

Movimento volontario: meccanismi periferici

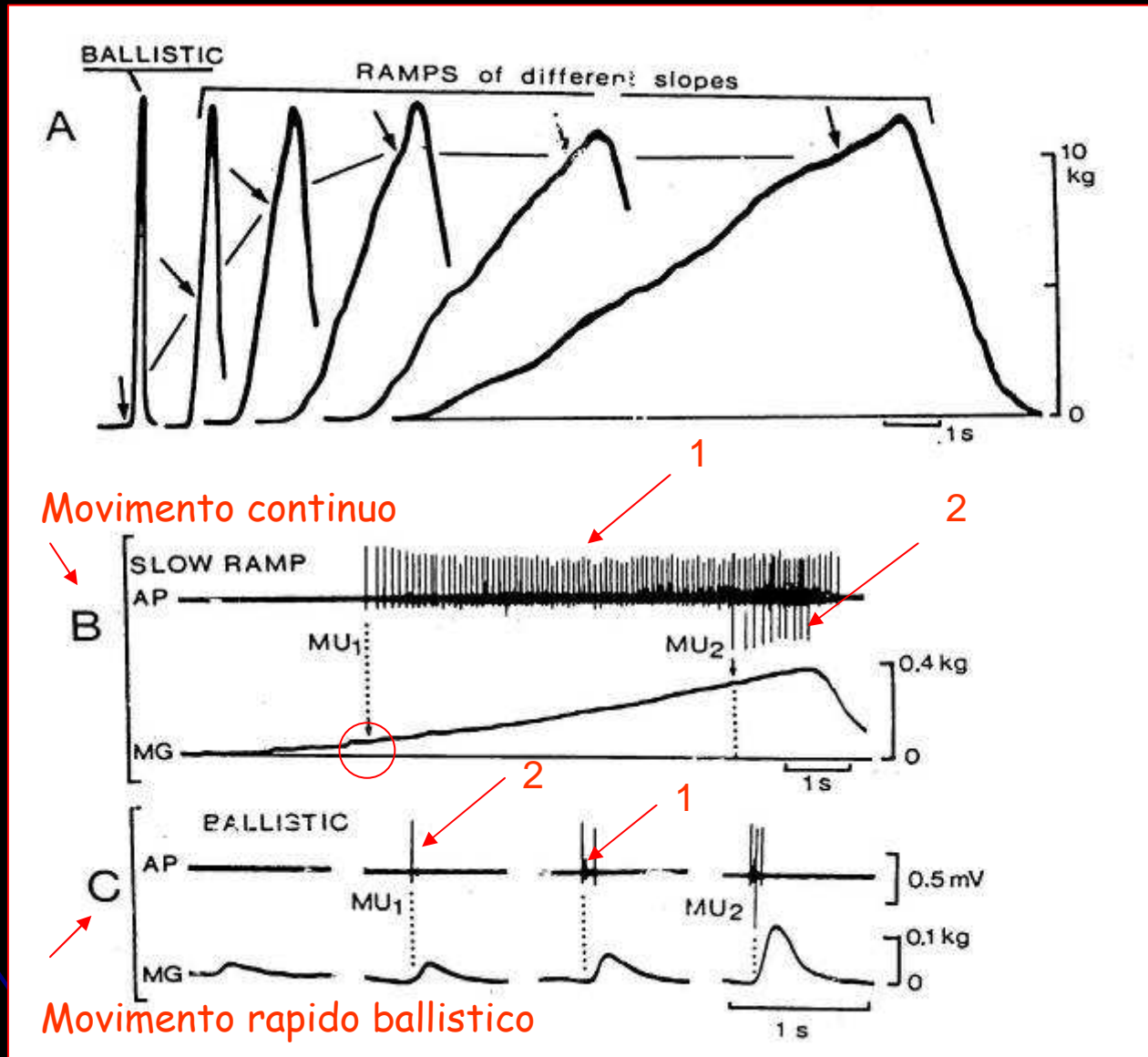
unità motorie,
coattivazione gamma,
inibizione ricorrente

Movimento volontario: meccanismi centrali

Cervelletto

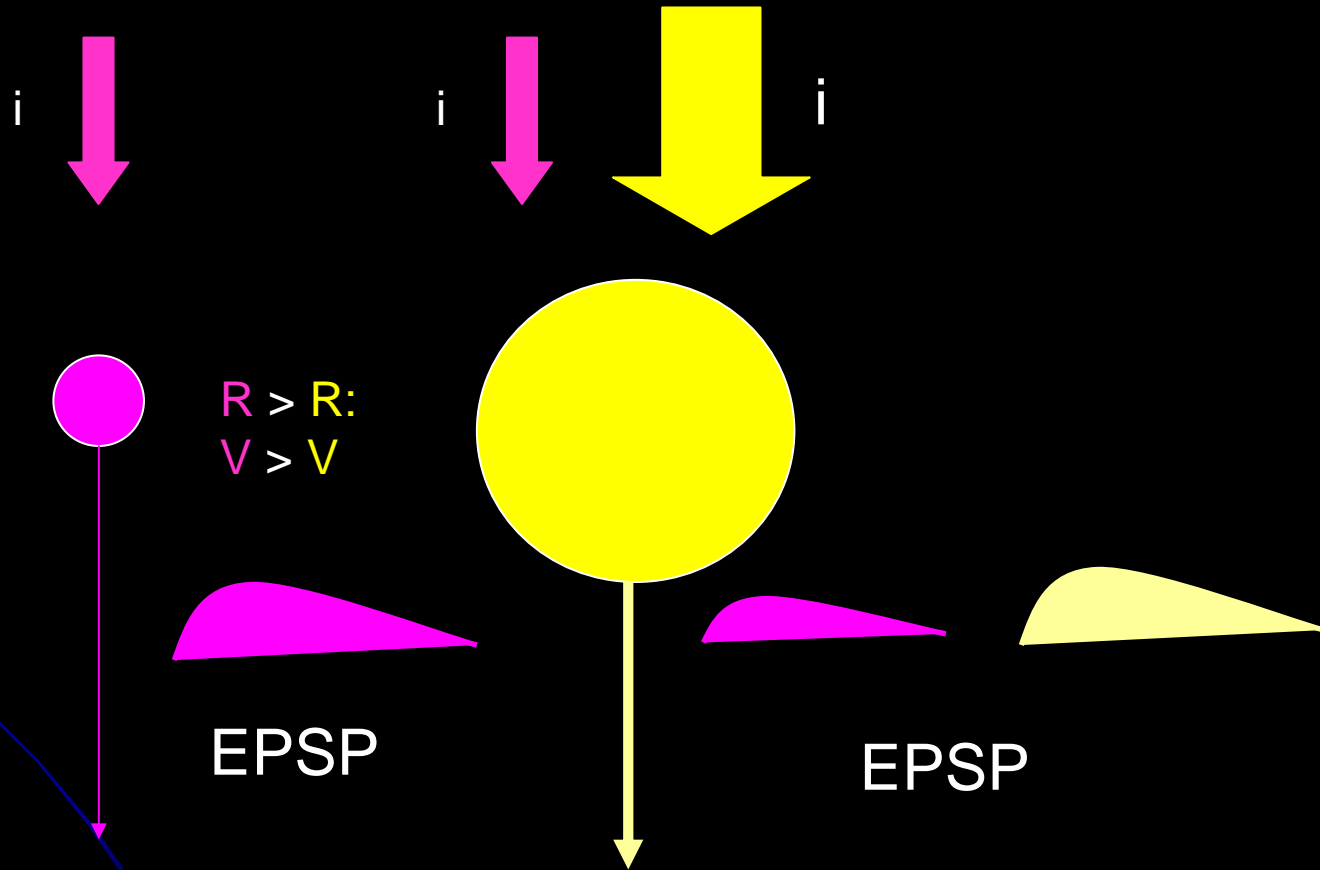
Nuclei della base

Sequenza di attivazione delle UM: dalle piccole alle grandi nei movimenti continui

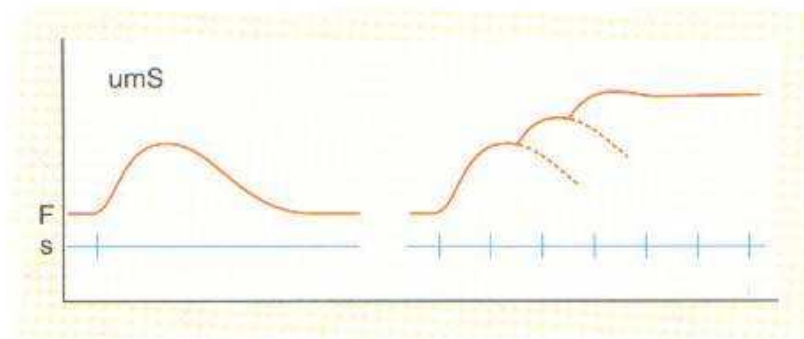
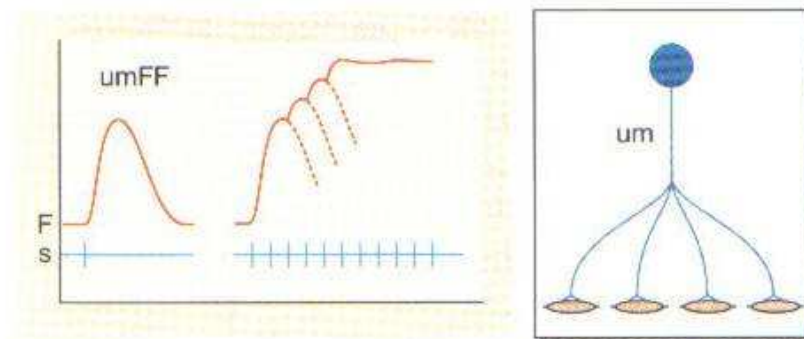


Comando corticale

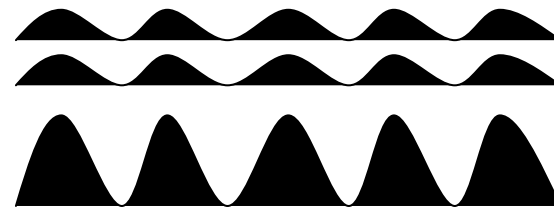
$$I = V \cdot R$$



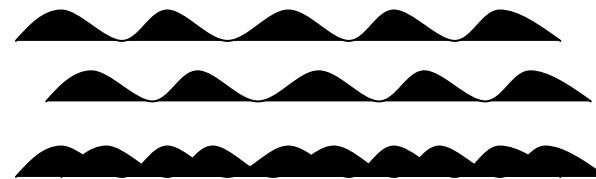
Reclutamento, Frecuencia, Asincronia



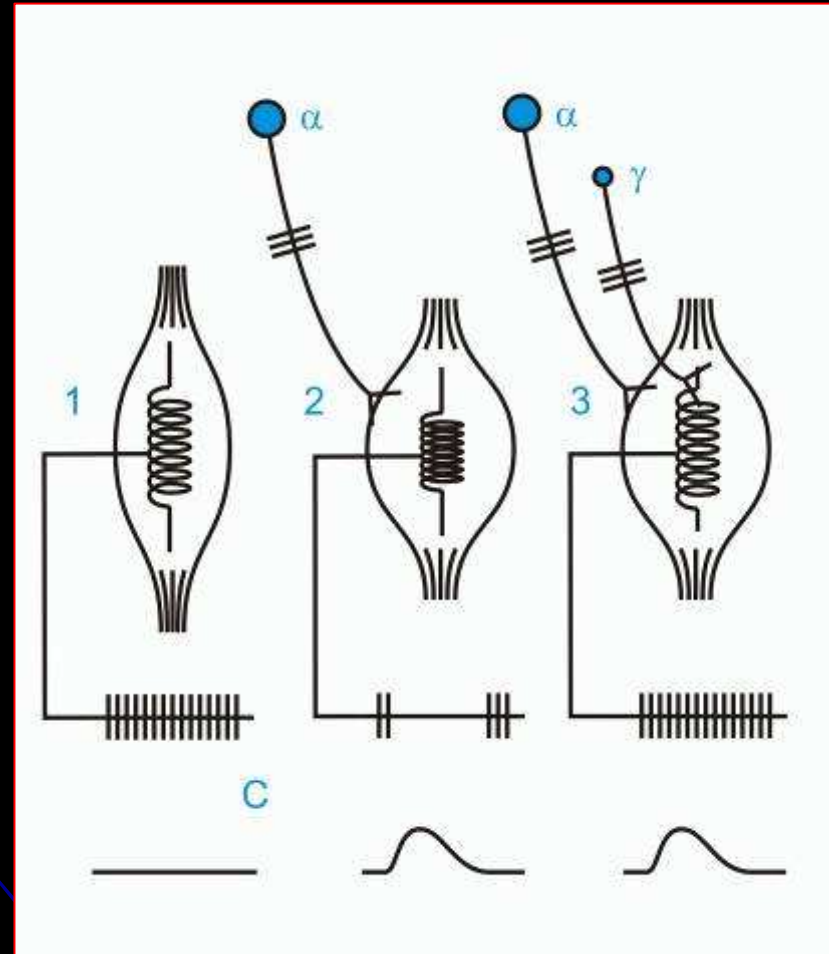
Sincrono



Asincrono

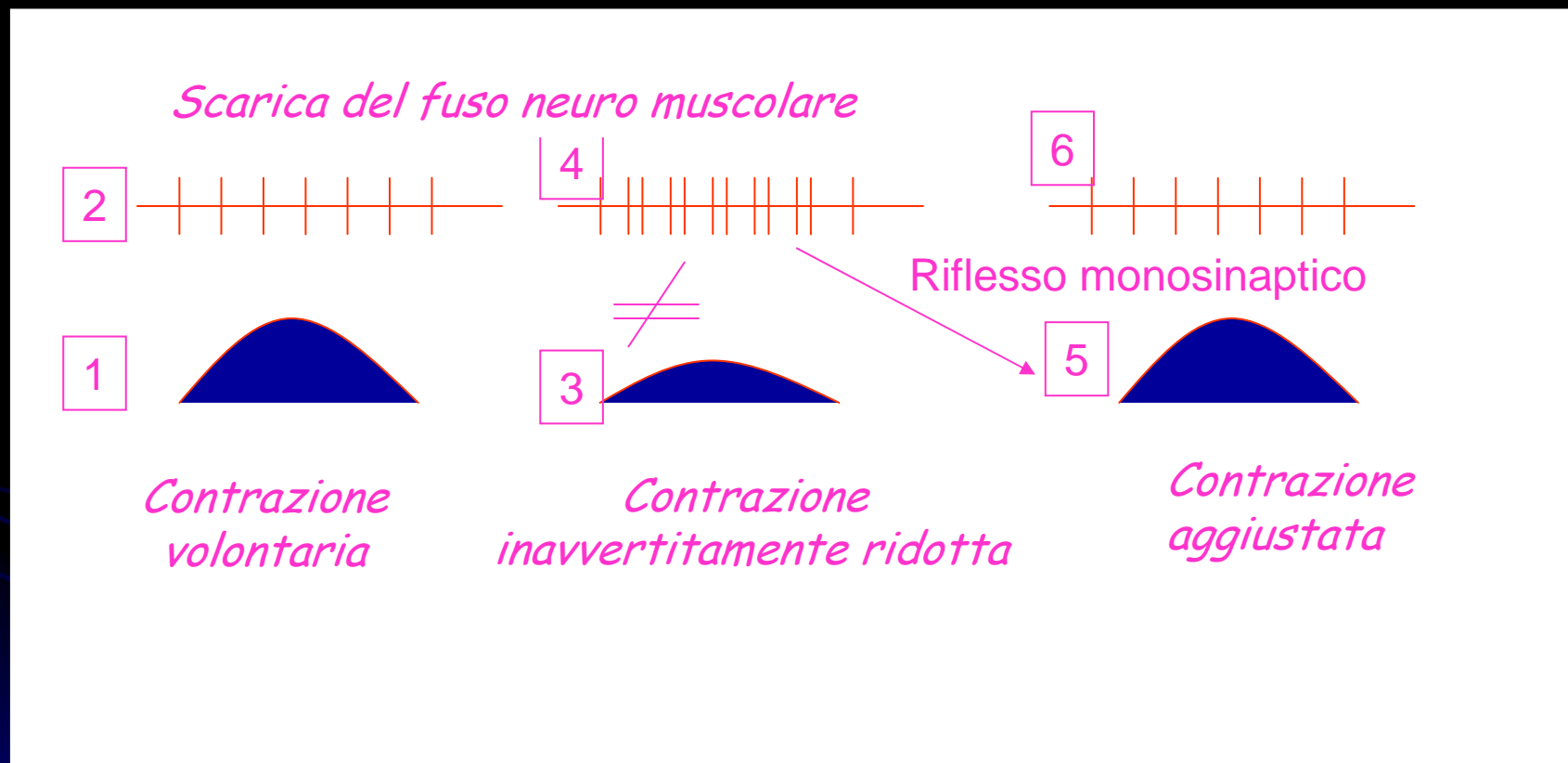


Co-attivazione alfa-gamma



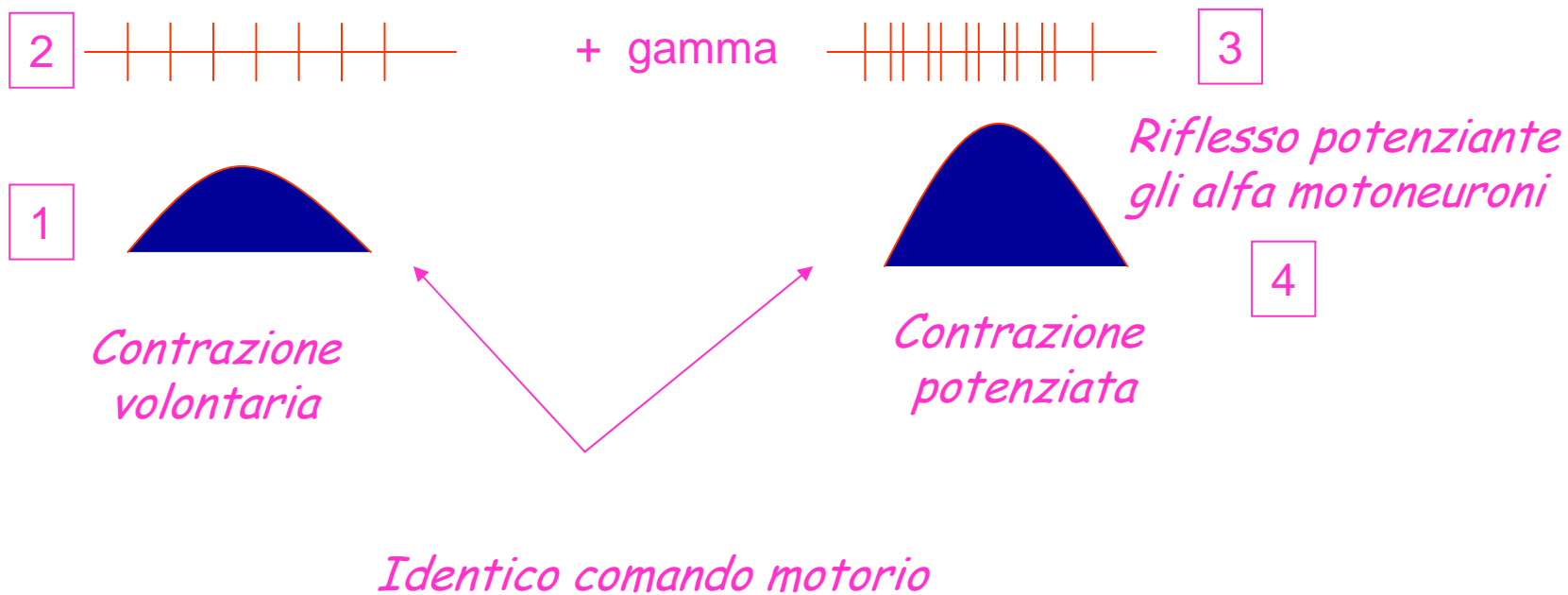
Controllo e rafforzamento della contrazione

Il fuso neuro muscolare come segnalatore di errore nella contrazione volontaria

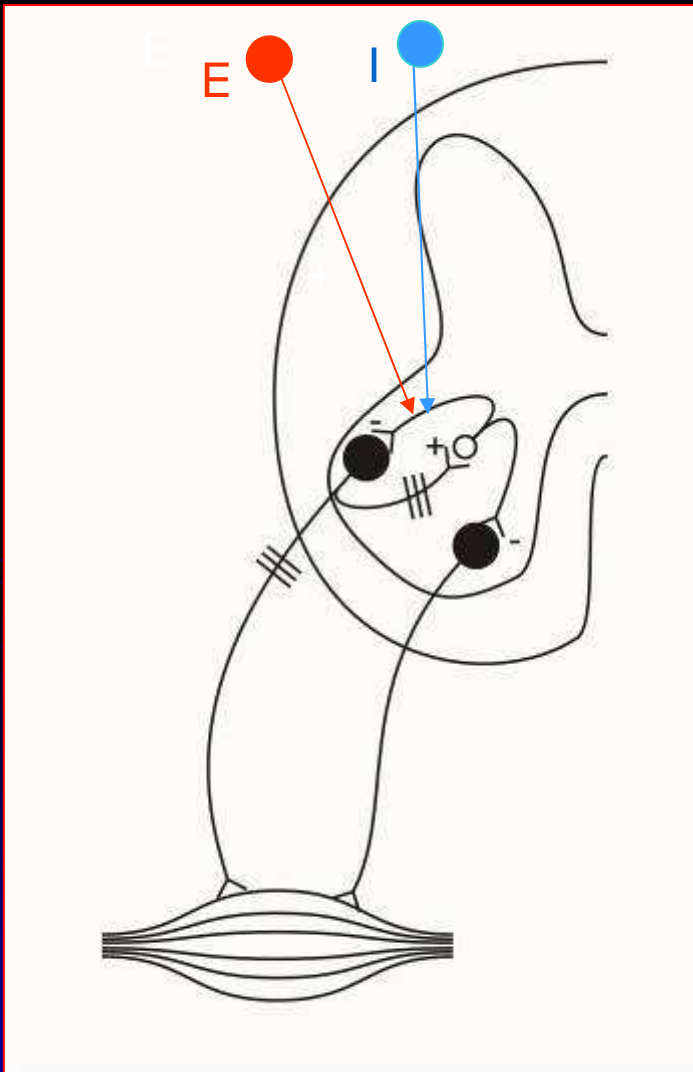


Il fuso neuro muscolare potenzia la contrazione

Scarica del fuso neuro muscolare



Inibizione ricorrente: asincronia unità motorie



Azione fasci discendenti


Facilitazione dell'interneurone ricorrente di Renshaw: genera asincronia di attivazione delle unità motorie per movimenti di inseguimento e gradual

Inibizione dell'interneurone di Renshaw: genera sincronia di attivazione delle unità motorie nei movimenti ballistici ed esplosivi

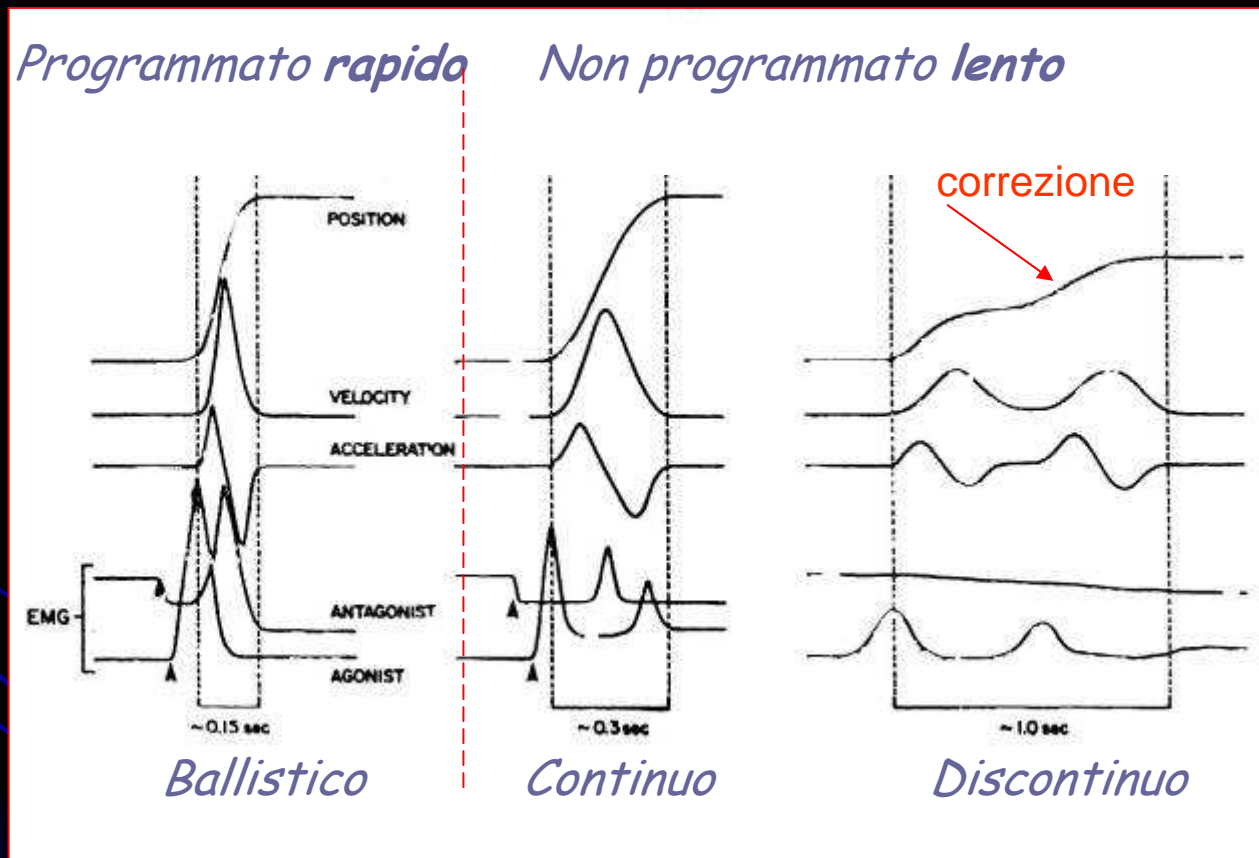
Fascicolazione




Movimento volontario: meccanismi centrali

- *Esecuzione preprogrammata
(ballistico, reaching)*
 - *Esecuzione servocontrollata
(inseguimento)*
- 

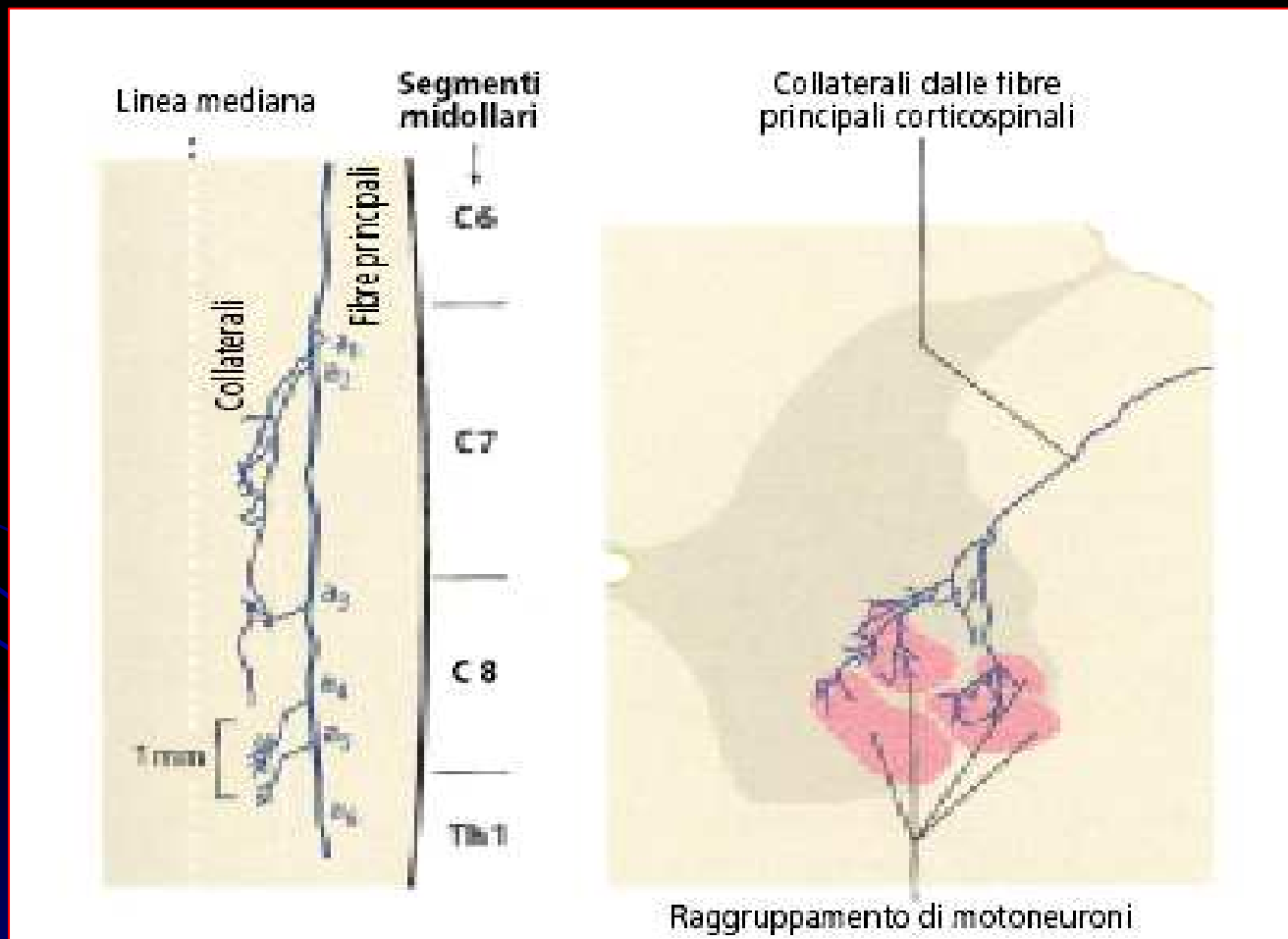
Movimento ballistico e di inseguimento (continuo e discontinuo)



Codificazioni centrali motorie: corteccia motoria

- *Molteplicità delle strategie (equivalenza motoria) più neuroni per una singola azione (meccanismo protettivo)*
 - *Un neurone per più muscoli: selezione periferica delle risposte motorie determinata dalle afferenze (semplificazione e controllo)*
- 

Fibre piramidali: connessioni con gruppi diversi di motoneuroni



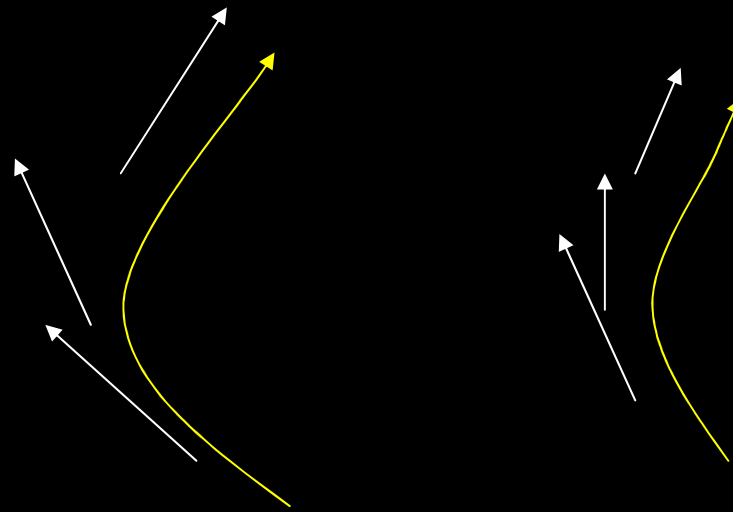
Codificazioni centrali motorie: corteccia motoria

- *Codifica di **Forza e Direzione** (**traiettoria**) in relazione alla relazione spaziale del proprio corpo e dello spazio
(direzione, velocità, posizione in ordine decrescente)*

- *Rappresentazioni multiple, sovrapposizione tra singoli segmenti e parti adiacenti (**Stabilità articolare**)*

La traiettoria

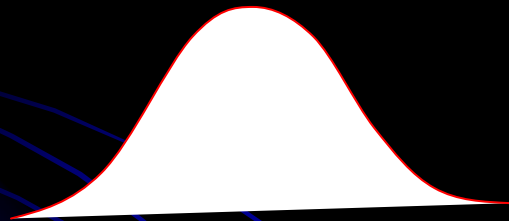
Rapporti costanti tra i vettori



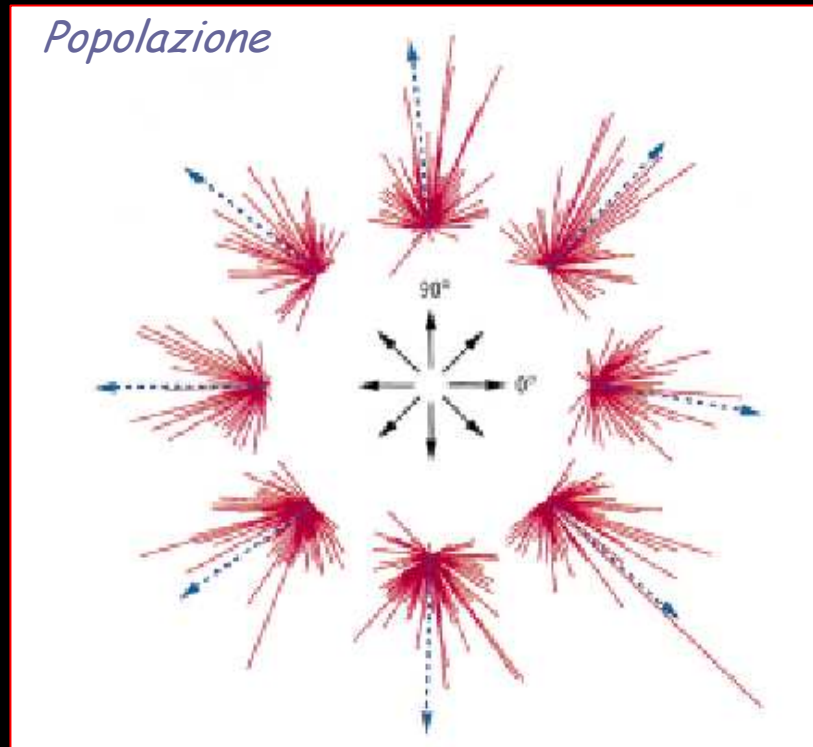
Ampieze diverse : velocità diverse (saccadi oculari)

Vettore di popolazione: indica la direzione del movimento. L'entità di tutti i vettori singoli aumenta nel caso di un aumento della forza necessaria

Attivazione di un singolo Motoneurone a diverse direzioni: non specificità

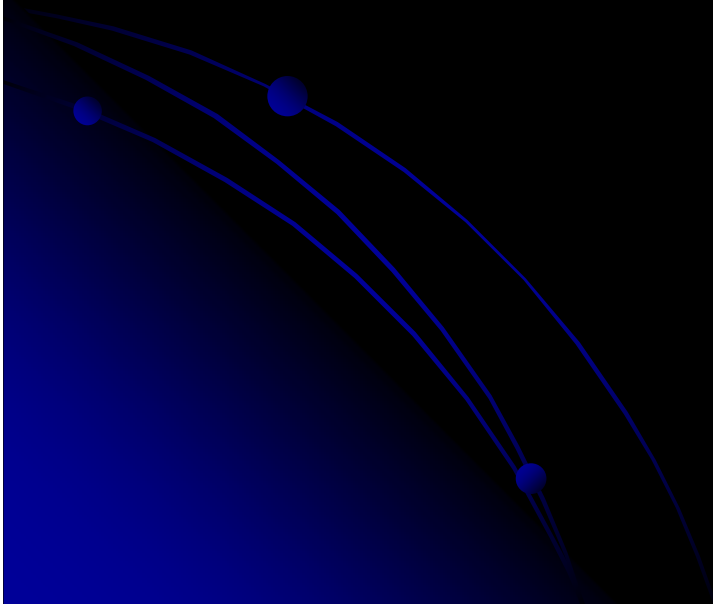


Fattore di sicurezza
Fattore di flessibilità

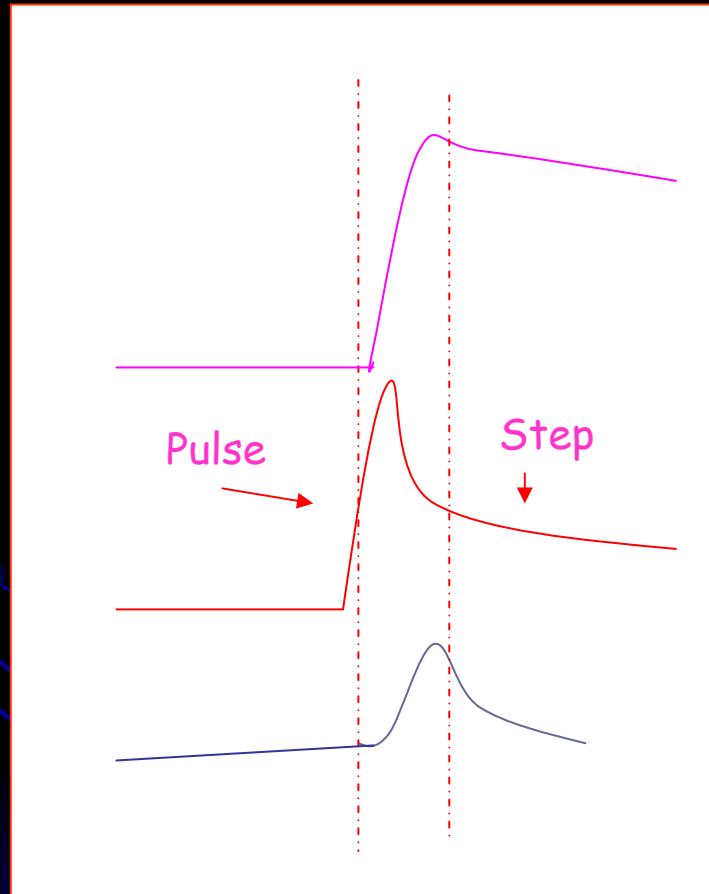


Codificazioni centrali motorie: corteccia motoria

- *Stabilisce la relazione tra la **fase rapida** di esecuzione e la **fase statica** di mantenimento posizionale ("pulse-step").*



Sequenza temporale di attivazione muscolare



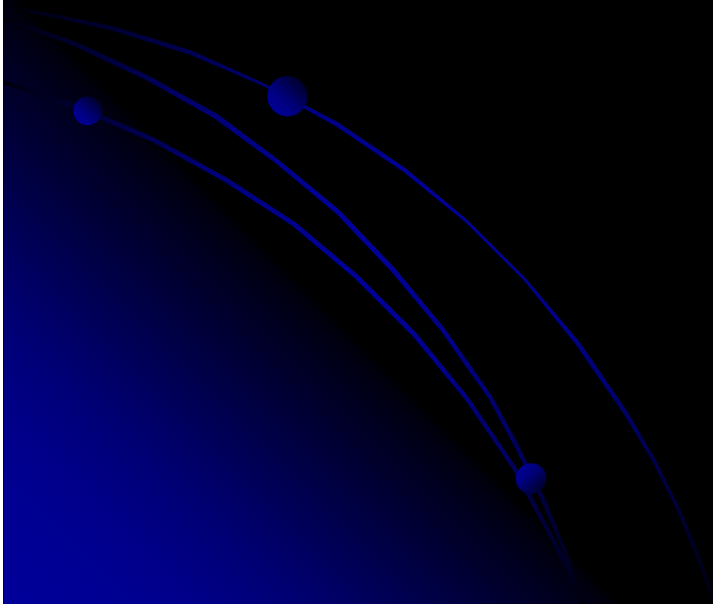
Movimento: spostamento meccanico

Attivazione agonista (inizio e mantenimento)

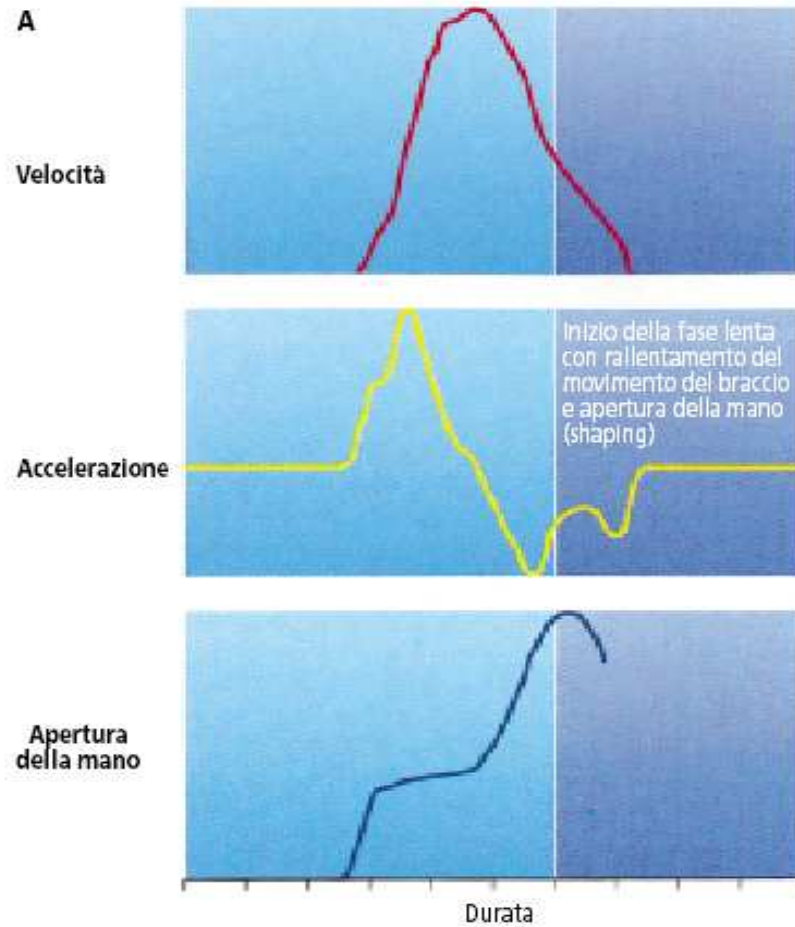
Attivazione antagonista (stop)

Codificazioni centrali motorie: corteccia motoria

- *Rapporto inverso tra **velocità** (1° fase rapida del movimento) e **precisione** nel movimento mirato (2° fase lenta).*



Fase rapida e lenta del movimento volontario



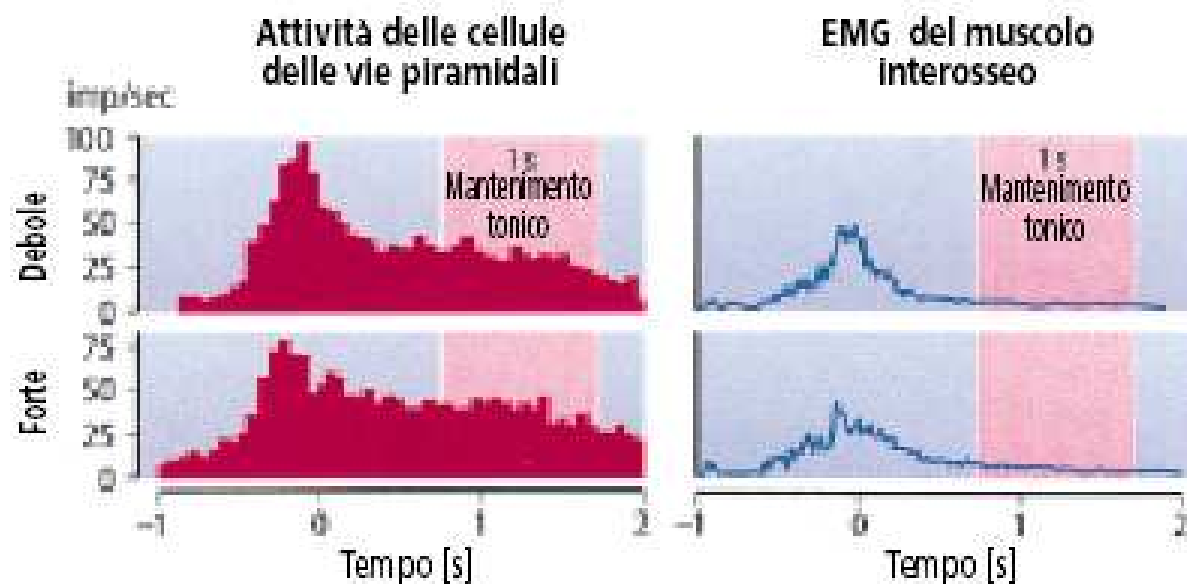
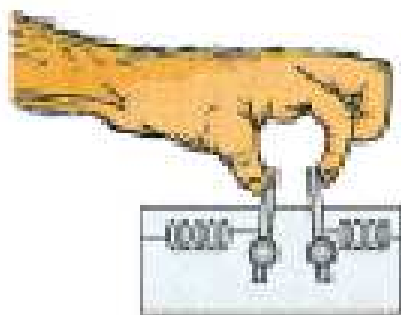
Codificazioni centrali motorie: corteccia motoria

- *Presenta scariche preparatorie dipendenti dal contesto. Attivazioni motorie e preconfigurazioni ed attivazioni motorie centrali diverse per "presa di forza" e "presa di precisione".*
- *Dipendenza dalle **coordinate della meta** da raggiungere.*

Attivazione neuroni dipende dal tipo di "presa"

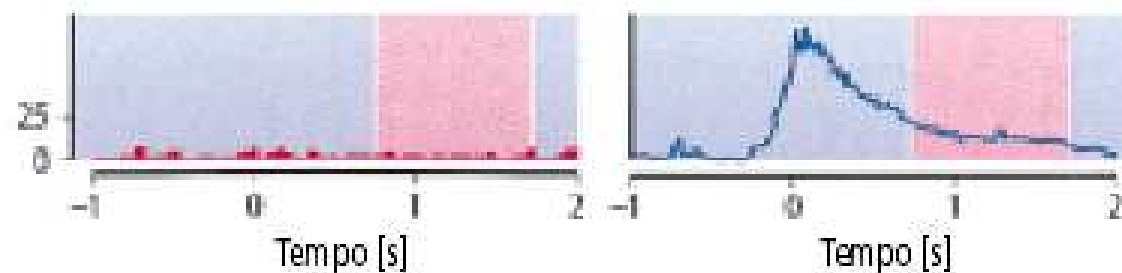
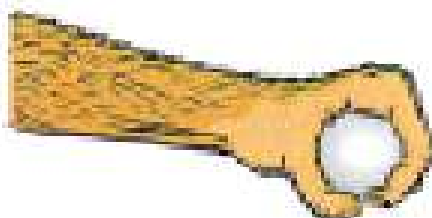
A

Presa di precisione



B

Presa di potenza



Il movimento volontario:

Azione extrapiramidale



Azione tipicamente piramidale

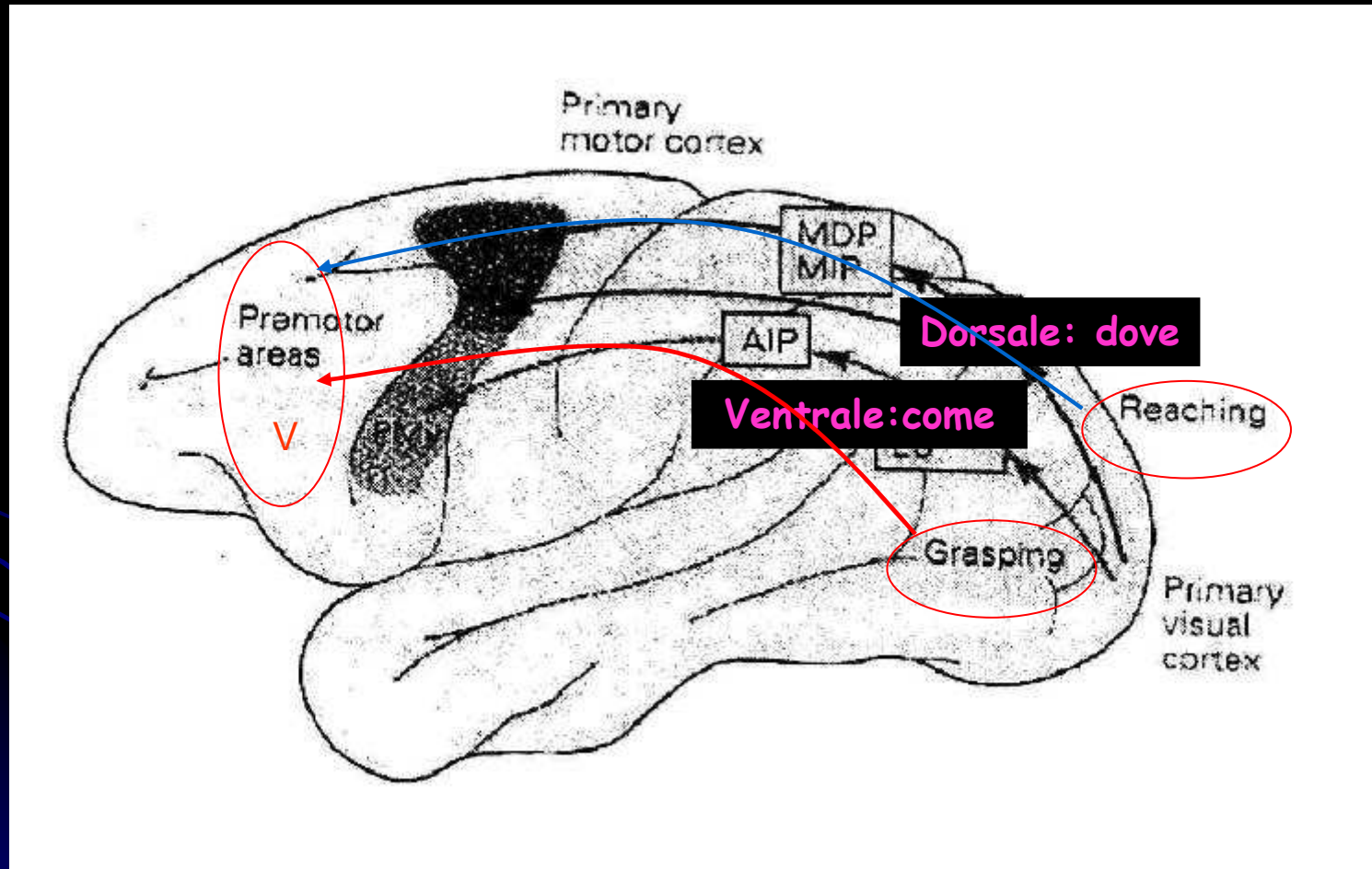


- *Lesione piramidale (perdita di velocità e fini movimenti delle dita, comparsa di sincinesie)*

Influenze sensoriali

- *Apparato sensoriale per il movimento (tonici e dinamici) e per la presa e sollevamento (bicchiere)*
- *Risposte transcorticali: influenza propriocettiva (importante nell'apprendimento)*
- *Riceve informazioni da aree premotrici (reaching e grasping) (Aree diverse per **dove, come, quando**) e supplementari (fase mentale del movimento, sequenze motorie, apprendimento).*

Via dorsale per il reaching (dove) e
via ventrale per il grasping (come)



Integrazione sensori-motoria

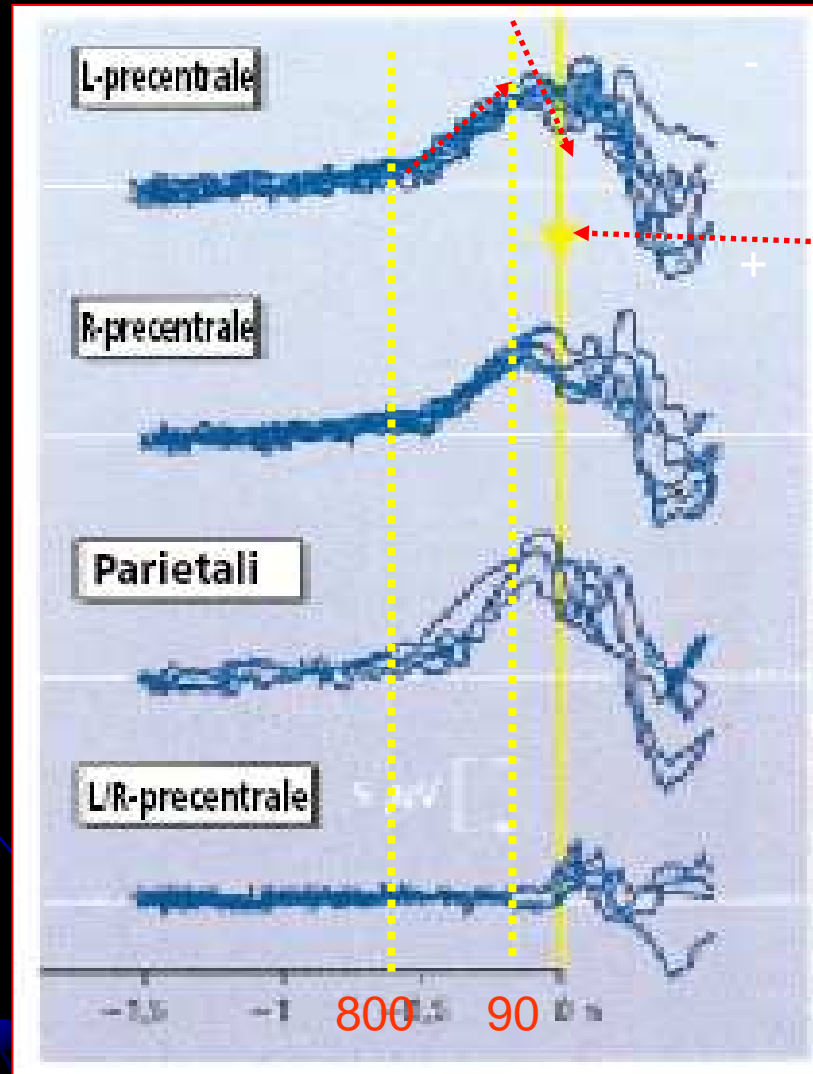
Azione, percezione e cognizione

- *Modello Ungerleider-Mishkin: dorsale **dove e ventrale come;***
- *Modello Goodale-Miller: ventrale **semantica,** dorsale **pragmatica;***
- *Modelli Recenti dorso-dorsale: **controllo motorio on line,** dorso-ventrale **percezione e controllo***

Strategie ed apprendimento

- *3 fasi: strategia, tattica, esecuzione (potenziale di preparazione)*
- *Facilitazione del movimento immaginato (attivazione della corteccia motoria)*
- *Apprende sequenze (RMNf: Movimento da apprendere (co-contrazione e latenza maggiore), Movimento appreso (no co-contrazione e corta latenza)*

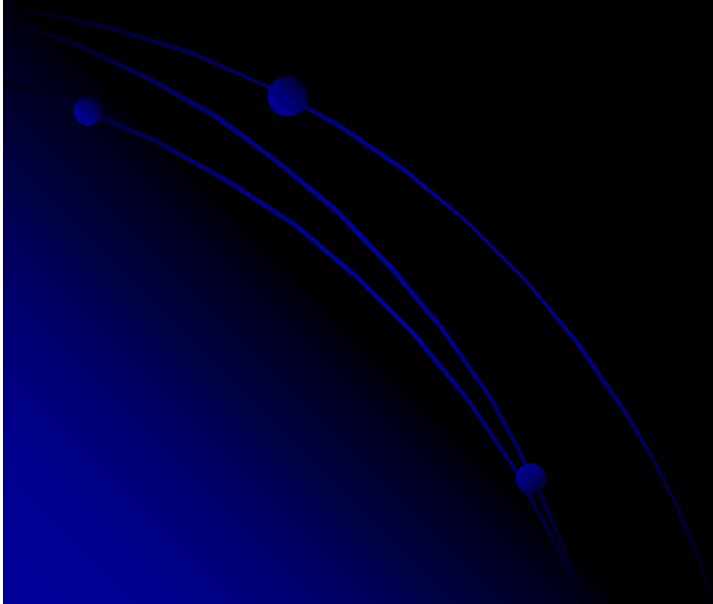
Preparazione corticale: potenziali di preparazione* e di attesa



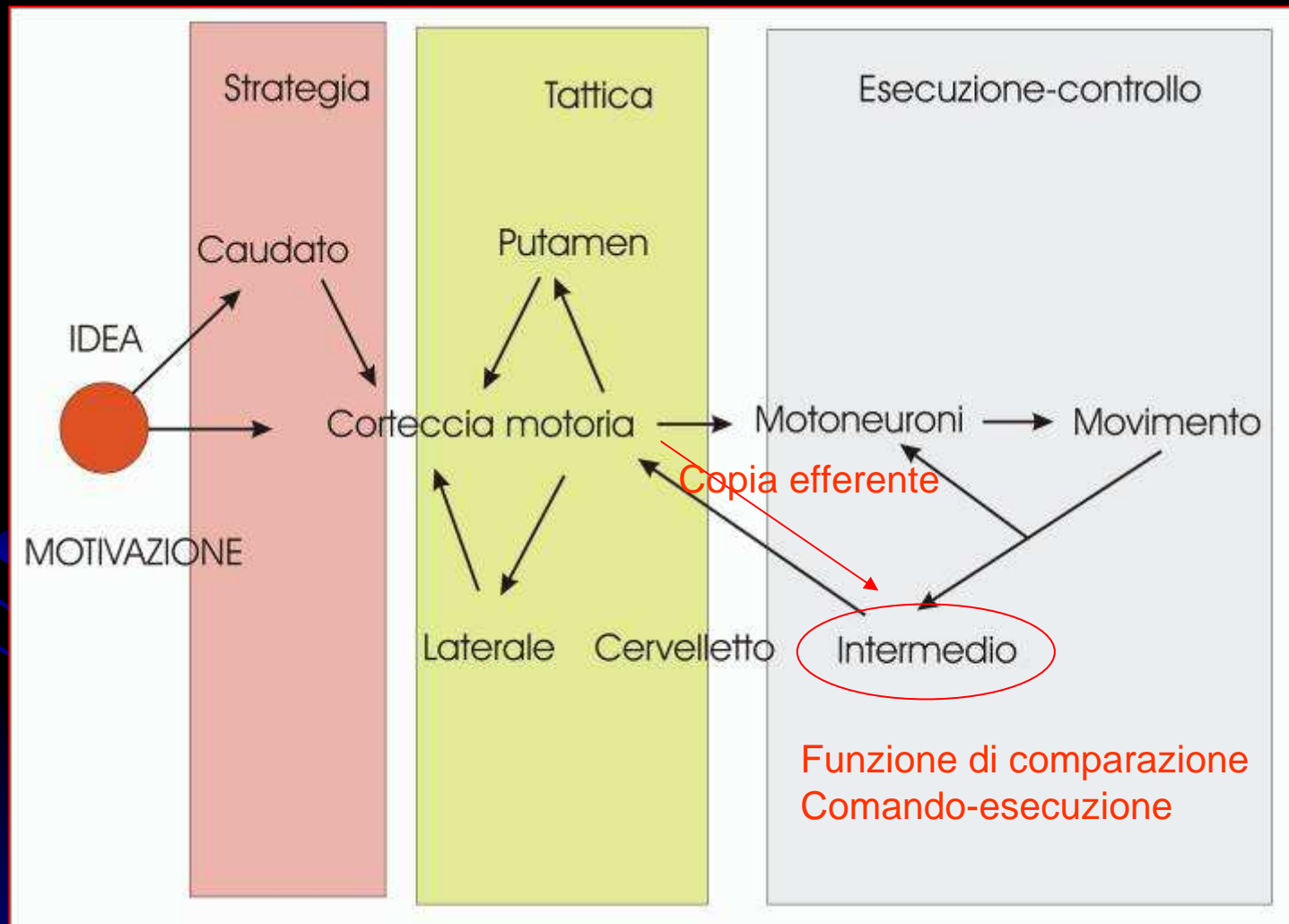
Inizio
evento
motorio

* Manca nel Parkinson

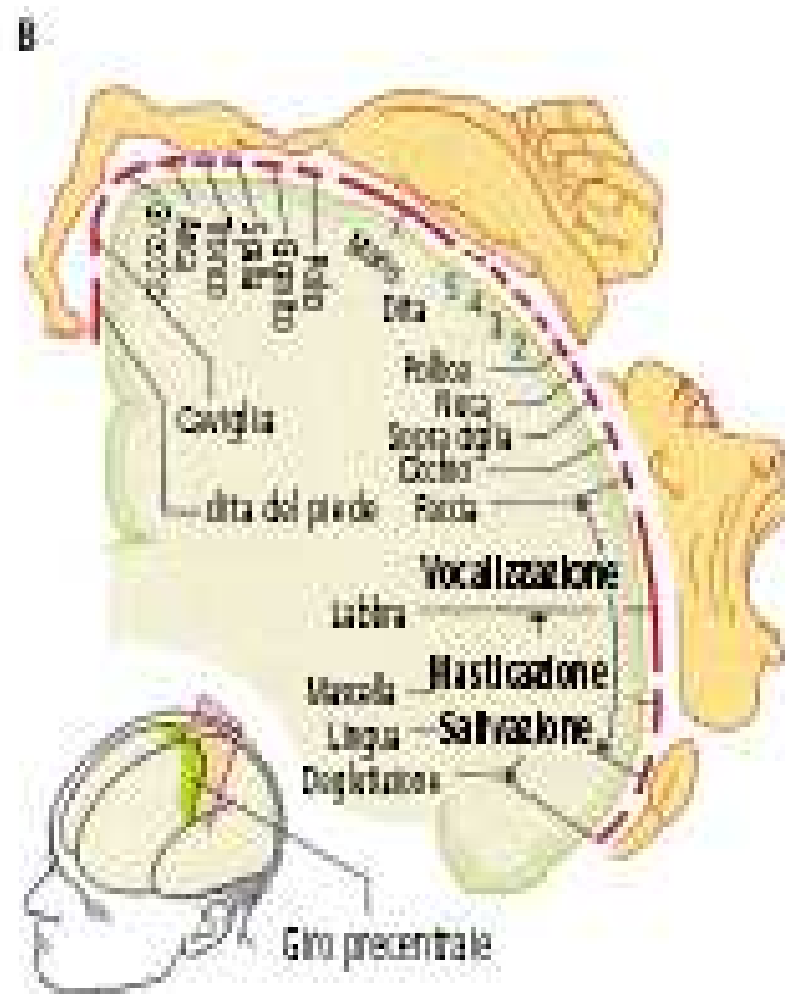
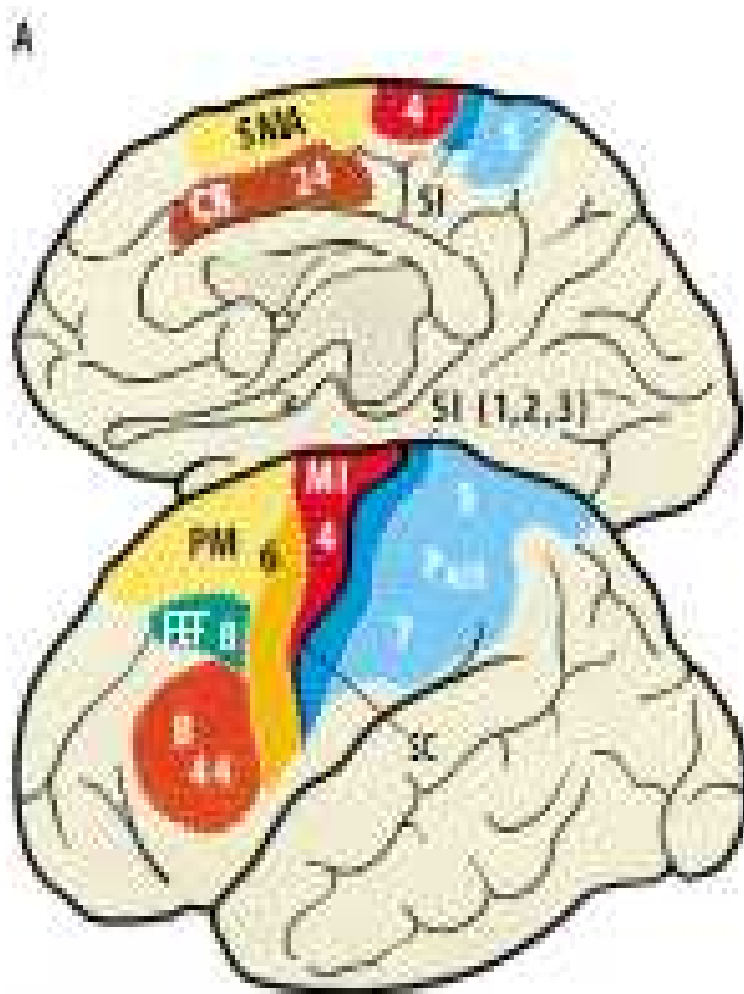
- *Memoria a breve termine: working memory*
- *Potenziale di attesa*



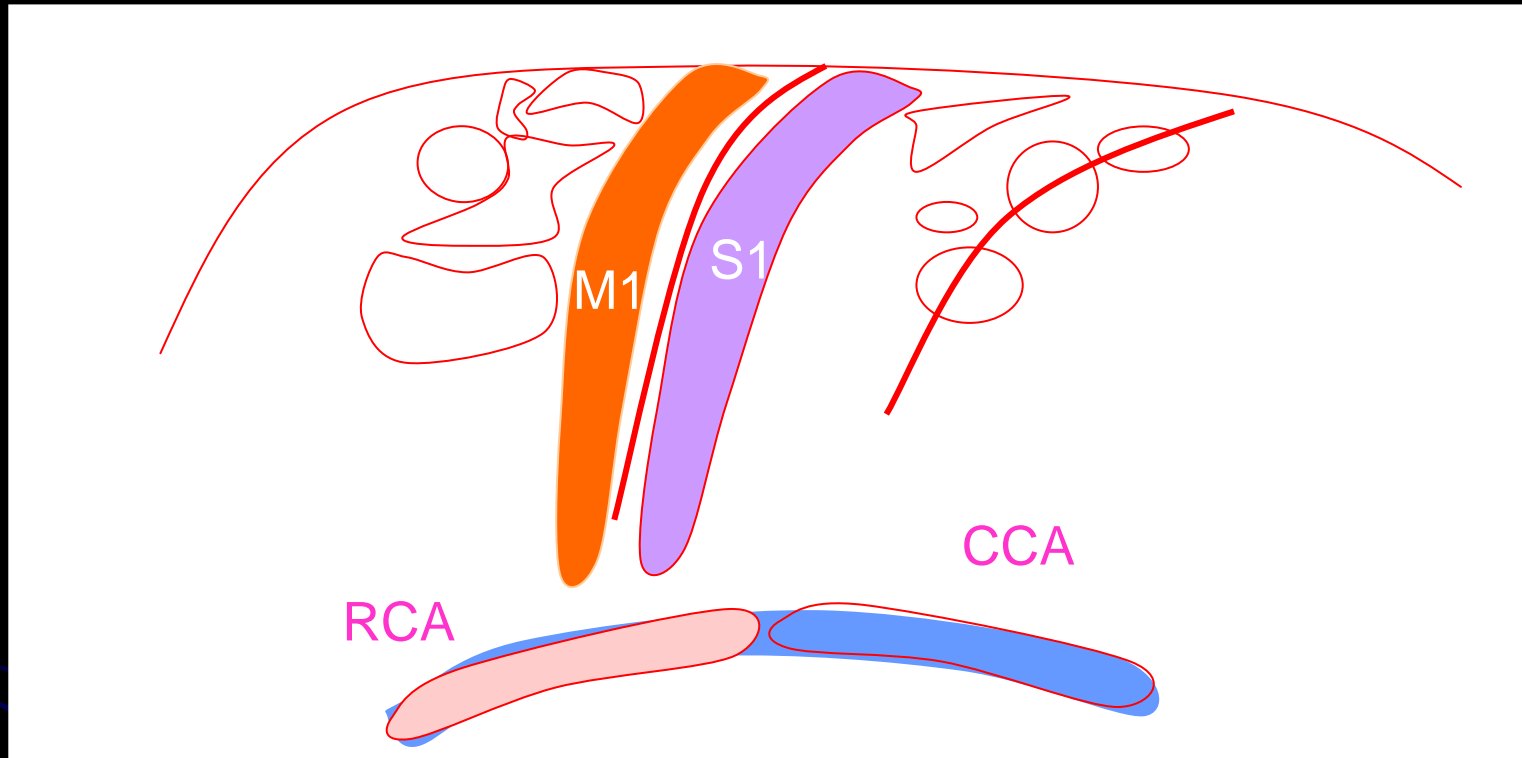
Fasi di attivazione



Corteccia motoria

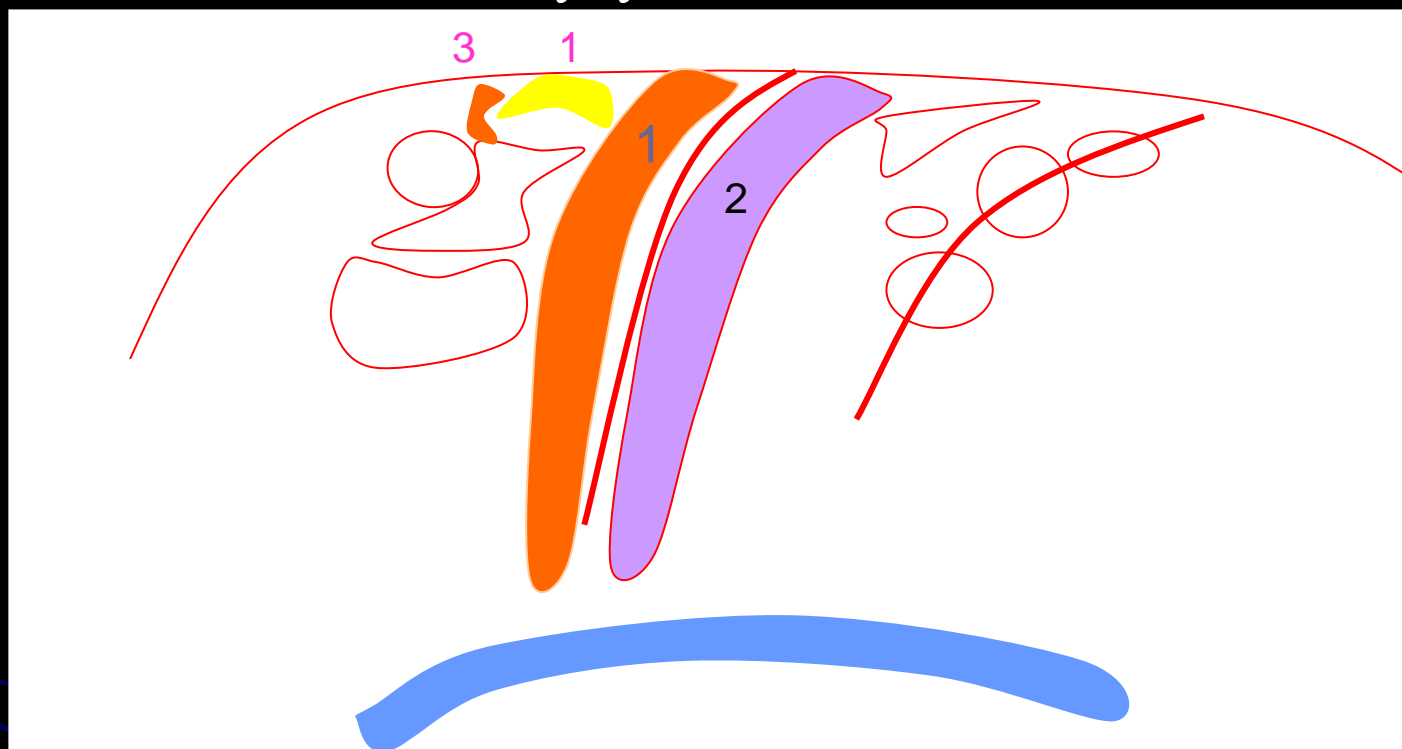


Circonvoluzione del Cingolo



- 1) *RCA: giudizio sull'esito: predizione -effetto*
- 2) *CCA: esecuzione*
- 3) *Lesione RCA: riduzione iniziativa, dipendenza dagli stimoli esterni (occhio area anteriore, mano posteriore)*

Aree supplementari motorie



1) SMA: sequenze ed immaginate (istruzioni interne)

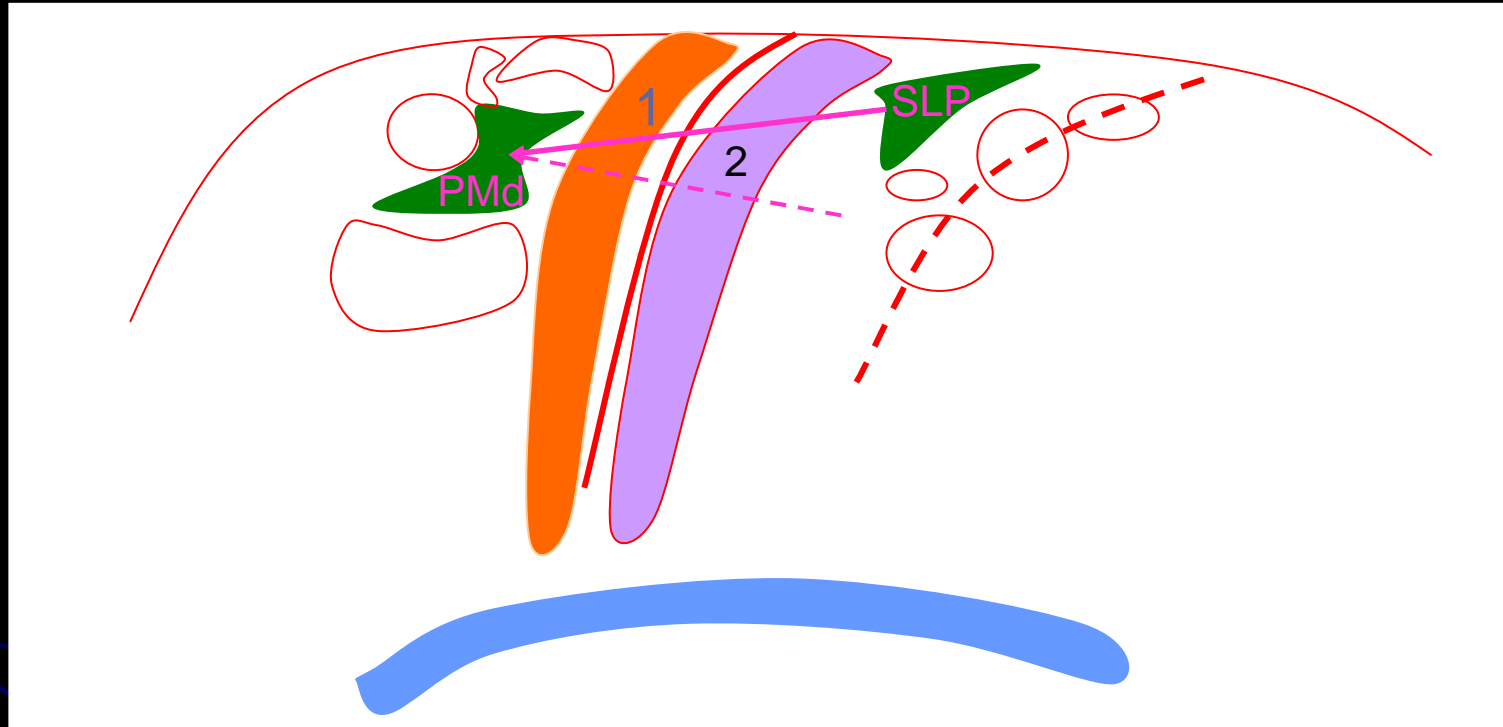
2) SMA: non dettagli, ma completi, bocca regioni prossimali. stimoli visivi, memoria

3) preSMA: complessi movimenti lenti arti superiori, memoria

Lesione: linguaggio: parziale mutismo (difficoltà ad iniziare un discorso)

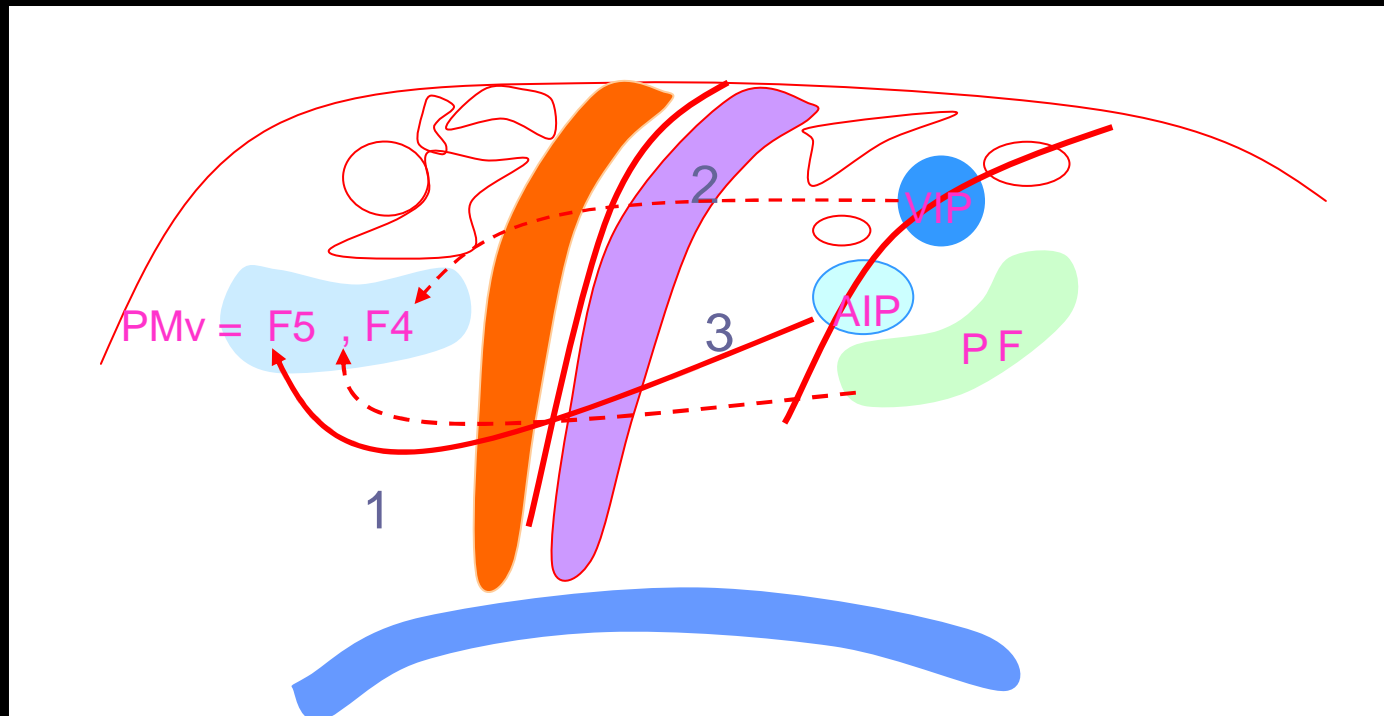
Acinesia (difficoltà all'iniziativa motoria)

Area premotoria dorsale (PMd)



- 1) *Direzione del movimento - raggiungimento - grasping (dove)*
- 2) *Associazione arbitraria tra stimolo simbolo e movimento (semaforo):
Significato (rosso stop - movimento freno) - si combina ippocampo e putamen*
- 3) *Apprende e consolida*

Area premotoria ventrale



- 1) *Neuroni finalizzati ad uno scopo: esempio: **afferramento** (come) per mano e bocca (motori, visivi e visuo-motori)*
- 2) *braccia-collo, tronco, faccia, bocca: campi recettivi visuo-somatosensoriali
Codificano lo spazio peripersonale (tatto-visione prossima)*
- 3) ***Neuroni mirror** (rispondono ad atti motori a diverso grado di astrazione sia compiti dal soggetto che osservati compiere da operatori esterni)*

Area F5: atti motori

- *(F1 : codifica singoli movimenti)*
- *F5 . Codifica atti motori*
- *codifica classi diverse (afferrare con la mano, con la mano e bocca, strappare, tenere)*
- *Codifica configurazione mano*
- *Codifica fase del movimento*

Proprietà visuo-motorie F5

- *Neuroni selettivi motori (50%)*
- *Neuroni selettivi visuo-motori (anche alla presentazione dell'oggetto da solo) (50%)*
- *F5 connessa AIP (attivi durante movimento mano)*
- *Lo studio con la conformazione degli oggetti (inattivazione con GABA)*

- *AIP*: Vengono codificate le caratteristiche dell'oggetto delle proprietà concrete intrinseche che consentono di interagire con lo stesso (*affordance*)
- *F5*: Vengono codificati gli atti motori connessi con le specifiche *affordances*, sia motorio che visivo (anche senza atto motorio)
- Quale *affordance scegliere* dipende da l'intento
(prefrontale, temporale inferiore, cingolo a livello AIP)

Controllo per il vicino (spazio peri-personale) F4-VIP

- *F4 (collo, braccio, bocca) riceve da VIP e risponde a determinate stimolazioni spaziali ad input somatosensoriali (unimodali), somato+visivo (bimodali), somato+visivo+uditivi (trimodali)*
- *Bimodali rispondono ad una zona di cute e allo spazio visivo vicino ad essa connesso (equivalenza visivo- tatto), per anticipare le risposte*
- *Non sono in coordinate visive, ma somatosensoriali*

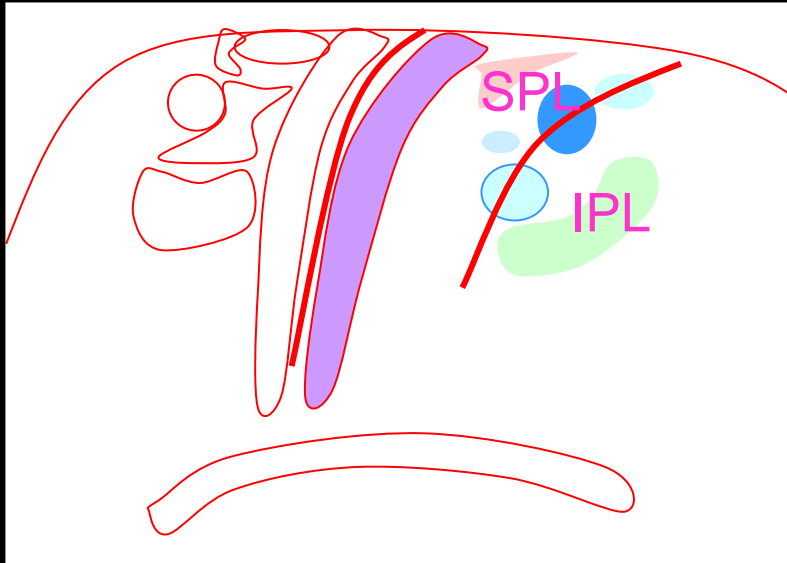
Controllo lontano (spazio extrapersonale) FEF - LIP

- *FEF (movimenti oculari) riceve da LIP*
- *rispondono ad oggetti visti a distanza*
- *sono rappresentati in coordinate retiniche ed orbitali*
- *La rappresentazione spaziale dunque non è unitaria e cambia con la distanza*

Neuroni canonici e neuroni specchio (F5)

- *Canonici*: rispondono solo quando si compie una azione specifica
- *A specchio*: rispondono anche quando si osserva un soggetto compiere una azione simile assai definito (afferrare..) o molto meno (congruenza in senso stretto o in senso lato). Non necessariamente corrispondente al gesto motorio eseguito

Lobo parietale (SLP, ILP = 5, 7)



- 1) SLP: somatosensoriale ILP: visivo
- 2) Rilevanza
- 3) Trasformazioni delle coordinate (extrapersonali)
- 4) Attenzione selettiva IPL
- 5) SLP: spazio, direzione
IPL: spazio controlaterale

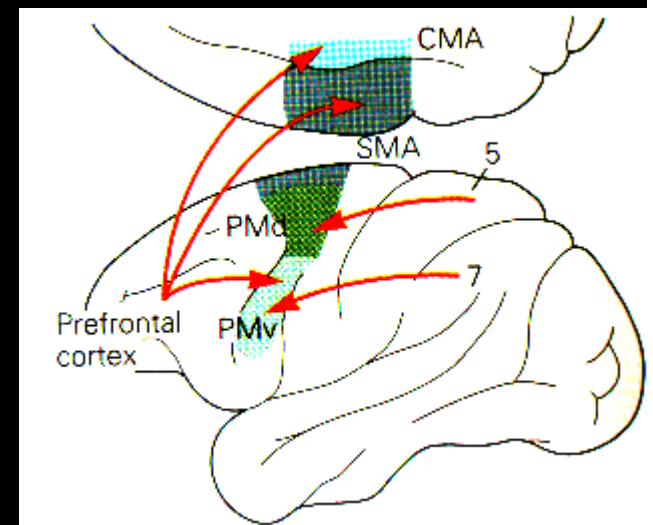
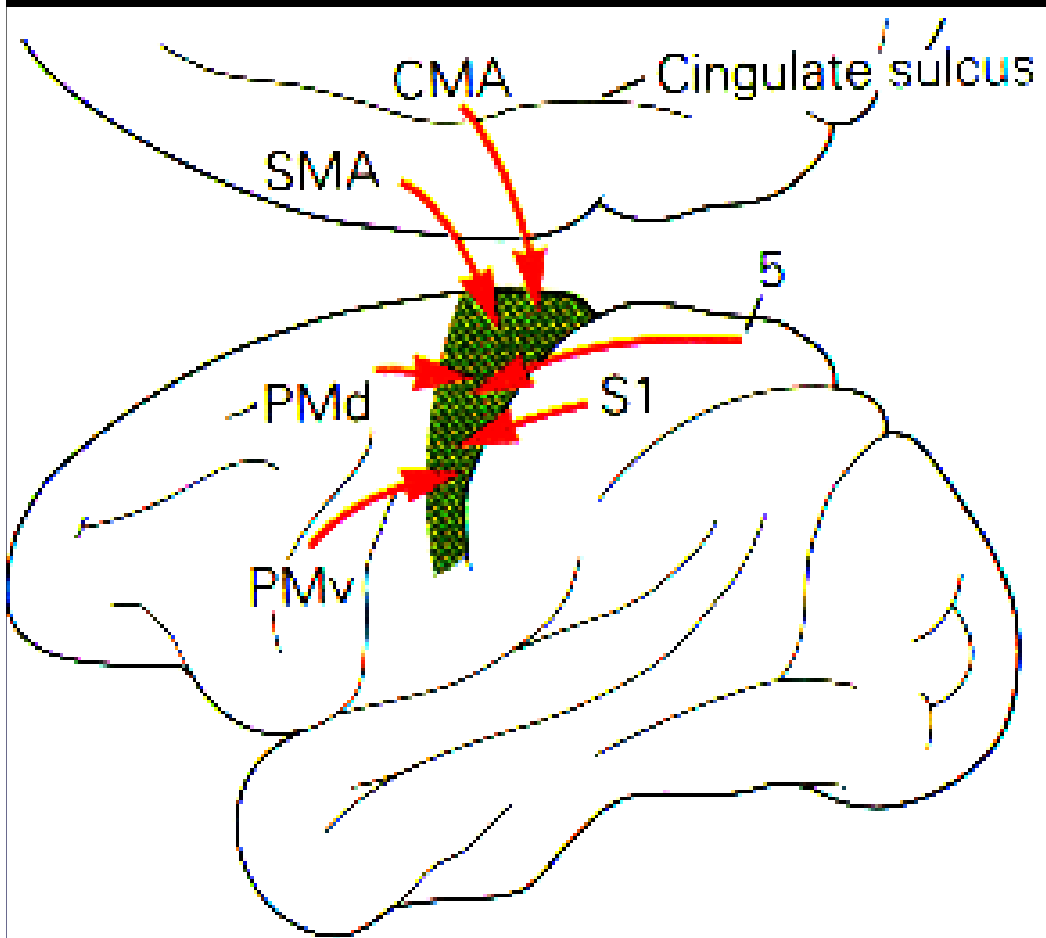
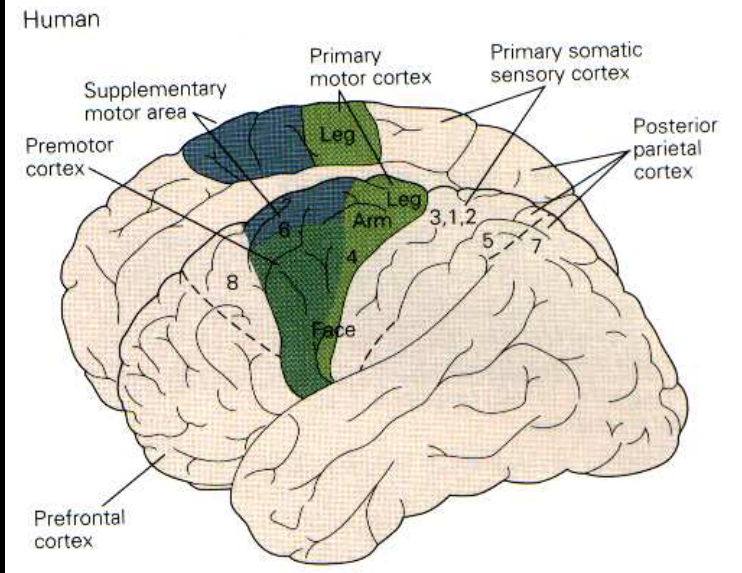
Lesione: Eminegligenza spaziale (rappresentazione spaziale, salienza, motorio)

Atassia ottica (errori di reaching and grasping)

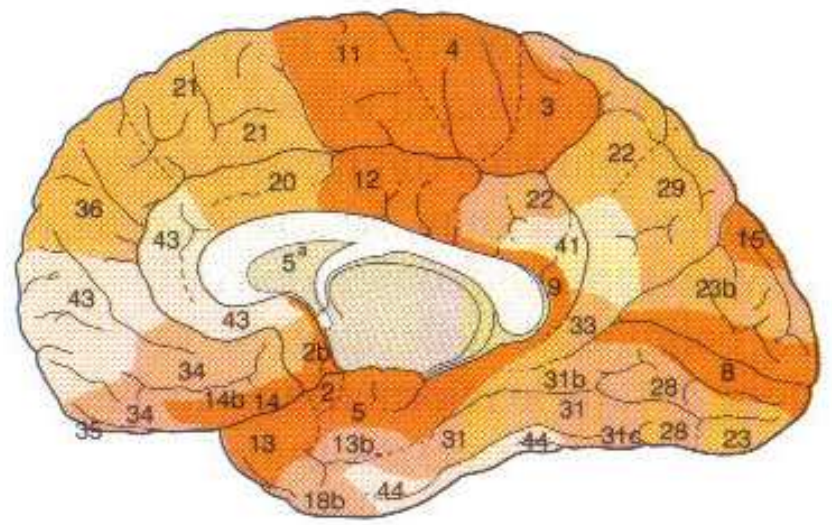
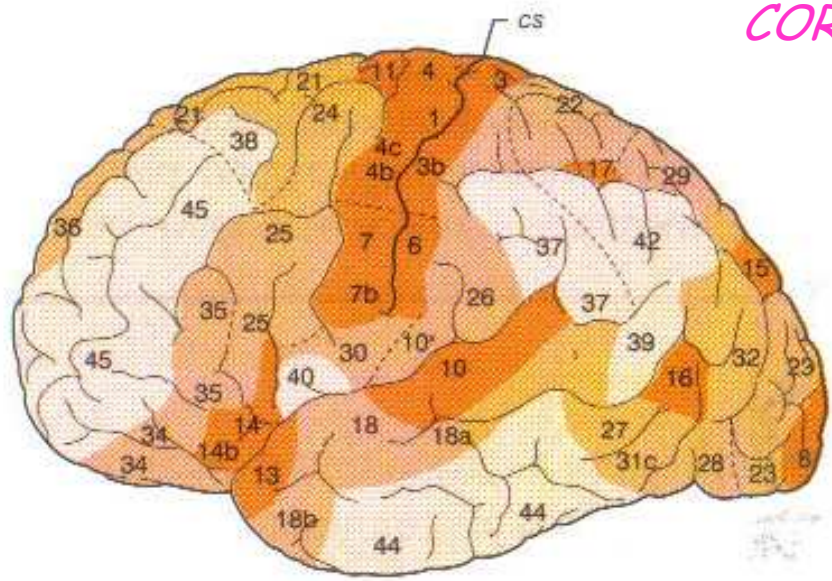
Paralisi psichica dello sguardo (mantenimento della fissazione)

Disturbi oculomotori (perdita movimenti oculari finalizzati allo scopo per mettere in relazioni le diverse parti ed aggiornare la rappresentazione)

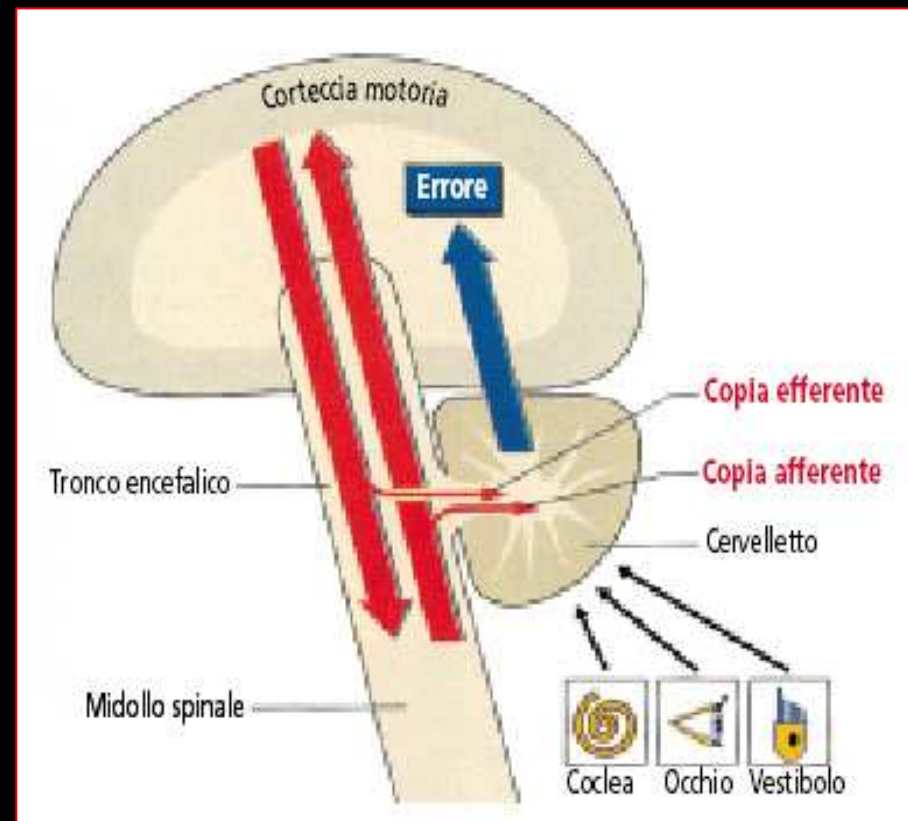
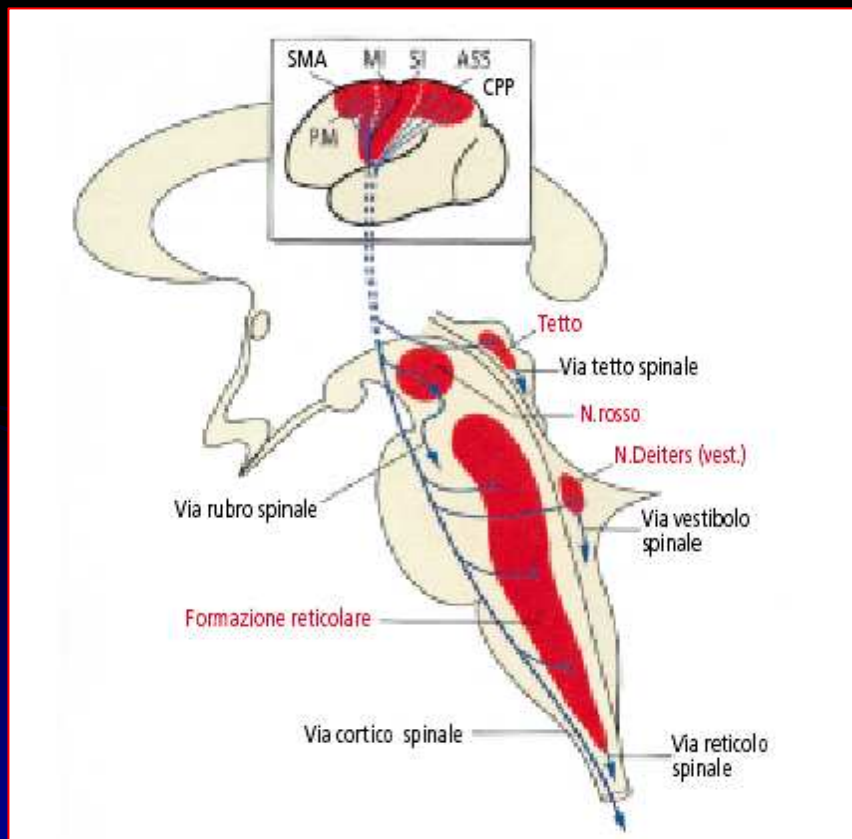
Distribuzione e connessioni delle aree motorie



CORTEX



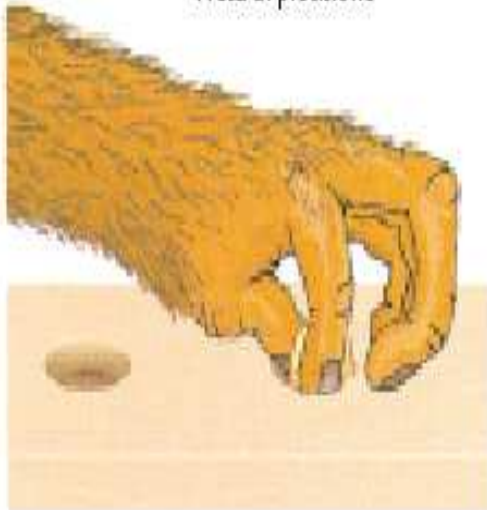
Fascio piramidale e controllo cerebellare



Lesione piramidale

A Senza lesione

Presa di precisione

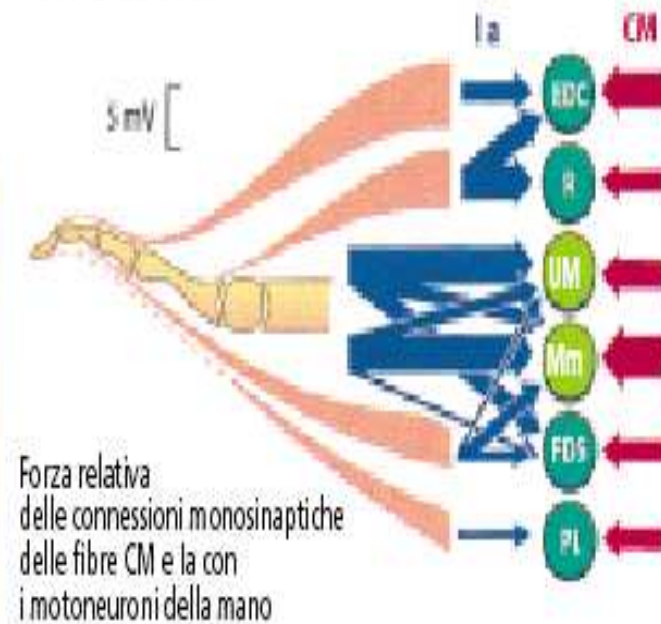


B Dopo lesione della via piramidale

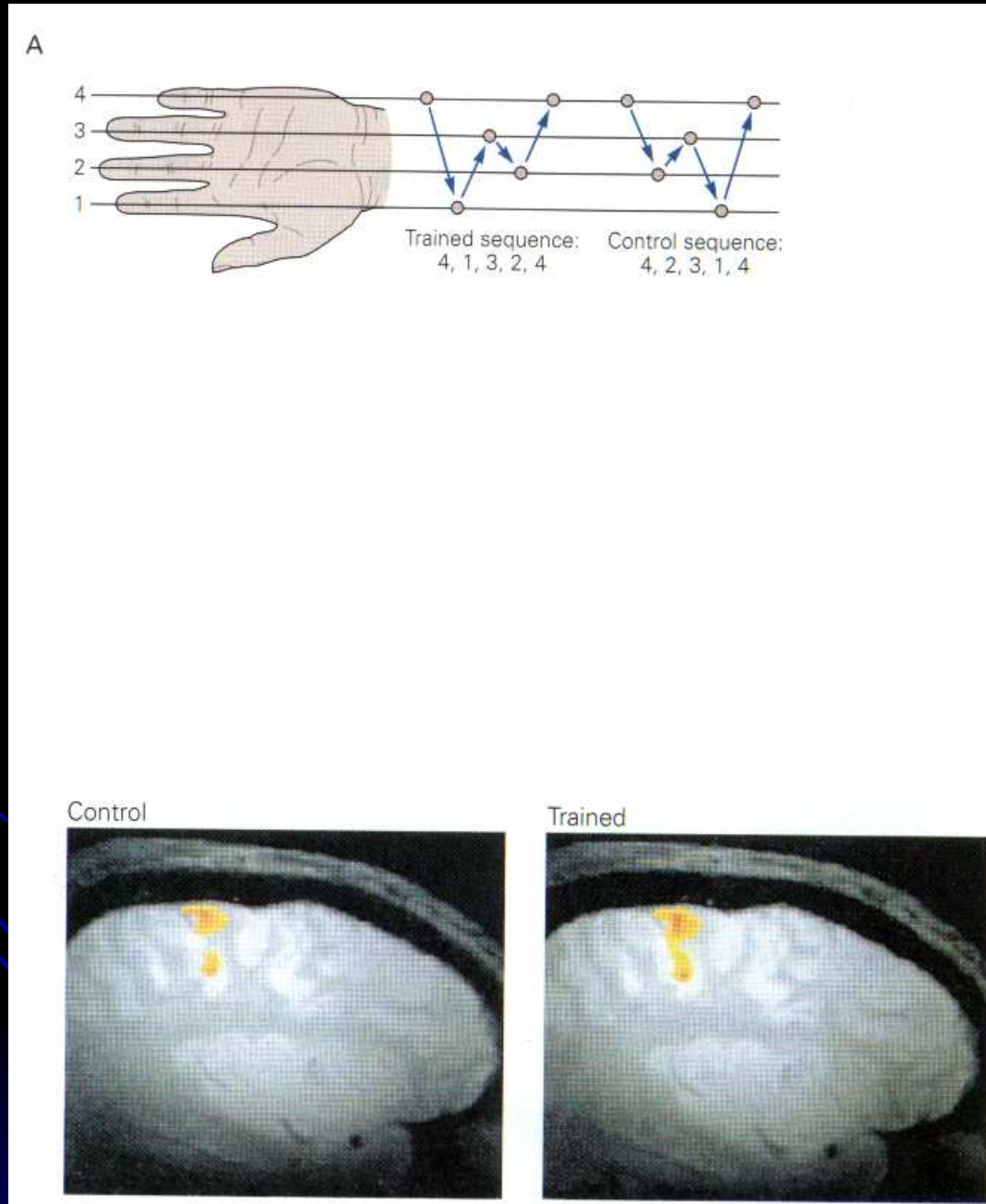
Presa globale



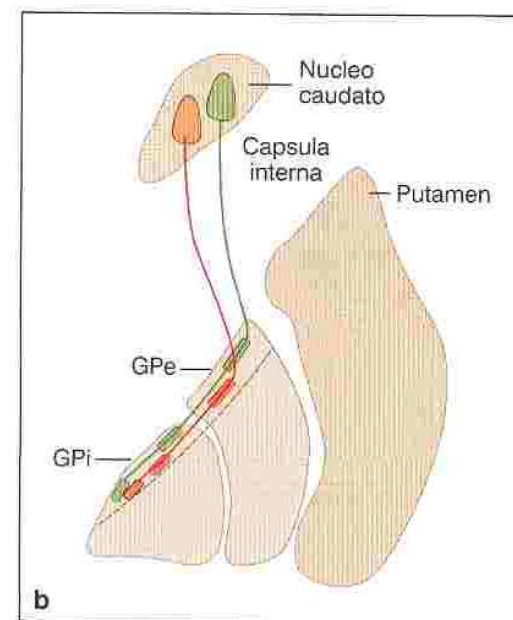
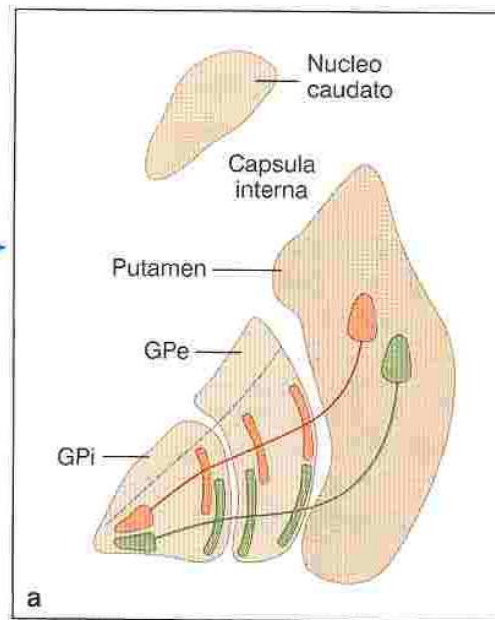
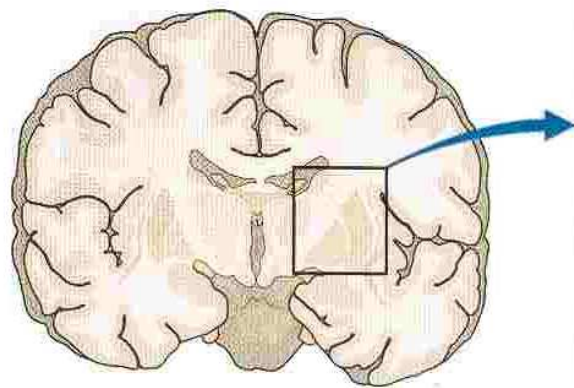
C Sistema CM



Plasticità della corteccia motoria umana dopo 3 settimane di training



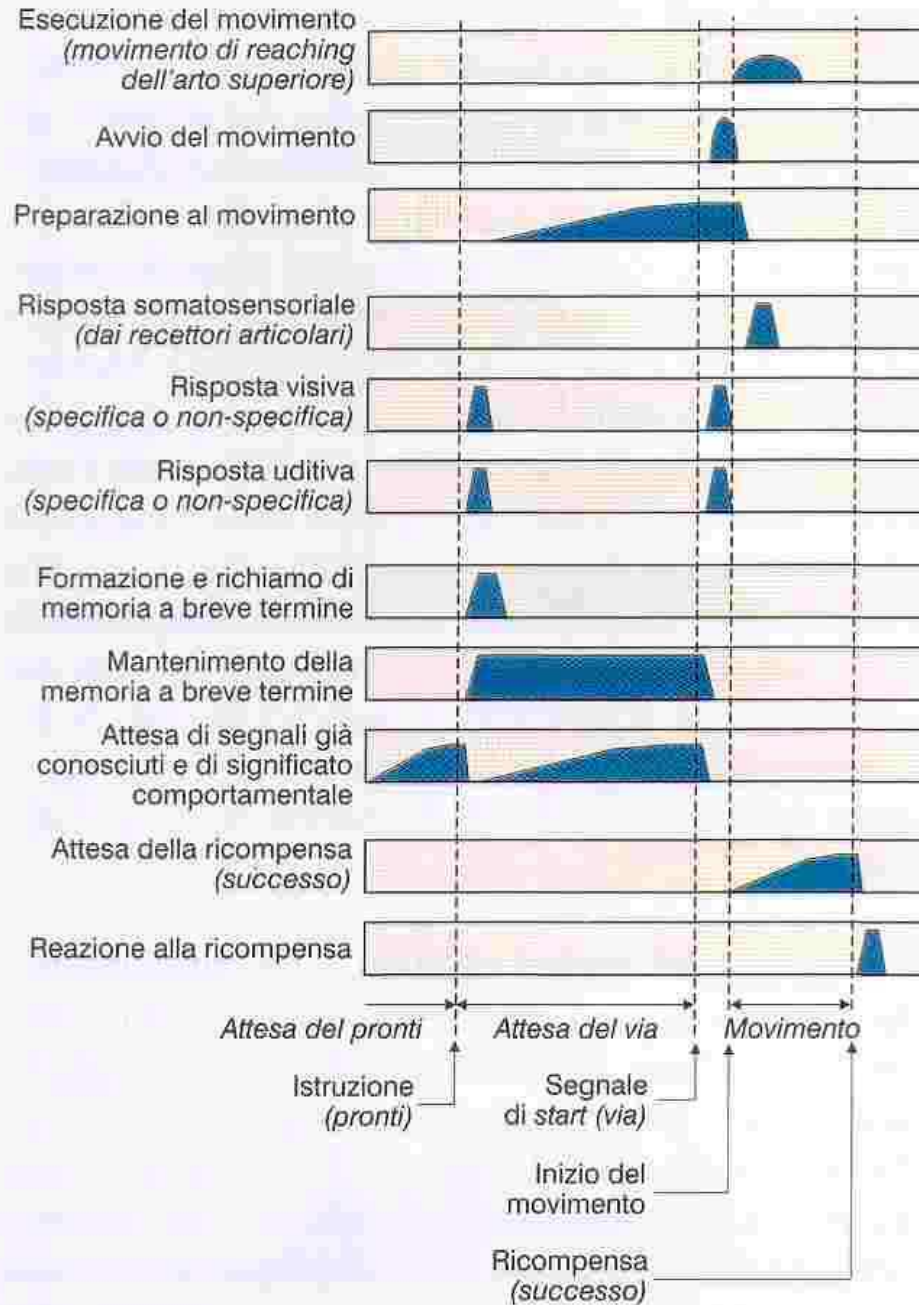
Nuclei della base



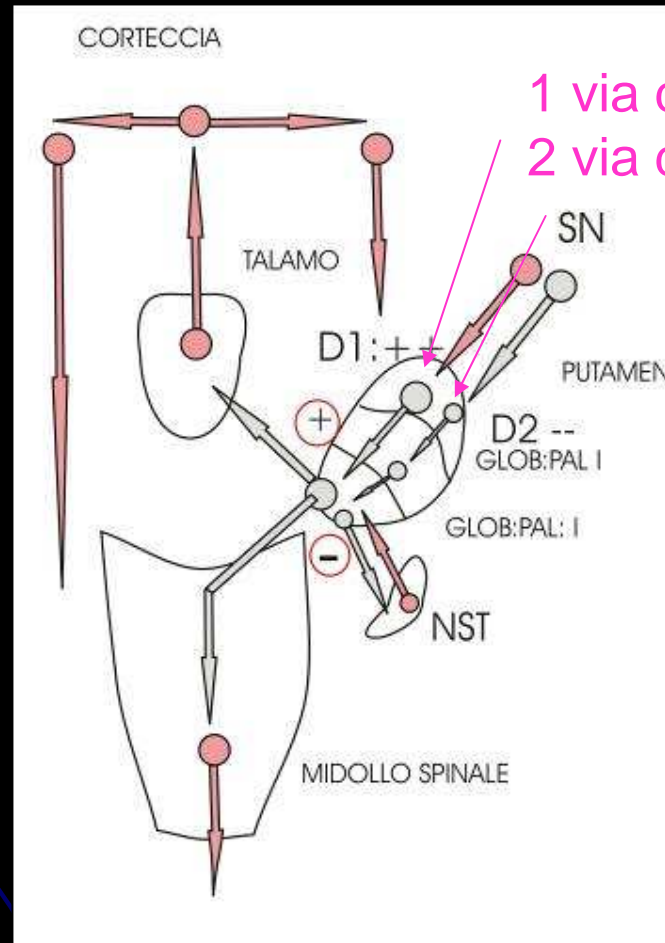
Nuclei della base

- Facilitano e controllano il movimento.
- Sono influenzati dall'efference copy per la valutazione dell'errore
- Avviano il cammino.
- Correlano il movimento all'emotività e alla motivazione.
- CAUDATO: avvio e strategia del movimento (scariche molto precoci).
- PUTAMEN: attività correlata con movimenti semplici controllati prima, durante e dopo. Cambia con l'esperienza.
- SOSTANZA NERA: attiva tonicamente.

Correlazioni temporali

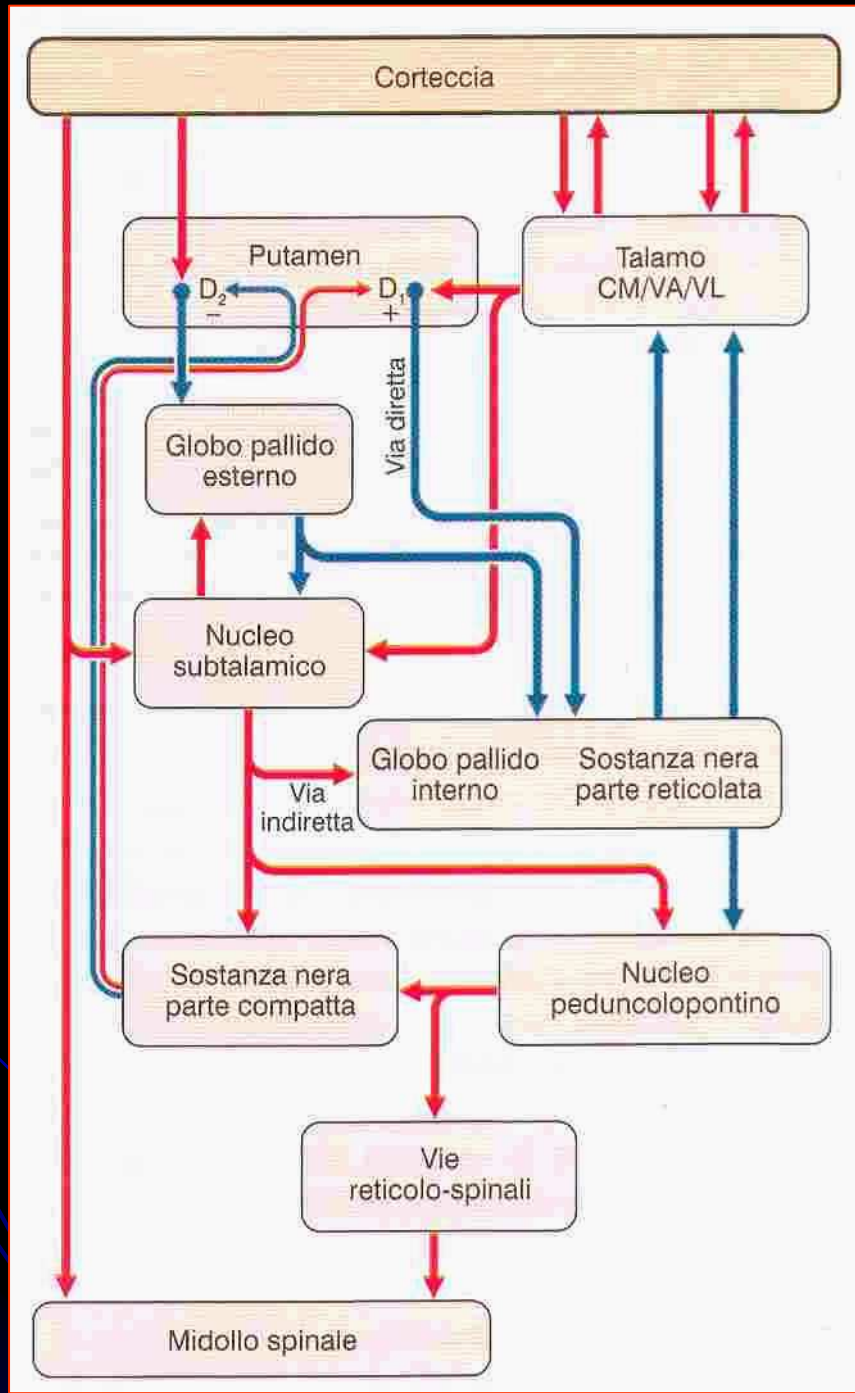


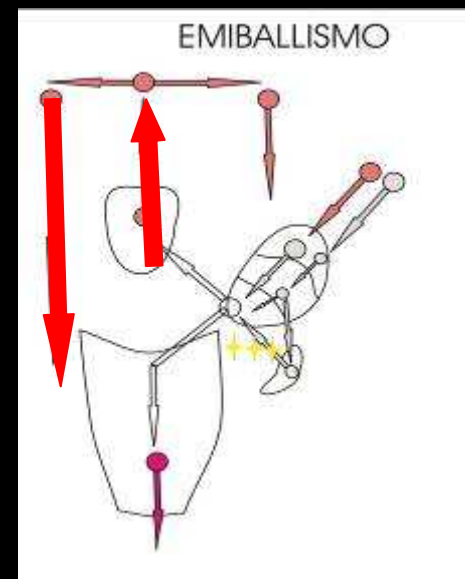
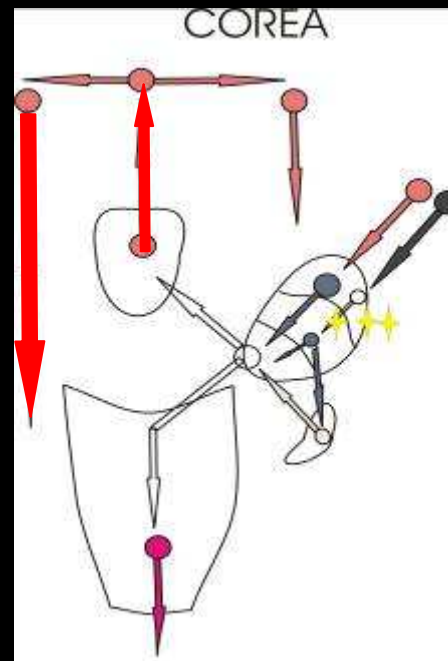
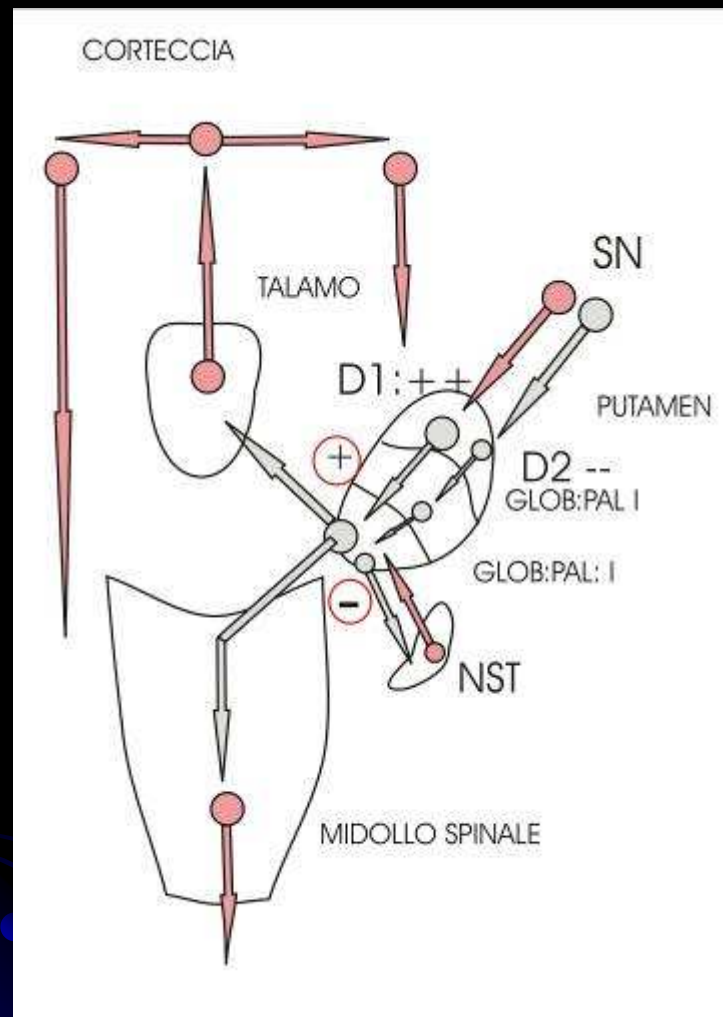
Circuito nuclei della base- cortex








1 via di facilitazione (2 inibizioni)
2 via di inibizione (3 inibizioni)

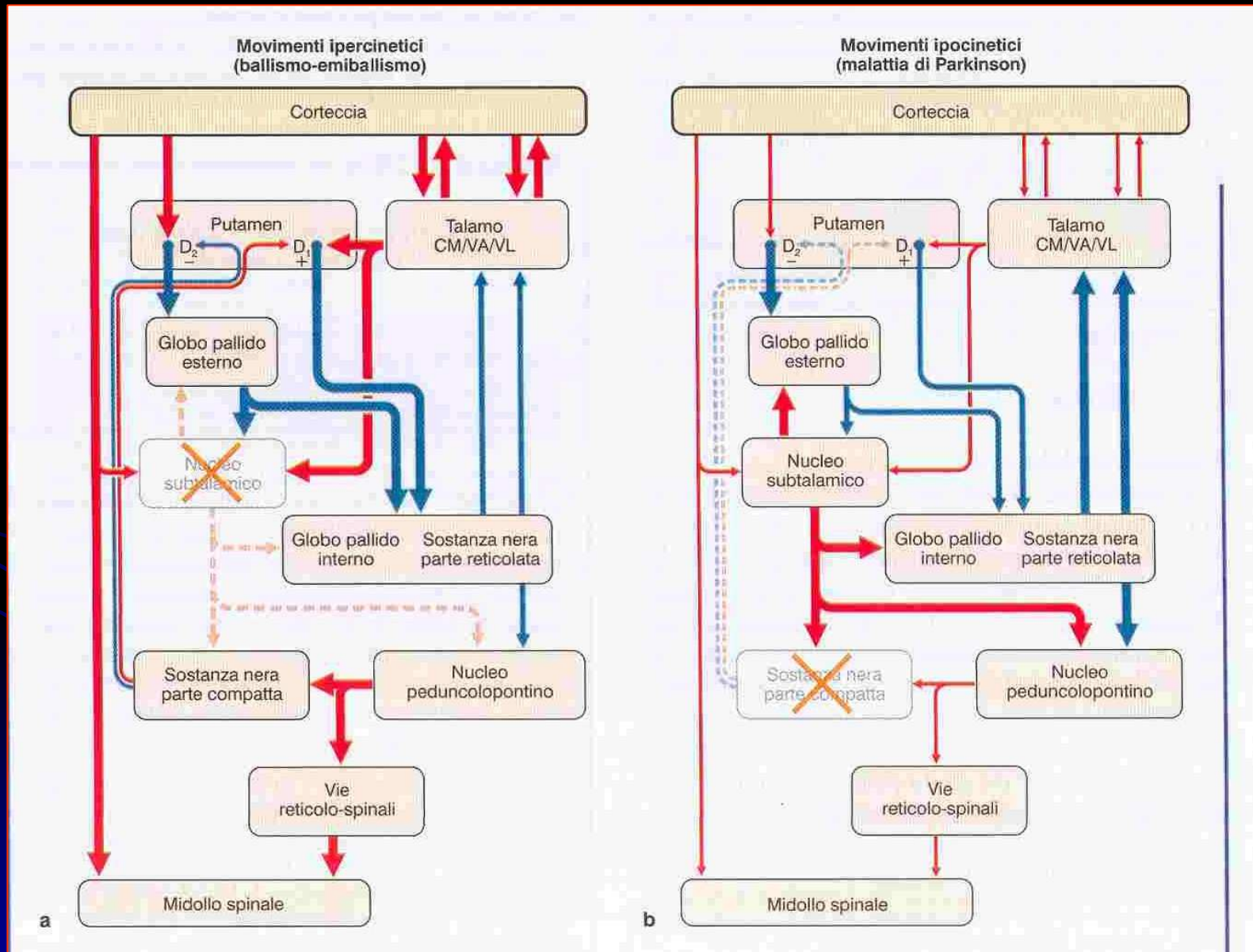
Rosa: facilitazione
Grigio: inibizione





-  facilitazione
-  inibizione
-  Potenziamento dell'inibizione
-  Potenziamento della facilitazione
-  Riduzione della facilitazione o della inibizione

Lesioni nuclei della base

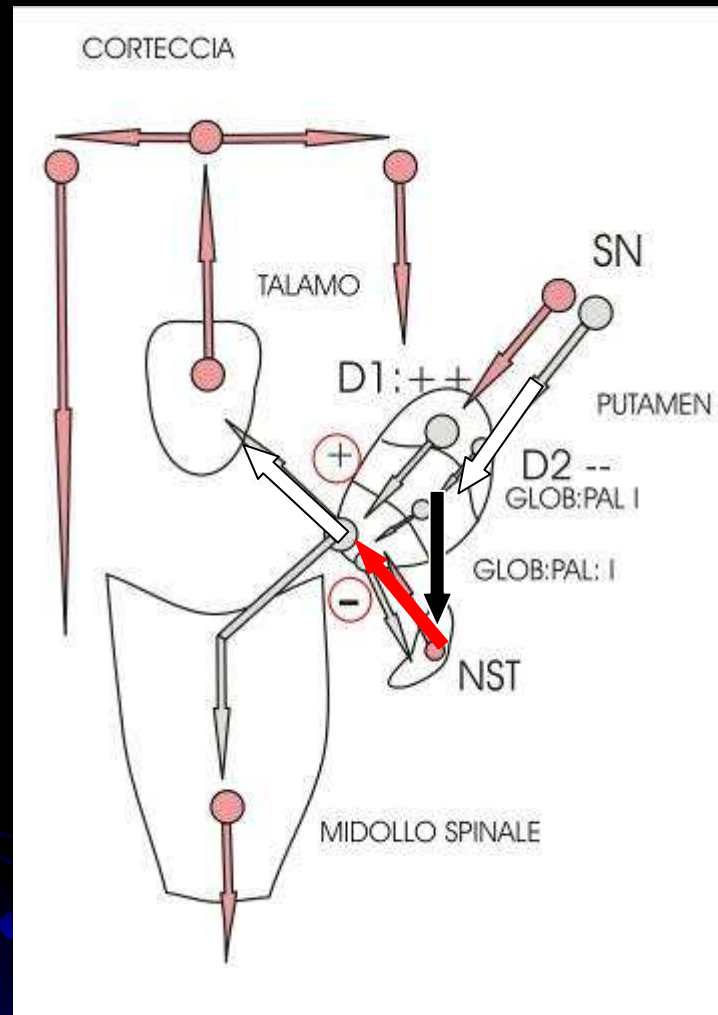


m. di Huntington








Emicorea



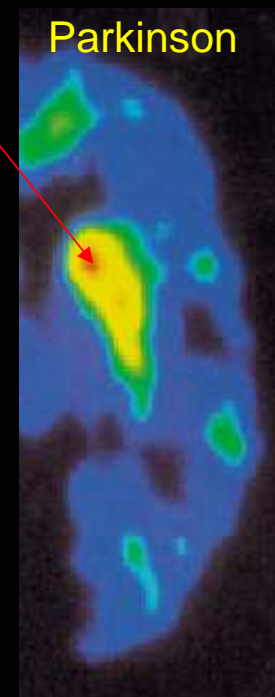
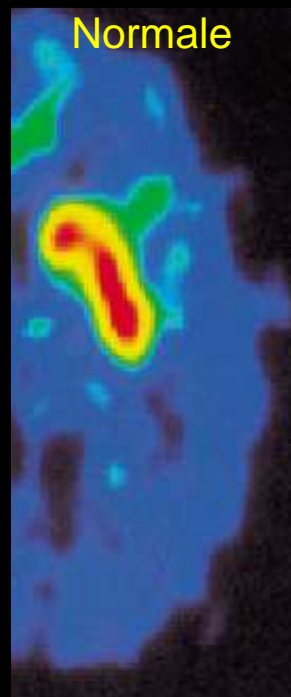


Morbo di Parkinson

La perdita dei neuroni dopaminergici fa aumentare l'attività inibitoria che dal putamen va al GP esterno (non sono più inibiti i D2). Ciò rende più attivo il Nucleo Subtalamico che attiva il GP interno inibitorio.

-  facilitazione
-  inibizione
-  Potenziamento dell'inibizione
-  Potenziamento della facilitazione
-  Riduzione della facilitazione o della inibizione

Deplezione DOPA nel putamen (m. di Parkinson)

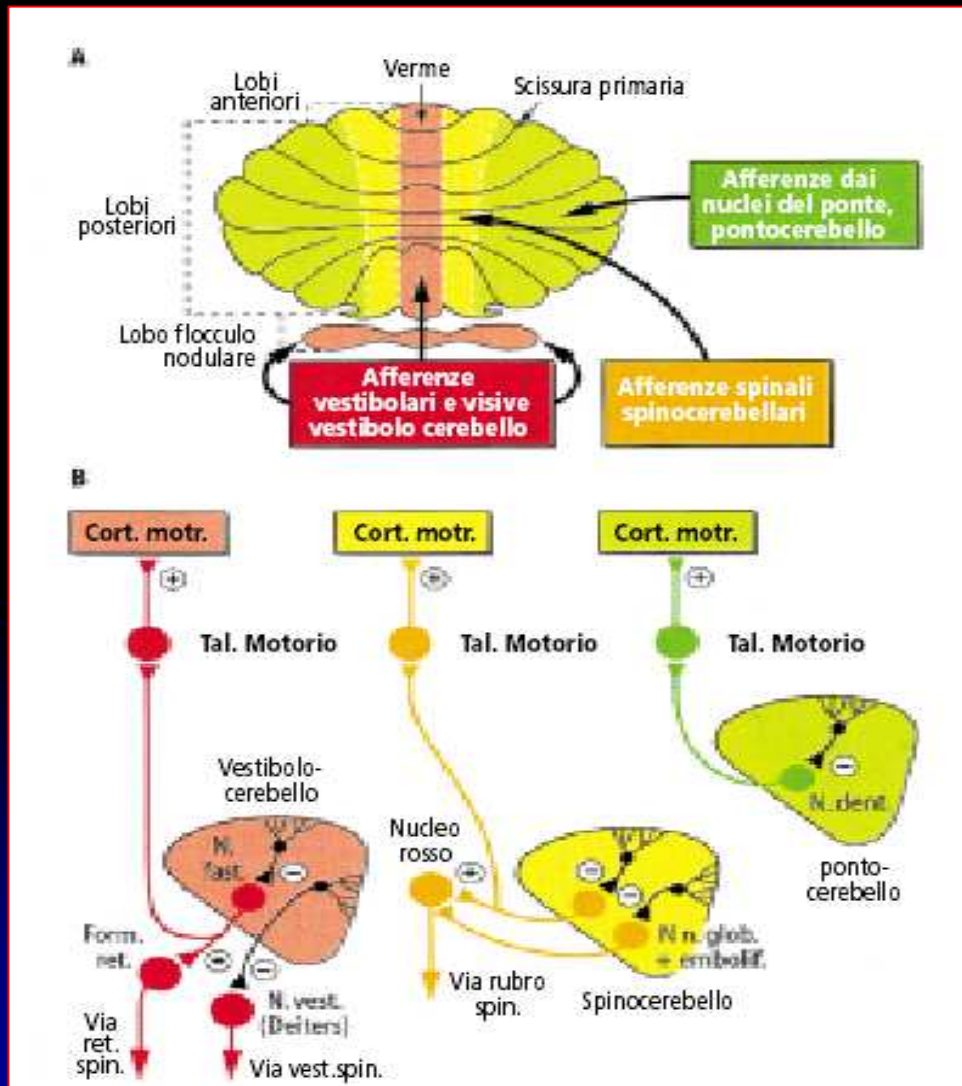


m. di Parkinson





Cervelletto



Lesione cerebellare:
Atonia, Astenia, Astasia,
Dismetria (Atassia)

Metrica nel movimento

Controllo del movimento

Stabilità (archicerebello)

Controllo movimenti oculari
Nistagmo

Atassia



Astasia



Aprassia



Dismetria



Programma motorio

- Motor cortex

Cortex

```
graph LR; MC[Motor cortex]; CC[Emisferi cerebellari, Nucleo dentato Feed forward]; C[Cortex]; CC --> MC; C --> CC; CC --> C;
```

Emisferi cerebellari,
Nucleo dentato
Feed forward

Circuito del controllo cerebellare (feed back)

- Motor cortex (cortico-ponto-cerebello)

Command

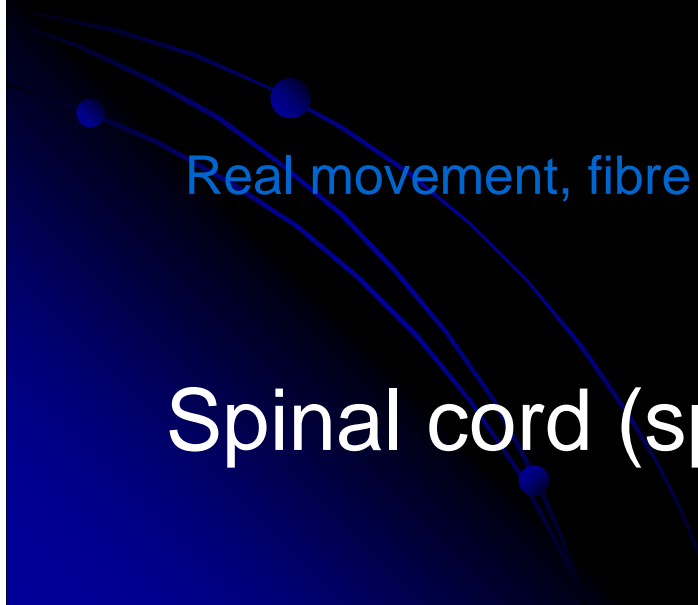
$C - R = \text{Errore}$

PC, Interposito

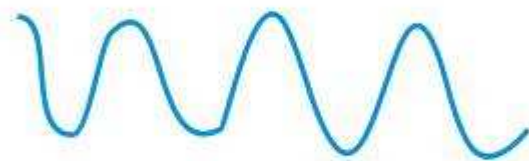
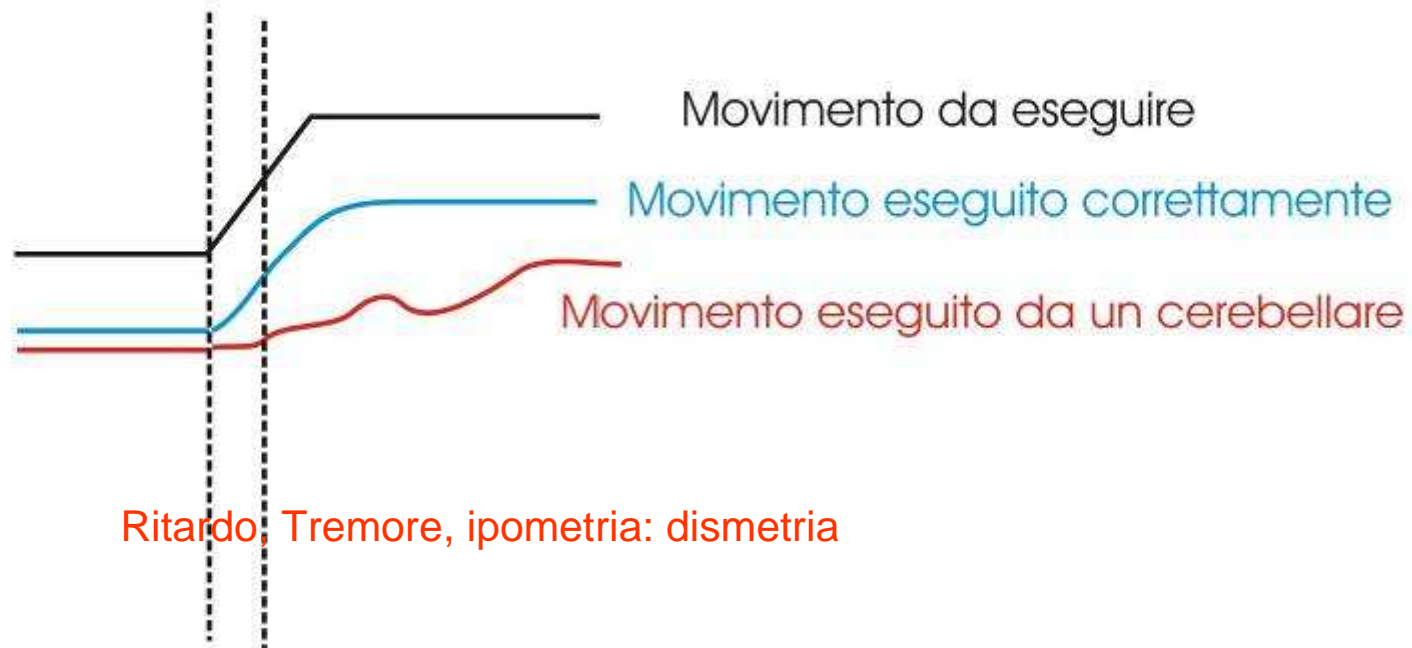
Correzione (N. Rosso, ..)

Real movement, fibre rampicanti

Spinal cord (spino-vestibolare)



Movimento nel cerebellare



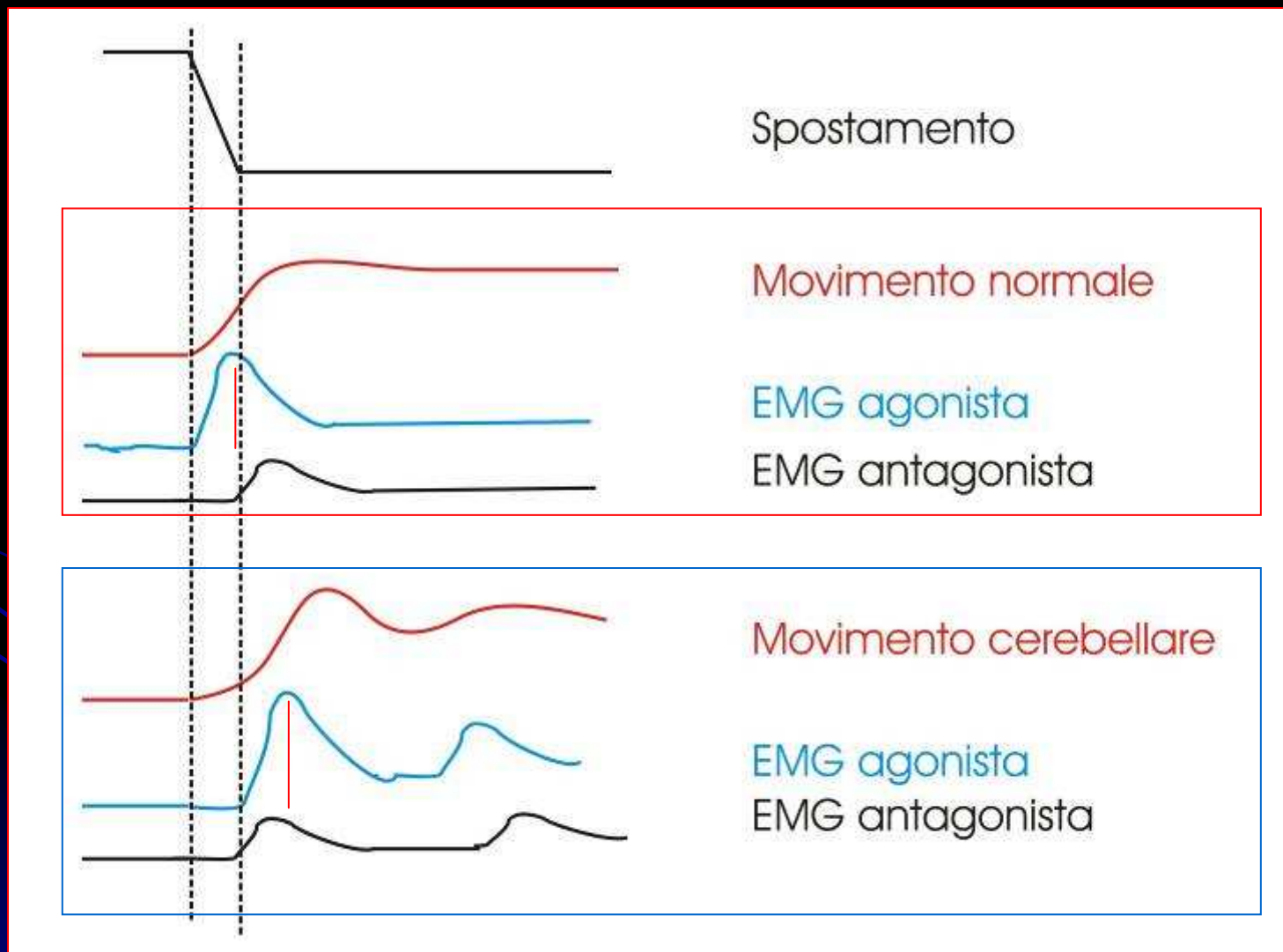
Movimento ritmico



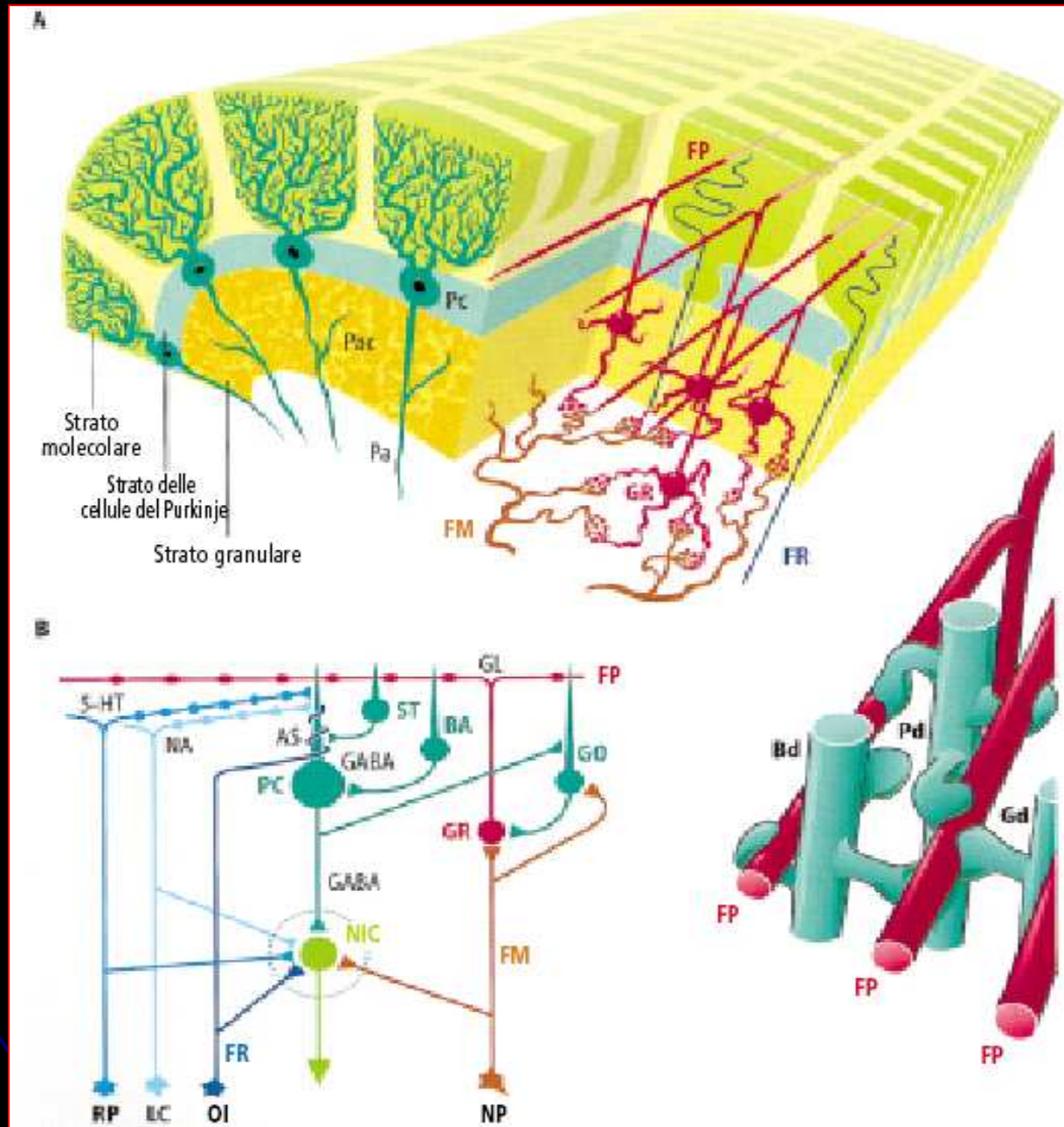
Movimento ritmico eseguito da un cerebellare

Incapacità di eseguire movimenti ritmici

Alterazione dei tempi e dell'entità di attivazione dei muscoli agonisti ed antagonisti nel pz. cerebellare



Rete circuitale cerebellare



Microzonule

LTD

+

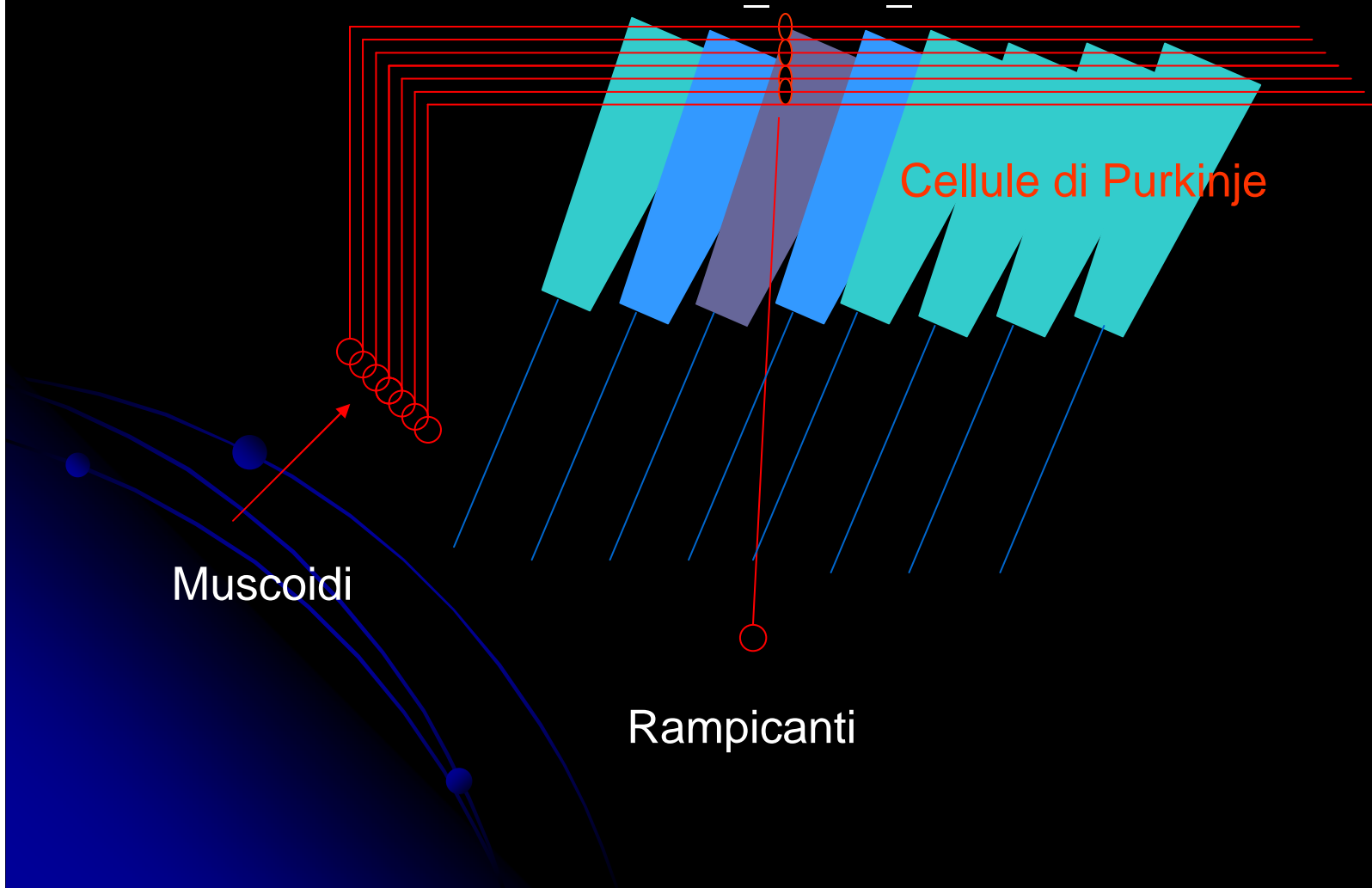
-

-

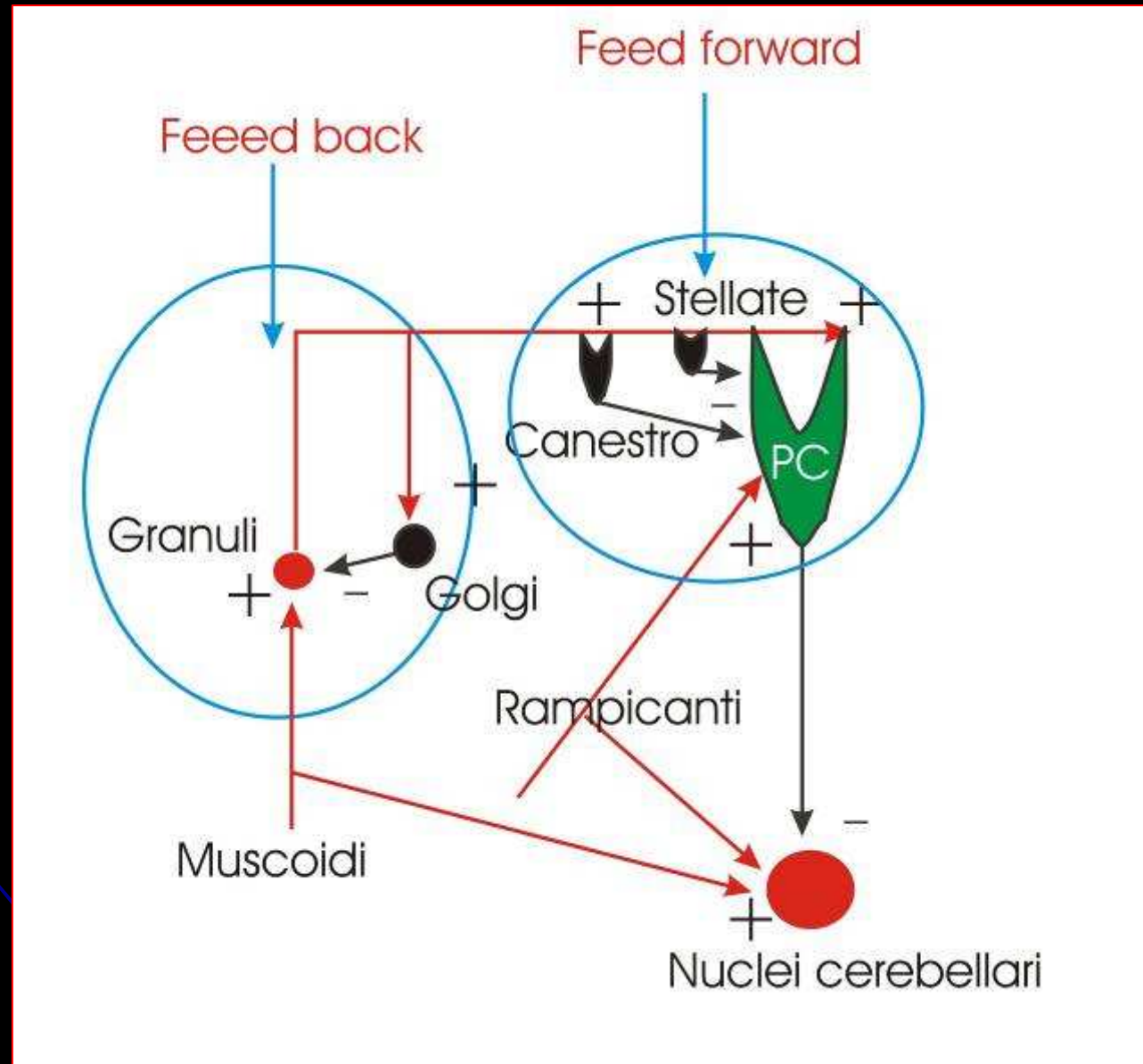
Cellule di Purkinje

Muscoidi

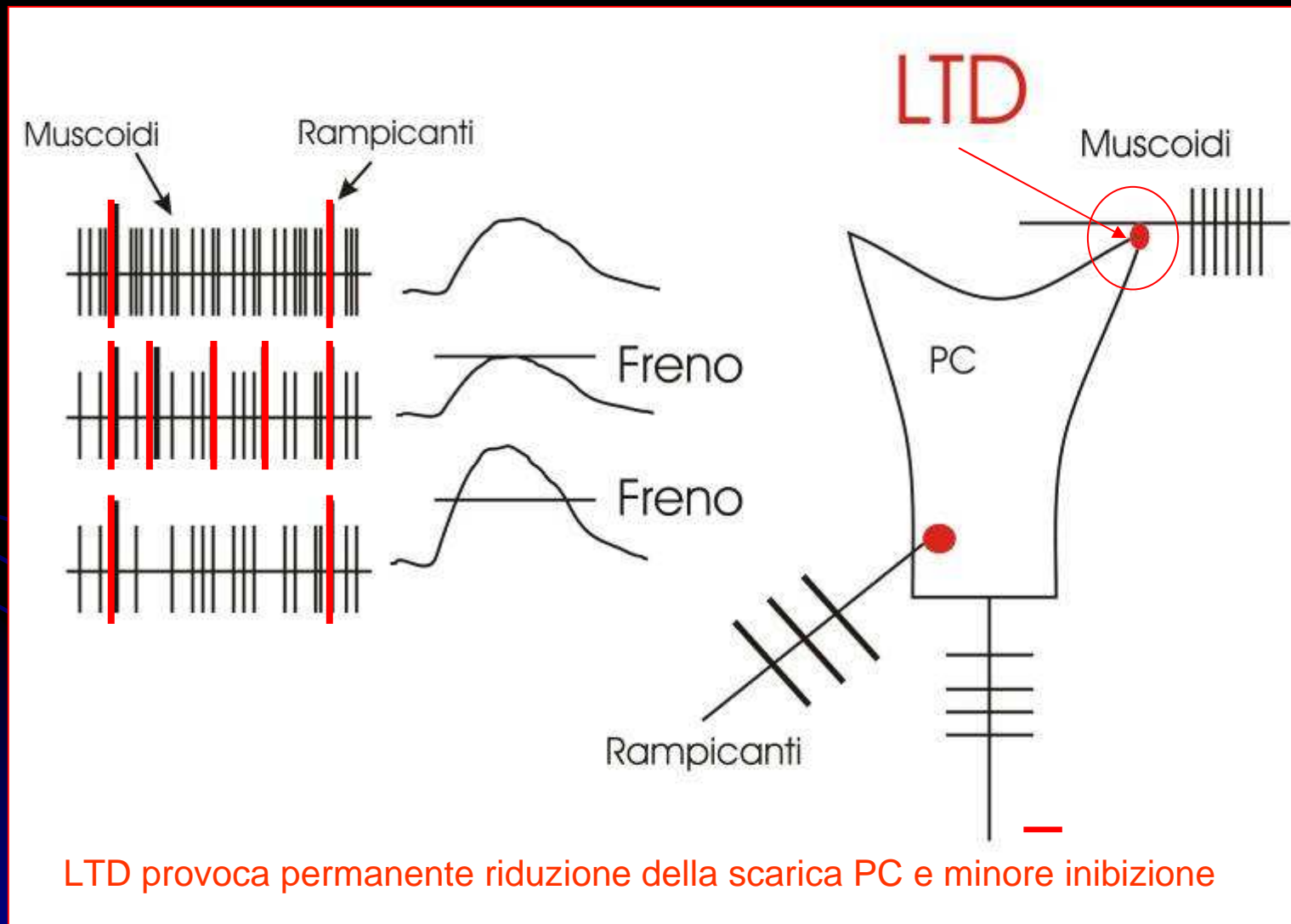
Rampicanti



Circuiti cerebellari: inibizioni in feed back e in feed forward



Relazione temporale tra input delle fibre muscoidi e input delle rampicanti causa LTD



Cervelletto ed apprendimento motorio

