

Lezioni Fisiologia umana

Prof. Paolo Onorati

E-mail paolo.onorati@uniroma1.it

Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

**FISIOLOGIA
UMANA**

Il movimento volontario

Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia V. Erspamer

I movimenti possono essere suddivisi in:

Movimenti VOLONTARI (intenzionali, goal directed)

Risposte RIFLESSE (minor grado di coinvolgimento motorio, riflesso miotatico, retrazione dal caldo...)

Attività motorie ritmiche (deambulazione, corsa, masticazione...)

Movimenti normali nell'Uomo

"Poco automatici" o volontari

"Molto automatici" o riflessi

Sulla base del tipo di esecuzione si distinguono movimenti:

Rapidi o balistici - programmati o ad anello aperto (open loop)

Lenti o "a rampa" - controllati da feed-back sensoriale o ad anello chiuso

Iniziati per scelta del soggetto (internal trigger)

"Non traccianti" - "traccianti" di inseguimento

"Non di abilità" - movimenti semplici i quali non richiedano apprendimento particolare

"di abilità" - movimenti difficili da eseguirsi i quali richiedano apprendimento particolare

Caratteristiche del movimento volontario

1. Segmenti corporei interessati (mano, piede etc.)
2. Modalità di inizio (self-initiated/triggered)
3. Velocità (balistico/a rampa)
4. Forza (debole/forte)
5. Escursione (piccolo/ampio)
6. Direzione (flessione/estensione; abduzione/adduzione; di reaching)
7. Guida (dal contatto/dalla vista/dal suono)
8. Complessità (semplice, complesso)
9. Durata (breve/lunga)
10. Feed-back (continuo/discontinuo)
11. Lateralità (unilaterale/bilaterale)

I sistemi motori svolgono tre compiti principali:

- i) Convogliano i comandi a uno o più gruppi muscolari
- ii) Tengono conto della distribuzione delle masse corporee al fine di eseguire aggiustamenti posturali appropriati
- iii) Tengono conto della disposizione meccanica di muscoli, ossa , articolazioni

I sistemi motori

integrano questi tre compiti in atti motori volontari e riflessi

ricevendo continuamente informazioni sensoriali somatiche

e

organizzando i vari livelli di controllo in maniera gerarchica

Le informazioni sensoriali vengono utilizzate per correggere gli errori del movimento attraverso meccanismi di controllo a

feed-back
(Controllo
Posturale)

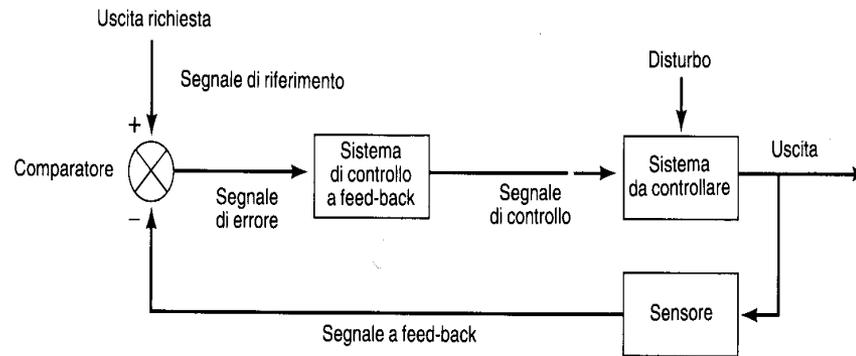
e

Sensori presenti nei sistemi naturali rilevano il segnale in uscita e lo comparano con un set point di riferimento; il segnale di errore agisce sul sistema di controllo.

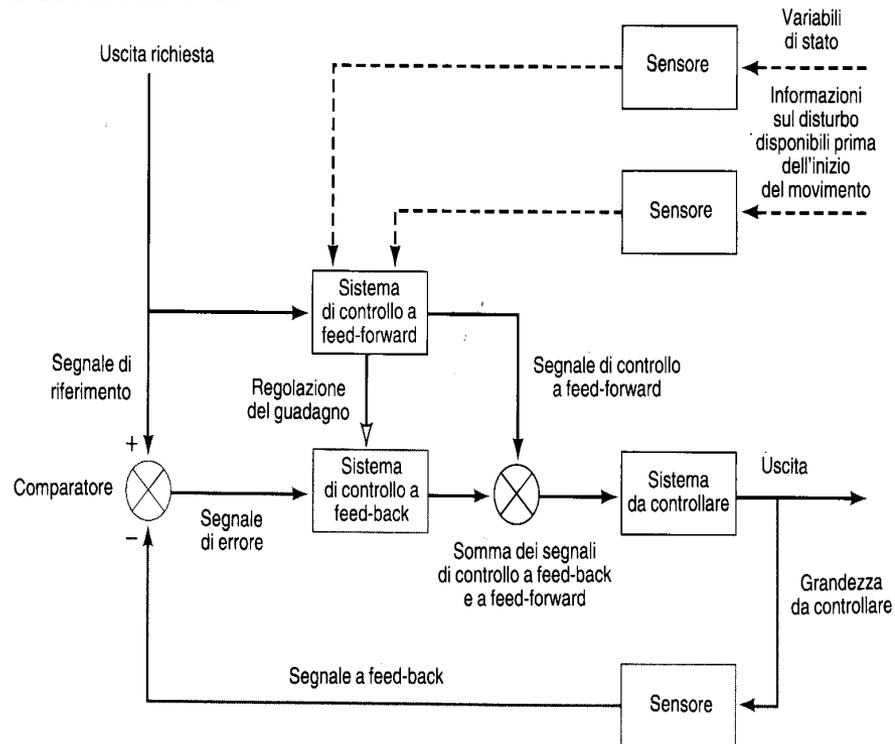
feed-forward
o anticipatori
(Afferramento)

Gli eventi sensoriali sono in grado di controllare più efficacemente il movimento fornendo informazioni in anticipo. A tal fine è necessaria una rappresentazione dinamica sia del mondo esterno che di quello interno.

A Controllo a feed-back



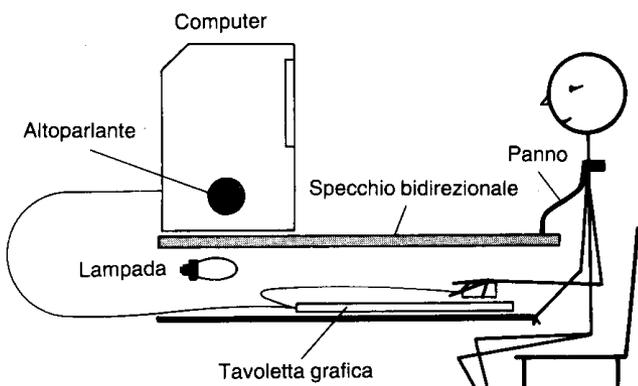
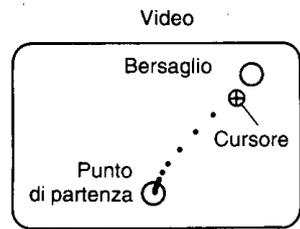
B Controllo a feed-forward



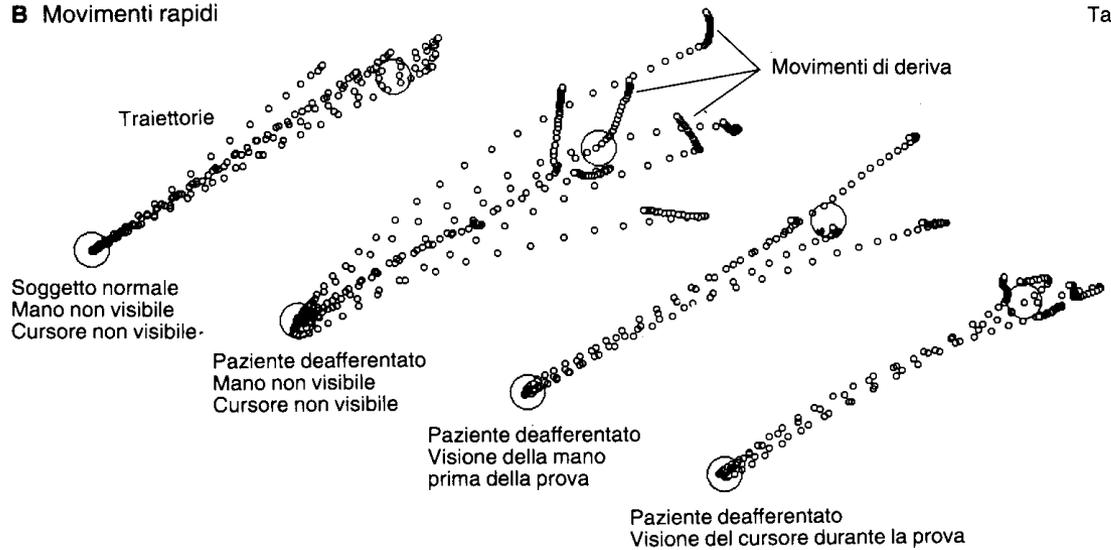
Nei pazienti con deficit neurosensoriali (ad es. nelle **neuropatie sensoriali**) si manifestano alterazioni dei meccanismi di feed-back e di feed-forward.

Tali pazienti non riescono a mantenere la stazione eretta in caso di interruzione del feed-back visivo (**segno di Romberg** per alterazioni nervose dell'arto inferiore), come anche la loro andatura viene definita **pseudo-atassica** e peggiora (ad occhi chiusi)

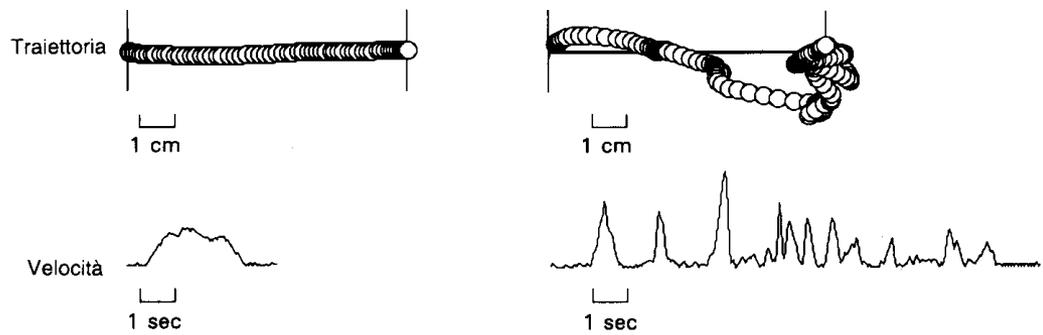
A Dispositivo sperimentale



B Movimenti rapidi



C Movimenti lenti con visione del cursore



STRUTTURA DEL MOVIMENTO VOLONTARIO

1. Decisione di agire

2. Piano di azione (DOVE? QUANDO? COME?)

3. Programma

Movimento Semplice:

muscoli agonisti/antagonisti

muscoli sinergici

muscoli fissatori posturali

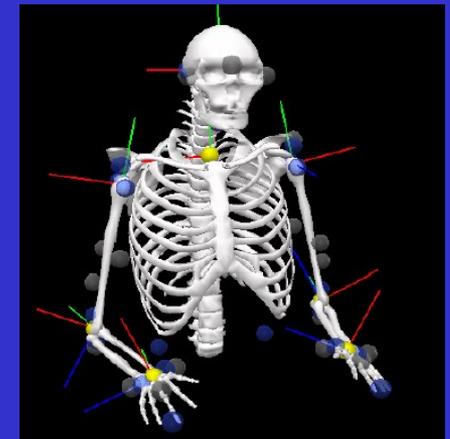
Sequenze di movimenti-Movimenti complessi

4. esecuzione

AVVIO

SVOLGIMENTO

ARRESTO



Nei sistemi di controllo del movimento si distinguono
tre livelli
organizzati in modo gerarchico

I livelli inferiori generano movimenti di tipo riflesso

I livelli superiori impartiscono comandi di carattere generale

- 1) **MIDOLLO SPINALE** a tale livello si organizzano i riflessi semplici (Sherrington: via finale comune)
- 2) **TRONCO DELL'ENCEFALO** (mediale, laterale e aminergico) a tale livello vengono integrate informazioni vestibolari, visive, somatiche al fine del mantenimento posturale, come anche del controllo dei movimenti oculari e del capo
- 3) **CORTECCIA MOTRICE PRIMARIA**
AREA PREMOTORIA LATERALE
AREA MOTRICE SUPPLEMENTARE

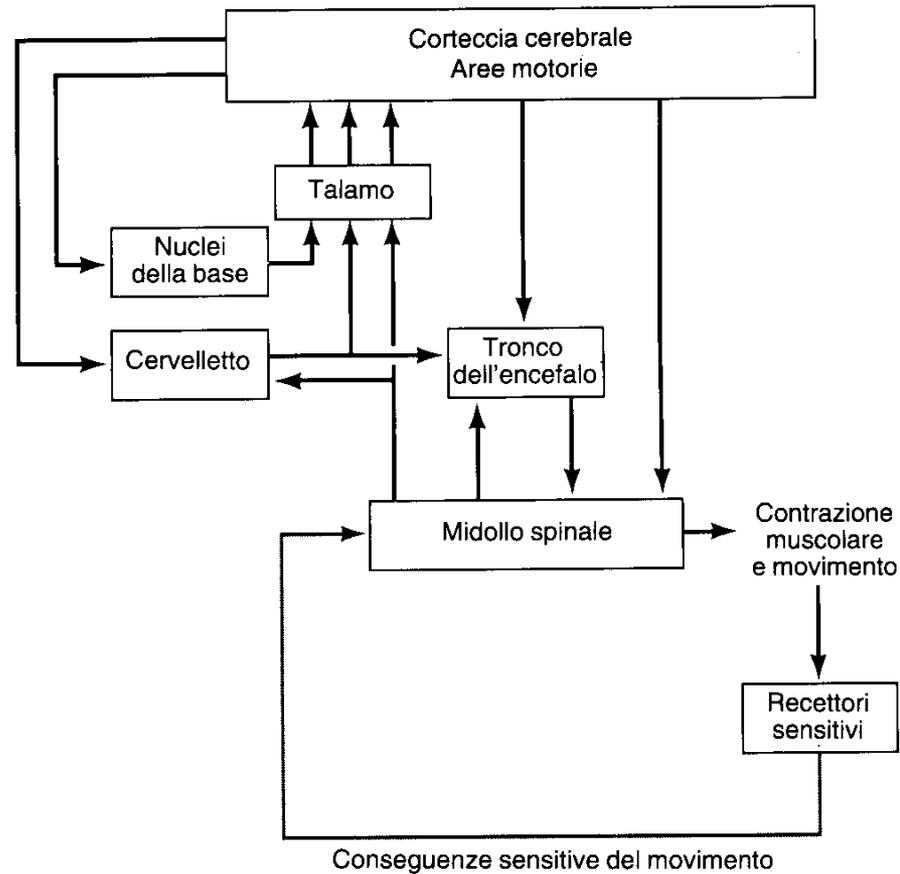


FIGURA 35-3

I sistemi motori constano di tre livelli di controllo organizzati sia in maniera gerarchica che in parallelo. Di conseguenza, le aree motorie della corteccia cerebrale possono influenzare il midollo spinale sia direttamente che attraverso i sistemi discendenti del tronco dell'encefalo. Tutti e tre i livelli dei sistemi motori ricevono segnali afferenti sensoriali e vengono influenzati da due sistemi sottocorticali indipendenti: i nuclei della base ed il cervelletto. Sia i nuclei della base che il cervelletto agiscono sulla corteccia cerebrale per il tramite di nuclei talamici di ritrasmissione.

Il cervelletto ed i gangli della base controllano i sistemi motori corticali e troncoencefalici

Il cervelletto gioca un ruolo essenziale nel controllo del movimento confrontando

motor planning Vs on-going movement

Deficit cerebellari determinano *Atassia*

I gangli della base (nuclei della base) ricevono afferenze da tutte le aree corticali e proiettano principalmente alla corteccia frontale

Deficit basal ganglia determinano:

Riduzione e/o rallentamento movimenti volontari

Movimenti involontari (coreoatetosi)

Alterazioni posturali

I motoneuroni del midollo spinale vengono controllati da segnali afferenti periferici e da segnali discendenti.

Sono organizzati topograficamente in un gruppo MEDIALE

(interneuroni segmentali ipsi e contralaterali, gli assoni dei n. propriospinali decorrono nelle colonne mediale e ventrale e sono lunghi) (muscoli prossimali)

ed in un gruppo LATERALE

(interneuroni ipsilaterali, gli assoni dei n. propriospinali sono brevi) (muscoli distali).

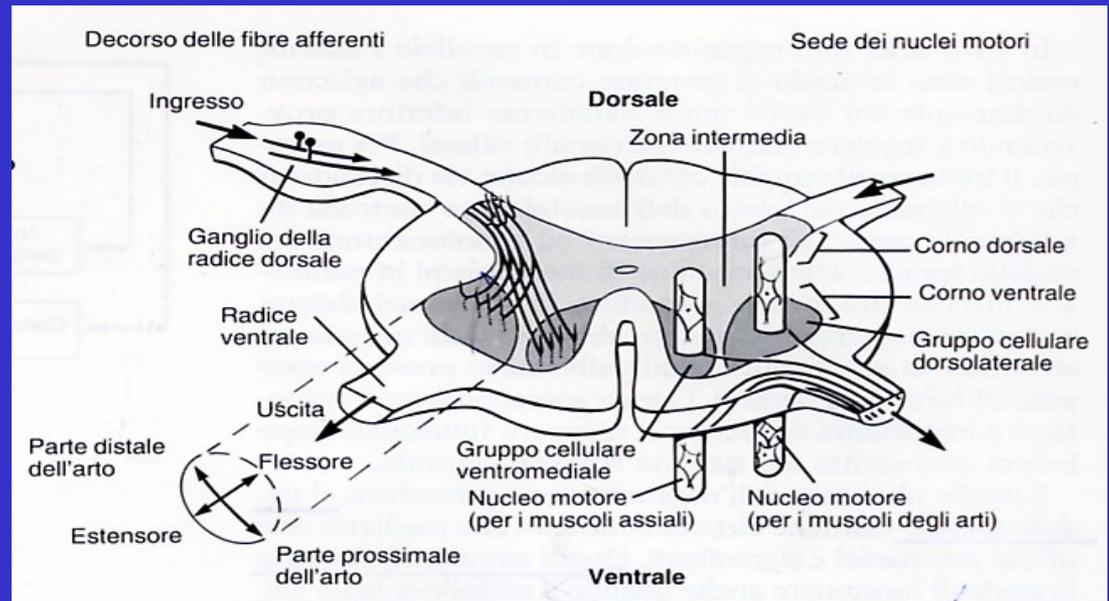
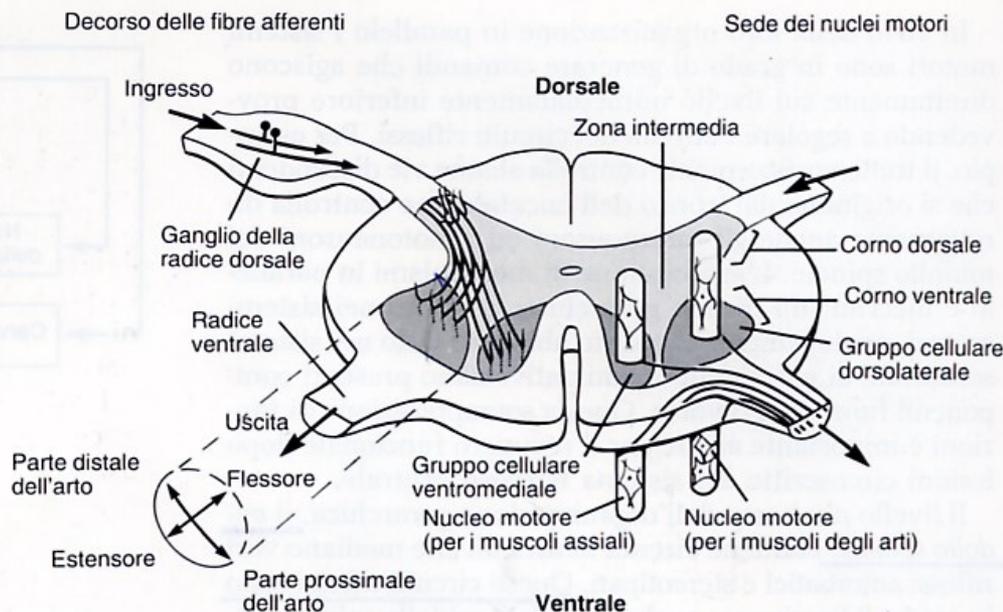


FIGURA 35-4

I nuclei motori del midollo spinale si distinguono funzionalmente in due gruppi, che occupano rispettivamente una posizione mediale ed una posizione laterale. Il gruppo mediale contiene i motoneuroni che innervano i muscoli assiali del collo e della schiena. All'interno del gruppo laterale, i motoneuroni più mediali innervano i muscoli prossimali mentre quelli più laterali innervano i muscoli distali. I motoneuroni disposti ventralmente innervano i muscoli estensori e quelli disposti dorsalmente i flessori.



Ciascun muscolo è innervato da pool motoneuronali che formano colonne longitudinali occupanti da 1 a 4 segmenti spinali disposti secondo un gradiente che procede in senso ventrale a seconda che innervino i muscoli FLESSORI o gli ESTENSORI

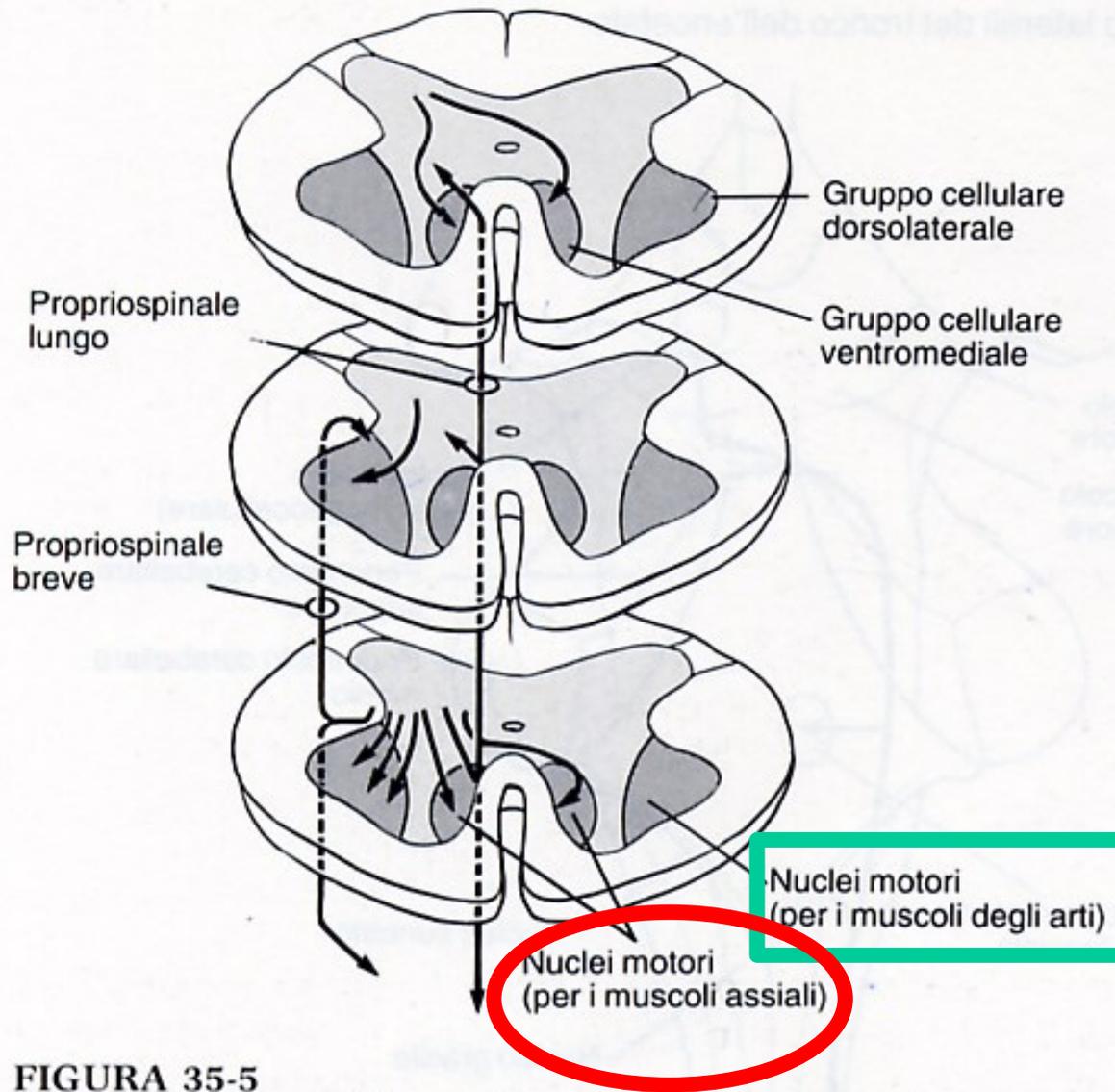


FIGURA 35-5

I nuclei motori mediali sono interconnessi da neuroni propriospinali lunghi, mentre i nuclei motori laterali sono interconnessi da neuroni propriospinali brevi.

Il tronco dell'encefalo modula l'attività dei motoneuroni e degli interneuroni mediante

VIE MEDIALI (muscoli assiali e prossimali),

VIE LATERALI (muscoli laterali),

VIE AMINERGICHE (terminano in modo diffuso nel tronco)

VIE MEDIALI vestibolospinali (equilibrio e postura)

reticolospinali (postura) (via cortico-reticolo-spinale)

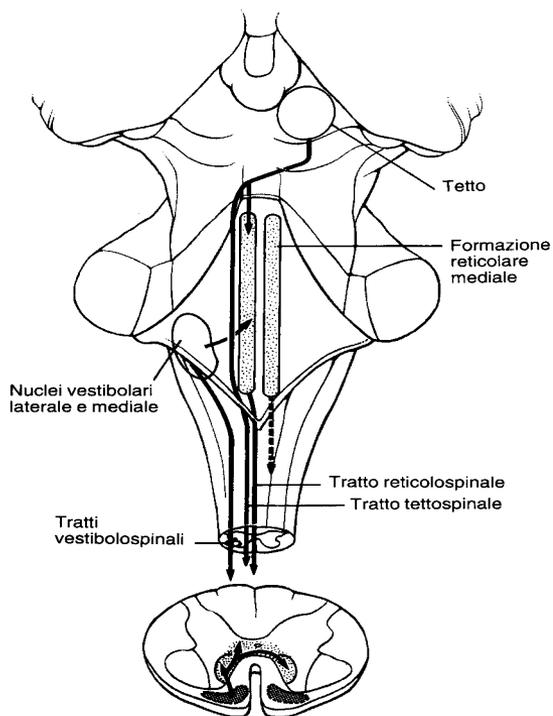
tettospinale (movimenti capo e occhi) (collicolo superiore proietta al midollo spinale controlaterale)

VIE LATERALI tratto rubrospinale (porz. magnocel. N. rosso)
poco sviluppato nell'Uomo.

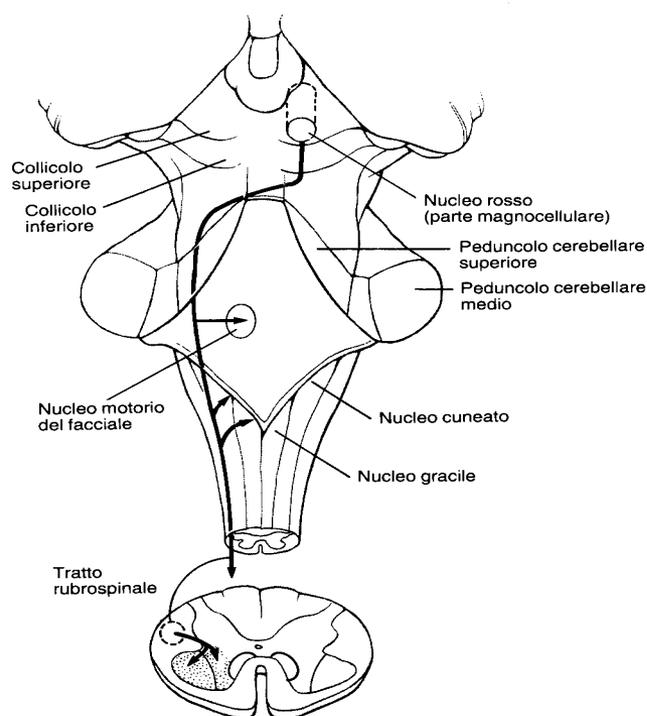
VIE AMINERGICHE sistema ceruleo-spinale (noradrenergico)

rafe-spinale (serotoninergico=>modulazione dolore)

A Vie mediali del tronco dell'encefalo



B Vie laterali del tronco dell'encefalo



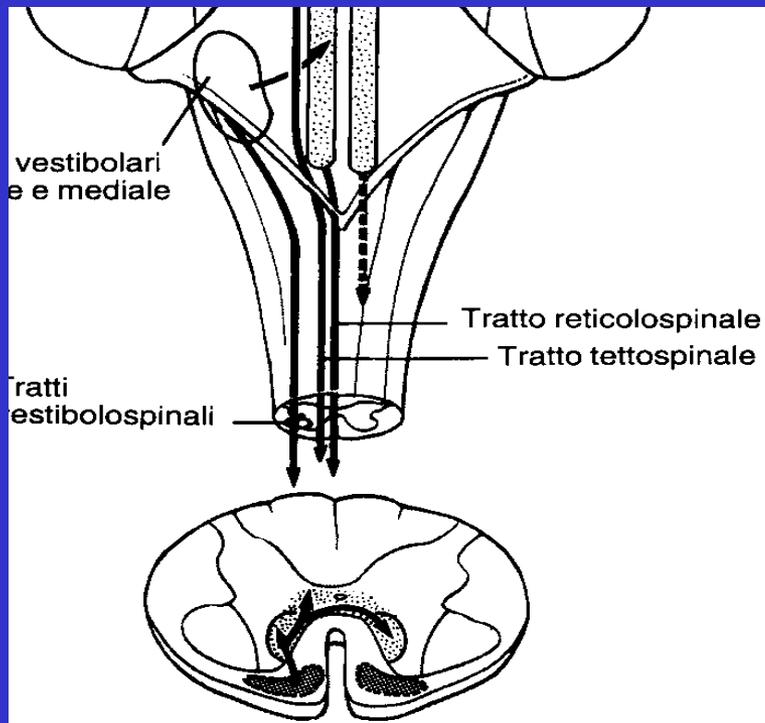
	Vie mediali	Vie laterali
Tronco dell'encefalo	Motoneuroni dei muscoli extraoculari (III, IV, VI) X, IX (non illustrati)	Nuclei dei nervi cranici VII, VIII, XII Nuclei cuneato, gracile e del V
Segmenti spinali	Interneuroni mediali Neuroni propriospinali lunghi Pool motoneuronali mediali	Interneuroni laterali Neuroni propriospinali brevi Pool motoneuronali laterali
Muscoli	Prossimale >> Distale Estensori > Flessori	Distale >> Prossimale Flessori > Estensori

FIGURA 35-6

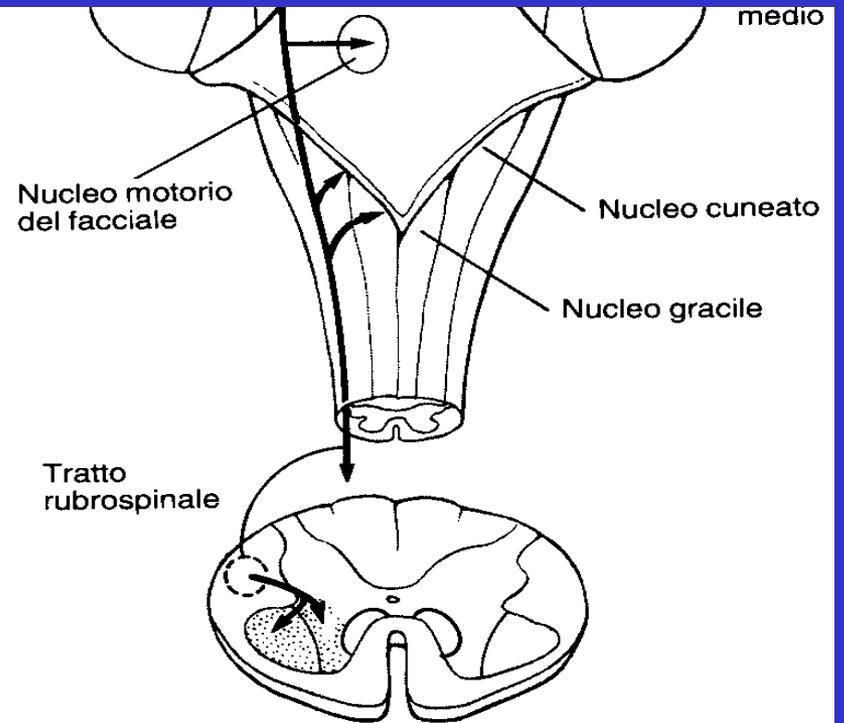
Due gruppi di vie discendenti dal tronco dell'encefalo controllano gruppi diversi di neuroni e di muscoli.

A. Le principali componenti delle vie mediali sono i tratti reticolospinali, vestibolospinali mediale e laterale e tettorospinale, che discendono nella colonna ventrale e terminano a livello della porzione della sostanza grigia spinale che è iscurita nella figura.

B. La principale via laterale è il tratto rubrospinale, che si origina dalla porzione caudale, magnocellulare, del nucleo rosso. Il tratto rubrospinale discende nella colonna dorsolaterale contralaterale e termina a livello dell'area della sostanza grigia spinale che è iscurita nella figura.



Vie mediali



Vie laterali

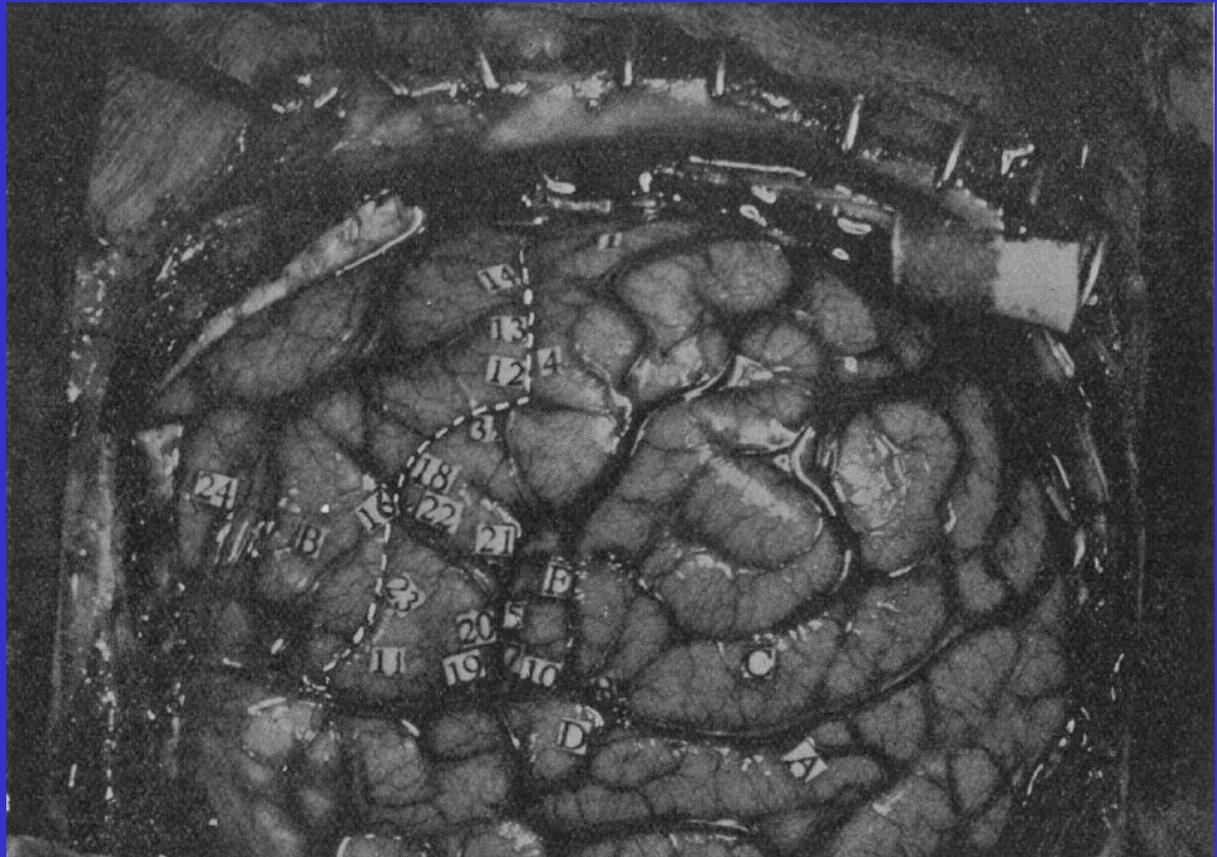
Tronco dell'encefalo	Motoneuroni dei muscoli extraoculari (III, IV, VI) X, IX (non illustrati)	Nuclei dei nervi cranici VII, VIII, XII Nuclei cuneato, gracile e del V
Segmenti spinali	Interneuroni mediali Neuroni propriospinali lunghi Pool motoneuronali mediali	Interneuroni laterali Neuroni propriospinali brevi Pool motoneuronali laterali
Muscoli	Proximale \gg Distale Estensori > Flessori	Distale \gg Proximale Flessori > Estensori

**INSTABILITY OF RESPONSE TO STIMULATION OF
THE SENSORIMOTOR CORTEX OF MAN**

BY WILDER PENFIELD AND KEASLEY WELCH

*From the Department of Neurology and Neurosurgery, McGill University,
and the Montreal Neurological Institute*

(Received 1 November 1948)



La corteccia motrice controlla i movimenti attraverso il tratto corticospinale e vie originate nel tronco dell'encefalo (fibre corticobulbari, corticospinali, cortico-reticolospinali, cortico-rubrospinali, etc.)

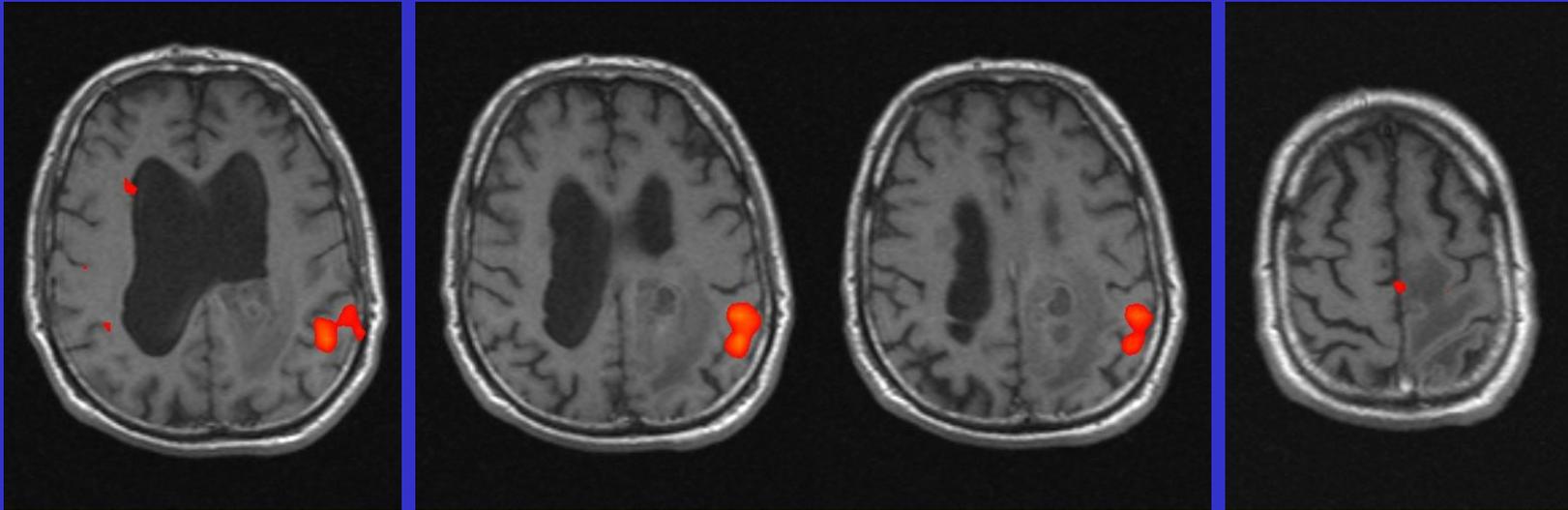
Il tratto corticospinale è costituito da circa 1 milione di fibre
1/3 origina nell'area 4 di Brodmann
1/3 origina dalle aree premotorie (area 6 di Brodmann)
1/3 origina dalle aree 3,2,1 della corteccia somatosensitiva

Decussa a livello bulbo-spinale (circa 3/4 delle fibre) formando i tratti *cortico-spinali laterali*, le fibre non crociate (1/4) formano i tratti *cortico-spinali mediali*.

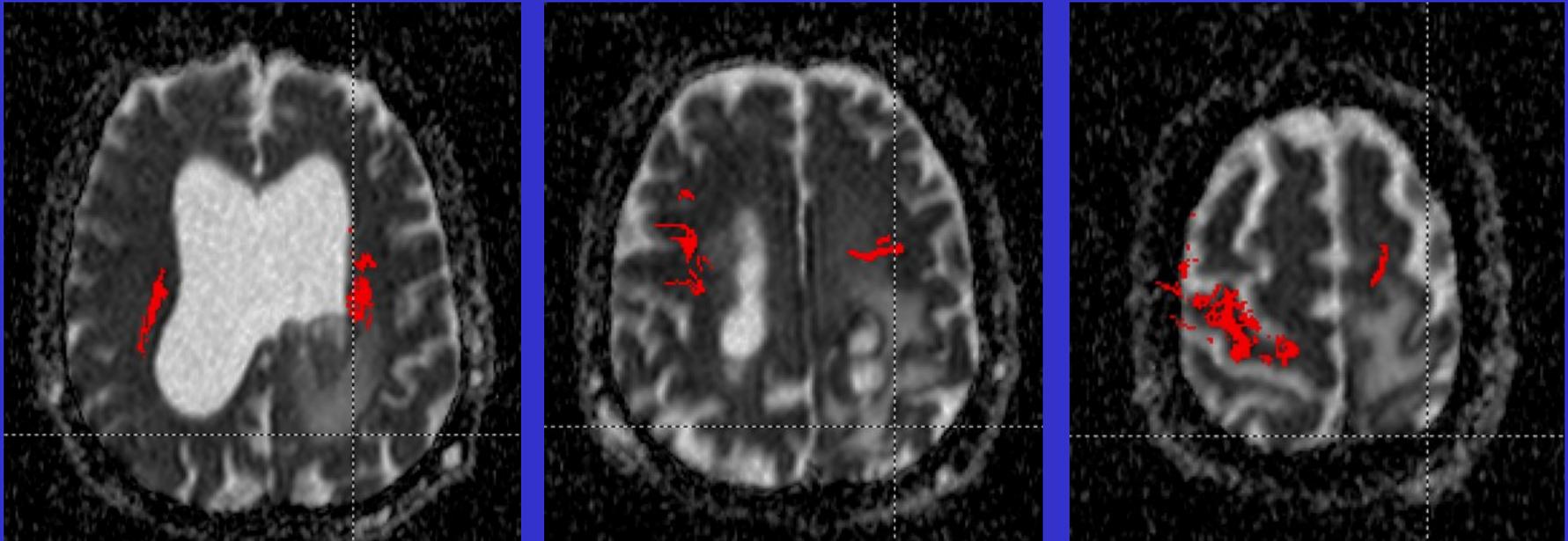
La proiezione al N. Faciale è bilat.

Ma prevalentemente per i neuroni che innervano la parte Inferiore del volto.

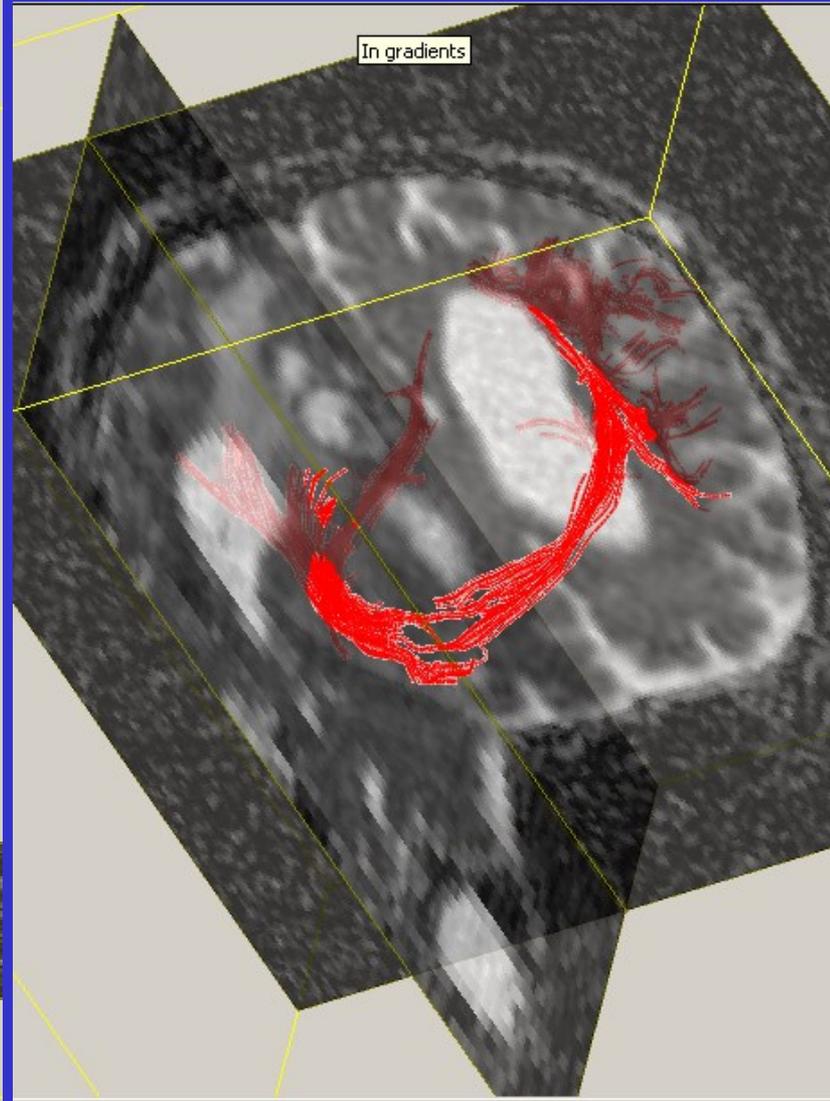
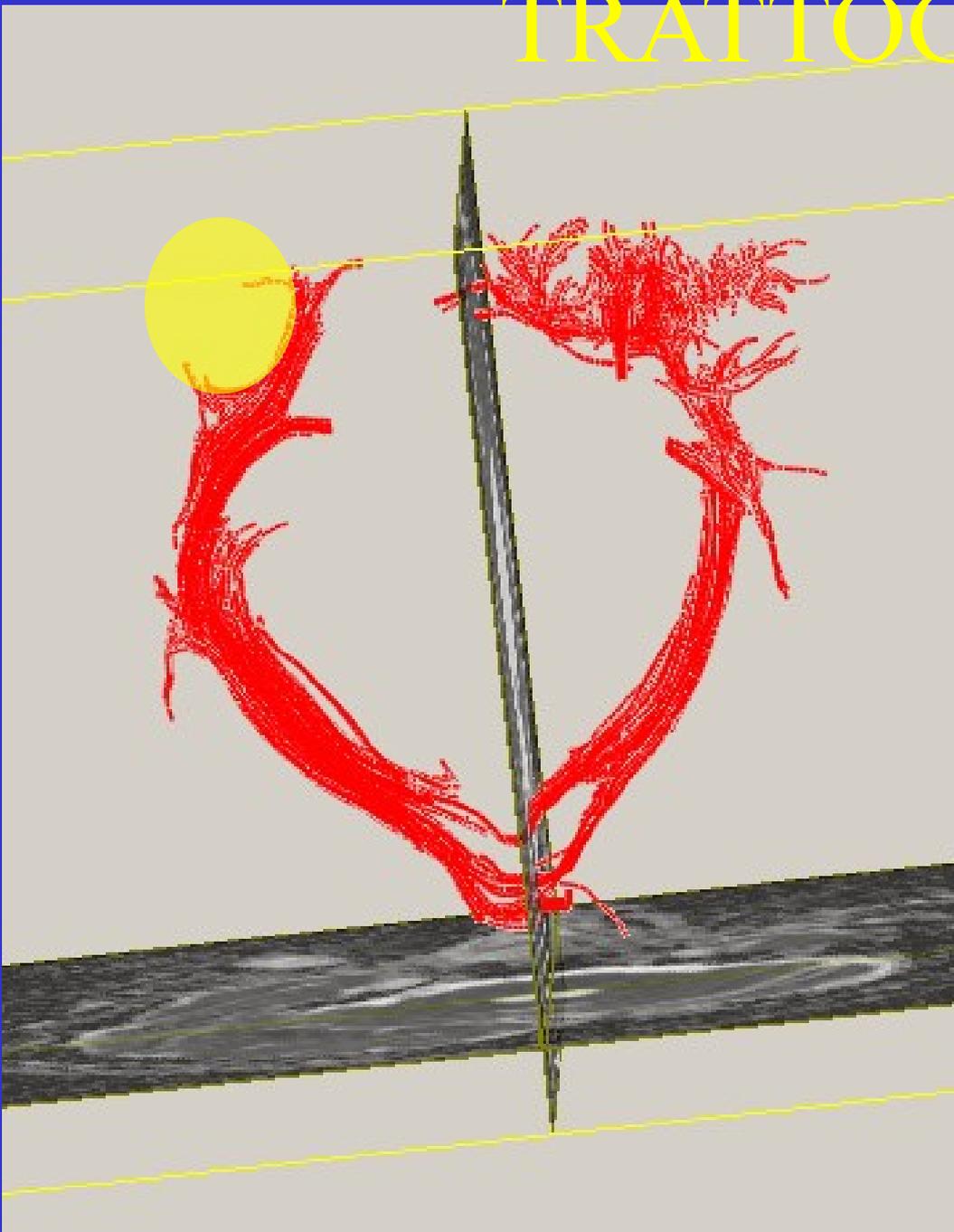
Attivazione corticale (finger tapping) per individuare la corteccia motoria

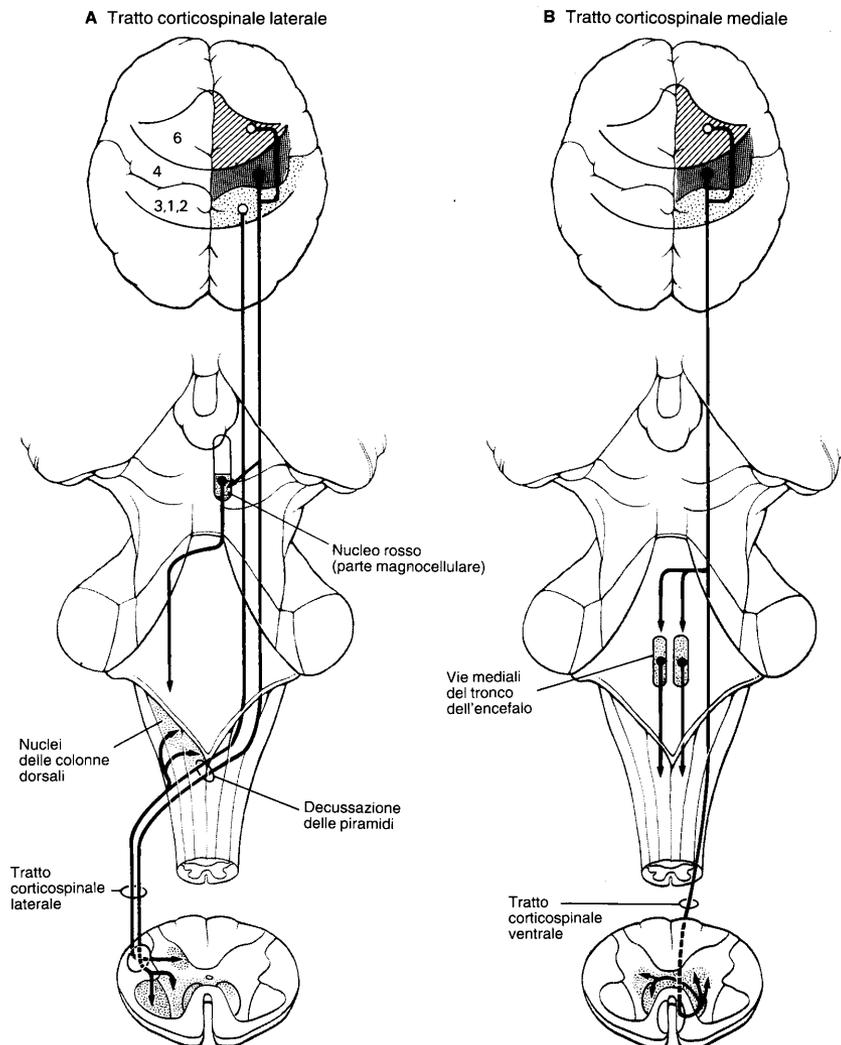


Trattografia per mappare il fascio piramidale



TRATTOGRAFIA



**FIGURA 35-7**

Vie discendenti corticali destinate al midollo spinale.

A. Il tratto corticospinale laterale crociato si origina dalle aree 4 e 6 e dalle aree sensitive 3, 2 e 1 di Brodmann. Esso attraversa la linea mediana a livello della decussazione delle piramidi, discende nella colonna dorsolaterale e termina a livello dell'area della sostanza grigia spinale che è iscurita nella figura. I neuroni corticorubrali sono localizzati principalmente nell'area 6. La principale area di terminazione dei neuroni corticospinali che si

originano dalla corteccia sensitiva è costituita dalla porzione mediale del corno dorsale. Collaterali degli assoni di questi neuroni proiettano ai nuclei delle colonne dorsali.

B. Le vie non crociate (tratto corticospinale ventrale) prendono origine principalmente dall'area 6 e dalle regioni dell'area 4 che controllano il collo ed il tronco. Le terminazioni sono bilaterali e loro collaterali proiettano alle vie mediali del tronco dell'encefalo.

La lesione delle vie piramidali determina comparsa di Sintomi caratteristici

Segni negativi paresi
perdita di forza

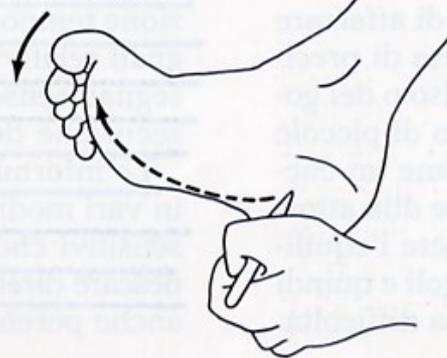
Segni positivi fenomeni di liberazione
(Risposta plantare estensoria, iperreflessia)

FIGURA 35-9

Il segno di Babinski è patognomnico di una lesione del tratto corticospinale. Quando la pianta del piede viene strofinata energicamente lungo il decorso indicato, la risposta normale è caratterizzata dalla flessione del piede e delle dita. Il segno di Babinski consiste nell'estensione dell'alluce e nell'allargamento a ventaglio delle altre dita.

Risposta plantare normale

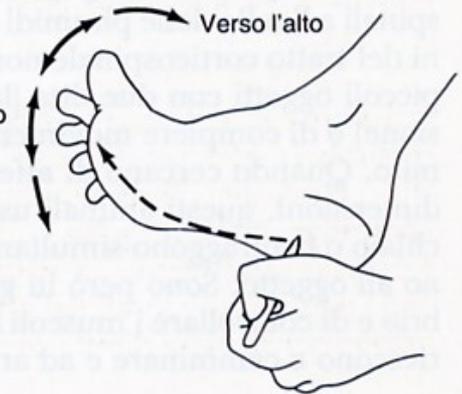
Verso il basso



Risposta plantare estensoria (segno di Babinski)

Verso l'alto

Allargamento a ventaglio delle dita



La risposta plantare estensoria è un riflesso di retrazione plantare iperattivo

La comparsa, in condizioni patologiche, di una risposta riflessa, normalmente assente dimostra che lesioni di tipo centrale possono provocare la perdita di particolari funzioni e la liberazione di altre che, in condizioni normali, sono inibite.