

Fisiologia

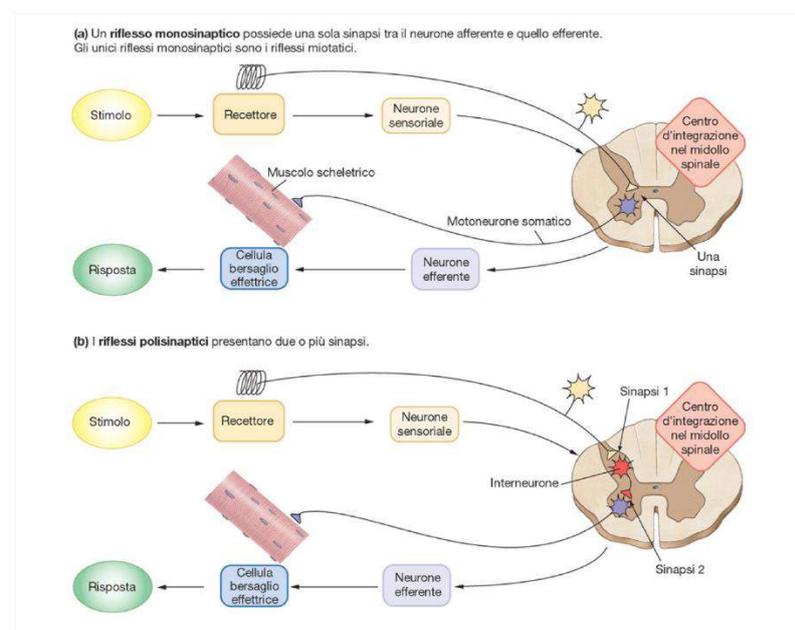
Lezione

Il controllo motorio è solo in parte volontario

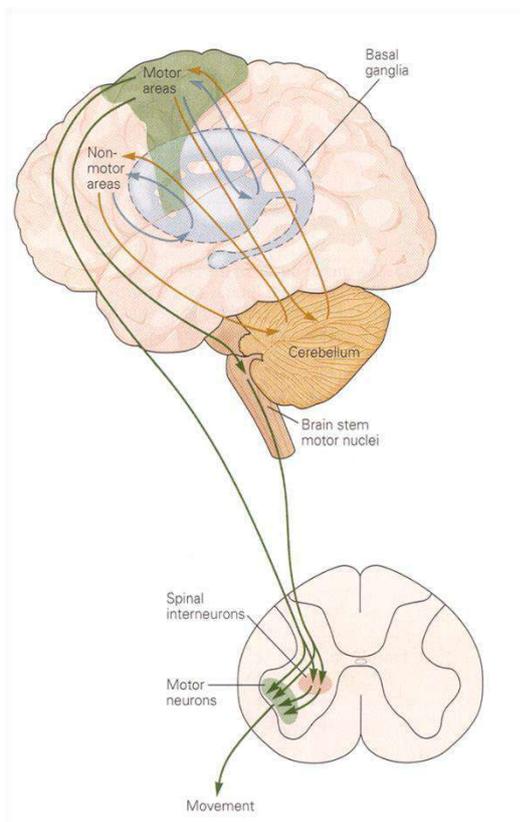
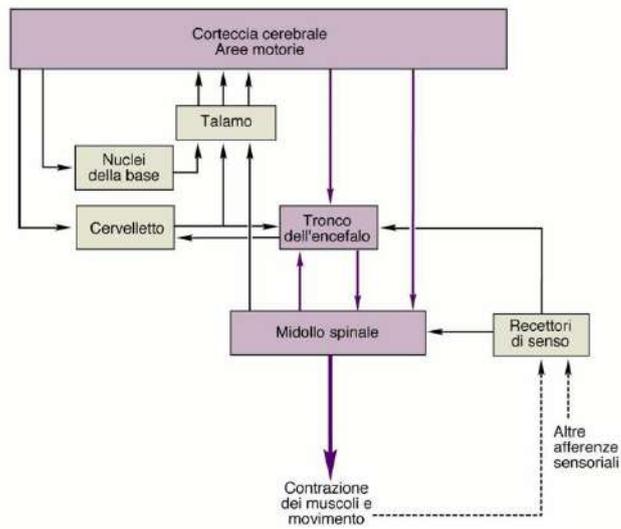
Riflesso : semplice e stereotipata risposta motoria ,, automatica e involontaria , ad uno specifico tipo di stimolo .

I riflessi nervosi possono essere classificati secondo vari criteri :

1. Divisione efferente che controlla l'effettore
Riflessi somatici (neuroni motori somatici che controllano i muscoli scheletrici)
Riflessi autonomi o viscerali (neuroni autonomi al muscolo liscio e cardiaco , ghiandole e tessuto adiposo)
2. Regione di integrazione all' interno del SNC :
riflessi spinali (non richiedono segnali dai centri superiori)
riflessi cranici (sono integrati a livello encefalico)
3. Periodo in cui si sviluppa il riflesso:
riflessi innati(geneticamente determinanti)
riflessi appresi o condizionati(acquisiti con l' esperienza)
4. Numero di neuroni dell' arco riflesso :
riflessi monosinaptici (neurone afferente sensoriale / neurone efferente motorio)
riflessi polisinpatici (uno o più interneuroni interposti)



Struttura a livelli gerarchici del sistema motorio



Corteccia cerebrale : vie dirette e indirette .

Tronco dell' encefalo : sistemi discendenti mediali implicati nel controllo della postura ; integrano informazioni visive , vestibolari e somatosensitive. I sistemi discendenti laterali controllano i muscoli distali degli arti (movimenti finalizzati) .

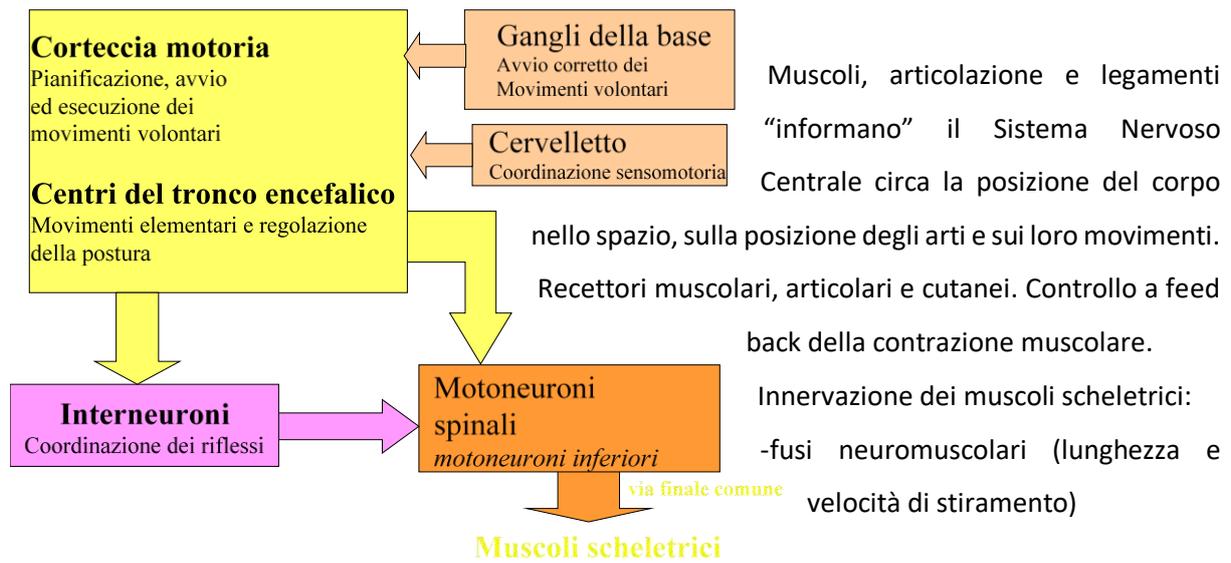
Midollo spinale : circuiti neuronali che mediano i riflessi e i movimenti automatici di tipo ritmico .

Gangli della base : scelta di piani comportamentali , controllo posturale , processi cognitivi .

Cervelletto : accuratezza e coordinazione dei movimenti , apprendimento motorio.

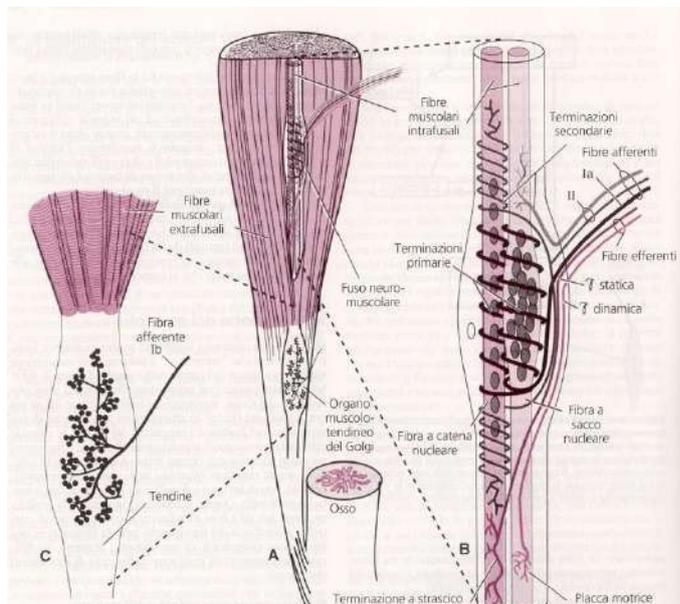
Vie discendenti : motoneuroni superiori

motoneuroni superiori



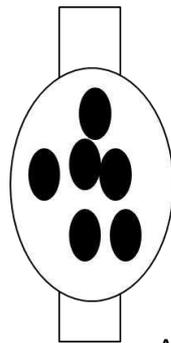
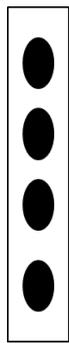
- organi muscolo tendinei del Golgi (tensione)
- terminazioni nervose isolate
- corpuscoli di Pacini

Fuso neuromuscolare



costituito da 8-10 fibre muscolari modificate (intrafusali) localizzate parallelamente alle fibre muscolari normali (extrafusali) nel "ventre muscolare". Le fibre muscolari intrafusali mancano nella parte centrale dell'apparato contrattile. Forniscono informazioni circa la lunghezza del muscolo e la velocità alla quale un muscolo viene stirato.

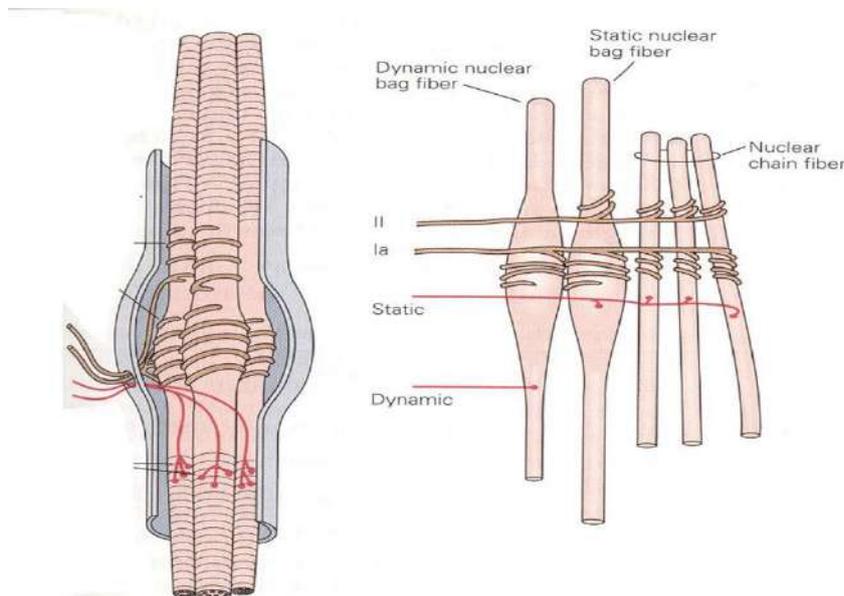
Fibre intrafusali



- fibre a catena di nuclei: fibre corte e sottili i cui nuclei sono disposti in una sola fibra.
- fibre a sacco di nuclei: fibre con diametro maggiore, i cui nuclei sono disposti nella regione centrale. Sono suddivise in statiche e dinamiche a seconda delle loro proprietà funzionali.

All'interno di un fuso neuromuscolare sono presenti entrambi i tipi

di fibre, in genere due fibre a sacco e circa cinque fibre a catena.



Durante lo stiramento le fibre afferenti di tipo Ia e II rispondono in maniera diversa: all'inizio dello stiramento (fase dinamica) le fibre Ia hanno una frequenza di scarica alta ed uniforme. Nella seconda fase (statica) la frequenza di scarica diminuisce fino ad arrivare a zero. Al

contrario le fibre di tipo II rispondono durante lo stiramento con una frequenza di scarica via via maggiore. La frequenza diminuisce solo quando lo stiramento viene a mancare. Il segnale riportato dalle fibre Ia riflette sia la lunghezza della fibra muscolare intrafusale che la velocità dello stiramento, mentre le fibre di tipo II trasportano solamente il segnale funzione della lunghezza del muscolo.

Afferenze sensitive

FIBRE Ia: Afferenze sensitive del fusoneuromuscolare. Neuroni con diametro assonale grande (12-20 μm) che permettono quindi una elevata velocità di conduzione. Le fibre afferenti di tipo Ia si attorcigliano al centro del fuso neuromuscolare formando delle spirali (terminazioni anulospirali) attorno alle fibre muscolari intrafusali e sono attivate dallo stiramento del muscolo. Formano sinapsi con i motoneuroni α , con interneuroni e trasmettono informazioni ai centri superiori. **DINAMICHE** SEGNALANO VARIAZIONI DI LUNGHEZZA E DI VELOCITA'

FIBRE II: fibre afferenti al fuso neuromuscolare solo con fibre intrafusali a catena o a sacco statiche. Diametro piccolo (6-12 μm). Hanno terminazioni anulospirali o diffuse. STATICHE SEGNALANO VARIAZIONI DI LUNGHEZZA

Neuroni Ib: Afferenze sensitive dell'organo muscolotendineo del Golgi. Sensibili alla lunghezza. Hanno diametro assonale inferiore rispetto ai neuroni I

Motoneuroni α : motoneuroni spinali su cui i neuroni Ia formano sinapsi dirette. Innervano le fibre muscolari extrafusali. Elevata velocità di conduzione. Costituiscono il sistema scheletromotorio.

Innervazione motoria del fuso neuromuscolare

Motoneuroni γ : piccoli motoneuroni sparsi tra i motoneuroni α nel corno ventrale del midollo spinale(sono circa 1/3 delle fibre motorie). Innervano le fibre muscolari intrafusali in posizione distale rispetto alle terminazioni sensoriali, sulla parte striata delle fibre. Hanno velocità di conduzione bassa e la loro attivazione non induce accorciamento del muscolo in toto. Hanno terminazioni sulle fibre intrafusali a sacco di tipo I (FIBRE γ -DINAMICHE) o terminazioni sulle fibre intrafusali a sacco di tipo II o sulle fibre intrafusali a catena (FIBRE γ STATICHE). Costituiscono il sistema fusimotorio

STIRAMENTO DI UN MUSCOLO

|

ATTIVAZIONE FIBRE SENSITIVE

|

ATTIVAZIONE MOTONEURONI ALFA

|

CONTRAZIONE MUSCOLARE

|

INATTIVAZIONE FIBRE SENSITIVE

|

In seguito a contrazione prolungata il fuso potrebbe restare inattivo. Questa inibizione è impedita dai motoneuroni gamma.

La stimolazione del Sistema Afferente gamma provoca la contrazione delle estremità contrattili delle fibre intrafusali provocando stiramento della porzione a sacco nucleare dei fusi.

Il ruolo dei motoneuroni gamma è quello di MANTENERE IN TENSIONE IL FUSO NEUROMUSCOLARE durante la contrazione attiva, assicurando la sua capacità a rispondere a differenti lunghezze del muscolo

L'innervazione gamma previene il blocco di sensibilità del fuso neuromuscolare causato dal muscolo stesso. Lo rende capace di segnalare i cambiamenti di lunghezza muscolare a tutti i livelli di lunghezze possibili

Coattivazione a e y: consente alle fibre muscolari intrafusali di accorciarsi e di rimanere quindi sensibili in un ampio intervallo di lunghezze muscolari.

RIFLESSI

SPINALI o CRANICI

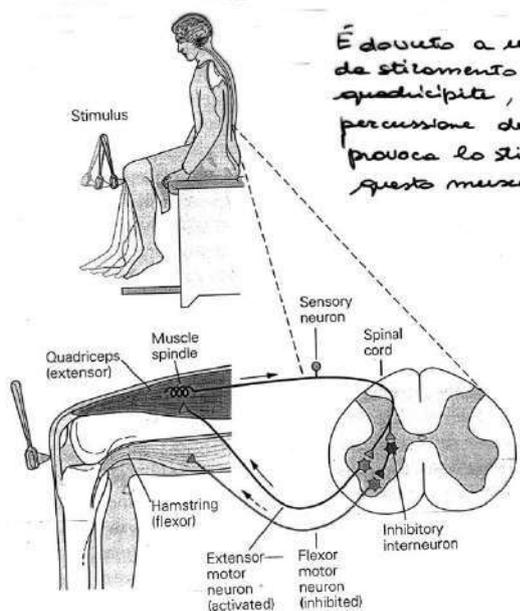
SOMATICI o VISCERALI

INNATI o CONDIZIONATI (appresi)

MONOSINAPTICI o POLISINAPTICI

Esempi: Riflesso del tendine rotuleo (spinale, somatico, monosinaptico) Riflesso pupillare (cranico, viscerale, polisinaptico)

Riflesso da stiramento: Stiramento passivo di un muscolo : conseguente contrazione muscolare che si oppone allo stiramento



STIRAMENTO MUSCOLO

Stiramento fuso neuromuscolare

Deformazione delle terminazioni sensitive anulo-spirali

Potenziale generatore per apertura canali ionici e depolarizzazione

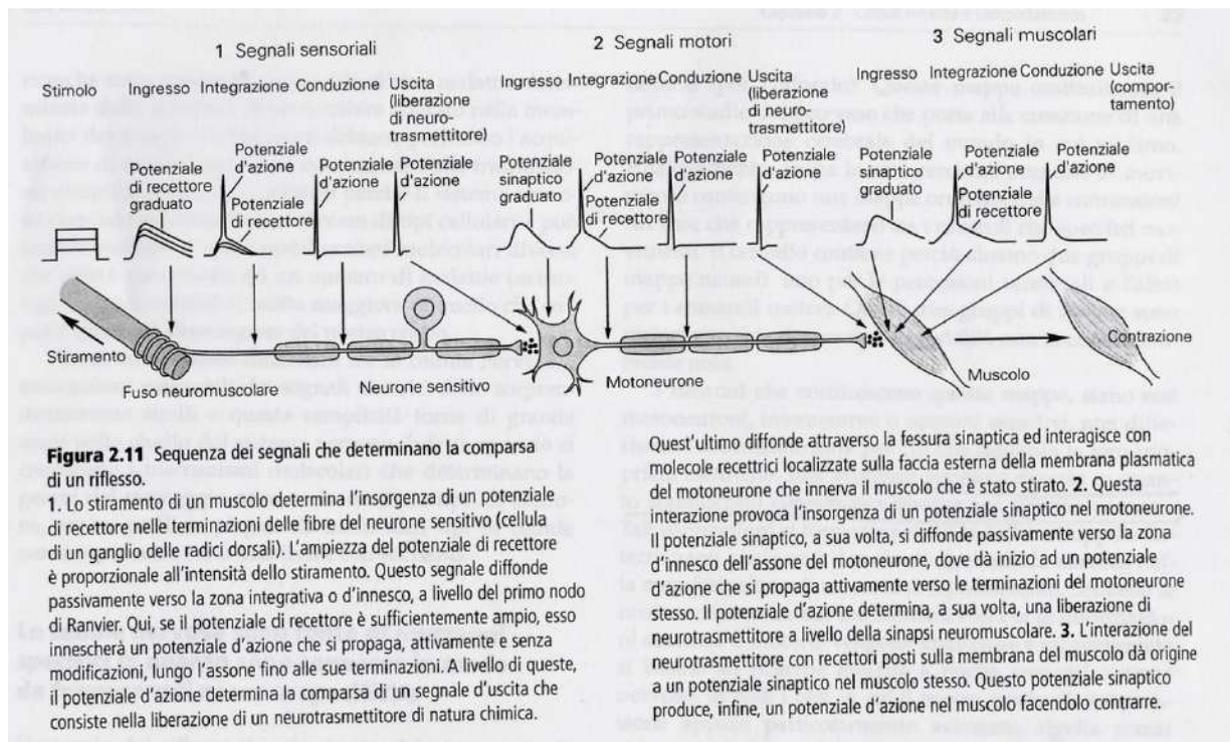
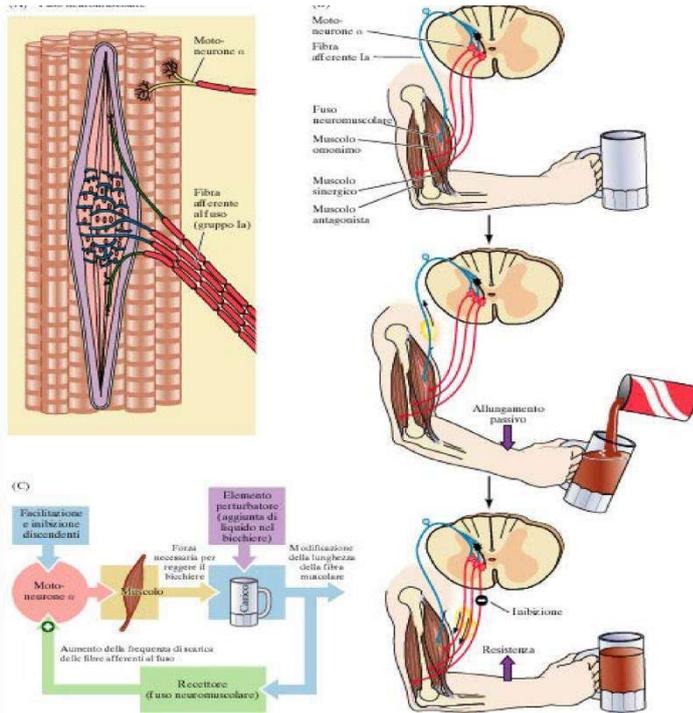
Potenziale d'azione nella branca periferica del neurone sensitivo primario

Potenziale d'azione nella branca centrale del neurone sensitivo primario (entra nel midollo spinale attraverso le radici dorsali)

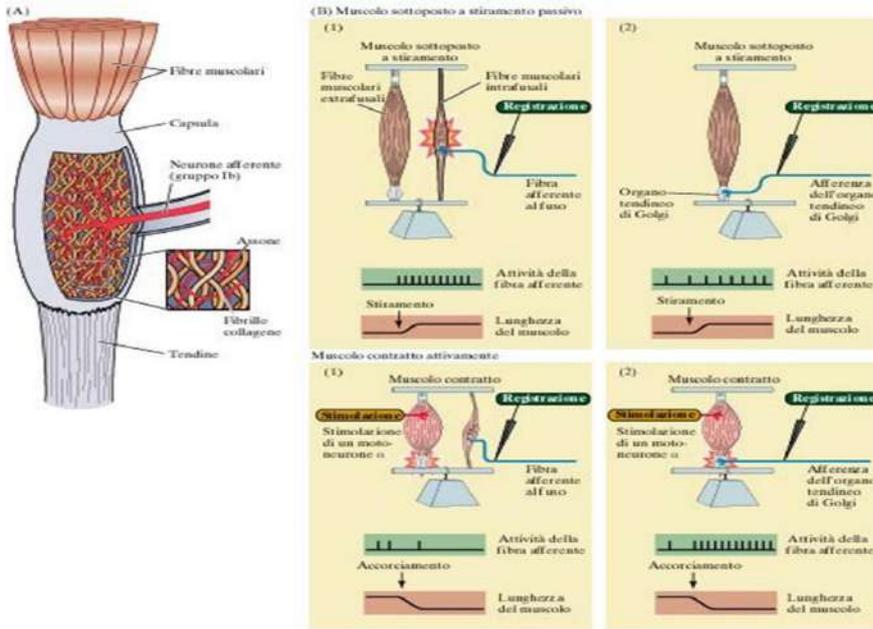
Sinapsi diretta con il motoneurone alfa nelle corna

ventrali del midollo spinale (monosinaptico)

CONTRAZIONE MUSCOLARE



Organo muscolo - tendineo del golgi

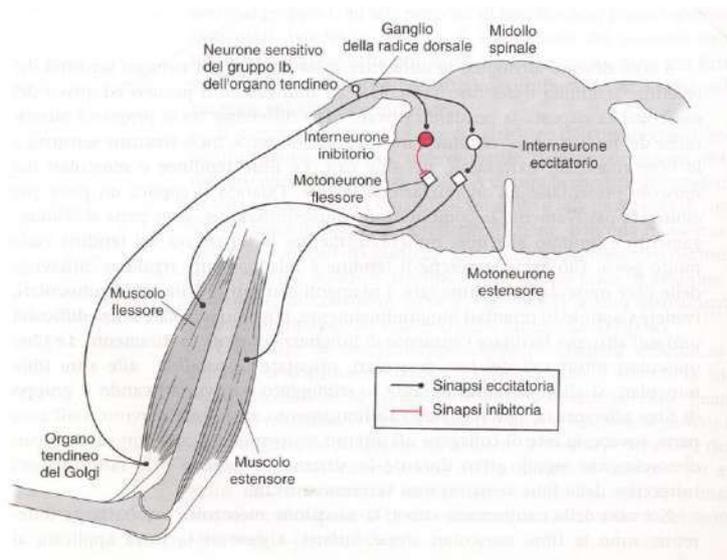


Recettori lunghi, sottili e capsulati situati a livello della giunzione tra i tendini e il muscolo scheletrico, sono quindi collegati in serie alle fibre muscolari extrafusali. La capsula contiene una fitta rete di fibre di collagene collegate alla terminazioni sensitive dei neuroni di

tipo Ib.

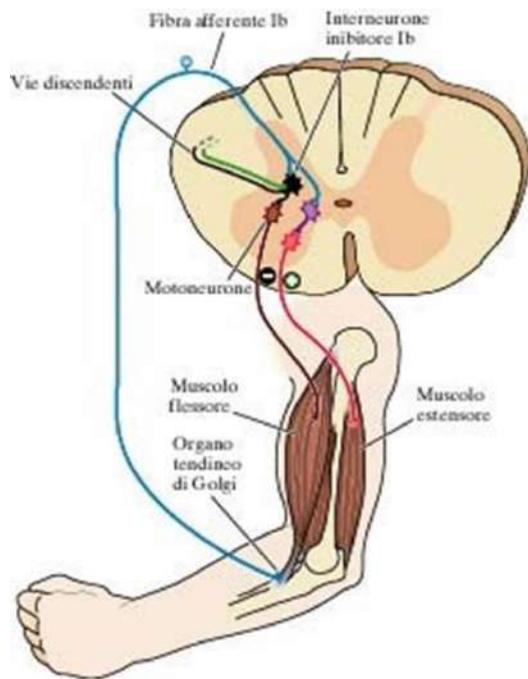
Riflesso tendineo (riflesso miotatico inverso)

Sono sensibili agli aumenti della tensione muscolare che scaturiscono dalla contrazione dei muscoli. Quando i livelli di tensione muscolare diventano eccessivi per prevenire danno muscolare l'organo tendineo del Golgi determina una diminuzione dello stato di attivazione dei muscoli tramite attivazione di interneuroni inibitori spinali che agiscono sui motoneuroni innervanti il muscolo stesso.

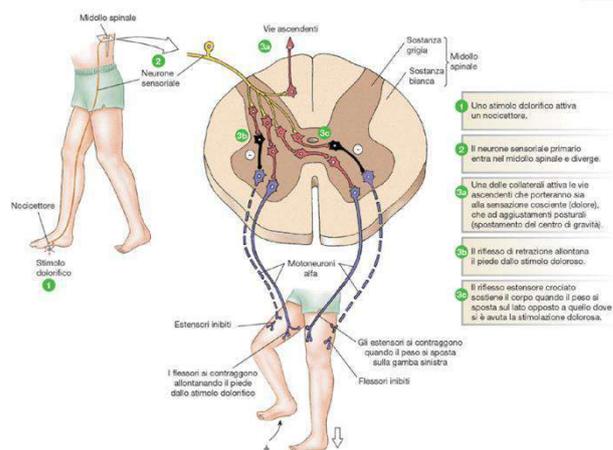


Sono sensibili agli aumenti della tensione muscolare che scaturiscono dalla contrazione dei muscoli. Quando i livelli di tensione muscolare diventano eccessivi per prevenire danno muscolare l'organo tendineo del Golgi determina una diminuzione dello stato di attivazione dei muscoli tramite attivazione di interneuroni inibitori spinali che agiscono sui motoneuroni innervanti il muscolo

stesso.

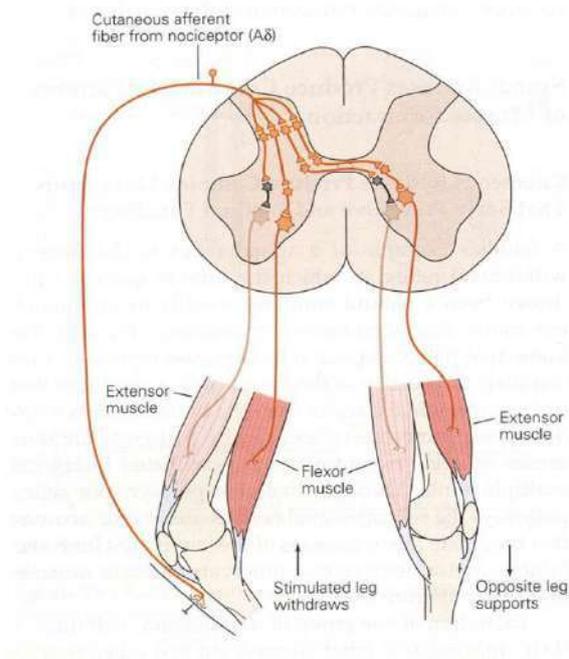


Regolazione della tensione muscolare mediante un servomeccanismo a retroazione negativa, effettuato dall'organo muscolo-tendineo del Golgi. Le fibre afferenti di tipo Ib formano sinapsi con interneuroni inibitori che fanno diminuire l'attività dei motoneuroni che innervano lo stesso muscolo. Gli interneuroni inibitori ricevono stimoli da altre fibre sensoriali e da vie discendenti. Questo sistema impedisce ai muscoli di sviluppare tensioni eccessive.



Media il movimento rapido di allontanamento di un arto da un improvviso stimolo doloroso. Insieme alla retrazione dell'arto stimolato si ha l'estensione dell'arto controlaterale.

Il riflesso di flessione



CARATTERISTICHE:

1. FINALITA' Protezione da stimoli nocivi
Filogeneticamente antico
2. RECETTORI Nocicettori cutanei o profondi
Campo recettivo molto vasto
3. VIA AFFERENTE Prevalentemente fibre mieliniche di piccolo diametro (tipo III)
4. CENTRO DI INTEGRAZIONE Polisinaptico
Doppia innervazione reciproca Latenza -
Reclutamento - Scarica postuma Diffuso (ampia divergenza) Coinvolgimento controlaterale
Entità diffusione a intensità dello stimolo Forte

controllo superiore Esaltato dopo sezione midollare (riflesso di massa)

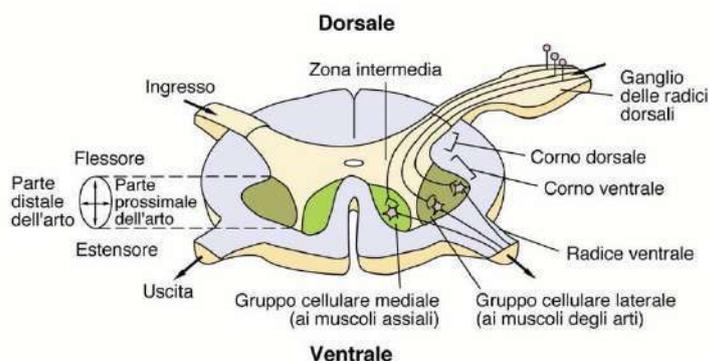
5. RISPOSTA Flessione omolaterale (rimozione dello stimolo) Estensione controlaterale (mantenimento postura)

Il riflesso flessorio da evitamento richiede l'attività coordinata di molti gruppi di motoneuroni e serve come esempio di transizione tra i circuiti spinali riflessi e e i circuiti spinali più in generale che governano complessi processi come la locomozione.

I sistemi motori generano movimento trasformando I segnali nervosi nella forza contrattile dei muscoli.

Tipi di movimento: riflessi ritmici e volontari (feed back e controllo anticipatorio).

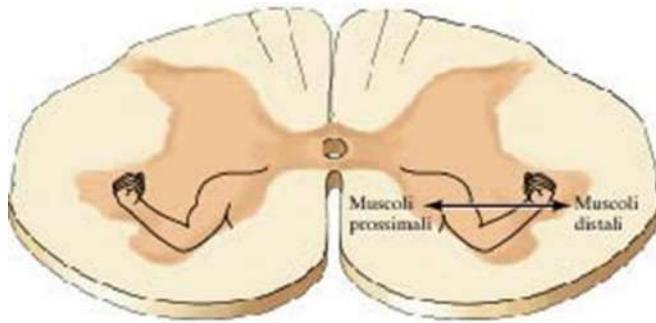
Organizzazione del midollo spinale



Primo livello della gerarchia:
Midollo spinale, fascio di corpi cellulari (sostanza grigia) ed assoni (sostanza bianca) in connessione.
ORGANIZZAZIONE DEI MOTONEURONI SPINALI:
MEDIALI: innervano i muscoli assiali

LATERALI: innervano gli arti sia la parte prossimale (più interni) che distale (più esterni).

Motoneuroni



Nuclei motori, formano colonne longitudinali di cellule che occupano da 1 a 4 segmenti spinali. Organizzazione somatotopica: motoneuroni che innervano i muscoli dei segmenti distali degli arti si trovano in posizione laterale. In posizione

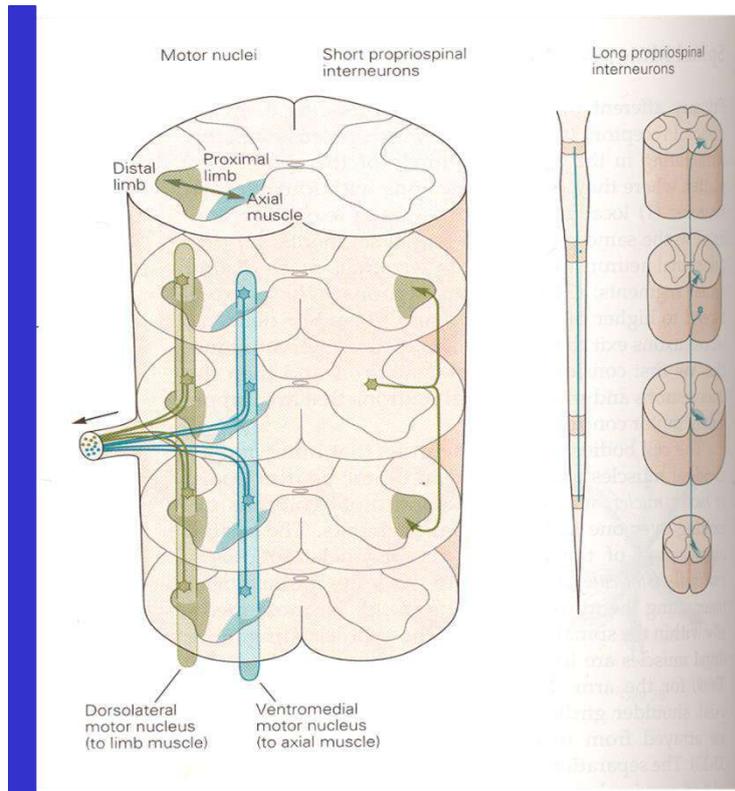
mediale si trovano invece i motoneuroni che innervano i muscoli assiali e i segmenti prossimali degli arti. Organizzazione rispettata per tutta l'estensione del midollo spinale.

Fibre afferenti primarie dei recettori periferici stabiliscono connessioni sinaptiche con:

INTERNEURONI :

- 1) LOCALI
- 2) PROPRIOSPINALI
- 3) DI PROIEZIONE

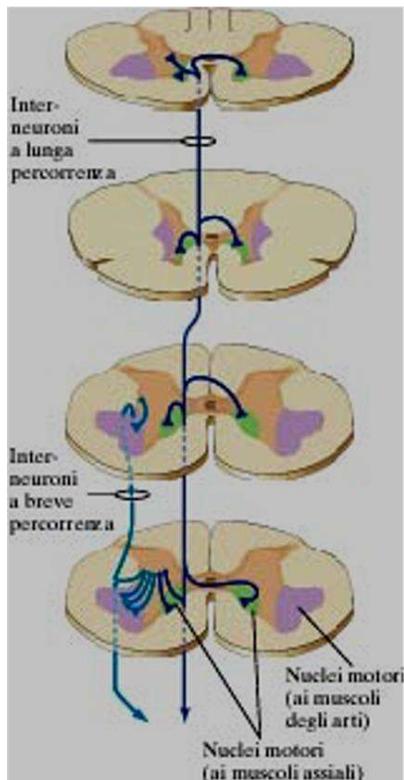
MOTONEURONI



Secondo livello: Interneuroni localizzati nella zona intermedia del midollo spinale hanno anch'essi una organizzazione somatotopica.

- 1) Locali a breve percorrenza Regioni laterali Attraversano pochi segmenti (Maggiore Indipendenza di azione)
- 2) Propriospinali A lunga percorrenza Regioni mediali Hanno assoni lunghi che Proiettano su numerosi Segmenti del midollo spinale (alcuni percorrono l'intero Midollo spinale) Emettono ramificazioni Assoniche che attraversano La linea mediana

(permette la contrazione coordinata durante gli aggiustamenti posturali).



Le vie discendenti che prendono contatti con gli interneuroni mediali intervengono nella regolazione della postura, le vie discendenti che prendono contatti con gli interneuroni laterali intervengono nella regolazione fine e precisa dei muscoli delle estremità distali.

3 CATEGORIE DI MOVIMENTO

MOVIMENTI RIFLESSI:

Riflesso patellare Retrazione della mano da un oggetto molto caldo sono i comportamenti motori più semplici e presentano il minor grado di controllo volontario

MOVIMENTI RITMICI Cammino

Corsa

Masticazione

Caratteristiche comuni con atti volontari e risposte riflesse.

Inizio e fine del movimento sono volontari, una volta iniziata la sequenza di movimenti ripetitivi continua quasi automaticamente.

MOVIMENTI VOLONTARI

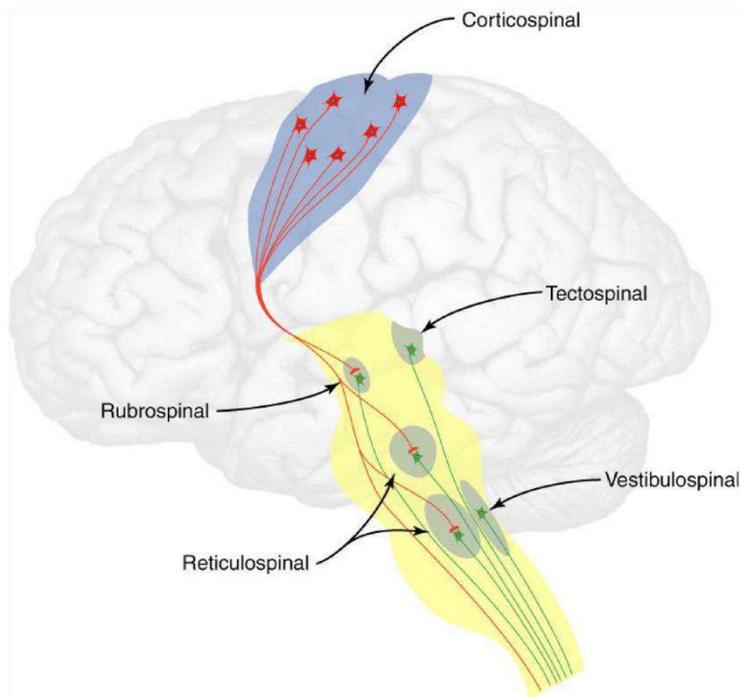
Guidare l'auto

Suonare il pianoforte ecc. ecc.

Sono VOLONTARI (intenzionali, diretti ad uno scopo)

Molti sono APPRESI e la loro precisione aumenta con l'esercizio. Con la pratica si ha meno partecipazione cosciente

Vie discendenti al midollo spinale



Tronco encefalico (vie extrapiramidali)
Vie mediali e laterali Corteccia cerebrale (vie piramidali).

Tronco encefalico: Bulbo (midollo allungato) Ponte Mesencefalo

Controlla la posizione del corpo nello spazio, gli aggiustamenti posturali e la locomozione spontanea

Contiene anche gruppi di motoneuroni responsabili della regolazione dei muscoli della testa e del collo (nuclei motori dei nervi cranici)

Quattro raggruppamenti cellulari del tronco encefalico danno origine a fasci motori discendenti che si connettono con i motoneuroni e gli interneuroni spinali:

Collicolo superiore (parte mediale del tratto cervicale del midollo spinale, regola l'orientamento della testa della testa generazione dei movimenti oculari) Nucleo rosso (porzione rostrale parvocellulare innerva i motoneuroni troncoencefalici, porzione caudale magnocellulare innerva il versante laterale del corno ventrale e della zona intermedia del tratto cervicale del midollo spinale. Formano sinapsi eccitatorie con gli interneuroni che eccitano i motoneuroni flessori degli arti. Regola principalmente i muscoli delle braccia. Forma il fascio rubrospinal. Afferenze: dal cervelletto e dalle aree motorie della corteccia cerebrale.) Nucleo vestibolare Formazione reticolare.

Vie mediali

Fascio vestibolo-spinale (Mediale e laterale): Origina dai nuclei vestibolari (superiore, laterale, mediale, inferiore). I neuroni vestibolari formano nel midollo spinale due diverse connessioni sinaptiche: 1) sinapsi eccitatorie con interneuroni che controllano i motoneuroni dei muscoli degli arti. Questi interneuroni sono di tipo eccitatorio per i muscoli estensori ed inibitori per i muscoli flessori, la loro attivazione promuove quindi l'estensione degli arti. 2) sinapsi eccitatorie o inibitorie con i motoneuroni che controllano i muscoli del collo e del tronco. Sistema importante per regolare gli aggiustamenti posturali necessari per i cambiamenti di posizione della testa nello spazio e durante le accelerazioni del corpo. Controlla i muscoli assiali e prossimali degli arti. I nuclei vestibolari proiettano anche al cervelletto. Afferenze: assoni dell'ottavo nervo cranico, labirinti dell'orecchio interno, retine, centri superiori e altre regioni del tronco encefalico.

Fascio reticolo-spinale (Mediale e laterale): Origina dalla formazione reticolare (complessa rete di circuiti neuronali situata al centro del tronco encefalico.) Termina principalmente nelle parti mediali della sostanza grigia del midollo spinale. Controlla i muscoli assiali e prossimali degli arti. Afferenze: midollo spinale, complesso vestibolare, cervelletto, ipotalamo, corteccia somatosensitiva.

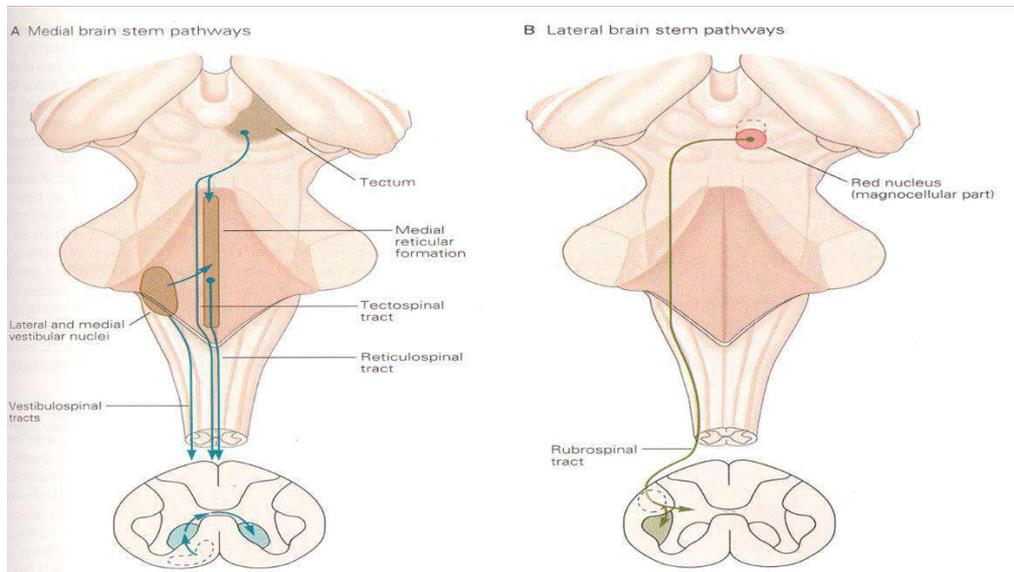
Fascio tetto-spinale.

Vie laterali

controlla i movimenti degli arti diretti ad uno scopo come movimenti di raggiungimento e manipolazione. Terminano su interneuroni della parte dorsolaterale del midollo spinale e influenzano così i motoneuroni che controllano i muscoli distali. Tratto rubrospinale: origina dalla porzione magnocellulare del nucleo rosso.

Anatomia funzionale del sistema motorio :

vie discendenti del tronco encefalico

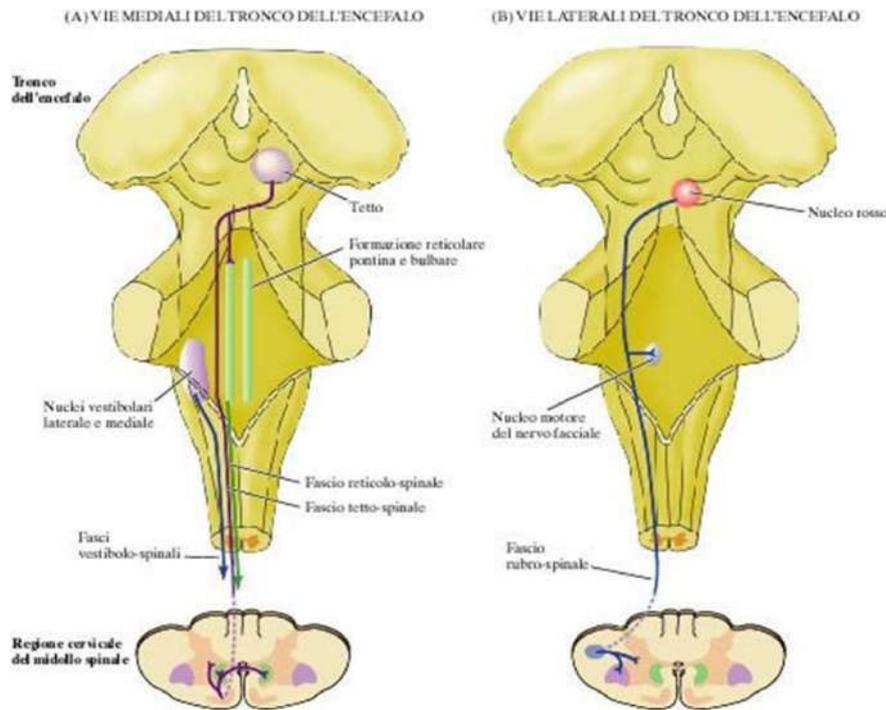


Filogeneticamente antiche

Equilibrio , postura

filogeneticamente recenti

movimenti fini



VIE CORTICOSPINALI: La corteccia cerebrale controlla direttamente i motoneuroni nel midollo spinale attraverso due vie discendenti:

- fascio corticospinale laterale (origina in due aree motorie (4 e 6) e in tre aree sensitive (3,2 e 1). Terminano in preferenza su gruppi laterali delle cellule delle corna ventrali

e della zona intermedia della sostanza grigia del midollo spinale.)

- fascio corticospinale ventrale (origina nelle aree motorie 6 e 4 e controlla i movimenti del collo e del tronco, la fibre terminano quindi sui neuroni della parte mediale del corno ventrale e della zona intermedia).

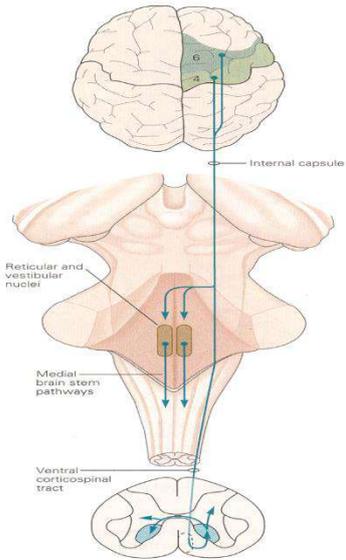
VIA CORTICOBULBARE Controllano i muscoli del capo e della faccia terminando a livello dei nuclei motori dei TE. La corteccia cerebrale controlla indirettamente i motoneuroni del midollo spinale attraverso l'innervazione del tronco encefalico (formazione reticolare, nucleo rosso).

Le vie dirette consentono una maggiore velocità, agilità e un grado più elevato di precisione nei movimenti.

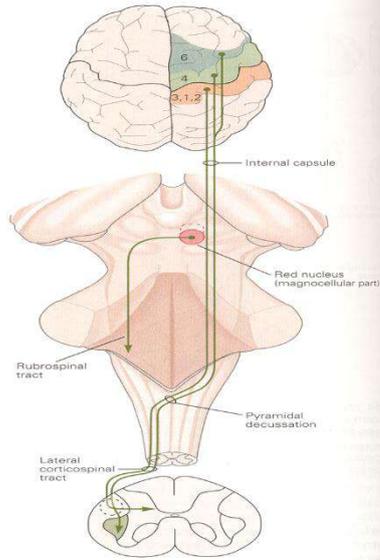
Anatomia funzionale del sistema motorio :

vie discendenti dalla corteccia

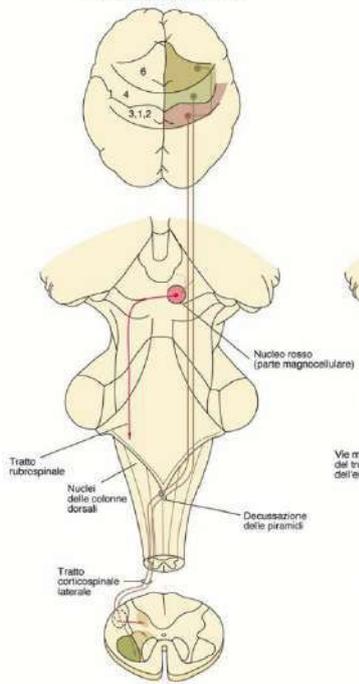
A Ventral corticospinal tract



B Lateral corticospinal tract



A Tratto corticospinale laterale



B Tratto corticospinale mediale

