

Università “Magna Graecia” Catanzaro
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Corso di Laurea di Podologo

BIOMECCANICA PODALICA

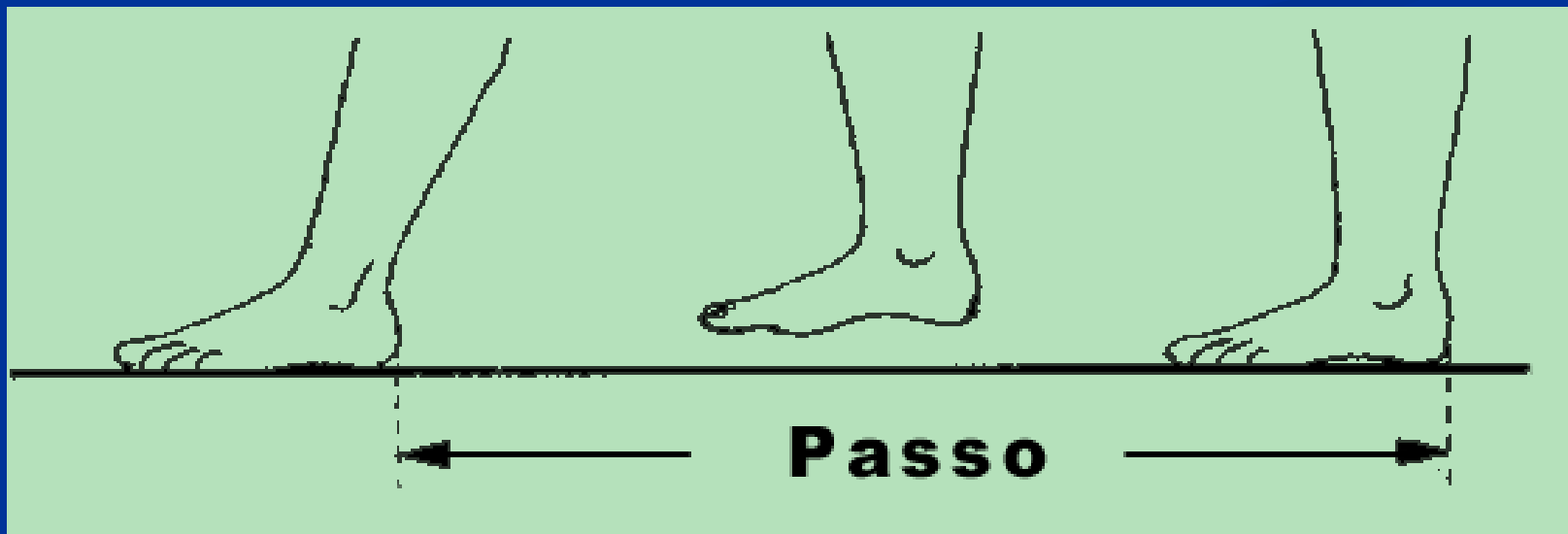


Dr. Arcangelo Marseglia
Podologo
Coordinatore Tecnico-Pratico

‘Il sistema antigravitario podalico oltre a essere costituito da una struttura ossea articolata connessa da legamenti, capsule articolari, presenta un complesso sistema neuro-muscolare che stabilisce il preciso e tempestivo rapporto fra stimoli esterni e risposte interne. Sono queste le premesse della opportuna risposta del piede all'ambiente’”

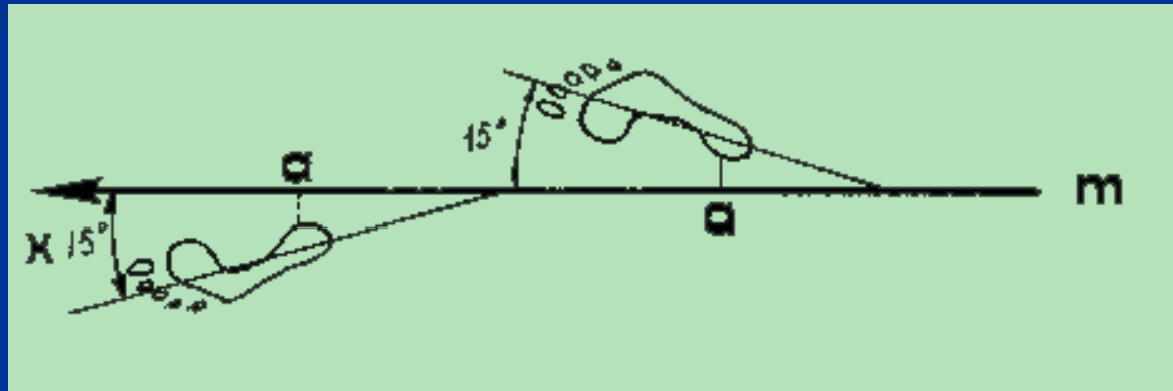
Il piede nel processo locomotorio

La deambulazione è una successione di passi, individuati dalla distanza che intercorre fra gli appoggi del piede, misurata da tallone a tallone.



Il piede nel processo locomotorio

L'asse del piede, rispetto alla direttrice di marcia, forma un angolo aperto all'esterno di circa 15° e la larghezza del passo (a), (distanza misurata dalla parte mediale del tallone alla direttrice di marcia) è di 5-6 cm.



a) *Larghezza del passo.*

x) *Angolo del passo.*

m) *Linea di marcia*

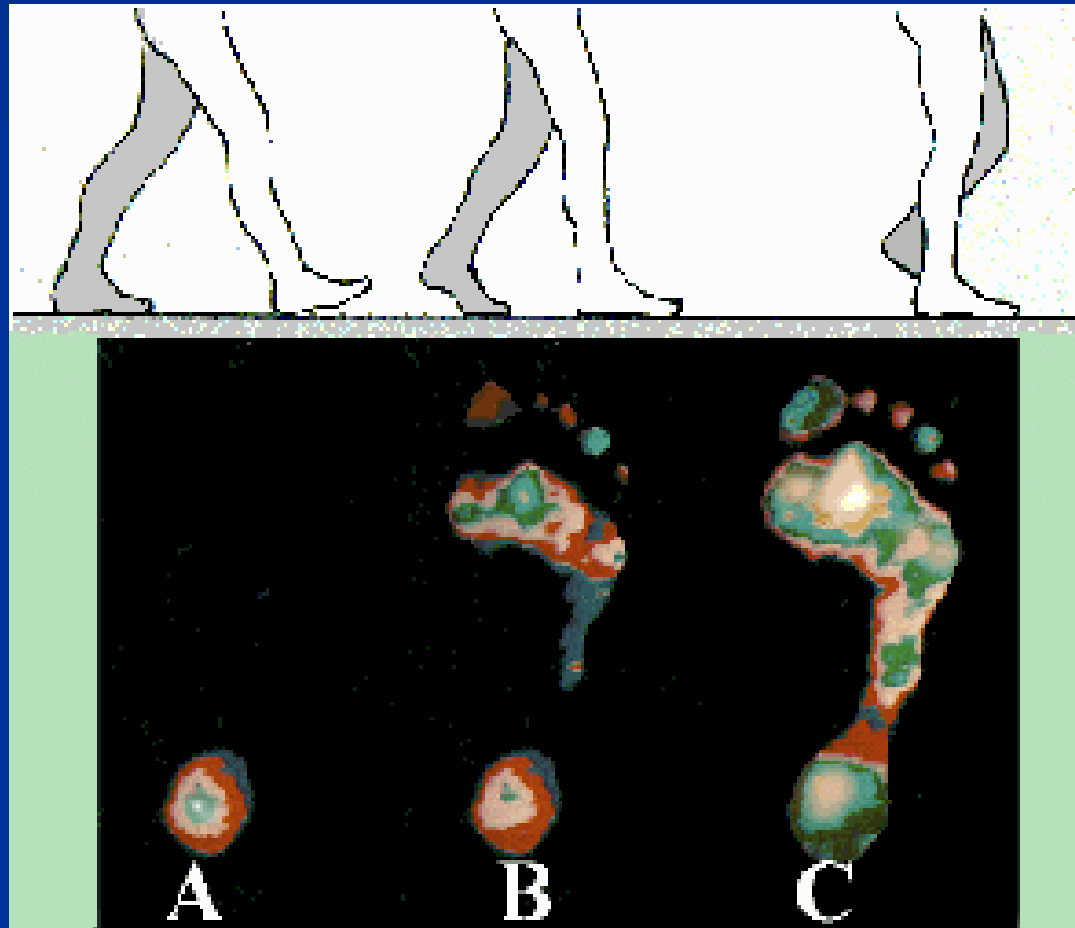
La cadenza è il numero dei passi in un minuto.

La velocità della marcia è lo spazio percorso in un minuto, ed è uguale al prodotto della lunghezza del passo per la cadenza.

*‘Nel processo locomotorio, il piede a contatto diretto con la forza gravitaria tramite la reazione dal suolo, ha un ruolo fondamentale. Viene a patti con la gravità: ora è **filogravitario**, ora è decisamente **antigravitario**. Nella fase iniziale del passo appoggia sul terreno soltanto parte della superficie del calcagno; con l’ampliarsi del contatto si rilassa completamente sotto l’azione gravitaria’*

Fase di rilassamento

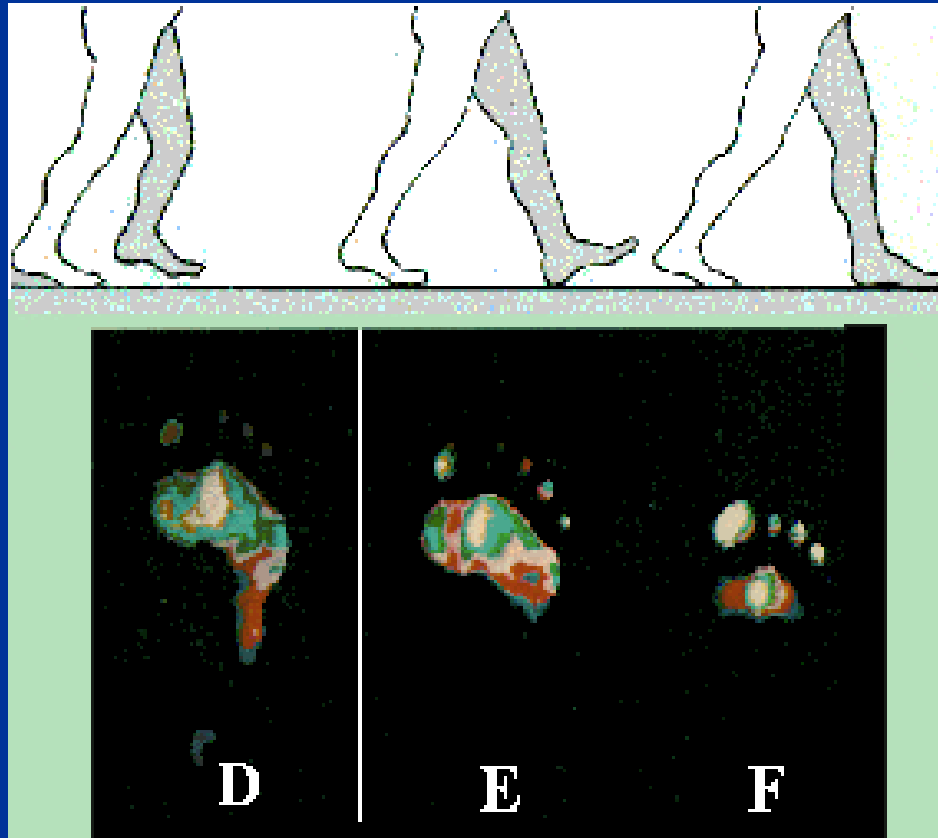
In questa fase il piede è **filogravitario**; non s'oppono alla gravità, ma l'utilizza per adattarsi sulla superficie d'appoggio (A, B, C).



Fase d'irrigidimento

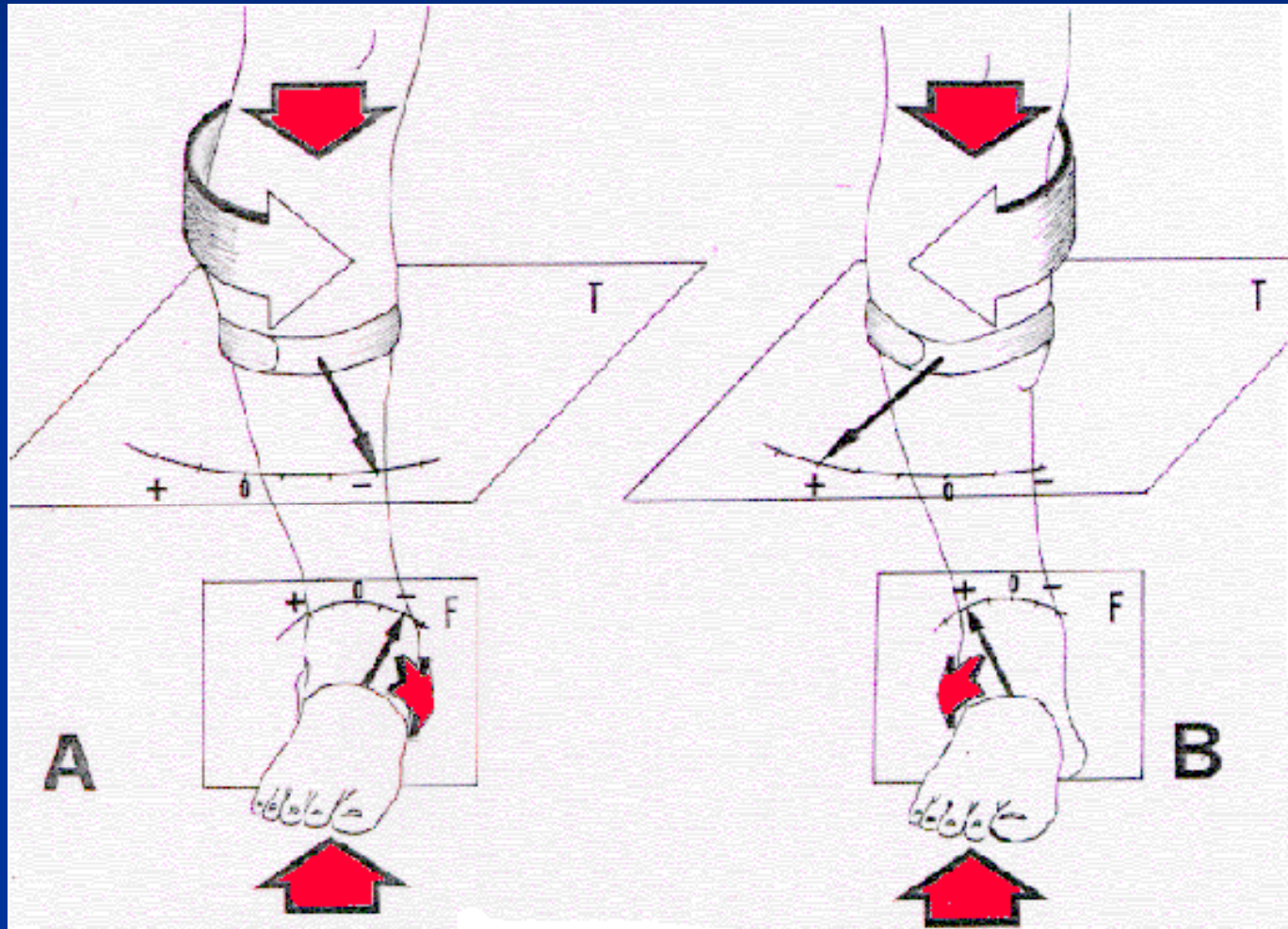
Nella propulsione, il piede s'oppona alla gravità. La sua funzione è **antigravitaria**: s'irrigidisce opponendosi attivamente all'azione immobilizzante della gravità.

In D, E, F graduale distacco del piede dalla superficie di appoggio

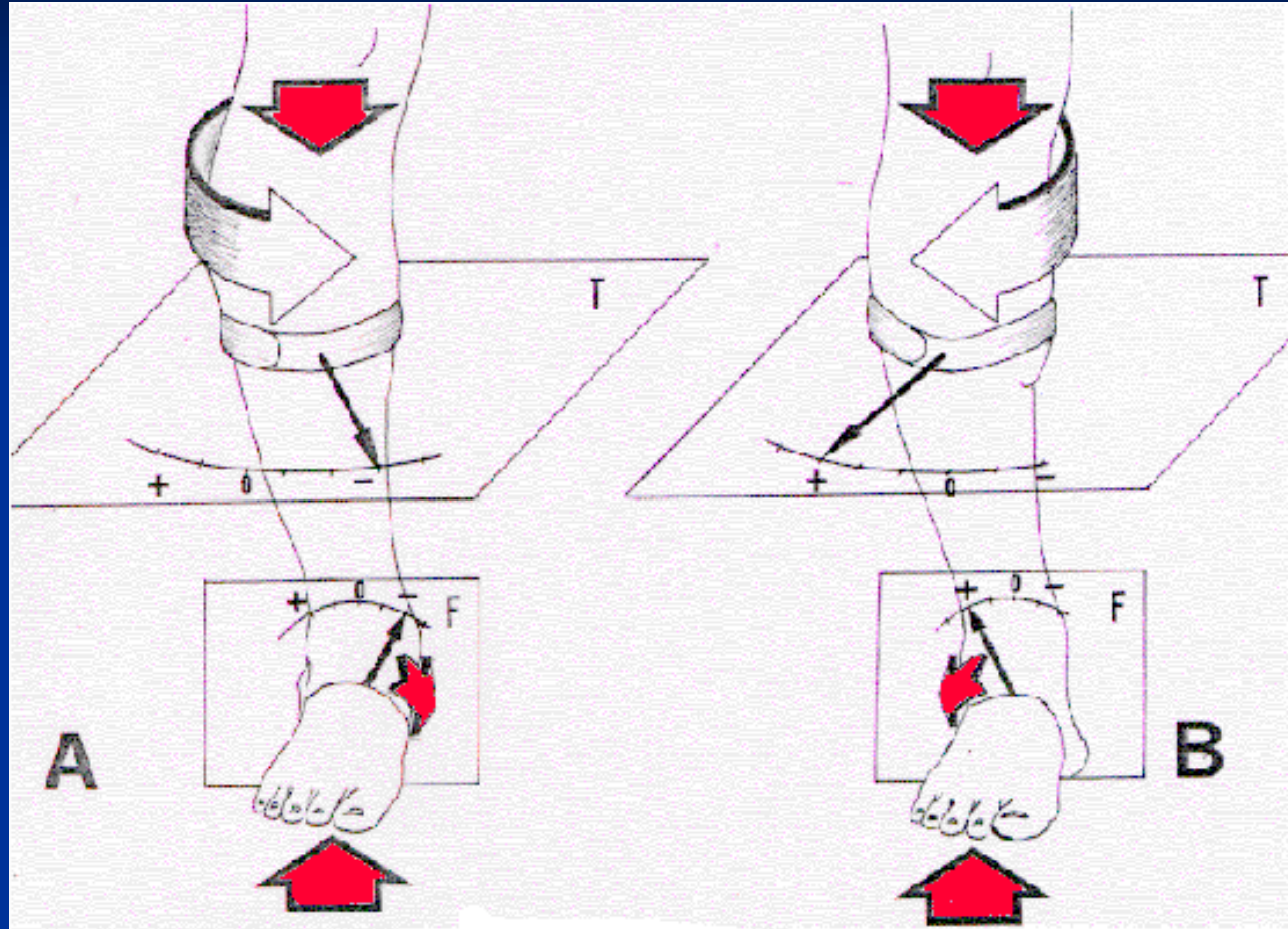


Il rilassamento e l'irrigidimento del piede non sono casuali, ma determinati dalle rotazioni soprapodaliche intorno all'asse della gamba, che modulano, per mezzo di un'opportuna trasmissione, le rotazioni retro-avampodaliche del piede, alternando il rilassamento e l'irrigidimento.

Per mezzo di dispositivi di repere, opportunamente applicati sulla gamba e sul piede, si possono osservare le rotazioni intorno all'asse della gamba che si trasferiscono al piede (fig. A, B)



Le rotazioni della gamba dal piano trasverso (T) si trasferiscono al piano frontale (F)

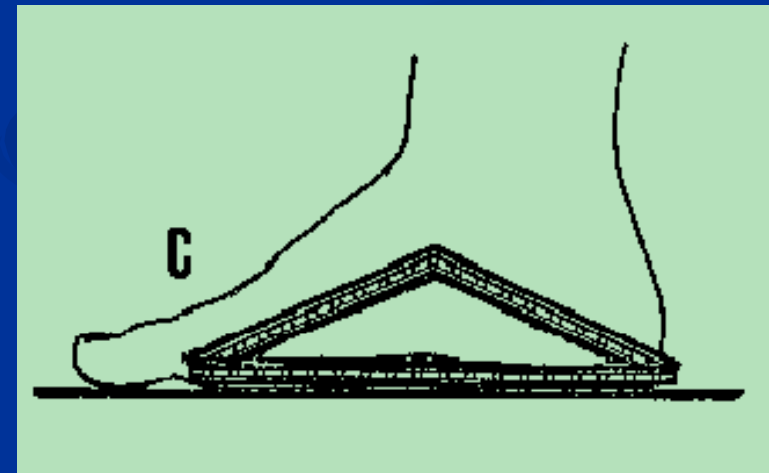
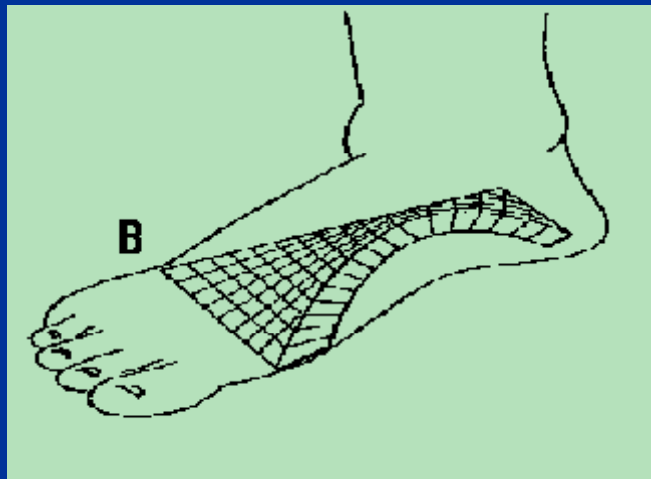
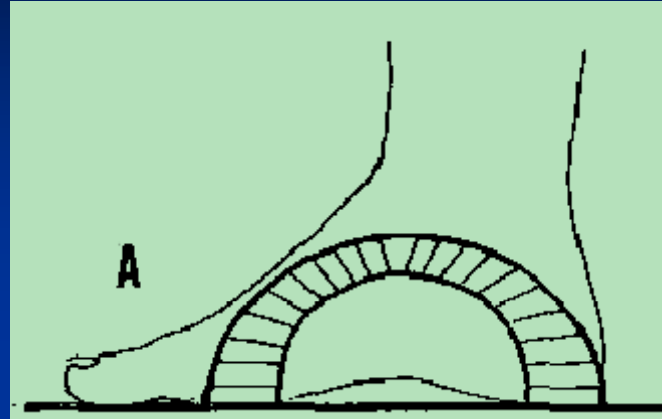


F) Piano frontale passante per la medio-tarsica.

A) Rotazione interna della gamba. (**Rilassamento del piede**).

B) Rotazione esterna della gamba. (**Irrigidimento del piede**).

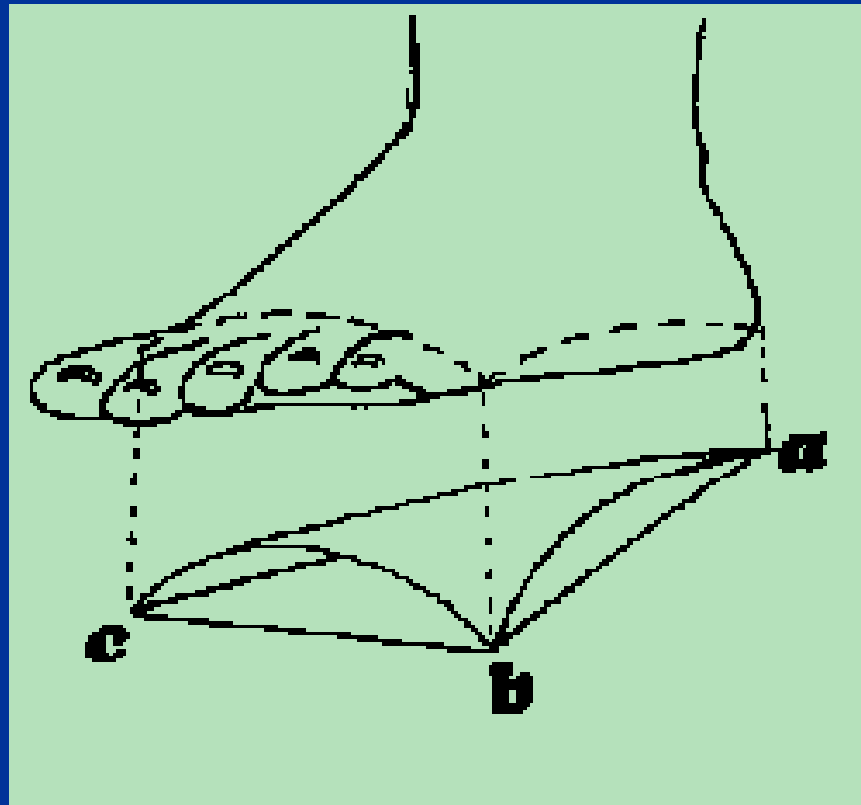
Nel passato il piede era considerato strutturato come un elemento architettonico, con foggie analoghe all'arco, alla volta, alla capriata (fig. A, B, C).



Farabeuf nel lontano 1870 formulò la teoria del Tripode, perché riteneva che il piede fosse strutturato con volte poggiate su tre punti.

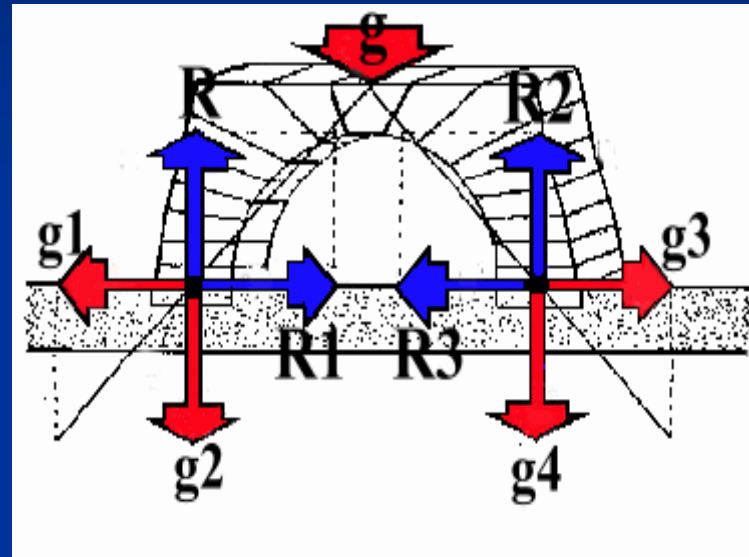
Questa teoria fu accettata da famosi caposcuola, come Lenoir, Kapandji, Hohman, e tuttora ritenuta da molti ancora valida.

A favore di quest'assimilazione è stato scritto molto; ma, alla luce delle nuove conoscenze, è stato dimostrato non corrispondente alla verità, perché il piede, nella propria funzione specifica, genera un moto spaziale a geometria elicoidale, che non può associarsi ad una struttura rigida.



La struttura del piede

La struttura del piede è mobile nei tre piani dello spazio e non è vincolata alla base d'appoggio



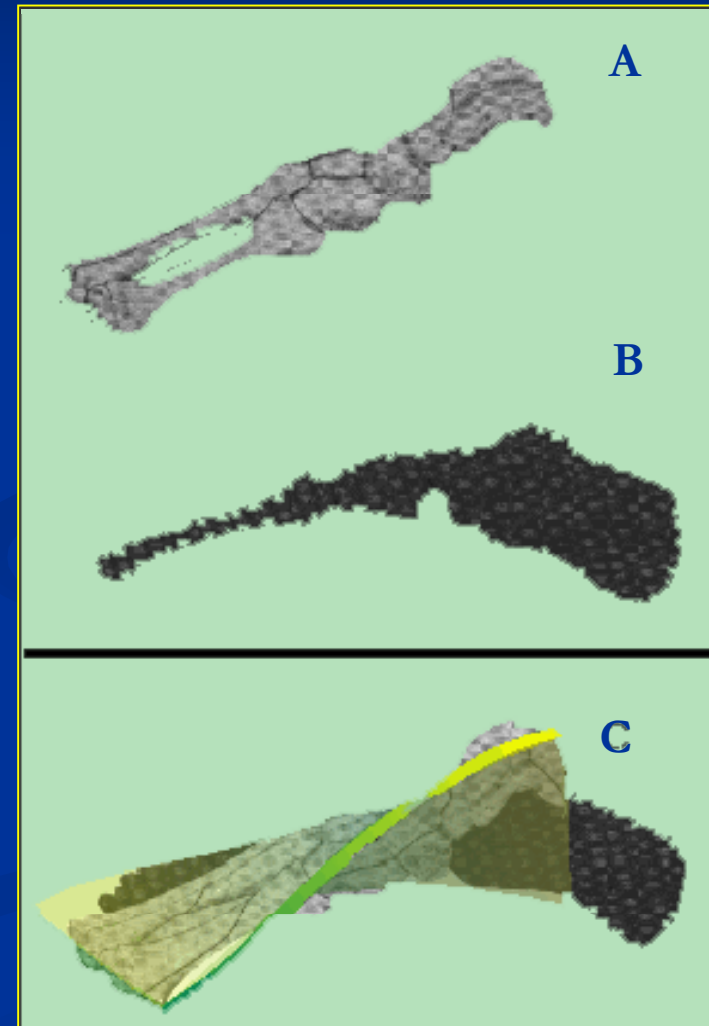
Le strutture a volta si mantengono in equilibrio per la loro particolare conformazione ad incastro e soprattutto per i vincoli di base.

Dalla figura si può osservare come la forza peso (g), distribuita sulla base, scomposta in (g_1, g_2) e (g_3, g_4), è equilibrata dalla reazione del terreno (R, R_1) e (R_2, R_3).

La struttura del piede

Piede astragalico e Piede calcaneare

Soltanto recentemente, con lo studio più approfondito dell'anatomia e della fisiologia podalica, la struttura del piede, in contrapposizione ai vecchi concetti, acquisisce un nuovo significato. Con la suddivisione della struttura in **"piede astragalico"** e **"piede calcaneare"**, si pone finalmente in evidenza il moto reciproco: **spaziale antigravitario**. *Questo concetto è stato illustrato in particolare da Pisani.*



La struttura del piede

Piede ASTRAGALICO

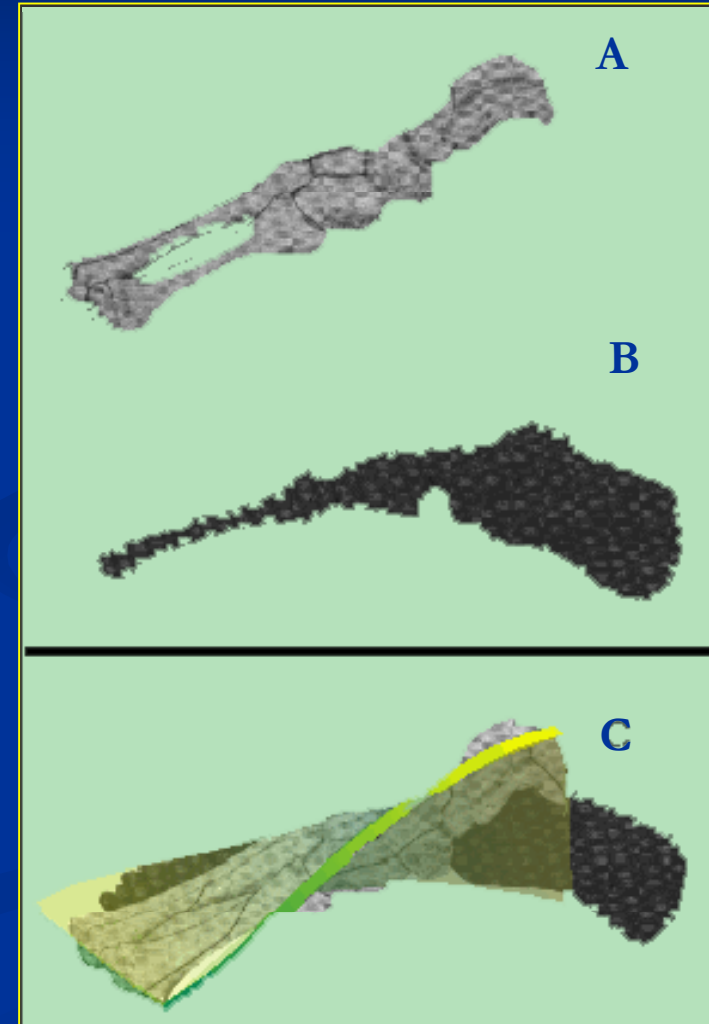
Articola con la gamba ed è composto dall'astragalo, dallo scafoide, dai tre cuneiformi, dal primo, secondo, terzo metatarso e le corrispondenti dita. (A). Per la sua particolare funzione (trasmissione delle sollecitazioni ponderali dalla gamba al piede), è considerato come parte mobile del piede, denominato "piede dinamico".



La struttura del piede

Piede CALCANEARE

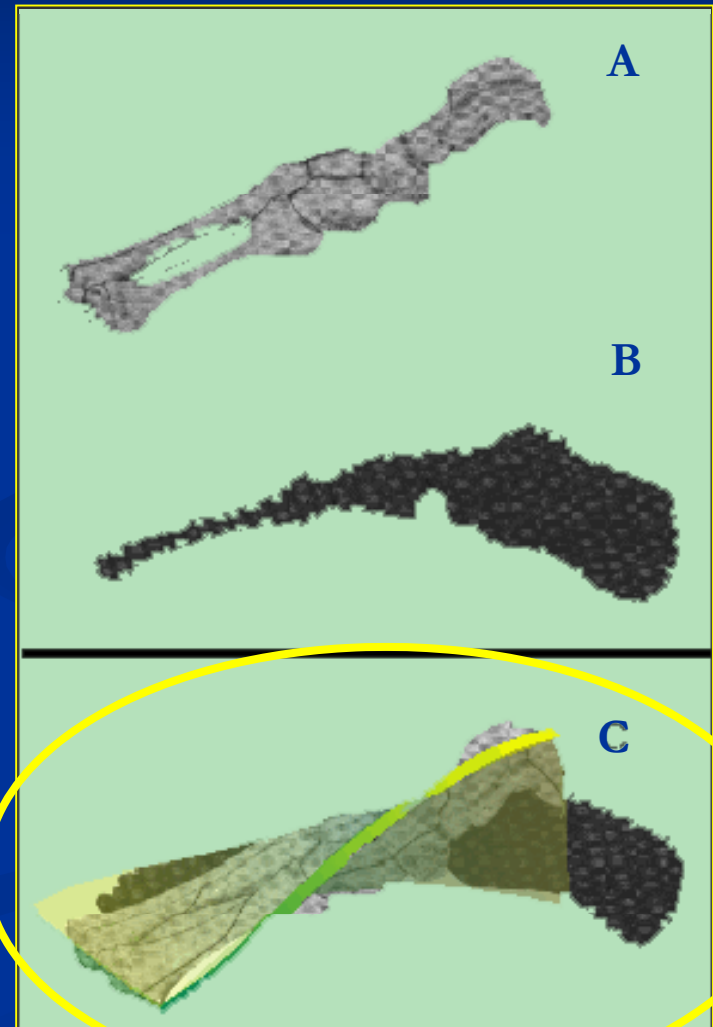
Comprende il calcagno, il cuboide, il quarto e quinto metatarso con le corrispondenti dita. Il calcagno articola con l'astragalo, il cuboide e con il terzo cuneiforme, denominato "piede statico", (B),
La funzione combinata dei due elementi genera un moto a geometria elicoidale, (fig.C).



Genesi "dell'elica retroavampodolica

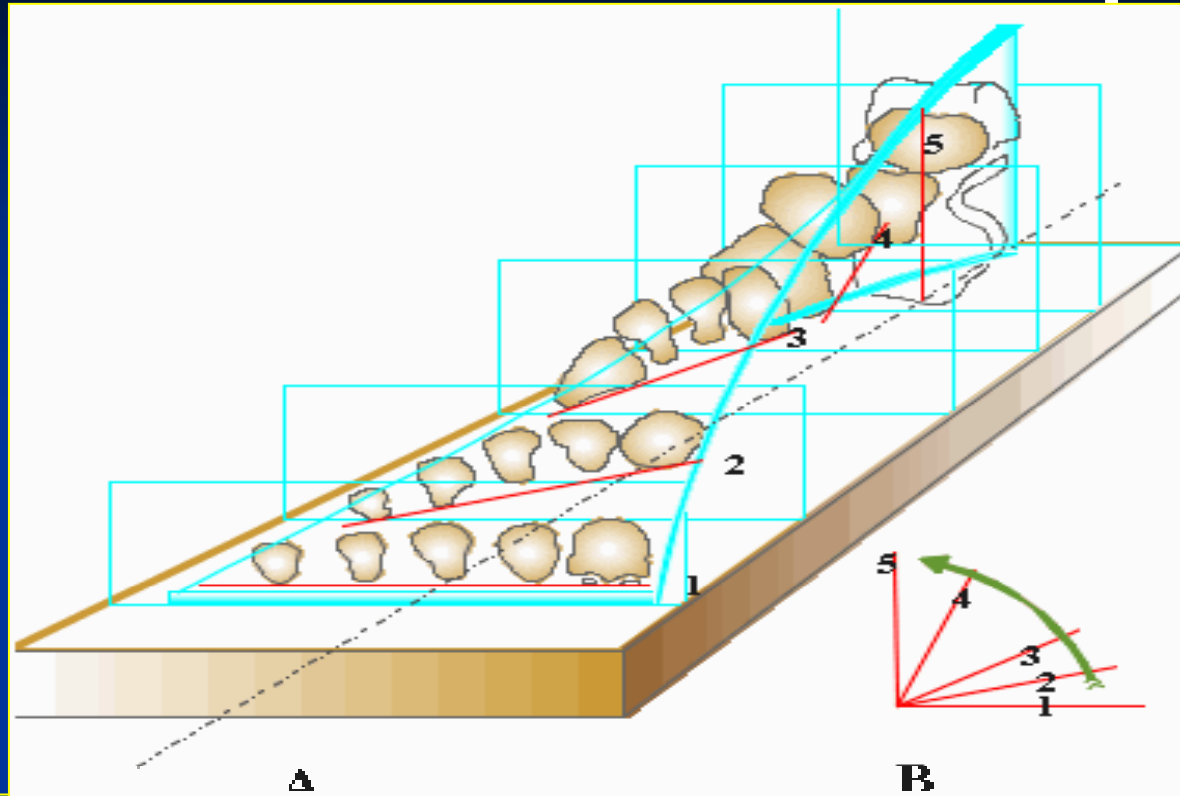
Piede astragalico (A) e piede calcaneare (B) confluiscono ne dare origine al piede elica (C).*

La suddivisione anatomica, piede astragalico-calcaneare viene enunciata con l'intento di suffragare i moti strutturali podalici. Pur ritenendo valida la suddetta suddivisione, ci esprimeremo con termini geometrici e non anatomici, perché di fatto, la funzione specifica del piede avviene con moto a *geometria elicoidale*.



*Da Paparella Treccia - L'uomo e il suo moto - Verduci 1988-Roma.

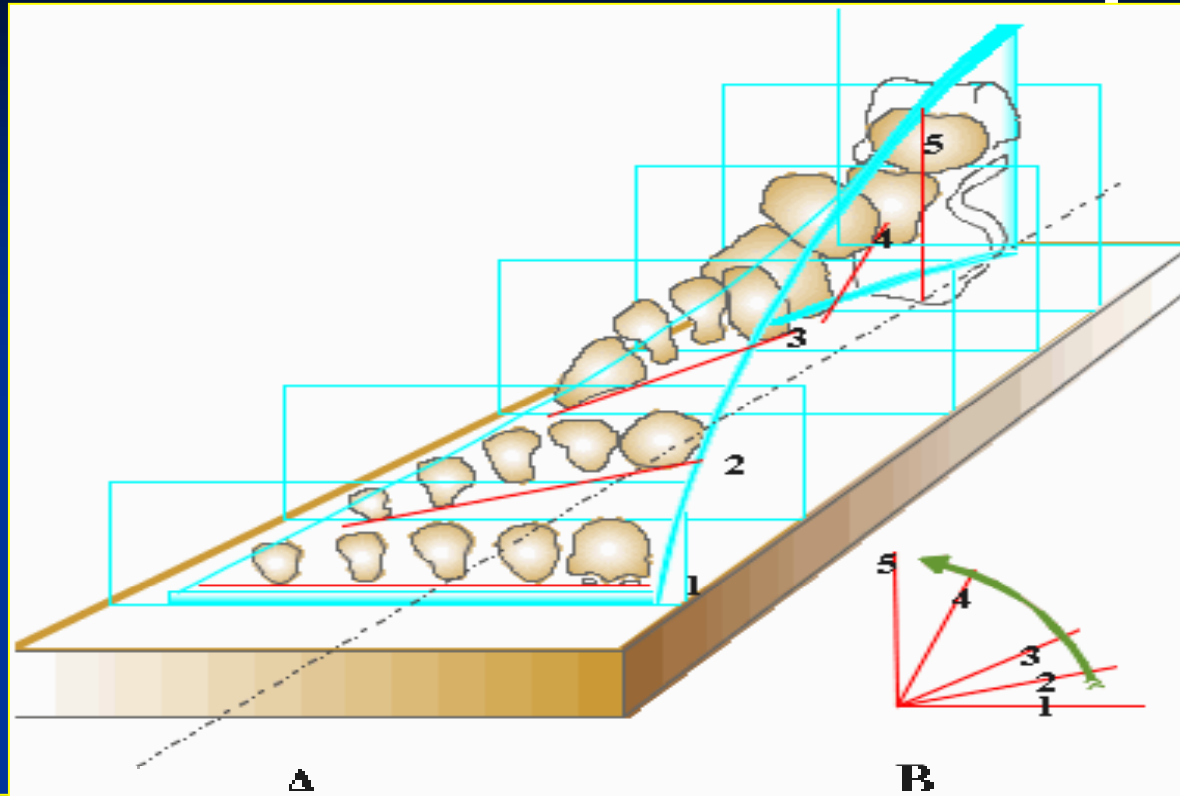
Genesi "dell'elica retroavampodolica



Questa interpretazione fa luce sulla corrispondenza fra struttura e funzione e sulla **genesi pato-meccanica** di gran parte delle **alterazioni podaliche**.

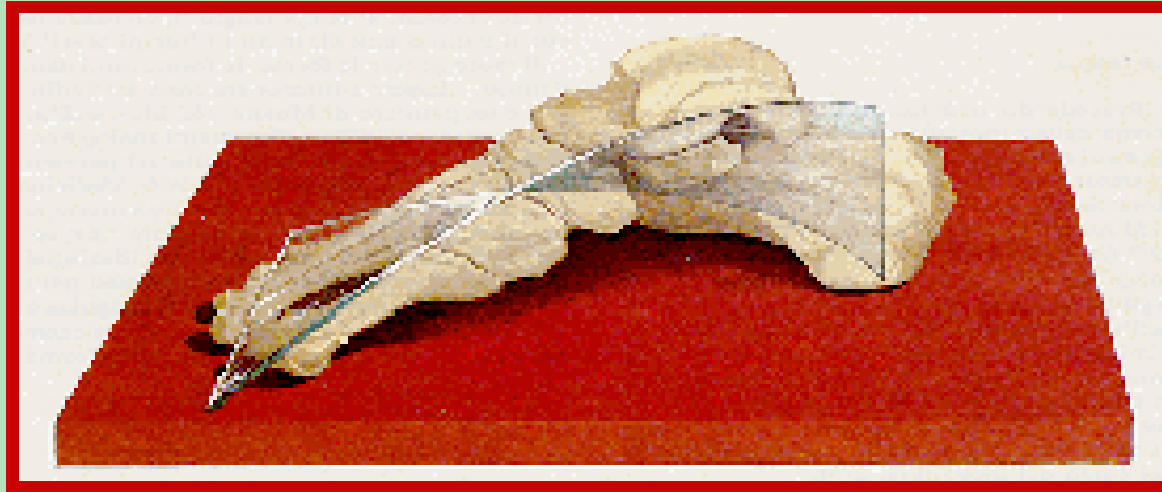
*La configurazione scheletrica delle ossa tarso-metatarso, analizzata mediante sezioni successive, evidenzia la **gradualità della transizione spaziale** (dal piano orizzontale al piano verticale nella direzione ventro-dorsale)*

Genesi "dell'elica retroavampodolica



A Dalle cinque sezioni riportate si può osservare come le ossa del piede siano disposte con geometria elicoidale.

B Le sezioni 1,2,3,4 e 5 evidenziano il graduale aumento angolare della disposizione delle ossa: esse procedono dalle teste metatarsali, (piano orizzontale) al retropiede (piano verticale).

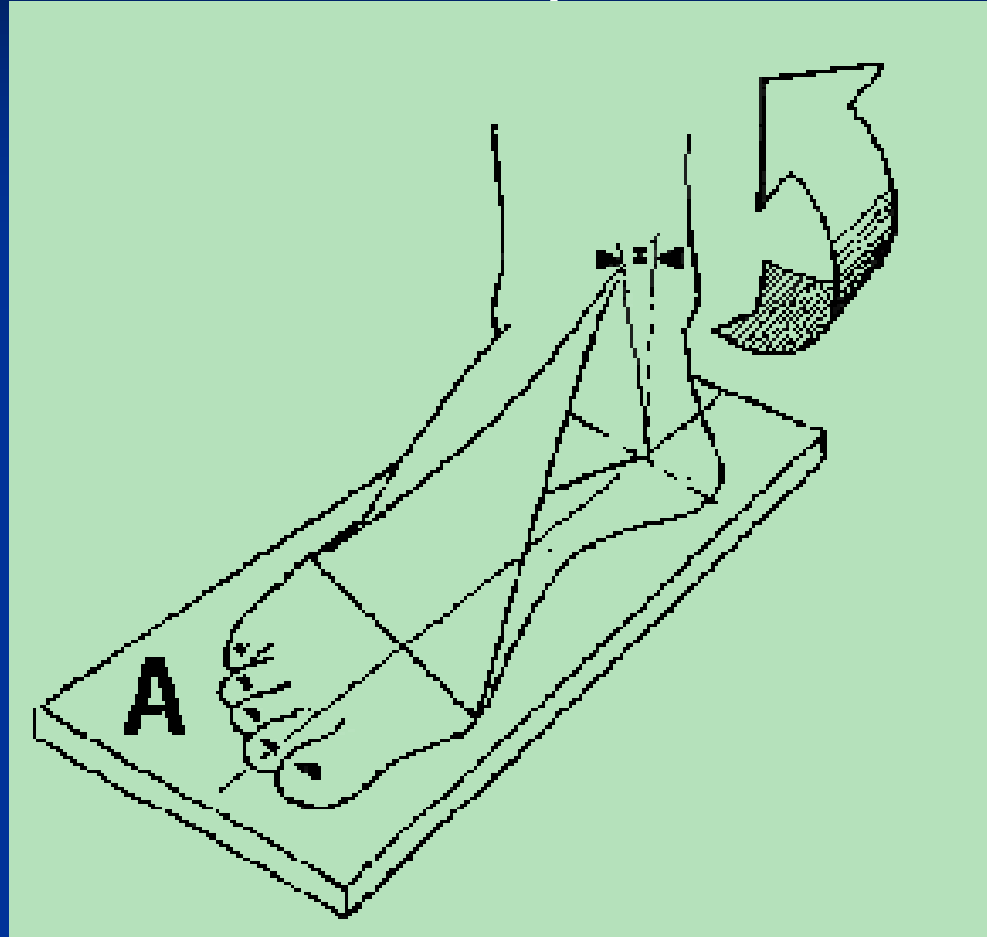


**La verità del moto specifico dell'uomo
è nascosta fra le spire di un'elica
R. Paparella Treccia**

La vecchia consuetudine, che assimilava il piede all'arco, alla volta, al tripode, alla capriata, ha condizionato sfavorevolmente la ricerca. Dal canto nostro accantoneremo i vecchi concetti convenzionali, considereremo il piede secondo le ultime acquisizioni avute nell'ambito della podologia, cioè come una “**struttura elicoidale a passo variabile**”, evidenziandone i moti antigravitari.

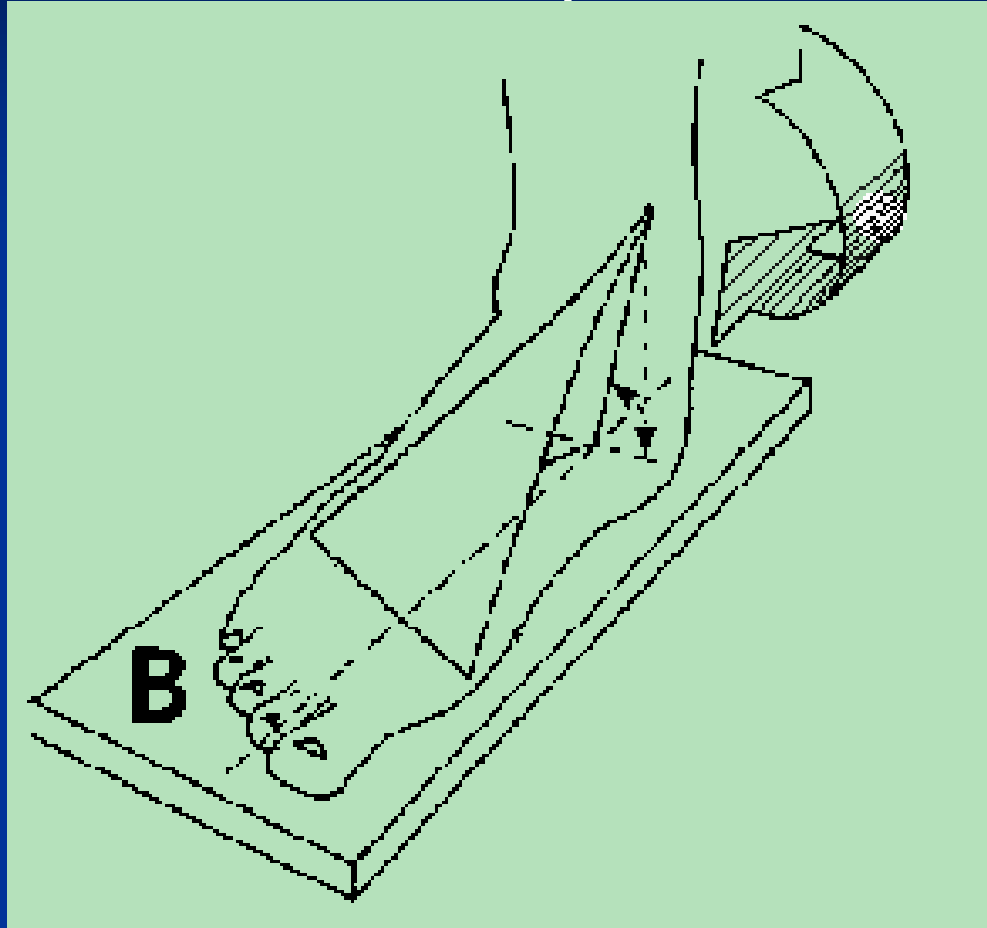
() Da Paparella Treccia - L'uomo e il suo moto - Verduci 1988-Roma.*

Avvolgimento e svolgimento retro-avampodalico



*Nella fase di propulsione, le ossa tarso-metatarso, **si avvolgono con moto elicoidale, irrigidendosi***

Avvolgimento e svolgimento retro-avampodalico



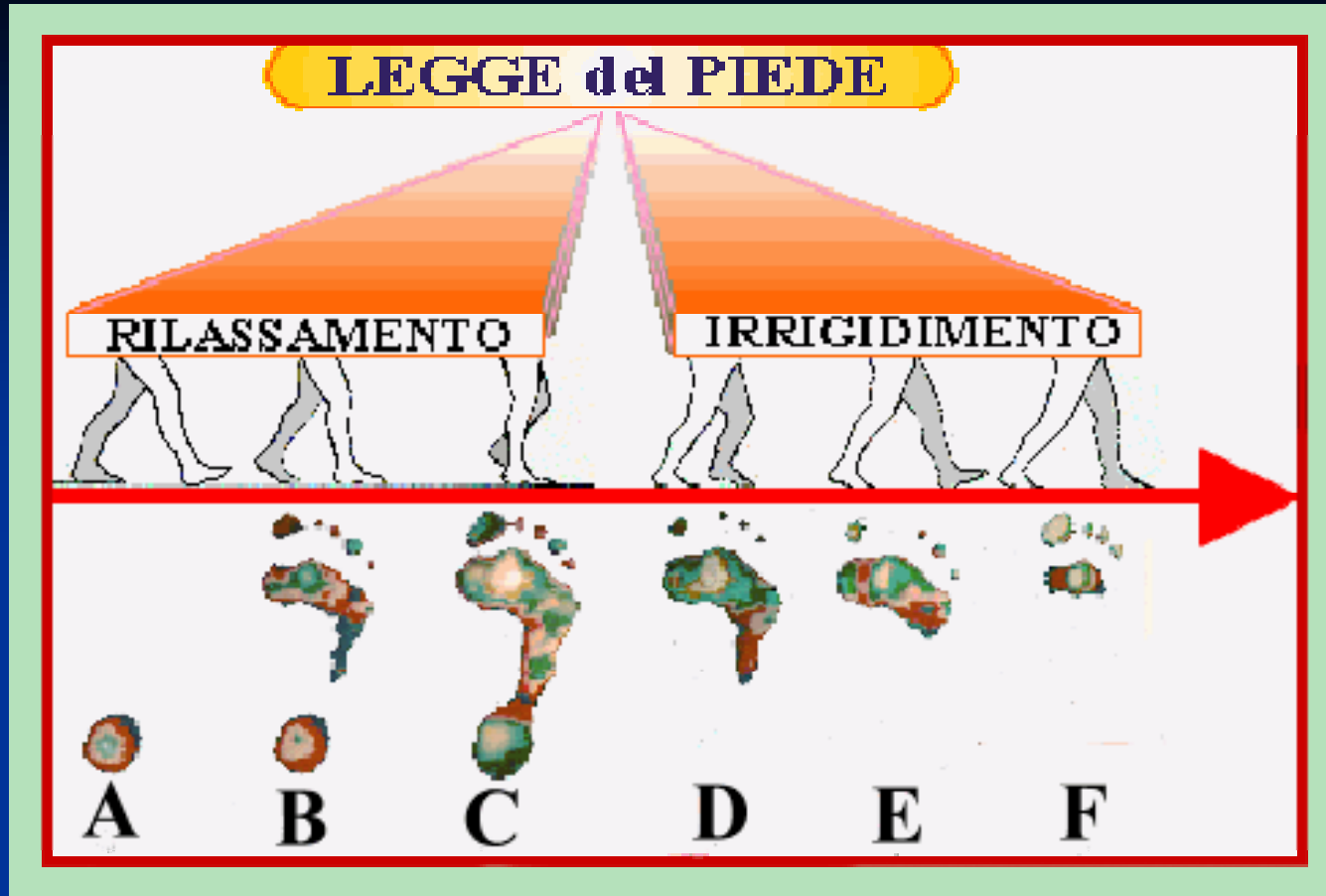
*Nella presa di contatto con il terreno, le ossa tarso-metatarso, **si svolgono con moto elicoidale, rilassandosi***

LEGGE DEL PIEDE

In un sistema organizzato nulla avviene per caso; tutto è predisposto e ben disposto. Il piede nella sua specifica funzione alterna il proprio modo d'essere, ora rilassandosi ora irrigidendosi: “si rilassa per adattarsi e "informarsi" e reagisce attivamente alla gravità irrigidendosi per progredire nella deambulazione”..

Questo alternarsi non è casuale ma rispetta la legge che governa il piede, poiché l'efficienza del sistema antigravitario podalico è fondata sul principio dell'alternanza:

rilassamento e irrigidimento



-Nel rilassamento (fase filogravitaria) prevale l'attività informativa:

(piede organo di senso).

-Nell'irrigidimento (fase antigravitaria) prevale l'attività motoria:

(piede organo di moto)

-A,B C: graduale rilassamento del piede:

(Fase filogravitaria)

-D,E,F: graduale distacco del piede dalla base di appoggio:

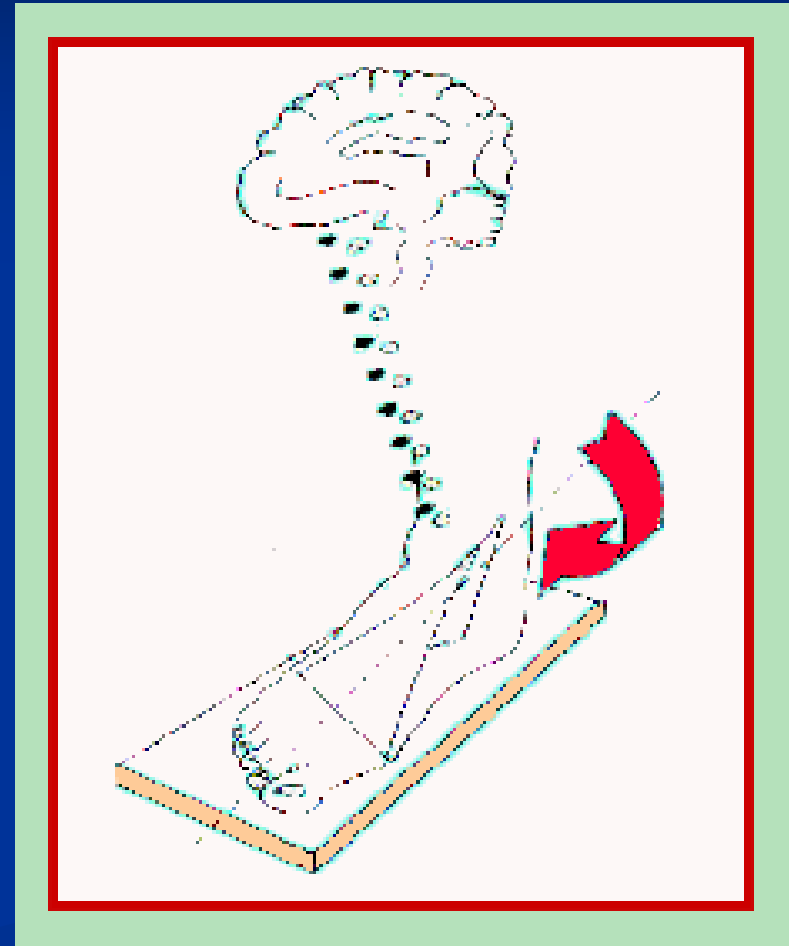
(Fase antigravitaria)

Piede organo di senso

Si rilassa per adattarsi ed informare i centri nervosi decisionali sulle caratteristiche ambientali

Adatta la propria struttura alla superficie d'appoggio, informando costantemente il sistema centrale della posizione nello spazio. In pari tempo, invia messaggi riguardo alla conformazione fisica della superficie d'appoggio

Il piede, nello svolgere la propria funzione specifica, **informa il sistema centrale sulla propria posizione spaziale**, ed in pari tempo, invia messaggi riguardo alle caratteristiche della superficie d'appoggio

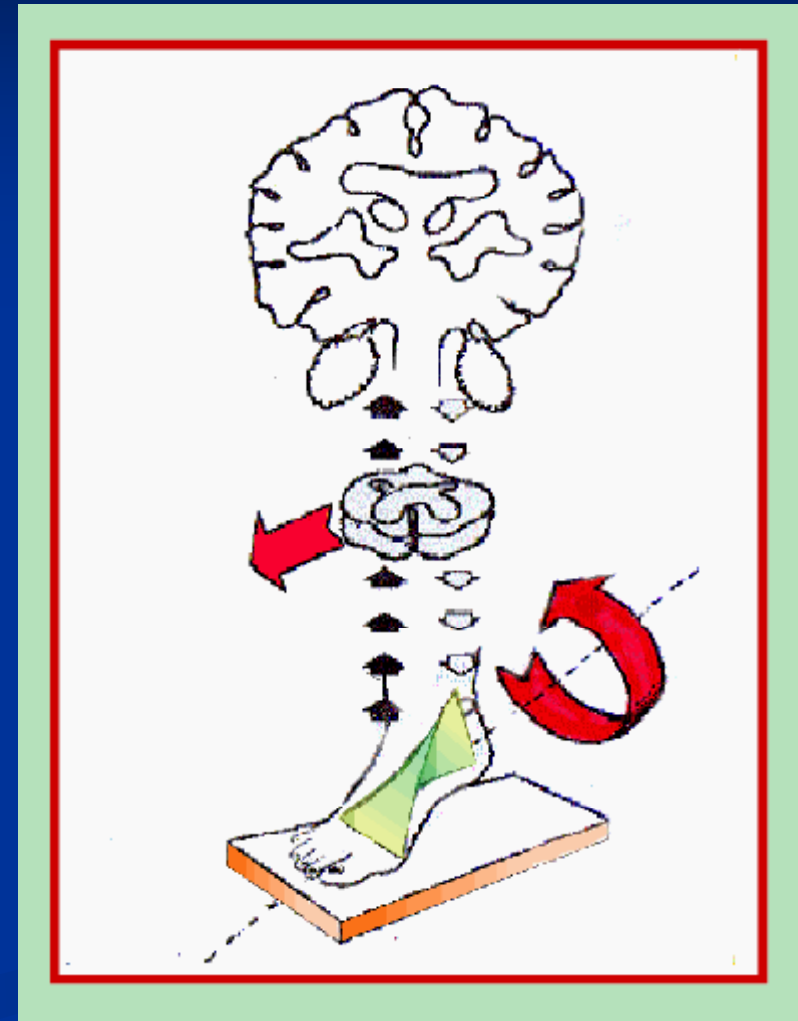


“L'area cerebrale di rappresentazione del piede per 2/3 è "sensoriale" e per 1/3 "motoria”

Piede organo di moto

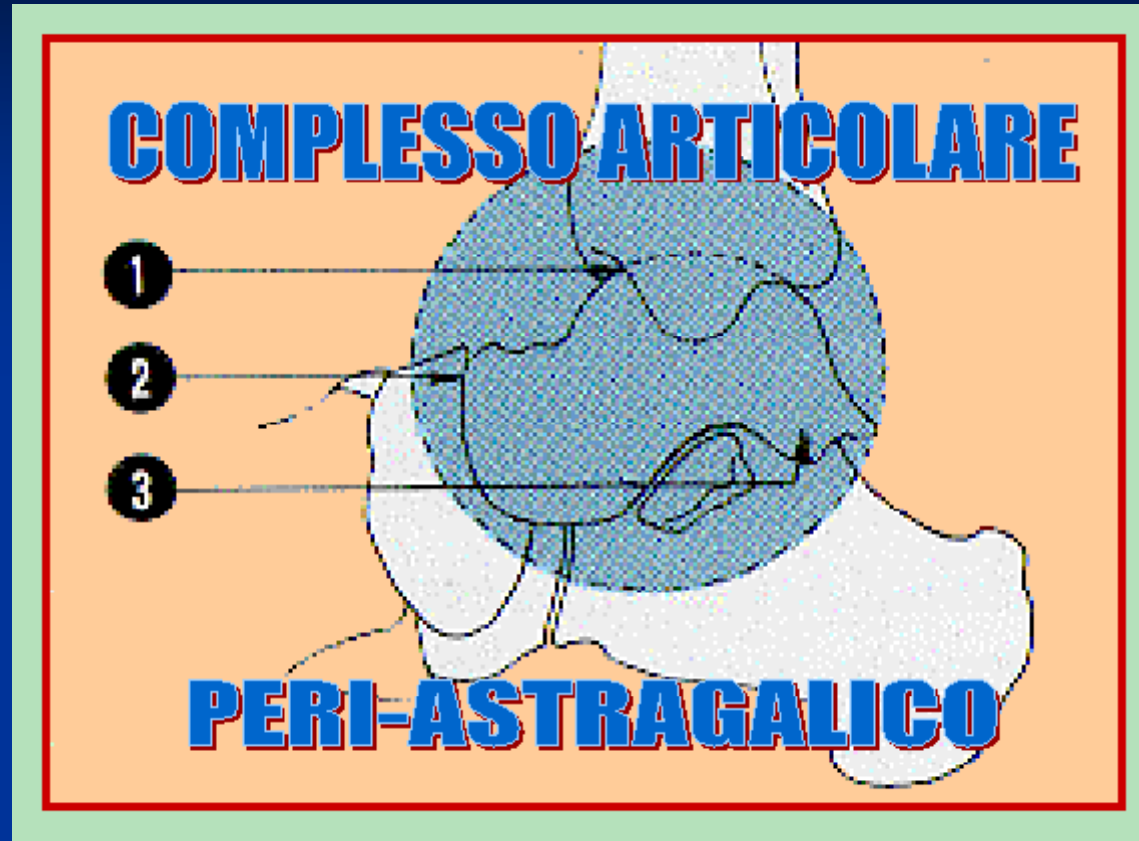
Esaurito il periodo di rilassamento il piede "reagisce" irrigidendosi

nella fase propulsiva i segmenti osteo-articolari del tarso e del metatarso, coinvolti nel moto avvolgente retro-avampodalico, si serrano tenacemente compattandosi. Le forze interne completano l'episodio autoregolando il sistema nel contesto ambientale. Il piede così s'irrigidisce e agisce come una barra di leva, **consentendo al corpo di progredire.**



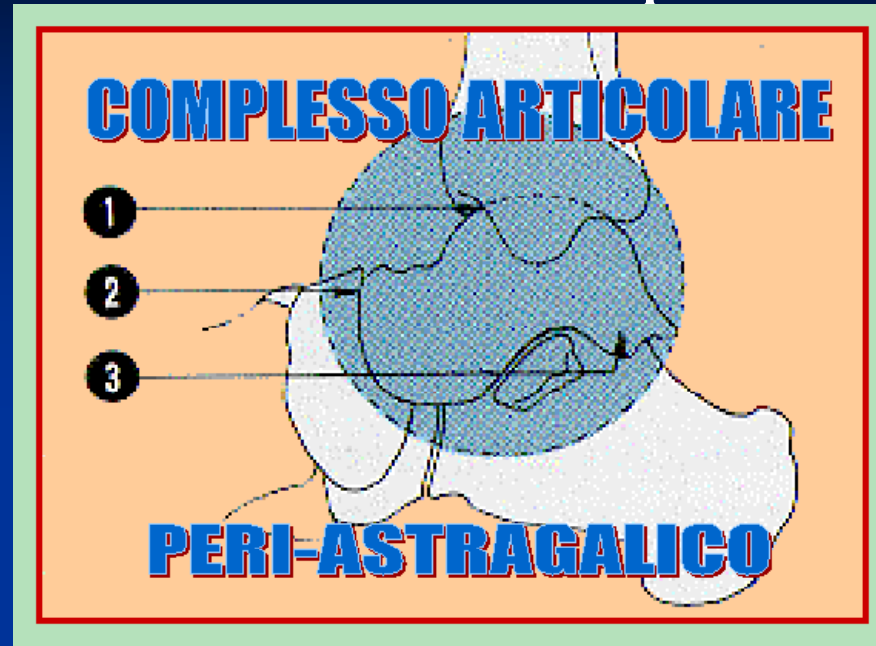
Il piede connette alle sue prerogative sensoriali il significato di "organo di moto"

Complesso articolare peri-astragalico



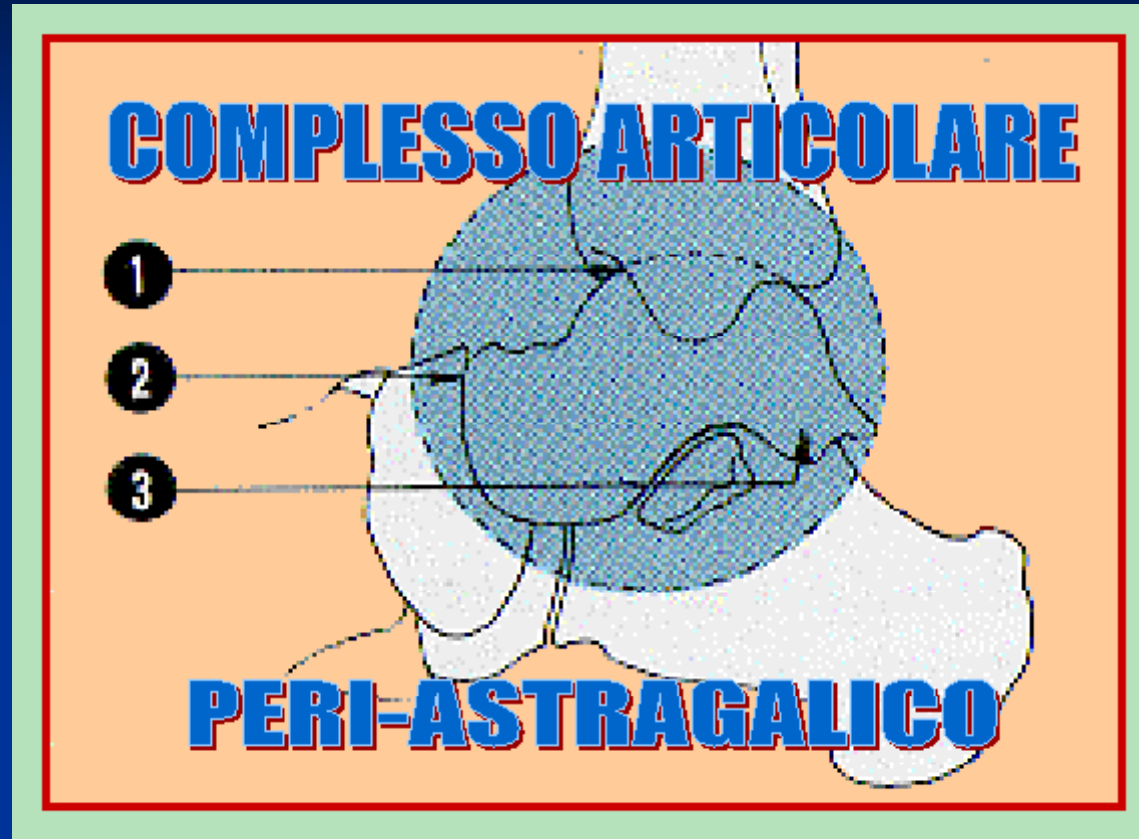
La legge che governa il servomeccanismo antigravitario podalico, è fondata sul **principio dell'alternanza**, vale a dire, del rilassamento e irrigidimento del piede.

Complesso articolare peri-astragalico



Il rilassamento e l'irrigidimento del piede sono due modi d'operare ed è effettuato grazie alla particolare conformazione del complesso articolare peri-astragalico, dove ha sede l'affascinante, spettacolare “*meccanismo di trasmissione*” del moto alternato angolare. Fino a pochi anni fa, la mente umana non ne aveva nemmeno immaginato l'esistenza, erano sì già note le parti anatomiche costituenti il complesso articolare, ma non si supposeva che questo svolgesse la funzione di trasmissione

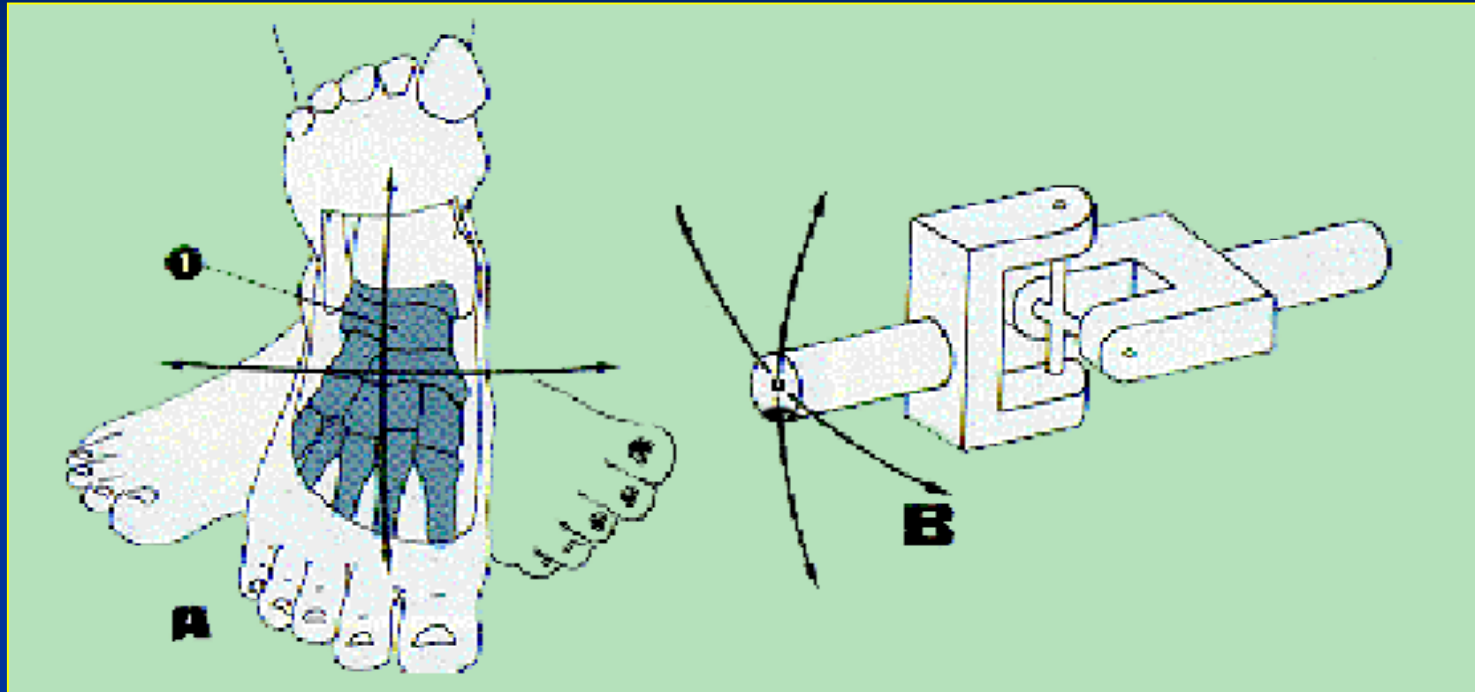
Complesso articolare peri-astragalico



- 1) Articolazione tibio-peroneo-astragalica
- 2) Articolazione sotto-astragalica anteriore (astragalo-scafoideo)
- 3) Articolazione sotto-astragalica posteriore (astragalo-calcaneare).

Piede a catena cinetica aperta

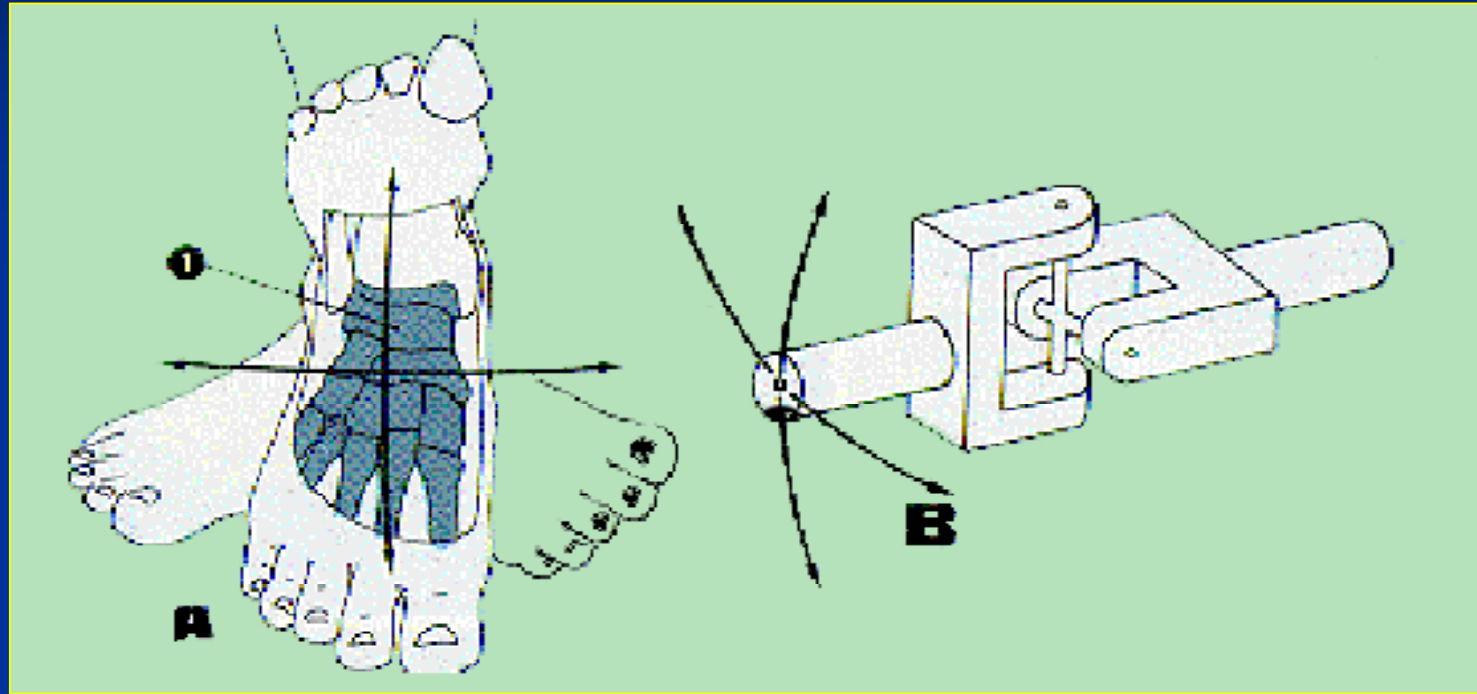
il piede fuori carico



Con il piede fuori carico, il complesso articolare peri-astragalico è indipendente dal sistema antigravitario podalico e pertanto ha ampia mobilità nello spazio, (fig. A), ed è assimilabile a uno snodo cardanico (B).

Piede a catena cinetica aperta

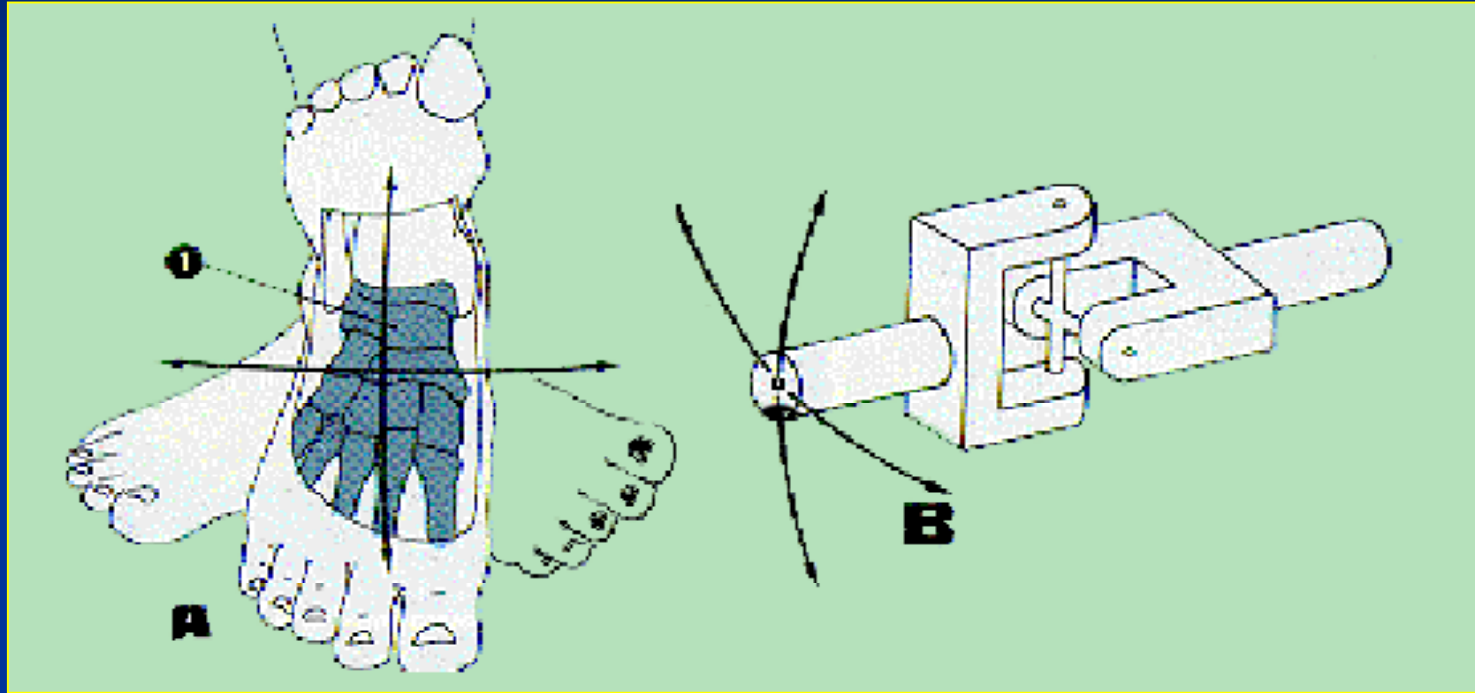
il piede fuori carico



A catena cinetica aperta, come ad esempio nella condizione di accavallamento degli arti inferiori, il piede "è soltanto" parte anatomica del corpo. Non essendo coinvolto nella antigravitarietà è stato qui delineato limitatamente a fini di completezza.

Piede a catena cinetica aperta

il piede fuori carico



Il ruolo del piede, per la particolare conformazione del complesso peri-astragalico, si comporta in maniera diversa se trovasi "sotto" o "fuori" carico perché può muoversi liberamente nei tre piani dello spazio ed è assimilabile ad uno snodo cardanico

ROTAZIONI RETRO-PODALICHE

Nella successione prossimo-distale (fig. 1) le rotazioni procedono dal centro articolare del femore, (piano trasverso (T)) e si trasferiscono nel piano intermedio (pi): la gamba ruota attorno al proprio asse meccanico (z) e l'astragalo, innicchiato nella pinza malleolare, ruota con essa e sulla superficie articolare postero-laterale del calcagno. Si ha così un moto risultante intorno all'asse di compromesso (y) normale al piano intermedio (Pi).

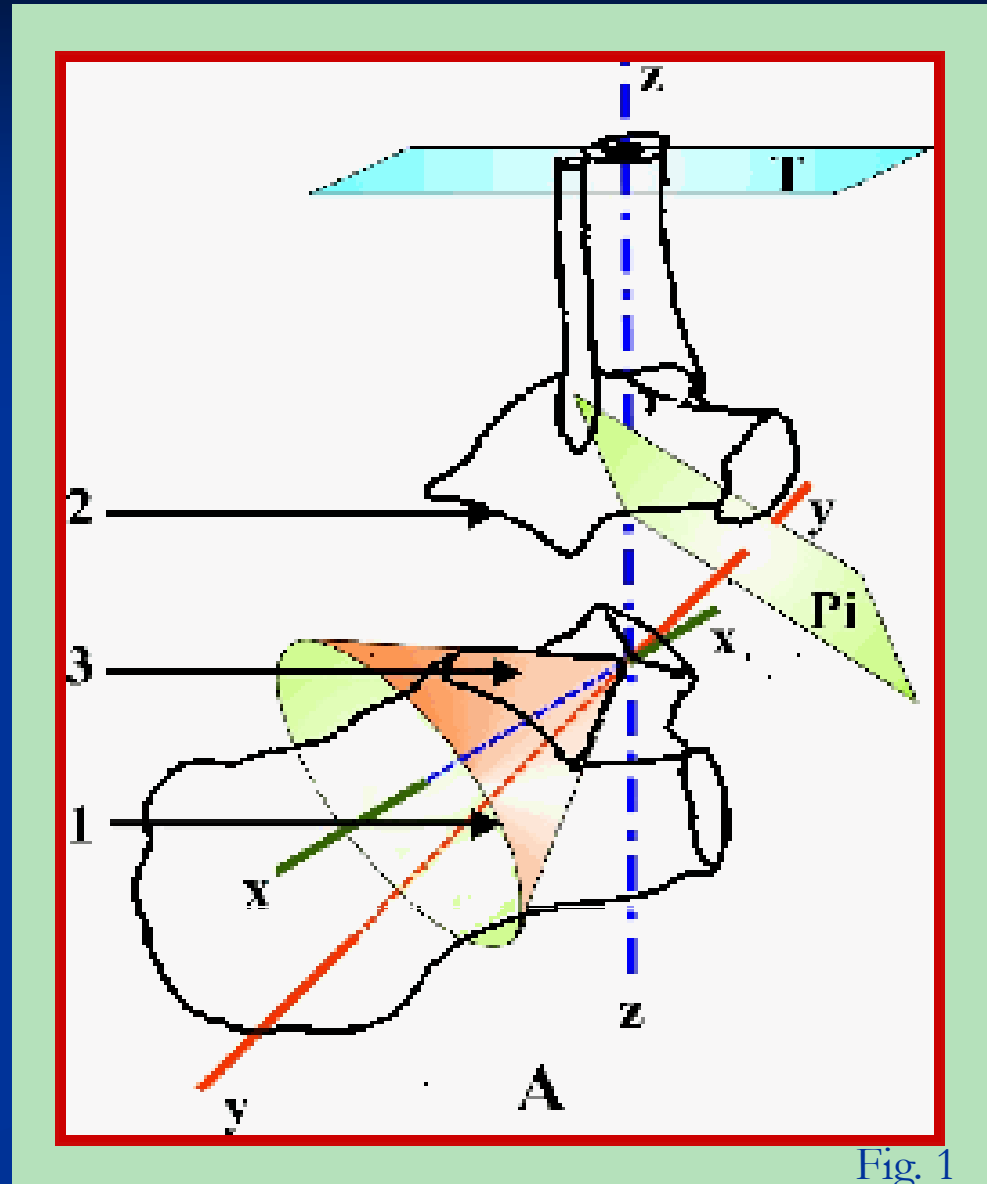


Fig. 1

ROTAZIONI RETRO-PODALICHE

- 1) **Cono virtuale** corrispondente alla superficie articolare postero-laterale del calcagno.
 - 2) Superficie articolare sotto-astragalica posteriore.
 - 3) **Superficie articolare postero-laterale del calcagno.**
- Z) Asse meccanico della gamba.
 x) **Asse del cono virtuale.**
 y) Asse risultante (rotazioni intorno all'asse meccanico della gamba (z) + rotazioni attorno all'asse del cono (x)).
 T) **Piano trasverso.**
 Pi) Piano intermedio, normale all'asse di compromesso (y) *Fig. 1*

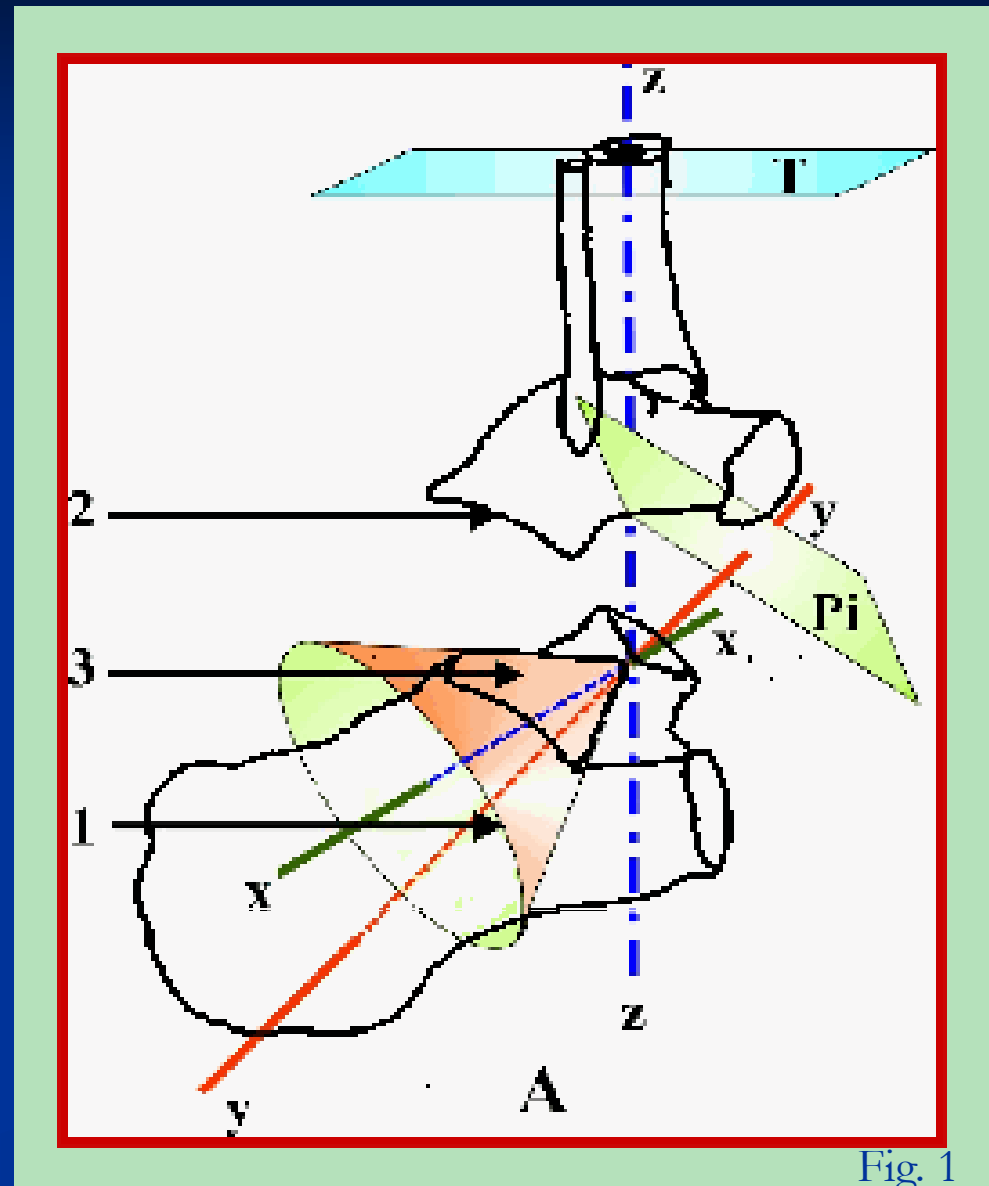


Fig. 1

ROTAZIONI RETRO-PODALICHE

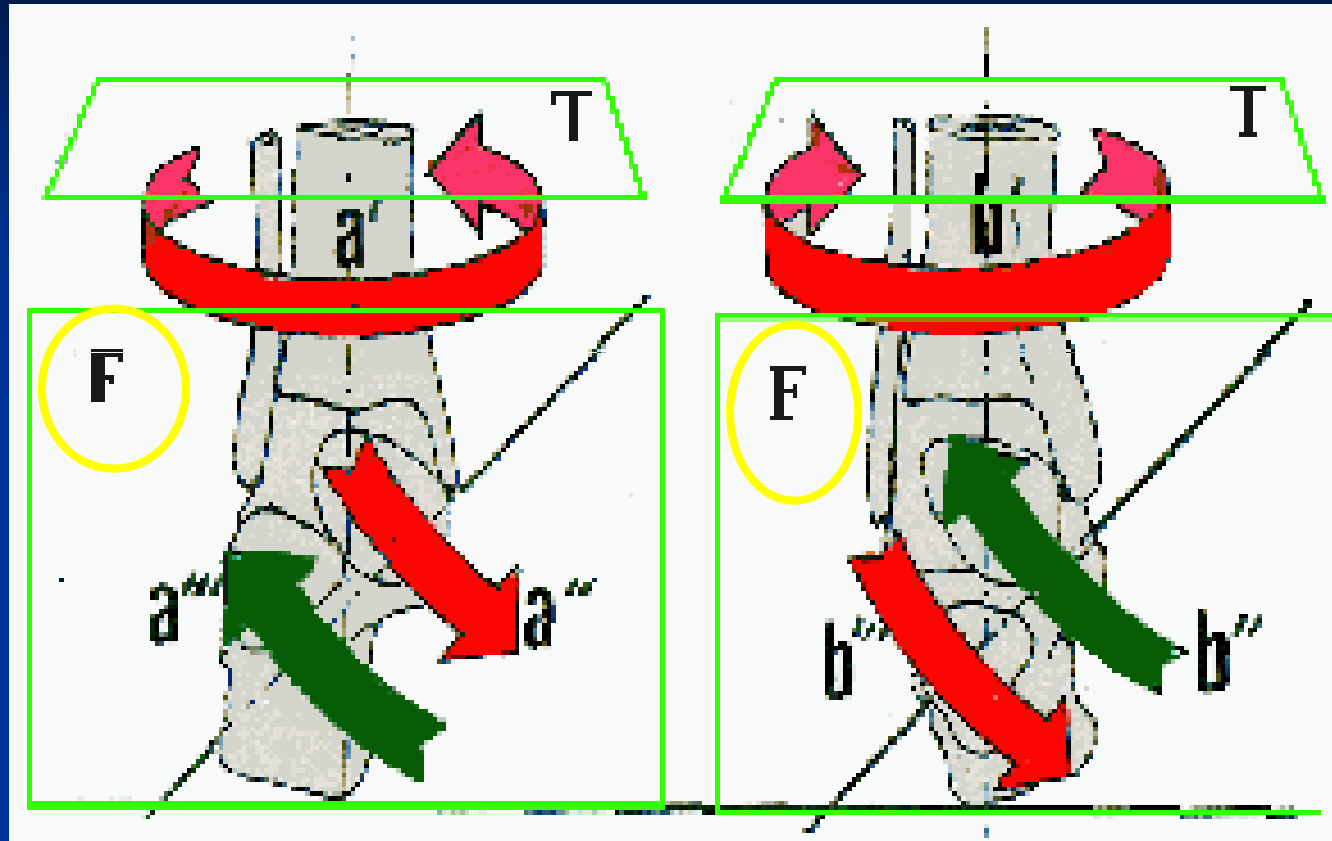


Fig. 2

L'astragalo (fig. (2)), sollecitato dalla rotazione della gamba e, il calcagno dal gioco muscolare, ruotano nel senso contrario intorno all'asse di compromesso (y). A tal punto le rotazioni convergono nella medio-tarsica, (piano frontale (F))

ROTAZIONI RETRO-PODALICHE

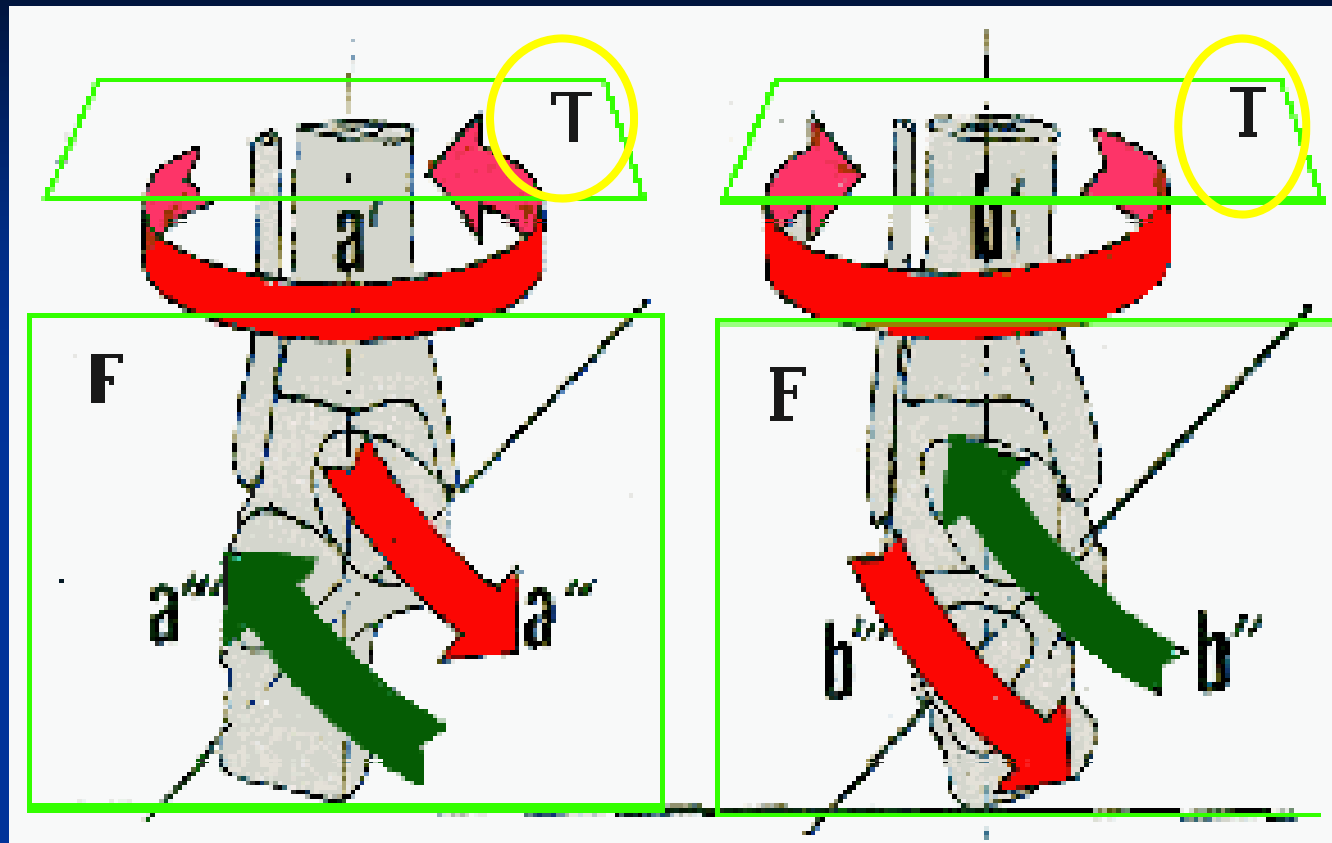


Fig. 2

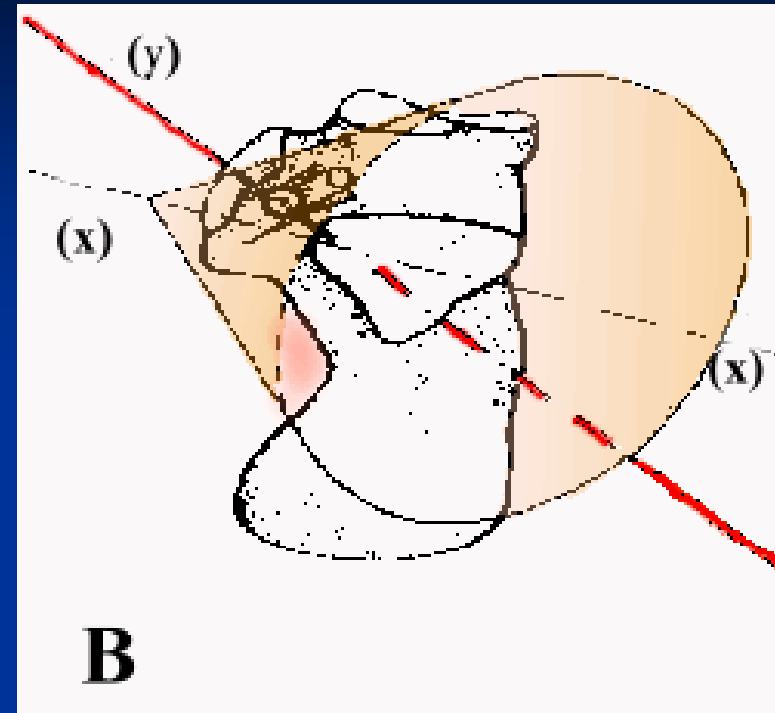
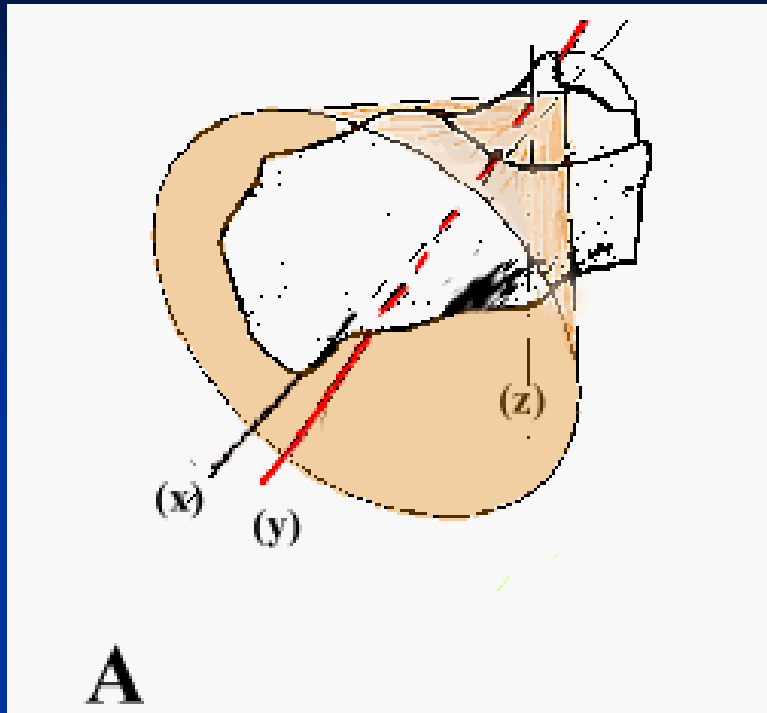
(a') rotazione interna della gamba.

L'astragalo ruota all'interno e verso il basso (a'') e Il calcagno all'esterno e verso l'alto (a''');

(b') rotazione esterna della gamba.

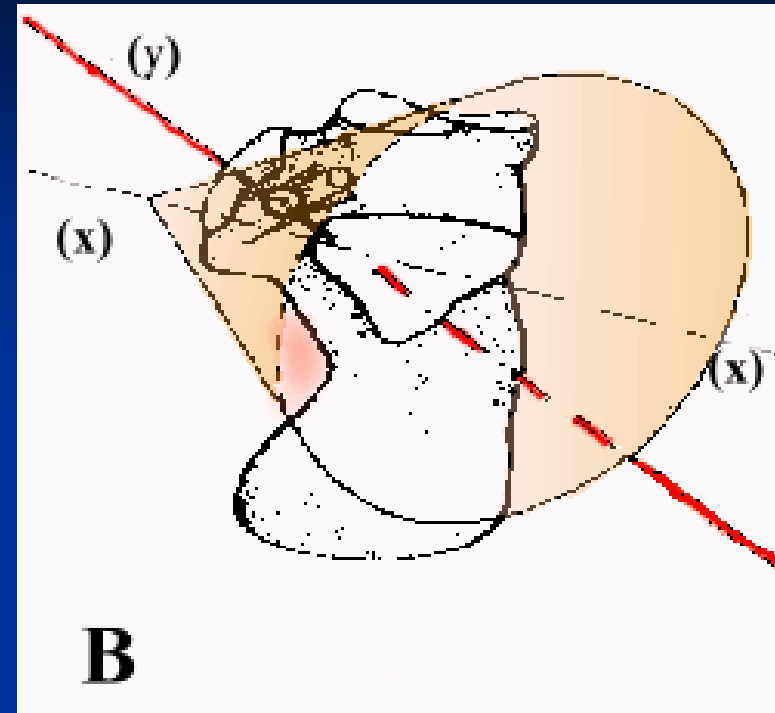
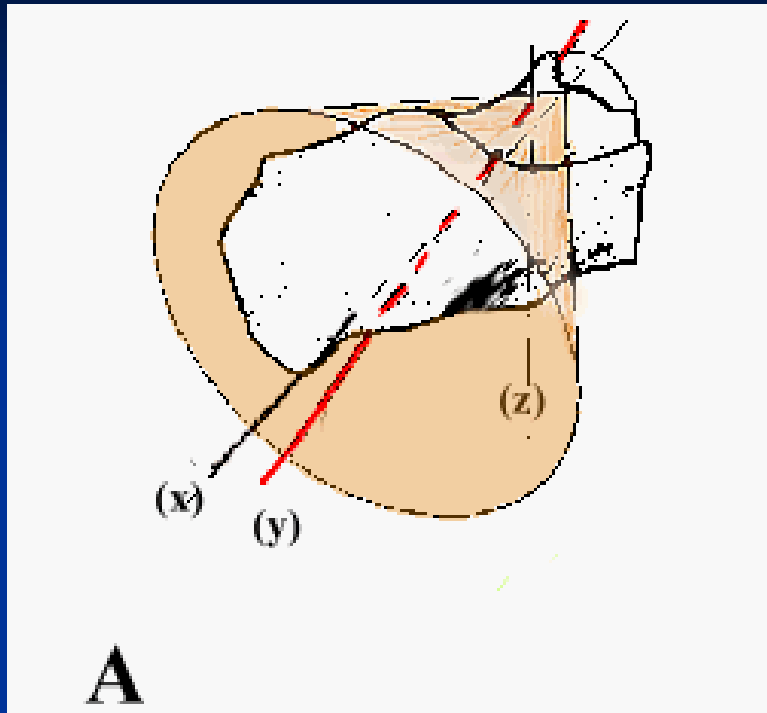
L'astragalo ruota all'esterno e verso l'alto, (b''), Il calcagno ruota verso l'interno e in basso, (b''').

Asse di compromesso (y)



L'elemento centrale che caratterizza la trasmissione è la faccetta articolare postero-laterale del calcagno (fig. A e B), paragonabile ad una porzione di una superficie conica. Questo cono virtuale, con asse antero-posteriore (x), presenta la base rivolta posteriormente e verso l'esterno.

Asse di compromesso (y)



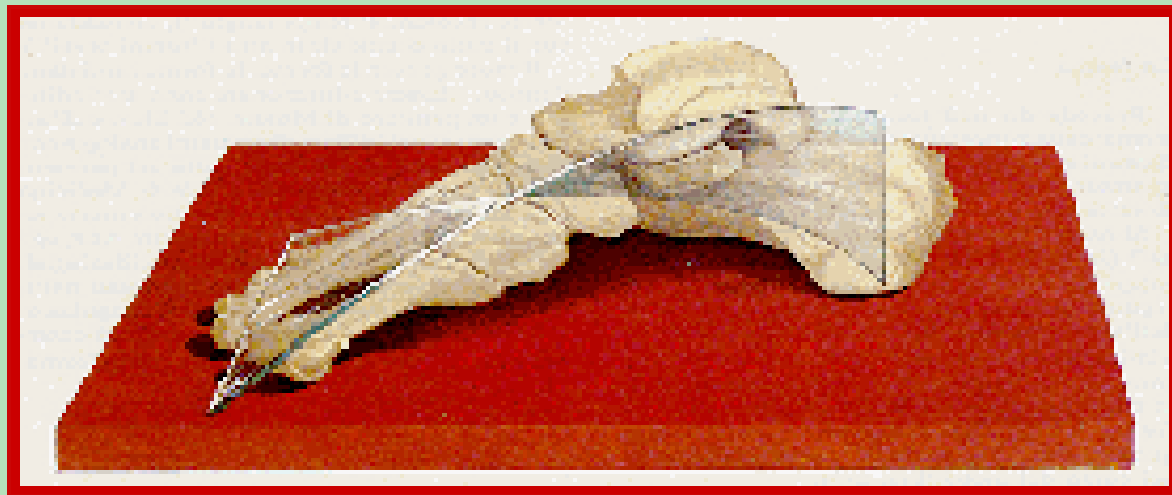
Il vertice del cono è corrispondente alla mezzeria del legamento a siepe (o) ed è adiacente al centro articolare astragalo-calcaneare.

(o) Centro del legamento a siepe.

(x) Asse del cono virtuale.

(y) Asse risultante, dalla rotazione intorno all'asse meccanico della gamba e alla superficie articolare postero-laterale del calcagno.

(z) Asse meccanico della gamba.



La verità del moto specifico dell'uomo
è nascosta fra le spire di un'elica
R. Paparella Treccia