

Biomecânica do Tecido Ósseo



Ricardo Martins de Souza
2013

Biomecânica do Tecido Ósseo



206 Ossos ~20% da massa corporal

Esqueleto Axial

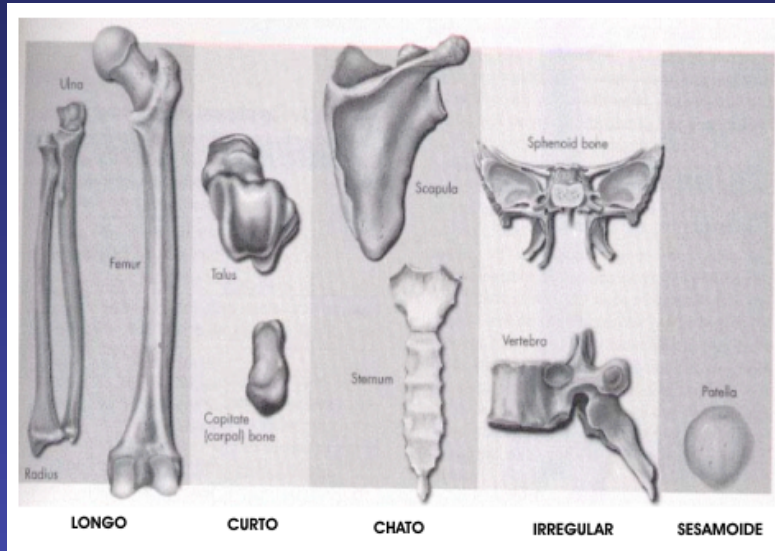
Esqueleto Apendicular

Matriz Óssea

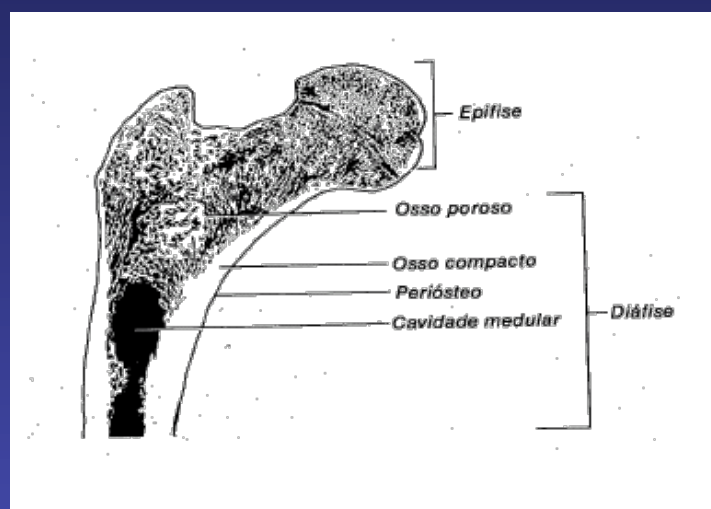
Substância Inorgânica: Carbonato de Cálcio,
Fosfato de Cálcio e outros Minerais.

Substância Orgânica: colágeno, água,
proteoglicanos, etc.

Biomecânica do Tecido Ósseo



Biomecânica do Tecido Ósseo



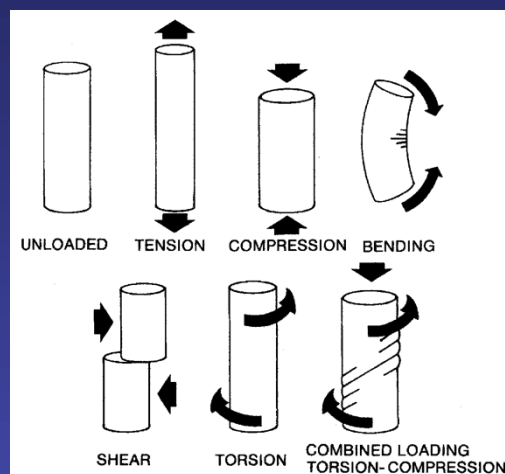
Biomecânica do Tecido Ósseo



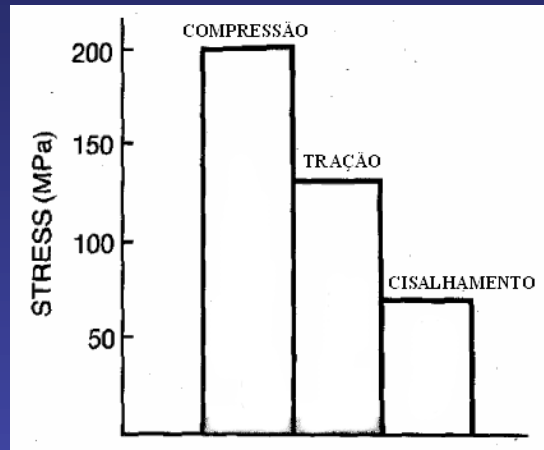
Osso Cortical ou Compacto:
70% a 95% Material Inorgânico
Diáfises e Paredes Externas
Resistentes a Compressão
Transmissão de Cargas

Osso Trabecular ou Esponjoso:
30% a 90% Material Orgânico
Epífises e Paredes Internas
Absorvem Melhor as Deformações
Armazenam Energia

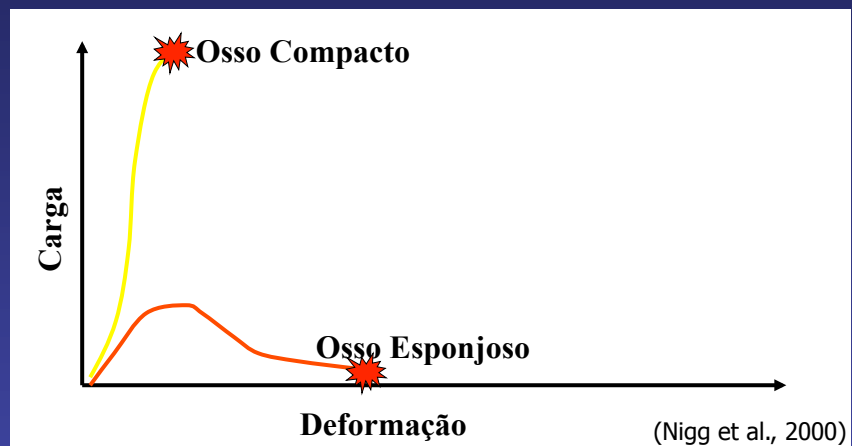
Biomecânica do Tecido Ósseo



Biomecânica do Tecido Ósseo



Biomecânica do Tecido Ósseo



★ Ponto de quebra

Biomecânica do Tecido Ósseo



Compressão e Encurvamento



Tensão (ou Tração)

Biomecânica do Tecido Ósseo

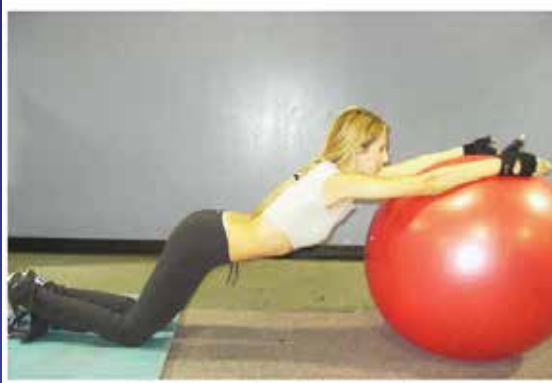


Compressão



Encurvamento e Compressão

Biomecânica do Tecido Ósseo



Cisalhamento e Compressão



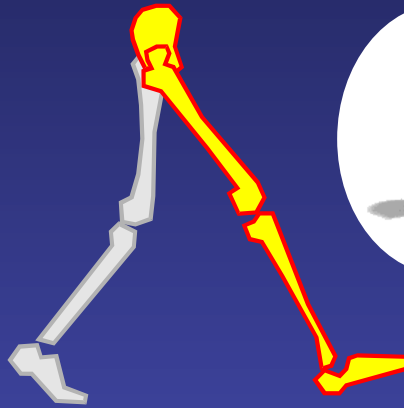
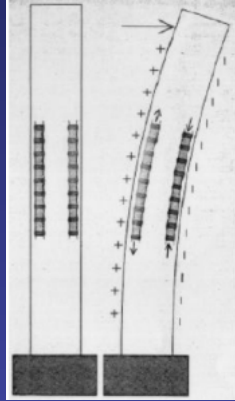
Compressão e Torção

Biomecânica do Tecido Ósseo



- Osteoblastos: Encontrados no Perióstio;
Síntese de Material Ósseo (Disco Epifisário)
- Osteócitos: Osteoblastos Envolvidos pela Matriz Produzida
- Osteoclastos: Concentrados no Endóstio
Reabsorção Óssea

Piezoelasticidade e Remodelação Óssea



“Toda alteração na forma e função de um osso ou de sua função isolada é seguida de certas alterações definitivas em sua arquitetura interna e de uma alteração secundária, igualmente definitiva em sua conformação externa de acordo com as leis matemáticas (Lei de Wolf).”

Crescimento e Remodelação Óssea

Os ossos crescem em comprimento (~até os 20 anos) e em diâmetro, segundo características genéticas e fatores biomecânicos e fisiológicos;

O equilíbrio entre a produção e reabsorção perdura até os 40 anos nas mulheres (menopausa) e até os 60 anos nos homens (estes valores apresentam grande variabilidade).

Em geral o osso esponjoso desenvolve-se por ossificação endocondral (comprimento) e o compacto por ossificação intramembranosa (largura).



Crescimento e Remodelação Óssea

Forças aplicadas nos ossos longos de crianças geram mais lesões nas epífises e na região do disco epifisário do que nas articulações (WILKINS, 1980; SPEER e BRAUN, 1985);

A cápsula articular e ligamentos do ombro de crianças são de 2 a 5 vezes mais resistentes do que os discos epifisários (TIBONE, 1983);

A maior incidência de lesões ocorre durante a fase de crescimento mais intenso (BAILEY et al., 1988; MAFFULI, 1990).



Crescimento e Remodelação Óssea

Exercícios intensos podem acelerar a maturação óssea de animais, resultando em supressão permanente do crescimento longitudinal do osso afetado (KIKINEN, 1987);

Estudos relataram casos de fechamento prematuro das cartilagens de crescimento (epífise distal do rádio) em ginastas. Encurtamento do rádio e alterações no alinhamento rádio-ulnar também foram observadas (ALBANESE et al., 1989).

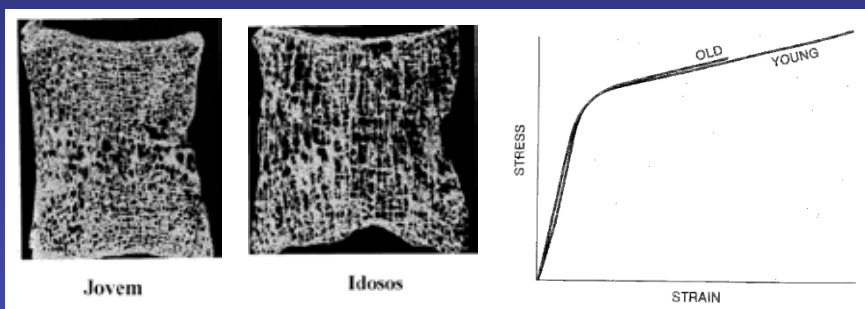


Lesões Ósseas

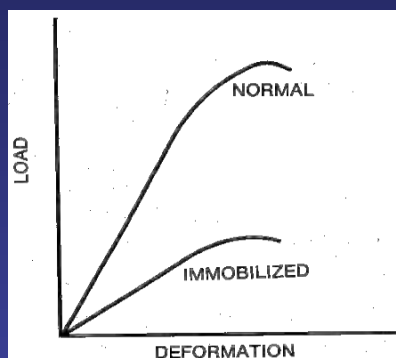
Osteopenia: Valores de BMD entre (-1) e (-2,5) desvios padrão da média de adultos jovens;

Osteoporose: Valores de BMD $\leq$ a (-2,5) desvios padrão da média de adultos jovens;

Osteomalácia: matriz óssea com algum tipo de alteração/dificuldade de mineralização.



Mobilização e Imobilização



Indivíduos acamados sofreram severa perda do tecido ósseo (1% semana).

Astronautas apresentam grande excreção de cálcio através da urina. Após 1 ano de permanência no espaço, podem ocorrer perdas de massa óssea da ordem de 25% (RAUMBAUT et al., 1979).

Tecido Articular



Região onde há conexão de dois ou mais ossos;

O esqueleto humano tem aproximadamente 320 articulações;

Sistema articular: todas as articulações do corpo;

Função: facilitar o movimento relativo entre os ossos e transmitir forças de um osso a outro.

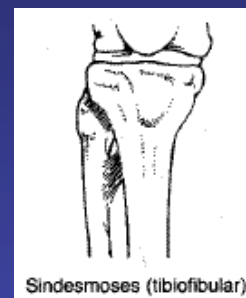
Tipos de Articulações

ARTICULAÇÕES FIBROSAS

Sindesmoses Membranosas e Sindesmoses Suturais:
Quanto maior a quantidade de tecido fibroso, maior o movimento.

Membranosas: folha de tecido fibroso denominada membrana interóssea

Suturais: fina camada de tecido fibroso. Com o Avanço da idade é transformada em sinostose.



Tipos de Articulações

ARTICULAÇÕES CARTILAGINOSAS

Sincondroses e Sínfeses:

A amplitude do movimento é determinada pela espessura e tipo da cartilagem.

Sincondrose: superfícies articulares unidas por cartilagem hialina



Sínfese: superfícies articulares unidas por cartilagem hialina e fibrocartilagem.



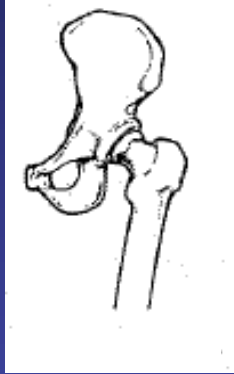
Articulações Sinoviais

80% Esqueleto

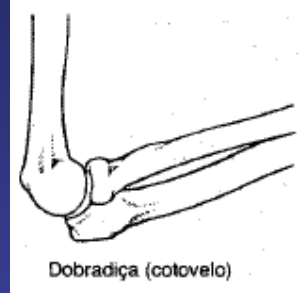


Membrana Sinovial:
Líquido Sinovial
Função Mecânica
Função Fisiológica

Tipos de Articulações Sinoviais



ESFÉRICA
Movimento em
três planos.



Dobradiça (cotovelo)

DOBRADIÇA
Movimento em
um plano.

Cartilagem Articular

Colágeno:

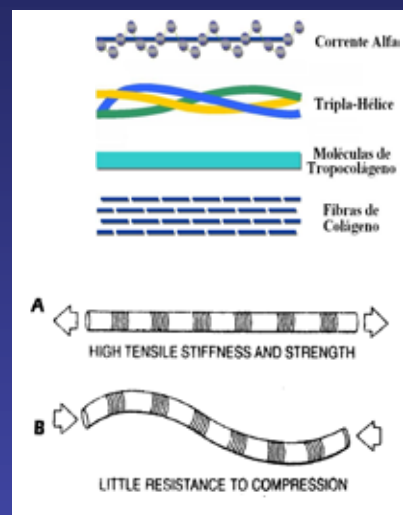
Proteína mais abundante no corpo humano (1/3 do total);

Resistência associada ao número e qualidade das conexões;

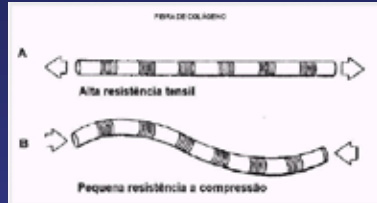
Tipo I: ossos, tendões, ligamentos e pele

Tipo II: cartilagem articular, cartilagem do septo e cartilagem do esterno

Tipo III: derme da pele e paredes dos vasos sanguíneos



Cartilagem Articular



Tecido Conjuntivo:

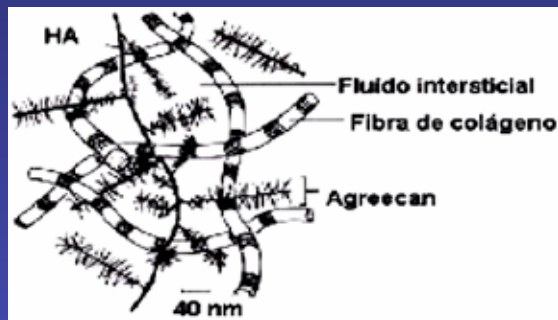
Colágeno

Elastina

Proteoglicanos

Água

Outras Proteínas



Líquido Sinovial

Produzido pela membrana sinovial;

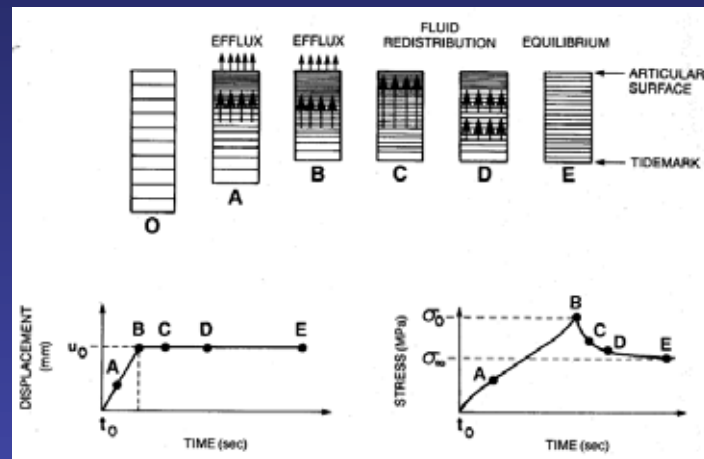
Responsável pela nutrição da cartilagem;

Relação com atividade física e integridade articular;

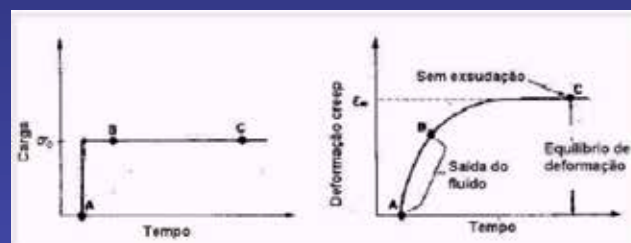
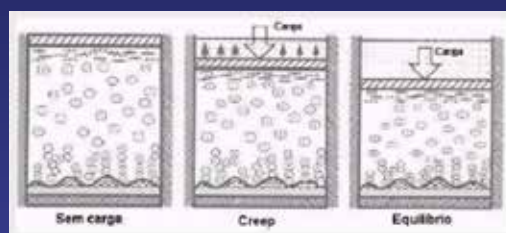
Otimiza a função da cartilagem;

Estabiliza a articulação.

Redistribuição do Líquido Sinovial



Redistribuição do Líquido Sinovial



Desgaste da Cartilagem Articular

Desgaste: remoção de material da superfície sólida através da ação mecânica;

Desgaste Interfacial: devido à interação na sustentação das superfícies (sem a lubrificação);

Adesivo: contato direto formando fragmentos;

Abrasivo: quando uma superfície mais dura forma fragmentos sobre uma mais macia;

Desgaste por Fadiga: cargas de baixa magnitude com alta frequência de aplicação (microtraumatismos);

Desgaste por Alto Impacto: única carga com alta magnitude;

Fatores Associados ao Desgaste

Magnitude e distribuição dos estresses impostos;

Aumento da concentração e localização do estresse;

Frequência do estresse aplicado;

Mudanças nos mecanismos intrínsecos moleculares e estruturais do complexo;

Colágeno-Proteoglicanos;

Idade e doenças metabólicas;

Macanismos de Degeneração

Ruptura das fibras de colágeno, proteoglicanos, ou a interface entre ambos;

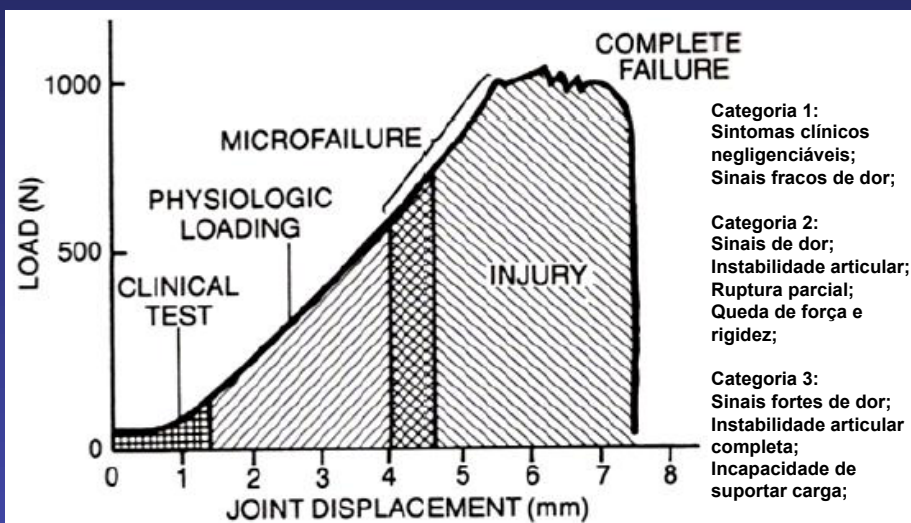
Fadiga nos mecanismos de tensão do sistemas do colágeno;

Diminuição dos proteoglicanos com a idade e algumas doenças;

A transição intermitente do fluído intersticial pode expelir as proteoglicanas para fora da matriz cartilaginosa;

Cargas intermitentes de alta frequência podem não permitir a redistribuição correta dos fluídos;

Lesões nos Tendões e Ligamentos



Mudança das Estruturas dos Tendões e Ligamentos

Maturação:

Antes da adolescência a força dos ligamentos é maior que a força dos ossos;

Aumento da diferença e qualidade nas conexões cruzadas;

Aumento do diâmetro das fibras de colágeno;

Aumento na força de tensão e rigidez.

Envelhecimento:

O processo inverso da maturação;

Gravidez e Período Pós-Parto:

Aumento da frouxidão em ligamentos e tendões na área pubiana;

Diminuição na força de tensão em ligamentos e tendões nos últimos meses de gravidez e no período pós-parto;

Diminuição da rigidez durante os estágios iniciais do período pós-parto;

Imobilização

Imobilização e Mobilização: Remodelação em resposta a demanda mecânica exigida;

Woo et al (1987): redução de 1/3 na carga de ruptura em coelhos imobilizados por nove semanas (ligamentos), sendo necessário um ano para retornar às condições normais;

Noyes (1977): redução de 39% na carga máxima e 32% na energia armazenada em macacos imobilizados por oito semanas (complexo do joelho osso-ligamento-osso);

Amiel et al (1982): redução na força e rigidez do ligamentos de coelhos imobilizados por nove semanas.

Mobilização

Ocorre um aumento do diâmetro das fibras de colágeno e a ligação ligamento osso se torna mais forte (*Tipton, 1967; Viidik, 1968; Cabaud et al., 1980; Woo, 1981*);

Tipton et al. (1970): Verificaram aumentos na força, rigidez e diâmetro das fibras de colágeno no ligamento colateral medial de cachorros treinados intensamente por 6 semanas;

Noyes (1977): após 8 semanas de imobilização (animais) realizou um programa de recondicionamento. Após 5 meses de treinamento os ligamentos apresentaram a força de 80%, e após 12 meses retornaram às condições normais (100%);

Imobilização e (re) Mobilização

