



# Controllo Motorio SNC

*seconda*

**FGE aa.2015-16**



# OBIETTIVI

- Correlati anatomo funzionali del cervelletto: lobi cerebellari localizzazione topografica delle funzioni cerebellari
- Nuclei profondi del cervelletto; afferenze e efferenze nucleari
- Principi generali di funzionamento dei circuiti cerebellari
- Corteccia cerebellare, cellule del Purkinje, fibre rampicanti e muscoidi
- I gangli della base

# IL SNC NEL SISTEMA MOTORIO

- **Strutture sottocorticali**

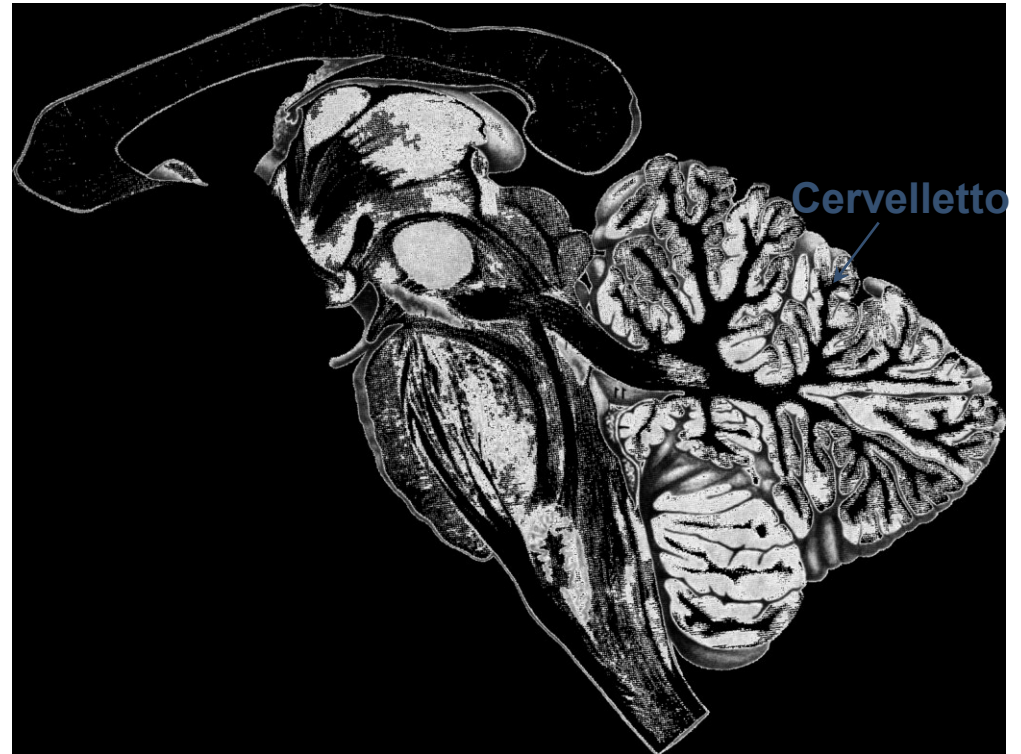
1. Cerebelletto (Cer)

2. Gangli della base (GB)

- Entrambi sono coinvolti nella coordinazione dei **movimenti (complessi, GB)** o di quelli che necessitano un continuo controllo tramite **feedback sensoriale (Cer)**

# CERVELLETO

- CORTECCIA CEREBELLARE
  - LOBO FLOCCULO-NODULARE
  - VERME
  - EMISFERI
- NUCLEI PROFONDI
  - DEL FASTIGIO (MEDIALE)
  - INTERPOSITO
  - DENTATO (LATERALE)



# IL CERVELLETTO (CER)

1. Lobo anteriore
2. Lobo posteriore
3. Lobo flocculonodulare

- **Funzioni del cervelletto**

- Sono associate con localizzazioni anatomiche

1. **Pianificazione avvio del movimento**

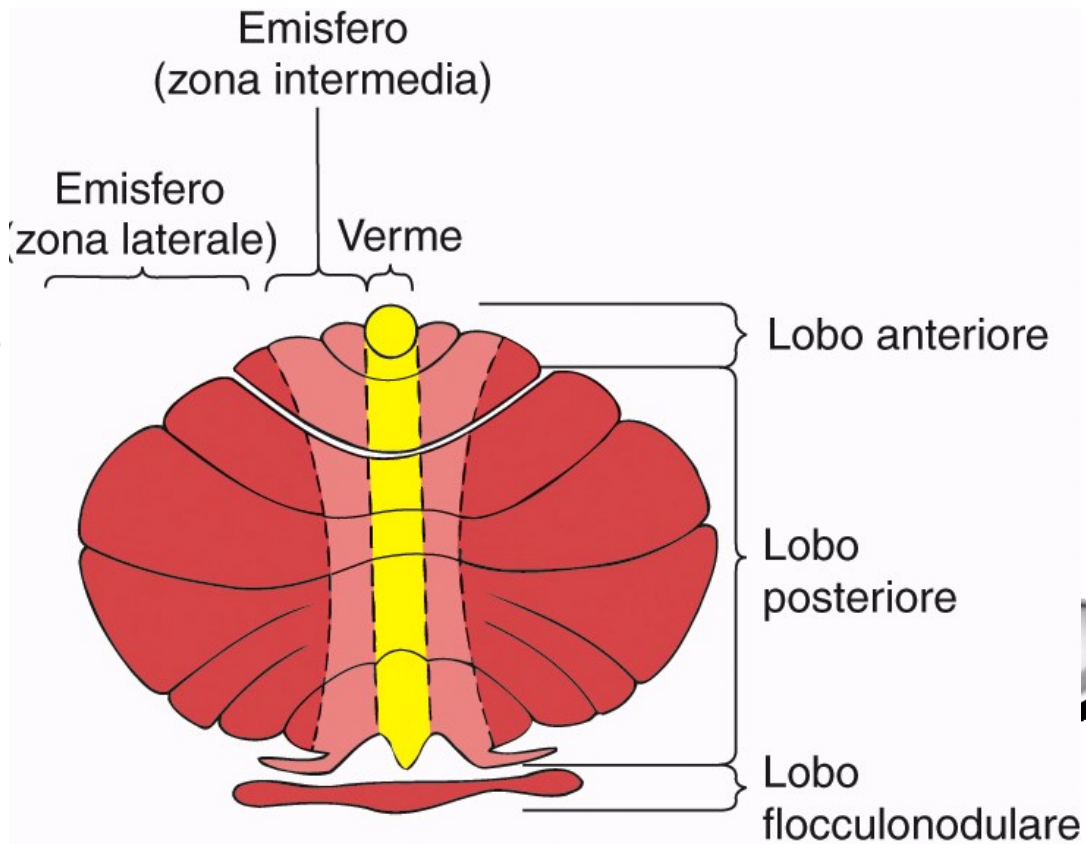
- Regione laterale lobi anteriore e posteriore

2. **Controllo equilibrio e postura**

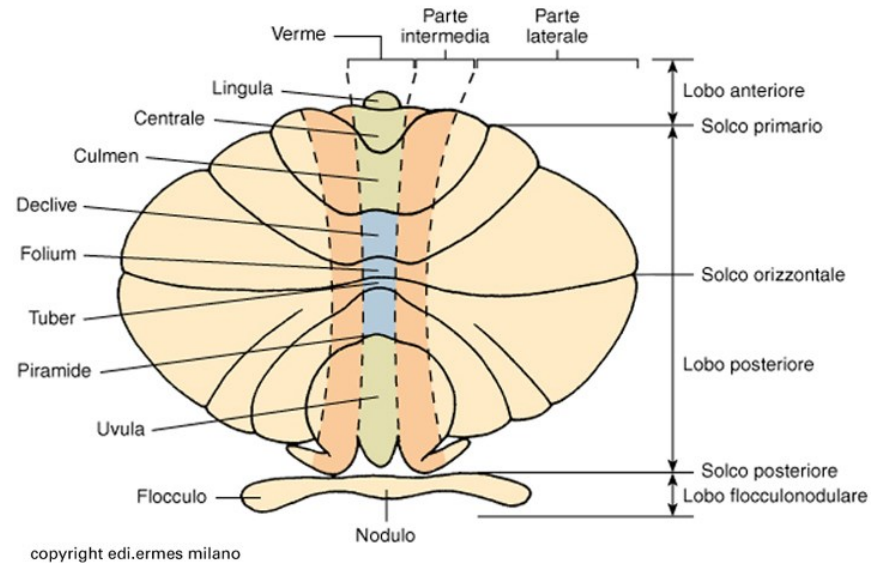
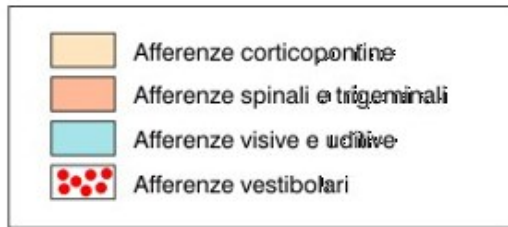
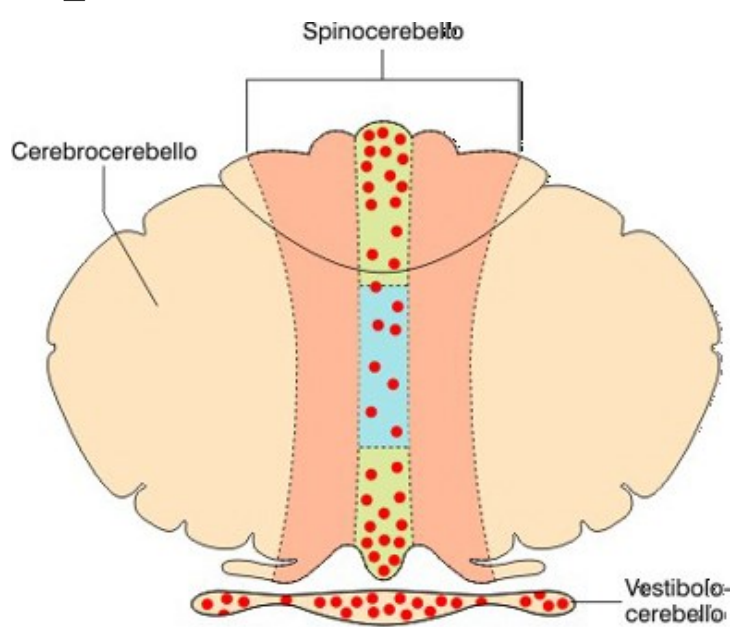
- Lobo flocculonodulare

3. **Controllo fluidità dei movimenti degli arti**

- Regioni centrale ed intermedia dei lobi anteriore e posteriore



# DIVISIONI DEL CERVELLETTO

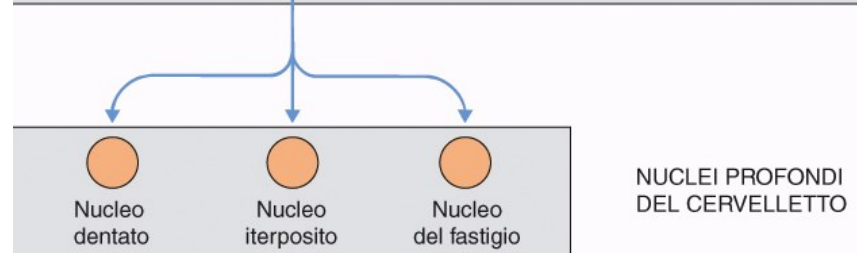
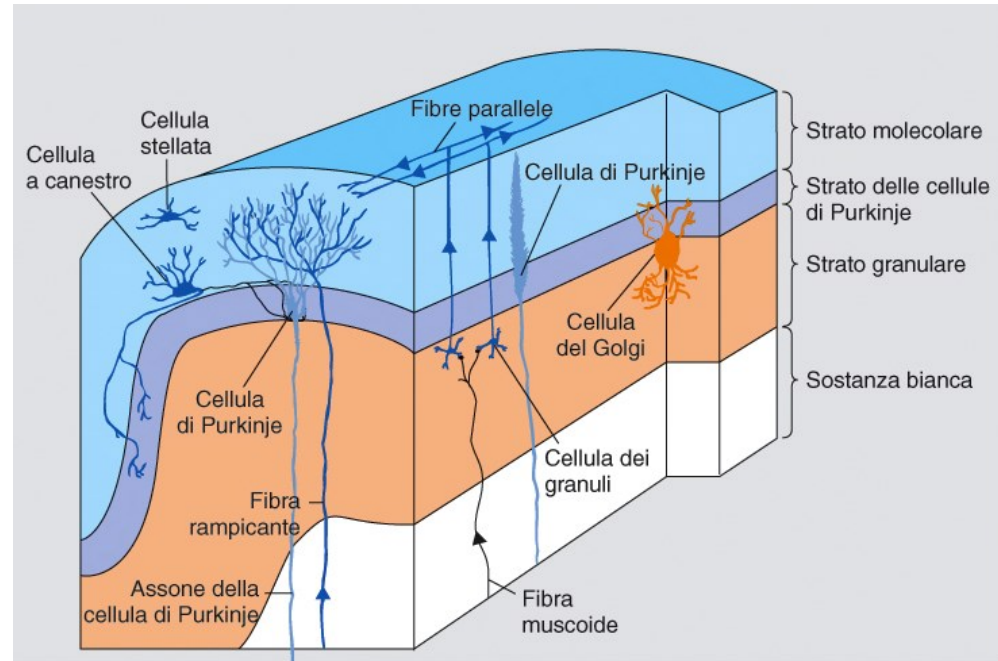


copyright edi.ermes milano

- **VESTIBOLO-CEREBELLO** (ARCHICEREBELLO) LOBO FLOCCULO-NODULARE
- **SPINO-CEREBELLO** (PALEOCEREBELLO) VERME E PARTE INTERMEDIA Programmazione e controllo dei movimenti volontari
- **CORTICO-CEREBELLO** (NEOCEREBELLO) EMISFERI

# NUCLEI CEREBELLARI E C. DEL PURKINJE

- **Cellule del Purkinje**
  - Disposte in un singolo strato
  - Gli assoni formano connessioni con i nuclei profondi
  - Sinapsi GABA-ergiche *inibitorie*
- I nuclei sono *l'uscita* del cervelletto
  1. **Nucleo dentato**
  2. **Nucleo interposito**
  3. **Nucleo del fastigio**



# AFFERENZE ED EFFERENZE DEI NUCLEI CEREBELLARI

## 1. Nucleo dentato

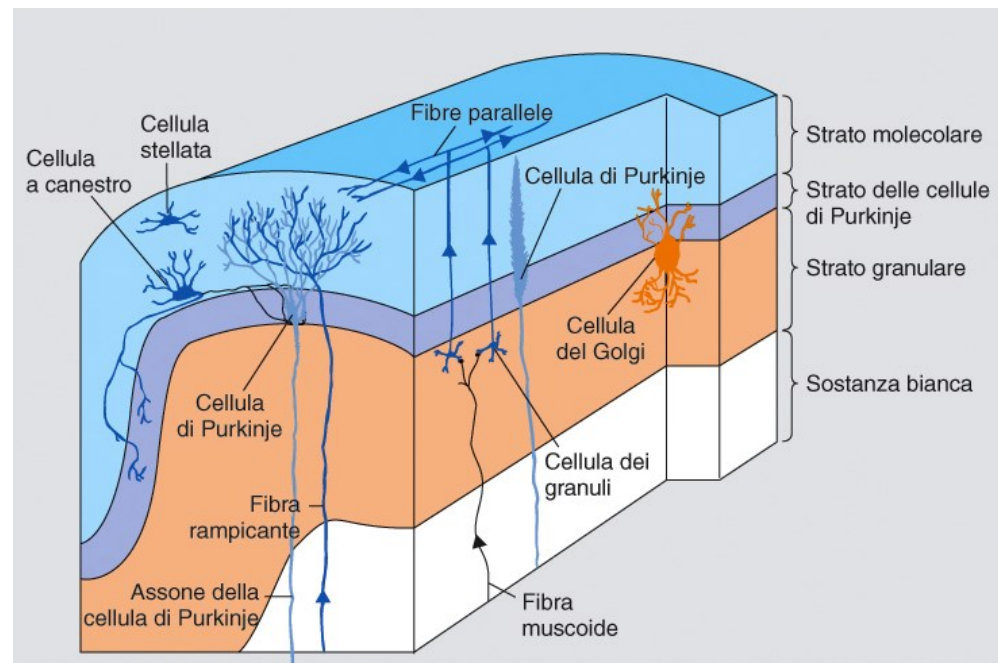
- *Assoni da regione laterale lobi anteriore e posteriore*
- *Efferenze al talamo e dal talamo alla CM e C Premotoria*
- *Pianificazione ed avvio del movimento*

## 2. Nucleo interposito

- *Assoni da regioni centrale ed intermedia dei lobi anteriore e posteriore*
- *Efferenze al talamo e al nucleo rosso che controlla la muscolatura distale degli arti*
- *Controllo movimento degli arti*

## 3. Nucleo del fastigio

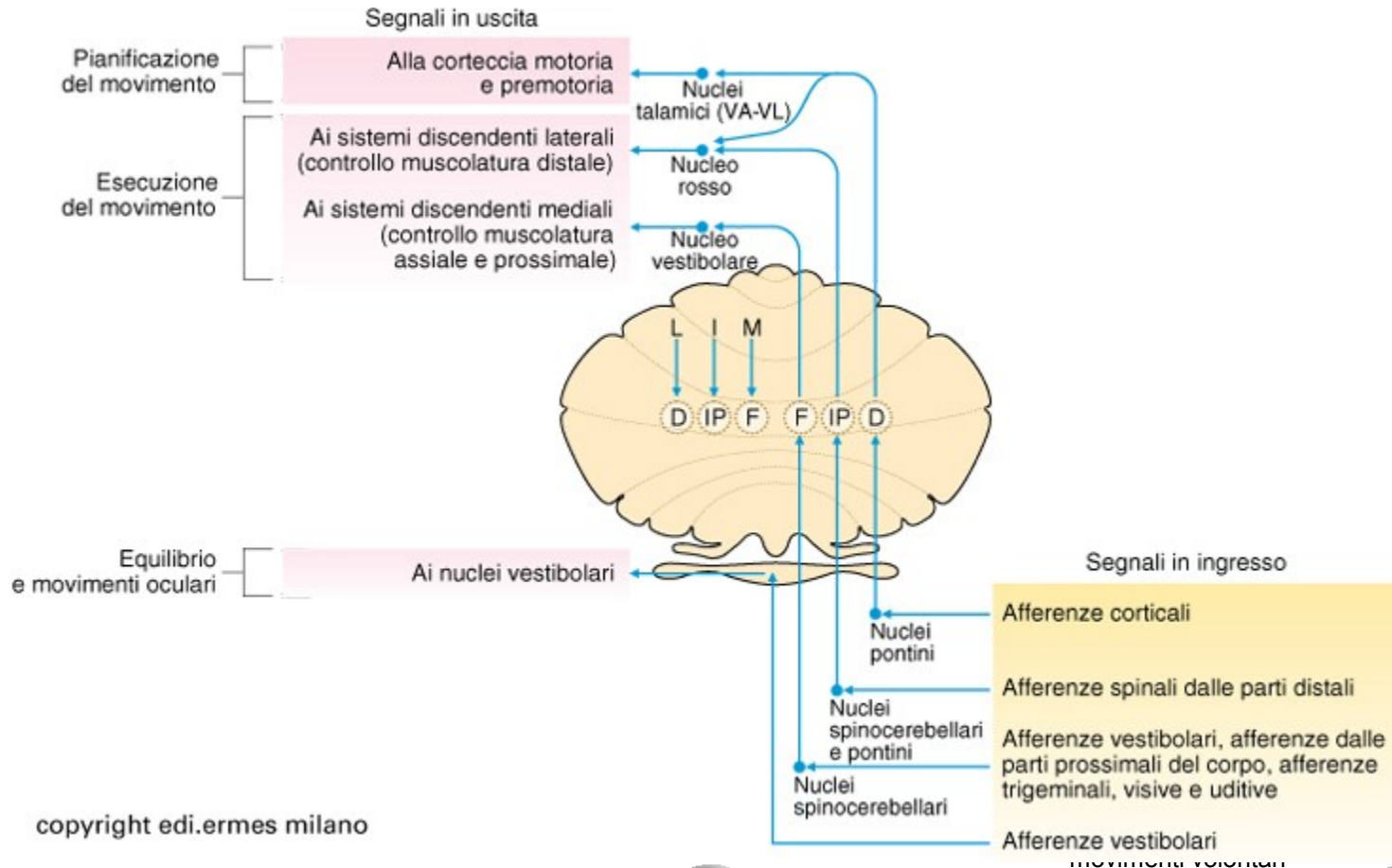
- *Assoni da lobo flocculonodulare*
- *Efferenze al nucleo vestibolare*
- *Mantenimento equilibrio e postura*



NUCLEI PROFONDI  
DEL CERVELLETTO



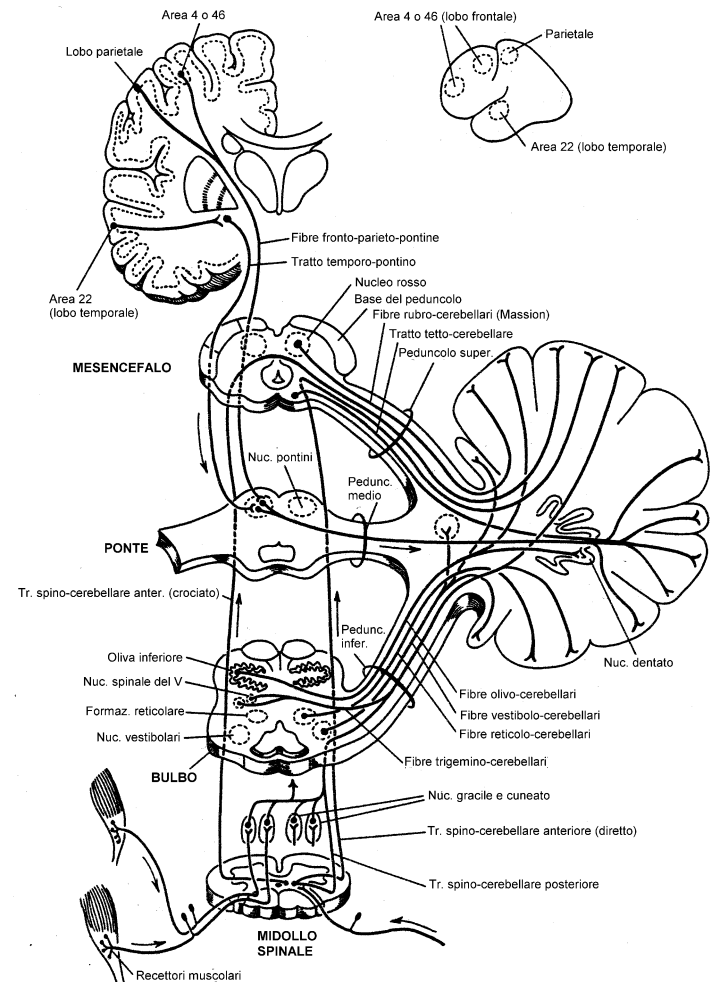
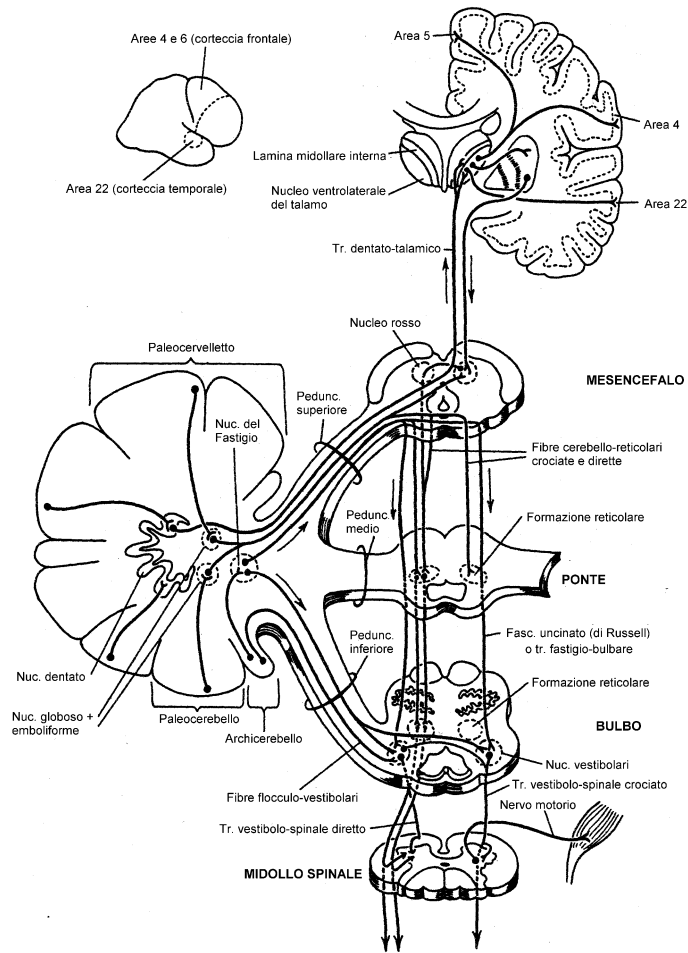
# FUNZIONI SPECIFICHE DEL CERVELLETTO



# CONNESSIONI DEL CERVELLETTO

## EFFERENZE CEREBELLARI

## AFFERENZE CEREBELLARI



# FUNZIONAMENTO DEL CERVELLETTO

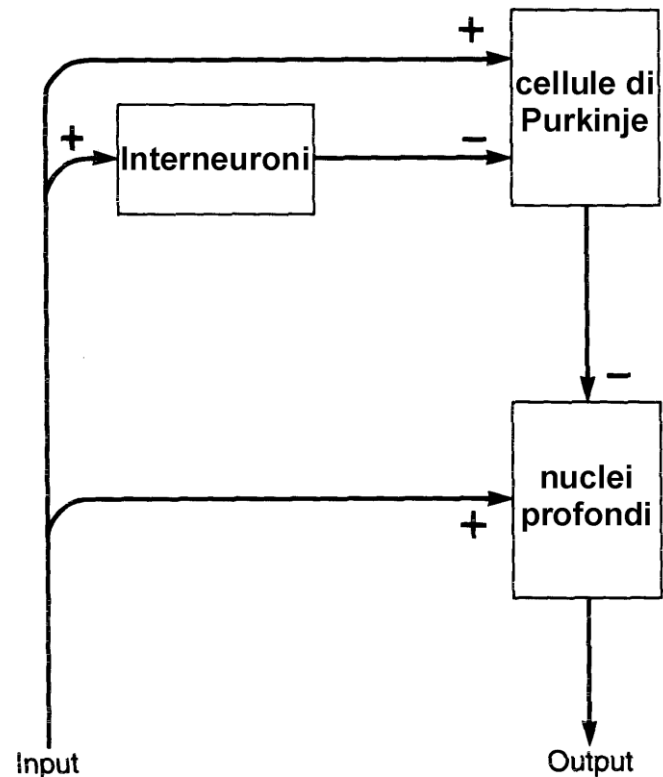
- **SEGNALI IN ENTRATA** (AI N. PROFONDI E ALLA CORTECCIA)

- PROGRAMMA MOTORIO (DALLA CORTECCIA CEREBRALE)
- QUADRO SENSORIALE (DAI PROPRIOCETTORI ED ESTEROCETTORI)

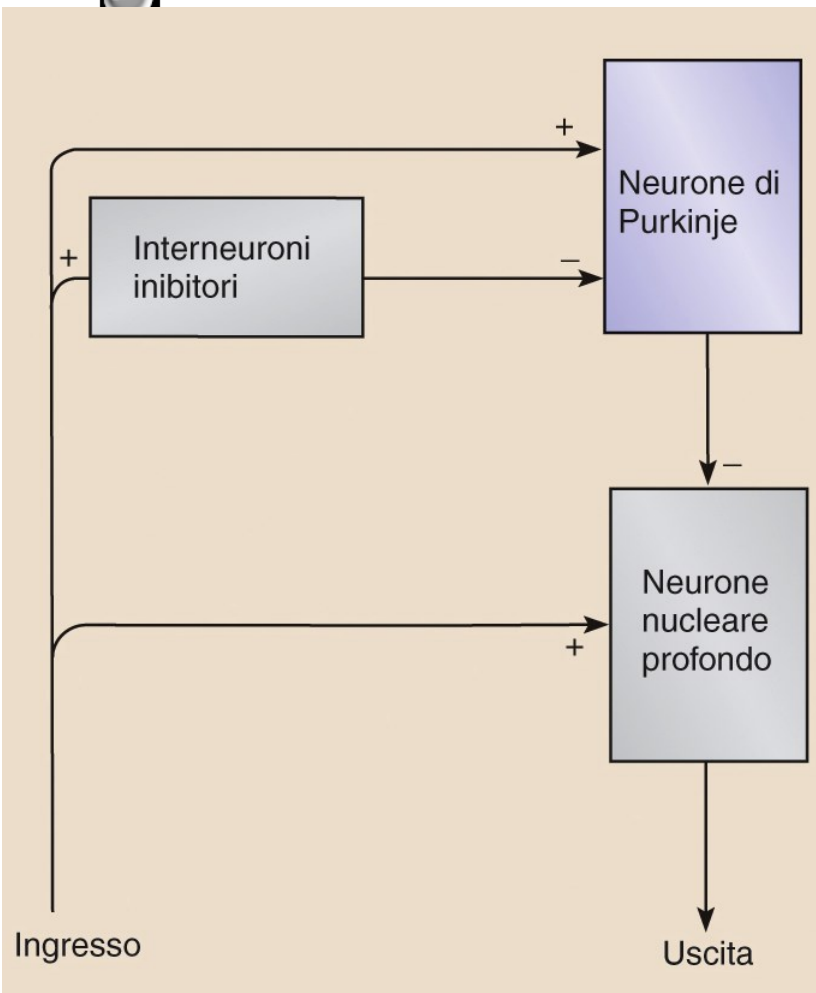
- **SEGNALI IN USCITA** (SOLO DAI N. PROFONDI)

NEI N. PROFONDI IL SEGNALE DELLE CELLULE DI PURKINJE VIENE "SOTTRATTO" DAL COMANDO MOTORIO ORIGINALE; NE RISULTANO COMANDI MOTORI COLLATERALI CHE RAFFORZANO O INIBISCONO L'ESECUZIONE DEL MOVIMENTO

## Circuito cerebellare semplificato

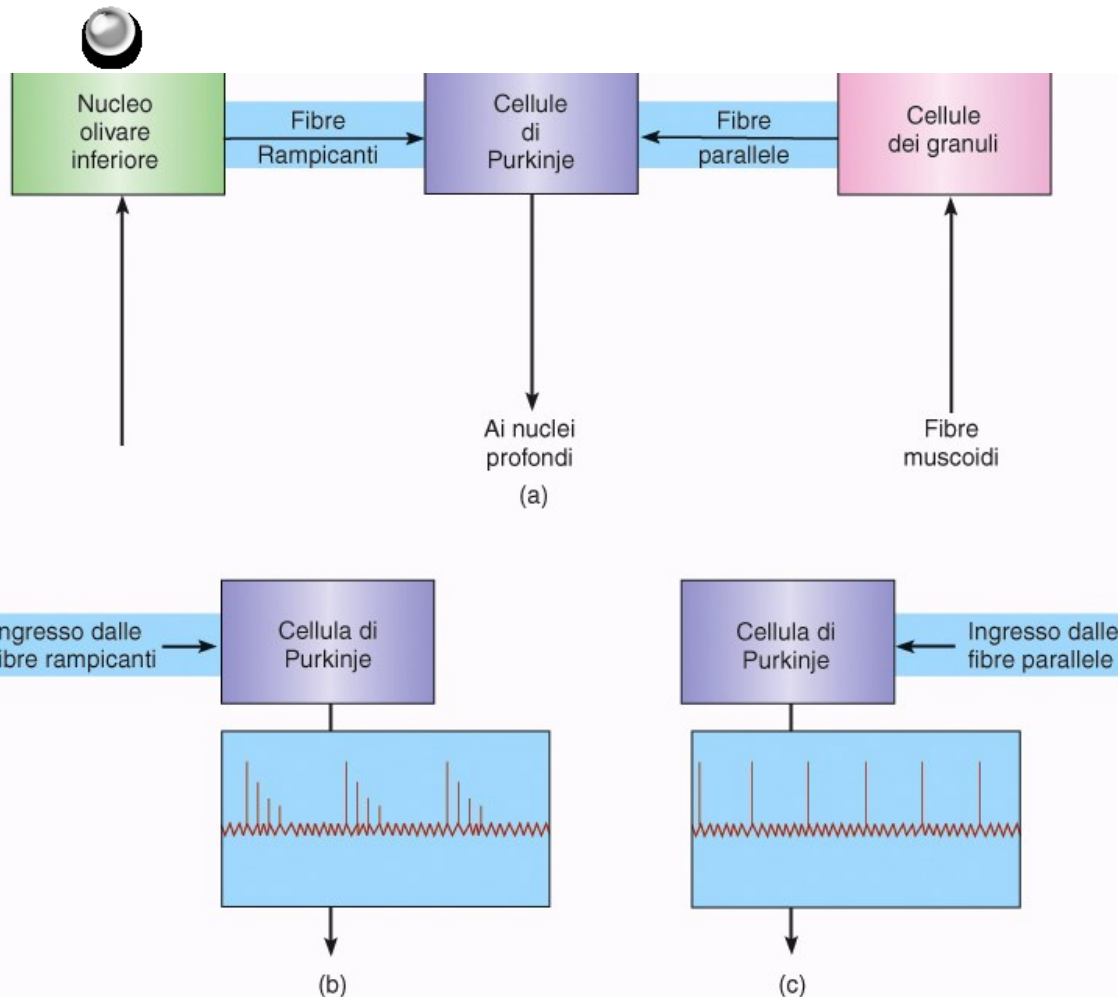


# PRINCIPI GENERALI DI FUNZIONAMENTO CEREBELLARE



- Le informazioni in ingresso sono trasmesse **simultaneamente** ai nuclei profondi, a interneuroni e alle cellule del Purkinje
- Le c. del Purkinje hanno **azione inibitoria** sui nuclei profondi
- I segnali in uscita dai nuclei sono modulati dall'azione inibitoria delle cellule del Purkinje in funzione della *comparazione tra movimento pianificato e reale*
- I nuclei trasmettono quindi le informazioni necessarie per *correggere le deviazioni* del movimento pianificato

# NEUROFISIOLOGIA DELLE CELLULE DEL PURKINJE



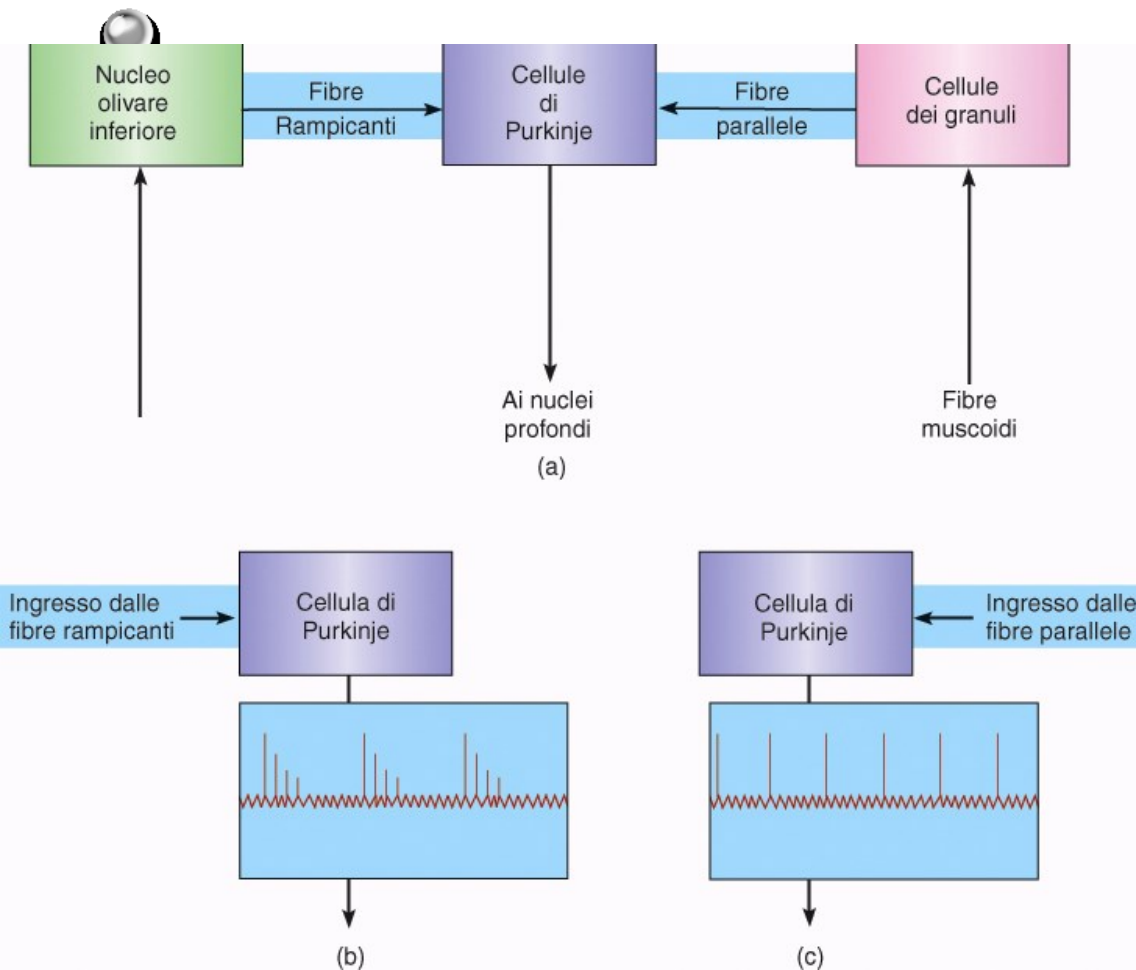
## 1. Fibre rampicanti

- Da *nucleo olivare inferiore (NOI)*
- Un'*unica fibra* rampicante per ogni singola cellula del Purkinje
- Generazione di *complesse* sequenze di PA

## 2. Fibre parallele

- Da *cellule dei granuli*
- *Ciascuna* cellula del Purkinje riceve informazioni da *numerose* cellule dei granuli
- Generazione di *semplici* sequenze di PA

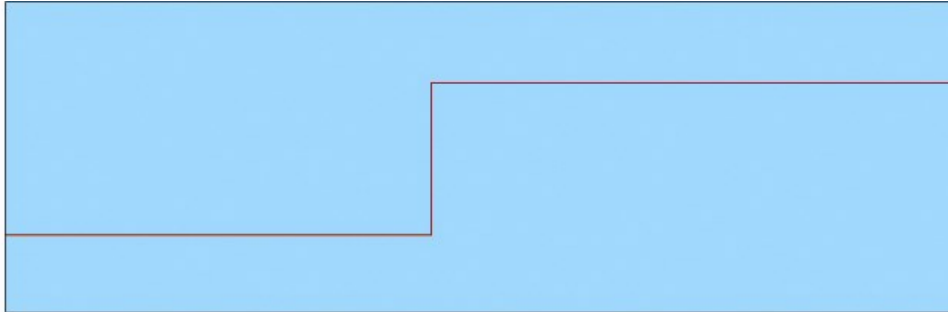
# NEUROFISIOLOGIA DELLE CELLULE DEL PURKINJE



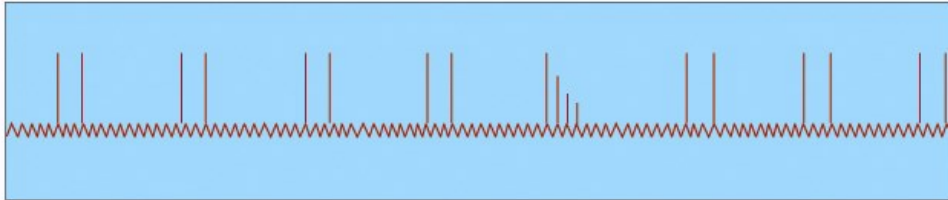
- NOI riceve informazioni da:
  - CMS e CPM, MS, Nucleo Rosso, Mesencefalo
- Alle cellule dei granuli giungono informazioni attraverso **le fibre muscoidi**
  - Le fibre muscoidi originano da neocorteccia e MS
- Gli stimoli sensoriali e i movimenti volontari esaltano l'attività delle fibre muscoidi, ma hanno scarso effetto sulle fibre rampicanti
- Si ritiene che le fibre rampicanti modulino la risposta delle cellule del Purkinje alle fibre muscoidi e, quindi, alle afferenze delle fibre parallele.

# CELLULE DEL PURKINJE E ADATTAMENTO

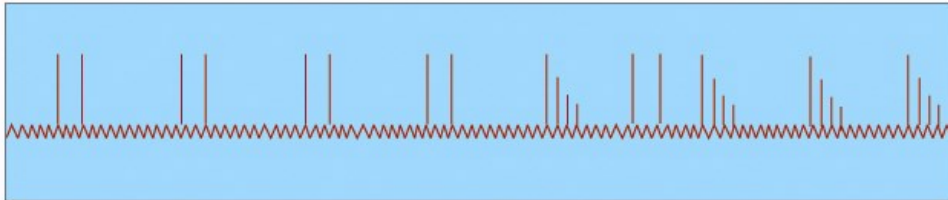
Movimento  
del polso



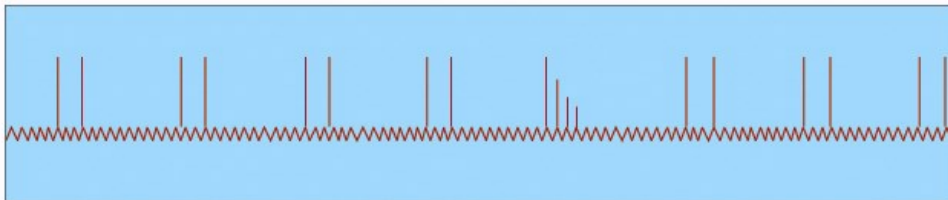
Risposta  
della  
cellula di  
Purkinje



Risposta  
della  
cellula di  
Purkinje  
all'aumento  
del peso

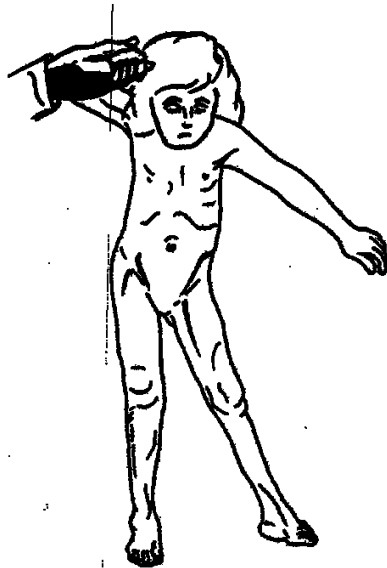


Adattamento  
della risposta  
della cellula  
di Purkinje  
all'aumento  
del peso



- All'aggiunta del peso, le c. del Purkinje iniziano a scaricare con sequenze complesse di PA e l'animale compensa con un output maggiore di forza
- Ciò è dovuto all'attivazione delle f. rampicanti
- Con l'adattamento, le sequenze complesse diminuiscono
- In aggiunta il cervelletto può codificare anche la direzione del movimento di raggiungimento
- Singole cellule sono attivate quando è compiuto un movimento in una particolare direzione (codice neurale di *vettori cellulari unidirezionali e vettori di popolazione*)

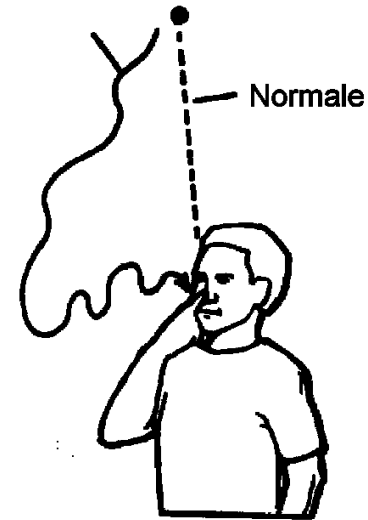
# PRINCIPALI DISFUNZIONI CEREBELLARI



ATASSIA



IPOTONIA



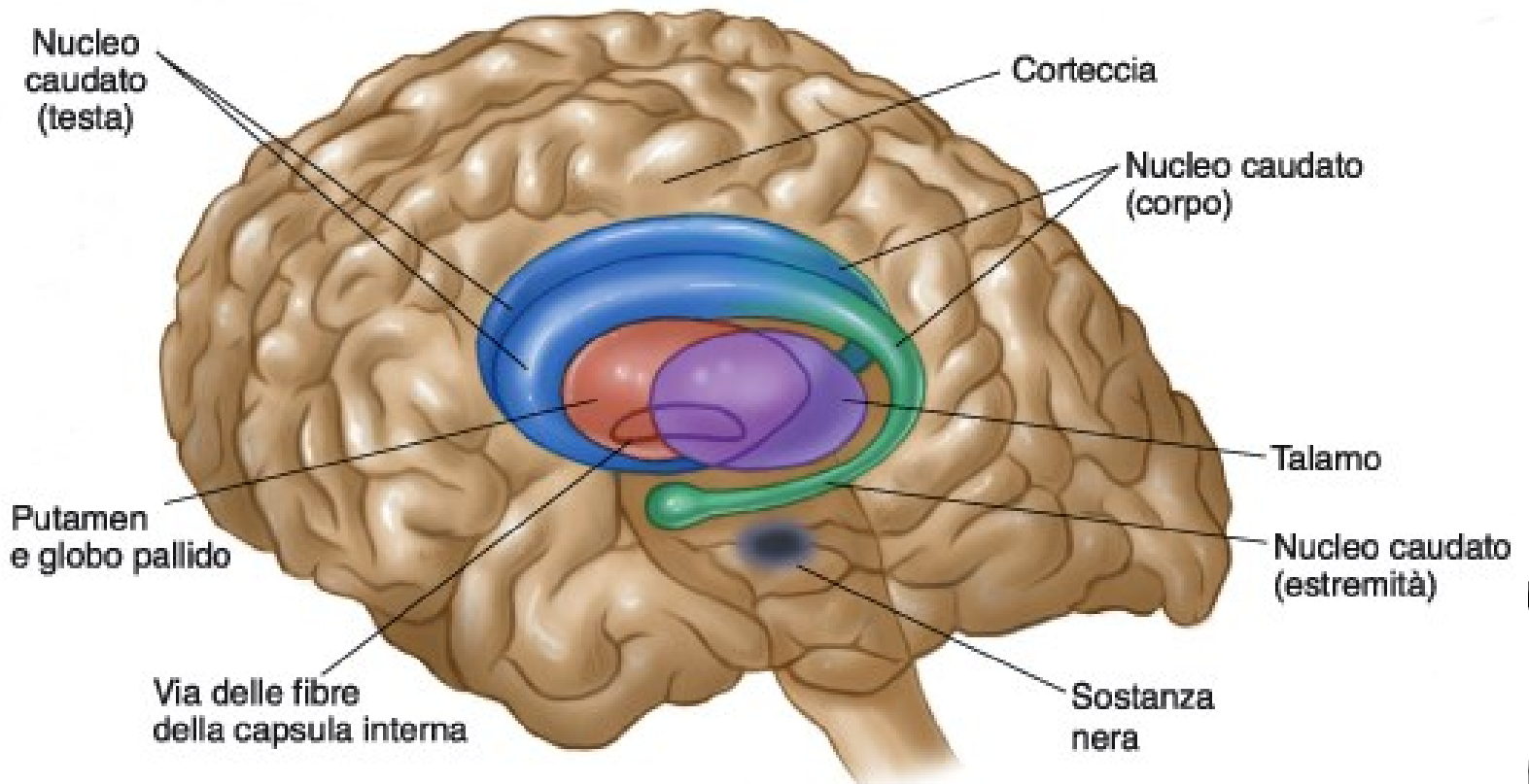
DISMETRIA

- ATASSIA: INCOORDINAMENTO DELLA DEAMBULAZIONE
- IPOTONIA: RIDUZIONE GENERALIZZATA DEL TONO MUSCOLARE
- DISMETRIA: ERRORI NELL'AMPIEZZA DEI MOVIMENTI



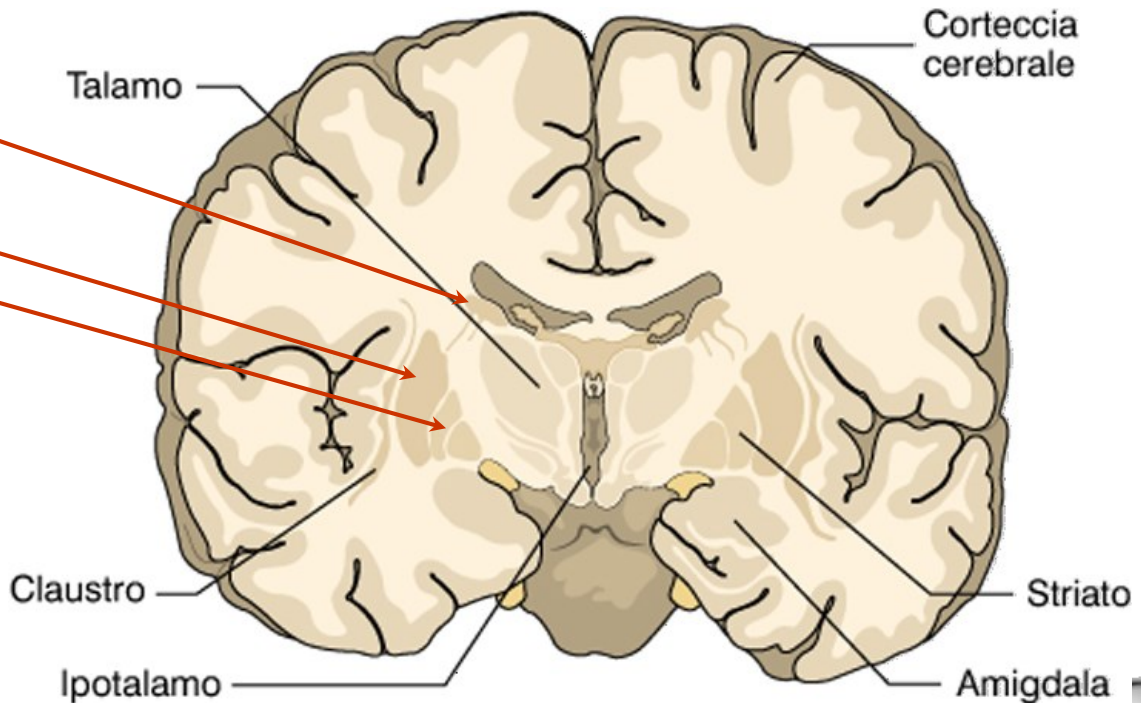
# I GANGLI DELLA BASE

- **Nucleo Caudato, putamen:** segnali in ingresso
- **Globo pallido:** segnali in uscita



# NUCLEI DELLA BASE

- NUCLEO CAUDATO
- PUTAMEN
- GLOBO PALLIDO
- SOSTANZA NERA
- NUCLEO SUBTALAMICO
- NUCLEO PEDUNCOLOPONTINO



# CONNESSIONI DEI NUCLEI DELLA BASE

- PRINCIPALI AFFERENZE

- DALLA CORTECCIA CEREBRALE
  - AREE SENSORIALI
  - AREE MOTORIE E PREMOTORIE
- DAL TALAMO

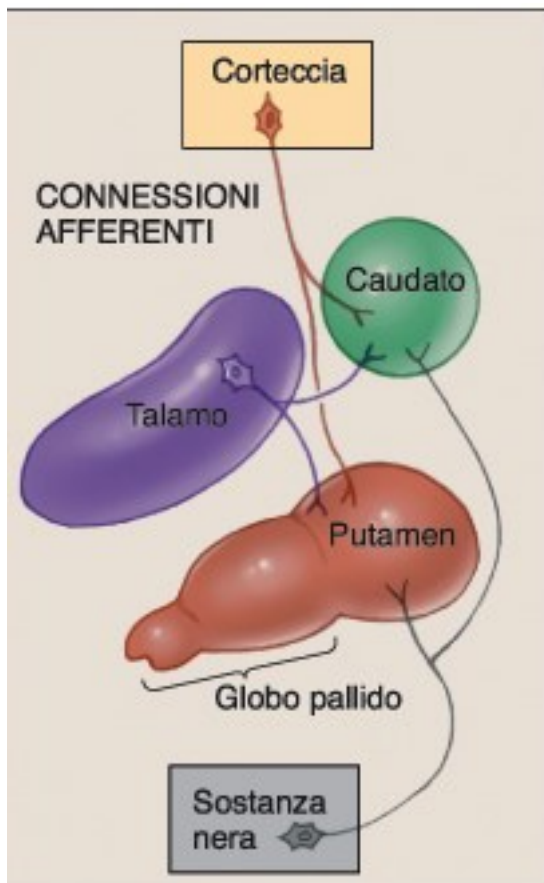
- PRINCIPALI EFFERENZE

- ALLA CORTECCIA CEREBRALE  
MOTORIA E PREMOTORIA
- AL TALAMO
- ALLA FORMAZIONE RETICOLARE



# I GANGLI DELLA BASE

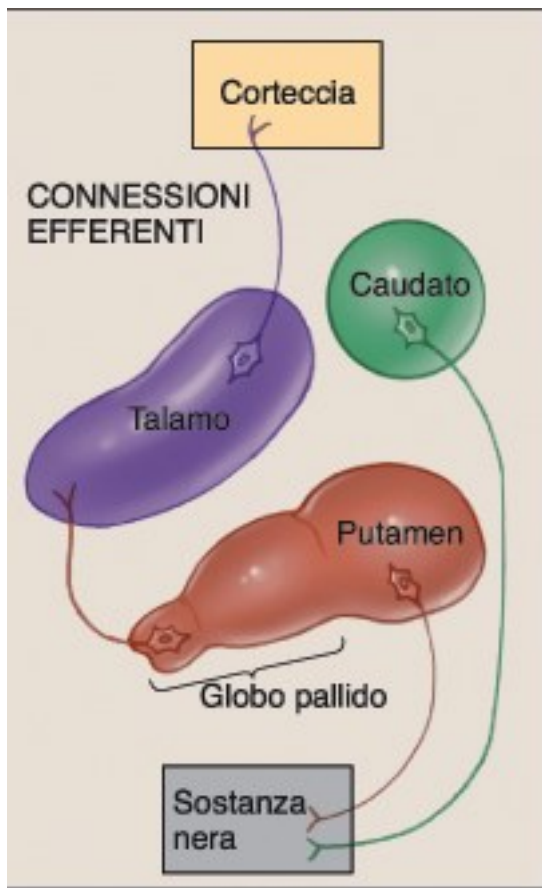
## Le connessioni afferenti



- Da **neocorteccia**, talamo e **sostanza nera** del TE
- Le fibre provenienti dalla sostanza nera terminano nei gangli rilasciando dopamina come neurotrasmettitore. La loro degenerazione è la causa del *morbo di Parkinson*

# I GANGLI DELLA BASE

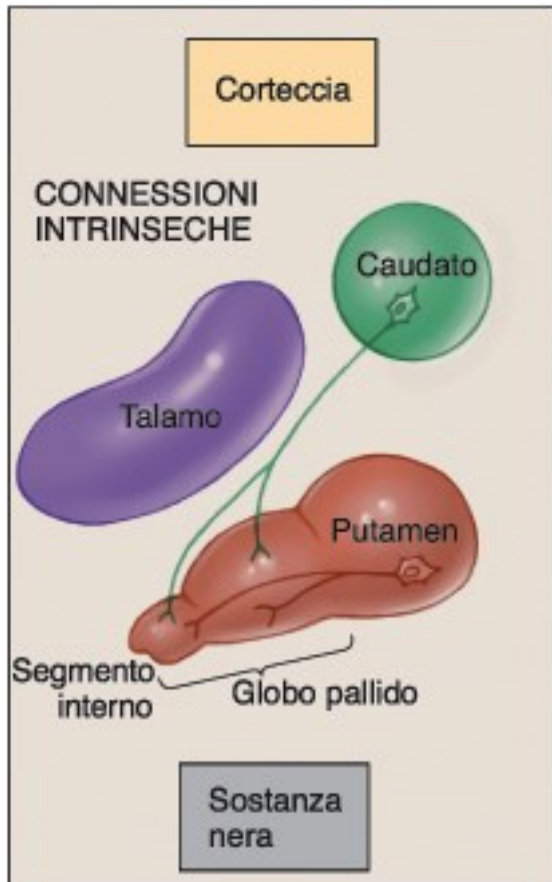
## Le connessioni efferenti



- Attraverso il talamo **alla corteccia prefrontale e premotoria**
- Alla **sostanza nera**
- Attraverso le vie efferenti alla corteccia, i gangli della base possono **modulare le componenti discendenti del sistema motorio**

# I GANGLI DELLA BASE

## Le connessioni intrinseche



# FUNZIONI DEI NUCLEI DELLA BASE

- STIMOLAZIONE DEL N. CAUDATO
  - RALLENTAMENTO O SOPPRESSIONE DEI MOVIMENTI VOLONTARI
- STIMOLAZIONE DEL GLOBO PALLIDO
  - MOVIMENTI DI ROTAZIONE DEL CORPO (NELLA DIREZIONE OPPOSTA)
  - MODIFICAZIONI POSTURALI
- LESIONI DELLO STRIATO
  - DISTURBI DEI MOVIMENTI COMPLESSI
- LESIONI DEL N. SUBTALAMICO
  - SOPPRESSIONE DELL'ATTIVITÀ MOTORIA

Programmazione e controllo dei  
movimenti volontari



# BIBLIOGRAFIA

- **Fisiologia dell' Uomo, autori vari, Edi.Ermes, Milano**
    - **Capitolo 7: Controllo motorio**
  - **Fisiologia Generale ed Umana, Rhoades-Pflanzer**
    - **Capitolo 9: Sistemi motori**
- 