

IL SISTEMA NERVOSO

Il **sistema nervoso** è un complesso che provvede alla ricezione di stimoli, alla trasmissione di segnali all'interno dell'organismo, alla elaborazione delle informazioni, ad essi connessi alla generazione di opportuni segnali ed alla utilizzazione a livello periferico di tali segnali.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL SISTEMA NERVOSO

Centrale (Unità di elaborazione e controllo)

Trasmissivo (Cablaggio)

Afferente

(dalla periferia verso
l'unità centrale)

Sensoriale
(dall'esterno)

UDITO
VISTA
GUSTO
OLFATTO
TATTO

Periferico

Efferente

(dalla unità centrale
verso la periferia)

Autonomo
(dall'interno)

Per la regolazione
di grandezze
interne

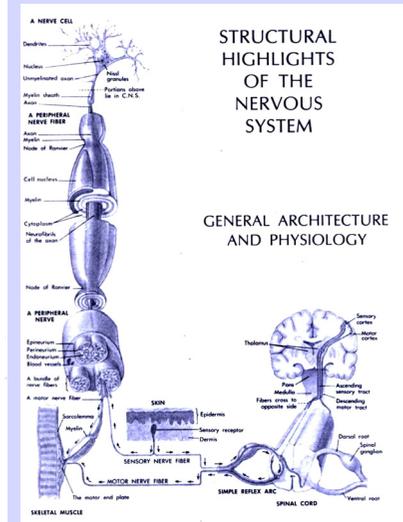
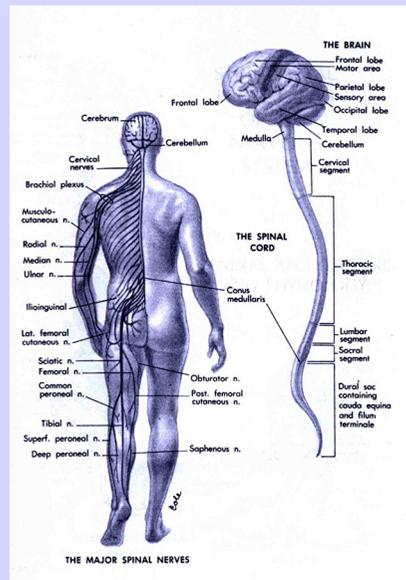
Azione su
muscoli e
ghiandole

Può essere:
- volontario
- involontario



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL SISTEMA NERVOSO



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL SISTEMA NERVOSO

Il **sistema nervoso centrale** costituisce l'unità centrale, nella quale peraltro trovano sede anche attività imponderabili (almeno attualmente) quali la personalità, la creatività ecc..

La **parte trasmissiva** del sistema nervoso è costituita dalle fibre nervose.

Le **unità periferiche** entranti ed uscenti sono rispettivamente chiamate **recettori** ed **effettori**. I recettori ancora possono ricevere informazioni relative tra l'esterno e l'interno del corpo o solo relativamente a grandezze esistenti all'interno del corpo.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL SISTEMA NERVOSO

Le **unità di uscita (effettori)** possono essere ancora divisi in **effettori involontari**, direttamente comandati dal sistema nervoso centrale per mantenere all'interno dell'organismo determinate condizioni, unità di uscita del Sistema Nervoso Autonomo (SNA).

Effettori volontari (muscoli) e gli effettori riflessi che agiscono in seguito a stimoli interni o esterni, spesso senza il tramite diretto del sistema nervoso centrale.



IL SISTEMA NERVOSO

Il sistema nervoso si può dividere dal punto di vista anatomico, secondo grandi linee, in:

- 1) **Encefalo** (sistema nervoso centrale)
- 2) **Nervi cranici**
- 3) **Midollo spinale** (sistema nervoso centrale)
- 4) **Nervi spinali**



IL SISTEMA NERVOSO

I componenti principali di questo sistema sono:

- 1) **Neuroni**
- 2) **Sinapsi**
- 3) **Unità trasduttrici di entrata**
- 4) **Unità trasduttrici di uscita**



IL SISTEMA NERVOSO

L'encefalo è suddiviso in **cervello** e **cervelletto**.

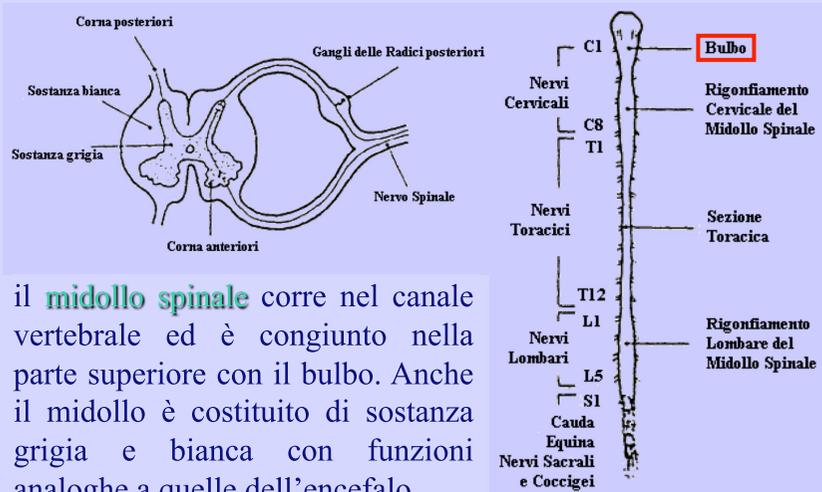
Il cervello é composto di **sostanza grigia** e **sostanza bianca**.

La prima contiene i corpi cellulari dei neuroni ed è sede delle effettive elaborazioni delle informazioni. La sostanza bianca è formata da fibre nervose.

La parte più esterna del cervello è la **corteccia** ed è composta di sostanza grigia. La corteccia è una vasta stazione interneuronale con un gran numero di fibre afferenti ed efferenti delle regioni più varie.



IL MIDOLLO SPINALE



il midollo spinale corre nel canale vertebrale ed è congiunto nella parte superiore con il bulbo. Anche il midollo è costituito di sostanza grigia e bianca con funzioni analoghe a quelle dell'encefalo.



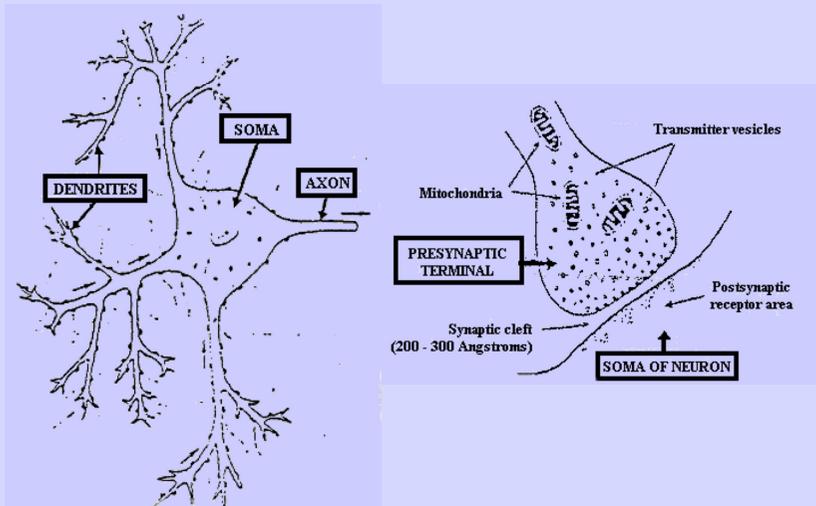
I NEURONI E LE SINAPSI

Il **neurone** è la cellula nervosa elementare. In condizioni normali la parte interna del neurone è polarizzata a -70mV .

I **dendriti** formano la parte di entrata (input) del neurone. Le unità che presiedono al passaggio delle informazioni da e per il neurone sono le **sinapsi** o meglio i **contatti sinaptici**, punto di maggiore complessità del sistema. In essi non si ha una semplice, fedele trasmissione dell'informazione, bensì effetti di sommazione spaziale e temporale, ovvero di integrazione, nonché effetti inibitori o eccitatori.



I NEURONI E LE SINAPSI

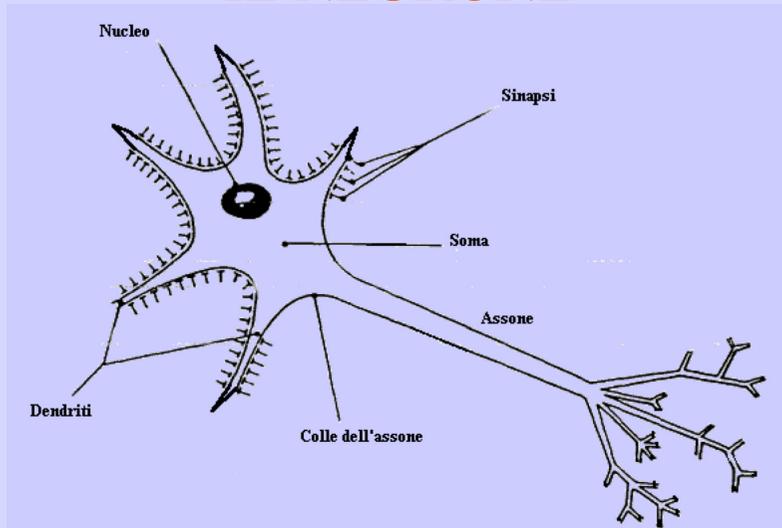


IL NEURONE

I **neuroni**, pur essendo di vario tipo (come forma, dimensione, ecc.), hanno in comune la loro costituzione elementare e il loro funzionamento. Il nucleo della cellula è contenuto nel soma o corpo cellulare. Sono la parte principale della cellula, in quanto da essi dipende la sopravvivenza e riproduzione della cellula. Per quanto riguarda le proprietà funzionali il nucleo ha una scarsa importanza.



IL NEURONE



IL NEURONE

Dal soma prende origine l'**assone** (il punto nel quale ha origine prende il nome di **collo dell'assone**). L'assone spesso risulta molto lungo (per esempio può servire a collegare un corpo cellulare contenuto nel midollo spinale con una unità periferica contenuta alle estremità degli arti); alla fine dell'assone vi può essere una arborescenza, più o meno pronunciata, per innervare più di una susseguente unità. L'assone, insieme con la sua arborescenza, può essere considerata come l'organo di uscita del neurone.

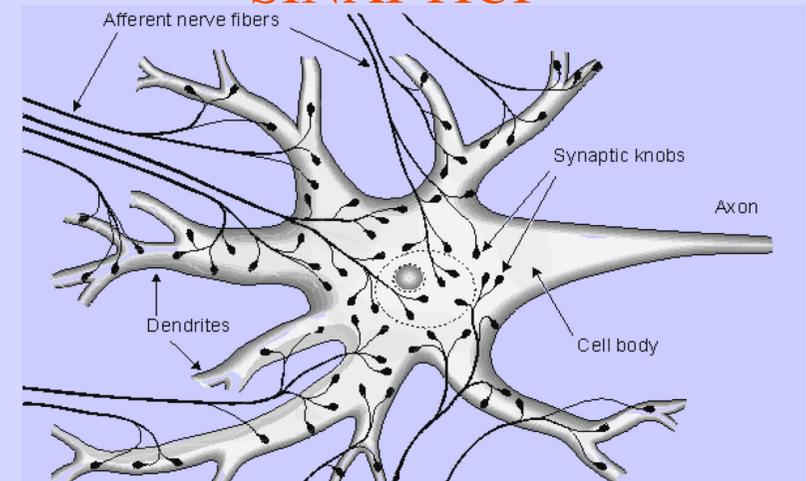


IL NEURONE

Al neurone fanno capo in generale numerosi **dendriti**. I **dendriti** (insieme, per la verità, in molti casi, al soma) formano l'organo di entrata del neurone. Le unità che presiedono al passaggio delle informazioni (o dei segnali) da e per il neurone sono le sinapsi o meglio i **contatti sinaptici**. Le **sinapsi**, in generale, sono poste sia vicino alla superficie esterna dei dendriti sia a quella del soma. (Le sinapsi possono essere considerate le interfacce esistenti tra le varie unità del sistema nervoso).



DENDRITI E CONTATTI SINAPTICI



IL NEURONE

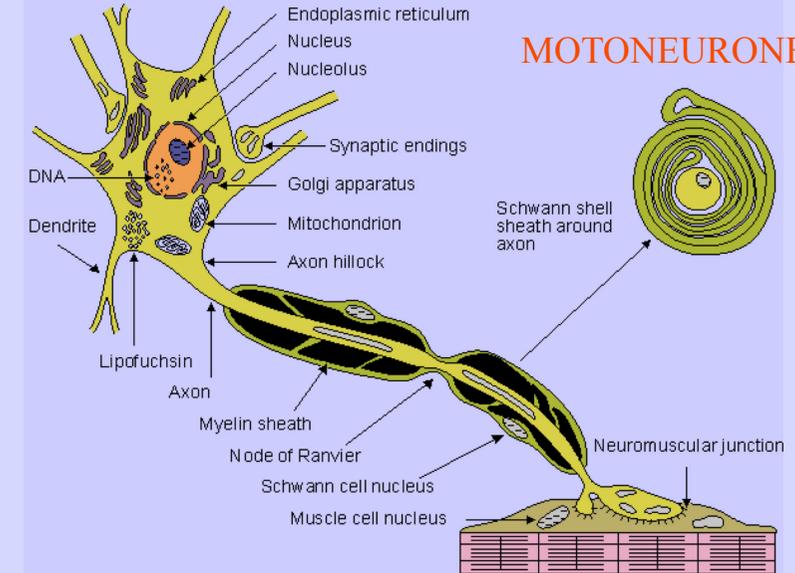
A seconda delle unità esistenti all'entrata ed all'uscita di un neurone:

- **interneurone**: entrata neurone-uscita neurone;
- **neurone afferente** (o sensitivo): entrata recettore-uscita neurone (prima cellula tipo neurone nelle vie sensitive);
- **neurone efferente**: entrata neurone-uscita effettore (**motoneurone** se l'effettore è un muscolo, l'unità dell'interfaccia sistema nervoso-sistema muscolare è chiamata **placca motrice**);
- **neurone con entrata un ricettore e con uscita un effettore** (se ne dubita però la sua esistenza, salvo casi del tutto particolari).



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

MOTONEURONE



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

MEMBRANA E MIELINA

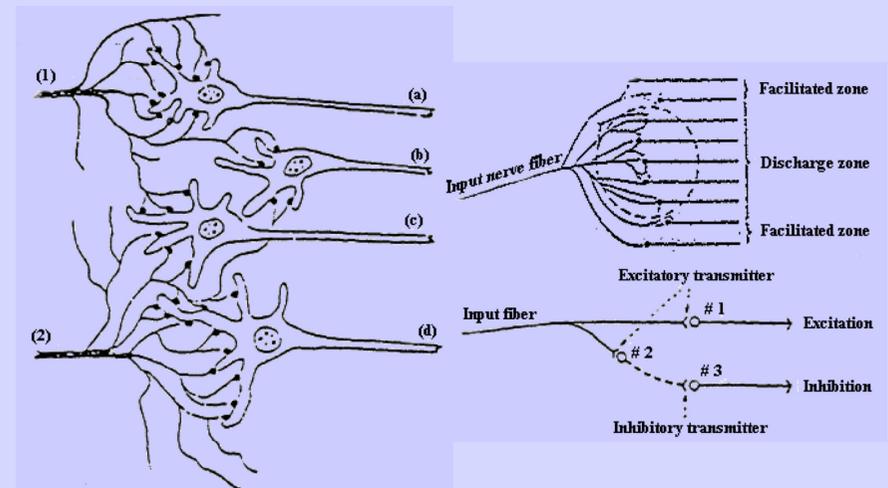
Tutta la cellula nervosa è rivestita da una **membrana**, il cui spessore è dell'ordine di 50Å. Dato il suo piccolo spessore, soltanto recentemente è stato possibile avere dimostrazione diretta della sua esistenza, mediante l'uso sistematico del microscopio elettronico.

Dal punto di vista della conduzione dell'impulso elettrico, i neuroni, si distinguono in **neuroni mielinici** e **neuroni non mielinici** a seconda che l'assone sia rivestito o meno da una guaina detta **mielina**.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

POOL DI NEURONI



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

ATTIVITA' ELETTRICA

L'attività elettrica dei componenti del sistema nervoso è rappresentata da due fenomeni diversi ma strettamente correlati: il *potenziale di membrana* (o di riposo) e il *potenziale d'azione* (o impulso nervoso).

Il potenziale di membrana non è una proprietà esclusiva dei componenti del sistema nervoso; in quasi tutte le cellule esiste una differenza di potenziale fra i due lati della membrana. Tale differenza di potenziale varia da **-40 a -100 mV** a seconda del tipo di cellula; per il neurone la d.d.p. è di **-70 mV**.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

ATTIVITA' ELETTRICA

Le ricerche sull'attività della singola fibra nervosa hanno avuto un concreto sviluppo, dopo il 1936, in seguito alla scoperta di una "stranezza" biologica. In tale anno J.Z.Young scoprì che, nella seppia, l'assone mediante il quale gli impulsi nervosi giungono ai muscoli della coda ha un diametro di circa 1 mm, molto maggiore degli assoni di mammifero. Hodgkin e vari collaboratori (1964) lavorarono per parecchi anni sull'assone gigante della seppia; per tali ricerche Hodgkin ed Huxley ottennero, nel 1963, il premio Nobel.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

ATTIVITA' ELETTRICA

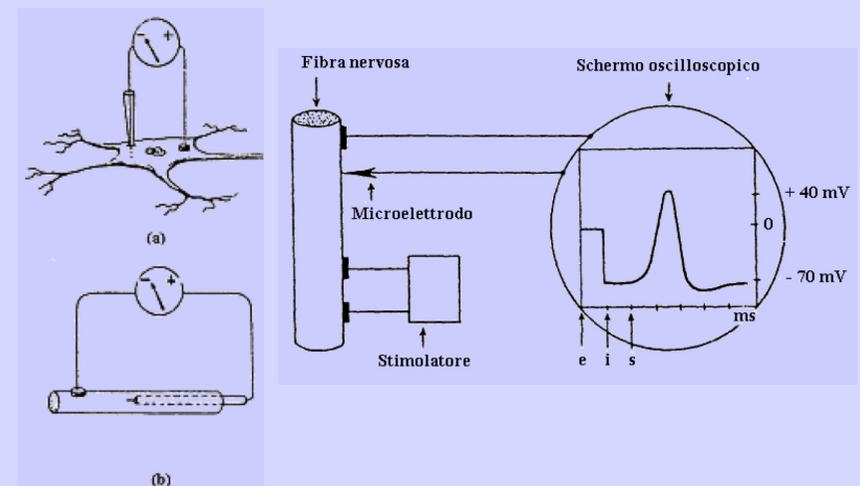
L'assone della seppia presenta, un diametro molto più grande di quello dei neuroni di mammifero, è assai resistente e, se posto in acqua di mare, può sopravvivere fino a quattro ore.

La membrana della fibra è spessa (50-100 Å), resistente e non è rivestita da tessuto connettivo, il che facilita lo studio delle sue caratteristiche. Il contenuto della membrana (cioè, l'*assoplasma*) può essere estratto con facilità ed essere studiato chimicamente. Sostituendo l'assoplasma con soluzioni saline, la membrana continua a svolgere le sue funzioni.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

ATTIVITA' ELETTRICA



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

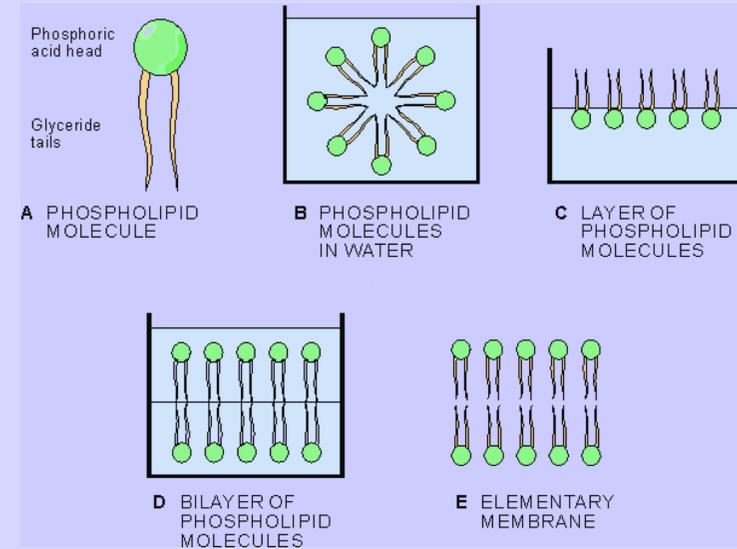
MEMBRANA CELLULARE

La **membrana cellulare** è una struttura pluristratificata; lo strato esterno è costituito da proteine e polisaccaridi, quello intermedio da molecole dipolari di fosfolipidi, lo strato interno è di natura proteica. Sulla membrana sono presenti migliaia di aperture cilindriche (pori) che mettono in comunicazione il citoplasma con l'ambiente esterno.



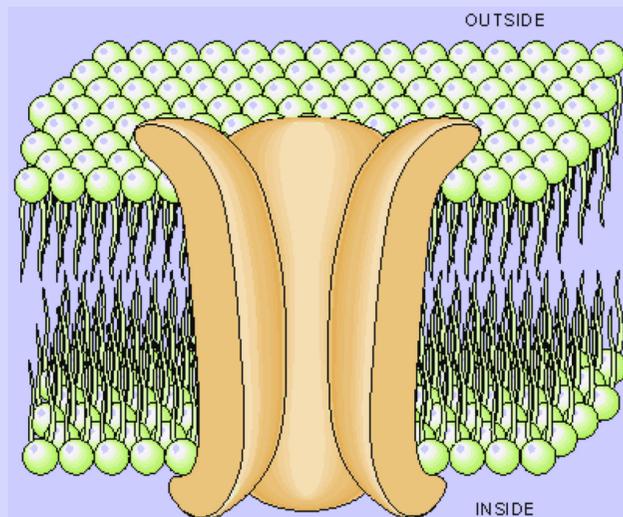
University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

STRUTTURA DELLA MEMBRANA



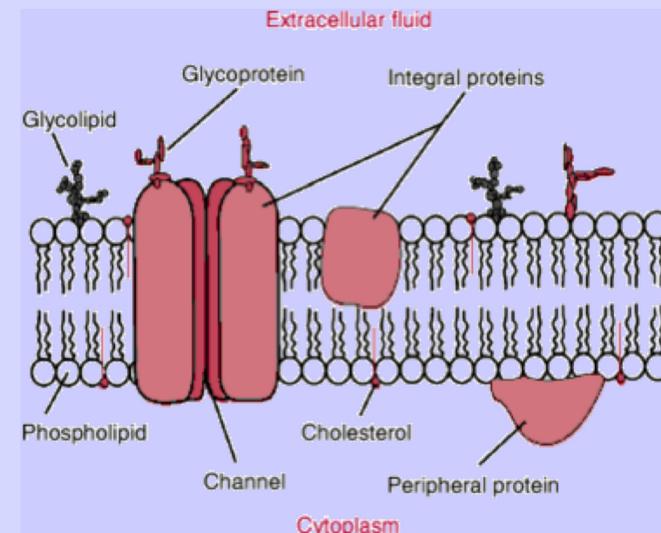
University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

STRUTTURA DELLA MEMBRANA



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

STRUTTURA DELLA MEMBRANA



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Dal punto di vista elettrico la membrana della cellula nervosa ha una resistività elevata ($1000 \text{ } \Omega/\text{cm}^2$), una capacità specifica di $2-5 \text{ F/cm}^2$ e presenta le caratteristiche di una membrana semipermeabile che separa due soluzioni elettrolitiche di bassa resistività (circa $20-30 \text{ } \Omega/\text{cm}^2$). A tali caratteristiche corrisponde la presenza, fra l'esterno e l'interno della membrana, di una *d.d.p.* che può essere dimostrata sperimentalmente.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

DIFFUSIONE E OSMOSI

Quando due soluzioni a diversa concentrazione sono separate da una membrana semipermeabile avvengono due tipi di processi: la **diffusione** e l'**osmosi**. La **diffusione** è il fenomeno per il quale le particelle di soluto (molecole o ioni) tendono a spostarsi verso zone di minore concentrazione.

Quando le molecole di soluto sono più grandi dei pori della membrana si verifica il fenomeno dell'**osmosi**: le molecole di solvente si spostano verso le zone di maggiore concentrazione, dando luogo alla pressione osmotica.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

FLUSSO DI IONI

Il flusso di ioni attraverso la membrana è controllato da quattro forze:

gradiente di concentrazione, differenza di concentrazione tra il liquido extra ed intra-cellulare

permeabilità della membrana, rapporto fra diametro dei pori e grandezza degli ioni

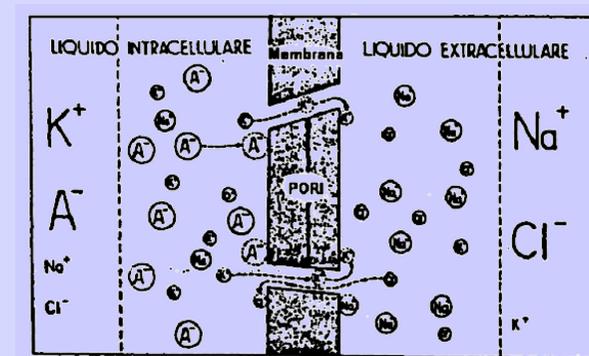
gradiente elettrico, *d.d.p.* dovuta alla diversa concentrazione e/o composizione dei due liquidi

trasporto attivo di ioni K^+ e Na^+ da parte della **pompa sodio-potassio**.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

MEMBRANA



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

MEMBRANA

Un elemento di importanza primaria nella genesi della d.d.p. fra esterno ed interno della membrana è la **permeabilità differenziale** che la membrana presenta verso i differenti ioni. I pori della membrana della cellula nervosa hanno il diametro di 3 Å e non lasciano passare i grossi anioni organici (A-) presenti nel liquido intracellulare. Per quanto riguarda gli ioni K⁺ e Cl⁻, la permeabilità è elevata (e molto simile per i due ioni), mentre la permeabilità agli ioni Na⁺ è circa 50-100 volte inferiore (rispetto a quella per gli ioni K⁺).



FLUSSO DI IONI

Il potassio ha un peso atomico (39) maggiore di quello del sodio (23) e ci si aspetterebbe una permeabilità minore per lo ione K⁺. Di fatto, nell'organismo gli ioni sono idratati e lo ione Na⁺ attrae e trattiene un maggior numero di molecole dipolari di H₂O: il diametro dello ione Na⁺ idratato risulta quindi di 3,4 Å, mentre quello del potassio è di 2,2 Å (Duncan, 1967).



FLUSSO DI IONI

		<i>Cellula muscolare di mammifero</i>	<i>Neurone motorio di mammifero</i>	<i>Assone gigante di seppia</i>
Liquidi Extra Cellulari	Cl ⁻	120	125	560
	Na ⁺	145	150	440
	K ⁺	3.8	5.5	20
Liquidi Intra-cellulari	Cl ⁻	4	9	40
	Na ⁺	12	15	50
	K ⁺	155	150	400
	A ⁻	155	presenti	presenti



FLUSSO DI IONI

IONI	Concentrazione esterna ☒ mole/ml	Concentrazione interna ☒ mole/ml	Rapporto fra concentrazioni	Potenziale di equilibrio	Potenziale elettro-chimico
Cl ⁻	125	9	14/1	-70 mV	0
K ⁺	5.5	150	1/27	-88 mV	+18 mV
Na ⁺	150	15	10/1	+61.5 mV	-131.5 mV



FLUSSO DI IONI

Il potenziale di equilibrio viene calcolato mediante l'equazione di Nernst. Con riferimento agli ioni K^+ , la differenza di potenziale chimico (di concentrazione) è il lavoro LC richiesto per controbilanciare il solo gradiente di concentrazione e trasportare dall'esterno all'interno della membrana 1 mole di K^+ .

Tale lavoro corrisponde alla differenza dei logaritmi neperiani delle concentrazioni interne ed esterne:

$$LC = RT (\ln (K^+)_i - \ln (K^+)_e)$$

dove R = costante universale dei gas, T = temperatura assoluta.



FLUSSO DI IONI

La differenza di potenziale elettrico è il lavoro LE richiesto per controbilanciare il solo gradiente elettrico, e trasportare, dall'esterno allo interno della membrana, 1 mole di K^+ . Tale lavoro è dato da: $LC = E_m FZ$, dove E_m = potenziale di membrana (espresso in joule per coulomb), F = faraday, Z = valenza di K^+ .

La differenza di potenziale elettrochimico è la somma delle differenze di potenziale chimico ed elettrico:

$$D_m = LC + LE = (RT \ln ((K^+)_i / (K^+)_e) + (E_m FZ)$$



FLUSSO DI IONI

Se E_m , $(K^+)_e$, $(K^+)_i$ sono tali che $D_m = 0$, gli ioni K^+ sono in condizione di equilibrio da ambedue i lati della membrana.

Se $D_m \neq 0$ si ha un trasporto di K^+ all'esterno della membrana, proporzionale alla grandezza di D_m .

La condizione di equilibrio ionico si verifica quando il potenziale elettrochimico di un determinato ione è uguale a zero. Ponendo, nella suddetta equazione $D_m = 0$, sostituendo E_m con E_K e risolvendo per quest'ultimo si ha l'equazione di Nernst:

$$E_K = (RT/FZ) \ln ((K^+)_e / (K^+)_i)$$



FLUSSO DI IONI

Il termine E_K sta ad indicare che dall'equazione si ottiene il valore che E_m deve avere perchè gli ioni K^+ siano in equilibrio; E_K rappresenta quindi il **potenziale di equilibrio dello ione K^+** .

Volendo esprimere E_K in millivolt si sostituiscono ai simboli i corrispondenti valori: R = 8,314 joule/K mole; T = 310 K (=37° C); F = 96,500 coulomb per mole; Z = +1. Convertendo il logaritmo neperiano in decimale si ha l'equazione di Nernst semplificata:

$$E_K = \frac{8,314 \times 310}{96,500 \times 1} \cdot \frac{1}{0,434} \log \frac{(K^+)_e}{(K^+)_i} = 61,5 \log \frac{(K^+)_e}{(K^+)_i} \text{ mV}$$



FLUSSO DI IONI

a) **Ioni potassio**: il potenziale di equilibrio di K^+ nel caso del neurone motorio è:

$$E_K = 61,5 \log \frac{5,5}{150} = 61,5 \log \frac{1}{27} = 61,5 \log 27 =$$

$$(61,5)(-\log 27) = (61,5)(-1,436) = -88 mV$$

La differenza tra il potenziale di membrana e il potenziale di equilibrio di K^+ è:

$$-70 mV - (-88 mV) = +18 mV$$

potenziale elettrochimico ed indica che E_K è più negativo di E_m e che gli ioni K^+ non sono perfettamente in equilibrio. Per evitare la diffusione verso l'esterno degli ioni K^+ è quindi necessaria un'altra forma di energia quale è fornita dalla "pompa del potassio".



FLUSSO DI IONI

b) **Ioni cloro**: il potenziale di equilibrio di Cl^- è dato da:

$$61,5 \log \frac{(Cl^-)_i}{(Cl^-)_e} = -70 mV$$

Non vi è quindi alcuna differenza tra E_m ed E_{Cl^-} , e gli ioni Cl^- risultano in perfetto equilibrio.



FLUSSO DI IONI

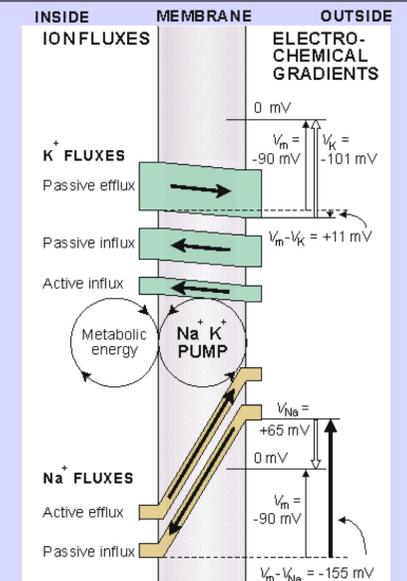
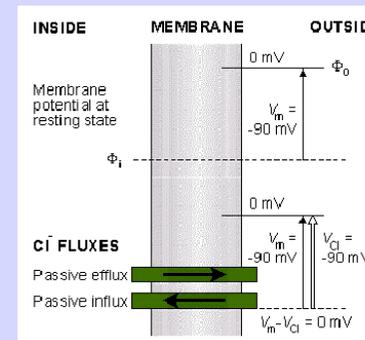
c) **Ioni sodio**: il potenziale di equilibrio di Na^+ è:

$$61,5 \log \frac{150}{15} = +61,5 mV$$

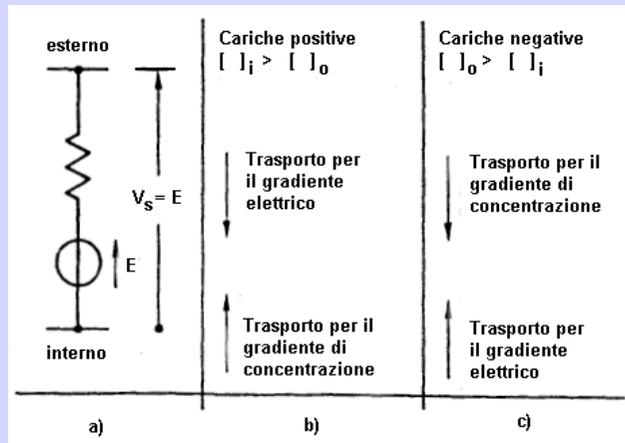
poichè il potenziale di membrana è di $-70 mV$, si ha un gradiente elettrochimico di $-131,5$. Il gradiente chimico e quello elettrico hanno lo stesso senso e tenderebbero a trasportare gli ioni Na^+ all'interno della cellula. E' stato dimostrato, mediante gli isotopi radioattivi di Na^+ , che la membrana è, sia pure limitatamente, permeabile al Na^+



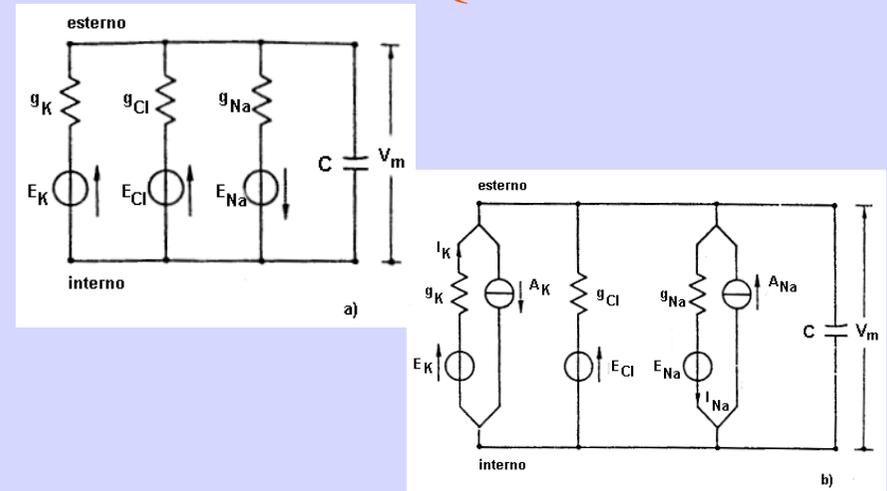
LA POMPA SODIO POTASSIO



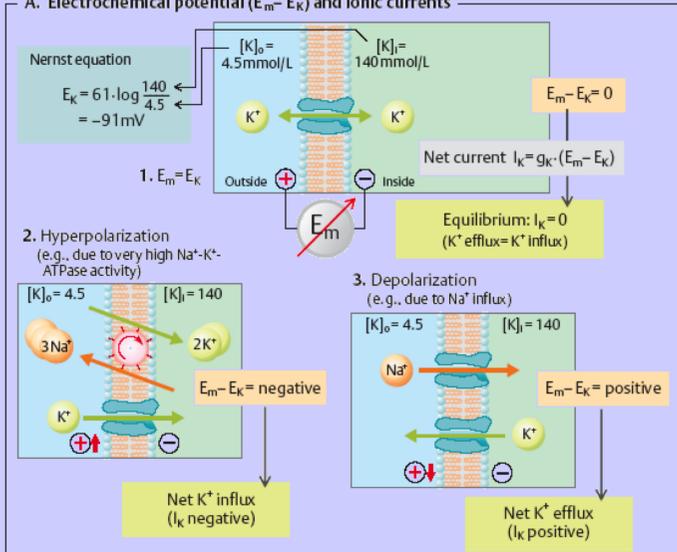
CIRCUITO EQUIVALENTE



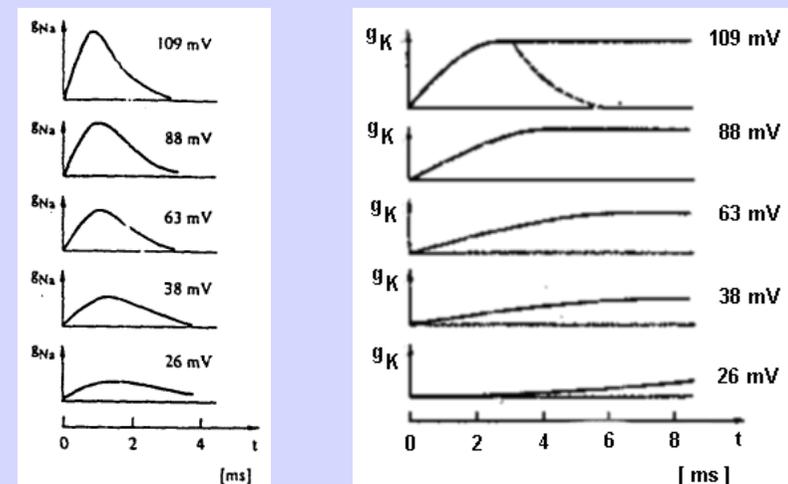
CIRCUITO EQUIVALENTE



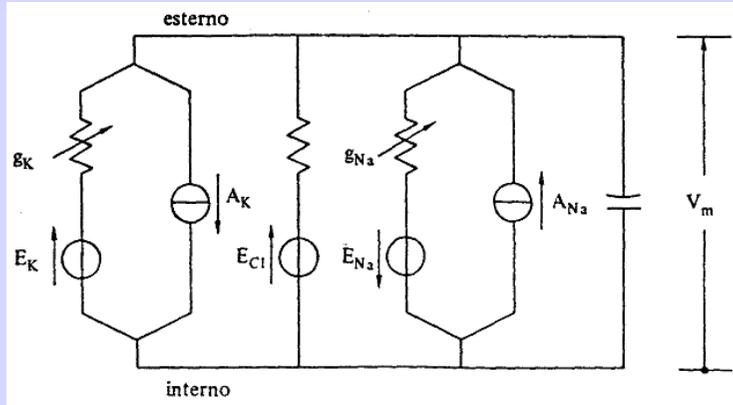
A. Electrochemical potential ($E_m - E_K$) and ionic currents



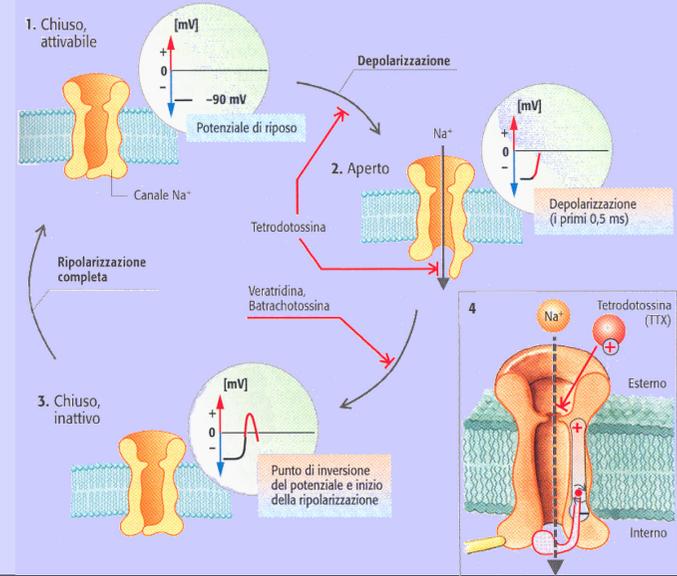
VARIAZIONE DELLE CONSUTTANZE



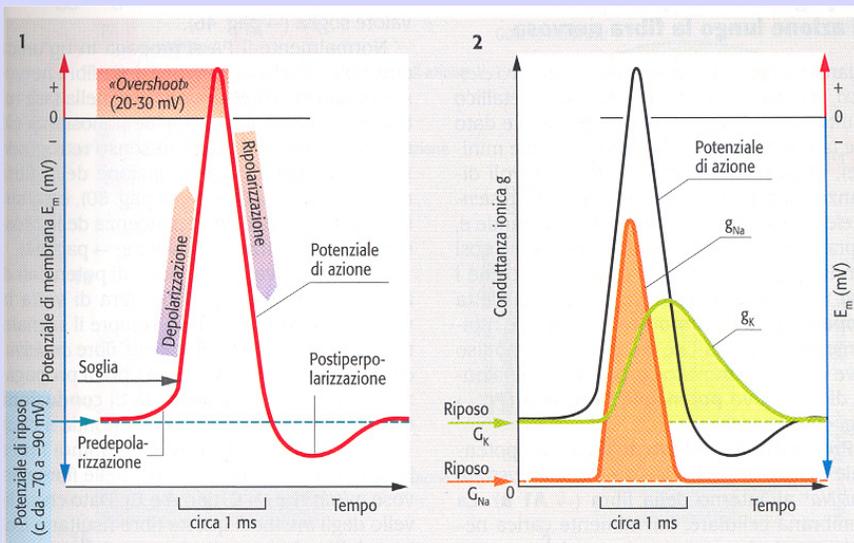
VARIAZIONE DELLE CONSUTTANZE



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
 Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
 Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

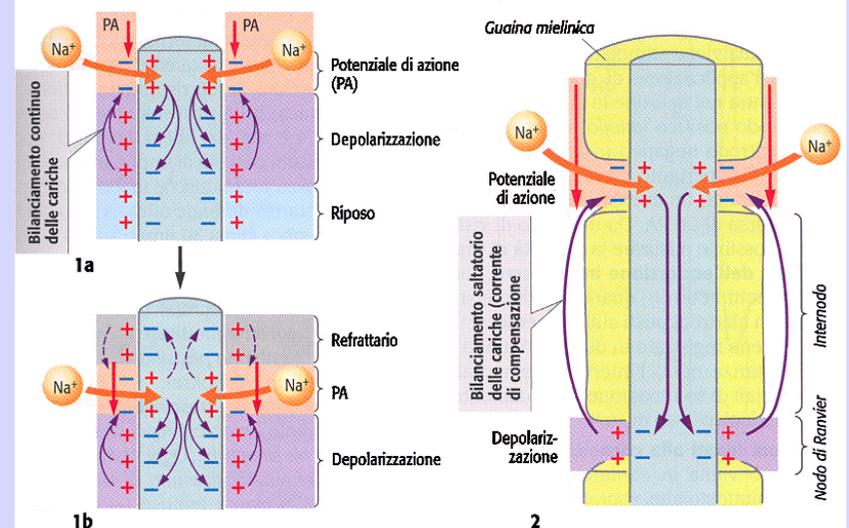


University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
 Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
 Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

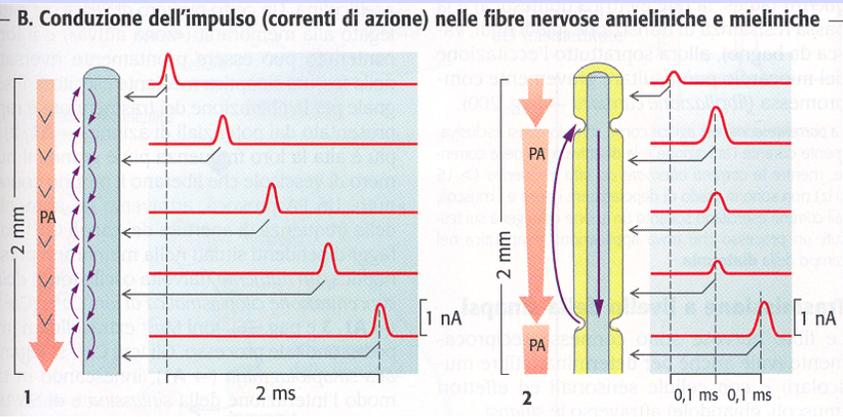


University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
 Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
 Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

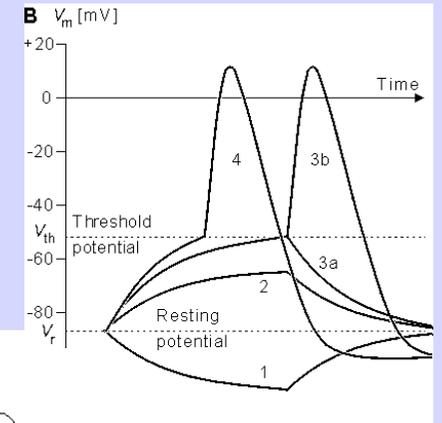
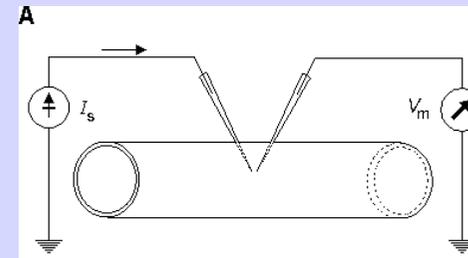
A. Propagazione continua (1a, 1b) e saltatoria (2) del potenziale di azione



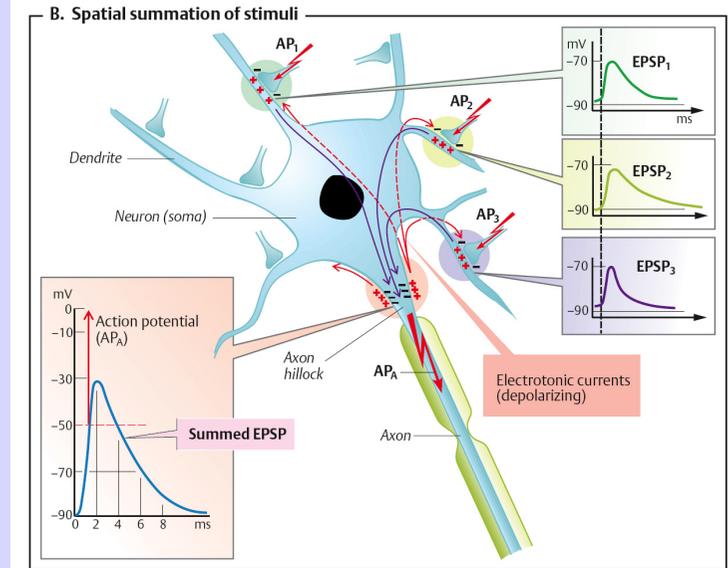
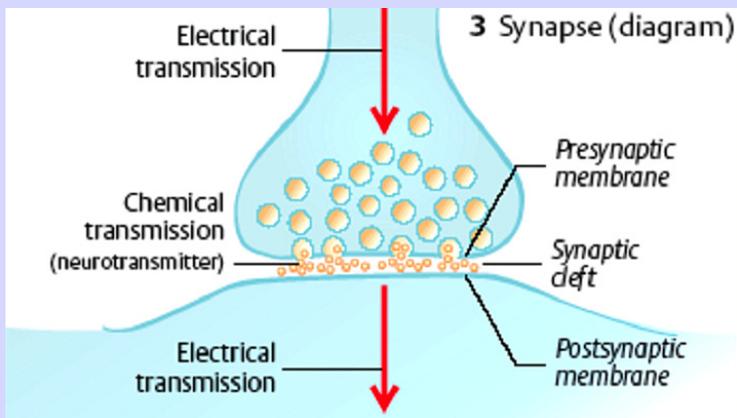
University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
 Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
 Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

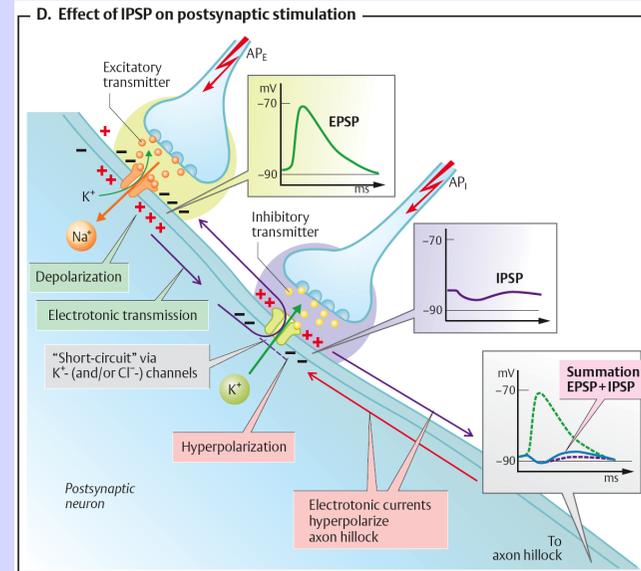
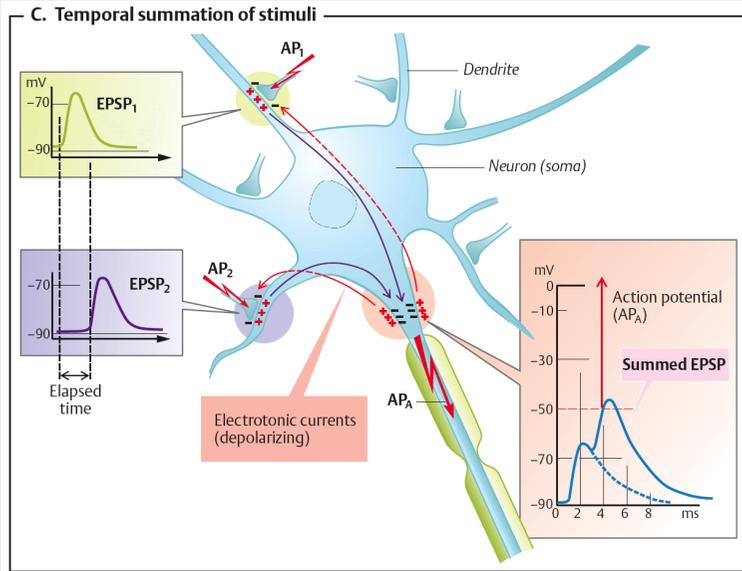


SISTEMA SPERIMENTALE PER LA REGISTRAZIONE DELLA RISPOSTA ALLO STIMOLO DI UNA CELLULA

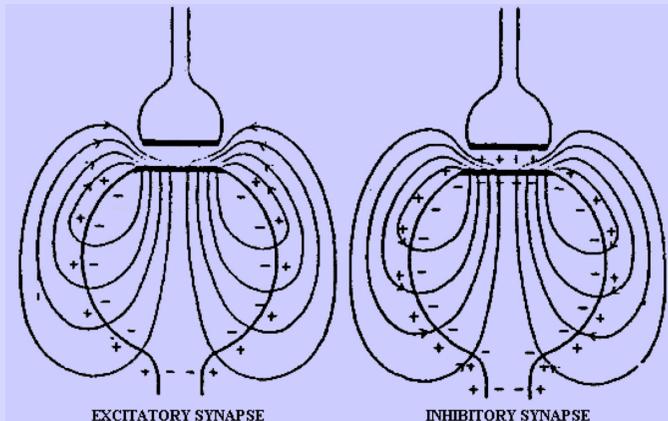


SINAPSI





FLUSSI DI CORRENTE IN SINAPSI ECCITATORIE E INIBITORIE



ECCITABILITÀ

La capacità di generare un potenziale di azione si chiama "**eccitabilità**" mentre il processo che lo genera si chiama "**eccitazione**" e le cellule che sono capaci di un comportamento di questo genere sono dette "**eccitabili**". L'eccitabilità è una proprietà dell'intera cellula.

Nei mammiferi le uniche cellule eccitabili normalmente sono le cellule nervose e quelle muscolari. Negli organismi inferiori possono diventare eccitabili tessuti diversi da quello nervoso e muscolare.



STIMOLO

L'avvenimento o il processo che provoca un potenziale di azione nelle cellule eccitabili viene chiamato **stimolo**. Uno degli stimoli sperimentali più comuni è **l'elettricità**. Per mezzo di un impulso elettrico si fa passare una corrente attraverso la membrana in modo da produrre la depolarizzazione transitoria del potenziale di riposo, la quale però se è di sufficiente durata e ampiezza dà inizio a quella serie di fenomeni che producono un potenziale di azione. Per quanto le correnti elettriche siano un comodo sistema sperimentale per iniziare l'eccitamento, esse sono, strettamente parlando, stimoli non fisiologici.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

STIMOLO

Esempi di **stimoli fisiologici** sono i seguenti: ormonici (l'acetilcolina che agisce sulla membrana postsinaptica della placca neuromotrice); termici (sui termocettori cutanei); meccanici (per lo spostamento delle lamelle esterne del corpuscolo di Pacini, e delle cellule cigliate uditive); costituiti da radiazioni elettromagnetiche (sui bastoncelli della retina) e chimici (i protoni e sali che agiscono sui recettori gustativi della lingua).



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

SOGLIA

Non tutti gli stimoli fisiologici e sperimentali producono potenziali di azione propagati, ma soltanto quegli stimoli che hanno una grandezza superiore a un minimo (intensità) e a una durata sufficiente. L'intensità minima necessaria di uno stimolo viene chiamata "**stimolo soglia**". Uno stimolo inferiore all'intensità soglia viene chiamato "sotto soglia" o "subliminale"; una superiore "sopra soglia" o "sopraliminale". Il termine soglia è usato dagli elettrofisiologi sia per indicare la grandezza assoluta del potenziale della membrana cellulare in corrispondenza del quale inizia un potenziale d'azione.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

RISPOSTA LOCALE, GRADUATA O SOTTOSOGLIA

Anche se uno stimolo sotto soglia non inizia un potenziale d'azione esso produce egualmente alterazioni fisiologicamente significative nel potenziale di membrana di una fibra nervosa. Il decorso temporale e la grandezza dello stimolo determinano, la risposta del potenziale di membrana. Queste risposte non sono propagate o condotte lungo una cellula eccitabile e appaiono soltanto a distanza molto breve dal punto stimolato; da qui il termine di "risposta locale". I termini "locale", "graduale" o "sotto soglia" applicati a queste risposte sono essenzialmente sinonimi.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

RISPOSTA TUTTO O NULLA

L'espressione "tutto-o-nulla" si riferisce alla capacità di una fibra nervosa, in seguito ad uno stimolo sopraliminale, di iniziare un potenziale d'azione la cui configurazione è determinata soltanto dalle proprietà della cellula, e non dallo stimolo, e di propagare questo potenziale per una distanza assai rilevante lungo la fibra stessa "senza variazione della forma d'onda" e ad una velocità praticamente costante.



RISPOSTA TUTTO O NULLA

L'espressione "tutto-o-nulla" non descrive in modo adeguato il processo che dà origine al potenziale d'azione, ma serve per descrivere una proprietà fondamentale del sistema nervoso periferico, e cioè: "l'arrivo di un potenziale d'azione nel sistema nervoso centrale indica soltanto che uno stimolo sopraliminale (per ampiezza e durata) ha avuto luogo alla periferia". Un potenziale d'azione non può indicare la presenza di uno stimolo sotto soglia, né un singolo impulso può indicare la grandezza o la durata dello stimolo sopraliminale.



SOMMAZIONE

In condizioni adatte due o più stimoli, ognuno singolarmente, sotto soglia, si possono combinare per provocare l'eccitazione. Questo fenomeno si chiama "sommazione". Nel sistema nervoso periferico il tipo di sommazione più comune è "temporale". La sommazione temporale ha luogo quando due stimoli subliminali si susseguono a breve intervallo. La risposta locale depolarizzante dovuta al secondo stimolo si aggiunge alla risposta depolarizzante residua dovuta al primo stimolo e la depolarizzazione netta della membrana che ne risulta diventa superiore alla soglia provocando così l'eccitazione.



SOMMAZIONE

Un secondo tipo di sommazione, di grande importanza nella funzione integrativa del sistema nervoso centrale, è la sommazione "spaziale". Due stimoli sotto soglia avvengono contemporaneamente ma in due diversi punti del neurone. La risposta locale è massima al punto di applicazione dello stimolo, ma produce depolarizzazione anche nelle zone adiacenti. Perciò le risposte sotto soglia provocate da due (o più) punti possono sommarsi producendo la depolarizzazione sopra soglia in un altro punto e quindi l'eccitazione



PERIODO REFRAATTARIO

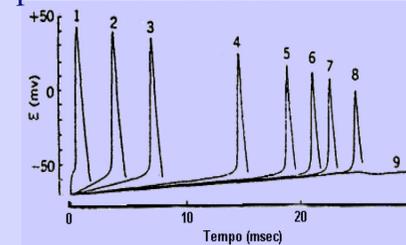
Durante il periodo in cui una membrana dà origine ad un potenziale d'azione in risposta ad uno stimolo sopraliminale, la capacità della membrana a rispondere ad un secondo stimolo di qualsiasi tipo è notevolmente modificata. Durante la parte iniziale dell'impulso la membrana non può rispondere affatto allo stimolo anche se molto forte; questo intervallo viene chiamato periodo refrattario "assoluto". Dopo il periodo refrattario assoluto si può ottenere un potenziale d'azione con uno stimolo molto forte e poi gradualmente con stimoli di ampiezza progressivamente inferiore. Questo intervallo viene chiamato periodo refrattario "relativo" o qualche volta "subnormale".



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

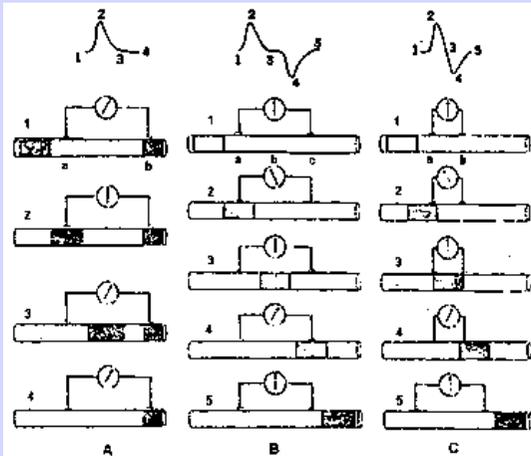
ACCOMODAZIONE

L'accomodazione risponde al fatto che il valore della variazione del potenziale di membrana, durante l'applicazione dello stimolo, può influenzare la tensione soglia alla quale ha luogo l'eccitazione. Quanto più lentamente lo stimolo depolarizza la membrana, tanto maggiore è la depolarizzazione necessaria per iniziare un potenziale di azione.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

REGISTRAZIONE MONOFASICA E BIFASICA



Registrazione monofasica e bifasica dei potenziali d'azione extracellulari di fibre nervose.

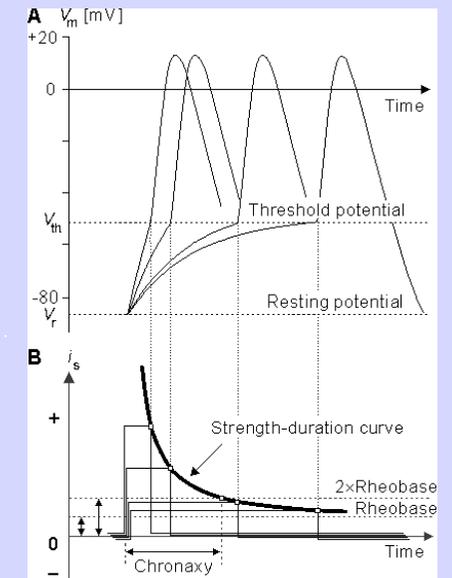


University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

CURVA INTENSITA' DURATA

La minima intensità di corrente capace di attivare la cellula in un tempo molto lungo, al limite infinito, è detta Rheobase.

Il tempo necessario perché un impulso di corrente di intensità doppia a quello di Rheobase attivi la cellula è detto Cronaxia.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

