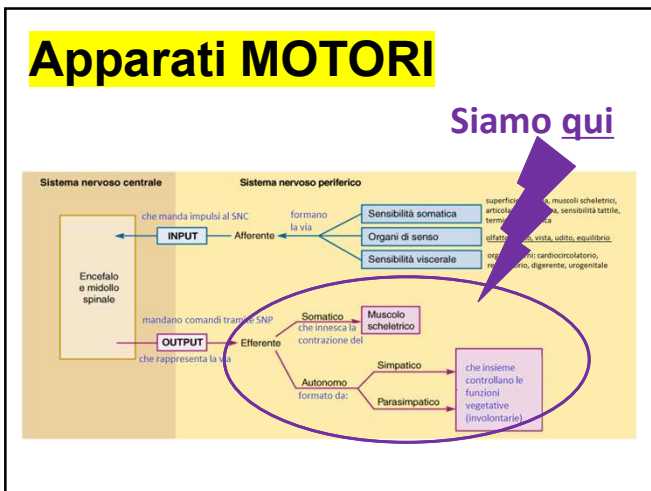


1

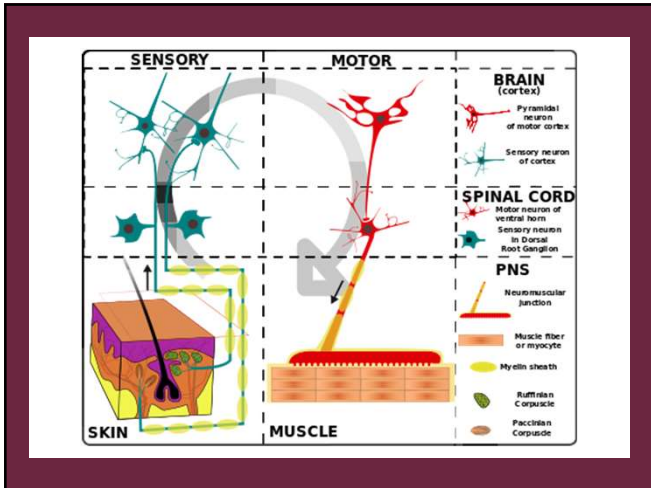
Concetti soglia

- Sistema nervoso somatico
 - Unità motrice
 - Giunzione neuromuscolare
- Tipi di motoneuroni
 - Superiore
 - Inferiore
- Alfa e gamma motoneuroni

2



3



4

Sistemi motori

Così come esistono
modalità sensoriali diverse,
si distinguono categorie diverse
di movimenti:

- **Riflessi: mantenimento della postura, spt muscoli estensori**
- **Volontari: spt muscoli flessori**

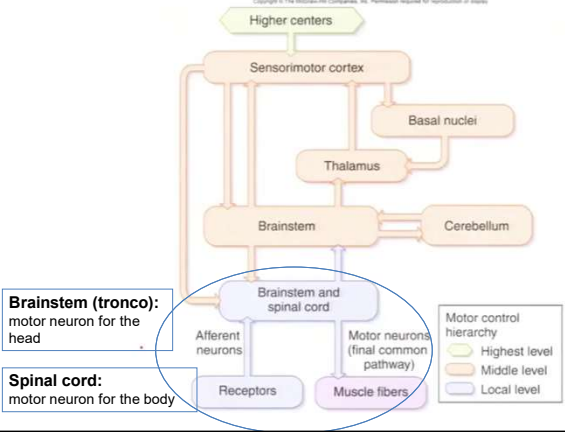
5

Caratteristiche della funzione motoria

- Mancanza di sforzo con cui viene eseguita la > parte dei compiti motori complessi
- I movimenti si susseguono in modo apparentemente automatico (non cosciente)
- Compiti motori complessi: parlare mentre guidiamo o camminiamo, pensare mentre si usano utensili etc.

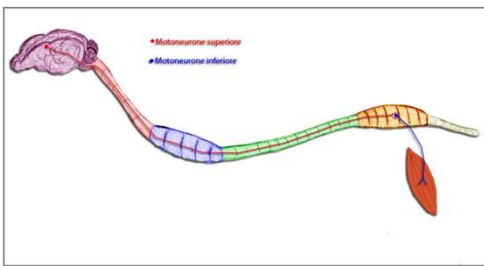
6

Midollo spinale, tronco encefalico e proencefalo contengono circuiti motori progressivamente più complessi: l'organizzazione è di tipo gerarchico



7

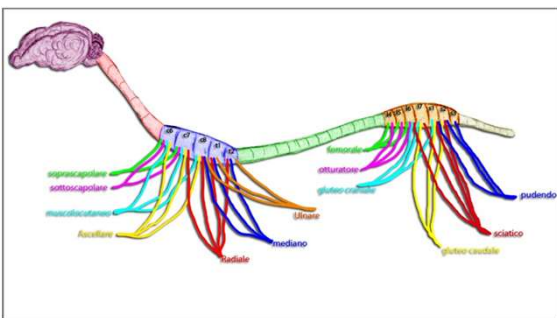
Motoneuroni



8

8

Motoneurone inferiore



9

9

Midollo --- tronco encefalico

- il midollo rappresenta il livello più basso della scala gerarchica
- contiene i circuiti neuronali che mediano riflessi e movimenti automatici di tipo ritmico (locomozione, grattamento etc)
- circuiti simili che mediano movimenti riflessi di testa e bocca sono localizzati nel tronco encefalico

10

I motoneuroni inferiori (alfa e gamma) rappresentano la VIA FINALE COMUNE mediante la quale le strutture encefaliche superiori controllano la contrazione delle fibre muscolari extrafusali per:

- i movimenti volontari,
- il tono muscolare,
 - la postura

11

Movimenti riflessi

- Sono schemi coordinati involontari di contrazione e rilasciamento muscolare
- Sono prodotti da stimoli periferici
- Compaiono anche in animali con vie motorie discendenti interrotte
- A parità di condizioni esterne uno stimolo produce sempre la stessa risposta
- L' intensità della risposta può essere modulata

12

Tono muscolare

- Resistenza che il muscolo oppone allo stiramento
- I riflessi tonici sono di origine midollare, ma la **REGOLAZIONE DEL TONO** dipende da strutture encefaliche di integrazione
- L'azione tonigena riflessa del midollo dipende dall'informazione propriocettiva proveniente da strutture sensitive muscolo-tendinee
 - organo muscolo tendineo del Golgi
 - fuso neuromuscolare

13

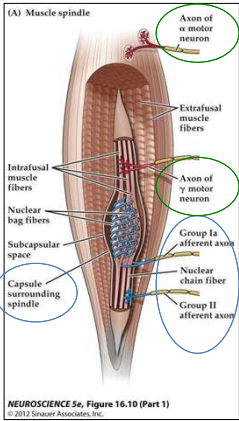
Due tipi di motoneuroni inferiori

ALFA MOTONEURONI innervano fibre **extrafusali** generando la forza per la postura e il movimento

GAMMA MOTONEURONI innervano fibre **intrafusali** (fuso muscolare). L'accorciamento o l'allungamento del fuso, in sintonia con accorciamento/allungamento delle fibre extrafusali, fornisce un feedback continuo via neuroni sensoriali **afferenti** al midollo.

Il fuso neuromuscolare è fondamentale per il monitoraggio dell'allungamento del muscolo.

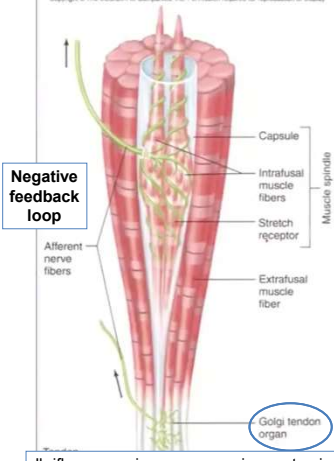
Alfa e gamma motoneuroni sono fibre efferenti che regolano in modo molto preciso l'intensità della contrazione muscolare



NEUROSCIENCE 5e, Figure 16.10 (Part 1)
© 2012 Sinauer Associates, Inc.

14

Muscle Sensory Receptors



Negative feedback loop

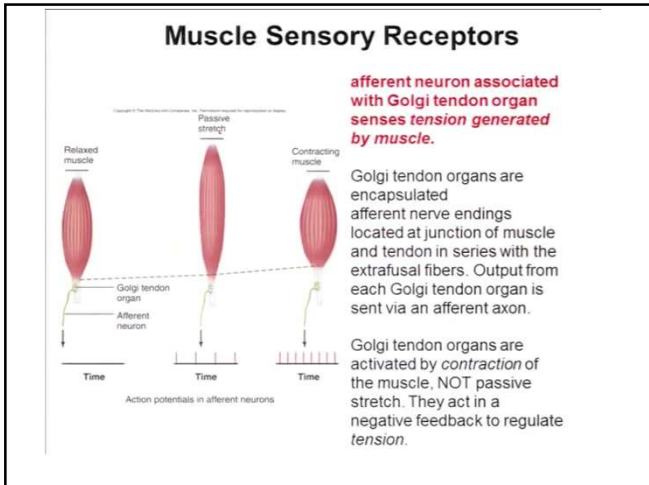
afferent neuron coiled around the muscle spindle senses stretch (muscle length & speed of stretch). It acts in reciprocal innervation causing contraction of stretched muscle and relaxation of antagonistic muscle.

The gamma motor neurons, muscle spindle, and sensory neuron act as part of a negative feedback loop to maintain muscle length at a desired value.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission is granted for reproduction or display.

Il riflesso previene una massiva contrazione del muscolo e lesioni del tendine

15



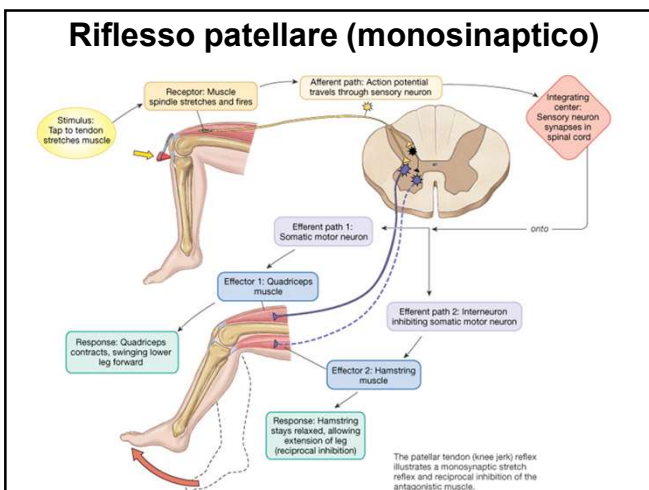
16

Due tipi di riflessi

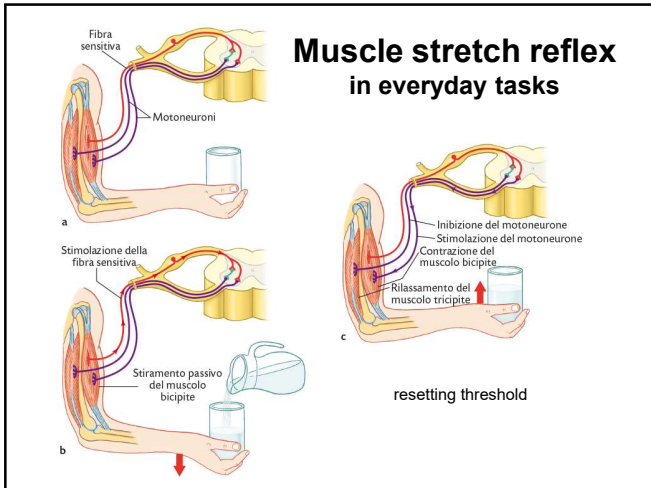
Le caratteristiche spaziali e temporali sono diverse e dipendono dal tipo di recettore stimolato

- **Recettori muscolari:** generano riflessi di stiramento
- **Recettori cutanei:** generano riflessi di retrazione

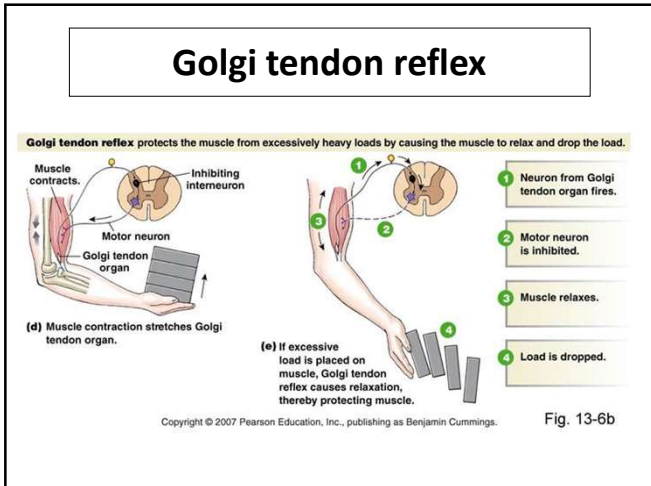
17



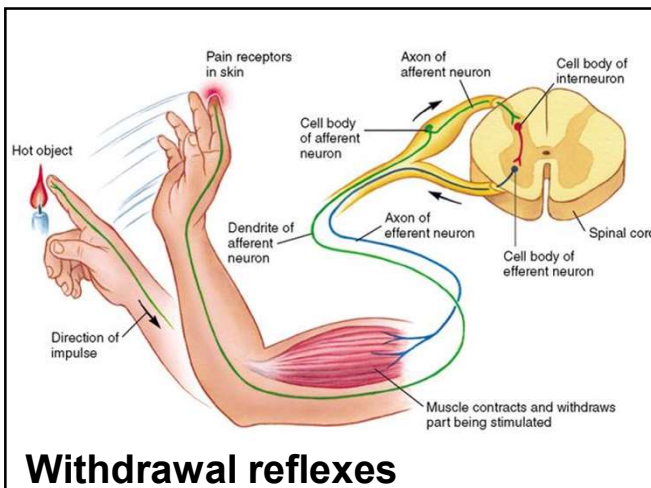
18



19



20



21

Riflesso di retrazione o evitamento (polisinaptico)

Reflexes circuitry mediates withdrawal of limb from a painful sensory stimulus (flexor reflex).

Crossed extensor reflex provides postural support during withdrawal of affected limb.

Pain input to spinal cord excites/inhibits reciprocal muscles on pained side of the body (causing withdrawal reflex) and on opposite side of the body to support body weight.

It involves different polysynaptic reflexes: when the stimulus intensity increases, flexion occurs in the affected limb, followed in **0.2-0.5 sec.** by the extension of the contralateral limb.

Also inputs from the brain!!

22

Altri riflessi

- masticazione, deglutizione
- minzione, defecazione, erezione
- di grattamento, del pellicciaio
- contrazioni alternate di flessori ed estensori di ambo i lati nell' andatura quadrupedale

23

Generatore centrale

central pattern generator (CPG)

- Circuiti nervosi nel midollo o spinale producono timing e coordinazione di pattern complessi di movimenti **indipendentemente dagli input sensoriali** e li rettifica in risposta a **feedback sensoriali**.
- Il generatore centrale è:
 - oscillatorio
 - flessibile, grazie al controllo da parte del cervello. Per es. può cambiare dal passo al galoppo riducendo la fase di appoggio e la sequenza dei movimenti nelle andature quadrupedali
- La locomozione è il movimento ciclico di un arto durante il passo e consiste in fasi alternate di contatto con il suolo (arto a terra, spinta - "backward extension stance phase") e ingaggio (arto sollevato da terra - "forward flexion o swing phase)

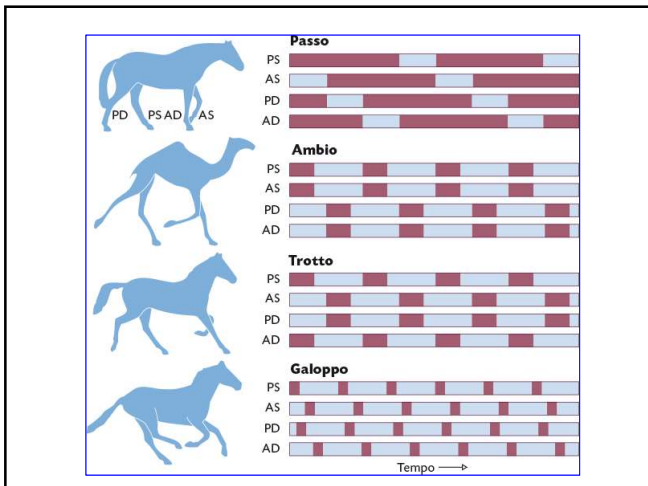
24

Schemi motori del passo

Per adeguare gli schemi locomotori al tipo di terreno e a eventi inattesi si utilizzano costantemente segnali afferenti che forniscono almeno tre tipi di informazione:

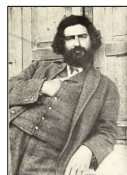
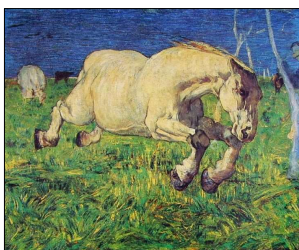
- **Segnali somatosensitivi** da:
 - recettori muscolari e articolari (proprioettori) → implicati nella regolazione automatica del cammino
 - recettori cutanei (esterocettori) → adeguano il cammino agli stimoli esterni
- **Segnali dall'apparato vestibolare** (equilibrio)
- **Segnali visivi**

25



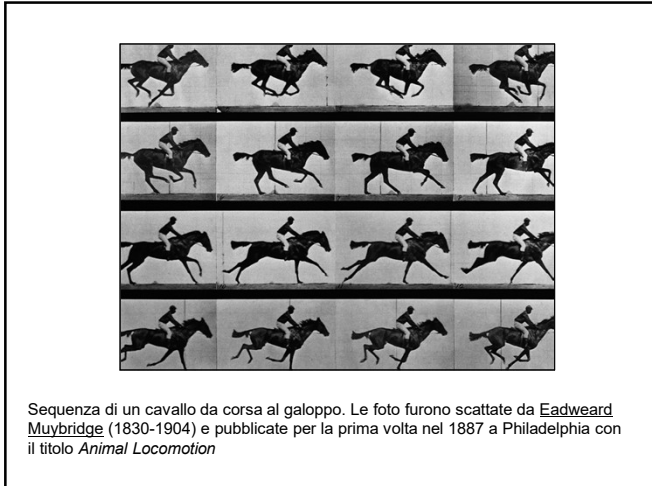
26

Giovanni Segantini (1858-1899) Cavallo al Galoppo



Molti artisti rappresentavano erroneamente il cavallo al galoppo con tutti gli arti sollevati da terra, estesi. Questa rappresentazione comune verrà modificata solo dopo studi approfonditi che arriveranno dopo l'avvento della fotografia

27



28

Motoneurone superiore

- Sistemi polineuronali del cervello possono influenzare l'attività dei motoneuroni inferiori. Questi sono:
- Sistema piramidale (movimenti volontari complessi)
- Sistema extrapiramidale (tono antigravitario)
- Cervelletto (coordinazione motoria)

29

Movimenti volontari

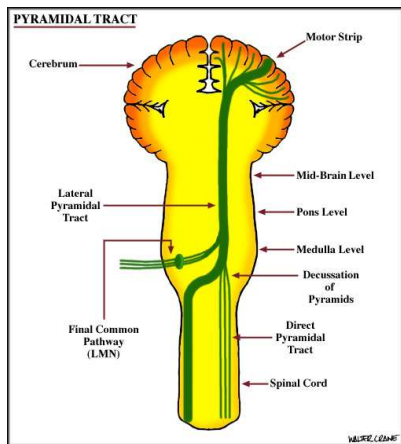
- Sono movimenti che tendono a uno scopo, anche se possono essere iniziati in seguito a una stimolazione esterna (es. brusca frenata quando il semaro vira al rosso o correre per colpire una palla)
- Si affinano con la pratica e l'apprendimento, che permettono:
 - prevedere ed evitare ostacoli
 - correggere ogni disturbo (ostacoli)

30

Sistema piramidale

- Parte dalla corteccia e comprende diversi fasci, denominati a seconda del luogo dove nascono e quello dove terminano:
- **Fascio cortico-spinale:** dalla corteccia al midollo spinale controlaterale, con incrocio del 90% delle fibre a livello del midollo allungato
- **Fascio cortico-bulbare:** dalla corteccia al tronco encefalico (bulbo) diretti ai motoneuroni inferiori dei muscoli della testa
- **Fascio cortico-ponto-cerebellare:** informa il cervelletto sui movimenti programmati dalla corteccia per il loro aggiustamento

31

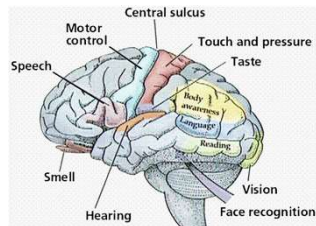


32

Sistema piramidale Corteccia motoria primaria

I neuroni del sistema piramidale originano in un punto preciso della corteccia:

la **corteccia motoria primaria** (rostralmente al solco centrale)

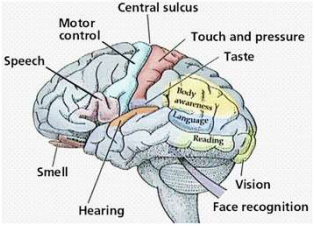


33

Sistema piramidale Corteccia motoria primaria

Alcune fibre del sistema piramidale originano pure da:

- Corteccia premotoria (davanti alla motoria)
- Corteccia sensitiva parietale
- Corteccia motoria secondaria

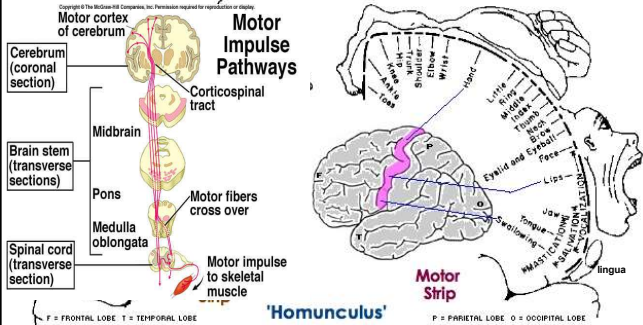


34

Mappa somatotopica

- Rappresenta i muscoli del corpo innervati dal motoneurone superiore della corteccia motoria primaria
- Dà origine ad una rappresentazione grottesca perché la rappresentazione delle varie parti del corpo risponde al n. di motoneuroni corticali implicati e non all'effettiva estensione del muscolo (>concentrazione per movimenti fini)

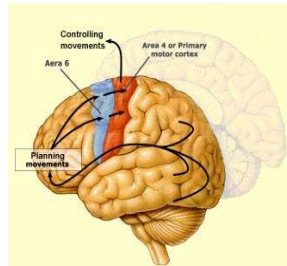
35



36

Il sistema piramidale avvia i movimenti volontari

- Avvia i movimenti nel lato opposto del corpo
- Prima dell'avvio c'è una programmazione (piano motorio d'azione) da corteccia prefrontale e motoria secondaria, insieme ai gangli della base
- Anche la corteccia sensitiva collabora



Una copia esatta degli impulsi per il movimento programmato arriva al cervelletto (fascio cortico-ponto-cerebellare) per gli aggiustamenti

37

38

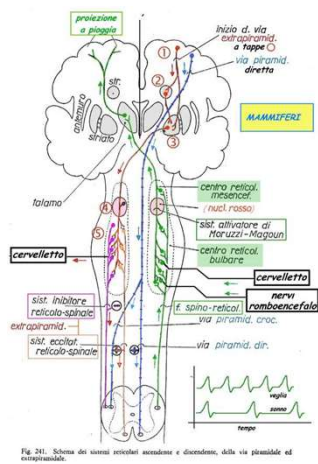
Sistema extrapiramidale

- Motoneuroni superiori del tronco dell'encefalo. Costituito da tre fasci principali:
- **Reticospinale:** dalla formazione reticolare attivante (midollo allungato, ponte, mesencefalo) ai motoneuroni dei muscoli estensori prossimali
- **Vestibolospinale:** dal nucleo vestibolare al midollo
- **Tettospinale:** dal tetto (area visiva) al midollo

39

Formazione reticolare

- Presenta una attività tonica diretta alla corteccia, importante per lo **stato di veglia** (in assenza si ha il coma)
- Con le efferenze ai motoneuroni gamma (fascio reticolospinale) **mantiene il tono dei muscoli antigravitari**



40

Senso vs moto

- I sistemi motori svolgono compiti opposti ai sistemi sensoriali
- La **elaborazione sensoriale genera** una rappresentazione interna del mondo
- La **elaborazione motoria comincia dalla rappresentazione interna**

41

Precisione (memoria procedurale)

- Nei movimenti volontari la velocità è inversamente proporzionale alla precisione
- Ciò è dovuto al fatto che c'è meno tempo per le correzioni a feedback
- Sia l'accuratezza che la velocità aumentano con l'esercizio
- Il SNC impara a tenere conto anche delle più piccole variazioni della postura che possono influenzare la precisione del movimento
- Es. i tiratori di pistola più bravi riescono a essere precisi perché premono il grilletto in sincronia con i loro tremori involontari

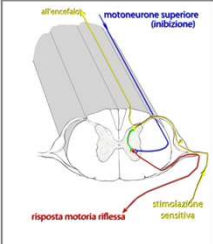
42

Cervelletto e nn. della base

- Entrambe le formazioni sono necessarie perché i movimenti abbiano la loro **scorrevolezza**
- Malattie degenerative dei nn della base (Parkinson, Huntington) provocano comparsa di movimenti involontari, postura alterata e alterazione dei processi cognitivi

43

LESIONI MOTONEURONI



- Come si stabilisce se una lesione è a carico del motoneurone inferiore (MNI) o superiore (MNS)?
- Si valuta l'arco riflesso e l'influenza del motoneurone superiore su questo.
- Lesione da motoneurone inferiore: iporiflessia o ariflessia
- Lesione da motoneurone superiore: iperriflessia per mancata inibizione dell'estensione.

44

Localizzazione della lesione



S. N. Centrale
Deficit della minaccia: no
Deficit dei nervi cranici: si

Midollo spinale

Encefalo

S. N. Periferico
Riduzione generalizzata dei riflessi spinali: no
Riduzione generalizzata dei riflessi spinali: si

45

Propriocezione



- Percezione **consapevole** della posizione del corpo nello spazio (motoneurone superiore)
- L'estremità di un arto viene posizionata con la parte dorsale delle dita a contatto con il suolo: il ritorno alla posizione normale deve avvenire rapidamente (1 sec).
- La reazione richiede la percezione cosciente del piede sottosopra e il ritorno alla posizione normale, se il sistema piramidale controlaterale è intatto (fascio cortico spinale)

46

Lesioni SNP

Paralisi del nervo radiale.



- Generalmente sono risultato di una lesione focale (sensoriale, motoria o entrambe): traumatica, neoplastica, infiammatoria
- Radiale, peroneo, facciale
- Segni: Paresi, paralisi flaccida dei muscoli innervati
- Parestesia e lesioni superficiali da lambimento o automutilazione
- Riduzione o assenza di reazioni posturali.



Paralisi del nervo peroneo.

47