

Il Sistema Nervoso

Le cellule, la pompa sodio-potassio ATP-dipendente e la trasmissione dell'impulso nervoso, le sinapsi

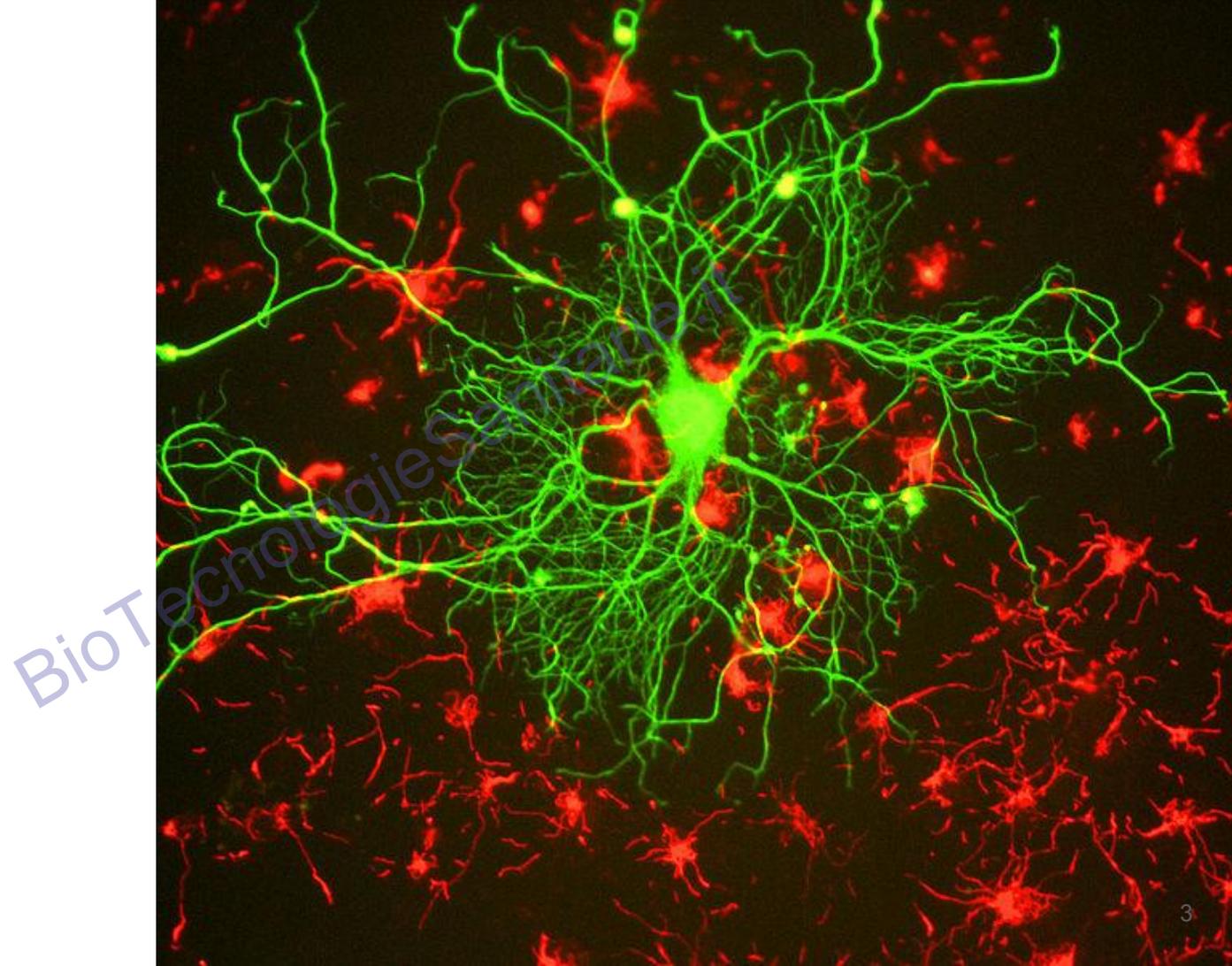
Indice

[Introduzione](#)

[Le cellule: neurone](#) e [cellule della nevrogia](#)

[Eccitabilità elettrica e sinapsi](#)

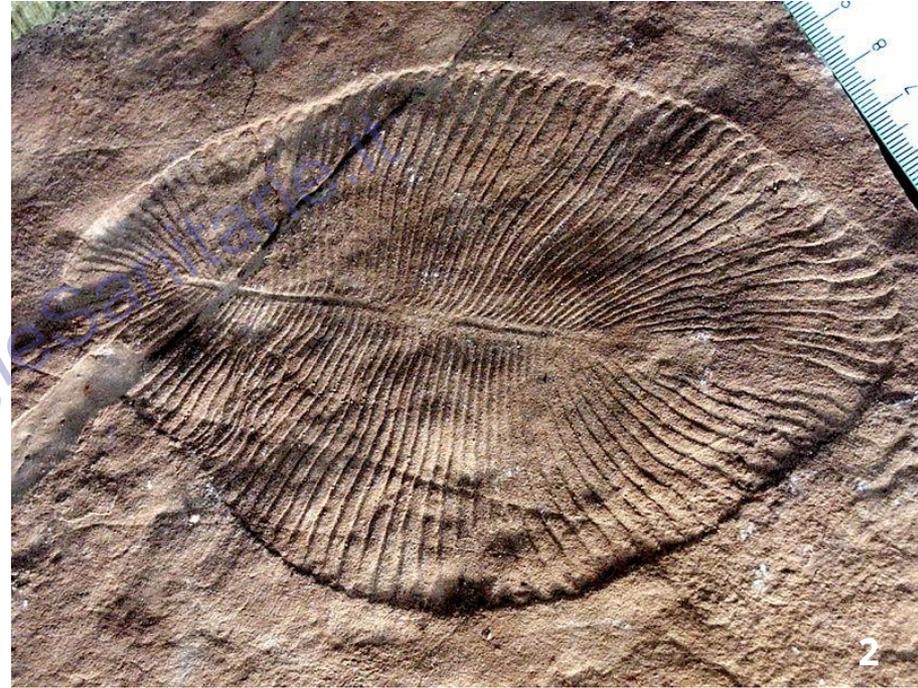
Introduzione



Introduzione

Il **Sistema Nervoso** è la parte del corpo umano che coordina le azioni volontarie e involontarie e trasmette segnali a e da differenti parti del corpo.

Il tessuto nervoso è comparso tra i 550 e i 600 milioni di anni fa in organismi simili ai vermi.

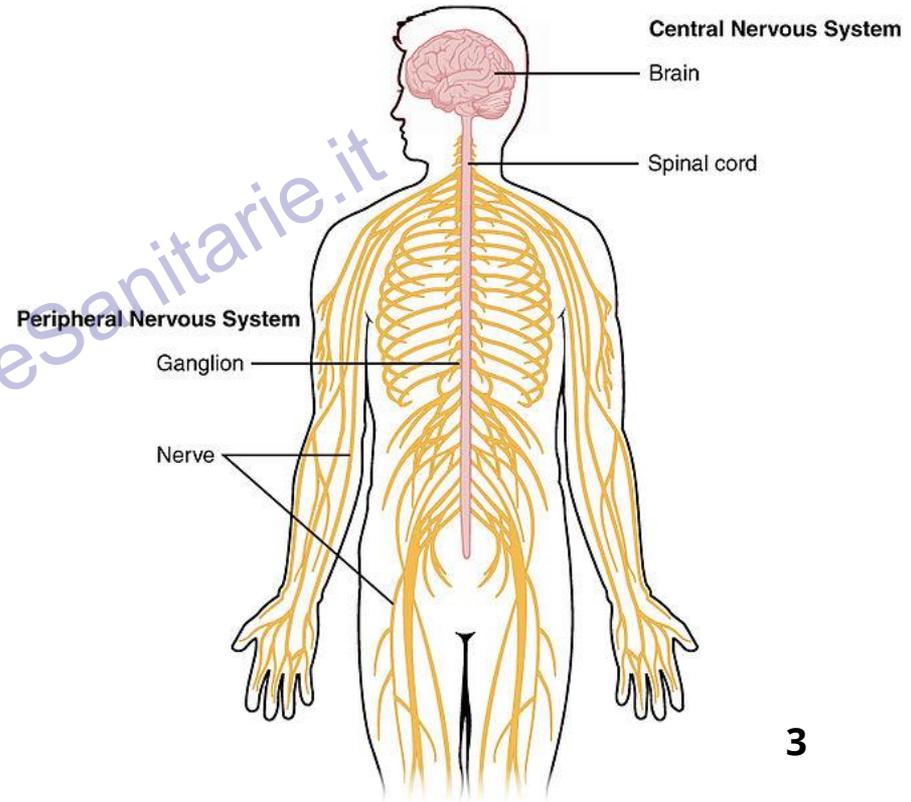


Dickinsonia costata, un rappresentante della fauna di Ediacara in cui sono inclusi numerose forme di vita multicellulari

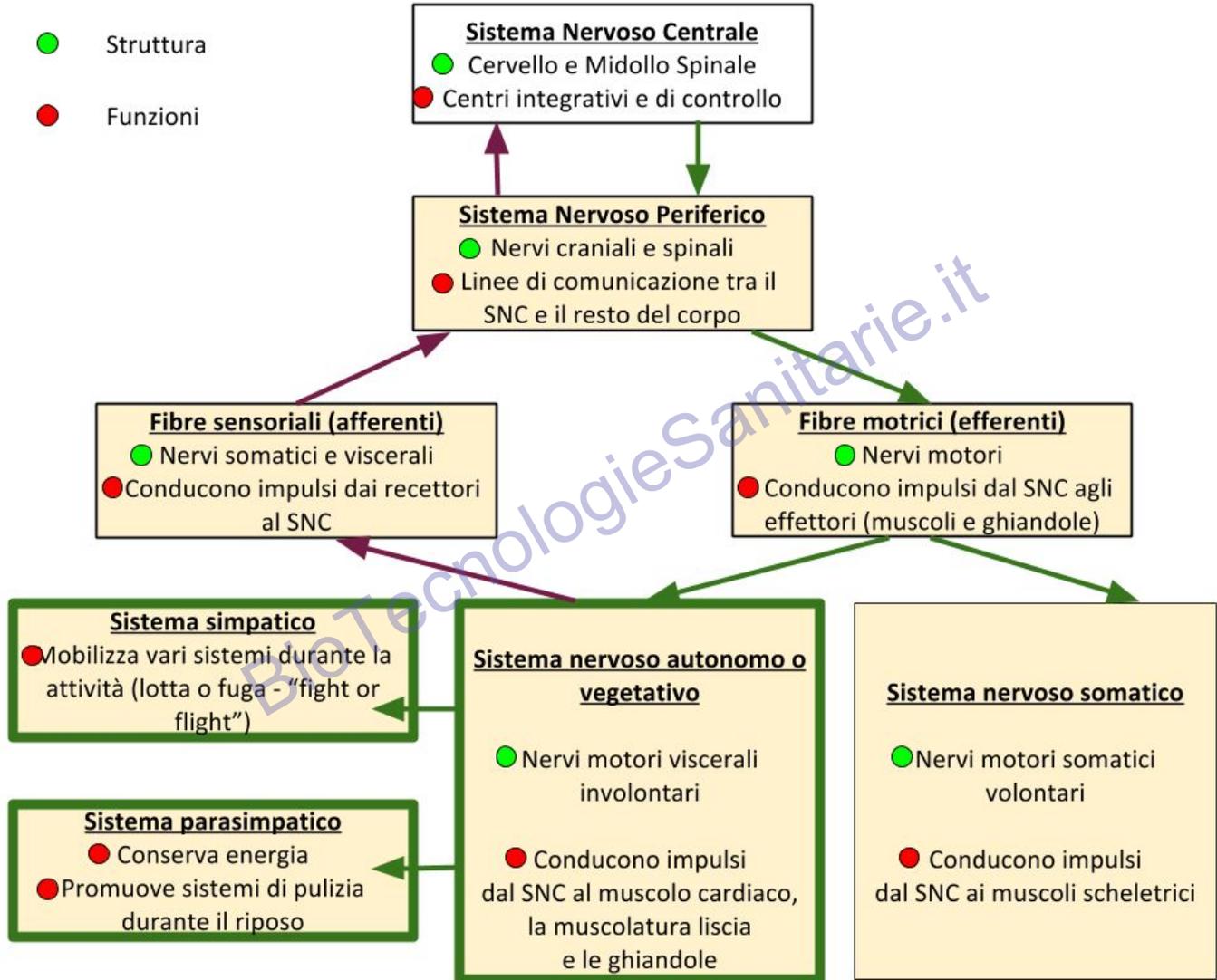
Introduzione

Nei Vertebrati il Sistema Nervoso comprende:

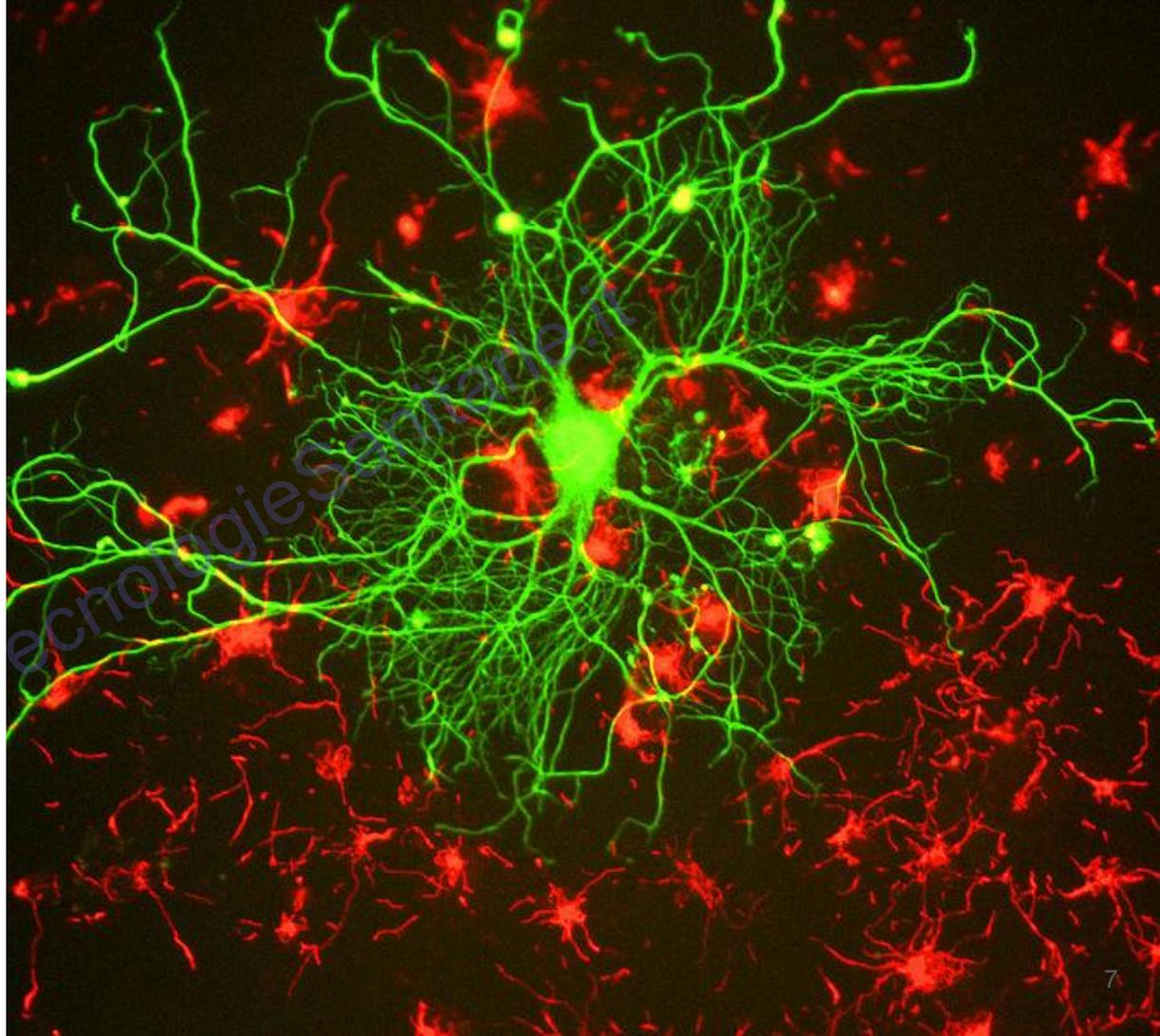
- ❖ il **sistema nervoso centrale** (encefalo e midollo spinale)
- ❖ il **sistema nervoso periferico** (nervi cranici che derivano dal cervello e i nervi spinali emergenti dal midollo spinale con i gangli)



Introduzione



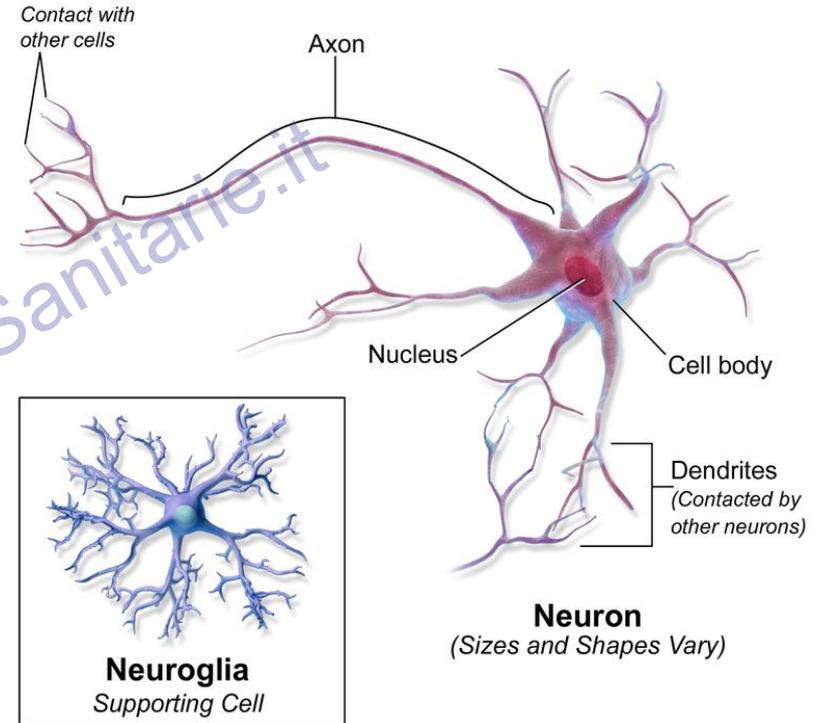
Le cellule



Le cellule

La cellula che caratterizza il Sistema Nervoso è il **neurone**, strutturato in modo tale da poter ricevere, integrare e inviare segnali alle altre cellule rapidamente e con efficacia.

Esistono poi cellule che forniscono supporto strutturale e metabolico: **cellule gliali** o **neuroglia**

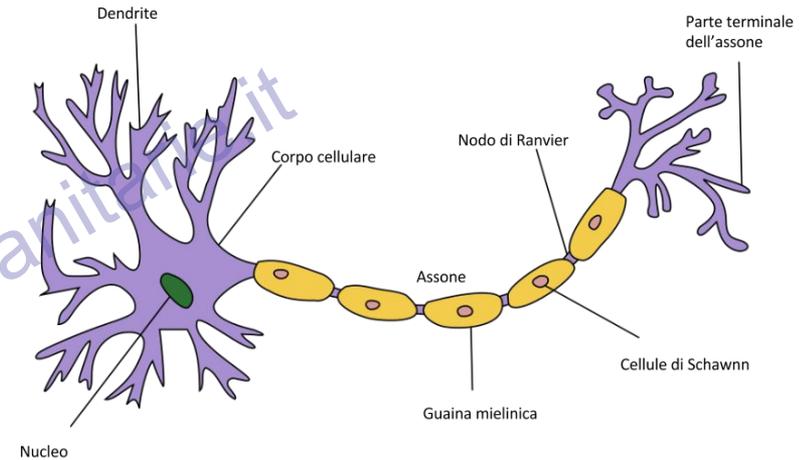


Neural Tissue

Le cellule: il neurone

Cominciamo ad esaminare il **neurone**.

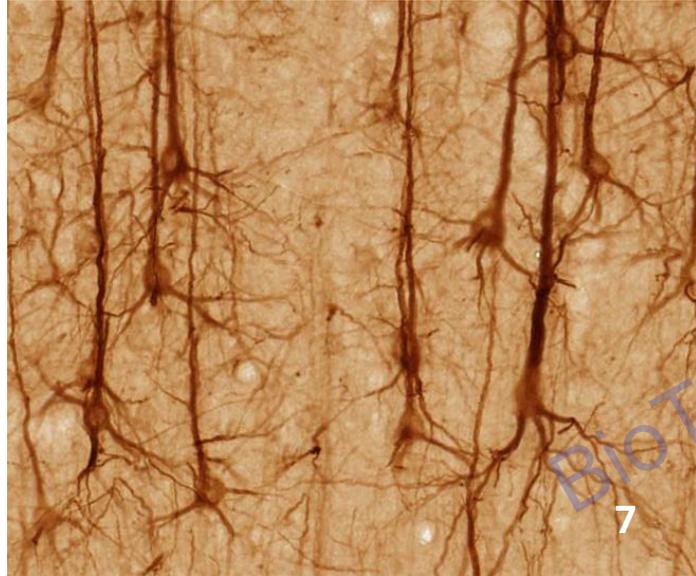
La struttura di questa cellula altamente specializzata è legata alla sua funzione. Presenta un corpo cellulare detto anche soma o pirenoforo che contiene gli usuali organelli: reticolo endoplasmatico liscio e rugoso, mitocondri, apparato del Golgi, neurotubuli, neurofilamenti ... Dal soma si originano due tipi di prolungamenti: dendriti e assoni.

**6**

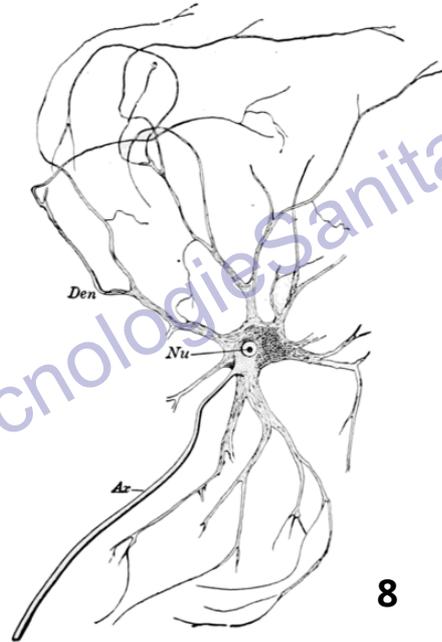
Nel disegno si può notare come l'assone sia rivestito da una guaina mielinica formata dalle cellule di Schwann. La guaina non è continua. Si interrompe a livello dei nodi di Ranvier

Le cellule: il neurone

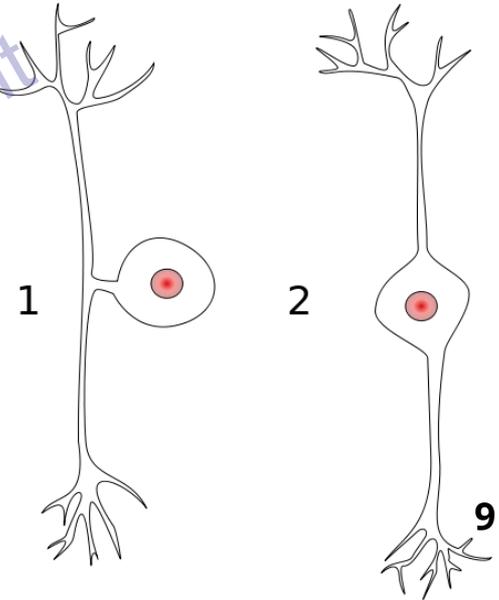
Il pirenoforo può avere dimensioni (da 4 a 100 μm) e forme diverse.



Neurone **piramidale** nella corteccia cerebrale



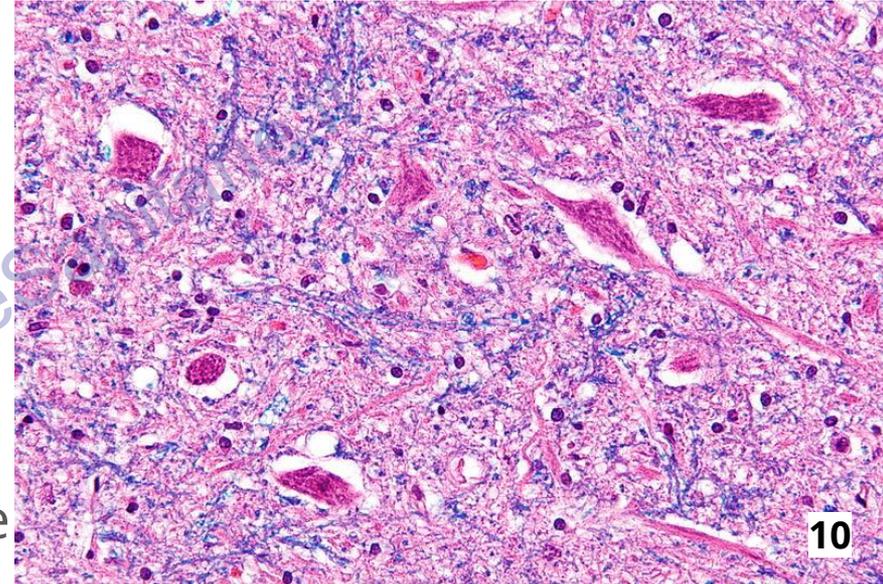
Neurone **stellato** tipico dei motoneuroni in cui i dendriti sono addossati al soma



A sinistra neurone **anassonico** con soma tondeggiante. Neurone sensoriale del Sistema Nervoso Periferico. A destra neurone **bipolare**

Le cellule: il neurone

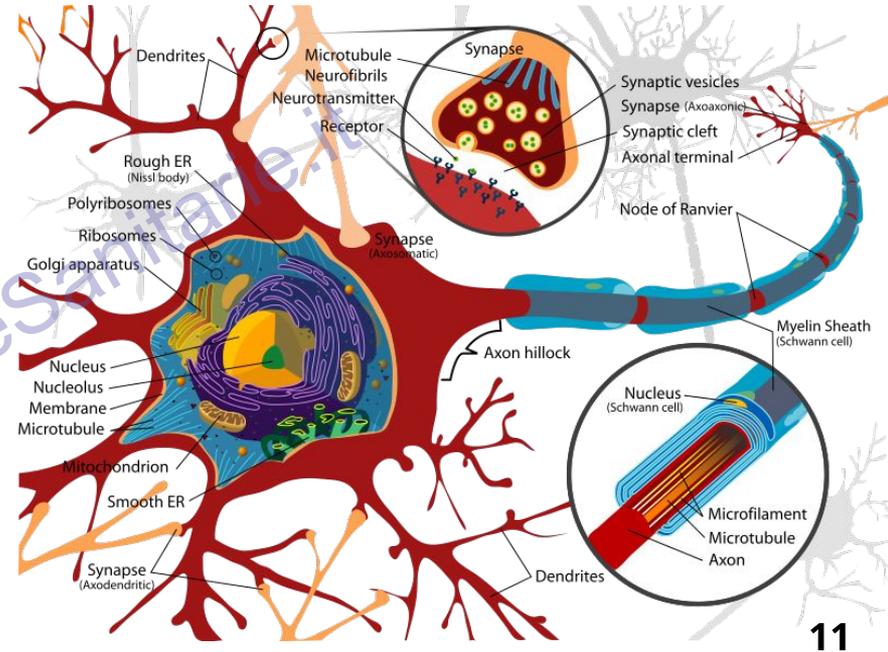
All'interno del pirenoforo si notano dei granuli piuttosto grossi che sono il risultato dell'assemblamento di porzioni del reticolo endoplasmatico rugoso con rosette di ribosomi liberi dove avviene la sintesi proteica. Questi granuli sono ben evidenti quando si procede ad una colorazione basica dei neuroni e vengono chiamati **corpi di Nissl** o sostanza di Nissl o sostanza tigroide



Microfotografia del nucleo ipoglossico che mostra motoneuroni con la caratteristica **sostanza tigroide** o di Nissl scoperti da Franz Nissl - neurologo tedesco (1860 - 1919)

Le cellule: il neurone

All'interno del neurone si trova un complesso sistema di **neurofilamenti** assemblati in **neurofibrille** che sono il principale componente del citoscheletro. Sembrano avere un ruolo importante nel sostenere la struttura degli assoni e nel regolare il loro diametro. Nel disegno accanto sono evidenziati anche i **microtubuli** formati da **tubulina**.

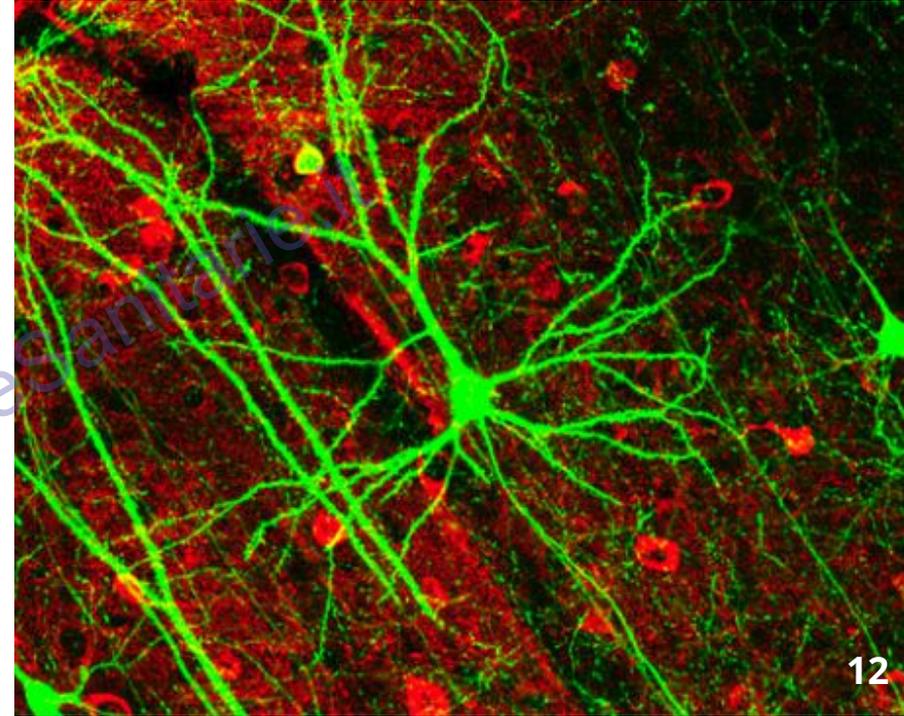


Disegno di un neurone e dei suoi particolari

Le cellule: il neurone

Dal corpo cellulare prendono origine due tipi diversi di prolungamenti.

- I **dendriti**, espansioni cellulari con molte ramificazioni che portano il segnale verso il corpo cellulare in direzione centripeta per qualche centinaio di micron.
- L'**assóne** che si può estendere anche per più di un metro in un uomo adulto e che porta il segnale dal soma verso altre cellule (direzione centrifuga)

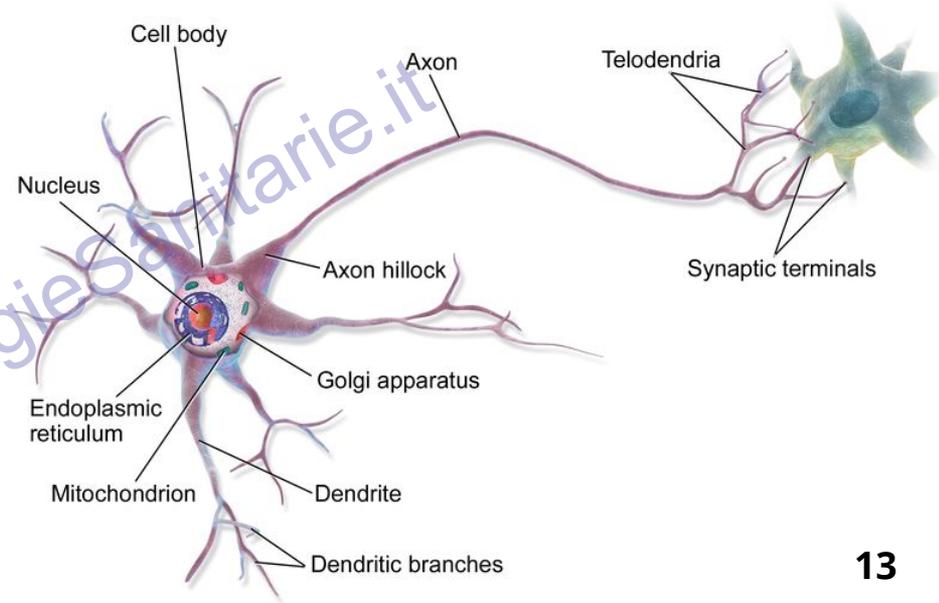


Neuroni piramidali della corteccia cerebrale di topo. La colorazione verde fluorescente esprime la presenza di proteine mentre il rosso evidenzia neuroni nel sistema GABAergico

Le cellule: il neurone

La parte terminale dell'assone prende contatto quindi con altri neuroni o cellule di altro tipo come fibre muscolari o cellule ghiandolari.

Il contatto tra l'assone e l'altra cellula coinvolta è una struttura altamente specializzata che prende il nome di **sinapsi**.

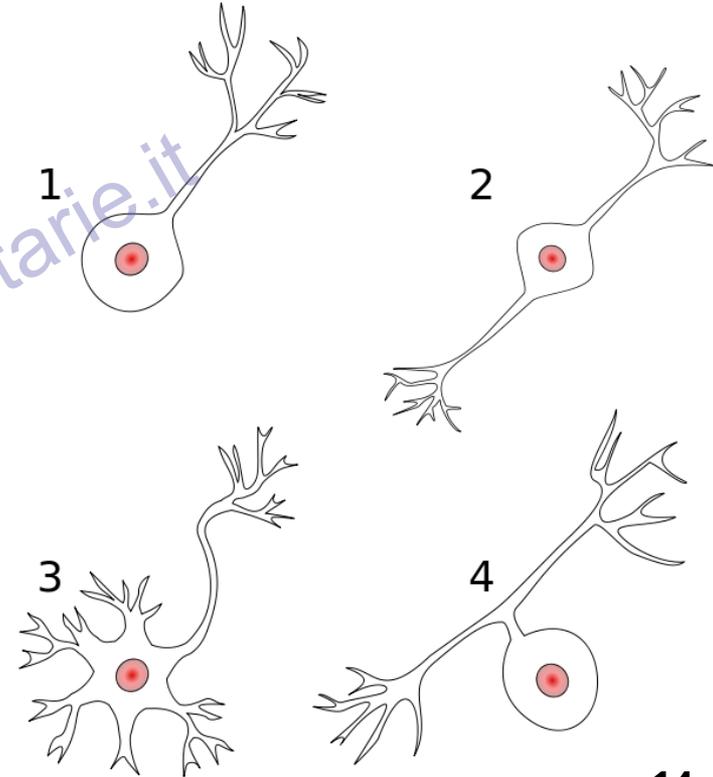
**13**

Neurone multipolare con le estremità sinaptiche del suo assone.

Le cellule: il neurone

In base alla struttura anatomica dei prolungamenti si possono distinguere i seguenti neuroni:

- ❖ **unipolari o pseudounipolari** (1), assone e dendrite emergono dallo stesso prolungamento
- ❖ **bipolari** (2), l'unico dendrite e l'assone sono alle estremità opposte del soma
- ❖ **multipolari** (3), due o più dendriti separati dall'assone
- ❖ **anassonici** (4) i prolungamenti sono indistinguibili



Vedere la spiegazione accanto

Le cellule: il neurone

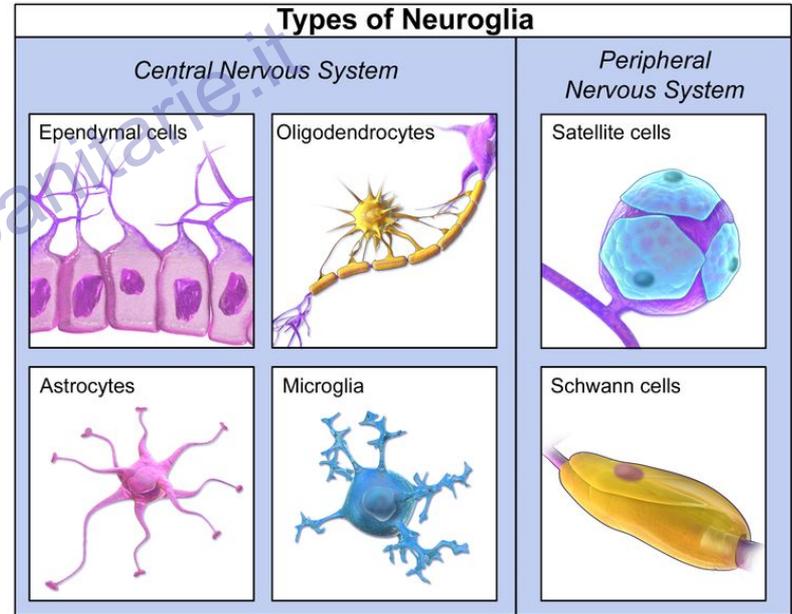
In base invece alla funzione distinguiamo i neuroni in:

- ❖ **afferenti**, sono spesso i neuroni sensoriali che convogliano i segnali dai tessuti e dagli organi verso il Sistema Nervoso Centrale
- ❖ **efferenti**, sono spesso i neuroni motori cioè quelli che trasportano il segnale dal Sistema Nervoso Centrale verso la periferia e in particolare verso gli organi effettori come muscoli e ghiandole
- ❖ **interneuroni**, collegano i neuroni entro aree specifiche del Sistema Nervoso Centrale

Le cellule della neuroglia

Le **cellule gliali** o **glia** o **nevroglia** non sono neuroni ma svolgono un ruolo fondamentale nel Sistema Nervoso.

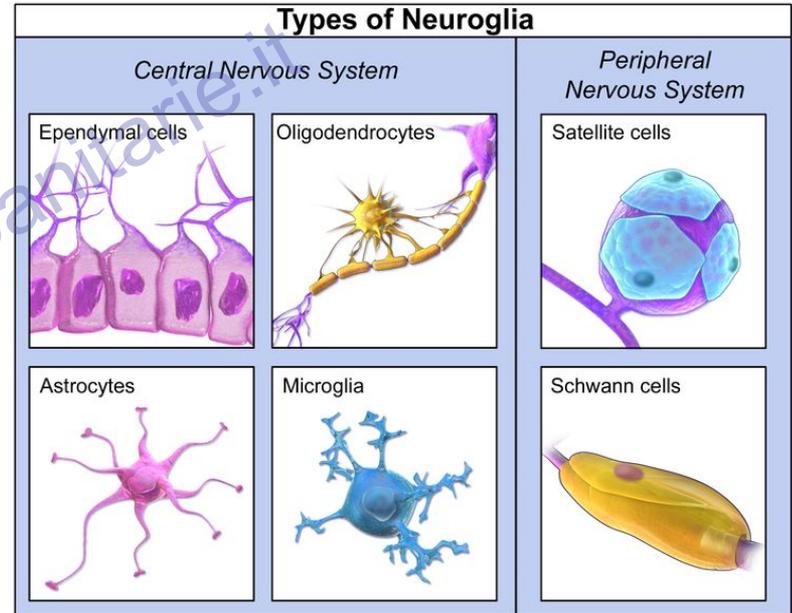
Inizialmente si pensava che svolgessero una funzione di supporto e di collante. Nel 2004 però è stato stabilito un loro ruolo nelle sinapsi e nei meccanismi della memoria.



Le cellule della neuroglia

Nel **SNC** troviamo le cellule della microglia, gli astrociti, gli oligodendrociti, le cellule ependimali.

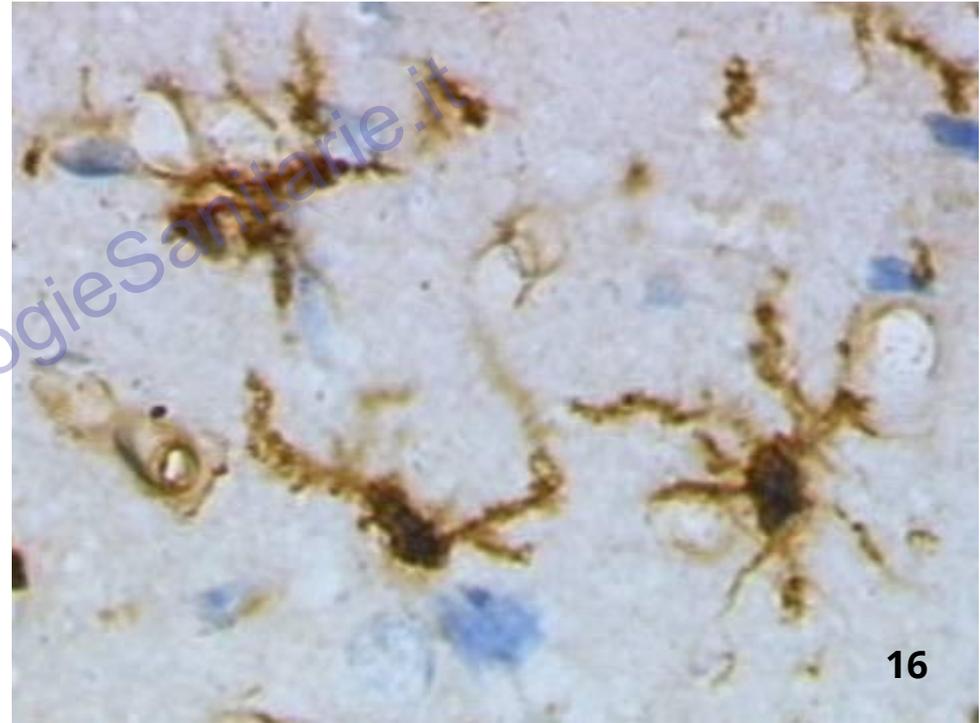
Nel **SNP** abbiamo invece le cellule di Schwann e le cellule satelliti.



Le cellule della nevroglia: microglia

Le cellule della **microglia** sono in pratica dei macrofagi specializzati che si trovano nel cervello e nel midollo spinale.

Derivano da cellule staminali ematopoietiche e svolgono la fagocitosi con un ruolo protettivo nei confronti del **SNC**.



Cellule della microglia da corteccia di ratto

Le cellule della neuroglia: astrociti

Le altre cellule del SN fanno parte della macroglia. Cominciamo con gli **astrociti**. Essi sono gli elementi cellulari più abbondanti della macroglia e grazie ai loro numerosi prolungamenti collegano i capillari sanguigni ai neuroni contribuendo alla formazione della barriera emato-encefalica.

Inoltre rimuovono l'eccesso di ioni potassio e riciclano i neurotrasmettitori rilasciati nella sinapsi.



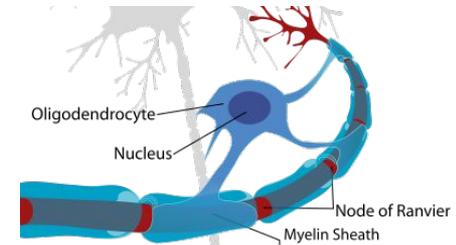
Gli astrociti e il loro ruolo nella barriera emato-encefalica

Le cellule della nevroglia: oligodendrociti

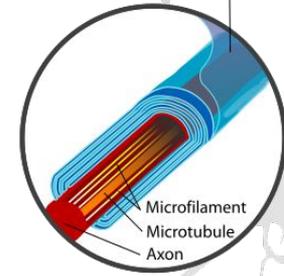
Gli oligodendrociti con la loro membrana rivestono gli assoni nel **SNC** formando una membrana specializzata che si chiama guaina mielinica.

La guaina mielinica fornisce all'assone l'isolamento necessario perché i segnali elettrici possano propagarsi in modo più efficiente.

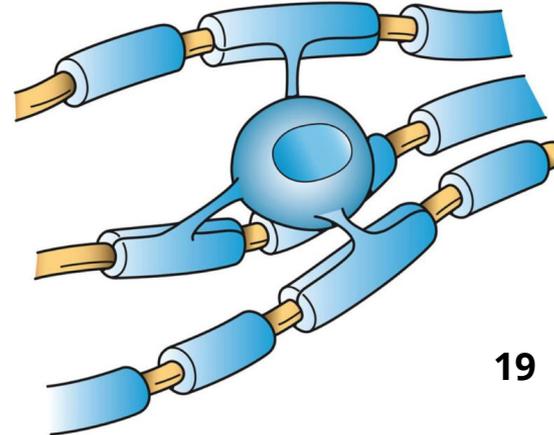
A destra in alto, un oligodendrocita mielinizza un assone.



A sinistra, in basso, un oligodendrocita mielinizza più assoni.



18

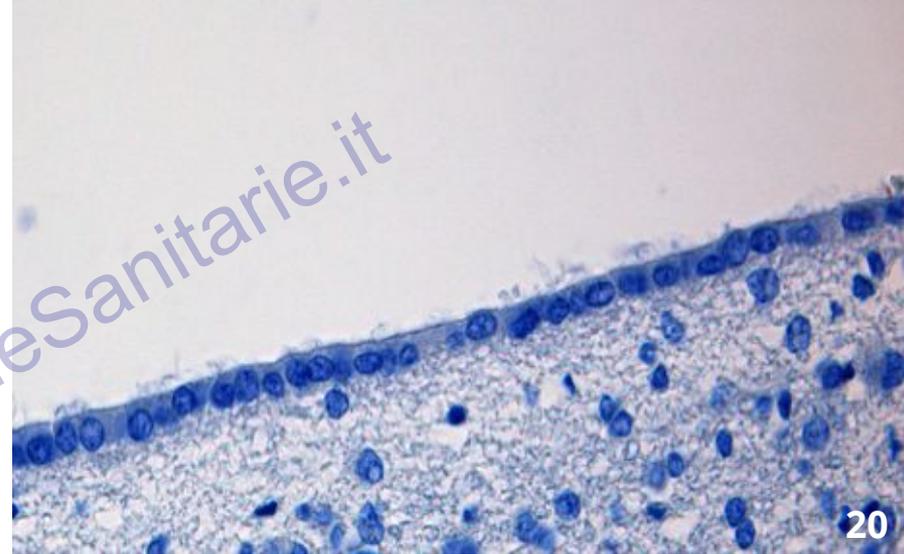


19

Le cellule della nevroglia: cellule ependimali

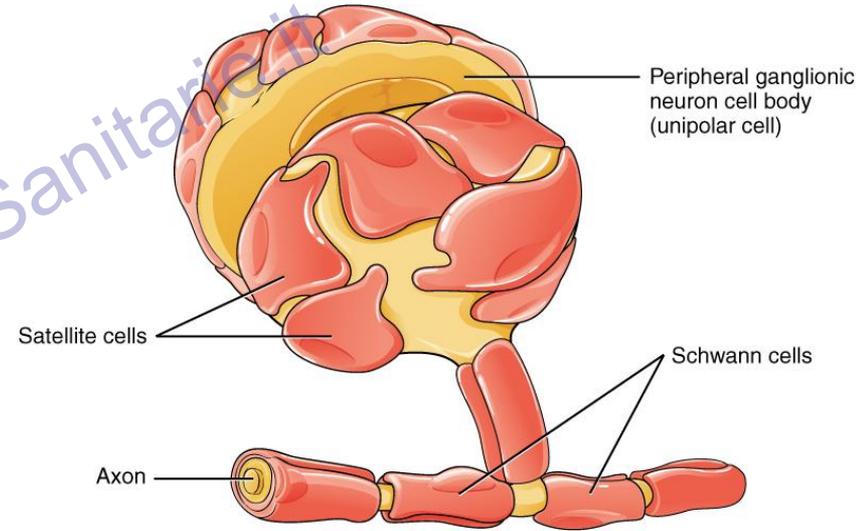
Le **cellule ependimali** costituiscono il sottile epitelio (ependima) che riveste i ventricoli cerebrali e il canale del midollo spinale. Sono implicate nella produzione del liquido cerebrospinale e con le loro cilia ne aiutano la circolazione.

La membrana basale dell'ependima sembra essere in relazione con gli astrociti. Si pensa che le cellule ependimali possano agire come cellule staminali neurali.



Le cellule della nevroglia: cellule Schwann

Le **cellule di Schwann** sono presenti nel **Sistema Nervoso Periferico** e mantengono in vita le fibre nervose, sia quelle con la guaina mielinica che quelle che ne sono prive. Infatti esistono due tipi di cellule di Schwann, mielinizzanti e non mielinizzanti. Le prime avvolgono gli assoni di neuroni motori e sensoriali per formare la guaina mielinica. Sembra che queste cellule siano coinvolte nello sviluppo e rigenerazione dei nervi.

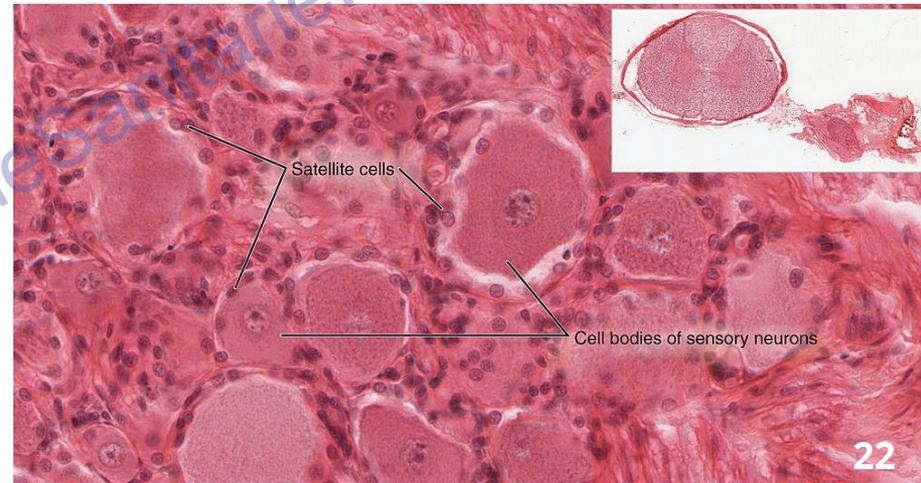


Il Sistema Nervoso Periferico presenta le **21** cellule di Schwann e le cellule satelliti

Le cellule della nevroglia: cellule satelliti

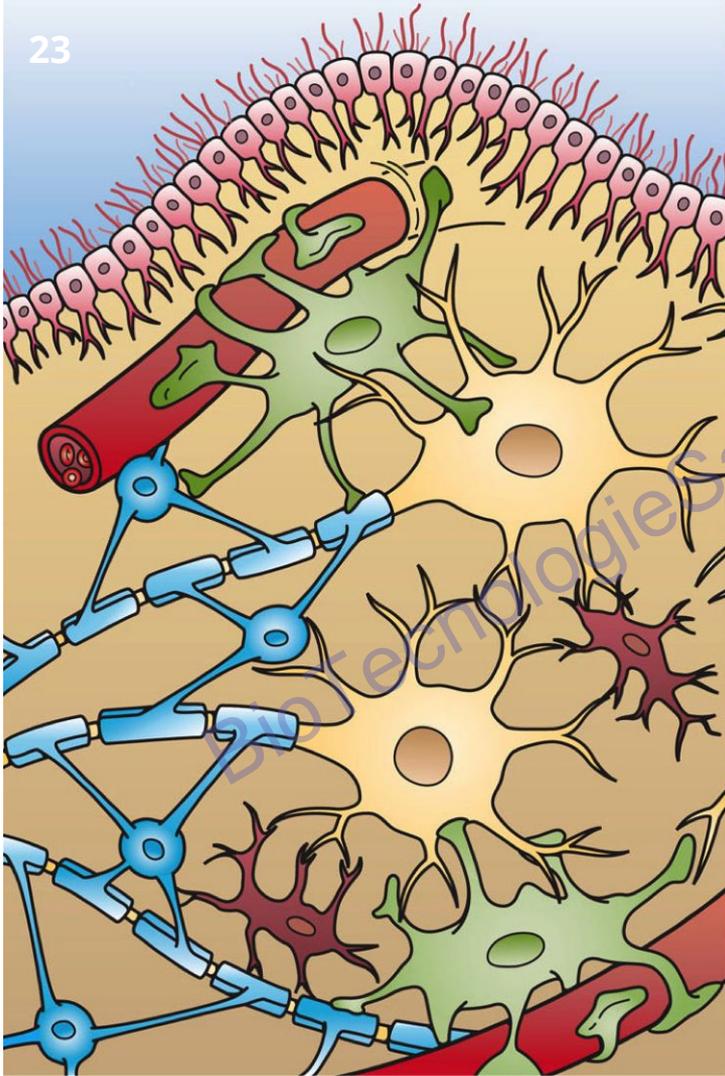
Le **cellule satelliti** ricoprono i corpi cellulari dei neuroni del **SNP**. Quindi sono presenti nei gangli encefalo-spinali (neuroni pseudounipolari di senso) e nei gangli del sistema nervoso autonomo (neuroni multipolari visceromotori).

Sembrano avere un ruolo analogo a quello degli astrociti nel SNC.



Le cellule satelliti circondano i corpi cellulari dei neuroni sensoriali

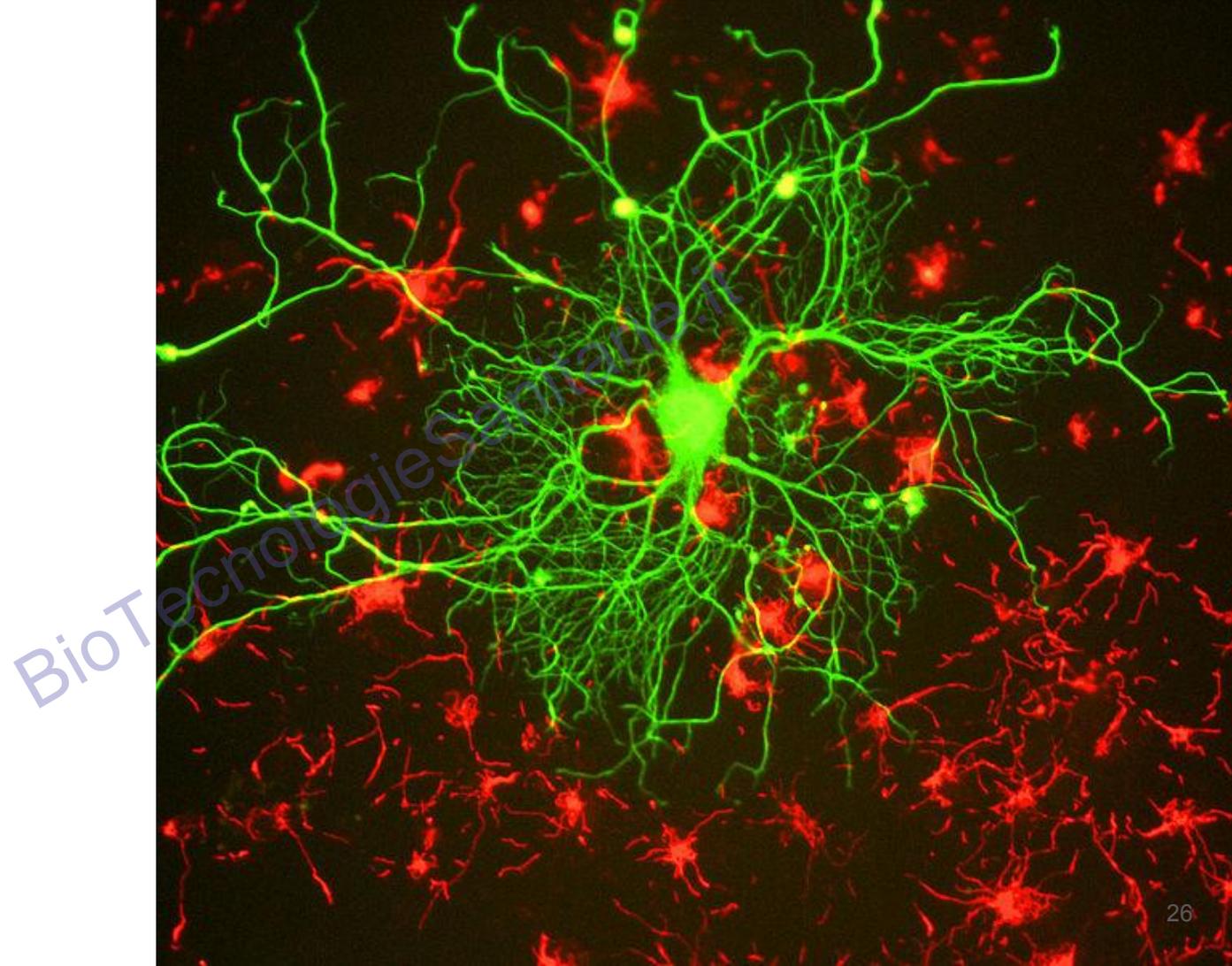
23



Il disegno evidenzia 4 tipi diversi di cellule della nevroglia. Quali sono?

Le cellule della nevroglia

Eccitabilità elettrica e sinapsi



Eccitabilità elettrica e sinapsi

Il compito del neurone è quello di trasmettere informazioni attraverso segnali elettrici e chimici.

In senso lato, moltiplicando la funzione del singolo neurone a tutti i neuroni, potremmo definire uno dei ruoli del Sistema Nervoso come quello di un elaboratore elettronico che recepisce, integra e ritrasmette il flusso di informazioni dell'ambiente interno di un individuo e dell'ambiente in cui vive per riversarlo in un sistema molto complesso di interazioni che l'individuo ha con se stesso e con l'ambiente.

Eccitabilità elettrica e sinapsi

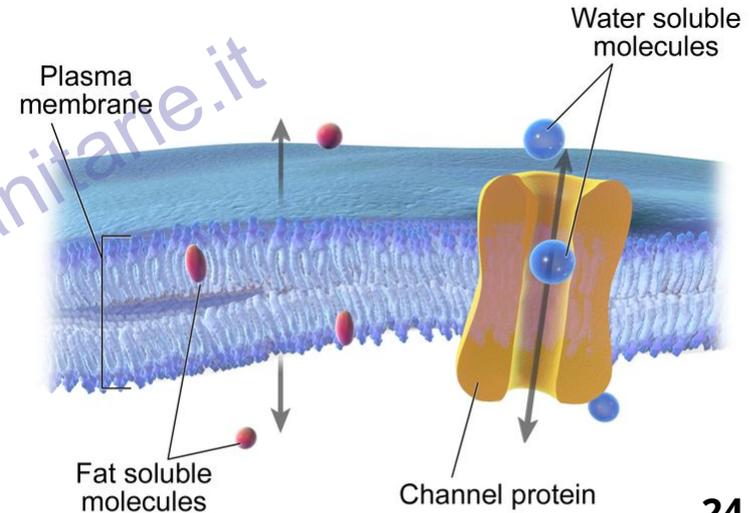
Le informazioni viaggiano sotto forma di perturbazioni del potenziale di membrana del neurone e vengono trasmesse da cellula a cellula attraverso sistemi complessi che coinvolgono eventi elettrici e biochimici.

Tali eventi si verificano in spazi altamente strutturati detti sinapsi.

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Incominciamo a vedere che cosa è il **potenziale d'azione**.

I neuroni come tutte le cellule del corpo umano sono circondate da una membrana cellulare costituita da un doppio strato di fosfolipidi in cui sono inserite varie molecole tra cui molte proteine con funzioni diverse.



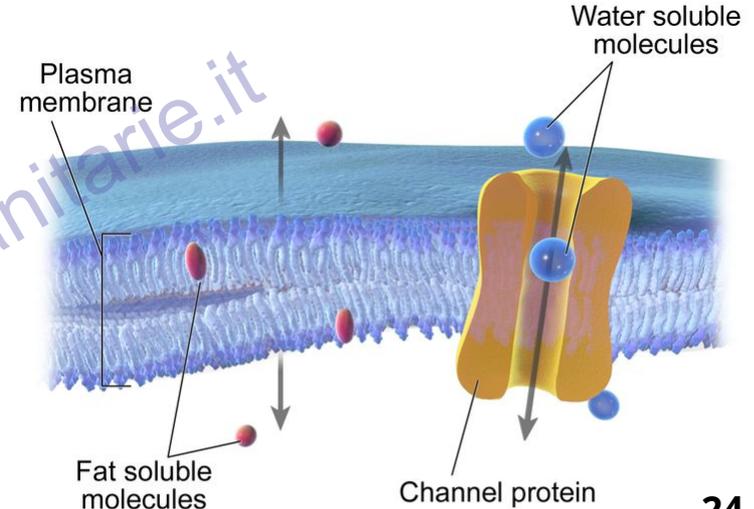
24

Diffusion Across the Plasma Membrane

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Potenziale d'azione.

Le molecole solubili nei grassi diffondono attraverso il doppio strato di fosfolipidi mentre le molecole solubili in acqua hanno bisogno di un passaggio obbligato attraverso proteine.



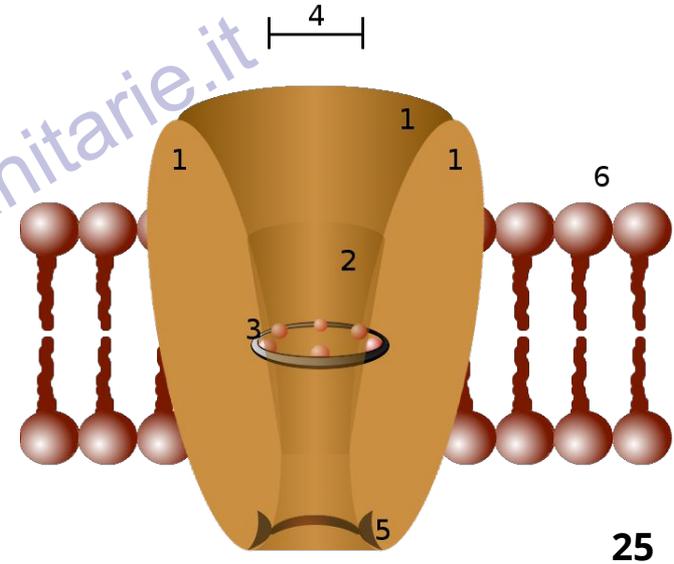
24

Diffusion Across the Plasma Membrane

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Infatti la struttura lipidica si oppone al passaggio di sostanze solubili in acqua e quindi agli ioni.

Pertanto esistono dei veri e propri **canali ionici** che consentono agli ioni caricati elettricamente di attraversare la membrana.

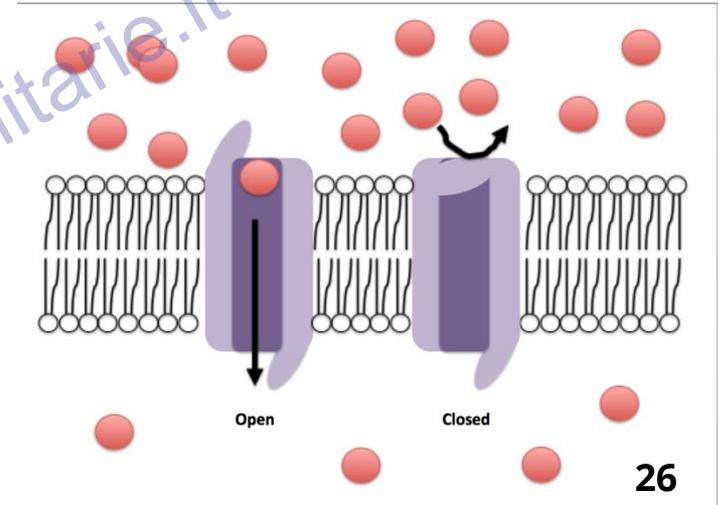


Rappresentazione schematica di un
canale ionico

Eccitabilità elettrica e sinapsi

I canali ionici possono essere aperti o chiusi e in genere sono specifici per i singoli ioni. Finora sono stati scoperti e studiati quelli per il **sodio**, il **potassio**, il **calcio** e il **cloro**.

Due tipi di essi possono passare da uno stato all'altro grazie a stimolazioni elettriche o chimiche (voltage o chemio-dipendenti). I canali chemio-dipendenti si aprono dopo aver legato un messaggero chimico mentre i voltage-dipendenti si aprono dopo una depolarizzazione della membrana.

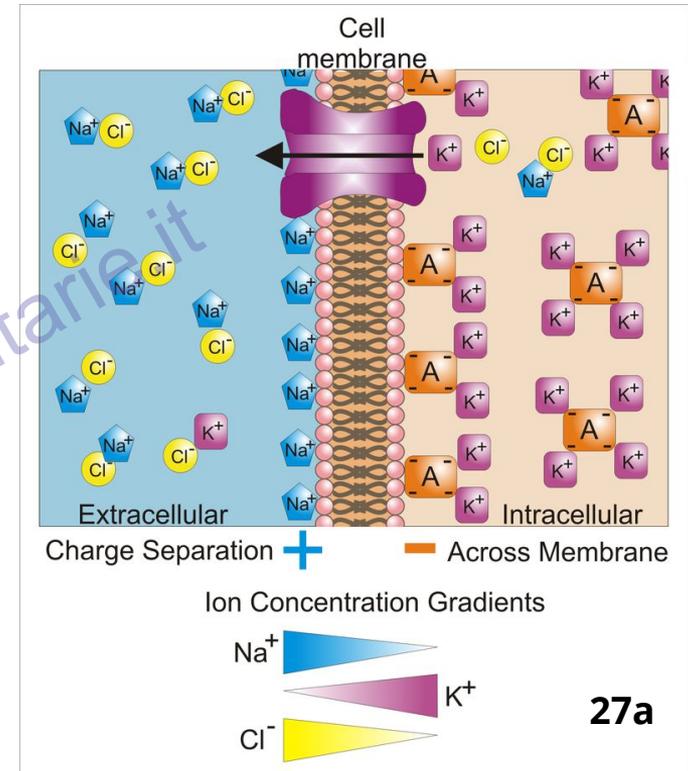


Canali ionici chiusi e aperti

Eccitabilità elettrica e sinapsi

In un **neurone in condizioni di riposo**, per esempio, abbiamo la seguente distribuzione di cariche. All'esterno della membrana, il liquido interstiziale è ricco di ioni sodio e di ioni cloro. All'interno della membrana ci sono cariche negative dovute ai gruppi fosfato dell'ATP e agli aminoacidi delle proteine (rettangoli arancioni A nel disegno) e inoltre ioni potassio. Tutto ciò si traduce in una differente distribuzione di carica elettrica e quindi in una differenza di potenziale pari a -70 mV perché **l'interno della cellula è negativo rispetto all'esterno**.

Questo si chiama **potenziale di riposo**.

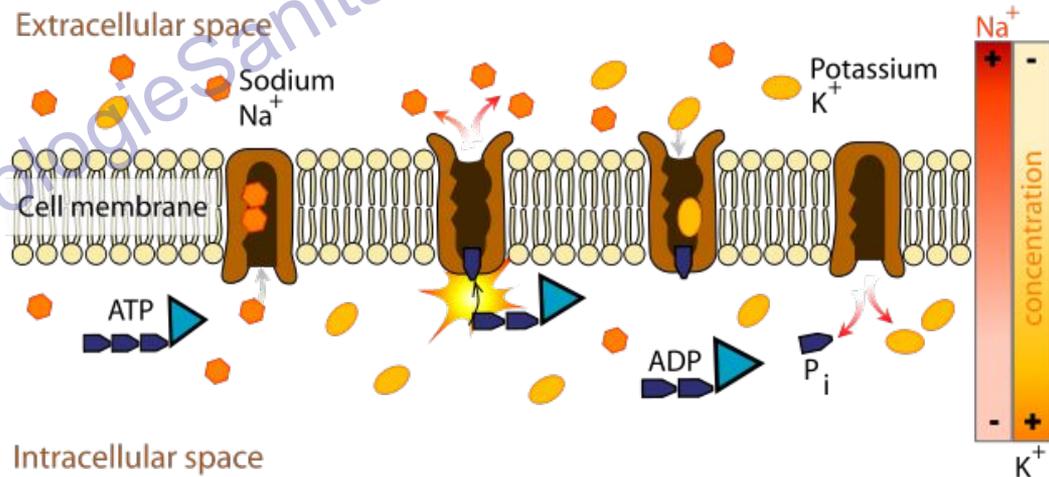


Le differenti concentrazioni di ioni ai due lati della membrana cellulare portano ad una differenza di potenziale.

Eccitabilità elettrica e sinapsi

È la **pompa sodio-potassio ATP-dipendente** che si incarica di mantenere nel neurone il potenziale di riposo. Infatti provoca la fuoriuscita di 3 ioni sodio contro l'ingresso di 2 ioni potassio grazie all'idrolisi dell'ATP, sfruttando così l'energia liberata. L'applicazione di uno stimolo sul neurone provoca una variazione della permeabilità agli ioni sodio che cominciano a diffondere verso l'interno della cellula.

Tale situazione modifica il potenziale di membrana localmente che raggiunge ben presto un valore soglia di -55 mV.

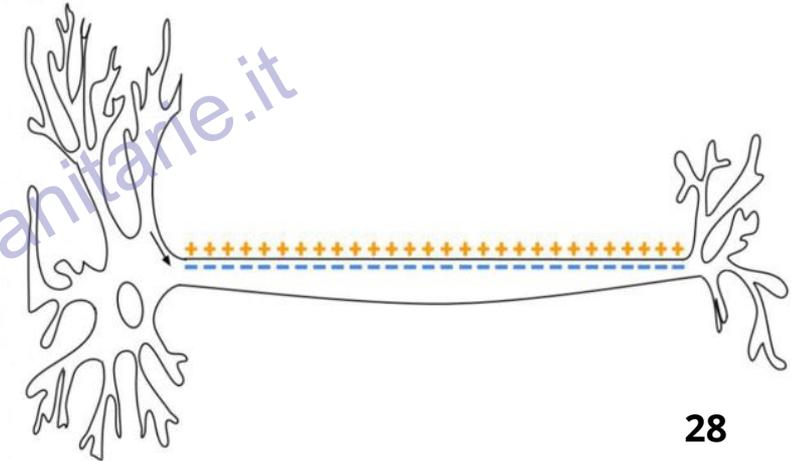


Pompa sodio-potassio ATP-dipendente

27b

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Il raggiungimento di questo valore soglia è il segnale per far aprire i **canali sodio voltaggio-dipendenti** che fanno spostare un massiccio numero di ioni sodio (20.000) all'interno della membrana cellulare. Questo flusso provoca una depolarizzazione della membrana fino a +35 mV e quindi un **potenziale d'azione**.



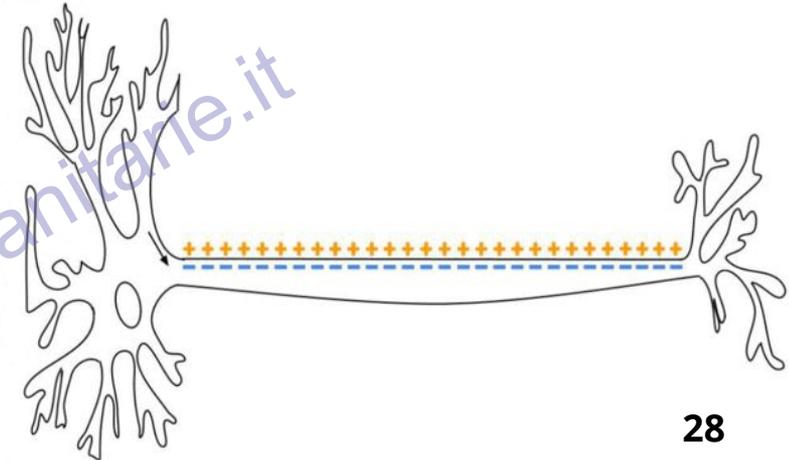
La trasmissione dell'impulso nervoso avviene attraverso un potenziale d'azione che viaggia lungo l'assone e che è legato ad un cambiamento di polarità

baseACDF.com

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Subito dopo i canali per il sodio si chiudono e si aprono i **canali ionici per il potassio** che provocano il flusso di ioni potassio verso l'esterno, ripristinando così le condizioni di riposo.

Quello che è stato appena descritto si chiama **ciclo di Hodgkin**.



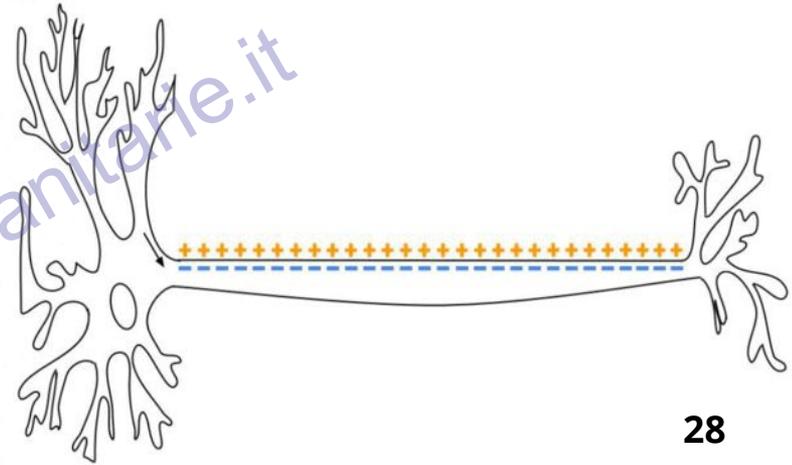
La trasmissione dell'impulso nervoso avviene attraverso un potenziale d'azione che viaggia lungo l'assone e che è legato ad un cambiamento di polarità

baseACDF.com

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Il **ciclo di Hodgkin** avviene durante la fase ascendente dello stimolo neurale (spike) subito dopo aver raggiunto il valore soglia per innescare la trasmissione dell'impulso nervoso.

Si tratta di un **feedback positivo**. Infatti inizia con un aumento della conduttanza al sodio che determina la depolarizzazione che a sua volta amplifica la conduttanza al sodio.



La trasmissione dell'impulso nervoso avviene attraverso un potenziale d'azione che viaggia lungo l'assone e che è legato ad un cambiamento di polarità

file:///C:/.../...

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Gli **anestetici locali** hanno un meccanismo d'azione diretto verso i canali ionici del sodio voltaggio-dipendenti.

Praticamente ne impediscono l'apertura determinando quindi il blocco della trasmissione nervosa e la segnalazione del dolore al SNC.

Stiamo parlando di sostanze come la procaina e la lidocaina.

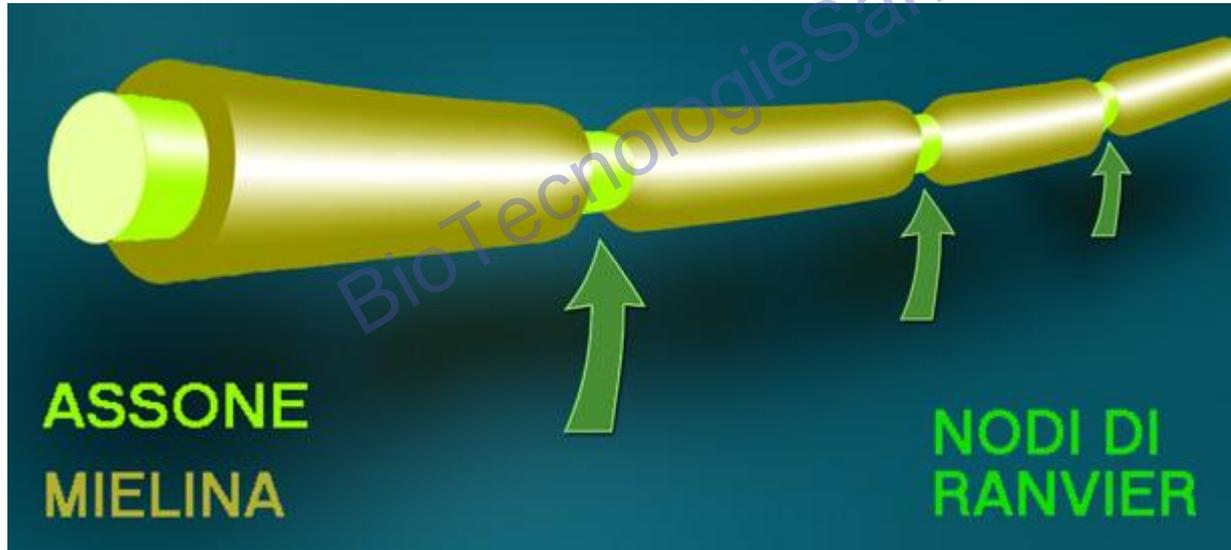
La procaina veniva usata in odontoiatria e chirurgia locale. Oggi si preferisce usarla a scopo diagnostico. Nei soggetti sensibili può sviluppare orticaria. Ha una durata d'azione breve perché è idrolizzata per la maggior parte nei tessuti e solo in piccola parte detossificata nel fegato.

La lidocaina ha invece un'emivita di 2 ore perché metabolizzata nel fegato al 90% grazie al CYP1A2 e viene usata in odontoiatria e altri interventi di chirurgia minore ma anche a livello topico per alleviare prurito o bruciore della pelle.

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Durante un potenziale d'azione l'informazione viene trasmessa saltando da un nodo di Ranvier all'altro. Quindi il meccanismo non interessa i tratti con la guaina mielinica (**conduzione saltatoria**).

La velocità di propagazione è di 100 m/s (quasi 400 km/h)

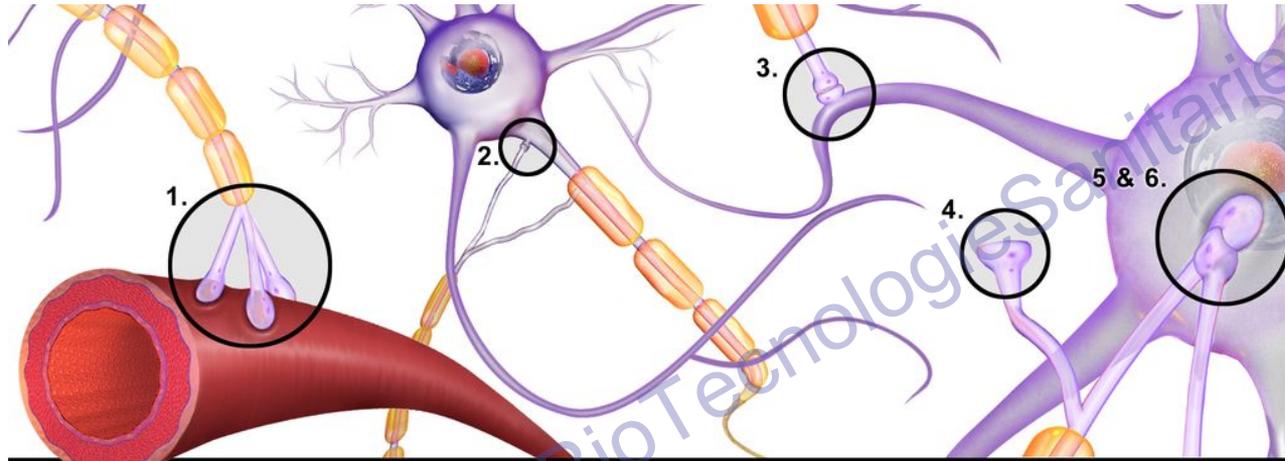


Assone con guaina mielinica e i punti di interruzione detti nodi di Ranvier

29

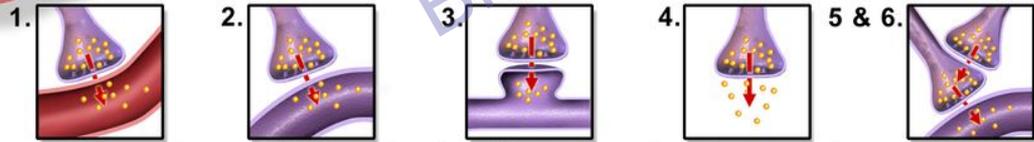
Eccitabilità elettrica e sinapsi

Le informazioni devono propagarsi da cellula a cellula. La domanda che ci si pone adesso è: con che cosa può entrare in contatto l'assone?



Il disegno lo illustra bene.

- 1 Direttamente con un vaso sanguigno
- 2 Con un altro assone
- 3 Con una spina dendritica
- 4 Con fluido extracellulare
- 5 e 6 L'assone termina sul soma di un altro neurone oppure sulla parte terminale di un altro assone.



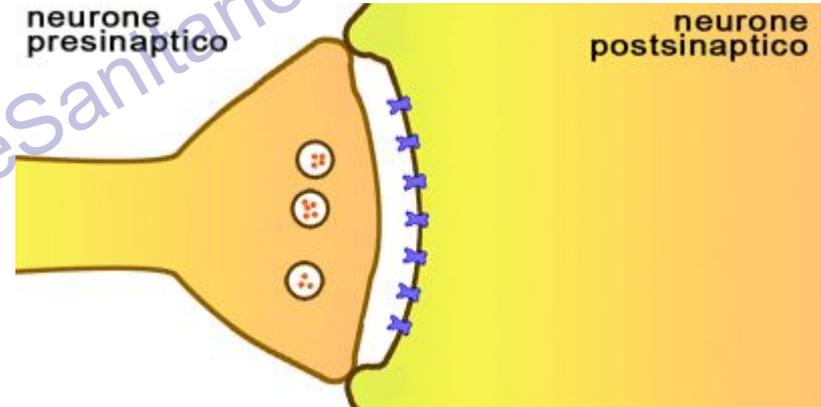
1.	2.	3.	4.	5 & 6.
Axosecretory Axon terminal secretes directly into bloodstream	Axoaxonic Axon terminal secretes into another axon	Axodendritic Axon terminal ends on a dendrite spine	Axoextracellular Axon with no connection secretes into extracellular fluid	Axosomatic Axon terminal ends on soma Axosynaptic Axon terminal ends on another axon terminal

Eccitabilità elettrica e sinapsi

Qualunque sia la cellula con cui l'assone entra in contatto, deve trasmetterle il suo segnale perché questo è il suo compito.

La trasmissione avviene in strutture altamente specializzate che prendono il nome di **sinapsi**.

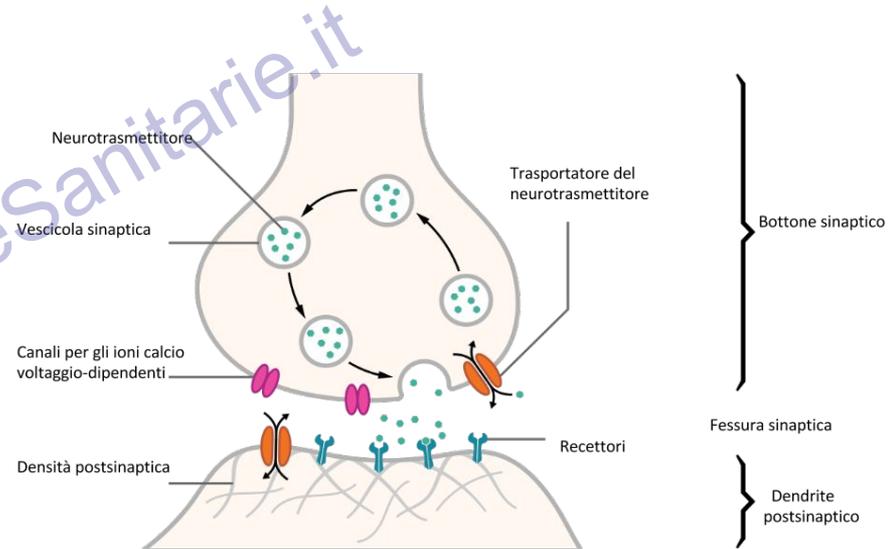
Al livello della sinapsi la membrana cellulare del neurone che deve trasmettere il segnale (neurone presinaptico) è separata dalla membrana cellulare della cellula ricevente (cellula postsinaptica) da uno spazio molto limitato, la fessura sinaptica.



Eccitabilità elettrica e sinapsi

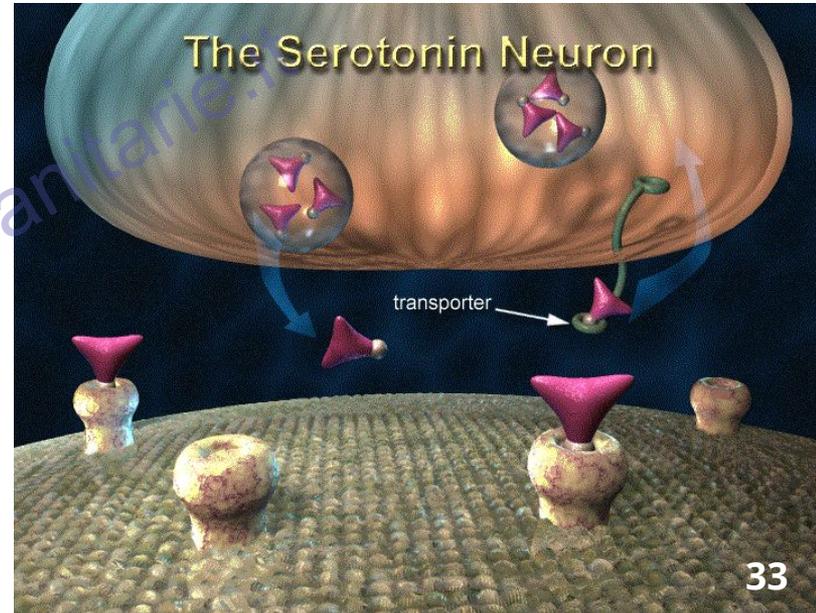
Le sinapsi possono essere di due tipi: chimica o elettrica.

Sinapsi chimica. Nella sinapsi chimica il terminale presinaptico include delle vescicole che contengono i neurotrasmettitori (vescicole sinaptiche) che vengono attivate a rilasciare la loro sostanza chimica quando i canali degli ioni calcio voltaggio-dipendenti vengono aperti in seguito al potenziale d'azione.



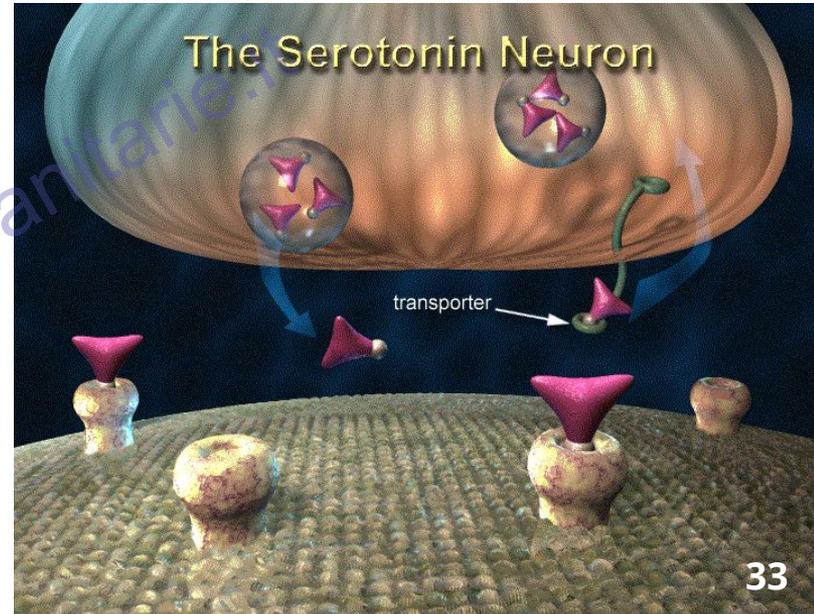
Eccitabilità elettrica e sinapsi

Le membrane delle vescicole sinaptiche si fondono con la membrana dell'assone presinaptico e il neurotrasmettitore raggiunge la fessura sinaptica ed entra in contatto con la membrana della cellula postsinaptica dove trova specifici recettori o canali ionici.

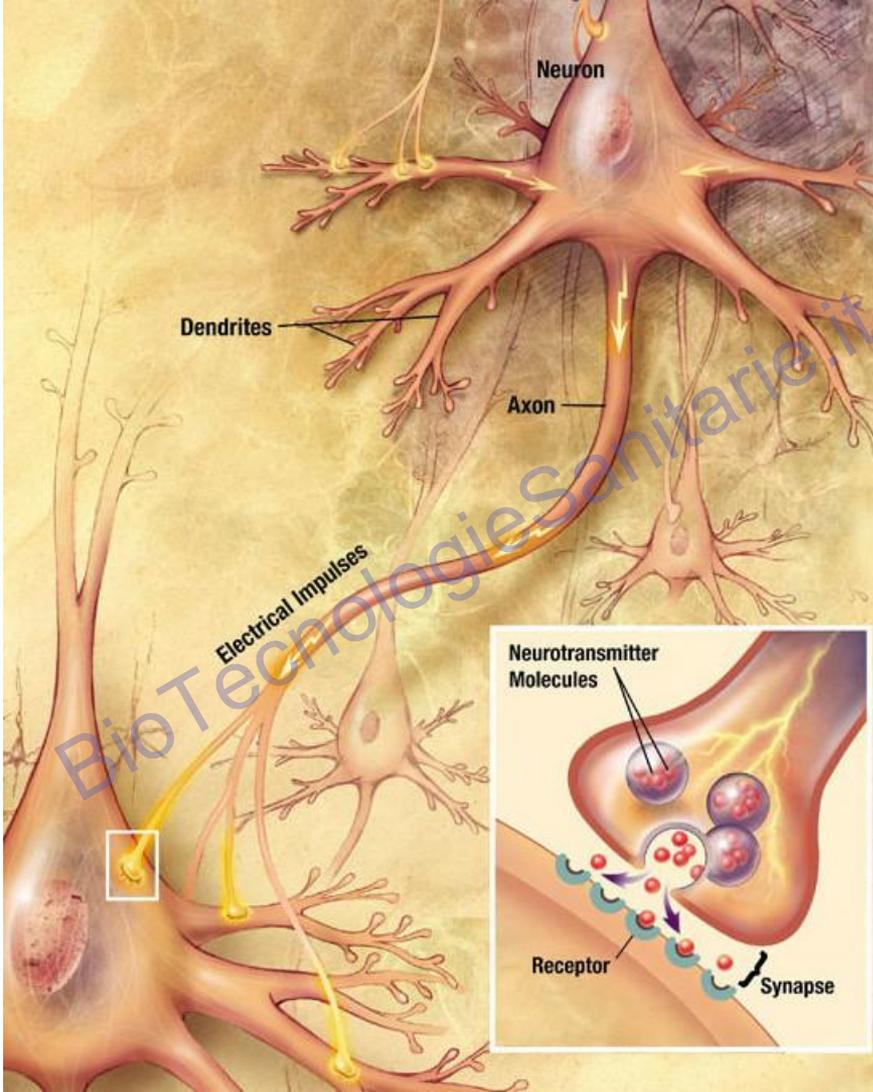


Eccitabilità elettrica e sinapsi

Il neurotrasmettitore in eccesso può essere ricaptato da proteine specifiche e riassorbito nella membrana presinaptica oppure scisso in parti inerti da un enzima. Anche tali parti possono essere riassorbite dalla membrana presinaptica. Ciò apre la strada ad una possibile nuova sintesi del neurotrasmettitore.



Eccitabilità elettrica e sinapsi



Altra immagine che illustra molto bene la sinapsi chimica tra la terminazione di un assone e il pirenoforo di un altro neurone

34

Eccitabilità elettrica e sinapsi

La **sinapsi** può anche essere elettrica. Il segnale si trasmette da una cellula alla successiva senza l'interposizione di molecole chimiche ma grazie alla presenza di **gap junction** ovvero di una connessione intercellulare che lascia uno spazio ridottissimo tra le due membrane (2 - 4 nm, il minimo indispensabile per scambiare alcuni metaboliti). Le unità sono i connessoni formati da proteine specifiche (connessine). Tale sinapsi è attiva nel muscolo cardiaco e nel tessuto muscolare liscio.

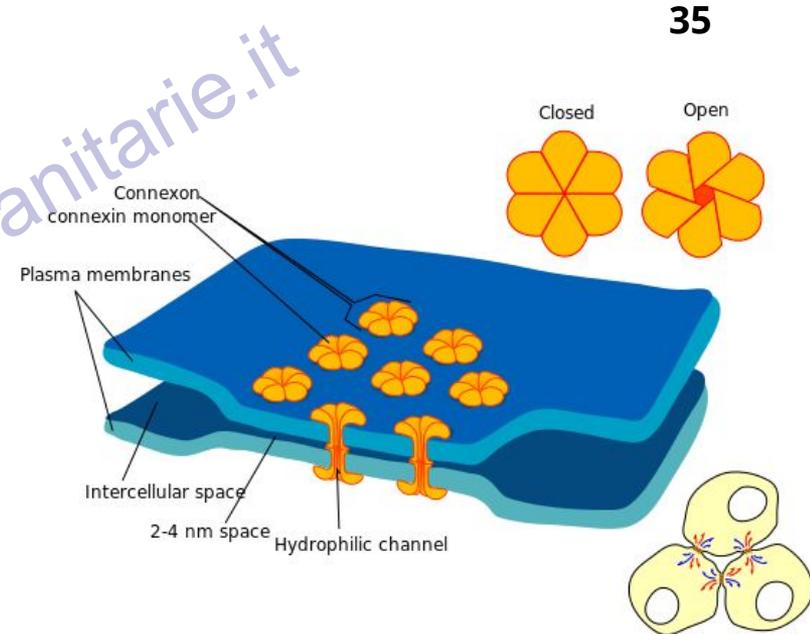


Photo credits

- 1 <https://www.youtube.com/watch?v=1fxhczaGcyk>
- 2 By Verisimilus at English Wikipedia, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3262792>
- 3 By OpenStax College [CC BY 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)], via Wikimedia Commons
- 4 Immagine di mia proprietà
- 5 By BruceBlaus. When using this image in external sources it can be cited as: Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28761829>
- 6 By Quasar Jarosz at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7616130>
- 7 By UC Regents Davis campus - <http://brainmaps.org>, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22012513>
- 8 Public domain - Via Wikimedia Commons
- 9 By Juoj8 - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17204559>
- 10 By Nephron - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12523016>
- 11 Di Complete_neuron_cell_diagram_en.svg: LadyofHatsderivative work: Radio89 - Questo file deriva da Complete neuron cell diagram en.svg; Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18926431>
- 12 By Original uploader was Nrets at en.wikipedia - Transferred from en.wikipedia, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4331139>
- 13 By BruceBlaus - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28761830>

Photo credits

- 14** By Pseudounipolar_bipolar_neurons.svg: Juoj8derivative work: Jonathan Haas (talk) - This file was derived from Pseudounipolar bipolar neurons.svg; CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18271454>
- 15** By BruceBlaus. When using this image in external sources it can be cited as:Blausen.com,staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28761843>
- 16** By No machine-readable author provided. GrzegorzWicher~commonswiki assumed (based on copyright claims). - No machine-readable source provided. Own work assumed (based on copyright claims)., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1223661>
- 17** By Ben Brahim Mohammed - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12263975>
- 18** By Neuron_with_oligodendrocyte_and_myelin_sheath.svg: *Complete_neuron_cell_diagram_en.svg: LadyofHatsderivative work: Andrew c (talk) - Neuron_with_oligodendrocyte_and_myelin_sheath.svg, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10888009>
- 19** By Artwork by Holly Fischer - <http://open.umich.edu/education/med/resources/second-look-series/materials> - CNS Slide 9, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24367135>
- 20** By Martin Hasselblatt MD - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1427039>
- 21** By OpenStax College - Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1.6/>, Jun 19, 2013., CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30147917>
- 22** By OpenStax College - Anatomy & Physiology, Connexions Web site. <http://cnx.org/content/col11496/1.6/>, Jun 19, 2013., CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30147985>

Photo credits

- 23** By Artwork by Holly Fischer - <http://open.umich.edu/education/med/resources/second-look-series/materials> - CNS Slide 4, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24367125>
- 24** By BruceBlaus. When using this image in external sources it can be cited as:Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29140354>
- 25** Di Original uploader was Outslider (Paweł Tokarz) at pl.wikipedia - Trasferito da pl.wikipedia su Commons da Masur utilizzando CommonsHelper., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5828577>
- 26** By Efazzari - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=47402716>
- 27a** By Synaptitude, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21460910>
- 27b** By LadyofHats Mariana Ruiz Villarreal - Own work. Image renamed from Image:Sodium-Potassium_pump.svg, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3981038>
- 28** By Laurentaylorj - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26311114>
- 29** Di Nessun autore leggibile automaticamente. Waglion presunto (secondo quanto affermano i diritti d'autore). - Nessuna fonte leggibile automaticamente. Presunta opera propria (secondo quanto affermano i diritti d'autore)., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4709997>
- 30** By BruceBlaus. When using this image in external sources it can be cited as:Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762. - Own work, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28761841>
- 31** Di Marcelo Guerra - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4484889>

Photo credits

32 By Thomas Splettstoesser (www.scistyle.com) - Own work, CC BY-SA 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41349545>

33 By National Institute on Drug Abuse -

<http://www.drugabuse.gov/publications/teaching-packets/neurobiology-ecstasy/section-i>, Public Domain,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44071285>

34 By user:Looie496 created file, US National Institutes of Health, National Institute on Aging created original -

<http://www.nia.nih.gov/alzheimers/publication/alzheimers-disease-unraveling-mystery/preface>, Public Domain,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8882110>

35 Di Mariana Ruiz LadyofHats - the diagram i made myself using the information on this websites as source: [1], [2], [3], and[4].

Made with Adobe Illustrator. Image renamed from File:Gap cell junction.svg, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6027074>

Nell'intestazione di sezione

Neurone su coltura cellulare

By GerryShaw (Own work) [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)], via Wikimedia Commons