

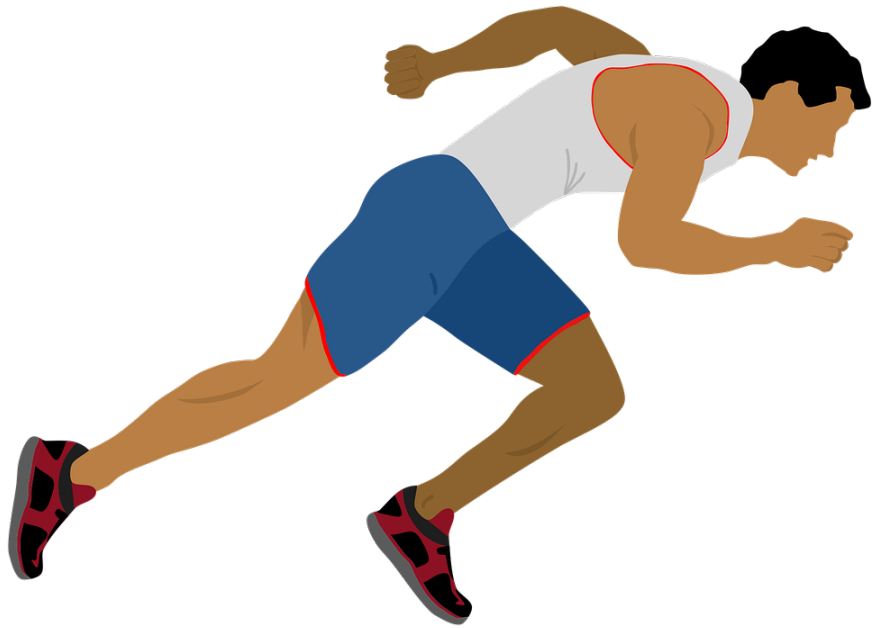


Università
degli Studi
di Ferrara

antropo**lab**

LABORATORI DI ANTROPOLOGIA

Seminario di Biomeccanica del movimento



Jessica Mongillo

PhD student

Lab: Archeoantropologia e Antropologia
Forense

Contatti: jessica.mongillo@unife.it



Corso: Biologia dello scheletro
umano

Prof: Barbara Bramanti

Anno Accademico: 2021-2022

Jessica Mongillo



PhD student in Biomedical Science and Biotechnology

Current affiliation

University of Ferrara

Lab. Archeoanthropology and Forensic Anthropology



Biomeccanica

La biomeccanica è l'applicazione dei principi della meccanica agli organismi viventi (sia animali che vegetali). In particolare, analizza il comportamento delle strutture fisiologiche quando sono sottoposte a sollecitazioni statiche o dinamiche.

Le leggi della meccanica e della fisica (statica, cinetica, cinematica) non vengono studiate in sistemi teorici (solidi inerti), ma applicate nell'ambito del sistema biologico del **corpo umano**.

In particolare, la meccanica di un corpo vivente si riferisce alle forze esercitate dai muscoli e dalla gravità sul sistema scheletrico.

La biomeccanica del sistema muscolo-scheletrico è quindi la scienza che esamina le forze operanti sul sistema stesso (carichi esterni, forze muscolari e carichi articolari) e gli effetti prodotti da tali forze (movimenti, deformazioni e cambiamenti biologici nei tessuti).

["Biomeccanica" dal greco: βίος
"vita e μηχανική "meccanica"]



Il sistema scheletrico e muscolare

Poiché il nostro scheletro è all'interno dei tessuti del nostro corpo, ci si riferisce ad esso come ad un endoscheletro.

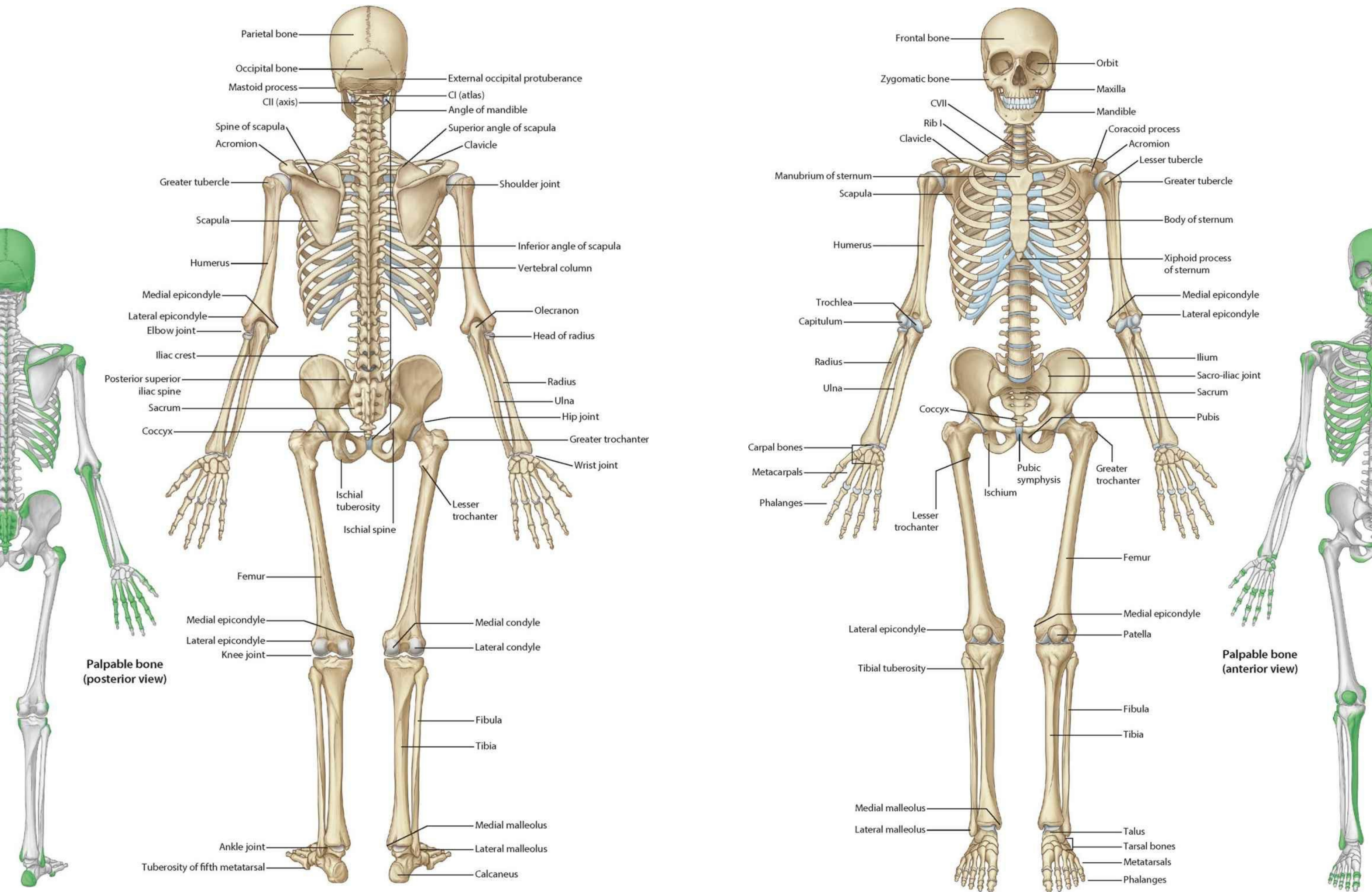


Batteri, protozoi e funghi sono tutti esempi di organismi viventi che non hanno scheletro.

Molti insetti e crostacei (crostacei) hanno un esoscheletro, uno strato protettivo rigido e duro al loro esterno.



Il sistema scheletrico



Funzioni dello scheletro

- 1) Fornire una protezione generale e specializzata.
- 2) Fornire resistenza ai muscoli (movimento).

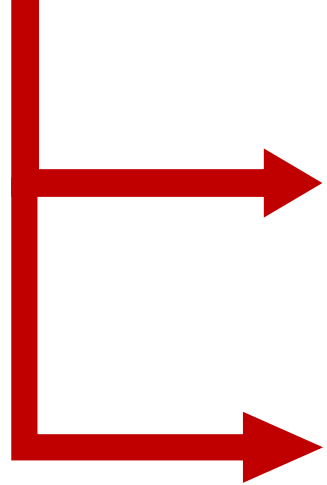


Sostegno e movimento

Sostegno



Struttura a cui sono attaccati gli altri organi e tessuti del corpo. **Fornisce forza al corpo**



Ossa delle gambe devono **sostenere il peso** di tutto il corpo, e quando corriamo o saltiamo, aumentiamo la forza sulle ossa delle gambe



Le ossa delle braccia, lavorando con i muscoli, ci permettono di **raccogliere** oggetti molto più pesanti delle nostre stesse braccia

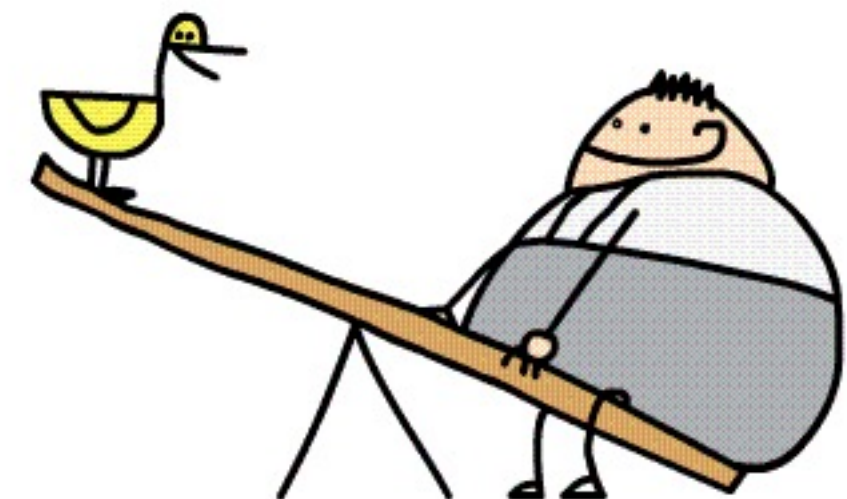


Movimento



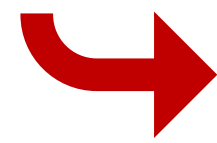
Le estremità dei muscoli scheletrici sono attaccate alle ossa.

Le ossa agiscono quindi come leve, ingrandendo la potenza dei muscoli e permettendo a specifiche parti del corpo di muoversi

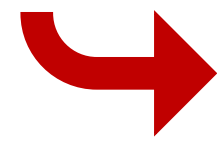




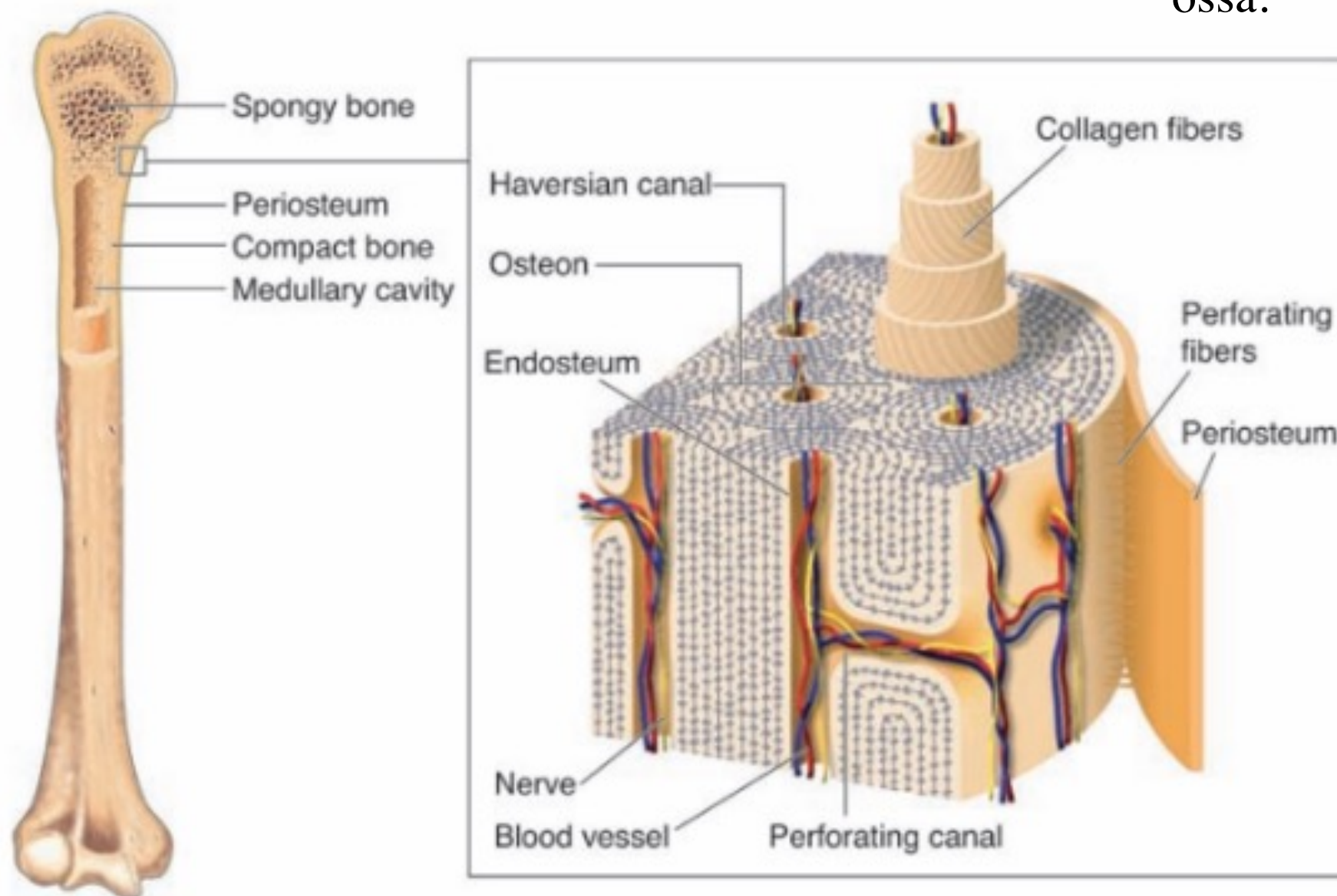
Il **periostio** è una doppia membrana che circonda l'esterno dell'osso.



Lo strato **fibroso duro** più esterno funge da rivestimento protettivo.



Lo strato interno, chiamato strato osteogenico, è responsabile della crescita e del rimodellamento delle ossa.



All'interno di questo strato si trovano due tipi fondamentali di cellule: gli **osteoblasti**, o cellule che costruiscono l'osso, e gli **osteoclasti**, o cellule che distruggono le ossa.

Le ossa lunghe hanno un nucleo cavo. Questo nucleo è rivestito da un'altra membrana, chiamata **endostio**. Come il periostio, l'endostio contiene osteoblasti e osteoclasti, permettendo all'osso di crescere sia dall'interno che dall'esterno

“osteoblasts Build,” “osteoclasts Crunch” (destroy) bones.

Meccanismi di riparazione ossea

Le sollecitazioni comportano un continuo rimodellamento osseo. In alcuni casi, le nostre ossa possono fratturarsi o rompersi.

Il corpo ha sviluppato un meccanismo per riparare le ossa danneggiate.

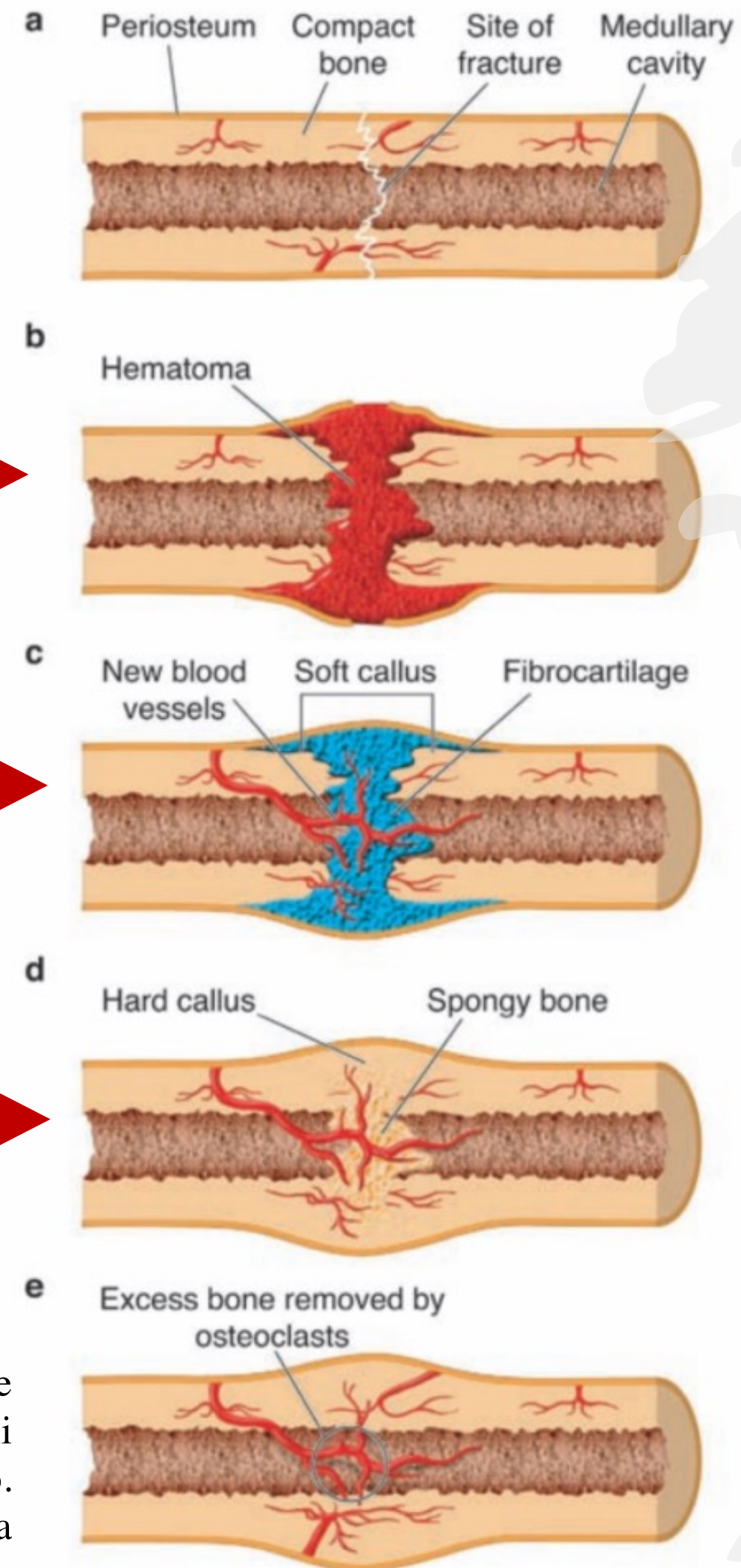
La prima fase è la formazione di un ematoma, il sito di emorragia interna. Quando un osso si frattura, i vasi sanguigni nella area vengono danneggiati e il sangue si disperde nei tessuti.

La seconda fase della riparazione ossea è la formazione di tessuto di granulazione. Quando i vasi sanguigni si infiltrano nell'ematoma, viene depositato un tessuto morbido e fibroso. Il sito attrae anche macrofagi (un tipo di cellule immunitarie), osteoclasti e cellule osteogeniche.

La terza fase del processo è la formazione del callo. I fibroblasti depositano collagene nel tessuto di granulazione. Alcune delle cellule osteogeniche si differenziano in condroblasti, o cellule produttrici di collagene, che formano aree di tessuto calloso morbido fatto di fibrocartilagine. Altre cellule osteogeniche si differenziano in osteoblasti, che producono il callo duro, un colletto osseo.

Ci vogliono dalle 4 alle 6 settimane perché si formi il callo duro

La fase finale del processo è chiamata rimodellamento. Durante rimodellamento, che richiede dai 3 ai 4 mesi, rimane un callo duro sul sito. Gli osteoclasti dissolvono piccoli frammenti di osso e gli osteoblasti colmano il divario tra l'osso rotto con osso spugnoso. Alla fine, questo osso spugnoso viene rimodellato in osso compatto. Entro 4-6 mesi, la riparazione è completa.



Articolazioni

Ossa si uniscono, o si articolano, in articolazioni.

Ogni volta che due superfici si muovono l'una contro l'altra, parte dell'energia spesa è convertita in attrito la forza che lavora in opposizione alla direzione del movimento.

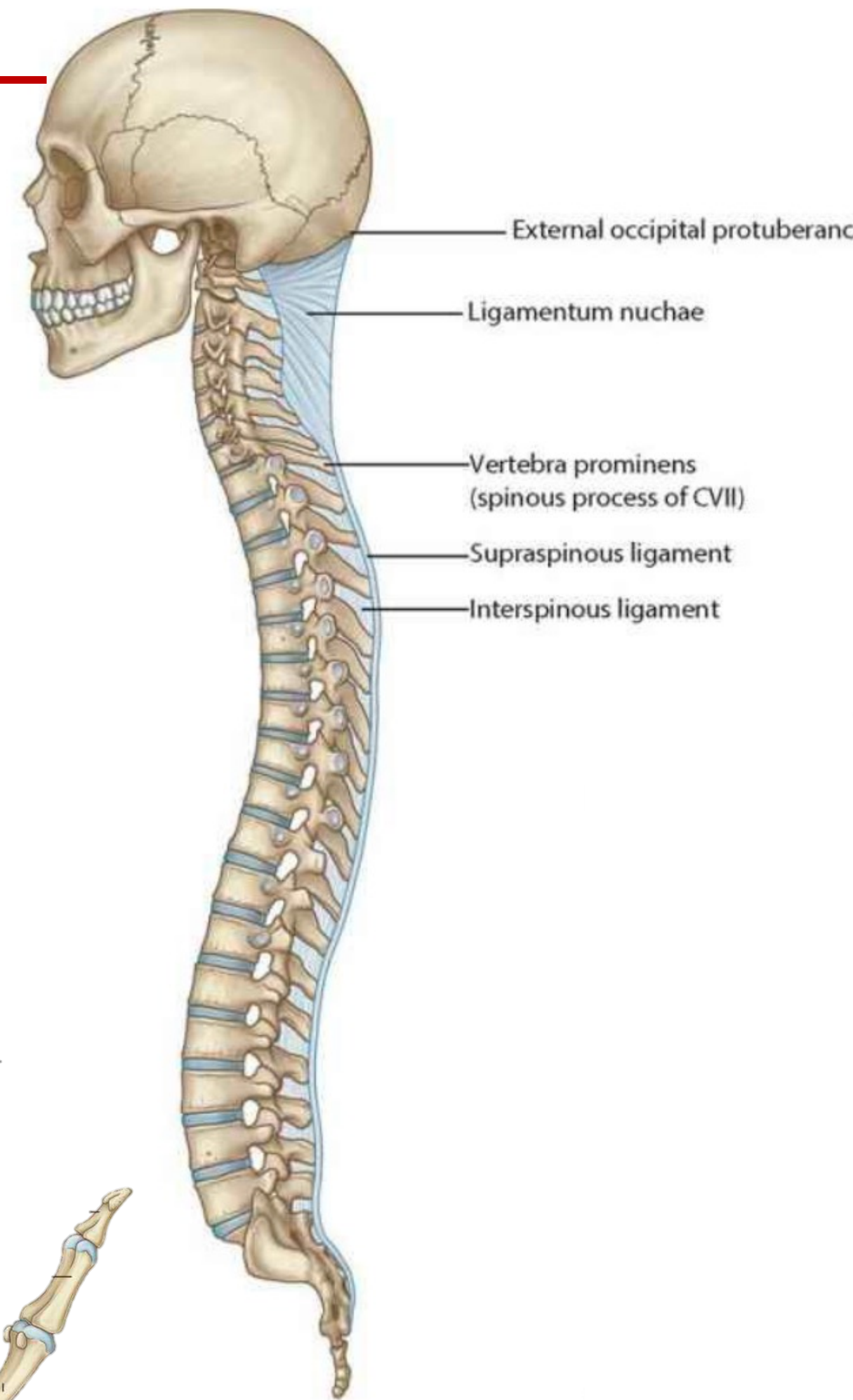
Classificazione delle articolazioni in base alla **libertà di movimento**

Articolazioni come il gomito e la spalla, che hanno **alti gradi di libertà di movimento**, sono **diartrosi**

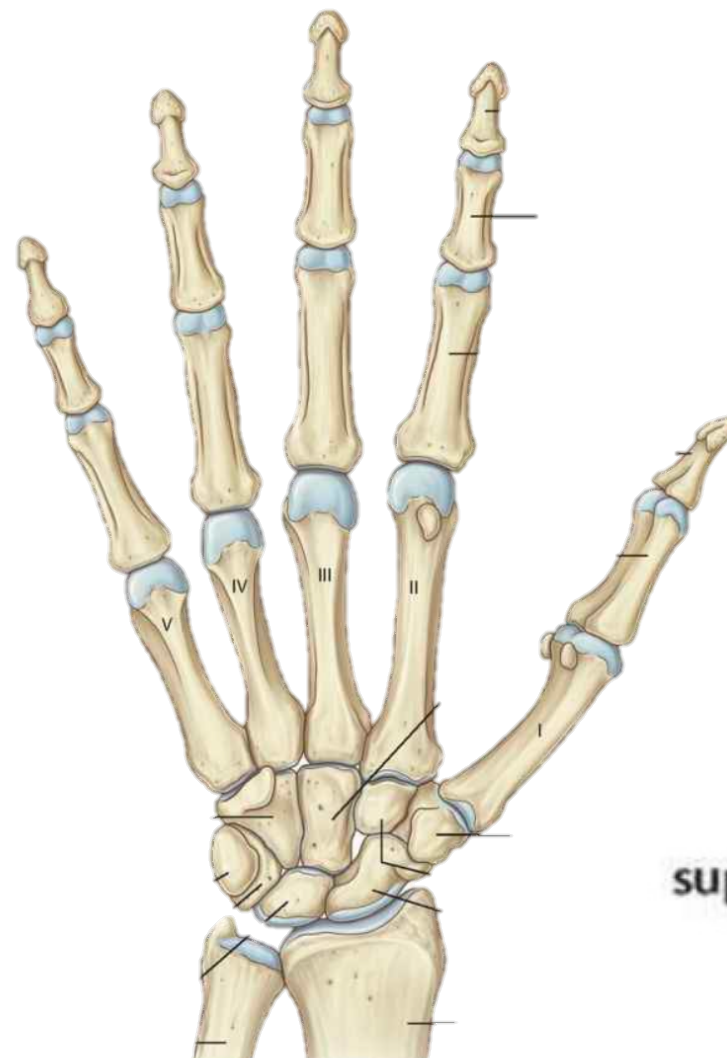
Articolazioni come quelle delle dita e quelle tra le vertebre, che hanno una **gamma più limitata di movimento**, sono conosciute come **anfiartrosi**

Articolazioni come le suture del cranio sono conosciute come **sinartrosi**.

Lo studio delle articolazioni e delle loro funzioni è chiamato artrologia.



Ligamentum nuchae and supraspinous ligament (lateral view,



Articolazioni

Classificazione delle articolazioni in base a come si uniscono alle ossa adiacenti

Queste categorie sono le **articolazioni fibrose**, **articolazioni cartilaginee**, **articolazioni ossee** e **articolazioni sinoviali**.

Articolazioni fibrose:

suture

legano strettamente le ossa adiacenti e non permettono alle ossa di muoversi.

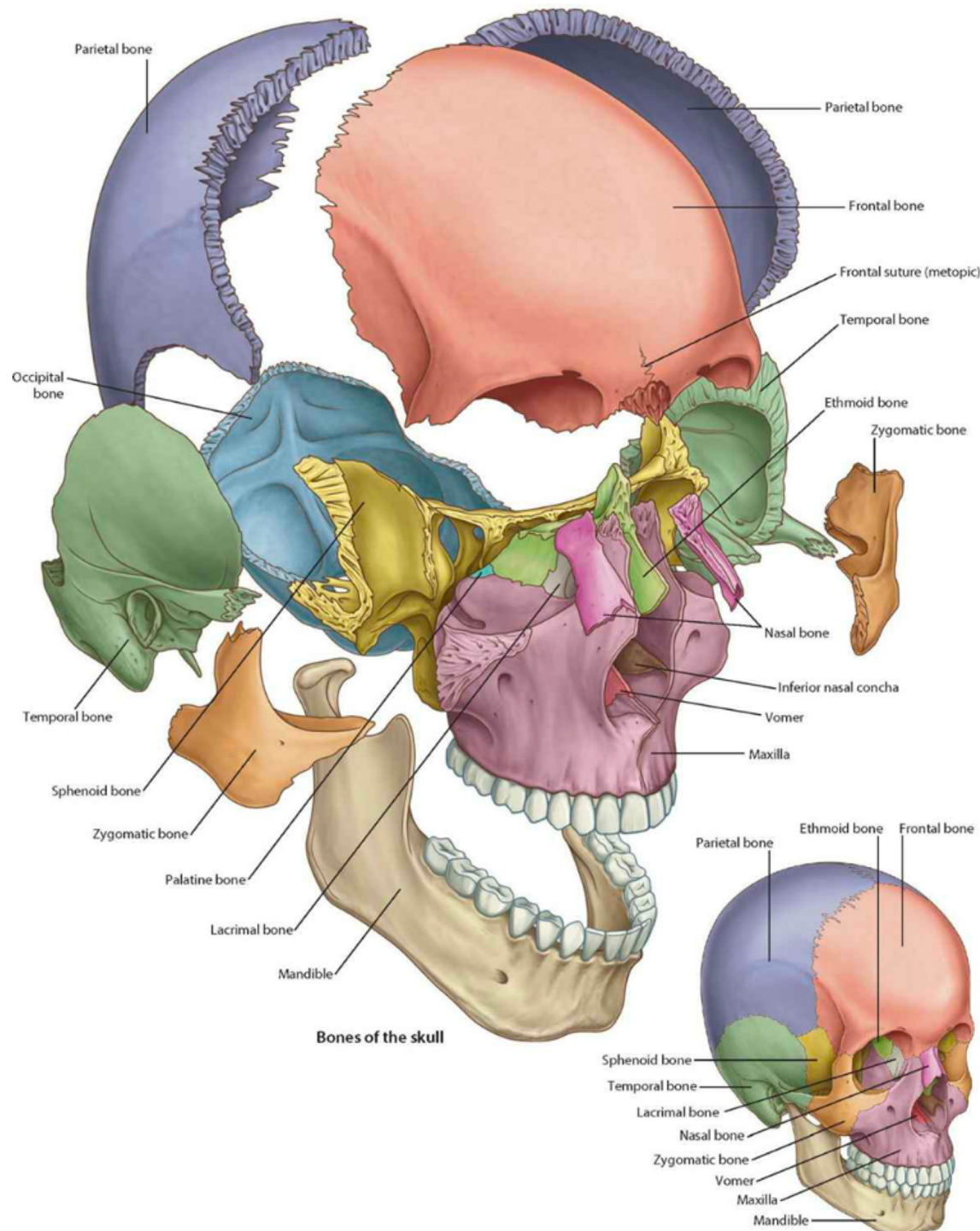
gomfosi

articolazioni che tengono i denti nelle loro cavità

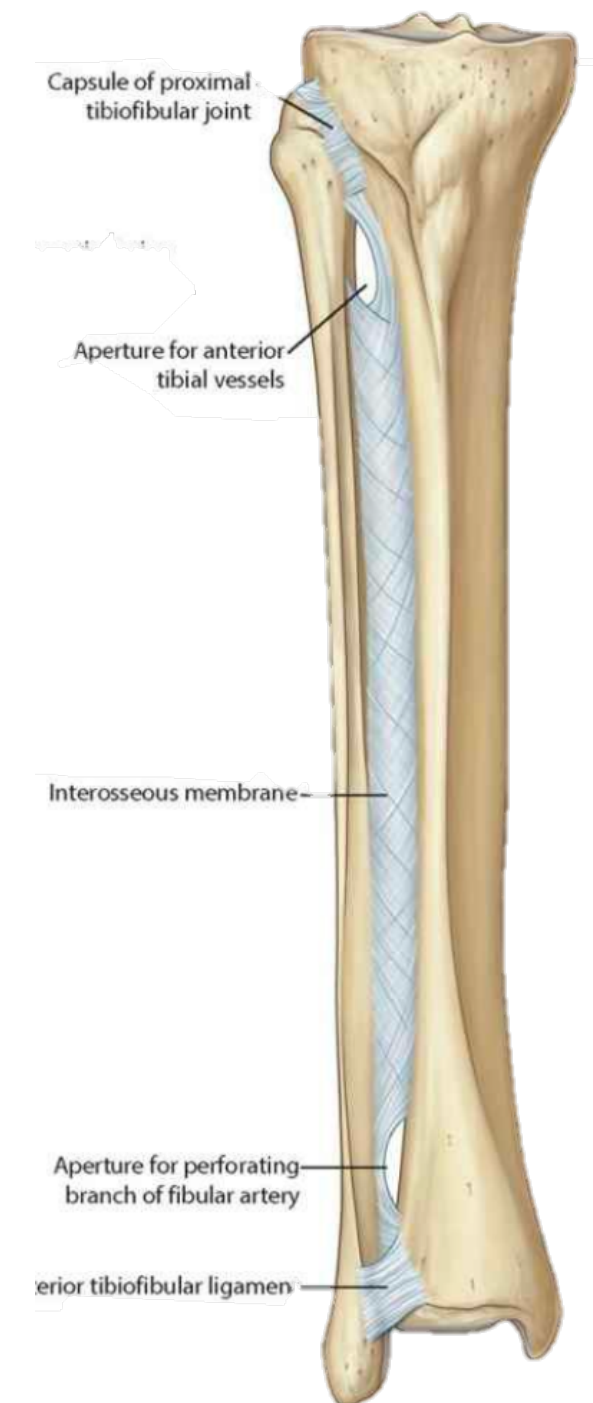
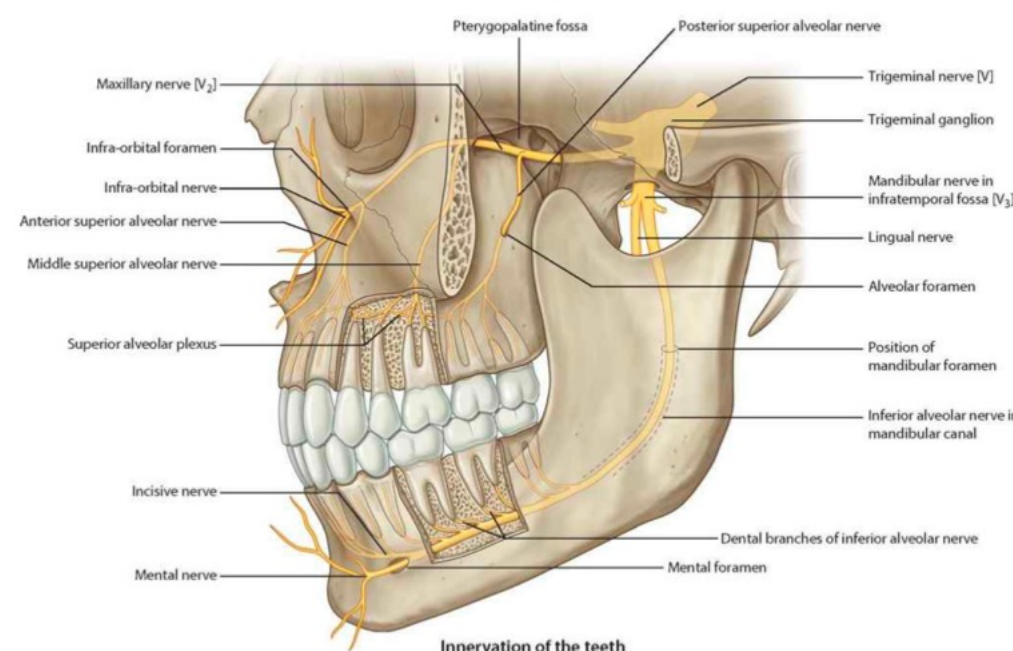
sindesmosi

articolazioni in cui due ossa sono unite solo da un legamento

Queste sono le più flessibili delle articolazioni fibrose. La membrana interossea, la membrana fibrosa che lega il radio all'ulna, e la tibia al perone, è un esempio di un'articolazione di questo tipo.

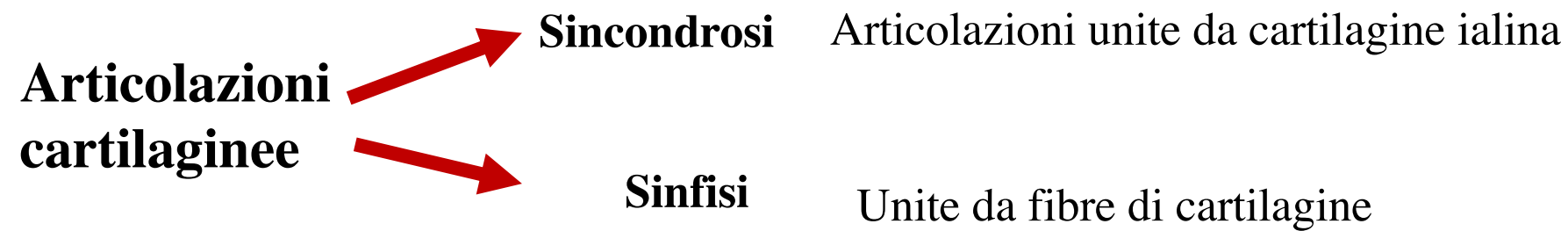


In questo caso, una forte banda di tessuto connettivo, il legamento parodontale, una struttura fatta di fibre di collagene, tiene il dente saldamente alla mascella, ma permette un po' di "gioco" per tollerare lo stress meccanico della masticazione del cibo.

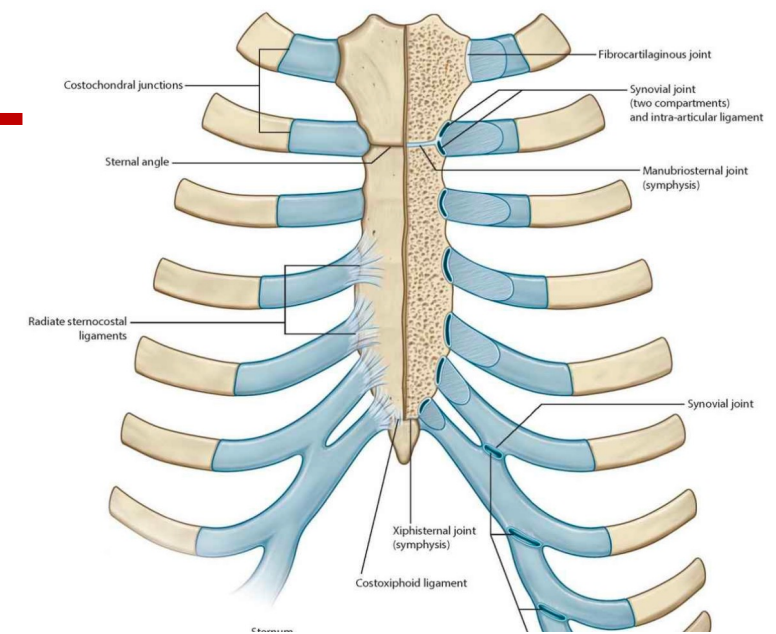


Articolazioni

Quando due ossa sono unite da cartilagine, l'articolazione che ne risulta è detta articolazione cartilaginea



L'unione delle coste allo sterno nella gabbia toracica

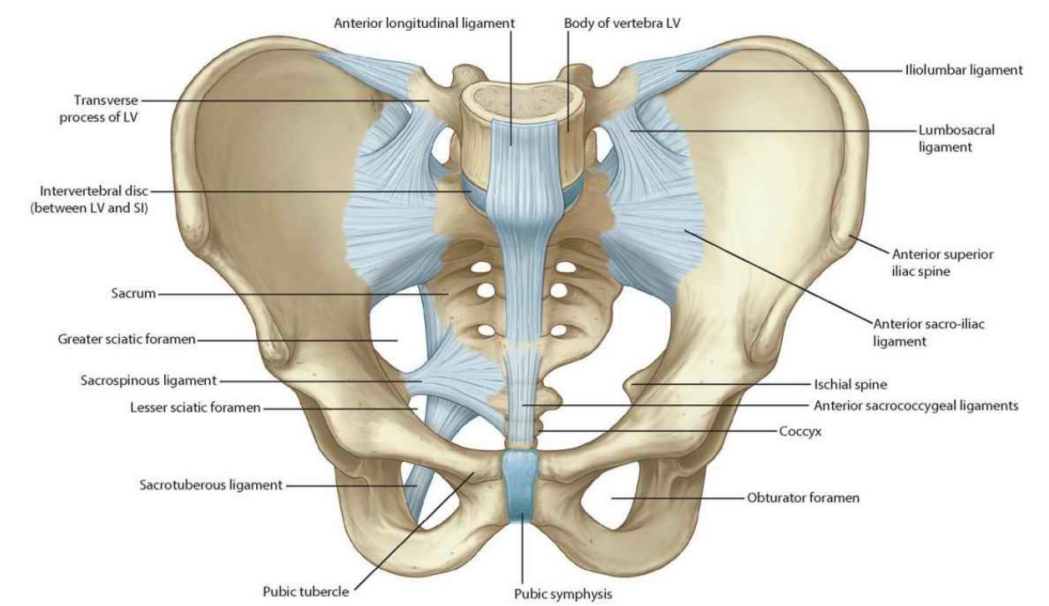


Sinfisi pubica

Articolazioni ossee, o sinostosi

Risultano quando due ossa che erano precedentemente indipendenti si sono fuse insieme

Epifisi e diafisi delle ossa lunghe man mano che maturiamo

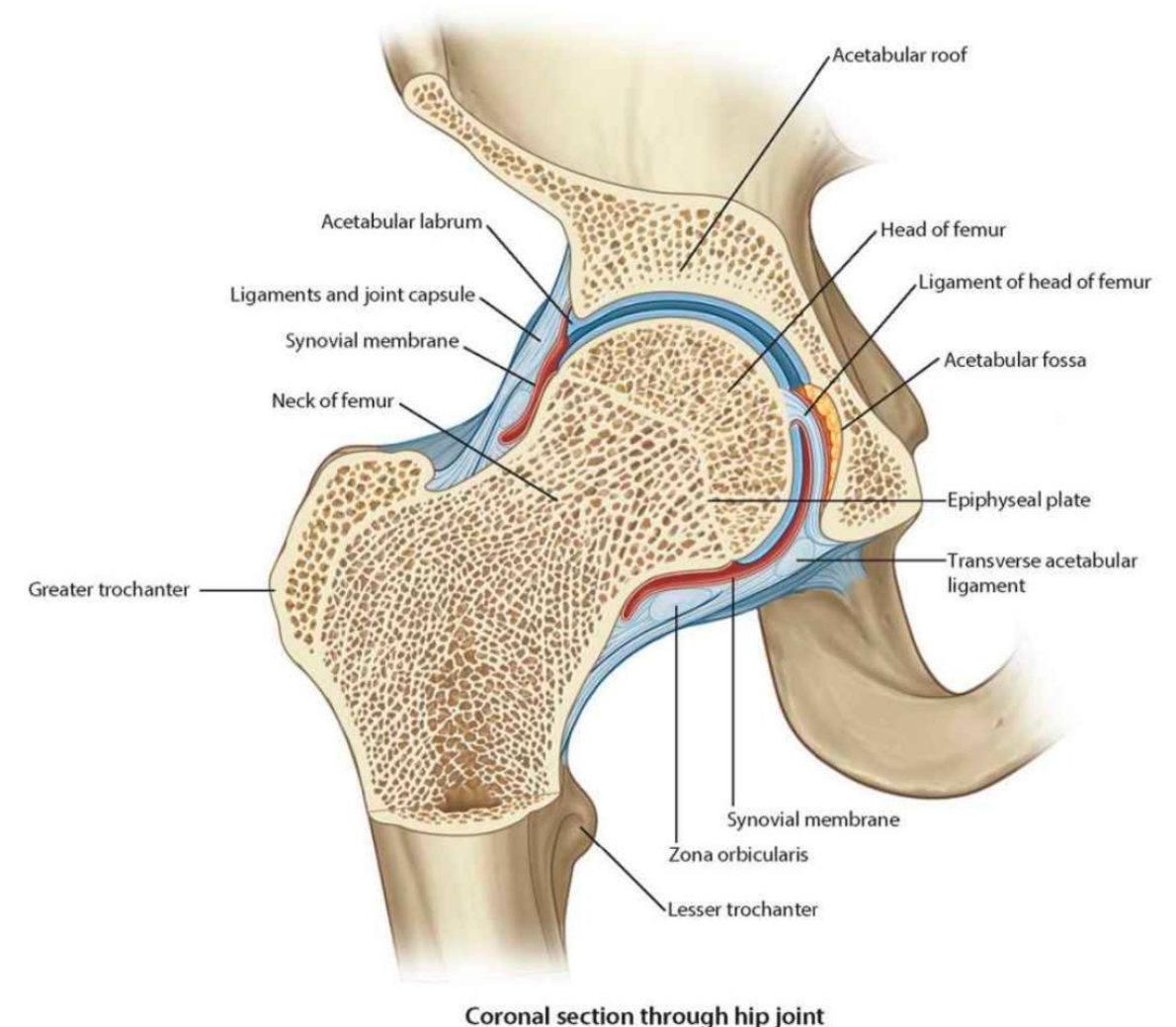


Articolazioni sinoviali

Un'articolazione sinoviale è un'articolazione liberamente mobile in cui le ossa dell'articolazione sono separate da un liquido lubrificante e ammortizzante chiamato liquido sinoviale

Le estremità delle ossa dell'articolazione sono rivestite da una membrana fibrosa fatta di cartilagine ialina e sono contenute nella capsula articolare.

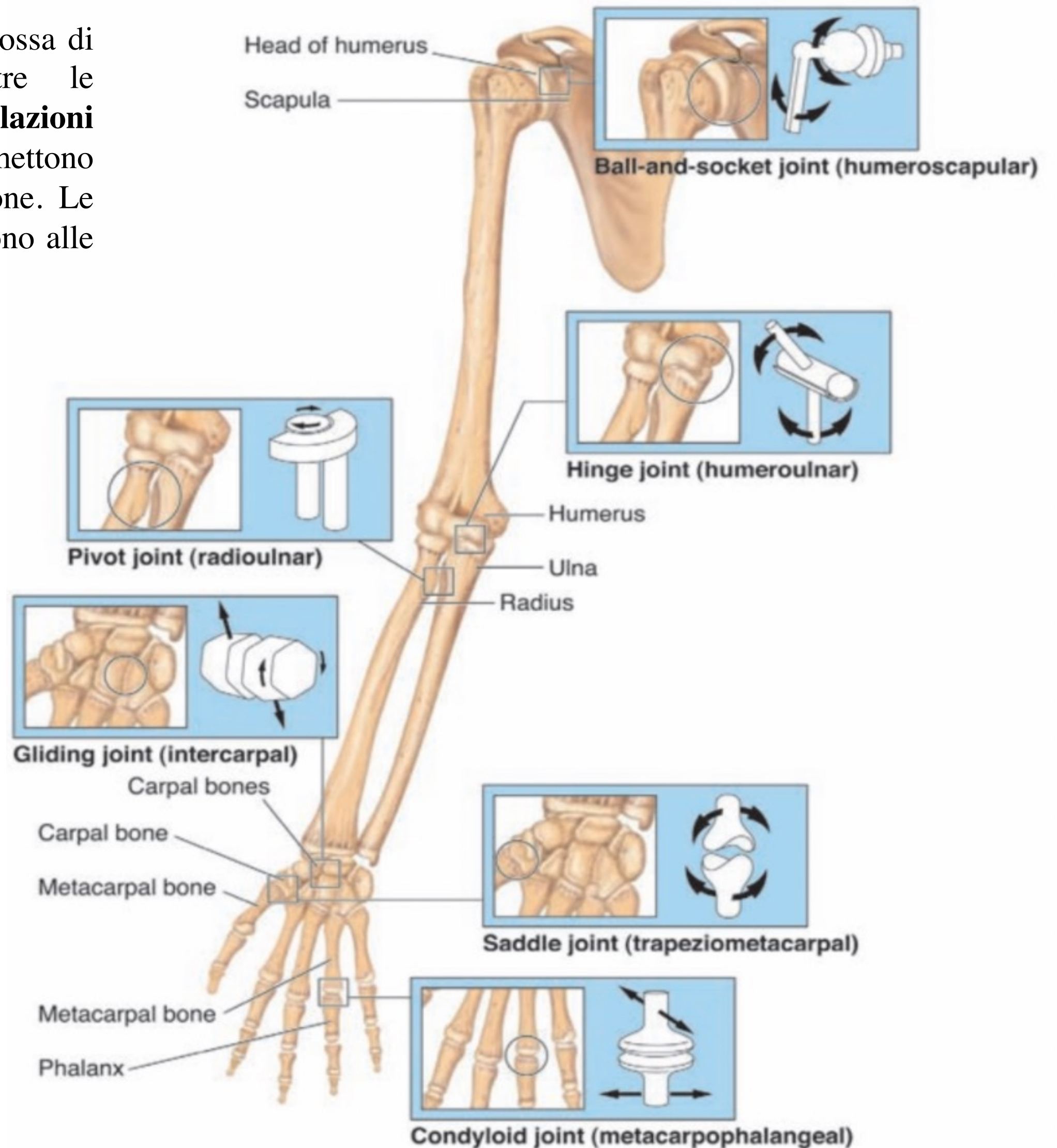
Oltre alla lubrificazione, il liquido sinoviale agisce come un ammortizzatore per ridurre gli effetti della pressione sull'articolazione.



Coronal section through hip joint

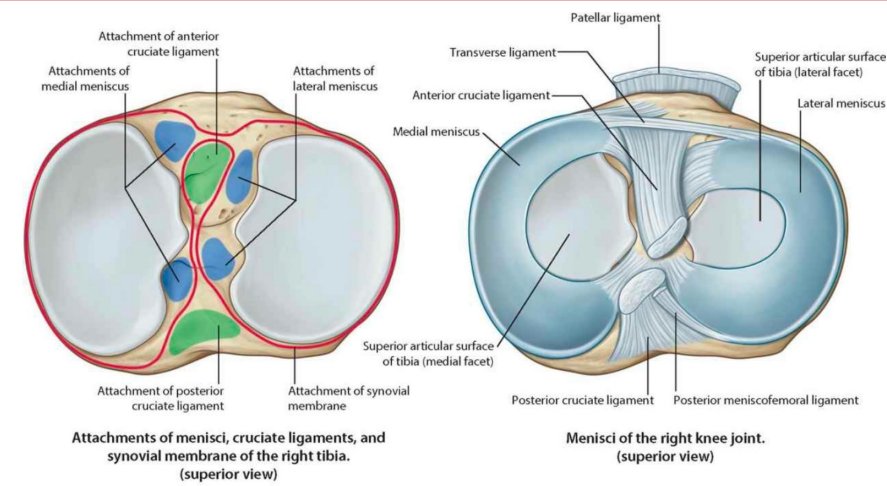
Tipologie di articolazioni sinoviali

Le **articolazioni sferiche** permettono alle ossa di muoversi in molte direzioni, mentre le **articolazioni a cerniera**, le **articolazioni scorrevoli** e le **articolazioni a perno** permettono alle ossa di muoversi in una sola direzione. Le articolazioni a sella e condiloidee permettono alle ossa di muoversi in due direzioni.

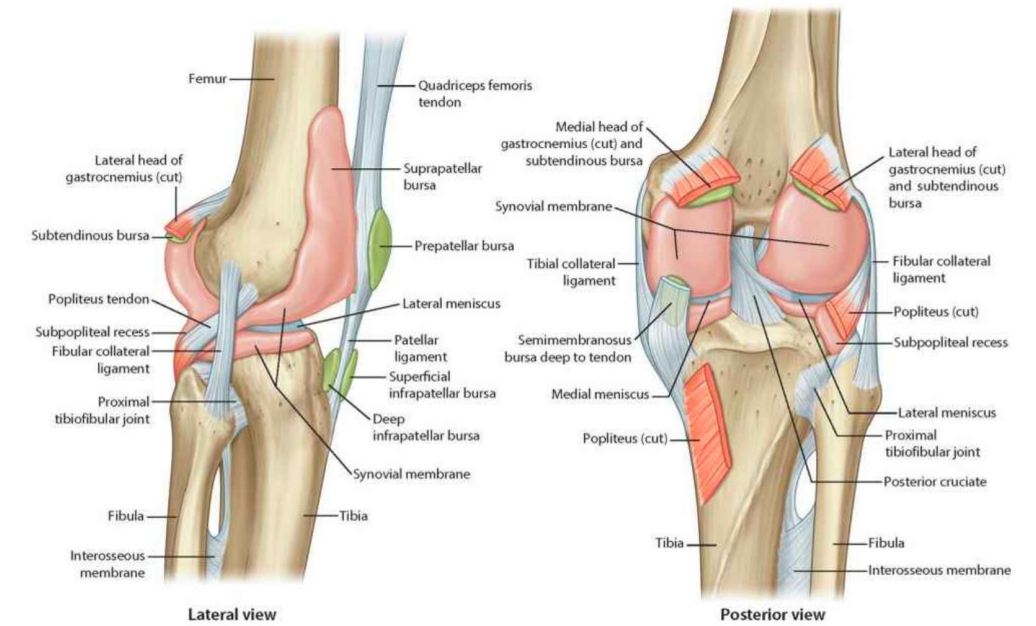


Classificazione dei tessuti molli del sistema scheletrico

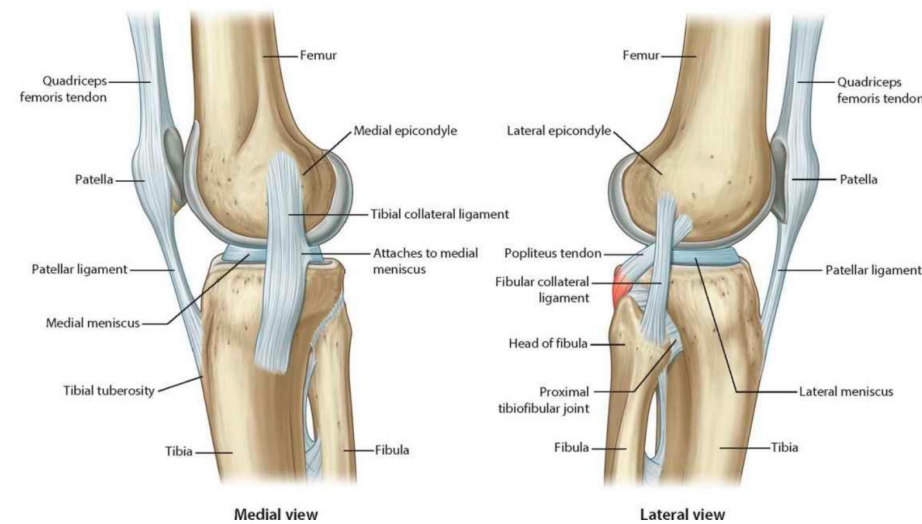
Menisco cuscinetto simile ad una sacca che contiene il liquido sinoviale; funge da ammortizzatore, posizionato tra le ossa



**Bursa-
bursae** Sacche di liquido sinoviale che sono posizionate tra i muscoli, o dove i tendini passano sull'osso. Le bursae specializzate che avvolgono i tendini sono chiamate guaine tendinee.

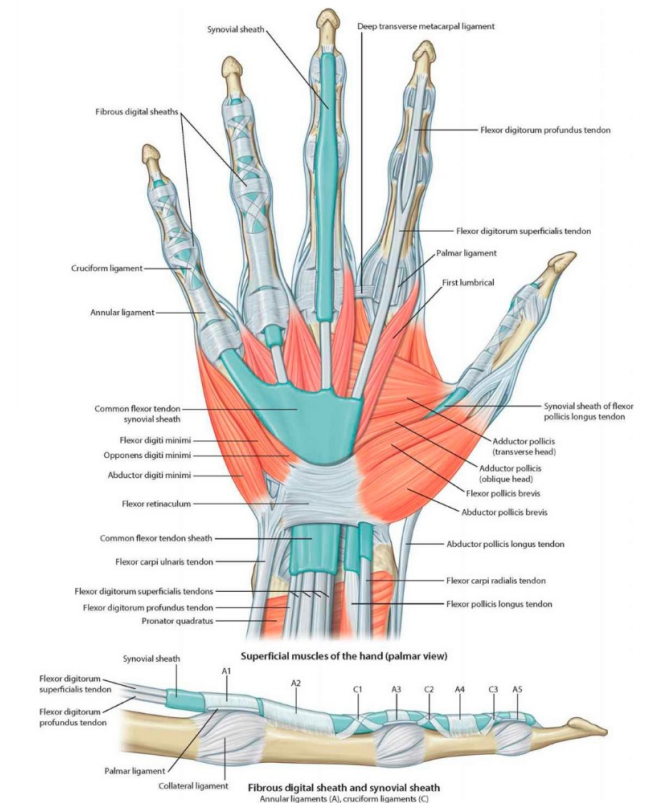


Tendine striscia di tessuto connettivo duro contenente collagene, tessuto connettivo che viene utilizzato per collegare i muscoli alle ossa.

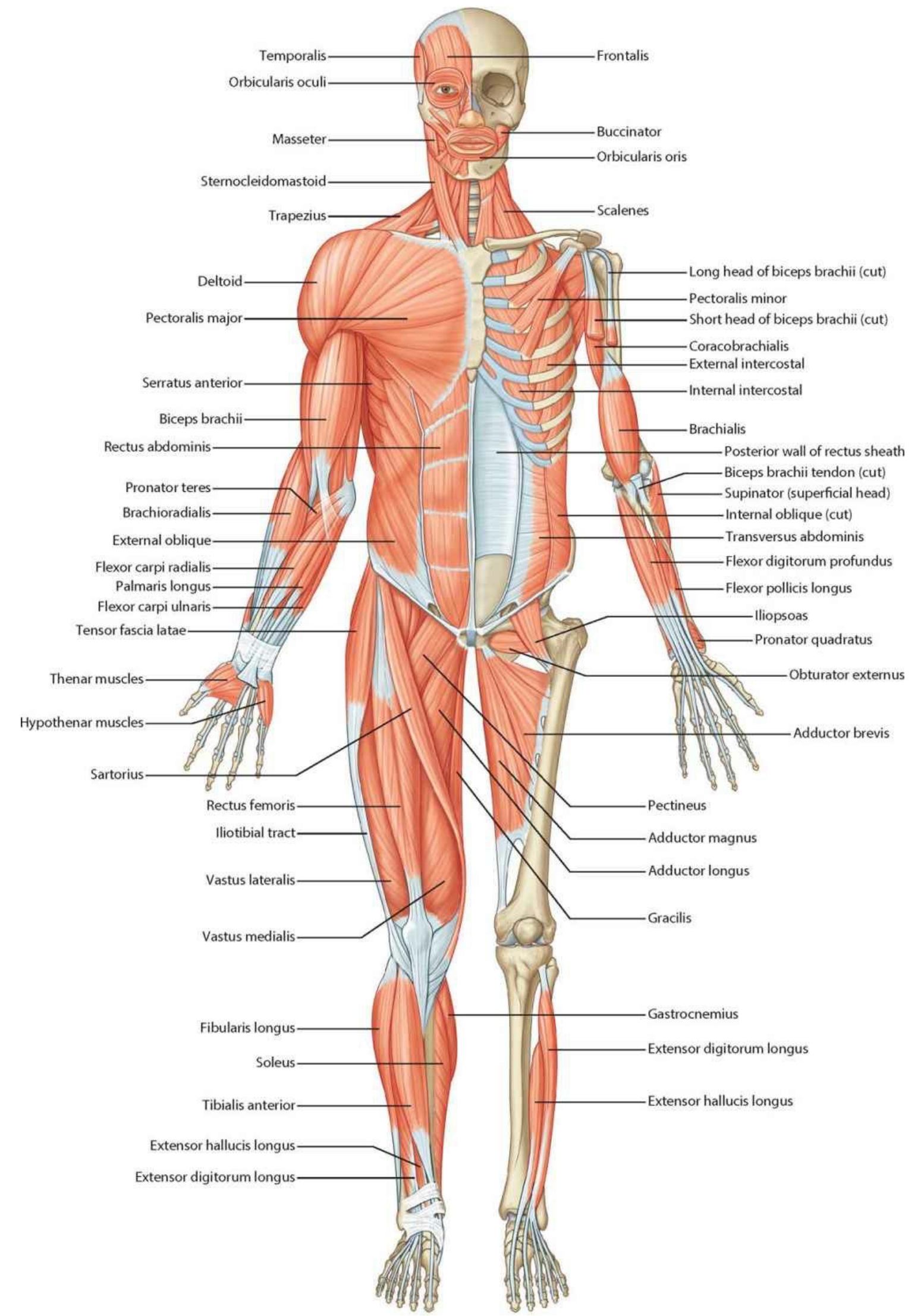
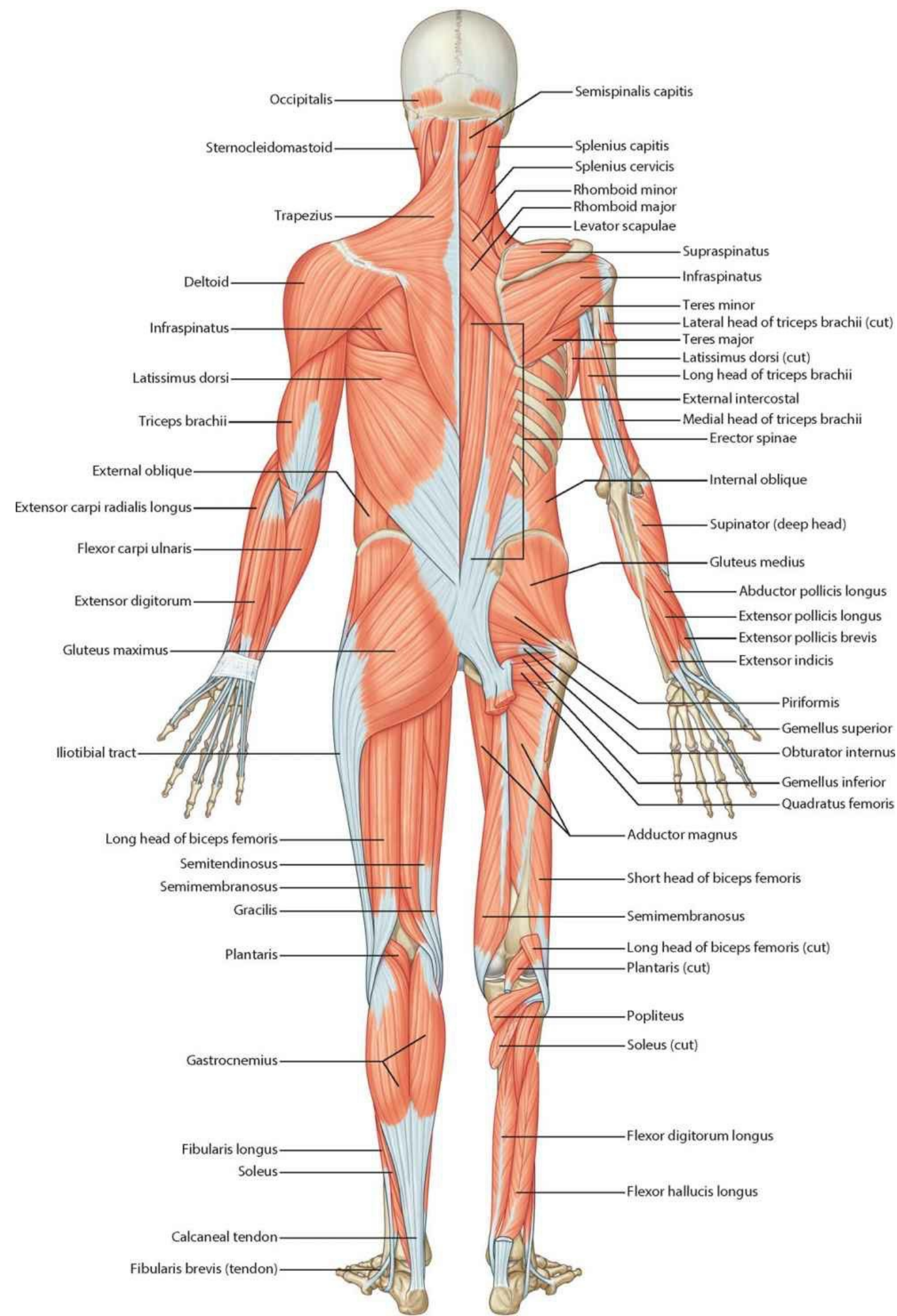


I legamenti sono simili nella struttura e nella funzione ai tendini, sono usati per attaccare le ossa alle ossa.

I tendini sono importanti per l'interazione di muscoli e ossa, mentre i legamenti sono importanti nell'associazione stabile e nel funzionamento di un'articolazione.



Il sistema muscolare



Funzione dei muscoli

- 1) Dirigere il movimento volontario.
- 2) Comunicazione.
- 3) Mantenimento delle funzioni vitali del corpo senza la nostra consapevolezza: **muscoli involontari**.
- 4) Stabilizzazione del corpo.
- 5) Generazione di calore.



Muscoli scheletrici

I muscoli possono essere divisi in tre tipi principali: **muscolo scheletrico**, **muscolo liscio** e **muscolo cardiaco**

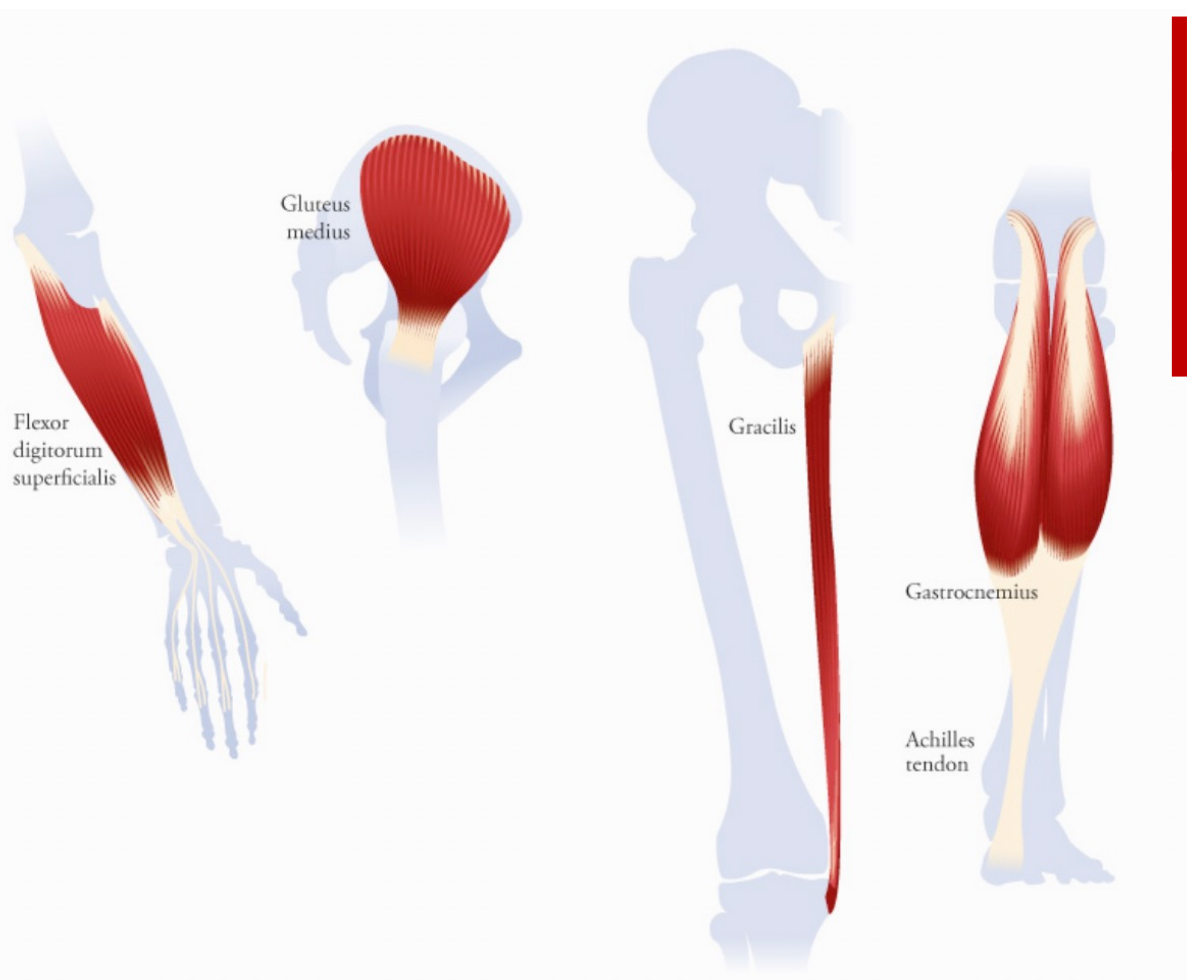
I muscoli scheletrici sono attaccati alle ossa e sono responsabili del **movimento** e della **stabilità**.

I muscoli possono essere divisi in cinque gruppi: fusiformi, paralleli, convergenti, pennati e circolari.

Le loro forme uniche e i modi in cui si collegano alle ossa sono responsabili dell'ampia gamma di movimenti di cui è capace il corpo umano.

Regola generale

Muscoli si attaccano alle ossa o ad altre strutture in due siti



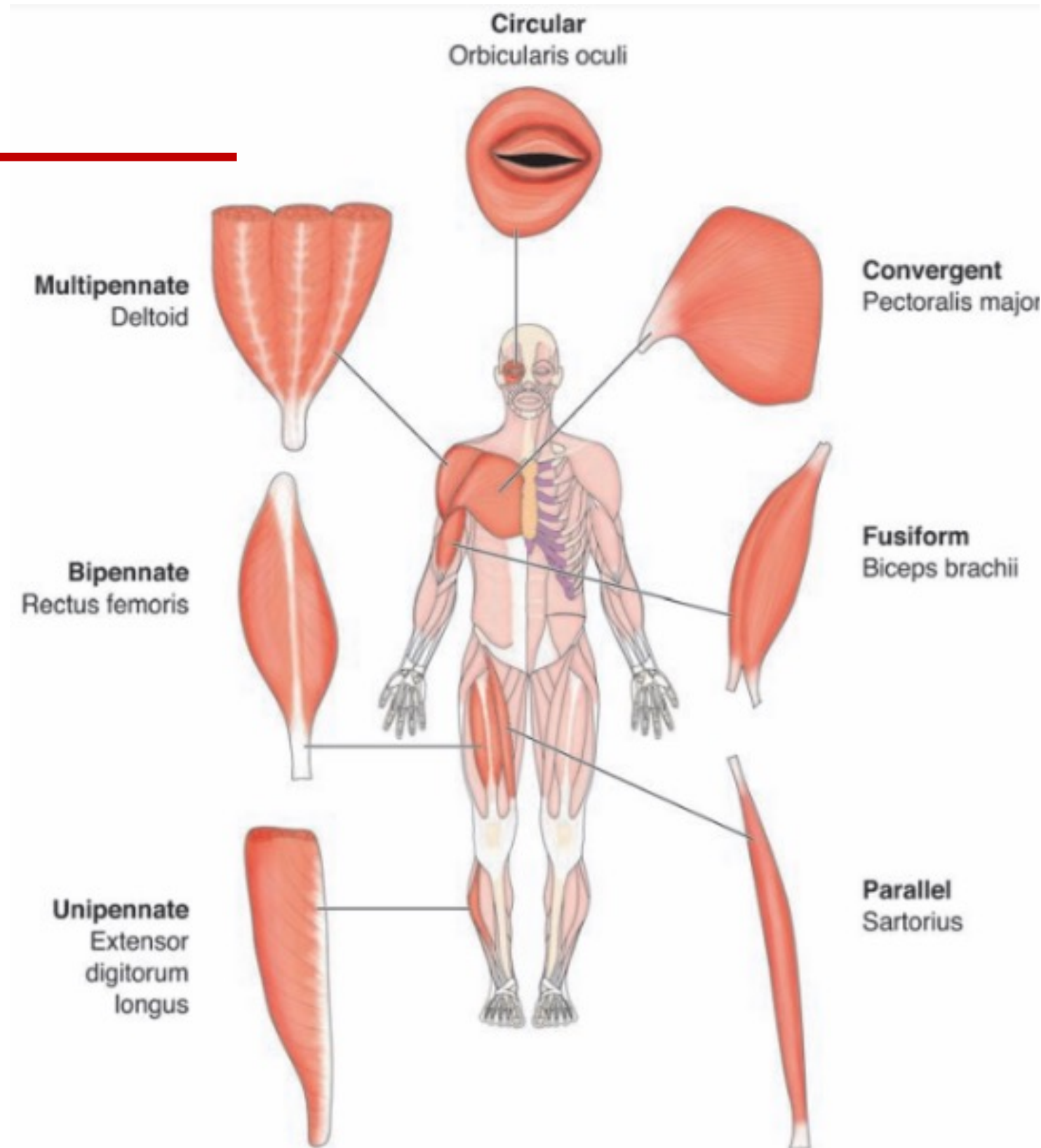
Un sito di attacco relativamente immobile

→ **origine**

Un sito di attacco molto più mobile

→ **inserzione**

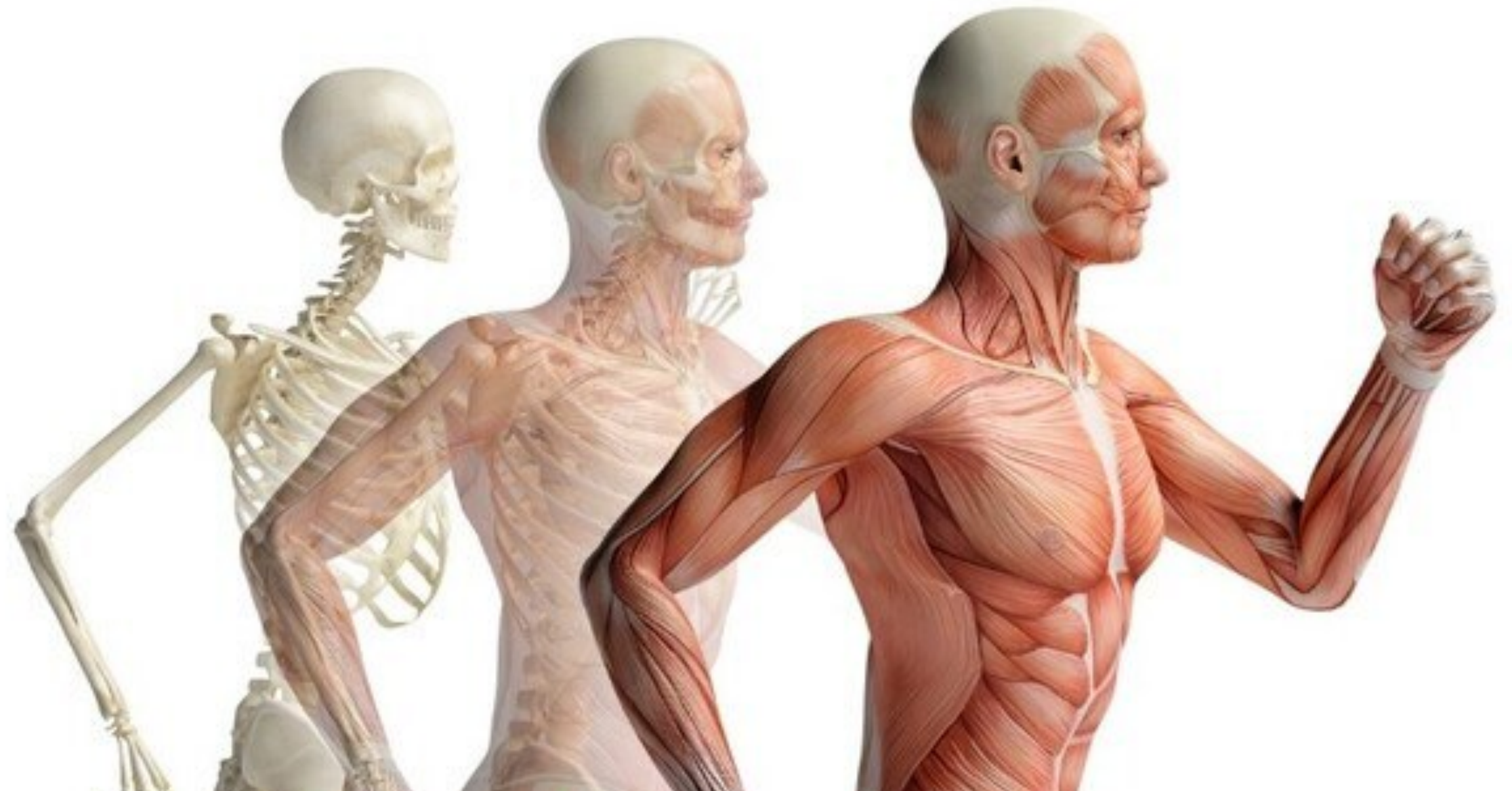
Molti muscoli tendono ad essere più larghi al centro e si assottigliano verso l'origine e l'inserzione.



Il sistema muscolo-scheletrico

Il sistema muscolo-scheletrico è una **combinazione di due sistemi**: il sistema scheletrico e il sistema muscolare.

Questi sistemi svolgono alcune **funzioni** assolutamente **dipendenti** l'una dall'altra, mentre altre sono più **specifiche**



Movimento

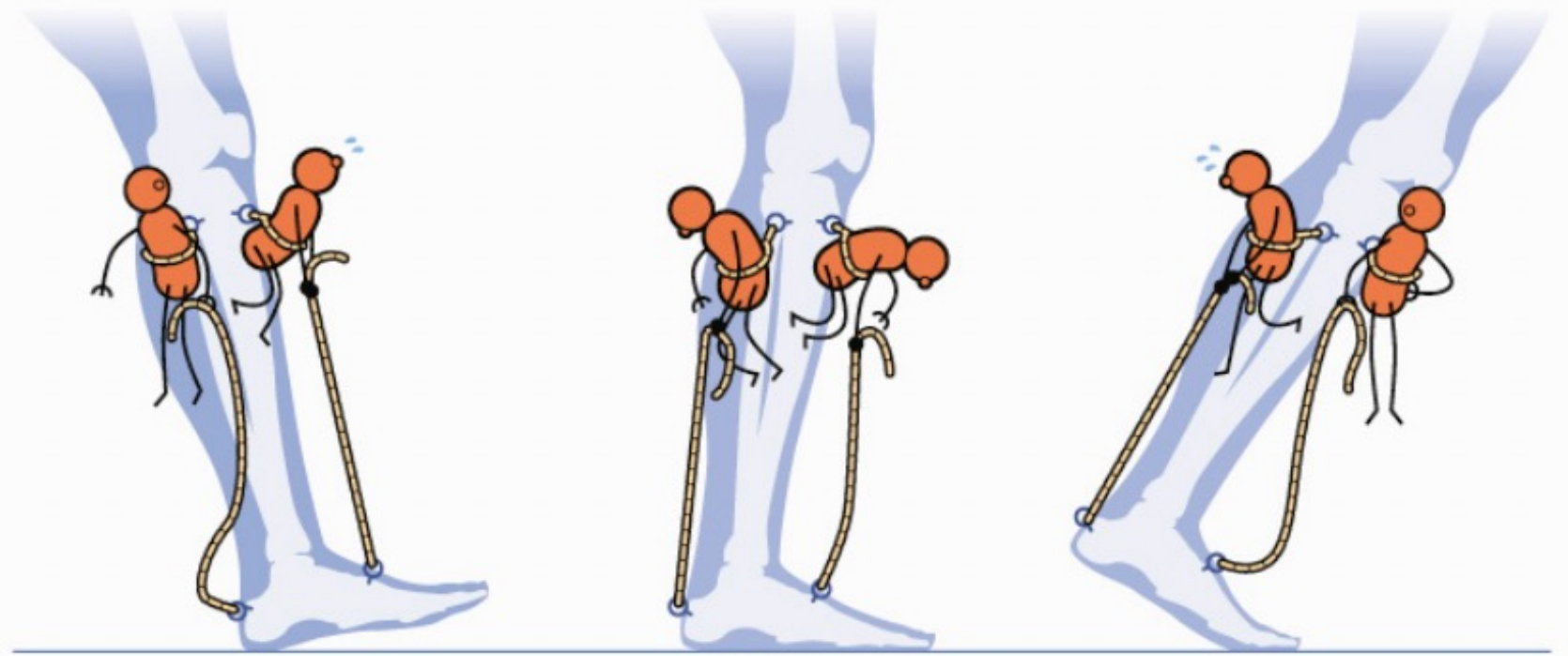
I movimenti del corpo di solito non coinvolgono l'azione di un singolo muscolo da solo. Più spesso, gruppi di muscoli coordinano le loro azioni per fornire un movimento fluido e uniforme

Il muscolo che esercita la maggior parte della forza in un movimento è conosciuto come l'**agonista** o il motore principale.

I muscoli che lavorano in modo additivo all'agonista sono conosciuti come muscoli **sinergici**. Oltre ad aggiungere forza all'agonista, il sinergista aiuta a stabilizzare il movimento o a limitare la gamma di movimento dell'agonista.

Per invertire l'azione dell'agonista, un muscolo complementare o un gruppo di muscoli deve lavorare nella direzione opposta. Un muscolo **antagonista** lavora in opposizione all'agonista. Riportare la parte del corpo parte del corpo alla posizione originale.

I muscoli **fissatori** sono quelli che impediscono all'osso di muoversi in una direzione indesiderata. Per esempio, quando si vuole piegare il gomito, i muscoli fissatori attaccati alla scapola impediscono il movimento quando il bicipite si contrae, assicurando che l'energia del bicipite si concentri sul movimento del radio e non sulla scapola.



Camminata: il tibiale anteriore genera forza per controllare l'abbassamento del piede a terra. I muscoli della parte posteriore della gamba generano successivamente una forza per flettere la caviglia e generare una forza di reazione al suolo durante la fase di spinta del ciclo del cammino

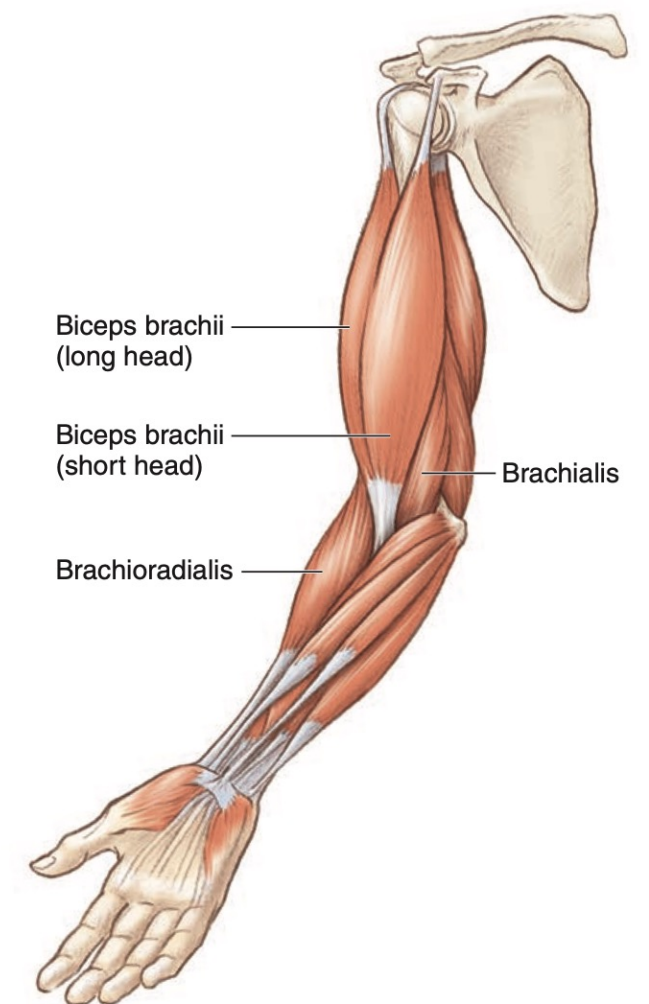


Figure 2.1 Biceps brachii, brachialis, and brachioradialis.

Quando pieghi il gomito, il muscolo bicipite è l'**agonista**

Perché studiare il movimento?

Studiando la biomeccanica del movimento, cerchiamo di capire le strutture e i processi biologici coinvolti nella produzione del movimento, e di applicare questa conoscenza per migliorare la mobilità, l'attività fisica e la salute.

Tra i pionieri della biomeccanica c'è Leonardo da Vinci che ha prodotto centinaia di disegni anatomici dettagliati e ha studiato la funzione meccanica del sistema muscolo-scheletrico.



1452-1519 A.D.

350 a.C.

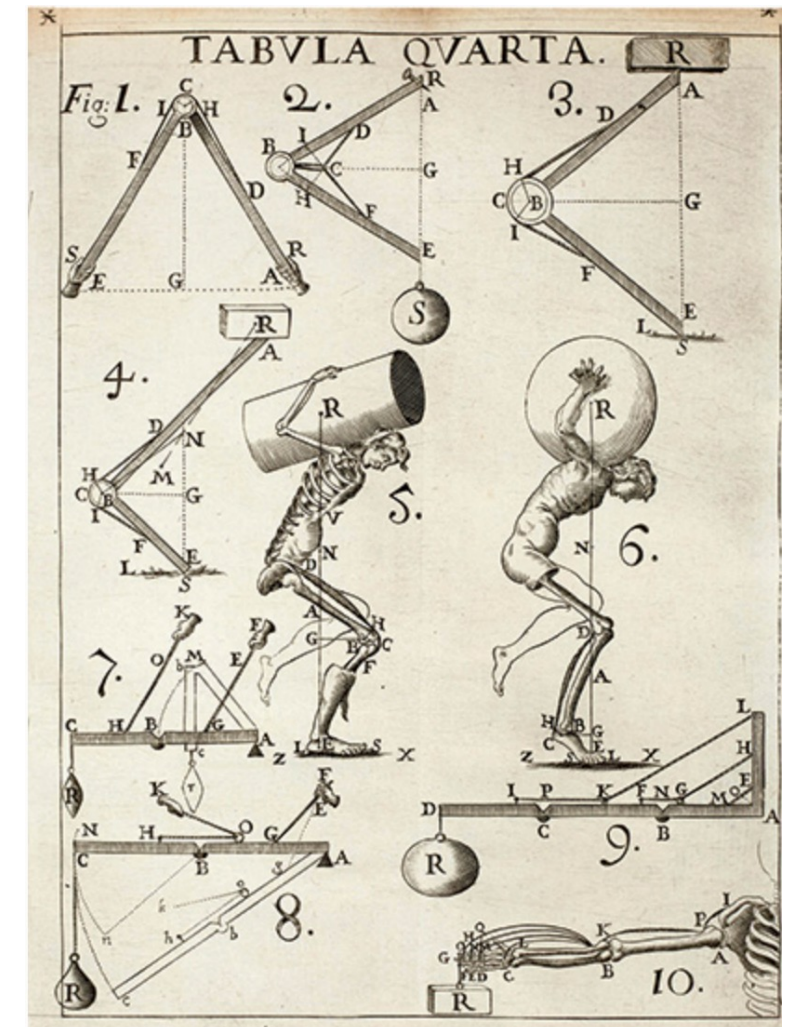
Aristotele scrisse il primo libro che esaminava i principi generali della locomozione animale "*Sul movimento degli animali*". Lui e altri greci antichi pensavano che i muscoli si contraggono quando sono gonfiati dallo pneuma, il "soffio della vita" che scorre nei nostri nervi.

1608-1679 A.D.

Giovanni Borelli fu il primo ad applicare le leggi della meccanica per mettere in relazione la forza esercitata da un muscolo con il momento che genera su un'articolazione. Borelli, tuttavia, continuava a sostenere la visione classica che i muscoli si contraggono per un processo pneumatico, inflazionistico

1737-1798 A.D.

Luigi Galvani scoprì la capacità precedentemente insospettata dei segnali elettrici di generare contrazione muscolare, fondando essenzialmente il nostro moderno campo dell'elettrofisiologia.



Eadweard Muybridge eseguì i primi studi fotografici sul movimento umano e animale. **La tecnologia e la scienza della biomeccanica procedono di pari passo.**

1830-1904 A.D.

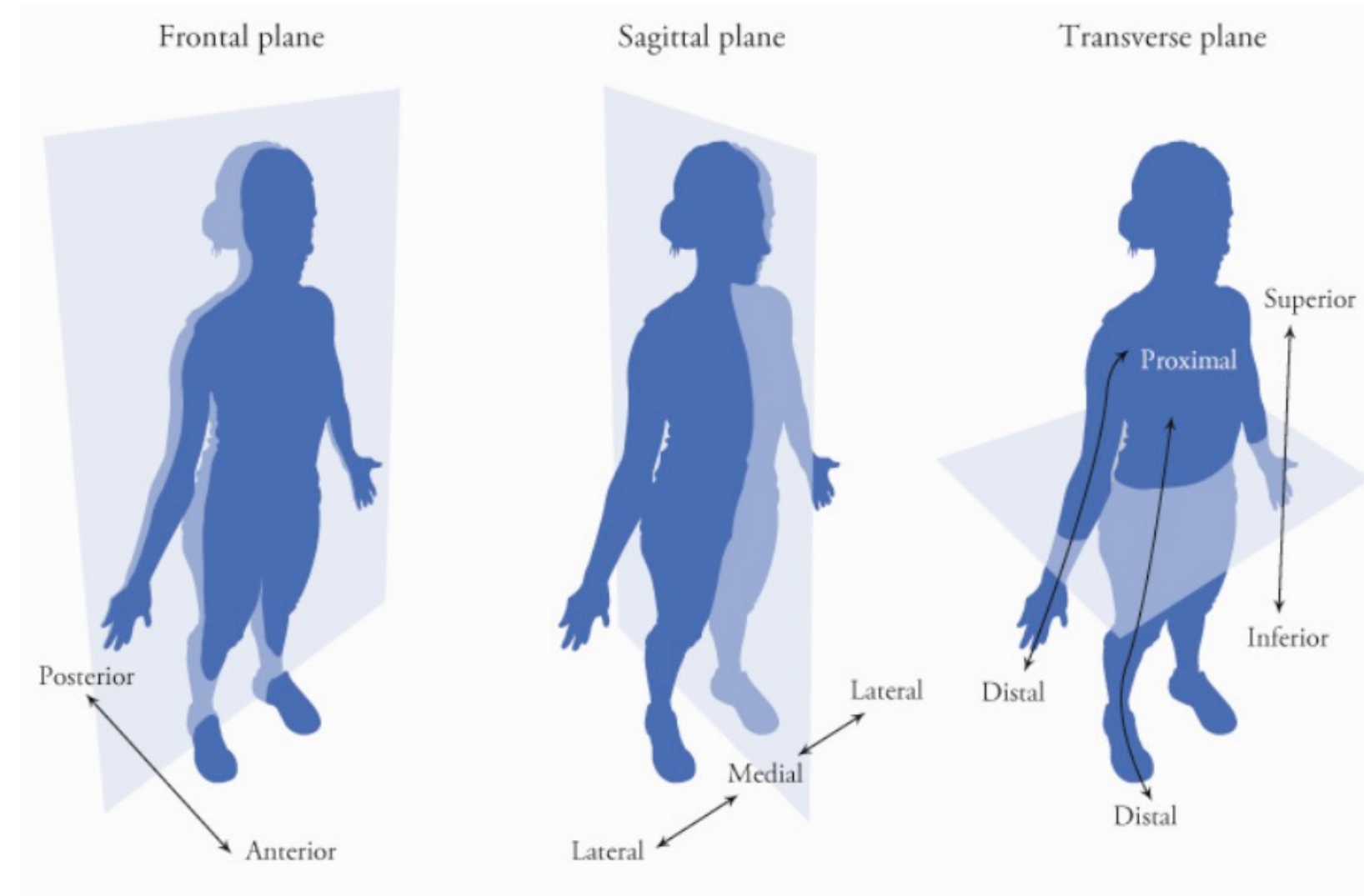


Terminologia

Oltre all'uso appropriato di una terminologia tecnica specifica, è indispensabile utilizzare dei punti di riferimento in base ai quali poter descrivere l'evoluzione di un gesto motorio o di una porzione anatomica.

La biomeccanica utilizza gli assi per descrivere l'orientamento dei movimenti

- **Asse longitudinale:** linea con direzione supero-inferiore, secante il corpo dalla testa ai piedi
- **Asse trasversale:** linea con direzione destra-sinistra, secante il corpo da una spalla all'altra.
- **Asse sagittale:** linea con direzione antero-posteriore, secante il corpo dal petto alla schiena.



Tre piani anatomici sono stati creati dai tre assi di movimento e trasferiti al corpo umano.

• **Piano sagittale (mediano):** è per definizione quello che divide il corpo in due parti simmetriche, una destra e l'altra sinistra ed è attraversato perpendicolarmente dall'asse trasversale. Ogni superficie planare che attraversa il corpo parallelamente al piano sagittale prende il nome di sezione parasagittale.

• **Piano frontale (coronale):** divide il corpo in due parti, una anteriore e l'altra posteriore e forma un angolo retto con il piano sagittale. Esso è attraversato perpendicolarmente dall'asse sagittale che si sviluppa in senso antero-posteriore

• **Piano trasversale (orizzontale):** Il piano trasverso o orizzontale può tagliare il corpo a diverse altezze, ma è sempre perpendicolare ai piani sagittale e frontale. Esso è attraversato perpendicolarmente dall'asse longitudinale

Terminologia

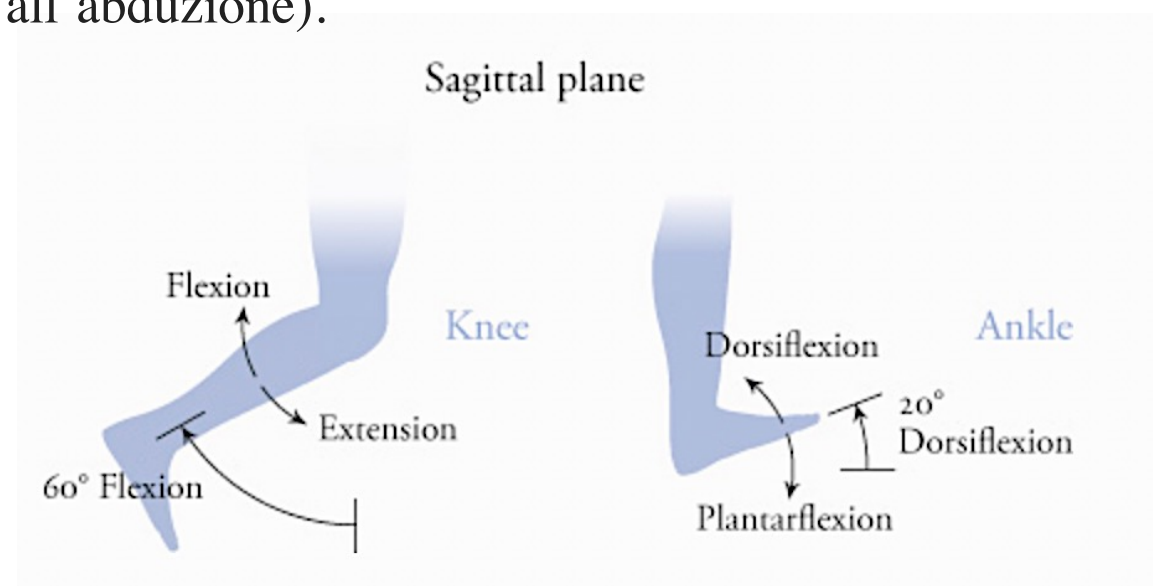
Il processo del movimento (di organi, articolazioni, arti e sezioni anatomiche specifiche) è descritto tramite un insieme unificato di termini e condizioni utilizzati per descrivere l'unicità dei movimenti delle diverse porzioni anatomiche.

-Estensione: passaggio degli arti o del busto da una posizione breve o semibreve ad una lunga, in attitudine di sospensione, lungo il piano sagittale verso un piano posteriore

-Flessione: passaggio degli arti o del busto da una posizione lunga ad una breve o semibreve, in attitudine di sospensione (movimento opposto all'estensione), lungo il piano sagittale verso un piano anteriore

-Abduzione: movimento di un segmento corporeo (arti superiori o inferiori) che si allontana dalla linea mediana del corpo lungo il piano frontale.

-Adduzione: movimento di un segmento corporeo che si avvicina alla linea mediana del corpo lungo il piano frontale (movimento opposto all'abduzione).

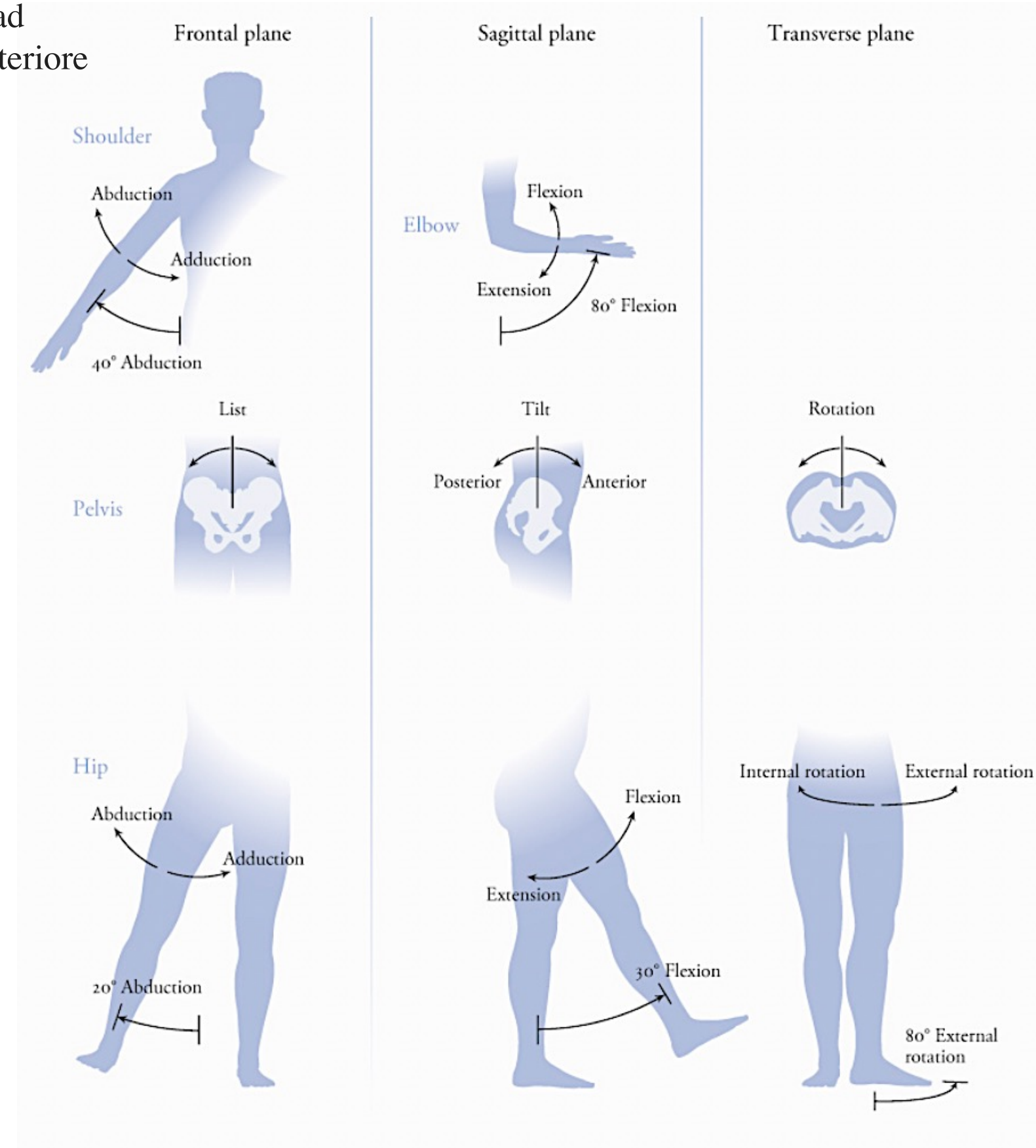


-Rotazione: movimento di una parte del corpo attorno al proprio asse.

-Circonduzione: movimento per cui un segmento descrive un cono ad apice corrispondente al capo articolare

-Pronazione: movimento di rotazione verso l'interno (intrarotazione) tipico delle mani quando si volgono i palmi verso il basso.

-Supinazione: movimento di rotazione esterna tipico dell'arto superiore, che si effettua per portare le palme delle mani verso l'alto.



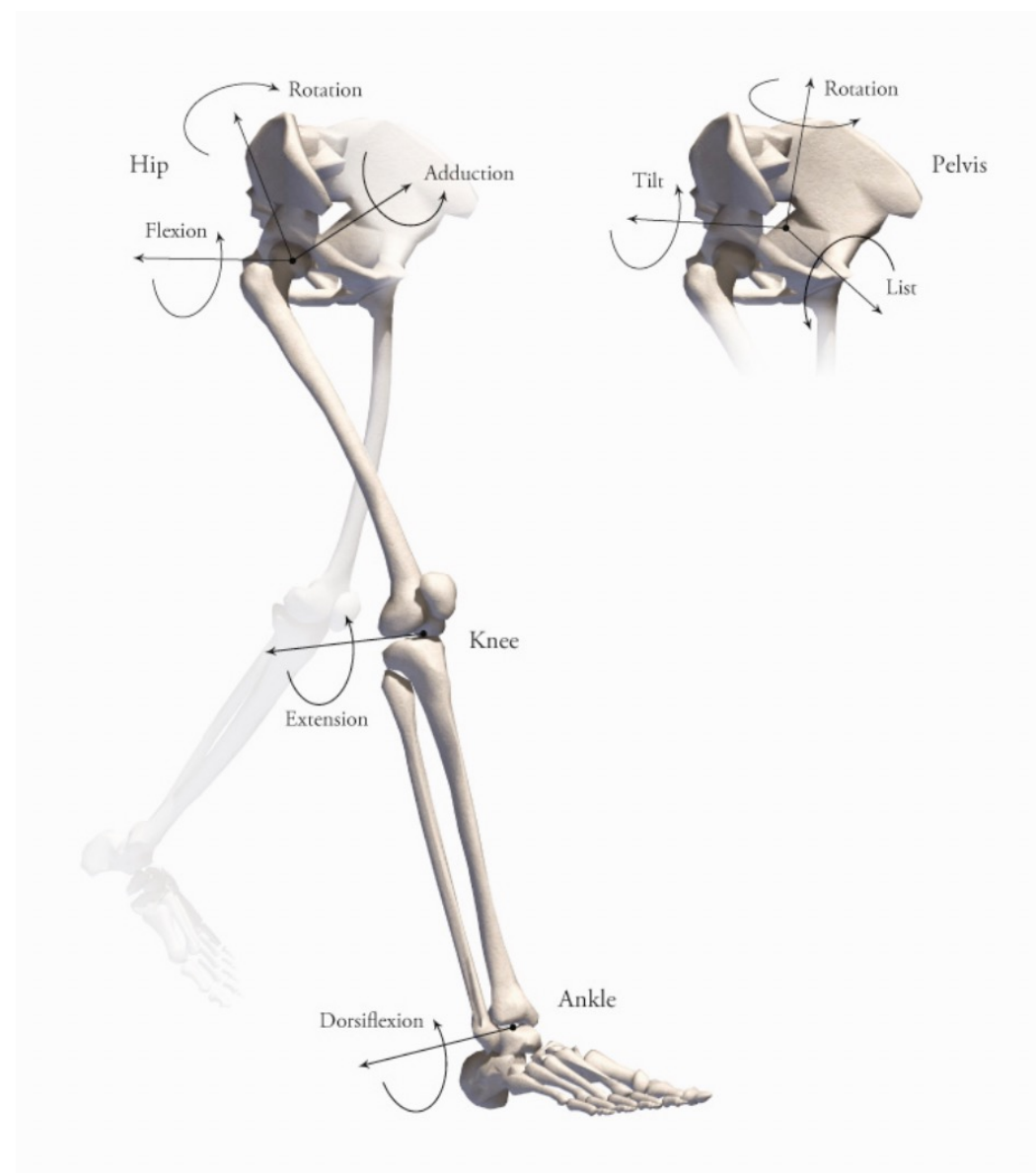
Forze

Cause del movimento del corpo: forze esterne ➡ **Forza peso e gravità**

La forza peso è il principale STRESS a cui la struttura corporea umana è costantemente sottoposta

Camminata= muscoli producono il movimento generando forze. Le forze di "azione" generate dai muscoli si traducono in forze di "reazione" applicate dal suolo al piede

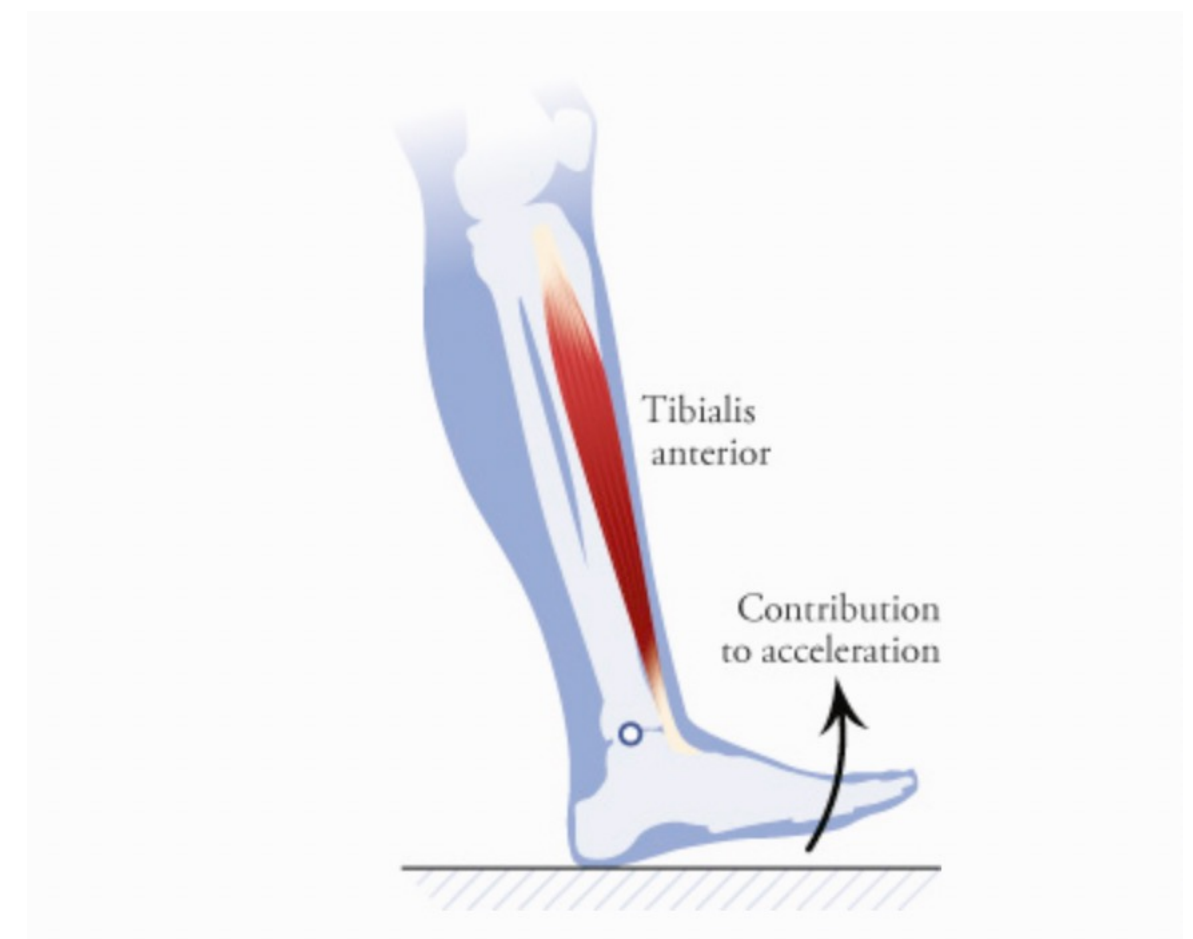
Le forze di reazione al suolo sono importanti perché forniscono una misura di come il centro di massa del corpo sta accelerando in ogni istante nel tempo. Possiamo usare la seconda legge di Newton per mettere in relazione le forze di reazione del terreno e altre forze esterne con l'accelerazione del centro di massa



2° Legge della Dinamica: $F = M \times A$

(Forza peso = massa corporea x accelerazione di gravità)

Durante la camminata: inclinazione, rotazione del bacino; flessione, adduzione e rotazione dell'anca; estensione del ginocchio e dorsiflessione della caviglia.



Posture non in accordo con quelle fisiologiche si tradurranno in patologia o disturbo a causa dell'azione della forza peso secondo angoli non fisiologici.

Il tibiale anteriore è attivo all'impatto del tallone e genera forza per controllare l'abbassamento del piede a terra nella fase iniziale dello slancio

Eppure ci sono molti casi in cui la camminata è compromessa, il che può limitare le attività della vita quotidiana.

Aumento di massa alle gambe= Aumento del costo del trasporto, con aumenti maggiori per la posizione più distale della massa; aumento dell'attività nei muscoli che iniziano l'oscillazione.

Obesità= Aumento della larghezza del passo, della forza di reazione al suolo e dei momenti muscolari netti sul piano sagittale durante il passo.

Protesi sotto il ginocchio: Aumento dell'attività degli estensori dell'anca durante la fase iniziale e intermedia del passo



Forze

Cause del movimento del corpo: forze interne → **le Leve e i Muscoli**

Il sistema muscolo-scheletrico ha funzionamento analogo ad un sistema di azionamento a leve

Una *leva* è una macchina semplice che trasforma l'energia, costituita da una struttura rigida che si muove facendo perno su un punto fisso detto *fulcro*.

Ad essa sono applicate due forze: una resistente detta **RESISTENZA (R)**, e una motrice detta **POTENZA (P)**. La distanza tra fulcro e potenza è detta braccio della potenza (b_P) mentre quella tra fulcro e resistenza braccio della resistenza (b_R)

Una leva è in equilibrio

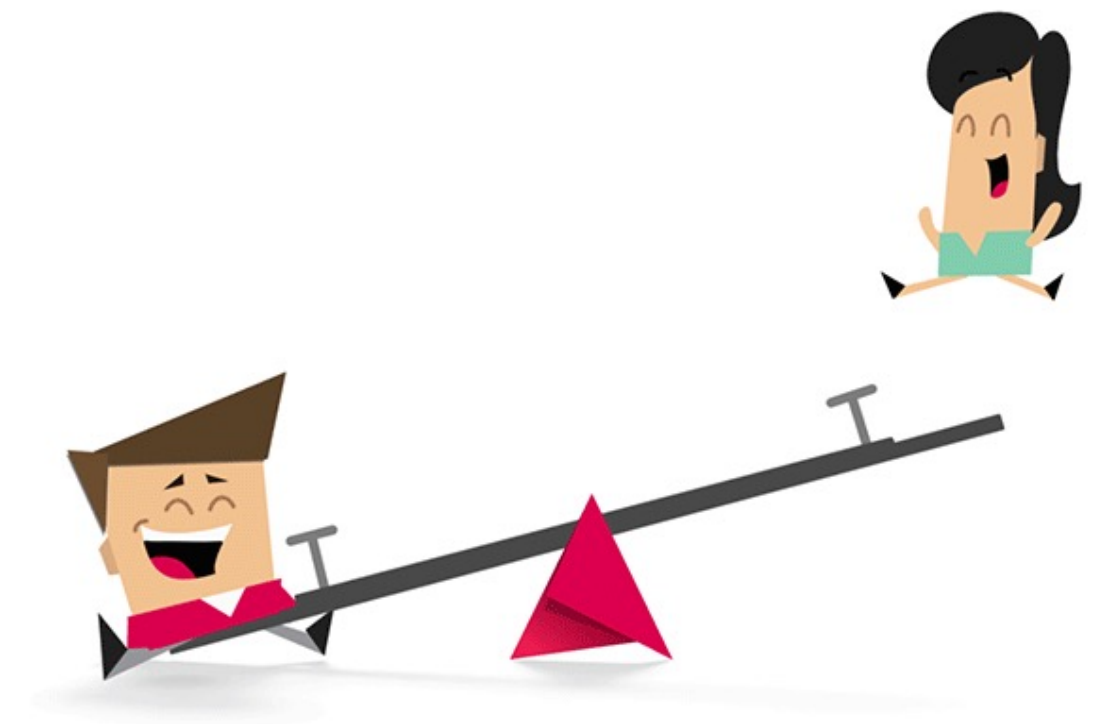
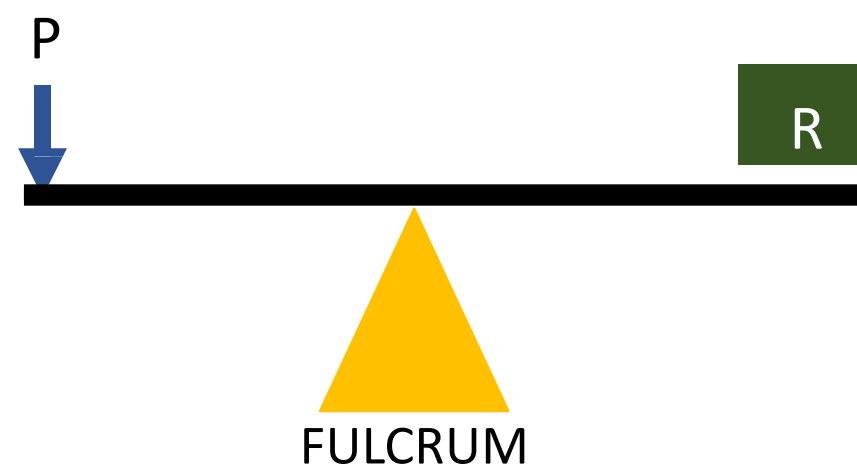
$$Rb_R = Pb_P$$

R= resistenza

P= potenza

b_R = braccio della resistenza

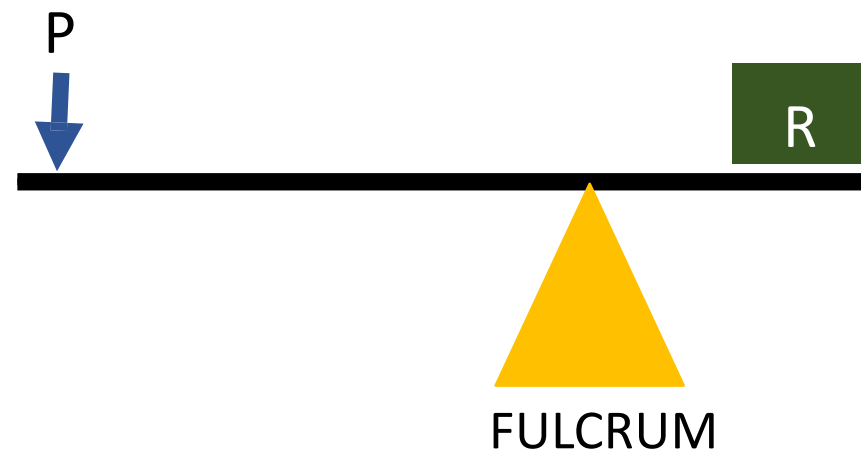
b_P = braccio della potenza



Leve

“Give me a place to stand and with a lever I will move the whole world.”

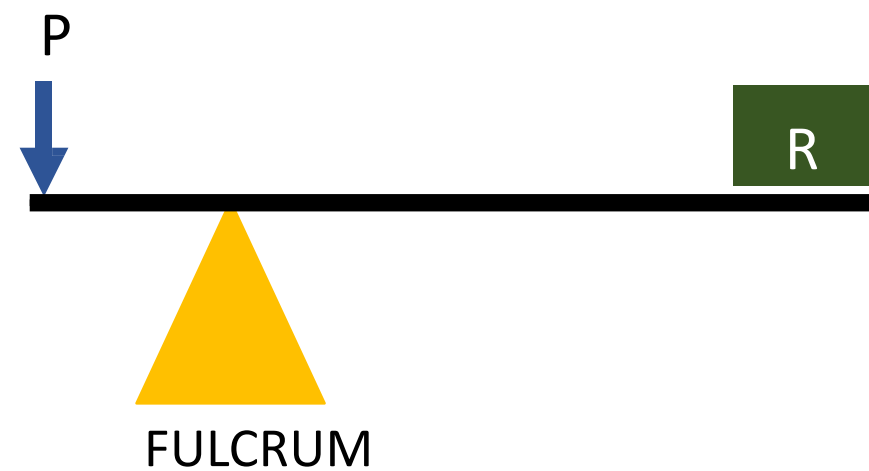
— Archimedes



Leva vantaggiosa: $bP > bR$

E' necessaria una potenza inferiore per controbilanciare la resistenza

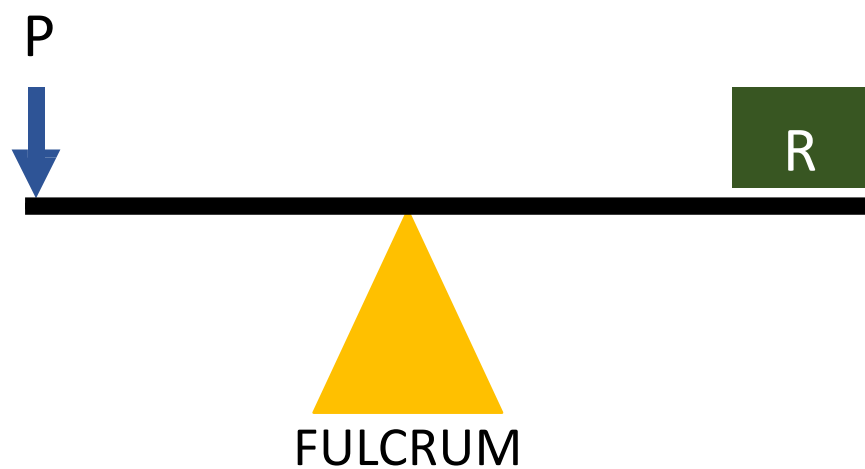
Braccio della potenza è maggiore del braccio della resistenza



Leva svantaggiosa: $bP < bR$

E' necessaria una potenza maggiore per controbilanciare la resistenza

Braccio della potenza è minore del braccio della resistenza



Leva indifferente: $bP = bR$



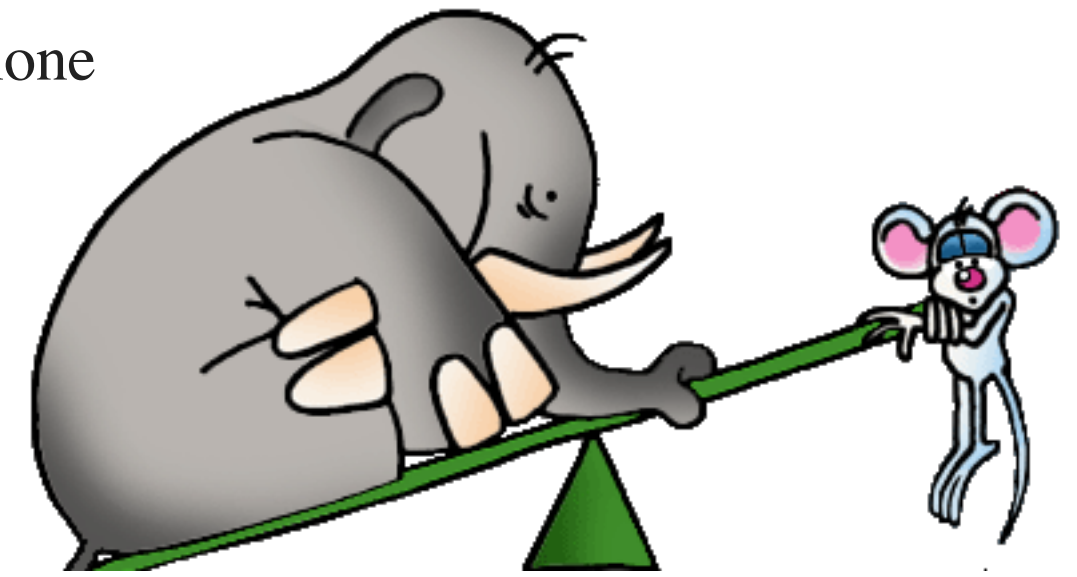
Leve

I Muscoli, unitamente ai segmenti scheletrici sui quali si inseriscono, danno luogo a leve simili a quelle della meccanica:

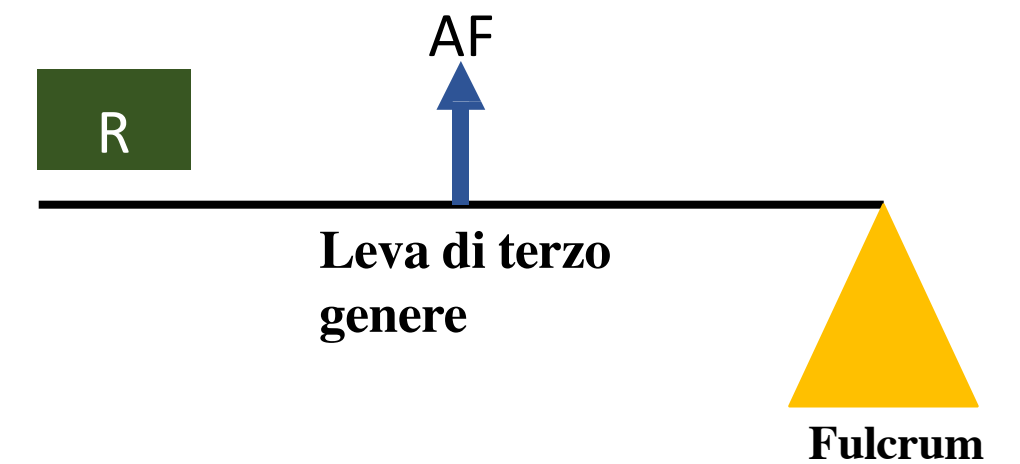
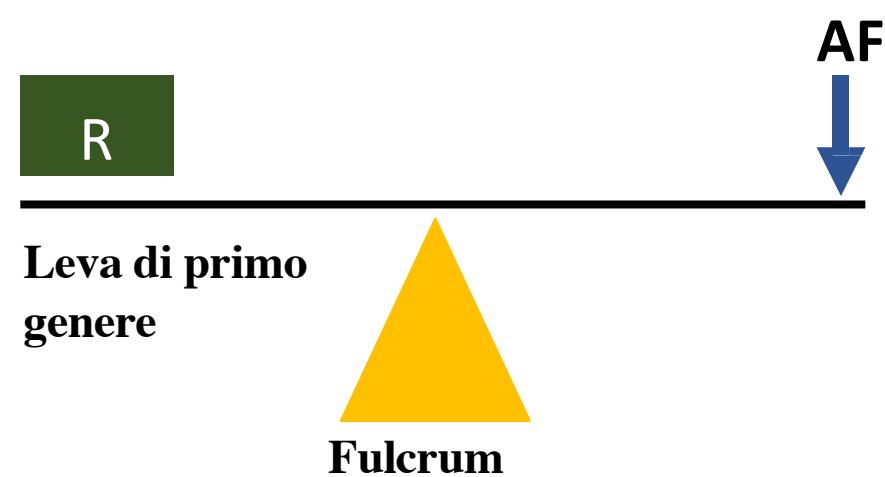
La Potenza, ovvero **la Forza Applicata (AF)** esercitata dal muscolo

La **Resistenza (R)**, vale a dire il segmento anatomico che deve essere spostato

Il **Fulcro (F)**, cioè il punto di appoggio, o il perno, che corrisponde ad un'articolazione



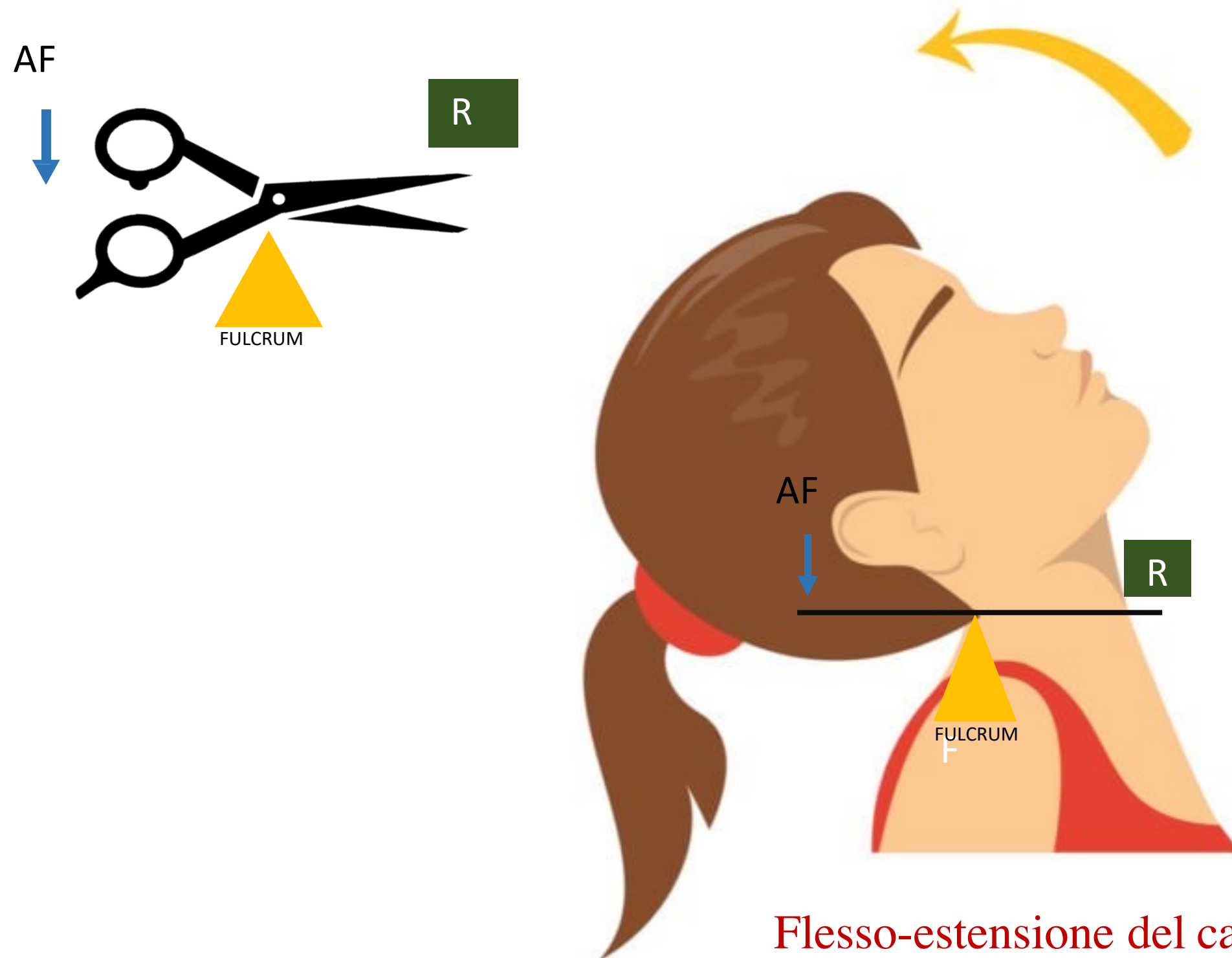
Questa situazione determina che, tutte le volte che c'è movimento, si produce una leva che può essere di primo, di secondo o di terzo tipo.



Leva di primo genere

Fulcro (F) si trova tra la forza applicata (AF) e la resistenza (R)

Il fulcro è collocato sull'articolazione tra il cranio e l'atlante; la resistenza è rappresentata dal peso anteriore del capo; la forza applicata risiede nei muscoli della nuca (splenio, parte alta del trapezio, spinale).



Flesso-estensione del capo

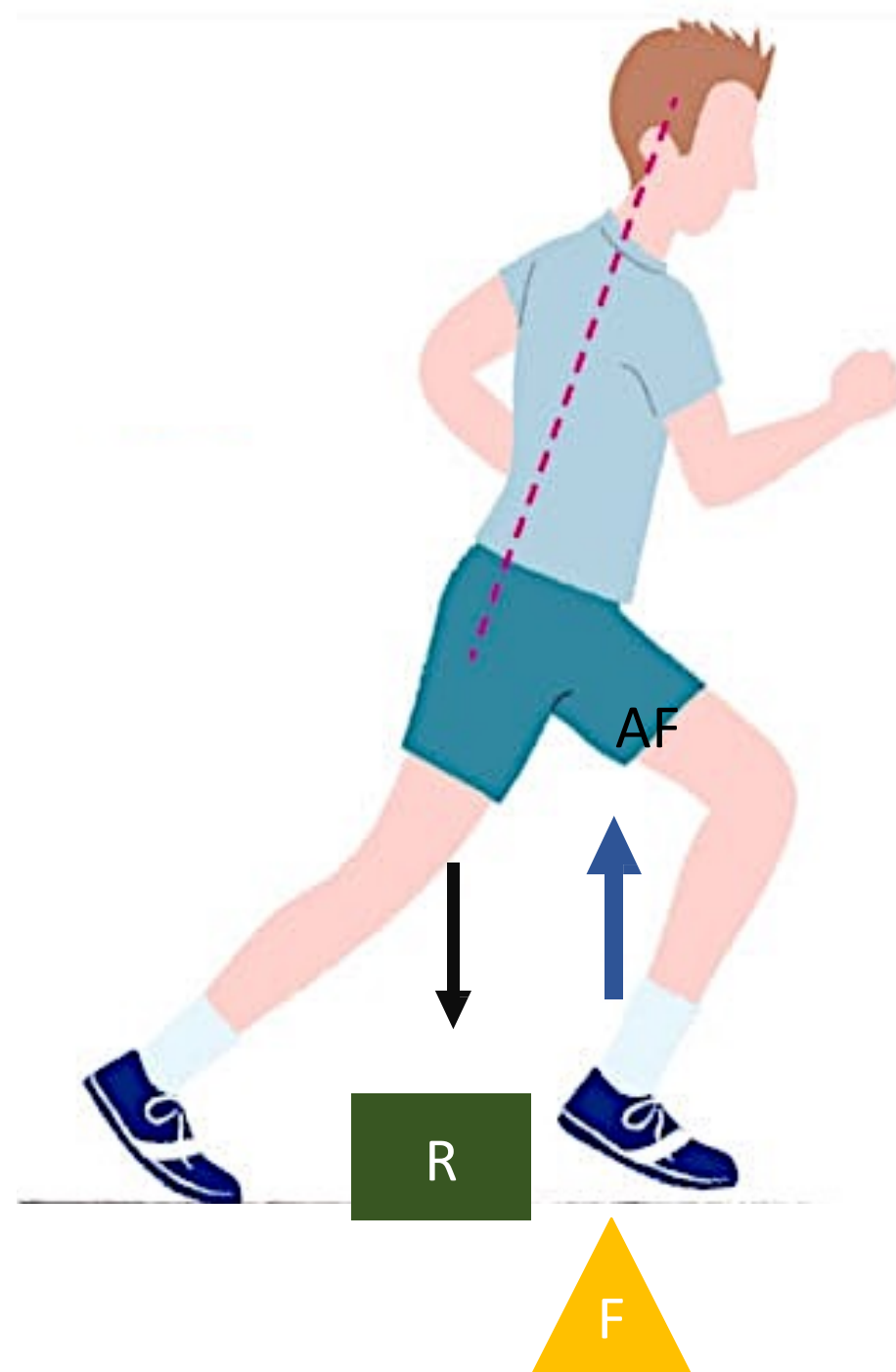
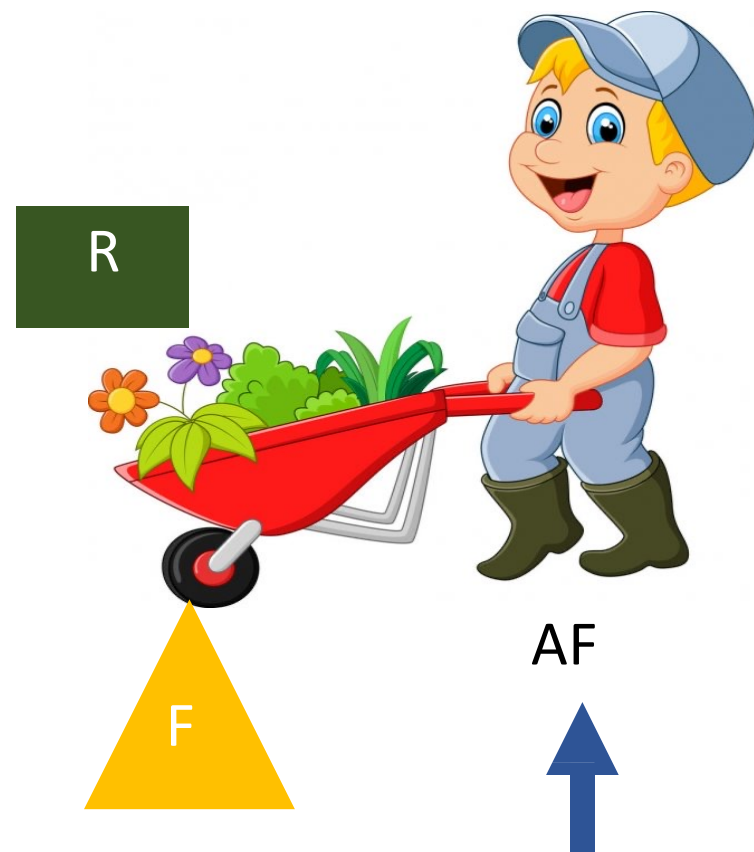
Vantaggiose, svantaggiose,
indifferenti

Leva di secondo genere

La resistenza (R) si trova tra la forza applicata (AF) ed il fulcro (F)

In questo tipo di leva la forza applicata è più lontana dal fulcro rispetto alla resistenza, pertanto è sufficiente una forza limitata per spostare un grande peso

Il fulcro è situato nelle articolazioni metatarso- falangee; la resistenza è prodotta dal peso del corpo; la forza applicata è esercitata dai muscoli posteriori della gamba (soleo, gastrocnemio).



Appoggio sull'avampiede

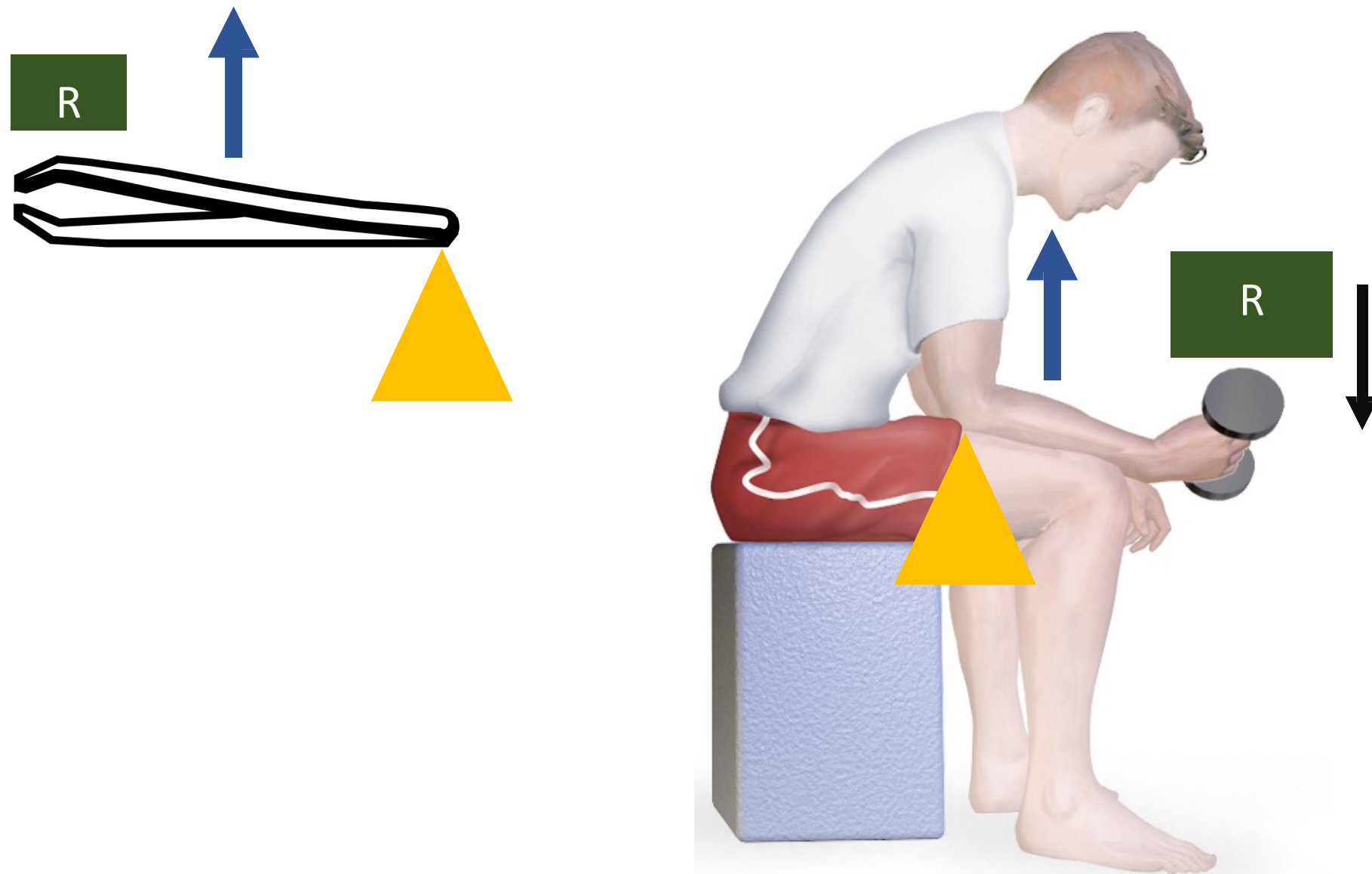
Generalmente Vantaggiose

Leva di terzo genere

La forza applicata (AF) si trova tra la resistenza (R) ed il fulcro (F)

Le leve di 3° tipo sono tra le più diffuse nel corpo umano. I risultati sono opposti a quelli delle leve del 2° tipo, in quanto con l'aumento della velocità e della distanza di spostamento aumenta anche la forza.

Il fulcro è posto nell'articolazione omero-radiale; la resistenza è generata dal carico dell'avambraccio; la forza applicata è attivata dal bicipite brachiale.



Flessione dell'avambraccio

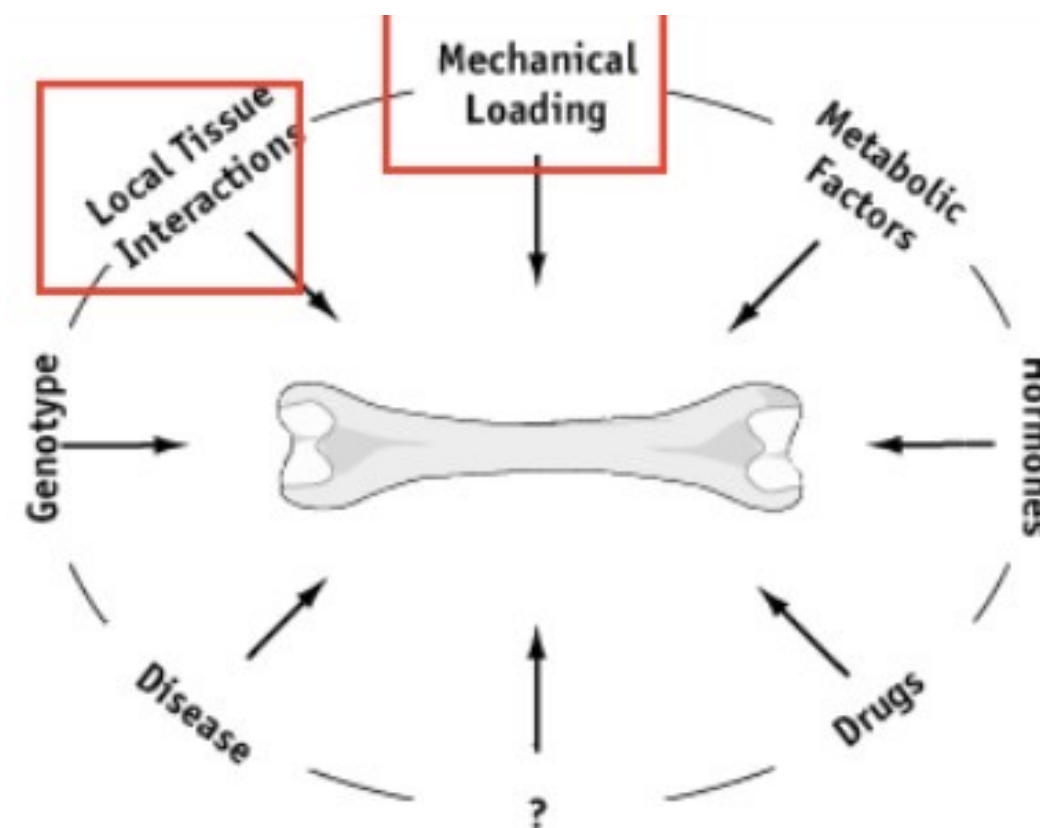
Generalmente svantaggiose

Sollecitazioni meccaniche

Le attività presuppongono movimenti del corpo o di sue parti, che producono sollecitazioni meccaniche sullo scheletro. Ciò le rende un importante fattore morfogenetico dello scheletro nel corso dello sviluppo ontogenetico.

Il tessuto osseo è un tessuto vivo ed in continuo turnover e rimaneggiamento nel corso di tutta la vita dell'individuo.

Esso risponde alle sollecitazioni esterne ed interne e ne conserva traccia.



Wolff's law (1892): l'osso si adatta al suo ambiente meccanico durante la vita creando differenze misurabili nella morfologia che riflettono ambienti meccanici del passato (Ruff et al. 2006a)



Sollecitazioni meccaniche: mobilità

La **mobilità** è uno dei fattori più significativi che influenzano il grado e l'entità del carico biomeccanico sperimentato e quindi la quantificazione della **morfologia esterna** e **dell'architettura interna** di un osso può rivelare le tracce della mobilità.

Le aree della sezione trasversale dell'osso sono proporzionali alla rigidità assiale o alla resistenza alle forze di compressione: **maggiore è il carico che un osso subisce nella vita, maggiore è l'area della sezione trasversale.**

Altre misure delle proprietà meccaniche includono **momenti d'inerzia dell'area** (indicati con la lettera I), che corrispondono alla rigidità flessionale. In risposta al carico globale di compressione, l'osso si deposita preferenzialmente nella diafisi in un modo da riflettere la direzione del carico maggiore che sperimenta.

Gli individui che camminano o corrono di più sottopongono le loro ossa degli arti inferiori (il femore e la tibia) a maggiori sforzi di flessione anteroposteriore (fronte-retro), e quindi la forma della sezione trasversale diventa più allungata anteroposteriore (o ellittica).

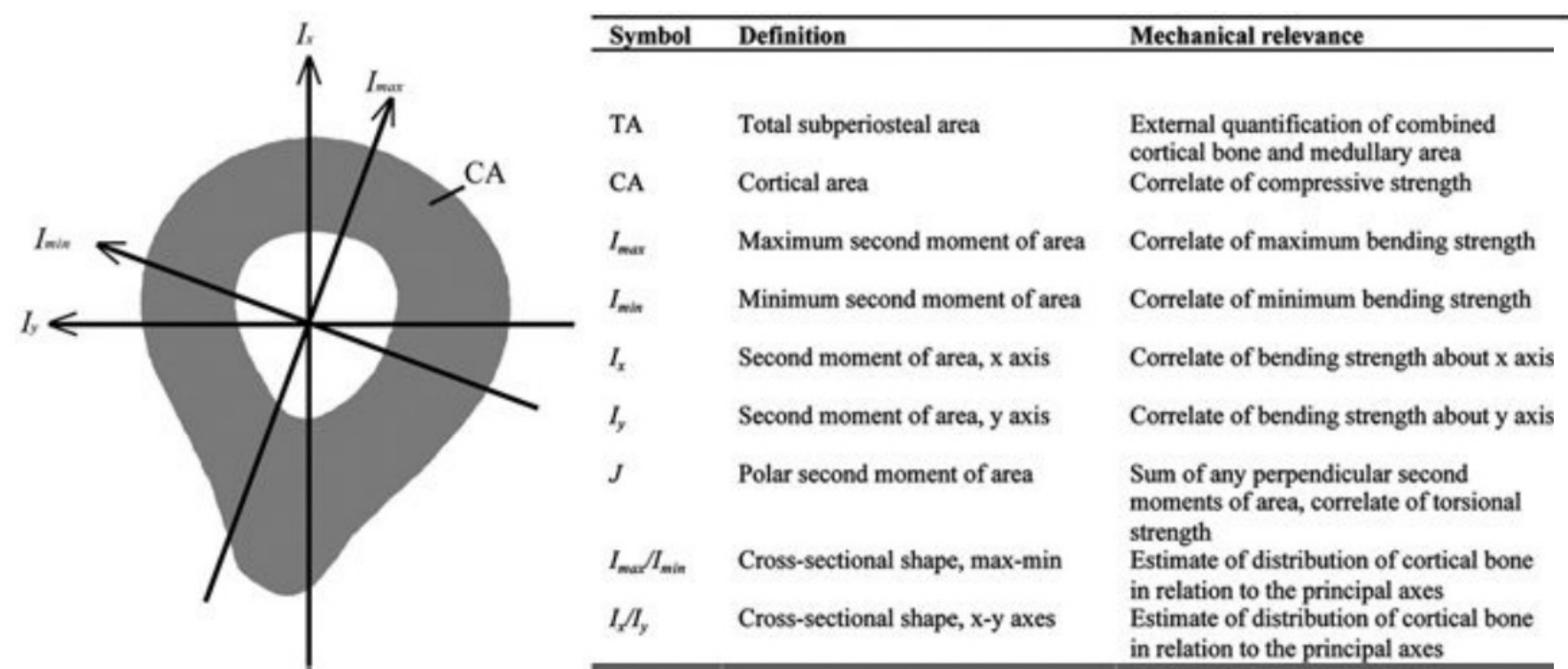
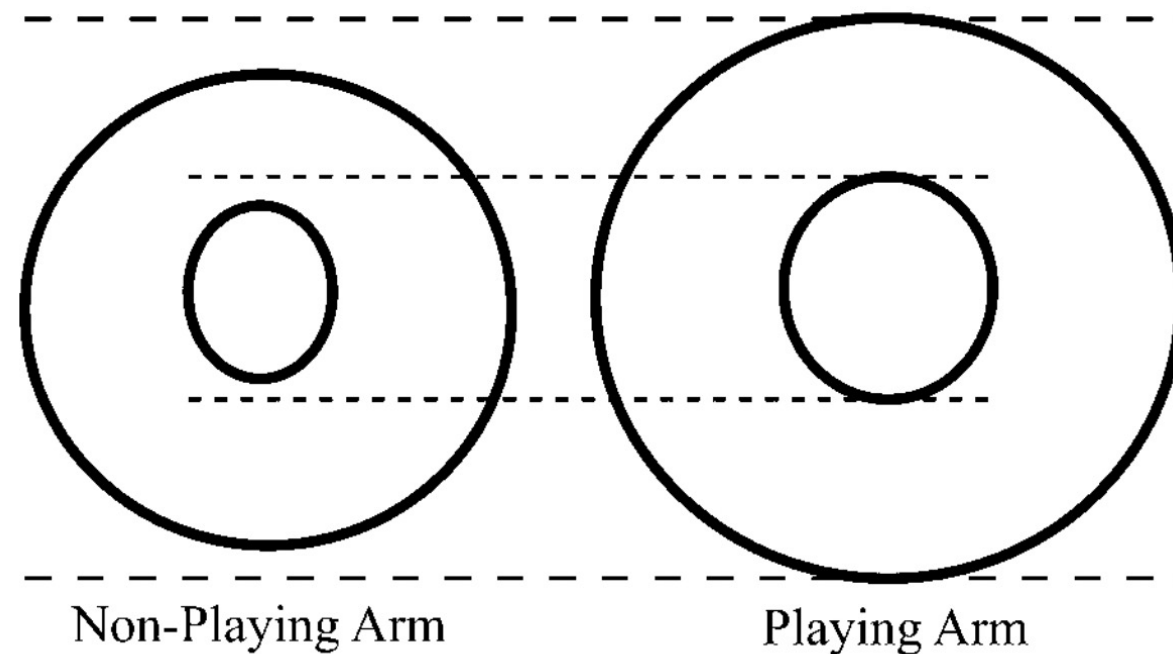


Figure 7.1 Biomechanical properties for bone cross-sections

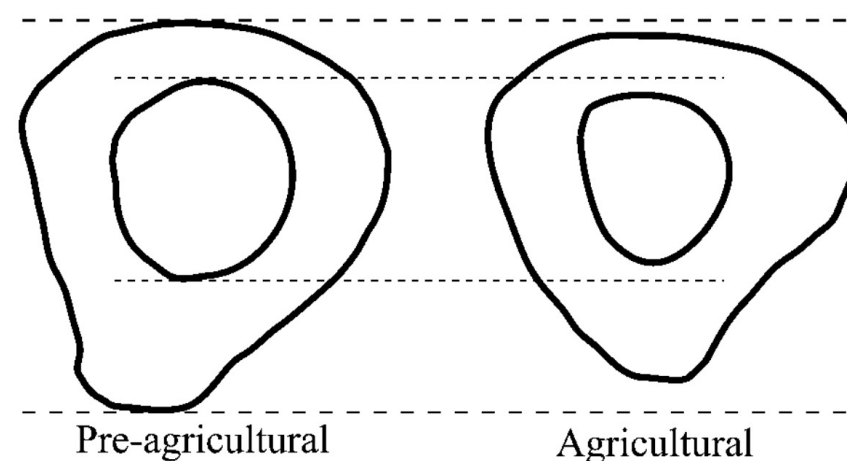


Sollecitazioni meccaniche: carichi abituali

Il principio teorico che le proprietà della sezione trasversale dell'osso riflettono il carico e l'attività durante la vita sono state ripetutamente dimostrate da studi *in vivo* su esseri umani e modelli animali. I giocatori di tennis presentano spessori corticali nel braccio utilizzato per il gioco maggiori rispetto a quelli dei non giocatori: **risposta plastica ai modelli di carico abituali**.



Hanno osservato una riduzione significativa di tutte le proprietà geometriche trasversali dai campioni pre-agricoli a quelli agricoli. La variazione è stata interpretata come suggerimento di una riduzione dei livelli di attività, compresa una minore mobilità, o un cambiamento nei tipi di attività che caricano l'arto inferiore (Ruff et al. 1984), poiché le popolazioni hanno adottato uno stile di vita agricolo più sedentario.

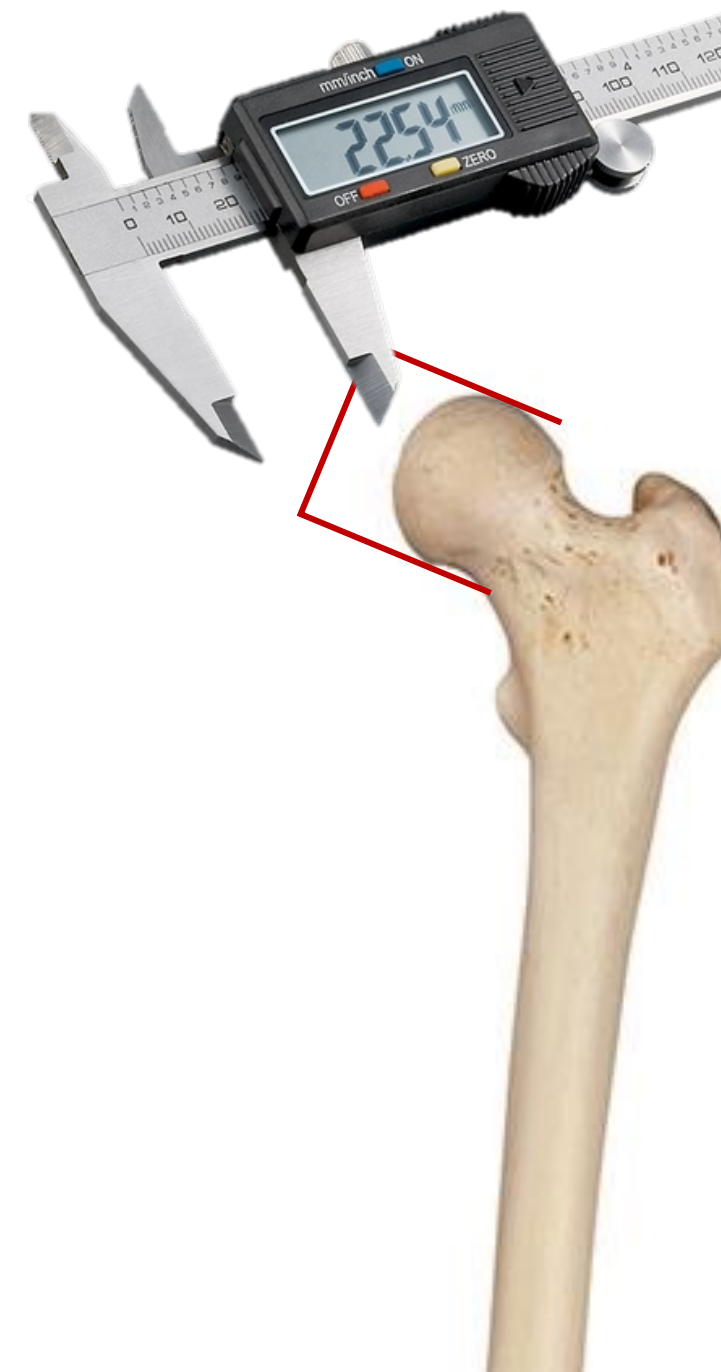
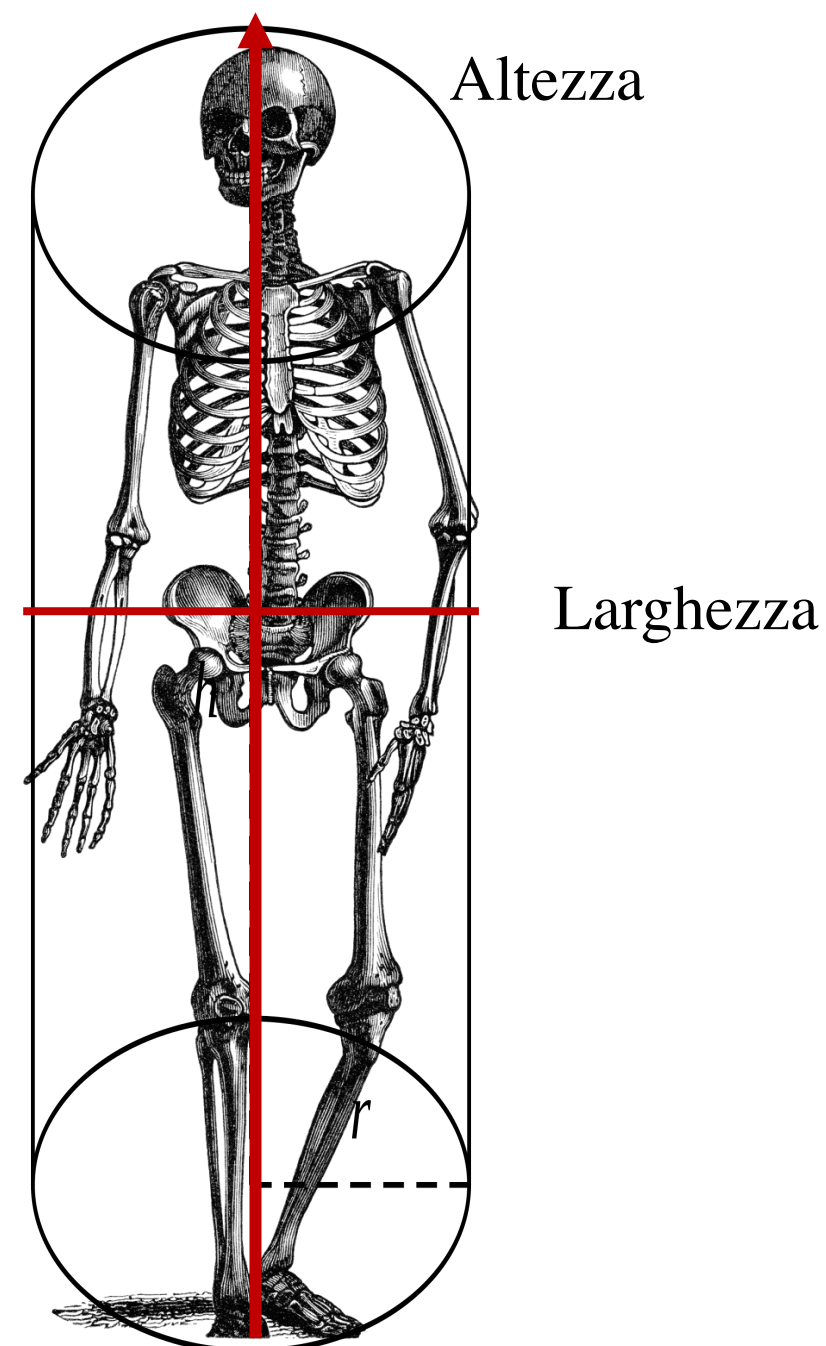


Sollecitazioni meccaniche: massa corporea

Si deve tener conto delle influenze delle dimensioni del corpo sull'arto, poiché gli individui più grandi e pesanti creeranno chiaramente maggiori carichi sulle loro ossa rispetto agli individui più leggeri che intraprendono lo stesso livello di attività (Ruff 1984, 2000, Ruff et al. 1993).

Ruff (2000) ha dimostrato che negli esseri umani la rigidità delle ossa lunghe è più strettamente correlata alla massa corporea, perché la massa è una fonte importante di carico in tutto lo scheletro, specialmente per l'arto inferiore.

Alcune misure scheletriche come il diametro della testa del femore o la combinazione dell'ampiezza del corpo e della statura (Ruff et al. 1997) possono essere usate per calcolare le dimensioni corporee e comprenderne l'influenza che questa ha sullo scheletro.



Sollecitazioni meccaniche

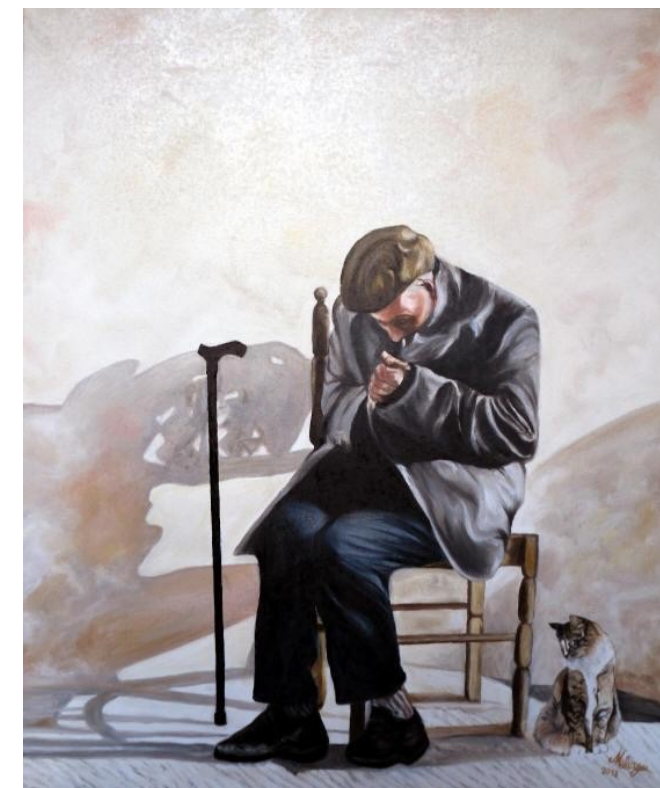
Le sollecitazioni meccaniche sull'osso possono essere

Microtraumatiche: sollecitazioni di lieve entità ma protratte nel tempo (legate all'età)

Attività abituali: locomozione, posture abituali, occupazioni abituali

Macrotraumatiche: sollecitazioni di forte entità, che agiscono nell'arco di un breve periodo di tempo

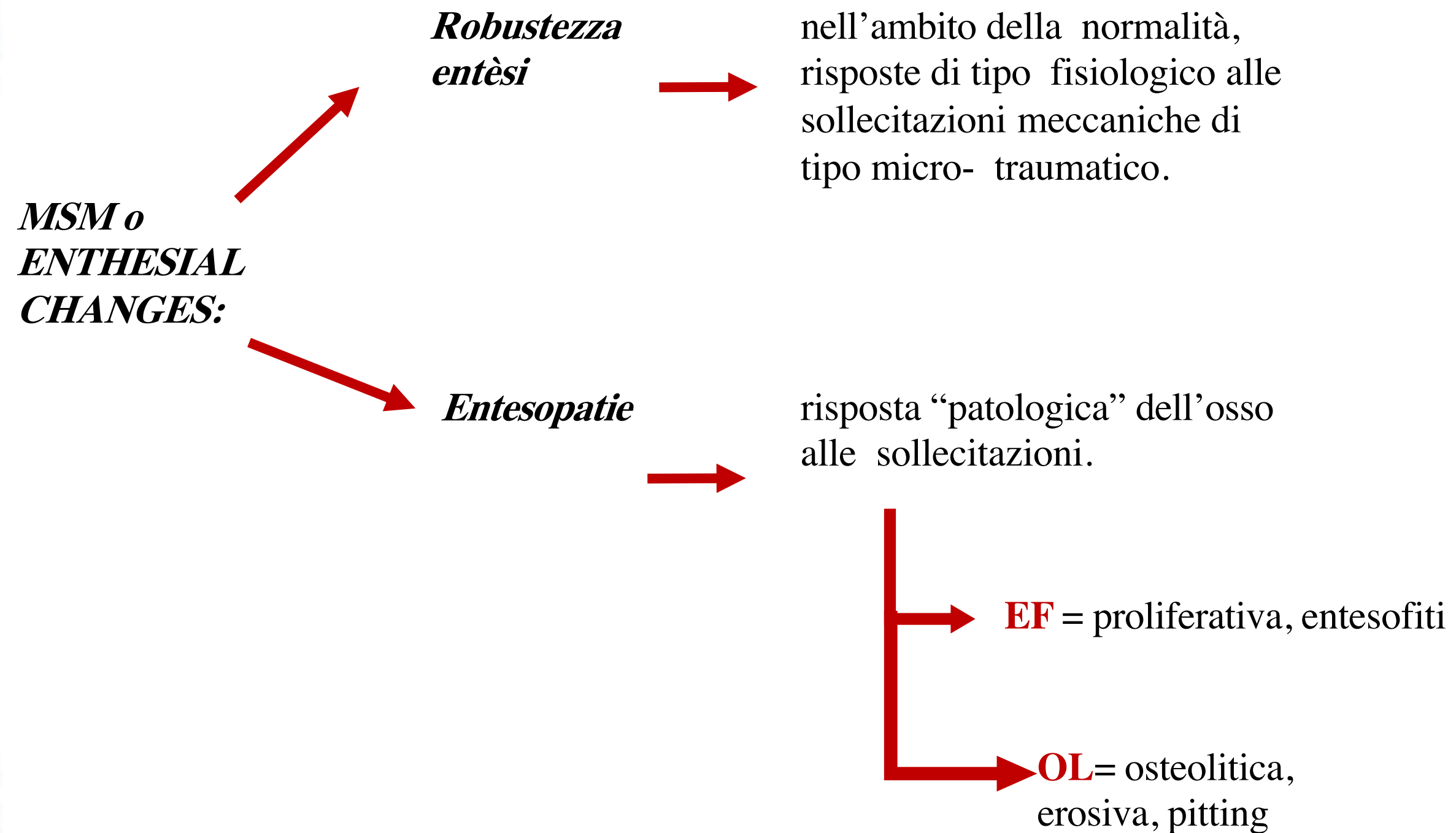
Attività o eventi occasionali (che però, in alcuni casi, possono essere resi più frequenti dalle attività abitualmente svolte): fratture, distorsioni, operazioni chirurgiche, ecc.



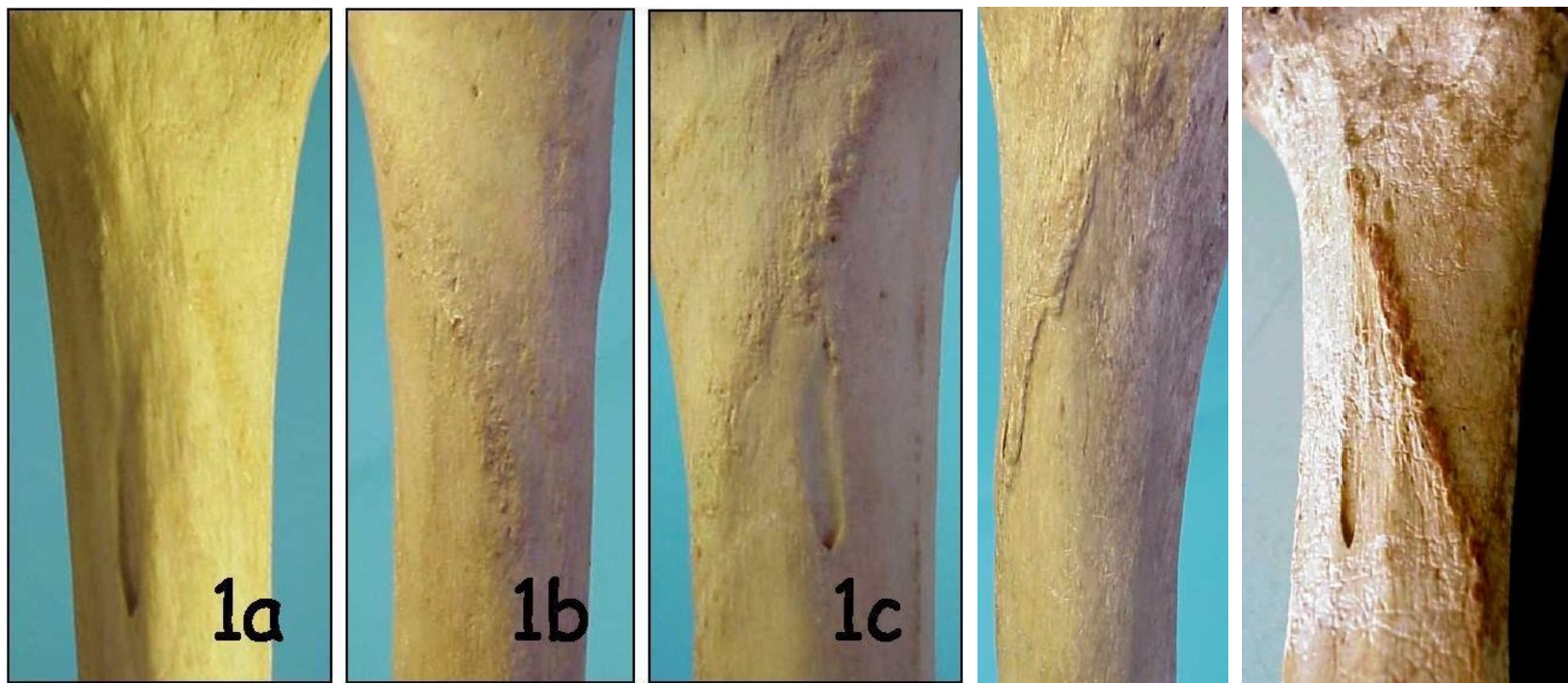
MSM

Muscle skeletal Stress

Alterazioni delle aree di inserzione legate all'utilizzo più o meno consistente e prolungato di precisi muscoli e complessi funzionali.



MSM o enthesial changes:



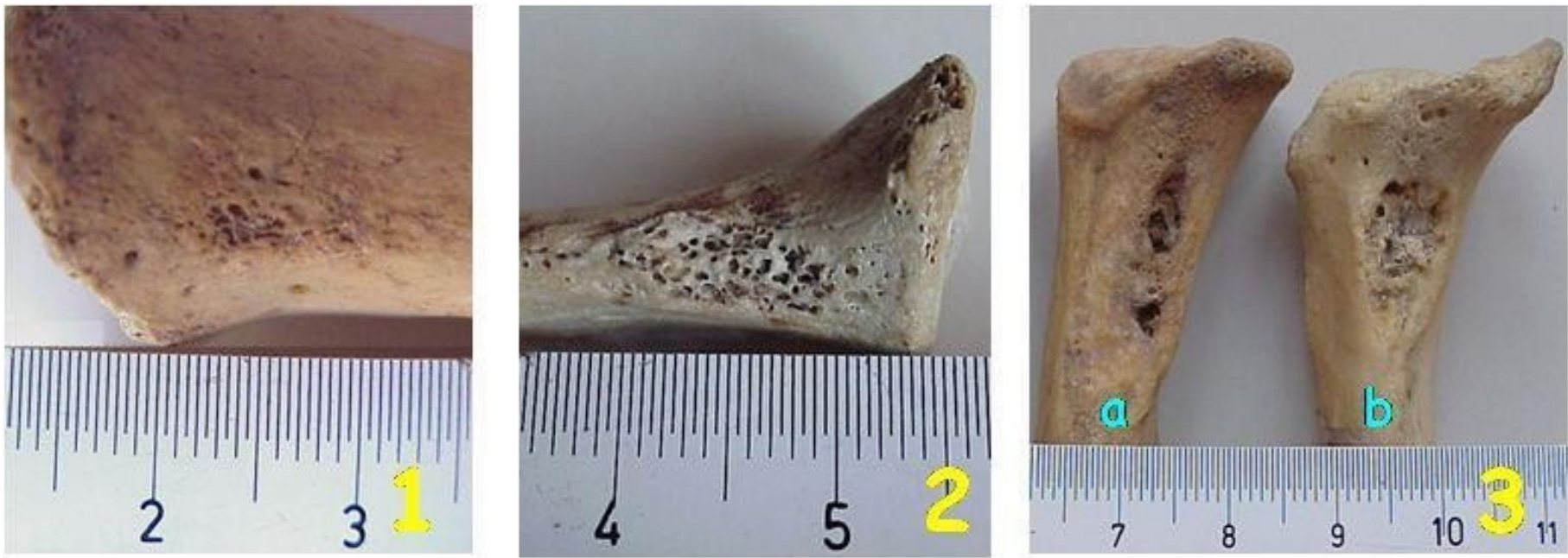
gradi: 1 -sviluppo da molto basso a medio
(con 3 sotto-livelli)

2- sviluppo
alto

3 -sviluppo
molto alto

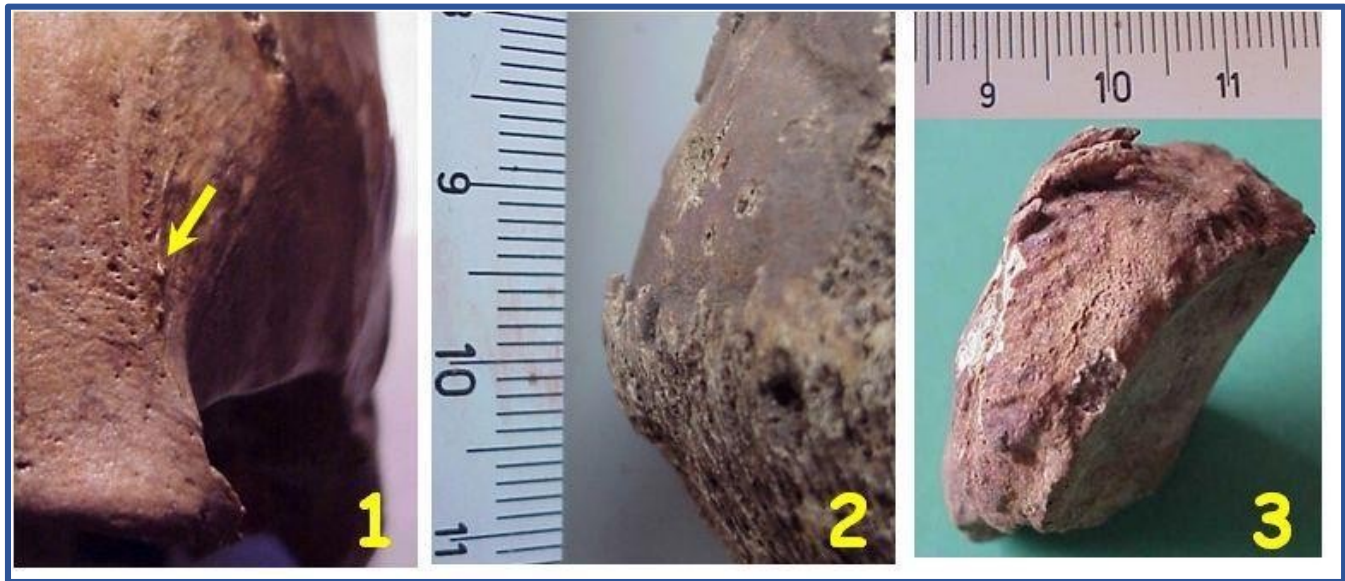
Robustezza entèsi

Diversi gradi



Entesopatie

OL= osteolitica, erosiva, pitting



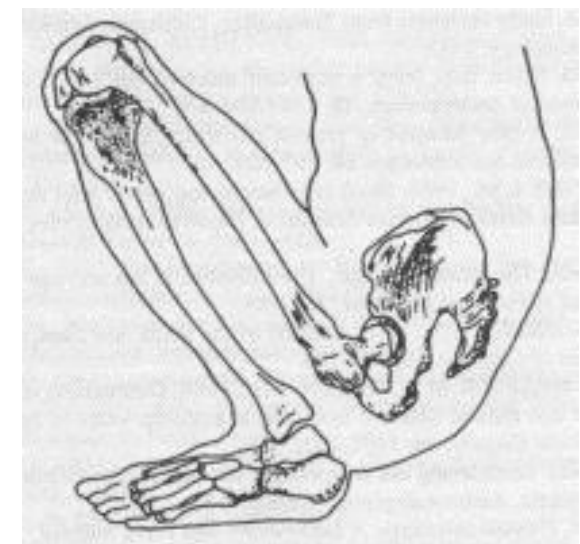
EF = proliferativa, entesofiti

Modificazioni Articolari

Alterazioni presso le articolazioni tra ossa contigue legate al compimento di precisi movimenti, al mantenimento di determinate posture e allo scarico di pesi e forze lungo le articolazioni maggiori del corpo in vita.



Faccette di squatting: con il termine *squatting* si intende una postura accoccolata abituale, caratterizzata da iperflessione abituale di ginocchia e caviglie che provoca la formazione di faccette articolari supplementari sulla superficie anteriore dell'epifisi tibiale, sul collo del femore, e sulle superfici malleolare e trocleare dell'astragalo (Baulle, 2001)



Artrosi

Patologia degenerativa articolare, non infiammatoria, cronica e progressiva caratterizzata dalla perdita di cartilagine articolare e conseguenti lesioni derivanti dal contatto interosseo diretto.

EB = eburneazione
(patognomonica)

ML = *marginal lipping*

ER = erosione

EX = esostosi

P = perdita del contorno

Non si può semplicemente attribuire la porosità o gli osteofiti superficiali all'osteoartrite perché questi sono tutti cambiamenti ossei non patologici associati anche all'età avanzata (Waldron e Rogers, 1991)
La diagnosi senza eburneazione deve includere almeno due delle caratteristiche osteologiche precedentemente menzionate (Jurmain, 1999; Rogers e Waldron, 1995; Roberts e Manchester, 2007)

EB



ER



ML



EB



ER

Altre alterazioni patologiche legate a stress funzionale



Frattura della clavicola



Ernie di Schmorl



Frattura dell'ulna



Schiacciamento vertebre

Usure dentare anormale



Bibliografia

Biomechanics of Movement, The Science of Sports, Robotics, and Rehabilitation Thomas K. Uchida and Scott L. Delp, illustrations by David Delp.

Your Body. How It Works. The Skeletal and Muscular Systems by Gregory Stewart, Denton A., M.D. Cooley

Grays Atlas of Anatomy by Richard Drake, Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell, Richard Tibbitts, Paul Richardson.

Mobility and the Skeleton: A Biomechanical View Thomas G. Davies, Emma Pomeroy, Colin N. Shaw, Jay T. Stock. Past Mobilities: Archaeological Approaches to Movement and Mobility