

**Biologia dello  
Scheletro Umano**



**Seminario di  
approfondimento**



**Corso di Laurea in  
Quaternario, Preistoria e  
Archeologia, A. A. 2019/2020**

Jessica Mongillo | [jessica.mongillo@unife.it](mailto:jessica.mongillo@unife.it)

# BIOMECCANICA

# LA 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.

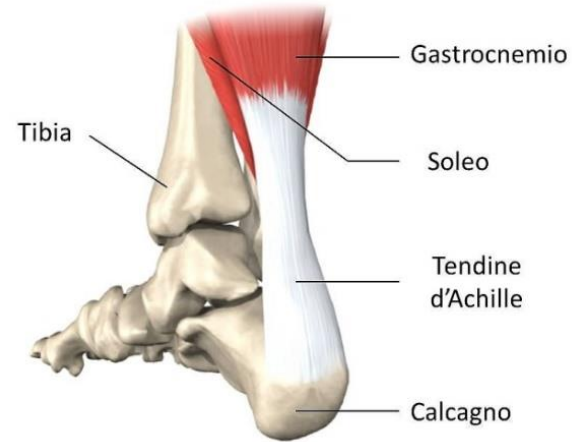
**La biomeccanica del sistema muscolo-scheletrico** è quindi la scienza che esamina le forze operanti sul sistema stesso (carichi esterni, forze muscolari e carichi articolari) e gli effetti prodotti da tali forze (movimenti, deformazioni e cambiamenti biologici nei tessuti).





# MECCANICA DELL'APPARATO LOCOMOTORE

Le Strutture meccaniche composte da ossa e articolazioni per avvicinarsi e allontanarsi hanno bisogno di un motore in grado di trasformare l'energia chimica in energia meccanica per compiere il lavoro richiesto. Nell'apparato locomotore questa funzione è svolta dai muscoli



Apparato Locomotore come un sistema di giunti e carrucole, cavi, raccordi e fermi, che permettono al corpo di muoversi

**Tendine:** strutture poco elastiche, molto robuste, trasportano come cavi la forza sviluppata dal motore, nel punto in cui serve (punto di inserzione sulle ossa)

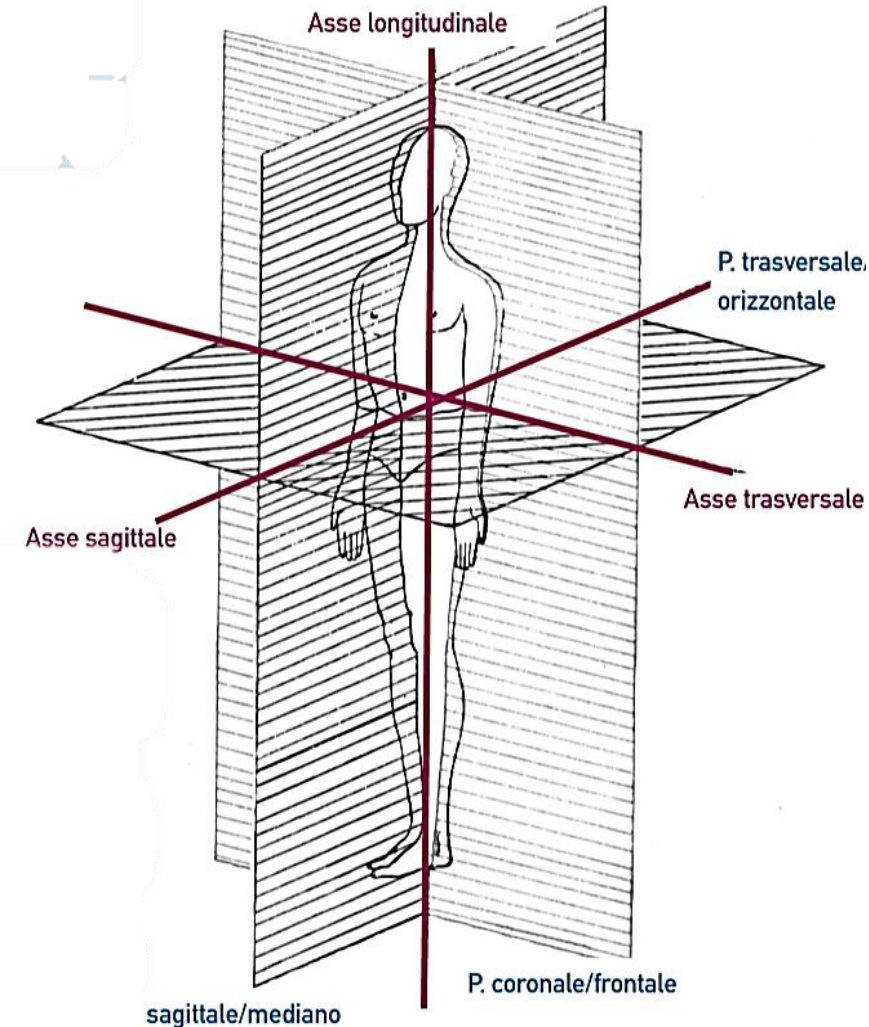
**Legamento:** strutture che si inseriscono tra due o più ossa contigue, scavalcando l'articolazione, tengono unite le ossa permettendo movimenti adeguati (come raccordi e fermi di sicurezza)

Ogni muscolo volontario si inserisce con i propri tendini ai segmenti ossei, costituendo un sistema di leve che il muscolo mette in movimento in seguito alla propria contrazione. Successivamente, grazie al rilasciamento muscolare, i segmenti ossei possono tornare nella posizione originaria per effetto dei muscoli antagonisti. Le articolazioni garantiscono la mobilità di un osso rispetto all'altro.

# ASSI E PIANI DEL CORPO UMANO

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





# PRINCIPALI MOVIMENTI DEL CORPO UMANO

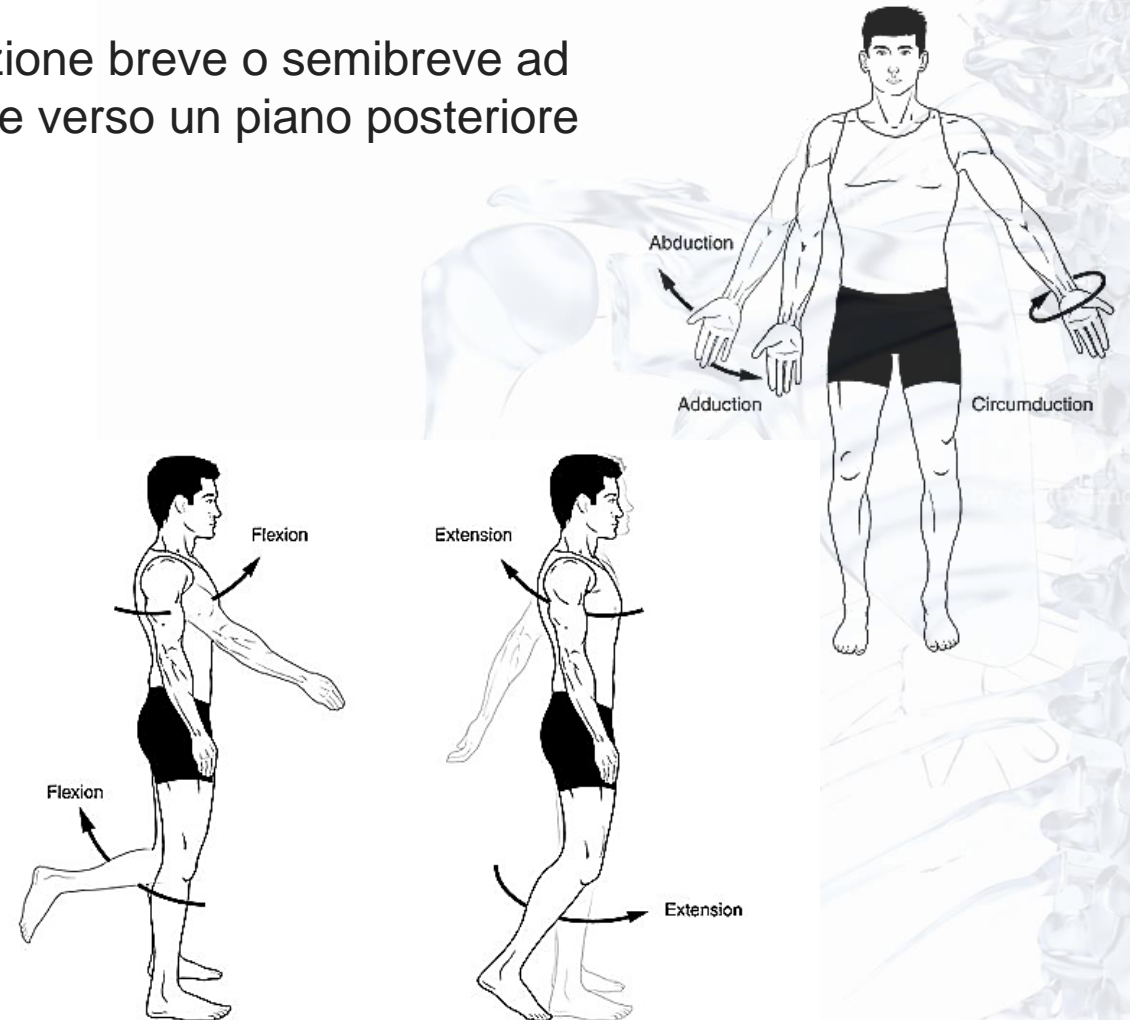
Il processo del movimento (di organi, articolazioni, arti e sezioni anatomiche specifiche) è descritto tramite un insieme unificato di termini e condizioni utilizzati per descrivere l'unicità dei movimenti delle diverse porzioni anatomiche.

**-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).



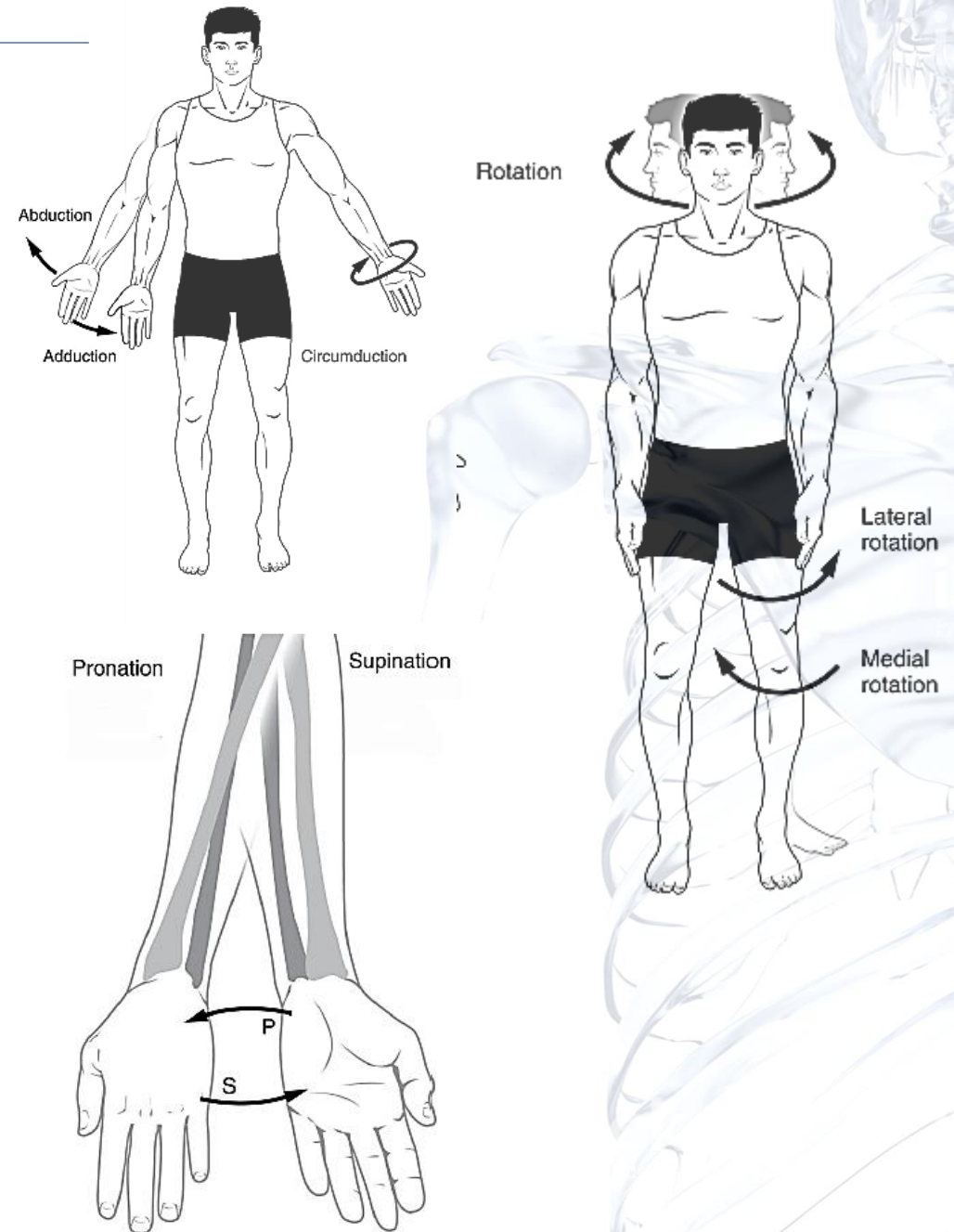
# PRINCIPALI MOVIMENTI DEL CORPO UMANO

**-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.





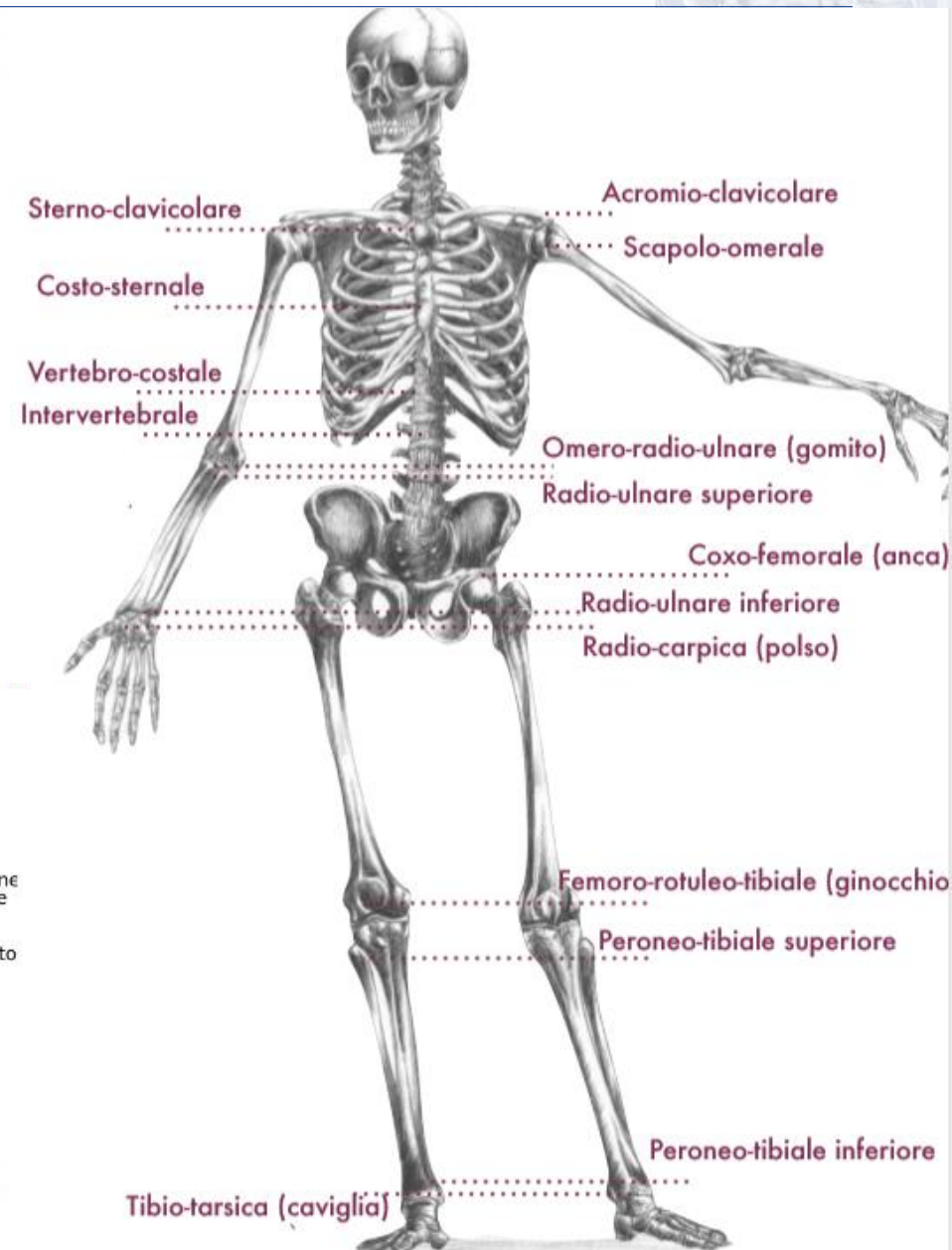
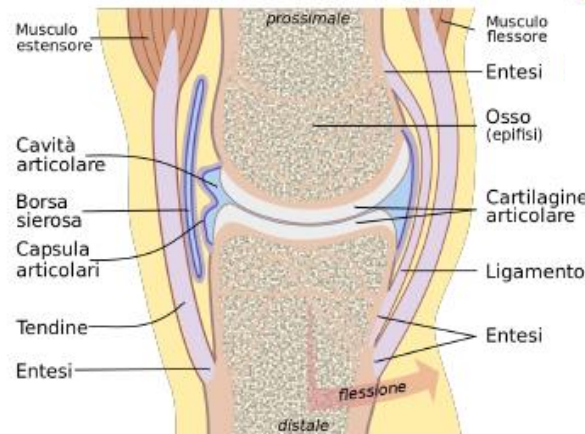
# SISTEMA ARTICOLARE

Le articolazioni sono organi giunzionali tra capi ossei, interconnessi tramite i tessuti connettivi. A seconda della loro differente mobilità, cioè della loro escursione, possono essere di tipo mobile, semimobile o fisso.

**Articolazioni immobili o sinartrosi:** legano strettamente i capi ossei, tanto da impedirne i movimenti. Si dividono in sinostosi (es. cranio) e gonfosi (denti).

**Articolazioni mobili o diartrosi:** permettono un ampio range di movimento, in una o più direzioni dello spazio.

**Articolazioni ipomobili o anfiartrosi:** legano due superfici articolari, ricoperte da cartilagine, tramite legamenti interossei; si dividono in sincondrosi (scarso grado di movimento, tessuto cartilagineo denso, es. prime sterno-costali) e sinfisi (limitato grado di movimento, tessuto connettivo fibroso, es. sinfisi pubica).



## ARTICOLAZIONI IMMOBILI - SINARTROSI

Legano strettamente i capi ossei, impedendone i movimenti.

Si dividono in:

- **Sinostosi:** il grado di movimento è nullo; uniscono le articolazioni tramite tessuto osseo (esempio: cranio nell'adulto).
- **Gonfosi:** articolazioni fibrose caratteristiche della fissazione dei denti nelle proprie cavità alveolari (tramite il collagene del parodonto che connette il cemento del dente all'osso mandibolare o mascellare). Non viene considerata una vera e propria articolazione in quanto non prevede l'unione di segmenti ossei.

## ARTICOLAZIONI IPOMOBILI - ANFIARTROSI

Legano due superfici articolari, ricoperte da cartilagine, tramite legamenti interossei. Tra le due superfici è interposto un disco fibrocartilagineo che permette soltanto movimenti limitati (vertebre).

Si dividono in:

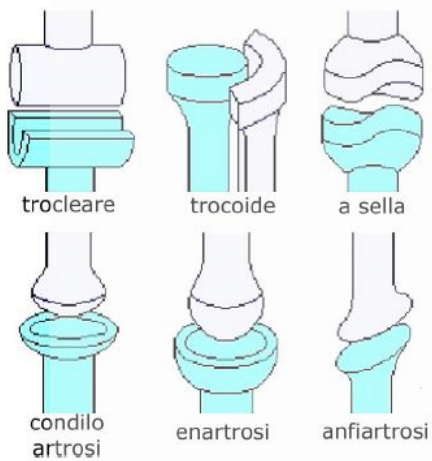
- **Sincondrosi:** il grado di movimento è scarso, dal momento che uniscono le articolazioni tramite tessuto cartilagineo denso (esempio: prime sterno-costali).
- **Sinfisi:** il grado di movimento è limitato, dal momento che sono tenute insieme da tessuto connettivo fibroso (esempio: sinfisi pubica).





## ARTICOLAZIONI MOBILI - DIARTROSI

Le articolazioni mobili o diartrosi permettono un ampio range di movimenti (angolari, di rotazione/in asse, lineari/translazionali)



- **Artrodia:** semplice scorrimento (art. zigapofisarie vertebrali)
- **Trocleoartrosi** (ginglino angolare): movimenti di flessione/ estensione (art. del gomito)
- **Trocoidi** (ginglino laterale/parallelo): movimenti di pronazione/ supinazione (art. radio-ulnare)
- **Articolazioni a sella:** movimenti di flessione/estensione e abduzione/ adduzione (art- tra trapezio e 1<sup>o</sup> metacarpale)
- **Condilartrosi:** movimenti di flessione/estensione, abduzione/ adduzione, circonduzione (art. radio-carpica)
- **Enartrosi:** movimenti di flessione/estensione, adduzione/abduzione, circonduzione, intra/extrarotazione (art. scapolo-omerale)

### Articolazione sinoviale o diartrosi

Membrana sinoviale  
Cartilagine articolare  
Capsula articolare  
Cavità articolare contenente liquido sinoviale  
Ligamenti

**Capsula articolare:** manicotto di tessuto connettivo denso, riveste completamente l'articolazione.

**Cartilagini articolari:** rivestono le superfici articolari. In alcune articolazioni (es. ginocchio) si frappone anche un disco cartilagineo. Sono composte di materiale soffice, compressibile, estensibile e deformabile, tendono a riacquistare lo spessore di riposo.

**Membrana sinoviale:** secerne un liquido viscoso (l. sinoviale) che funge da lubrificante

## FORZE ESTERNE: FORZA PESO E GRAVITÀ

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

2° LEGGE DELLA DINAMICA:  $F = m \times a$

(Forza peso = massa corporea x accelerazione di gravità)



**Lavoro =  $Fs$**

(forza)x(spostamento)

**Forza =  $ma$**

(massa) x(accelerazione)

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





# CAUSE DEL MOVIMENTO DEL CORPO

## FORZE INTERNE: LE LEVE E 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

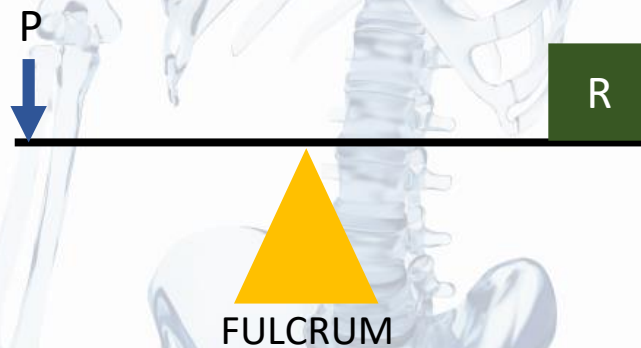
$$Rb_R = Pb_P$$

R= resistenza

P= potenza

$b_R$ = braccio della resistenza

$b_P$ = braccio della potenza



# LEVE



## Leva vantaggiosa: $bP > bR$

E' necessaria una potenza inferiore per controbilanciare la resistenza  
Braccio della forza è maggiore del braccio della resistenza



## Leva svantaggiosa: $bP < bR$

E' necessaria una potenza maggiore per controbilanciare la resistenza  
Braccio della forza è minore del braccio della resistenza



## Leva indifferente: $bP = bR$







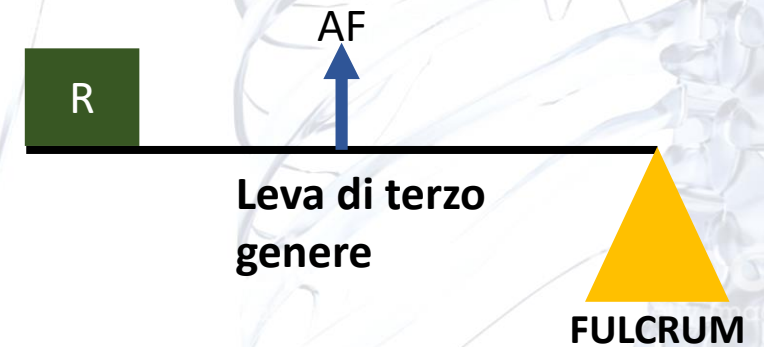
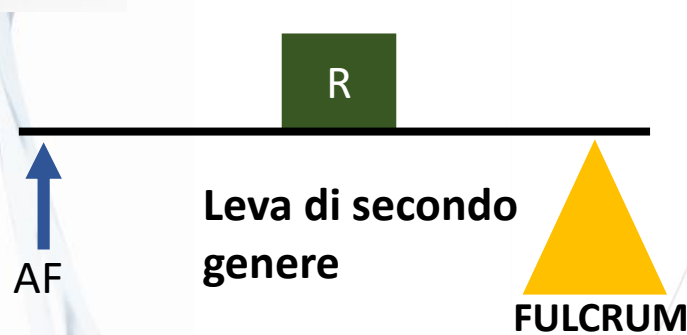
I muscoli, unitamente ai segmenti scheletrici sui quali si inseriscono, danno luogo a leve simili a quelle della meccanica:

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

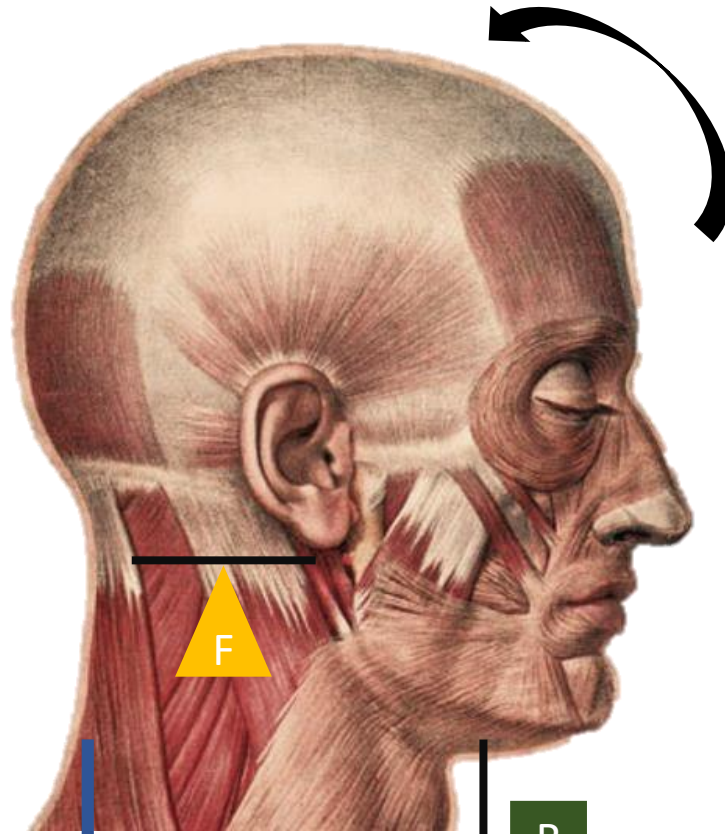
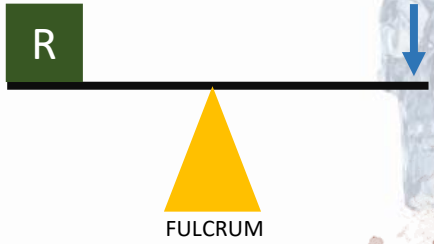
Questa situazione determina che, tutte le volte che c'è movimento, si produce una leva che può essere di primo, di secondo o di terzo tipo.



# LEVA DI PRIMO GENERE

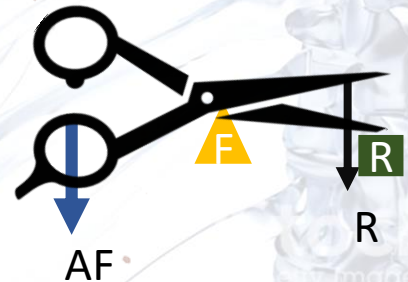
Fulcro (F) si trova tra la forza applicata (AF) e la resistenza (R)

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).



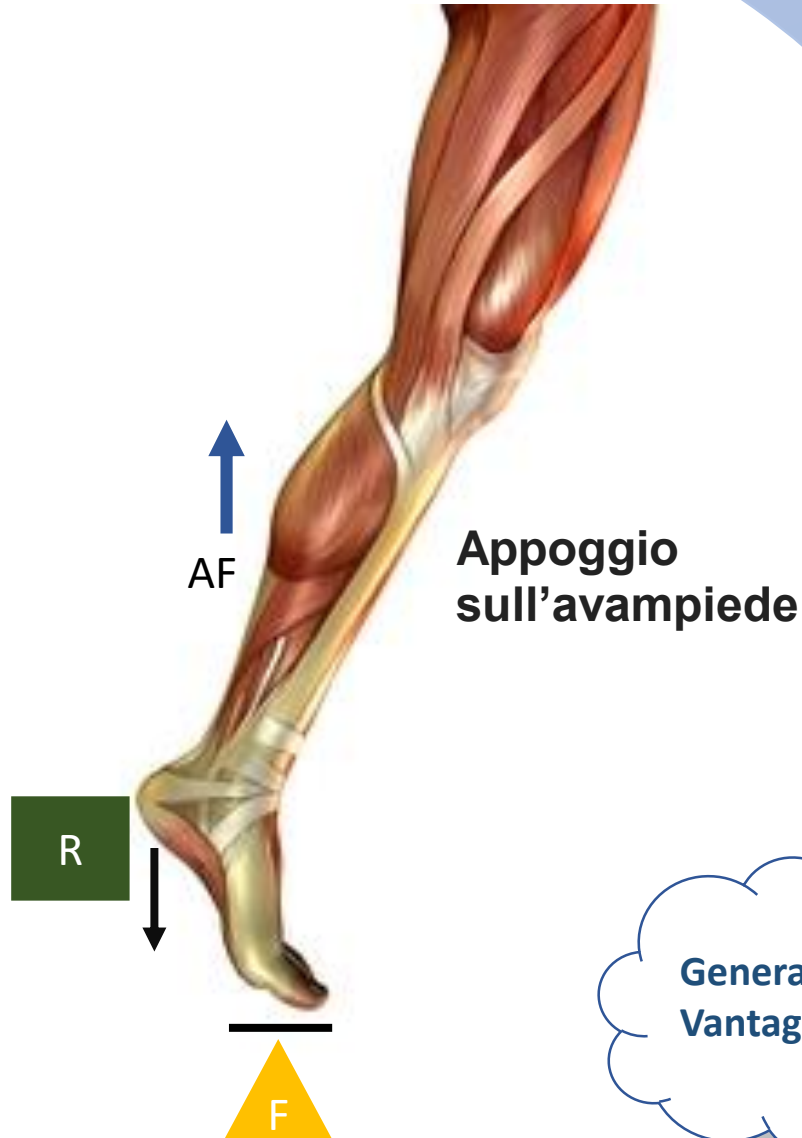
flesso-estensione del capo

Vantaggiose, svantaggiose o indifferenti





# LEVA DI SECONDO GENERE



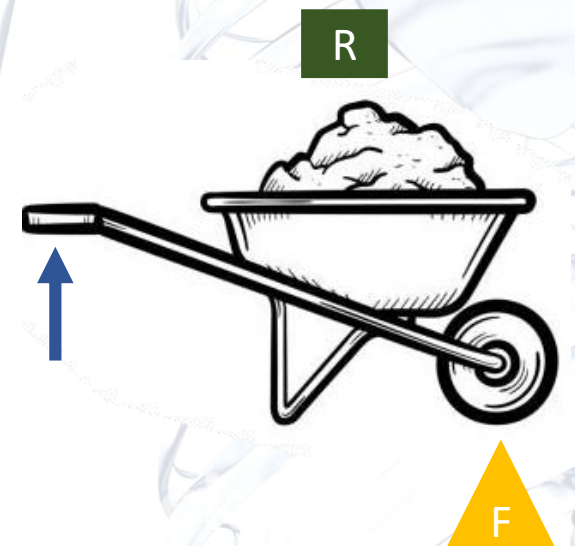
Generalmente Vantaggiose



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

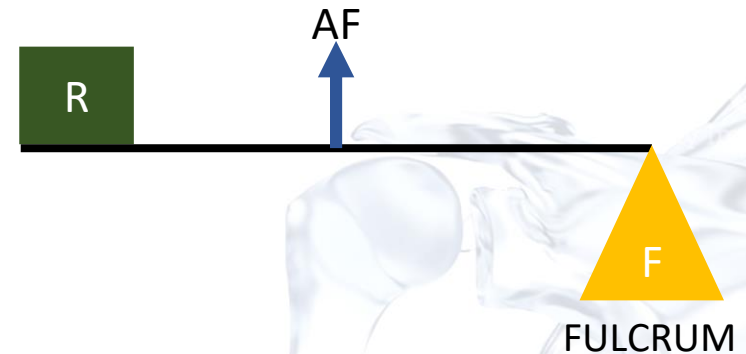
In questo tipo di leva la forza applicata è più lontana dal fulcro rispetto alla resistenza, pertanto è sufficiente una forza limitata per spostare un grande peso

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).

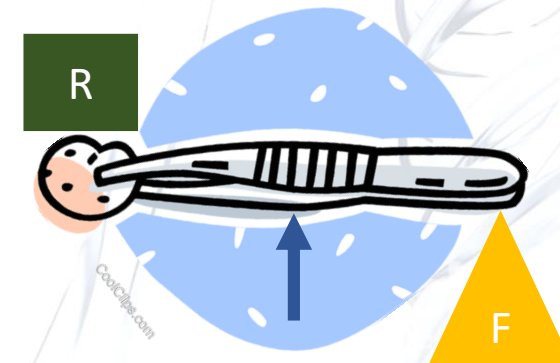


# LEVA DI TERZO GENERE

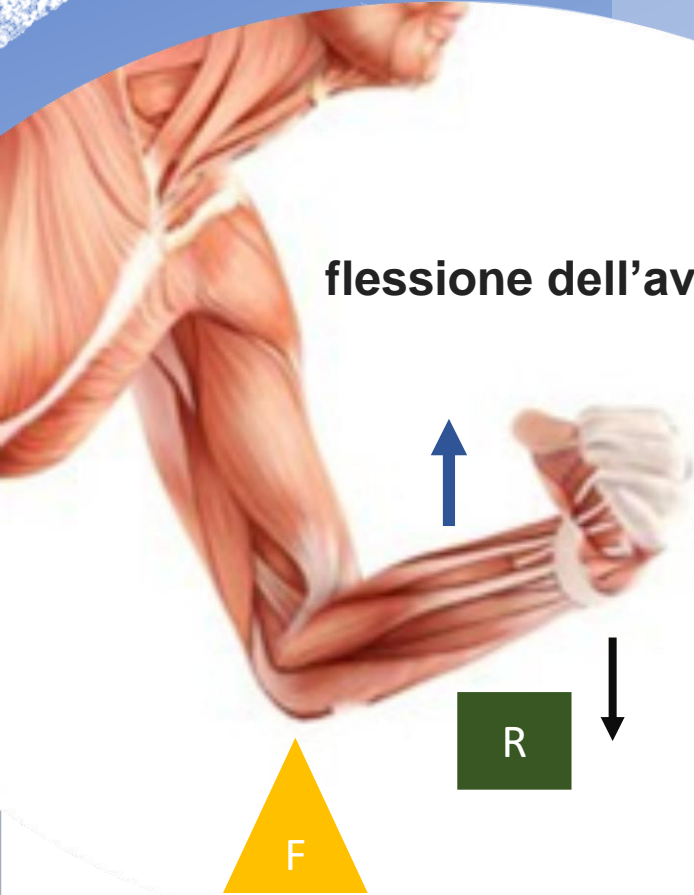
La forza applicata (AF) si trova tra la resistenza (R) ed il fulcro (F)



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.



flessione dell'avambraccio



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

Generalmente  
Svantaggiose

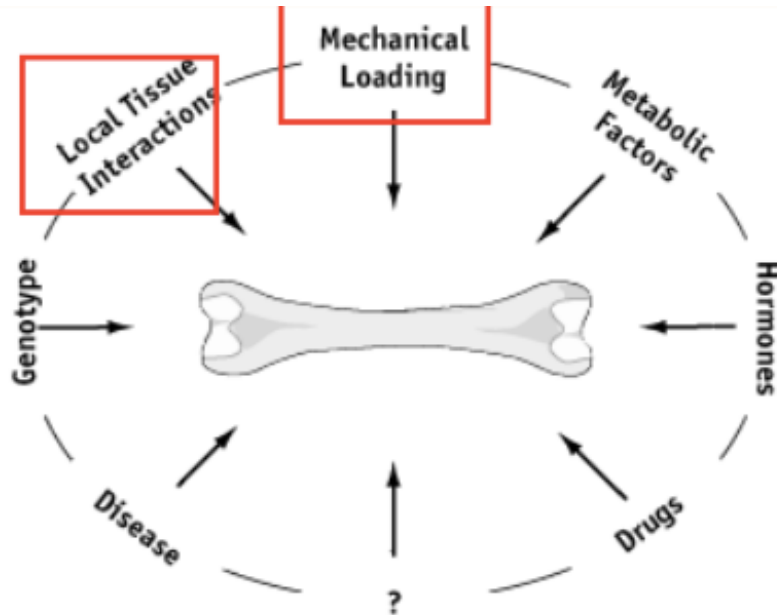


Le attività presuppongono movimenti del corpo o di sue parti, che producono sollecitazioni meccaniche sullo scheletro. Ciò le rende un importante fattore morfogenetico dello scheletro nel corso dello sviluppo ontogenetico.



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.



N.B.: Sollecitazioni intense, legate ad attività particolarmente gravose, possono anche agire per periodi protratti di tempo

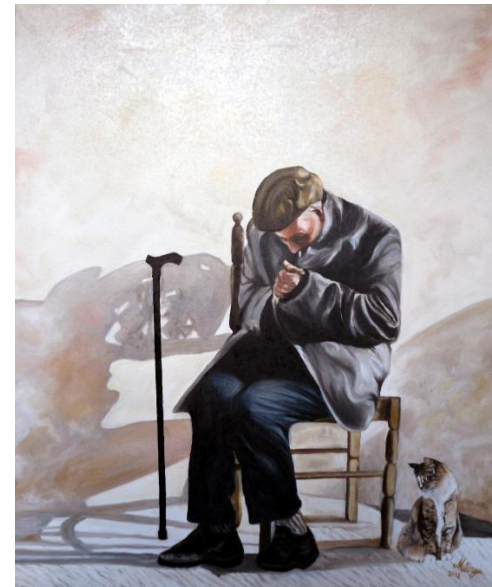
Le sollecitazioni meccaniche sull'osso possono essere

**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: Metodo Mariotti et al. Coll. Anthropol. 2004 e 2007*

distinzione tra:

#### **1. ROBUSTEZZA:**

**entèsi** nell'ambito della normalità, risposte di tipo fisiologico alle sollecitazioni meccaniche di tipo micro-traumatico.

3 gradi:

- 1 -sviluppo da molto basso a medio (con 3 sotto-livelli)
- 2 -sviluppo alto
- 3 -sviluppo molto alto

#### **2. ENTESOPATIE**

risposta "patologica" dell'osso alle sollecitazioni.

2 forme:

**EF** = proliferativa, entesofiti

**OL** = osteolitica, erosiva, pitting

4 gradi:

0= assente

1= lieve (< 1mm)

2 = medio (1 –4 mm)

3 = evidente (> 4 mm)

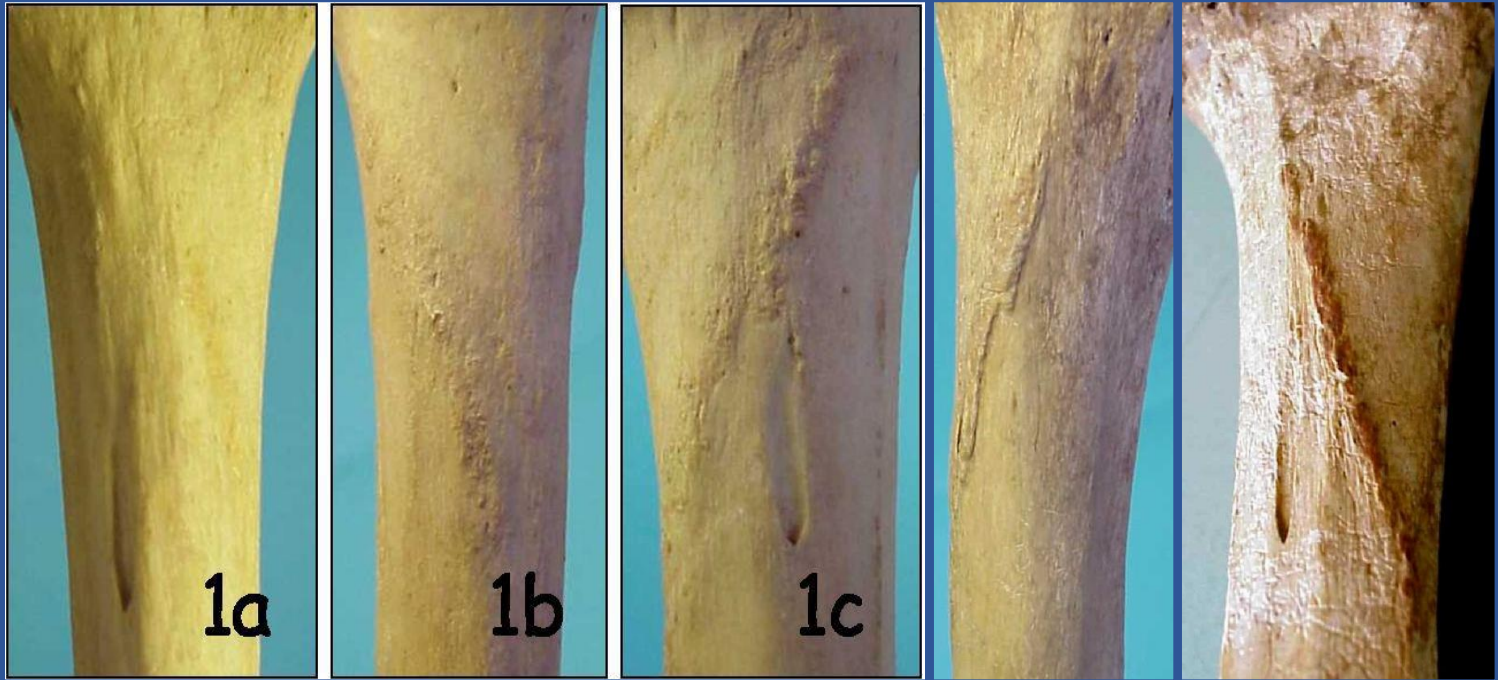
nr= non rilevabile

*MSM*  
*Muscle skeletal Stress Markers*



*MSM o ENTHESIAL CHANGES:*

distinzione tra:



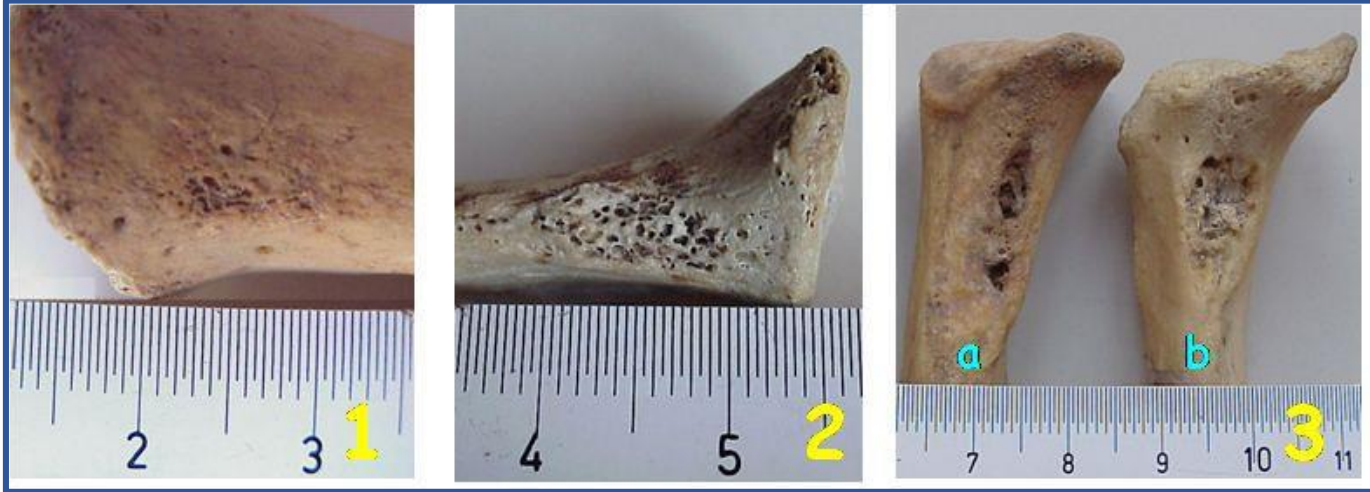
**gradi: 1 -sviluppo da molto basso a medio  
(con 3 sotto-livelli)**

**2- sviluppo  
alto**

**3 -sviluppo  
molto alto**



# ENTESOPATIE



**OL**= osteolitica, erosiva, pitting

**4 gradi:**

**0**= assente

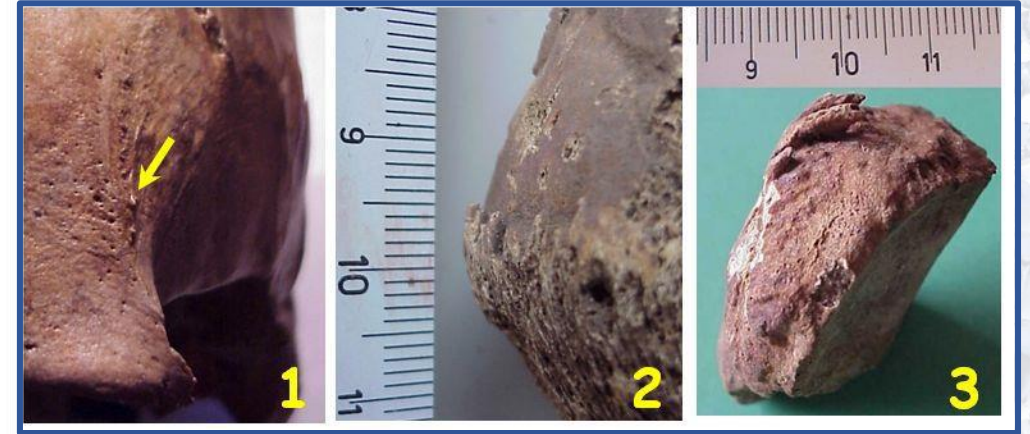
**1**= lieve (< 1mm)

**2** = medio (1 –4 mm)

**3** = evidente (> 4 mm)

**nr**= non rilevabile

# SOLLECITAZIONI MECCANICHE



**EF** = proliferativa, entesofiti

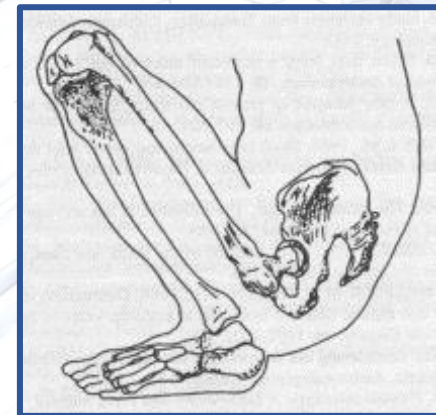




## MODIFICAZIONI ARTICOLARI

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)





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





# ALTRE ALTERAZIONI PATOLOGICHE LEGATE A STRESS FUNZIONALE



**Fratture da stress: frattura clavicola**



**Ernie di Schmorl**

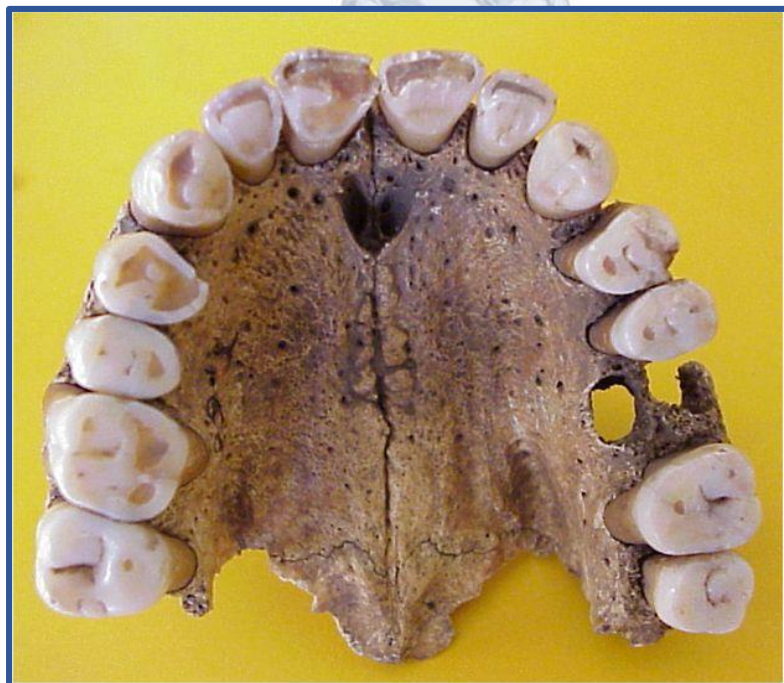


**Schiacciamento vertebre**



**Fratture da stress: frattura ulna**





## USURE DENTARIE ANOMALE



Grazie