



Psicologia generale

Dr. Alessandra Galmonte

e-mail: alessandra.galmonte@univr.it

4 La Biologia del Comportamento

Definizioni

- **Anatomia** – Lo studio della struttura delle parti del corpo e delle loro relazioni reciproche.
- **Fisiologia** – Lo studio delle funzioni degli organismi viventi.

Anatomia e fisiologia sono spesso insegnate assieme in quanto sono inseparabili.

Struttura e funzioni sono interrelate.

La funzione di una struttura implica che la funzione dipende dalla struttura.

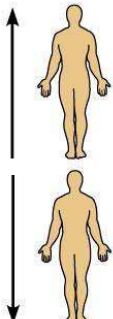
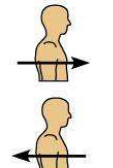
Nota: tutto ciò che viene presentato è una evidente semplificazione al fine di esprimere e chiarire i concetti.

Termini direzionali

- **Superiore (craniale)**: verso la fine della testa o la parte più alta di una struttura o del corpo.
- **Inferiore (caudale)**: lontano dalla fine della testa o verso la parte più bassa di una struttura o del corpo.
- **Rostrale**: verso il naso, **Caudale**: verso la coda
- **Anteriore (ventrale)**: verso o di fronte al corpo.
- **Posteriore (dorsale)**: verso il retro del corpo, dietro.

TABLE

1.1 Orientation and Directional Terms

Term	Definition		Example
Superior (cranial)	Toward the head end or upper part of a structure or the body; above		The head is superior to the abdomen.
Inferior (caudal)	Away from the head end or toward the lower part of a structure or the body; below		The navel is inferior to the chin.
Anterior (ventral)*	Toward or at the front of the body; in front of		The breastbone is anterior to the spine.
Posterior (dorsal)*	Toward or at the back of the body; behind		The heart is posterior to the breastbone.

*Whereas the terms *ventral* and *anterior* are synonymous in humans, this is not the case in four-legged animals. *Ventral* specifically refers to the "belly" of a vertebrate animal and thus is the inferior surface of four-legged animals. Likewise,

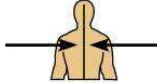
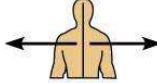
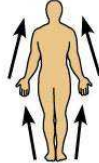
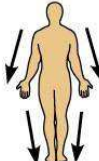
although the dorsal and posterior surfaces are the same in humans, the term *dorsal* specifically refers to an animal's back. Thus, the dorsal surface of four-legged animals is their superior surface.

Termini direzionali

- **Mediale:** verso o alla linea mediana del corpo.
- **Laterale:** lontano dalla linea mediana del corpo.
- **Intermedio:** tra una struttura più mediale e una più laterale.
- **Prossimale:** più vicino all'origine della parte del corpo, o al punto di attacco di un arto al tronco.
- **Distale:** più lontano dall'origine della parte del corpo, o al punto di attacco di un arto al tronco.

TABLE

1.1 Orientation and Directional Terms

Term	Definition		Example
Medial	Toward or at the midline of the body; on the inner side of		The heart is medial to the arm.
Lateral	Away from the midline of the body; on the outer side of		The arms are lateral to the chest.
Proximal	Closer to the origin of the body part or the point of attachment of a limb to the body trunk		The elbow is proximal to the wrist.
Distal	Farther from the origin of a body part or the point of attachment of a limb to the body trunk		The knee is distal to the thigh.

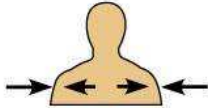
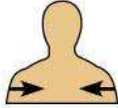


Termini direzionali

- **Superficiale:** verso o alla superficie del corpo.
- **Profondo:** lontano dalla superficie del corpo, più interno.
- **Ipsilaterale:** sullo stesso lato
- **Contralaterale:** sul lato opposto

TABLE

1.1

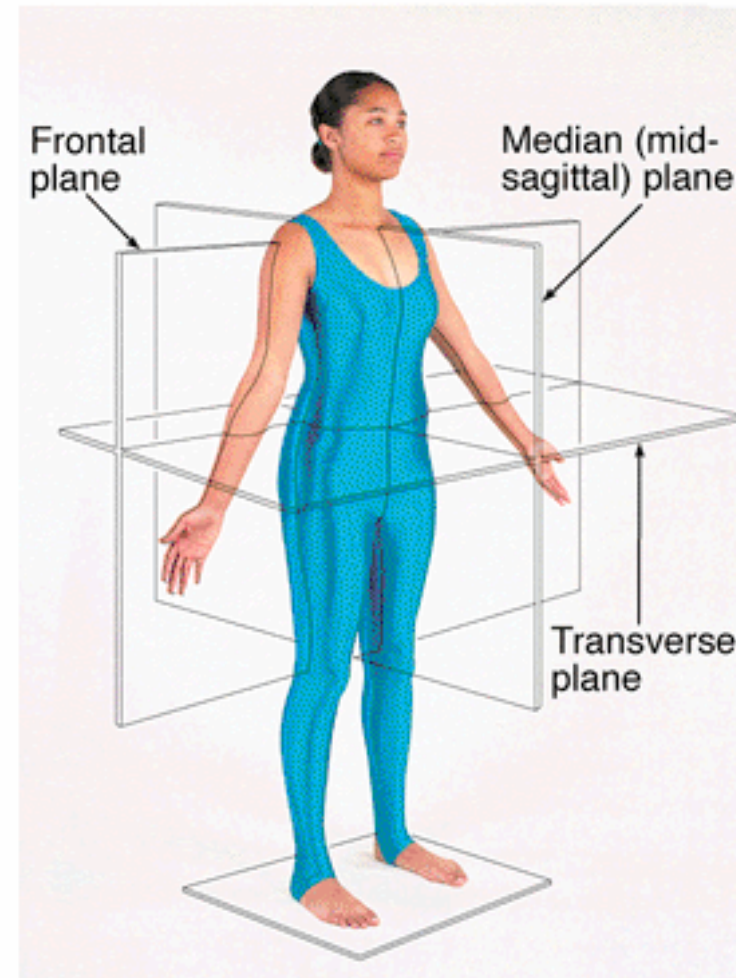
Orientation and Directional Terms

Term	Definition		Example
Superficial (external)	Toward or at the body surface		The skin is superficial to the skeletal muscles.
Deep (internal)	Away from the body surface; more internal		The lungs are deep to the skin.
Ipsilateral	On the same side		The right hand and right foot are ipsilateral.
Contralateral	On opposite sides		The right hand and left foot are contralateral.

Piani corporei e sezioni

I piani più frequentemente usati sono **sagittale**, **frontale** e **trasversale**, che sono ad angoli retti luno rispetto agli altri.

Una sezione prende il nome del piano lungo cui è fatta.

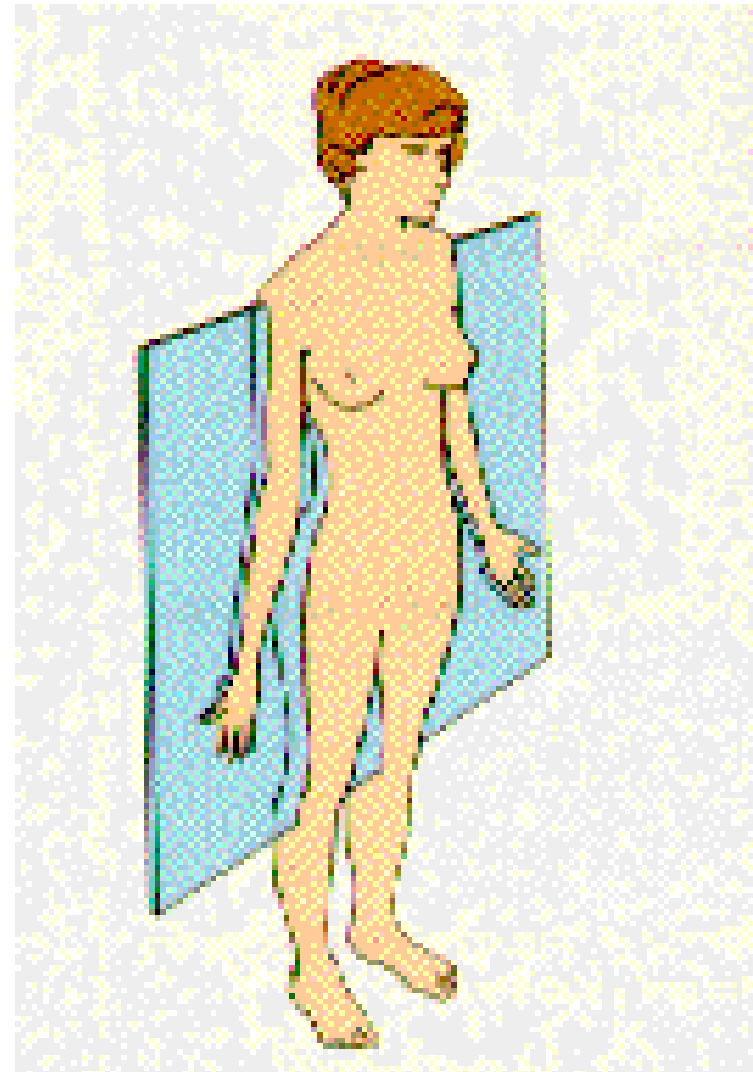


© Jenny Thomas/Benjamin/Cummings

Piani corporei

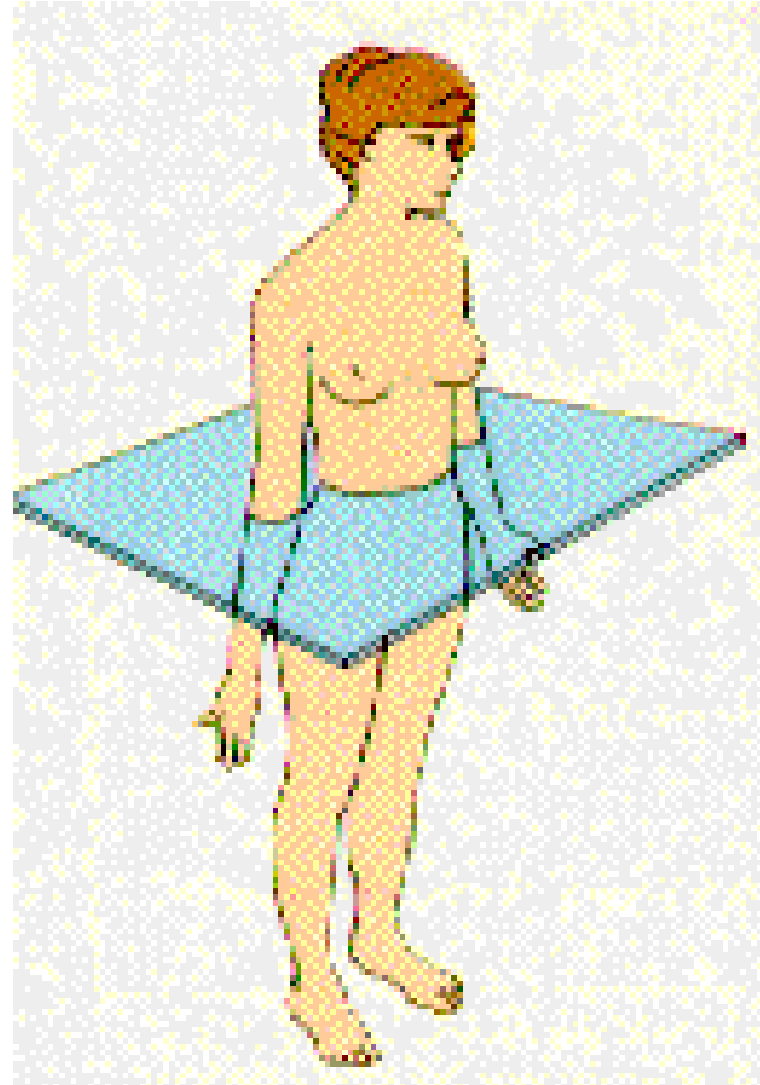
Il piano **frontale** divide il corpo in sezioni **anteriori** e **posteriori**.

Viene detto **coronale** quando ci si riferisce alla testa.



Piani corporei

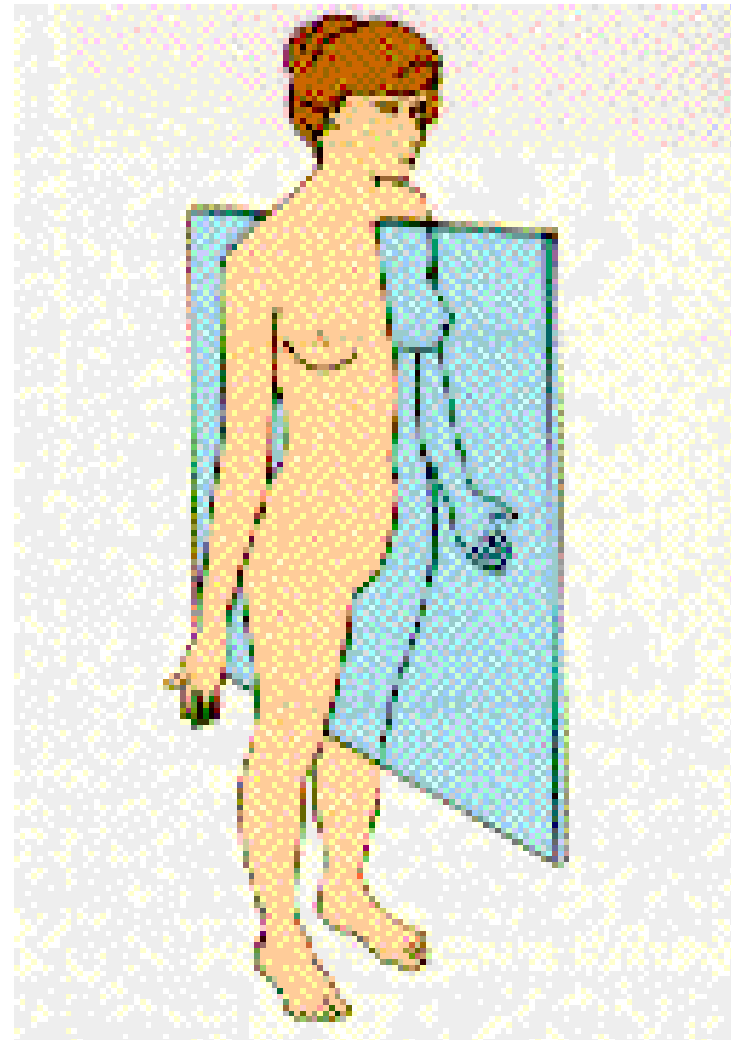
Un piano **trasverso** passa orizzontalmente e divide il corpo in sezioni **superiori** e **inferiori**.



Piani corporei

Il piano **sagittale** è verticale e divide il corpo in parti **destra** e **sinistra**.

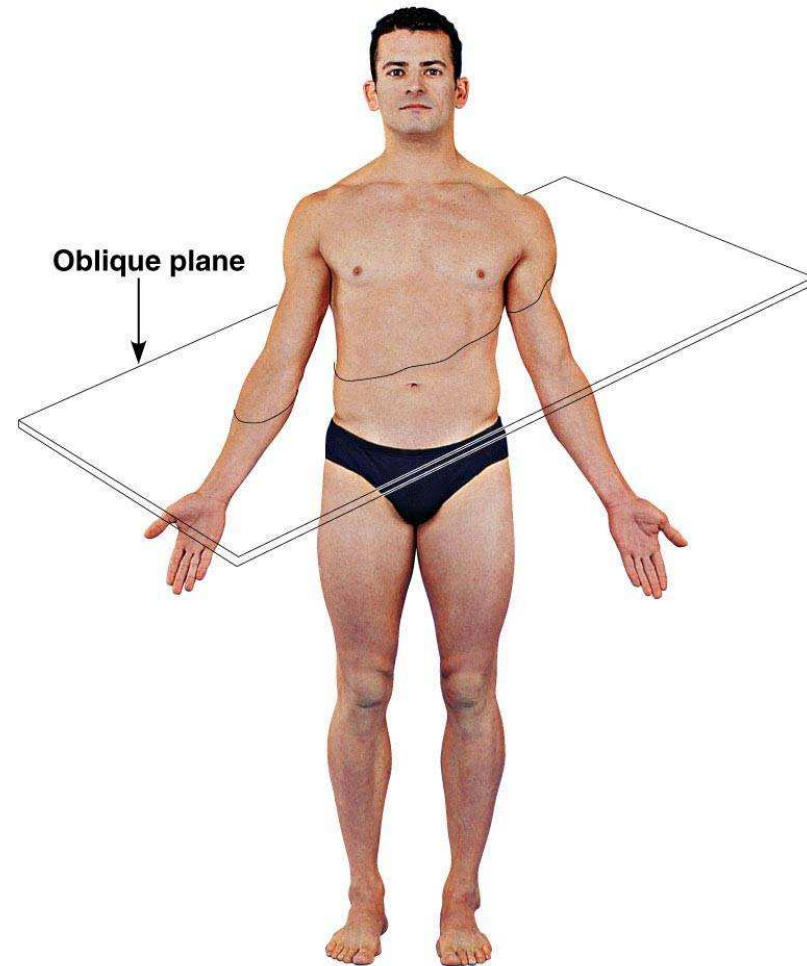
Il piano sagittale giace esattamente sulla linea mediana ed è anche detto piano **mediano**.



Piani corporei

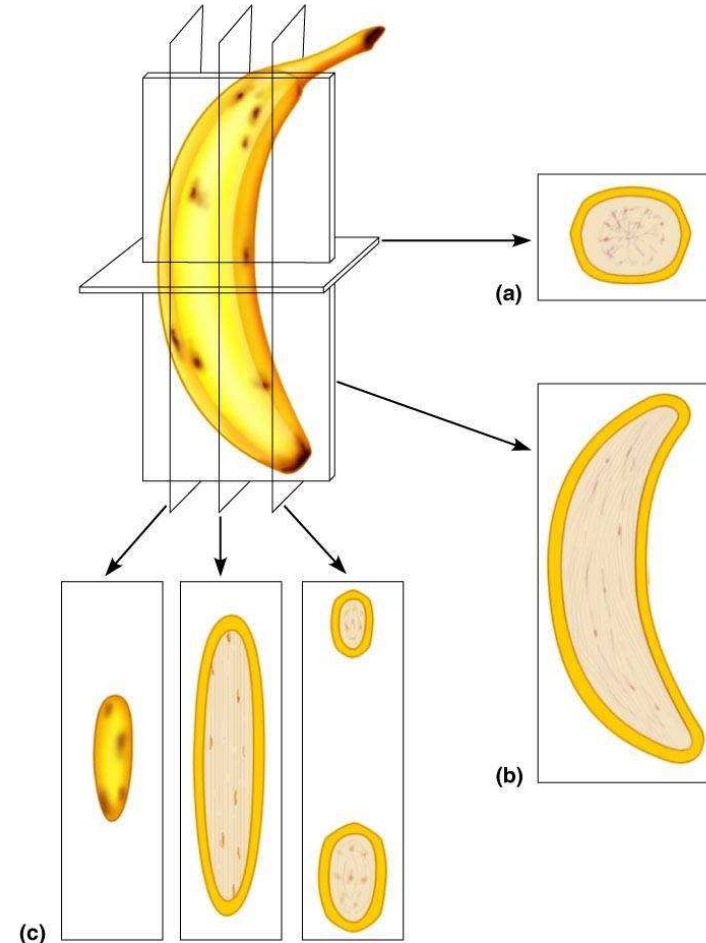
Tagli fatti lungo qualsiasi piano che giace diagonalmente tra l'orizzontale e il verticale sono detti sezioni **oblique**.

Sono raramente usate perché i piani di riferimento normali non sono evidenti.



Piani corporei e sezioni

Vedere le strutture in sezione può aggiungere informazione riguardo alle relazioni spaziali e aiutare a capire il posizionamento interno.

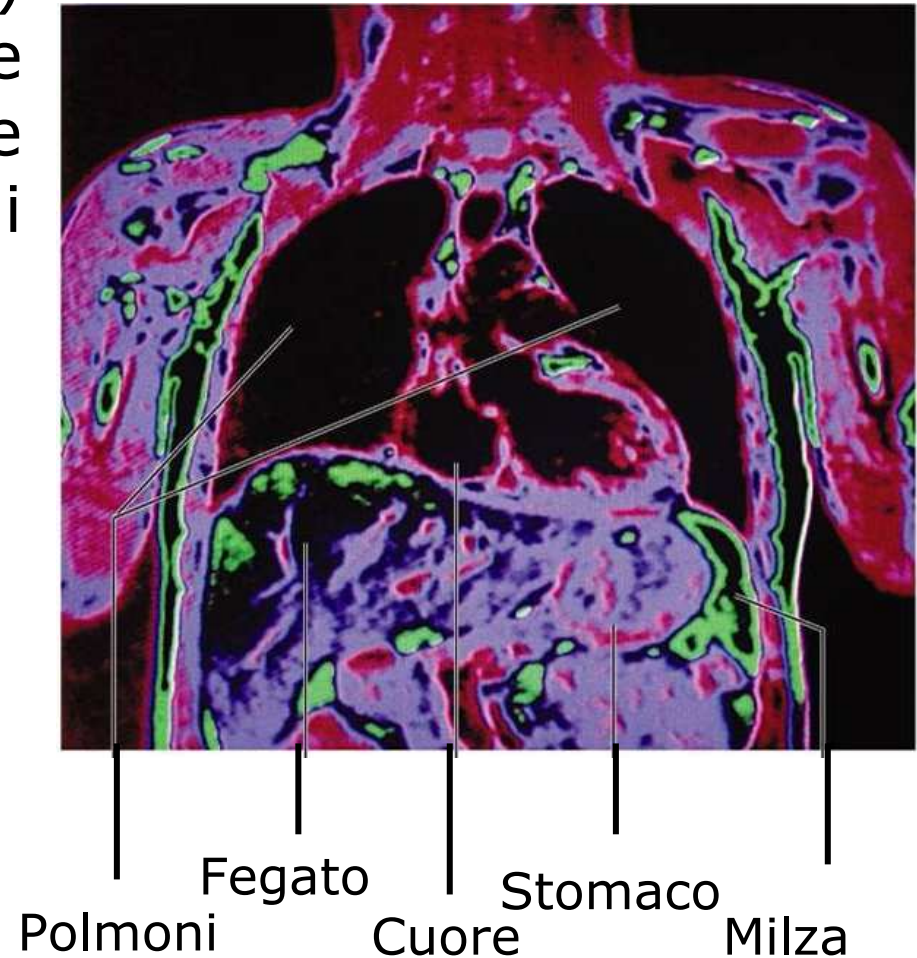


Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Piani corporei e sezioni

In questa vista frontale una risonanza magnetica (MRI) evidenzia le strutture interne del torso; possono essere facilmente identificati gli organi.

Sezione frontale del torso

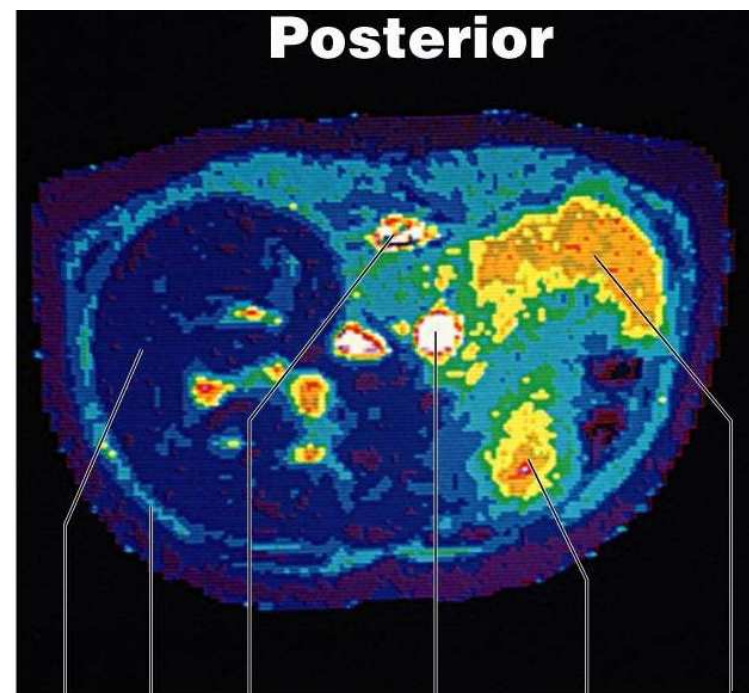


Piani corporei e sezioni

In questa vista trasversa una risonanza magnetica (MRI) presenta le strutture interne del torso.

Questa vista è utile per illustrare come gli organi sono distribuiti all'interno della cavità.

Sezione trasversa del torso (vista superiore)



Fegato

Colonna
vertebrale

Aorta

Stomaco

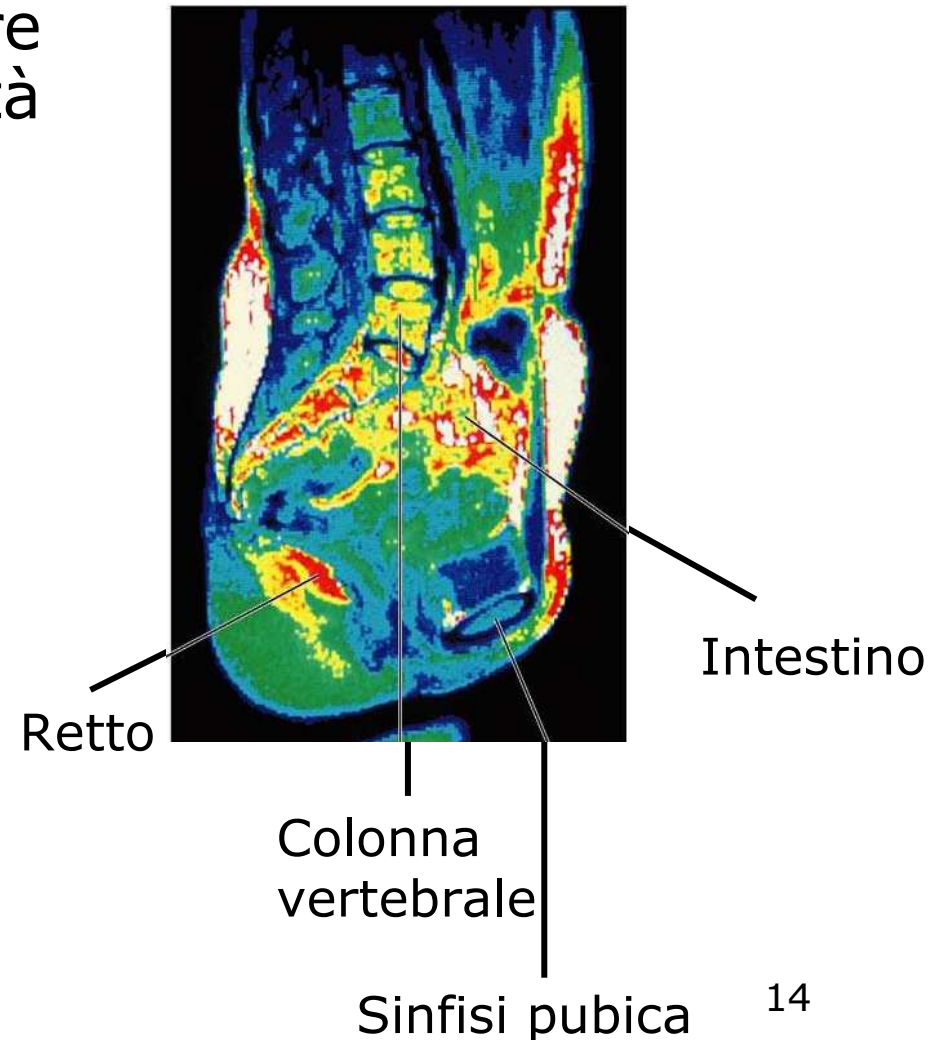
Milza

strato di grasso sottocutaneo 13

Piani corporei e sezioni

In questa vista mediosagittale, una risonanza magnetica mostra le strutture interne della cavità addominale.

Sezione mediana (mediosagittale)



Metodi di Indagine del sistema nervoso (SN)

- **Anatomia** (struttura del sistema)

A diversi livelli di dettaglio e relativa sia alle strutture che alle connessioni

- **Fisiologia** (funzionamento del sistema)

Elettrofisiologia, biochimica

- **Embriologia**

- **Farmacologia** (effetto dei farmaci)

sia a fini diagnostici e terapeutici che conoscitivi

- **Psicologia e Psicofisica** (risposte "soggettive" a stimoli)

Percezione sensoriale

- **Modellistica e Simulazione** (hardware e software)

Cervello e Comportamento

Le *Neuroscienze* cercano di spiegare il comportamento sulla base dell'attività del cervello.

Alcune domande:

I *processi mentali* sono localizzati in aree specifiche del cervello o rappresentano l'attività emergente dell'intero cervello?

Se i processi sono localizzati, quali regole legano l'anatomia e la fisiologia al comportamento (percezione, pensiero, movimento)?

A che livello di dettaglio si deve lavorare (singolo neurone, nuclei etc.)?

Quale parametro considerare (elettrico, chimico, fisico)?

Cervello e Comportamento

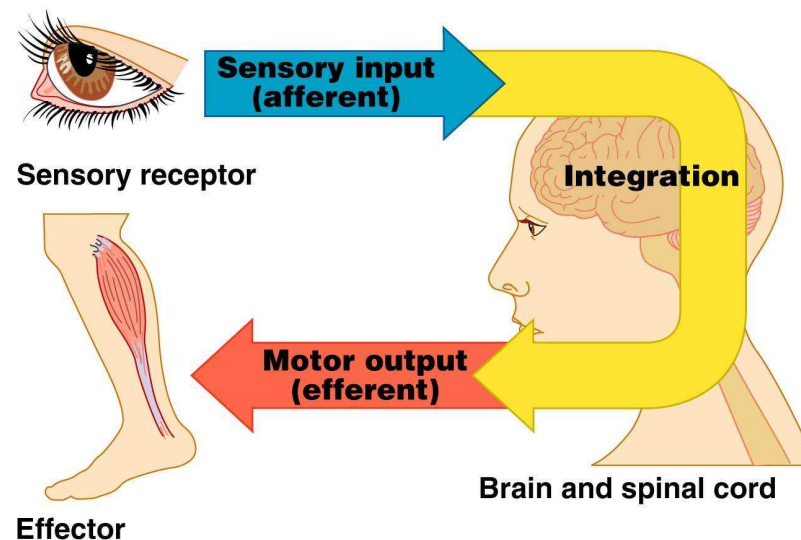
Il sistema nervoso controlla tutti i sistemi del corpo, ed è responsabile per ogni comportamento.

Assieme al sistema **endocrino** regola e mantiene l'**omeostasi**.

Le cellule del sistema nervoso comunicano tramite segnali elettrici o elettrochimici.

Il sistema nervoso ha 3 funzioni, che si sovrappongono:

- La rilevazione dell'*input sensoriale*
- L'*integrazione* e/o l'interpretazione dell'input sensoriale
- L'esecuzione di una risposta o di un *output motorio*



- **Input sensoriale:**

- Il sistema nervoso è costituito da milioni di recettori sensoriali che monitorano i cambiamenti sia interni che esterni

- **Integrazione**

- Il sistema nervoso elabora e interpreta l'input sensoriale e prende decisioni riguardo a ciò che deve essere fatto in ogni momento

- **Output motorio**

- Il sistema nervoso origina una risposta attivando organi effettori (muscoli e ghiandole)

Organizzazione del SN

C'è un unico sistema nervoso, altamente integrato.

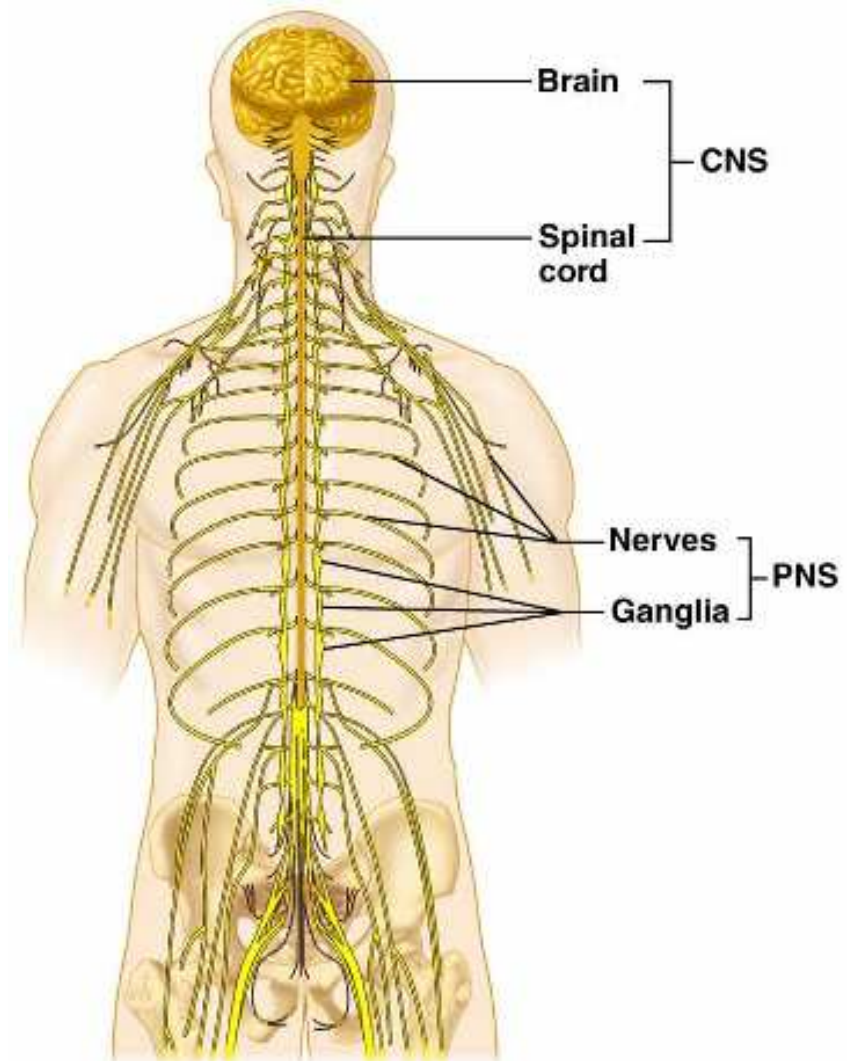
Per convenienza, il SN viene suddiviso in 2 parti:

- Sistema nervoso centrale (SNC-CNS)

- Cervello e midollo spinale
- Centri integrativi e di controllo

- Sistema nervoso periferico (SNP-PNS)

- Nervi spinali e craniali
- Linee di comunicazione tra il SNC e il resto del corpo



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Organizzazione del SN

Il SNP ha due suddivisioni fondamentali:

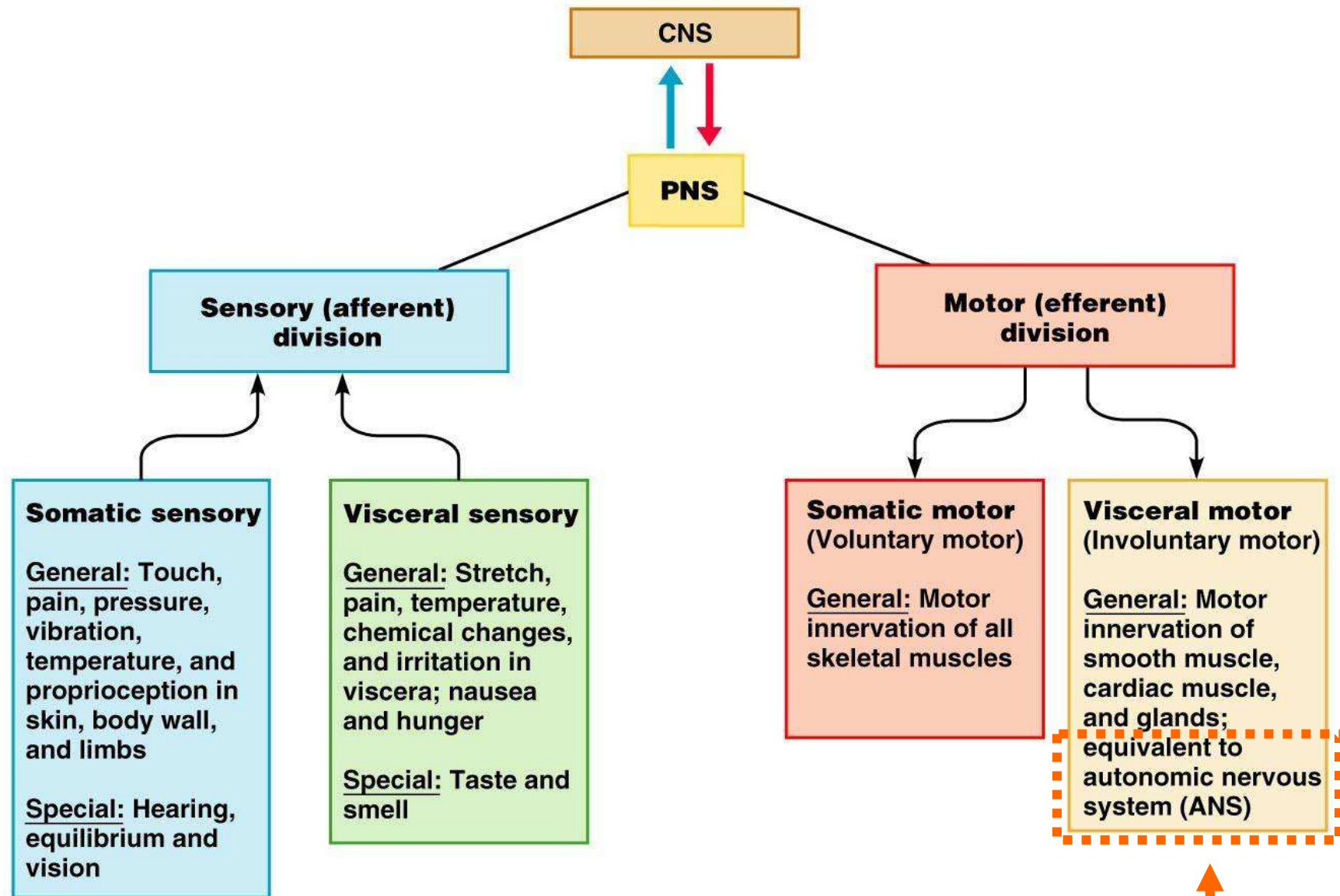
- **Sensoriale (*afferente*)**

Consiste di fibre nervose che portano gli impulsi verso il SNC (*fibre nervose sensoriali somatiche e viscerali*)

- **Motoria (*efferente*)**

Conduce gli impulsi dal SNC verso gli effettori, cioè muscoli e ghiandole (*fibre nervose motorie*)

Organizzazione del SN



Organizzazione del SN

SNP

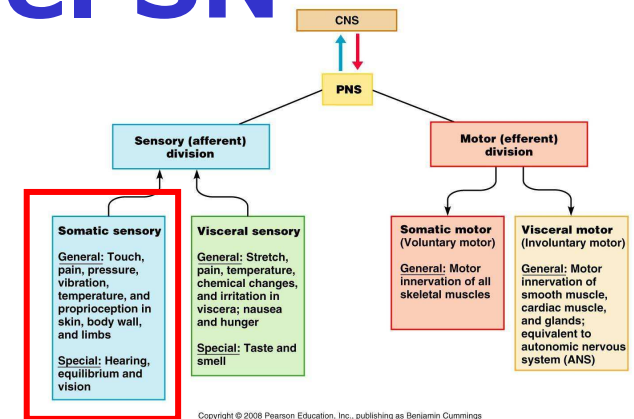
- **Sensoriale (afferente)**
Somatico sensoriale

generale

- Recettori sensoriali sparsi ampiamente su tutto il corpo (esterno e interno)
 - includono i sensi esperiti tramite la pelle e il corpo, come il tatto, il dolore, la pressione, la vibrazione e la temperatura
 - la propriocezione fornisce feedback dalla tensione dei muscoli, dei tendini e delle articolazioni

specifico

- I sensi somatici specifici sono recettori che sono più localizzati e specializzati
 - includono vista, udito, equilibrio, olfatto e gusto



Organizzazione del SN

SNP

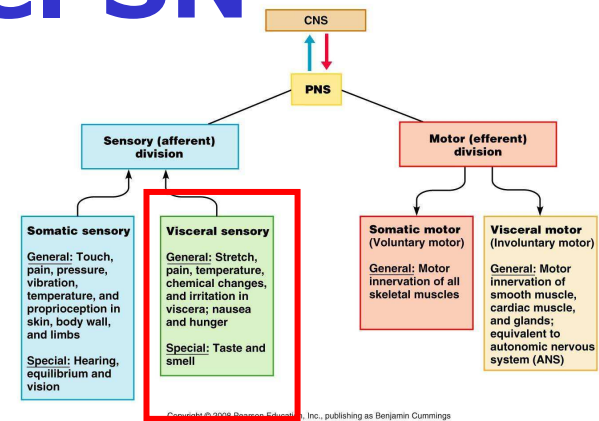
- **Sensoriale (afferente)**
Viscerale sensoriale

generale

- includono la tensione, il dolore, e la temperatura, che possono essere ampiamente sentiti nei tratti urinari e digestivi, negli organi riproduttivi e nelle altre viscere. Anche fame e nausea rientrano tra i sensi viscerali generali.

specifico

- I sensi chimici come il gusto e l'olfatto sono considerati da alcuni come sensi viscerali specifici.



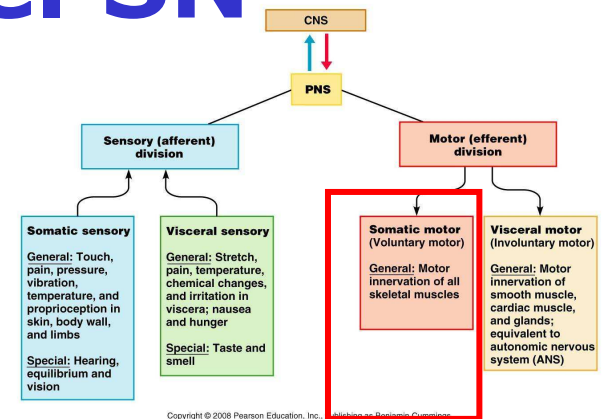
Organizzazione del SN

SNP

– **Motorio (efferente)**
Somatico motorio

generale

- stimola la contrazione dei muscoli scheletrici
- viene detto **sistema nervoso volontario**
- siccome i muscoli scheletrici sono ampiamente distribuiti in tutto il corpo, non c'è categoria specifica



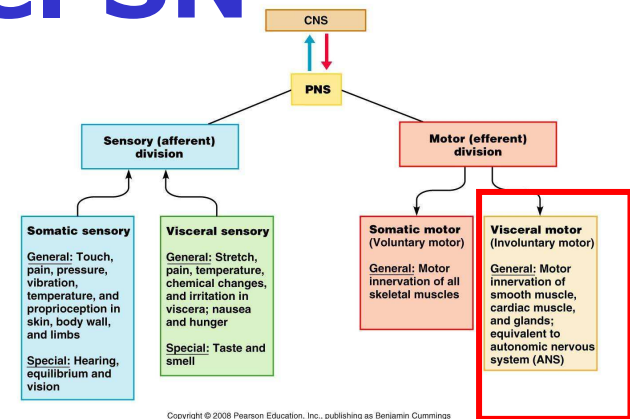
Organizzazione del SN

SNP

- **Motorio (efferente)**
Viscerale motorio

generale

- regola la contrazione dei muscoli lisci e del muscolo cardiaco e la secrezione di molte ghiandole
- *i neuroni motori della categoria viscerale generale costituiscono il **sistema nervoso autonomo** (SNA-ANS) che controlla il funzionamento degli organi viscerali*
- Siccome in genere non abbiamo controllo volontario su queste attività (es. battito cardiaco, movimento del cibo nel tratto digerente, etc.), il SNA è detto anche **sistema nervoso involontario**



Organizzazione del SNA

- Il SNA ha 2 principali suddivisioni:

–Simpatico

- mobilita i sistemi corporei nelle situazioni di emergenza

–Parasimpatico

- conserva l'energia
- promuove le funzioni non di emergenza

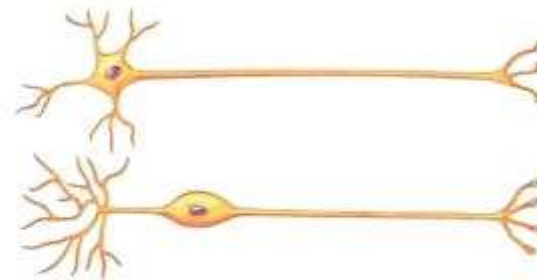
Le 2 suddivisioni portano ad effetti opposti sugli stessi organi viscerali, quello che una stimola, l'altra inibisce

La cellula: la più piccola unità vivente

Cellula: la più piccola unità vivente, specializzata per svolgere le diverse funzioni dell'organismo.

4 tipi di cellule:

- nervosa
- muscolare
- epiteliale
- connettivale



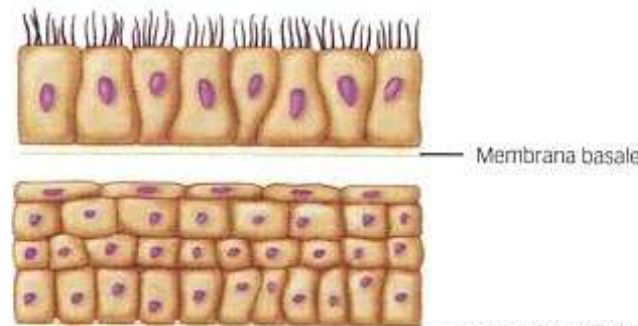
(a) Neuroni



(b) Cellule muscolari



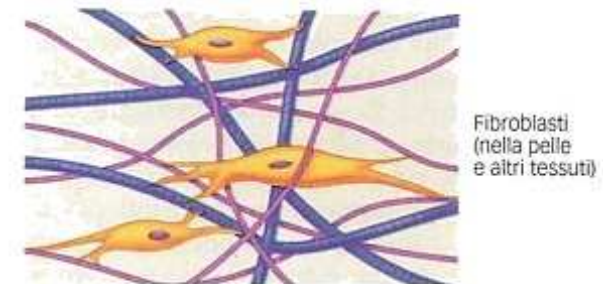
Cellule del sangue



(c) Cellule epiteliali



Cellule delle ossa



(d) Cellule del tessuto connettivo

Le cellule del sistema nervoso

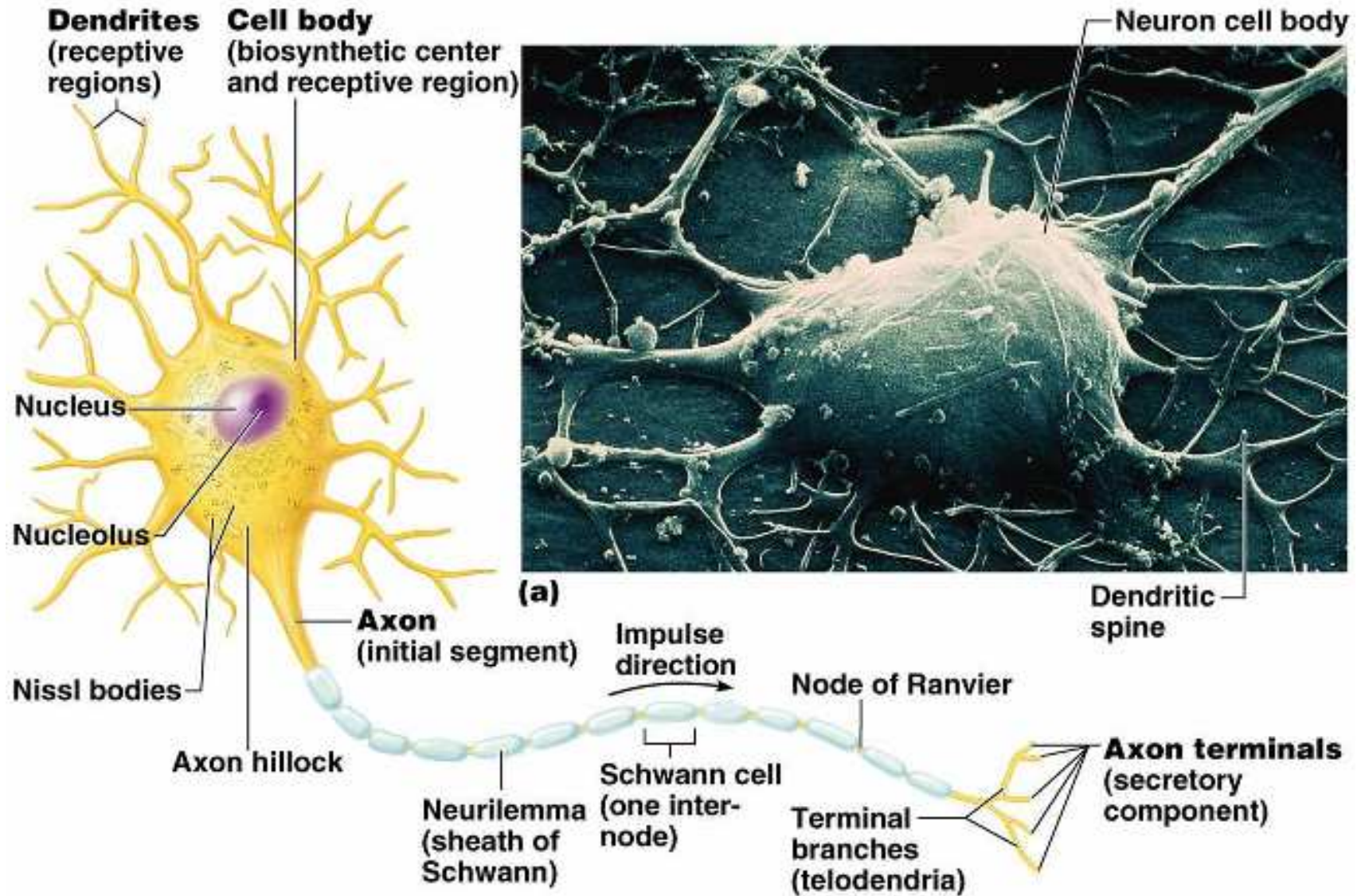
L'enorme variabilità e complessità dei comportamenti dipende dal numero elevato di neuroni (circa 100 miliardi) e dalla complessità delle interconnessioni (i singoli componenti sono poco diversi fra loro).

I neuroni sono le unità strutturali di base del sistema nervoso.

Alcune domande:

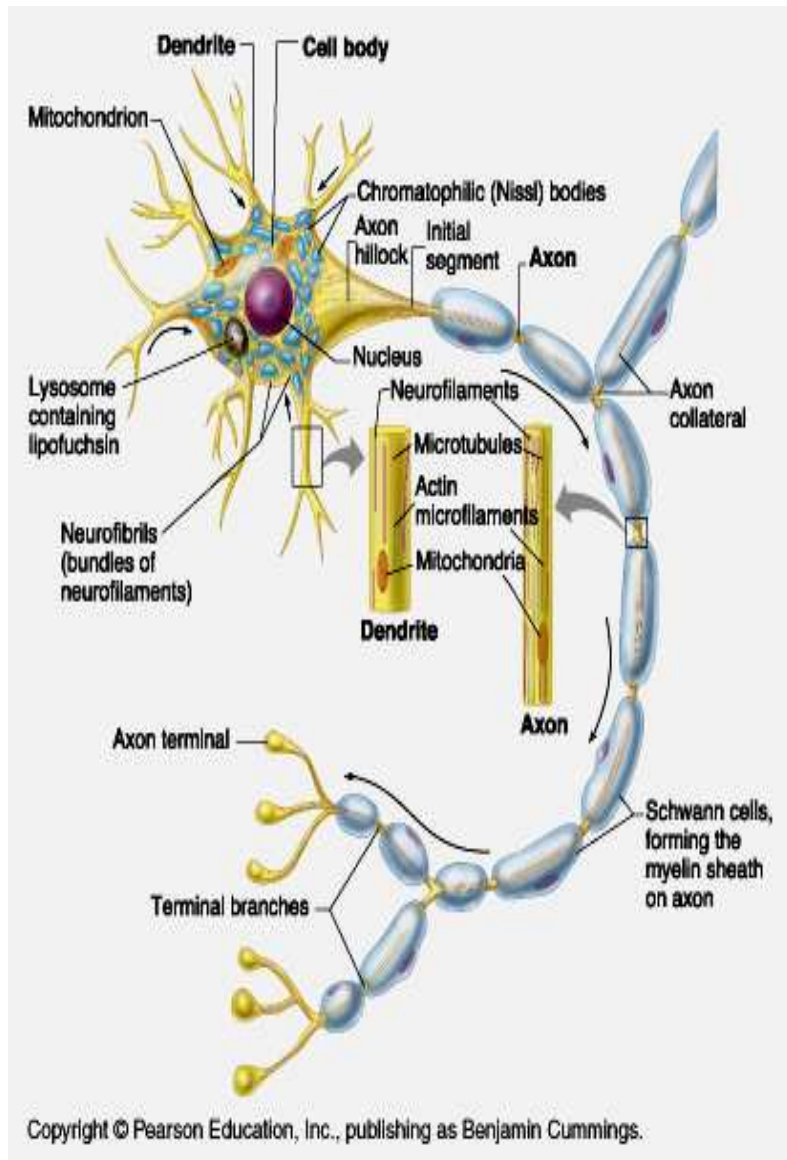
- 1) Che "linguaggio" viene usato nella comunicazione?
- 2) Come sono interconnessi i neuroni?
- 3) Che relazione c'è fra schemi di interconnessione e comportamento?
- 4) Come si modifica il comportamento con l'esperienza?

II Neurone



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Il Neurone



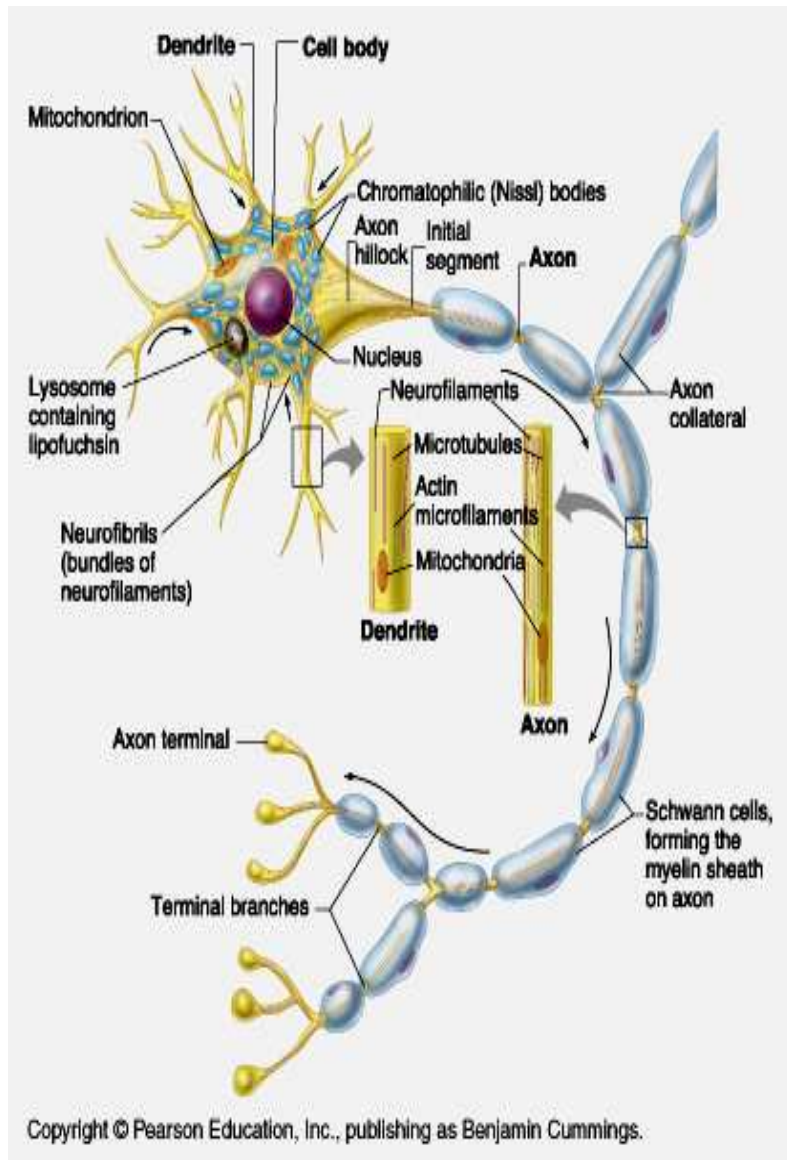
Nel **neurone** si possono identificare 4 aree morfologiche: il corpo (o **soma**), i **dendriti**, l'**assone** e i **terminali pre-sinaptici**.

I dendriti rappresentano gli "ingressi" del neurone mentre l'assone è l'uscita.

I neuroni sono cellule specializzate che conducono segnali elettrici da una parte all'altra del corpo. I segnali elettrici trasmessi lungo l'assone (**potenziali d'azione** o *spikes*) sono impulsi con un'ampiezza di circa 100 mV e con una durata di circa 1 ms. Il segnale si propaga ad una velocità che varia da 1 a 100 m/s.

L'alta velocità di conduzione è ottenuta per mezzo della **guaina mielinica**.

Il Neurone

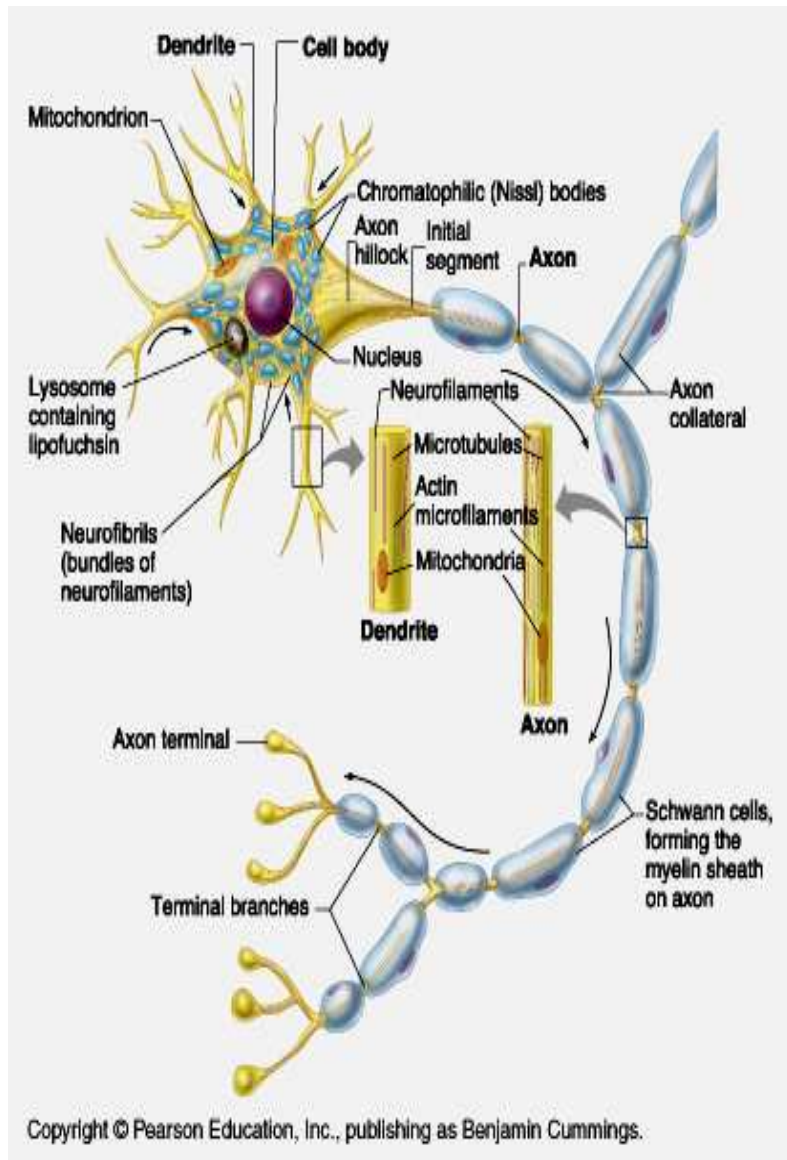


I neuroni sono molto longevi; possono e devono funzionare per tutta la vita.

Non si dividono, una volta che i neuroni fetali assumono il loro ruolo di collegamento comunicativo nel sistema nervoso, perdono la capacità di dividersi.

Non possono essere sostituiti se distrutti. Ci sono alcune eccezioni limitate nel SNC, in cui sono state identificate delle cellule staminali nervose.

Il Neurone



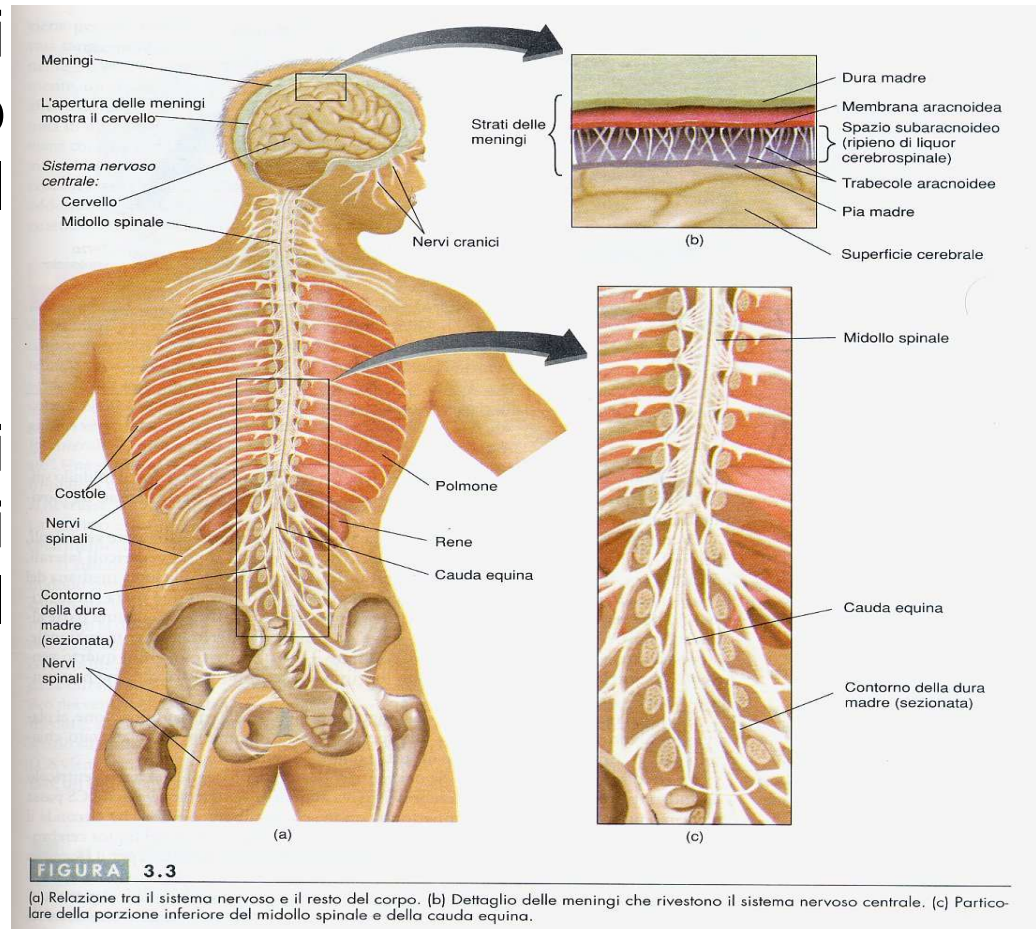
I neuroni hanno un'attività metabolica estremamente elevata, richiedendo continuamente abbondanti quantità di ossigeno e di glucosio.

I neuroni non possono sopravvivere per più di pochi minuti senza ossigeno.

Il corpo cellulare

Gran parte dei corpi cellulari dei neuroni sono localizzati all'interno del SNC.

Alcuni gruppi di corpi cellulari detti **gangli** si trovano lungo i nervi del SNP.



Dendriti

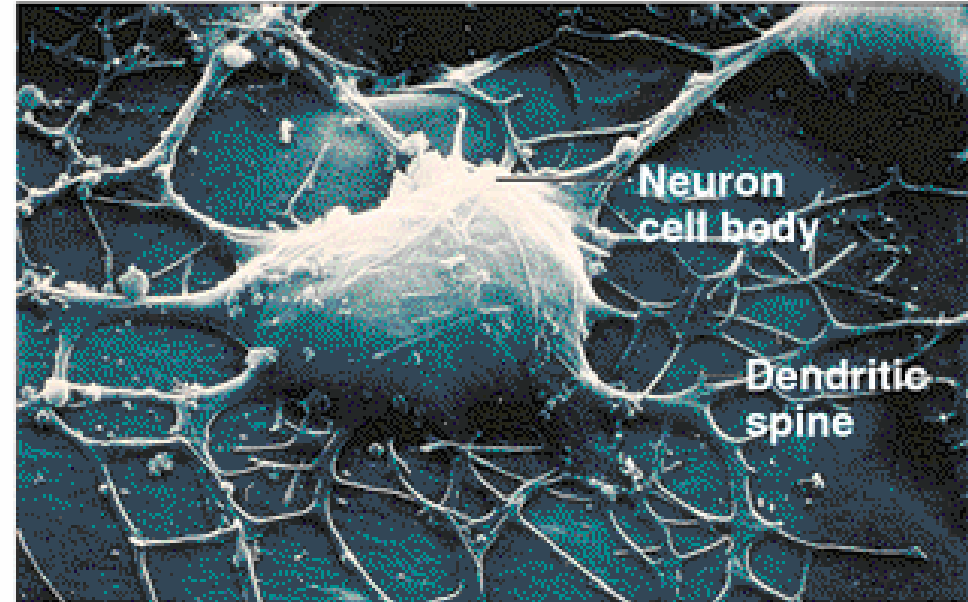
I dendriti partono dal corpo cellulare: sono corti, sottili, arborizzati.

I neuroni hanno centinaia di gruppi di dendriti.

La loro funzione è quella di fornire un'area estesa per la ricezione di segnali da altri neuroni.

Per definizione, i dendriti conducono i segnali elettrici verso il corpo cellulare.

Le spine dendritiche rappresentano le aree di contatto con gli altri neuroni.



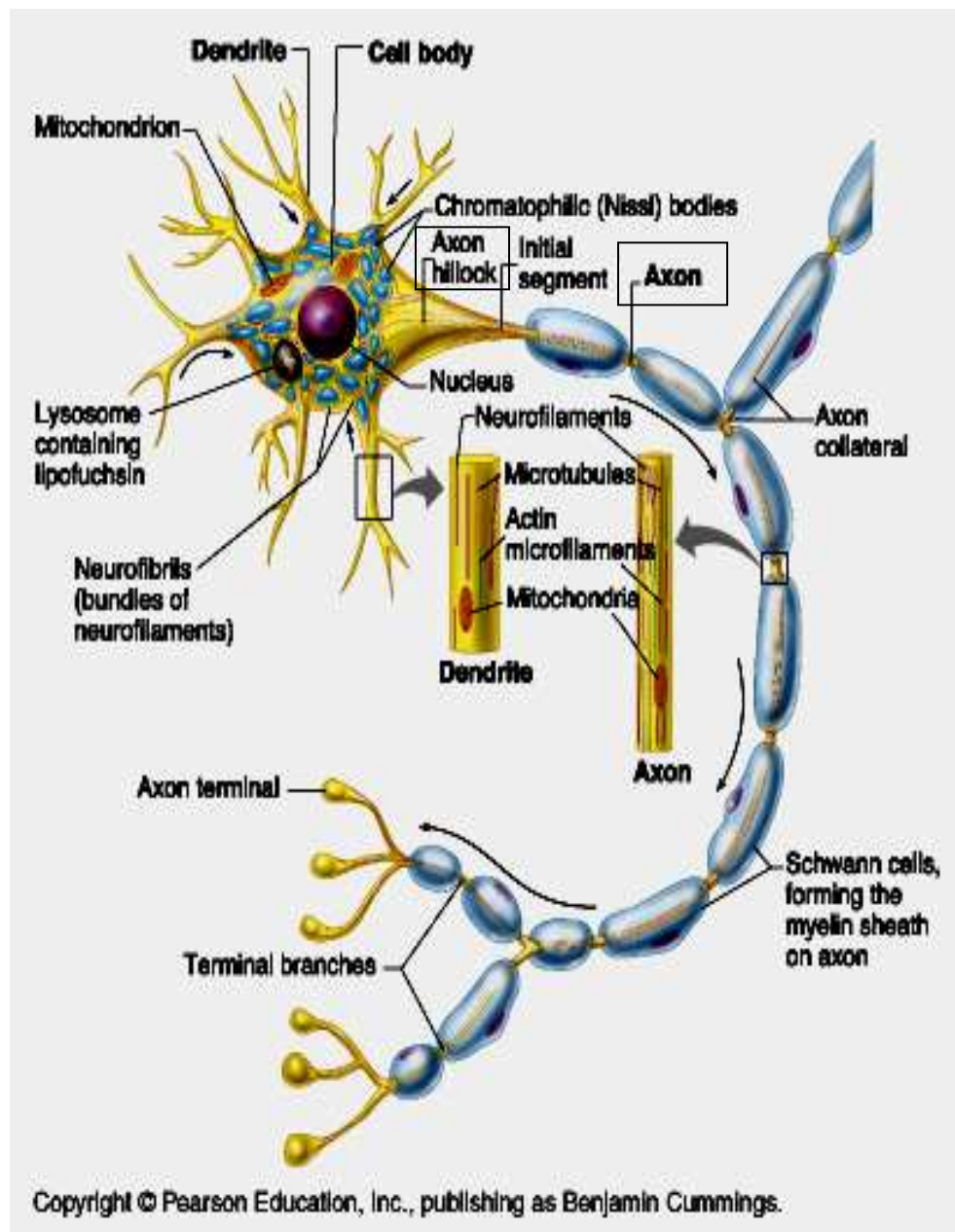
(a)

Assoni

Ogni neurone ha un solo assone.

Forma un processo sottile uniforme in diametro nella sua lunghezza, che varia da corta o assente fino a 1 m. Gli assoni lunghi sono detti fibre nervose e viaggiano in un gruppo di fibre a comporre un nervo.

Gli assoni sono generatori di impulsi e conduttori che trasmettono impulsi nervosi lontano dal corpo cellulare.

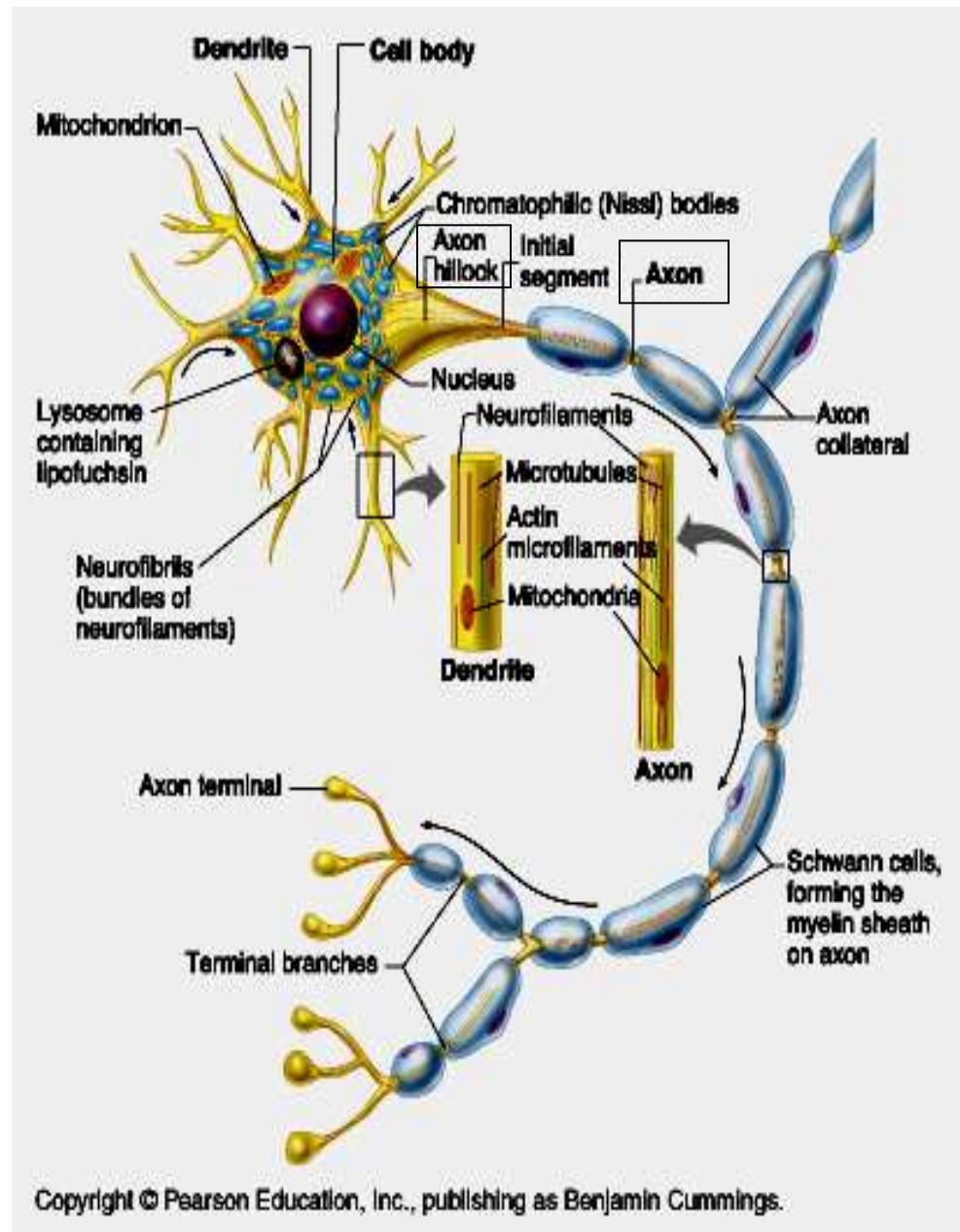


Assoni

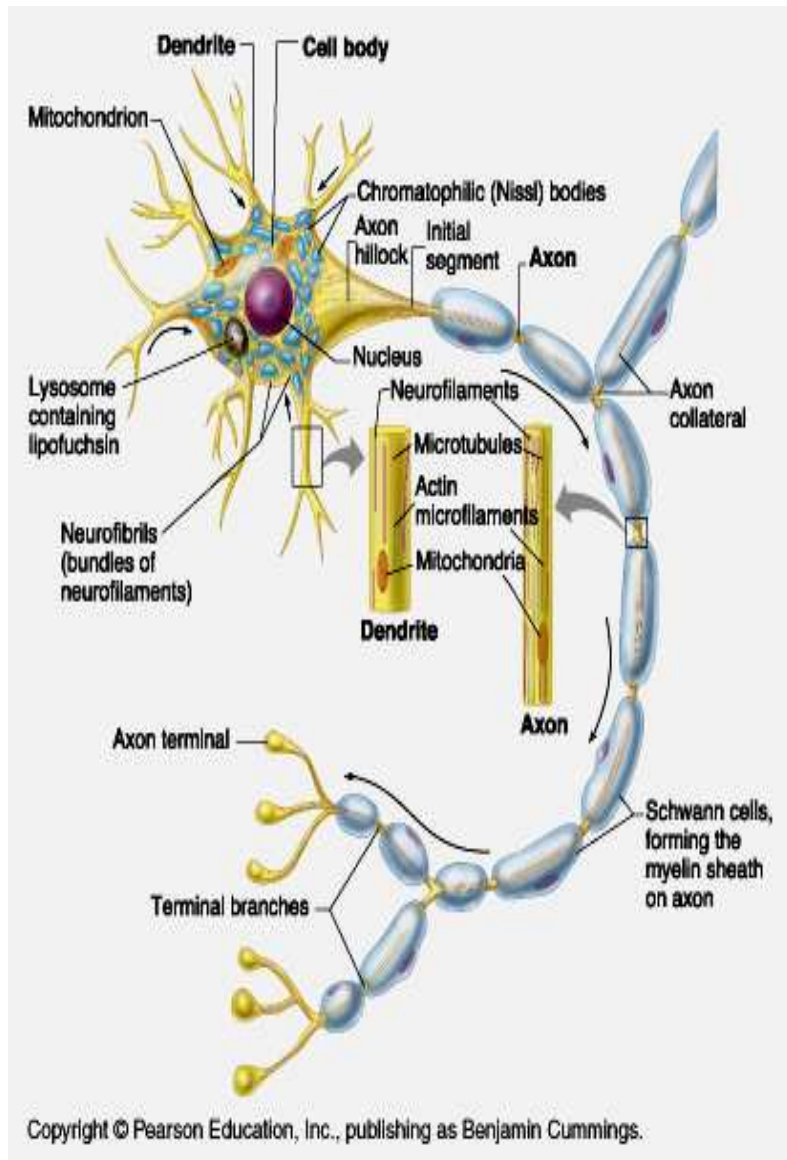
Un impulso nervoso è tipicamente generato nel segmento iniziale dell'assone e viene condotto lungo l'assone ai terminali dell'assone, dove causa il rilascio di neurotrasmettitori nello spazio extracellulare.

Il diametro degli assoni varia considerevolmente tra i diversi neuroni nel corpo.

Gli assoni con diametri più larghi conducono impulsi più velocemente di quelli con diametro inferiore (*legge fisica*: la resistenza al passaggio di una corrente elettrica diminuisce come il diametro del cavo aumenta).



Il Neurone



Il tipo di informazione trasmessa non è codificata dalla forma del segnale ma dal “**percorso**” seguito nel cervello.

Vicino alle terminazioni l'assone si ramifica ed entra in contatto con altri neuroni. Il punto di contatto è chiamato **sinapsi**. La cellula che invia il segnale è chiamata **cellula presinaptica**, quella che riceve è chiamata **cellula postsinaptica**.

I **terminali presinaptici** sono degli ingrossamenti dell'assone che non sono anatomicamente collegati alla cellula postsinaptica. Questa separazione è chiamata **fessura sinaptica** (*synaptic cleft*).

I neuroni si differenziano quasi esclusivamente per la loro forma (vale a dire il numero e la forma dei terminali).

Classificazione dei neuroni

Classificazione strutturale

Multipolari: molti processi si estendono dal corpo cellulare, tutti dendriti tranne un assone (99% dei neuroni).

Bipolari: 2 processi si estendono dal corpo cellulare, uno è un dendrite, l'altro un assone.

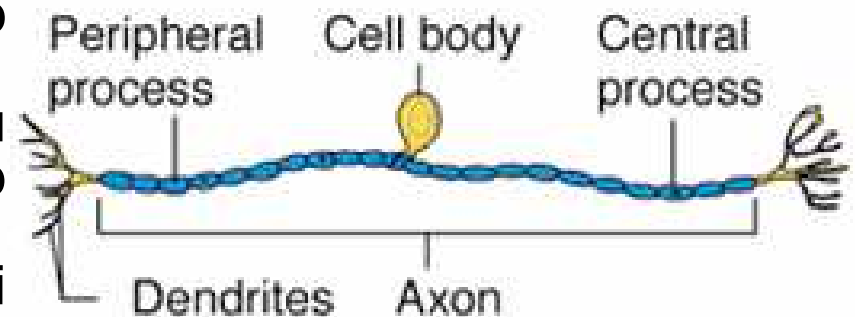
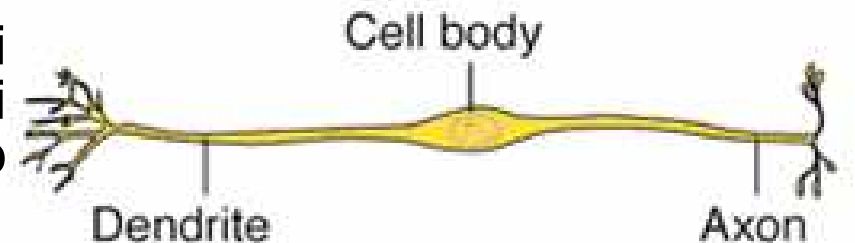
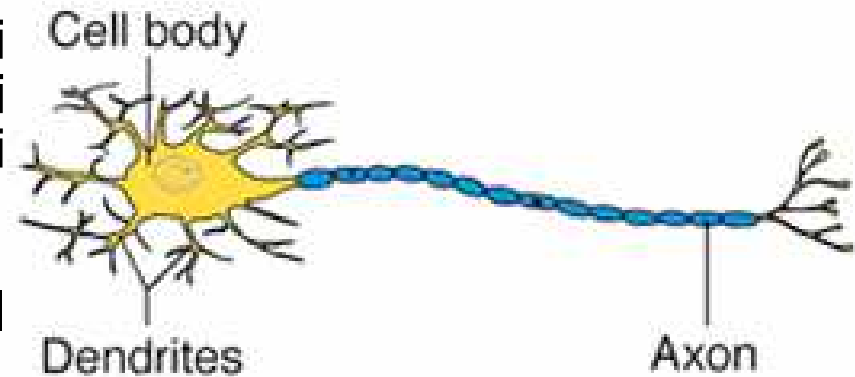
Sono rari, si trovano negli organi sensoriali specifici (es. cellule bipolari della retina, orecchio interno, epitelio della mucosa olfattiva).

Unipolari: un processo si estende dal corpo cellulare e forma il processo periferico e centrale dell'assone.

Il processo centrale (assone) è più prossimale al SNC, mentre quello periferico è più vicino al SNP.

Si trovano principalmente nei gangli del SNP.

Sono principalmente neuroni sensoriali.



Classificazione dei neuroni

Classificazione funzionale

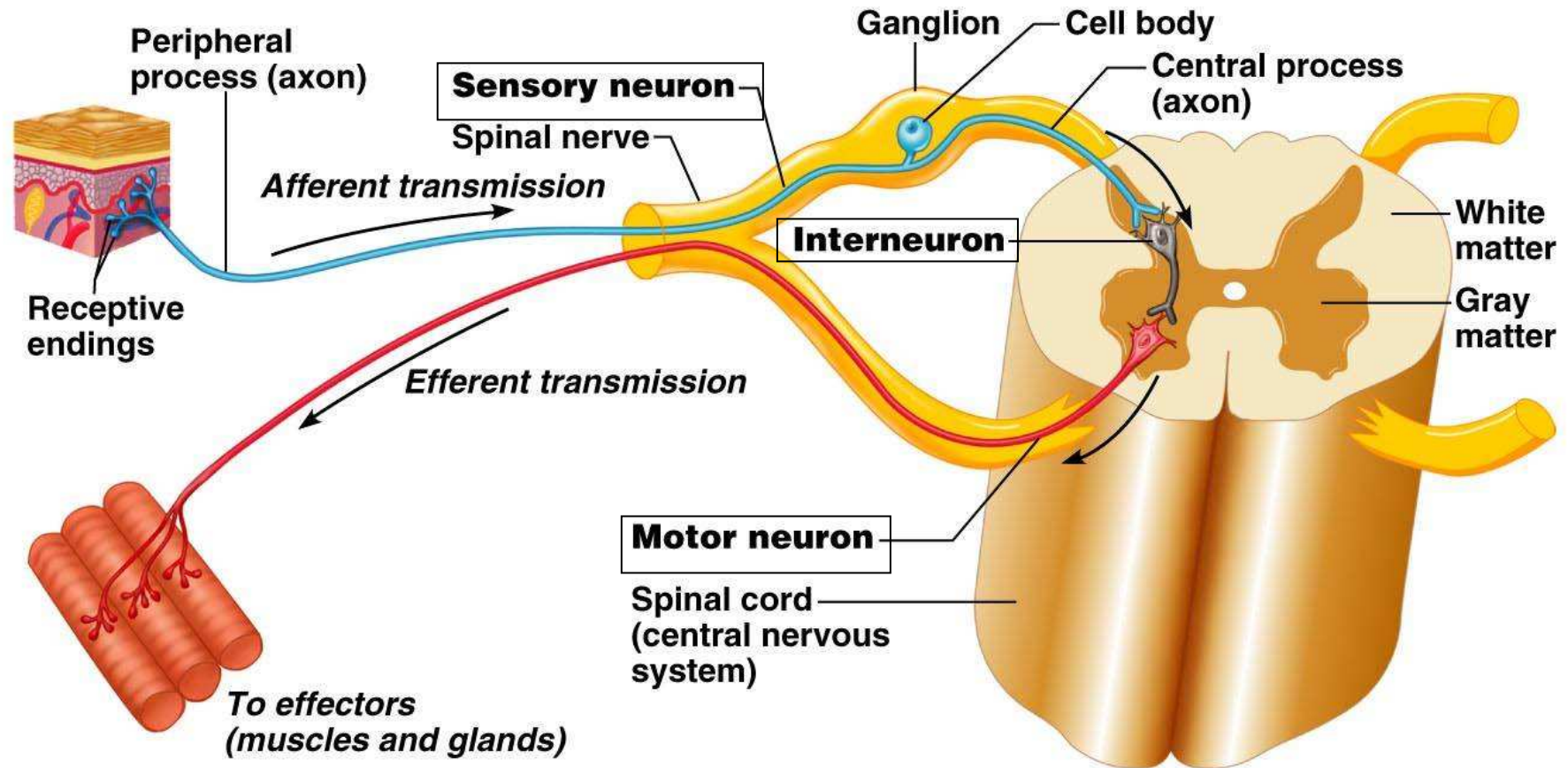
La classificazione funzionale segue la direzione in cui l'impulso nervoso viaggia relativamente al SNC

Sulla base di questo criterio ci sono 3 tipi di neuroni:

- ***Sensoriali***
- ***Motori (motoneuroni)***
- ***Interneuroni (o neuroni associativi)***

Classificazione dei neuroni

Classificazione funzionale



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Classificazione dei neuroni

Classificazione funzionale

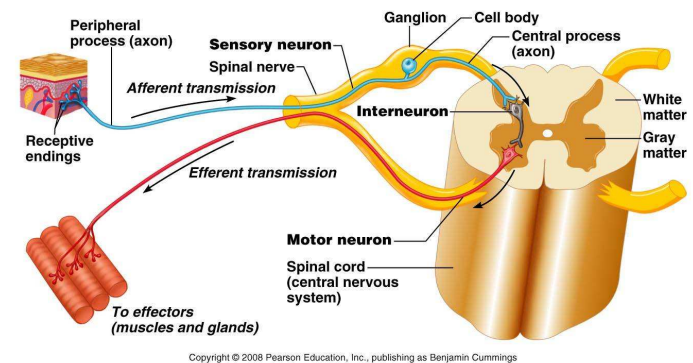
Neuroni sensoriali

Questi neuroni **afferenti** costituiscono la parte sensoriale del SNP.

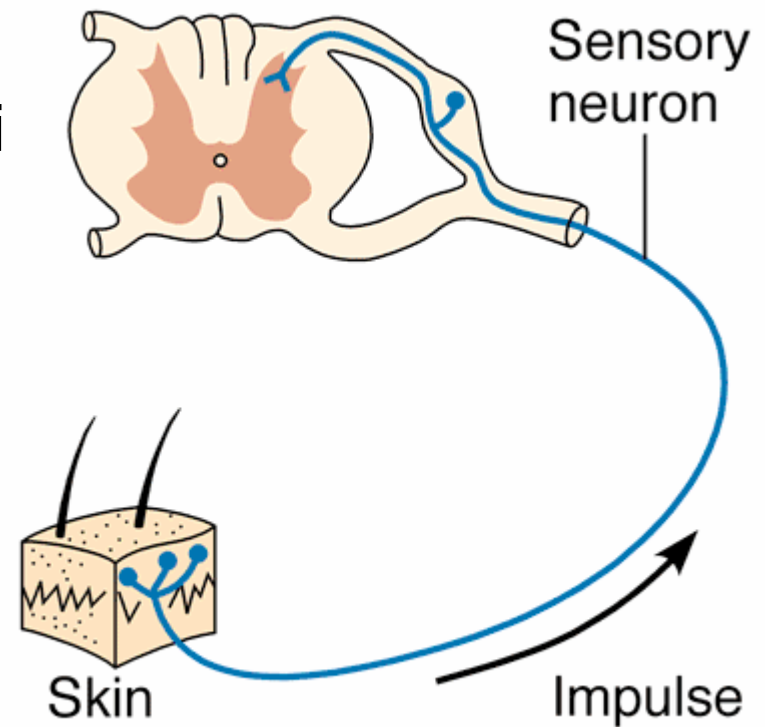
Trasmettono impulsi verso il SNC dai recettori sensoriali nel SNP.

I loro corpi cellulari stanno nei gangli all'esterno del SNC.

Sono unipolari.



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings



© BENJAMIN/CUMMINGS

Classificazione dei neuroni

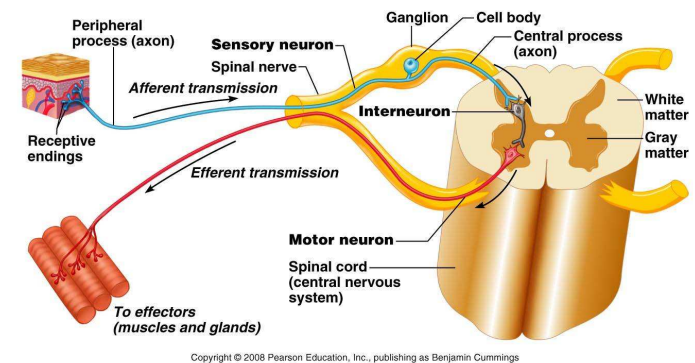
Classificazione funzionale

Neuroni motori (motoneuroni)

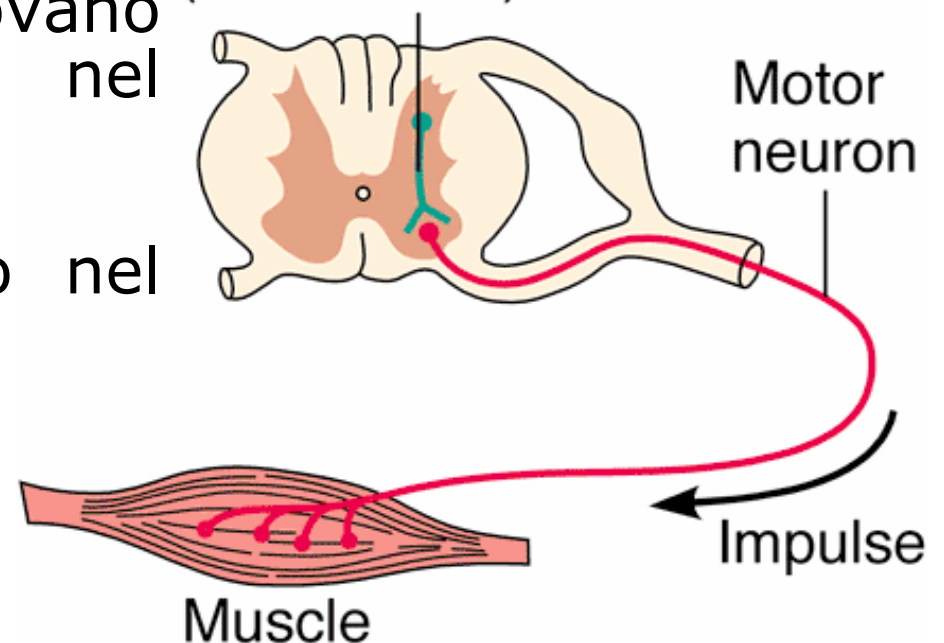
Sono neuroni **efferenti** che portano gli impulsi via dal SNC verso gli organi effettori (muscoli e ghiandole). I motoneuroni si collegano con le cellule effettrici, segnalando ai muscoli di contrarsi o alle ghiandole di secernere. I motoneuroni superiori si trovano nel cervello, quelli inferiori nel SNP.

I loro corpi cellulari stanno nel SNC (tranne quelli del SNA).

Sono multipolari.



Association neuron (interneuron)



Classificazione dei neuroni

Classificazione funzionale

Interneuroni

Questi neuroni stanno tra quelli sensoriali e i motoneuroni.

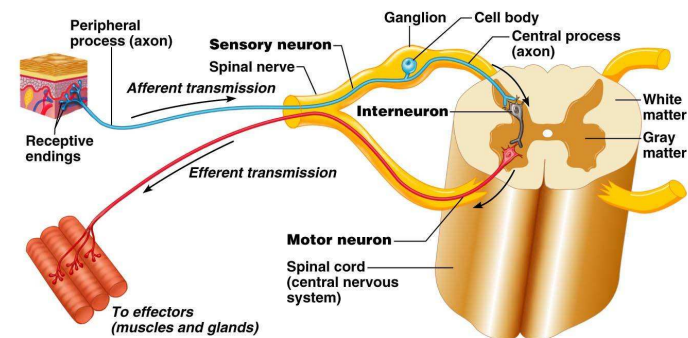
Formano complesse vie neurali.

Si trovano nel SNC.

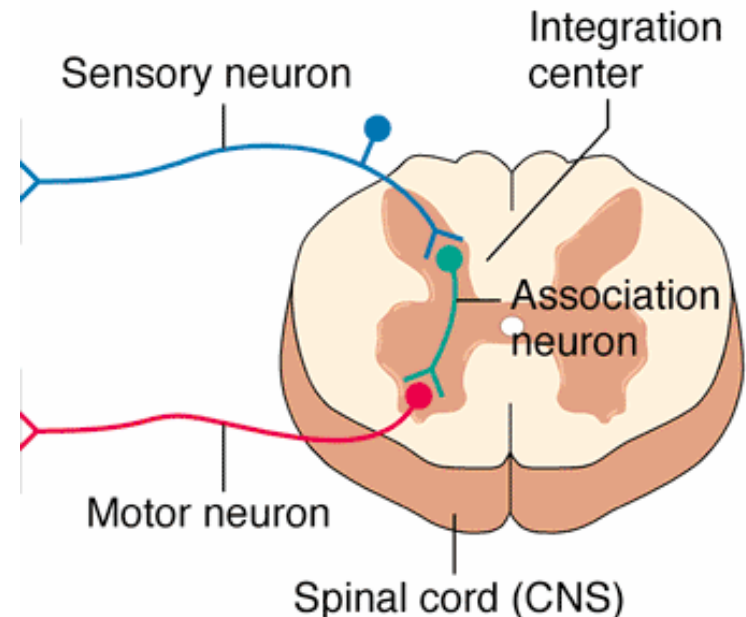
Costituiscono il 99.98% dei neuroni del corpo.

Quasi tutti gli interneuroni sono multipolari.

Gli interneuroni mostrano grandi differenze in dimensione e pattern di arborizzazione dei loro processi.



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

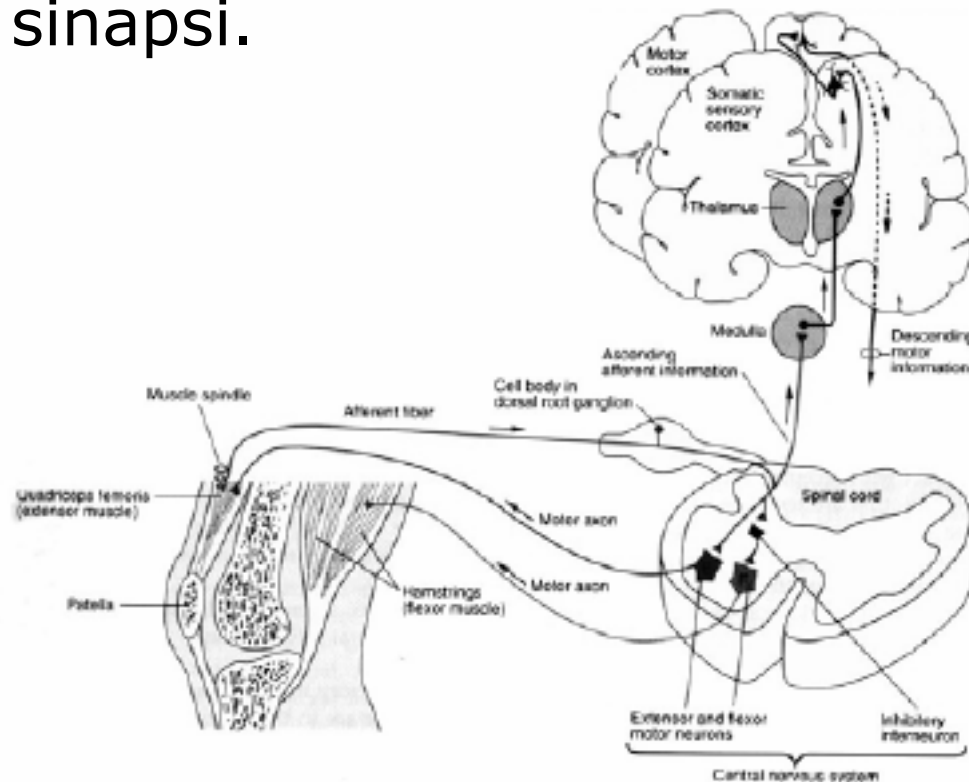


Il riflesso patellare

Lo stiramento del muscolo estensore provocato dalla percussione del tendine provoca la contrazione del muscolo flessore.

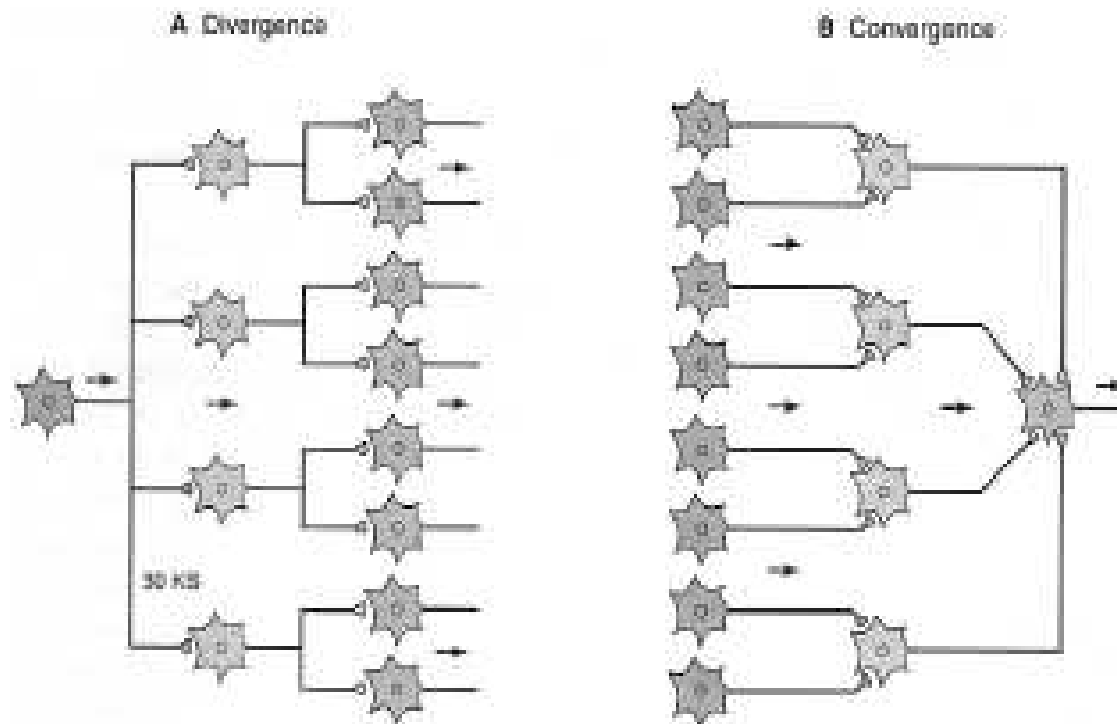
Questo è un esempio di riflesso spinale (comportamento mediato solo dai neuroni del midollo spinale).

Questo riflesso è detto **monosinaptico** perché mediato da una sola sinapsi.



La maggior parte dei riflessi spinali sono **polisinaptici**.

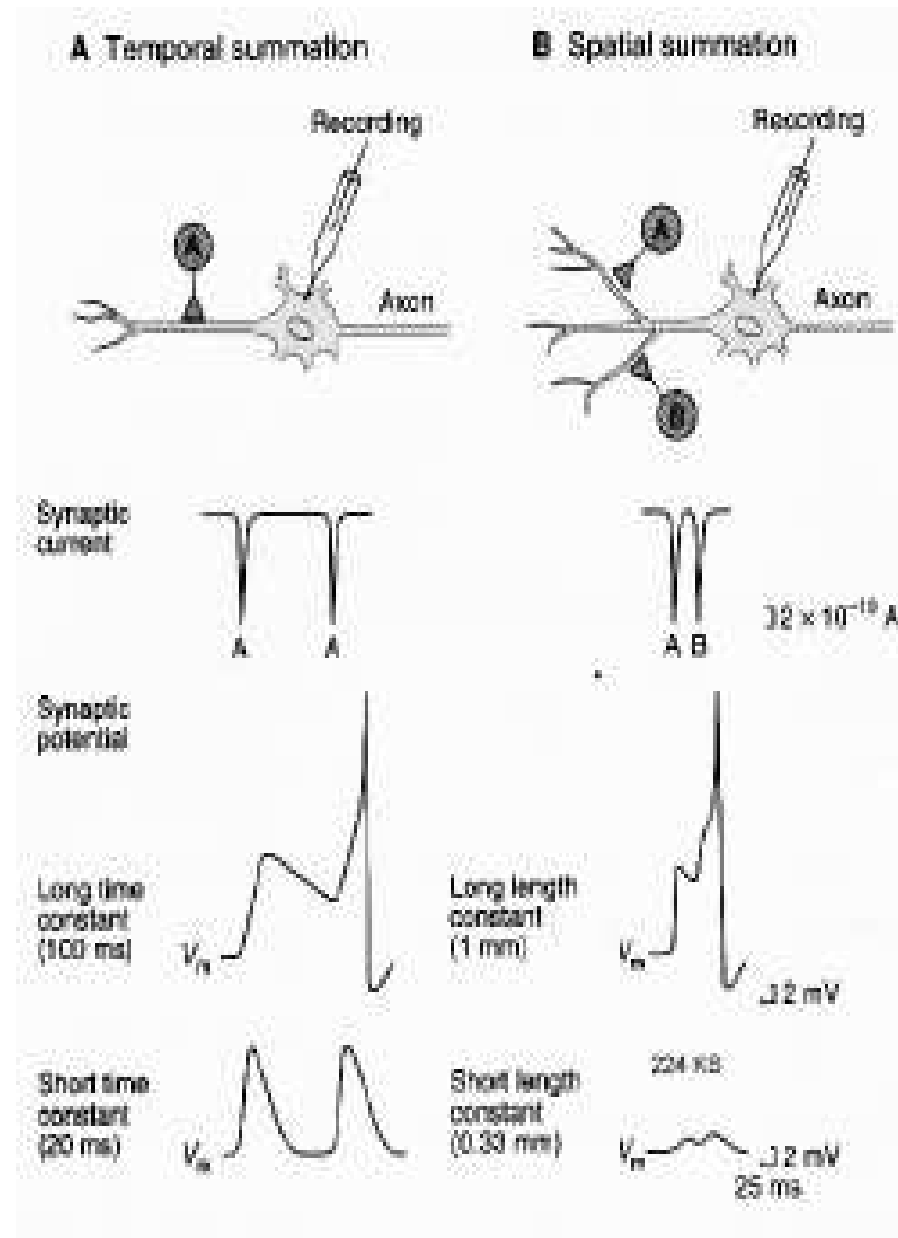
Reti neurali



L'allungamento di un singolo muscolo provoca la stimolazione di centinaia di recettori ciascuno dei quali attiva da 100 a 150 motoneuroni: **divergenza neuronale**. Un singolo neurone può provocare una influenza distribuita.

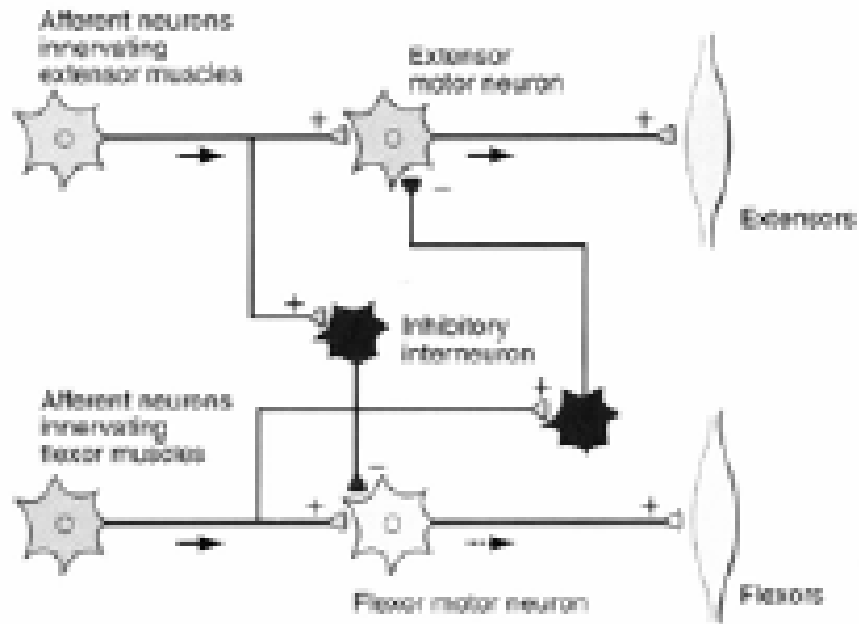
Al contrario molte cellule sensoriali **convergono** su una singola cellula motoria: la cellula target integra l'informazione proveniente da diverse sorgenti.

Integrazione spaziale e temporale

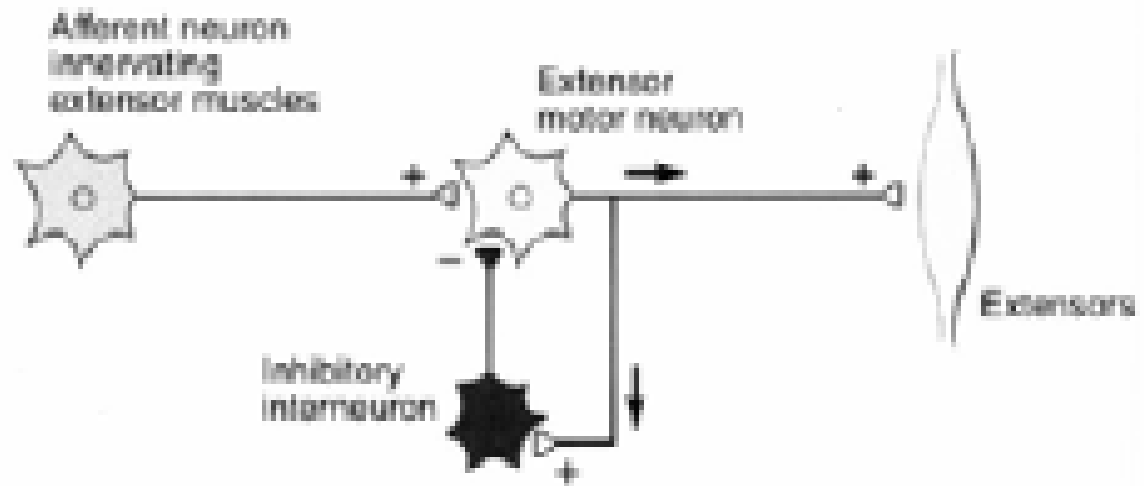


Reti neurali

A Feed-forward inhibition

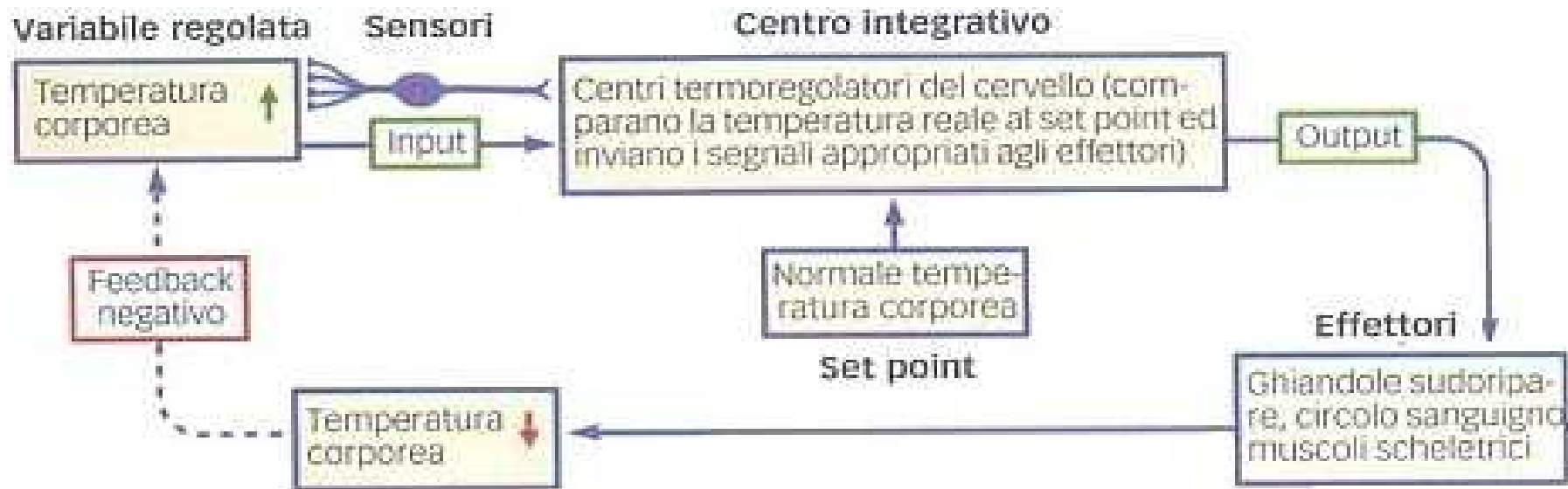


B Feedback inhibition



Meccanismi di regolazione dei sistemi fisiologici

Regolazione a feed-back negativo: un *sensore* rileva il valore attuale della variabile fisiologica (es. temperatura corporea), manda il segnale ad un *centro integrativo* che compara tale valore con quello(i) di riferimento (set point). In caso di differenza, viene mandato un segnale di errore a *effettori* che agiscono per portare il valore della variabile al valore di riferimento o entro l'intervallo dei valori di riferimento. E' il meccanismo di controllo fisiologico più diffuso nell'organismo.



Concetti chiave sui trasporti attraverso le membrane cellulari

La membrana cellulare: struttura e funzioni

Membrana cellulare: le sue caratteristiche determinano la differenze di composizione del liquido intra- ed extra-cellulare.

Struttura: è formata da due strati di fosfolipidi con le "code" idrofobe e le "teste" idrofile verso il liquido intra- ed extra-cellulare. Vi sono canali per il passaggio di piccole molecole (es. l'acqua).

Funzioni: dipendono dalle proteine. Le proteine che attraversano la membrana ("integrali") costituiscono canali per gli ioni, trasportatori e pompe per il passaggio di sostanze/ioni. Le proteine su una faccia della membrana ("periferiche") facilitano i processi biochimici (enzimi), captano ioni e biomolecole (recettori) o hanno funzioni strutturali associate al citoscheletro.

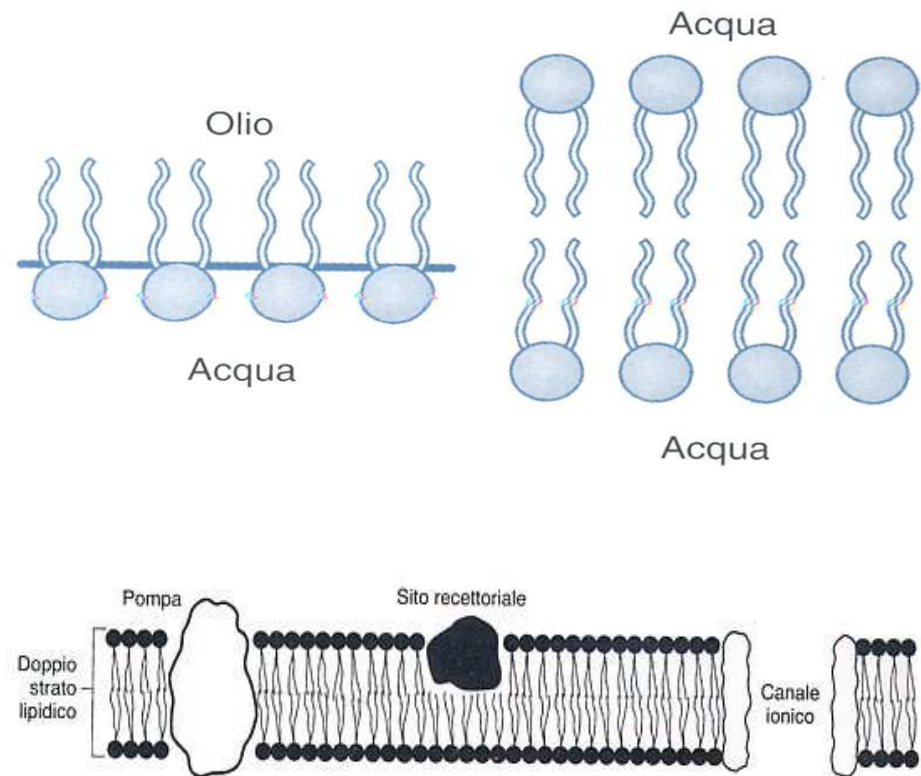


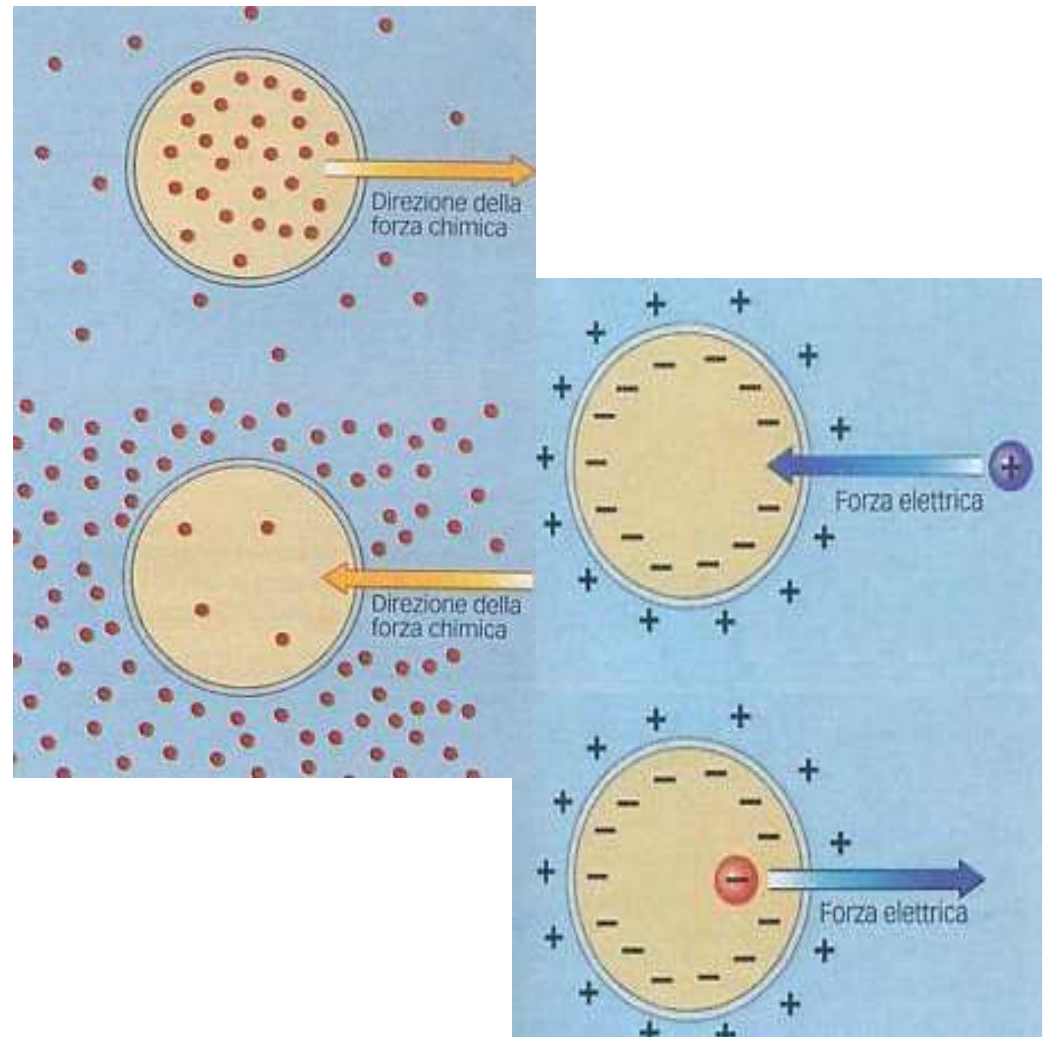
Fig. 1.1 di Eusebi-Gatti, Fisiologia, Masson, 1998

Trasporto attivo e passivo attraverso la membrana

Trasporto passivo:

o "in discesa" (=senza consumo di energia-ATP). Si attua per differenza di concentrazione (gradiente chimico) o carica elettrica (gradiente elettrico) tra i due lati della membrana. Il gradiente può essere espresso dal concetto di forza chimica e forza elettrica.

Trasporto attivo: richiede consumo di ATP perché si svolge "in salita" contro i suddetti gradienti. Servono proteine di membrana.

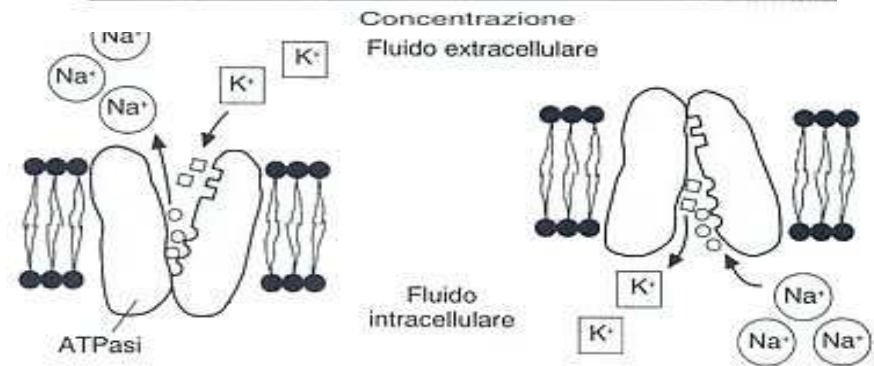
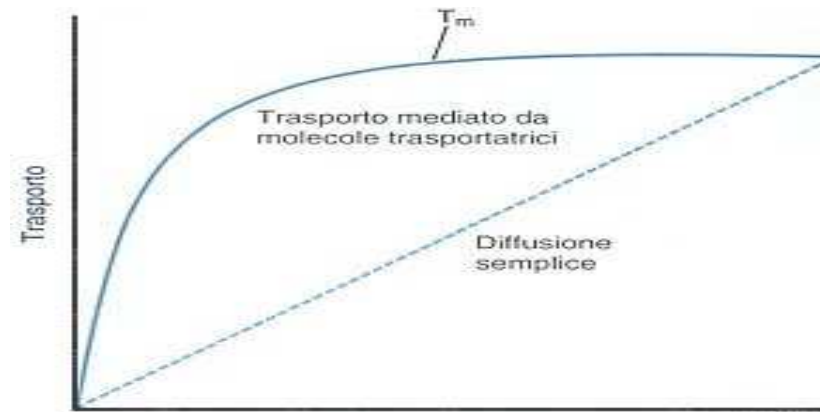


Trasporto attraverso la membrana con proteine trasportatrici

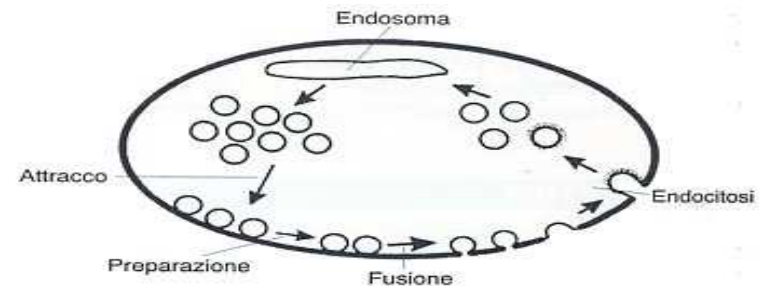
Generalità: le proteine trasportatrici hanno un numero limitato di "sedili" (**saturazione**) e possono portare solo certi tipi di soluti (effetti di specificità e competizione tra tali soluti). La velocità di trasporto è più lenta rispetto alla diffusione semplice.

Trasporto attivo primario: "in salita" (con consumo di energia ATP) contro un gradiente chimico o elettrico (es. pompa K^+/Na^+ nella membrana nervosa e muscolare).

Trasporto mediante vescicole: **endocitosi** (invaginazione della membrana che racchiude i soluti) ed **esocitosi** (fusione di vescicole e membrana ed espulsione di soluti).



Pompa K^+/Na^+



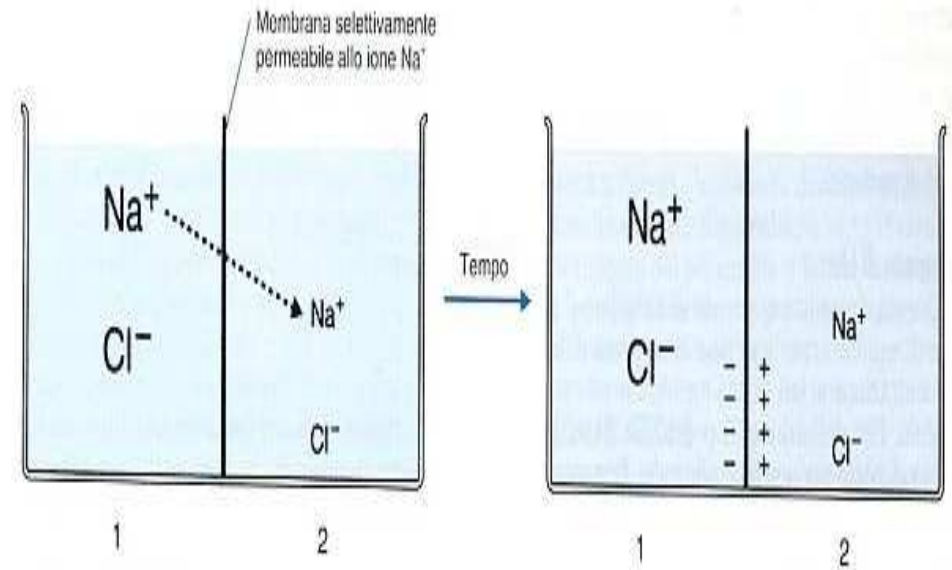
Concetti chiave su potenziali di membrana, conduzione e trasmissione dell'informazione nel sistema neuro-muscolare

Potenziale di membrana

Canali della membrana: si aprono/chiodono variando la loro conduttanza a specifici ioni, in funzione del potenziale di membrana.

Potenziali di diffusione: il flusso di ioni attraverso la membrana genera un potenziale di diffusione ai suoi due lati. Esempio (Fig.): vi è più Na^+Cl^- nel comparto di sinistra e una membrana permeabile solo al Na^+ . Per differenza di concentrazione (forza chimica) il Na^+ passa nel comparto di destra sviluppando un potenziale positivo.

Potenziale di equilibrio: Tale flusso continua fino al potenziale di equilibrio della membrana, che rappresenta l'equilibrio tra forze chimiche ed elettriche agenti sugli ioni (nell'esempio: Na^+).



Il principio di funzionamento del neurone

Il neurone a riposo è **polarizzato** con una ddp di -70 mV (potenziale di membrana a riposo). La concentrazione di ioni negativi è maggiore all'interno del neurone.

Iperpolarizzazione: aumento della polarizzazione (e.g. -90mV)

Depolarizzazione: diminuzione della polarizzazione (e.g. -50mV)

Se il neurone si depolarizza a valori maggiori di circa -40mV, viene generato un **potenziale d'azione**.

I potenziali d'azione (o **spikes** o **impulsi nervosi**) hanno la stessa forma e ampiezza.

Il segnale viene codificato nella **frequenza di scarica**.

Il potenziale d'azione

Caratteristiche generali del potenziale d'azione

▪ *La soglia*

Lo stimolo soglia è lo stimolo depolarizzante di intensità minima in grado di generare un potenziale d'azione in un neurone

▪ *La legge del tutto o nulla*

In un neurone un potenziale d'azione o è generato e si sviluppa in tutta la sua ampiezza, se lo stimolo raggiunge o supera la soglia, oppure non è generato affatto, se l'ampiezza dello stimolo è inferiore alla soglia.

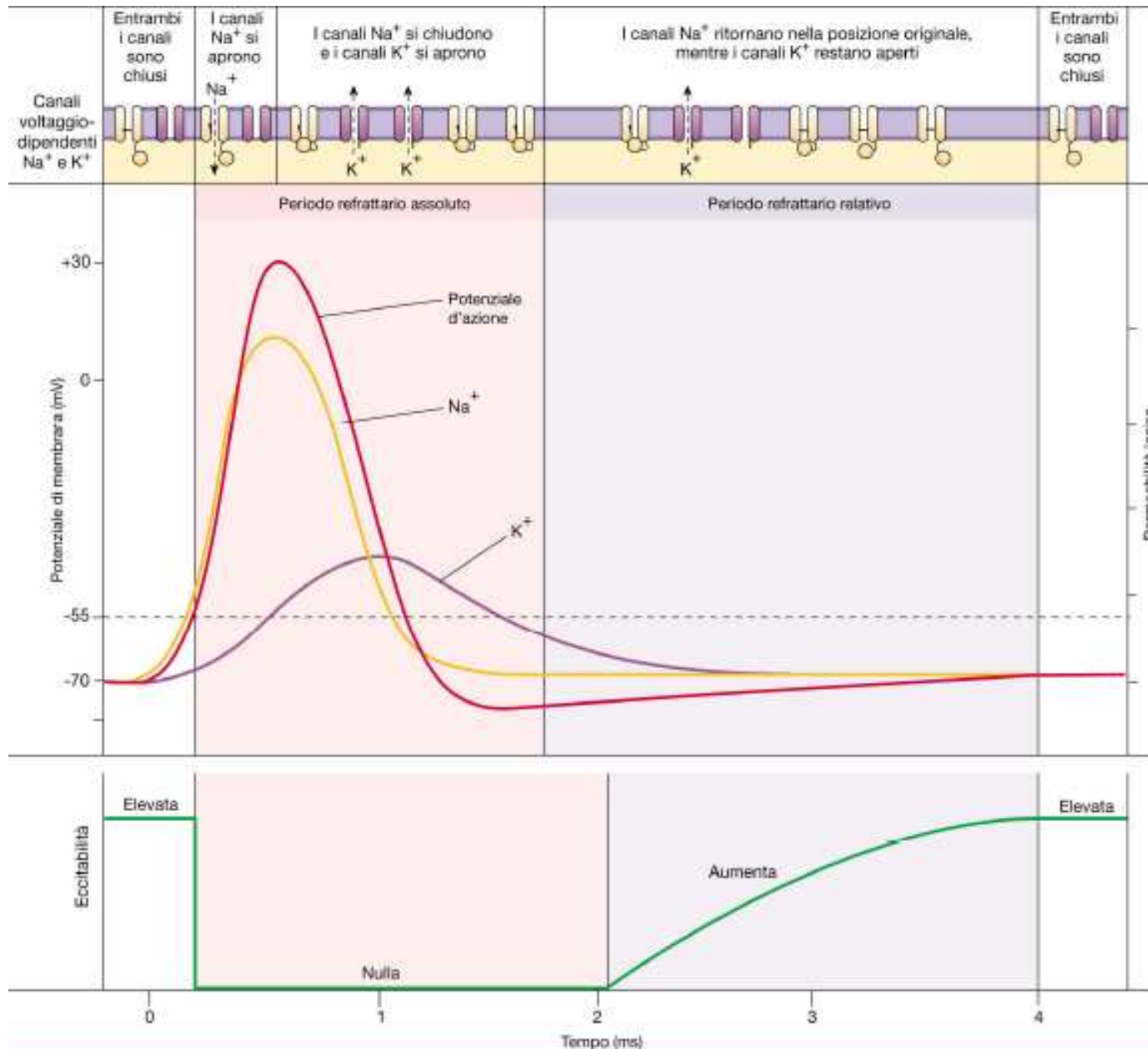
▪ *La refrattarietà*

Un neurone, una volta generato un potenziale d'azione viene a trovarsi in uno stato di **refrattarietà**

- **periodo di refrattarietà assoluta**: nessuno stimolo per quanto intenso è in grado di generare un secondo potenziale d'azione

- **periodo di refrattarietà relativa**: un secondo stimolo, a condizione che sia sufficientemente più intenso di quello soglia, è in grado di generare un secondo potenziale d'azione

Il potenziale d'azione



Il potenziale d'azione

Il potenziale d'azione si genera quando l'integrazione (cioè la somma delle depolarizzazioni e delle iperpolarizzazioni) dei segnali che arrivano al monticolo assonico supera la soglia di attivazione, che è in genere pari a -65mV .

Il potenziale d'azione rappresenta una risposta tutto-o-nulla, che si verifica cioè in tutta la lunghezza dell'assone oppure non si verifica affatto.

Come si genera e come viene condotto il potenziale d'azione lungo l'assone?

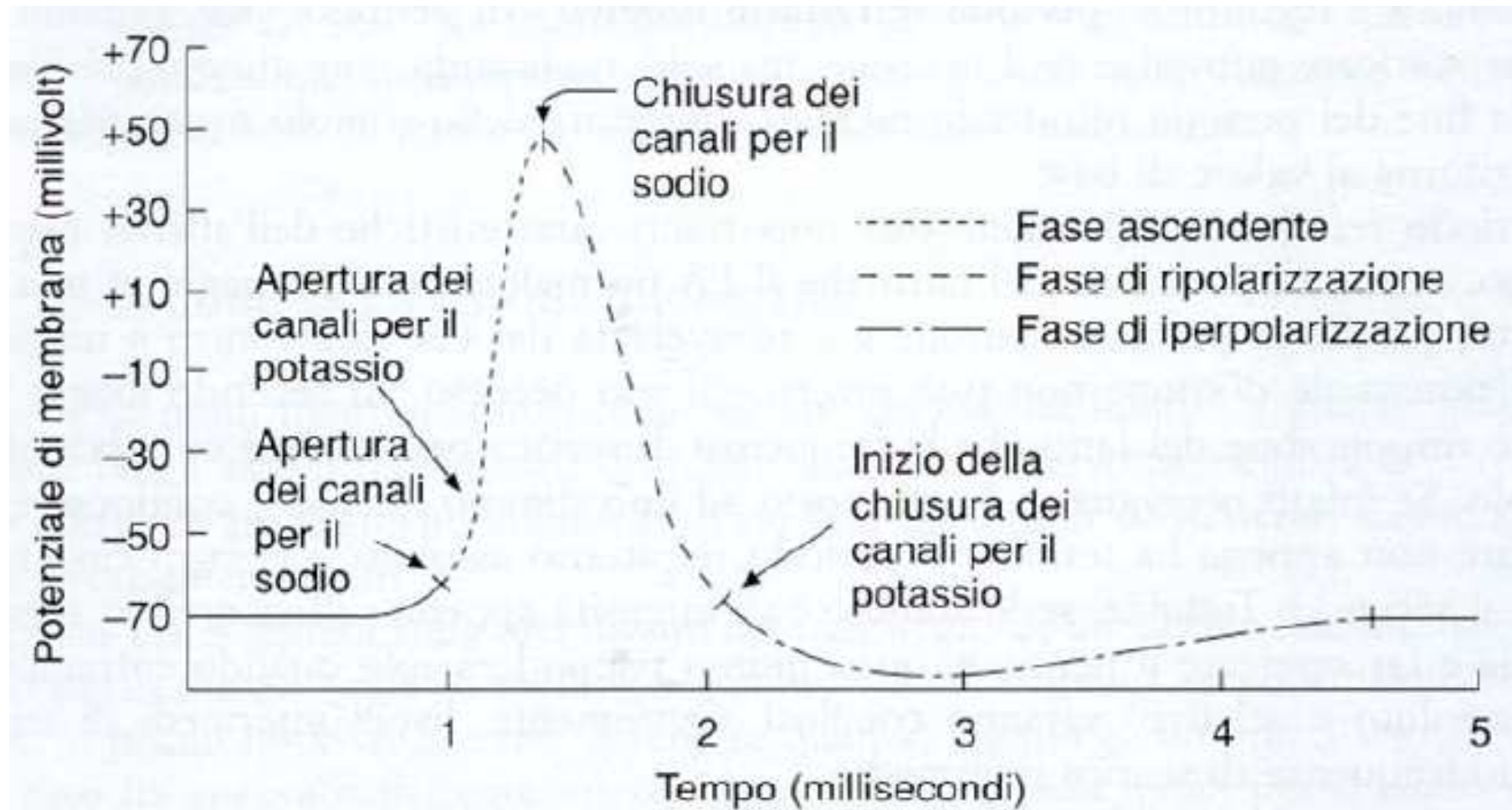
Mediante l'azione dei canali ionici voltaggio-dipendenti, che si aprono, oppure si chiudono, in risposta a variazioni del potenziale di membrana.

Il potenziale d'azione

Il potenziale d'azione può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Fase *ascendente*
- 2) Fase di *ripolarizzazione*
- 3) Fase di *iperpolarizzazione*

Il potenziale d'azione



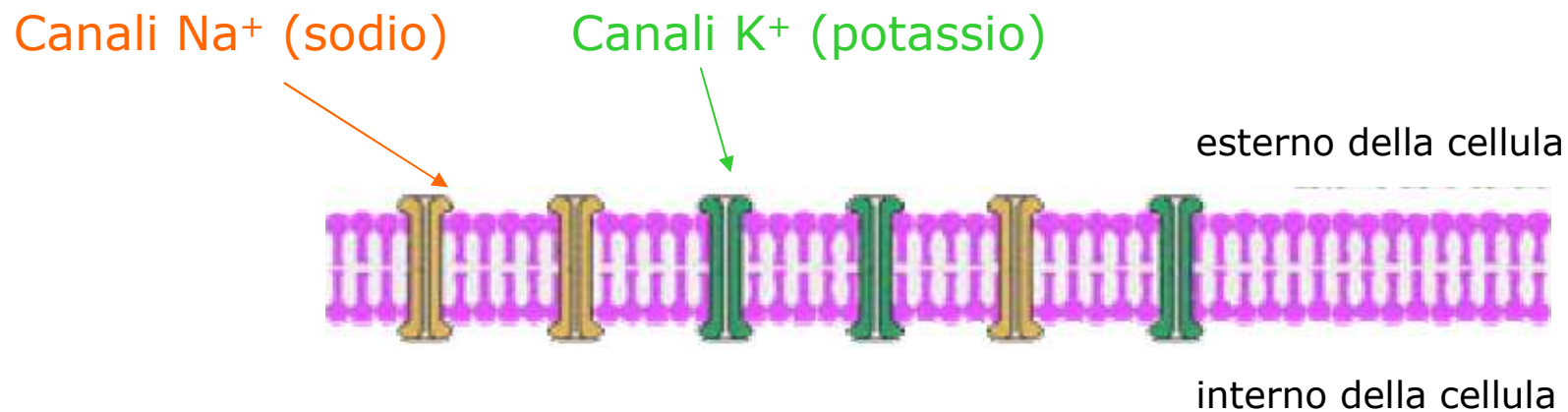
Apertura e chiusura dei canali ionici voltaggio-dipendenti per il sodio e per il potassio durante le tre fasi del potenziale d'azione: fase ascendente, fase di ripolarizzazione e fase di iperpolarizzazione.

Il potenziale d'azione

La membrana contiene canali ionici

Quelli **gialli** sono canali del sodio (Na^+)

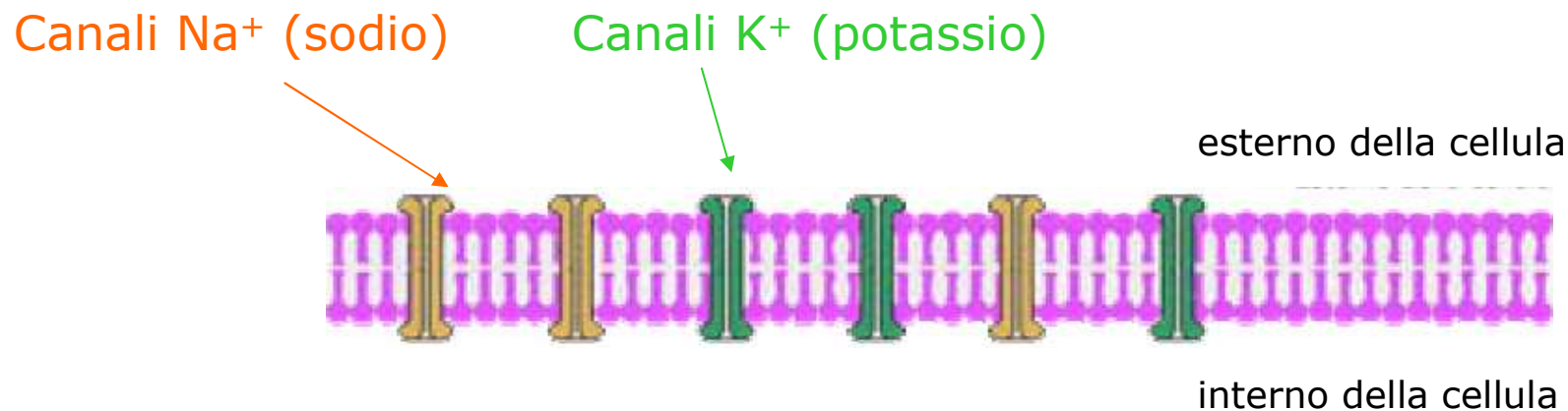
i **verdi** sono i canali per il potassio (K^+)



Il potenziale d'azione

I canali ionici sono canali voltaggio-dipendenti

In entrambi i casi si tratta di canali ionici voltaggio-dipendenti, che cioè si aprono quando il potenziale di membrana si depolarizza, raggiungendo un determinato valore

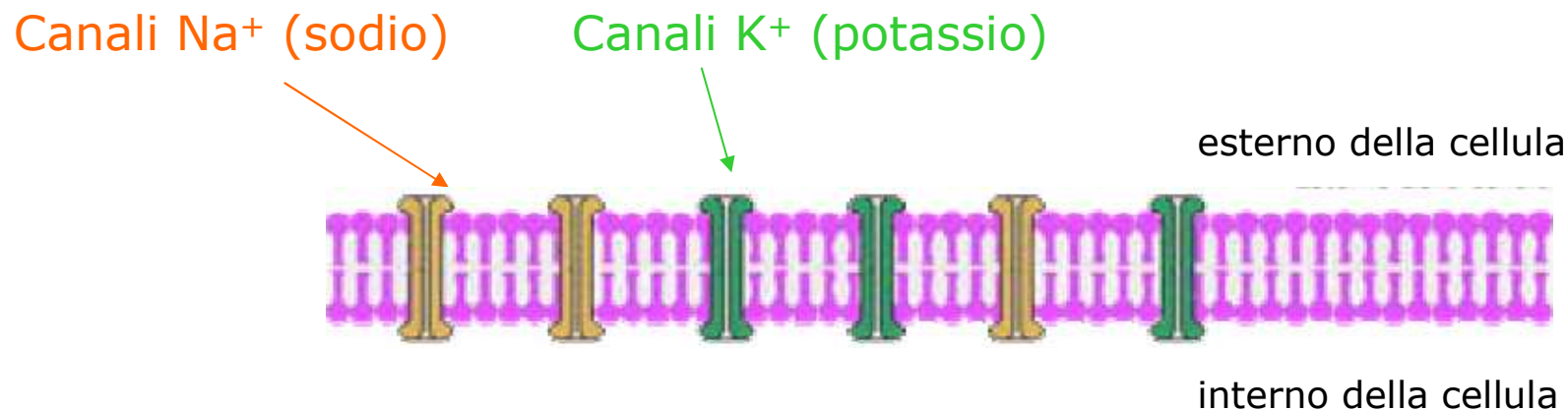


Il potenziale d'azione

I canali del sodio si aprono prima di quelli del potassio

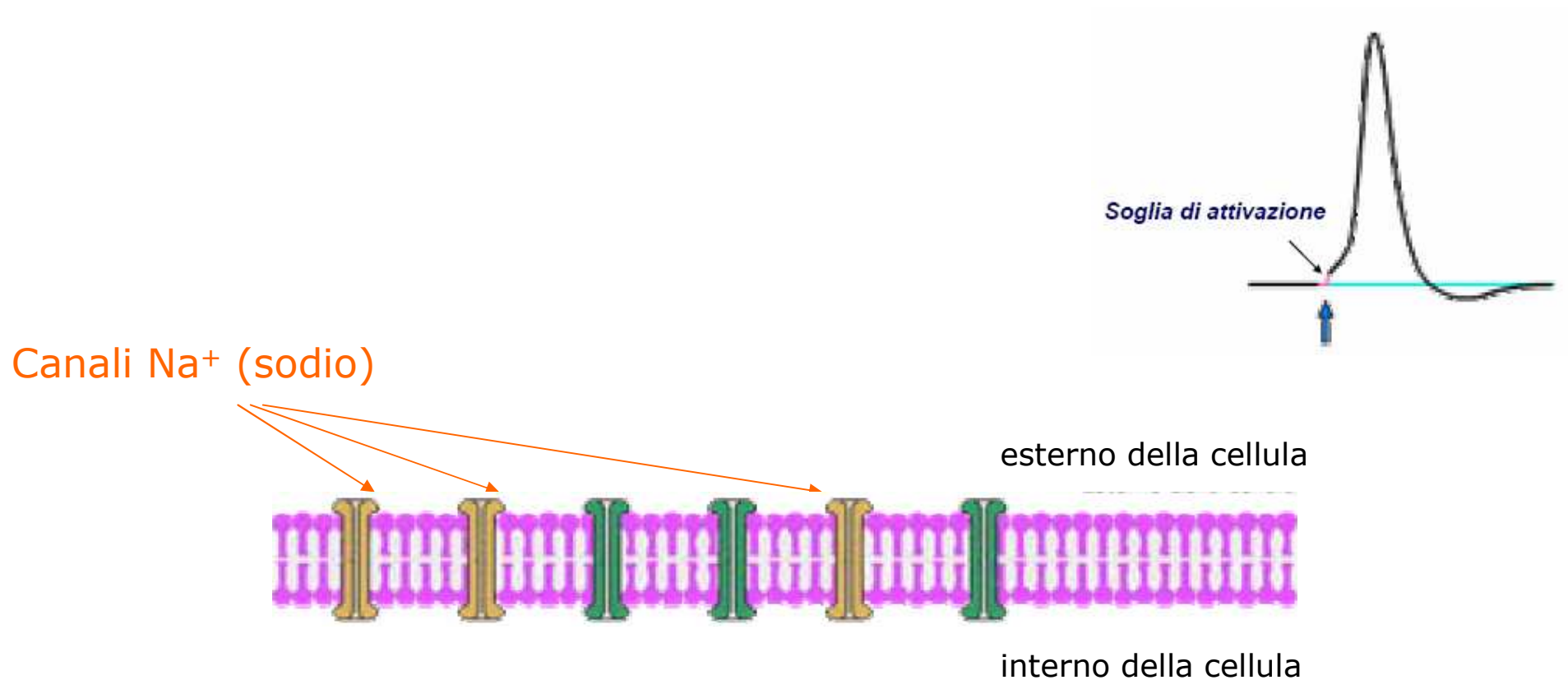
I canali del sodio e del potassio hanno soglie di attivazione diverse; è necessaria una minore depolarizzazione per aprire i canali del sodio.

Ciò significa che, quando la membrana si depolarizza, i canali del sodio si aprono prima di quelli del potassio



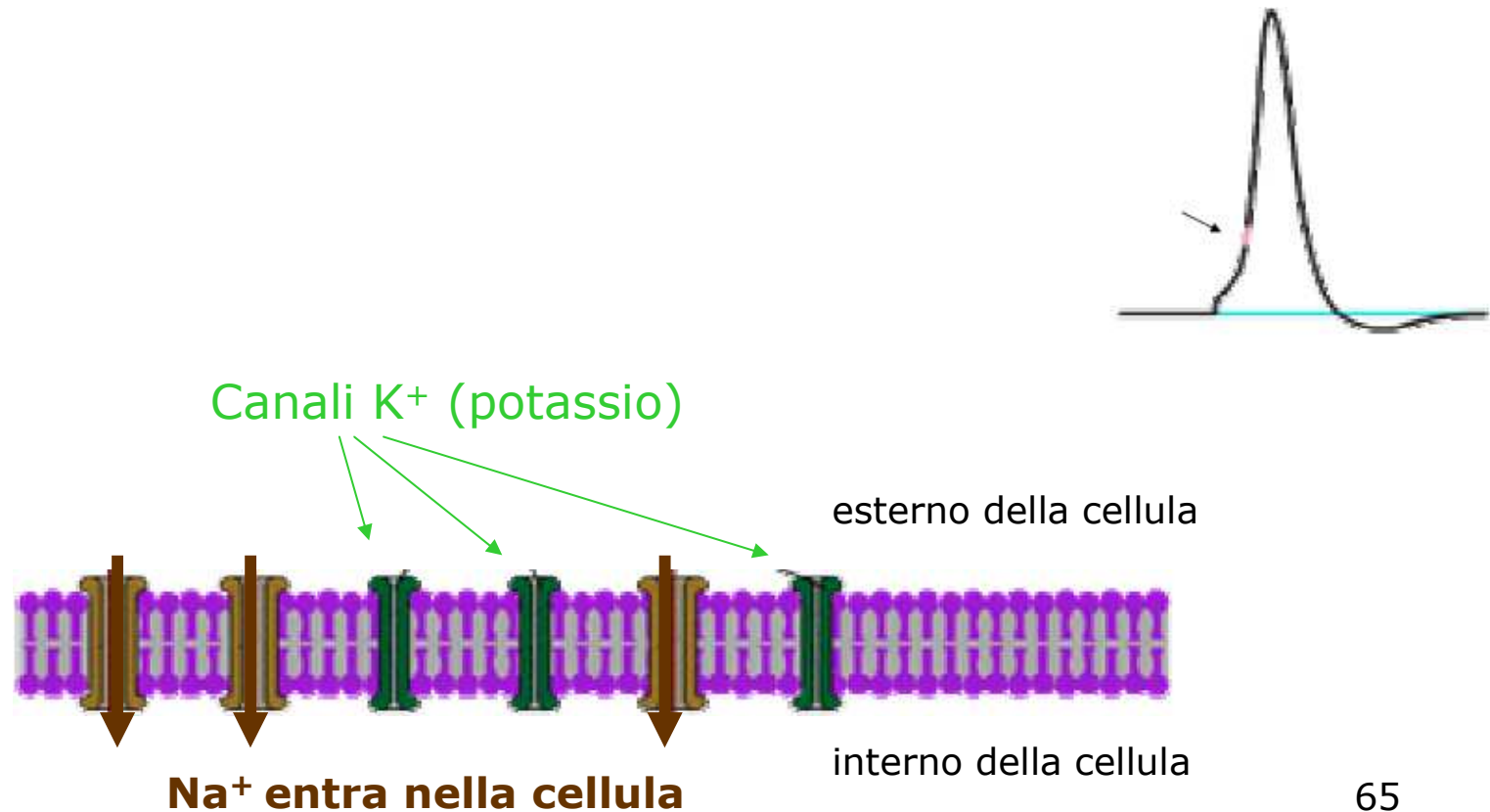
Il potenziale d'azione

Si scatena il potenziale d'azione: a questo punto, i canali del sodio cominciano ad aprirsi



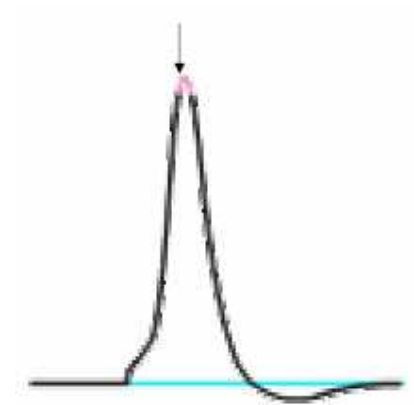
Il potenziale d'azione

Ora cominciano ad aprirsi i canali del potassio



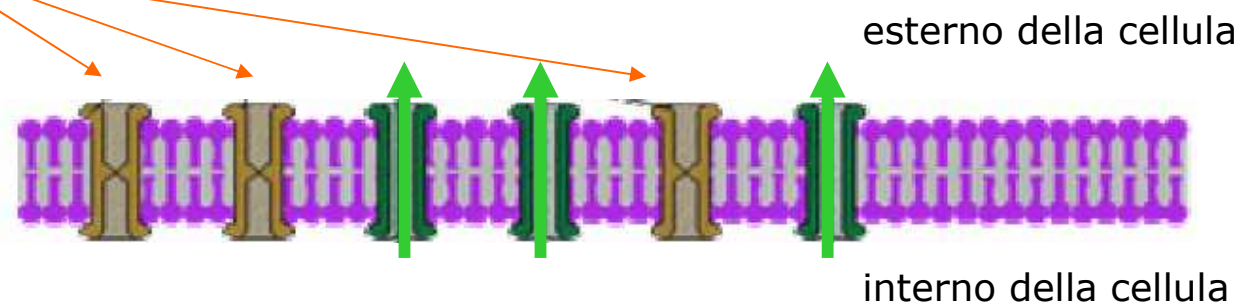
Il potenziale d'azione

Al picco del potenziale d'azione, i canali del sodio diventano refrattari. In questa fase, il sodio non può più passare attraverso di essi.



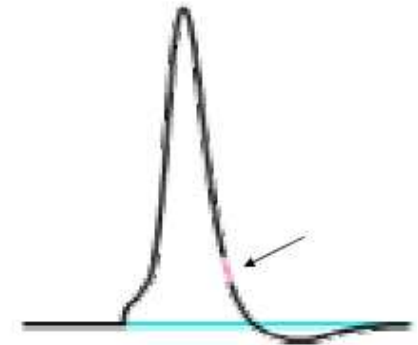
Canali Na^+ (sodio)

K^+ esce dalla cellula

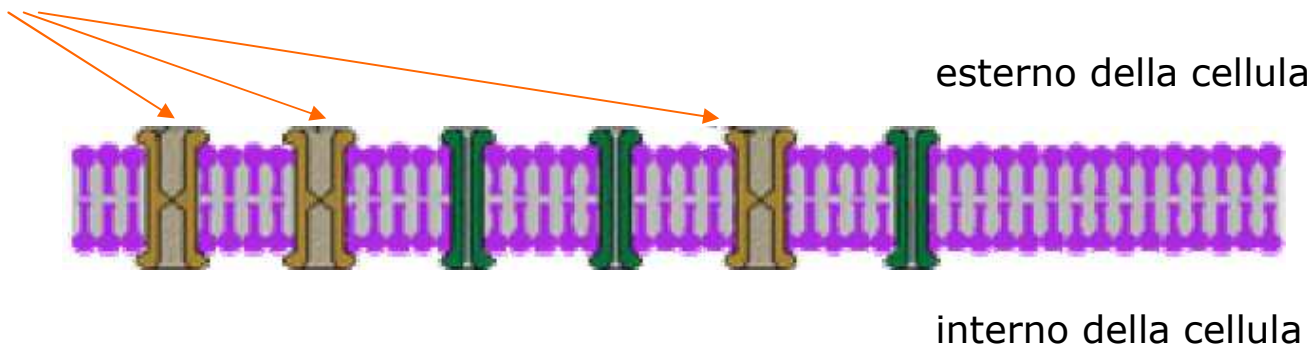


Il potenziale d'azione

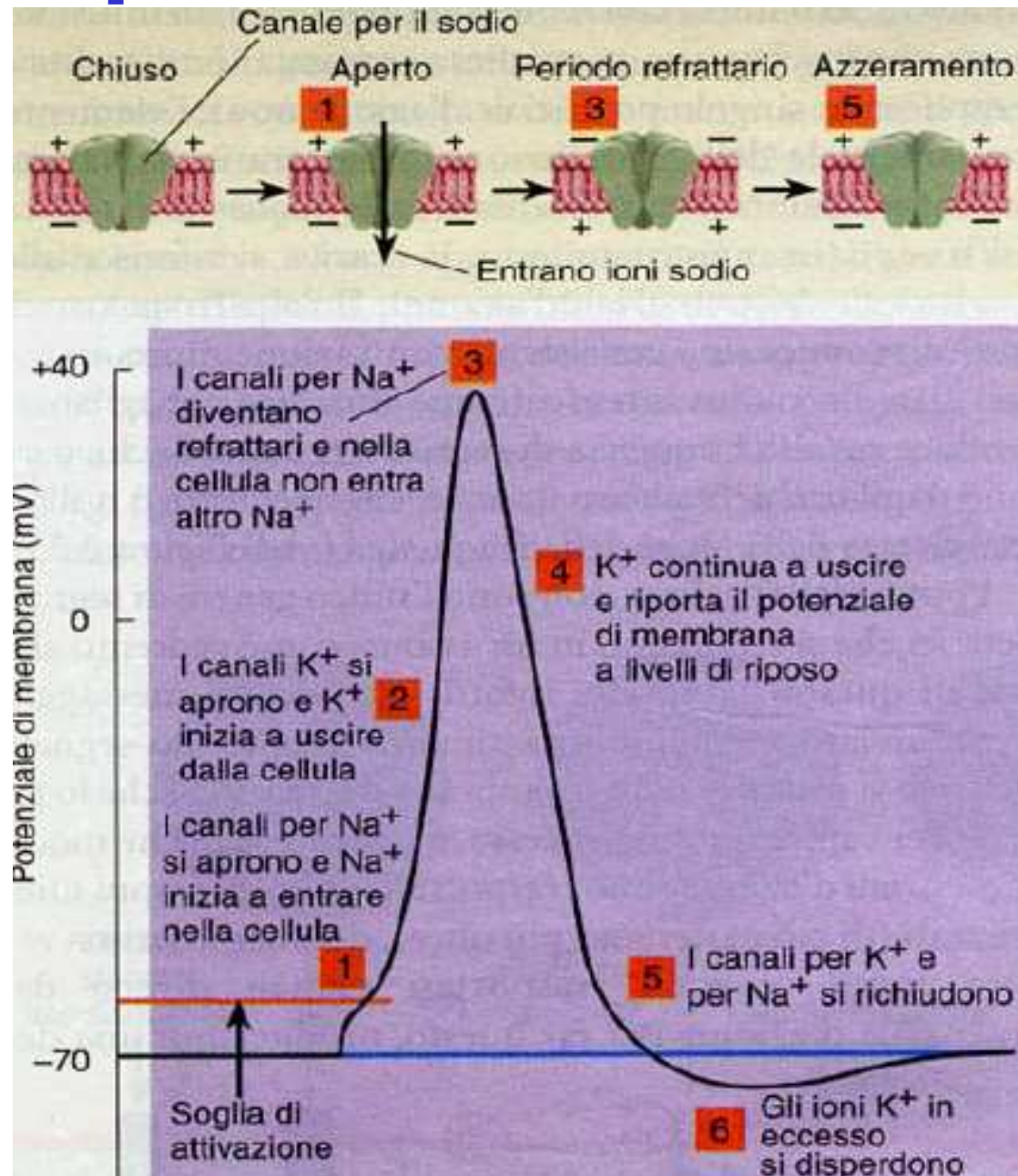
A questo punto si chiudono anche i canali del potassio. Dopo la chiusura dei canali del potassio, i canali del sodio ritornano nello stato che avevano prima del potenziale d'azione, in modo che una nuova depolarizzazione possa provocarne la riapertura.



Canali Na^+ (sodio)

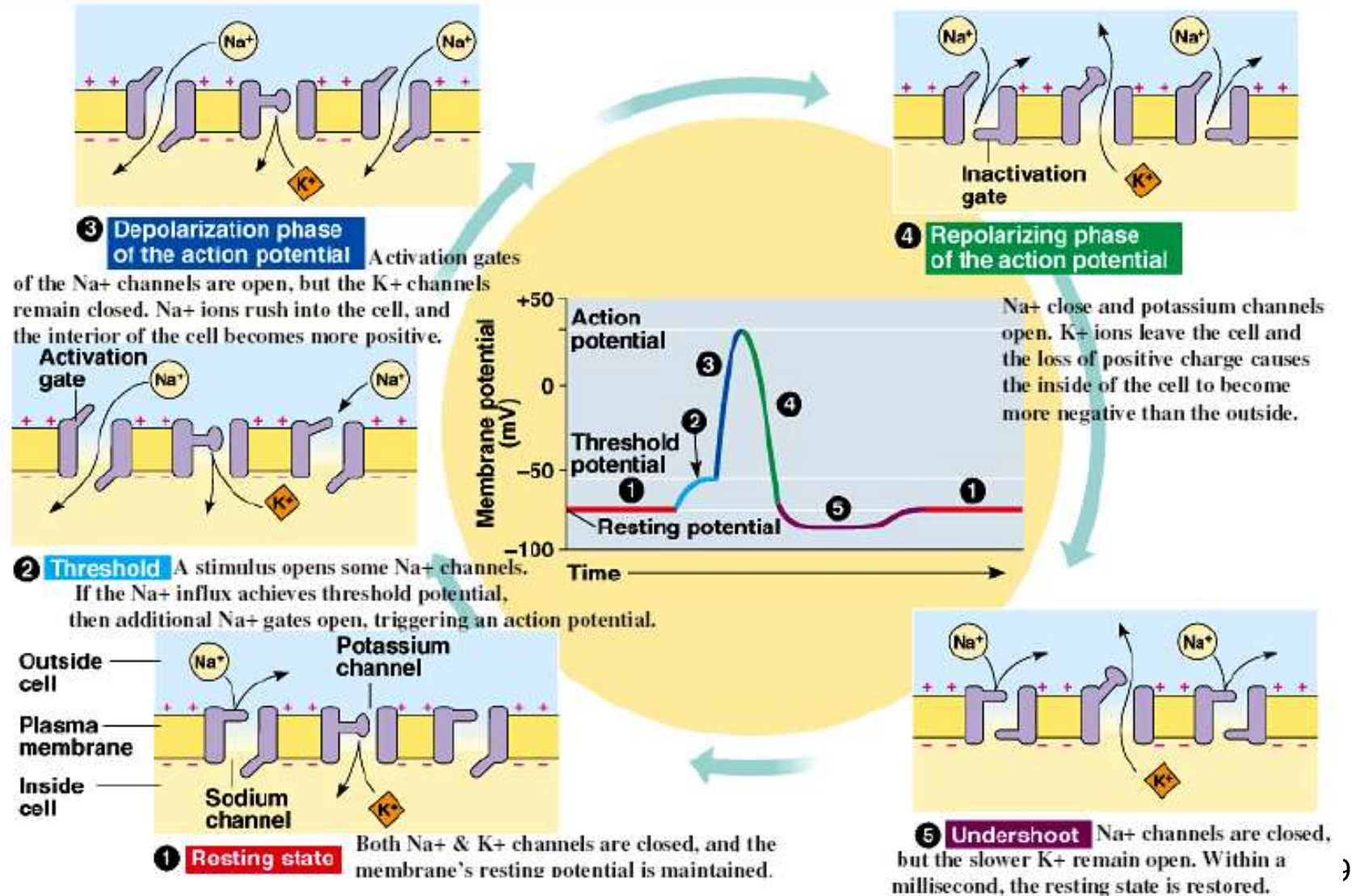


Il potenziale d'azione



Il potenziale d'azione

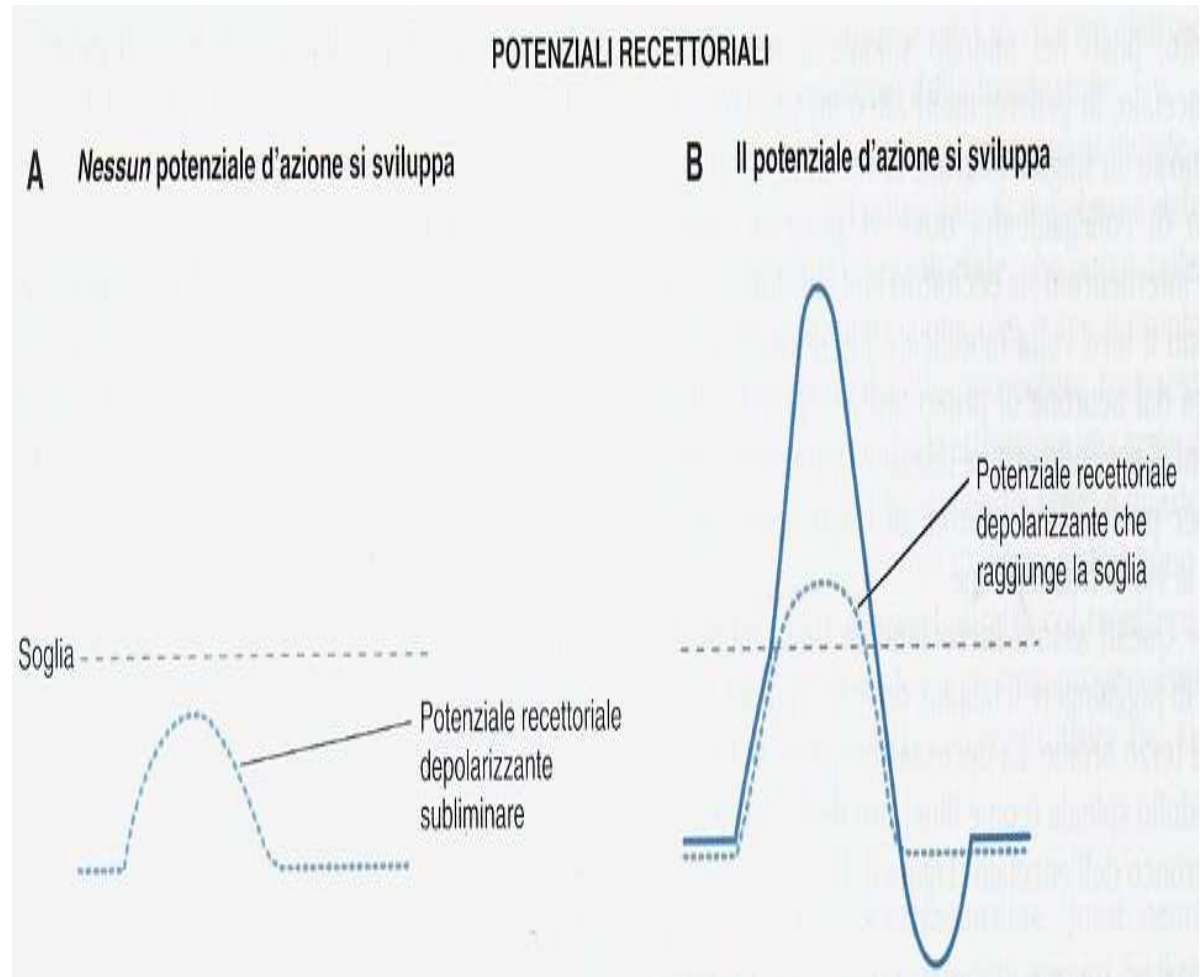
The Action Potential



Il potenziale d'azione

La codificazione dello stimolo: se il potenziale di membrana del primo neurone supera una certa soglia di depolarizzazione, si innesca il potenziale di azione lungo il suo assone.

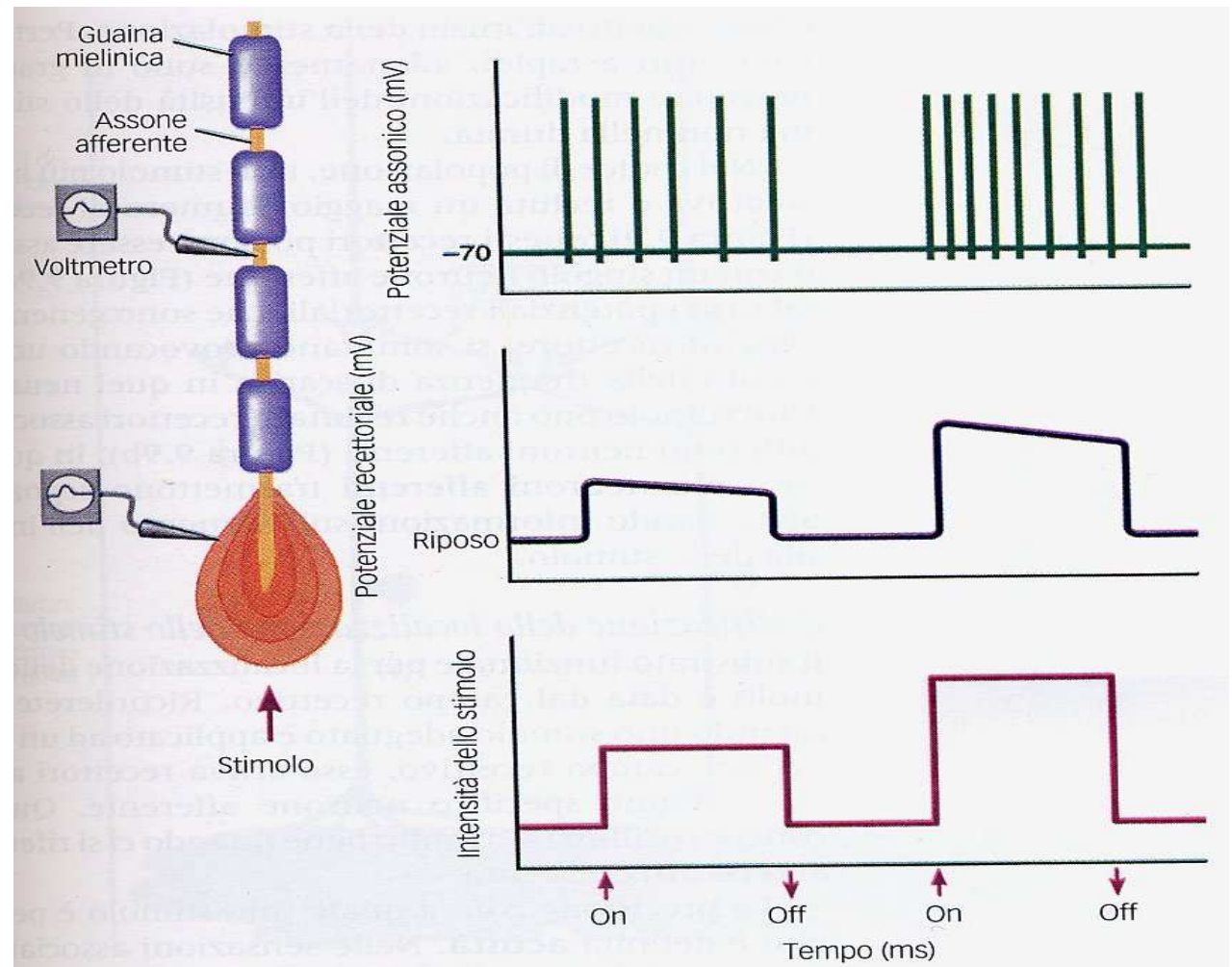
Stimoli sotto-soglia: se il potenziale generatore o recettoriale non supera la soglia per il potenziale d'azione, l'informazione sullo stimolo non raggiungerà il cervello e l'informazione è persa.



L'intensità dello stimolo dipende dalla frequenza dei potenziali d'azione e dal numero di recettori attivati

Intensità: la soglia sensitiva è il livello di intensità dello stimolo che dà luogo a sensazioni in almeno il 50% dei casi.

Codificazione dell'intensità: in funzione della frequenza dei potenziali di azione del primo neurone (codice in frequenza) e del numero di neuroni coinvolti (codice di popolazione).



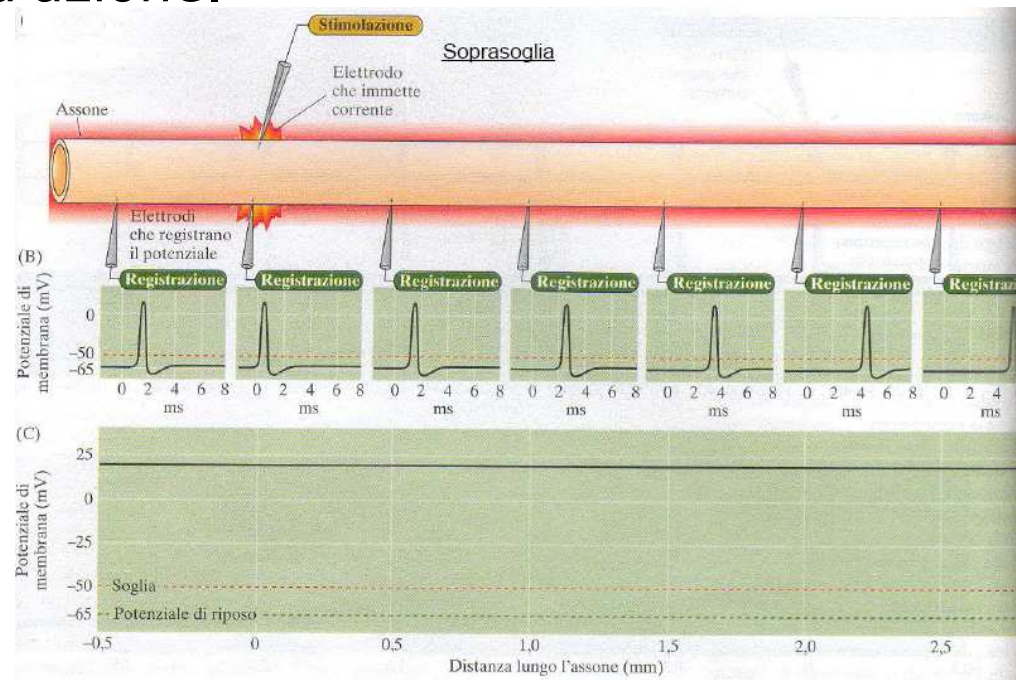
Il potenziale d'azione

Il potenziale d'azione si propaga a grandi distanze senza decremento permettendo la **conduzione dell'informazione nervosa**.

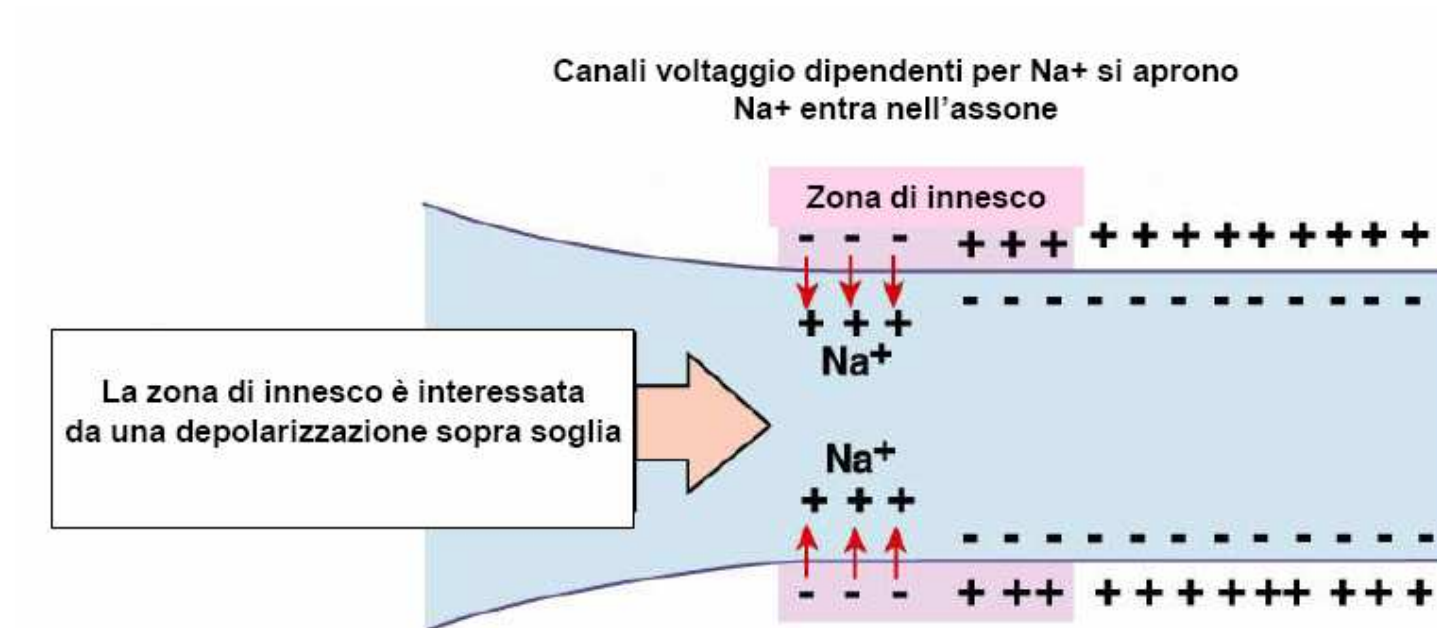
La conduzione del potenziale d'azione si basa sulla generazione di nuovi potenziali d'azione nei punti successivi della fibra nervosa.

L'insorgenza di un potenziale d'azione in un punto, crea una differenza di potenziale tra quel punto e le zone vicine, a riposo.

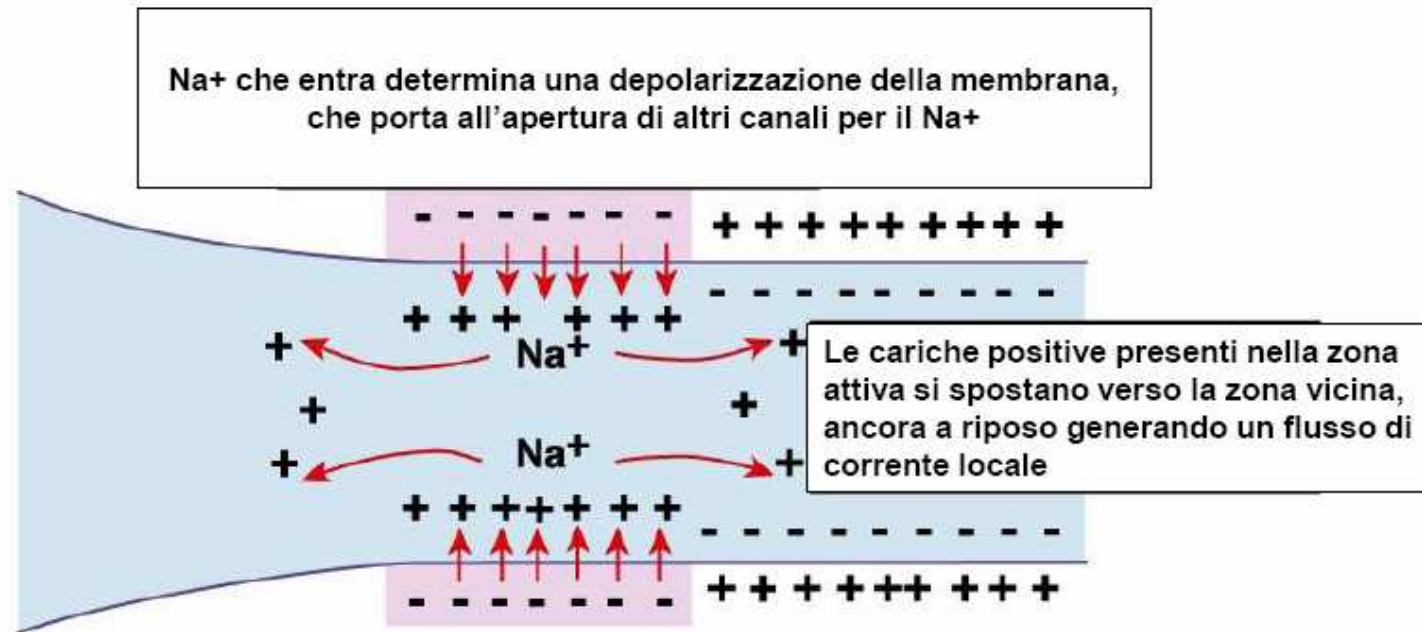
Tra la zona attiva e quella inattiva, si crea una corrente ionica (elettrotonica) che depolarizza la zona inattiva fino alla soglia per la nascita di un nuovo potenziale d'azione.



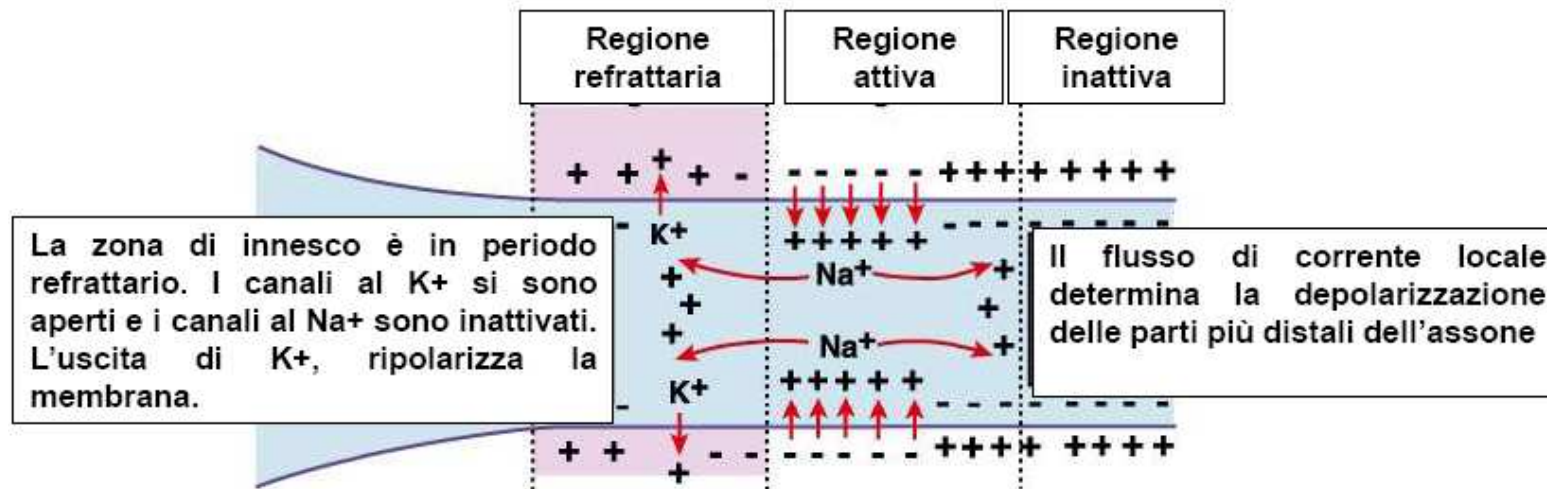
Il potenziale d'azione



Il potenziale d'azione



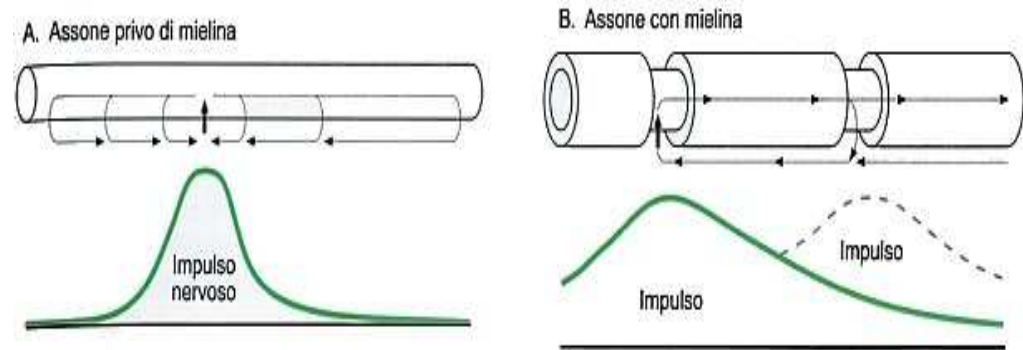
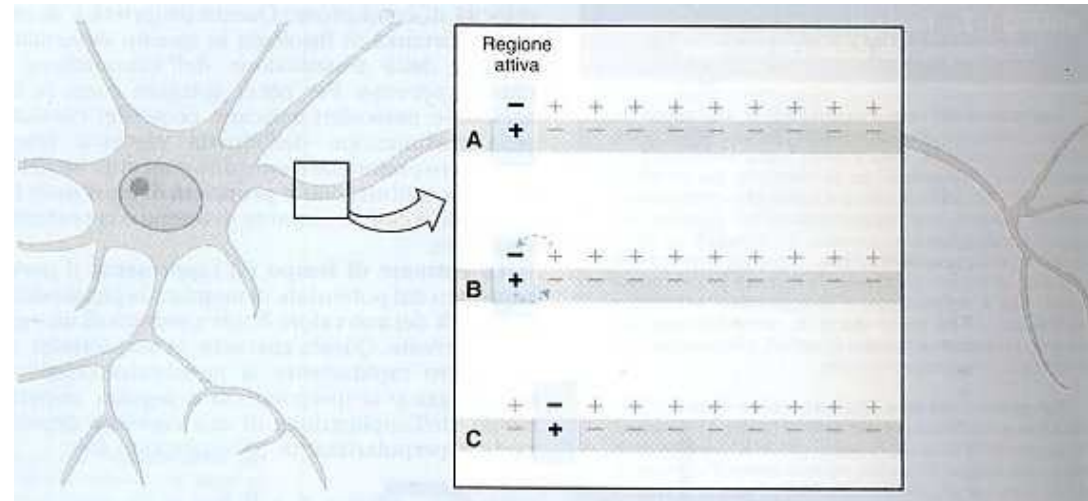
Il potenziale d'azione



Conduzione del potenziale d'azione

Propagazione del potenziale d'azione. **A:** nel segmento iniziale dell'assone del neurone il potenziale d'azione è associato all'entrata di Na^+ e alla conseguente depolarizzazione (fino a polarità positiva). Nei segmenti vicini si osserva il potenziale negativo a riposo. **B:** Forze elettrochimiche spingono le cariche positive interne verso il segmento vicino inattivo. **C:** L'arrivo delle cariche positive depolarizza il sito vicino oltre la soglia, causa l'apertura dei canali potenziale-dipendenti del Na^+ rigenerando il potenziale d'azione.

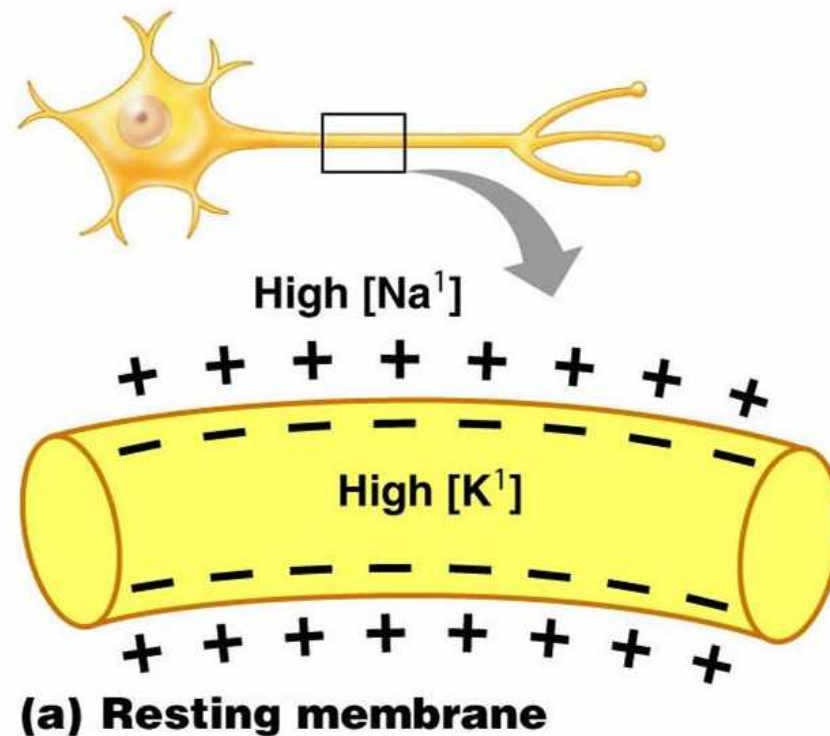
Tipi di propagazione: la propagazione del potenziale d'azione è punto per punto (A) nell'assone privo di mielina e (B) per salti in corrispondenza dei nodi de-mielinizzati nell'assone mielinizzato.



Segnali trasportati dai neuroni

In un neurone in condizioni di riposo (non stimolato), la membrana è polarizzata, il che significa che il lato interno citoplasmatico è caricato negativamente rispetto a quello esterno, extracellulare.

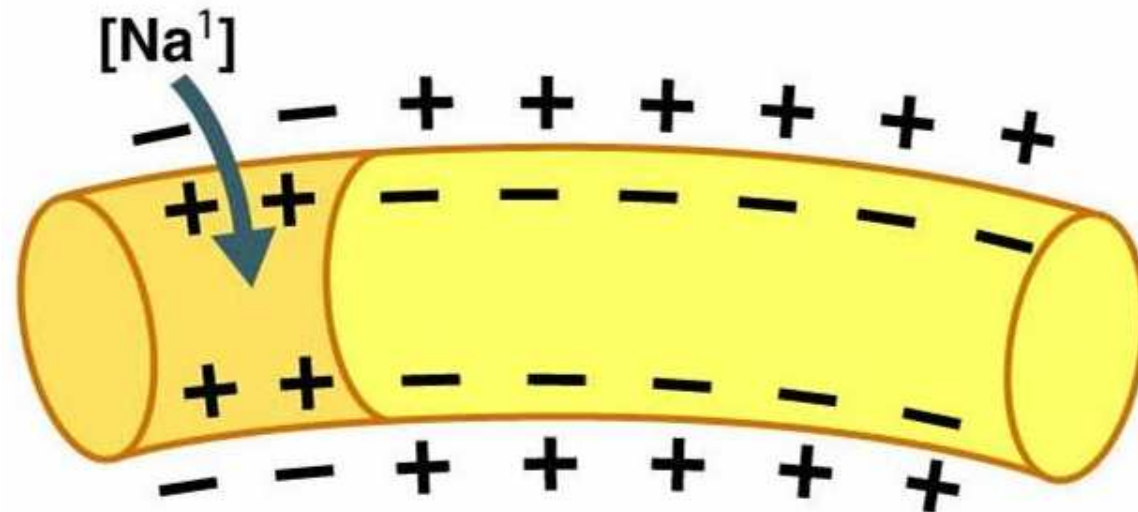
Inoltre, la concentrazione di ioni potassio (K^+) è maggiore dentro al neurone, mentre la concentrazione di ioni sodio (Na^+) è maggiore fuori dal neurone.



Segnali trasportati dai neuroni

Quando un neurone viene stimolato, la permeabilità della membrana plasmatica cambia nel punto di stimolazione, permettendo agli ioni Na^+ di entrare.

Come risultato, il lato interno della membrana diventa meno negativo o depolarizzato.



(b) Depolarization and generation of the nerve impulse

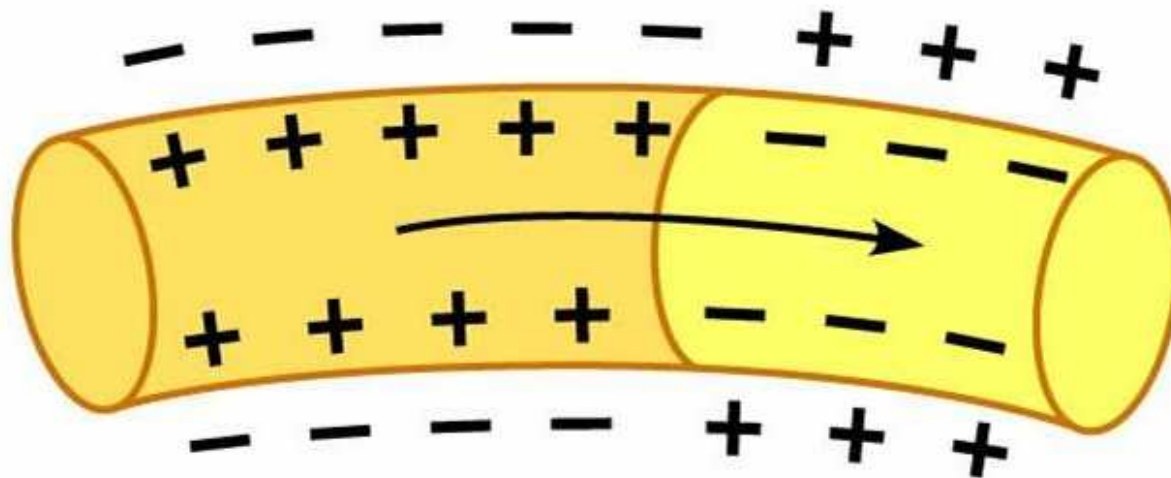
Segnali trasportati dai neuroni

Se lo stimolo che ha iniziato la depolarizzazione è abbastanza forte, la membrana nel segmento iniziale dell'assone viene depolarizzata, quindi l'interno dell'assone si carica positivamente e negativamente all'esterno.

Una volta iniziata, questa depolarizzazione si propaga lungo tutta la lunghezza dell'assone.

Questa onda di inversione di carica costituisce l'impulso nervoso.

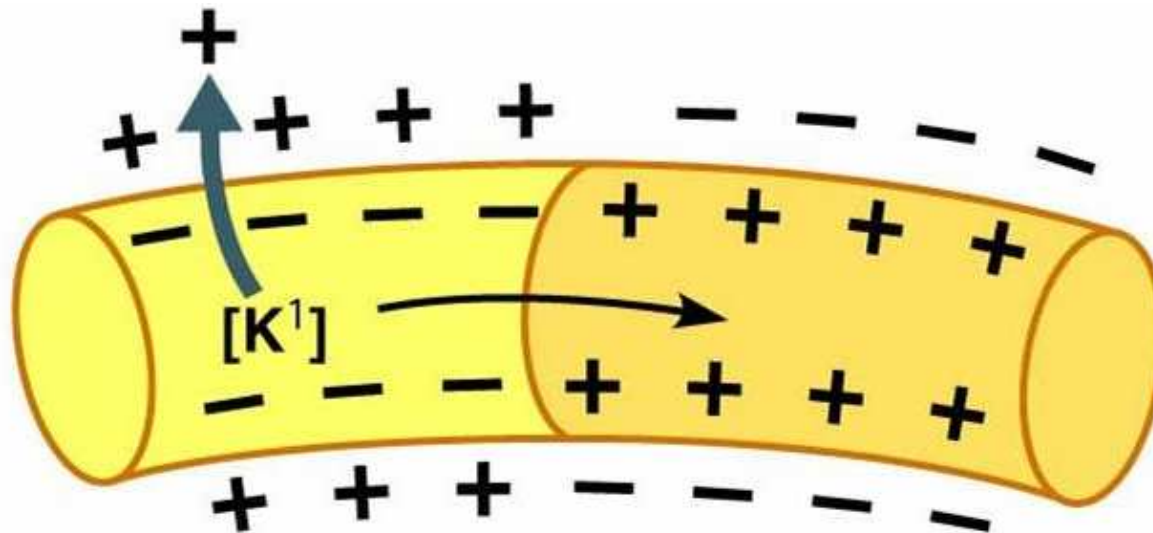
L'impulso viaggia rapidamente lungo l'assone senza diminuire in forza.



(c) Propagation of the nerve impulse

Segnali trasportati dai neuroni

Dopo che l'impulso è passato, la membrana si ripolarizza.



(d) Repolarization

Segnali trasportati dai neuroni

I neuroni ricevono stimoli sia direttamente dall'ambiente che da segnali ricevuti alle sinapsi.

Nei segnali ricevuti alle sinapsi, i neurotrasmettitori rilasciati dai neuroni presinaptici alterano la permeabilità a certi ioni della membrana postsinaptica.

Le sinapsi che risultano in un influsso di ioni positivi nel neurone postsinaptico depolarizzano la membrana del neurone e lo portano più vicino alla generazione dell'impulso. Queste sinapsi sono dette **eccitatorie**, perché stimolano il neurone postsinaptico.

Altre sinapsi aumentano la polarizzazione della membrana, rendendo la superficie esterna della cellula postsinaptica ancora più positiva. Ciò fa sì che la cellula postsinaptica sia meno pronta a generare un impulso nervoso. Queste sinapsi sono dette **inibitorie**, perché riducono la capacità del neurone postsinaptico di generare un impulso nervoso.

Migliaia di sinapsi eccitatorie ed inibitorie agiscono su ogni neurone, competendo nel determinare se quel neurone genererà o meno un impulso.

Sinapsi

Il punto in cui i neuroni comunicano è detto sinapsi.

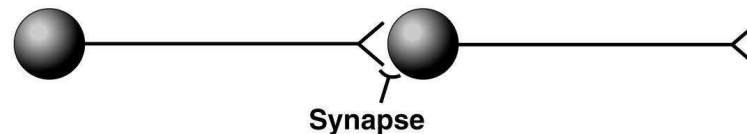
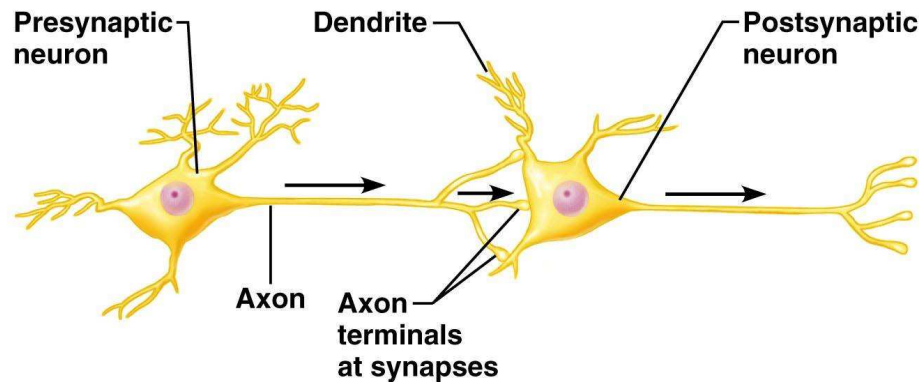
La maggior parte delle sinapsi nel SN trasmette informazioni tramite messaggeri chimici.

Alcuni neuroni in certe aree del SNC trasmettono segnali elettrici.

Siccome i segnali passano attraverso la maggior parte delle sinapsi in una direzione sola, le sinapsi determinano la direzione del flusso di informazione attraverso il SN.

Il neurone che conduce il segnale verso una sinapsi è detto **presinaptico**, quello che trasmette il segnale lontano dalla sinapsi è detto **postsinaptico**.

La maggioranza dei neuroni nel SNC funziona sia come pre che come postsinaptico, ricevendo informazioni da alcuni neuroni e distribuendola a altri.



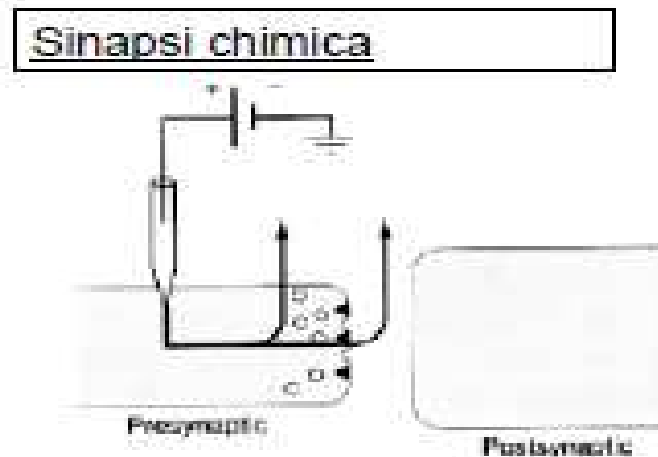
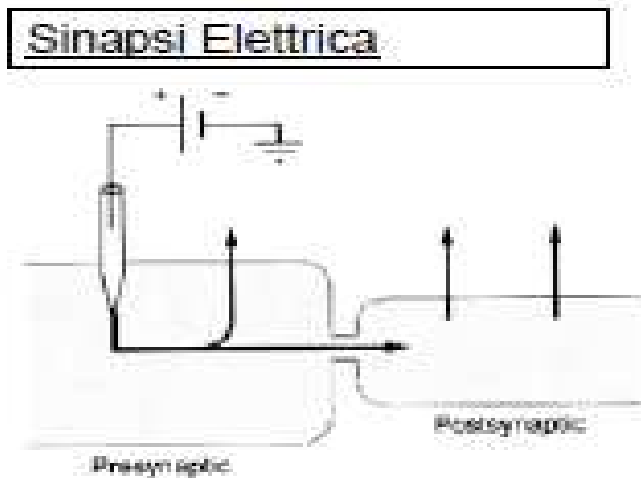
Sinapsi

Esistono due tipi di sinapsi:

- Sinapsi **Elettriche**
- Sinapsi **Chimiche**

I collegamenti elettrici hanno la funzione di rendere omogenea l'attività di neuroni vicini fra loro.

I collegamenti chimici sono, invece, più localizzati.

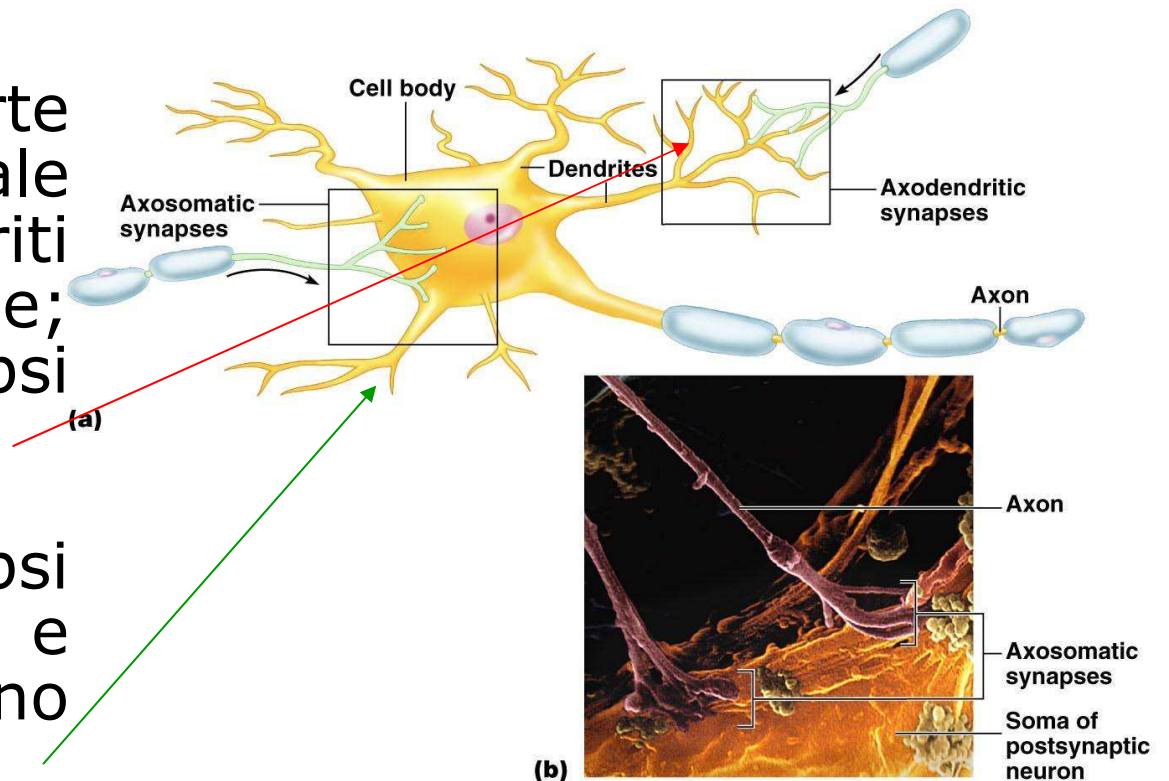


Sinapsi

Ci sono 2 tipi principali di sinapsi:

-la maggior parte avviene tra il terminale di un assone e i dendriti di un'altro neurone; sono dette sinapsi **assodendritiche**;

-molte sinapsi avvengono tra assoni e corpi cellulari; sono dette **assosomatiche**.



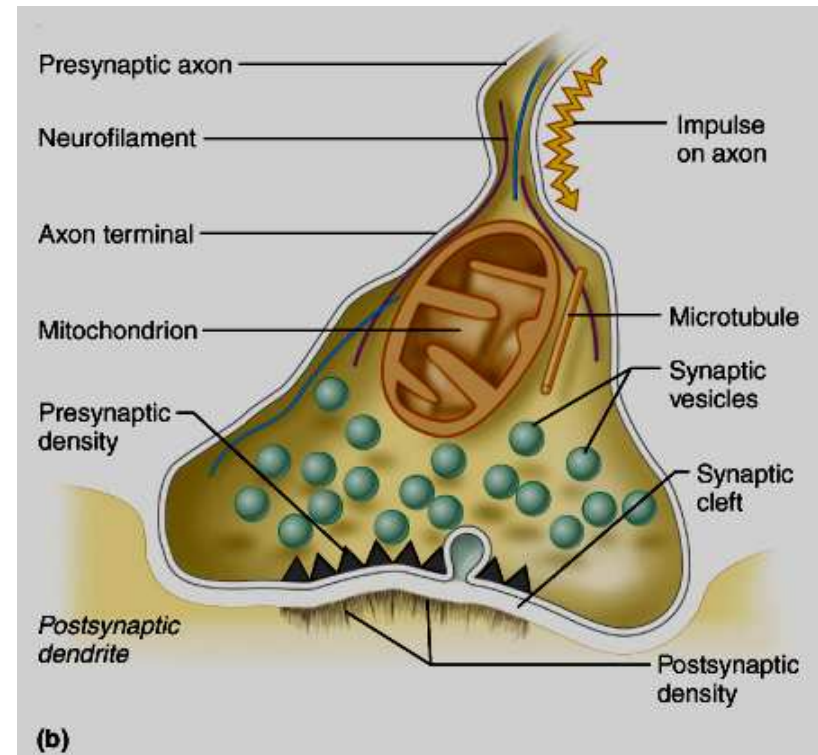
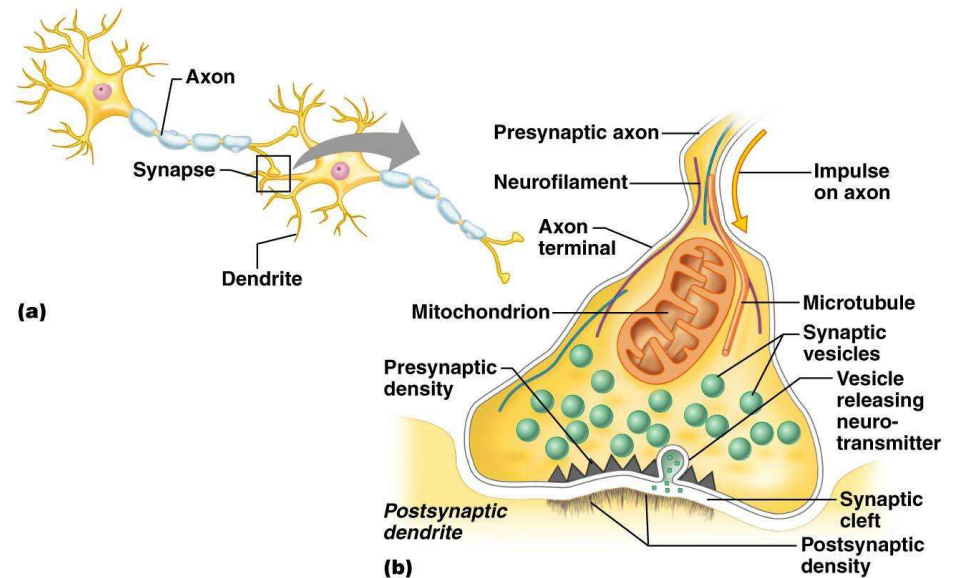
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings

Sinapsi

Strutturalmente le sinapsi sono giunzioni cellulari elaborate.

Tipicamente alla giunzione il terminale dell'assone presinaptico contiene **vescicole sinaptiche**, che sono sacchetti delimitati da membrana riempiti di molecole di neurotrasmettitore. Queste molecole trasmettono il segnale attraverso la sinapsi.

Ci sono molti *mitocondri* perché la secrezione di neurotrasmettitore richiede molta energia.



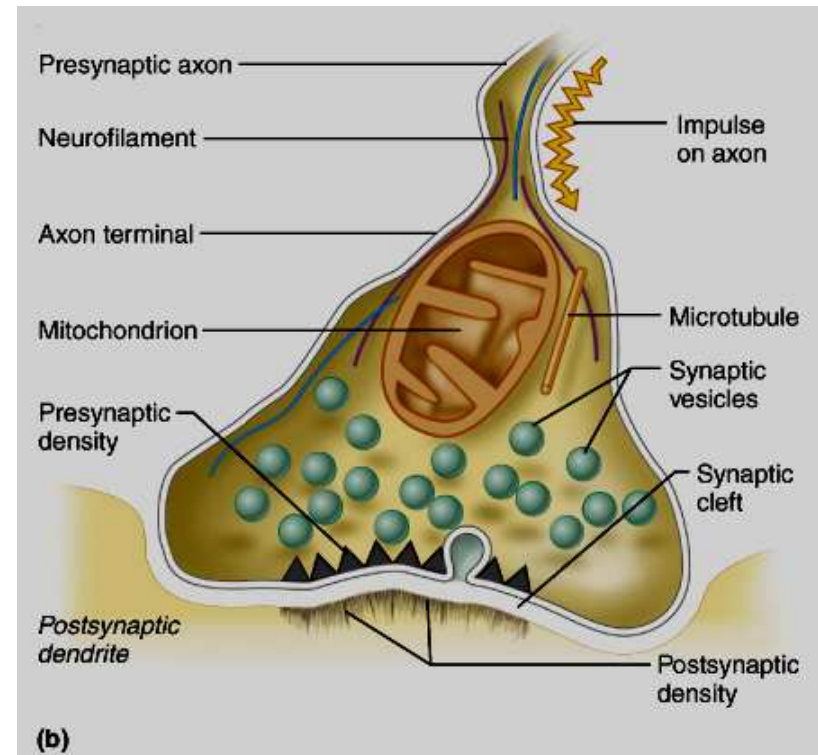
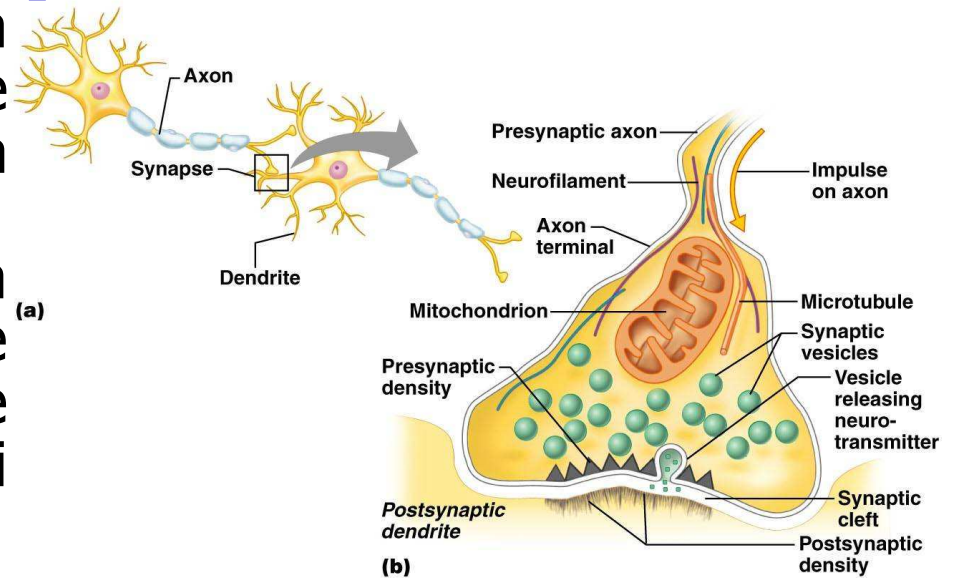
Sinapsi

Alla sinapsi, la membrana plasmatica dei due neuroni è separata da una **fessura sinaptica** (*synaptic cleft*).

Quando un impulso viaggia lungo l'assone del neurone presinaptico, segnala alle vescicole sinaptiche di fondersi con la membrana presinaptica.

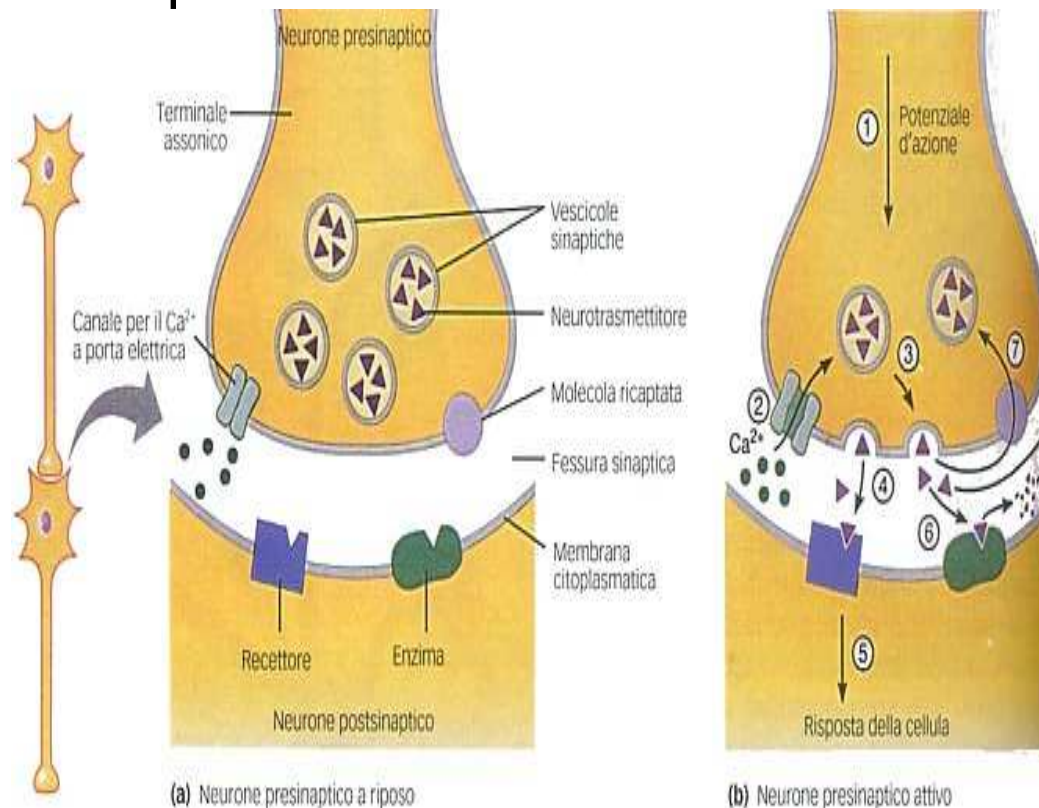
L'area fusa poi si rompe rilasciando le molecole di neurotrasmettitore che si diffondono attraverso la fessura sinaptica e si legano alla membrana postsinaptica.

Questi legami provocano un cambiamento nella carica della membrana del neurone postsinaptico, influenzando la capacità della membrana di generare un impulso nervoso.



Sinapsi

Le fasi della trasmissione sinaptica: arrivo del potenziale d'azione (bottone pre-sinaptico), apertura di canali potenziale-dipendenti del Ca^{++} , entrata di Ca^{++} , migrazione di vescicole di neurotrasmettitore verso la membrana pre-sinaptica, esocitosi del neuro-trasmettitore nella sinapsi, ricezione del neurotrasmettitore "ligando" (membrana post-sinaptica), apertura/chiusura di canali ligando-dipendenti con effetti sul flusso ionico transmembranario e sul potenziale post-sinaptico, degradazione e ricaptazione del neurotrasmettitore.



Trasmissione neuromuscolare

Giunzione o placca neuromuscolare: è la sinapsi tra il terminale presinaptico del motoneurone *alfa* (controlla la contrazione muscolare) e una zona specializzata della fibra muscolare (membrana postsinaptica).

Fasi: arrivo del potenziale d'azione (bottone presinaptico), apertura di canali potenziale-dipendenti del Ca^{++} , entrata di Ca^{++} , migrazione di vescicole di acetilcolina (ACh) verso la membrana presinaptica, esocitosi dell'ACh nella sinapsi, ricezione dell'ACh sulla membrana postsinaptica (**placca motrice**), apertura di canali per cationi (K^+ , Na^+ , Ca^{++}), potenziale postsinaptico eccitatorio, potenziale d'azione (fibra muscolare), degradazione dell'ACh da parte dell'enzima acetilcolinesterasi (AChE).

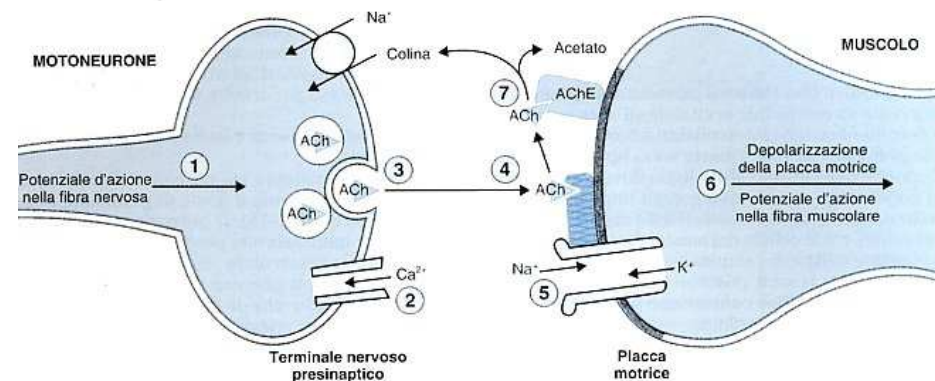
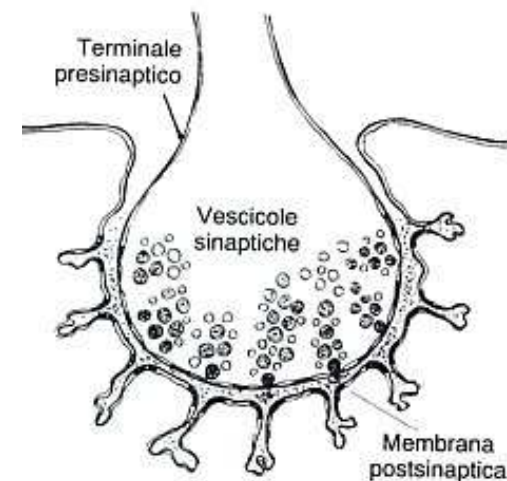


Fig. 1-15 di Costanzo, Fisiologia, EdiSES, 1998

Neurotrasmettitori e neuromodulatori

Tipi di neurotrasmettitori: vi sono molti neurotrasmettitori, ognuno dei quali interagisce con un recettore specializzato. **Neurotrasmissione tra neuroni:** è principalmente svolta mediante un neurotrasmettitore eccitatorio (glutammato) e due neurotrasmettitori inibitori (GABA in tutto il cervello; glicina nel tronco dell'encefalo e nel midollo spinale). **Neuromodulazione:** gli altri neurotrasmettitori hanno effetti di modulazione su interi circuiti neurali che sovrintendono specifiche funzioni. In sintesi, l'acetilcolina è un neurotrasmettitore che facilita l'apprendimento di informazioni che sono trasmesse tramite il glutammato e il GABA. La noradrenalina (o norepinefrina) aumenta lo stato attentivo, definito come prontezza nel percepire e rispondere. La serotonina riduce le possibilità di risposte impulsive e aggressive. La dopamina agisce su alcune parti del cervello che facilitano lo svolgimento di movimenti, in altre parti del cervello rinforza i movimenti che hanno determinato un premio o eliminato uno stimolo disturbante. **ACETILCOLINA:** è il neurotrasmettitore usato dai motoneuroni spinali e dai neuroni spinali pregangliari e post-gangliari (sola divisione parasimpatica) del sistema nervoso autonomo. Induce sulla membrana potenziali post-sinaptici eccitatori o inibitori a seconda del tipo di recettore. Nel cervello i neuroni acetilcolinergici originano nel ponte del troncoencefalo (neuroni "on" che iniziano le fasi REM del sonno, quello con i sogni più vividi), nel proencefalo basale del tronco dell'encefalo (neuroni che facilitano l'apprendimento) e nel setto del sistema limbico (neuroni che facilitano la memorizzazione). **Agonisti dell'acetilcolina:** il veleno della vedova nera stimola un eccesso di rilascio. Altre sostanze inibiscono l'enzima (acetilcolinesterasi) che degrada l'acetilcolina sulla membrana post-sinaptica, aumentando gli effetti dell'acetilcolina. Vi sono due tipi di recettori per l'acetilcolina. Il recettore nicotinico (ad esempio, quello presente sui muscoli volontari) è stimolato dalla nicotina. Il recettore muscarinico (ad esempio, quello presente sui neuroni post-gangliari del sistema autonomo) è stimolato da un fungo velenoso. **Antagonisti dell'acetilcolina:** la tossina botulinica impedisce il rilascio di acetilcolina. Il farmaco atropina blocca i recettori muscarinici. Il curaro blocca i recettori nicotinici. **Catecolamine:** dopamina, adrenalina e noradrenalina. **Monoammine:** dopamina, l'adrenalina, la noradrenalina, e la serotonina (indolamine). **Monoammissidasi (MAO):** enzimi che disattivano le monoammine all'interno del bottone sinaptico e nel sangue. Gli inibitori della MAO aumentano la disponibilità delle monoammine. **DOPAMINA:** è un neuromodulatore usato in circuiti motori, dell'attenzione, dell'apprendimento legato al successo o all'insuccesso dell'azione (stimolo di rinforzo). I neuroni dopaminergici originano nel nucleo della sostanza nera del mesencefalo (neuroni con funzioni motorie che inviano assoni a nuclei dei gangli della base), nel sistema mesolimbico (neuroni connessi alla gratificazione che originano nell'area tegmentale del mesencefalo e terminano nel nucleo accumbens dei gangli della base, nell'amigdala e nell'ippocampo) e nel sistema mesocorticale (neuroni con funzioni di memoria, motivazione e pianificazione cognitiva che originano nell'area tegmentale del mesencefalo e terminano nella regione prefrontale della corteccia cerebrale).

Neuromodulatori

Agonisti della dopamina: anfetamina, cocaina e metilfenidato inibiscono la ricaptazione della dopamina (e/o noradrenalina) lasciando più neuromodulatori nella sinapsi (effetto: eccitante-motivante, gratificazione, dipendenza). **Antagonisti della dopamina:** il farmaco reserpina impedisce il riempimento di dopamina (noradrenalina e serotonina) nelle vescicole sinaptiche e quindi riduce la quantità dei neuromodulatori nella sinapsi (effetto calmante, depressivo). **Morbo di Parkinson e dopamina:** il Morbo di Parkinson (sintomi: rigidità muscolare, tremore, lentezza nei movimenti e difficoltà ad iniziare il movimento) è dovuto ad una ridotta produzione di dopamina da parte del sistema sostanza nera mesencefalica-gangli della base. **L-dopa:** è un farmaco precursore della dopamina (agonista) che allevia i sintomi del Morbo di Parkinson. **Schizofrenia e dopamina:** la Schizofrenia (allucinazioni, manie, irrazionalità del pensiero) è dovuta ad una eccessiva disponibilità di dopamina da parte del sistema mesocorticale (tegmento mesencefalico-corteccia prefrontale). **Clorpromazina e clozapina:** sono farmaci (antagonisti) che bloccano i recettori della dopamina e alleviano i sintomi della Schizofrenia. **NORADRENALINA (o norepinefrina):** è il neurotrasmettitore usato da neuroni i cui corpi si trovano in 7 nuclei di midollo, ponte e talamo. Il nucleo più importante è il locus ceruleus nel ponte del tronco dell'encefalo. E' usato anche dai neuroni post-gangliari (divisione simpatica) del sistema nervoso autonomo. Induce sulla membrana neuronale potenziali post-sinaptici eccitatori o inibitori a seconda del tipo di recettore. La noradrenalina è usata in circuiti neurali correlati all'attenzione e all'attivazione cerebrale. **Agonisti della noradrenalina:** anfetamina e cocaina (inibisce la ricaptazione del neurotrasmettitore); la clonidina (stimola i recettori noradrenergici). Gli effetti sono simili a quelli dell'attivazione simpatica e al senso di risveglio ed euforia. **Antagonisti della noradrenalina:** la reserpina impedisce l'immagazzinamento di noradrenalina (serotonina e dopamina) nelle vescicole sinaptiche (effetto calmante, depressivo). **SEROTONINA (5-HTP):** è un neuromodulatore usato nel controllo dell'umore, dell'appetito, del sonno, dell'attivazione cerebrale (arousal) e del dolore. Nel cervello i neuroni serotonergici originano nei nuclei della linea mediana del tronco dell'encefalo (rafe) a livello di mesencefalo, ponte e bulbo (neuroni che inviano assoni alla corteccia cerebrale, ai gangli della base e all'ippocampo). **Agonisti della serotonina:** la fluoxetina (Prozac) inibisce la ricaptazione e aumenta la disponibilità della serotonina. E' usata per il trattamento della depressione, dell'ansia e dei disturbi ossessivo-compulsivi. La fenfluramina causa il rilascio di serotonina e ne inibisce la ricaptazione: e' usato come soppressore dell'appetito negli obesi. **Antagonisti della serotonina:** la reserpina inibisce l'immagazzinamento della serotonina (noradrenalina e dopamina) nelle vescicole sinaptiche, riducendone la disponibilità (effetto calmante, depressivo). La dietilamide dell'Acido lisergico (LSD) e' un potente allucinogeno con effetti simili a quelli dei funghi allucinogeni messicani; stimola recettori pre-sinaptici che inibiscono il sistema serotonergico. L'inibizione del sistema serotonergico induce il pensiero onirico che è simile a quello indotto da allucinogeni.

I psicofarmaci agiscono sul sistema nervoso e modificano il comportamento

I farmaci psicoattivi: sono quelli che agiscono sul sistema nervoso centrale, interferendo con i processi connessi alla trasmissione sinaptica quali: la sintesi enzimatica del neurotrasmettore, il suo immagazzinamento nelle vescicole sinaptiche, il suo rilascio nella fessura sinaptica, la sua interazione con i recettori post-sinaptici, la conseguente apertura dei canali ionici nella membrana post-sinaptica, la ricaptazione del neurotrasmettore nella membrana pre-sinaptica e la deattivazione di esso da parte di enzimi specifici

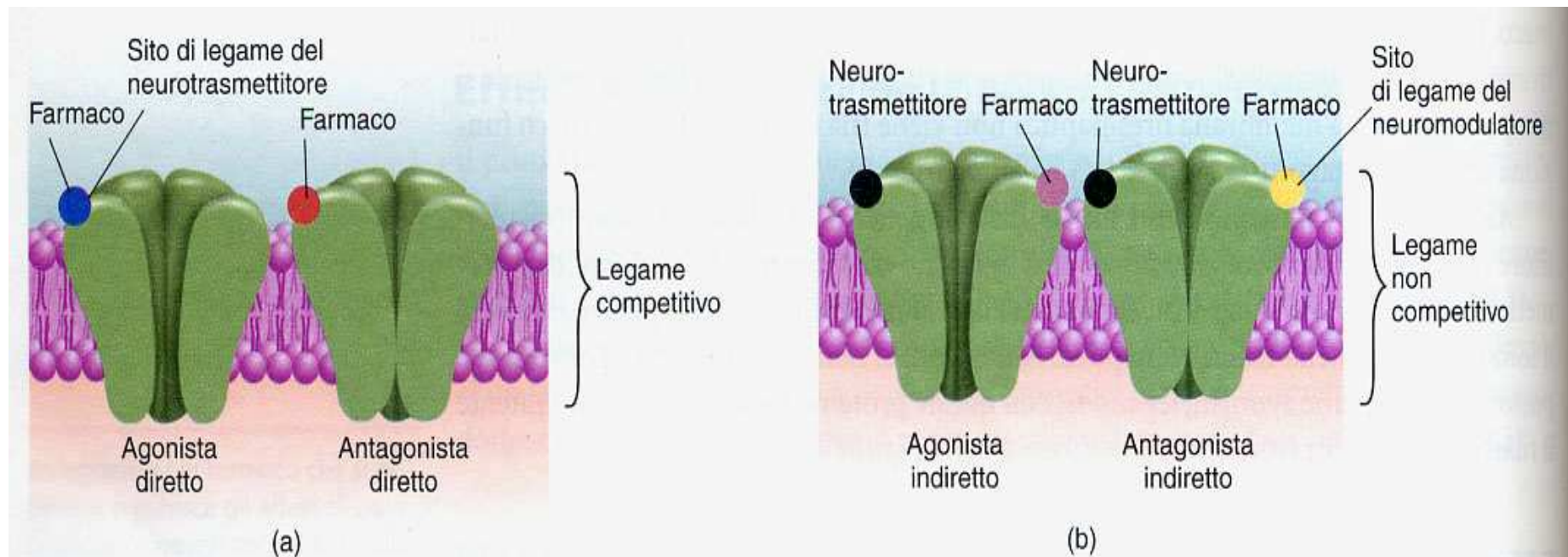


FIGURA 4.6

Azioni dei farmaci sui siti di legame dei recettori. (a) Legame competitivo. Agonisti e antagonisti diretti agiscono direttamente sul sito di legame del neurotrasmettore. (b) Legame non competitivo. Agonisti e antagonisti indiretti agiscono su un sito di legame alternativo e modificano gli effetti del neurotrasmettore sull'apertura del canale ionico.

Farmaci con azione agonista o antagonista a quella dei neurotrasmettitori

Azione dei farmaci: può essere agonista (azione simile) o antagonista (opposta) rispetto all'azione del neurotrasmettitore.

I farmaci ad azione agonista: possono: aumentare la disponibilità del precursore del neurotrasmettitore, stimolare l'enzima che attua la biosintesi del neurotrasmettitore, aumentare l'immagazzinamento del neurotrasmettitore nelle vescicole sinaptiche, stimolare il rilascio del neurotrasmettitore, ritardare la ricaptazione, oppure deattivare gli enzimi che degradano il neurotrasmettitore.

I farmaci ad azione antagonista: hanno un'azione opposta e riducono la disponibilità del neurotrasmettitore a livello del suo sito d'azione.

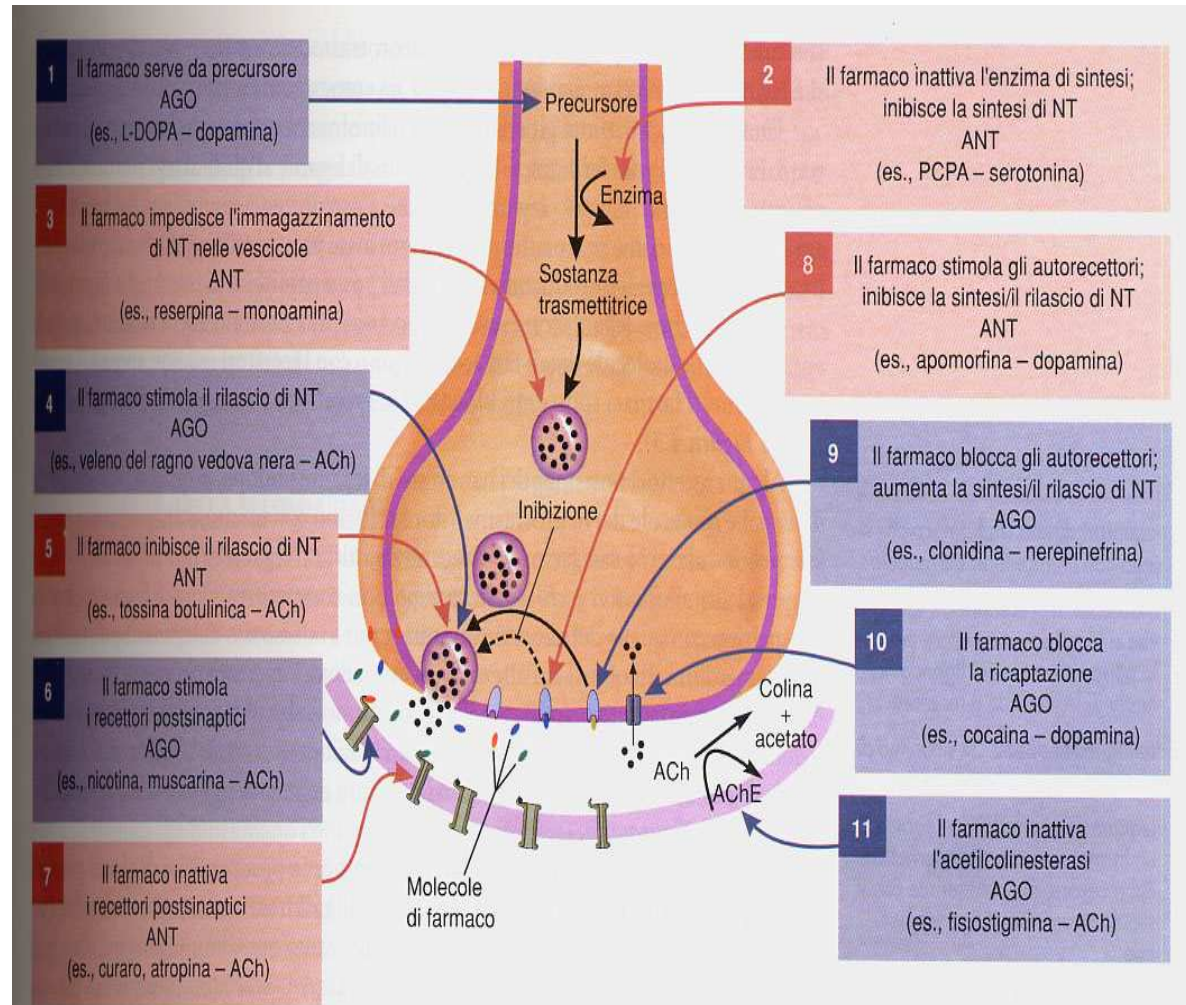


FIGURA 4.5

Riepilogo dei modi in cui i farmaci possono agire sulla trasmissione sinaptica (AGO = agonista; ANT = antagonista; NT = neurotrasmettitore). I farmaci che agiscono come agonisti sono segnati in blu; i farmaci che agiscono come antagonisti sono segnati in rosso.

Neurotrasmissione mediante glutammato (eccitatoria) e GABA-glicina (inibitoria)

Tipi di neurotrasmettitori: vi sono molti neurotrasmettitori, ognuno dei quali interagisce con un recettore specializzato.

Neurotrasmissione tra neuroni: è principalmente svolta mediante un neurotrasmettore eccitatorio (glutammato) e due neurotrasmettitori inibitori (GABA in tutto il cervello; glicina nel tronco dell'encefalo e nel midollo spinale).

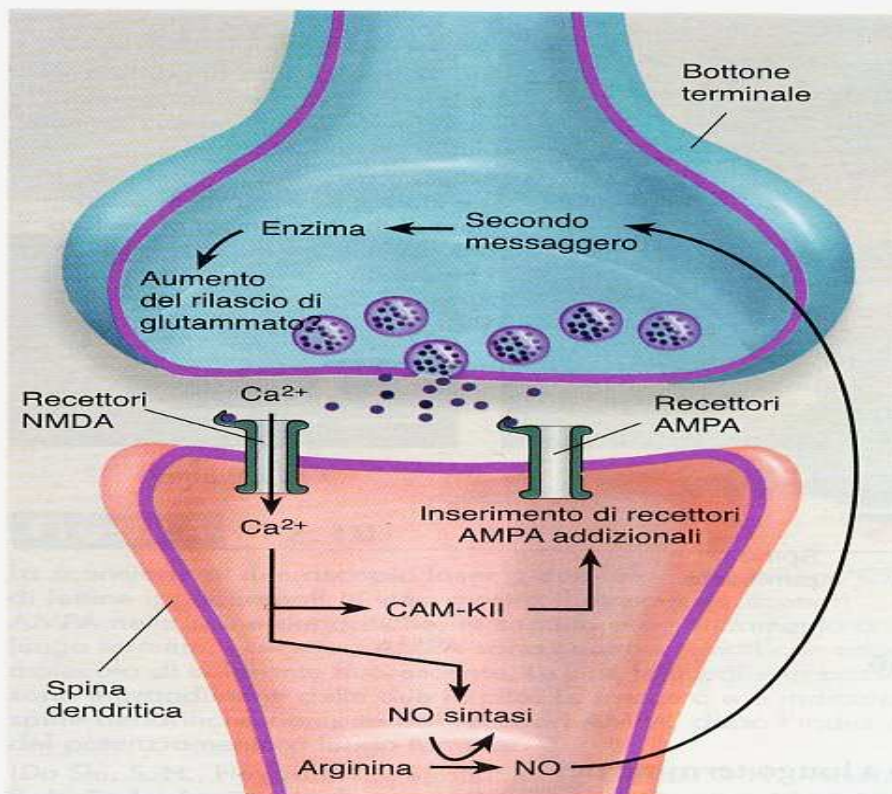


FIGURA 12.13

Un riassunto delle reazioni chimiche che sembrano essere indotte dall'entrata di un'adeguata quantità di calcio nella spina dendritica.

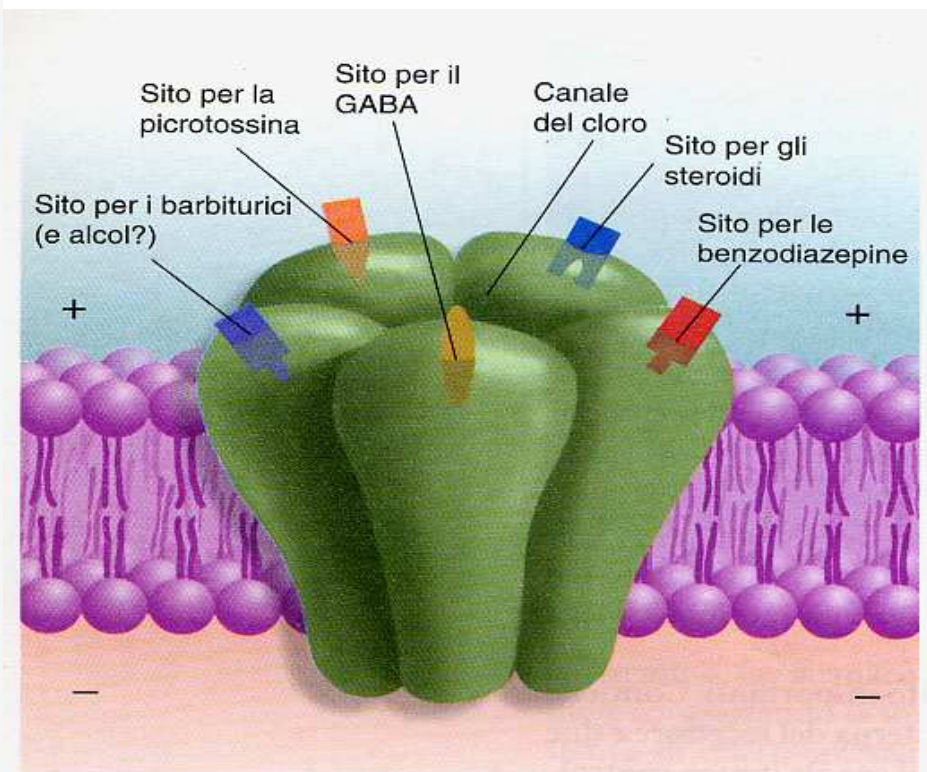


FIGURA 4.12

Illustrazione schematica del recettore $GABA_A$, con i suoi siti di legame.

Neuromodulazione

I neuromodulatori: hanno effetti su interi circuiti neurali che sovrintendono specifiche funzioni.

Visione funzionale d'insieme dei principali neuromodulatori: **l'acetilcolina** è un neurotrasmettitore che facilita l'apprendimento di informazioni che sono trasmesse tramite il glutammato e il GABA. **La noradrenalina** (o norepinefrina) aumenta lo stato attentivo, definito come prontezza nel percepire e rispondere. **La serotonina** riduce le possibilità di risposte impulsive e aggressive. **La dopamina** agisce su alcune parti del cervello che facilitano lo svolgimento di movimenti, in altre parti del cervello rinforza i movimenti che hanno determinato un premio o eliminato uno stimolo disturbante.

Classificazioni. **Catecolamine:** dopamina, adrenalina e noradrenalina. **Monoammine:** dopamina, l'adrenalina, la noradrenalina, e la serotonina (indolamine). **Monoammissidasi (MAO):** enzimi che disattivano le monoammine all'interno del bottone sinaptico e nel sangue. Gli inibitori della MAO aumentano la disponibilità delle monoammine

Tabella 4.2 **Classificazione delle monoammine trasmettitori**

Catecolamine	Indolamine
Dopamina	Serotonina
Norepinefrina	
Epinefrina	

L'Acetilcolina favorisce i processi di apprendimento e memorizzazione

Acetilcolina: è il neurotrasmettitore usato dai motoneuroni spinali e dai neuroni spinali pregangliari e post-gangliari (sola divisione parasimpatica) del sistema nervoso autonomo. Induce sulla membrana potenziali post-sinaptici eccitatori o inibitori a seconda del tipo di recettore. Nel cervello i neuroni acetilcolinergici originano nel ponte del troncoencefalo (neuroni "on" che iniziano le fasi REM del sonno, quello con i sogni più vividi), nel proencefalo basale del tronco dell'encefalo (neuroni che facilitano l'apprendimento) e nel setto del sistema limbico (neuroni che facilitano la memorizzazione).

Agonisti dell'acetilcolina: il veleno della vedova nera stimola un eccesso di rilascio.

Altre sostanze inibiscono l'enzima (acetilcolinesterasi) che degrada l'acetilcolina sulla membrana post-sinaptica, aumentando gli effetti dell'acetilcolina.

Vi sono due tipi di recettori per l'acetilcolina. Il recettore nicotinico (ad esempio, quello presente sui muscoli volontari) è stimolato dalla nicotina. Il recettore muscarinico (ad esempio, quello presente sui neuroni post-gangliari del sistema autonomo) è stimolato da un fungo velenoso.

Antagonisti dell'acetilcolina: la tossina botulinica impedisce il rilascio di acetilcolina. Il farmaco atropina blocca i recettori muscarinici. Il curaro blocca i recettori nicotinici.

Tabella 4,1

Alcuni farmaci che agiscono sulle sinapsi acetilcolinergiche

Effetto del farmaco	Nome del farmaco	Effetto sulla trasmissione sinaptica
Blocca il rilascio di ACh	Tossina botulinica	Antagonista
Stimola il rilascio di ACh	Veleno del ragno vedova nera	Agonista
Stimola i recettori nicotinici	Nicotina	Agonista
Blocca i recettori nicotinici	Curaro	Antagonista
Stimola i recettori muscarinici	Muscarina	Agonista
Blocca i recettori muscarinici	Atropina	Antagonista
Inibisce l'acetilcolinesterasi	Neostigmina	Agonista
Inibisce la ricaptazione della colina	Emicolinio	Antagonista

La dopamina facilita funzioni motorie, di gratificazione e di motivazione

Dopamina: è un neuromodulatore usato in circuiti motori, dell'attenzione, dell'apprendimento legato al successo o all'insuccesso dell'azione (stimolo di rinforzo).

I neuroni "motori": originano nel nucleo della sostanza nera del mesencefalo e inviano assoni a nuclei dei gangli della base.

I neuroni "della gratificazione": originano nel sistema mesolimbico dall'area tegmentale del mesencefalo e terminano nel nucleo accumbens dei gangli della base, nell'amigdala e nell'ippocampo.

I neuroni "della motivazione-memoria-pianificazione": originano nel sistema mesocorticale dall'area tegmentale del mesencefalo e terminano nella regione prefrontale della corteccia cerebrale.

Tabella 4.3

Le tre principali vie dopaminergiche

Nome	Origine (localizzazione dei corpi cellulari)	Localizzazione dei bottoni terminali	Effetti sul comportamento
Sistema nigrostriatale	<i>Substantia nigra</i>	Neostriato (nucleo caudato e <i>putamen</i>)	Controllo del movimento
Sistema mesolimbico	Area tegmentale ventrale	Nucleo <i>accumbens</i> e amigdala	Rinforzo, effetti delle sostanze che inducono dipendenza
Sistema mesocorticale	Area tegmentale ventrale	Corteccia prefrontale	Memorie a breve termine, pianificazione, strategie di <i>problem solving</i>

I farmaci che agiscono sul sistema dopaminergico influenzano movimento e comportamento finalizzato

Morbo di Parkinson e dopamina: il Morbo di Parkinson (sintomi: rigidità muscolare, tremore, lentezza nei movimenti e difficoltà ad iniziare il movimento) è dovuto ad una ridotta produzione di dopamina da parte del sistema sostanza nera mesencefalica-gangli della base.

L-dopa: è un farmaco precursore della dopamina (agonista) che allevia i sintomi del Morbo di Parkinson.

Schizofrenia e dopamina: la Schizofrenia (allucinazioni, manie, irrazionalità del pensiero) è dovuta ad una eccessiva disponibilità di dopamina da parte del sistema mesocorticale (tegumento mesencefalico-corteccia prefrontale).

Clorpromazina e clozapina: sono farmaci (antagonisti) che bloccano i recettori della dopamina e alleviano i sintomi della Schizofrenia.

I farmaci agonisti e antagonisti della dopamina

Agonisti della dopamina: anfetamina, cocaina e metilfenidato inibiscono la ricaptazione della dopamina (e/o noradrenalina) lasciando più neuromodulatori nella sinapsi (effetto: eccitante-motivante, gratificazione, dipendenza).

Antagonisti della dopamina: il farmaco reserpina impedisce il riempimento di dopamina (noradrenalina e serotonina) nelle vescicole sinapatiche e quindi riduce la quantità dei neuromodulatori nella sinapsi (effetto calmante, depressivo).

Tabella 4.4

Alcuni farmaci che agiscono sulle sinapsi dopaminergiche

Effetto del farmaco	Nome del farmaco	Effetto sulla trasmissione sinaptica
Facilita la sintesi di DA	L-DOPA	Agonista
Inibisce la sintesi di DA	AMPT	Antagonista
Inibisce l'immagazzinamento di DA	Reserpina	Antagonista
Blocca i recettori D ₂	Clorpromazina	Antagonista
Blocca i recettori D ₄	Clozapina	Antagonista
Blocca la ricaptazione della dopamina	Cocaina	Agonista
Blocca MAO-B	Deprenil	Agonista

I farmaci che agiscono sul sistema noradrenergico influenzano lo stato generale di attivazione cerebrale

Noradrenalina (o norepinefrina): è il neurotrasmettitore usato da neuroni i cui corpi si trovano in 7 nuclei di midollo, ponte e talamo. Il nucleo più importante è il locus ceruleus nel ponte del tronco dell'encefalo. E' usato anche dai neuroni post-gangliari (divisione simpatica) del sistema nervoso autonomo.

Induce sulla membrana neuronale potenziali post-sinaptici eccitatori o inibitori a seconda del tipo di recettore.

La noradrenalina è usata in circuiti neurali correlati all'attenzione e all'attivazione cerebrale.

Agonisti della noradrenalina: anfetamina e cocaina (inibisce la ricaptazione del neurotrasmettitore); la clonidina (stimola i recettori noradrenergici). Gli effetti sono simili a quelli dell'attivazione simpatica e al senso di risveglio ed euforia.

Antagonisti della noradrenalina: la reserpina impedisce l'immagazzinamento di noradrenalina (serotonina e dopamina) nelle vescicole sinaptiche (effetto calmante, depressivo).

Tabella 4.5

Alcuni farmaci che agiscono sulle sinapsi noradrenergiche

Effetto del farmaco	Nome del farmaco	Effetto sulla trasmissione sinaptica
Inibisce la sintesi di NE	Acido fusarico	Antagonista
Inibisce l'immagazzinamento di NE nelle vescicole sinaptiche	Reserpina	Antagonista
Stimola i recettori α_1	Fenilefrina	Agonista
Stimola i recettori α_2	Clonidina	Agonista
Blocca i recettori α_2	Ioimbina	Antagonista
Inibisce la ricaptazione di NE	Desipramina	Agonista

I farmaci che agiscono sul sistema serotonergico influenzano lo stato generale di attivazione cerebrale

- **Serotonina (5-HTP):** è un neuromodulatore usato nel controllo dell'umore, dell'appetito, del sonno, dell'attivazione cerebrale (arousal) e del dolore. Nel cervello i neuroni serotonergici originano nei nuclei della linea mediana del tronco dell'encefalo (rafe) a livello di mesencefalo, ponte e bulbo (neuroni che inviano assoni alla corteccia cerebrale, ai gangli della base e all'ippocampo).
- **Agonisti della serotonina:** la fluoxetina (Prozac) inibisce la ricaptazione e aumenta la disponibilità della serotonina. E' usata per il trattamento della depressione, dell'ansia e dei disturbi ossessivo-compulsivi. La fenfluramina causa il rilascio di serotonina e ne inibisce la ricaptazione: e' usato come soppressore dell'appetito negli obesi.
- **Antagonisti della serotonina:** la reserpina inibisce l'immagazzinamento della serotonina (noradrenalina e dopamina) nelle vescicole sinaptiche, riducendone la disponibilità (effetto calmante, depressivo). La dietilamide dell'Acido lisergico (LSD) e' un potente allucinogeno con effetti simili a quelli dei funghi allucinogeni messicani; stimola recettori pre-sinaptici che inibiscono il sistema serotonergico. L'inibizione del sistema serotonergico induce il pensiero onirico che è simile a quello indotto da allucinogeni.

Tabella 4.6

Alcuni farmaci che agiscono sulle sinapsi serotonergiche

Effetto del farmaco	Nome del farmaco	Effetto sulla trasmissione sinaptica
Inibisce la sintesi di 5-HT	PCPA	Antagonista
Inibisce l'immagazzinamento di 5-HT nelle vescicole sinaptiche	Reserpina	Antagonista
Stimola il rilascio di 5-HT	Fenfluramina	Agonista
Inibisce la ricaptazione di 5-HT	Fluoxetina	Agonista

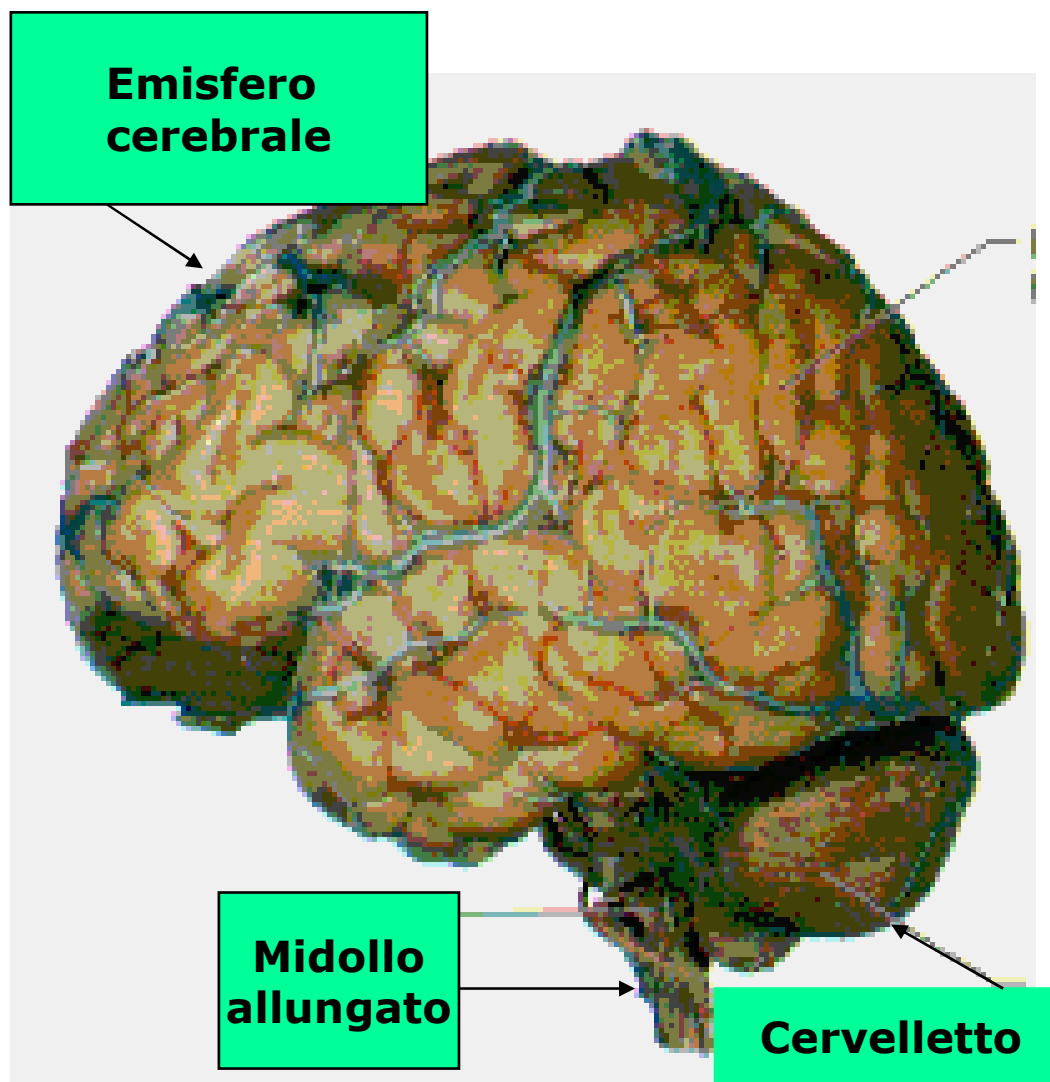
Il cervello

Il cervello è grande circa due pugni di delicato tessuto grigio-rosato.

La superficie è rugosa, la consistenza assomiglia al porridge freddo.

Pesa in media circa 1600 g (maschio adulto)-1450 g (femmina adulta).

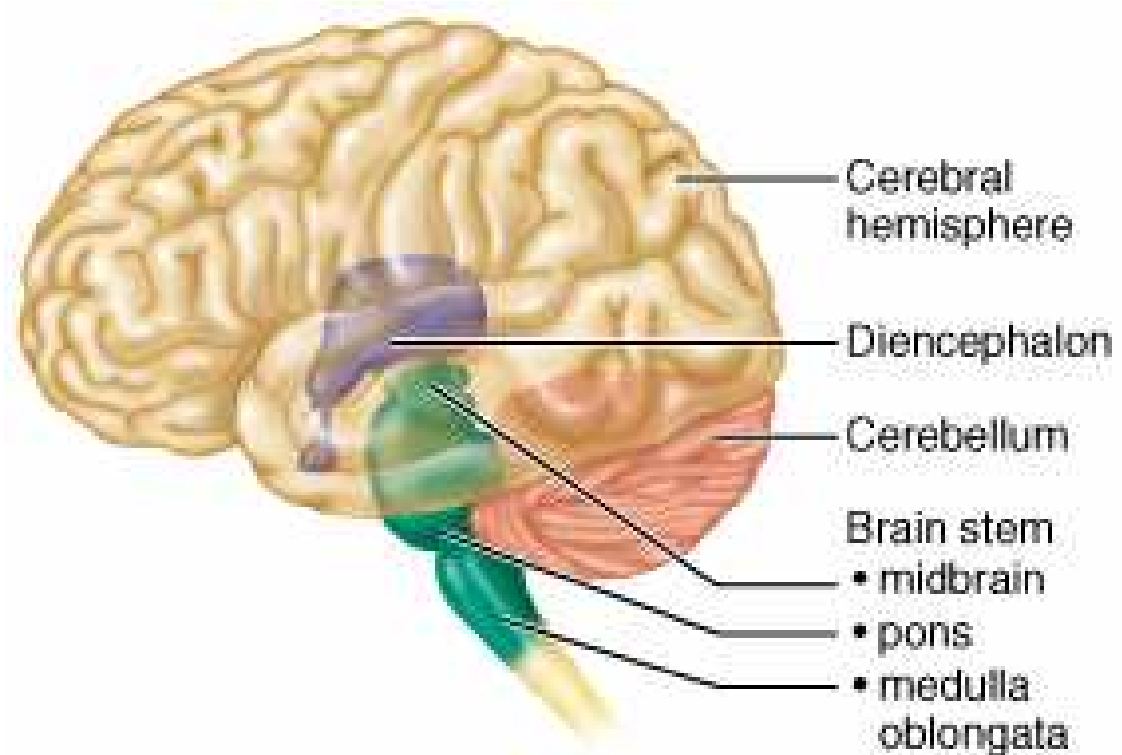
La dimensione del cervello NON è correlata all'intelligenza ma alla complessità delle connessioni neurali all'interno.



Regioni del cervello

Le 4 regioni principali del cervello sono:

- Emisferi cerebrali
- Diencefalo
 - Talamo
 - Ipotalamo
- Midollo allungato
 - Mesencefalo
 - Ponte
 - Midollo
- Cervelletto



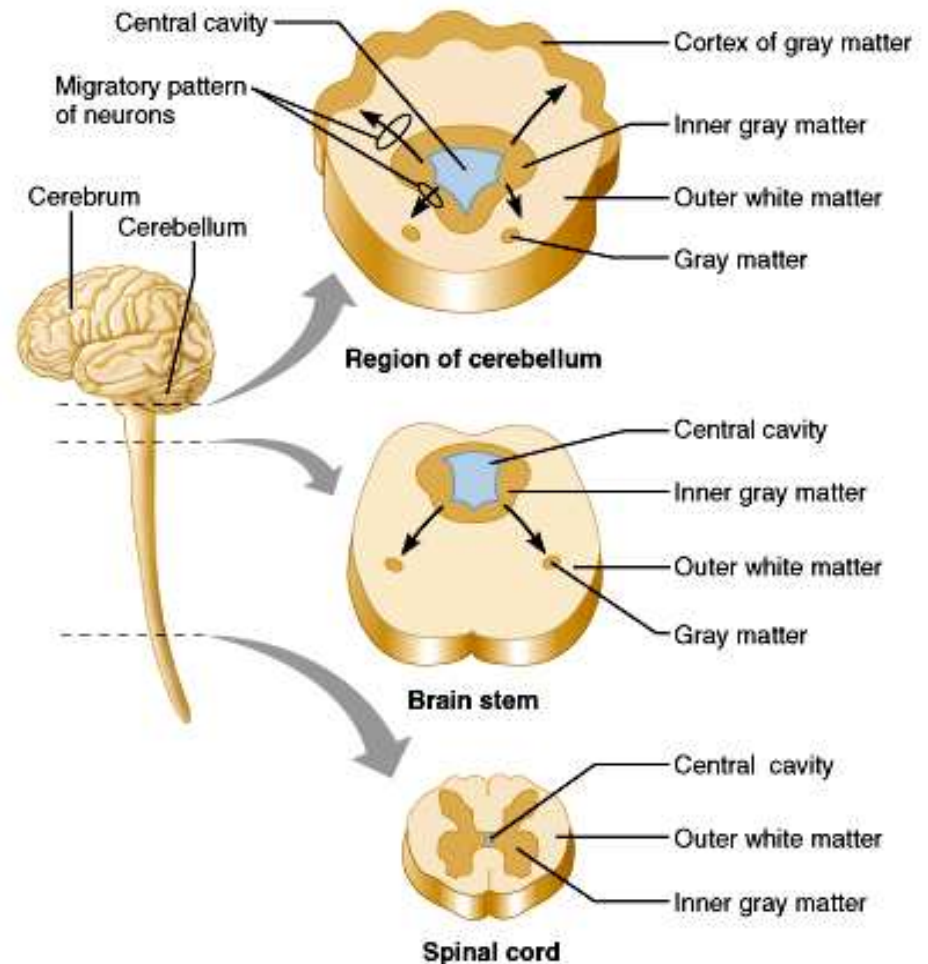
Materia grigia e bianca nel SNC

Il pattern di base del SNC si può vedere nel midollo spinale.

Una cavità centrale è circondata da un nocciolo di materia grigia (nuclei), esternamente al quale c'è la materia bianca (tratti di fibre mielinizzate).

Il cervello ha un design simile, tranne per il fatto che contiene più regioni di materia grigia.

Entrambi gli emisferi e il cervelletto hanno uno strato esterno o **corteccia** di materia grigia costituito da corpi cellulari di neuroni.



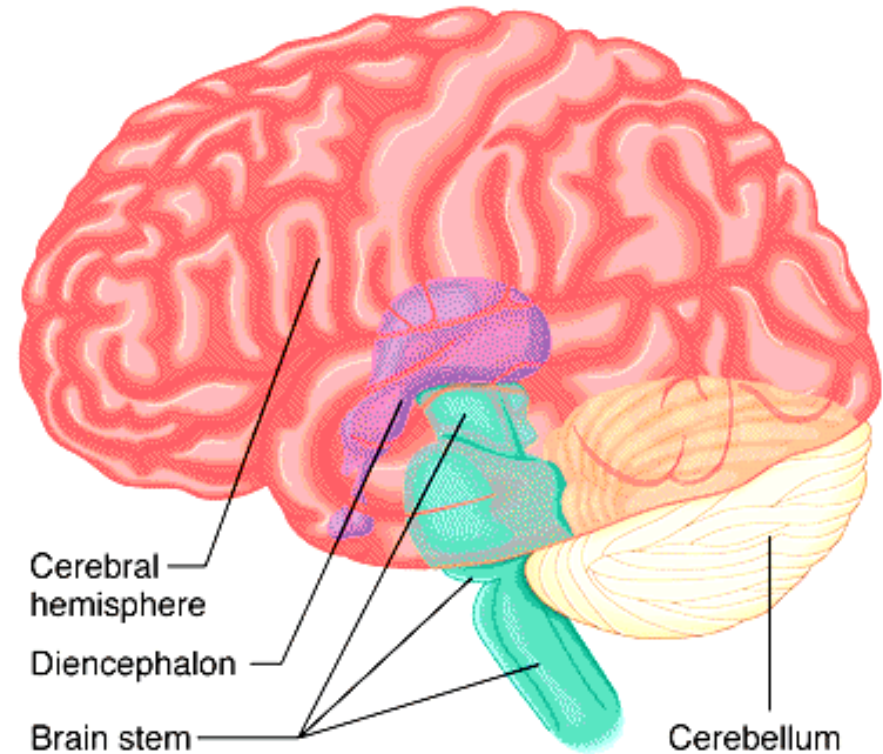
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Gli emisferi

Gli emisferi cerebrali formano la parte superiore del cervello.

Queste 2 strutture costituiscono circa l'83% della massa del cervello.

I 2 emisferi coprono e nascondono il diencefalo e la parte superiore del midollo allungato.



(a)

© BENJAMIN/CUMMINGS

Gli emisferi

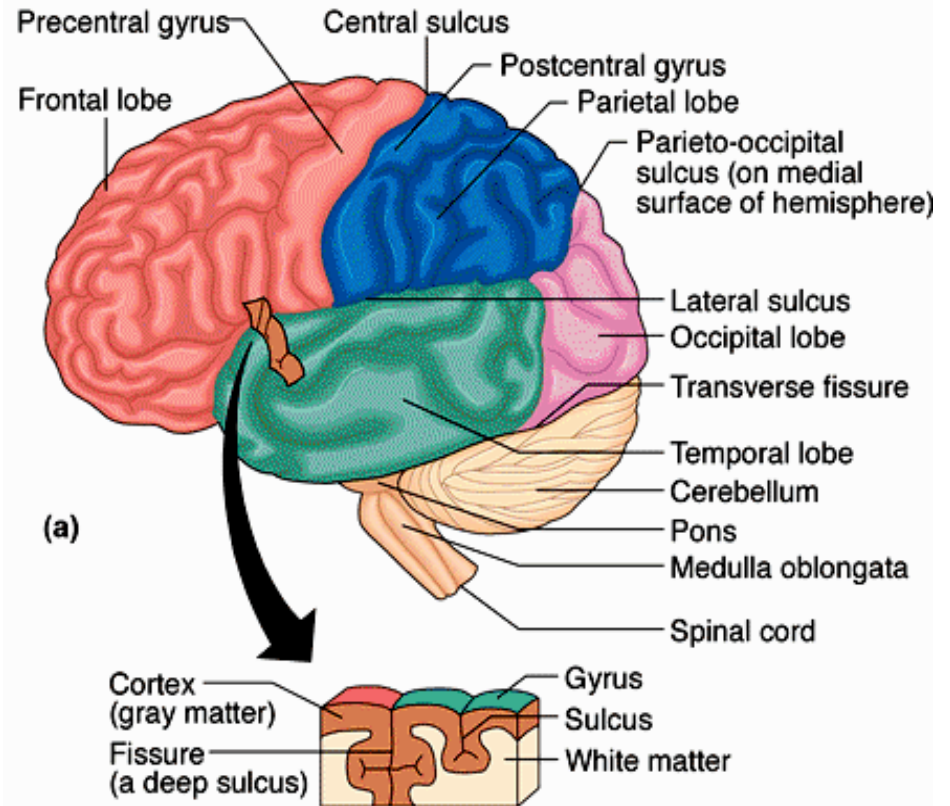
La quasi totalità della superficie degli emisferi cerebrali è segnata da creste di tessuto dette **giri**, separate da scanalature poco profonde dette **solchi**. Scanalature più profonde dette **fissure** separano regioni più ampie del cervello.

Le convoluzioni cerebrali hanno la funzione di aumentare la superficie della corteccia (evoluzione) e presentano delle regolarità fra individui (solchi e giri si ritrovano simili in tutti gli individui).

Ciascun emisfero elabora informazioni contralaterali.

Gli emisferi non sono simmetrici (sia anatomicamente che funzionalmente).

La fissura mediana longitudinale separa gli emisferi. La fissura trasversa separa gli emisferi dal cervelletto.



© BENJAMIN/CUMMINGS

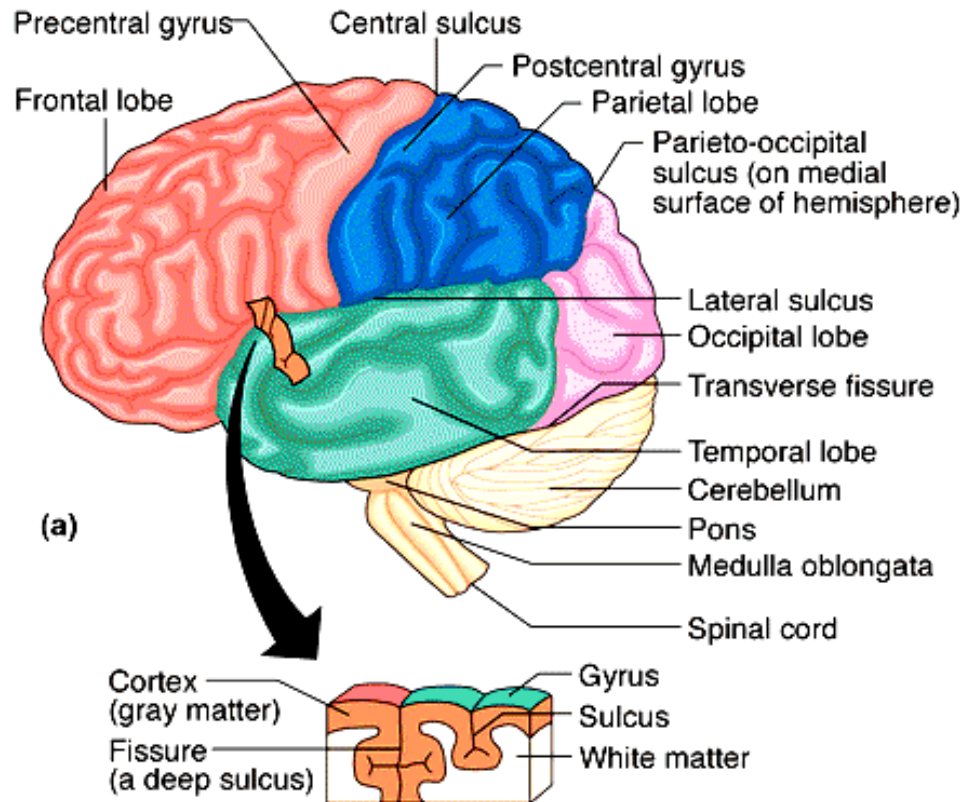
Lobi e fissure degli emisferi

I solchi profondi dividono ogni emisfero in 4 lobi:

- Frontale
- Temporale
- Parietale
- Occipitale

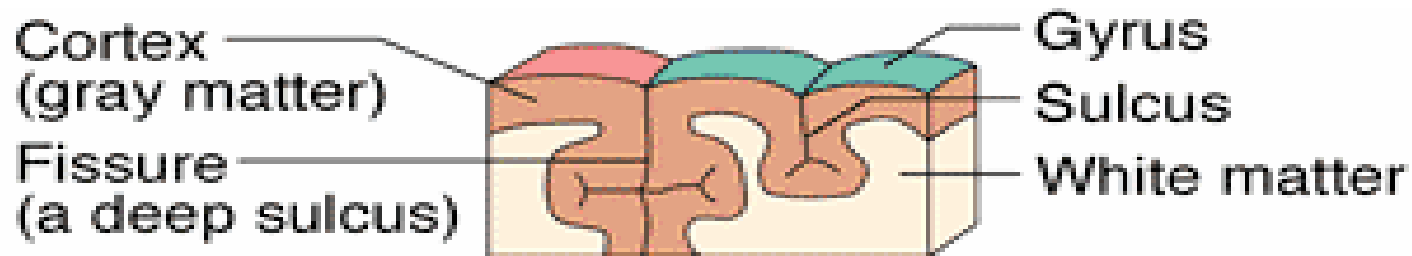
Solchi:

- Centrale
- Parieto-occipital
- Laterale
- Fissura trasversa



© BENJAMIN/CUMMINGS

Corteccia cerebrale



La corteccia è "l'esecutore" del SN; ci permette di percepire, comunicare, ricordare, capire, apprezzare e compiere movimenti volontari.

Tutte le funzioni associate al comportamento cosciente e alla coscienza si originano all'interno della corteccia dei diversi lobi.

La corteccia è materia grigia composta da corpi cellulari di neuroni, dendriti e assoni non mielinizzati (più cellule di supporto e vasi sanguigni).

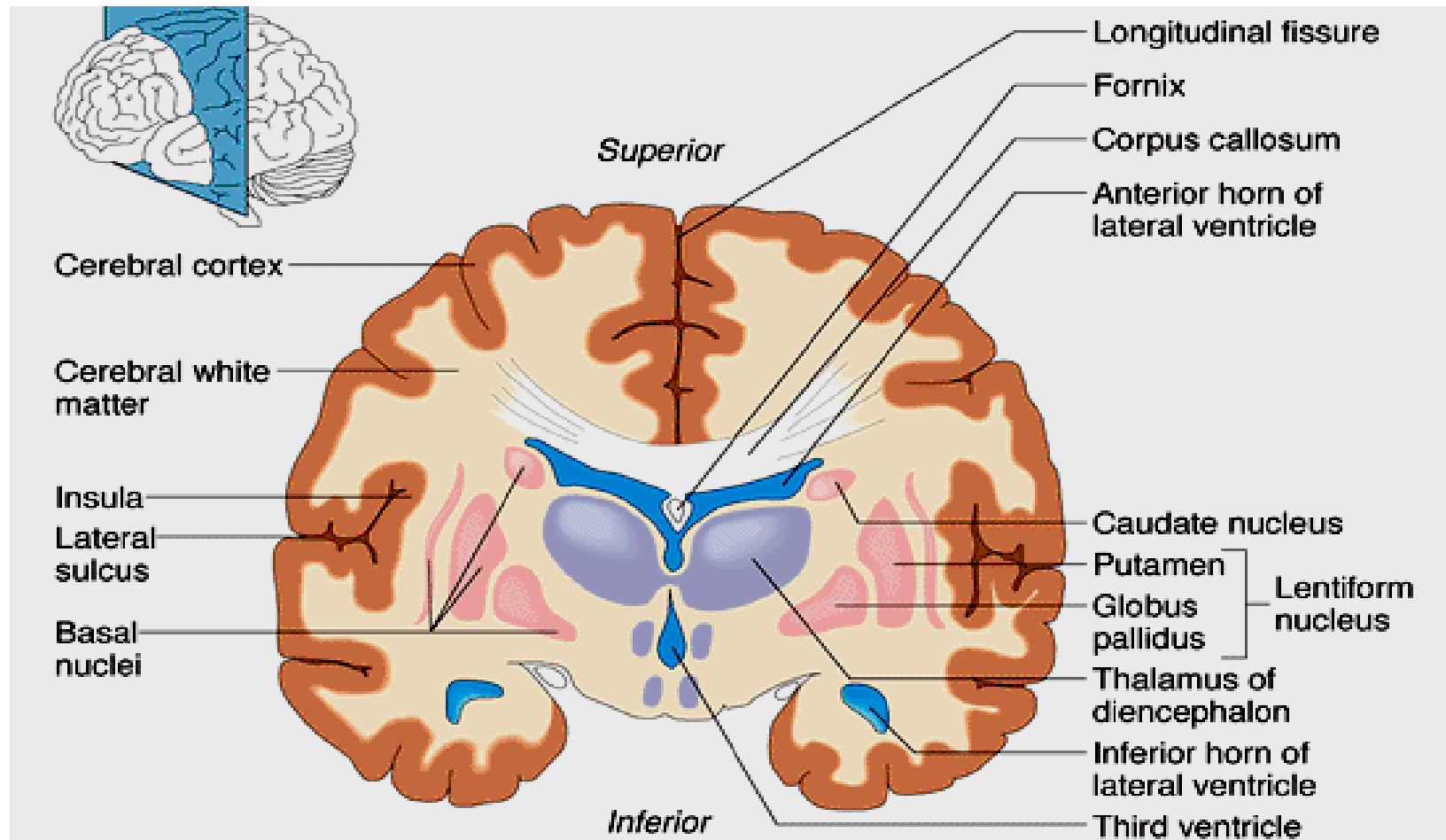
Lo spessore è solo 2-4 mm.

Le convoluzioni triplicano la sua superficie.

Costituisce circa il 40% della massa totale del cervello.

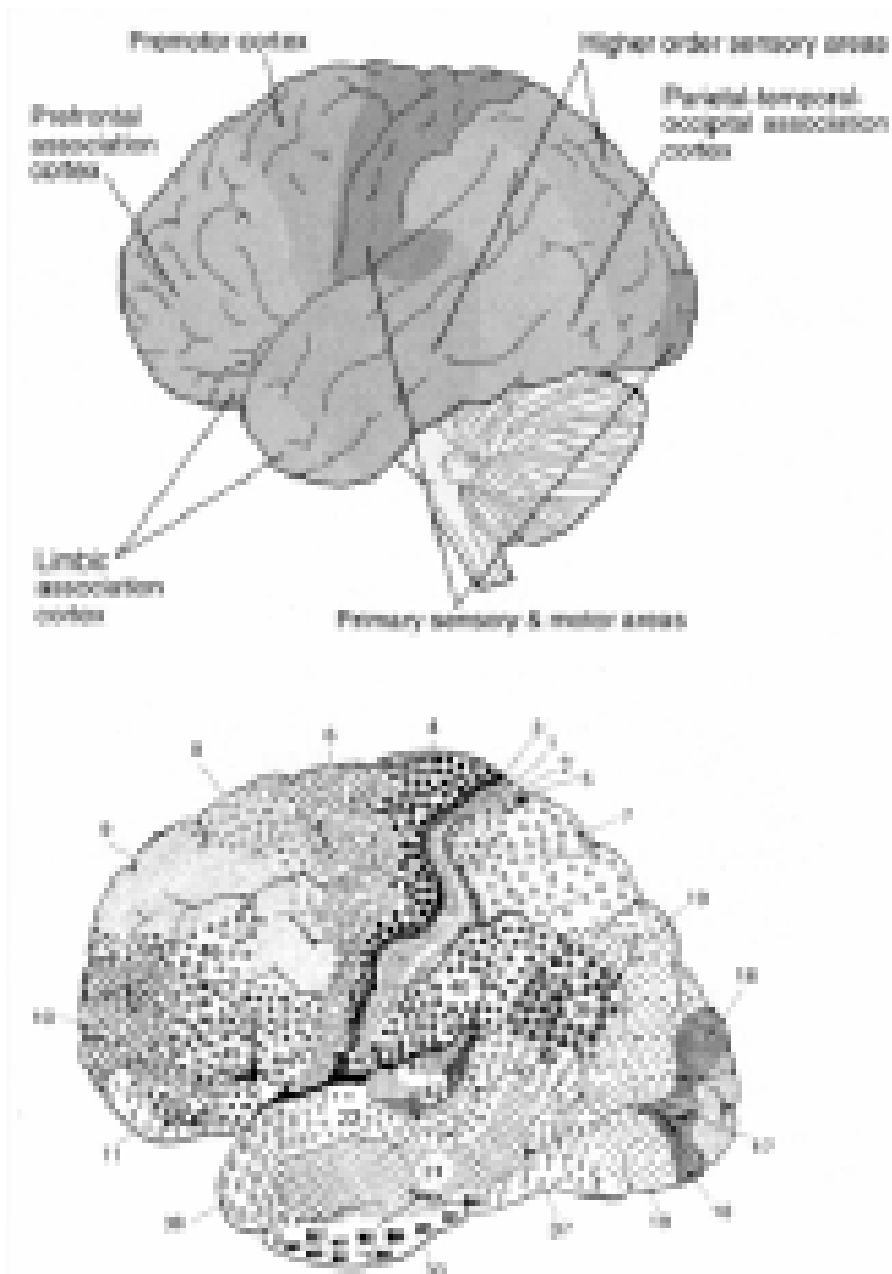
La corteccia contiene miliardi di neuroni disposti in 6 strati.

Corteccia cerebrale



Sezione coronale del cervello che mostra la corteccia, la materia bianca e i nuclei della base.

Corteccia cerebrale



La ricerca sulla struttura e le funzioni del cervello ha dimostrato che ci sono aree funzionali sia specializzate che diffuse.

Le aree sensoriali e motorie sono localizzate in aree separate.

Molte funzioni mentali superiori come memoria e linguaggio sembrano avere aree sovrapposte e localizzate più diffusamente.

Broadman ha identificato anatomicamente 52 diverse aree delle corteccie cerebrali.

Per molte di queste aree è stata trovata successivamente una specializzazione funzionale.

Il fatto che funzioni di "alto livello" non siano localizzate aumenta la **plasticità** del cervello: le aree rimaste si riorganizzano.

La *rappresentazione della conoscenza* è distribuita: lesioni localizzate distruggono solo in parte la conoscenza (ad esempio la capacità di riconoscere i volti o di associare odori a oggetti).

Corteccia cerebrale

La corteccia ha 3 tipi di aree funzionali:

- Aree motorie**: controllano le funzioni motorie volontarie
- Aree sensoriali**: forniscono la consapevolezza della sensazione
- Aree associative**: servono principalmente a integrare le diverse informazioni ai fini dell'esecuzione di un'azione

Ogni emisfero è principalmente interessato nelle funzioni motorie e sensoriali del lato opposto del corpo (contralaterale).

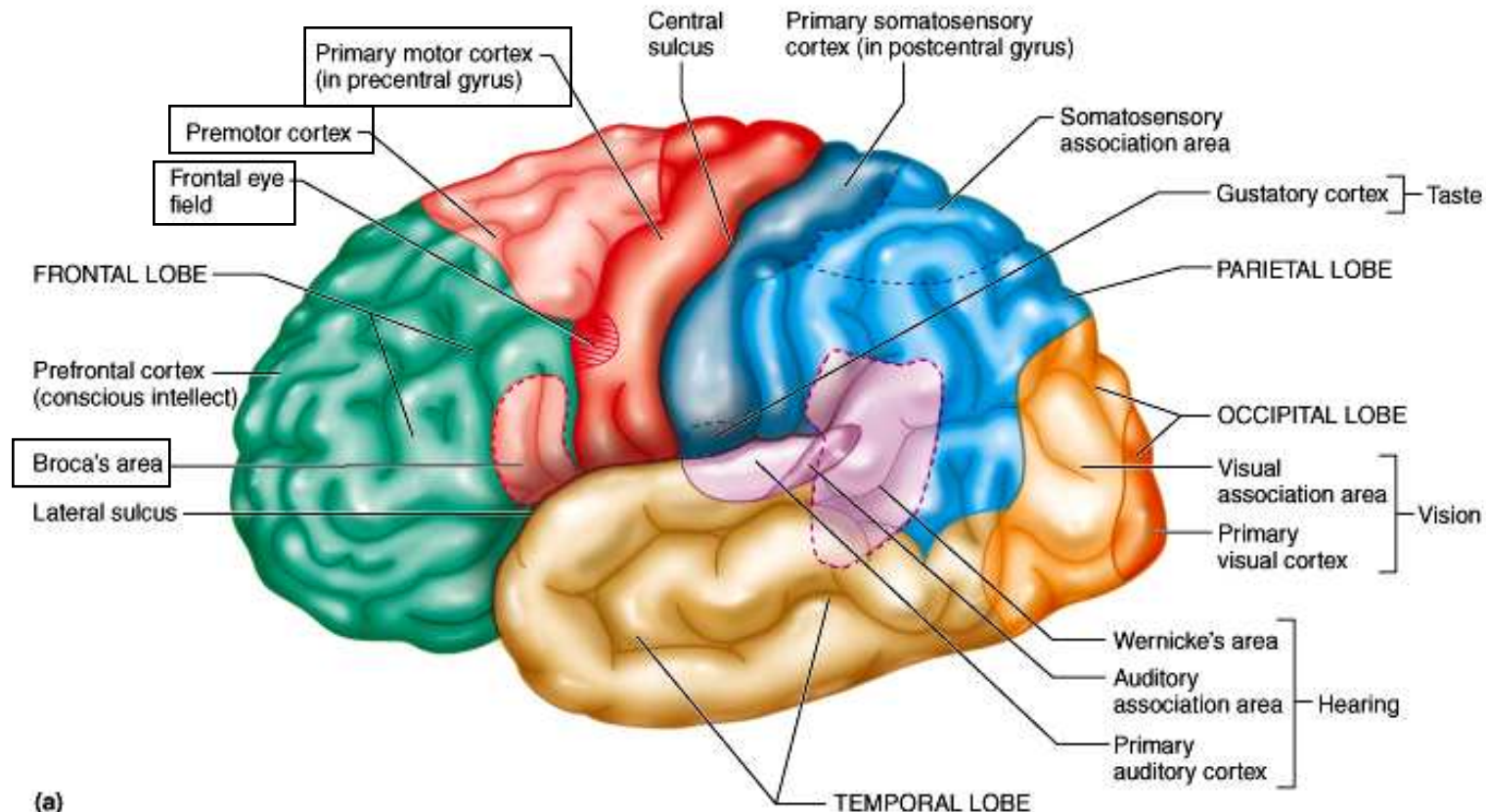
Sebbene siano largamente simmetrici nella struttura, i 2 emisferi non sono completamente uguali nelle funzioni, invece c'è **lateralizzazione** delle funzioni corticali.

Aree motorie

Le aree corticali che controllano le funzioni motorie si trovano nella parte posteriore dei lobi frontali.

Le aree motorie includono:

- la corteccia motoria primaria
- la corteccia premotoria
- l'area di Broca
- i campi oculari frontali

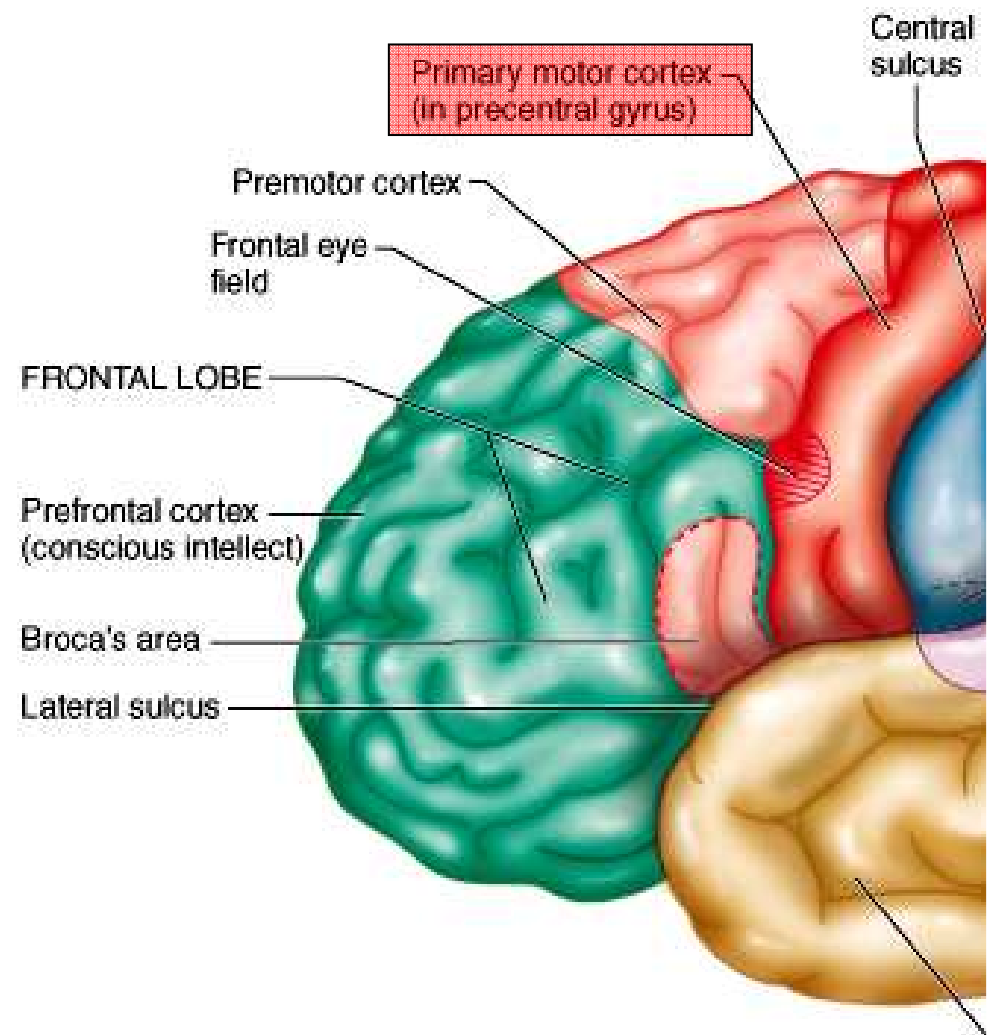


(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Corteccia motoria primaria

La corteccia motoria primaria si trova nel giro precentrale del lobo frontale di ogni emisfero. Grandi neuroni (cellule piramidali) ci permettono il controllo cosciente e preciso dei movimenti volontari dei muscoli scheletrici.



(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Long

Somatotopia motoria

Il corpo è rappresentato spazialmente nella corteccia motoria primaria di ogni emisfero.

Gran parte dei neuroni in questi giri controllano i muscoli in aree del corpo in modo estremamente preciso.

Le aree di maggior controllo sono la faccia, la lingua e le mani.

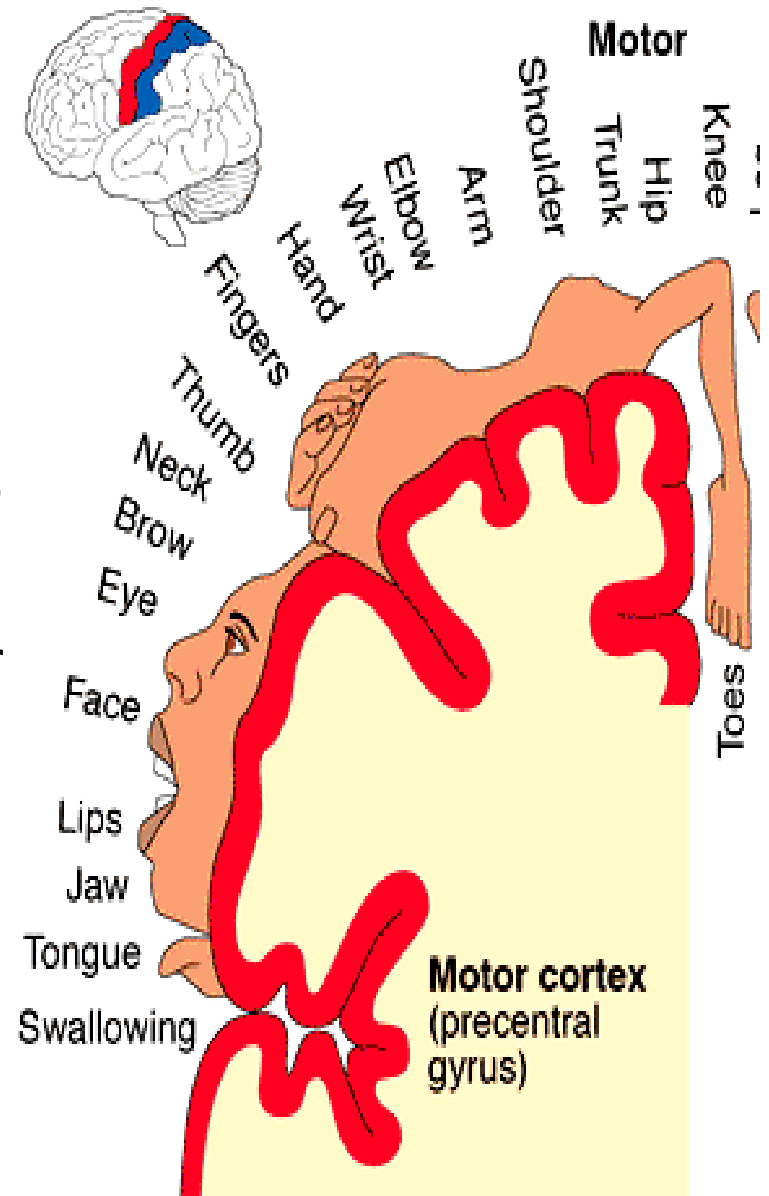
L'innervazione motoria è contralaterale: la corteccia sinistra controlla il lato destro del corpo.

Ogni muscolo può essere controllato da molti neuroni corticali reclutati per specifiche azioni.

Danni su aree localizzate della corteccia motoria primaria paralizzano i muscoli controllati da quelle aree.

Se la lesione è nell'emisfero destro, sarà paralizzato il lato sinistro.

Nota: Si perde solo il controllo volontario, perché i muscoli si possono ancora contrarre per riflesso.



Corteccia premotoria

La corteccia premotoria controlla le abilità motorie di natura ripetitiva o ritmica (battere a macchina o suonare il piano).

Coordina i movimenti di molti gruppi muscolari che agiscono simultaneamente o sequenzialmente.

Manda impulsi attivanti verso la corteccia motoria primaria.

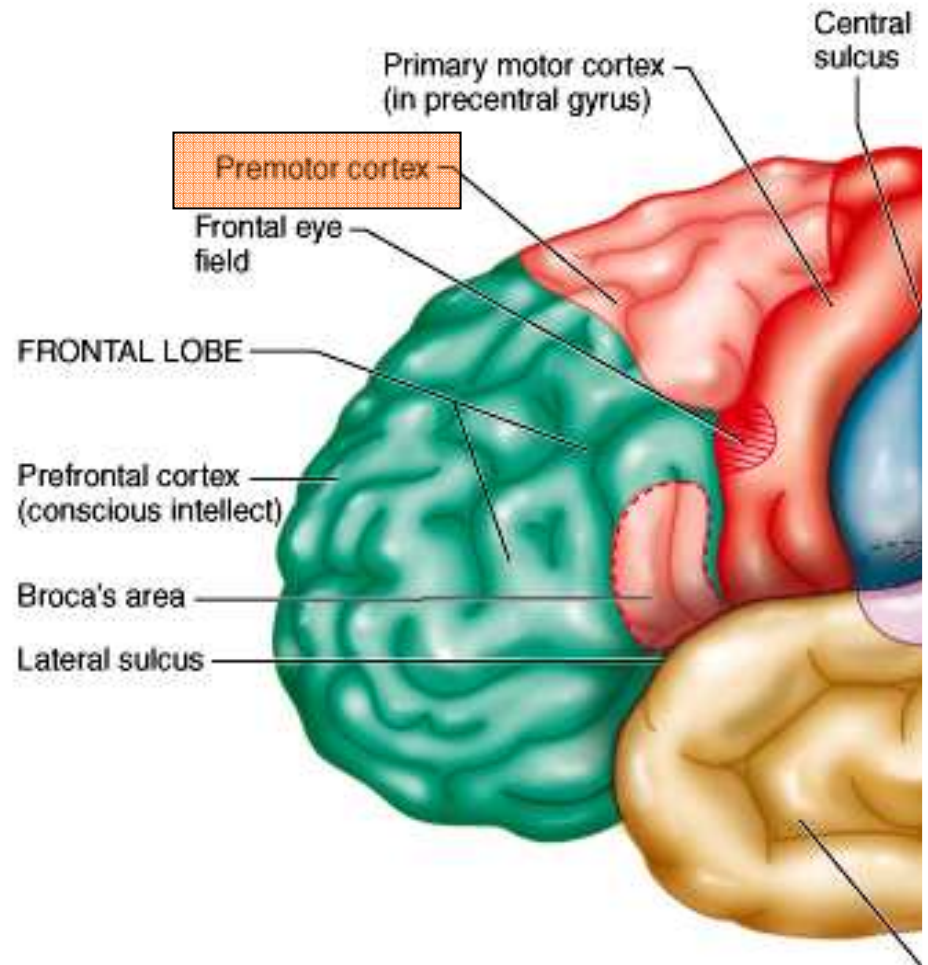
Sembra essere coinvolta nella pianificazione motoria.

Controlla le azioni volontarie che dipendono dal feedback sensoriale.

Danni all'area premotoria risultano nella perdita delle abilità motorie in quella regione.

La forza muscolare e la capacità di eseguire movimenti singoli discreti non sono ostacolate.

Il riapprendimento delle abilità perse richiede pratica.



(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Long

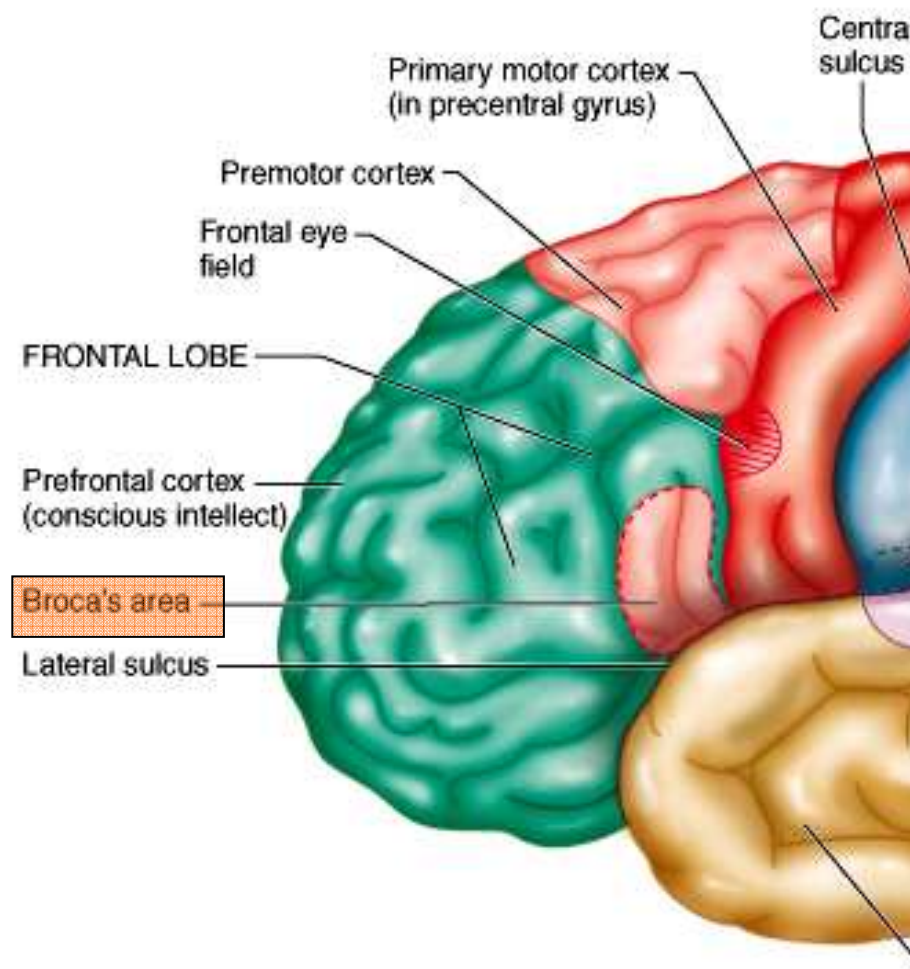
Area di Broca

Si tratta di un'area specializzata nella componente motoria del linguaggio, controlla i muscoli della lingua, della gola e delle labbra nell'articolare le parole.

Quest'area è stata a lungo considerata essere presente solo nell'emisfero sinistro.

Recenti dati PET (Tomografia a Emissione di Positroni) indicano che l'area di Broca e un'area simile nell'emisfero destro si attivano quando ci prepariamo a parlare.

Queste aree sembrano essere coinvolte nel pianificare il parlato e altre attività motorie volontarie.



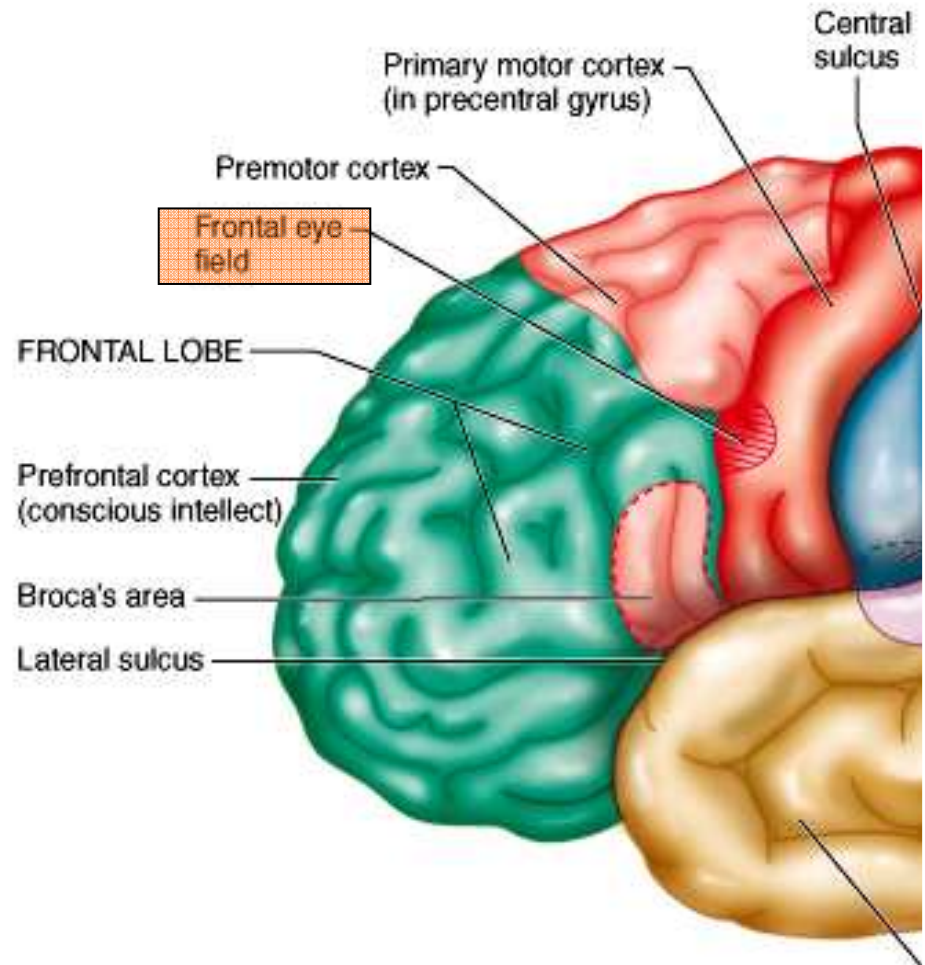
(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Long

Campi oculari frontali

Questa regione corticale controlla i movimenti volontari degli occhi.

Si attiva quando guardiamo rapidamente qualcosa, come quando muoviamo gli occhi per seguire un target in movimento.



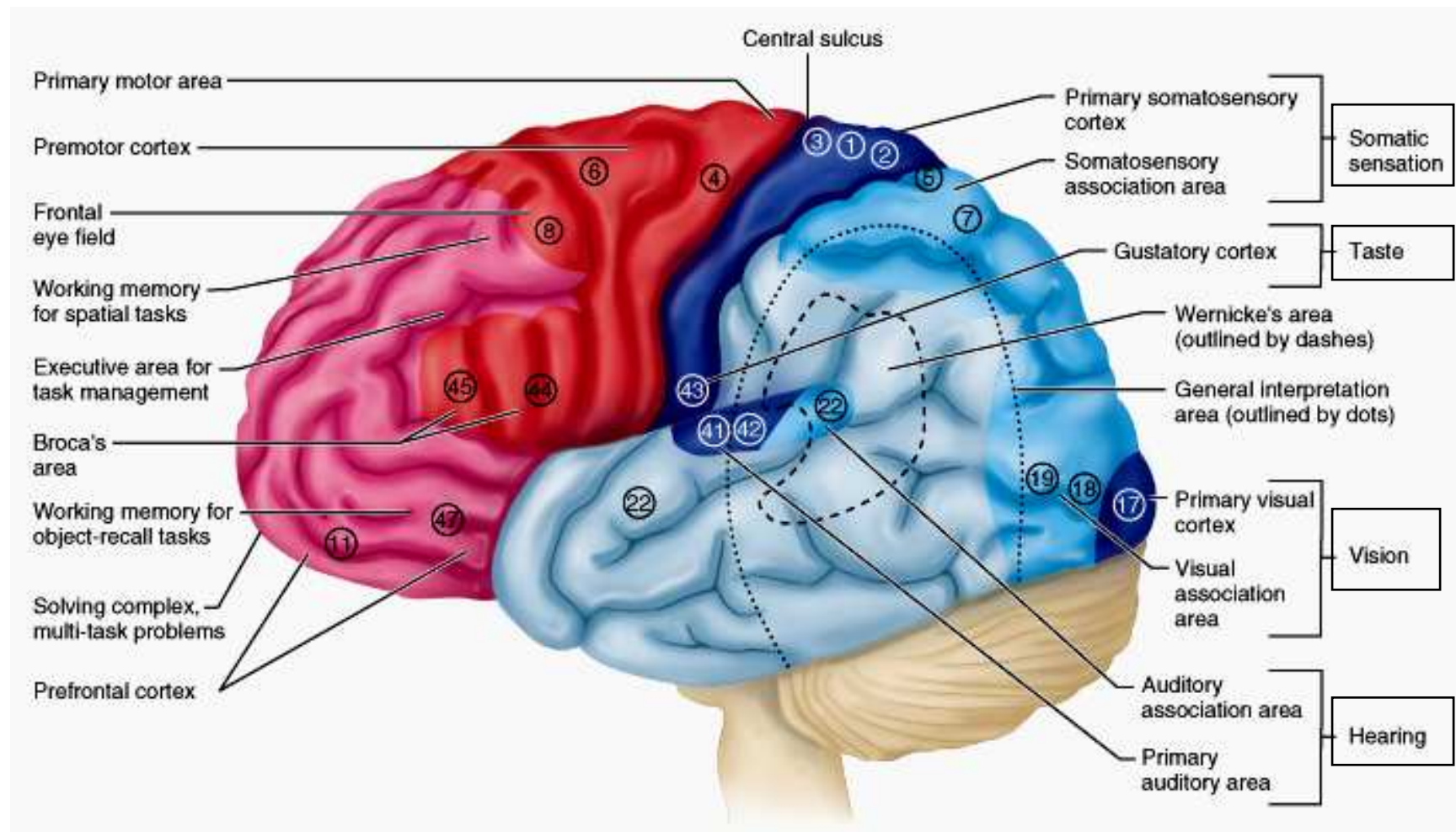
(a)

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Long

Aree sensoriali

Sono aree coinvolte nella consapevolezza cosciente della sensazione.

Si trovano nei lobi parietale, temporale e occipitale.



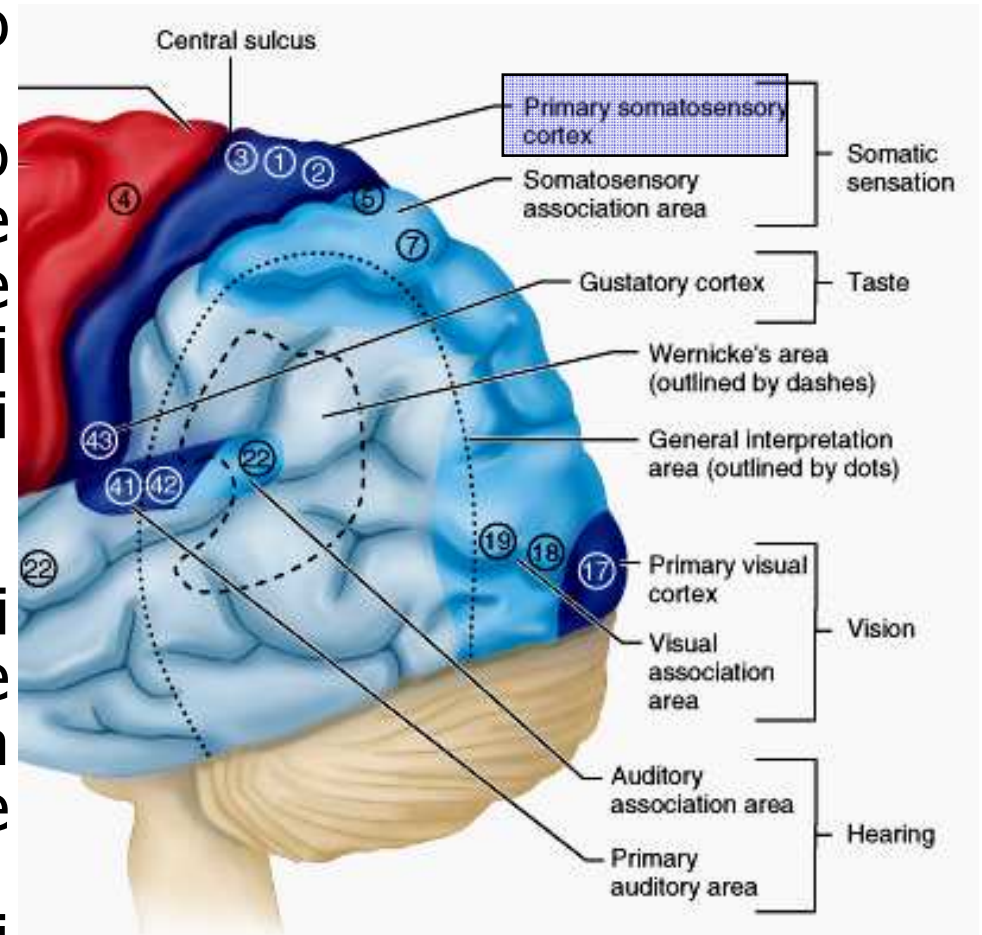
Corteccia somato-sensoriale primaria

L'area somato-sensoriale primaria si trova nel giro postcentrale del lobo parietale.

I neuroni in questo giro ricevono informazione tramite 3 catene sinaptiche dai recettori sensoriali generali nella pelle e dai propriocettori nei muscoli.

In quest'area i neuroni elaborano l'informazione sensoriale e identificano la precisa area del corpo che viene stimolata.

Questa capacità di localizzare uno stimolo precisamente è detta **discriminazione spaziale**.

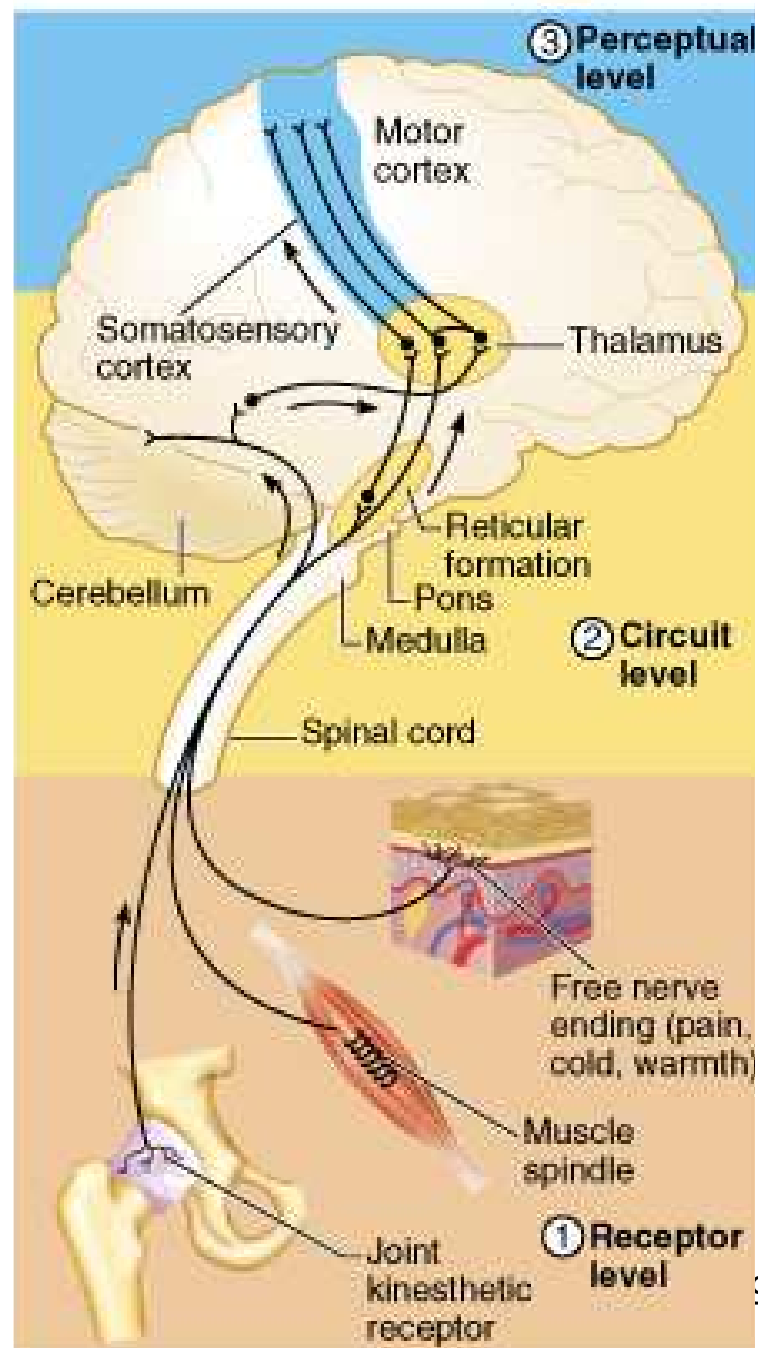


Catena sinaptica

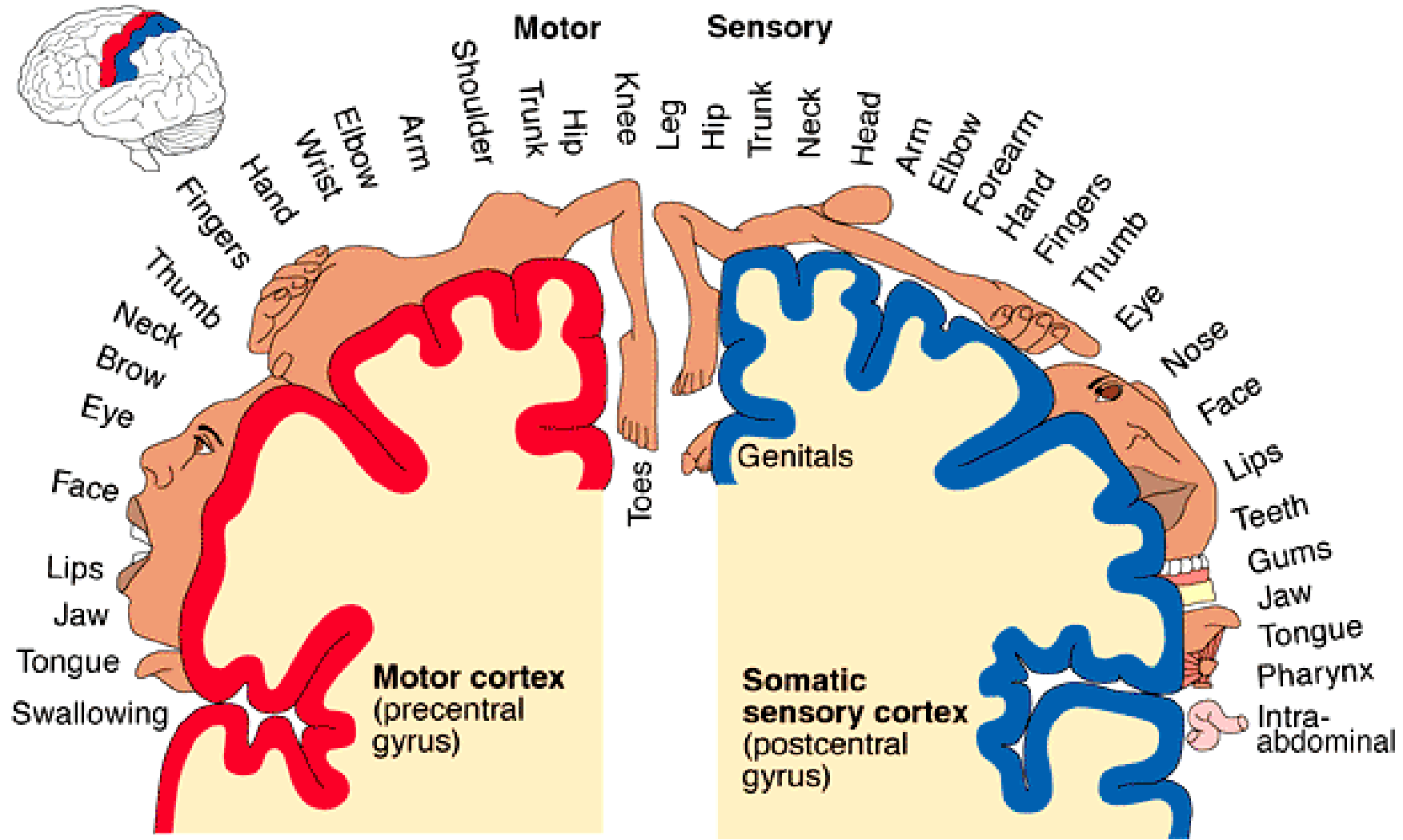
Gli assoni centrali dei neuroni sensoriali (1° ordine) entrano nella radice dorsale del midollo spinale.

Sinaptano con i neuroni di 2° ordine nel tratto mediale lemniscale e salgono verso il talamo.

Sinaptano con i neuroni di 3° ordine, i quali trasmettono alla corteccia somato-sensoriale.



Somatotopia sensoriale e motoria



Somatotopia sensoriale

La discriminazione spaziale sensoriale è contralaterale.

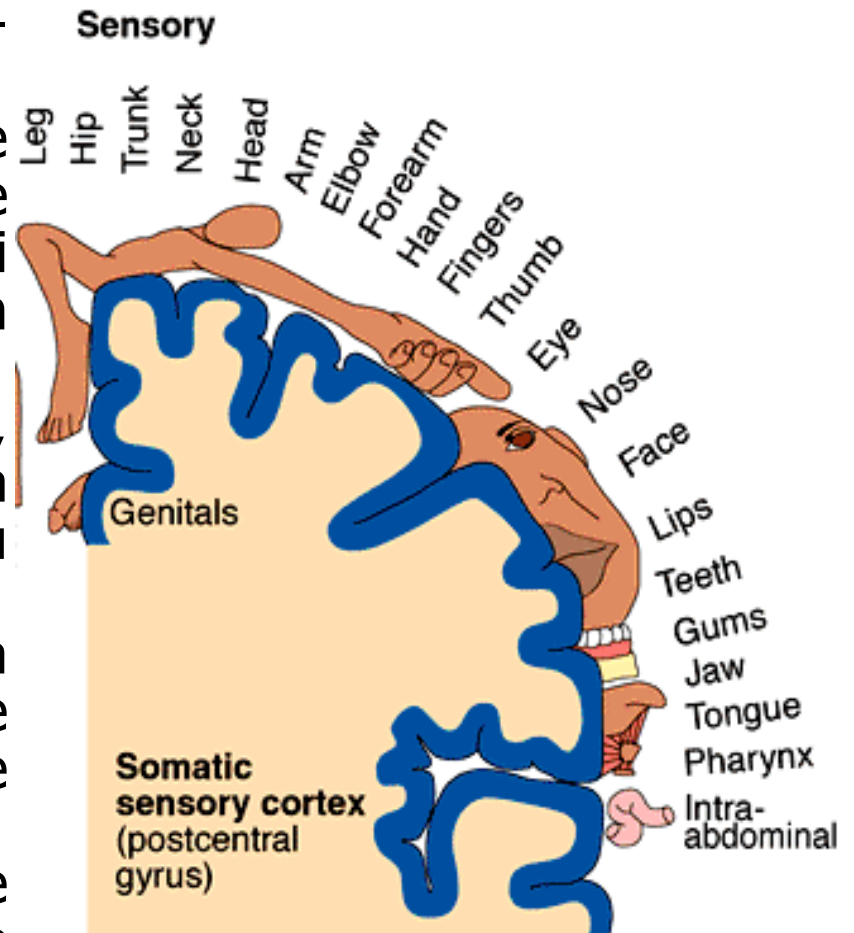
L'intero corpo è rappresentato spazialmente nell'area somato-sensoriale di ogni emisfero.

La quantità di corteccia sensoriale dedicata a una particolare regione del corpo è correlata a quanti recettori sensoriali sono presenti in quella parte del corpo.

Negli esseri umani, la faccia, specialmente le labbra, e la punta delle dita sono le aree del corpo più sensibili.

Danni a quest'area distruggono la capacità cosciente di sentire e localizzare il tatto, la pressione e le vibrazioni sulla pelle.

Gran parte della capacità di sentire dolore e temperatura sono anche perse, sebbene possano ancora essere sentite in modo vago e poco localizzato.



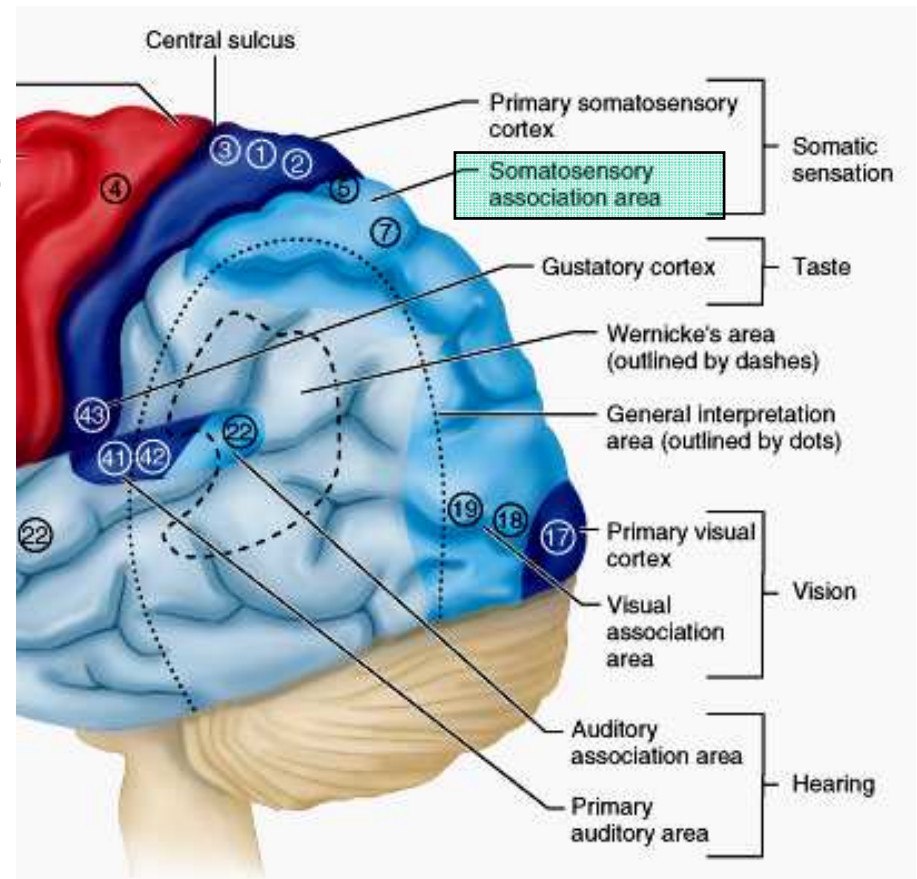
Area associativa somato-sensoriale

Quest'area si trova posteriormente alla corteccia somato-sensoriale primaria ed ha molte connessioni con essa.

La sua funzione principale è di integrare e analizzare diversi input somatici e sensoriali (tatto, pressione, etc.) che le vengono trasmessi dalla corteccia somato-sensoriale primaria. Quest'area fa una valutazione dettagliata di cosa si sente in relazione alla sua dimensione, tessitura e parti.

Si basa anche sulle memorie immagazzinate delle passate esperienze sensoriali al fine di riconoscere gli oggetti percepiti. Le associazioni passate permettono il riconoscimento degli oggetti familiari senza guardarli (chiavi, monete, etc.).

Danni in quest'area non permettono il riconoscimento di quanto viene sentito senza guardare effettivamente l'oggetto.



Corteccia visiva primaria

La corteccia visiva primaria (area 17 di Broadman, oggi V1) si trova sulle porzioni posteriore e mediale del lobo occipitale.

E' la più grande delle aree sensoriali corticali, riceve informazione visiva a partire dalle retine.

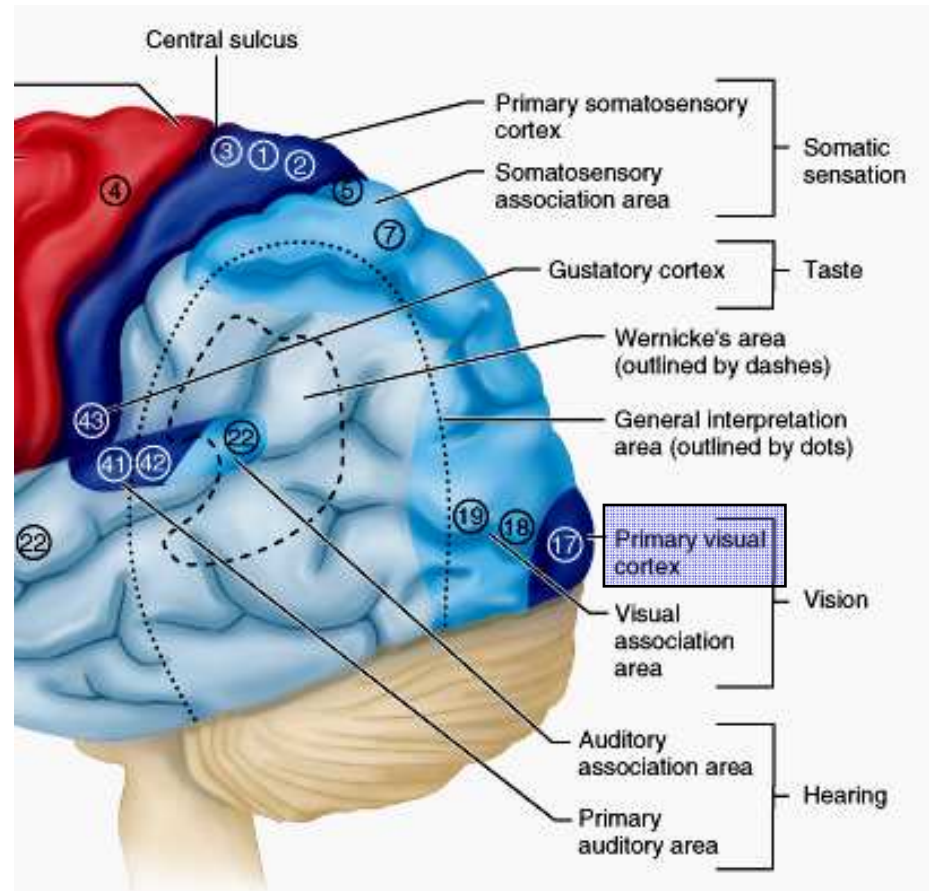
C'è una mappa dello spazio visivo analoga a quella del corpo della corteccia somato-sensoriale.

Anche in questo caso la rappresentazione dello spazio visivo è contralaterale.

Danni provocano la mancata consapevolezza cosciente di cosa viene visto, e la persona è quindi funzionalmente cieca.

La corteccia visiva primaria è la prima di una serie di aree corticali che elaborano l'input visivo.

L'elaborazione qui è a un livello comparativamente basso.



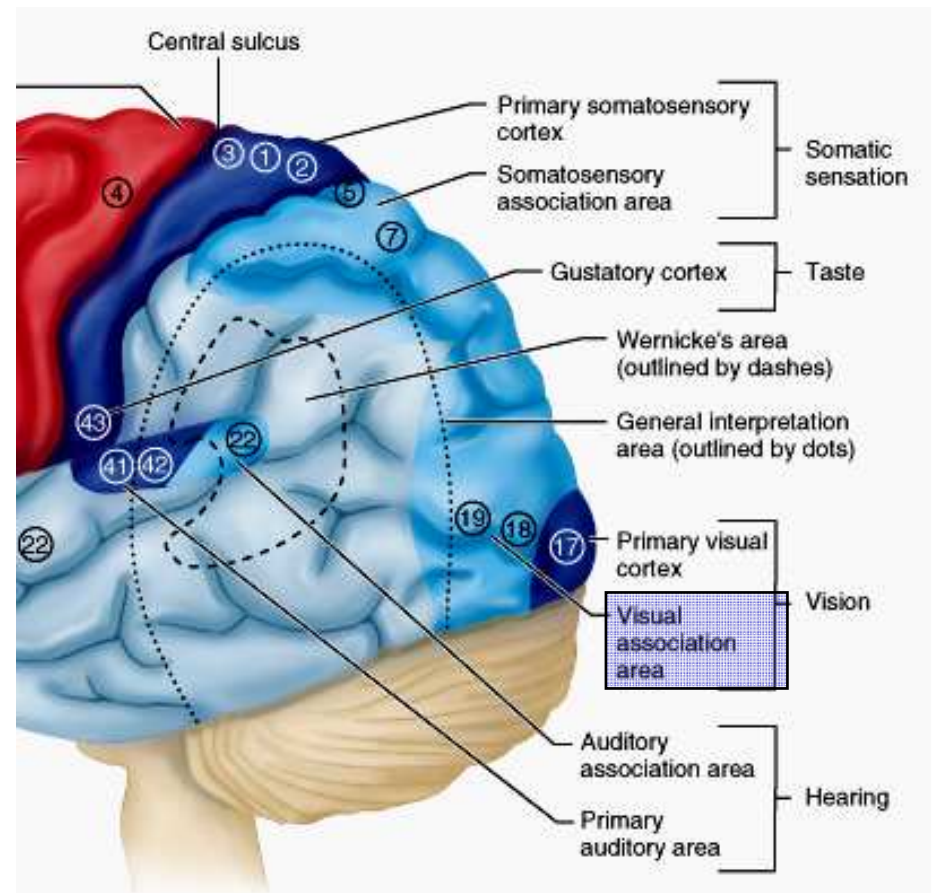
Area associativa visiva

Quest'area circonda l'area visiva primaria e comprende gran parte del lobo occipitale (18, 19 di Broadman).

Comunica con l'area visiva primaria e prosegue nell'elaborazione dell'informazione visiva.

Analizza il colore, la forma e il movimento alla luce delle esperienze passate, il che ci permette di riconoscere e valutare ciò che stiamo vedendo.

Danni in quest'area risultano nella capacità di vedere ma senza comprendere ciò che viene visto.



Area associativa visiva

Recenti tecniche di neuroimmagine hanno dimostrato che l'elaborazione visiva va oltre al lobo occipitale verso i lobi temporale e parietale.

Complessivamente, circa 30 aree corticali sono coinvolte nell'elaborazione dell'informazione visiva.

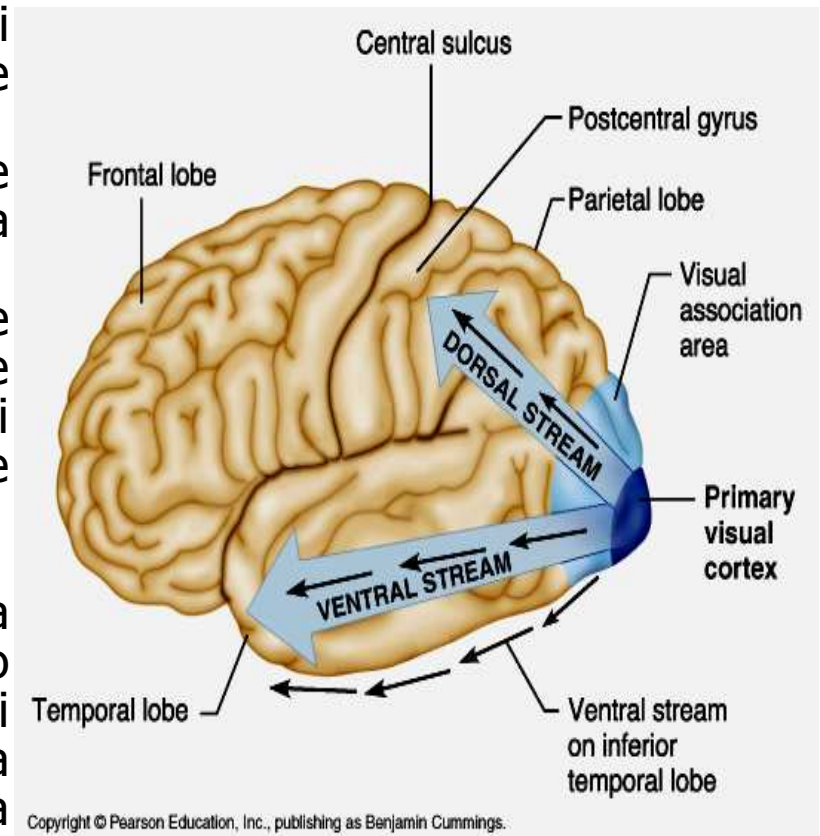
L'informazione visiva procede anteriormente attraverso queste aree visive in due vie: la via ventrale e quella dorsale.

La via ventrale si estende attraverso la parte inferiore dell'intero lobo temporale, ed è responsabile del riconoscimento degli oggetti, delle parole durante la lettura, delle facce (solo nell'emisfero dx).

E' la via del "cosa" ("what").

La via dorsale si estende attraverso la corteccia parietale posteriore verso il giro postcentrale e serve a percepire le relazioni spaziali tra oggetti, cioè "dove" ("where"). La parte superiore del lobo parietale calcola come ci muoviamo nello spazio e invia questa informazione alla corteccia motoria, che controlla i movimenti stessi.

Inoltre, il lobo parietale è coinvolto nelle abilità matematiche astratte, che sono di natura altamente visiva e spaziale.

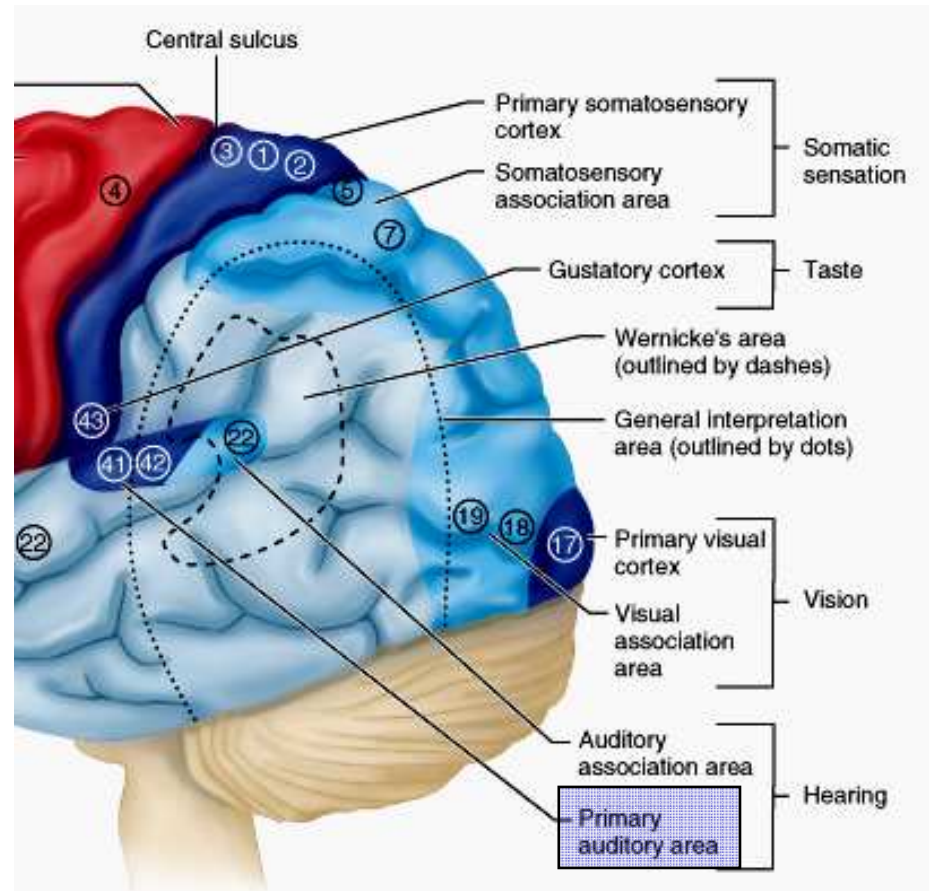


Corteccia uditiva primaria

La corteccia uditiva primaria si trova sul margine superiore del lobo temporale, principalmente all'interno del solco laterale (41,42 di Brodmann).

Ci fornisce la consapevolezza cosciente del suono.

I recettori dell'udito nella coclea nell'orecchio interno trasmettono impulsi alla corteccia uditiva primaria (volume, ritmo e soprattutto tonalità - note alte/basse).



Area associativa uditiva

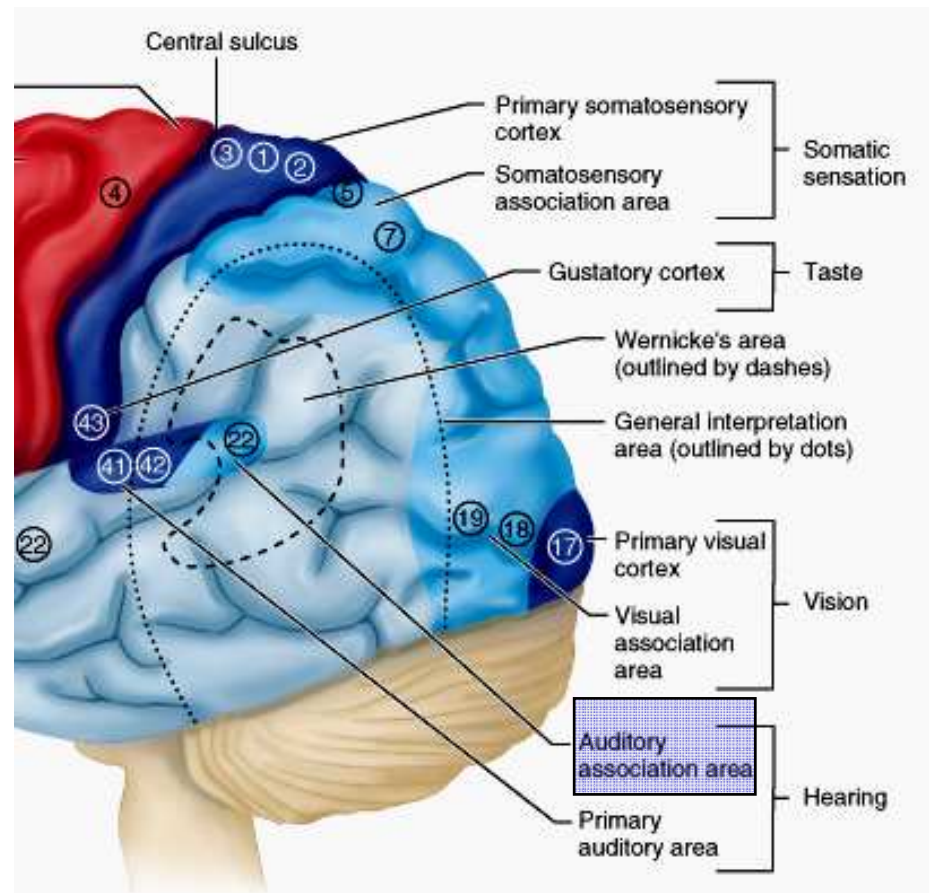
L'area associativa uditiva è immediatamente posteriore all'area uditiva primaria (22 di Brodmann).

Quest'area valuta e classifica il suono.

Sembra che le memorie dei suoni passati siano immagazzinate qui.

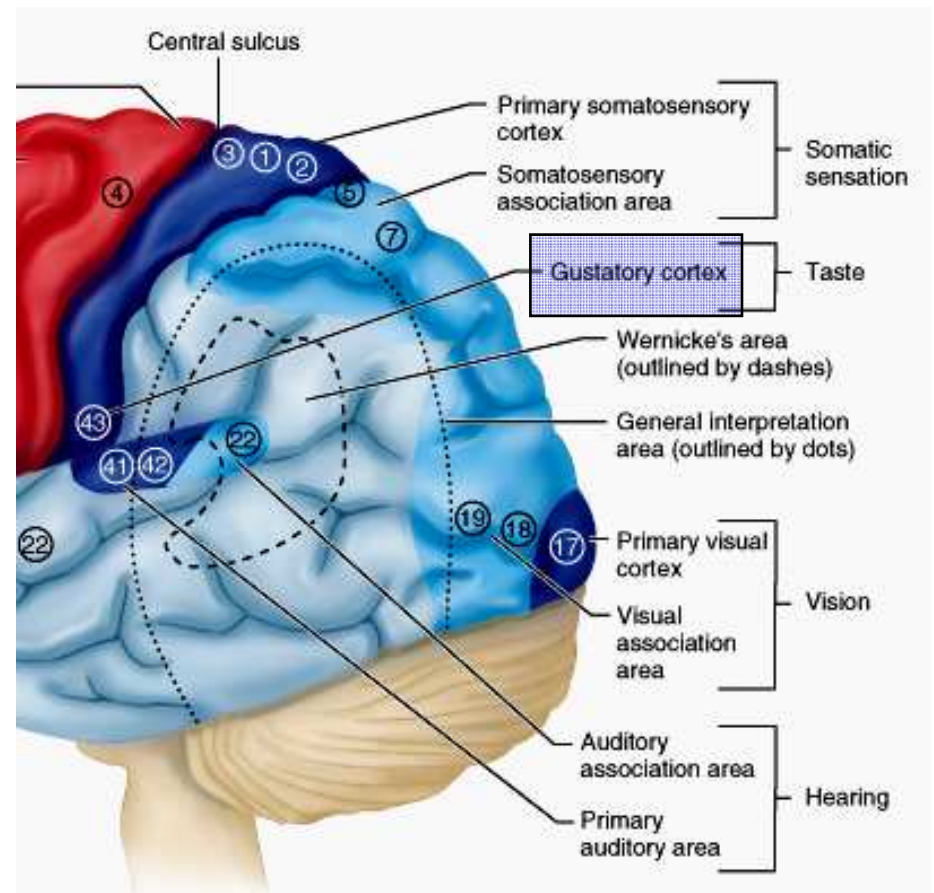
Nell'emisfero sx, le aree associative uditive stanno al centro dell'area di Wernicke.

Quest'area funzionale è coinvolta nel riconoscimento e nella comprensione delle parole parlate. Danni in quest'area interferiscono con la capacità di comprendere il parlato.



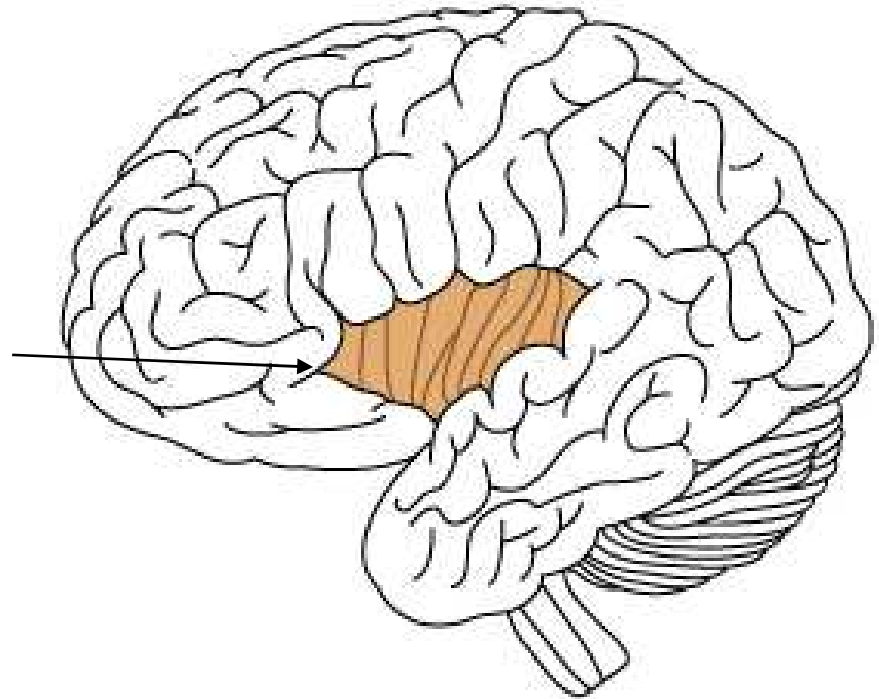
Corteccia gustativa primaria

La corteccia gustativa è coinvolta nella consapevolezza cosciente degli stimoli gustativi. Si trova sul tetto del solco laterale (43 di Broadmann).



Corteccia vestibolare (equilibrio)

La corteccia vestibolare è responsabile della consapevolezza cosciente del senso dell'equilibrio, specificamente la posizione della testa nello spazio. Studi recenti hanno localizzato questa regione nell'insula posteriore, in profondità nel solco laterale.



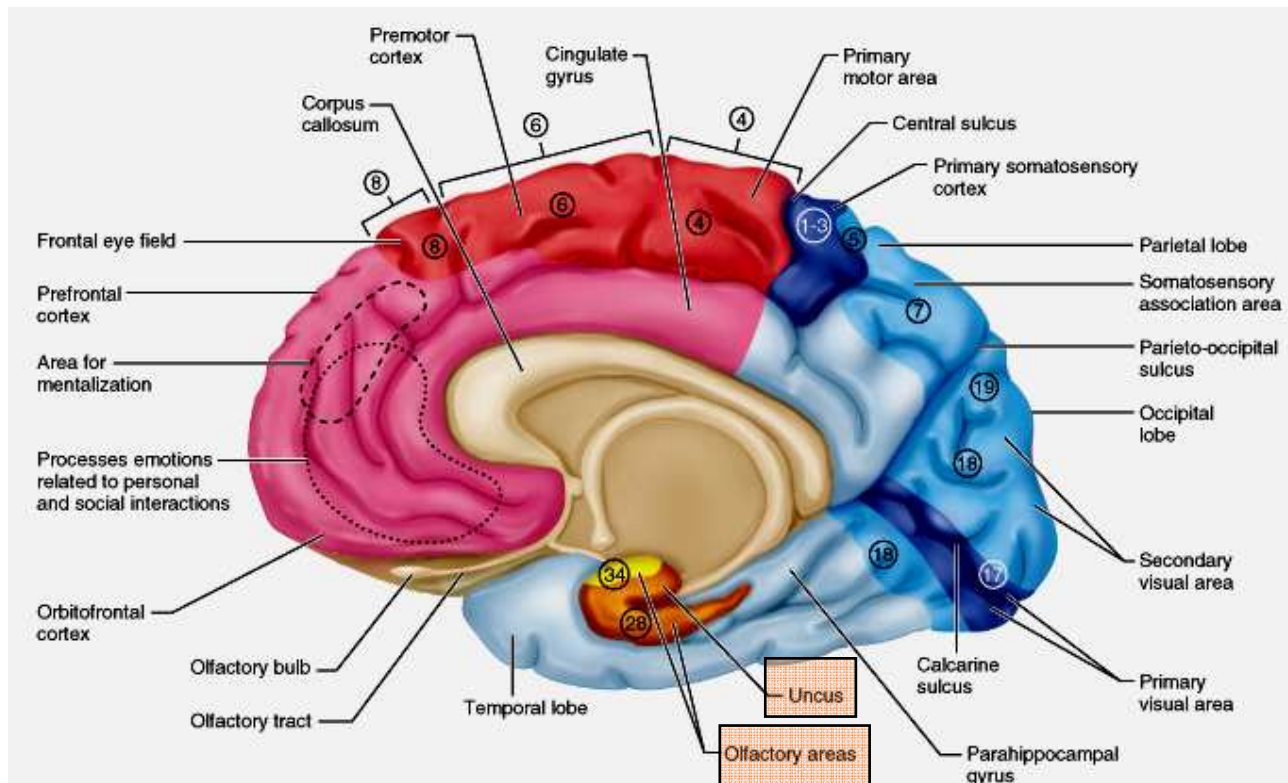
Corteccia olfattiva primaria

La corteccia olfattiva primaria si trova in una piccola regione detta lobo piriforme, la cui caratteristica dominante è l'uncus, una struttura ad uncino.

I nervi olfattivi dalla cavità nasale trasmettono impulsi che sono trasmessi infine alla corteccia olfattiva.

Il risultato è la consapevolezza cosciente degli odori.

La corteccia olfattiva è parte dell'area cerebrale detta rinencefalo (cervello nasale), che include tutte le parti del cervello che ricevono direttamente segnali olfattivi.



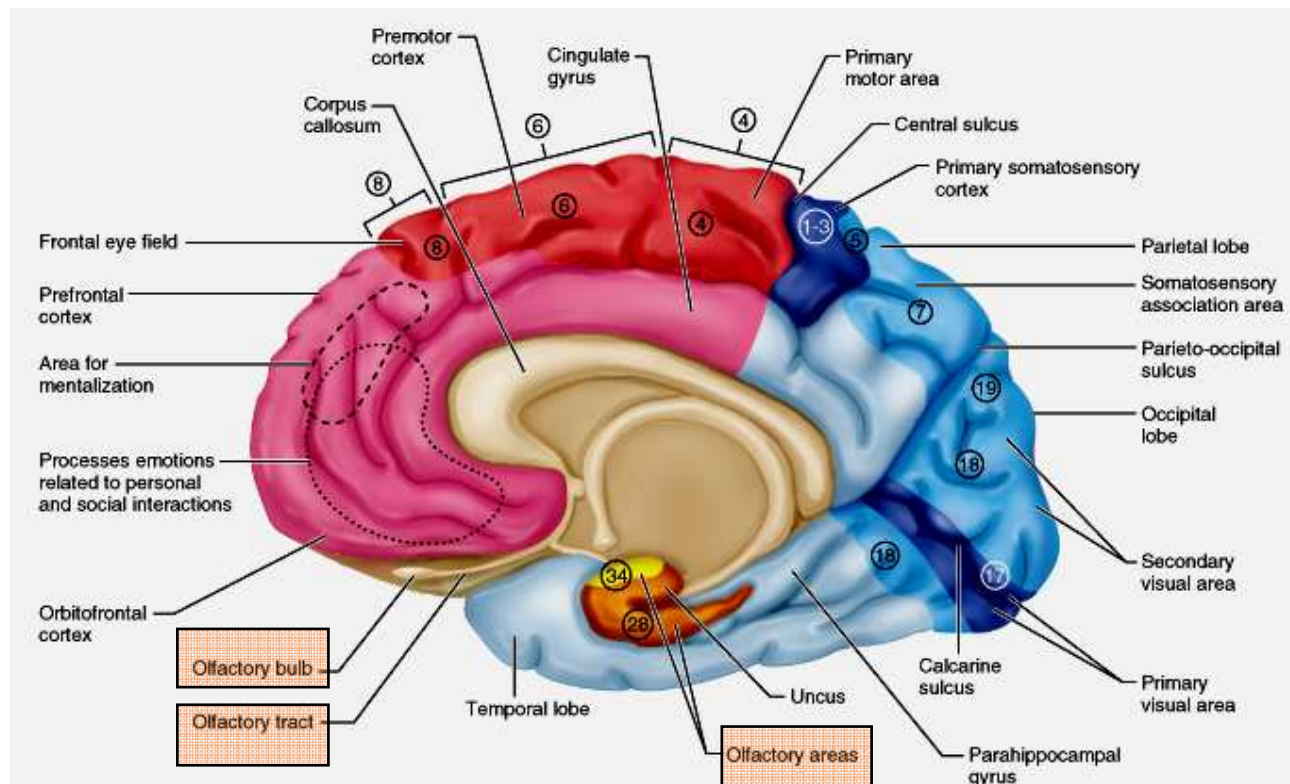
Area olfattiva

Il lobo piriforme, il tratto olfattivo, il bulbo olfattivo e alcune strutture vicine sono tutti componenti del rinencefalo.

Questo si connette all'area cerebrale coinvolta nelle emozioni, il sistema limbico, il che spiega come mai spesso gli odori scatenano emozioni.

Parte del lobo frontale, la corteccia orbitofrontale, è coinvolta nell'elaborazione di ordine superiore degli odori.

Consente di identificare e ricordare consciamente gli odori e distinguerli.



Aree associative

Le aree associative includono tutte le aree corticali diverse dalle aree primarie sensoriali e motorie.

Il nome riflette il fatto che alcune di queste aree collegano assieme, o fanno associazioni, tra diversi tipi di informazione sensoriale.

Sembra anche che associno nuovi input sensoriali alle esperienze passate.

Il termine area associativa si usa sempre meno, e probabilmente verrà rimpiazzato da quello di *aree di elaborazione di ordine superiore*, termine più accurato.

Corteccia prefrontale

La corteccia prefrontale occupa la grande regione che va dal lobo frontale anteriore all'area motoria.

E' la regione corticale più complessa. Esegue molte funzioni cognitive.

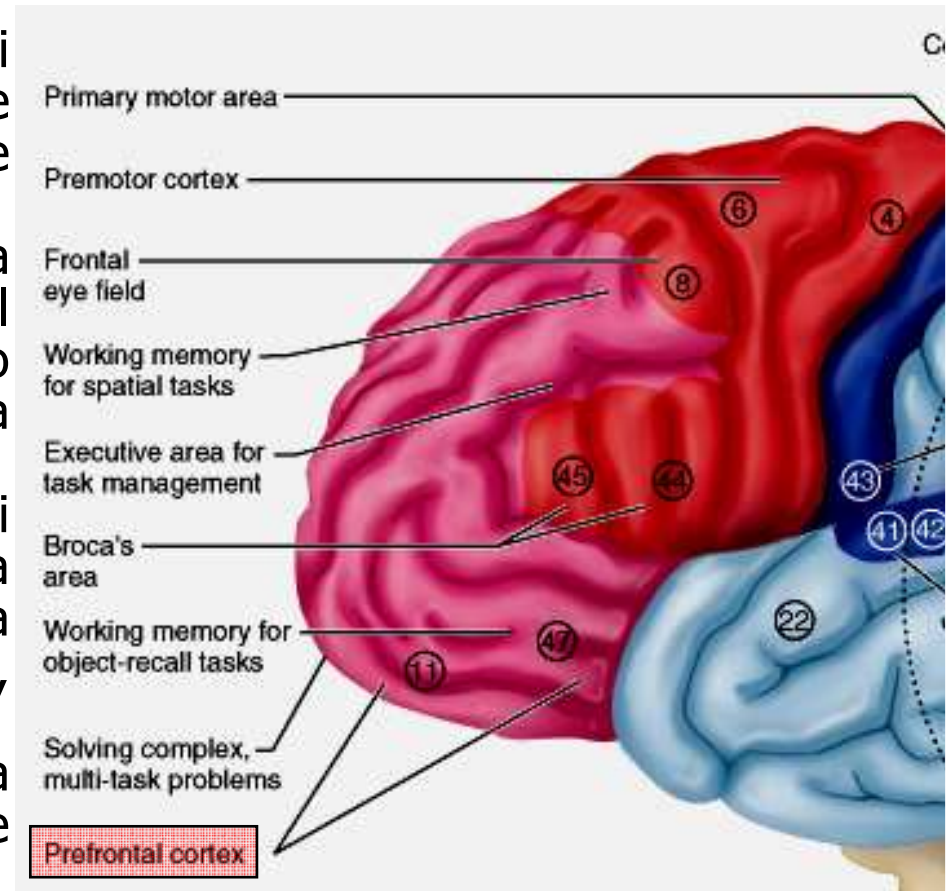
La cognizione comprende tutti gli aspetti del pensare, percepire e ricordare intenzionalmente l'informazione.

La corteccia prefrontale è necessaria per le idee astratte, per il ragionamento e il giudizio, il controllo degli impulsi, la perseveranza, la pianificazione a lungo termine.

Viene anche usata per la soluzione di problemi complessi, la flessibilità mentale, le abilità sociali, la capacità di comprendere l'umorismo, l'empatia, la coscienza.

Sembra anche relata all'umore ed ha stretti legami con la parte emozionale (limbica) del proencefalo.

Tumori in questa regione possono causare disordini mentali e di personalità.



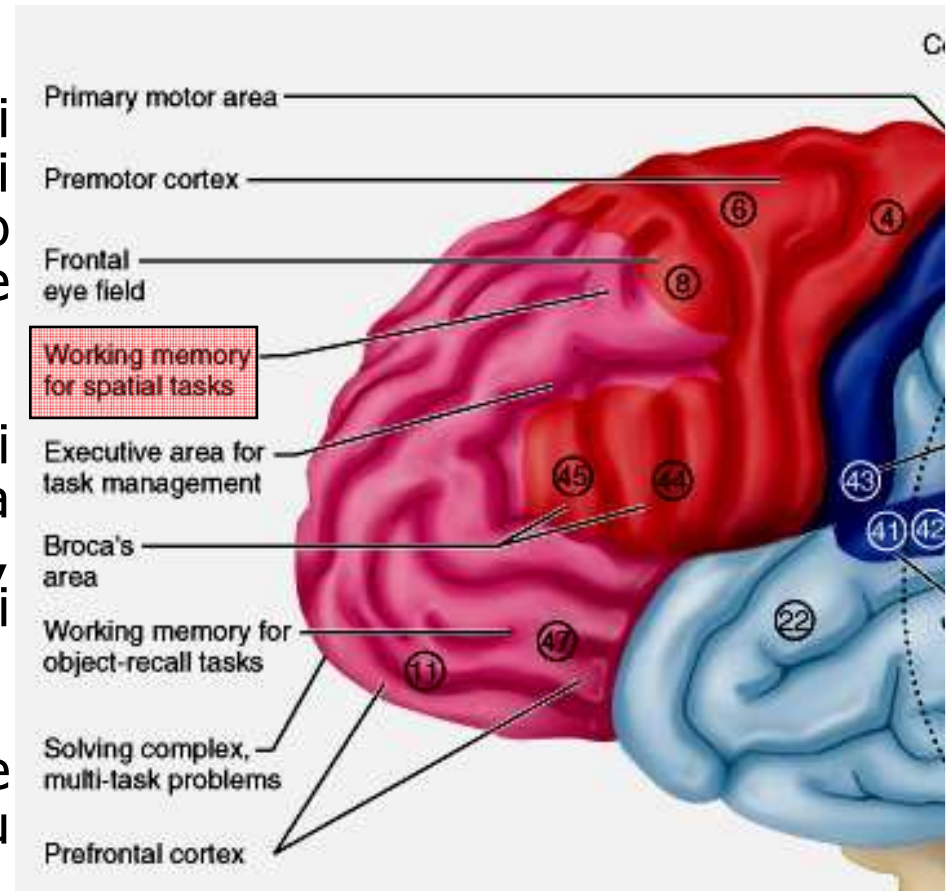
Corteccia prefrontale

Tecniche di neuroimmagine funzionale hanno iniziato a rivelare le funzioni di specifiche parti della corteccia prefrontale.

Il completamento di compiti di soluzione di problemi a più stadi richiede il temporaneo immagazzinamento di informazione nella memoria di lavoro.

Le memorie di lavoro delle relazioni spaziali sono immagazzinate nella corteccia prefrontale dorsolaterale, subito anteriormente ai campi oculari frontali.

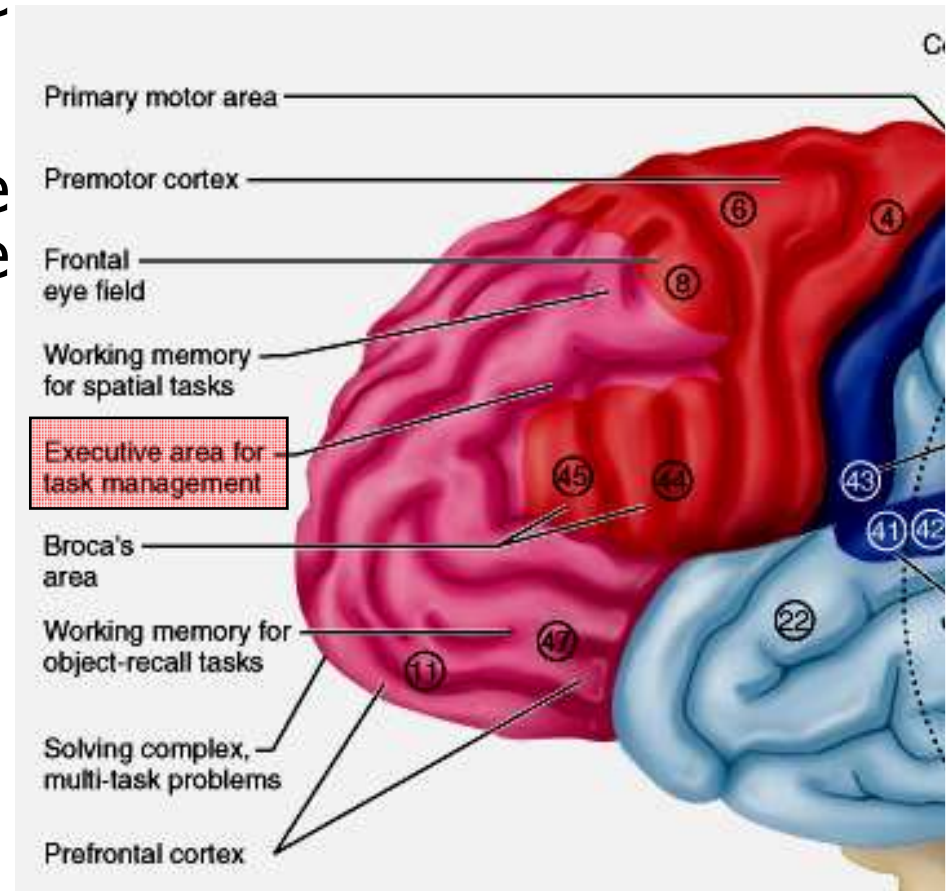
Le memorie di lavoro di oggetti e facce sono immagazzinate più ventralmente, sotto l'area di Broca.



Corteccia prefrontale

L'area esecutiva per la gestione dei compiti si trova tra i siti della memoria di lavoro, subito anteriormente all'area di Broca.

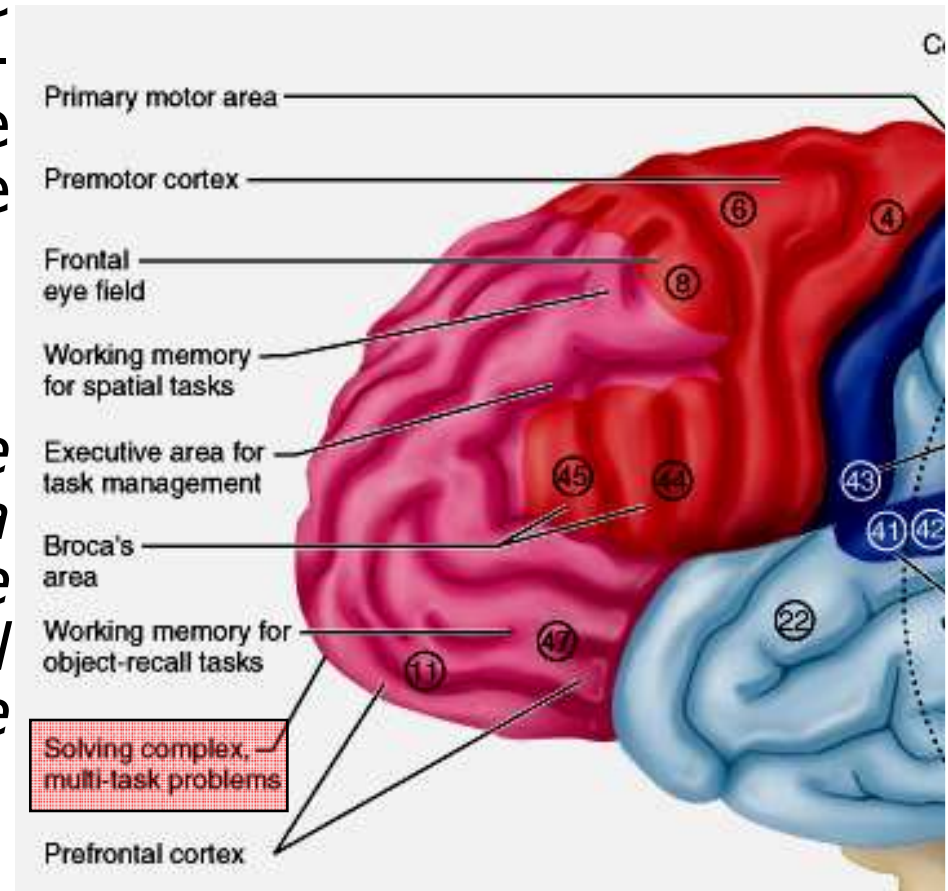
Dirige la nostra attenzione all'informazione rilevante nella memoria di lavoro.



Corteccia prefrontale

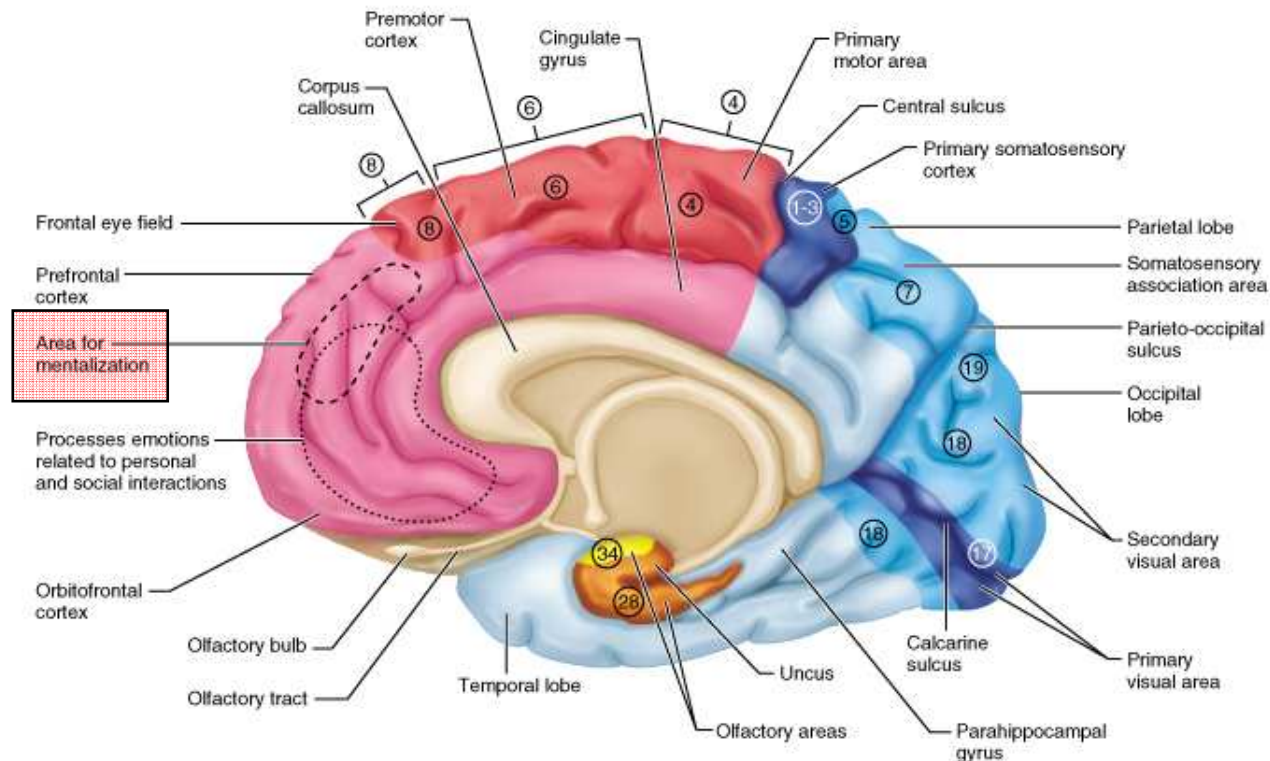
Il polo più anteriore della corteccia frontale sembra essere attivo nel risolvere i problemi più complessi, cioè quelli in cui dei sotto-problemi devono essere completati prima di ottenere una soluzione.

Le nuove scoperte suggeriscono che ci sia una regola generale che dice che più rostralmente si va nel SNC, più complesse sono le funzioni eseguite.



Corteccia prefrontale

L'area subito anteriore al corpo calloso potrebbe elaborare le emozioni coinvolte nella "mentalizzazione", cioè la capacità di comprendere e manipolare i pensieri e le emozioni altrui.



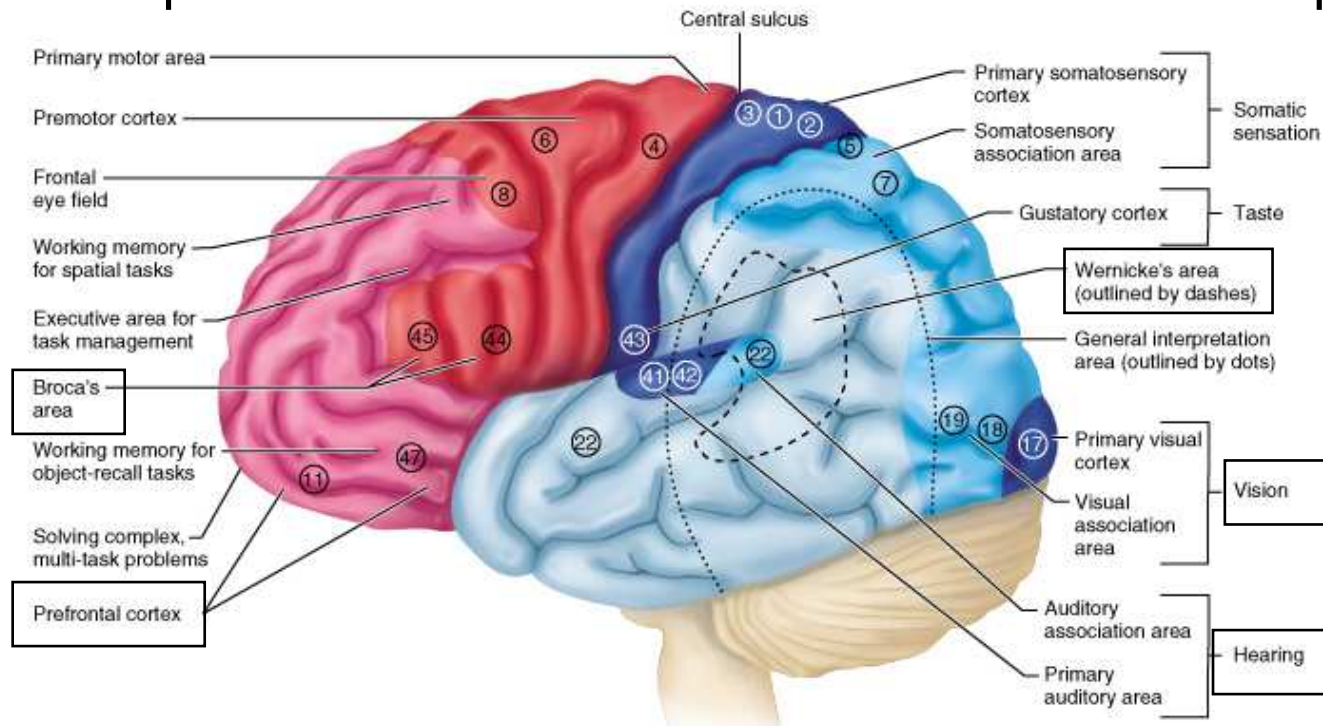
Aree del linguaggio

La grande area che circonda il solco laterale nell'emisfero cerebrale sx è coinvolta in varie funzioni relate al linguaggio.

5 aree sono state identificate:

- area di Broca (produzione del parlato);
- area di Wernicke (comprensione del parlato);
- corteccia prefrontale (analisi concettuale);
- lobo temporale (aspetti visivi e uditivi del linguaggio)
- insula (riconoscimento dei ritmi)

Le aree corrispondenti nell'emisfero dx, sebbene non coinvolte nella meccanica del linguaggio, agiscono nell'interpretazione creativa delle parole e nel controllare le sfumature del parlato.



Lateralizzazione delle funzioni corticali

Usiamo entrambi gli emisferi per praticamente tutti i compiti, e appaiono praticamente identici.

Tuttavia ci sono delle differenze, e delle capacità uniche si trovano in un emisfero e non nell'altro: questo fenomeno è detto **lateralizzazione**.

La lateralizzazione implica che ogni emisfero è meglio dell'altro per certe funzioni, nessuno dei 2 è migliore per tutto.

La **dominanza cerebrale** implica che in ogni compito un emisfero domina sull'altro.

In gran parte delle persone (circa il 90%) l'emisfero sx ha maggiore controllo sulle capacità linguistiche, matematiche e logiche.

L'altro emisfero (in genere il dx) è coinvolto nelle abilità visuo-spaziali, nell'intuizione, nell'emozione e nell'apprezzamento dell'arte e della musica.

Gran parte degli individui (90%) con dominanza cerebrale sinistra sono destrimani, nel restante 10% o i ruoli degli emisferi sono invertiti o dividono le loro funzioni equamente.

Tipicamente, molti di coloro che hanno dominanza cerebrale destra sono mancini e più spesso maschi.

Nei mancini la corteccia funziona in modo bilaterale, e questa reciprocità nel controllo cerebrale talvolta risulta in ambidestria o dislessia.

I 2 emisferi comunicano istantaneamente e perfettamente tra loro tramite fibre di connessione (**corpo calloso**).

Il proencefalo è formato da telencefalo e diencefalo

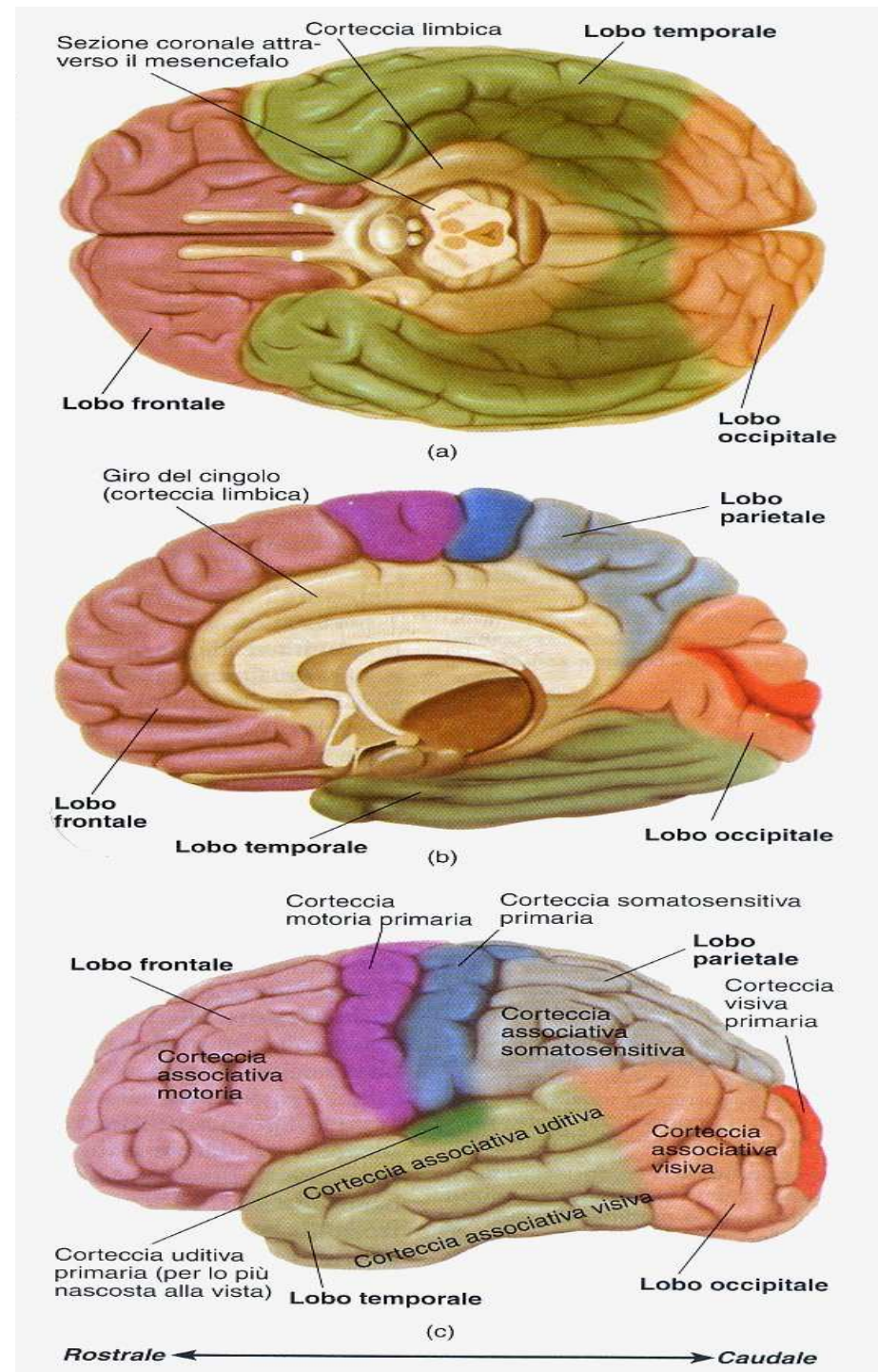
Il proencefalo: è costituito da telencefalo e diencefalo

Il telencefalo: comprende la corteccia cerebrale, il sistema limbico e i gangli della base

La corteccia cerebrale: è suddivisa nei lobi frontali (movimento, piani d'azione e recupero di tracce mnestiche deboli) come anche nei lobi parietale, temporale e occipitale (percezione e memoria)

Il sistema limbico: comprende la corteccia limbica, l'ippocampo e l'amigdala (emozione, motivazione e apprendimento)

I gangli della base: sono strutture sottocorticali. Si distinguono il nucleo caudato, il globo pallido e il putamen



Il diencefalo è formato da talamo e ipotalamo

Il diencefalo: comprende il **talamo** e l'**ipotalamo**

Il talamo: distribuisce e regola la maggior parte del flusso d'informazione da e alla corteccia. E' diviso da parecchi nuclei. I nuclei sensoriali proiettano in corteccia segnali sensoriali dalla periferia, i nuclei motori segnali motori provenienti da cervelletto, gangli della base e aree cerebrali motorie. Altri nuclei (reticolari) proiettano diffusamente a tutta la corteccia e sono implicati nei ritmi sonno-veglia e nella vigilanza.

L'ipotalamo: regola il sistema nervoso autonomo e diverse funzioni vegetative. Controlla il sistema endocrino mediante la regolazione dell'ipofisi e modula i comportamenti istintuali specie-specifici.

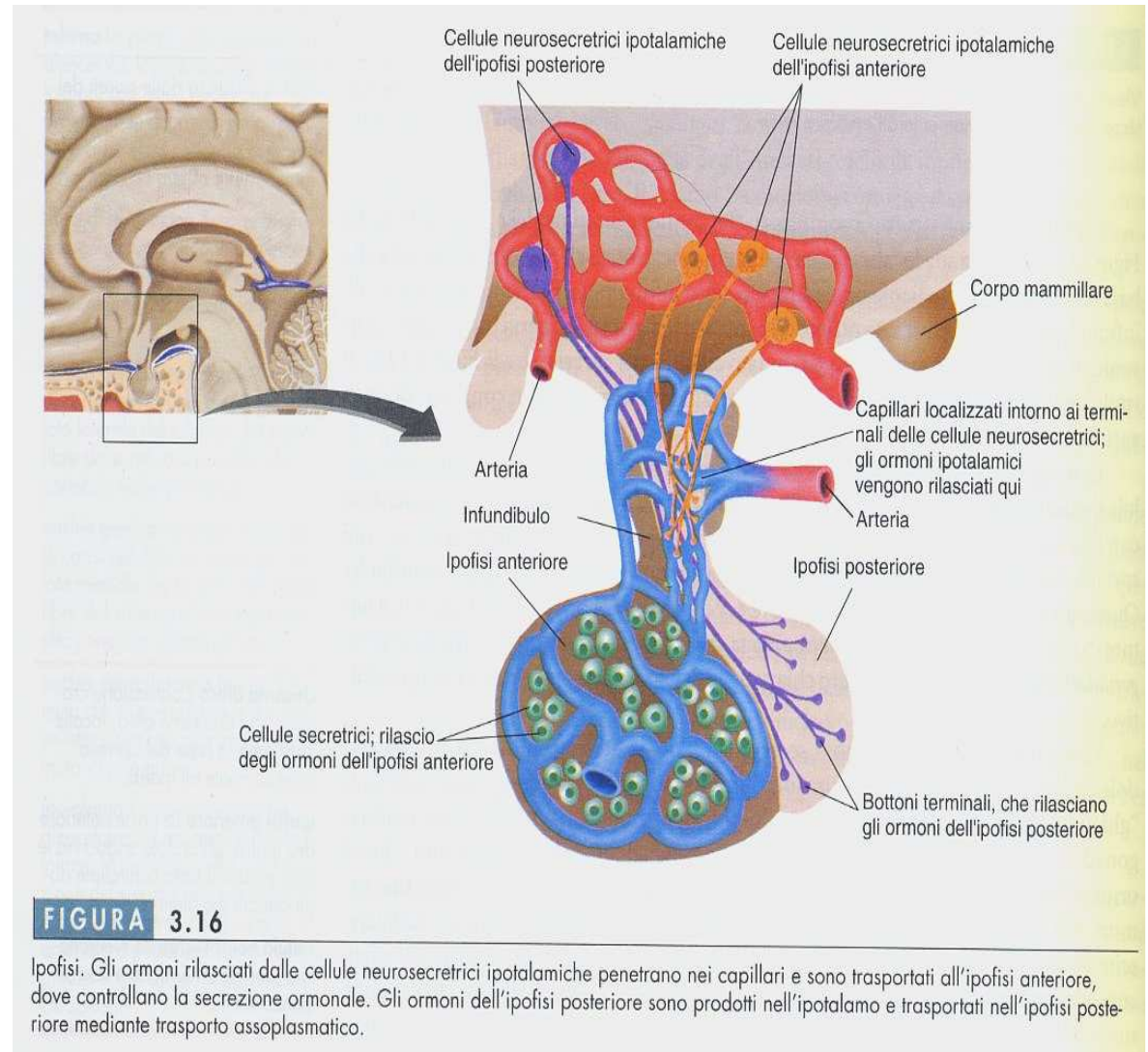


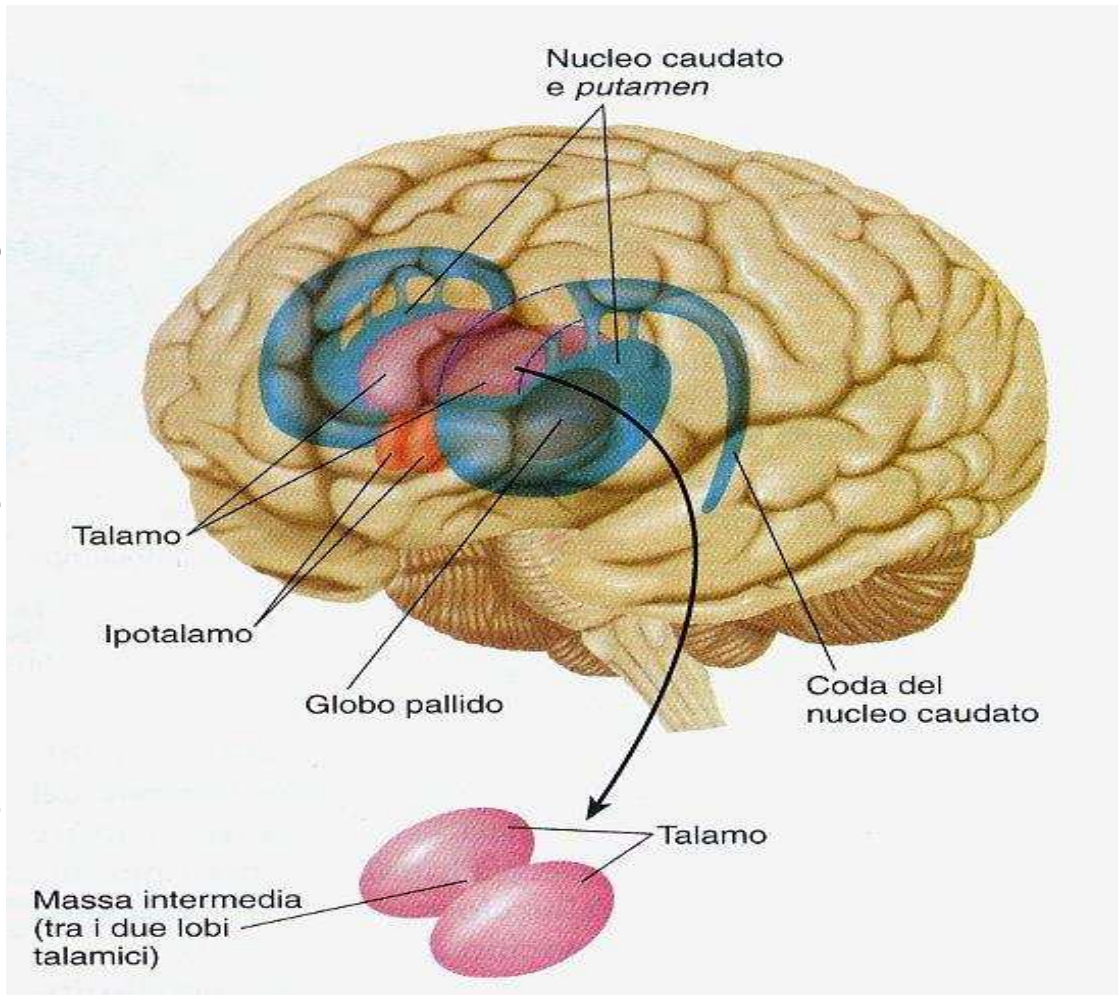
Fig. 3.16 di Carlson, Psicologia fisiologica, Piccin, 2003

I gangli della base (telencefalo) svolgono funzioni cognitivo-motorie in cooperazione con la corteccia frontale

I gangli della base: sono strutture sottocorticali. Si distinguono il nucleo caudato, il globo pallido e il putamen.

Funzione: in stretta cooperazione con regioni frontali corticali sono responsabili della fluidità del movimento e della transizione tra diversi piani motori.

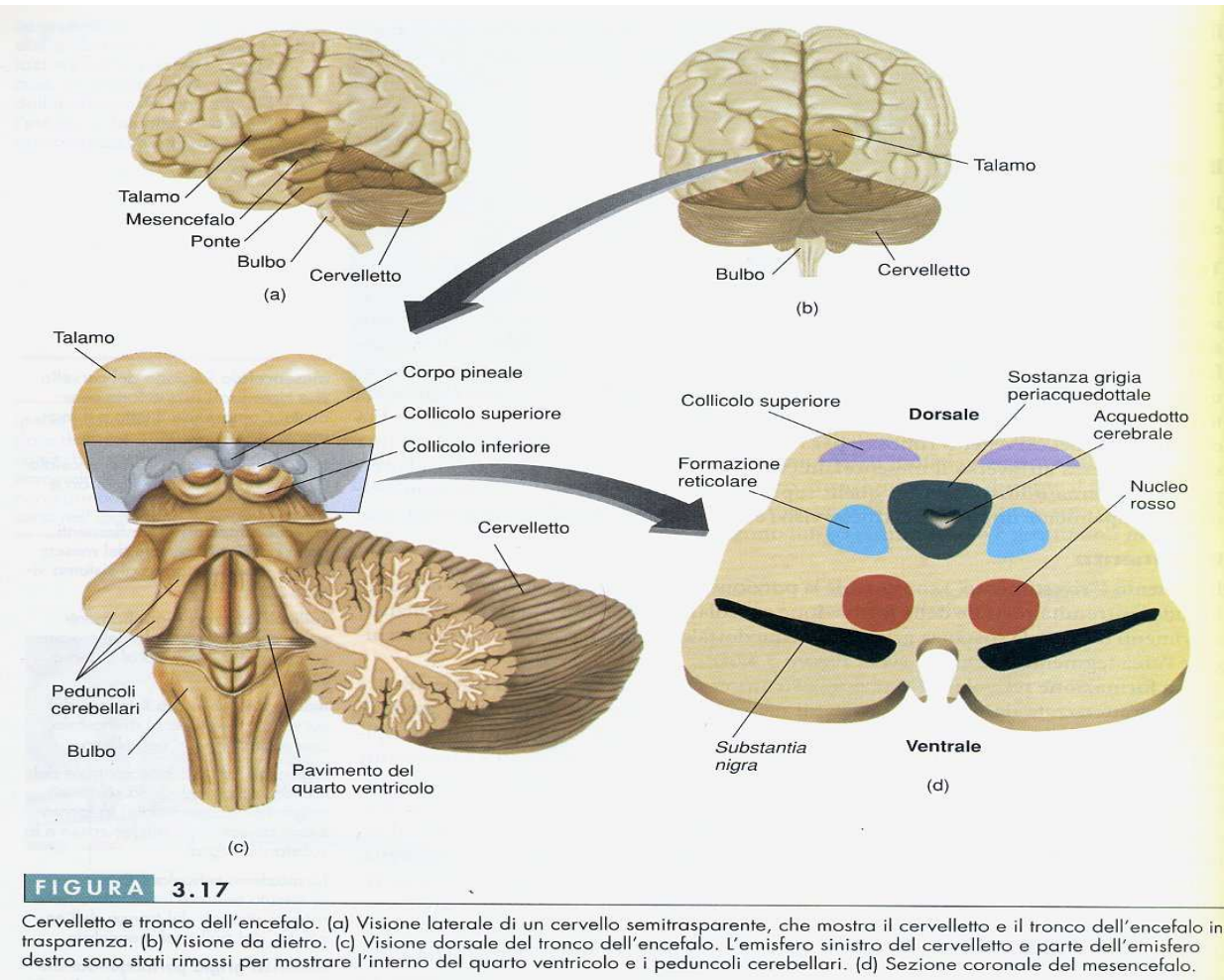
La malattia di Parkinson: è causata dalla degenerazione di alcuni neuroni localizzati nel mesencefalo che inviano i loro assoni al nucleo caudato e al putamen. I sintomi sono debolezza, tremore, rigidità degli arti, disturbi dell'equilibrio, difficoltà ad iniziare il movimento, lentezza del movimento.



Il mesencefalo è formato da tetto e tegmento

Il mesencefalo: avvolge l'acquedotto cerebrale ed è composto da tetto (parte dorsale) e tegmento (parte ventrale).

Tetto: comprende i collicoli superiori e inferiori. I collicoli superiori svolgono funzioni di integrazione visuo-motoria per attività automatiche. I collicoli inferiori svolgono simili funzioni di integrazione audio-motoria. Tali funzioni includono il controllo dei riflessi audio-visivi e reazioni automatiche agli stimoli in movimento.



Strutture e funzioni del tegmento

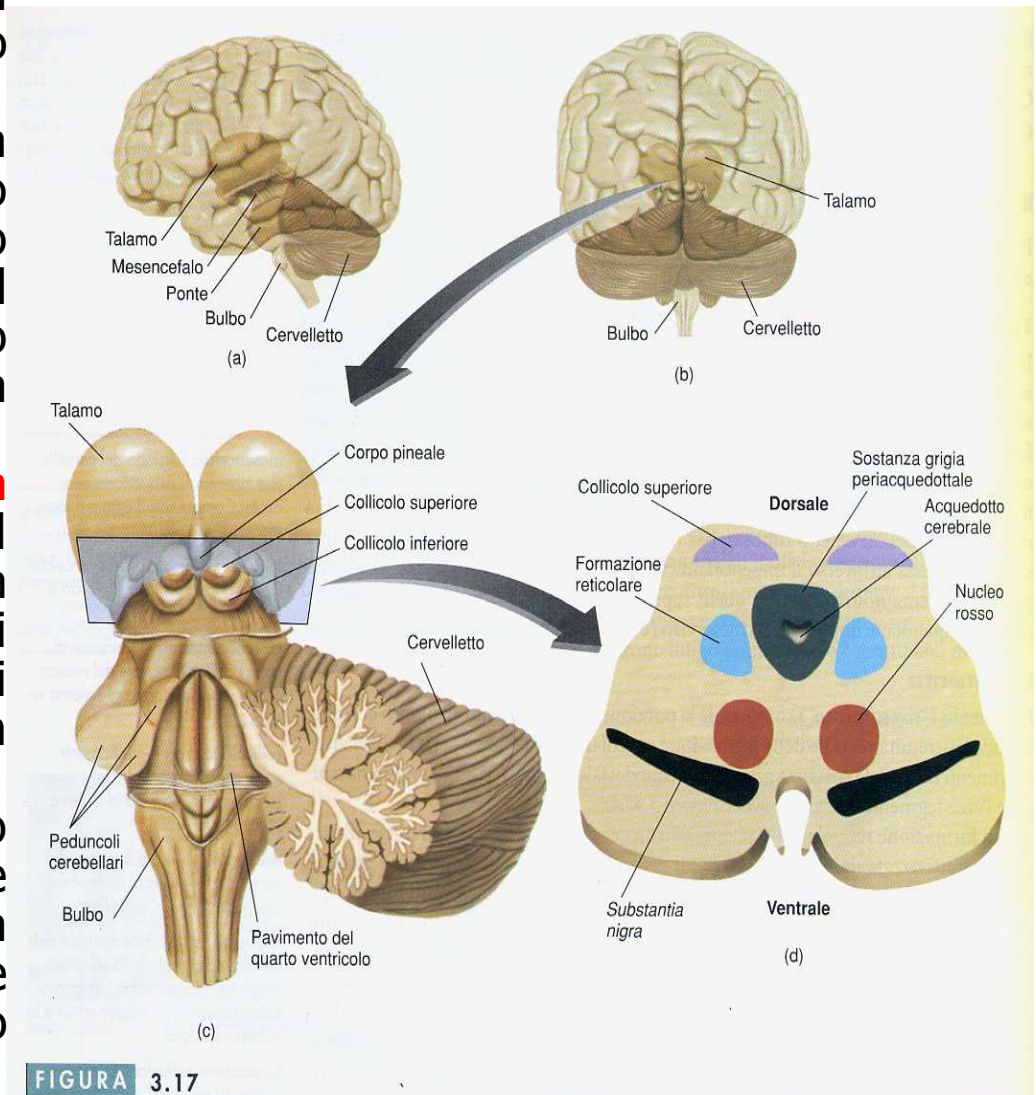
Il tegmento: è costituito da formazione reticolare, sostanza grigia periacqueduttale, nucleo rosso e sostanza nera.

Formazione reticolare: estesa rete di tessuto neurale localizzato nelle regioni centrali del tronco dell'encefalo, dal bulbo al diencefalo. E' implicata nel ritmo sonno-veglia, negli stati della veglia, nel movimento.

La sostanza grigia periacqueduttale: la regione del mesencefalo che circonda l'acquedotto cerebrale. Contiene i circuiti neurali coinvolti nei comportamenti specie-specifici e in fenomeni di anestesia endogena.

Nucleo rosso: è un grande nucleo del mesencefalo. Riceve afferenze dal cervelletto e della corteccia motoria (movimento). Invia fibre nervose ai motoneuroni del midollo spinale.

Sostanza nera: regione nerastra che contiene neuroni connessi con i gangli della base (caudato e putamen).



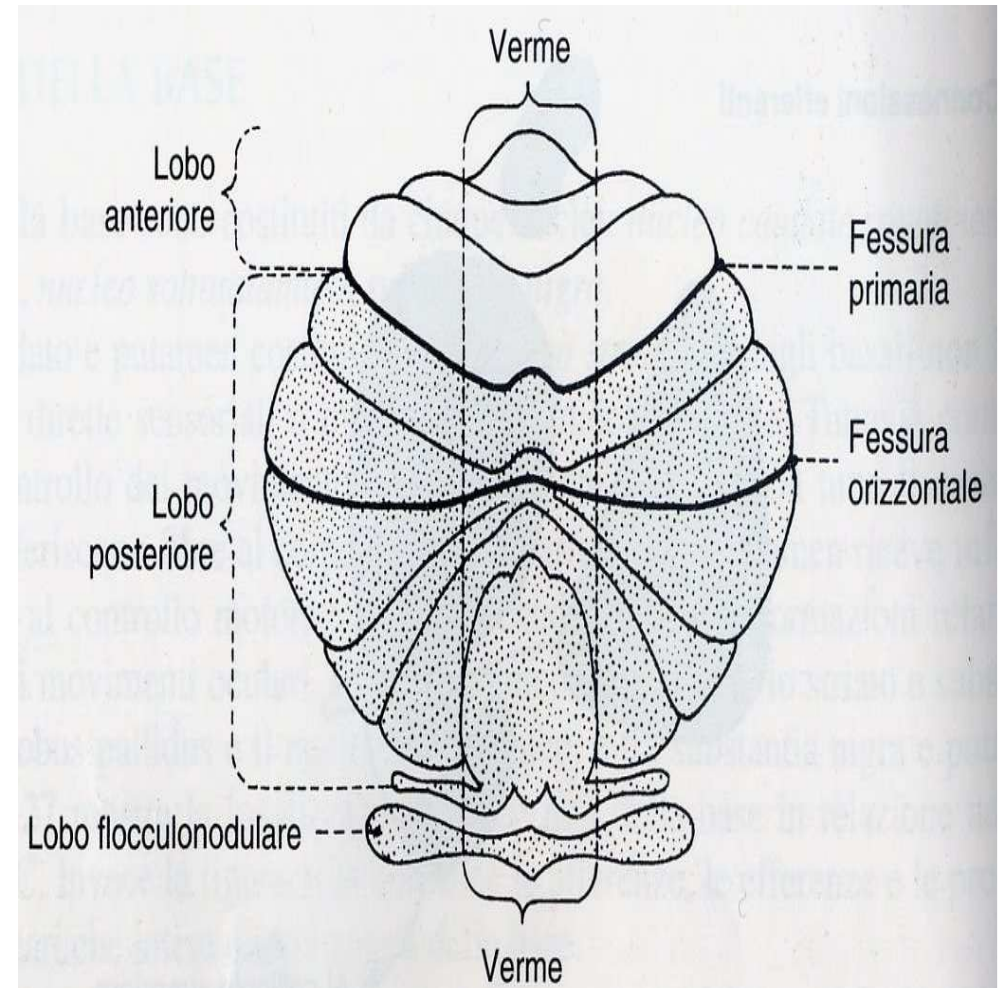
Cervelletto e tronco dell'encefalo. (a) Visione laterale di un cervello semitrasparente, che mostra il cervelletto e il tronco dell'encefalo in trasparenza. (b) Visione da dietro. (c) Visione dorsale del tronco dell'encefalo. L'emisfero sinistro del cervelletto e parte dell'emisfero destro sono stati rimossi per mostrare l'interno del quarto ventricolo e i peduncoli cerebellari. (d) Sezione coronale del mesencefalo.

Il romboencefalo è formato da cervelletto, ponte e bulbo

Il romboencefalo: comprende cervelletto, ponte, e bulbo.

Il cervelletto: contiene due emisferi cerebellari coperti dalla corteccia cerebellare. Si riconoscono i lobi anteriore, posteriore, il lobo flocculonodulare e il verme.

Nuclei profondi: sono localizzati all'interno degli emisferi cerebellari. Ricevono fibre dalla corteccia cerebellare e inviano fibre al ponte. Giocano un ruolo importante nell'integrazione e nella coordinazione dei movimenti. Elaborano aspetti temporali dell'azione e del feed-back ambientale.



Struttura e funzioni di ponte e bulbo

Il ponte: è rostrale al bulbo, caudale al mesencefalo e ventrale al cervelletto. Contiene numerosi nuclei della formazione reticolare e vie per e dal cervelletto. Invia anche fibre alla corteccia cerebrale.

Funzioni del ponte: sonno, regolazione del livello globale di attivazione cerebrale o arousal.

Il bulbo: è la porzione più caudale del cervello, che confina con il midollo spinale. Contiene numerosi nuclei della formazione reticolare.

Funzioni del bulbo: sonno, arousal, regolazione di respirazione, frequenza cardiaca e pressione sanguigna.

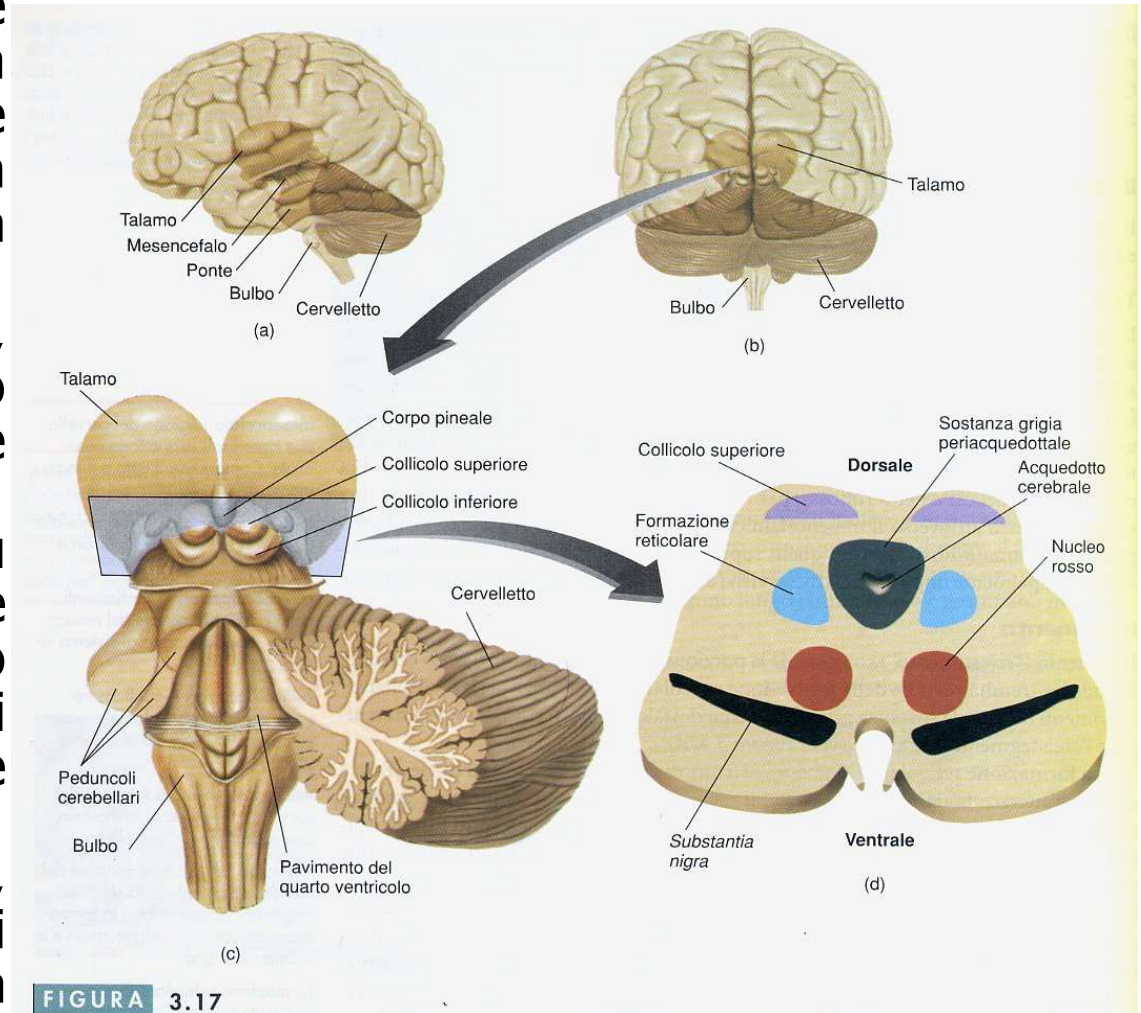


FIGURA 3.17

Cervelletto e tronco dell'encefalo. (a) Visione laterale di un cervello semitrasparente, che mostra il cervelletto e il tronco dell'encefalo in trasparenza. (b) Visione da dietro. (c) Visione dorsale del tronco dell'encefalo. L'emisfero sinistro del cervelletto e parte dell'emisfero destro sono stati rimossi per mostrare l'interno del quarto ventricolo e i peduncoli cerebellari. (d) Sezione coronale del mesencefalo.

Il midollo spinale

Colonna vertebrale: protegge il midollo spinale. E' composta da 24 singole vertebre poste nella regione cervicale (collo), toracica, lombare (fondoschiena) e sacrale coccigea.

La parte esterna del midollo spinale: consiste di sostanza bianca, vale a dire le fibre assionali ricoperte di mielina che trasportano l'informazione verso l'alto (parti caudali del midollo o al cervello) o verso il basso.

La porzione centrale del midollo spinale: consiste di sostanza grigia, vale a dire i corpi cellulari dei neuroni spinali.

Le meningi: sostanza bianca e sostanza grigia sono avvolte dalle meningi, analogamente a quanto accade nel cervello.

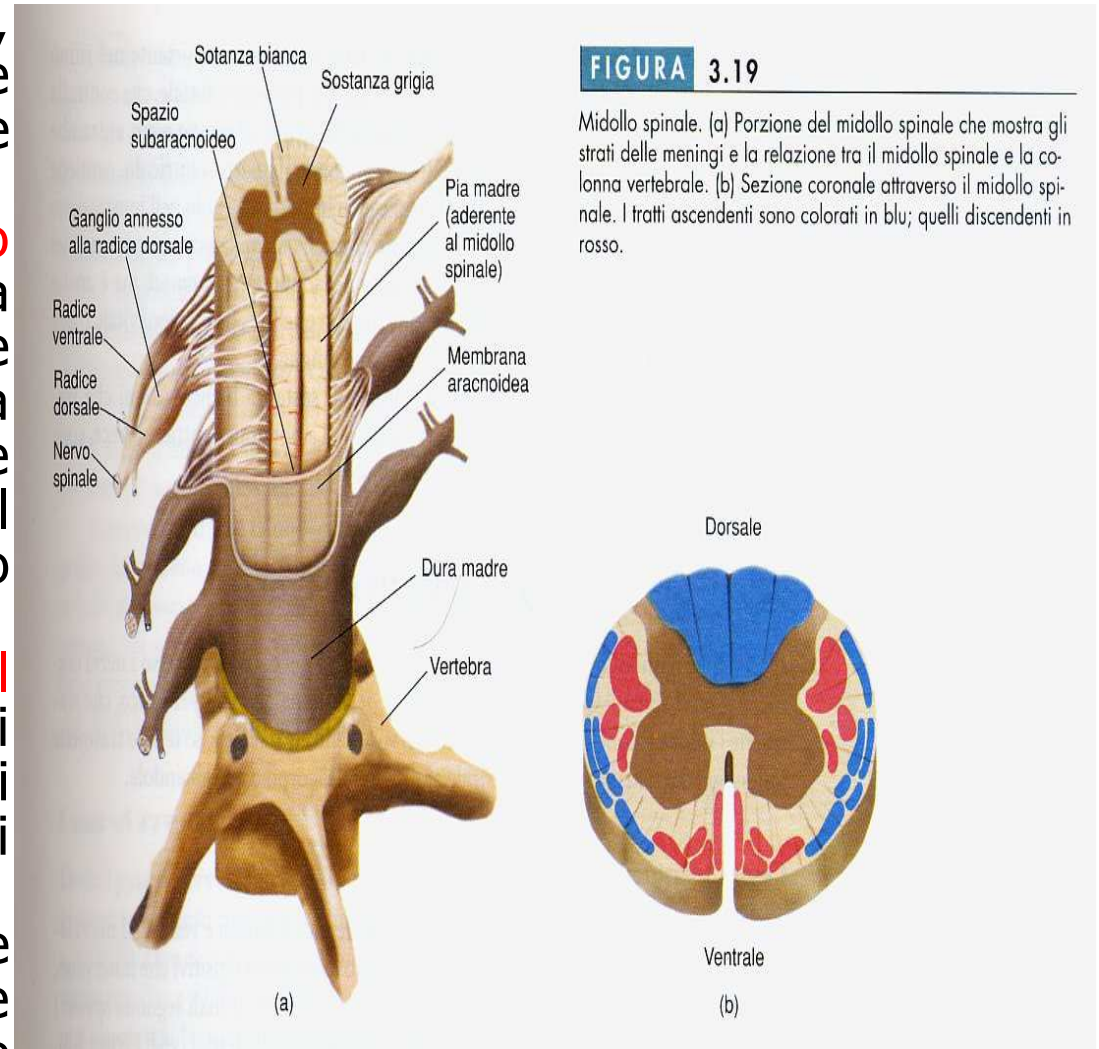


FIGURA 3.19

Midollo spinale. (a) Porzione del midollo spinale che mostra gli strati delle meningi e la relazione tra il midollo spinale e la colonna vertebrale. (b) Sezione coronale attraverso il midollo spinale. I tratti ascendenti sono colorati in blu; quelli discendenti in rosso.

Il sistema nervoso periferico (SNP): i nervi spinali

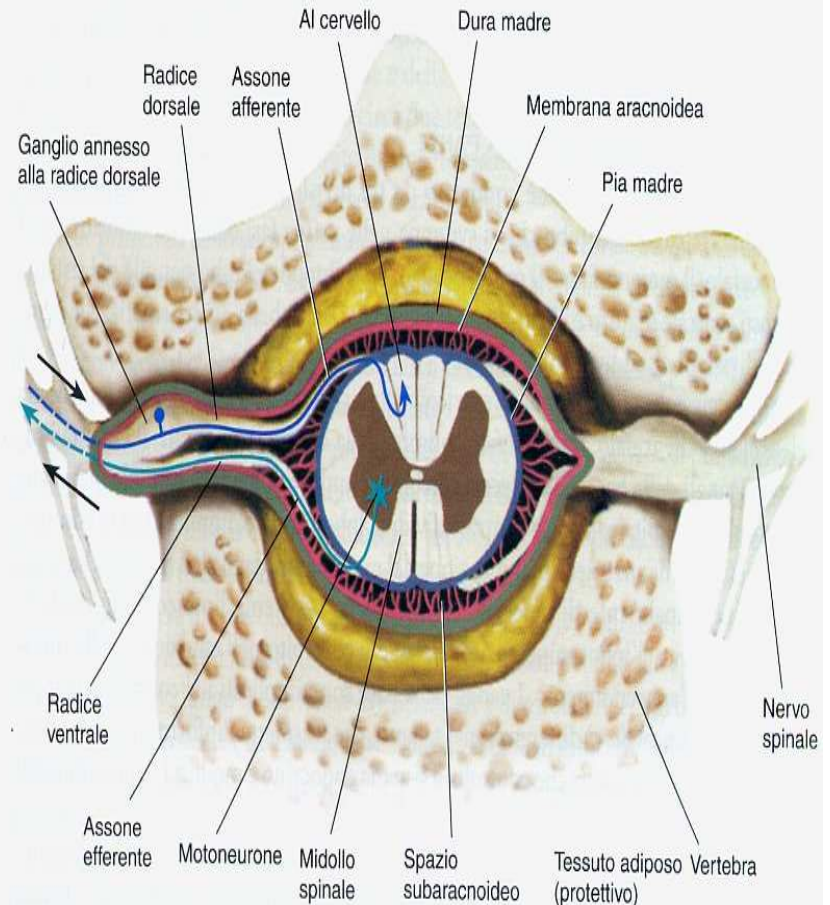
Nervi spinali e cranici:

permettono la comunicazione in ingresso (informazione afferente-sensitiva) e in uscita (informazione efferente-effettrice) tra cervello/midollo spinale e il resto del corpo (muscoli, sensori, ghiandole).

Nervi spinali: spediscono fibre sensitive nel sistema nervoso centrale e fibre motorie fuori da esso. I nervi spinali sono formati dall'unione delle radici dorsali del midollo spinale, che contengono i corpi cellulari degli assoni entranti (afferenze sensoriali), con le radici ventrali, che contengono gli assoni uscenti (efferenze motorie).

FIGURA 3.20

Sezione trasversa del midollo spinale che mostra la strada presa dai tratti afferenti ed efferenti, rispettivamente attraverso le radici dorsali e ventrali.



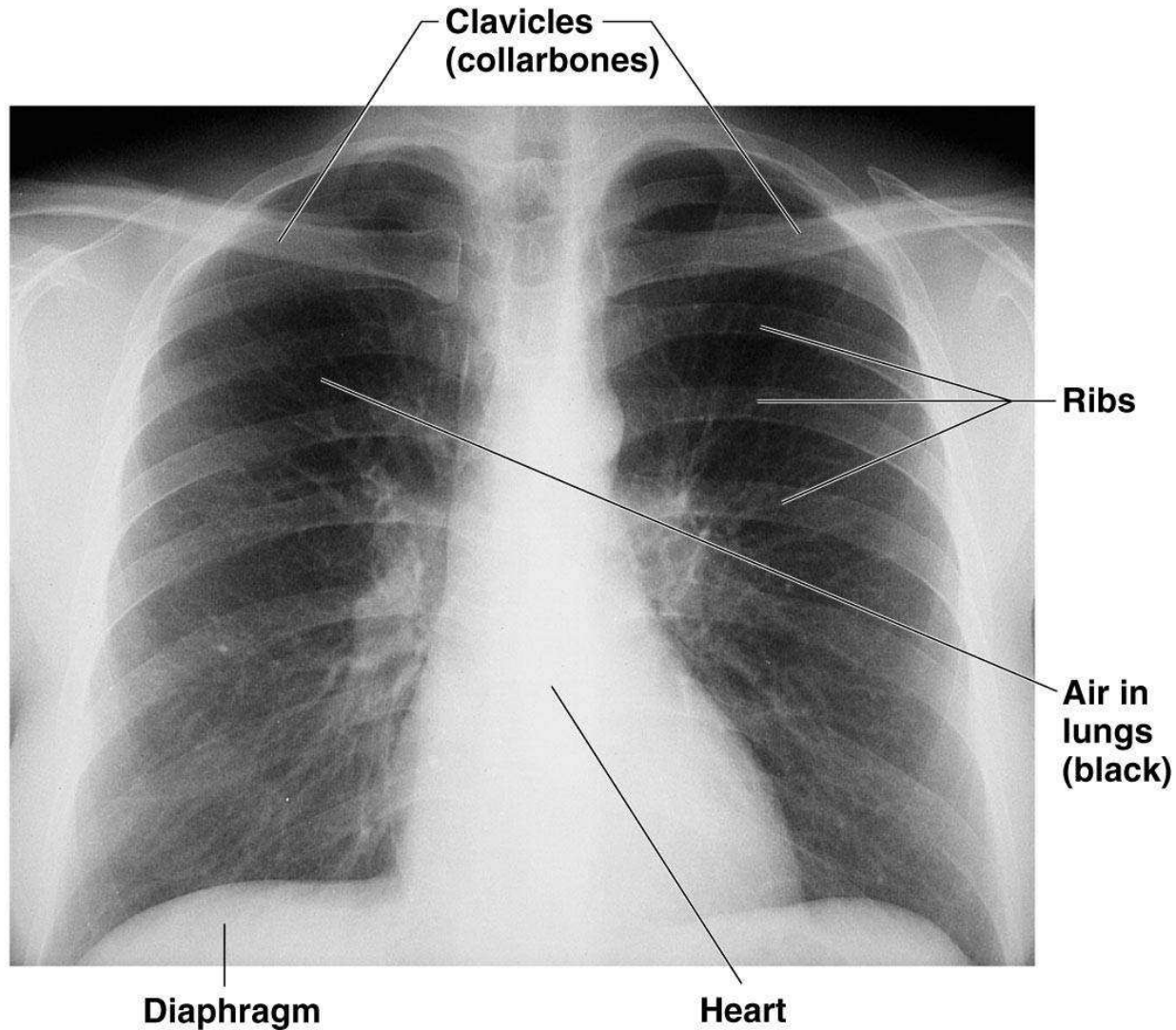
Sistemi di neuroimmagine

Oggi si una grande varietà di sistemi di immagine avanzati che permettono di studiare le strutture interne senza danneggiare i tessuti.

Questi sistemi vengono usati per la ricerca, ma soprattutto nelle applicazioni cliniche per esaminare le evidenze di malattie.

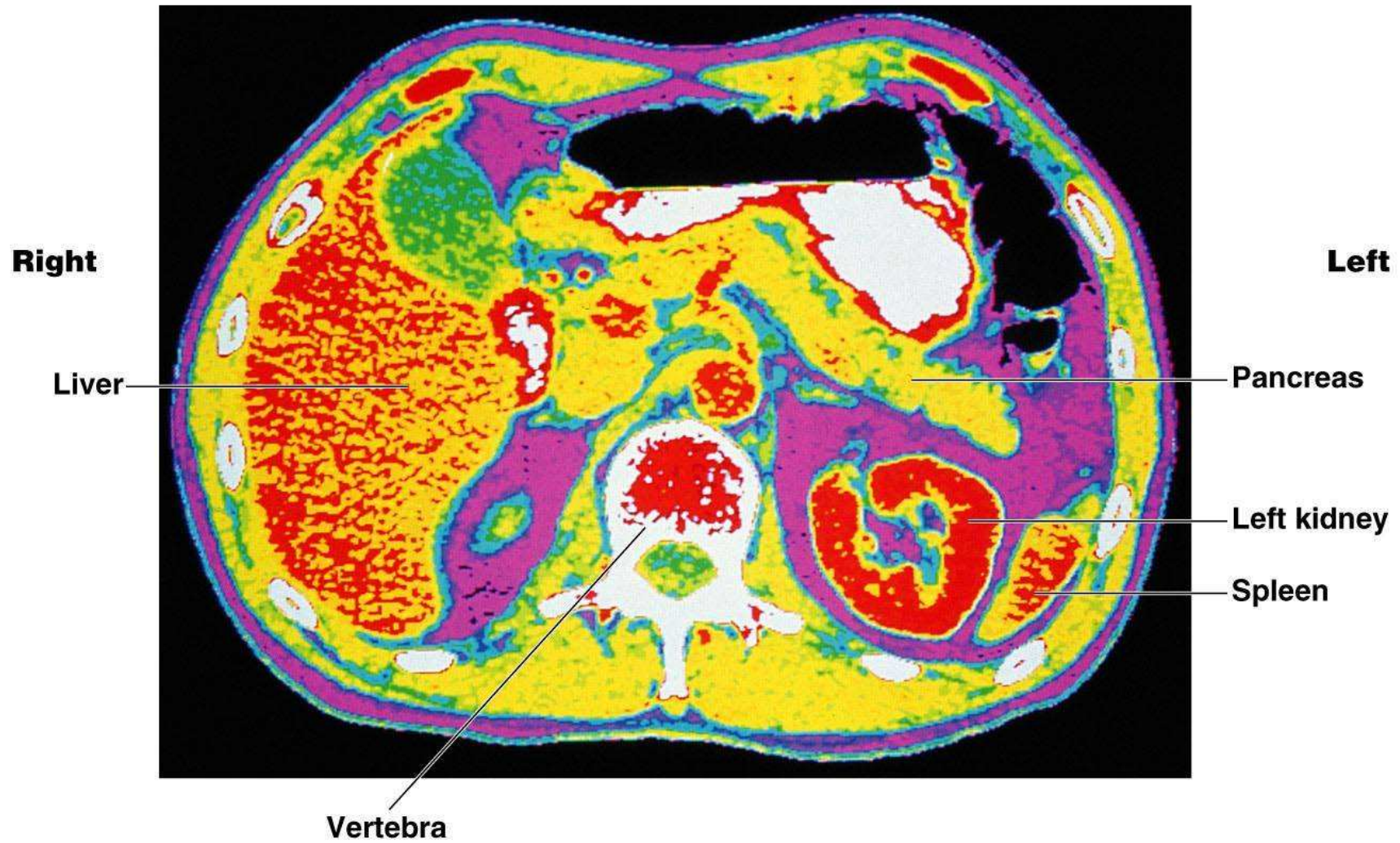
Sistemi di neuroimmagine

raggi X



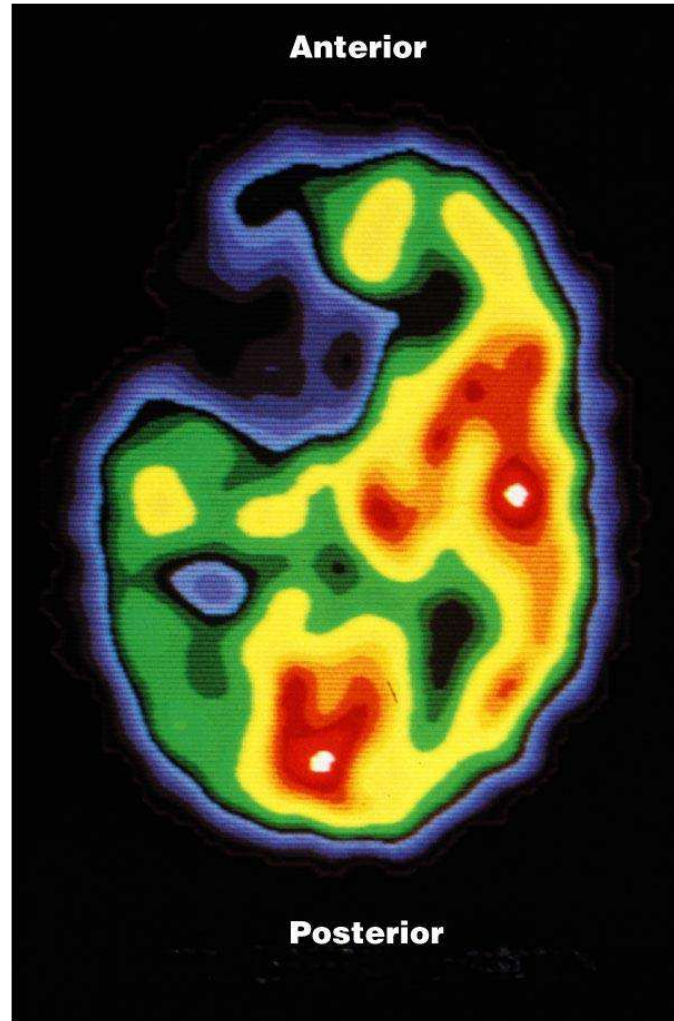
Sistemi di neuroimmagine

Tomografia computerizzata (TC)



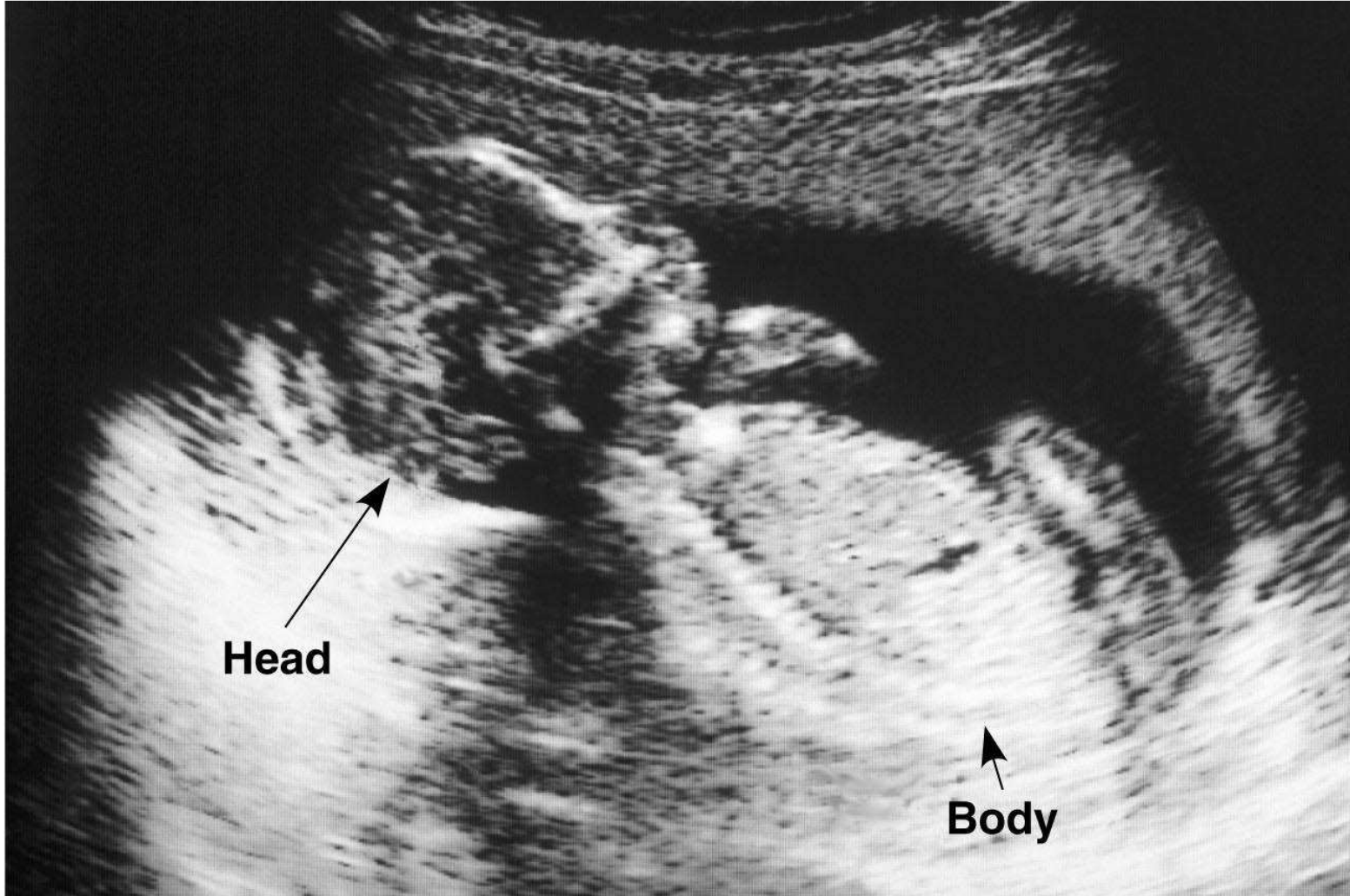
Sistemi di neuroimmagine

Tomografia a emissione di positroni (PET)



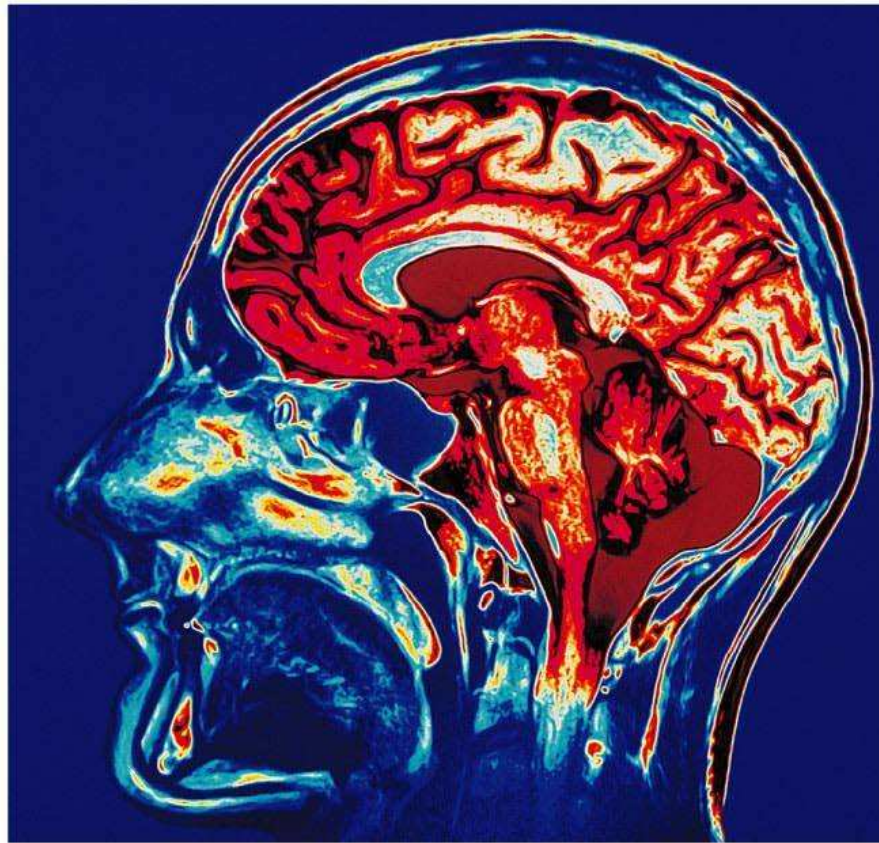
Sistemi di neuroimmagine

Ecografia

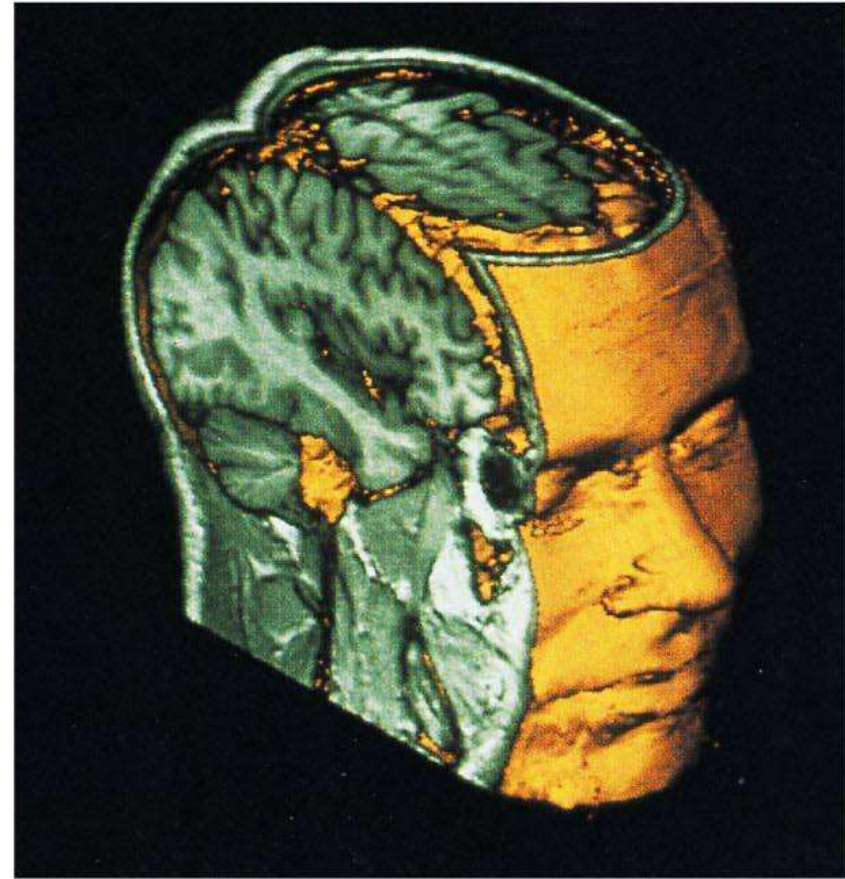


Sistemi di neuroimmagine

Risonanza magnetica (RM)



(a)



(b)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings