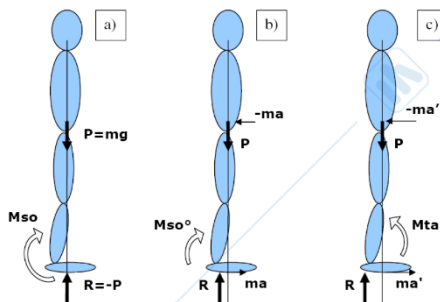


LEZIONE 18/09/20

01 – DINAMICA E SINERGIE

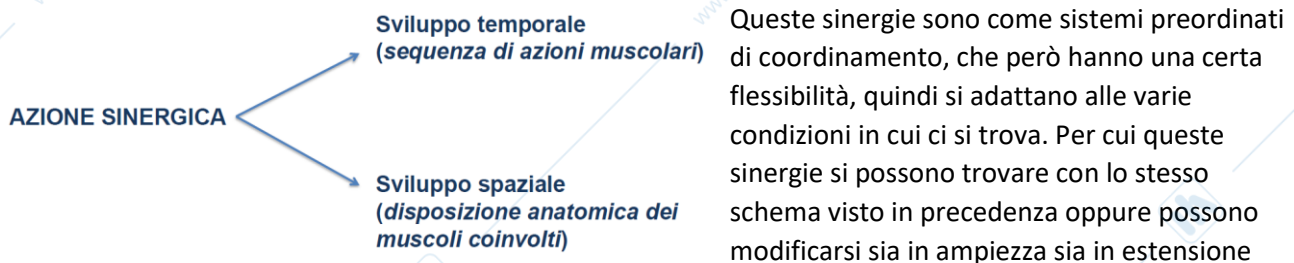
Spiegazione...



Soggetto rimane fermo in piedi stabilmente. Flessori dorsali permettono di mantenere questa postura e poi di uscire da questa posizione posturale. La sequenza consiste in una diminuzione dell'attività dei tensori plantari seguita da un aumento di attività dei flessori dorsali.

Il controllo motorio (p. 19 libro)

Sinergia: azione coordinata di muscoli che concorrono alla corretta esecuzione dell'atto motorio.



temporale.

Sinergie (p. 20-21 libro)

Sinergie posturali: scopo il mantenimento della postura a seguito di perturbazioni interne (movimenti volontari di parti del corpo, piccole contrazioni involontarie, movimenti di masse nel corpo) o esterne (applicazione di forze esterne al corpo).

Balistocardiografia: permette di rilevare attraverso le forze trasmesse al terreno il movimento del cuore (le azioni d'inerzia collegate all'atto della pulsazione cardiaca).

Sinergie motorie: lo scopo di permettere l'esecuzione corretta di atti motori. Per esempio, l'inizio del cammino, come abbiamo visto nella lezione precedente, richiede l'attivazione di sinergie motorie. Oppure durante il cammino il coordinamento degli arti è dato proprio da queste sinergie.

Esse si adattano alle diverse condizioni di esecuzione dell'atto motorio modulando i propri parametri di intensità e latenza.

Il riflesso è la risposta involontaria ad uno stimolo, sia esso interno od esterno al corpo. Generalmente si pensa che sia una risposta stereotipata/predefinita e di breve latenza → risposta veloce perché il circuito nervoso che li controlla è costituito da poche stazioni.

Programma motorio (p. 21 libro)

La pianificazione dell'atto motorio e delle risorse necessarie per il suo svolgimento: muscoli, circuiti nervosi (tutti collegati dalla nascita anche in modo ridondante → molte connessioni rimangono inattive per molti anni, in seguito allo sviluppo), sistemi sensoriali (ogni movimento è strettamente controllato dal feedback sensoriale, recettori articolari, sensori periferici, cutanei, di temperatura → sistema sensoriale serve per raffinare il comando motorio), sistemi di controllo.

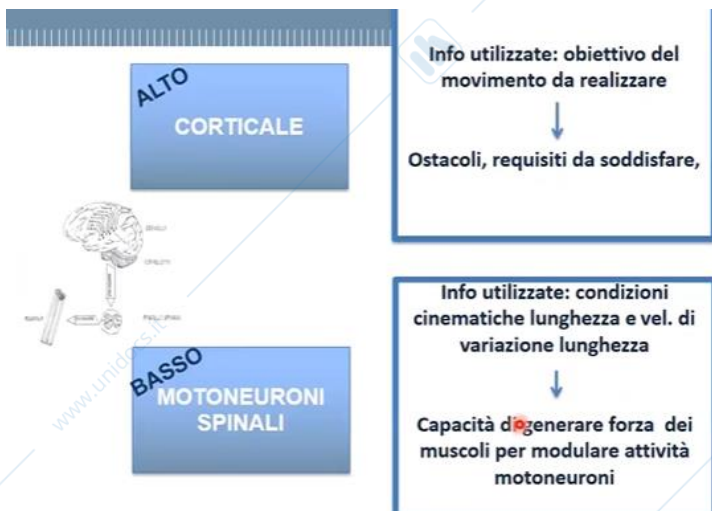
All'esecuzione del programma motorio concorrono in generale i sistemi di retroazione e le sinergie. Un movimento può essere eseguito anche senza far uso di retroazioni, ed in tal caso si dice pre-programmato, comando motorio a circuito aperto (esempio: il movimento balistico). Se dobbiamo eseguire un gesto in modo veloce non possiamo fare affidamento solo al segnale che riceviamo nell'istante ultimo. Questi gesti molto rapidi devono quindi essere pre-programmati → non sono controllati dal sistema di retroazione diretto, sono quindi ad anello aperto. Il sistema non agisce direttamente sul feed-back, ma reagisce in modo anticipatorio, in seguito ad una previsione dell'arrivo del segnale (feed-forward).

Controllo motorio

Per far contrarre o rilasciare i muscoli per ottenere l'atto di moto considerato

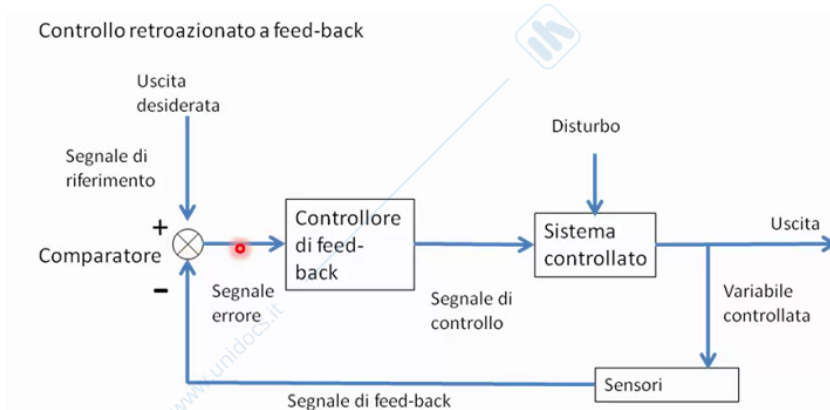
1. il sistema di controllo deve inviare comandi accuratamente temporizzati (distribuzione temporale) a diversi muscoli (distribuzione spaziale).
2. il sistema di controllo deve creare le condizioni posturali per cui il movimento si possa svolgere correttamente: Aggiustamenti Posturali Anticipati (APA). Questi hanno a che fare con il sistema di feed-forward.
3. il sistema di controllo deve tenere in considerazione le caratteristiche funzionali dei vari componenti della struttura. In ogni istante temporale durante il gesto dobbiamo avere la giusta forza muscolare (quindi dobbiamo attivare solo un certo numero di muscoli). Ogni muscolo ha una forza che non è determinata in modo predefinito, ma dipende da quanto è allungato, dalle fibre di cui è formato ecc... arrivare a produrre la forza giusta al momento giusto.

Organizzazione gerarchica del SNC su più livelli



Si pensa che ci sia un sistema gerarchico di controllo. Ci sono una serie di attività a livello corticale che elaborano i segnali di alto livello (decide che tipo di movimento fare in presenza di un evento esterno, deve tener conto quali sono i vari ostacoli e i requisiti da soddisfare). Poi ci sono elaborazioni a livello più basso, nel midollo spinale, che regolano i sistemi in modo più dettagliato. Tengono conto delle condizioni cinematiche e di affaticamento ecc. → questo controllo produce l'attività dei motoneuroni che sono quelli che producono poi il movimento.

Meccanismo di controllo retroazionato o feed-back (p. 19-20-158-159-160 libro)



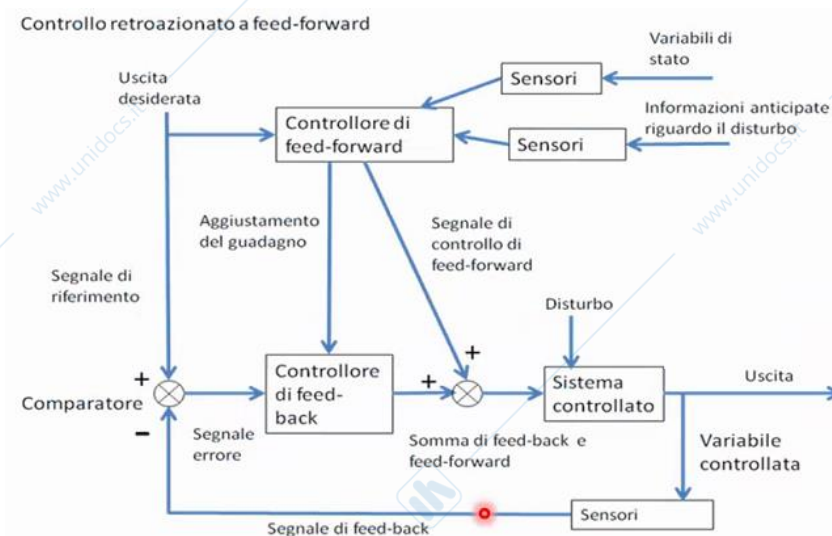
L'uscita desiderata rappresenta ciò che vogliamo fare. C'è un sistema di feed-back. Il sistema controllato è il sistema neuro-muscolo-scheletrico (muscoli e leve ossee). Questo sistema è soggetto a dei disturbi esterni. Il comando che arriva al sistema controllato produce un'uscita che dovrebbe essere in teoria pari al movimento desiderato. Il

nostro sistema poi controlla il movimento in uscita → variabili controllate vengono rilevate da sensori. Il segnale di feed-back confronta l'uscita con quello che era il movimento desiderato → dalla differenza si capisce quali correzioni sono necessarie tramite il controllore di feed-back.

Questo sistema funziona bene se il movimento è lento e se la velocità di trasmissione del segnale è veloce. Rapporto tra velocità in cui mi muovo e velocità con cui le info tornano indietro deve essere a favore di quest'ultima.

Dal punto di vista della velocità questo sistema è un po' scarso (i potenziali d'azioni ci mettono 50 o più ms per fare un metro).

Meccanismo di controllo feed-forward (p. 19-20-158-160-161 libro)



Sistema che prevede la perturbazione e fa sì che il corpo reagisca in anticipo. C'è comunque un sistema di feed-back. Il feed-forward aggiunge info da recettori che sono in grado di prevedere la perturbazione (sistema visivo, acustico...). Le info di previsione delle perturbazioni vengono elaborate dal controllore di feed-forward, il quale può bypassare il controllore di feedback e dare direttamente delle correzioni al sistema di comando, oppure può modificare

le caratteristiche di sensibilità del sistema del controllore di feedback.

02 – ARCHITETTURA DEL SISTEMA MUSCOLO-SCHELETRICO: LA STRUTTURA DI SOSTEGNO

(p. 31-32-33-34-35 libro)

Sistema assiale e appendicolare (arti).

Perone e tibia sono collegate tra di loro da un'articolazione cartilaginea ma non è nessun movimento relativo. Radio e ulna sono importanti perché permettono la pronazione e supinazione del nostro avambraccio. La mano è molto complessa → ossicini sono attivati da muscoli dell'avambraccio. Colonna → funzione di struttura portante. Funzioni di tipo protettivo → scatola cranica, gabbia toracica e bacino. Funzione di avere una riserva di minerali (calcio fosforo) e hanno midollo osseo con funzione ematopoietica (produce i globuli rossi). Sembrano strutture rigide passive, ma in realtà sono vive. Hanno meccanismi di rigenerazione continua (osteoblasti, osteoclasti...). Nel processo di rimodellamento può cambiare configurazione geometrica. Si possono avere delle deformità a volte.

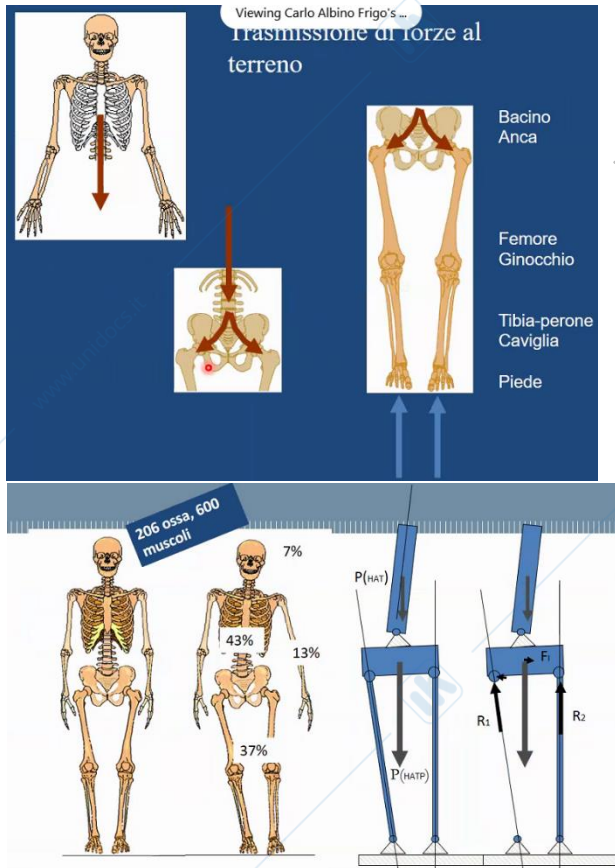
Caratteristiche funzionali dello scheletro

Caratteristiche funzionali dello scheletro:

- possiede capacità di crescita, adattamento, riparazione
- svolge le seguenti funzioni:
 - supporto (sostegno del peso dei vari segmenti, attaccatura di muscoli)
 - movimento (permesso dalle articolazioni)

- protezione di organi interni vitali (cervello, midollo spinale, organi toracici, vescica e organi riproduttivi interni)
- riserva di minerali (calcio, fosforo, sodio, potassio, magnesio)
- formazione di cellule del sangue nel midollo osseo (ematopoiesi)

Trasmissione di forze al terreno

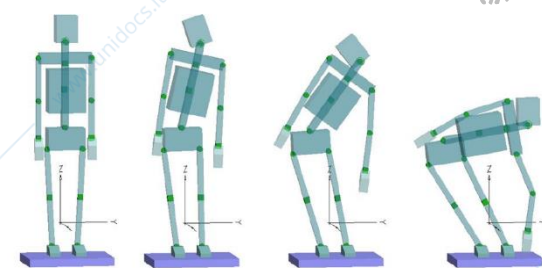


Trasmette le forze dalla parte alta del corpo verso i piedi, questo avviene attraverso la colonna che distribuisce poi il carico sulle due articolazioni delle anche.

Necessità di schematizzazione

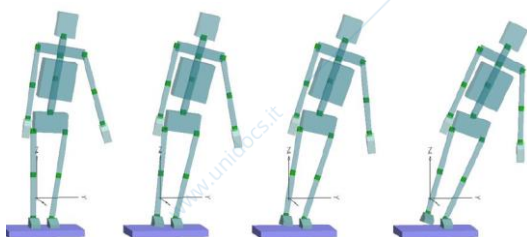
Percentuali di peso sopportato dalle varie strutture del corpo. Il sistema è instabile dal punto di vista meccanico. Una massa che sta sopra un fulcro ha un equilibrio instabile. Cadendo da un lato (per es. destra) produce una forza d'inerzia nel lato opposto → il bacino va nel lato opposto (verso sinistra) e fa sì che si sviluppino delle forze dirette come gli assi che collegano le cerniere (cerniere ideali). R_1 ha componente sia verticale che orizzontale: la componente orizzontale produce un'accelerazione e per inerzia si genera una forza diretta in senso

opposto.

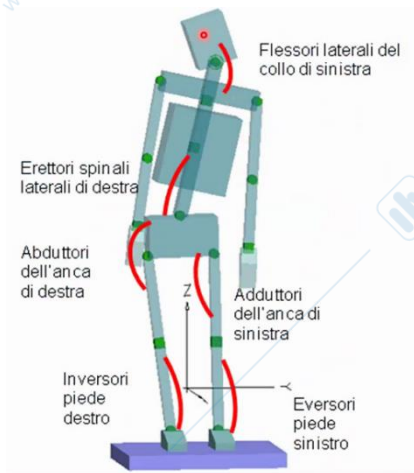


Piccola perturbazione della posizione di equilibrio comincia a spostarsi a sx il bacino a destra il tronco ecc.. Stiamo supponendo che le ginocchia siano rigide.

Per evitare che il corpo si accartocci in questo modo, servono, all'interno, delle reazioni → esigenza di equilibrio interno al corpo. Equilibrio esterno → l'intera struttura, anche se la considerassimo rigida, cadrebbe se il baricentro uscisse dalla base d'appoggio.

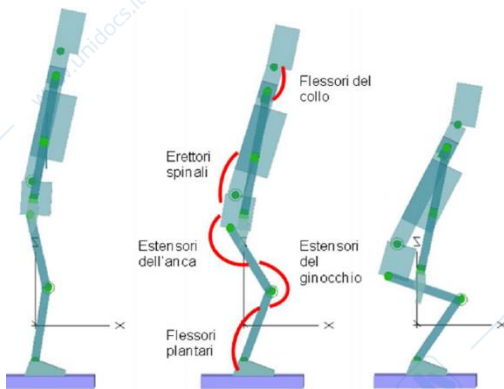


Muscoli che agiscono attorno alle articolazioni.



Eversione: pianta del piede va verso fuori.

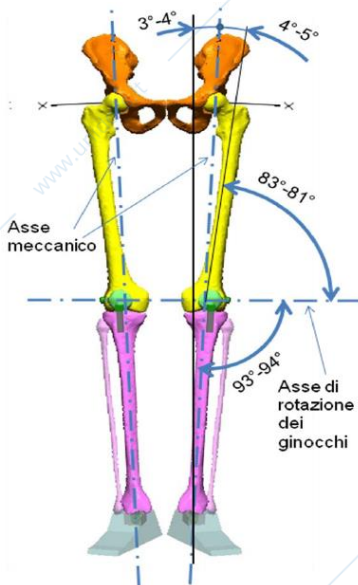
Inversione: pianta del piede va verso l'interno.



Sono i muscoli che impediscono la caduta del soggetto e per questo sono chiamati muscoli antigravitari.

ARCHITETTURA DEL SISTEMA MUSCOLO-SCHELETRICO: ARTO INFERIORE

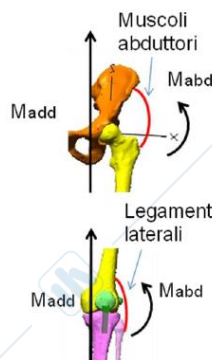
(p. 35-36-37-38-39-40-41-42 libro)



Piano frontale

Struttura abbastanza complessa. Femore che si articola nell'anca ha una testa che articola nell'acetabolo del bacino. È una cerniera praticamente sferica (3 gdl: abduzione-adduzione, flesso-estensione e rotazione interna esterna intorno all'asse verticale).

Applicando un carico sulla testa del femore ci sarà un momento flettente agente sul collo femorale (il momento aumenta linearmente verso il punto centrale → la sezione aumenta). Diafisi femorale. Condili alla base del femore, estremità che appoggiano sul piatto tibiale → sono strutture massicce perché devono sostenere dei grossi carichi. Tibia: superfici



leggermente concave. Malleoli (tibiale – mediale, laterale – protuberanza del perone) articolano sull'astragalo e una serie di ossicini che costituiscono la struttura complessa del piede.

Asse meccanico (tratto punto): asse che collega il centro articolare dell'anca, il centro articolare del ginocchio (approssimativo) e il centro della caviglia. Questo asse permetterebbe di trasmettere un carico

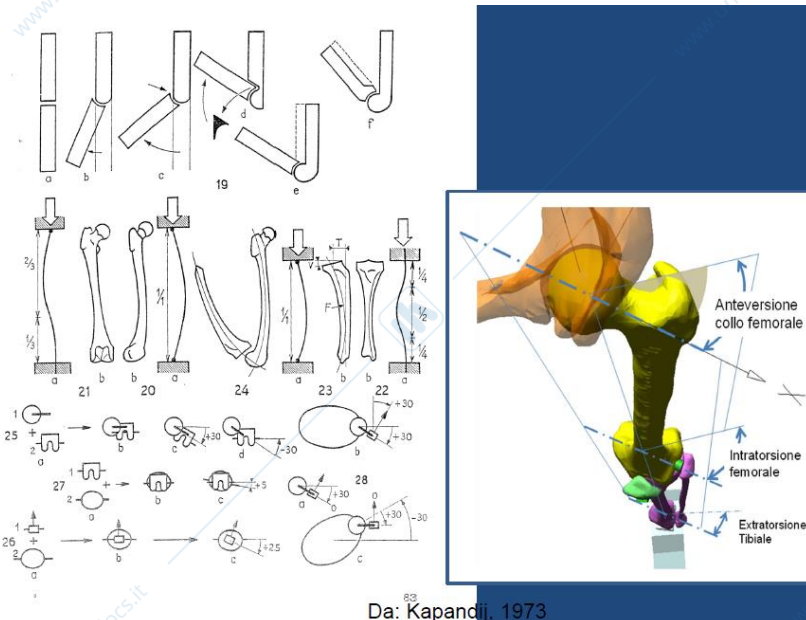
dall'alto al basso senza che si generi nessun momento articolare. Nella postura eretta questo asse è inclinato rispetto all'asse verticale di circa $3^{\circ}, 4^{\circ}$.

Asse della tibia si trova esattamente allineato come l'asse meccanico (in condizioni fisiologiche).

La forza si sviluppa in realtà lungo asse verticale indicato in nero che passa per il centro della caviglia. Questo significa che forza passerebbe prossimalmente rispetto al centro dell'anca: si produce un momento che tende a ridurre l'arco (produce un'azione di adduzione dell'anca) → muscoli devono agire nella direzione opposta in modo da sostenere questo momento: muscoli abduttori (tra grande trocantere e ala iliaca). La forza produce un momento anche a livello del ginocchio → momento adduttore → serve momento adduttore prodotto dai legamenti articolari (collaterali laterali).

Asse della diafisi femorale ($4-5^{\circ}$ rispetto ad asse meccanico) → inclinato in totale di $7-8^{\circ}$ rispetto alla verticale.

Asse orizzontale è idealmente l'asse di flessione estensione delle ginocchia: dovrebbe essere in comune tra ginocchio dx e sx.



Considerando il piano sagittale Kapandij cerca di trovare una giustificazione alla morfologia delle articolazioni.

Supponiamo di avere due aste a contatto → per permettere rotazione serve superficie concava da una parte e convessa dall'altra. Per poter avere movimento più ampio si può scavare nell'arto superiore un incavo dentro il quale si insinua il becco → in questo modo si indebolisce la struttura del segmento posteriore. Si può allora spostare l'intero segmento in avanti ottenendo la forma approssimativa

del femore (diafisi e condili).

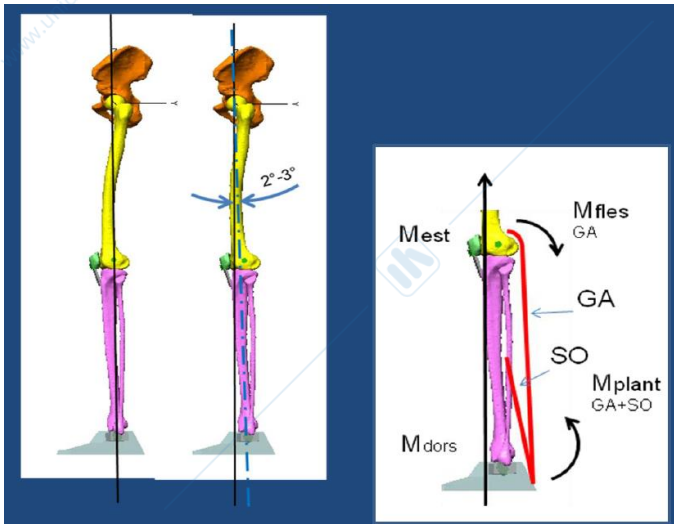
Curvature di diafisi del femore: considera l'osso come se fosse una trave caricata di punta. Secondo la teoria di Eulero una trave caricata di punta, a seconda dei vincoli che possiede all'estremità, subisce delle deformazioni che sono ben descritte. Nel caso in cui sia incernierata da una parte e incastrata dall'altra si genera una curvatura con un flesso in mezzo → giustificazione della forma del femore nel piano.

Nel piano sagittale invece l'osso non ha un vincolo d'incastro al ginocchio, ma è una cerniera → due cerniere all'estremità. Secondo la regola di Eulero questo dà origine ad una leggera curvatura in avanti nel piano sagittale. Questo vale anche per la tibia, caricata di punta con due cerniere alle estremità.

Queste ossa hanno anche particolari rotazioni lungo l'asse longitudinale. Considerando il piano dei condili femorali ci accorgiamo che il grande trocantere sta molto più indietro della testa del femore (anteversione del collo femorale). Questo significa che andando in giù c'è una intra-torsione del femore. L'asse dell'articolazione tibio-astragolica risulta ruotato con la parte interna in avanti → extratorzione della tibia.

Durante il passo il bacino si inclina in avanti e mette il piede nella posizione di progressione (un po' girato verso l'esterno) → in questo modo sfrutta al meglio l'ampiezza del piede per produrre la propulsione.

→ piano frontale



Nel piano sagittale il femore ha forma come onda unica senza flessi. L'asse meccanico di solito nella postura eretta è leggermente inclinato, con il piede un po' più indietro della testa femorale (circa 2,3°).

Se abbiamo forza verticale passante per il centro dell'anca non abbiamo momento all'anca, ma abbiamo un momento al ginocchio (forza passa un po' davanti al centro del ginocchio) → momento di tipo estensorio che dovrà essere compensato dall'azione dei muscoli flessori interni.

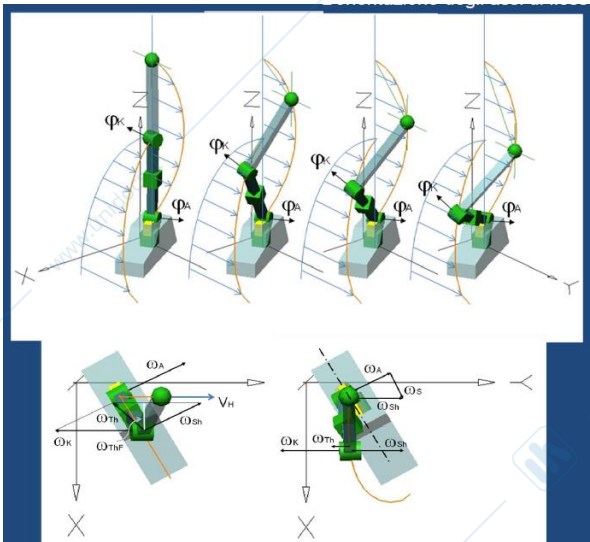
libro p. 37

Andando ancora più in estensione ci sono anche delle strutture passive, come legamenti, capsula articolare ecc. che impediscono l'iperestensione del ginocchio. Muscoli flessori più importanti: flessori plantari del polpaccio. Serve sia azione interna di tipo flessorio ma una azione di flessori plantari per compensare azione di forza che produce momento flessorio dorsale.

In figura sono in realtà rappresentati 3 muscoli, il soleo che è un muscolo mono-articolare (che agisce come flessore plantare alla caviglia) e il gastrocnemio che è costituito da due ventri muscolari gemelli, che agisce non solo alla caviglia, con il tendine comune che ha con il soleo (tendine d'Achille), ma agisce anche sopra il ginocchio con un avvolgimento dei tendini prossimali sopra ai condili femorali. Entrambi aiutano l'azione dorsi-flessoria del ginocchio, ma il gastrocnemio in più aiuta a sostenere il momento estensorio applicato al ginocchio.

meo senso che lo contrasta

L'orientazione degli assi di flesso-estensione



Per effetto di intra ed extra torsioni del femore e della tibia, abbiamo asse di flessione del ginocchio diretto perpendicolarmente al piano sagittale.

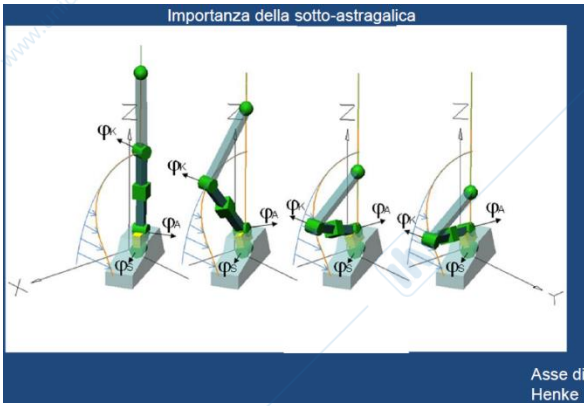
L'astragalo permette una rotazione intorno ad un asse che è inclinato rispetto al piano che contiene l'asse del ginocchio. Piede è ruotato in fuori e si flettono rispetto ad assi che non sono paralleli a quelli del ginocchio. Ma sono inclinati sul piano orizzontale come nell'immagine.

Φ_A → vettore di rotazione elementare attorno all'asse tibio-astragale. Questo non sta sullo stesso piano di ϕ_K del ginocchio.

Se volessimo far scendere la testa del femore verso il basso e permettere un'accucciamento, troviamo che tra tibia e femore la rotazione avverrà attorno all'asse medio-laterale, al di sotto ci sarà la rotazione attorno all'asse della caviglia. Il movimento risultante non sarà quindi nel piano sagittale, ma su due assi inclinati → spostiamo anche lateralmente rispetto al piano sagittale.

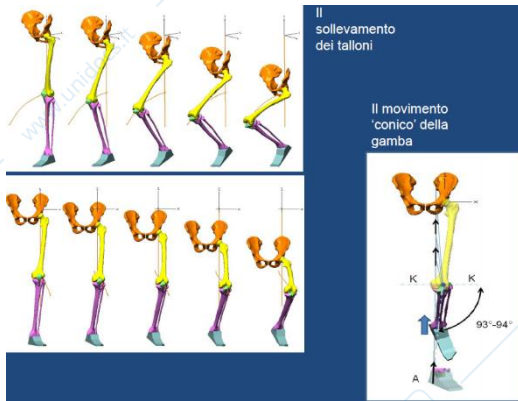
se considero rigida e articolazione tibio-astragale

Per evitare che l'anca vada fuori lateralmente, quindi per farla scendere verticalmente, dovrò concedere a livello dell'articolazione tibio-astragale, un'ulteriore gdl una rotazione di pronazione-supinazioni rispetto ad un asse anteroposteriore.

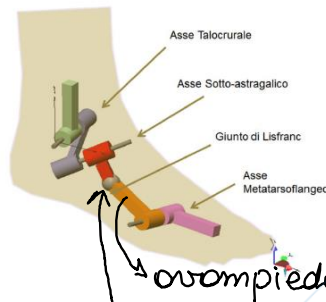
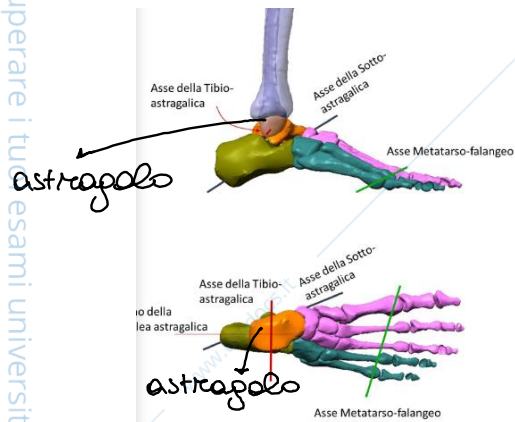


Questo succede perché al di sotto dell'astragalo c'è un'altra articolazione che è tra astragalo e calcagno, che ha un asse di rotazione non solo di flessione-estensione, ma anche anteroposteriore di pronazione-supinazione. Grazie a questo l'anca può scendere verticalmente grazie ad una flessione del ginocchio e a una flessione composta della caviglia attorno ad asse medio-laterale e attorno ad un asse antero-posteriore.

(p. 42-43-44 libro)



Per rotazioni molto elevate la traiettoria si sposta ancora, deviano ulteriormente dalla traiettoria che starebbe sul piano sagittale. Quindi il ginocchio rimane per un po' di tempo sul piano sagittale grazie alla pronazione astragalica, ma poi si sposta lateralmente di nuovo. Quando il grado di flessione del ginocchio è molto elevato, il piede si solleva dal terreno e la rotazione non avviene più solo attorno alla caviglia ma avviene anche attorno all'asse che collega le teste metatarsali → a quel punto si può scendere mantenendosi sul piano sagittale.



Tutta l'articolazione della caviglia si chiama tibio-tarsica (tarso è l'insieme delle ossa che stanno davanti alla caviglia).

Flessione-estensione è garantita dal movimento tra tibia e astragalo → asse medio-laterale.

Asse della sotto-astragalica: asse antero-posteriore leggermente inclinato verso la parte mediale del piede e verso l'alto. È

determinato dalla geometria dell'osso astragalo (arancione) rispetto al calcagno su cui appoggia. Cerniera che permette due gdl. Tarsi e metatarsi: complesso di articolazioni che si possono semplificare con una cerniera sferica chiamata giunto di Lisfranc. Parte arancione chiara rappresenta tutto l'avampiede (struttura rigida) e poi ci sono le falangi delle dita che permettono la rotazione dell'avampiede rispetto a un piano che contiene le falangi attraverso un asse di rotazione metatarso-falangeo. Trascura la parte anatomica ma tiene conto di tutte le caratteristiche cinematiche.