

Mecânica Aplicada
Instituto Politécnico de Bragança

Engenharia Biomédica

Elza Fonseca
Paulo Piloto
Janeiro 2007

BIBLIOGRAFIA

- [1] - Fonseca, Elza; Piloto, Paulo; “Sebenta de Mecânica Aplicada”, ESTIG, 2007.
- [2] - Tözeren, Aydin; “Human Body Dynamics–Classical Mechanics and Human Movement”, Springer, 2000.

REFERÊNCIAS

- [1] - Beer, F. P. & Johnston, E. R., *Mecânica Vectorial para Engenheiros: Estática*, McGraw-Hill, 6 edição, 1998.
- [2] - Meriam, J. L. & Kraige, L. G., *Engineering Mechanics*, Vol 1: Statics, John Wiley & Sons, 1998.
- [3] - Beer, F. P., Johnston, E. R., *Mecânica Vectorial para Engenheiros: Dinâmica*, McGraw-Hill, 6 edição, 1998.
- [4] - Meriam, J. L. & Kraige, L. G., *Engineering Mechanics*, Vol 2: Dynamics, John Wiley & Sons, 1998.

SISTEMA DE UNIDADES

Grandeza	S.I.		US	CGS
Força	N		lb	dine
Momento	N.m			
Impulso	N.s			
Tensão	Pa	(N/m ²)		
Massa	kg		slug	g
Potência	J	(N.m)		
Frequência	Hz	(s ⁻¹)		
Densidade	Kg/m ³			
Comprimento	m		ft	cm



Bureau International des Poids et Mesures

<http://www.bipm.fr/enus/welcome.html>

“Le Système International d'Unités” (in english) – PDF version

MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS

	Potência base 10	Símbolo	Designação
Múltiplos	10^{18}	E	exa
	10^{15}	P	peta
	10^{12}	T	tera
	10^9	G	giga
	<u>10^6</u>	<u>M</u>	<u>mega</u>
	10^3	k	kilo
	10^2	h	hecto
Submúltiplos	10	da	deca
	10^{-1}	d	deci
	10^{-2}	c	centi
	10^{-3}	m	mili
	<u>10^{-6}</u>	<u>μ</u>	<u>micro</u>
	10^{-9}	n	nano
	10^{-12}	p	pico
	10^{-15}	f	fento
10^{-18}	a	ato	



Bureau International des Poids et Mesures

<http://www.bipm.fr/enus/welcome.html>

“Le Système International d'Unités” (in english) – PDF version

INTRODUÇÃO

- O que é a Mecânica Aplicada, na Engenharia Biomédica?

“É o estudo das forças, momentos de força e dos efeitos da sua aplicação sobre estruturas e **materiais biológicos**”.

Gary Yamaguchi

in Dynamic Modeling of Musculoskeletal Motion

2001

“Estudo do movimento de seres vivos utilizando a ciência da mecânica clássica”.

Duane Knudson citando Hatze (1974)

in Fundamentals of Biomechanics

2003

- A **Mecânica** é o ramo da Física que analisa o **movimento** de um determinado sistema e o modo como a aplicação de **forças** pode alterar esse mesmo movimento.
- Um **Sistema Biológico** pode ser o corpo humano, mas também um qualquer outro animal, organismo ou somente uma parte ou órgão destes.

INTRODUÇÃO

MOTIVAÇÃO: MECÂNICA APLICADA NA ENGENHARIA BIOMÉDICA

A Mecânica contribui através da Biomecânica (aplicada aos sistemas e fenómenos da Biologia), na compreensão do funcionamento normal ou patológico de órgãos, estruturas e sistemas fisiológicos dos seres vivos. Essa compreensão requer o estabelecimento e a validação de modelos mecânicos aos sistemas em estudo.

Nas ciências do Desporto esses modelos são preciosos na maximização do rendimento dos atletas e/ou na minimização do risco de lesões.

Em Ergonomia, auxiliam as melhores posturas, os equipamentos mais adequados e as melhores condições de mobilidade em ambientes de trabalho ou de lazer.

Na indústria da Animação e do Entretenimento o conhecimento da correcta anatomia e do correcto funcionamento mecânico dos sistemas fisiológicos contribui significativamente para as animações.

Em Medicina e em Engenharia Biomédica existem inúmeras e variadas aplicações utilizando os modelos mecânicos:

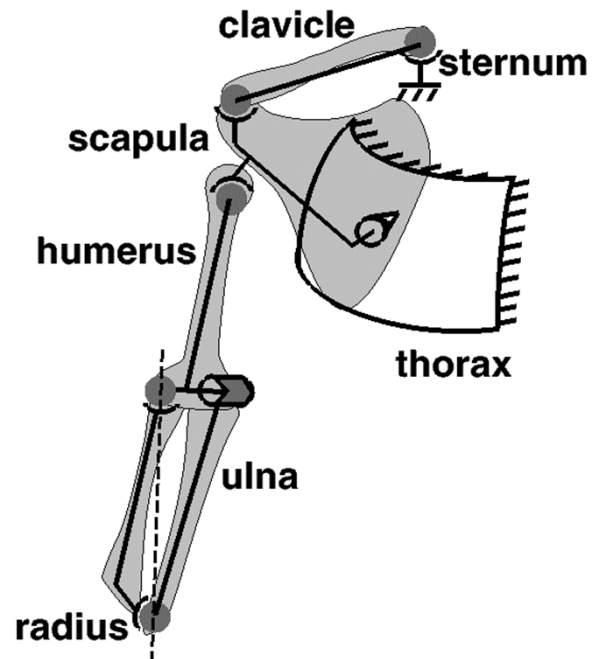
- na Mecânica dos Corpos Rígidos e Teorias do Controlo e Optimização (e, a Anatomia e a Fisiologia) em que se fornecem ferramentas para a construção de modelos do sistema musculo-esquelético, em que os ossos são considerados como corpos rígidos e os músculos esqueléticos são considerados como actuadores unidimensionais (de resposta instantânea ou de comportamento mais elaborado que tem em conta os processos electro-químico-mecânicos de excitação neuronal e activação muscular) com aplicações ao estudo de padrões de locomoção, de marcha normal ou patológica, traumatologia e minimização das consequências de acidentes e impactos, processos de reabilitação, desenvolvimento e controlo de prótese...;

- na Mecânica dos Corpos Deformáveis em que se distingue a Mecânica dos Sólidos e dos Fluidos, no corpo humano existem sólidos pouco deformáveis (*os tecidos duros*), como os ossos e os dentes, e sólidos muito deformáveis (*os tecidos moles*) como a pele, os músculos, os ligamentos, os tendões, os tecidos nervosos, permitindo o estudo e a obtenção de resultados utilizando modelos computacionais. Nos processos de circulação de fluidos, a título de exemplo, pode estudar-se a circulação sanguínea, a respiração e o fluxo urinário.

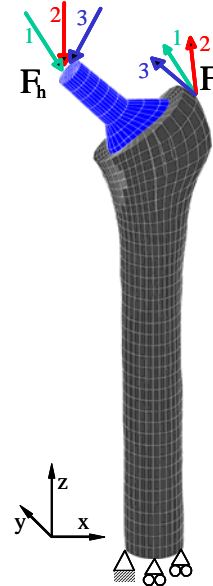
As aplicações à Ortopedia e à Odontologia, talvez as mais clássicas, na reparação de fracturas, na estabilização de conjuntos ósseos (coluna vertebral) e na utilização de próteses ou implantes (implantes dentários, articulações artificiais, ...).

INTRODUÇÃO

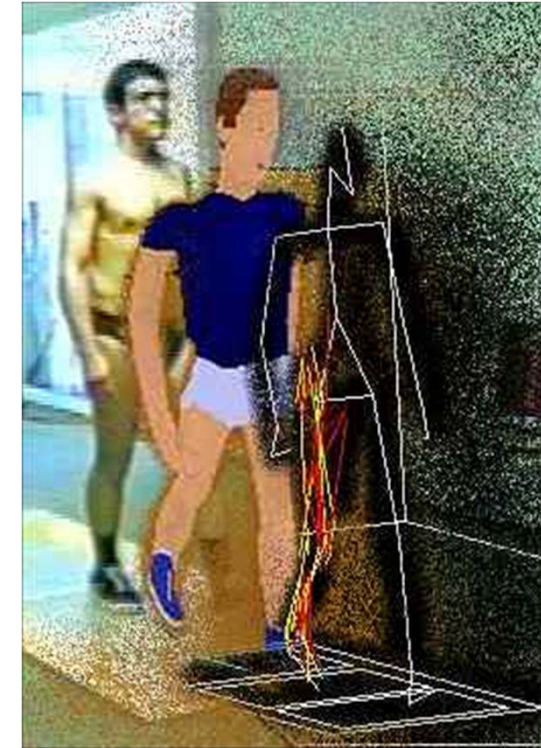
MOTIVAÇÃO: MECÂNICA APLICADA NA ENGENHARIA BIOMÉDICA



Estrutura multi-corpos do membro superior, [IST]
Modelo com 6 corpos rígidos, 9 graus de liberdade e 25 partes de músculo



Modelo de elementos finitos do conjunto osso prótese e respectivo carregamento.
P.R. Fernandes, J.Folgado, C.Jacobs and V.Pellegrini, J. of Biomechanics, 2002.



Modelo computacional do corpo humano no estudo da marcha e outras actividades que envolvam o aparelho locomotor. *M. Silva e J. Ambrósio, Mechanics of Structures and Machines, 2003.*

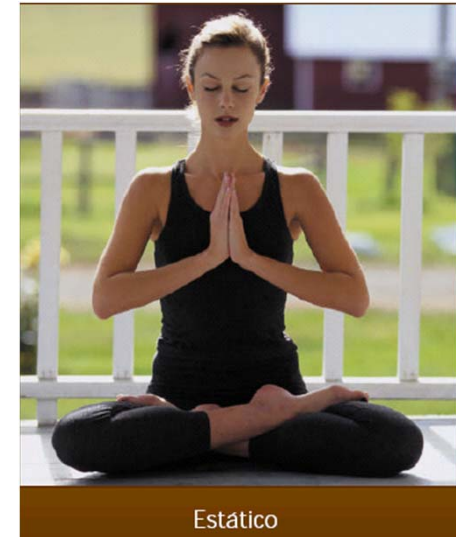
INTRODUÇÃO

- Aplicações da Mecânica Aplicada, no movimento:
 - análise da performance desportiva de atletas de alta competição,
 - estudo e projecto de próteses e implantes,
 - ortopedia, reabilitação física,
 - projecto de equipamento de protecção desportiva,
 - ergonomia e optimização de interfaces,
 - análise do movimento humano e conseqüente controlo robótico,
 - estudo do comportamento do corpo humano durante cenários de impacto de ocupantes de veículos e peões,



INTRODUÇÃO

- **Análise Estática:** estudo das forças no corpo parado.



Estático

- **Análise do Movimento: Cinemática e Dinâmica.**

Cinemática:

Estuda apenas o movimento dos corpos independente das forças envolvidas.

Dinâmica:

Estuda o movimento dos corpos dependente das forças envolvidas.



Dinamico

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Esqueleto humano:

O esqueleto humano de um individuo adulto é formado por **206 ossos**.

Em bebês, **300 ossos**, alguns juntam-se durante crescimento.

O esqueleto tem como função principal sustentar e dar forma ao corpo, proteger determinados órgãos, como, por exemplo, o cérebro, que é protegido pelo crânio, os pulmões e o coração, protegidos pelas costelas.

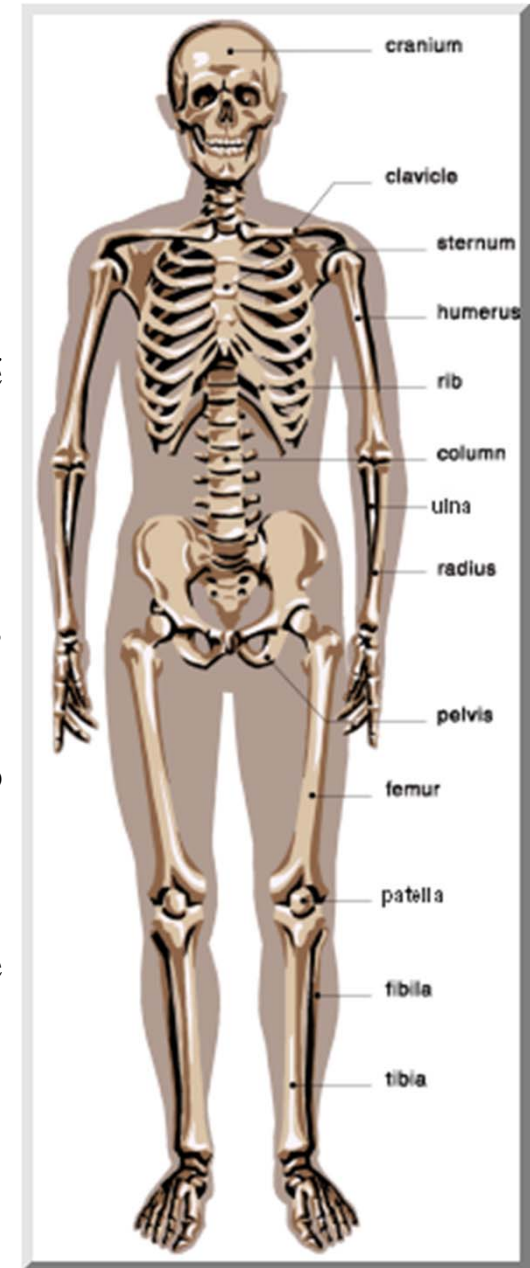
É nos ossos que se prendem os músculos, por intermédio dos tendões.

Fazem parte também do esqueleto humano, além dos ossos, os tendões, ligamentos e as cartilagens.

Os ossos do corpo humano variam de formato e tamanho, sendo o maior o fémur, que fica na coxa, e o menor o estribo dentro do ouvido médio.

Os **ossos** sustentam o corpo, protegem alguns órgãos internos e servem de apoio para os músculos, permitindo assim o movimento.

Os membros, braços e pernas, dos mamíferos são semelhantes.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

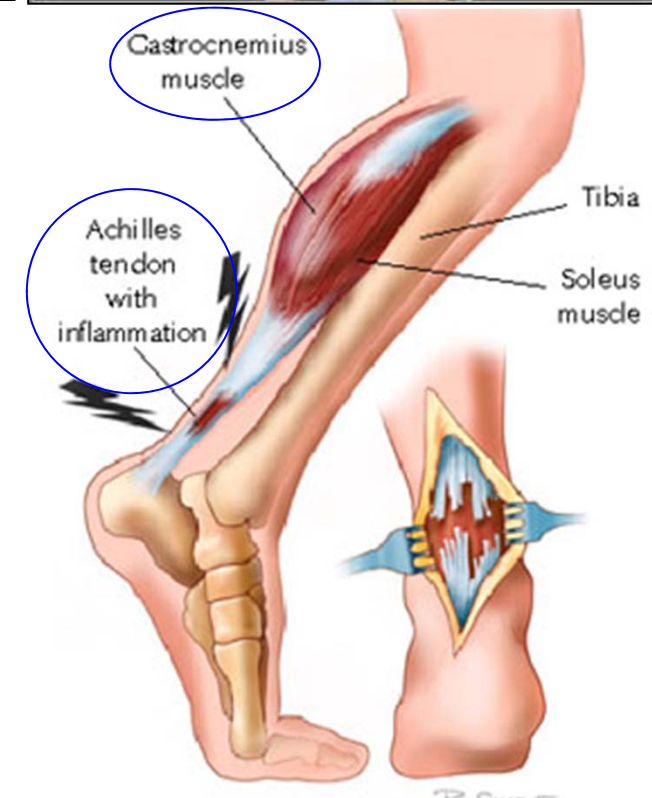
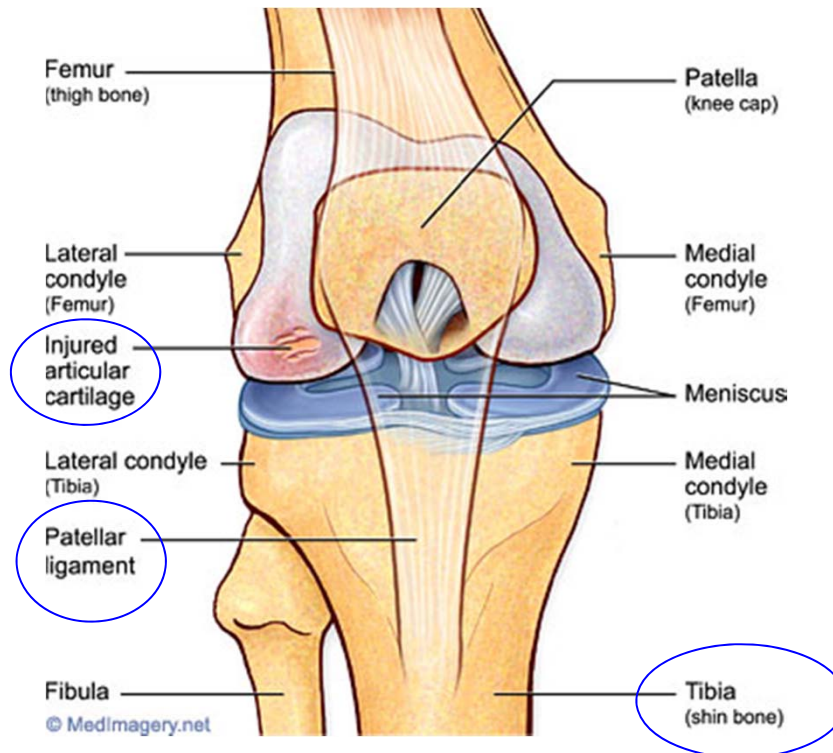
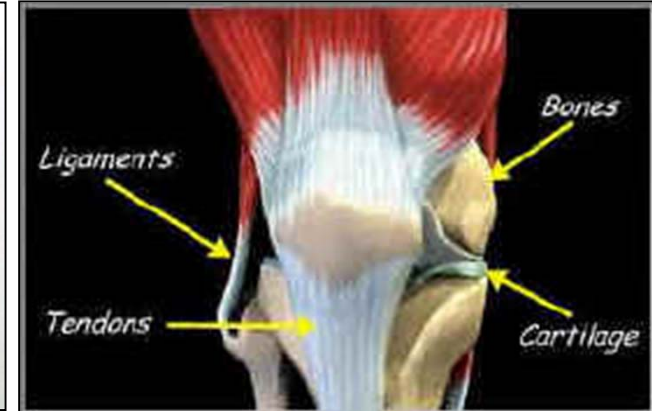
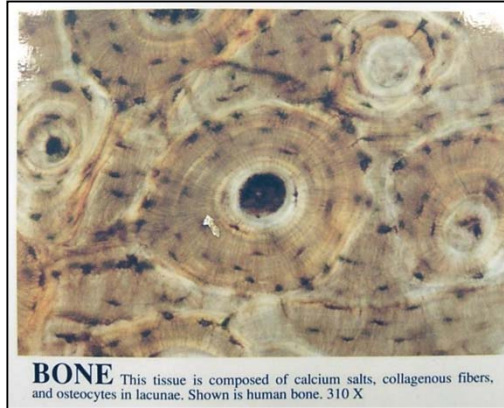
ossos (bone)

músculos (muscle)

tendões (tendon)

ligamentos (ligament)

cartilagens (cartilage)

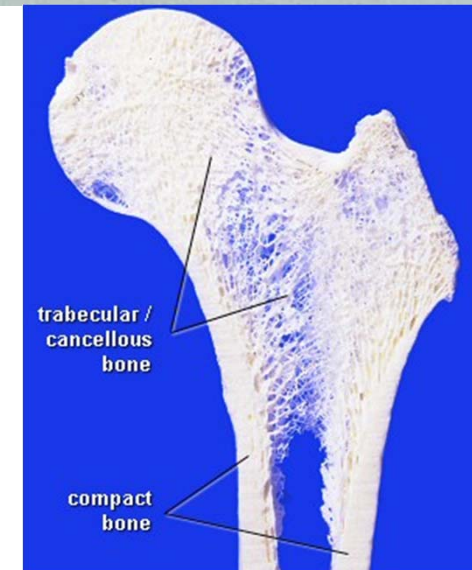
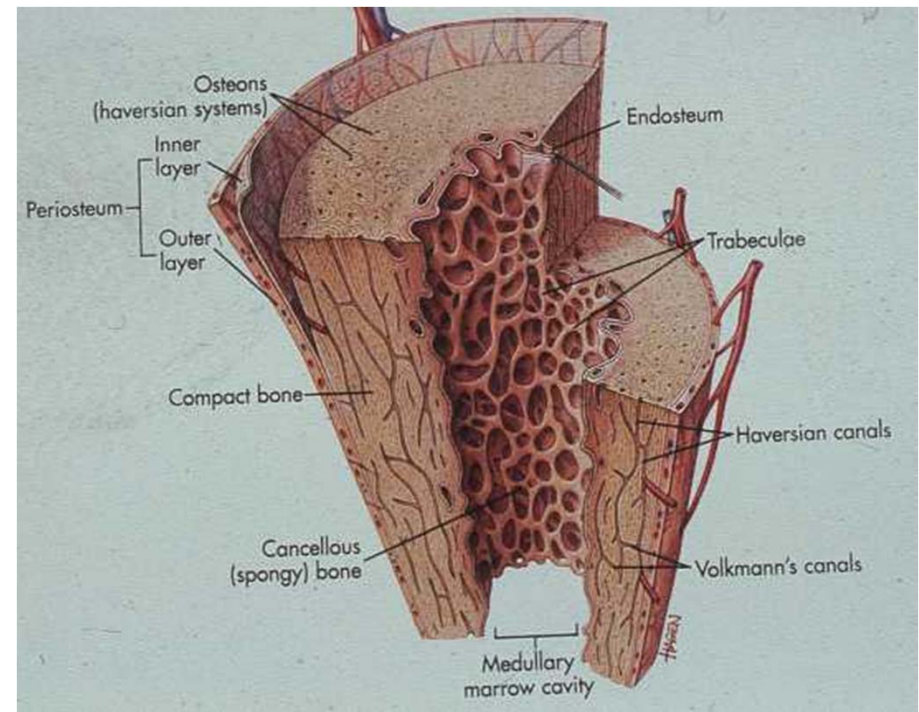
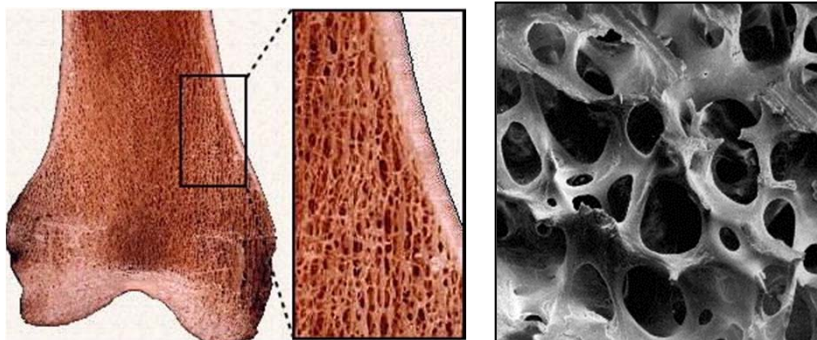


Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

- O **osso** é uma estrutura formada por tecido ósseo, caracterizado por uma matriz extracelular solidificada pela presença do depósito de cálcio.
- Os **ossos** parecem sólidos, mas têm cerca de 50% de água. O resto é material mineral duro, a maioria carbonato de cálcio e fosfato de cálcio, que são substâncias naturais comuns.
- Os **ossos** desenvolvem-se a partir de um material semelhante à borracha, branco e parcialmente transparente, chamado cartilagem.
- A parte exterior do **osso** é muito dura e resistente, mas o interior é esponjoso e preenchido pela medula óssea.

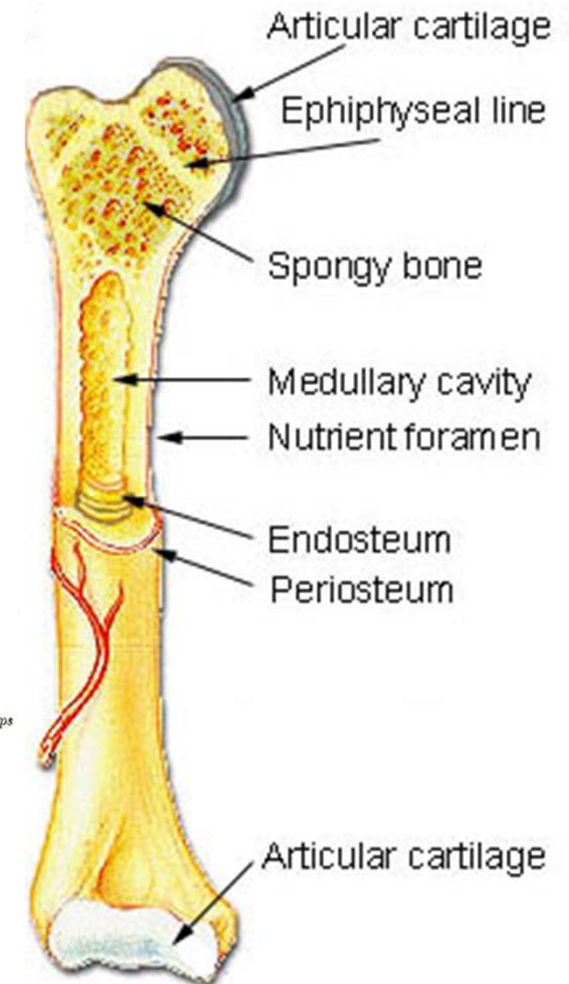
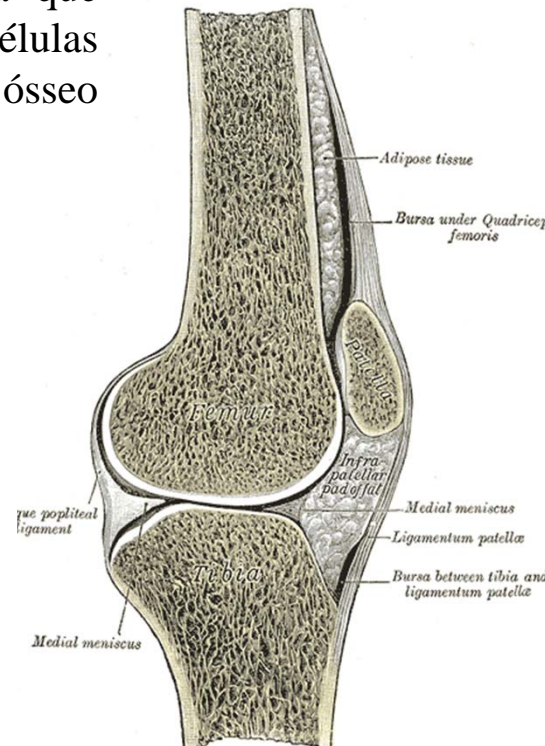
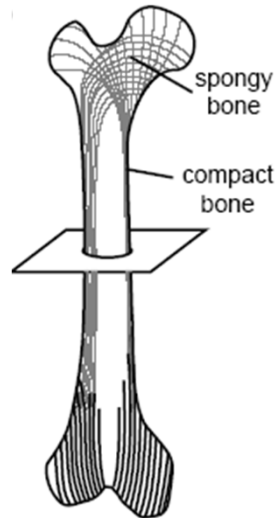
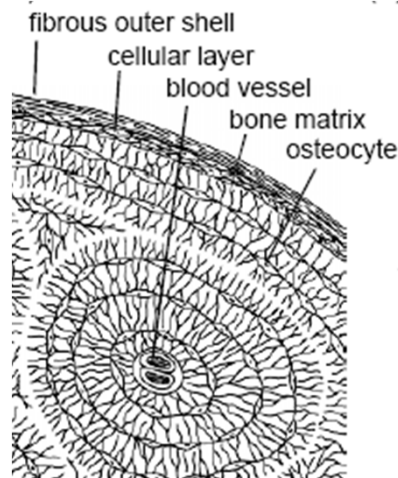


Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

- **Ossos** longos, como os das pernas, são feitos para terem leveza e força. Eles são fortes onde necessitam ser, perto das extremidades, enquanto que a parte do meio é oca, para que sejam leves.
- Todos os **ossos**, excepto nas juntas, são cobertos por uma membrana fina que contém os vasos sanguíneos e células especiais que reparam o tecido ósseo danificado.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

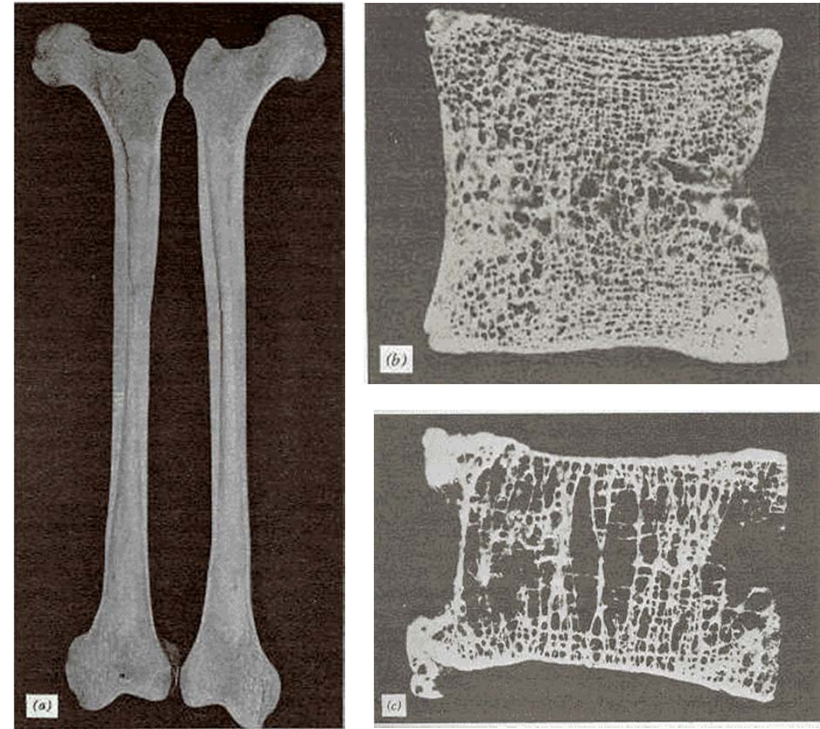
- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

Secção transversal de

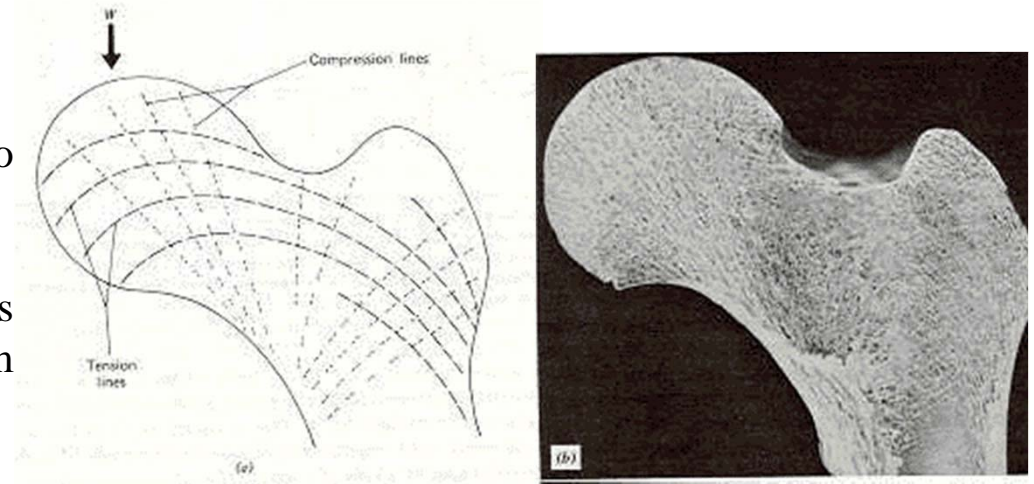
- (a) um fémur adulto,
- (b) uma vértebra normal cortada verticalmente
- (c) uma vértebra com osteoporose (de uma mulher de 80 anos) cortada verticalmente.

Note o arranjo dos ossos compacto e trabecular



A cabeça e o colo do fémur

- (a) As linhas de compressão e tracção devido ao peso W do corpo.
- (b) Uma secção transversal mostrando as linhas trabeculares normais. Note que elas seguem as linhas de compressão e tracção.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

(Os números referem-se ao diagrama.)

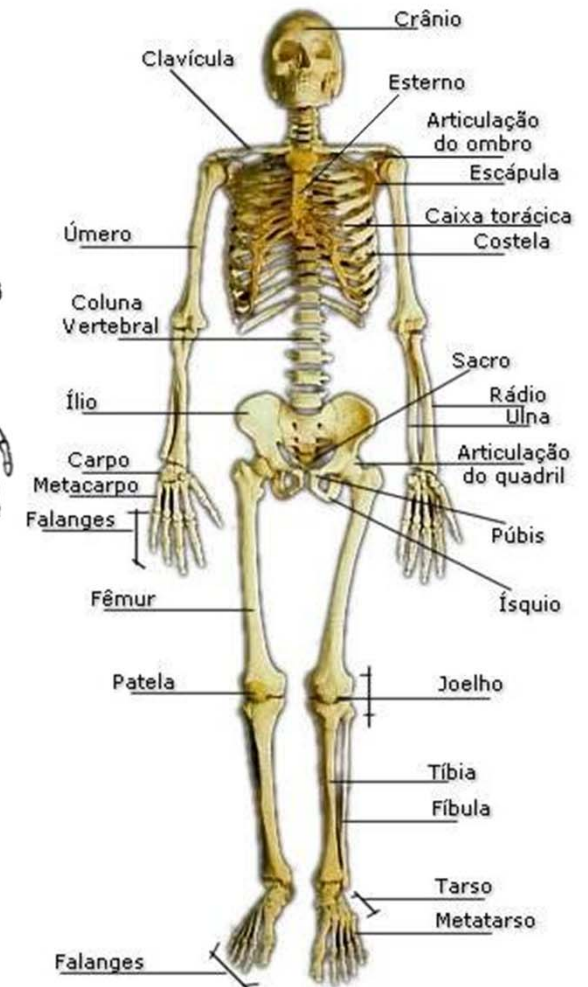
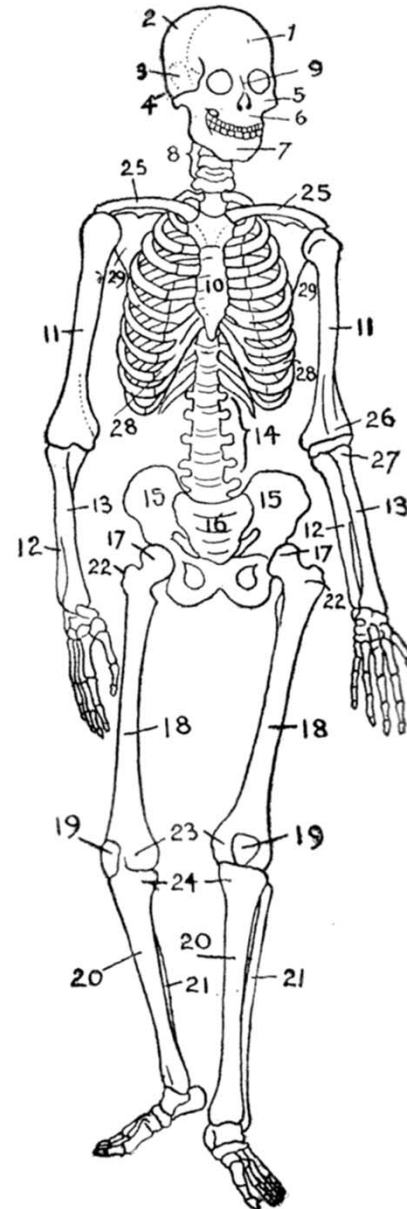
No crânio (22):

Ossos do Crânio:

- 1. frontal
- 2. parietal (2)
- 3. temporal (2)
- 4. occipital
- esfenoide (2)
- etmoide

Ossos da face:

- 5. zigomático ou malar (2)
- 6. maxilar superior
- 9. nasal (2)
- 7. mandíbula ou maxilar inferior
- palatino(2)
- lacrimal (2)
- vômer
- concha nasal inferior (2)



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

Nos ouvidos (6):

- martelo (2) , bigorna (2), estribo (2)

No pescoço (1):

- hióide

Na cintura escapular (4):

- 25. clavícula(2)
- 29. omoplata ou escápula(2)

No tórax (25):

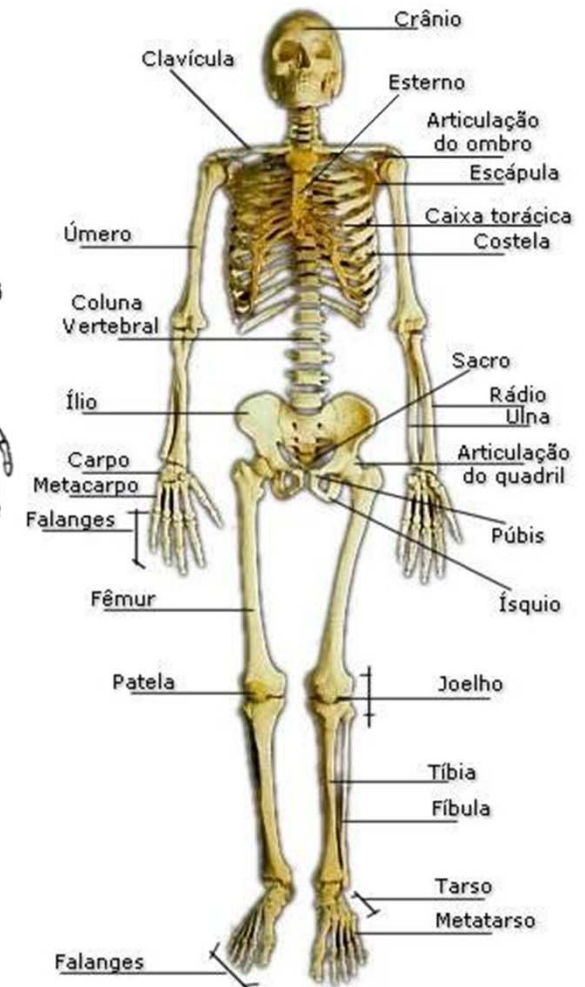
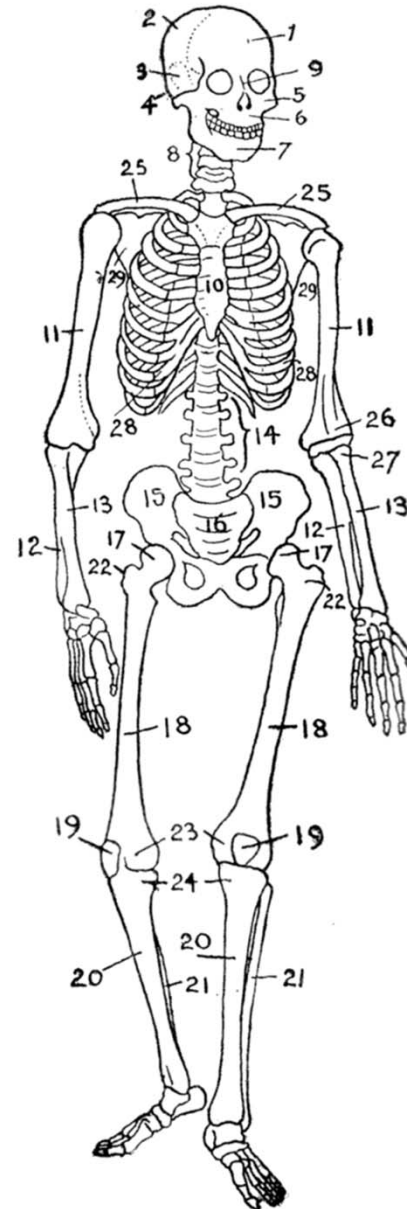
- 10. esterno
- 28. costelas (2 x 12)

Na coluna vertebral (24):

- 8. vértebra cervical (7) incluindo o atlas e o eixo
- 14. vértebra lombar (5)
- vértebra torácicas (12)

Nos braços (6):

- 11. úmero (2)
 - 26. côndilo do úmero
- 12. cúbito ou ulna (2)
- 13. rádio (2)
 - 27. Cabeça do rádio



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

Nas mãos (54):

Ossos do carpo (do pulso):

- escafoide (2)
- semilunar (2)
- triquetrum bone (2)
- pisiforme (2)
- Trapézio (2)
- trapezóide (2)
- capitato (2)
- hamato (2)

Ossos do metacarpo:

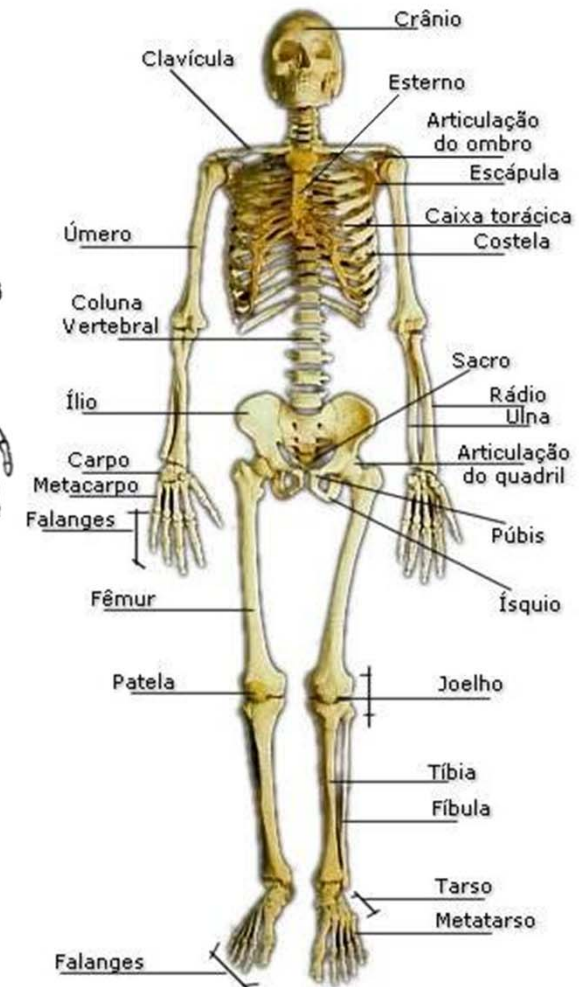
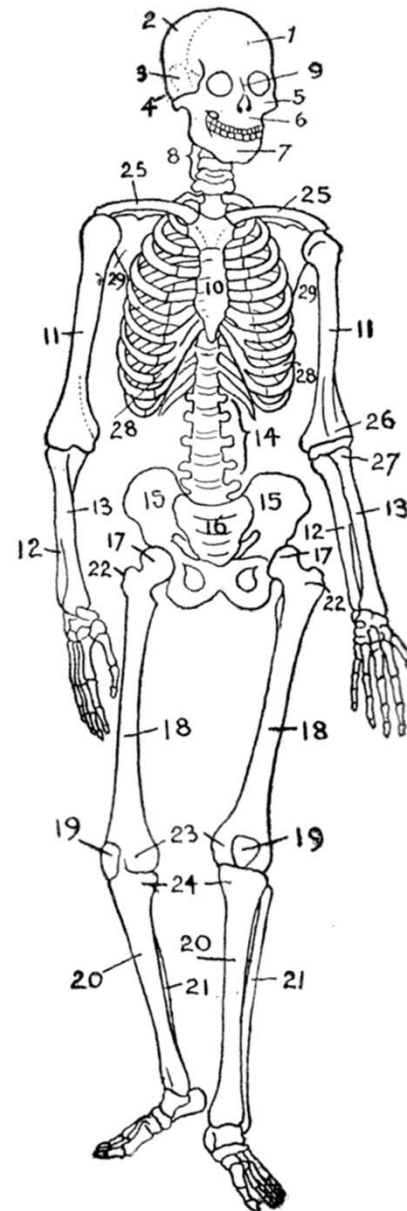
- Metacarpícos (5 × 2)

Ossos dos dedos ou falanges:

- falange proximal (5 × 2)
- falange média (4 × 2)
- falange distal (5 × 2)

No pélvis ou cintura pélvica (4):

- 15. ílio ou ileo(2)
- 16. sacro
- cóccix



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

OSSOS

Nas pernas (8):

- 18. fémur (2)
 - 17. articulação do quadril (articulação, não é osso) (2)
 - 22. Trocânter maior do fémur ou Grande trocânter do fémur
 - 23. Côndilo do fémur
- 19. rótula ou patela (2)
- 20. tíbia (2)
- 21. perônio ou fíbula (2)

No pé (52):

Ossos do tornozelo (do tarso):

Osso calcâneo (2) , tálus (2), Osso navicular (2),
cuneiforme medial (2), cuneiforme intermédio (2),
cuneiforme lateral (2), cubóide (2)

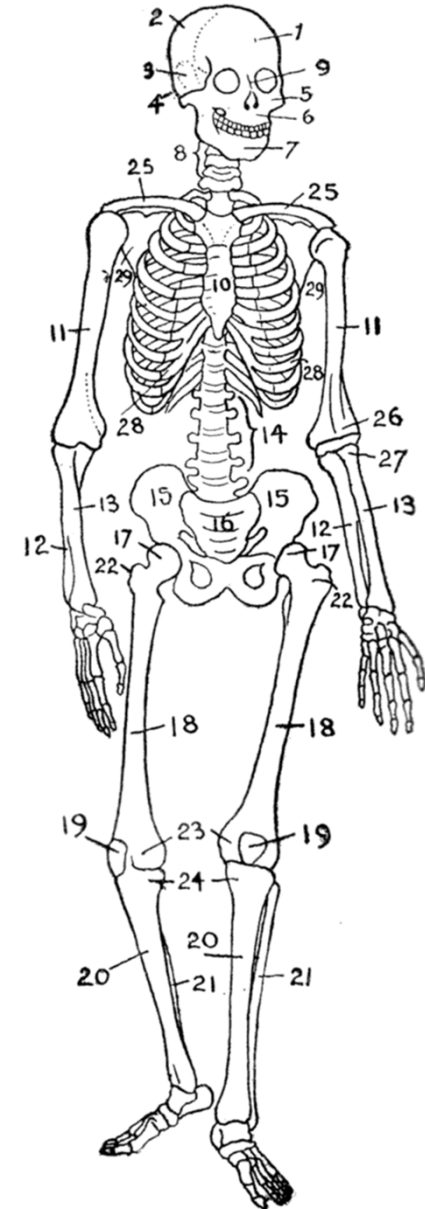
Ossos do peito do pé: metatarsais (5 × 2)

Ossos dos dedos do pé:

falanges proximais (5×2), falanges médias (4×2), falanges distais (5×2)

O esqueleto infantil possui os seguintes ossos em complemento com os acima:

- vértebra sacral (4 ou 5), quais fundem nos adultos para dar forma ao sacro
- vértebra coccígea (3 a 5), quais fundem nos adultos para dar forma ao cóccix
- ílio, íleo e púbis, quais fundem nos adultos para dar forma aos ossos pélvicos

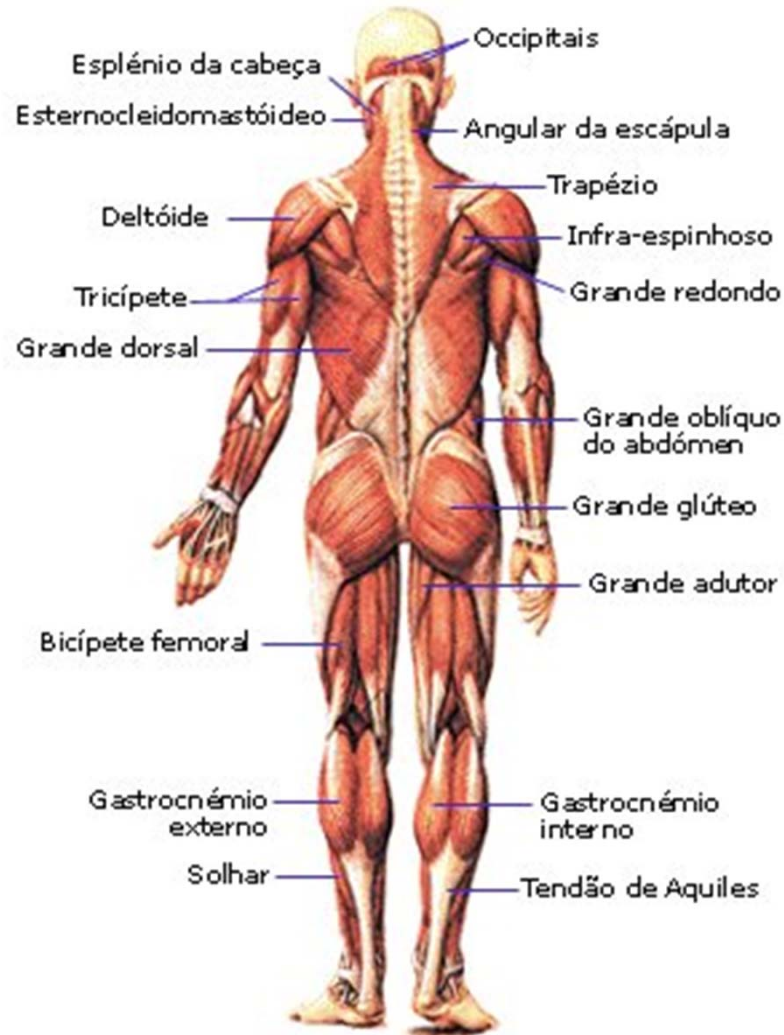


Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

músculos

Os maiores **músculos** estão nas pernas, nádegas e braços. São os **músculos** chamados esqueléticos.

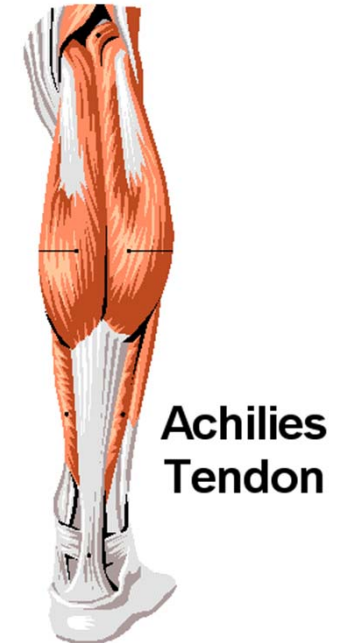
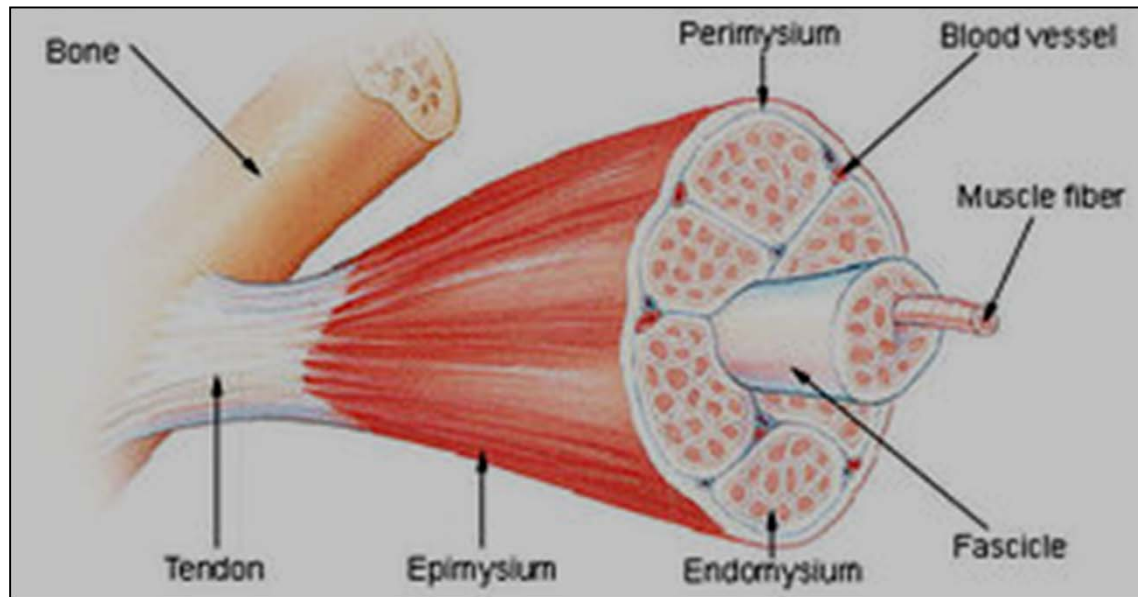


Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

tendões

- Os **tendões** são cordões resistentes de tecido conjuntivo que inserem cada extremidade do músculo ao osso.

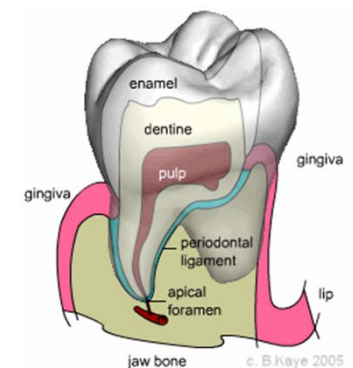
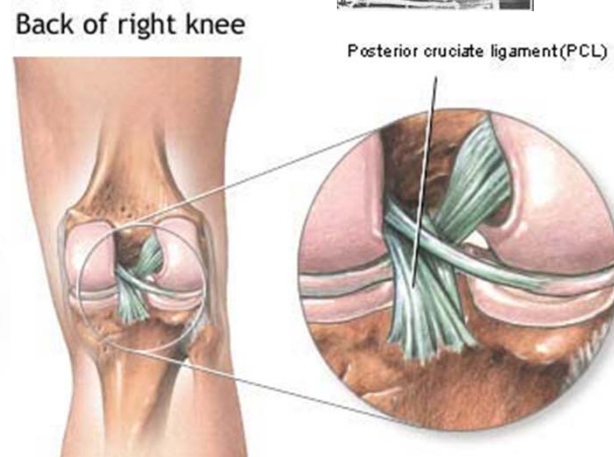
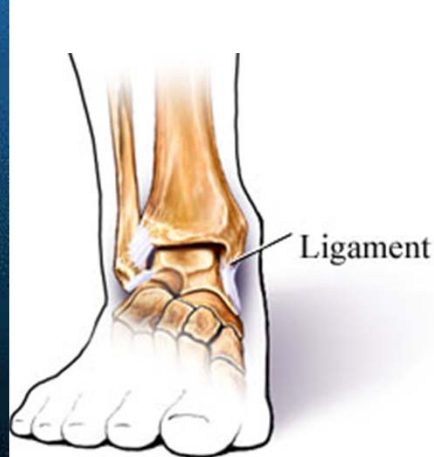
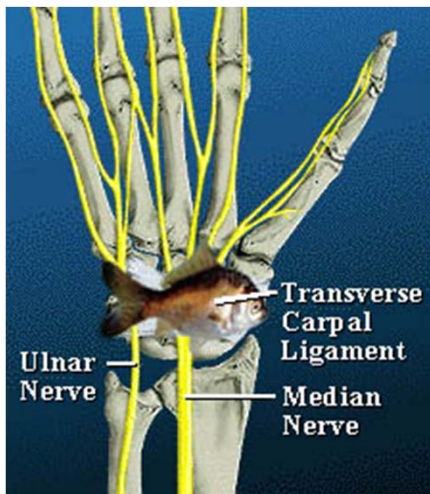
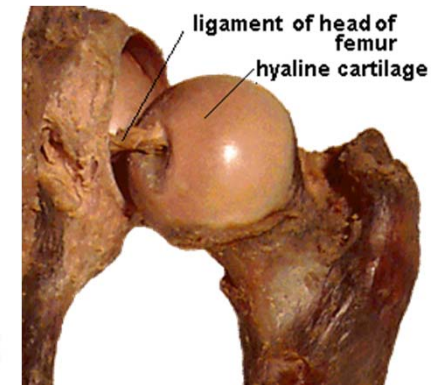
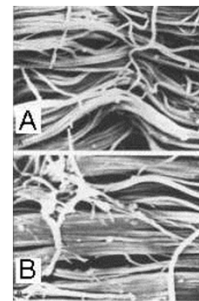


Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:

ligamentos

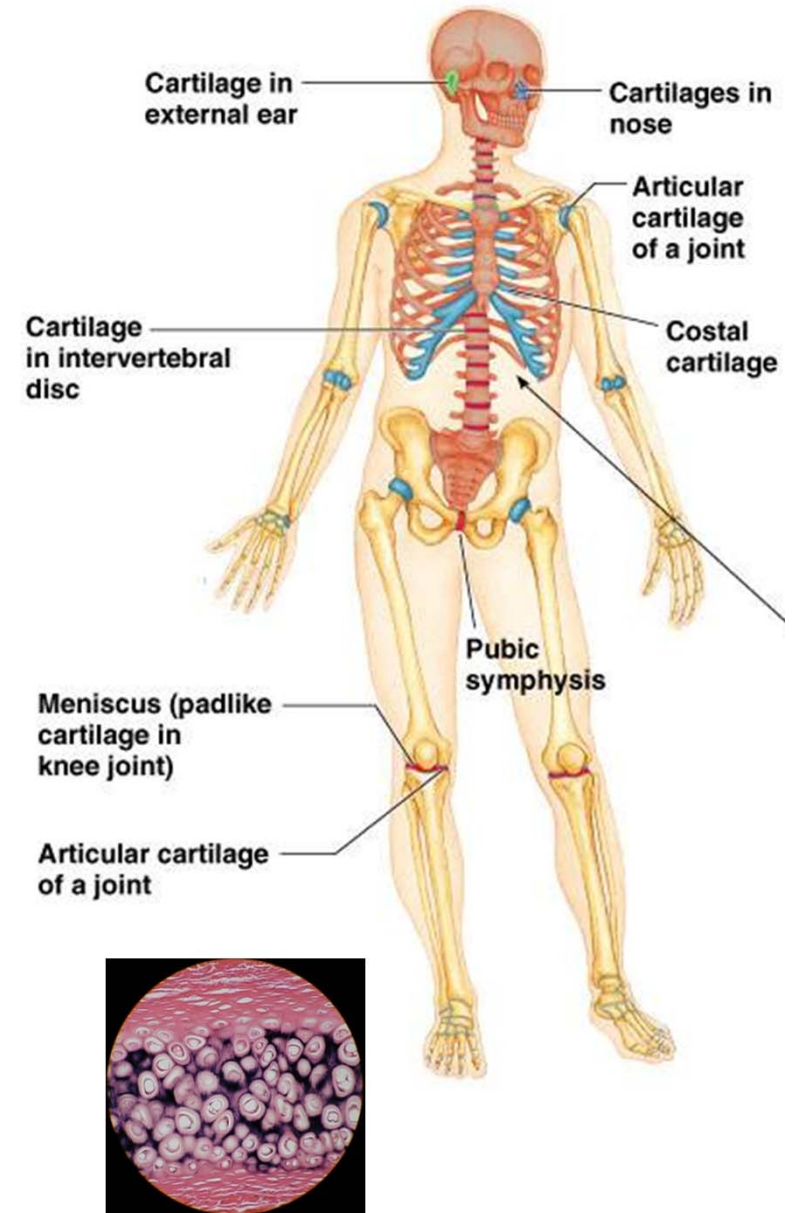
- Os **ligamentos** são compostos de um tecido semelhante ao dos tendões, rodeiam as articulações e unem os ossos entre si. Os **ligamentos** contribuem para reforçar e estabilizar as articulações, permitindo os movimentos só em certas direcções.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Estrutura do corpo humano:
cartilagens

- O **tecido cartilaginoso**, ou simplesmente **cartilagem**, é um tecido elástico e flexível, branco ou acinzentado, aderente às superfícies articulares dos ossos. Também é encontrado em outros locais como na orelha, na ponta do nariz. O tecido serve para dar forma e sustentação a algumas partes do corpo, mas com menor rigidez que os ossos. No tecido cartilaginoso não existem vasos sanguíneos, nervos e vasos linfáticos.



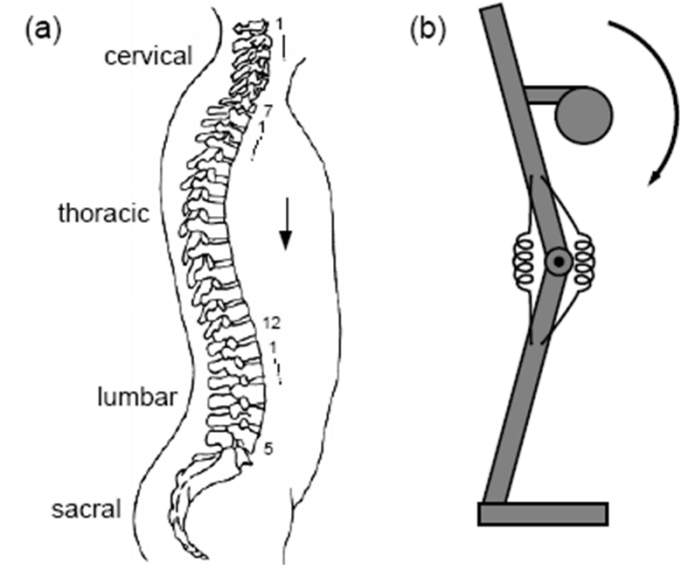
Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Coluna dorsal, representação em engenharia

A coluna dorsal é como um colar de forma irregular.

Pode atingir o colapso devido a peso excessivo

ou devido a ausência de ligamentos e músculos que a prendam.



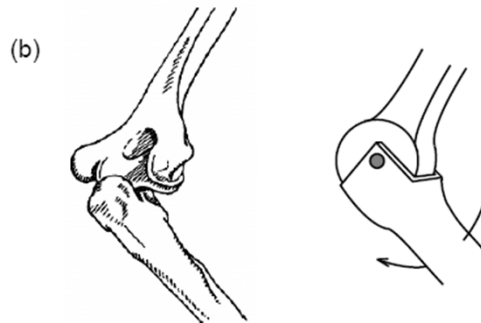
- Articulações, representação em engenharia

Na junção de dois ossos, há uma articulação. Às vezes, os ossos estão rigidamente fixos, como a maioria dos ossos da cabeça, mas, quase sempre, a articulação permite aos ossos algum tipo de movimento.

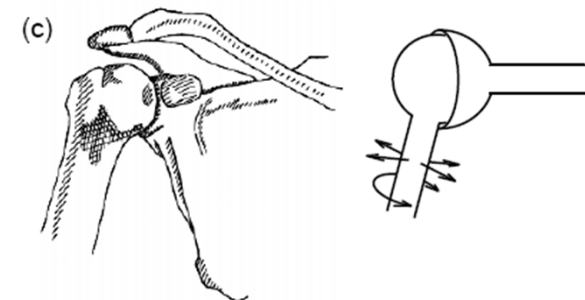
a) áxis e atlas



b) o joelho

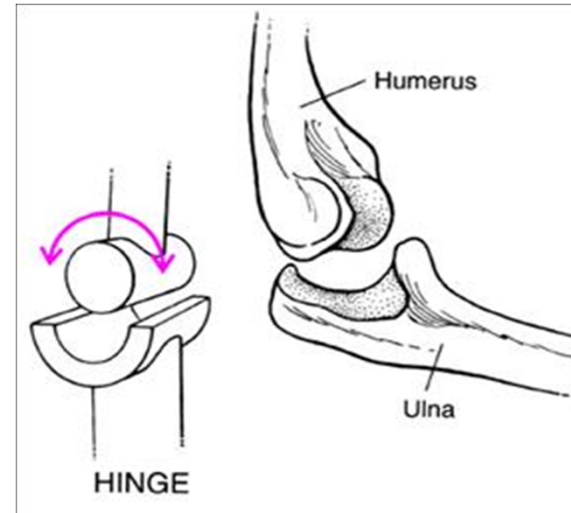
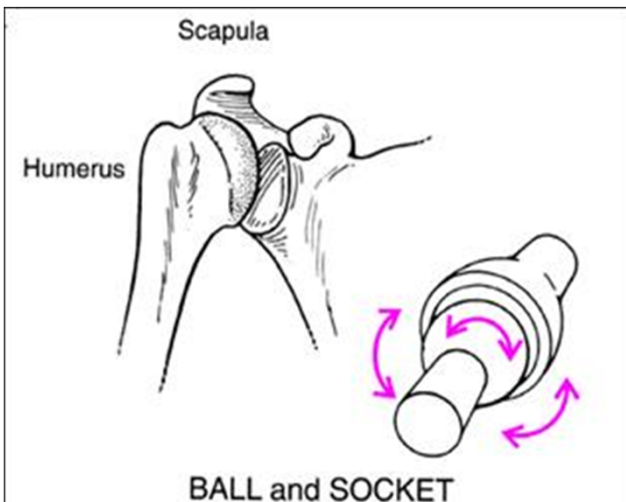
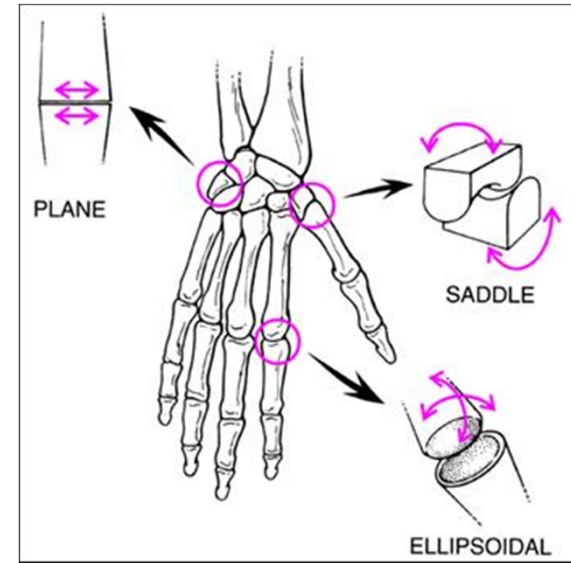
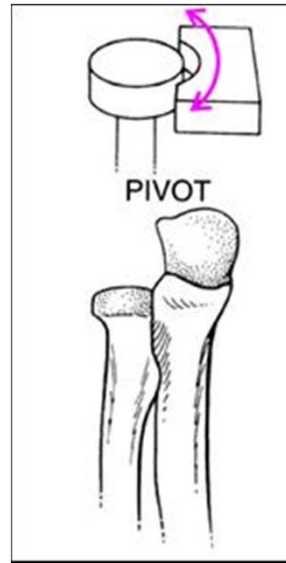
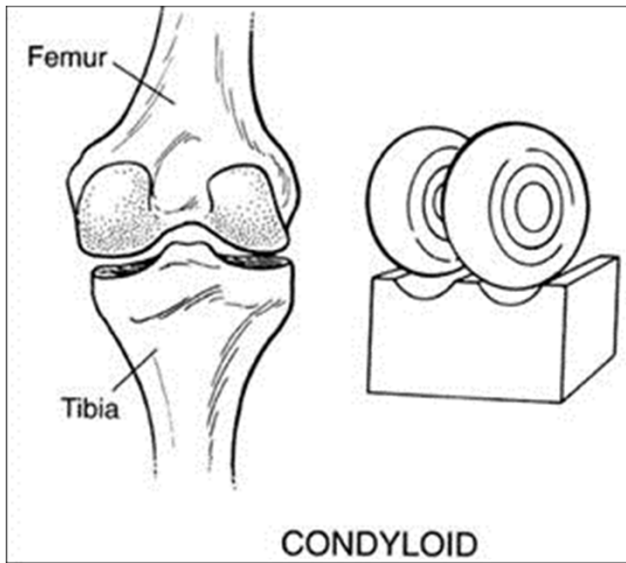


c) atlas e a clavícula



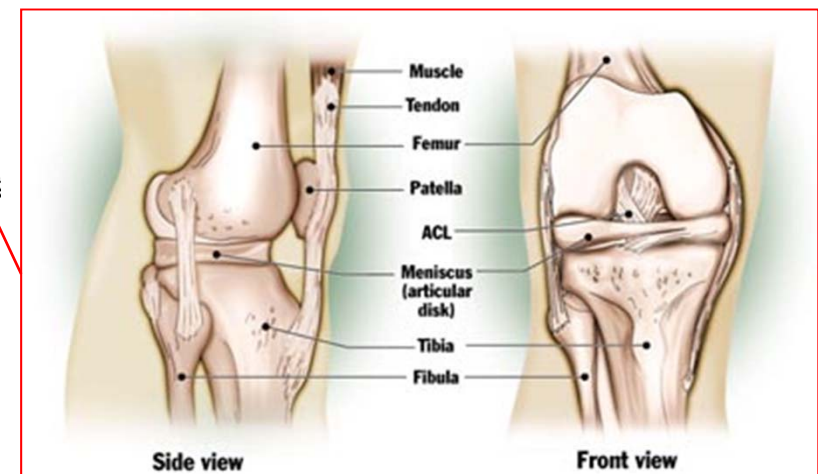
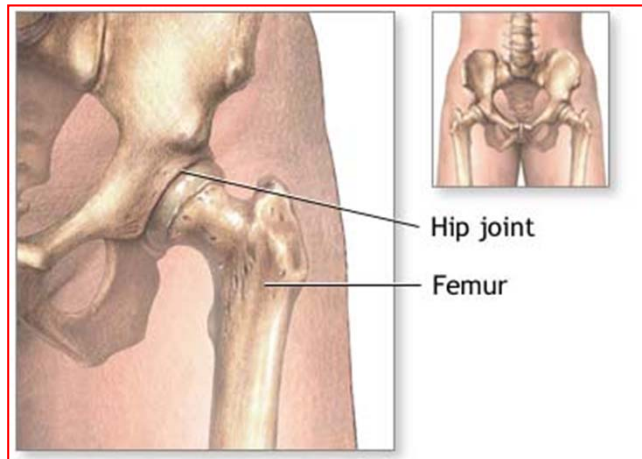
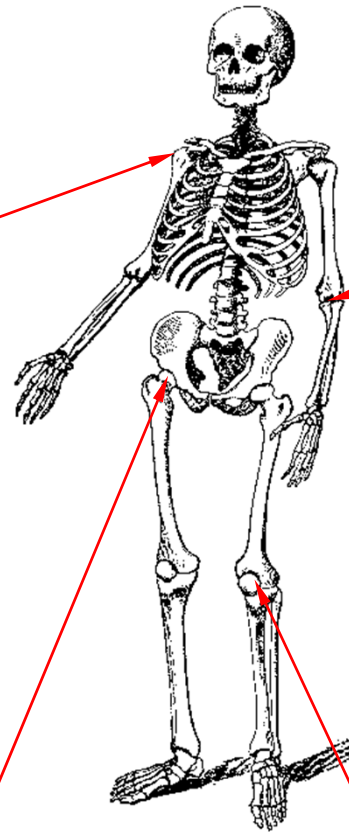
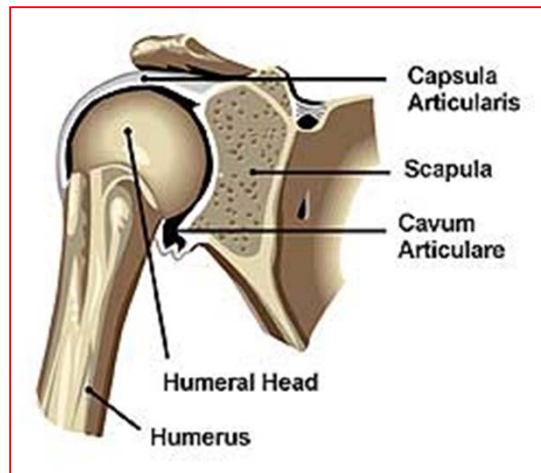
Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Articulações, representação em engenharia



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Articulações, representação em engenharia



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Movimento humano

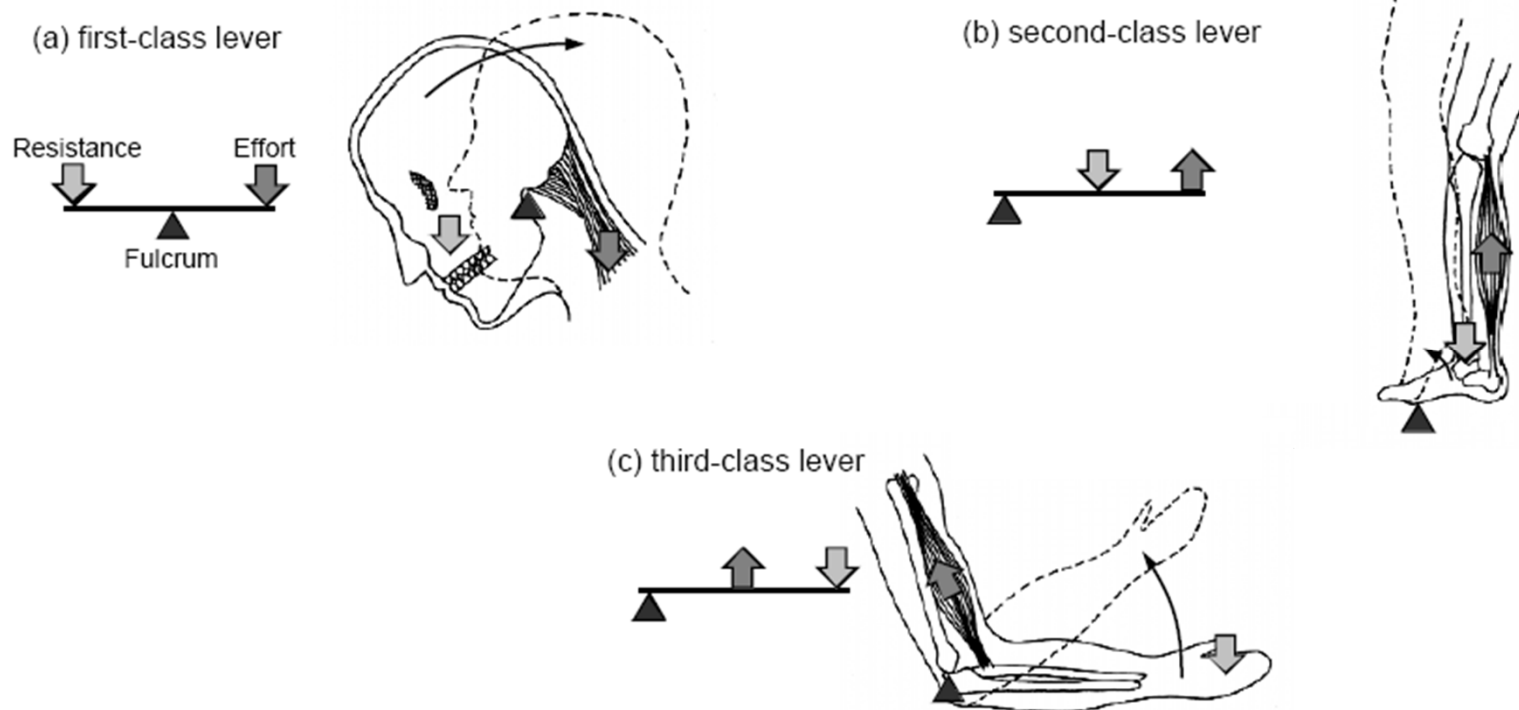
- Três diferentes tipos de sistemas de alavancas podem ser encontrados no corpo humano.

- Os ossos servem de alavanca e as juntas de apoios.

- a) Alavanca de 1ª classe, a força e a resistência aplicada situam-se em lados opostos.

- b) Alavanca de 2ª classe, a força e a resistência situam-se do mesmo lado, mas com a resistência mais próxima do apoio.

- c) Alavanca de 3ª classe, a força e a resistência aplicada situam-se do mesmo lado, mas a força agora está mais próxima do apoio.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Formas elementares do movimento humano

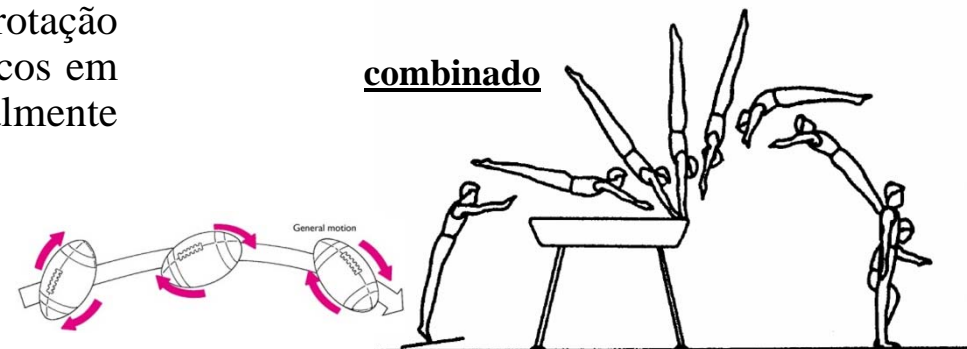
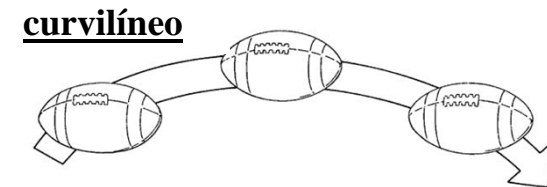
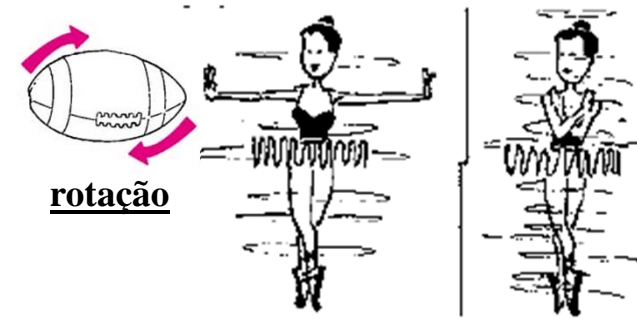
O **movimento humano** é normalmente descrito como sendo um **movimento genérico**, i.e., uma **combinação** complexa de **movimentos de translação** e de **movimentos de rotação**.

Movimento de Translação: Considera que todo o corpo se move de forma única e que não existe movimento relativo de rotação entre segmentos anatómicos.

Rectilíneo se ocorrer ao longo de um segmento recto.

Curvilíneo caso contrário.

Movimento de Rotação: Quando existe uma rotação do corpo ou de um ou mais segmentos anatómicos em torno de um eixo instantâneo de rotação normalmente situado num centro articular.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano

A análise do movimento humano e a sua posterior descrição requer a utilização de **terminologia especializada** que de forma precisa e unívoca identifique as **diferentes posturas, tipos de movimento e relações de posição** entre os vários segmentos anatómicos do corpo humano.

A **Terminologia** para Análise do Movimento de Comparação e Inter-relação do Movimento Articular, requer a **definição de:**

Posição anatómica de referência

Planos anatómicos de referência

Eixos anatómicos de referência

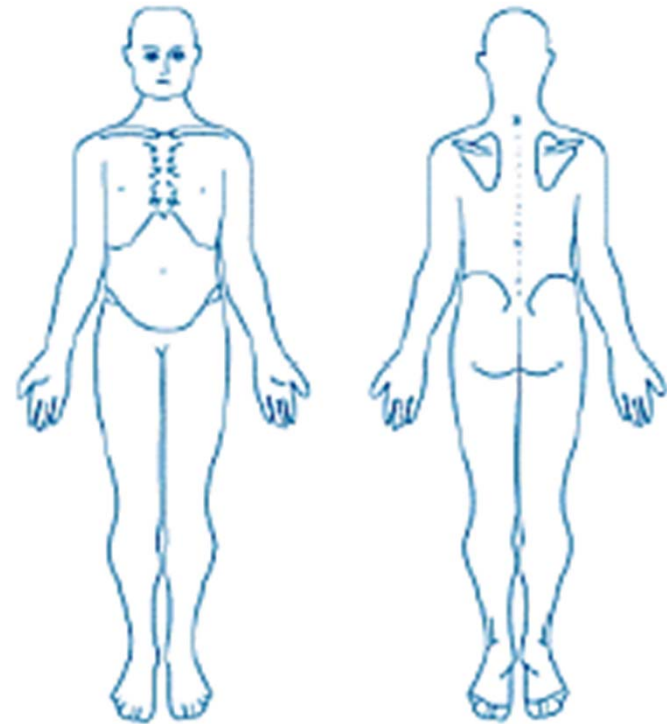
Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano
 - **Posição anatómica de referência**

Considerada como sendo a **postura de referência** utilizada na **descrição da posição e movimento relativo entre os segmentos anatómicos** do corpo humano.

Em conjunto com a **terminologia específica de comparação e inter-relação** e com a terminologia do **movimento articular**, a Posição Anatómica de Referência permite documentar onde uma parte do corpo se encontra relativamente a uma outra, independentemente de o corpo humano estar de pé, deitado ou noutra qualquer posição.

Corresponde a uma postura na qual o corpo se encontra na **posição erecta**, com os **pés ligeiramente separados** e os **braços suspensos lateralmente**, com as **palmas das mãos viradas para a frente**.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

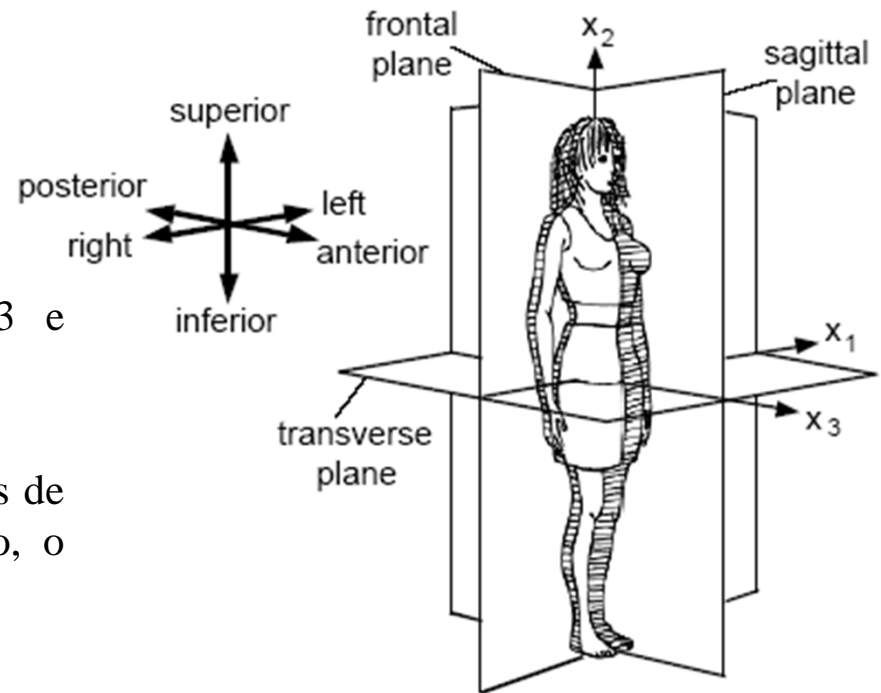
- Notação para o movimento humano
- **Planos anatómicos de referência**

Também designados por planos cardinais, são 3 e perpendiculares (**ortogonais**) entre si.

Cada plano divide o corpo humano em duas metades de igual massa, sendo o ponto comum de intersecção, o **centro de massa do corpo**.

Úteis na descrição de movimentos de grande amplitude e para a definição da terminologia específica dos tipos de movimento do corpo humano.

Existem movimentos do corpo humano que não são orientados segundo estes planos, utilizando-se planos oblíquos.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano
 - **Planos anatómicos de referência**

- **Plano Sagital** (*Sagittal Plane*):

Divide o corpo verticalmente, nas suas duas metades direita e esquerda.

(Movimentos neste plano: corrida, marcha, bicicleta).

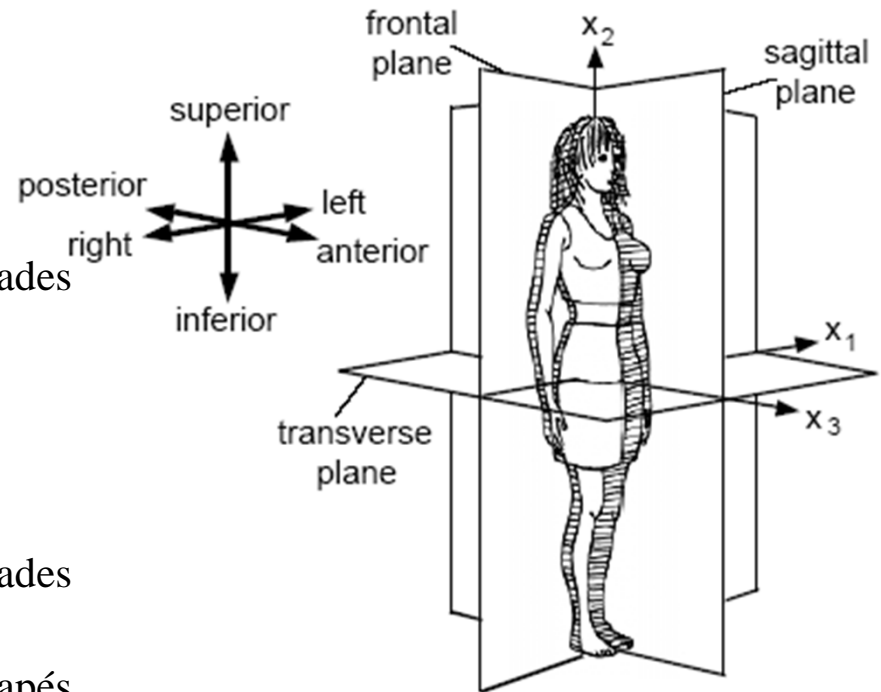
- **Plano Frontal** (*Frontal or Coronal Plane*):

Divide o corpo verticalmente, nas suas duas metades anterior e posterior.

(Movimentos neste plano: saltos laterais, roda, pontapés laterais em artes marciais).

- **Plano Transversal ou Horizontal** (*Transverse or Axial Plane*):

Divide o corpo horizontalmente nas suas duas metades inferior e superior (Movimentos neste plano: dança, ginástica, saltos artísticos).



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano
 - **Eixos Anatômicos de Referência:**

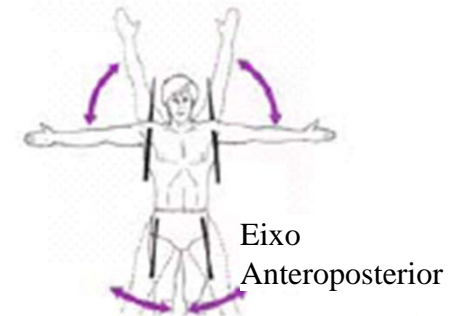
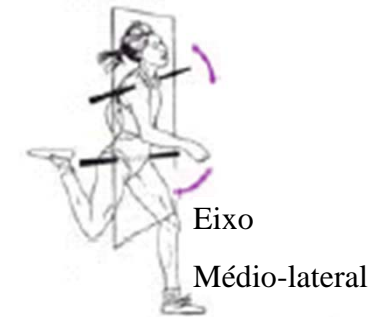
O movimento dos segmentos anatómicos do corpo humano ocorre em torno de um eixo de rotação imaginário que passa pela junta à qual esse segmento está ligado.

Existem 3 eixos de referência, utilizados na descrição do movimento humano, estando cada um deles orientado perpendicularmente a um dos planos de referência.

Eixo Médio-lateral: Perpendicular ao plano sagital, define os movimentos que ocorrem nesse plano.

Eixo Anteroposterior: Perpendicular ao plano frontal, define os movimentos que ocorrem nesse plano.

Eixo Longitudinal: Perpendicular ao plano transversal, define os movimentos que ocorrem nesse plano.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano

Terminologia de Comparação e Inter-relação

Utilizada para **relacionar a posição** entre segmentos anatómicos e entre segmentos anatómicos e **outros objectos externos**.

Superior: Que está mais próximo da cabeça.

Ex: O coração está superior ao estômago.

Inferior: Que está mais afastado da cabeça.

Ex: O tronco está inferior ao pescoço.

Anterior: Que está mais à frente.

Ex: A rótula está anterior à articulação do joelho.

Posterior: Que está mais atrás.

Ex: A omoplata está posterior à clavícula.

Medial: O que está mais próximo do meio.

Ex: O dedo grande do pé é medial face aos restantes.

Lateral: O que está mais afastado do meio.

Ex: O polegar está no lado lateral da mão.

Proximal: O que está mais próximo do tronco.

Ex: O joelho é proximal face ao tornozelo.

Distal: O que está mais afastado do tronco.

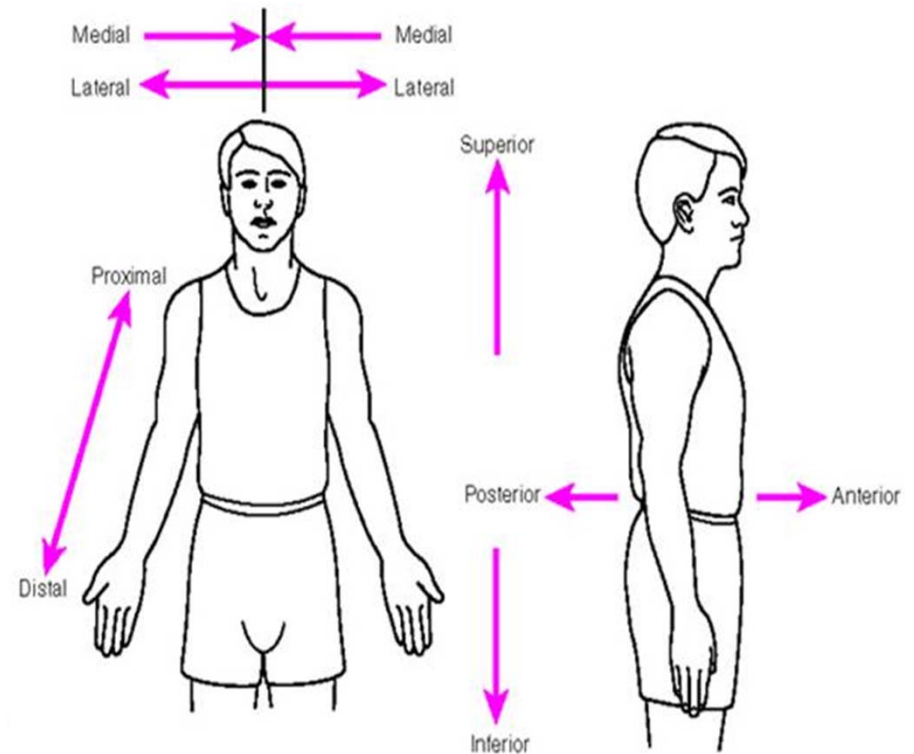
Ex: O pulso é distal face ao cotovelo.

Superficial: O que está mais próximo da superfície.

Ex: A pele é superficial aos músculos.

Profundo: O que está mais afastado da superfície.

Ex: Os pulmões estão mais profundos que as costelas.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

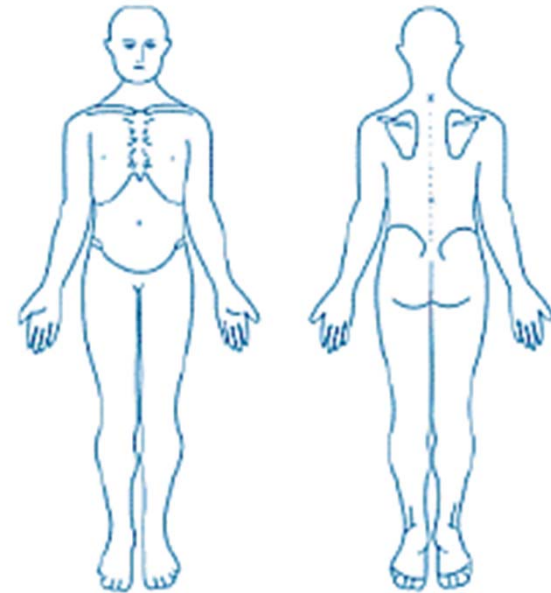
Notação para o movimento humano:

Terminologia do Movimento Articular

É utilizada para descrever o movimento dos segmentos anatómicos que ocorrem nas articulações.

Considera-se que quando o corpo humano se encontra **na posição anatómica de referência**, todos os seus segmentos anatómicos se encontram posicionados a zero graus.

Uma **rotação de um segmento anatómico** é designada de acordo com a **direcção do movimento** e medida como sendo o **ângulo entre a posição actual e a posição de referência**.



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

Notação para o movimento humano:

Terminologia do Movimento Articular

Movimentos no Plano Sagital: Os três principais movimentos que ocorrem neste plano são **flexão**, **extensão** e **hiperextensão**.

Flexão é o movimento que implica uma rotação no plano sagital na direcção anterior dos segmentos anatómicos da cabeça, tronco, braço e antebraço, mão e anca e numa direcção posterior para o segmento da perna.

Extensão é o movimento que retorna um segmento anatómico flectido à sua posição de referência.

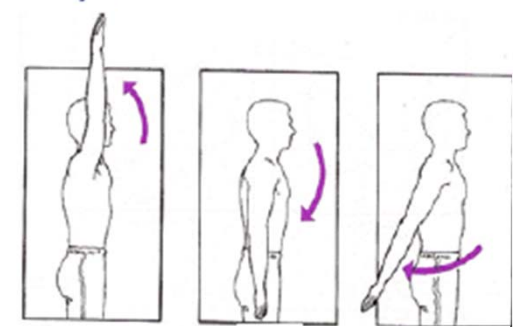
Hiperextensão é definido como uma extensão para além da posição anatómica de referência, na direcção oposta à direcção de flexão.

Movimentos no Plano Frontal: Os dois movimentos mais importantes são **abdução** e **adução**. Existem ainda outros de menor relevância.

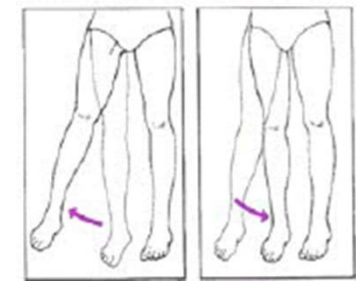
Abdução é o movimento no qual um dado segmento anatómico se move para lá da linha média do corpo.

Adução é o movimento oposto, i.e., aquele que traz o segmento anatómico para junto da linha média do corpo.

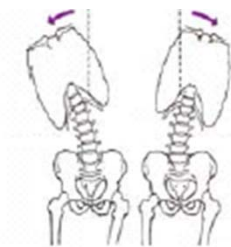
Flexão Lateral (direita ou esquerda) descreve o movimento oscilante do tronco no plano frontal.



Flexão Extensão Hiperextensão



Abdução Adução



Flexão Lateral (direita/esquerda)

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

Notação para o movimento humano:

Terminologia do Movimento Articular

Elevação e Depressão do ombro corresponde ao movimento desta articulação respectivamente nas direcções superior e inferior.

Desvio Radial é o movimento que traduz a rotação radial da mão em torno do pulso no plano frontal e na direcção do rádio, i.e., para o lado do polegar.

Desvio Cubital é o movimento oposto e que traduz a rotação frontal da mão em torno do pulso na direcção do cúbito, i.e., na direcção do dedo mínimo.

Dorsiflexão é o movimento que traz o dorso do pé na direcção da perna.

Flexão plantar é o movimento que leva a planta do pé para a direcção inferior.

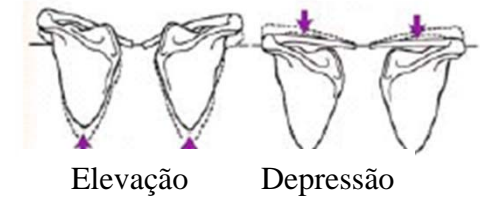
Eversão e Inversão do pé são movimentos a que correspondem respectivamente as rotações externa e interna da planta do pé.

Abdução e Adução do pé são termos utilizados para descrever respectivamente as rotações lateral e medial de todo o pé.

Pronação e Supinação do pé são movimentos compostos da articulação subtalar que incluem:

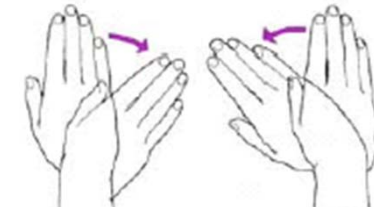
Pronação: eversão+abdução+dorsiflexão.

Supinação: inversão+adução+flexão plantar.



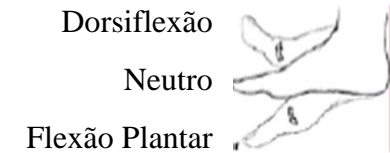
Elevação

Depressão



Desvio Cubital

Desvio Radial



Dorsiflexão

Neutro

Flexão Plantar



Eversão-Neutro-Inversão



Abdução-Neutro-Adução



Supinação-Neutro-Pronação

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

Notação para o movimento humano:

Terminologia do Movimento Articular

Movimentos no Plano Transversal: Os movimentos no plano transversal são na sua maioria movimentos de rotação em torno do eixo longitudinal dos segmentos anatómicos.

Rotação Direita e Esquerda são termos utilizados para descrever o movimento no plano transversal da cabeça, pescoço e tronco.

Rotação Média e Lateral são termos utilizados para descrever o movimento da perna e do braço como um todo. Medial no sentido da linha média do corpo; Lateral no sentido oposto.

Supinação e Pronação são termos que são utilizados especificamente para designar respectivamente a rotação exterior ou interior do antebraço.

Abdução e Adução Horizontal são os termos utilizados para descrever o movimento de rotação do braço e da coxa no plano transversal quando flectidos de 90° e que se traduz respectivamente por uma rotação lateral para o exterior e para o interior do corpo.

Protração e Retracção são os termos utilizados para descrever respectivamente a rotação anterior e posterior da articulação do ombro (omoplata).

Movimento de Circundação é um movimento genérico que envolve normalmente o movimento circular de um segmento anatómico, combinando flexão, extensão, abdução e adução, resultando numa trajectória cónica com fulcro na junta.

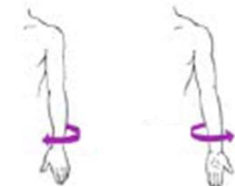
Movimento de Oposição é o movimento que leva o polegar a tocar nos restantes dedos.



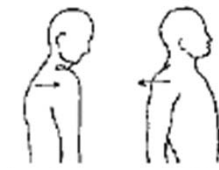
Rotação Direita/Esquerda
(Cabeça, Pescoço, tronco)



Rotação Medial Rotação Lateral



Pronação Supinação



Protração Retracção



Adução Horizontal



Abdução Horizontal



Circundação

Oposição

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

Notação para o movimento humano:

Terminologia do Movimento Articular

Varo e **Valgo** são desvios permanentes de um dado segmento anatómico. Estão associados a patologias musculares e/ou articulares.

Varo: Desvio interno no alinhamento dum segmento anatómico da extremidade proximal para a distal.

Valgo: O contrário, i.e., desvio externo no alinhamento dum segmento anatómico.

Aducto e **Abducto** são desvios permanentes de um dado segmento anatómico. Estão associados a patologias musculares e/ou articulares.

Aducto: Desvio medial no alinhamento dum segmento anatómico da extremidade proximal para a distal.

Abducto: O contrário, i.e., desvio lateral no alinhamento dum segmento anatómico.



Pé Varo

(inversão permanente do pé direito)

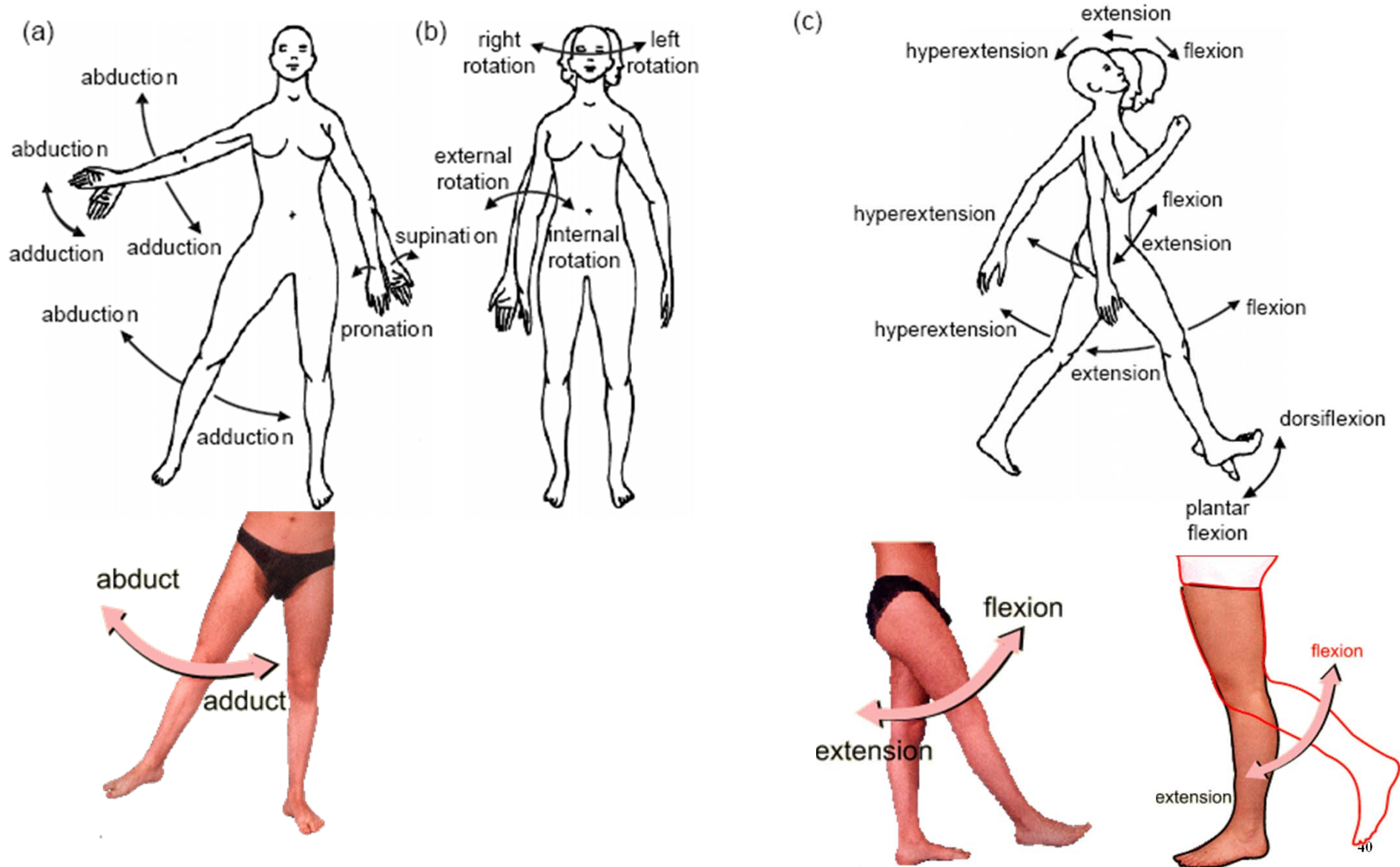


'Joanete'

(dedo grande valgo/abducto e 1º metatarso varo/aducto)

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Notação para o movimento humano: **Terminologia do Movimento Articular**



Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Propriedades físicas
 - Sistemas físicos vs. sistemas biológicos

	Sistema físico	Sistema biológico
Elementos	Componentes	Órgãos
Resposta	Única e de acordo com a acção externa que actua	Especializada e adequada à frequência e intensidade de estímulos internos e externos
Evolução	Estável	Adaptável e evolutiva

- **Conjunto de elementos ou sistemas biomecânicos:**
 - a) Que associam isoladamente ou em conjunto as características morfológicas e mecânicas do corpo (comprimento dos segmentos, localização dos respectivos centro de gravidade, centro de gravidade da totalidade do corpo, velocidades lineares ou angulares dos segmentos, forças internas, força da gravidade, outras forças externas);
 - b) que definem a interacção mecânica do corpo com o meio físico (apoios).

Cap.1 - ESTRUTURA DO CORPO HUMANO

- Tipos de corpos mecânicos

Partícula - Corpo com massa conhecida e com dimensões consideradas nulas (o corpo é reduzido a um ponto - o centro de gravidade do corpo). Esta condição de limite é considerada sempre que o centro de gravidade é suficiente para representar a execução. No caso de corpo partícula é estudada a quantidade de energia mecânica do centro de gravidade considerado como um sistema que não troca energia com o exterior.

Rígido - Corpo sem deformações relativas consideráveis. Esta condição de limite é considerada sempre que a linha longitudinal é suficiente para representar o segmento anatómico ou o corpo. Esta linha longitudinal é definida pelo conjunto formado pelo centro de gravidade e pelo centro de pressão no apoio, mas o comprimento do corpo rígido é igual ao comprimento da zona anatómica que representa. No caso de corpo rígido é estudada a quantidade de energia mecânica do centro de gravidade do corpo, ou, é estudada a energia rotacional associada à linha longitudinal referida. Este sistema troca energia com o exterior através do centro de pressão, também designado centro de apoio.

Articulado - Corpo formado por um conjunto de corpos rígidos articulados de modo coerente. As características morfológicas das ligações entre os vários corpos rígidos impõem constrangimentos às deslocamentos relativos condicionando as trocas energéticas inter-segmentares. Cada um dos corpos rígidos troca energia com o respectivo apoio (outro segmento corporal) e na sua globalidade o corpo articulado troca energia com o apoio através do apoio com o exterior.