



Il Sistema Motorio



- Il sistema motorio è **organizzato gerarchicamente** da una serie di strutture che collaborano all'implementazione di piani motori.
- Ai livelli più bassi della gerarchia abbiamo i **motoneuroni** e gli **interneuroni** del midollo spinale.
- Al vertice troviamo le aree della corteccia cerebrale implicate nel movimento (**corteccia motoria primaria, aree associative** motorie).
- Attraverso la loro interazione si arriva a tradurre lo scopo dell'azione in un movimento.

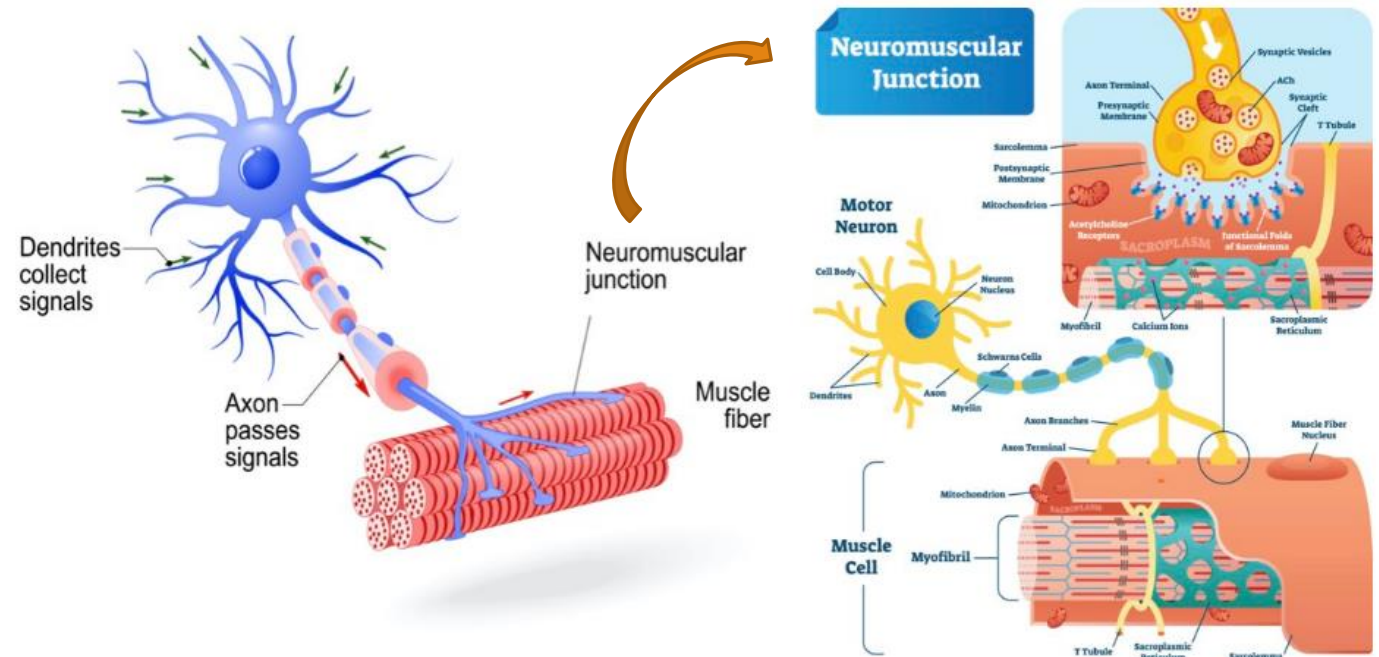
Il Sistema Motorio

Premessa

Muscoli

L'**azione** è il risultato della stimolazione di un distretto muscolare detto anche **effettore**.

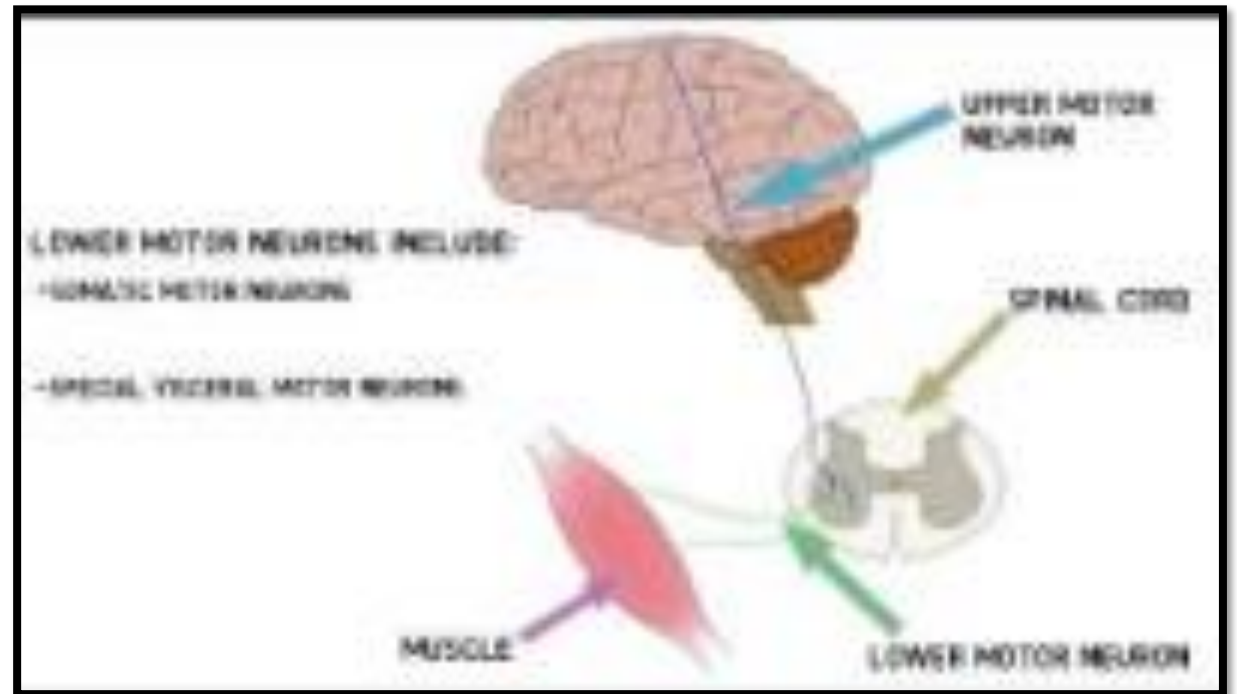
I muscoli sono attivati dai **motoneuroni** connessi alle **fibre muscolari** attraverso la **giunzione neuromuscolare**.



Motoneuroni

Il nostro sistema nervoso comprende **due classi di motoneuroni**: i **motoneuroni superiori** (o *motoneuroni I*) e i **motoneuroni inferiori** (o *motoneuroni II*).

I **motoneuroni superiori** sono presenti a **livello della corteccia cerebrale**: da essi parte il segnale verso quelli **inferiori**, che si trovano a **livello del tronco encefalico e del midollo spinale**, segnale che poi proseguirà la sua corsa **verso i muscoli**.



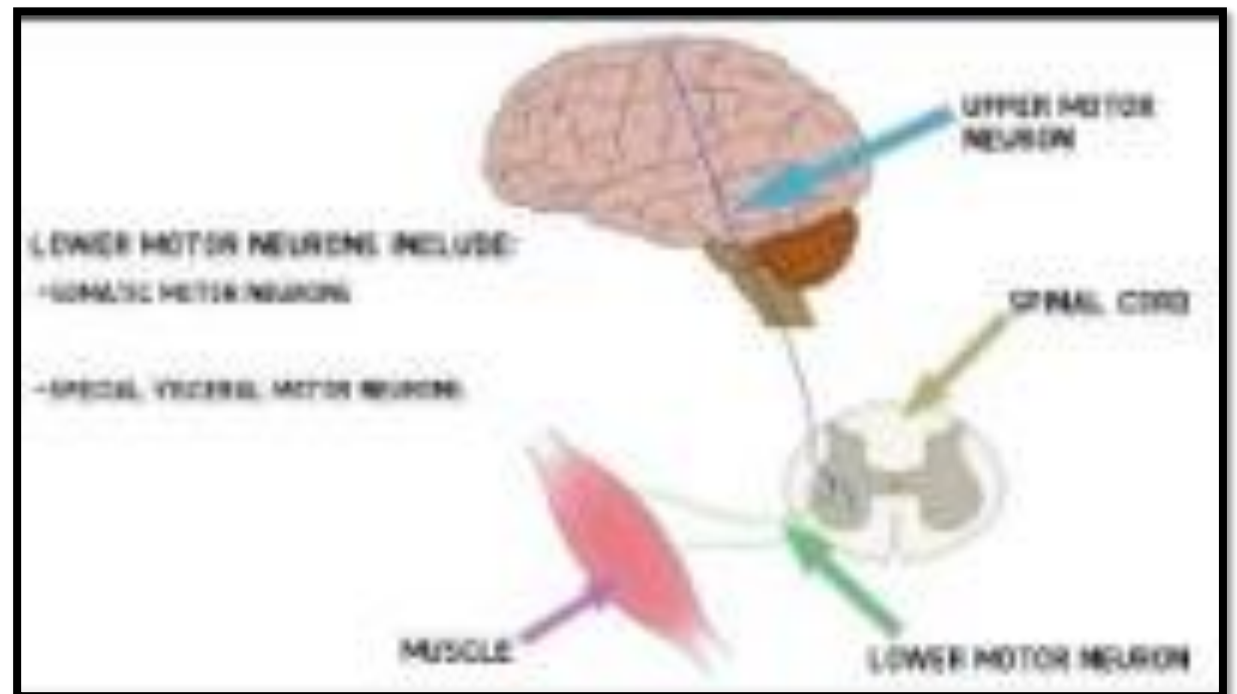
Motoneuroni

I motoneuroni inferiori possono essere di 3 tipi diversi:

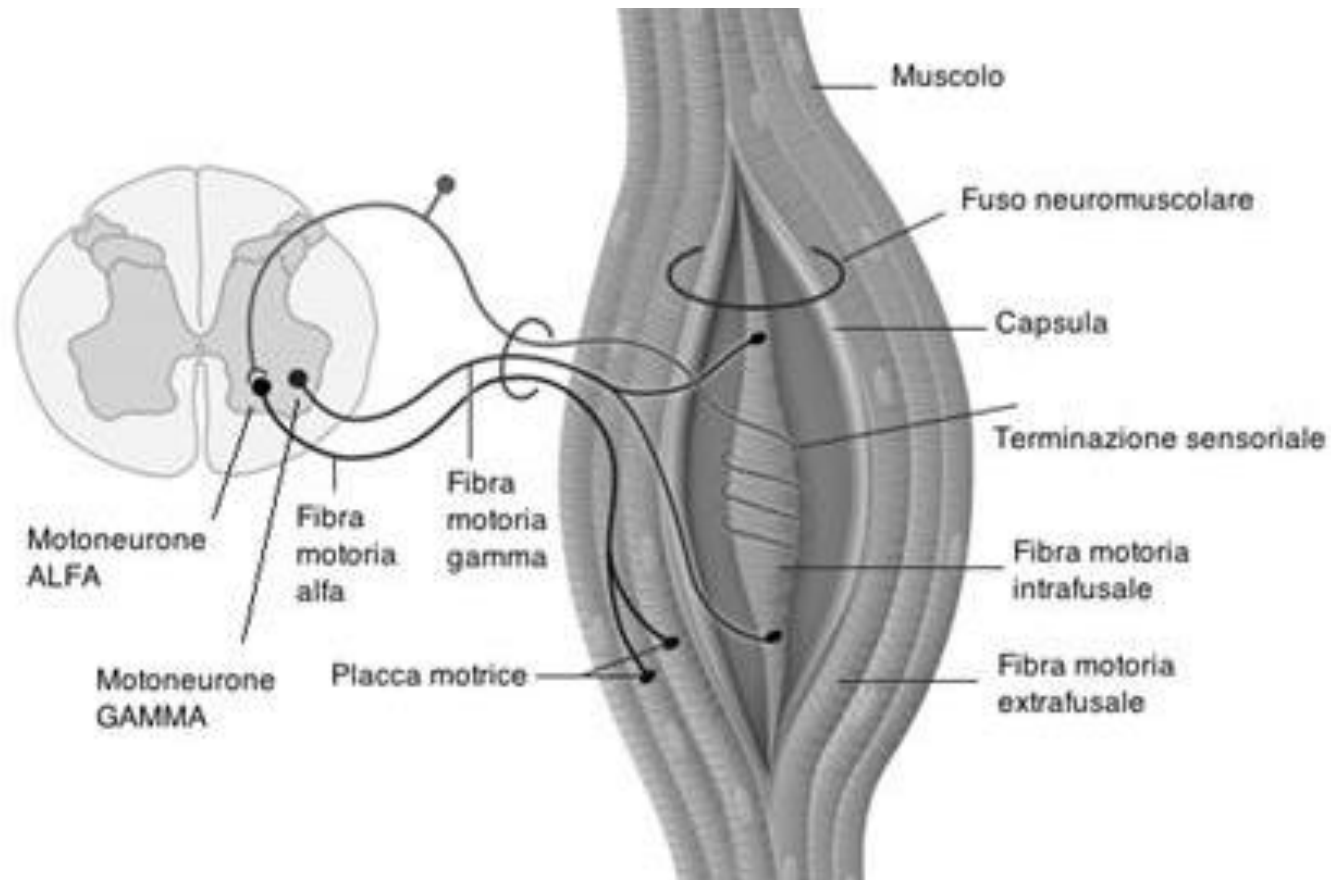
Motoneuroni somatici: controllano il movimento e il tono muscolare (α , β , γ).

Motoneuroni speciali o branchiali: controllano i muscoli della testa e del collo.

Motoneuroni viscerali generali: che sono coinvolti nel sistema nervoso autonomo.



Motoneuroni somatici

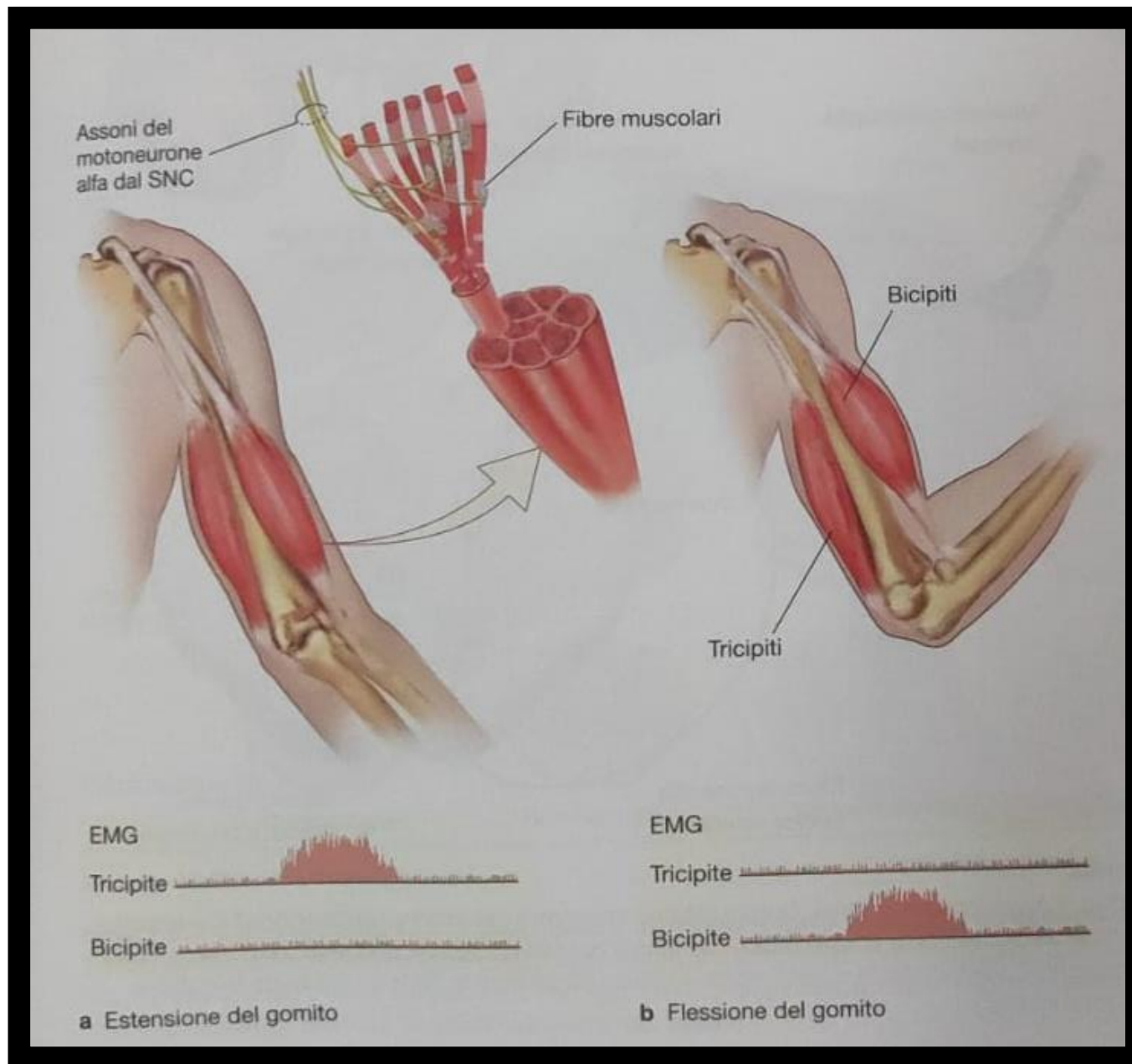


I **motoneuroni alfa** (α) innervano le fibre muscolari e producono la contrazione delle fibre.

I **motoneuroni gamma** (γ) fanno parte del sistema propriocettivo e sono importanti per la percezione e la regolazione della lunghezza delle fibre muscolari.

Motoneuroni somatici

- I muscoli vengono attivati dai **motoneuroni α** .
- Nel **motoneurone α** il potenziale d'azione (PA) provoca il rilascio di un neurotrasmettitore, l'**acetilcolina (Ach)**.
- Il rilascio di Ach provoca la contrazione delle fibre muscolari.
- I comandi che arrivano ai muscoli possono essere **eccitatori** o **inibitori**. Per produrre un movimento i segnali eccitatori ad un muscolo sono accompagnati da quelli inibitori al muscolo **antagonista** (es. bicipite-tricipite).

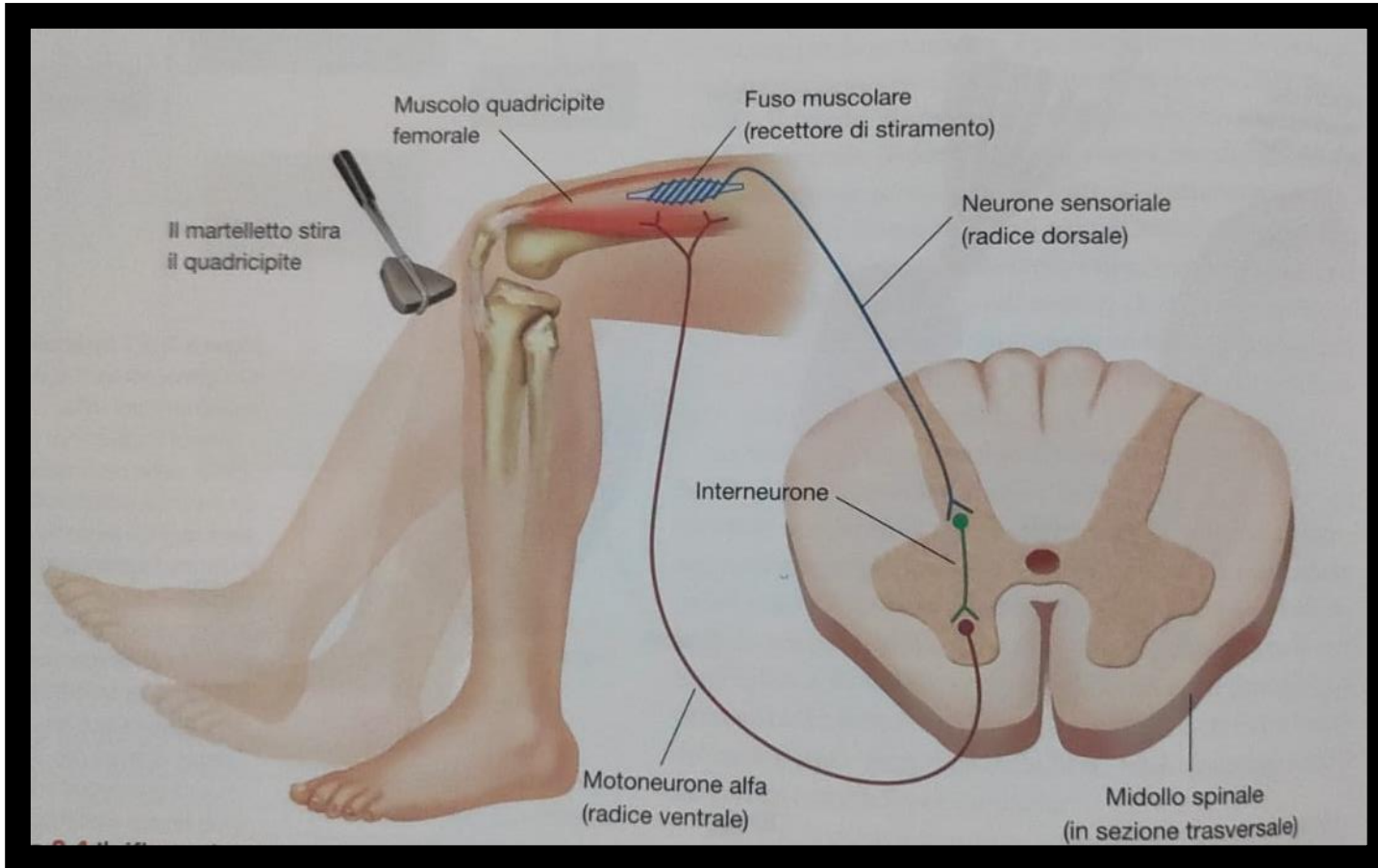


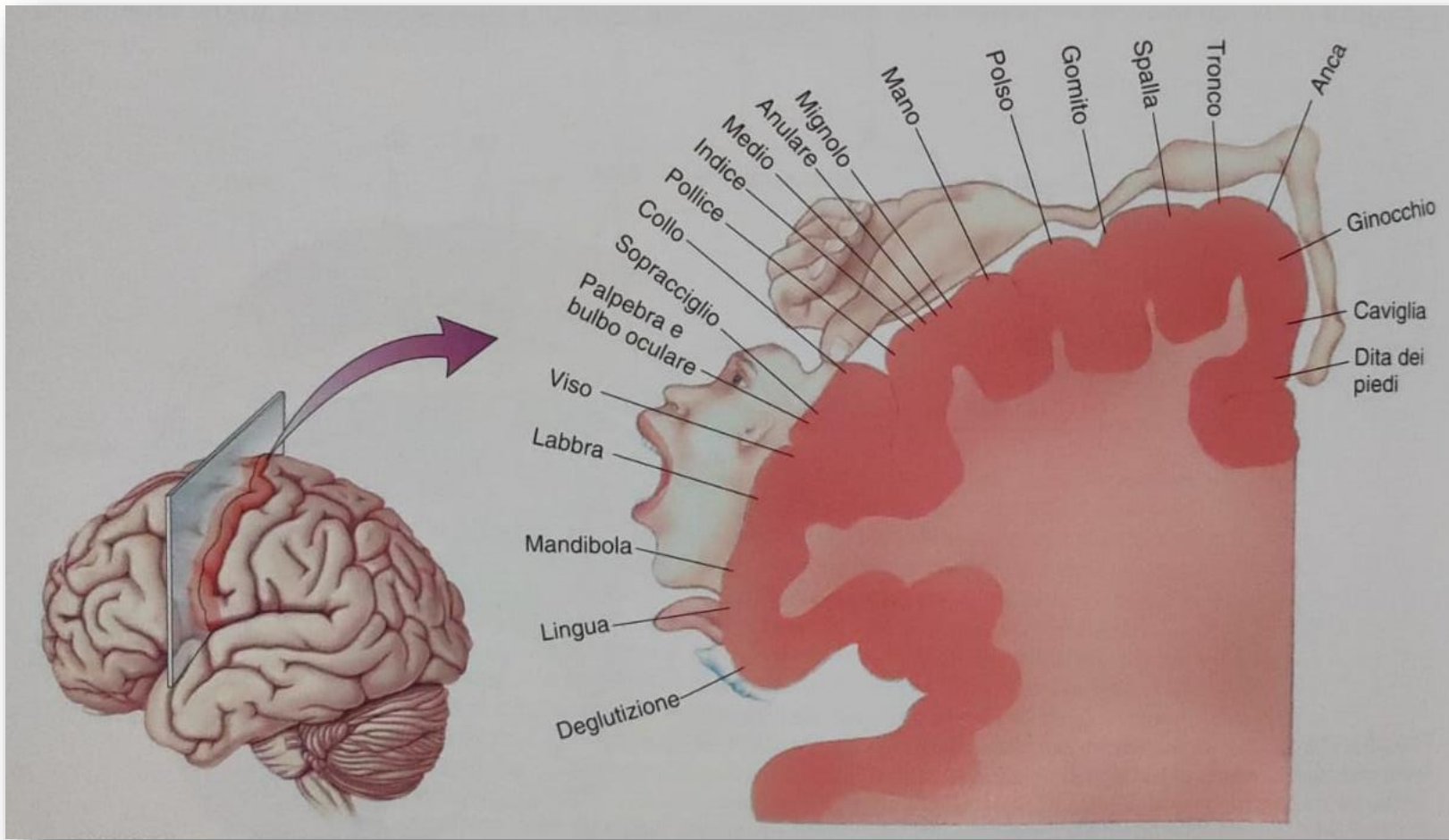
Motoneuroni somatici

L'input ai **motoneuroni α** proviene da una molteplicità di fonti, tra cui input periferici dai **fusi muscolari**

→ **Afferenze dai fusi** entrano nel midollo spinale attraverso le radici dorsali, creando sinapsi in corrispondenza degli **interneuroni spinali**, che **proiettano ai motoneuroni α efferenti**.

→ I **motoneuroni α** sono responsabili del **riflesso da stiramento o miotatico**.



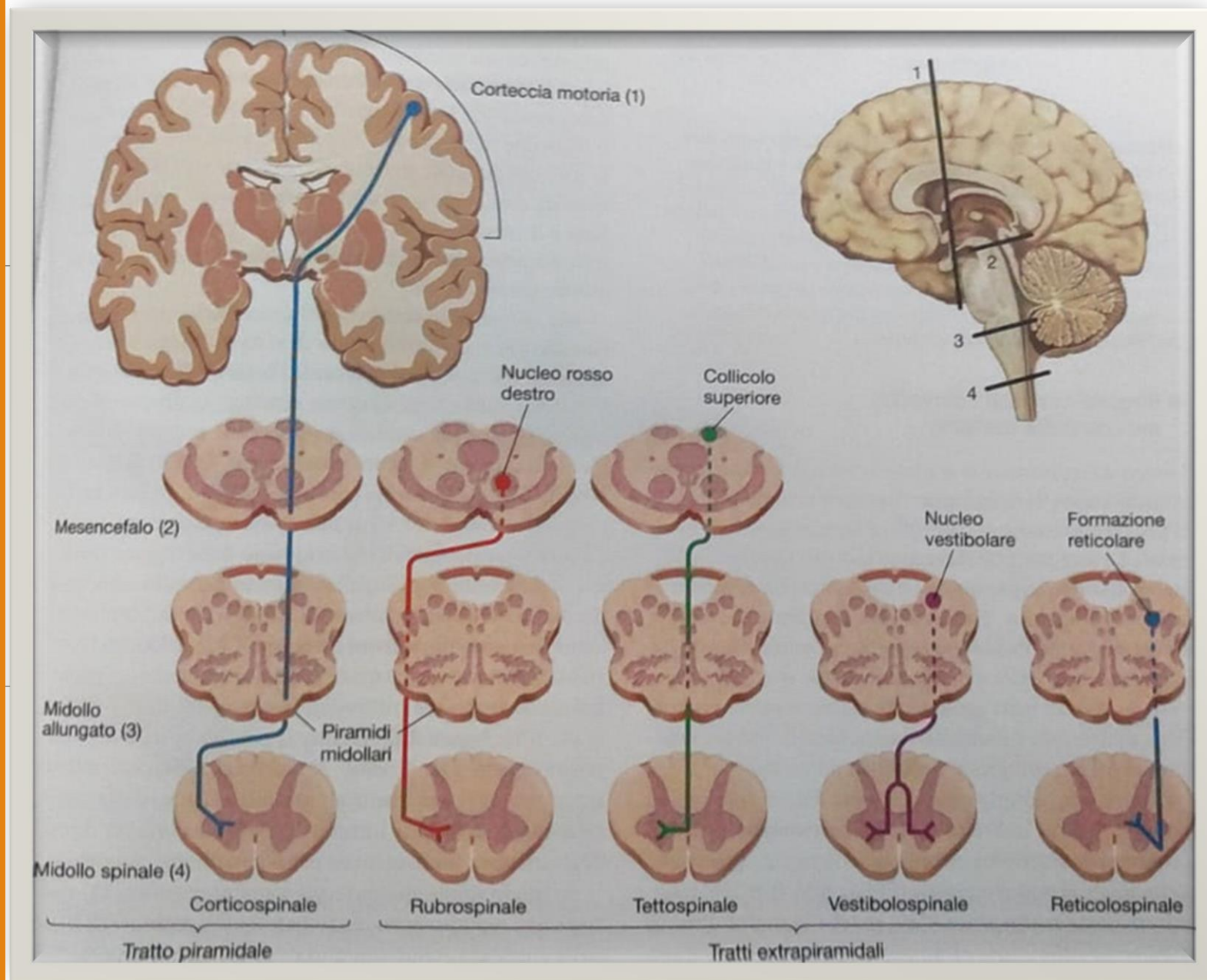


Corteccia Motoria Primaria (M1)

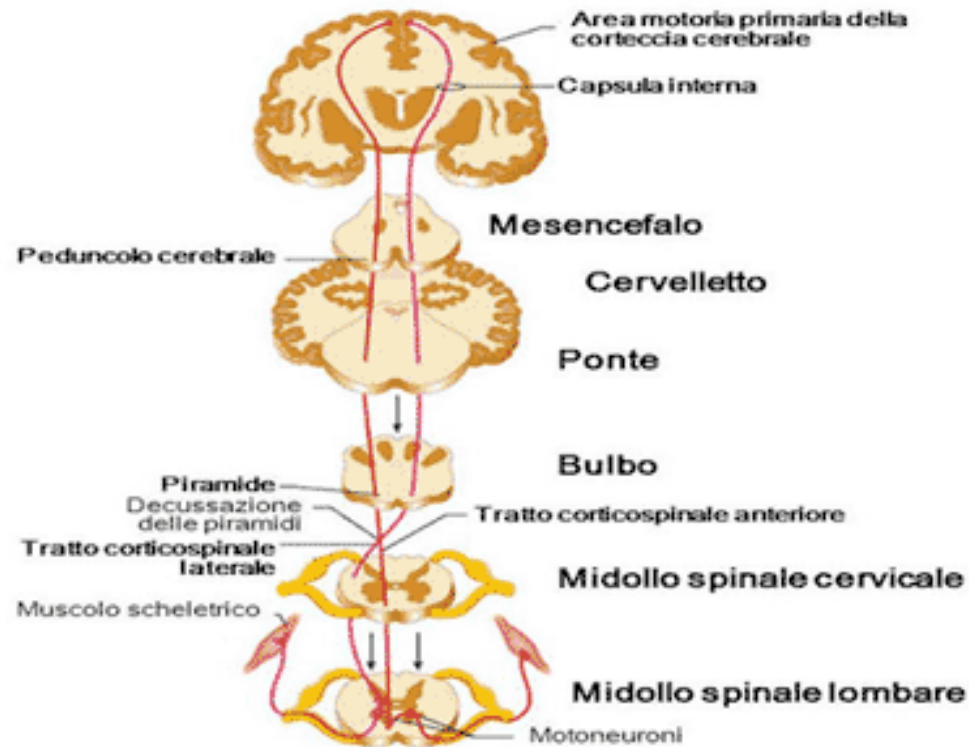
Corteccia Motoria Primaria (M1)



Vie motorie: piramidali ed extrapiramidali



Vie motorie discendenti



Vie piramidali (corticospinali) laterale e anteriore

Il tratto corticospinale (piramidale)

Cruciale nell'espressione del movimento volontario, comprende i motoneuroni che proiettano al midollo spinale.

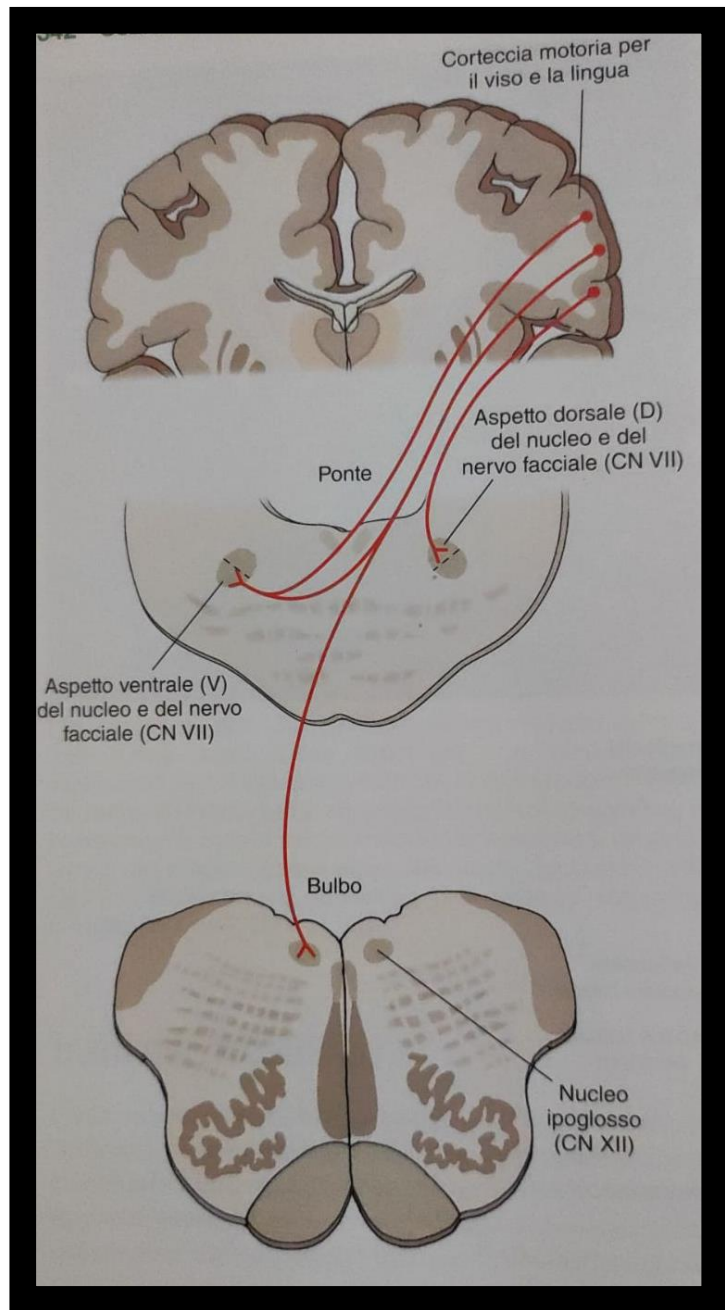
Tratto laterale, formato dal 90% delle fibre **decussa** al livello della giunzione midollo-bulbo.

Tratto anteriore, 8%, **non incrociato**

Tratto laterale non incrociato, 2%

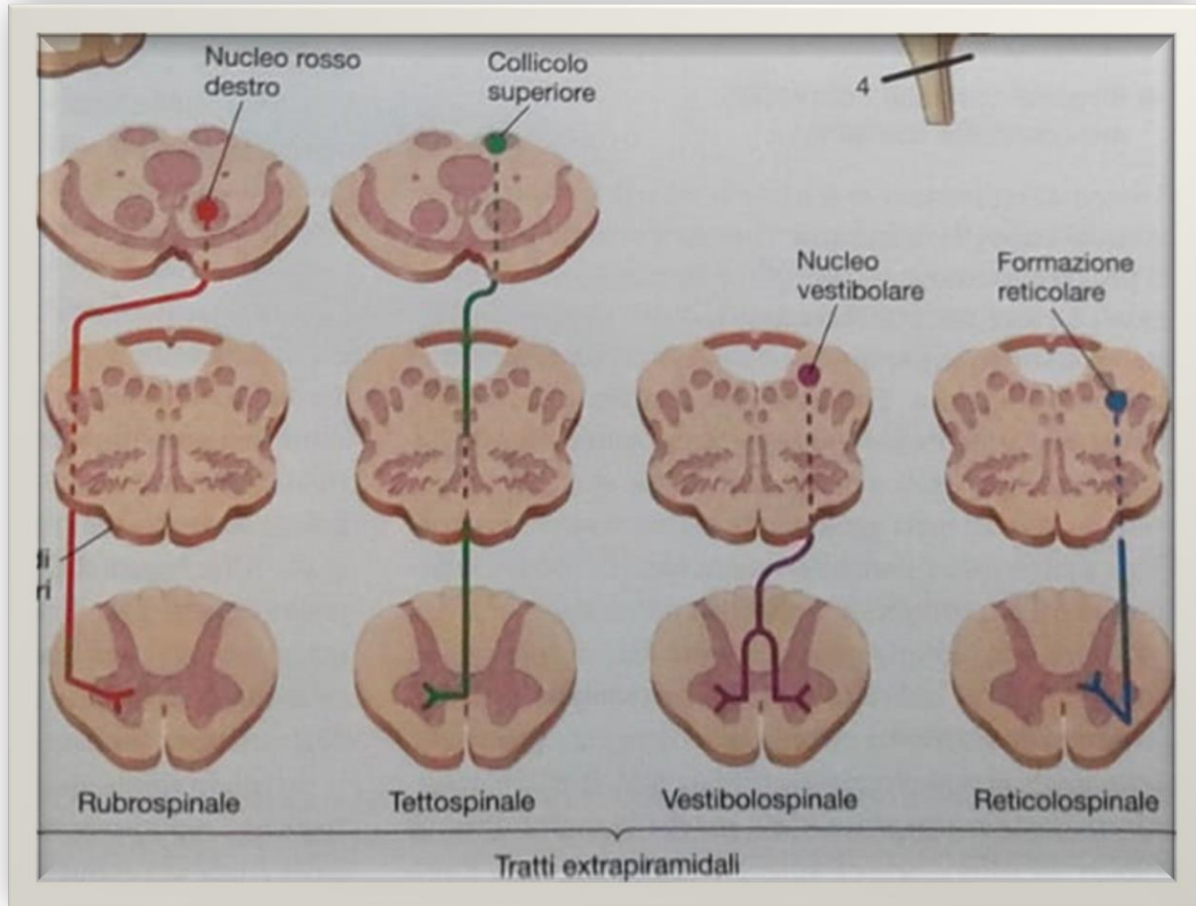
} **non decussa**





Il tratto corticobulbare (piramidale)

- Le fibre proiettano ai motoneuroni del tronco encefalico fungendo da **controllo** per i **neuroni dei nervi cranici**.
- Il loro campo d'azione riguarda il movimento dei muscoli **facciali, oculari vocali/linguali**.



Tratti extrapiramidali

- **Tratto rubrospinale** (origina dal **nucleo rosso** del mesencefalo), partecipa all'attività dei motoneuroni che innervano muscoli flessori.
- **Tratto tettospinale** (origina dai **collicoli superiori** del tetto del mesencefalo) partecipa ai cambiamenti posturali in risposta a stimoli esterni.
- **Tratti reticolospinali** (origina dalla **formazione reticolare** del ponte e bulbo) esercita un controllo del tono muscolare e dei movimenti volontari.
- **Tratti vestibolospinali** (origina dal **nucleo vestibolare**) esercita il controllo dei movimenti di rotazione testa e scapole, più il sollevamento della testa e mantenimento della postura.

PYRAMIDAL

1) COELOEPHYLLAL TUBE

Ventral center
= 60%

Lateral outpocketings
forming outcroppings

2) COELOEPHYLLAL TUBE

Ventral center
= 60% ventral part



EXTEAPYRAMIDAL

1) ENKEPHALIN First stage center

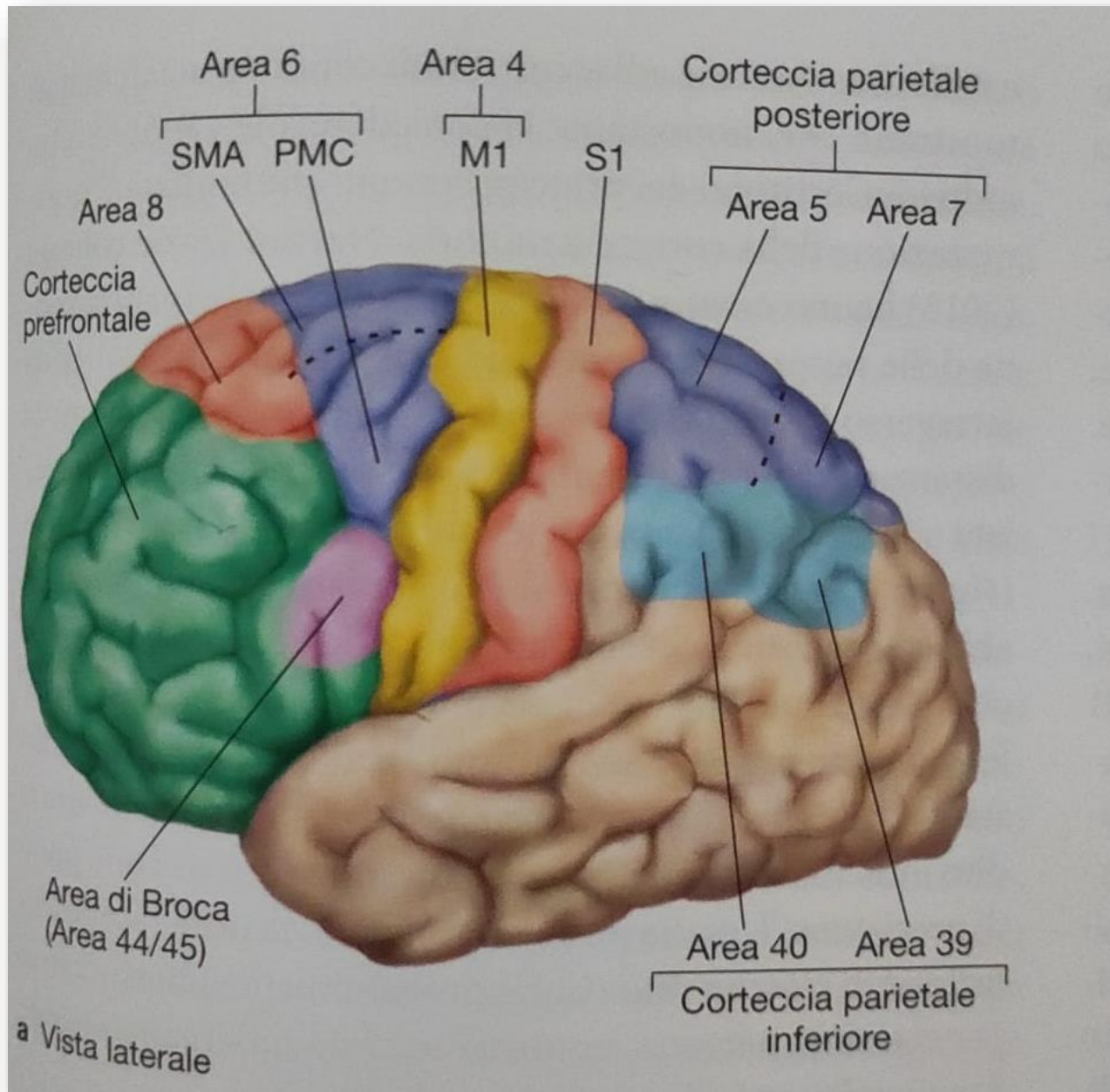
2) RETICULAR PUNCTA

VENTRAL = 60% ventral part
LATERAL = 40% lateral part

3) METACENTRUM Second stage center

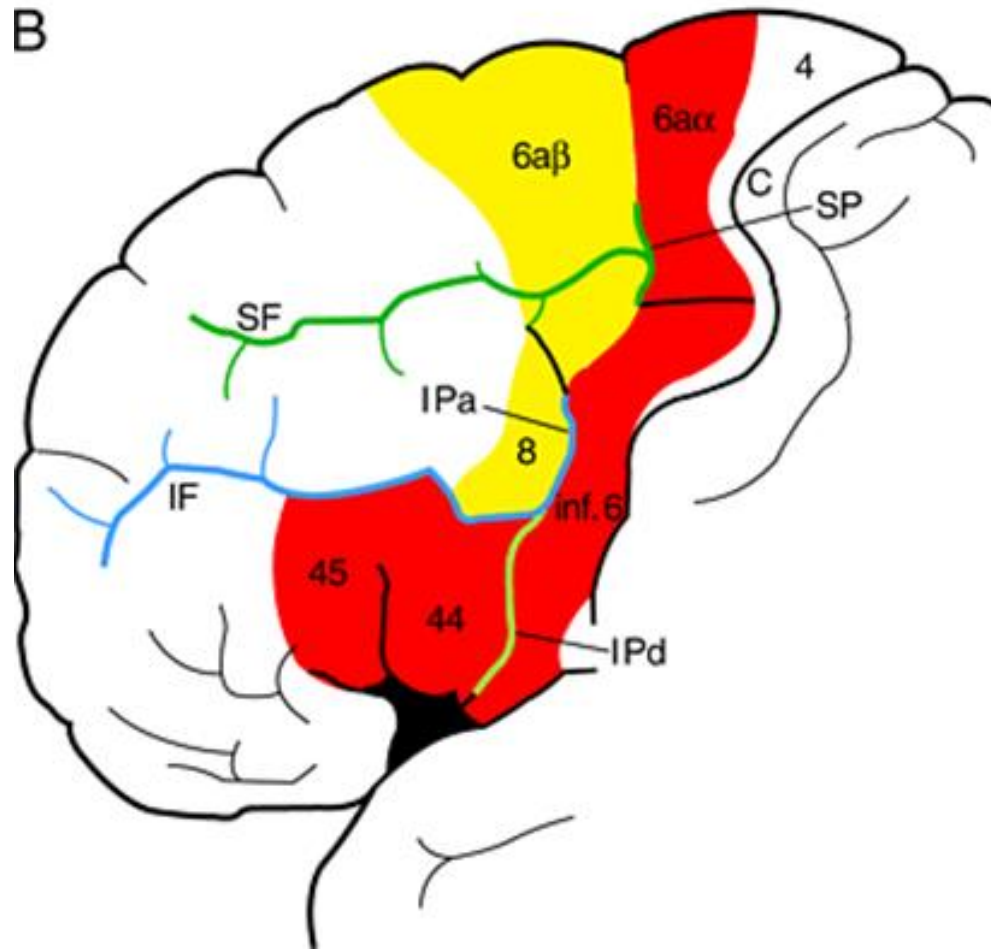
4) TETRAEPHYLLAL

COELOEPHYLLAL
VENTRAL CO-OUTCROPPINGS



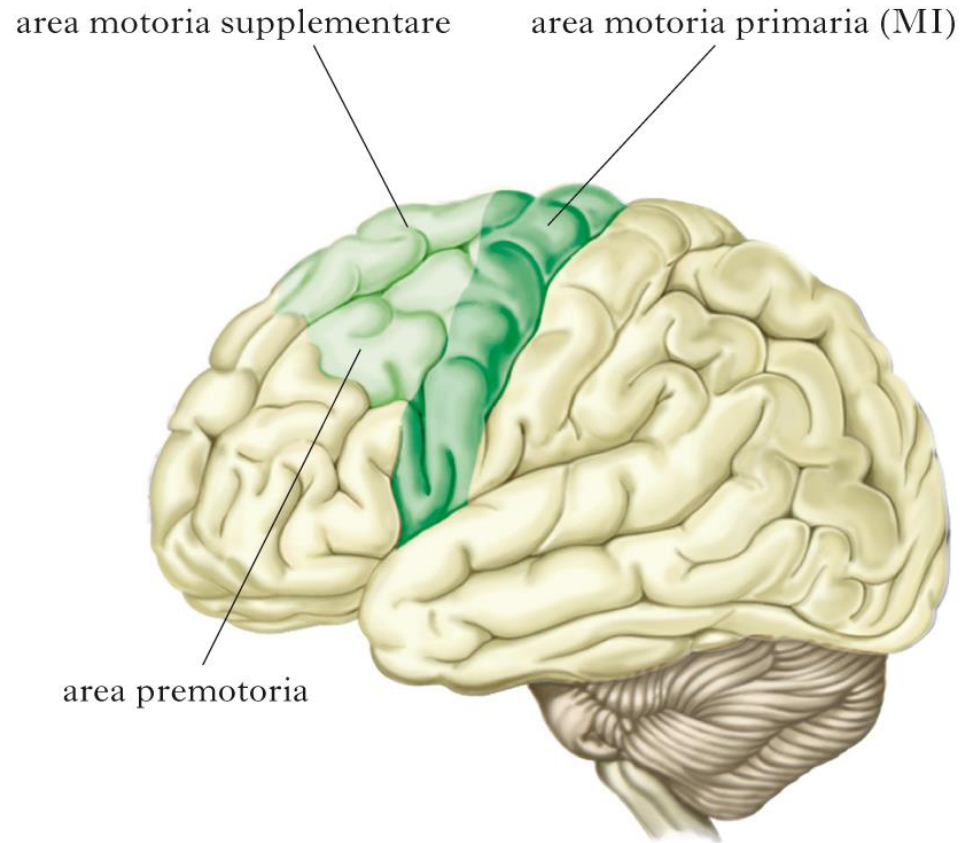
Aree motorie associative

- Le principali proiezioni afferenti alla corteccia motoria.
- Il **cervelletto** ed i **gangli della base** comunicano con la M1 attraverso i **nuclei talamici** ventrolaterale e ventrale anteriore.



Area Premotoria (PMC)

L'area premotoria si divide in una regione **dorsale** e una **ventrale** e sembrerebbe **implicata nell'esecuzione di azioni guidate dai sensi** (e.g., prendere una tazza di caffè').

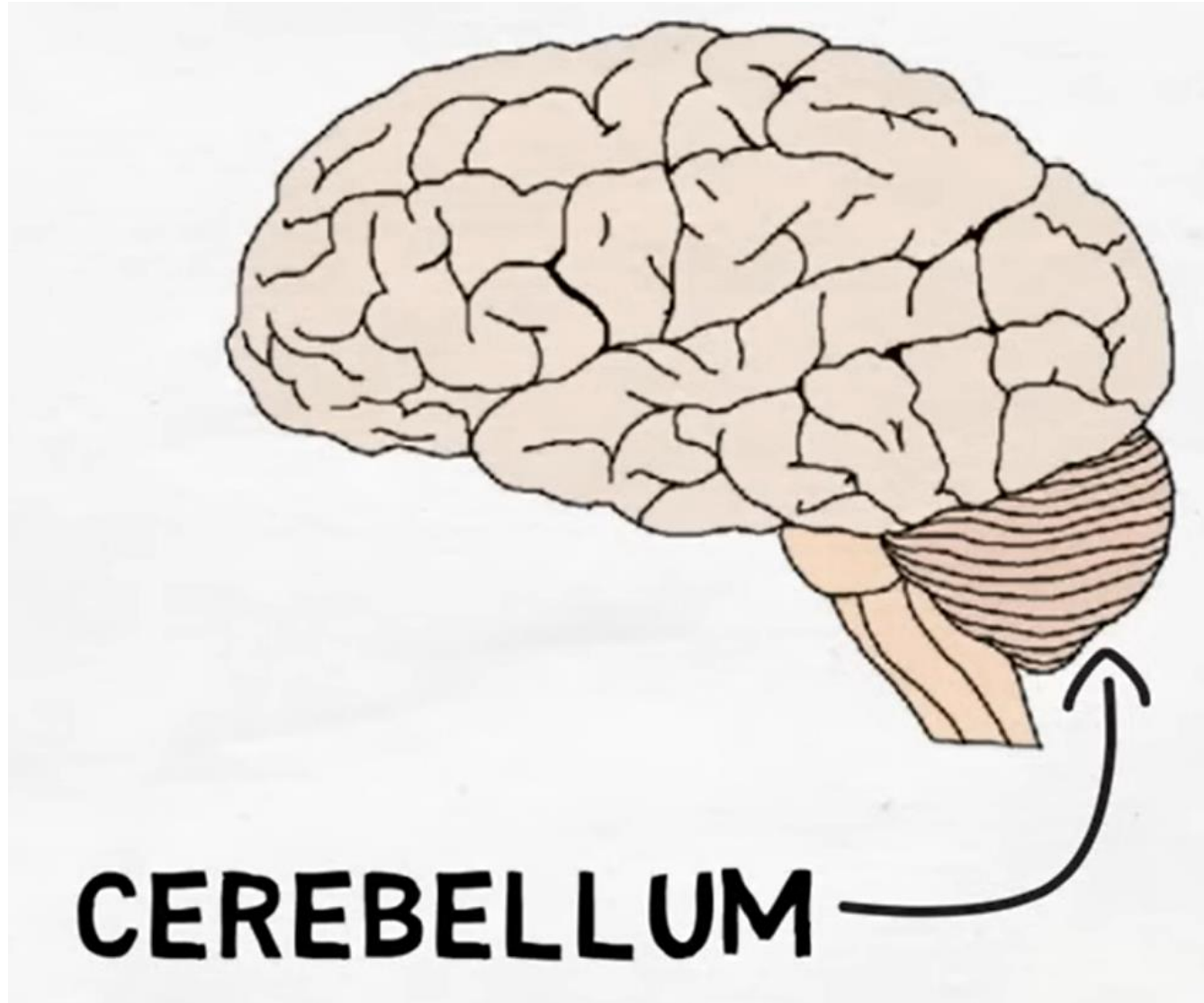


Area Supplementare Motoria (SMA)

L' SMA cruciale nella **pianificazione** di azioni. Questi neuroni scaricano prima dell'esecuzione di un movimento.

Coinvolta nel:

- a) **Decision-making motorio**
- b) **Inibizione risposta motoria inappropriata**



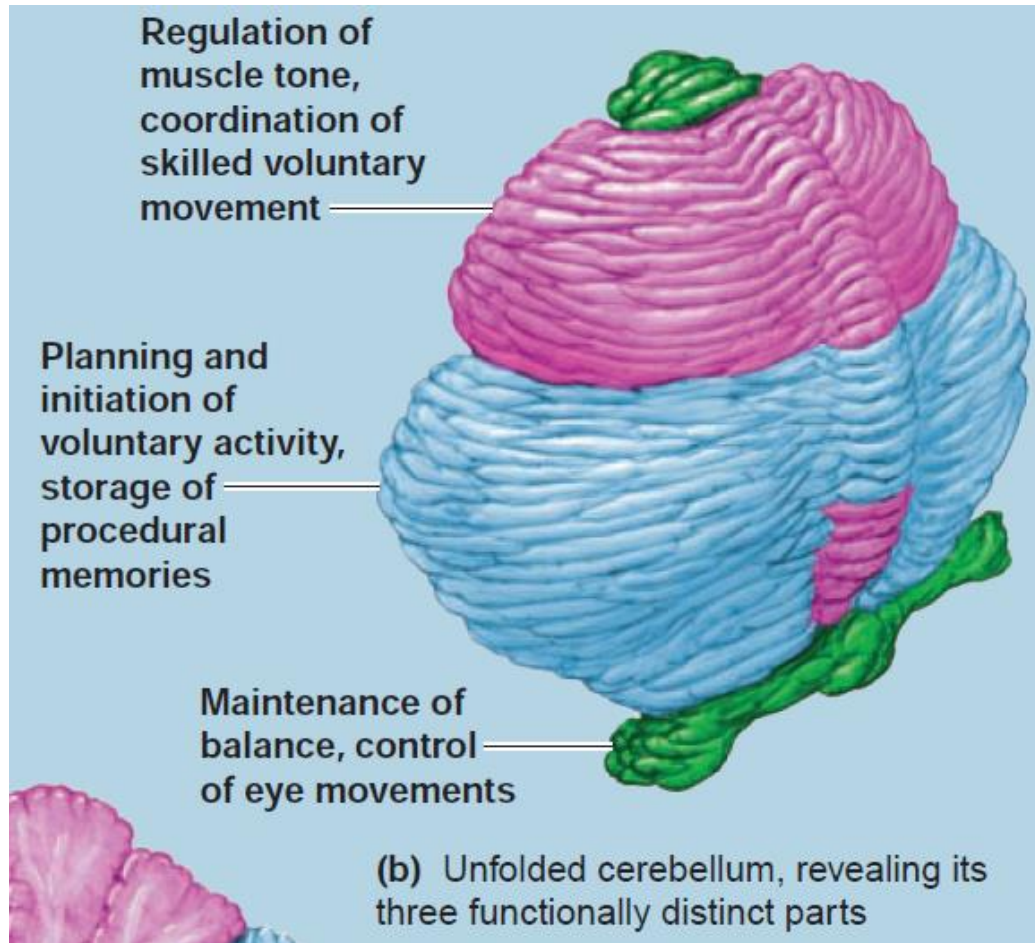
Il cervelletto

Caratterizzato da una grande densità cellulare con oltre il 60% dei neuroni.

L'output inizia in corrispondenza dei **nuclei cerebellari profondi** per raggiungere il **tronco dell'encefalo** e la **corteccia cerebrale** attraverso il talamo.

Il cervelletto mantiene un controllo **ipsilaterale** dei movimenti corporei.

3 strutture principali del cervelletto



a) **Il vestibolo-cervelletto**: equilibrio e coordinazione dei movimenti oculari con quelli del corpo (e.g., il riflesso vestibolo-oculare).

c) **Il neocerebellum**: memoria procedurale. Una lesione causa disordini di **coordinamento** (**ataxia**, difficoltà a toccarsi il naso con un dito).

b) **Lo spinocerebellum**: una lesione causa disturbi **dell'equilibrio**.

KEY

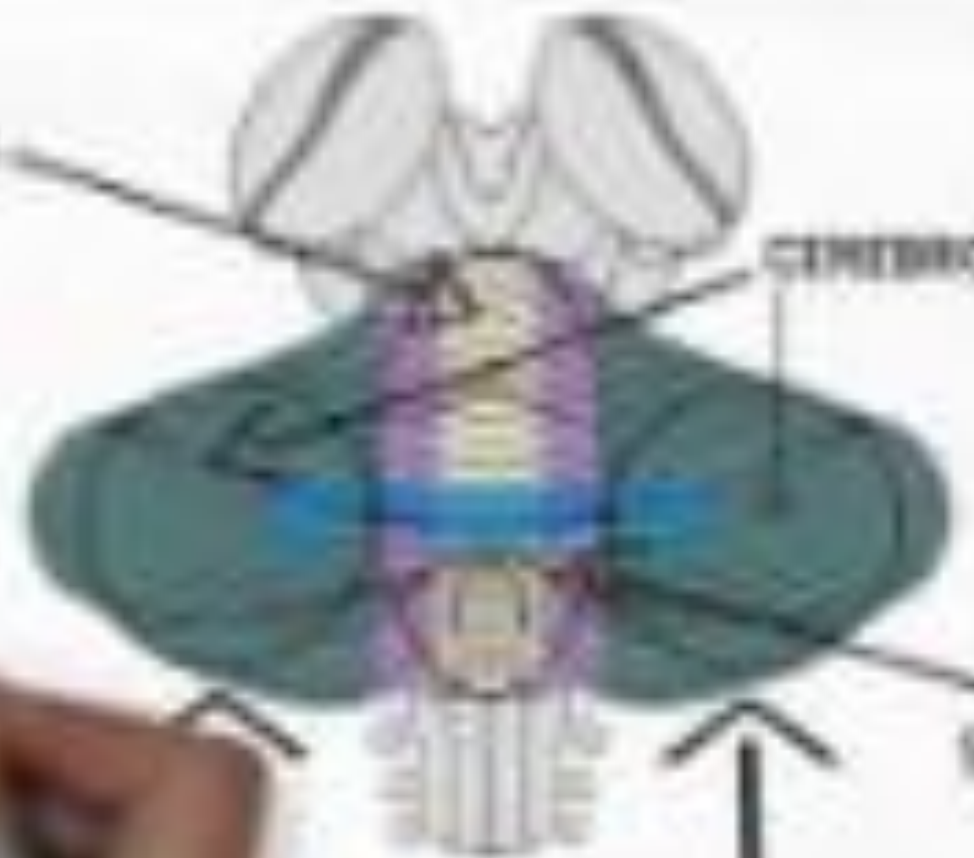
- Vestibulocerebellum
- Spinocerebellum
- Cerebrocerebellum

VENTRICLE

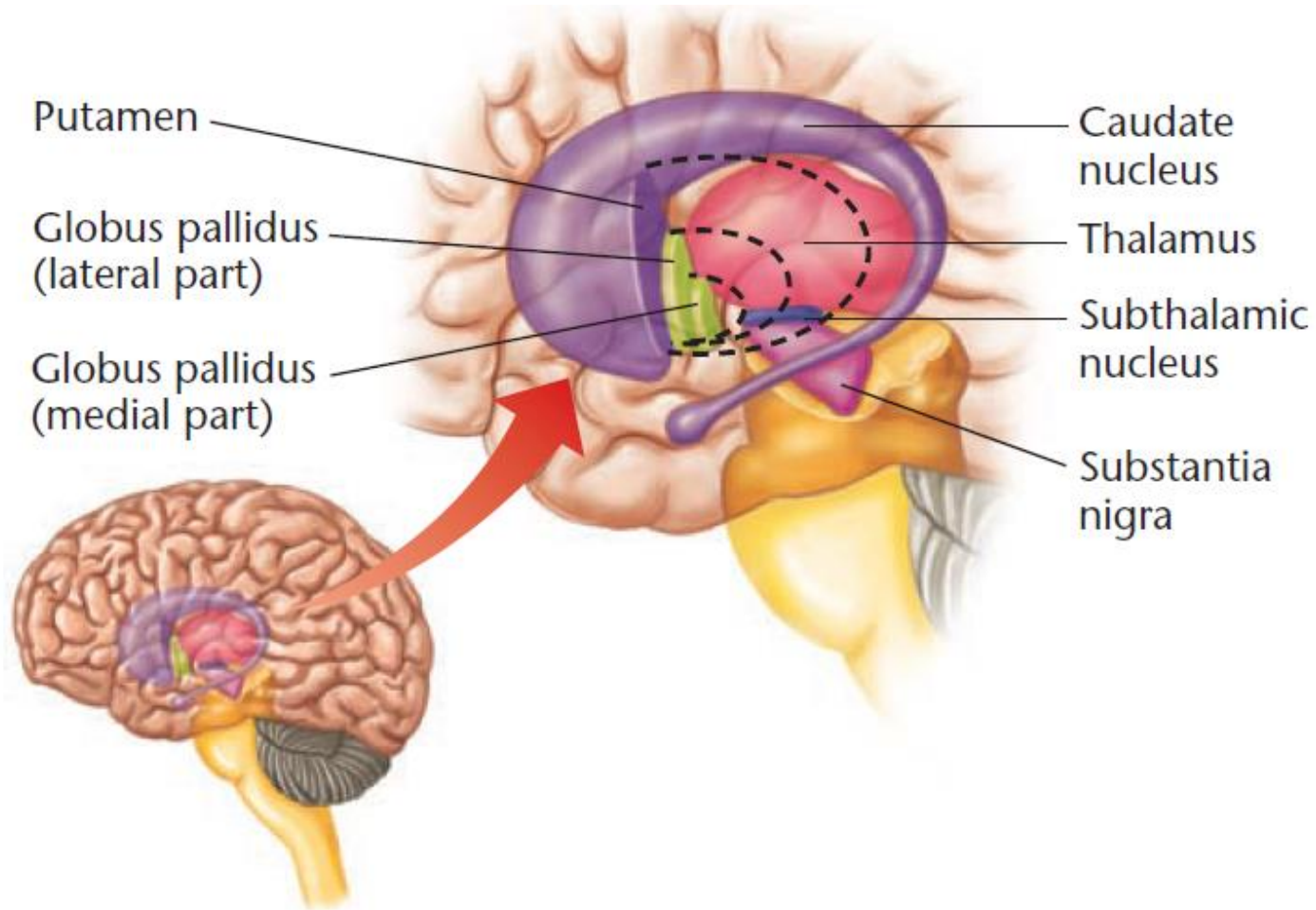
CENTROCYTIBELLUM

SPINDLECELLUM

CELLAR HEMISPHERES



I gangli della base



Sono un gruppo di 5 nuclei sottocorticali: il **nucleo caudato** ed il **putamen** (insieme formano lo **striato**), il **globo pallido**, **nucleo subtalamico** e **substantia nigra**.

→ L'**input** arriva principalmente in corrispondenza del **striato** da parte della **corteccia** e della **substantia nigra**.

→ L'**output** coinvolge il segmento interno del **globo pallido** e parte della **substantia nigra** per ritornare indietro in direzione della **corteccia**.

Le rimanenti regioni lavorano per **modulare** l'attività di queste strutture.

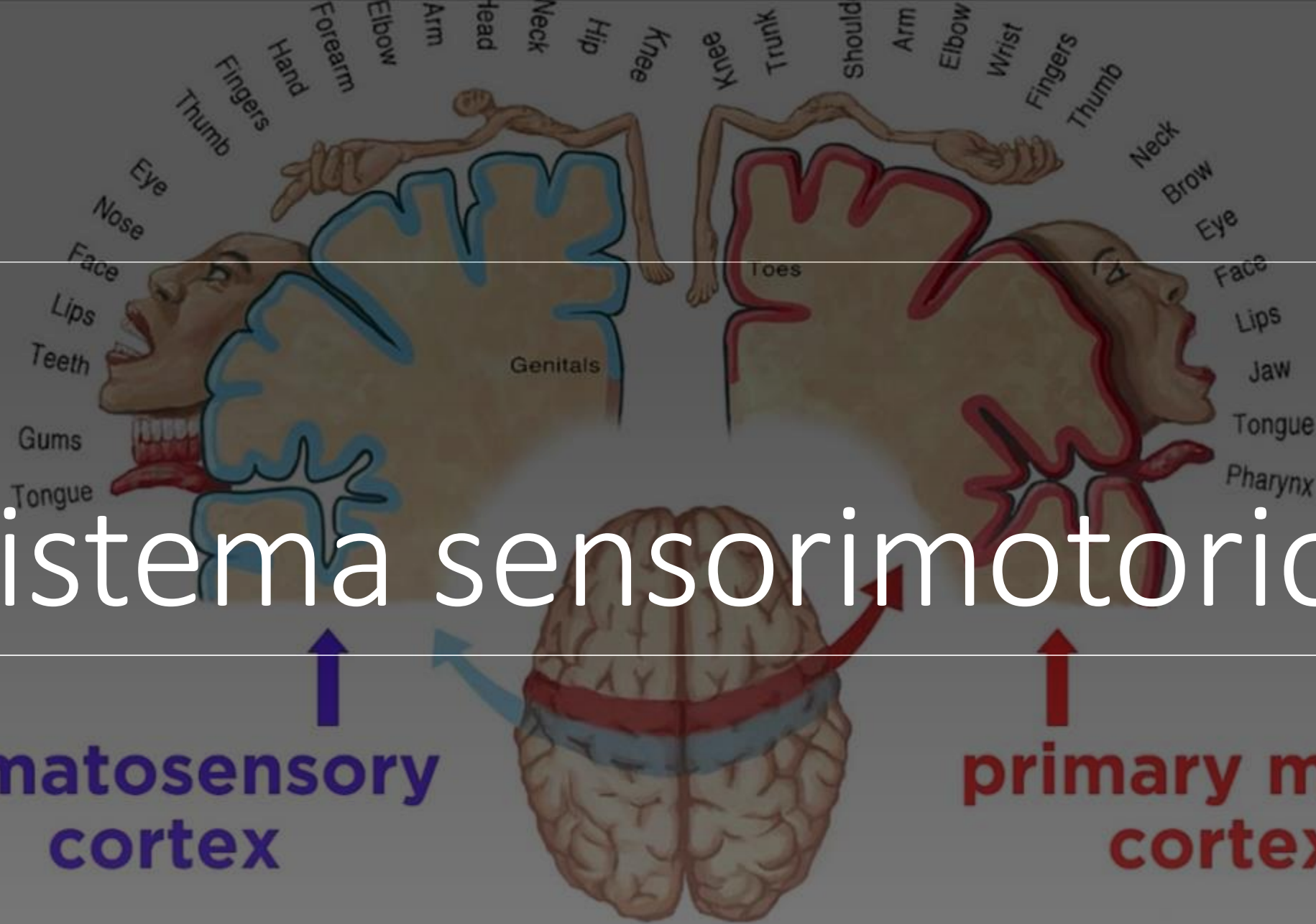
CEREBRAL C

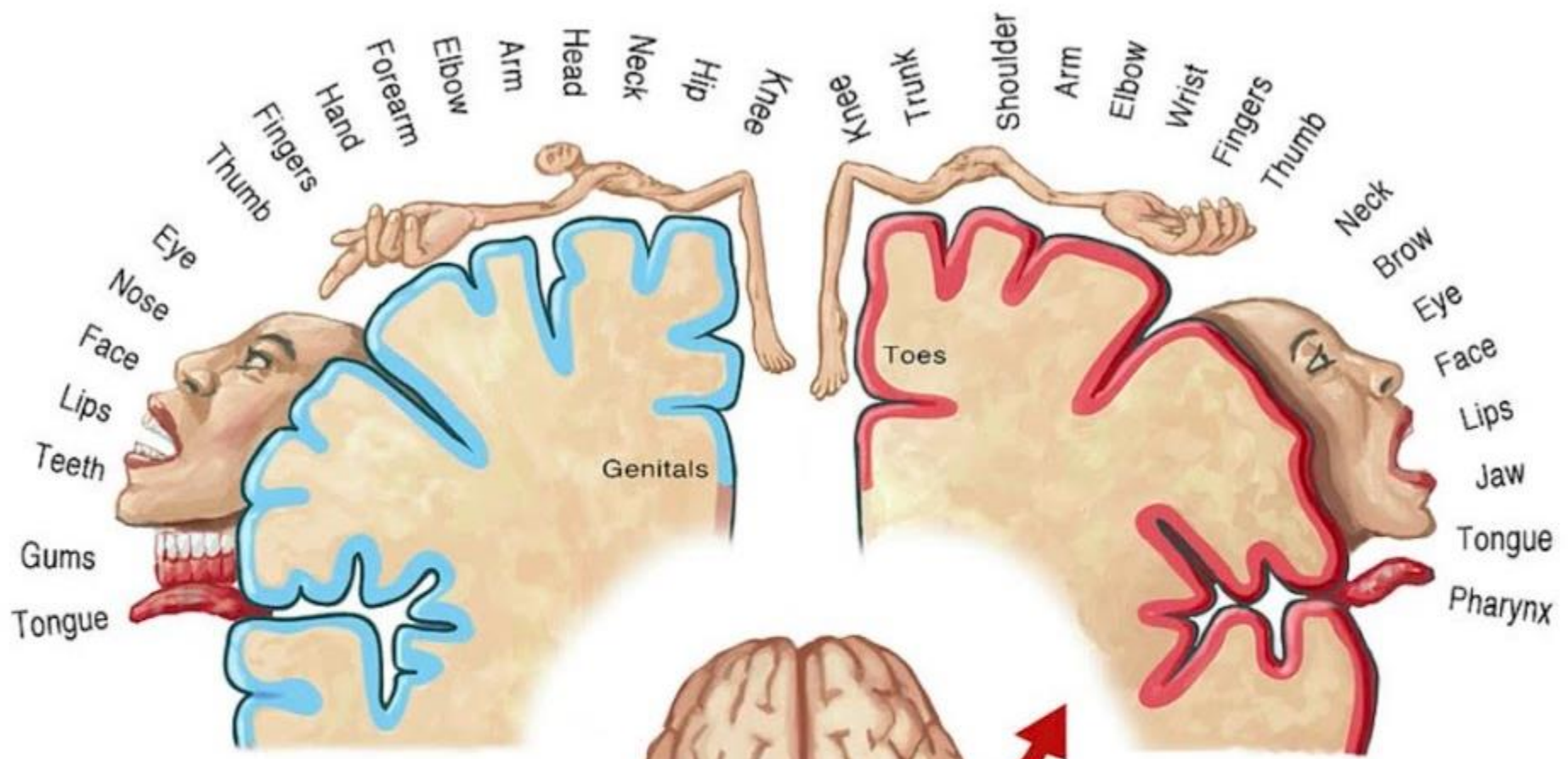


Sistema sensorimotorio

**somatosensory
cortex**

**primary motor
cortex**

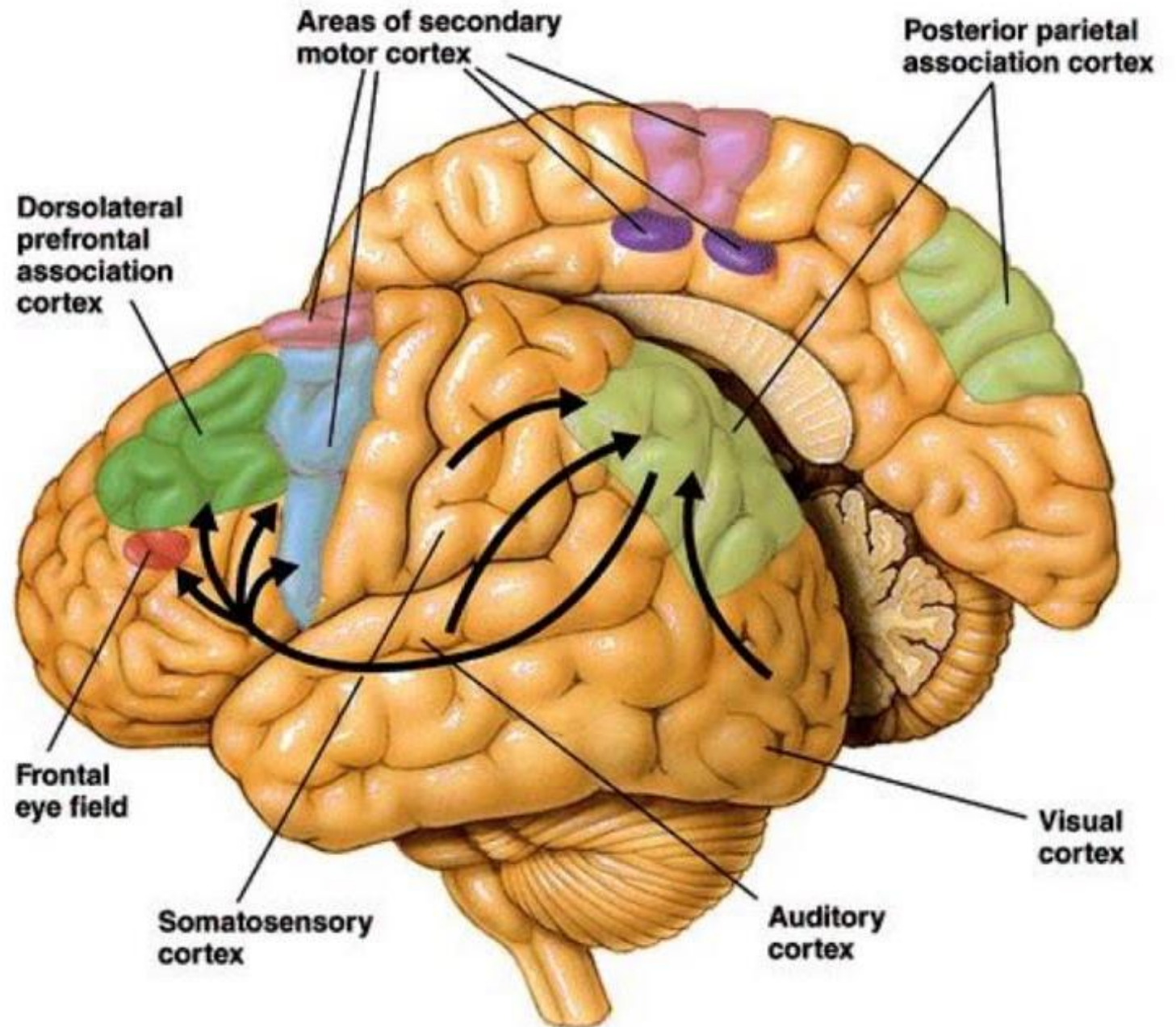


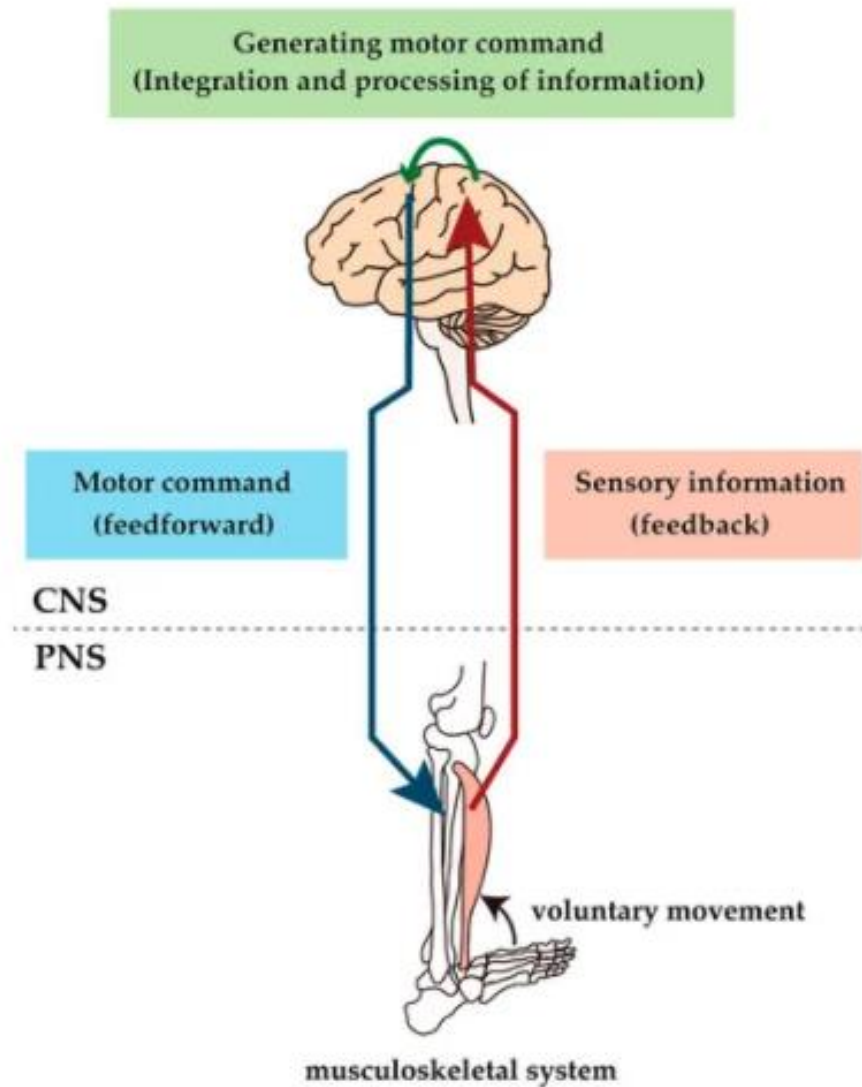


somatosensory cortex

primary motor cortex

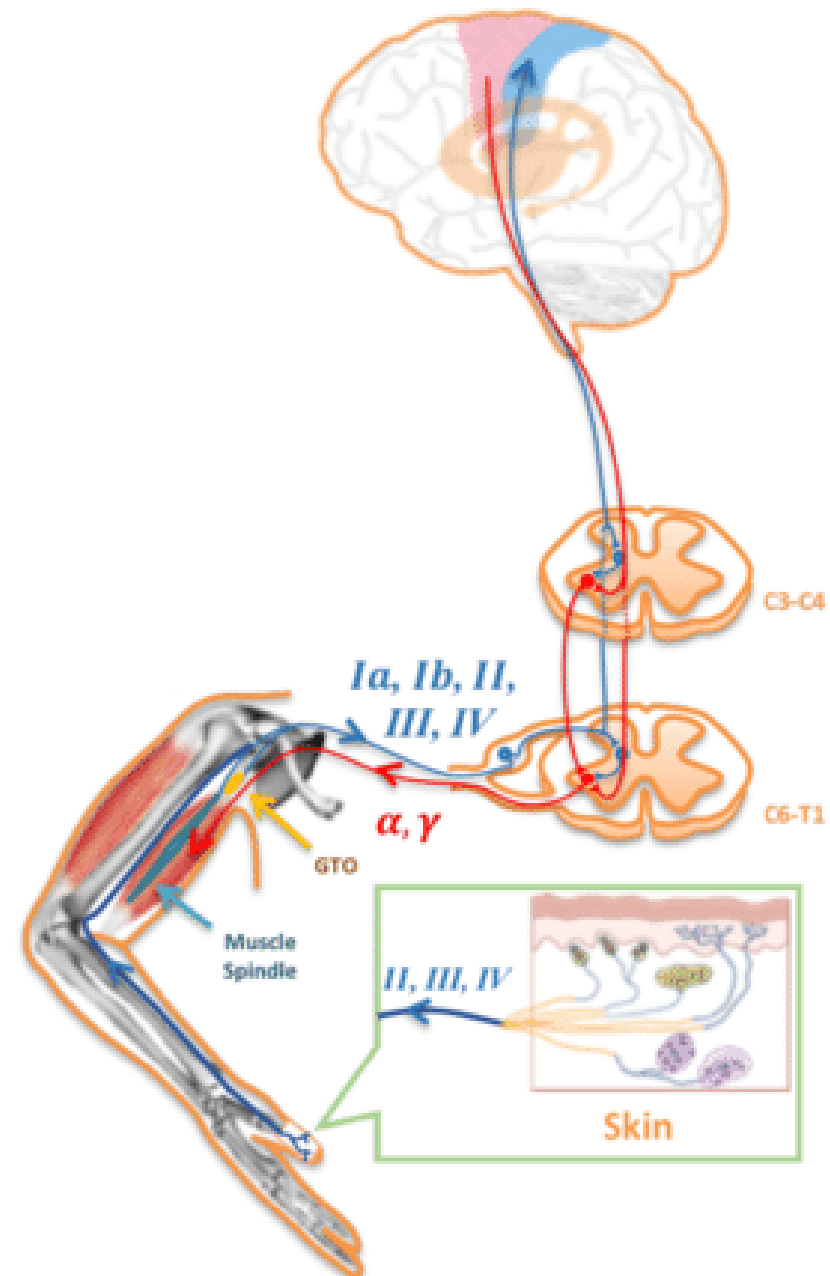
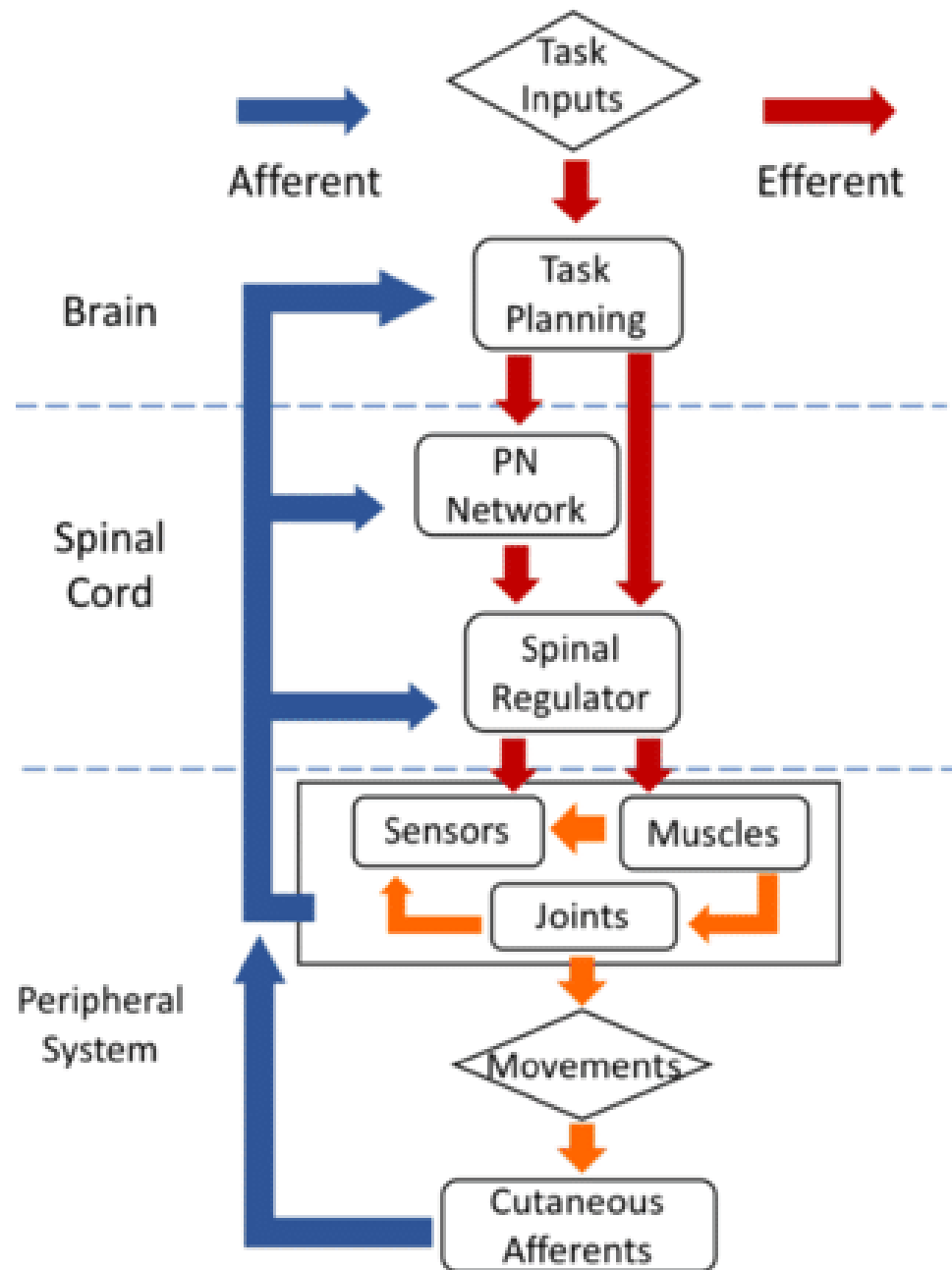
Area Associative Sensorimotorie





Contorollo sensorimotorio

1. Info dall' ambiente esterno ed interno
→ **feedback control**
2. Info generate internamente dal controllo motorio
→ **feedforward control**





Disturbi del movimento





Morbo di Parkinson

La **malattia di Parkinson (PD)** è una delle malattie neurodegenerative più comuni insieme alla malattia di Alzheimer, colpisce circa l'1% degli adulti di età superiore ai 60 anni ed è caratterizzata da **sintomi prodromici motori**, tra cui **bradicinesia**, **tremore a riposo** e **rigidità**.

È ben noto che il PD è caratterizzato da **morte neuronale** principalmente nella **substantia nigra** che comporta la **perdita di dopamina** e la conseguente riduzione dei livelli di dopamina **causando disfunzioni dei gangli della base e dei circuiti talamocorticali**.

La perdita di dopamina determina **sintomi motori** (**apatia**, perdita espressività facciale, disturbi conitivi e del sonno) e **non motori**.





Malattia (o còrea) di Huntington

La **Malattia di Huntington (HD)** è una malattia neurodegenerativa ereditaria che colpisce il SNC.

La neurodegenerazione inizia dall'**atrofia dello striato**, coinvolgendo il **nucleo caudato** e il **putamen**, fino all'atrofia di regioni cerebrali diffuse che causano sintomi motori, cognitivi e neuropsichiatrici.

La caratteristica dei pazienti è il **disturbo del movimento ipercinetico**, caratterizzato da contrazioni involontarie irregolari, inoltre il processo neurodegenerativo porta ad altri **deficit nelle funzioni esecutive**, nella **memoria**, nell'**elaborazione delle emozioni** e nella **cognizione sociale**.

I pazienti con MH mostrano anche **apatia**, **irritabilità** e **depressione**.



Lesione aree motorie secondarie

Aree motorie secondarie → l'area premotoria e l'area supplementare motoria (SMA).

Una **lesione** di queste regioni non causa emiplegia e/o paralisi ma interferisce con l'esecuzione di azioni intenzionali e/o da eseguire in risposta a un comando esterno (es., le **aprassie**).

Aprassia ideativa: deficit nell'uso di oggetti comuni o gesti d'uso quotidiano.

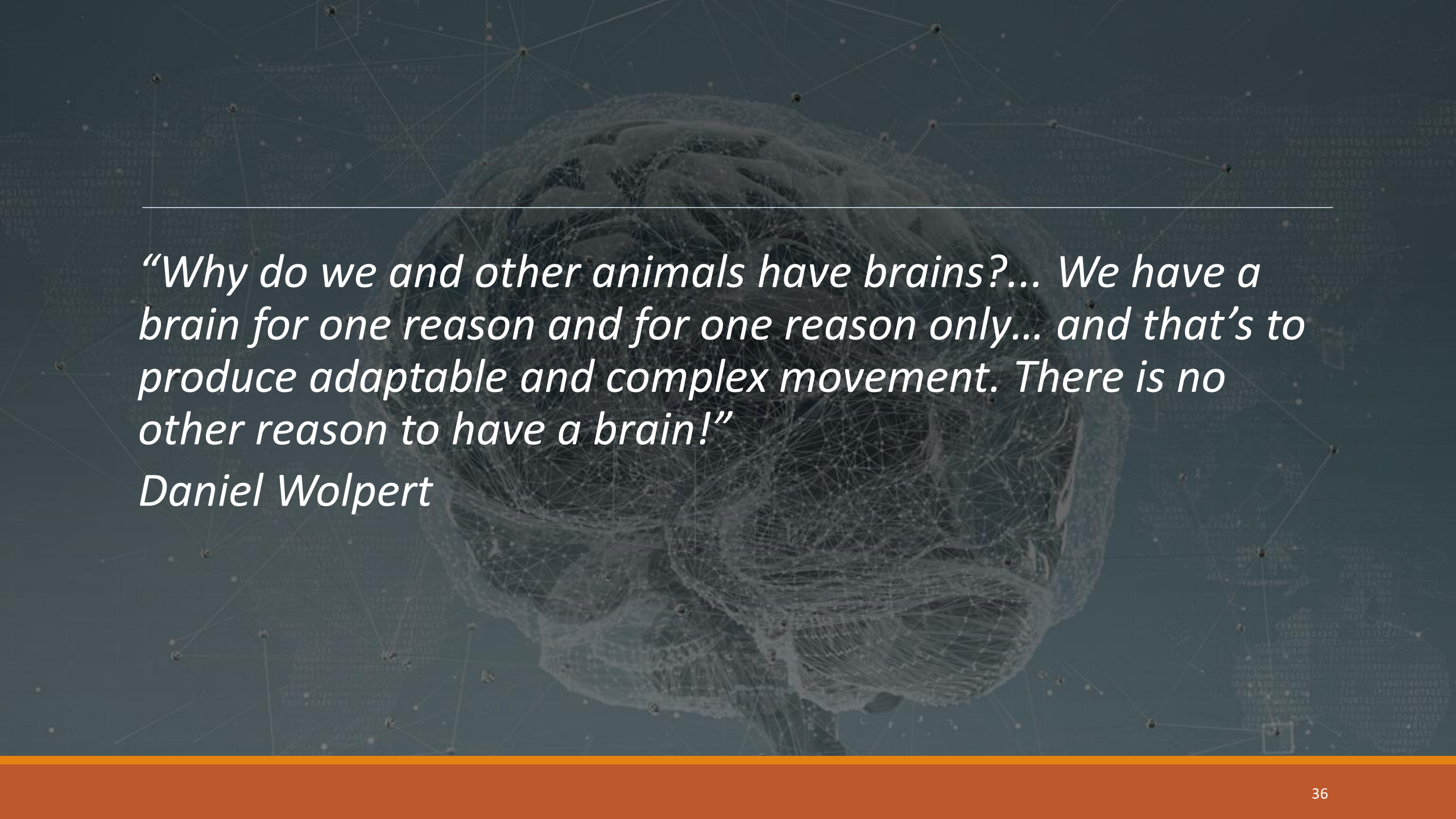
Aprassia ideomotora: deficit di imitazione dei gesti.



L' aprassia ideativa (deficit nell'uso di oggetti comuni)



L' aprassia ideomotoria (deficit d'imitazione dei gesti)



“Why do we and other animals have brains?... We have a brain for one reason and for one reason only... and that’s to produce adaptable and complex movement. There is no other reason to have a brain!”

Daniel Wolpert



