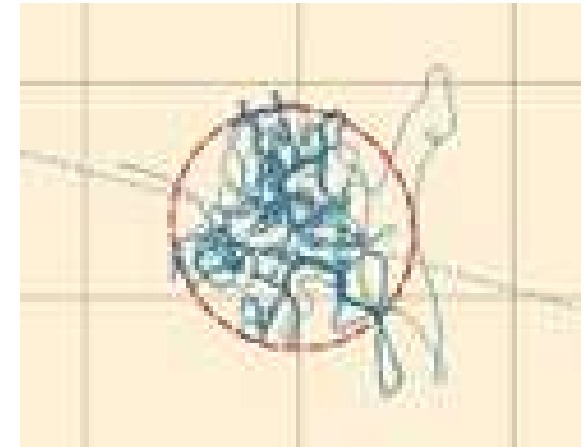
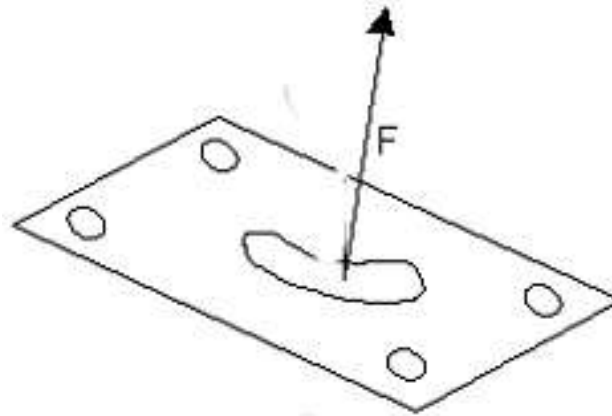
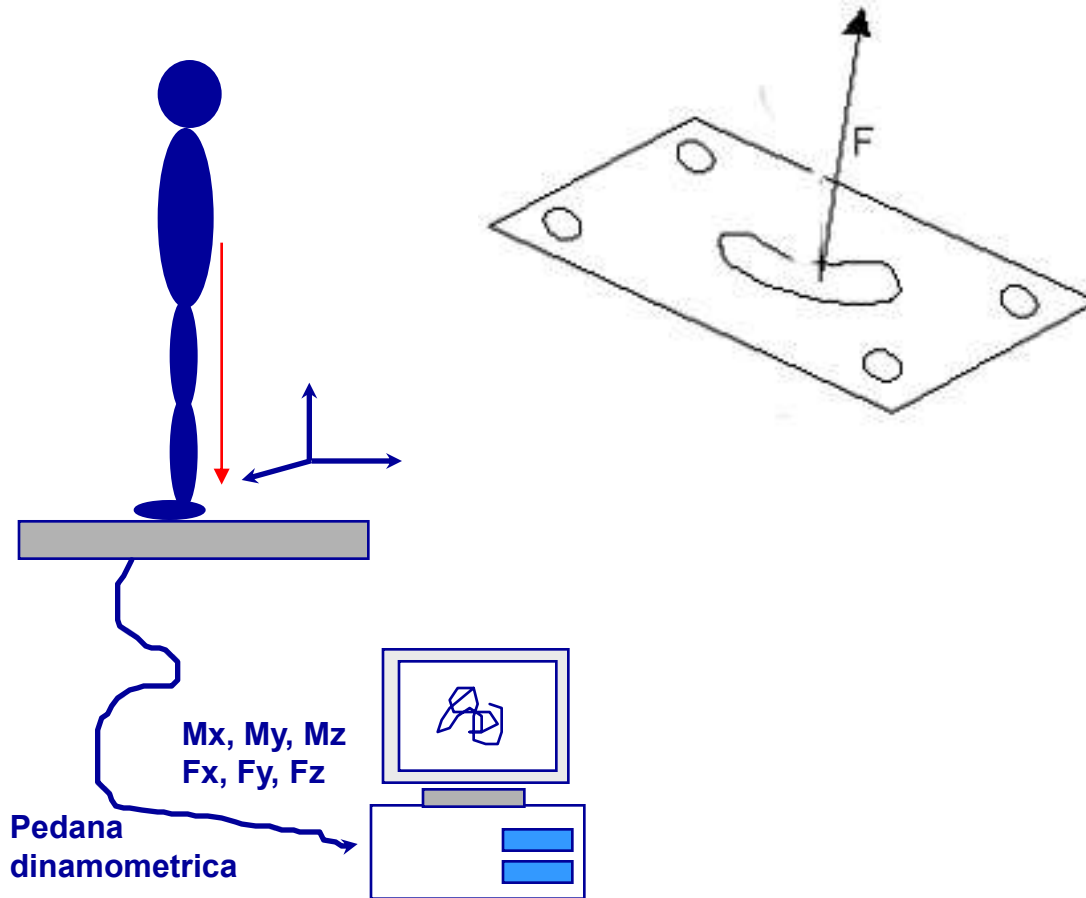


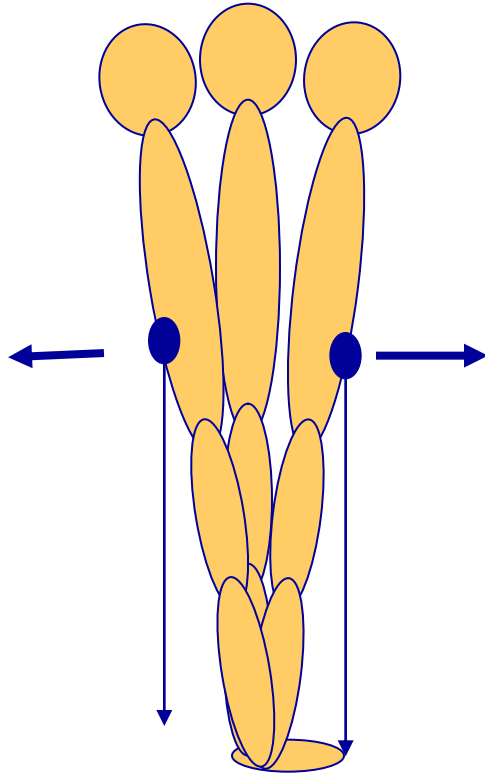
Postura

- *Risposte riflesse che tendono a mantenere il baricentro all'interno della base di appoggio e una posizione adeguata contro la forza di gravità*
- *Tono muscolare dei muscoli agonisti ed antagonisti per il corretto angolo articolare: elementi passivi ed attivi*
- *I fusi neuromuscolari e il riflesso miotatico tonico sono alla base del tono muscolare*
- *Il riflesso spinale miotatico è integrato da risposte transcraniche*
- *I riflessi vestibolari*
- *I riflessi cervicali*
- *I riflessi visivi*
- *Risposte adattative*
- *Risposte anticipatorie*
- *Risposte variabili*

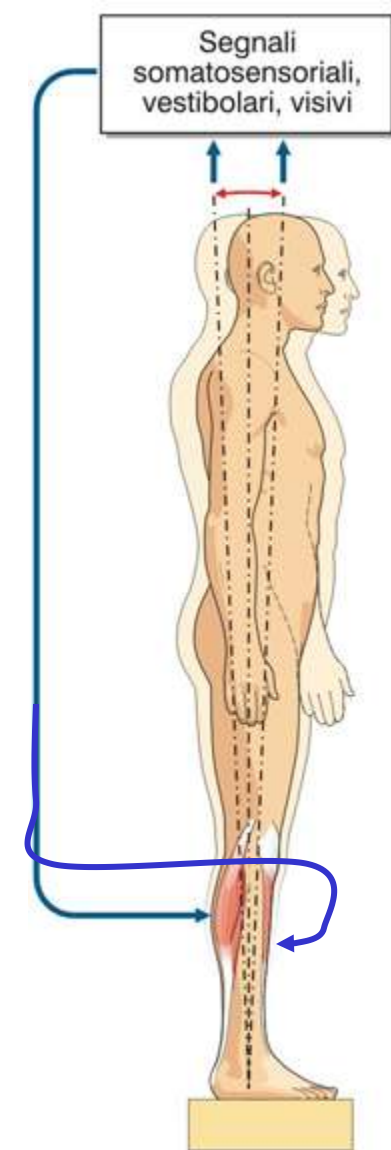
Metodi strumentali: Pedane dinamometriche e centro di pressione (COP)



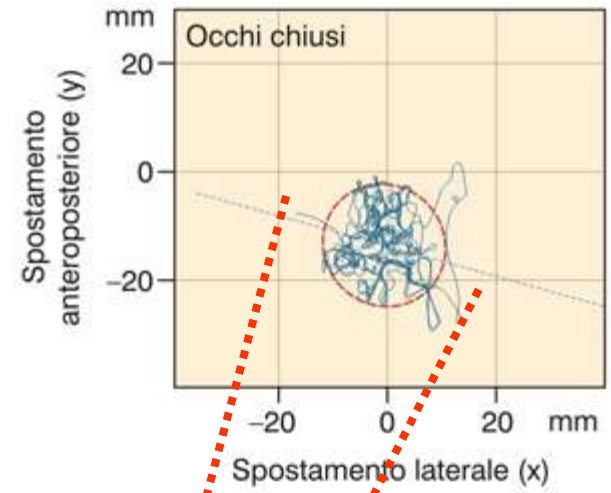
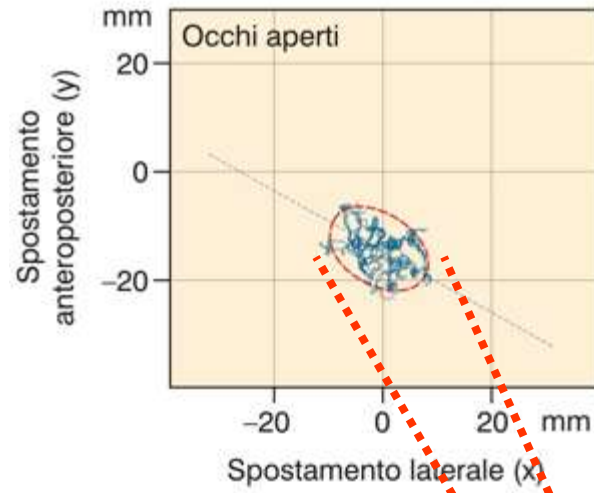
Controllo dell'equilibrio statico in assenza di perturbazioni modello biomeccanico e input



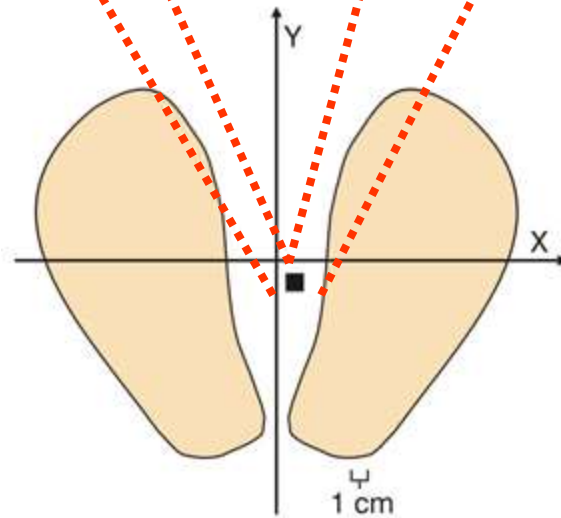
Il corpo umano in stazione eretta viene assimilato in prima approssimazione ad un pendolo invertito grazie alla stiffness della muscolatura assiale.



il controllo delle oscillazioni avviene grazie a processi di integrazione multisensoriale



L'esame stabilometrico evidenzia le differenze di output in relazione agli input sensoriali



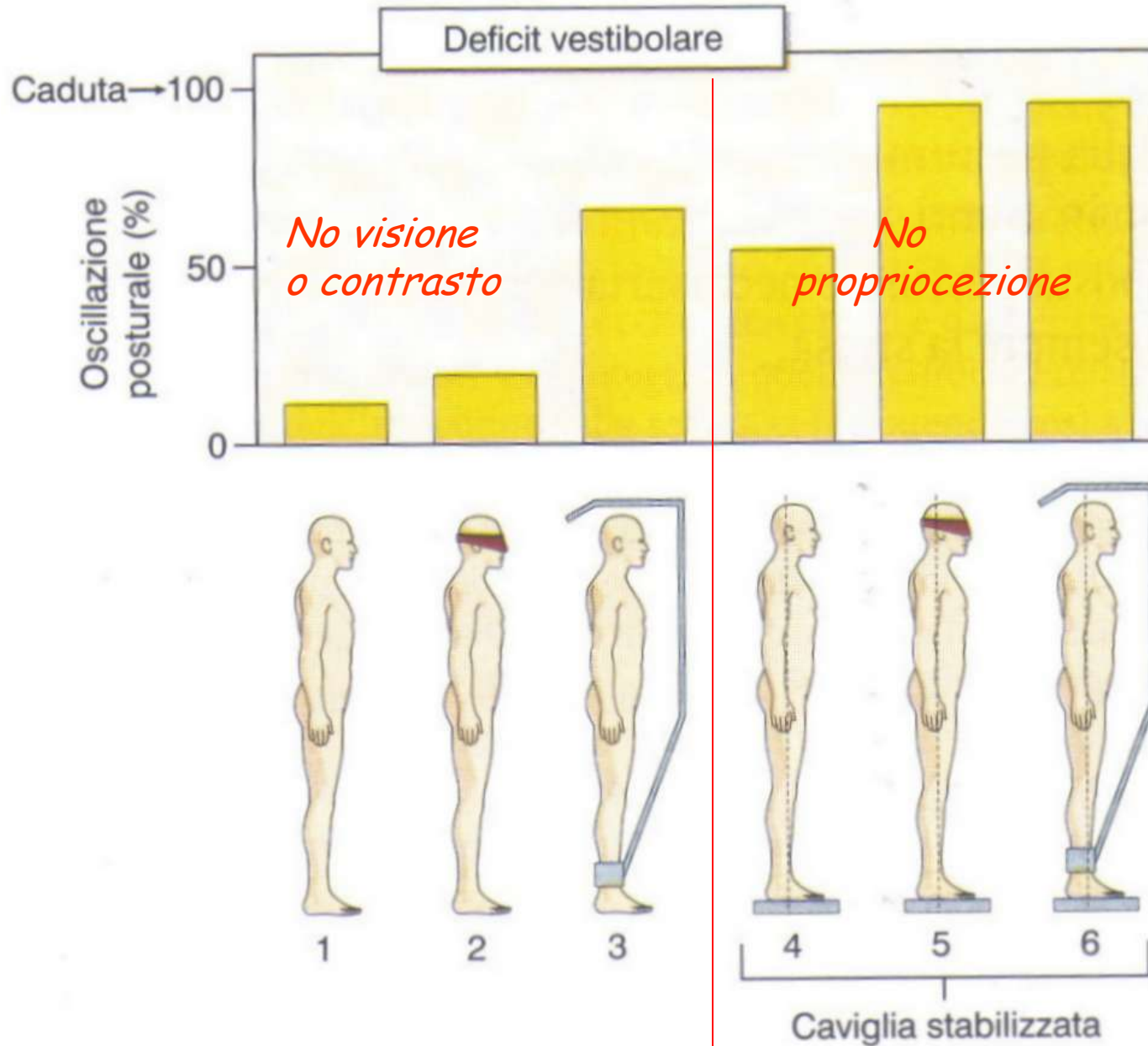
Soggetto sano



**Paziente con lesione
nel cervelletto vestibolare**

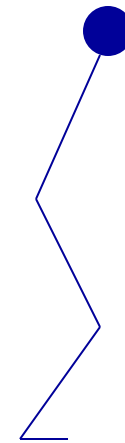
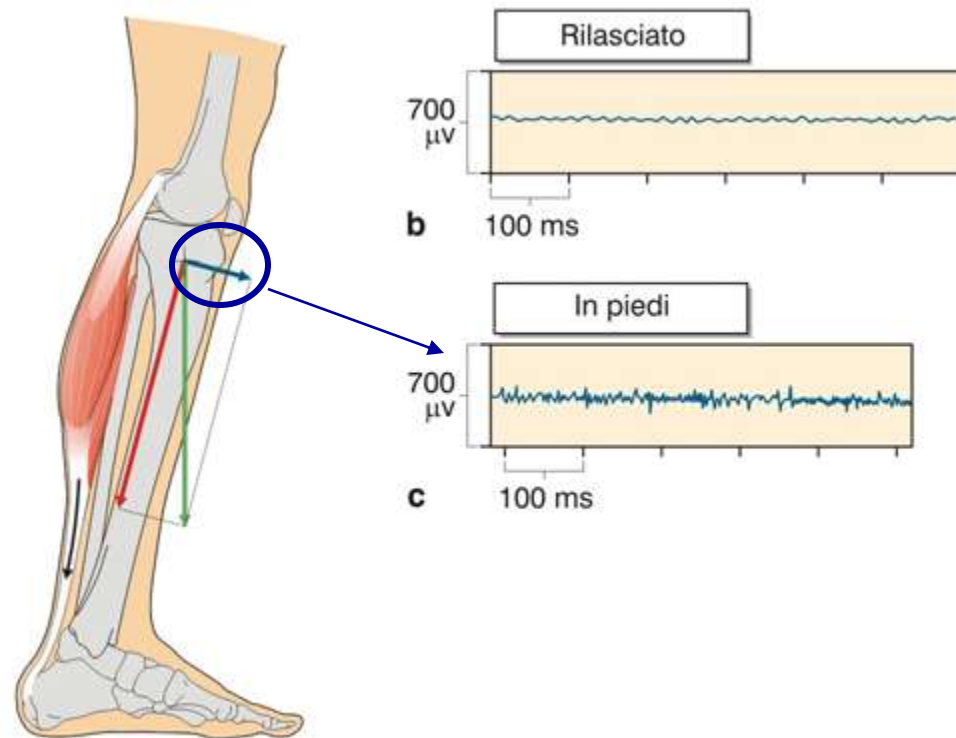


Ruolo della proprioccezione, visione e vestibolare



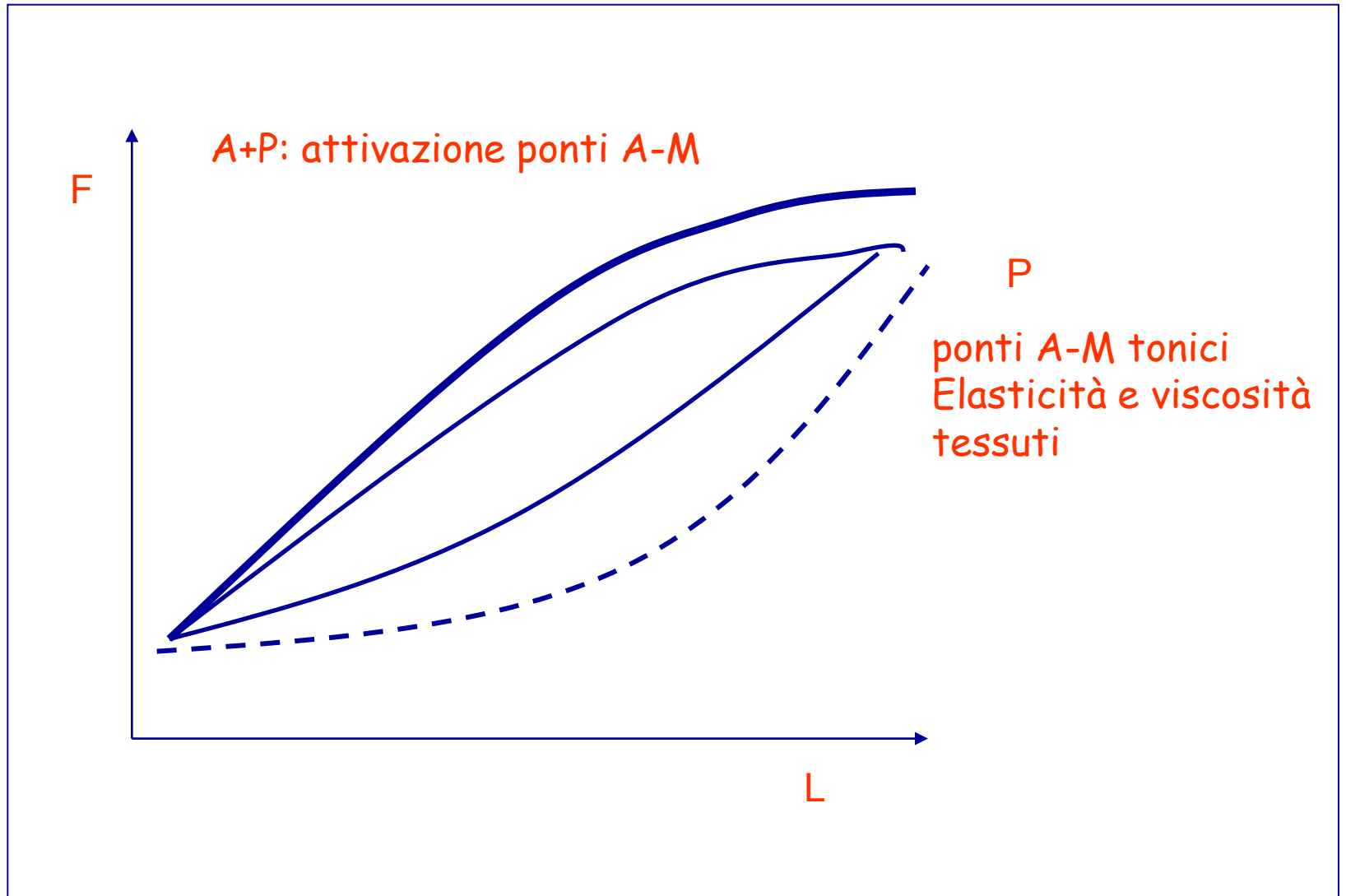
Controllo dell'equilibrio statico in assenza di perturbazioni:

in condizioni di ortostatismo rilassato il CoP cade circa in corrispondenza della congiungente i margini anteriori dei malleoli mediali: in questa condizione la muscolatura antigravitaria compie un lavoro minimo, il grosso del carico è direttamente sostenuto dallo scheletro (elefante)

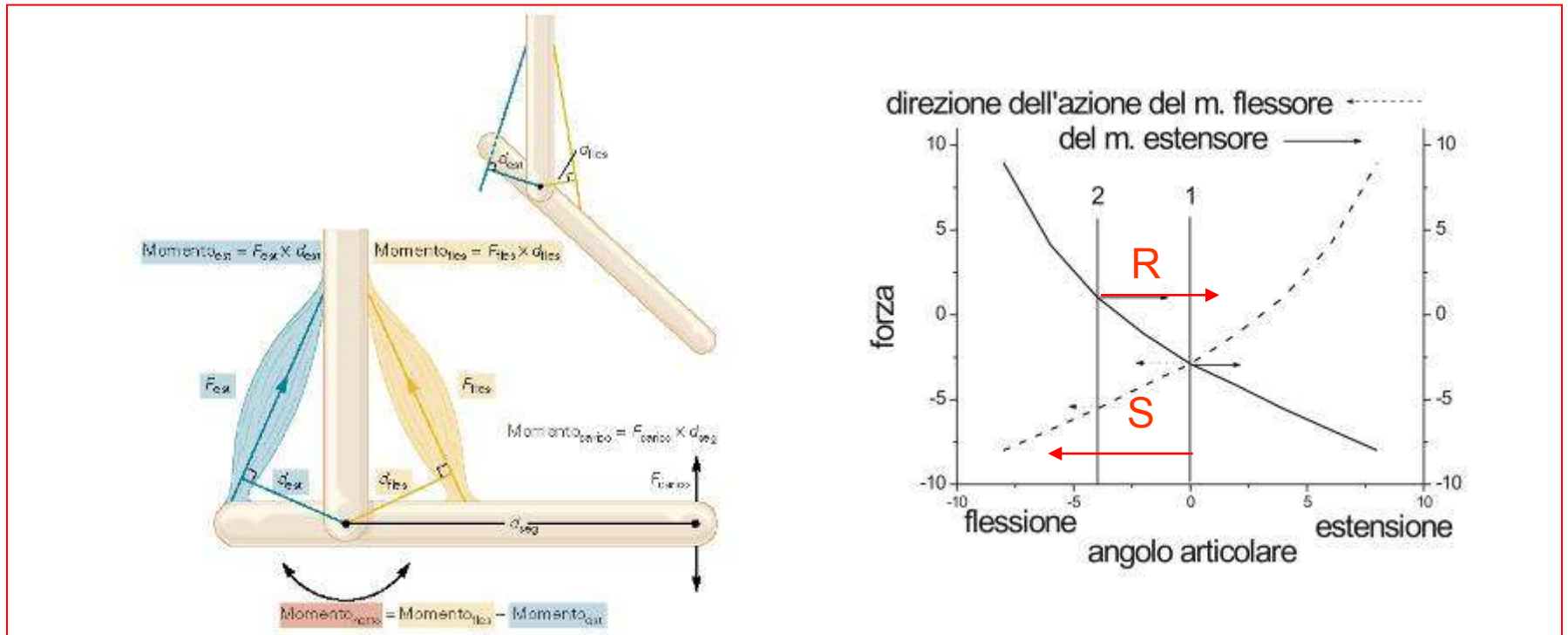


*Postura e movimento
Preattivazione = felino*

Stabilità articolare: curva L/T



Stabilità articolare

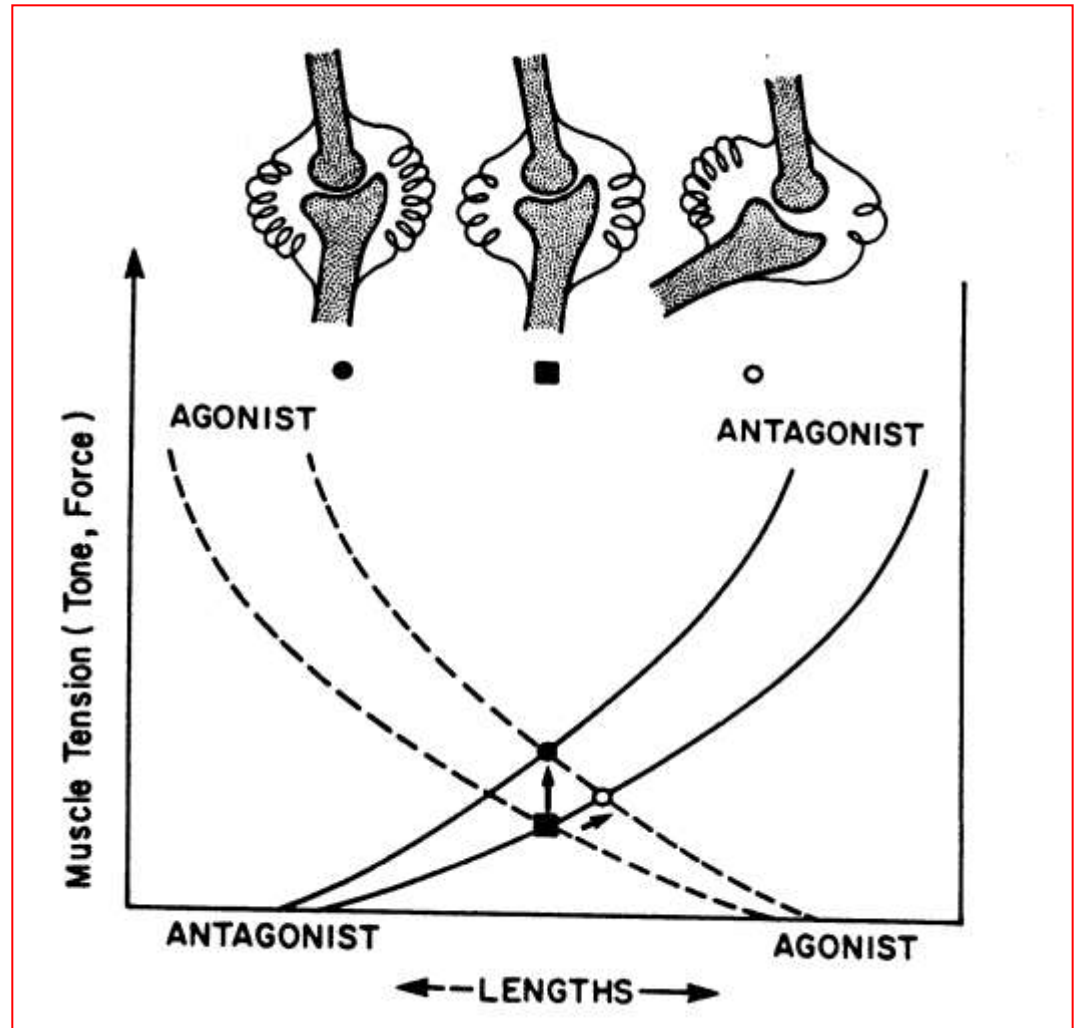


La stabilità articolare è garantita dall'equilibrio delle forze sviluppate dal muscolo agonista ed antagonista.

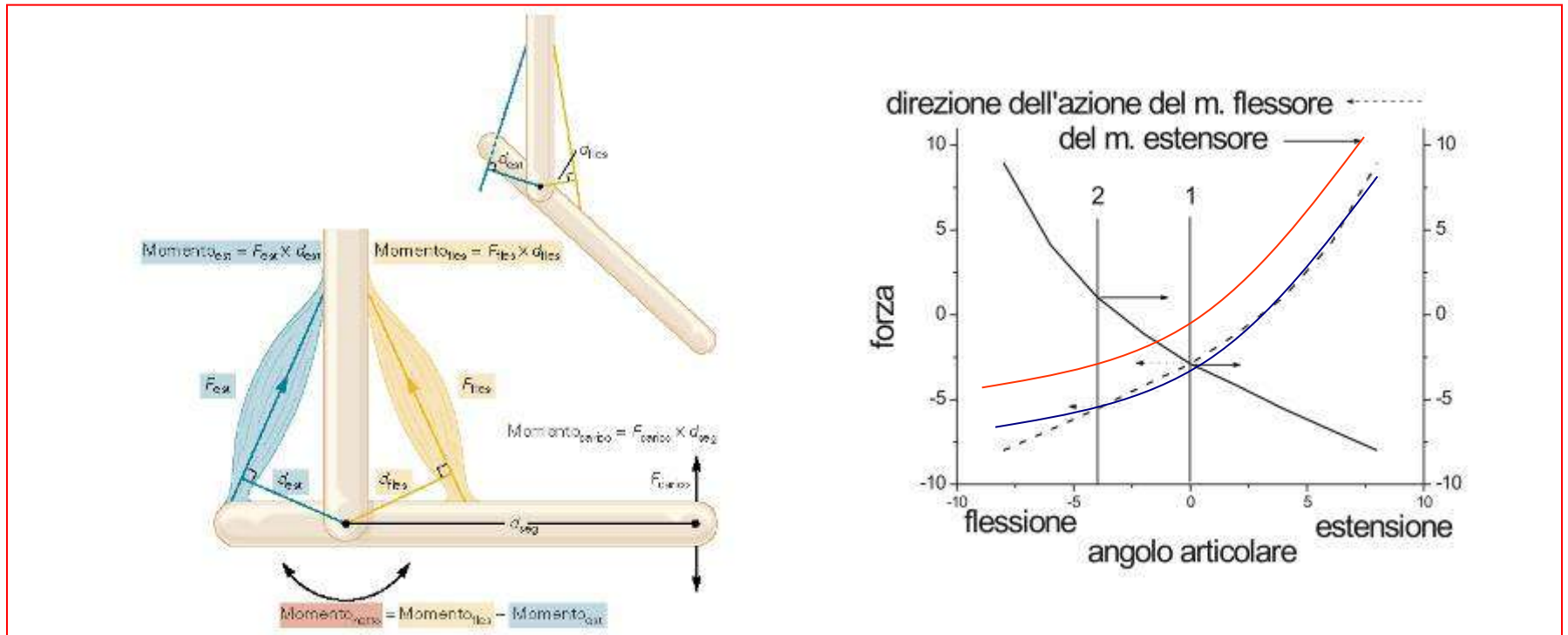
La forza sviluppata da ciascun muscolo risulta dalla relazione lunghezza-forza.

Tono dei muscoli agonisti ed antagonisti

Una variazione uguale dell'entità di contrazione tonica dei muscoli agonisti-antagonisti modifica la stabilità (rigidità) della articolazione senza alterare l'angolo articolare.



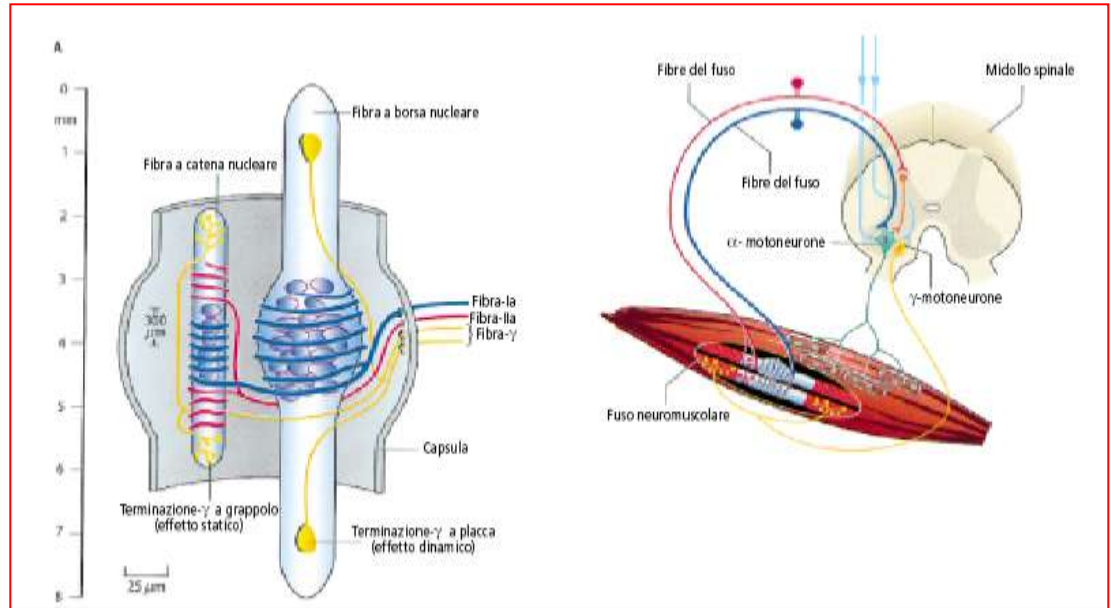
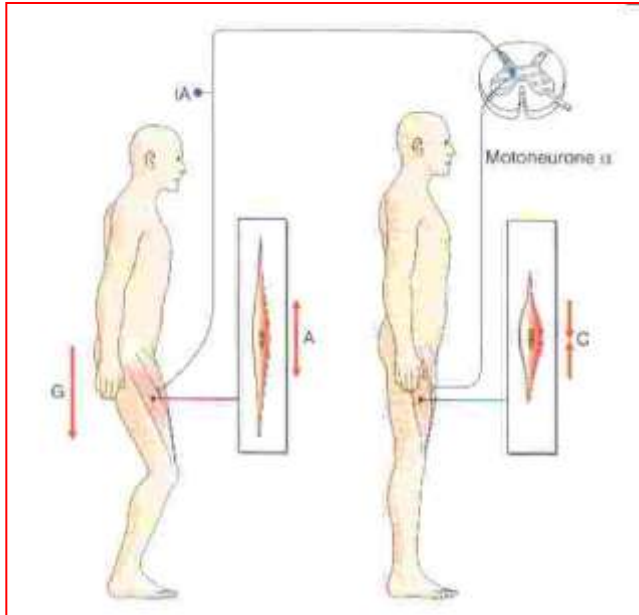
Stabilità articolare



La stabilità articolare è garantita dall'equilibrio delle forze sviluppate dal muscolo agonista ed antagonista.

La forza sviluppata da ciascun muscolo risulta dalla relazione lunghezza-forza.

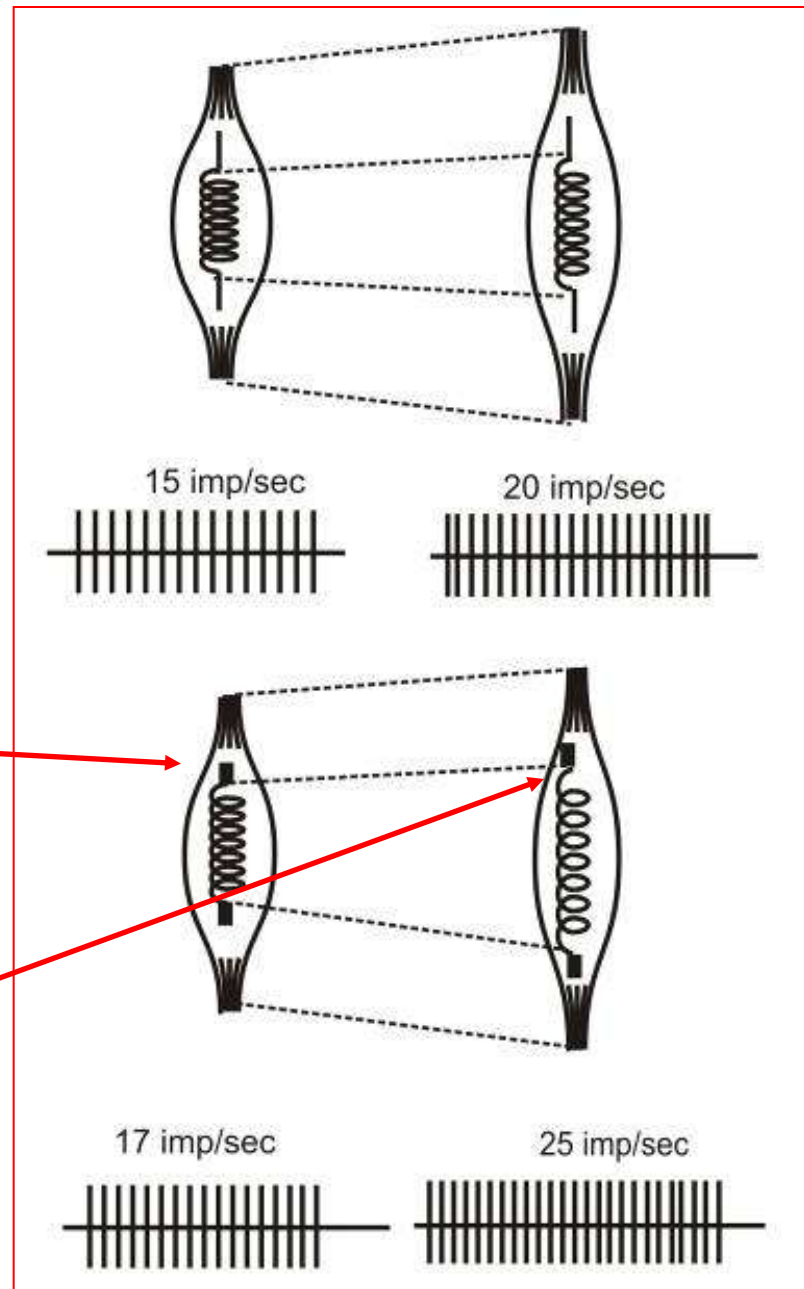
Riflessi miotatico tonico



Attivazione gamma nel tono muscolare riflesso

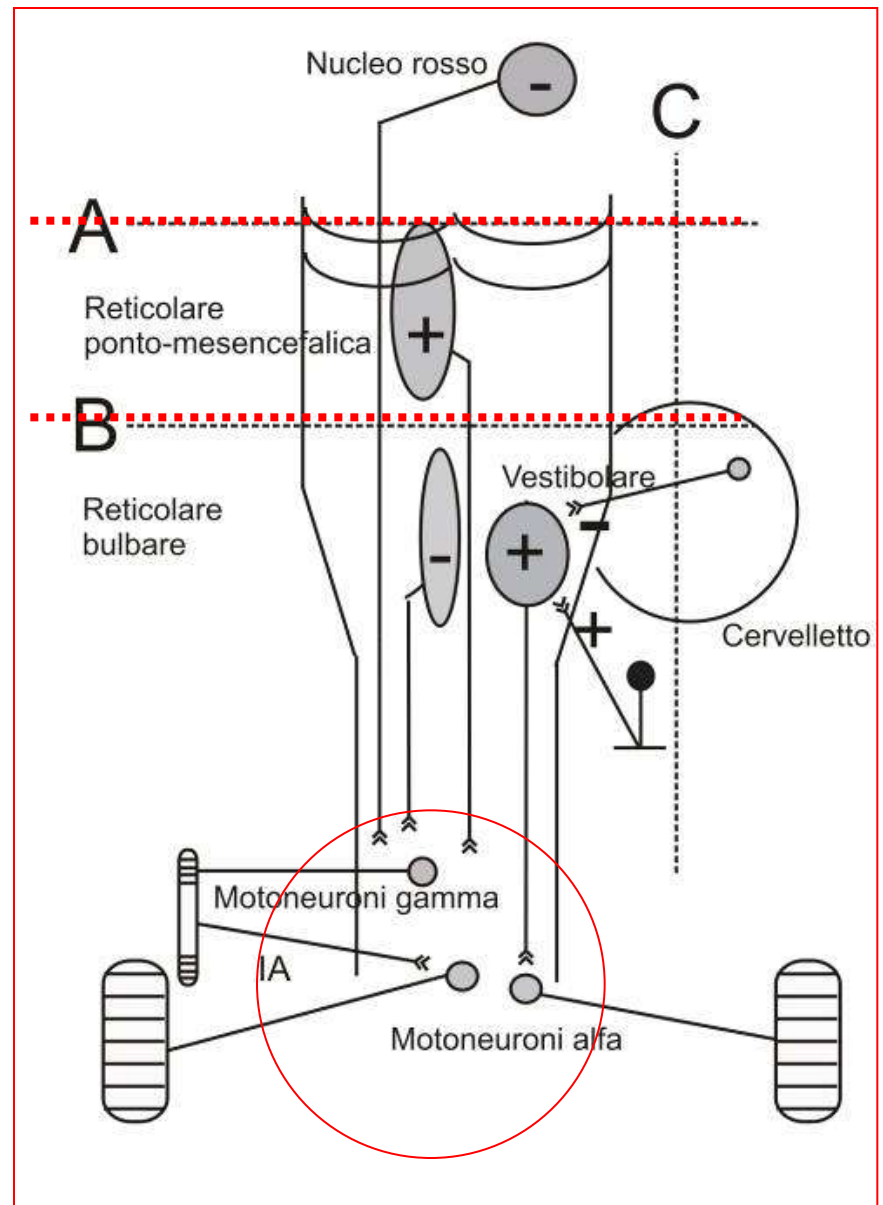
Attivazione gamma

Attivazione gamma

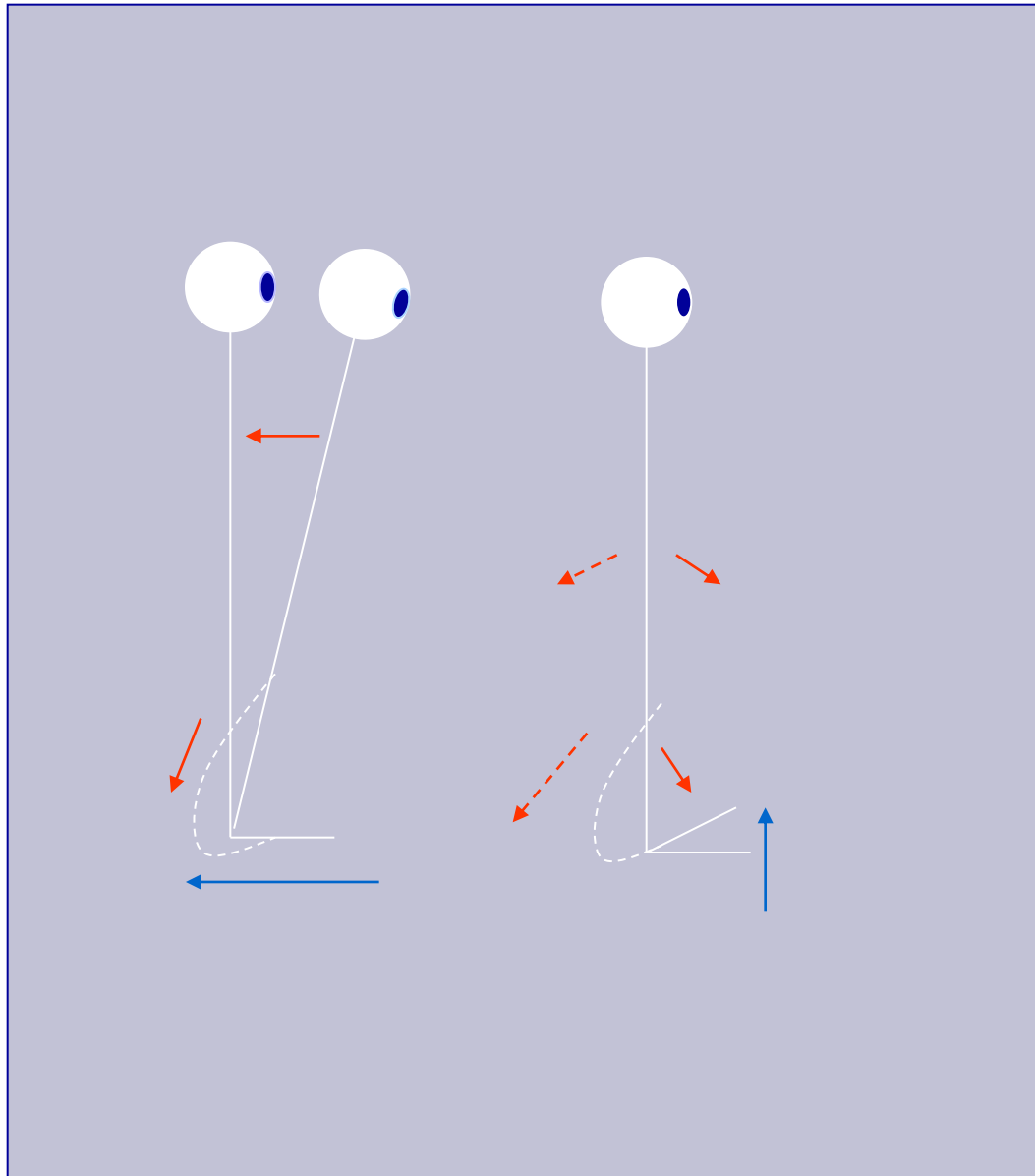


Modulazione centrale del tono muscolare

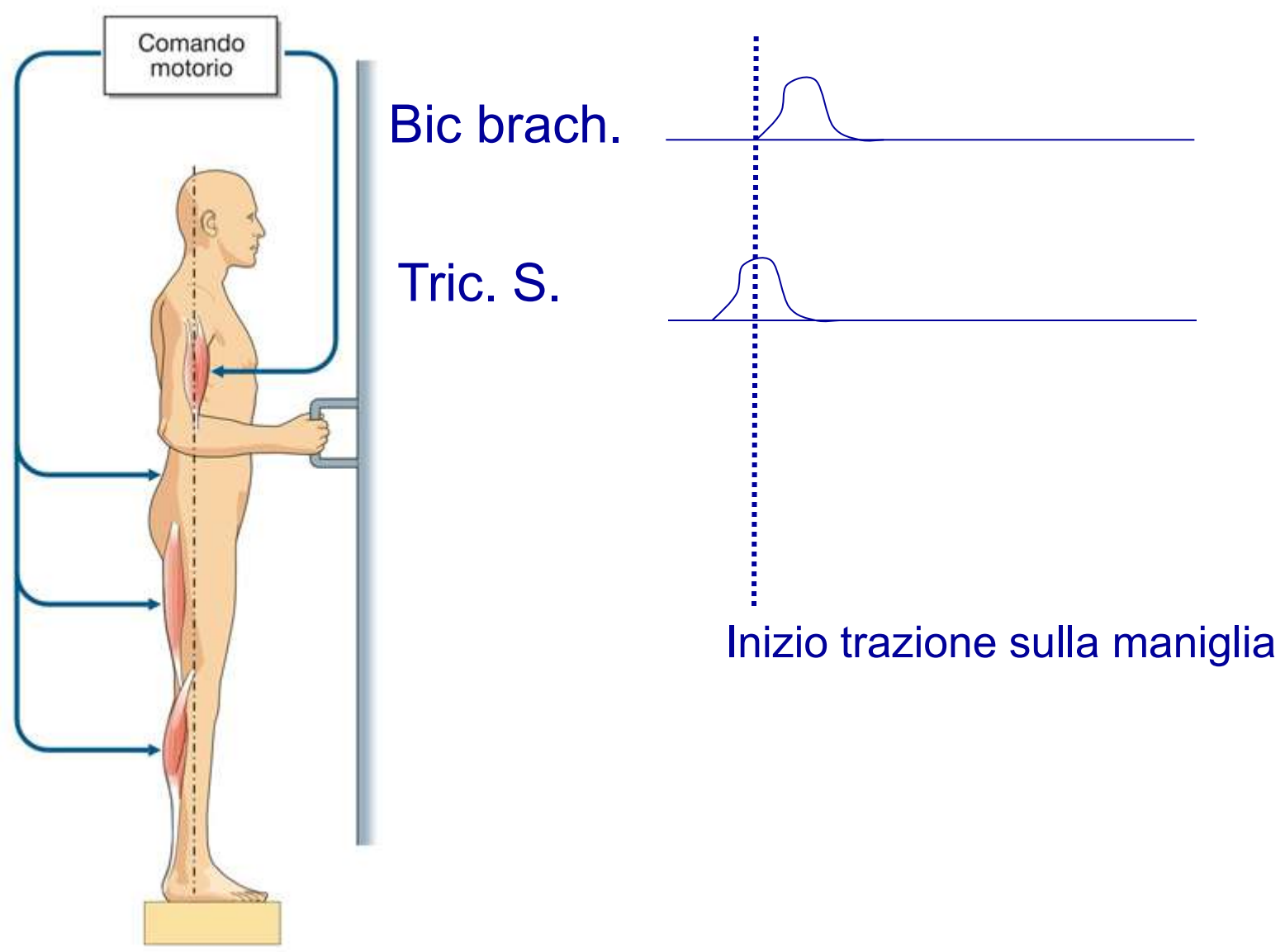
- 1) Nucleo rosso (-)*
- 2) Formazione Reticolare Mesencefalica (+)*
- 3) Formazione Reticolare Bulbare (-) (- durante la veglia)*
- 4) Cervelletto (-) e vestibolare (+)*
- 5) Sistemi adrenergici (LC) serotoninergici (N.Rafe) (+ durante la veglia)*



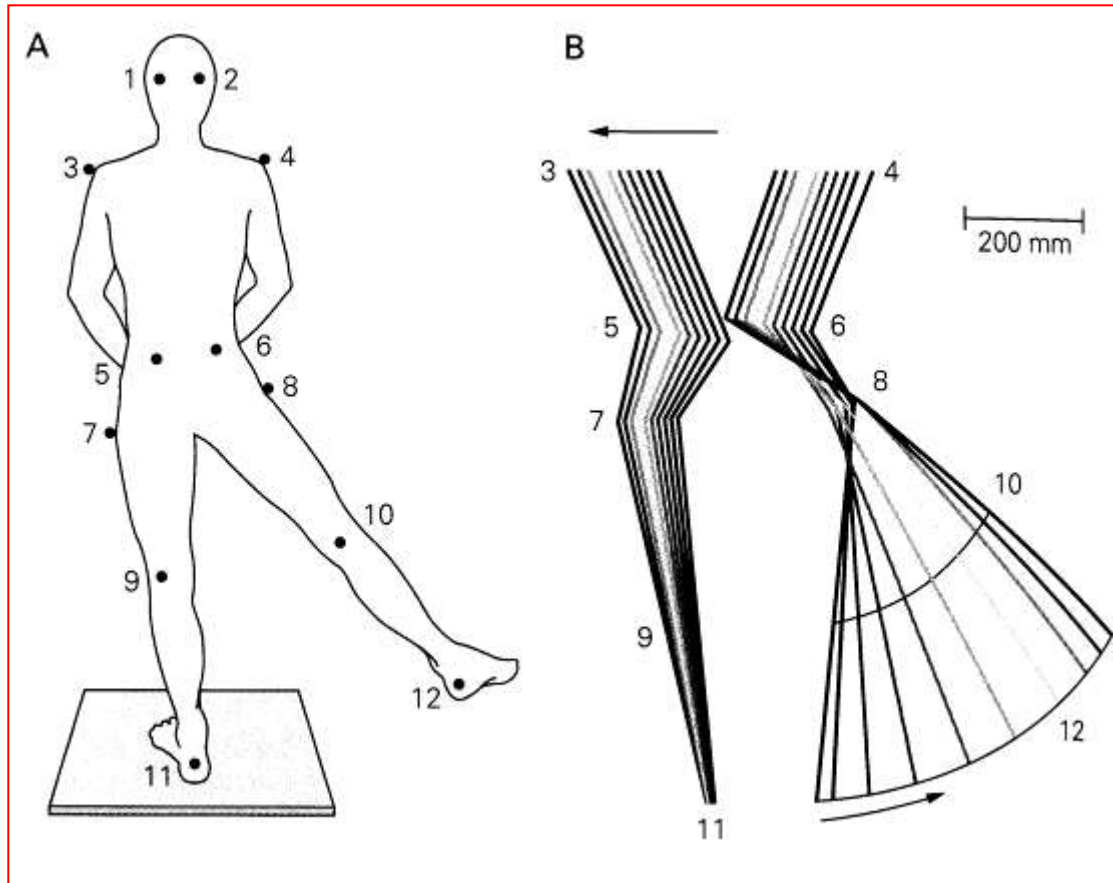
Adattabilità delle risposte posturali



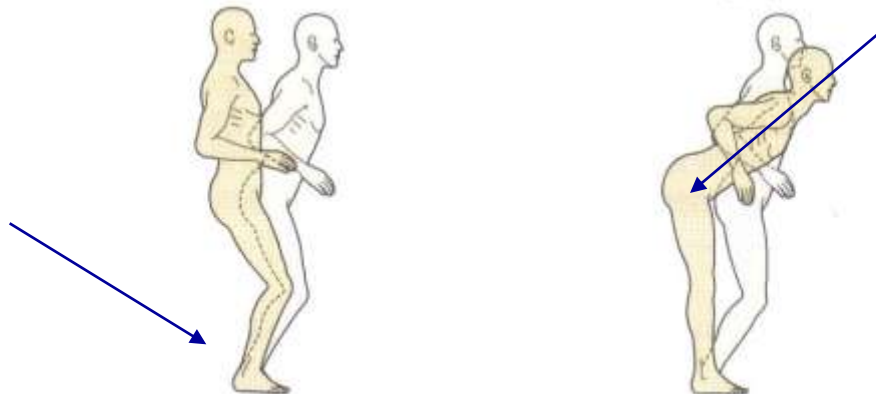
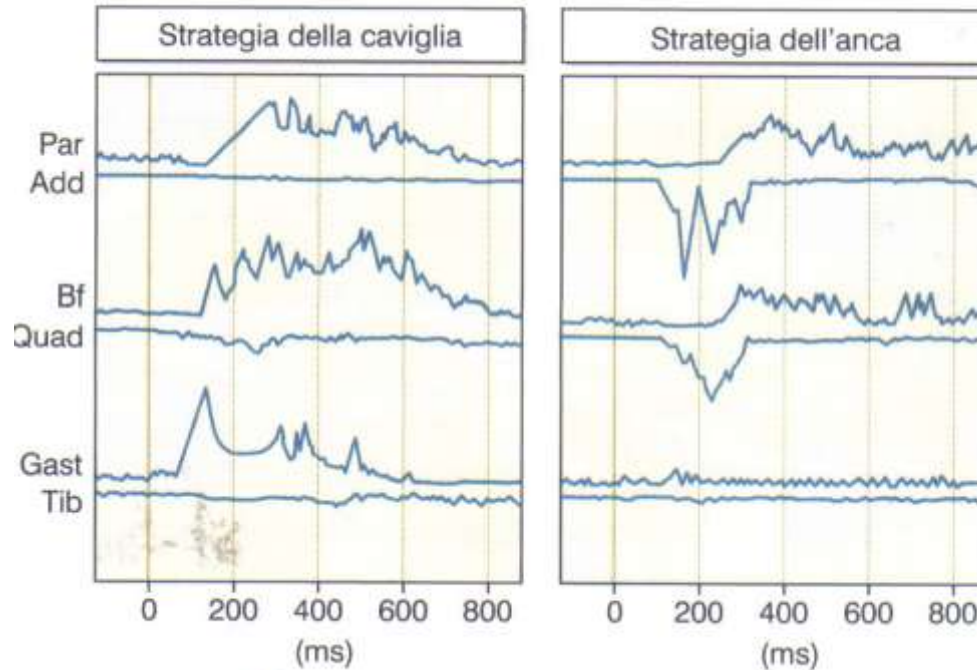
Gli aggiustamenti posturali agli arti inferiori anticipano la trazione della maniglia

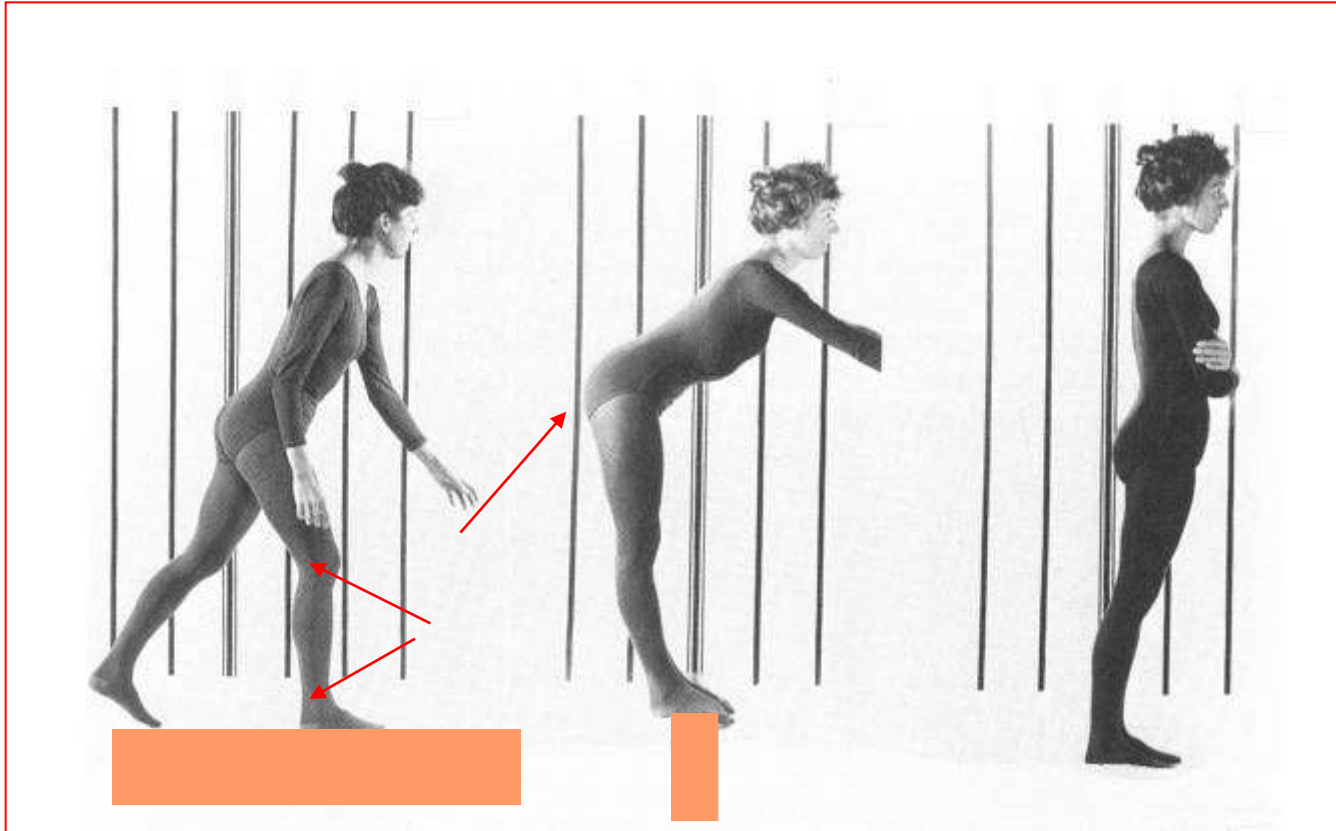


Risposte posturali anticipatorie nel movimento volontario

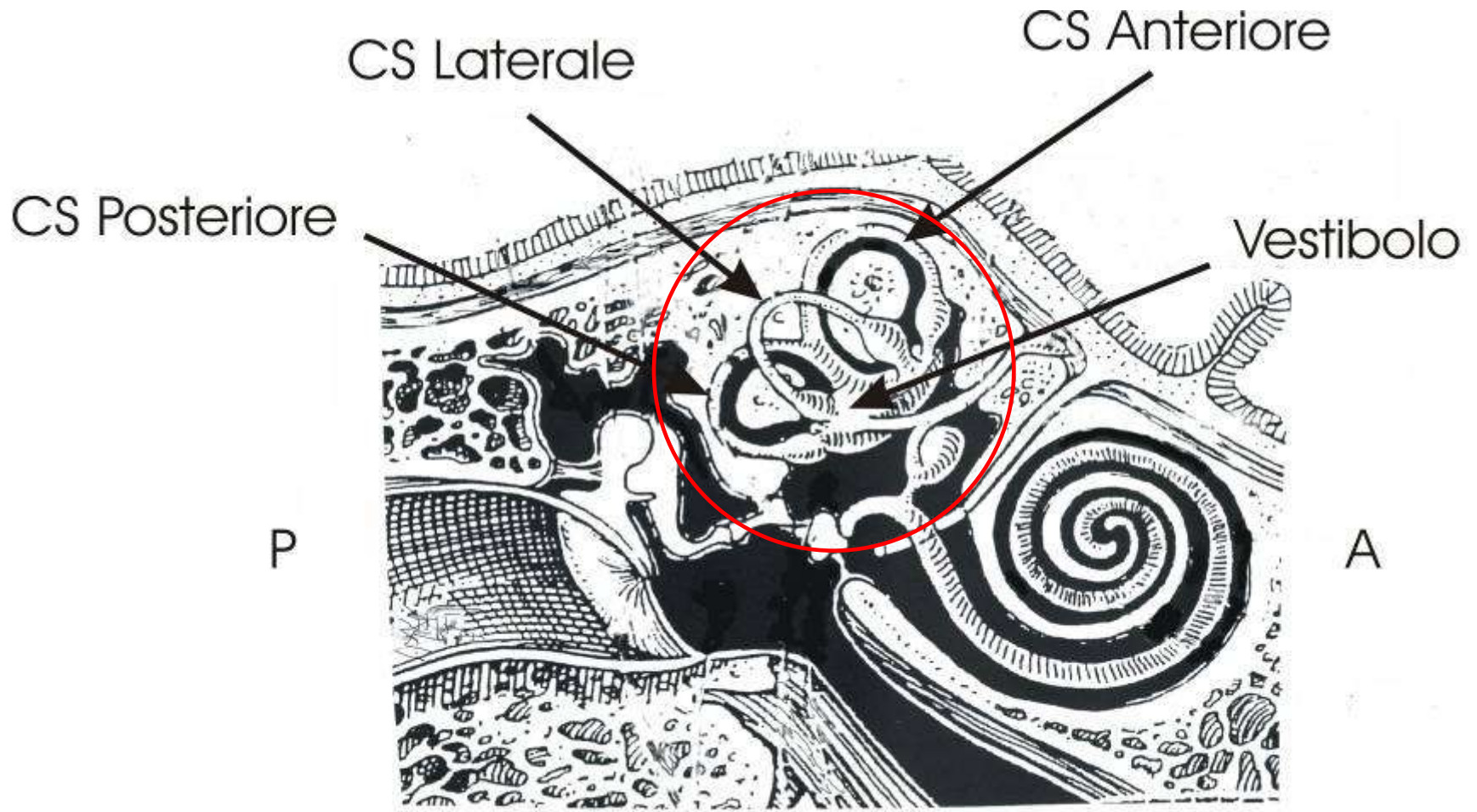


Strategie variabili

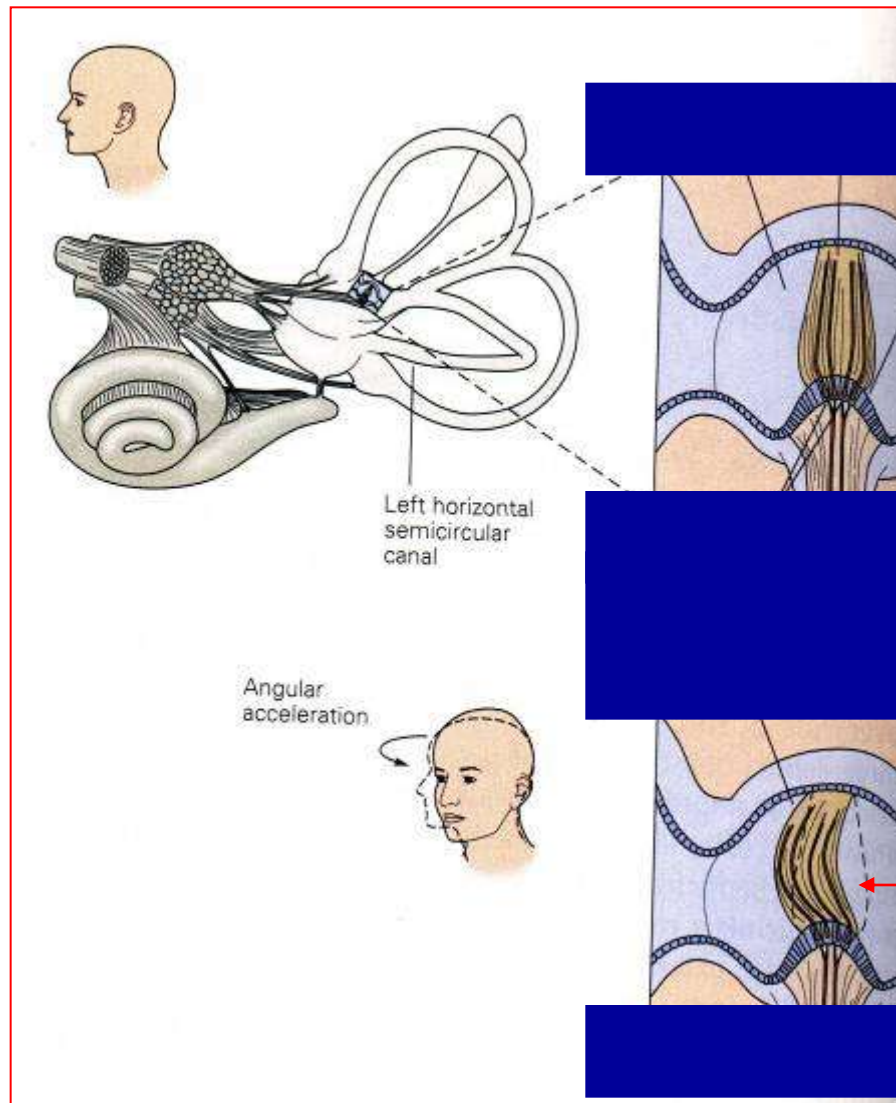




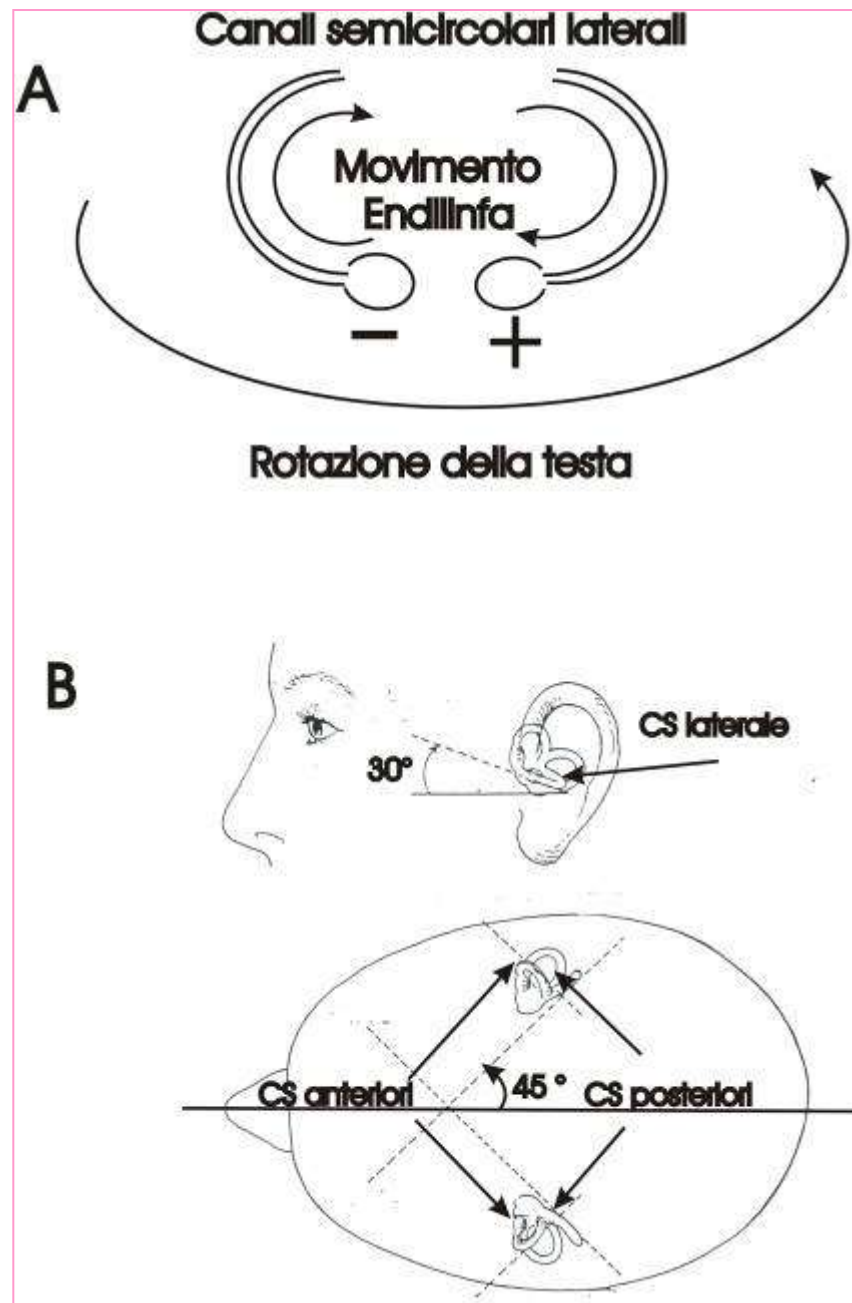
Apparato vestibolare



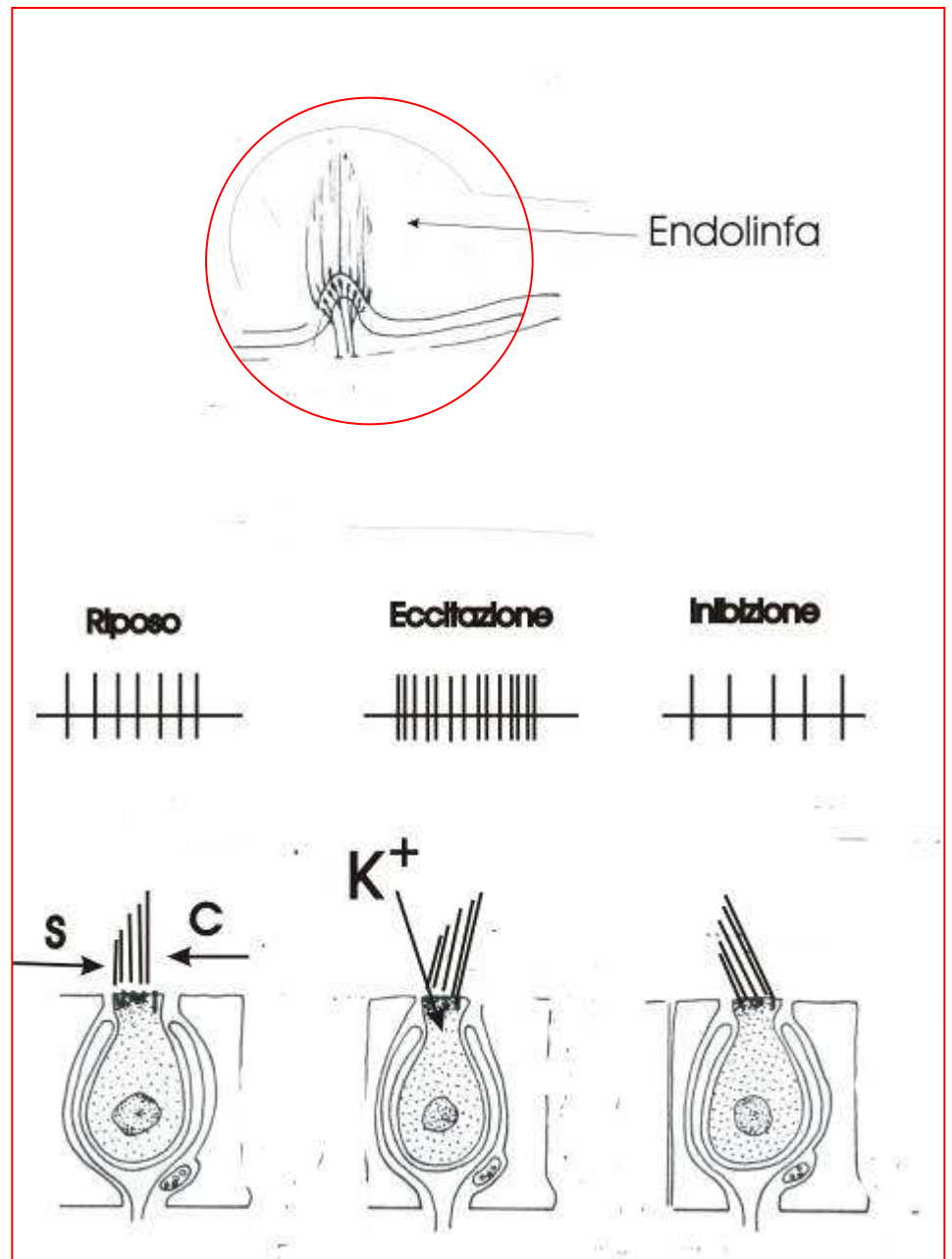
Apparato vestibolare



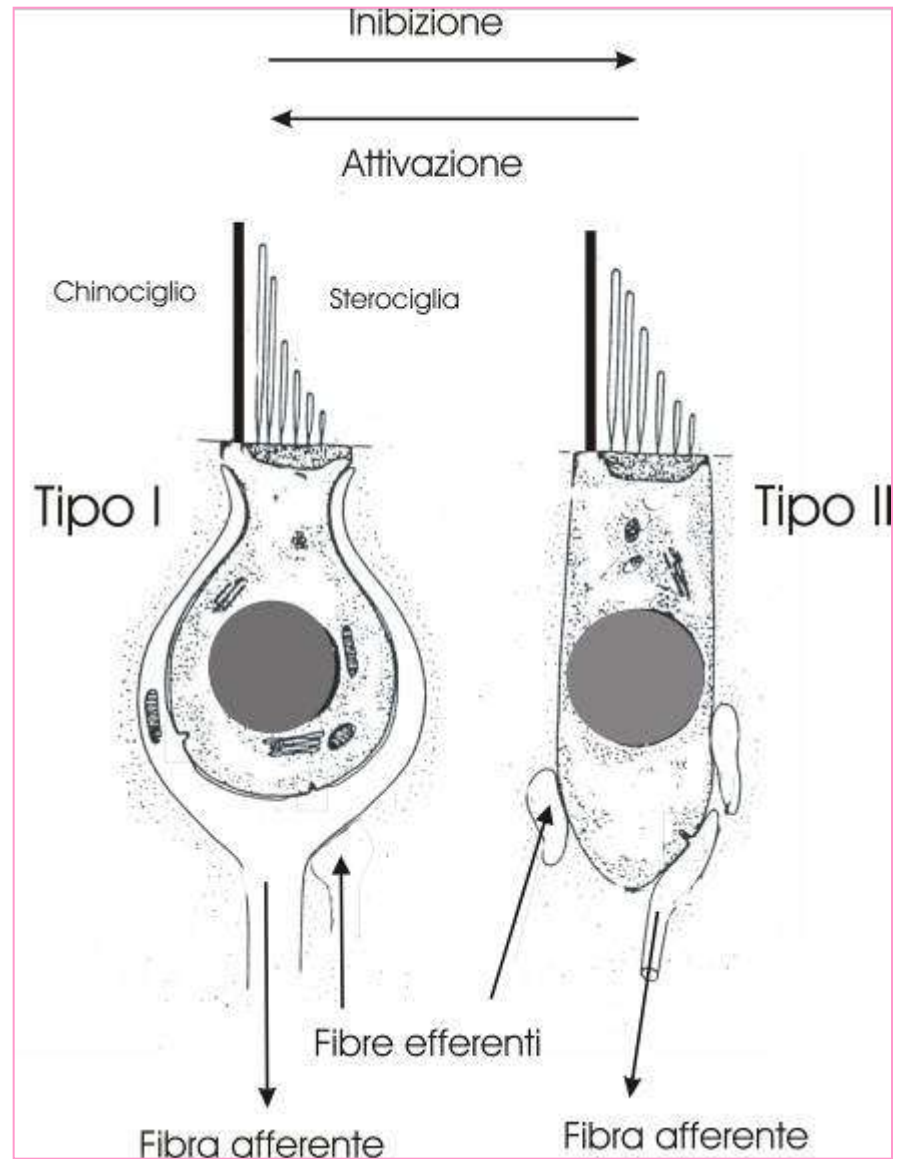
Eccitazione dei canali semicircolari

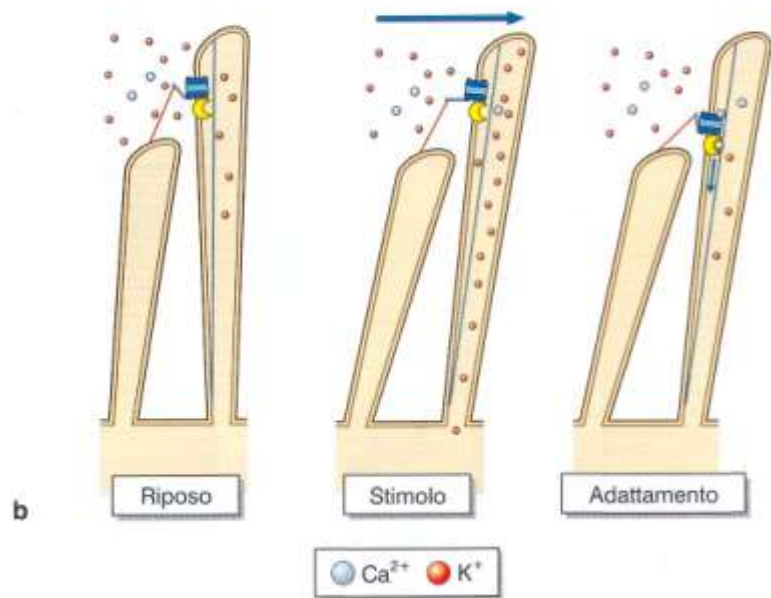
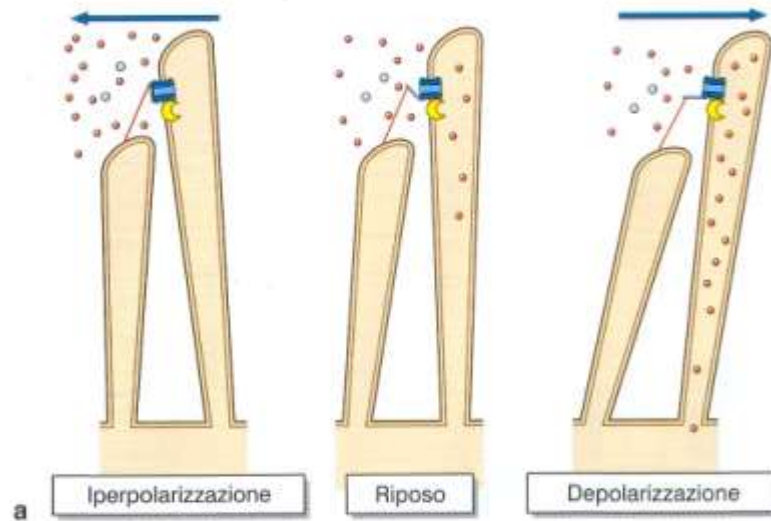


Eccitazione delle creste ampollari

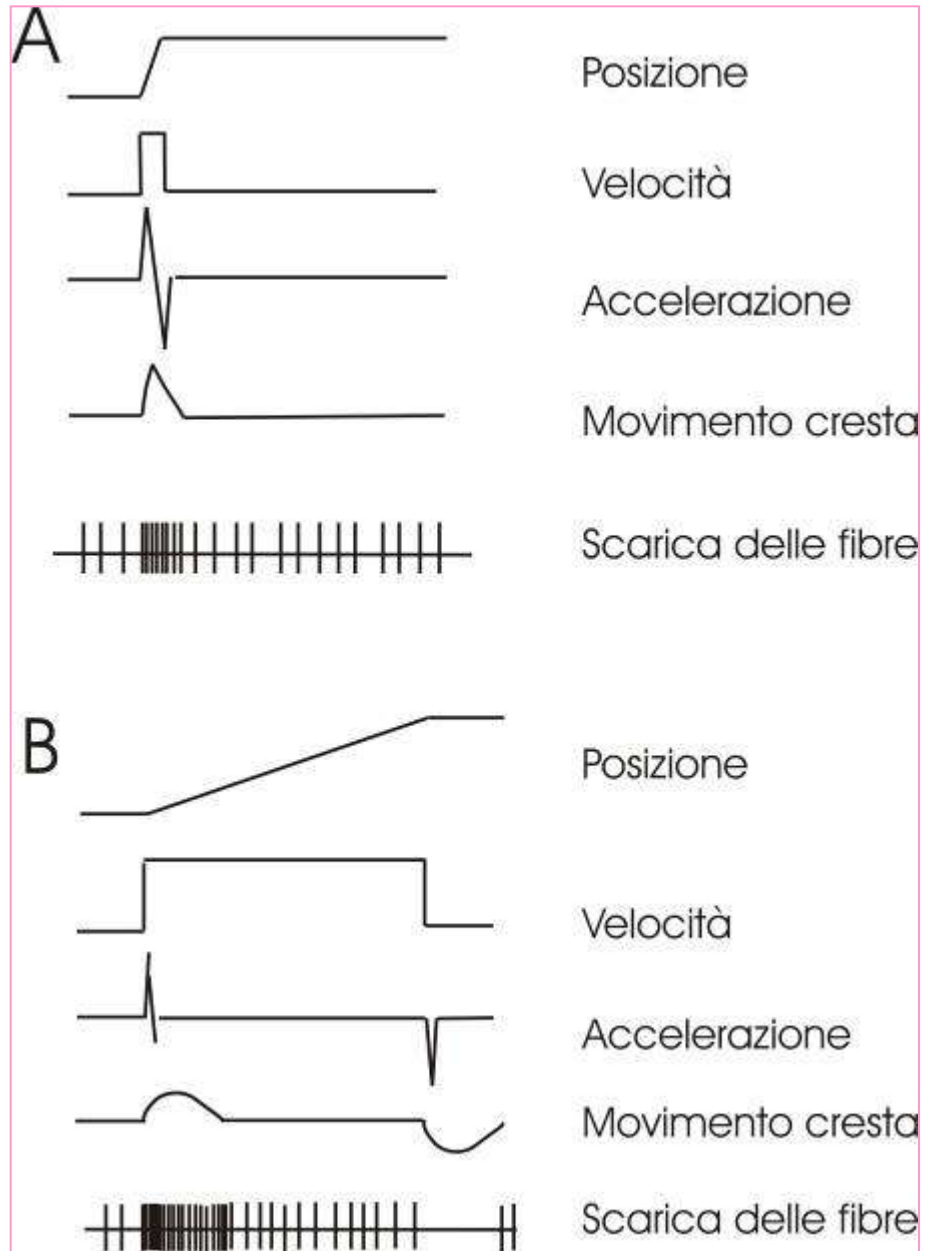


Recettori ampollari

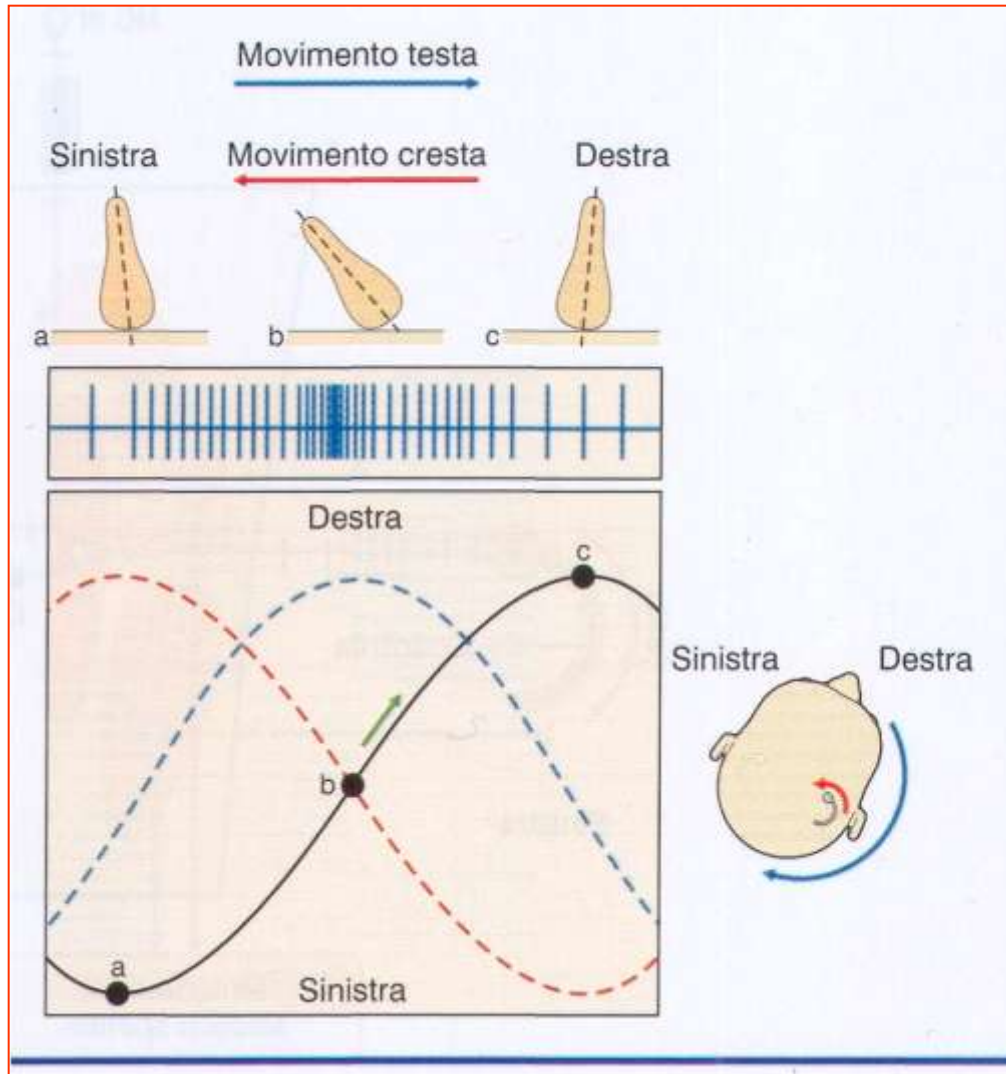




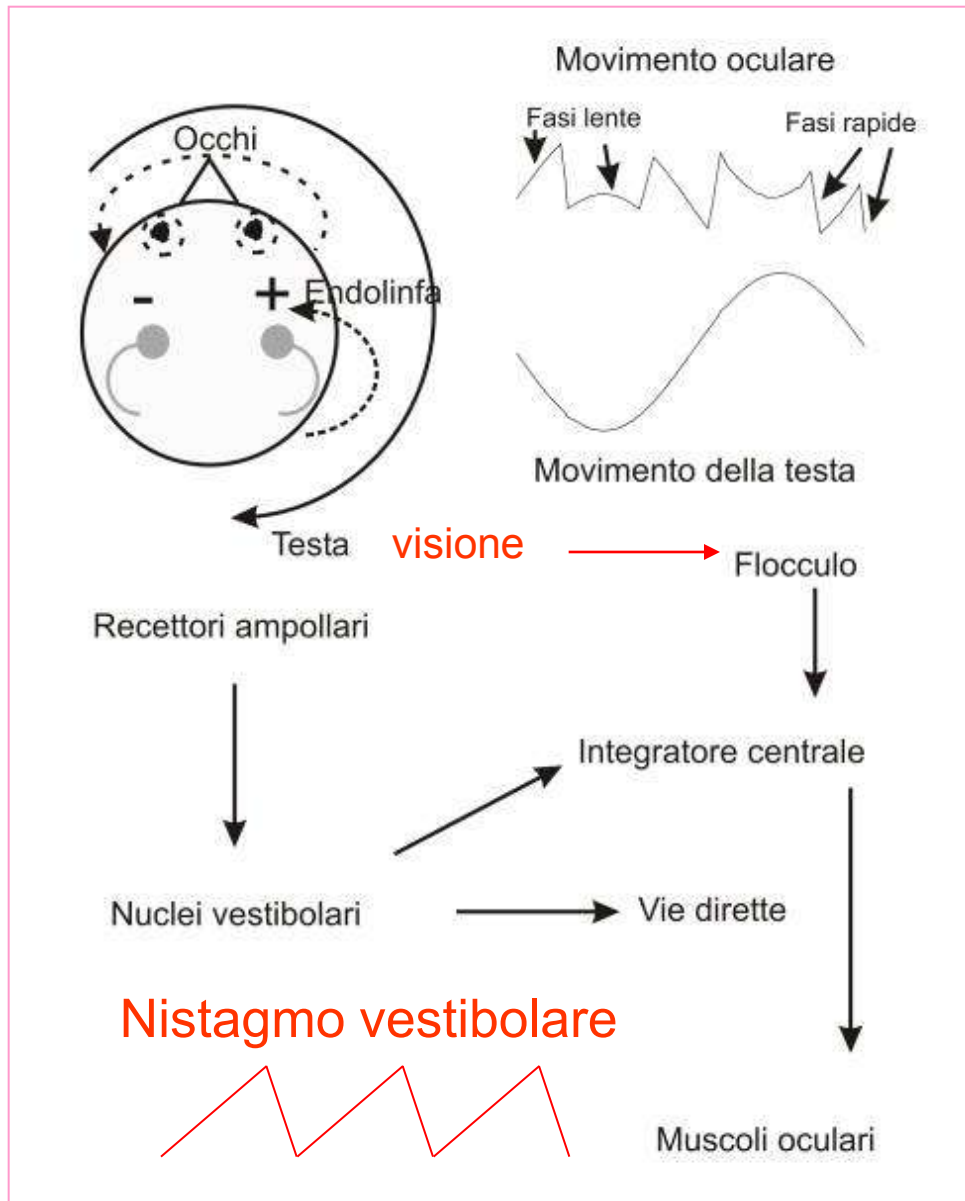
*Risposte delle
fibre
afferenti
vestibolari*



Guadagno e Fase



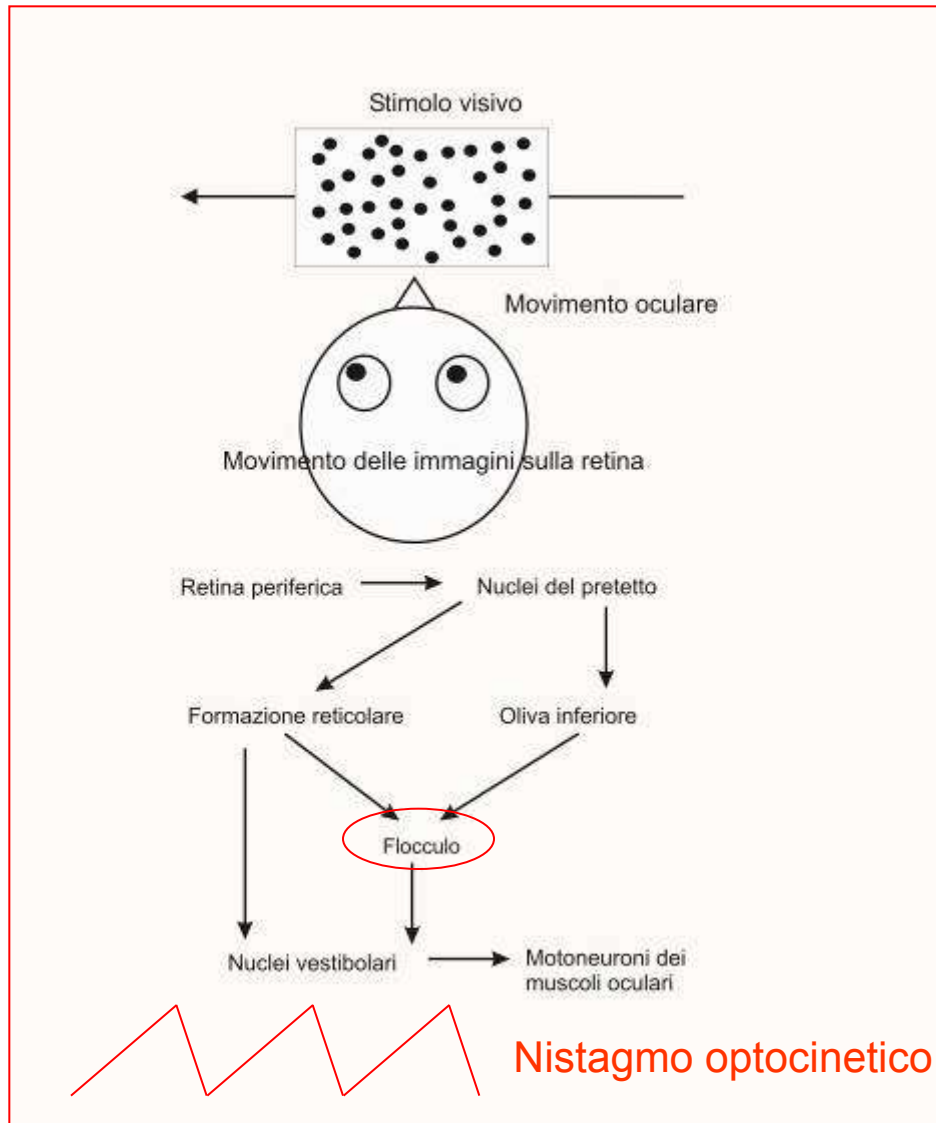
Movimenti oculari riflessi: Riflesso vestibolo-oculare



Le fasi lente
assicurano la stabilità
dello sguardo
durante movimenti
rapidi della testa

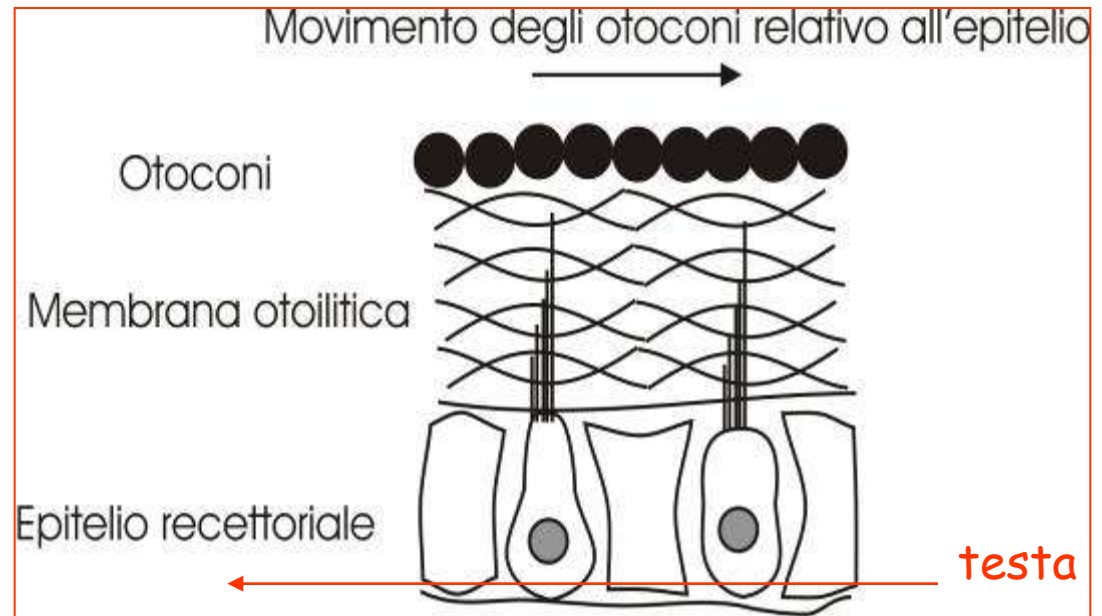
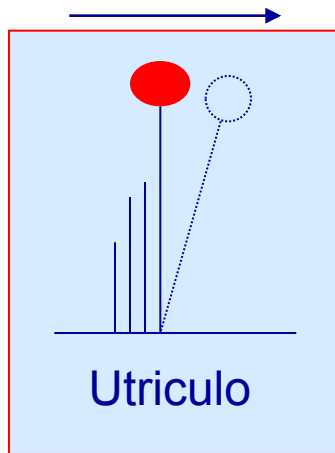
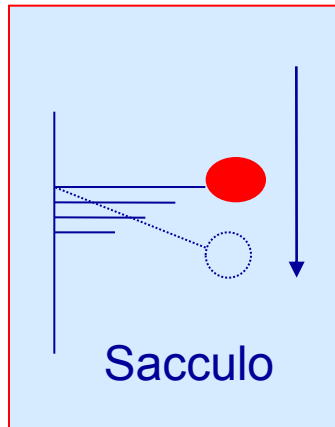
Le fasi rapide
interrompono la
rotazione
degli occhi e dirigono
lo sguardo nella stessa
direzione del
movimento della testa

Riflesso optocinetico



Assicura la stabilità dello sguardo durante movimenti lenti della testa

Recettori otolitici



Sensori di accelerazioni retto-lineari: gravità e spostamenti antero-posteriori, latero-laterali, verticali

*Sensibilità
direzionale
otolitica*

Asse antero-posteriore

Occipite

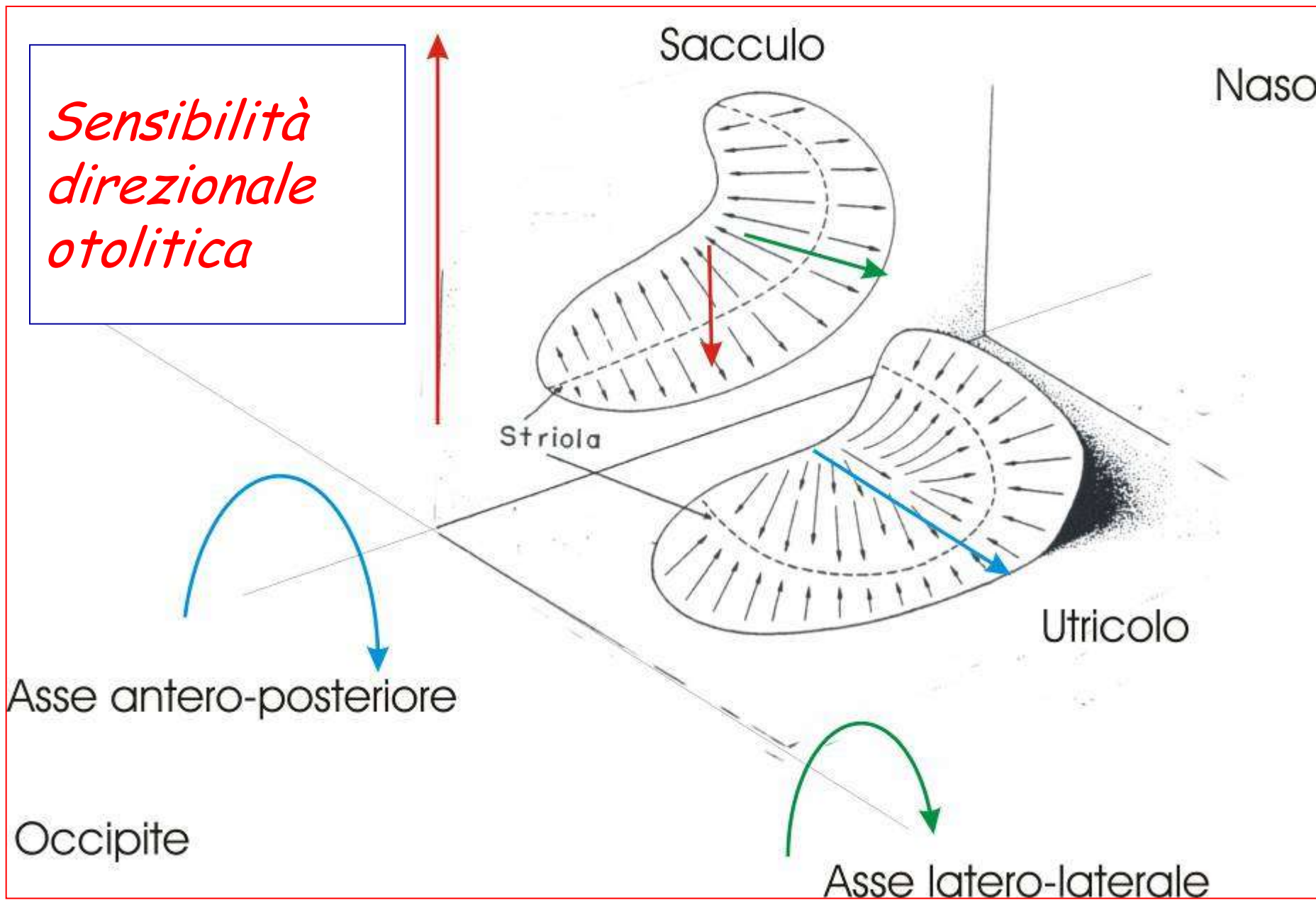
Sacculo

Striola

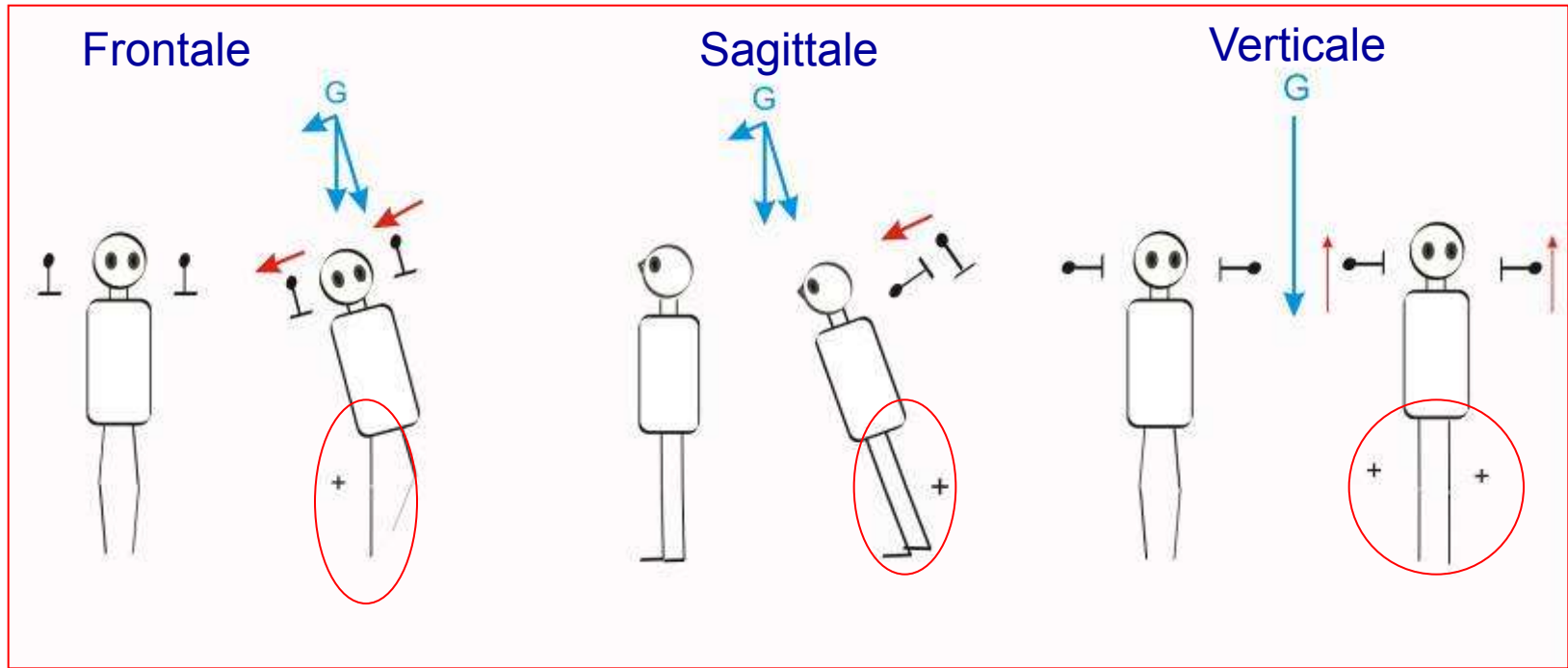
Utricolo

Naso

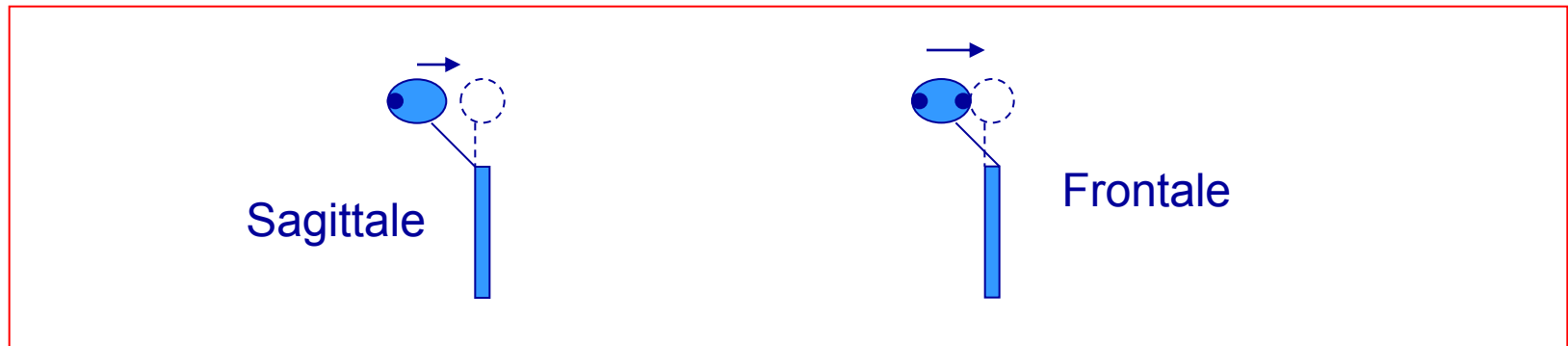
Asse latero-laterale



Riflessi otolitici spinali (vestibolo-spinali)

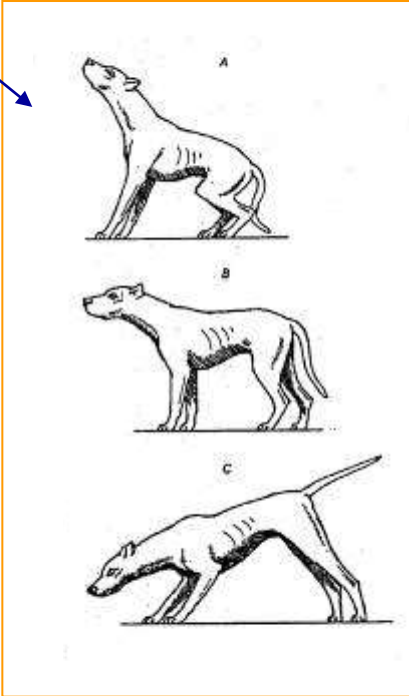


Riflessi vestibolo-cervicali

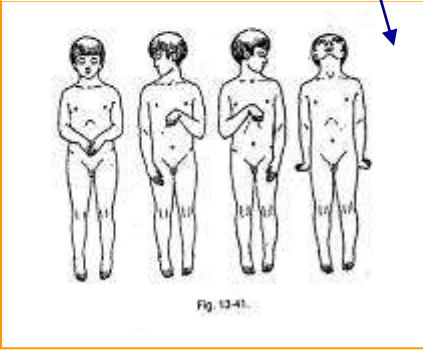


Riflessi cervicali

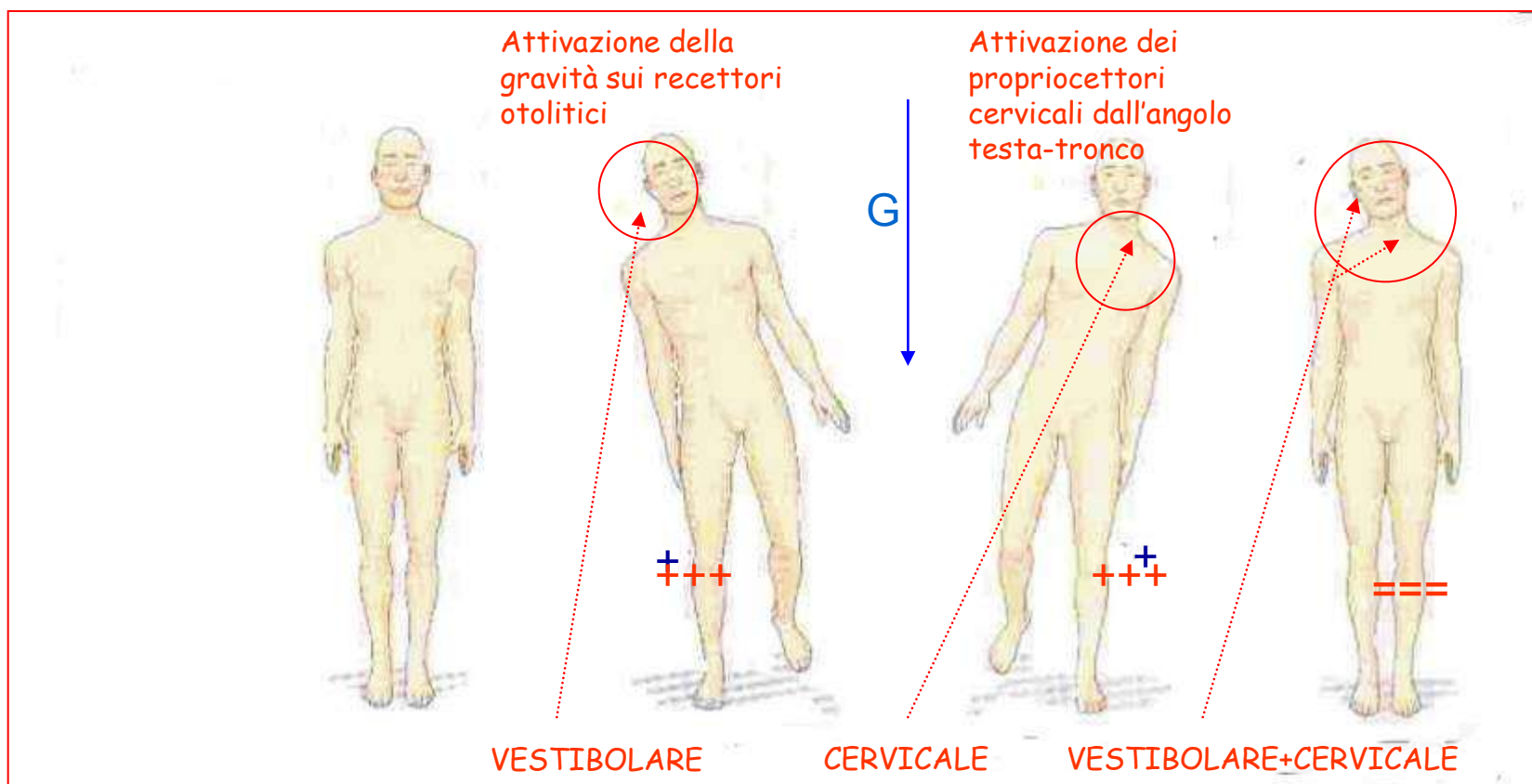
Riflessi cervicali sagittali



Riflessi cervicali laterali

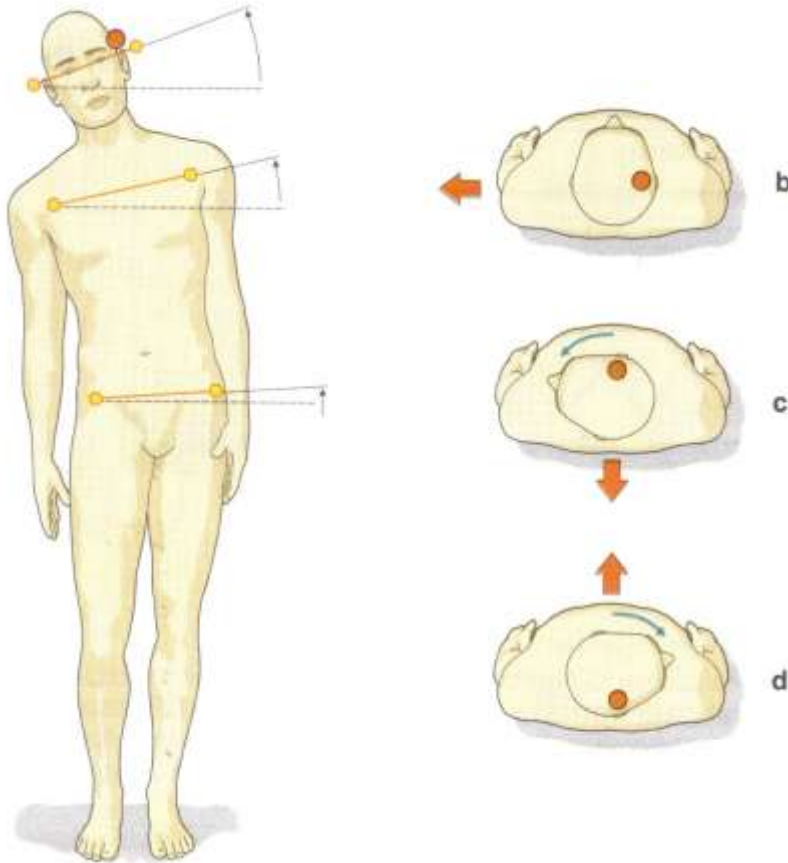


Riflessi combinati cervicali ed otolitici

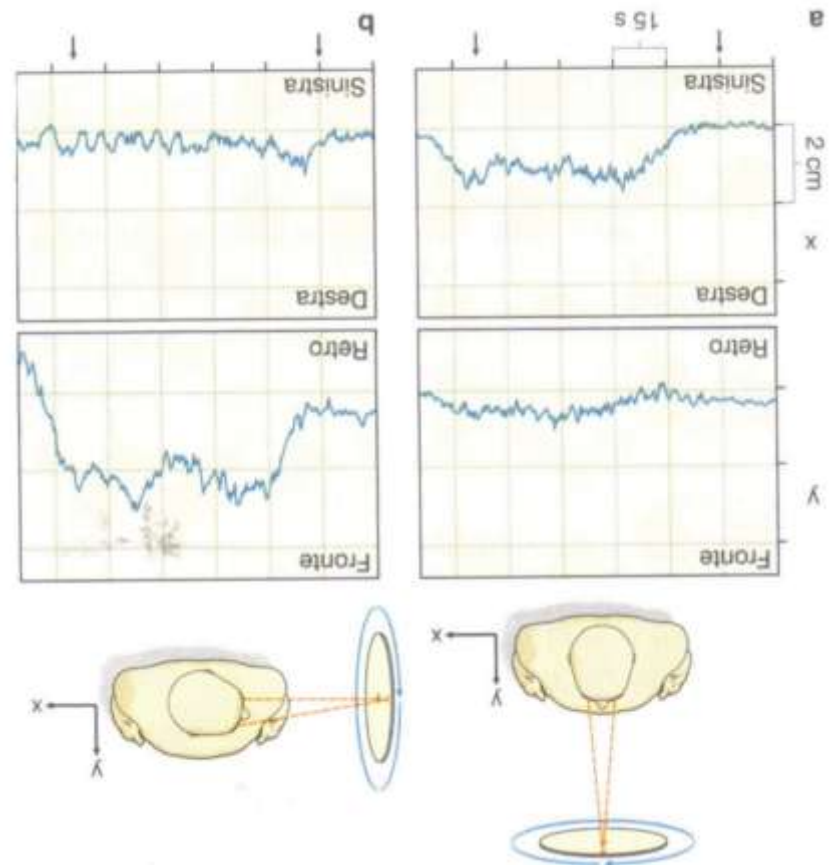


Interazione tra i canali sensoriali

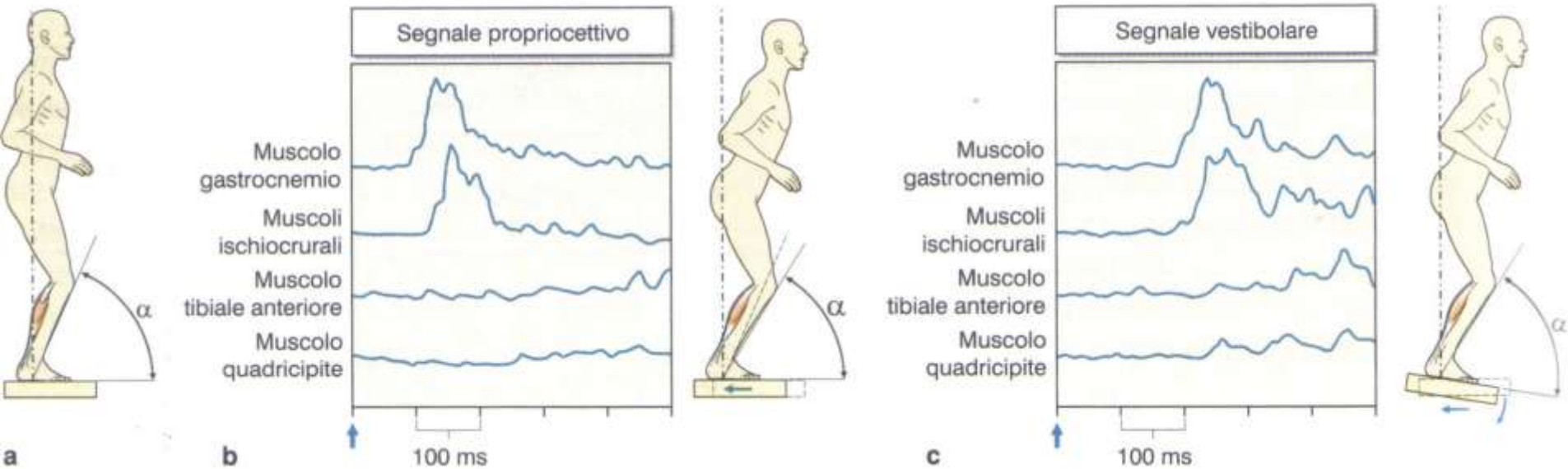
Vestibolare-Propriocezione



Visivo-propriocezione



Relazioni temporali tra i sistemi sensoriali



Riflessi posturali tronco-encefalici e corticali

- *Riflessi vestibolari:*
 - *dinamici (canali semicircolari)*
 - *statici (recettori otolitici)*
- *Riflessi cervicali*
- *Riflesso dell'arto a pilastro*
- *Riflesso del magnete*
- *Riflesso di piazzamento e dello sbalzo*
- *Riflesso di raddrizzamento*

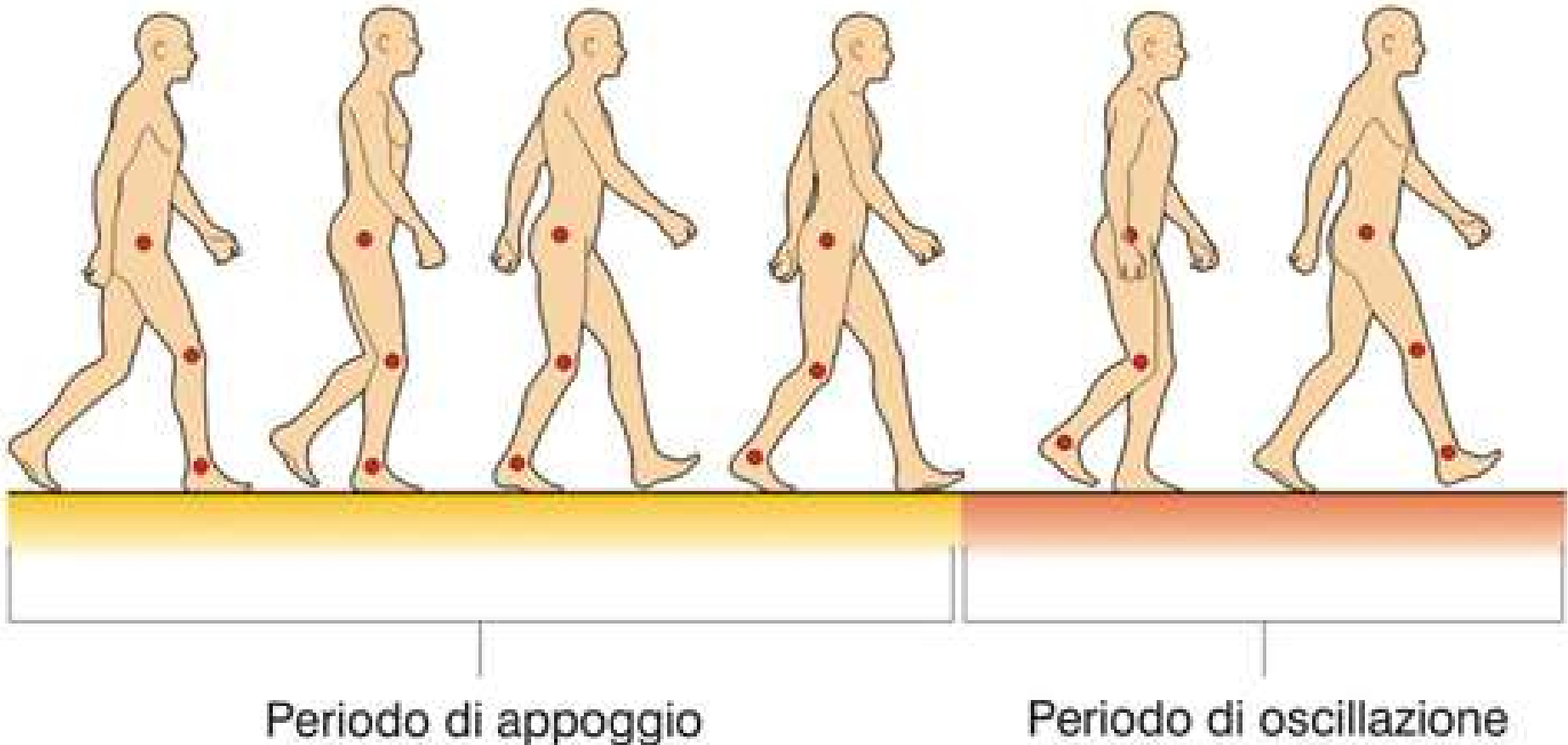
Locomozione

- La ritmicità è prodotta da circuiti localizzati nel midollo spinale
- La ritmicità è avviata da segnali discendenti superiori al midollo spinale (corteccia, nuclei della base, reticolare mesencefalica). Può essere indotta anche da L-DOPA.
- La ritmicità è regolata da afferenze sensitive
- Il ciclo è composto di una fase di oscillazione (flessione e prima estensione) ed una fase di appoggio (flesso-estensione ed estensione)
- Il centro della ritmicità deve possedere le seguenti proprietà:
 - neuronali: attività a raffica (potenziali a plateau, NMDA), rimbalzi post-inibitori, depressione sinaptica, ritardi attivatori)
 - circuitali (inibizioni reciproche, velocità di recupero dall'inibizione e eccitamento reciproco)

Nel **ciclo del passo** possiamo riconoscere due fasi (inteso per ogni piede)

Fase di appoggio: sostegno e propulsione del corpo

Fase di oscillazione: spostamento in avanti del piede



Secondo Philipppson possiamo dividere il ciclo del passo in quattro fasi: F, E1, E2, E3

F: Dall'inizio a metà del ciclo di oscillazione . Co-attivazione dei flessori dell'arto, determina il distacco del piede

E1: Dalla metà del ciclo di oscillazione al contatto di tallone. L'anca è mantenuta flessa, ginocchio e caviglia si estendono, determinando.

E2: contrazione eccentrica degli estensori

E3: Estensione di anca ginocchio e caviglia

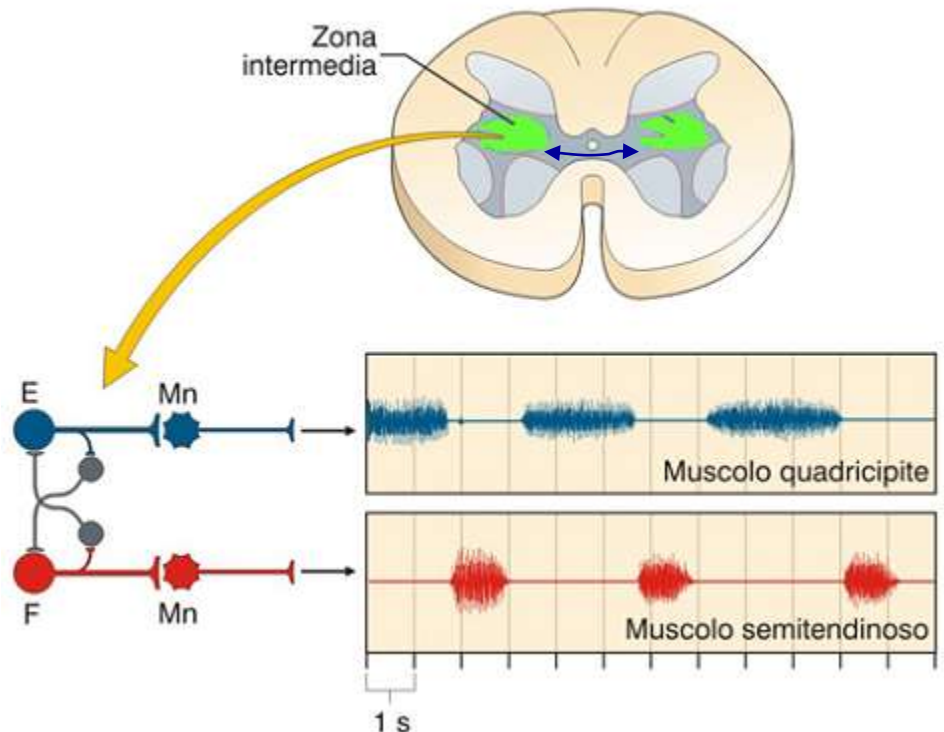
Il substrato del complesso pattern di attivazione ciclica dei muscoli degli arti inferiori nella deambulazione è costituito da **circuiti oscillanti nelle lamine intermedie del midollo spinale a livello lombare**, distinguibili in **emicentro estensorio (E)** e **flessorio (F)** in grado di inibirsi a vicenda.

Nel loro complesso queste strutture costituiscono i **centri generatori del cammino** o "**central pattern generators**" (CPG).

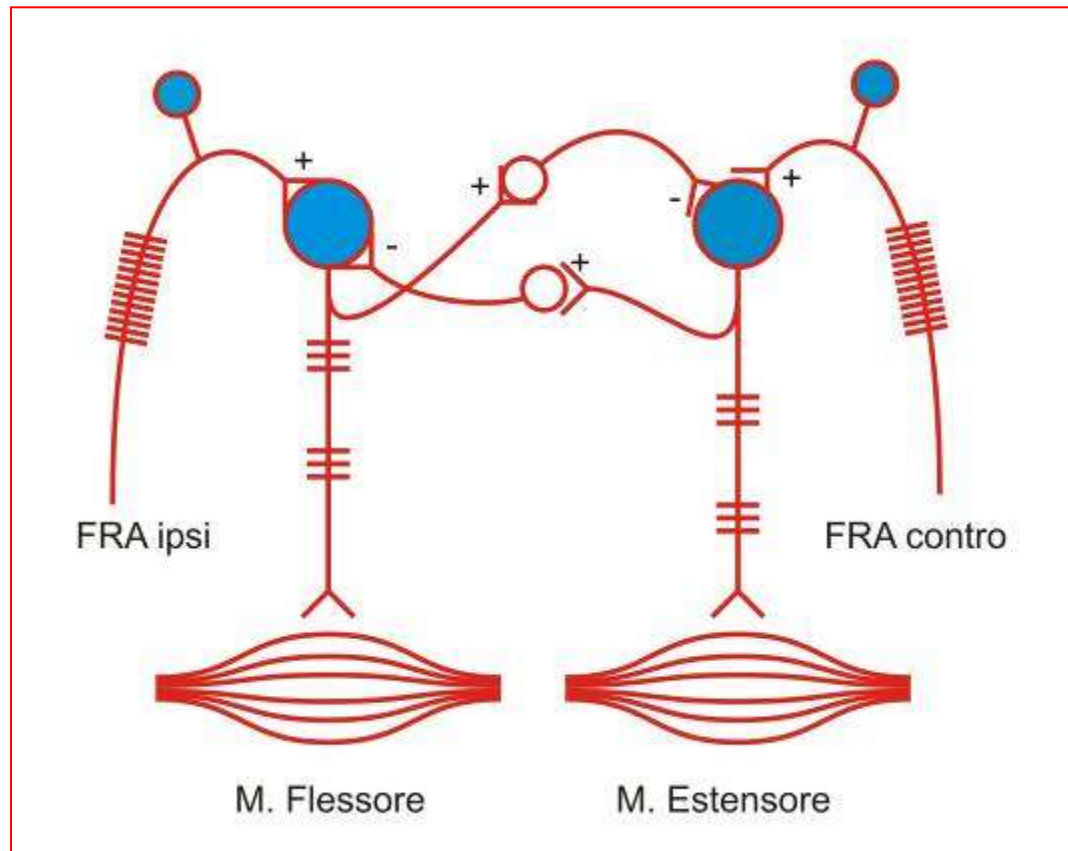
L'alternanza ciclica è basata su proprietà specifiche e particolari degli interneuroni che li costituiscono

E = emicentro estensore

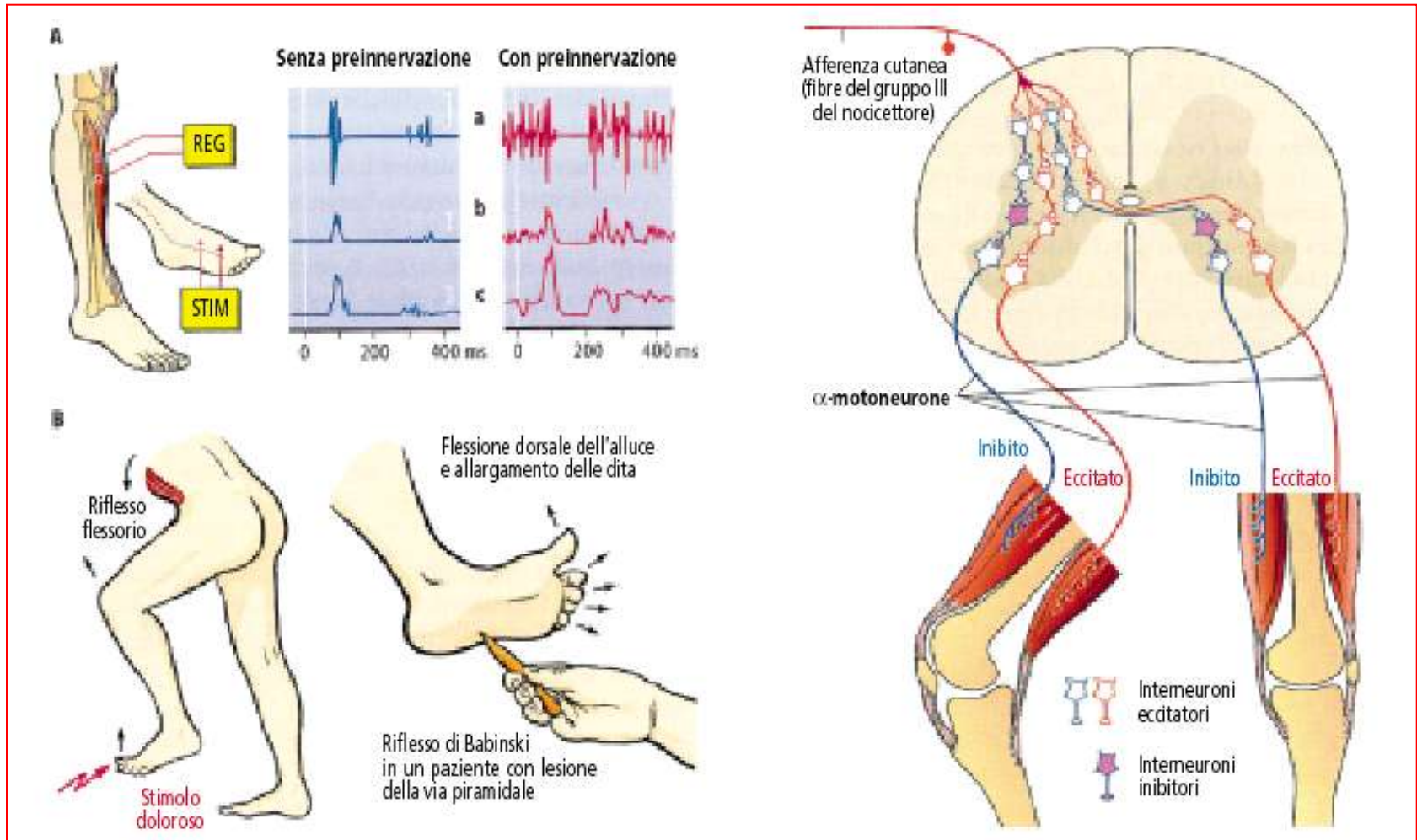
F = emicentro flessore



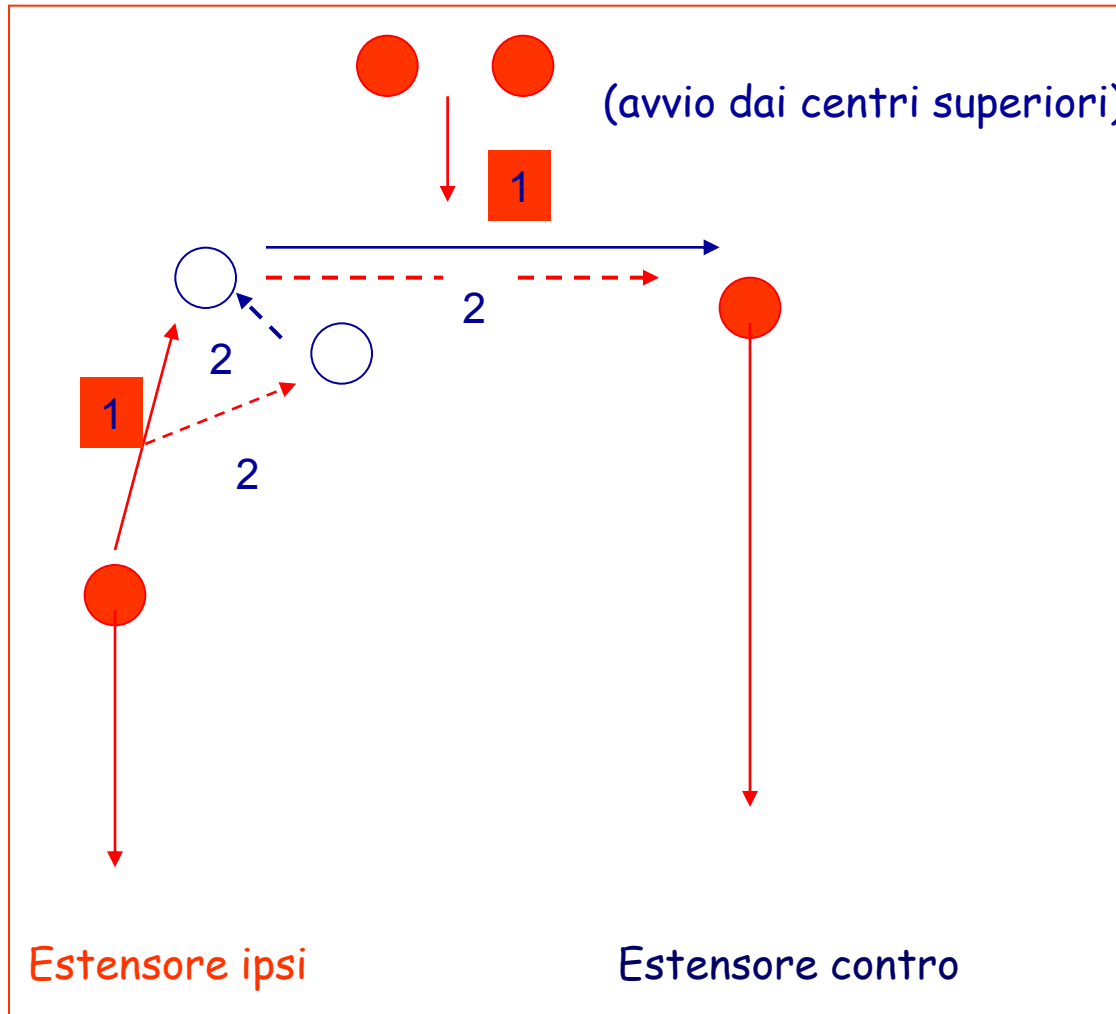
Circuito oscillante **ipsilaterale** per la locomozione: riflesso estensore crociato



Riflesso estensore crociato: relazione ipsi-controlaterale



Circuito oscillante *bilaterale* per la locomozione

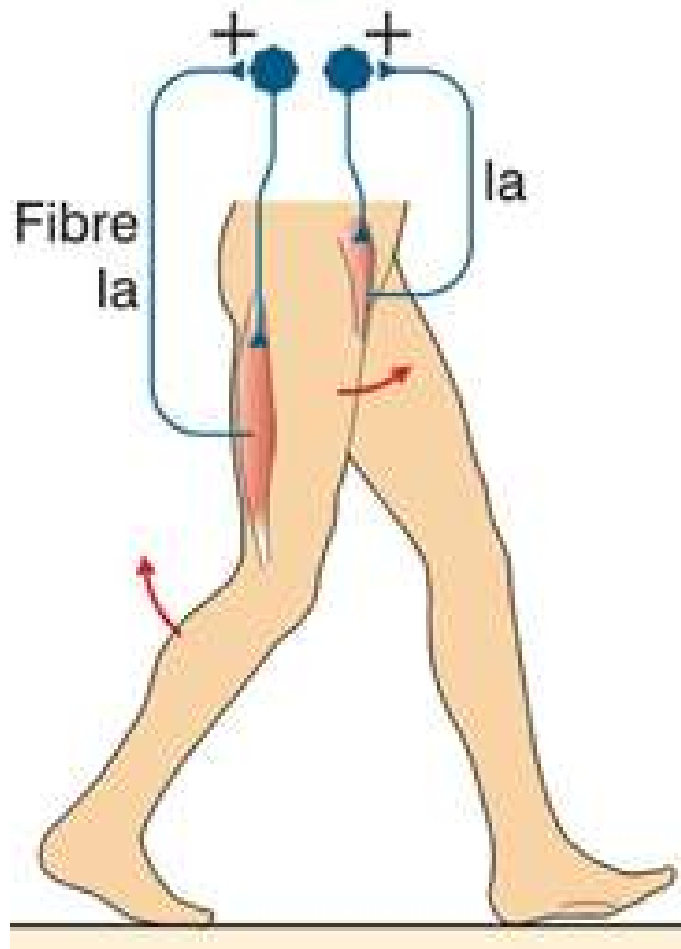


Iniziale inibizione del motoneurone estensore controlaterale (via diretta - 1)
Successiva disinibizione del motoneurone estensore controlaterale (via indiretta - 2)

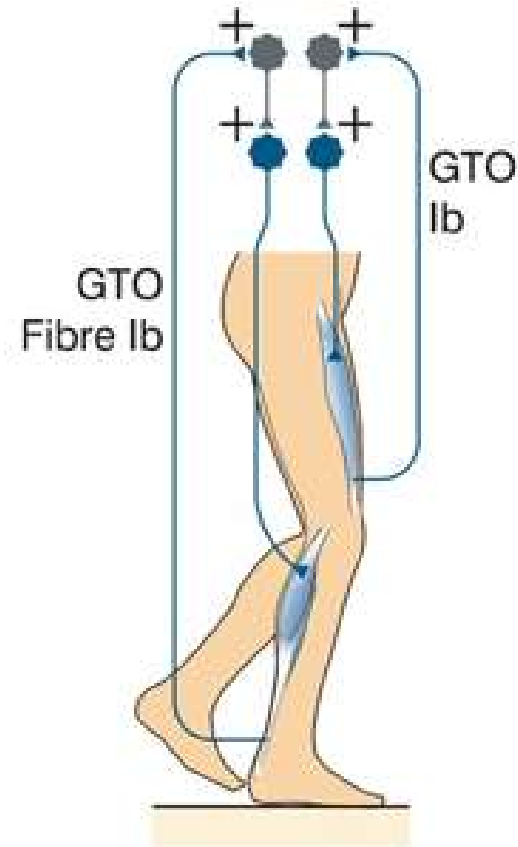
Rosso: facilitazione
Nero: inibizione

- I Central Pattern Generator vengono modulati da segnali afferenti
- Segnali afferenti propriocettivi facilitano le varie fasi del ciclo del passo (fusi neuromuscolari e recettori del Golgi)
- Afferenze cutanee modulano il passo rispetto all'ambiente

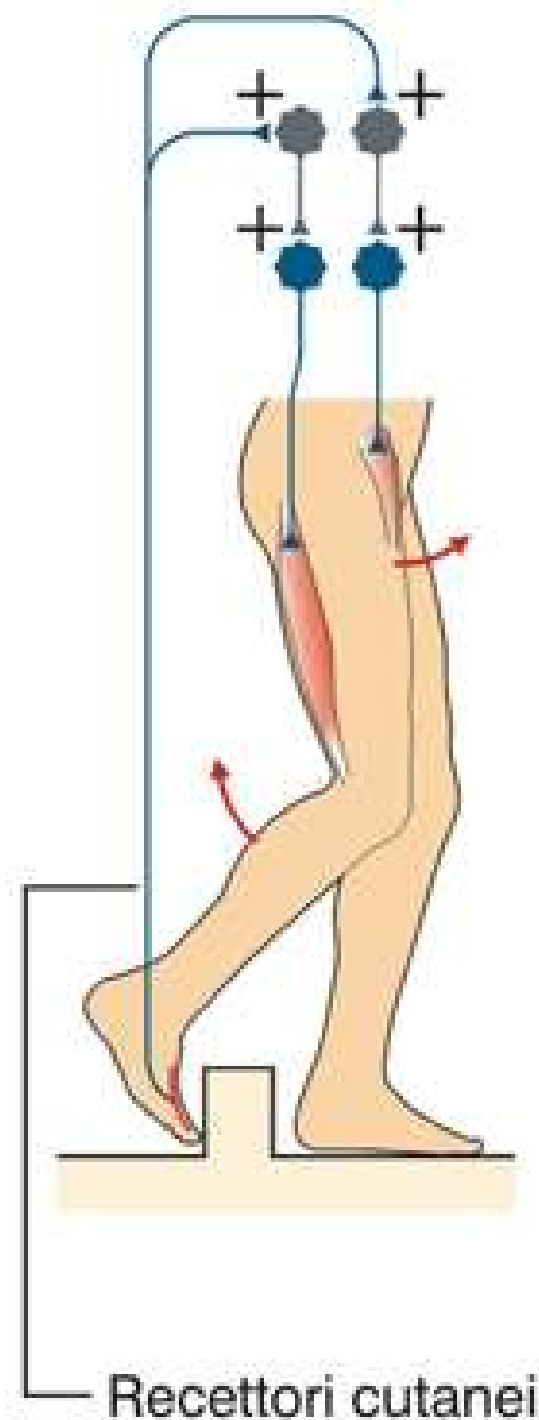
Le afferenze fusali facilitano la transizione dalla fase di supporto a quella di oscillazione: in estensione si ha allungamento dei flessori e conseguente loro attivazione per riflesso



Le afferenze dai recettori del Golgi dei muscoli estensori **facilitano** i muscoli estensori stessi attraverso vie **polisinaptiche** durante la **fase di supporto** (inversione di un riflesso inibitorio contesto dipendente).

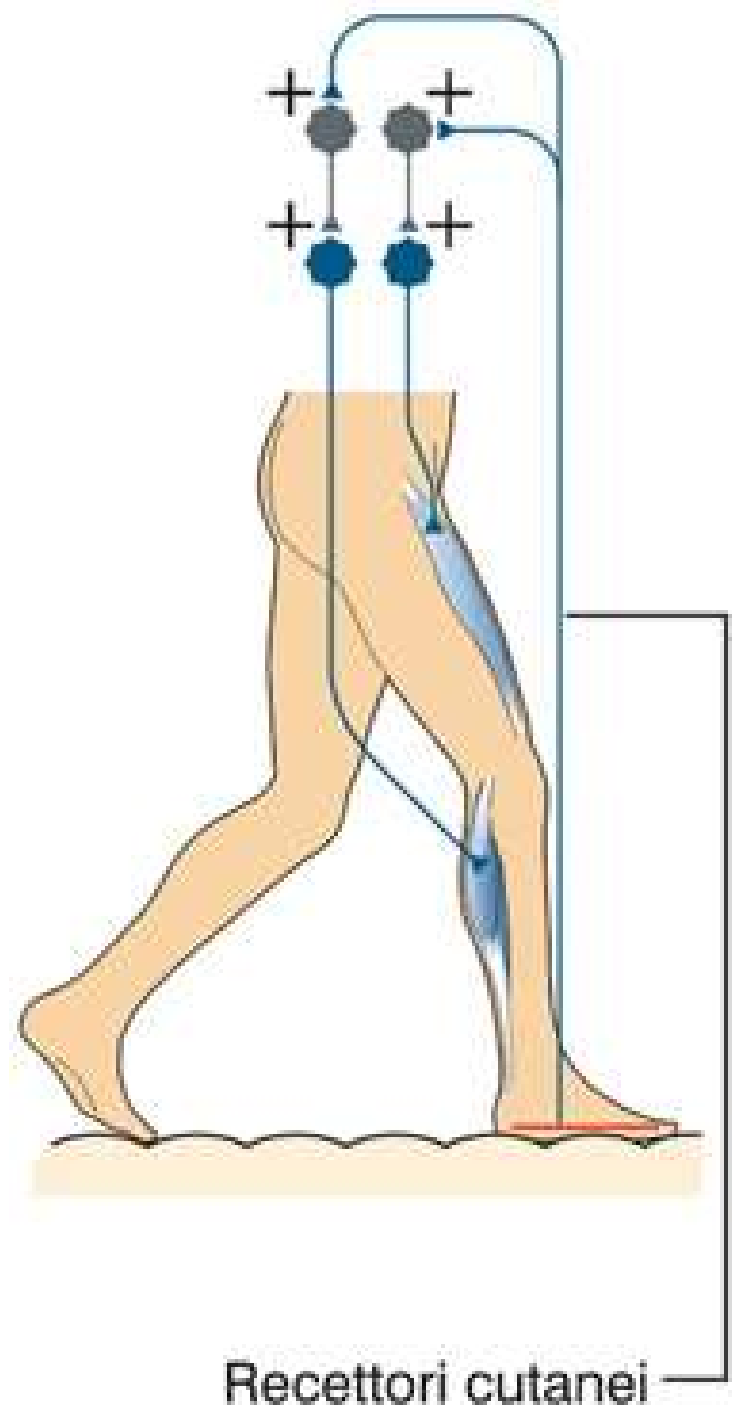


I recettori cutanei del dorso del piede in fase di oscillazione facilitano l'accentuazione della flessione dell'arto in "swing" (anche coadiuvati dall'attivazione dei fusi dei flessori) permettendo l'evitamento dell'ostacolo urtato

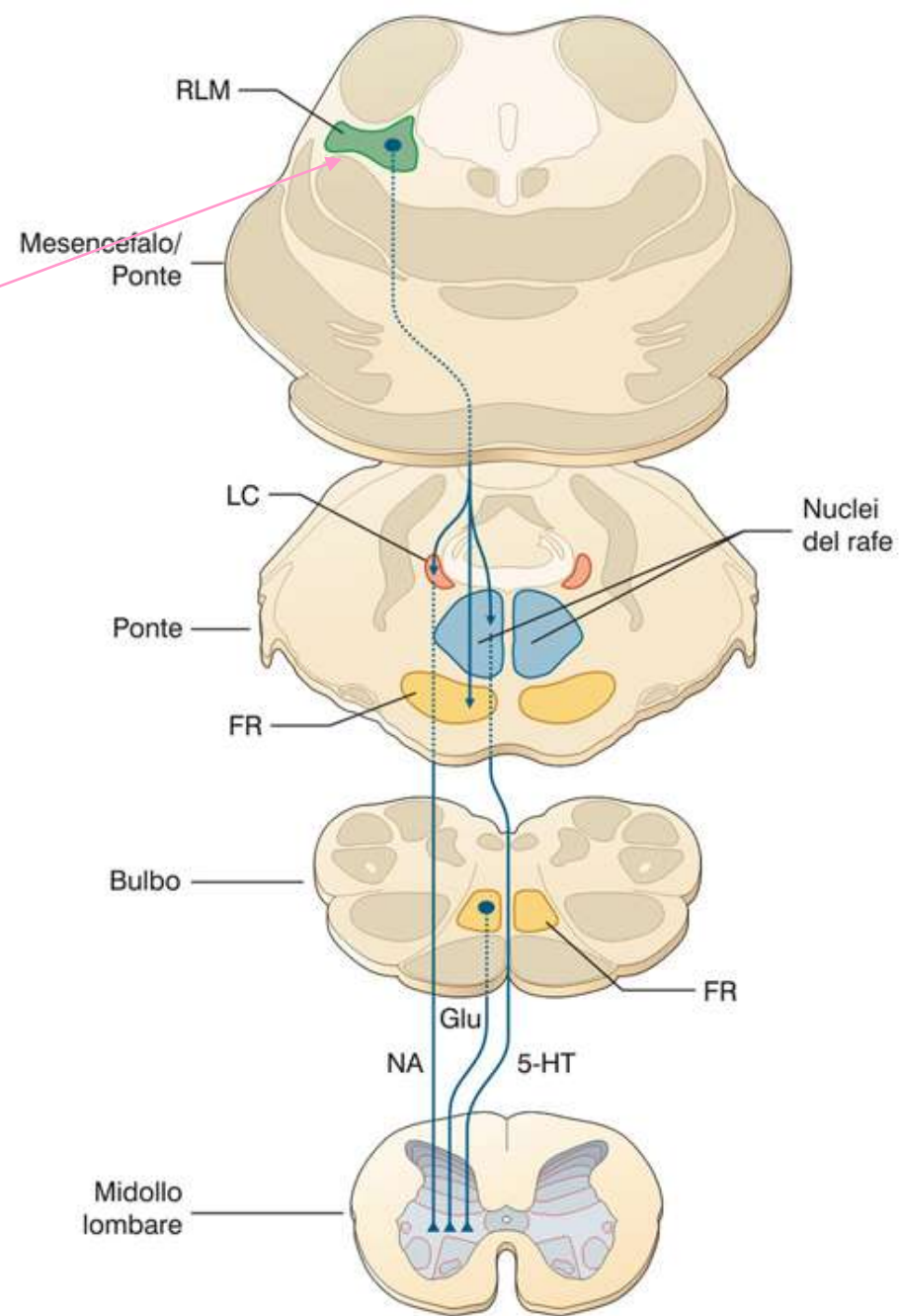


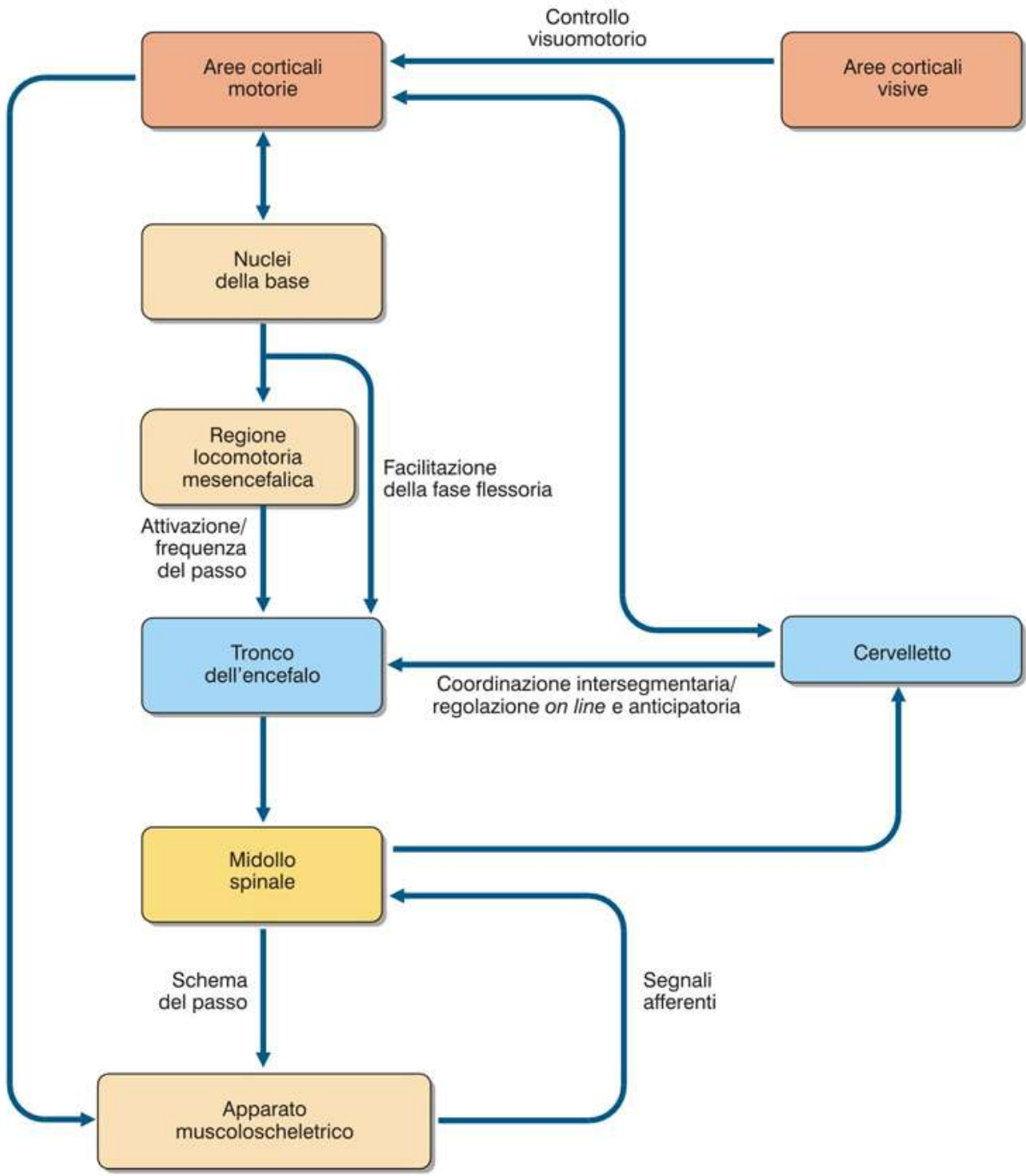
- La stimolazione di recettori cutanei della pianta del piede come può avvenire poggiando il piede su un'asperità, produce un aumento del tono estensorio dell'arto stesso per stabilizzarlo

- I circuiti spinali integrano segnali afferenti e da centri gerarchicamente superiori nella modulazione della cinematica del passo



RLM: regione locomotoria mesencefalica.





Cerebellum:
 integrazione del tono
 antigravitario nel ciclo
 del passo. Timing,
 direzione,
 aggiustamenti
 anticipatori ed a feed
 back