

# Bases Biomecânicas do Treinamento Osteogênico

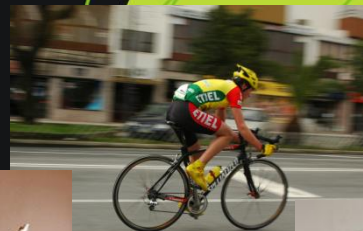
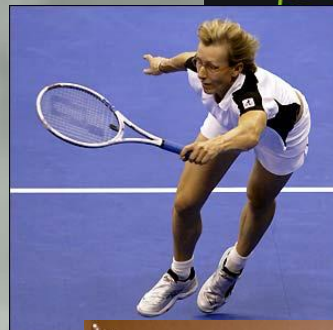


Prof. Dr. Guanys de Barros Vilela Junior

# Questão...

- Qual é a melhor atividade física para o aumento da densidade óssea em todo o corpo?

- Natação?
- Corrida?
- Tênis?
- Futebol?
- Basquetebol?
- Ciclismo?
- Musculação?
- Pilates?
- Sumô?



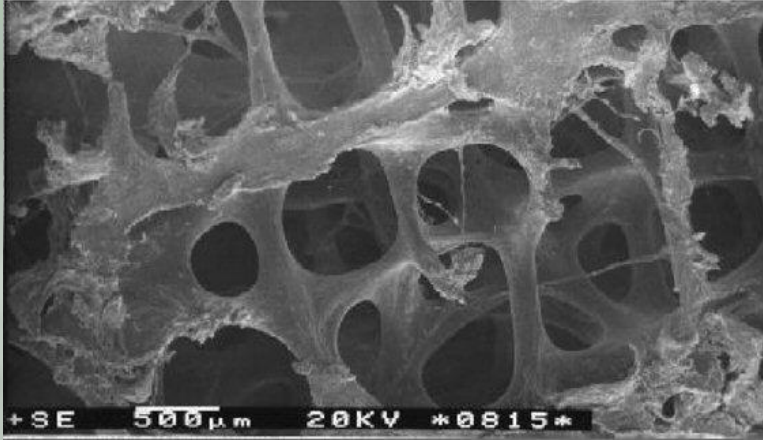
# Funções do Tecido Ósseo

- Alavancas
- Suporte para inserção muscular
- Proteção de órgãos vitais (pulmão, coração, cérebro, etc)
- Armazenamento (cálcio e fósforo)
- Produção de células sanguíneas (hematopoiese)
- Tamponamento (absorção de sais alcalinos no equilíbrio ácido – base). Cuidado com alimentação muito ácida!

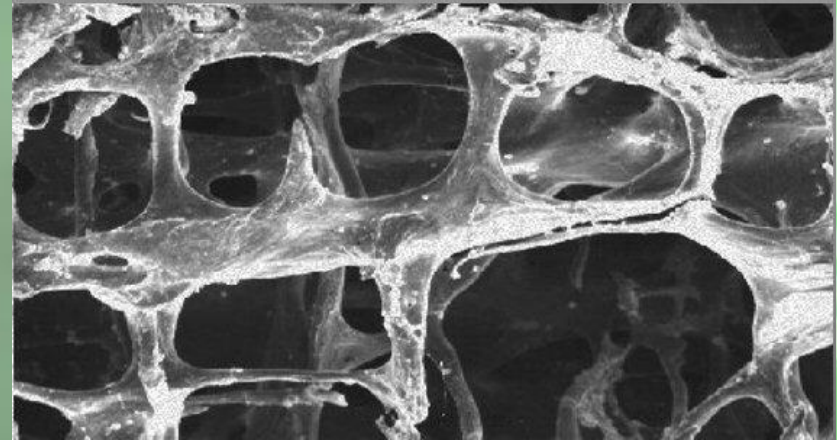
# Tipos de Ossos

- **Ossos Longos:** nestes o comprimento é bem maior que a largura. Sua porção medial é chamada DIÁFISE, cuja porção externa é formada de osso compacto e internamente pela cavidade medular. Clavícula, úmero, rádio, ulna, fêmur, fíbula, tíbia, metatarsos, metacarpos e falanges.
- **Ossos Curtos:** compostos por uma fina camada de osso compacto que envolve osso esponjoso. Muito importantes na absorção de impactos e transmissão de energia propulsora. Ossos do carpo e tarso.
- **Ossos Chatos:** formados por duas camadas de osso compacto e uma central de osso esponjoso. Protegem estruturas internas e possuem grandes superfícies para inserção muscular. Costelas, ílio, esterno, escápula.
- **Ossos Irregulares:** são os ossos do crânio, pelve e vértebras. Possuem funções especializadas.
- **Ossos Sesamóides:** osso curo envolvido por um tendão ou cápsula articular. Funcionam como roldanas, ou seja, mudam o ângulo de aplicação da força muscular. Exemplo: Patela

# Estrutura Trabecular em idades diferentes



Vértebra L1, 24 anos



Vértebra L1, 74 anos

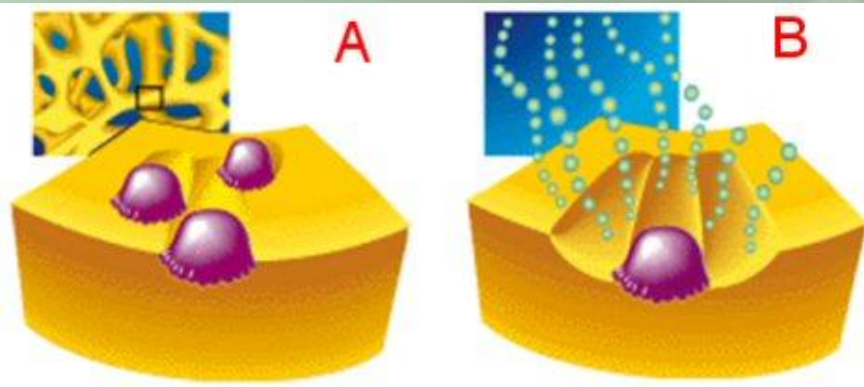
**O processo de envelhecimento determina uma densidade óssea menor.**

**90% das fraturas nos idosos são conseqüentes da osteoporose.**

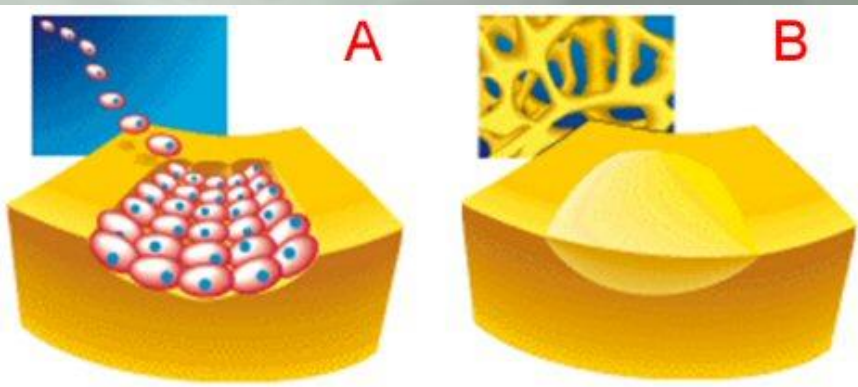
# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

- **Constituição**: Cálcio, fósforo, colágeno e água. De 25% a 30% do tecido ósseo é composto por água.
- Os minerais (Ca e P) possibilitam que o tecido ósseo suporte forças compressivas. O colágeno, forças tensivas.
- **Reabsorção e Depósito**: O osso é **ALTAMENTE ADAPTÁVEL** ao estresse mecânico. Sendo assim, ele se fortalece, quando estressado adequadamente. Este processo é conhecido como **REMODELAGEM ÓSSEA**. A atividade física aumenta a massa óssea em adultos e retarda a perda óssea nos idosos.
- **Exemplos**: Ossos do braço usado por tenistas são 35% mais espessos que o braço não utilizado. A cada 5 – 6 meses o tecido ósseo na fêmur distal é substituído; no corpo do fêmur este processo é mais lento.

# Catálise e Síntese Óssea



**Osteoclastos**: reabsorção; Ca e P são retirados do tecido ósseo e lançados na circulação. Processo de CATÁLISE.



**Osteoblastos**: depósito; Ca e P são depositados no tecido ósseo, aumentando sua densidade. Processo de SÍNTESE.

# Modelamento Ósseo

- **Lei de Wolff: os ossos sofrem adaptações ao estresse**

**Osteoblastos (síntese)**

**Osteoclastos (catálise e remodelação)**

**Matriz de Colágeno**

**Periósteo (reveste o osso, sensível à dor)**

**Osso Trabecular (20% da massa óssea)**

**Osso Cortical (80% da massa óssea)**



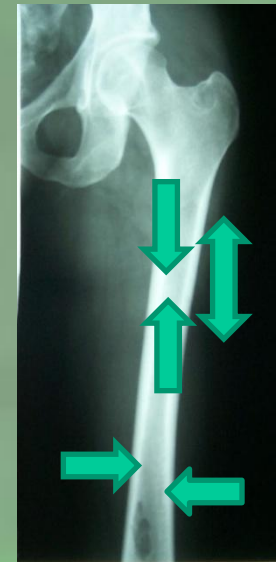
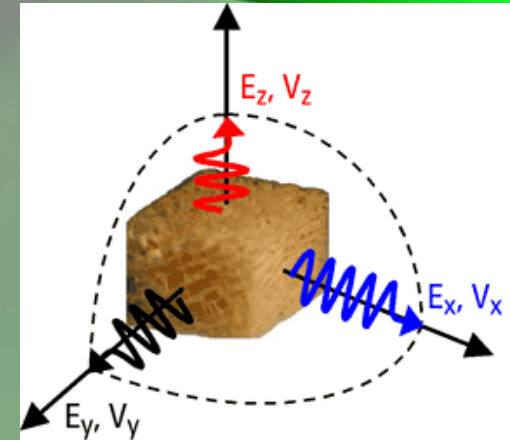


# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

- Atividade Física e Remodelagem: Sem atividade física o osso não se fortalece.
- Solicitações mecânicas aplicadas ao tecido ósseo são responsáveis pelo aumento da densidade óssea.
- Whalen, Carter, dentre outros, provam que cargas intermitentes de 100 repetições por dia, determinam um aumento significativo na secção transversal do osso.
- O peso corporal é um estímulo importante para o aumento da densidade óssea. **ATENÇÃO**: mulheres anoréxicas (baixíssimo peso) via de regra terão **OSTEOPOROSE**.
- Após os 30 anos de idade existe uma perda ANUAL de 0,5% no peso mineral do osso. Em mulheres após a menopausa esta perda fica 50% maior que nos homens.

# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

- **Anisotropia**: as propriedades mecânicas do osso mudam de acordo com a mudança da direção e do sentido das forças que atuam no mesmo.
- Por exemplo, uma força tensiva de 100N, uma força compressiva de 100N e uma força de cisalhamento (*shear*) de 100N, terão respostas mecânicas diferentes no mesmo osso.



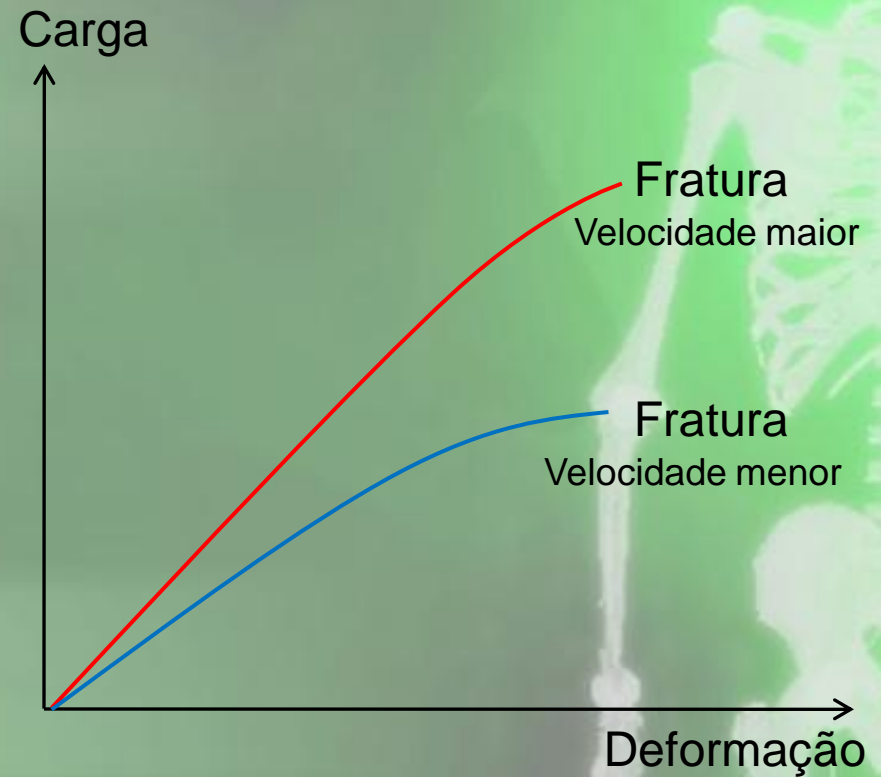
# Forças Relativas no Tecido Ósseo



Em função da **ANISOTROPIA**  
as forças que o osso suporta  
variam com a direção e o sentido!

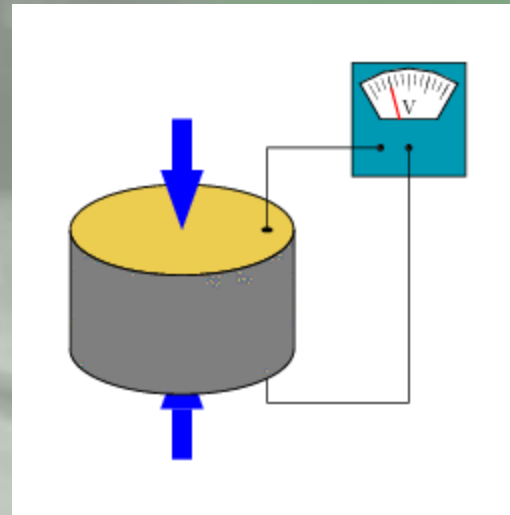
# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

- **Viscoelasticidade**: o comportamento mecânico do osso varia com a velocidade e duração da aplicação da carga.
- Para velocidades maiores de aplicação de carga, o osso suporta carga maiores.
- Para velocidades menores o osso fratura com mais facilidade. Observe a velocidade de “arranque” nas provas de levantamento de peso.

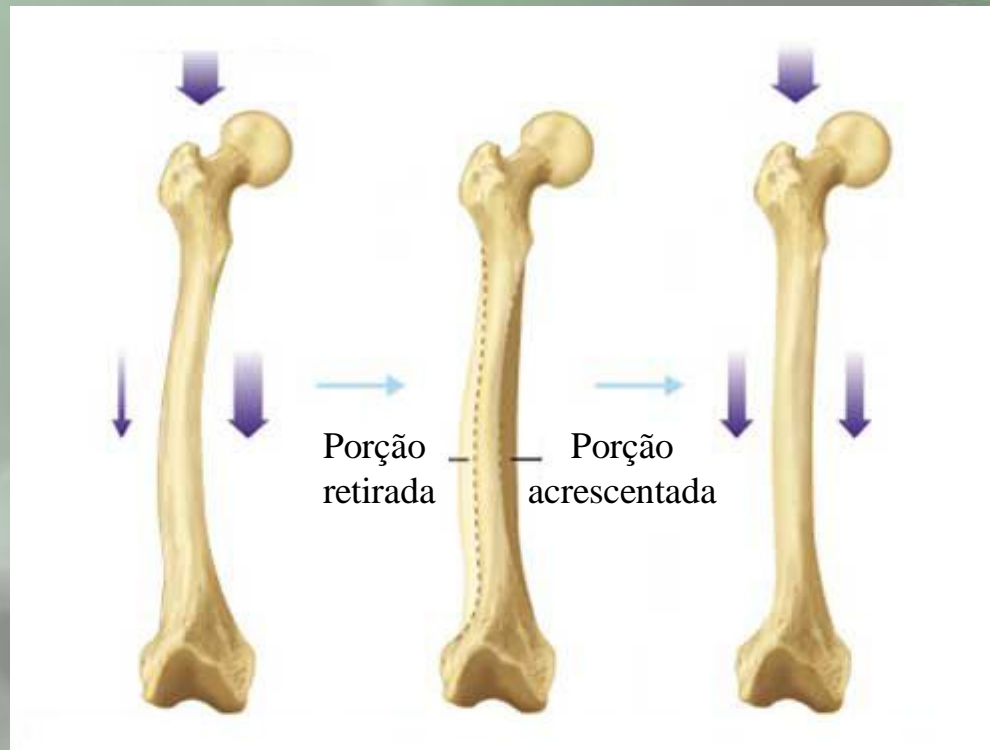


# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

- **Piezo eletricidade**: sob estresse mecânico é gerado um campo elétrico que produz força elétrica. Tais forças são fundamentais para a formação do tecido ósseo.



# Remodelamento ósseo



Força compressiva sobre osso com curvatura acentuada.  
Compressão é maior do lado côncavo.

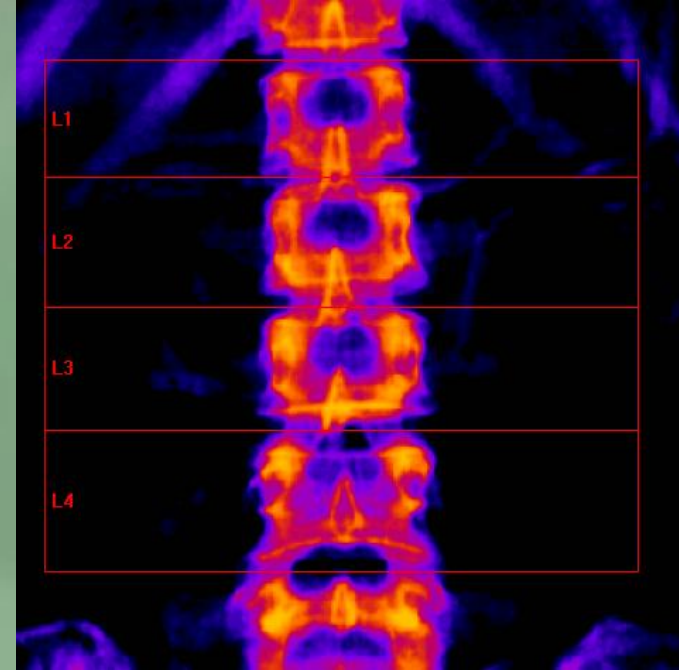
Esta compressão maior no lado côncavo produz campos elétricos maiores que estimulam a síntese óssea neste lado.

# Remodelamento ósseo

- Casos exemplares:
- Criança lactante que nasceu sem uma tíbia. Após um período de deambulação sua fíbula se remodelou até ficar praticamente idêntica à tíbia da outra perna.
- Soldado que perdeu 4 dedos. O remodelamento adaptou o dedo mínimo que restou a ficar como o dedo médio.

# Características Biomecânicas do Tecido Ósseo

DEXA para fêmur e coluna de mulher com 37 anos de idade.



Nas atividades cotidianas onde o fêmur sofre maior estresse? Porque?

A atividade física é mais preventiva do que curativa da osteoporose



# Atrofia Óssea

- **Atrofia Óssea ocorre com:**
  - Repouso
  - Inatividade prolongada
  - Viagens espaciais
  - Fumo
  - Alimentação pobre
  - Osteoporose
    - Menopausa (disfunções hormonais)
    - Idade
    - Tríade (mulher idosa atleta)



# Hipertrofia Óssea

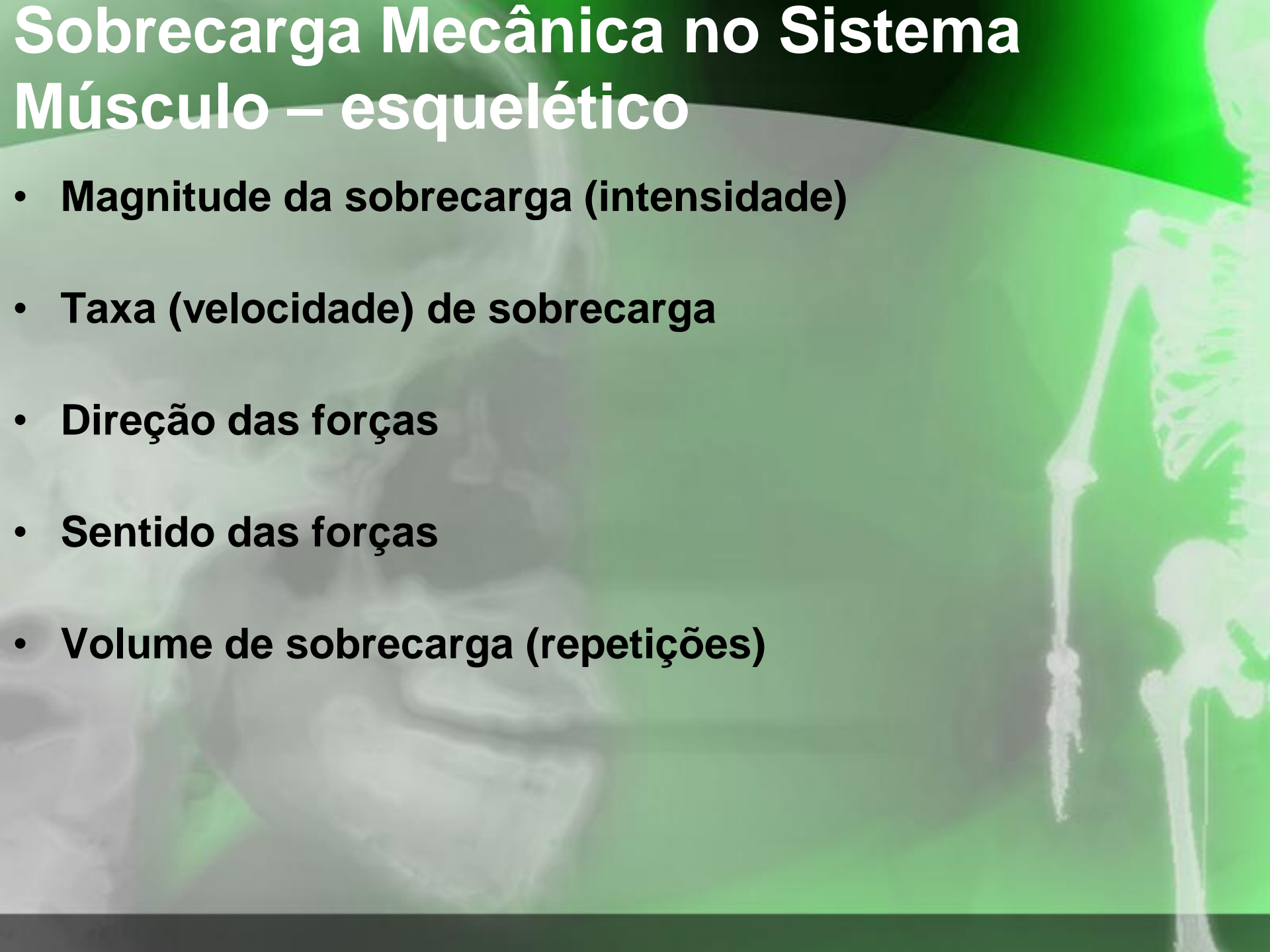
- **Atividade física regular**
- **Atividade física com impacto para estresse compressivo**
- **Atividade física com estresse tensivo**
- **Atividade física com estresse de cisalhamento**
- **É importante a variação da velocidade, direção e sentido das sobrecargas.**
- **A adaptação hipertrófica só ocorre no osso que foi estressado.**

# Princípios do Treinamento Osteogênico

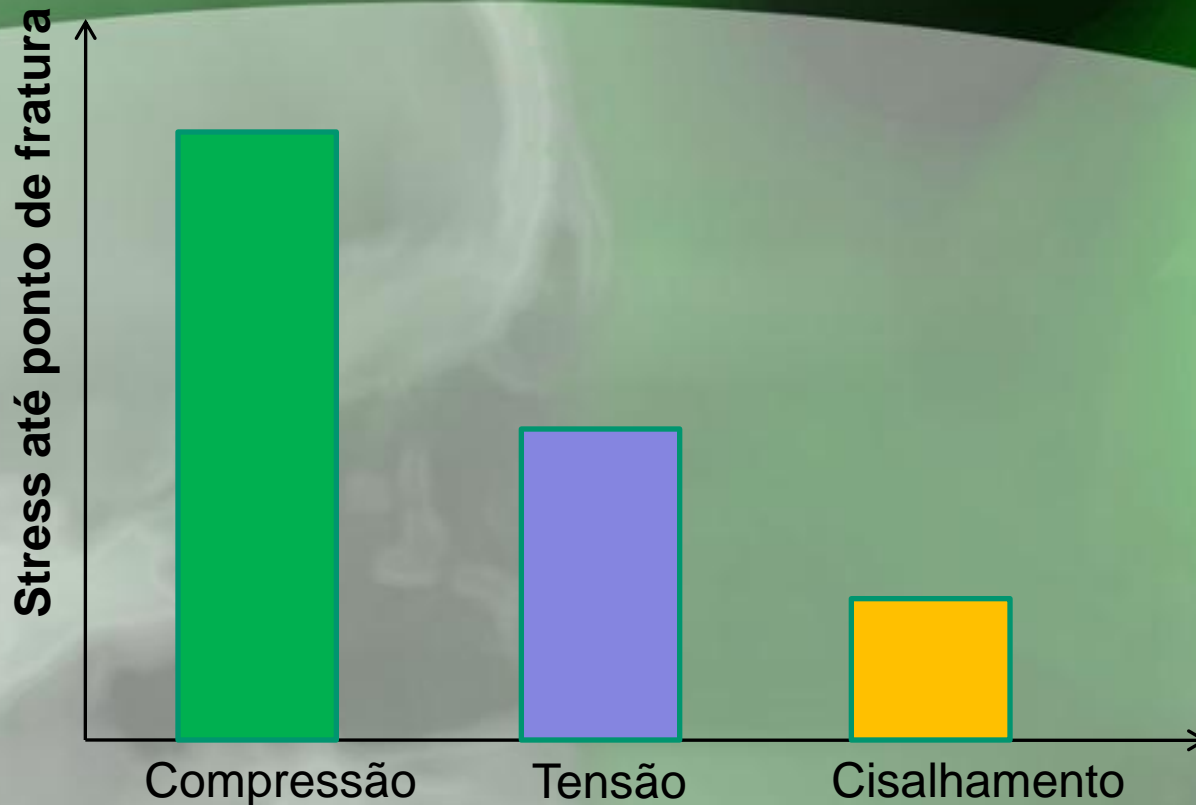
- **Especificidade da sobrecarga**- exercícios realizados que estressam parte do esqueleto onde o aumento da densidade óssea é desejada.
- **Seleção dos Exercícios**- vetores de força que atuam na coluna e no quadril, músculos e articulações, usualmente suportam cargas elevadas.
- **Sobrecarga Progressiva**- Aumento gradual das cargas de treinamento. Para dar o tempo necessário às respostas adaptativas ao estresse imposto.
- **Variação do treinamento**- variar os exercícios para variar a distribuição de forças. Assim, um maior número de osteoblastos são estimulados.

# Sobrecarga Mecânica no Sistema Músculo – esquelético

- **Magnitude da sobrecarga (intensidade)**
- **Taxa (velocidade) de sobrecarga**
- **Direção das forças**
- **Sentido das forças**
- **Volume de sobrecarga (repetições)**



# Critério Básico do Treinamento Osteogênico



**Proporção:** 4

2

1

**ATENÇÃO:** esta proporção (4:2:1) é uma aproximação satisfatória, conforme atestam pesquisas de Miclau (1995), Reilly (1997), Cowin (2005), Winwood, Currey, Taylor, (2006).

# **Critério Básico do Treinamento Osteogênico**

- **Adotando a CAMINHADA e a CORRIDA como atividades básicas da estimulação osteogênica, um sujeito de massa corporal  $M$  (em Kg), ao caminhar e correr, exercerá estresses compressivos ( $F_{co}$ ) sobre o colo do fêmur que podem ser calculados pelas equações:**
- **CAMINHADA:  $F_{co} = M.g.1,5$**
- **CORRIDA:  $F_{co} = M.g.3,0$**
- **Com estas equações, adotando a aceleração da gravidade,  $g= 10m/s^2$ , determinamos os limites (mínimo e máximo) para o estresse compressivo ( $F_{co}$ ) em Newtons.**

# Critério Básico do Treinamento Osteogênico

Como a proporção entre os estresses COMPRESSIVOS ( $F_{co}$ ), TENSIVOS ( $F_{te}$ ) E DE CISALHAMENTO ( $F_{ci}$ ) é de: **4 : 2 : 1**; podemos escrever a EQUAÇÃO GERAL para obtenção dos mesmos:

$$\frac{F_{co}}{4} = \frac{F_{te}}{2} = \frac{F_{ci}}{1}$$

Para Homens e Mulheres acima dos 30 anos de idade os resultados devem ser ajustados considerando perda de 0,5% a cada ano. Mulheres após a menopausa o ajuste é de 0,75% a cada ano.

# Exemplo

Um sujeito de 30 anos de idade e M corporal 85Kg, deseja fazer um treinamento osteogênico.

Determine os valores limítrofes para um bom treinamento osteogênico compressivo, tensivo e de cisalhamento.

$$\text{CAMINHADA: } F_{co} = M \cdot g \cdot 1,5 = 85 \cdot 10 \cdot 1,5 = 1275\text{N}$$

$$\text{CORRIDA: } F_{co} = M \cdot g \cdot 3,0 = 85 \cdot 10 \cdot 3,0 = 2550\text{N}$$

Substituindo estes valores (caminhada e corrida), obteremos os limites de estresse tensivo e de cisalhamento

$$\frac{F_{co}}{4} = \frac{F_{te}}{2} = \frac{F_{ci}}{1}$$



# Exemplo:

$$\frac{F_{co}}{4} = \frac{F_{te}}{2} = \frac{F_{ci}}{1}$$

**CAMINHADA:**  $(1275)/4 = (F_{te})/2 = F_{ci}/1$

$$F_{te} = 637,50N$$

$$F_{ci} = 318,75N$$

**CORRIDA:**  $(2550)/4 = (F_{te})/2 = (F_{ci})/1$

$$F_{te} = 1275,00N$$

$$F_{ci} = 637,50N$$

## Resposta:

Cargas Compressivas: entre 127,5 Kg e 255 Kg

Cargas Tensivas: entre 63,75 Kg e 127,5 Kg

Cargas de Cisalhamento: entre 31,8 Kg e 63,75 Kg

# Questão...

- **Qual é a melhor atividade física para o aumento da densidade óssea em todo o corpo?**



# ESTUDO DIRIGIDO

**Realizar em duplas ou triplas. Entregar no final da aula.**

**Um casal de idosos, sabendo dos benefícios do treinamento osteogênico, procura um Educador Físico. A mulher possui 65 anos (menopausa aos 50 anos) e massa 60Kg. O homem de 70 anos de idade e massa de 70Kg.**

**A) Determine os limites de carga para o treinamento osteogênico que será desenvolvido.**

**B) Descreva e justifique pelo menos 3 rotinas de exercícios para cada uma das solicitações mecânicas ( $F_{co}$ ,  $F_{te}$ ,  $F_{ci}$ ).**