

^

# ***Sistema Sensoriale***

***Forma rappresentazioni  
interne del nostro corpo e  
del mondo esterno***



***Definisce il contesto nel  
quale i sistemi motori  
pianificano, coordinano ed  
eseguono i programmi  
motori***



***Guidare il movimento***

# *Elementi del Sistema Motorio*

## Sistema Nervoso Motorio

## Effettori

**SISTEMA SOMATICO**

*Muscolo scheletrico*

**SISTEMA AUTONOMO**  
*(Simpatico e Parasimpatico)*

*Muscolatura liscia e  
cardiaca, Ghiandole*

# ***I sistemi motori somatici sono organizzati secondo una gerarchia di tipo funzionale (3 livelli)***

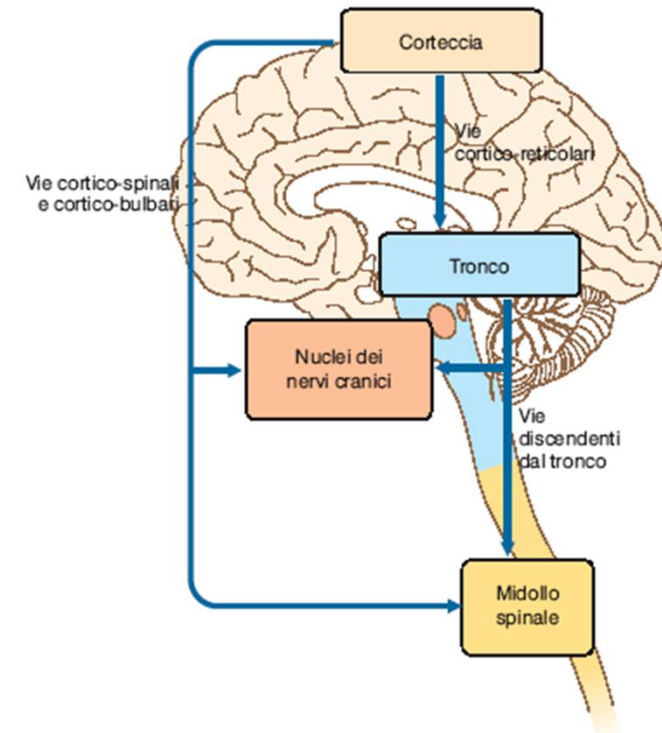
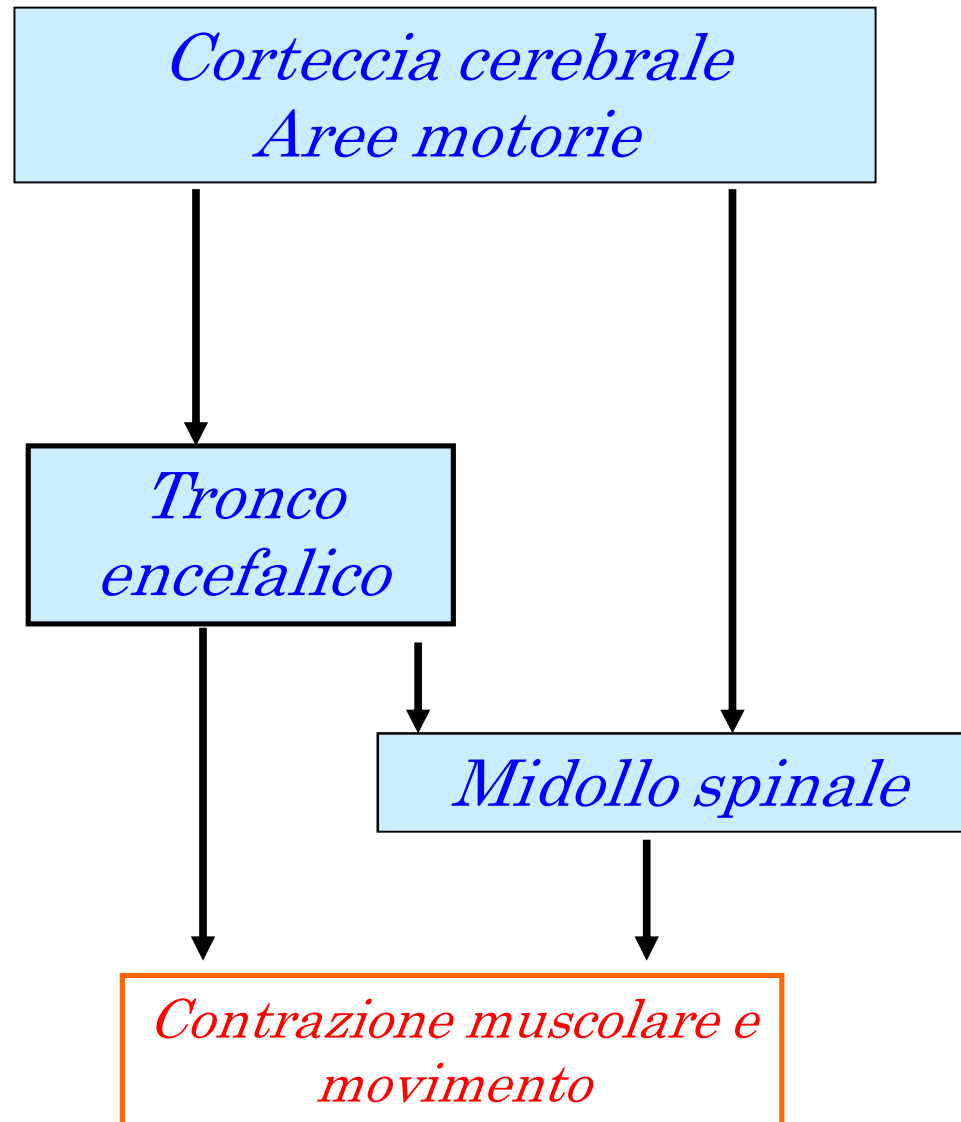


Figura 24.1 Rappresentazione schematica dell'organizzazione delle vie discendenti motorie.

# Attività del Sistema Motorio Somatico

Tono muscolare

**Grado di contrazione dei muscoli in una data posizione (seduti, in piedi, ecc.), in stato di quiete**

Postura

**Posizione che il corpo assume nello spazio e che le diverse parti assumono le une rispetto alle altre**

Equilibrio

**Controllo della posizione e dello spostamento del corpo nello spazio**

Movimento

**Modifica della posizione del corpo o di parti di esso**

### I sistemi motori generano tre tipi di movimento:

#### **Movimenti riflessi:**

*risposte rapide e stereotipate, in genere graduate dallo stimolo sensitivo che le evoca*

#### **Movimenti ritmici:**

*combinazione di movimenti riflessi e volontari; in genere, l'avvio è volontario e la prosecuzione riflessa*

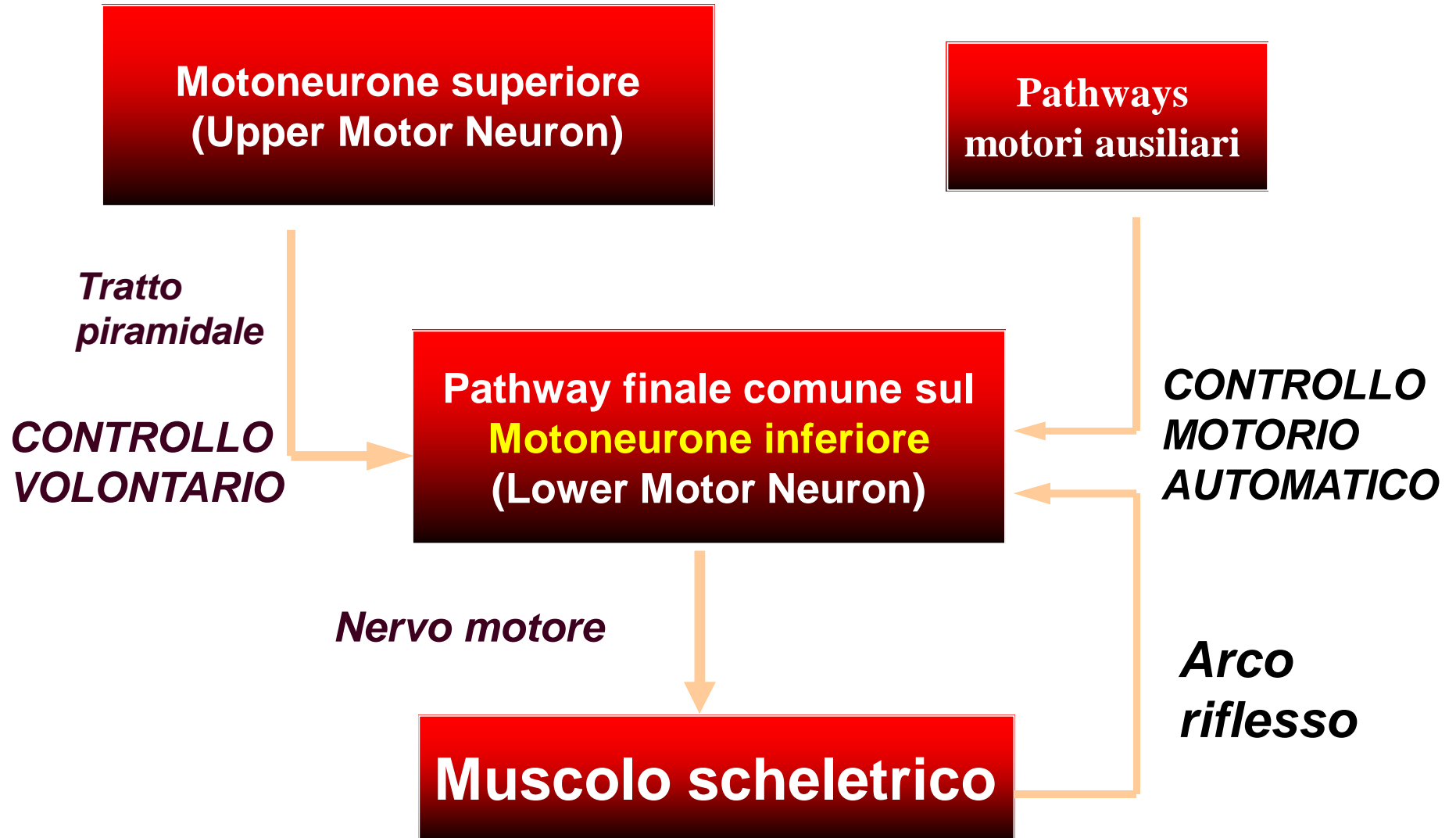
#### **Movimenti volontari:**

*diretti ad uno scopo ed appresi; in genere migliorano con la pratica*

***Tutti i livelli della gerarchia motoria richiedono informazioni sensitive per funzionare adeguatamente***

***Le informazioni sensitive sono tanto più vincolanti quanto più è basso il livello gerarchico (attività riflesse)***

# *Sistema Motorio Somatico*



*Sistema motorio somatico*

*Controllo volontario*

**Motoneurone superiore  
(UMN)**

*Tratto  
piramidale*

**Via piramidale**

**Motoneurone inferiore  
(LMN)**

*Nervo motore*

**Muscolo scheletrico**

La **via piramidale** controlla in  
maniera volontaria il motoneurone  
inferiore

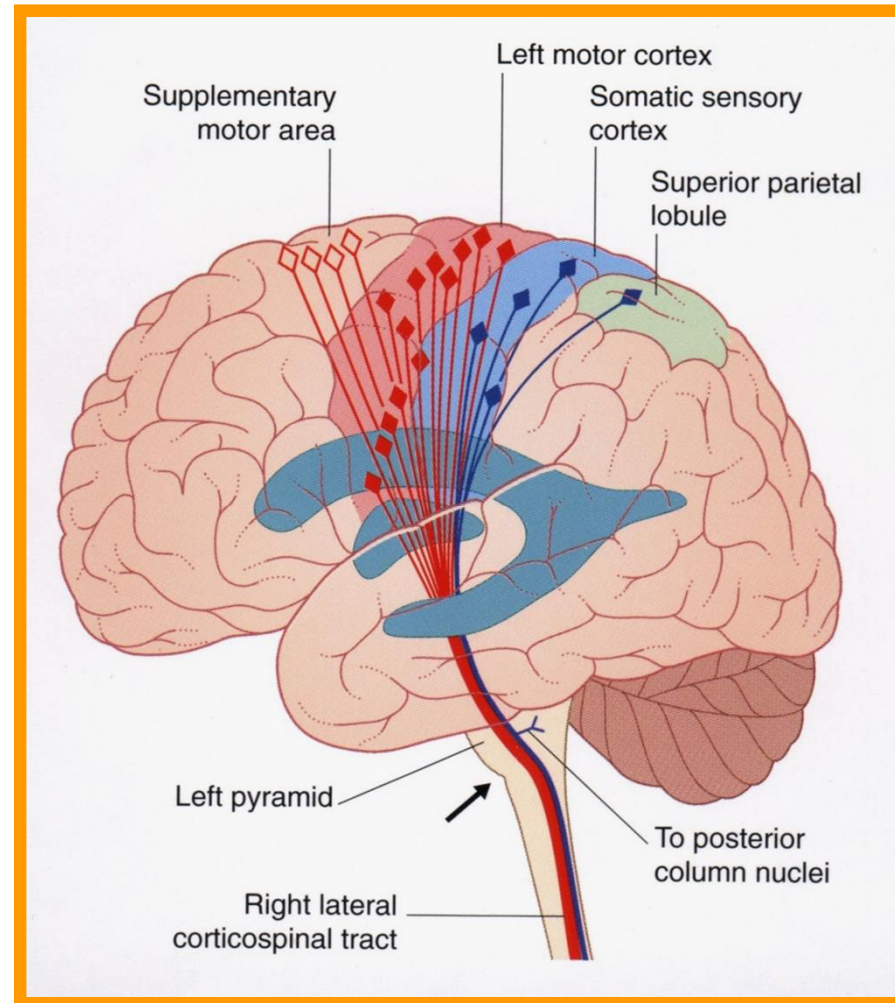
Solo la **via piramidale diretta** prevede  
una sequenza di due neuroni



# Tratto piramidale

## Origine del tratto piramidale

- circa il 60% (40%) delle sue fibre origina dalla corteccia motoria primaria (4);
- fino al 30% dalle aree motorie supplementare e premotoria (6);
- fino al 10% (30%) nella corteccia sensitiva somatica (3, 1, 2) e dalla parte superiore del lobo parietale (5);
- circa il 3% delle fibre origina dalle cellule di Betz.



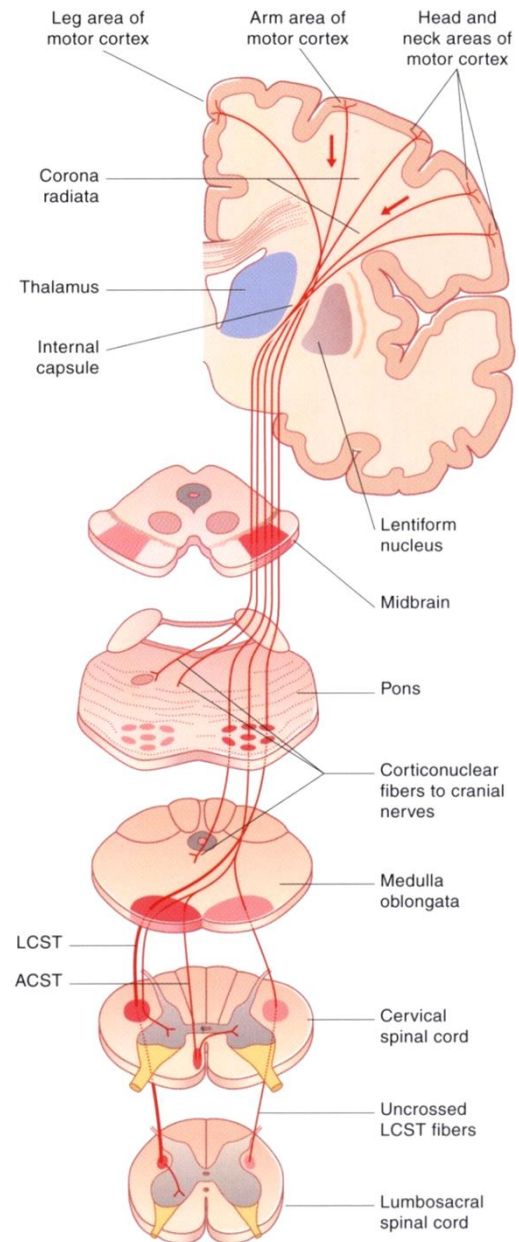
***Tratto piramidale***



***Tratto cortico-spinale***

***Tratto cortico-nucleare***

# Tratto cortico-spinale

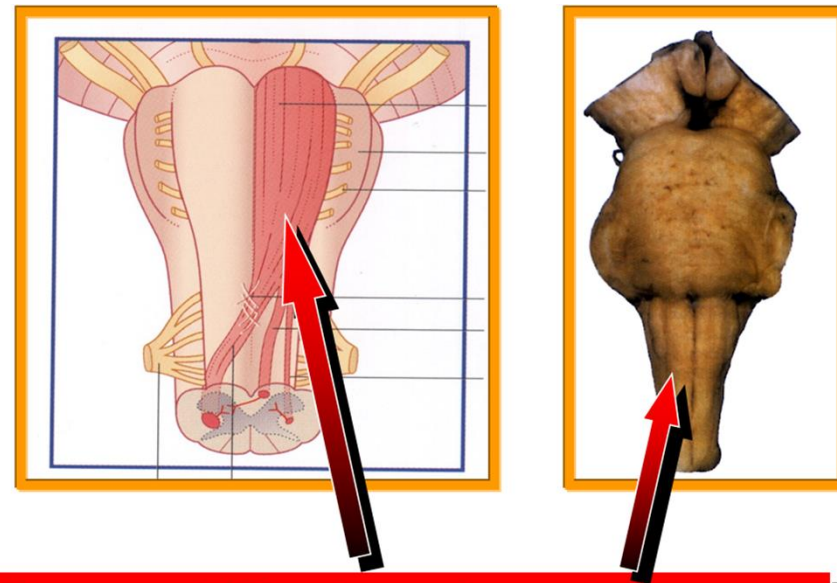


Circa l'80% delle fibre del fascio cortico-spinale decussa nel tronco dell'encefalo (fascio-cortico spinale laterale) ed è destinato a tronco ed arti

Il 10% decussa nel midollo spinale (fascio cortico-spinale anteriore) ed è destinato ai muscoli del collo

Il rimanente non decussa (fascio cortico-spinale ipsilaterale)

3% delle fibre origina dalle cellule di Betz



**Decorso del fascio cortico-spinale:  
"piramidi" sulla faccia ventrale del bulbo**

# Tratto piramidale: cortico-spinale

## Origine: Corteccia cerebrale

Area 4 di Brodmann (Primary Motor Area, M I)

Area 6 di Brodmann (Premotor Area, PM )

Area 3,1,2 di Brodmann (Primary Somesthetic Area, S I)

Area 5 di Brodmann (Anterior Portion of Sup. Parietal Lobule)

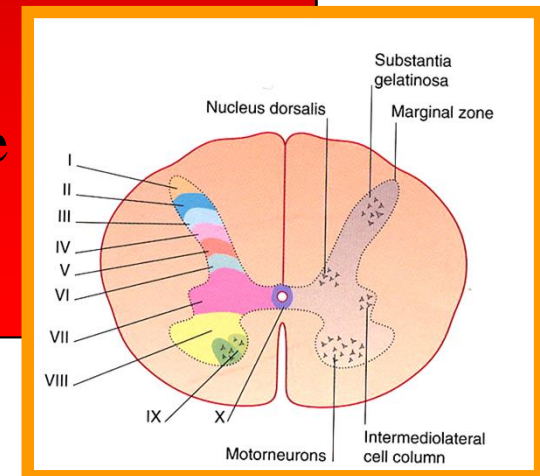
Corona Radiata

Capsula Interna

Tronco encefalo (Piramidi, decussazione)

Tratto Cortico-spinale - Laterale e Anteriore

Terminazione: Sostanza grigia del midollo spinale  
(IV-IX lamine di Rexed)



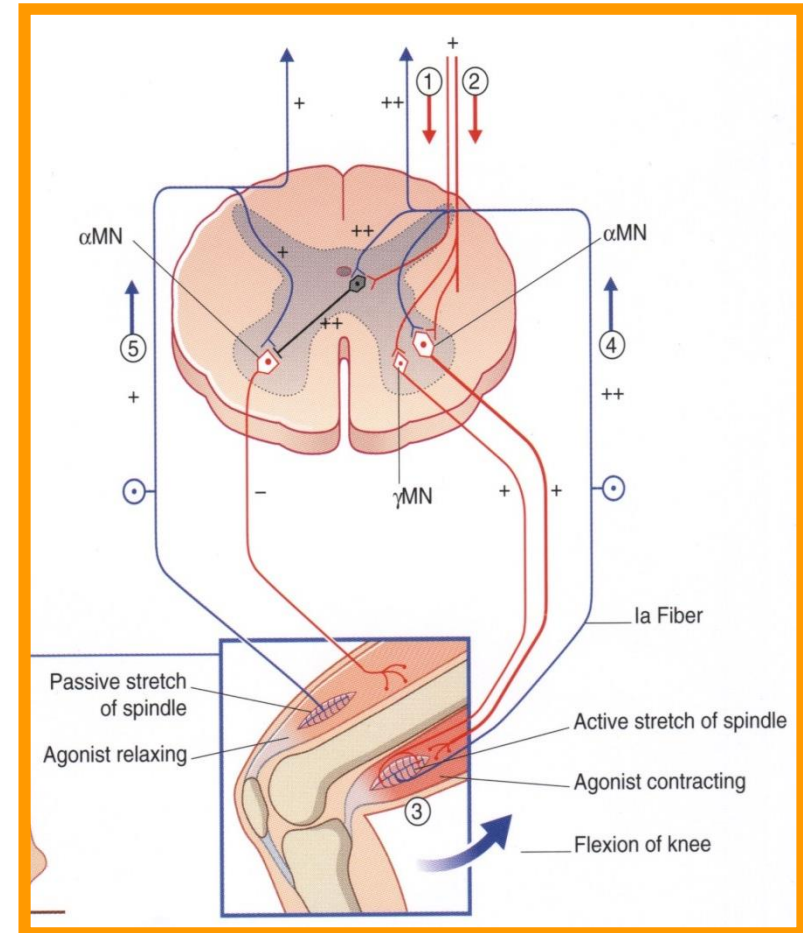
# Terminazione fascio cortico-spinale

## Fascio cortico-spinale laterale:

- “ Motoneuroni  $\alpha$  e  $\gamma$  (motoneurone inferiore per muscoli distali degli arti superiori, frazionamento)
- “ Neuroni eccitatori internuciali (per muscoli vertebrali e prossimali degli arti)
- “ Neuroni inibitori internuciali (Ia, per il rilasciamento dei muscoli antagonisti)
- “ Interneuroni inibitori per terminazioni afferenti (corna posteriori)
- “ Cellule di Renshaw

## Fascio cortico-spinale anteriore:

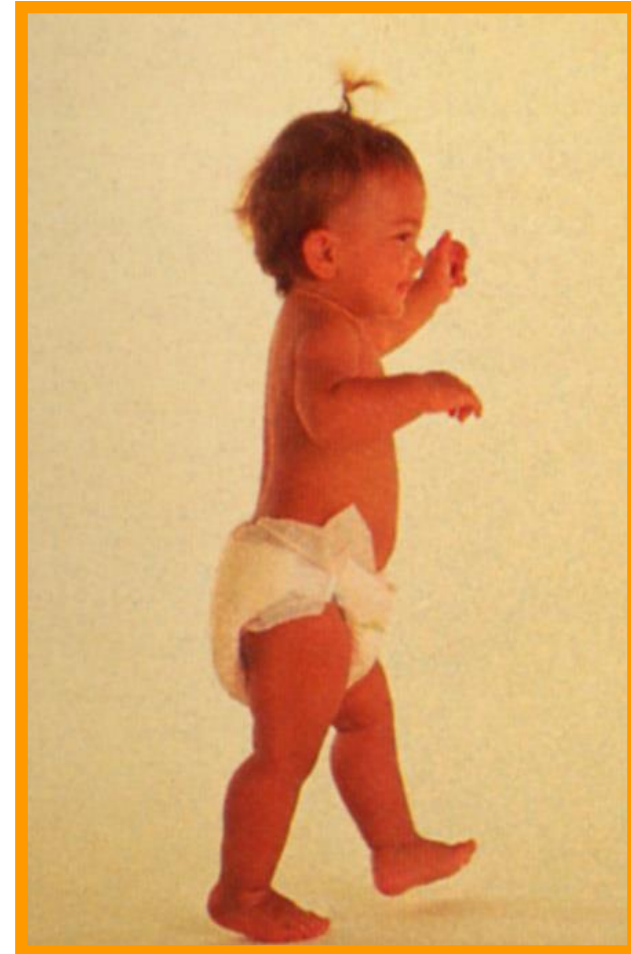
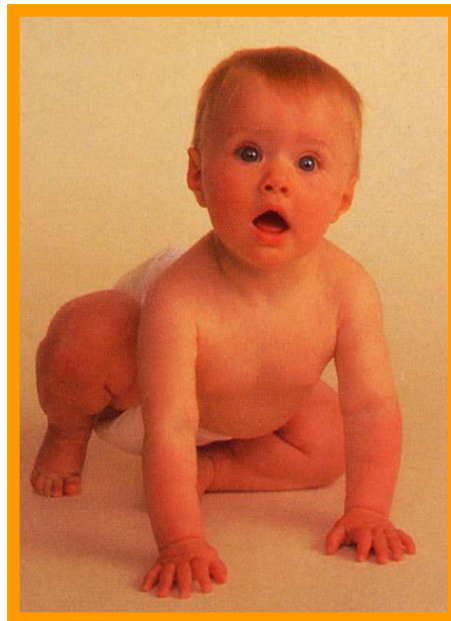
*Motoneuroni per i muscoli del tronco e profondi del collo, attraverso interneuroni*





## Tratto cortico-spinale

- ogni piramide bulbare contiene circa 1.000.000 di fibre, 70% mielinizzate;
- il 90% ha diametro di circa 1-4  $\mu\text{m}$ , circa il 9% ha diametro 5-10  $\mu\text{m}$  e solo il 2% ha diametro 11-12  $\mu\text{m}$ ; le fibre di diametro maggiore originano dalle cellule di Betz;
- la mielinizzazione inizia 10-14 giorni dopo la nascita e si completa entro il 2° anno di vita



***Tratto piramidale***



***Tratto cortico-spinale***

***Tratto cortico-nucleare***

# Tratto piramidale: cortico-nucleare

## Tratto cortico-nucleare

**Terminazione: tronco dell'encefalo**

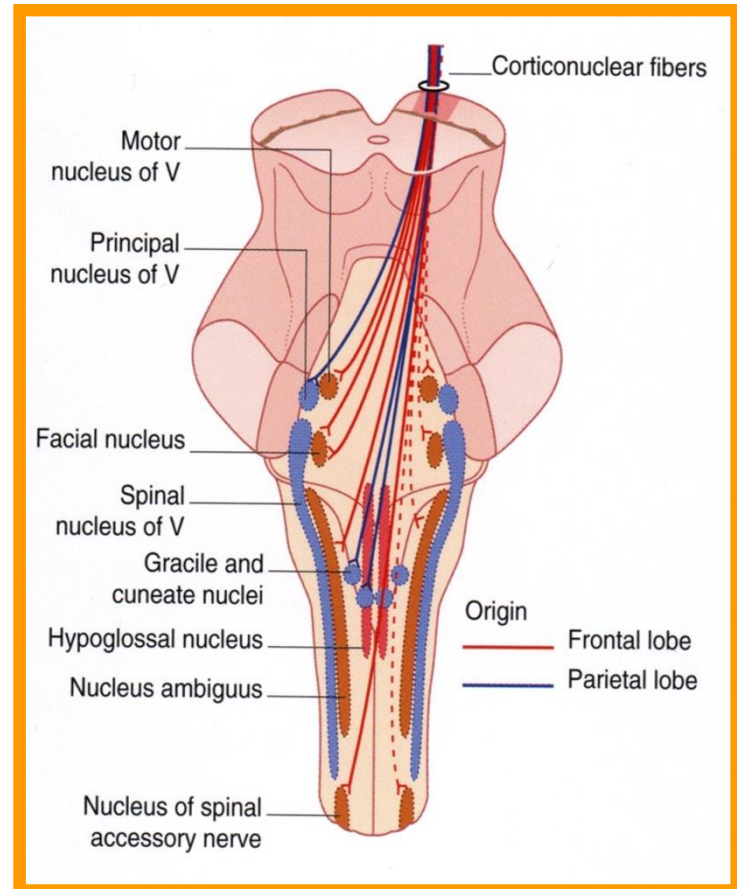
**1) nuclei motori dei nervi:**

**ipoglosso (XII), ambiguo (IX, X, XI), faciale (VII),  
trigemino (V),**

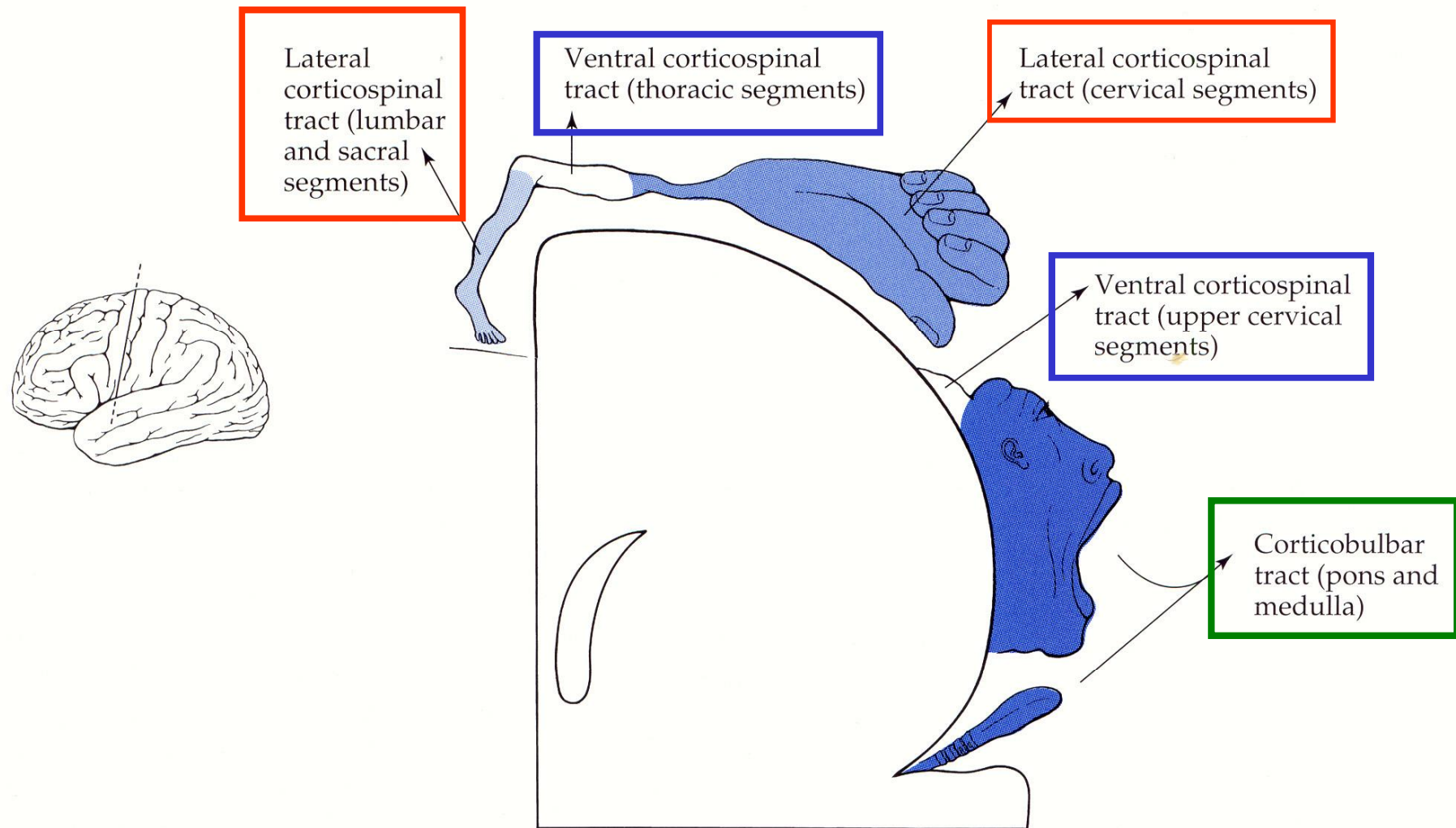
**2) nuclei relay sensitivi:**

**nuclei gracile e cuneato, nucleo sensitivo trigeminale,  
nucleo del tratto solitario**

**3) formazione reticolare**

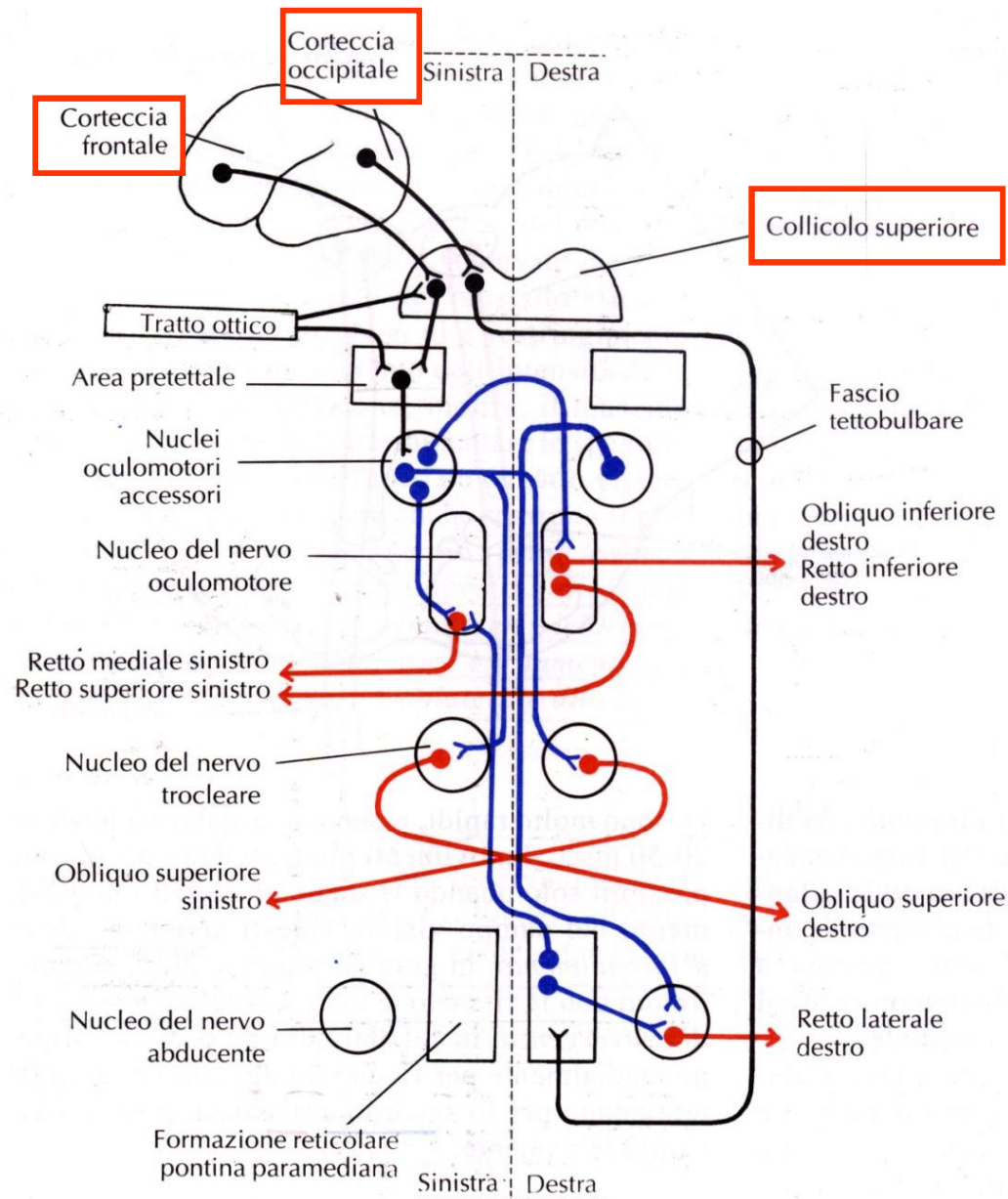






**Figure 10–7.** Somatotopic organization of the primary motor cortex. The descending pathways by which these areas of primary motor cortex influence motor neurons are indicated. The inset shows the plane of schematic section. (Adapted from Penfield W, Rasmussen T: *The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization*. Macmillan, 1950.)

## Vie per il movimento del bulbo oculare



**Figura 8.4** Alcune vie nervose per il controllo dei movimenti degli occhi che originano dalla corteccia cerebrale e dal collicolo superiore. (I motoneuroni sono rappresentati in rosso, i neuroni che afferiscono ai nuclei motori in blu, i neuroni che hanno origine nella corteccia cerebrale, nel collicolo superiore e nell'area pretettale in nero.)

**Diversamente dai motoneuroni degli altri nervi cranici e di quelli spinali, i motoneuroni dei nervi motori dell'occhio non sono controllati direttamente dalla corteccia motoria primaria (area 4)**

# Motoneurone inferiore

## Midollo spinale

Corno anteriore (Lamina IX) ----- nervo spinale

## Tronco dell'encefalo

### Nuclei efferenti somatici generali (GSE)

Nucleo dell'oculomotore comune-----III

Nucleo del trocleare ----- IV

Nucleo dell'abducente ----- VI

Nucleo dell'ipoglosso ----- XII

### Nuclei efferenti viscerali speciali (SVE)

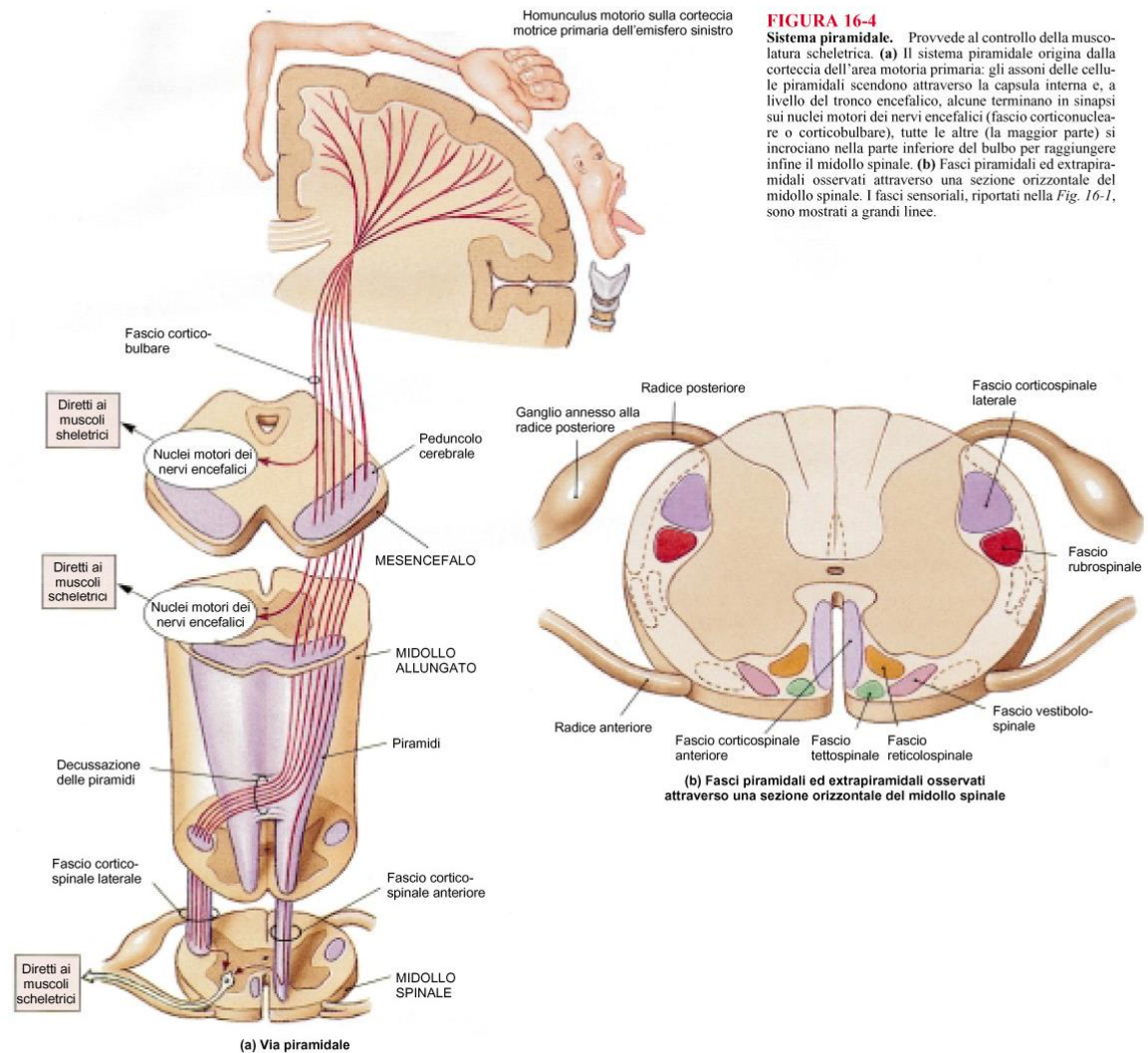
Nucleo ambiguo ----- IX, X, XI

Nucleo motore del faciale----- VII

Nucleo motore trigeminale----- V

Le vie effettrici o discendenti prevedono una sequenza di due neuroni

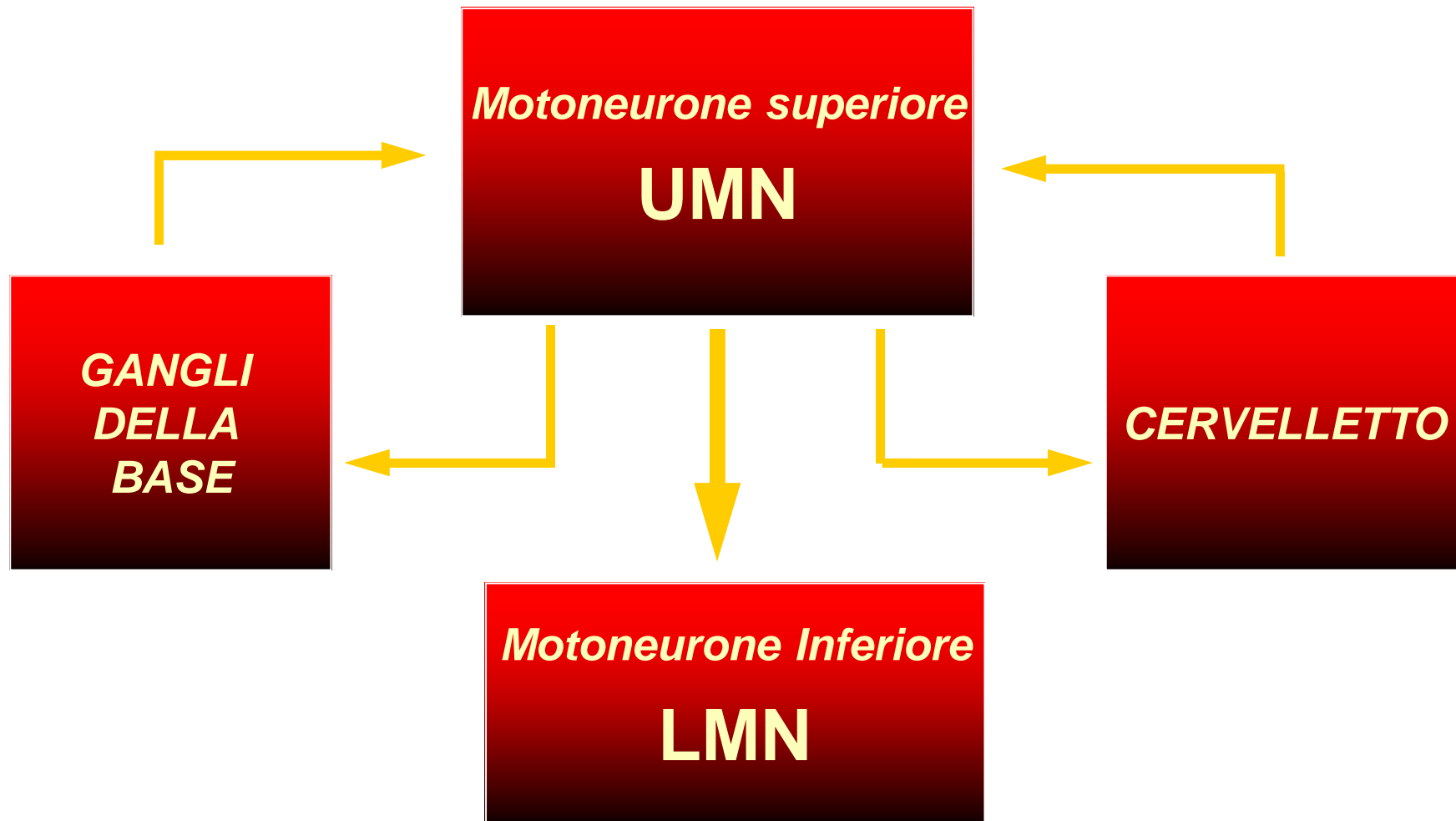
La via piramidale è la unica grande via motoria volontaria diretta (in parte)



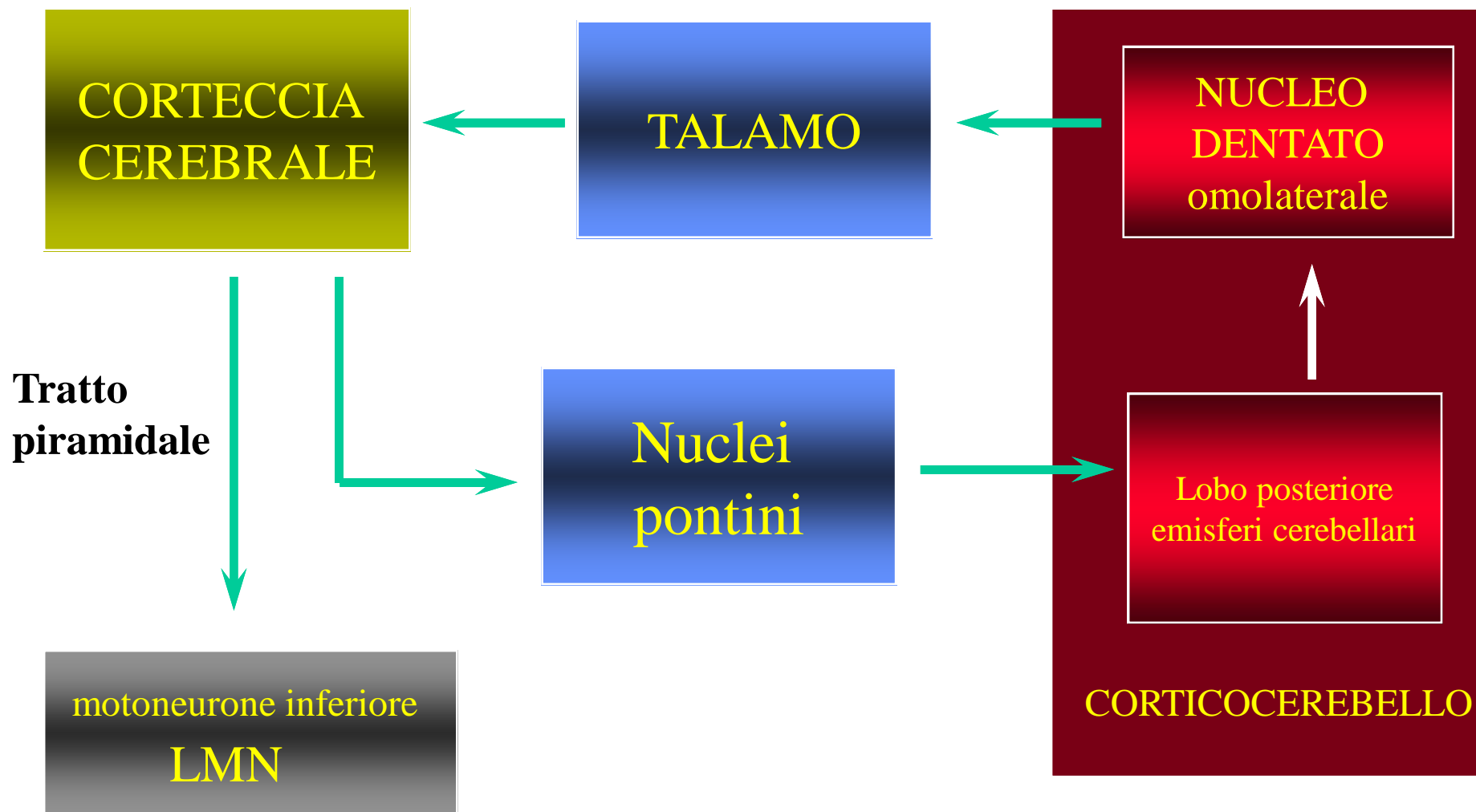
Motoneurone superiore: MALATTIA DEL MOTONEURONE I

Motoneurone inferiore: MALATTIA DEL MOTONEURONE II

# *Tratto piramidale e Circuiti Associati*



# Tratto piramidale e Circuiti Associati: Corticocerebello



# Lesioni neocerebello:

- Incoordinazione movimenti volontari (arto superiore)
- Difetti articolazione parole
- Tremore intenzionale
- Decomposizione del movimento
- Irregolarità nei movimenti rapidi alternati



## **Sistema piramidale:**

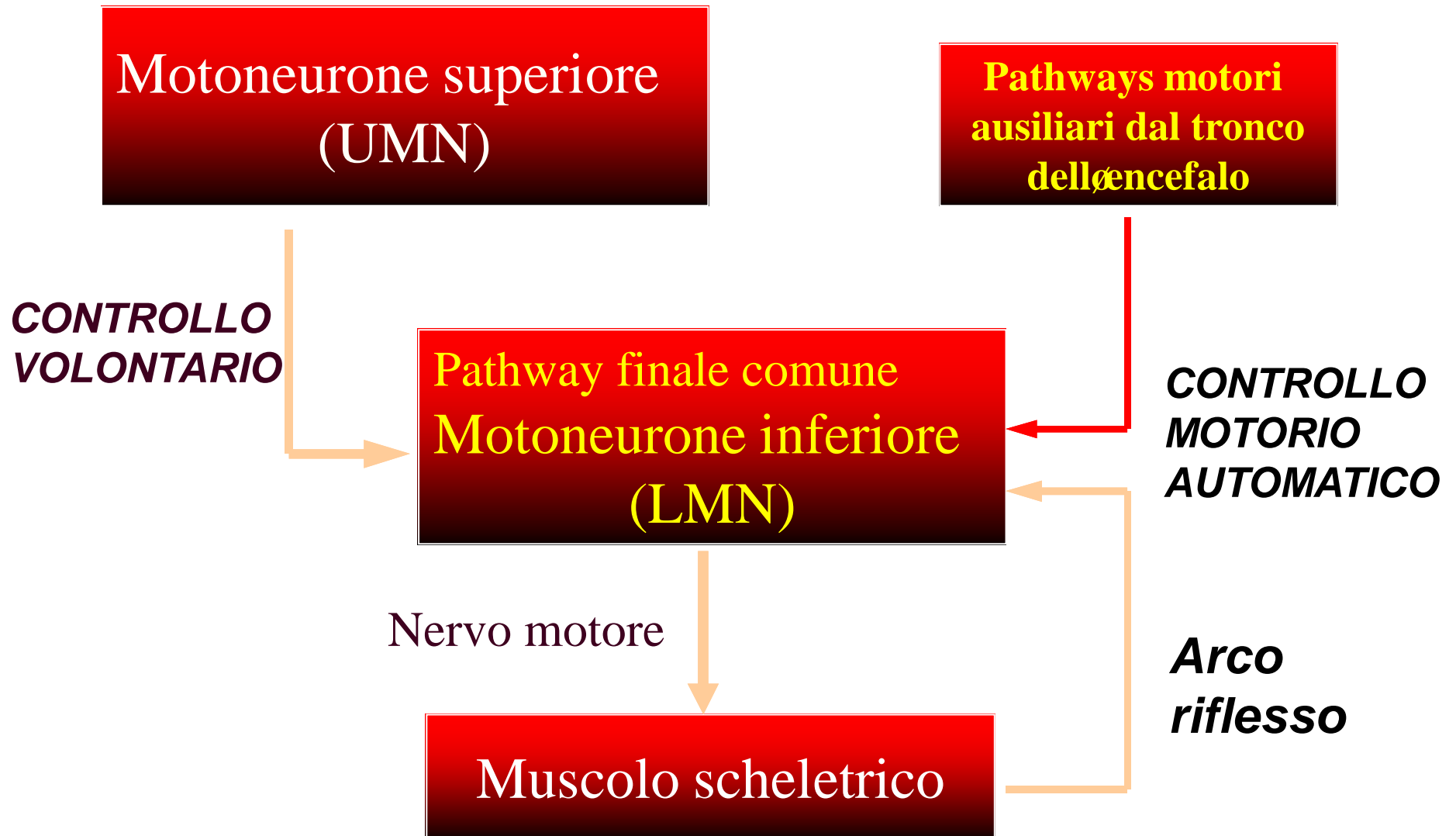
- è costituito da fibre che partono dalla corteccia telencefalica e raggiungono direttamente i motoneuroni;
- corrisponde ai fasci cortico-spinali e cortico-nucleari;
- è responsabile delle componenti evolute e raffinate dell'attività motoria;
- è filogeneticamente recente.

## **Sistema extrapiramidale:**

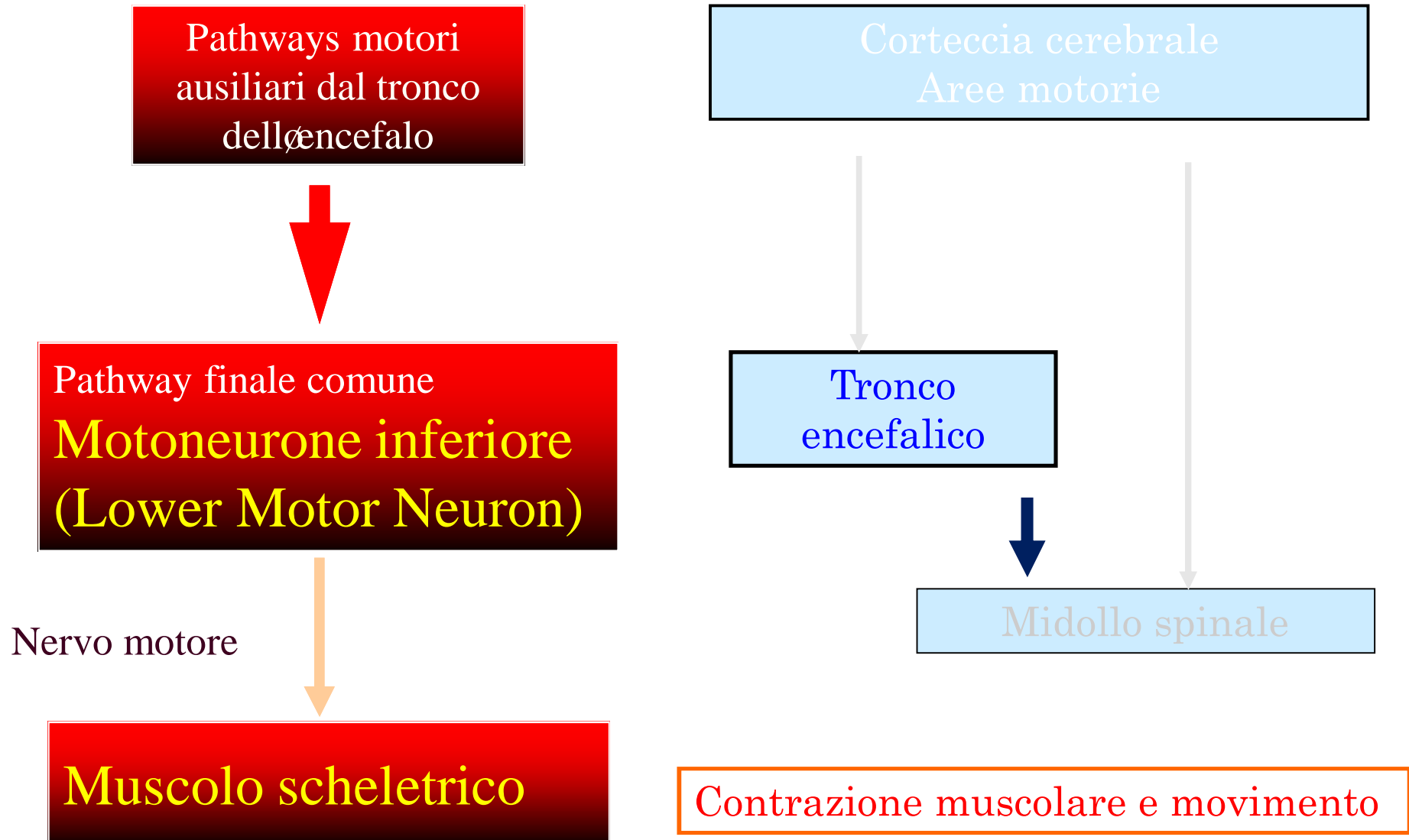
- racchiude tutte le altre vie discendenti motorie;
- filogeneticamente più antico.



# *Sistema Motorio Somatico*



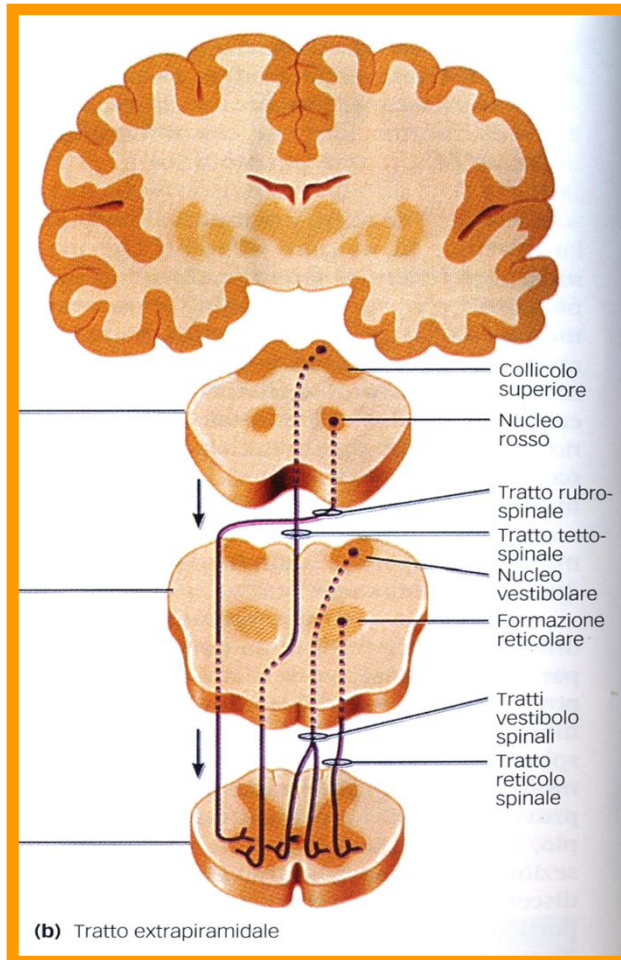
Controllo automatico del motoneurone inferiore: livello intermedio della gerarchia funzionale



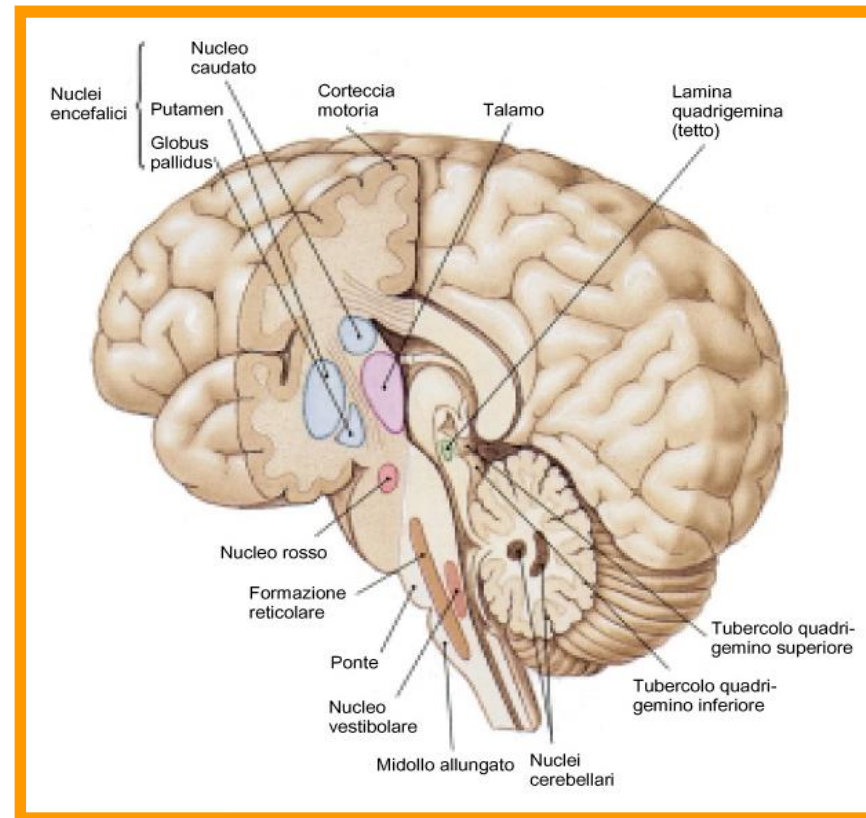
# Sistema motorio somatico

# Controllo automatico

## Componenti del sistema extrapiramidale



1. Strutture coinvolte nella regolazione dell'attività motoria localizzate nel tronco dell'encefalo



2. Strutture coinvolte nella regolazione dell'attività motoria esclusa la corteccia telencefalica (utilizzato in clinica)

# Pathways motori ausiliari ronco dell'encefalo: **fascio tetto-spinale**

## INPUT

### **Afferenze corticali**

Centri frontali e parietali che controllano i movimenti oculari

### **Afferenze visive**

Vie ottiche

### **Afferenze uditive**

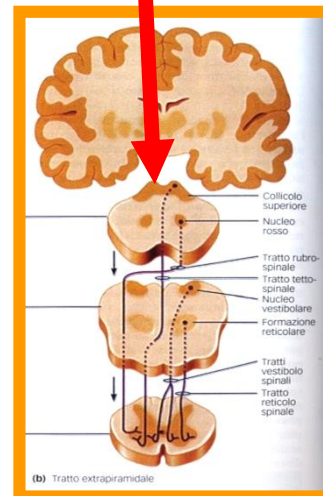
Vie acustiche

### **Afferenze somatosensitive**

Dal midollo spinale

Dal sistema trigeminale

**Collicolo superiore mesencefalo**



## OUTPUT

Controllo dei movimenti degli occhi e della testa

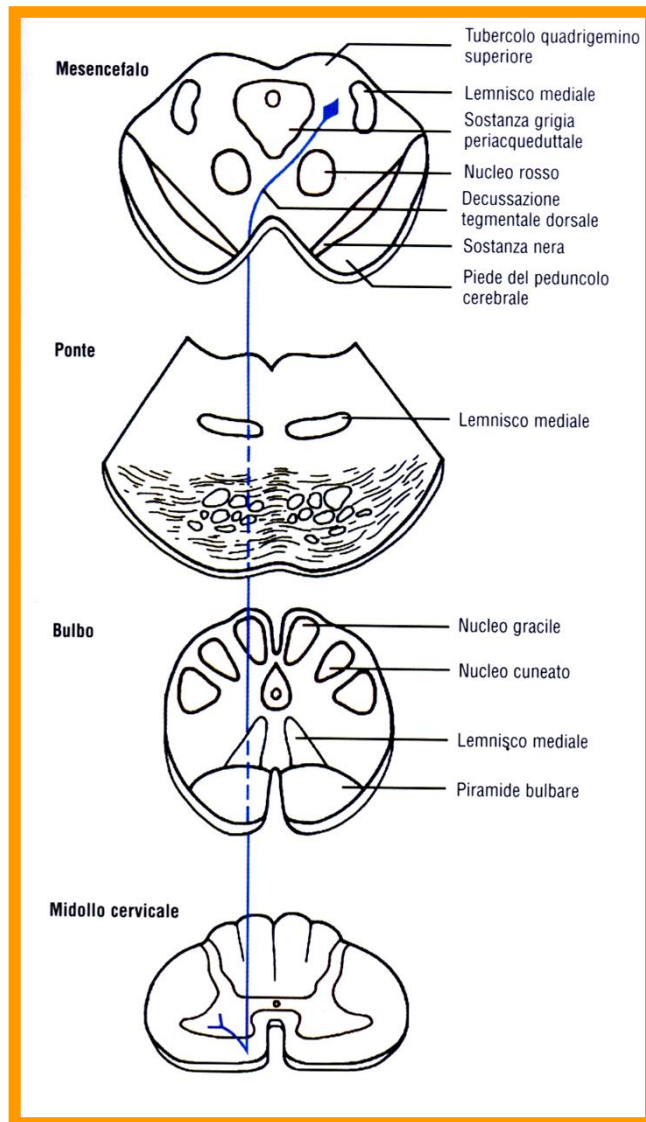
A) Per i movimenti oculari (saccadici)

B) Per i muscoli del collo, della spalla, della parte superiore del tronco: movimenti della testa coordinati con i movimenti oculari



**Fascio tetto-spinale**

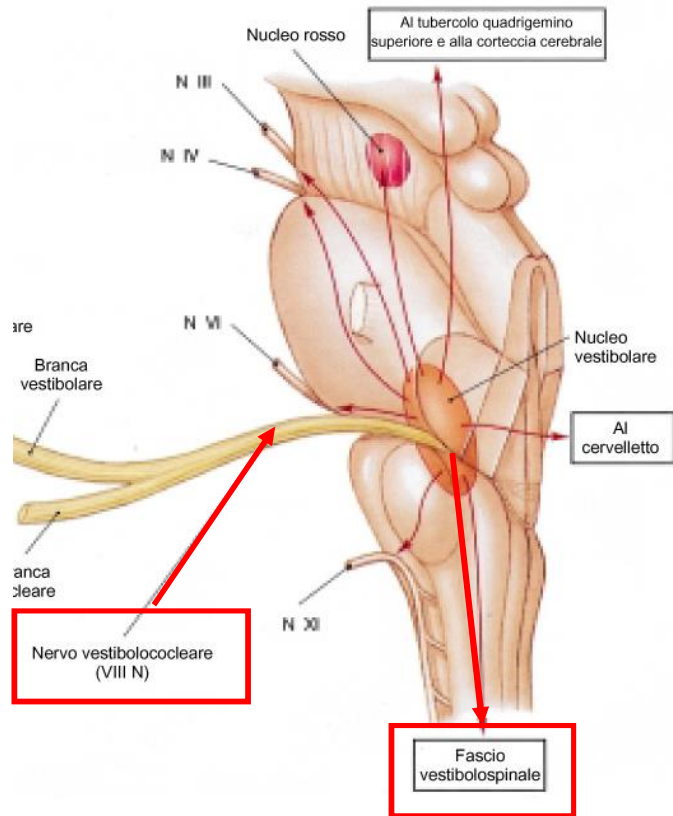
# Componenti del sistema extrapiramidale: **tratto tetto-spinale**



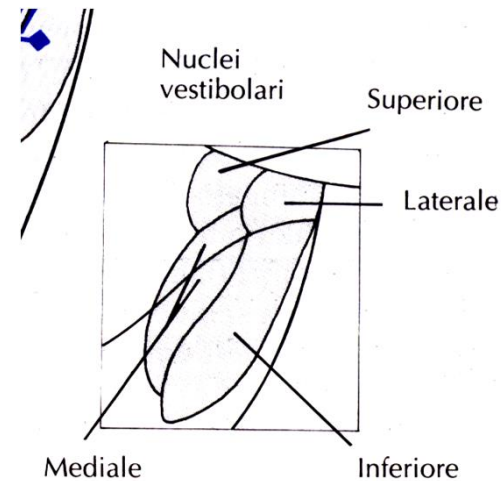
## Fascio tetto-spinale

- “ È una via crociata che origina dal collicolo superiore del mesencefalo, il quale riceve a sua volta proiezioni dai sistemi visivo, uditivo e somatosensoriale;
- “ le sue fibre discendono attraverso il funicolo anteriore e inviano proiezioni alle lamine V, VI e VII del midollo spinale cervicale e toracico superiore;
- “ ha il compito di dirigere testa e occhi in risposta a stimoli visivi o acustici.

# Pathways motori ausiliari ronco dell'encefalo: **fascio vestibolo-spinale**



*- I nuclei vestibolari ricevono informazioni dal nervo vestibolare riguardanti la posizione della testa nello spazio*



- Dal nucleo vestibolare laterale=nucleo del Deiters (canali semicircolari e utriculo) origina la maggior parte del **fascio vestibolo-spinale laterale** che controlla i **muscoli antigravitari (riflesso vestibolo-spinale)**

- Dal nucleo mediale e inferiore (canali semicircolari) **originano fibre per il fascio vestibolo-spinale mediale** che controlla i **movimenti della testa**

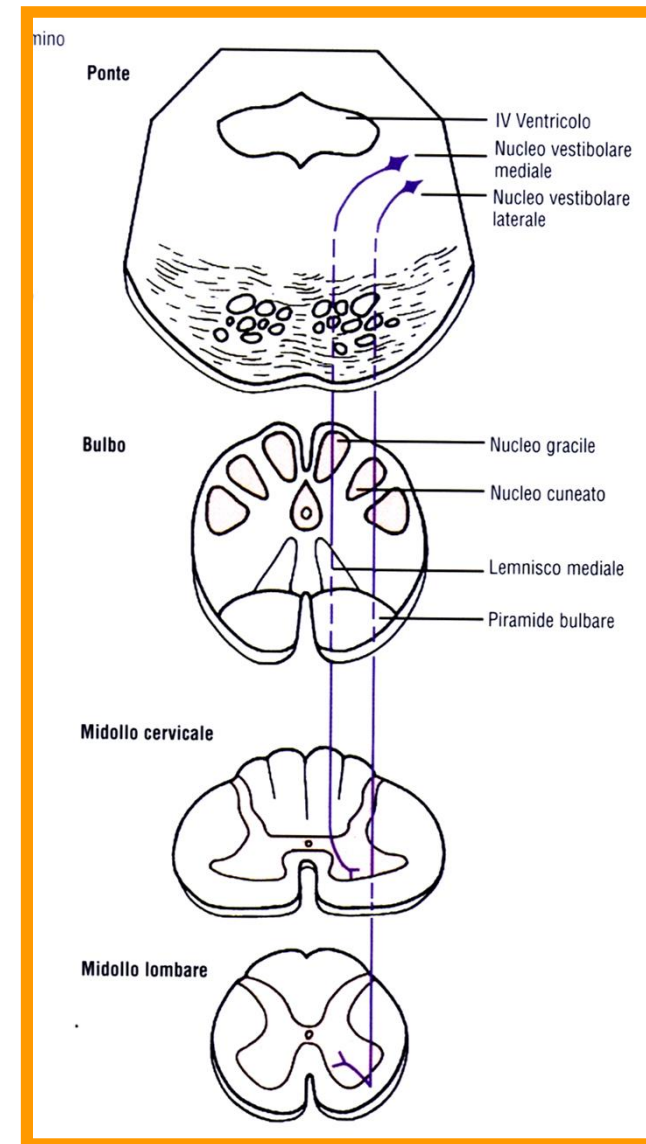


## Componenti del sistema extrapiramidale: **tratto vestibolo-spinale**

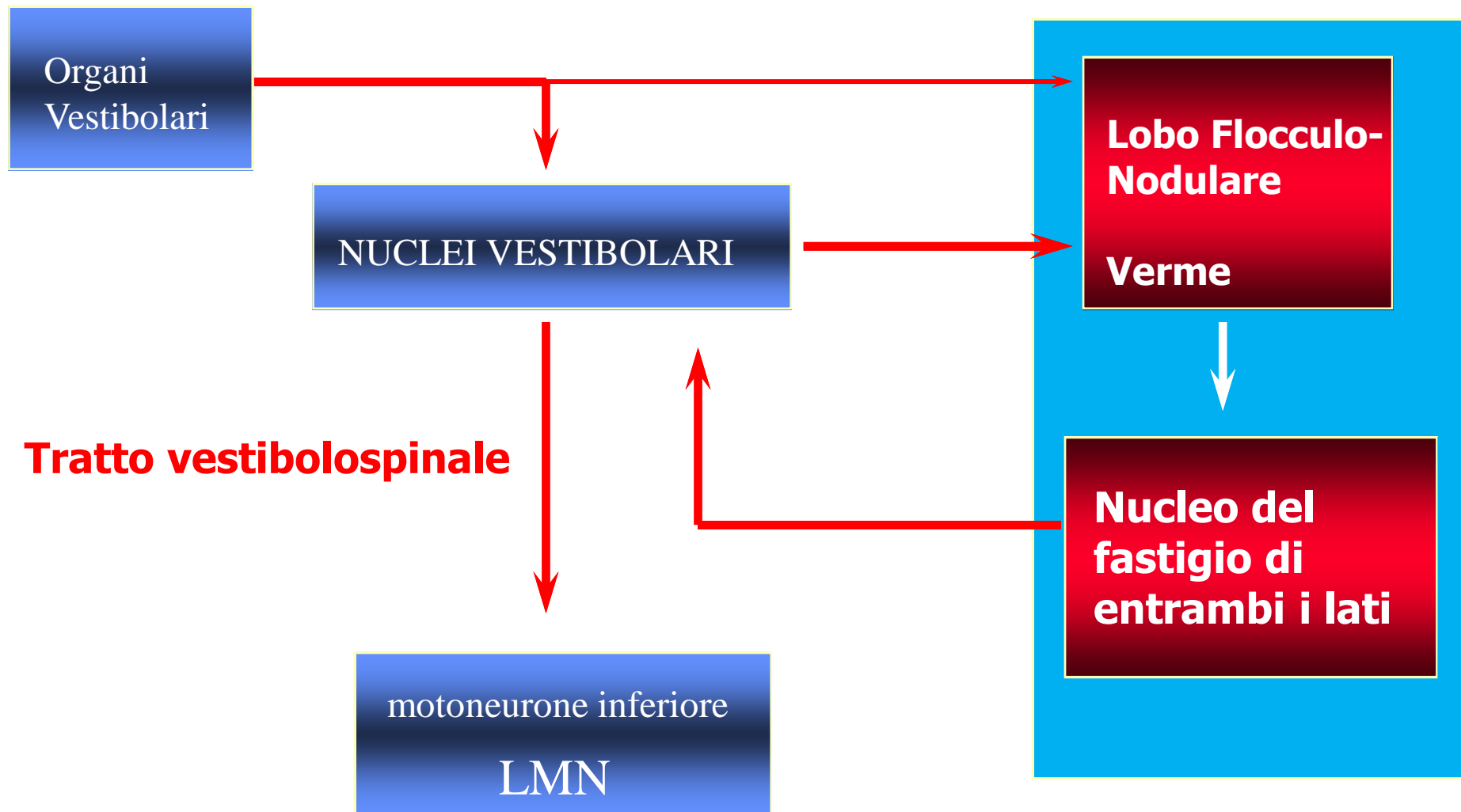
### Fasci vestibolospinali

- il fascio vestibolo-spinale laterale origina prevalentemente dal nucleo vestibolare laterale (nucleo del Deiters) che a sua volta riceve fibre direttamente dal nervo vestibolare (canali semicircolari e utricolo);
- “ dal nucleo vestibolare mediale e inferiore (canali semicircolari) originano fibre per il fascio vestibolo-mediale, che controlla i movimenti della testa;
- “ le fibre del fascio vestibolo-spinale terminano nel corno anteriore del midollo spinale, prevalentemente nei rigonfiamenti cervicale e lombare;
- “ vengono attivati, omolateralmente, i muscoli estensori ed inibiti i flessori della testa e degli arti;
- “ il fascio vestibolospinale laterale eccita sia i motoneuroni  $\alpha$  che  $\gamma$ , il fascio vestibolomediale attiva neuroni internucleari inibitori;

**E' responsabile della regolazione dei muscoli antigravitari (mantenere il baricentro tra i piedi).**

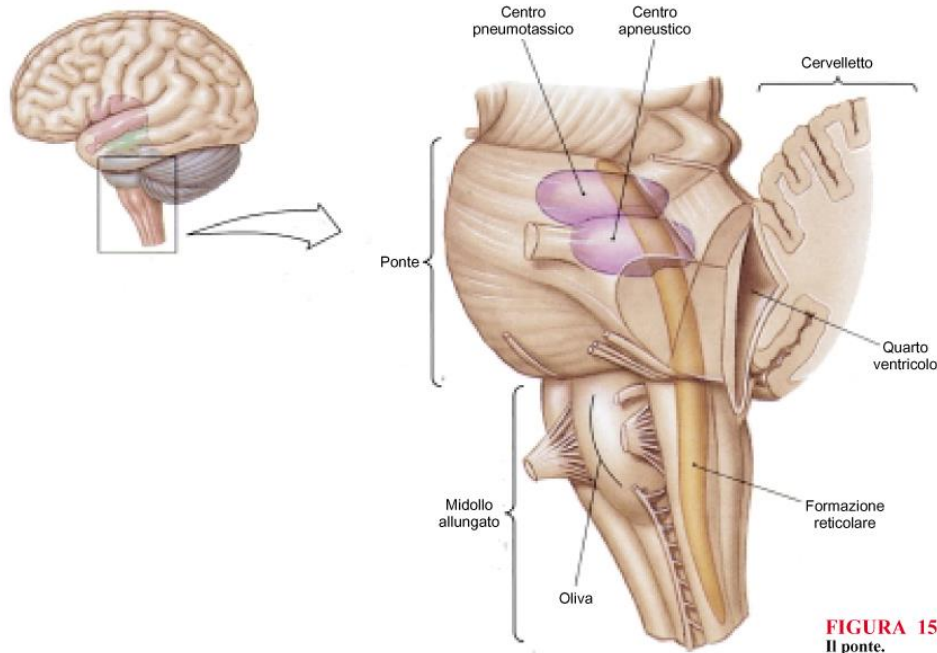


# Principali connessioni del tratto vestibolo-spinale con il Vestibolocerebellum

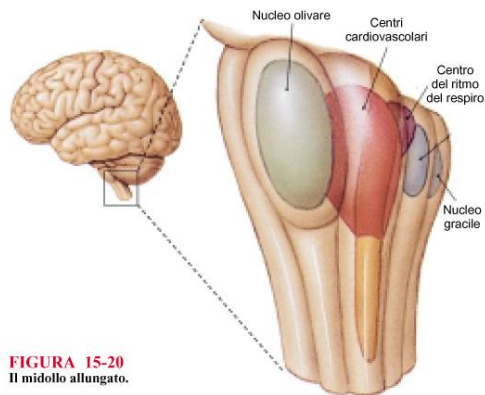




# Pathways motori ausiliari tronco dell'encefalo: **fasci reticolo-spinali**



**FIGURA 15-18**  
Il ponte.



**FIGURA 15-20**  
Il midollo allungato.

## **Sostanza reticolare**

- Fasci reticolo spinali → controllo tono muscolare e postura
- Nuclei del rafe → controllo del sonno e modulazione del dolore
- Locus ceruleus → controllo del sonno
- Centri respiratori e cardiovascolari
- Sistema reticolare attivante → stato vigilanza della corteccia

# Pathways motori ausiliari tronco dell'encefalo: **fasci reticolo-spinali**

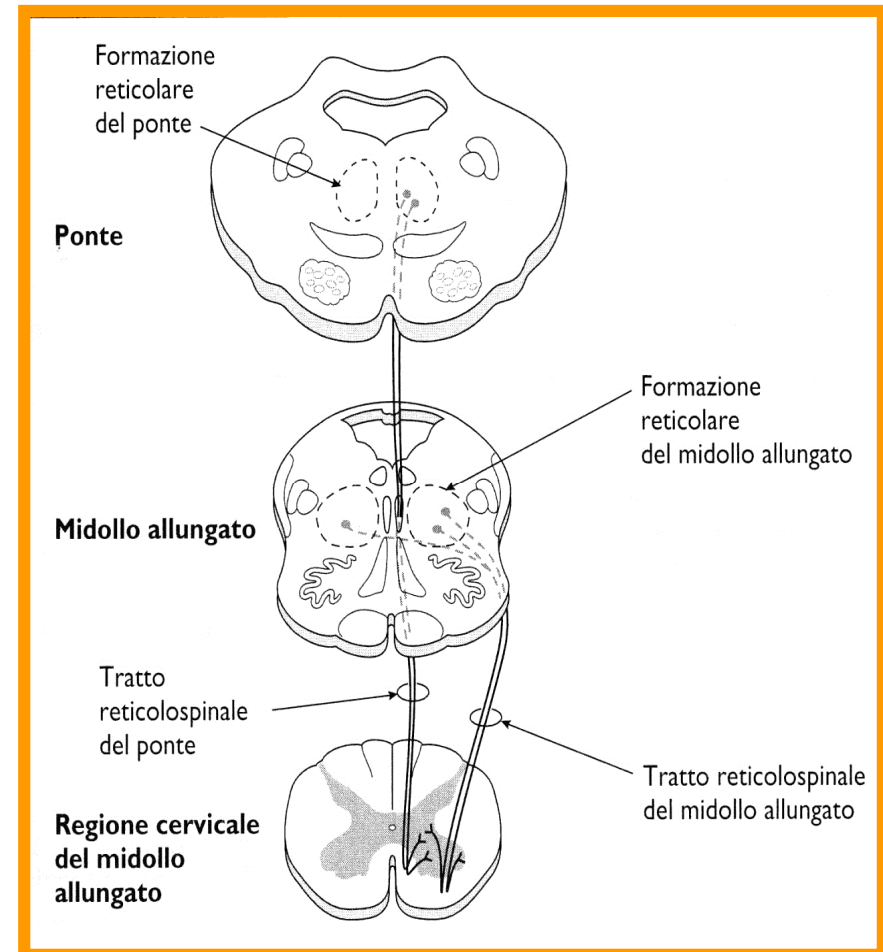
**Il tratto reticolospinale è costituito da:**

## **1. Fascio reticolospinale mediale (pontino):**

- origina dalla formazione reticolare del ponte
- discende omolateralmente nel funicolo anteriore fino a tutti i livelli del midollo spinale e termina sui neuroni della lamina VIII;

## **2. Fascio reticolospinale laterale (bulbare):**

- origina dalla formazione reticolare del midollo allungato di entrambi i lati;
- termina a tutti i livelli del midollo spinale, nelle lamine VII e IX;



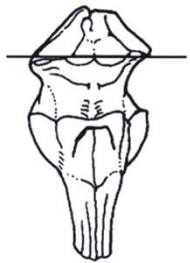
# Pathways motori ausiliari tronco dell'encefalo: **fasci reticolo-spinali**

## Fasci reticolospinali

- Proiettano sia omolateralmente che bilateralmente al midollo spinale.
- Modulano, tramite interneuroni, i motoneuroni spinali.
- Il fascio reticolospinale pontino agisce sui motoneuroni **eccitando i muscoli estensori** (stazione eretta, postura)
- Il reticolospinale bulbare attiva prevalentemente interneuroni inibitori per i motoneuroni dei muscoli estensori. **Eccita i flessori.**
- Entrambe le vie esercitano una **inibizione reciproca.**
- La formazione reticolare riceve fibre corticali dalla corteccia premotoria (area 6), sulla base di informazioni sensitive, e controlla l'attività dei motoneuroni e , **attraverso neuroni internucleari condivisi con la via corticospinale**, regolando i circuiti spinali coinvolti nei movimenti volontari e riflessi.
- Sono deputati a controllare locomozione e postura.

## **Via volontaria indiretta**

# Pathways motori ausiliari tronco dell'encefalo: **fascio rubro-spinale**



**Nucleo rosso**

↑  
Aree motorie  
Cervelletto

↓  
Nucleo olivare  
Midollo spinale

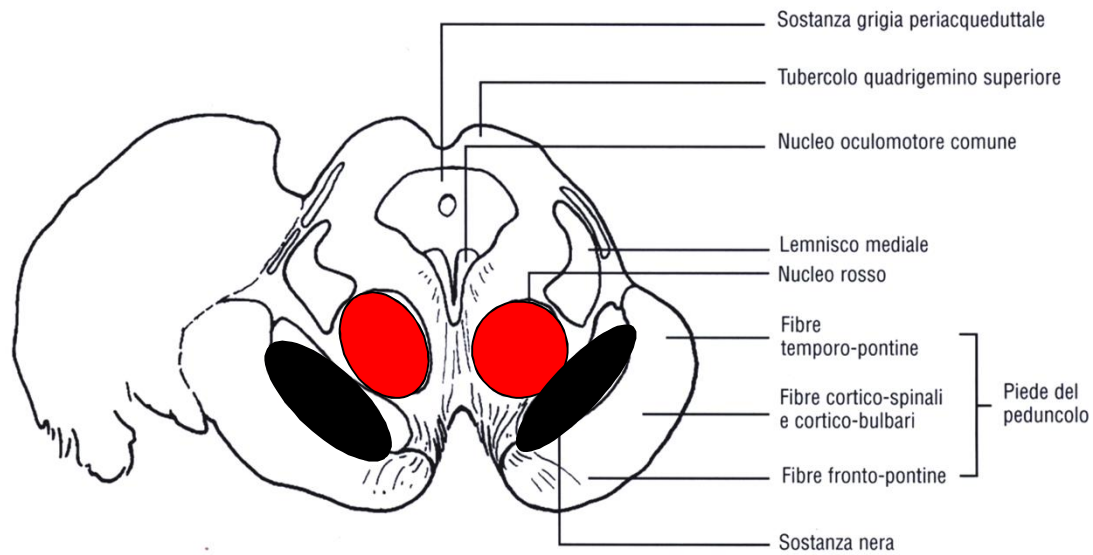
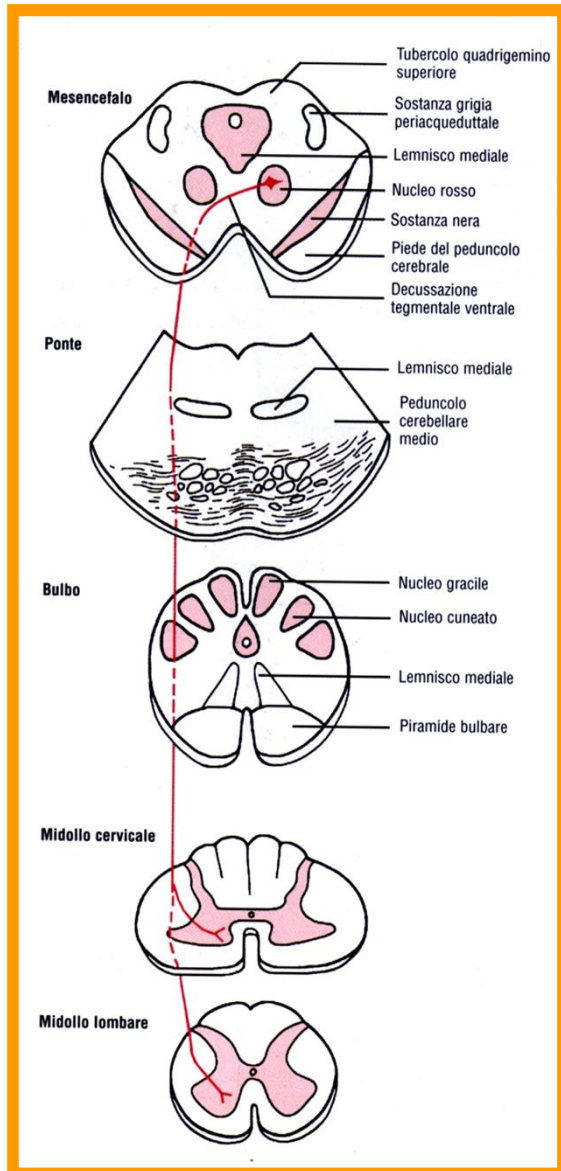


Fig. 6.12 Sezione trasversa del mesencefalo rostrale a livello dei tubercoli quadrigemini superiori

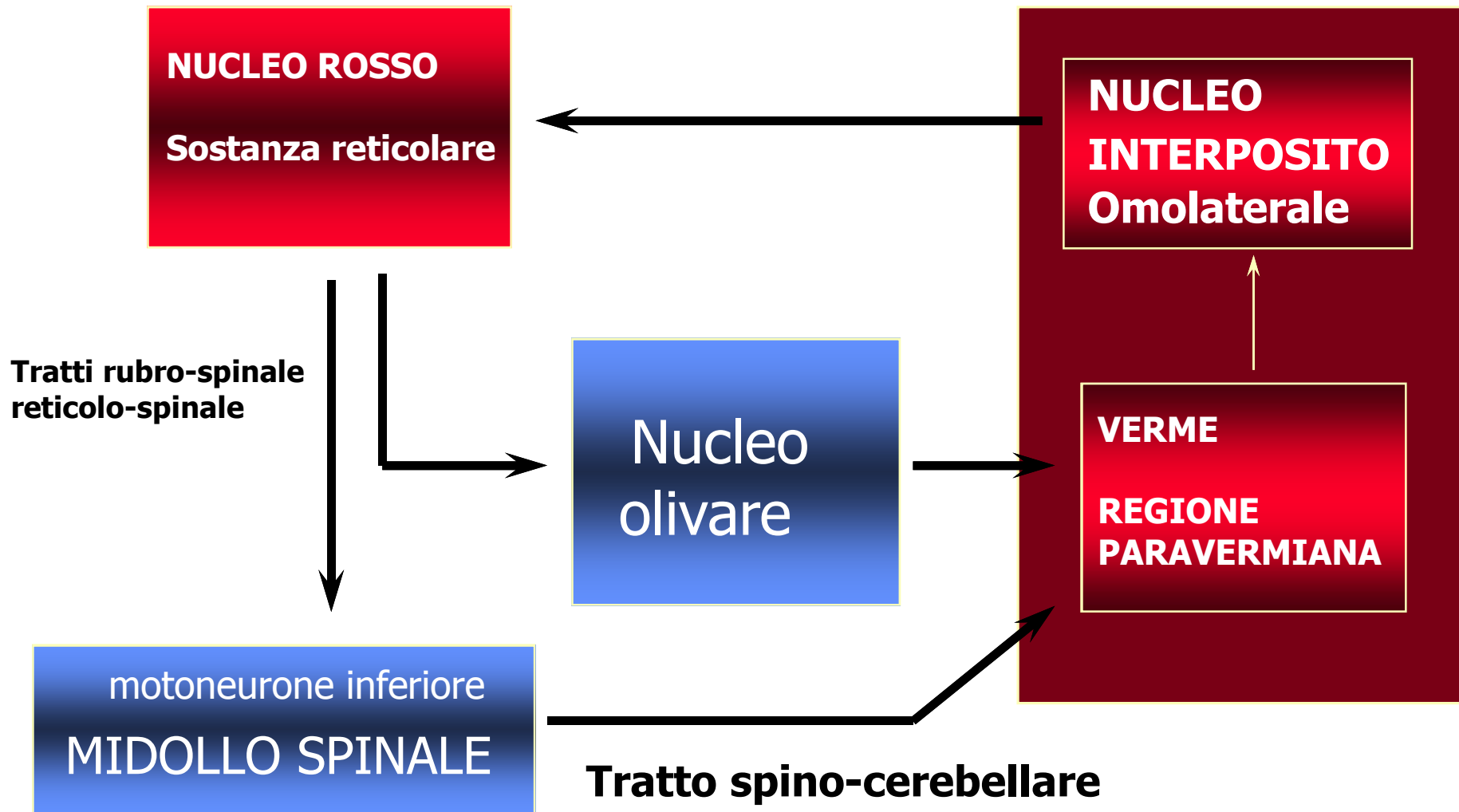
# Pathways motori ausiliari tronco dell'encefalo: **fascio rubro-spinale**



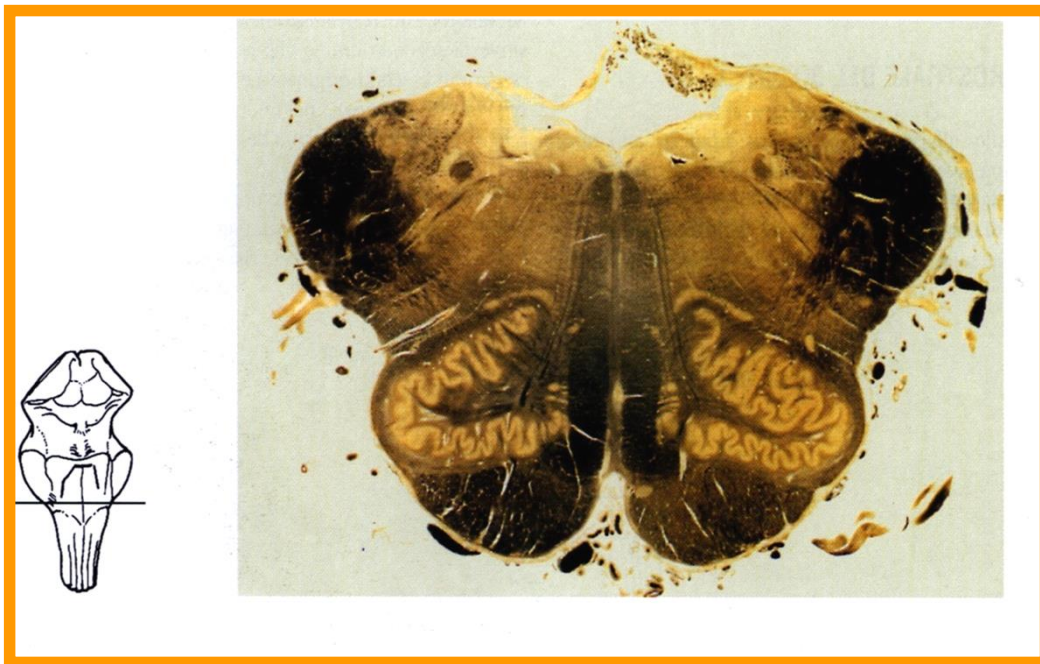
## Fascio rubro-spinale (nell'uomo quasi inesistente)

- origina dai neuroni del nucleo rosso mesencefalico che riceve a sua volta afferenze dalle aree 4 e 6;
- dopo l'origine, incrocia nella decussazione tegmentale ventrale; discende nel tronco cerebrale attraverso il funicolo laterale e termina nel midollo a livello delle lamine V, VI e VII;
- **aumenta la funzionalità del tratto corticospinale** eccitando i muscoli flessori ed inibendo gli estensori, specialmente di mani e braccia;

# Principali connessioni dei tratti reticolo-spinale e rubro-spinale con lo Spinocerebellum







### **Nucleo olivare inferiore**

Conferisce precisione ai movimenti volontari

Corteccia motoria

Corteccia sensitiva

Nucleo rosso mesencefalo

Cervelletto  
(cerebrocerebello)

### **Nucleo olivare accessorio**

Aggiustamenti posturali, mantenimento dell'equilibrio

Midollo spinale, tronco encefalo

Cervelletto (vestibolocerebello, spinocerebello)

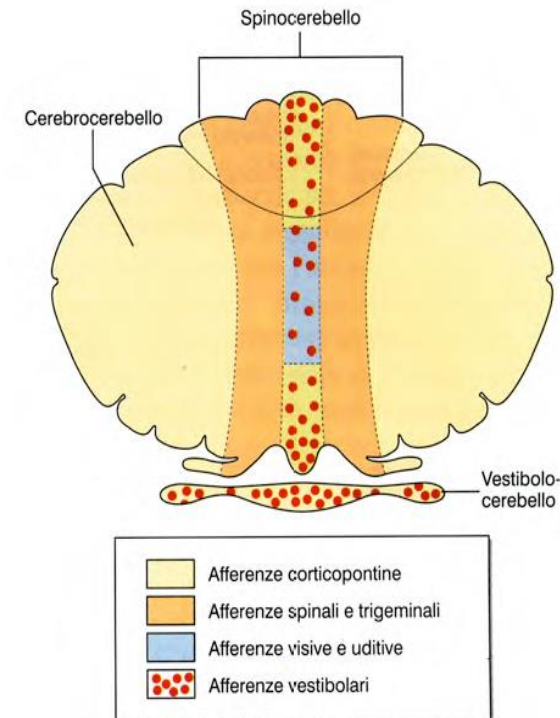
# Cervelletto

# Spino-cerebello

*Lo spino-cerebello riceve i fasci spino-cerebellari che convogliano informazioni da recettori propriocettivi, tattili e pressori.*

*Invia informazioni a nucleo rosso, sostanza reticolare, talamo, quindi può controllare tono muscolare e postura.*

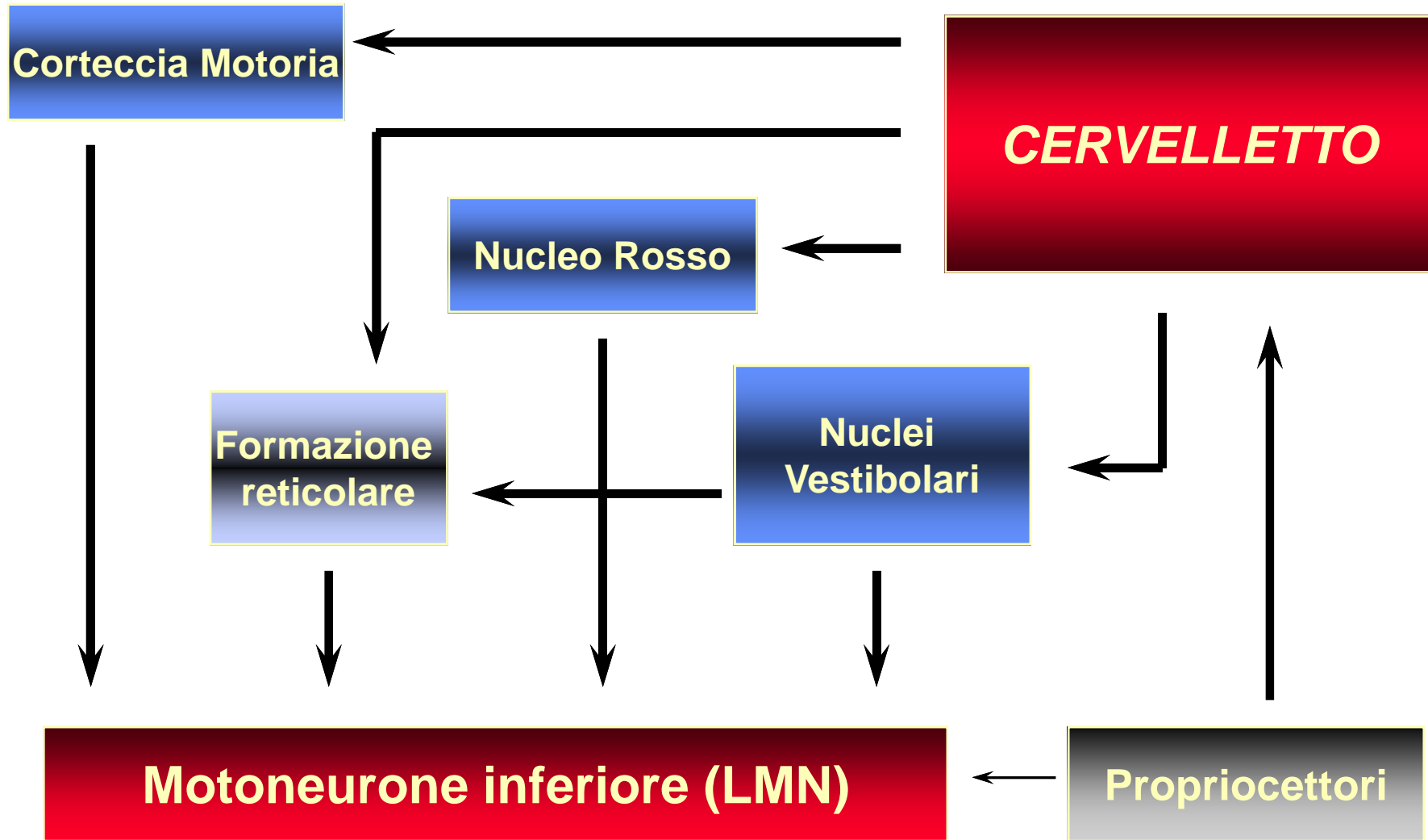
*Riceve le vie olivo-cerebellari, normalmente inattive e attivate quando il progetto motorio ed il movimento non coincidono: tentano di correggere il progetto motorio.*

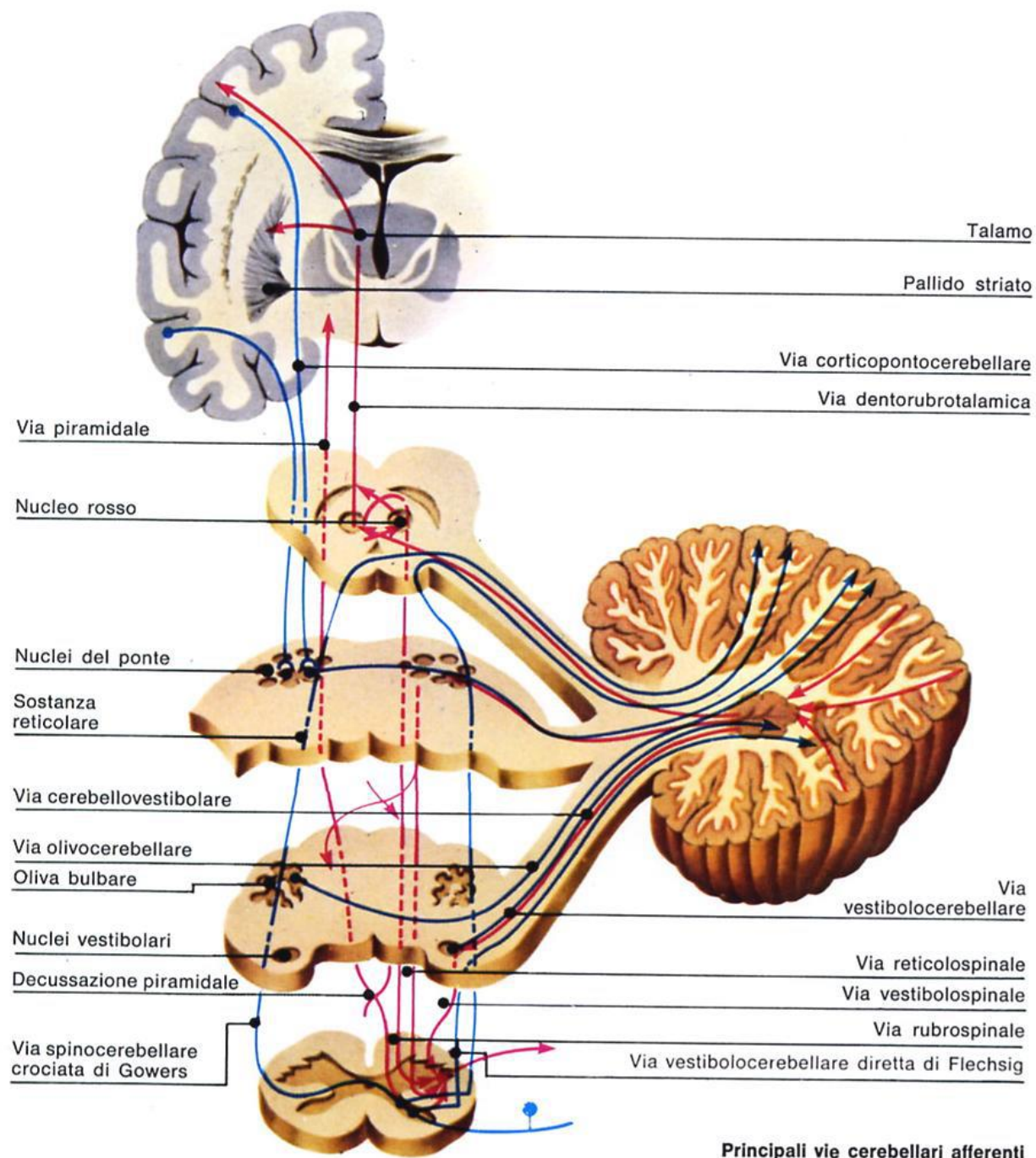


Lesioni del verme: atassia del tronco, ridotta precisione movimenti occhi



# CERVELLETTO E CONTROLLO MOTORIO





**Principali vie cerebellari afferenti**

## SEGNI DI MALATTIA CEREBELLARE

<b>Segno</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Atassia</b>	<b>Barcollamento, andatura a base allargata</b>
<b>Scomposizione del movimento</b>	<b>Incapacità di effettuare in sequenza appropriata atti fini e coordinati</b>
<b>Disartria</b>	<b>Incapacità di articolare le parole in modo appropriato, con farfugliamento e composizione inappropriata delle frasi</b>
<b>Adiadococinesia</b>	<b>Incapacità di effettuare movimenti rapidi e alternati</b>
<b>Dismetria</b>	<b>Incapacità di controllare l'ampiezza del movimento</b>
<b>Ipotonia</b>	<b>Diminuzione del tono muscolare</b>
<b>Nistagmo</b>	<b>Oscillazione rapida e involontaria dei globi oculari in direzione orizzontale, verticale o rotatoria con la componente veloce massima verso la sede della lesione cerebellare</b>
<b>Parola scandita</b>	<b>Enunciazione lenta con tendenza a esitare all'inizio della parola o della sillaba</b>
<b>Tremore</b>	<b>Movimento ritmico, alternante e oscillatorio di un arto mentre questo si avvicina a un bersaglio (tremore intenzionale) o della muscolatura prossimale mentre si tenta di mantenere una postura o un peso (tremore di mantenimento)</b>

**.....inoltre: sindrome affettiva cognitiva**