMPORTÂNCIA DO
AQUECIMENTO PRÉVIO A
ATIVIDADE COM CARGA**

cartilagem mantem suas características biomecânicas.

PATOLOGIA

