

Del 26 de setembre
al 24 d'octubre de 2013



Plaça de l'Hospital, 6 · 17002 Girona
TELÈFON 972 20 20 13 · FAX 972 21 37 72
HORARI DE SECRETARIA de 9 a 13 h i de 16 a 19 h
A/E info@casadecultura.org
www.casadecultura.cat

PASSEJANT PEL NOSTRE CERVELL

Cicle de conferències de divulgació científica



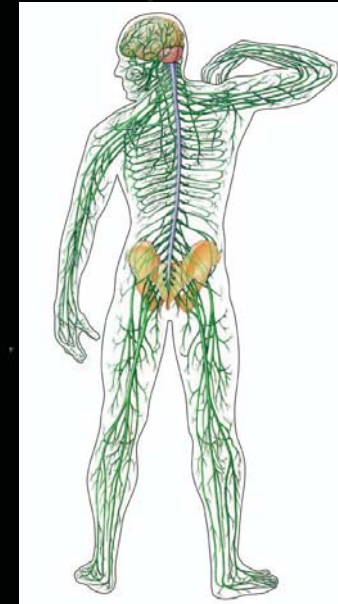
La comunicació i la transmissió de la informació al nostre cervell



Sinapsis metafísica

(Mendiola Silvina, Argentina 1960)

Funcions del sistema nerviós



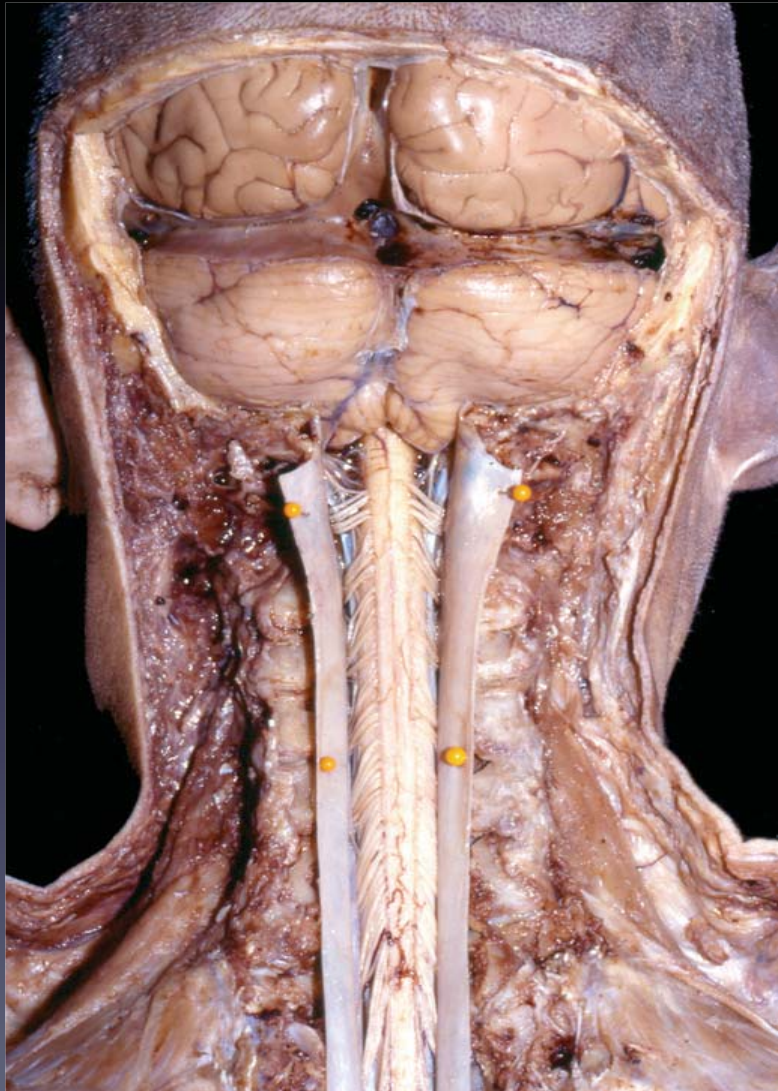
Captar, Transmetre, Processar



Coneixement

Adaptació i supervivència al medi ambient

Organització morfològica del sistema nerviós



Cervell

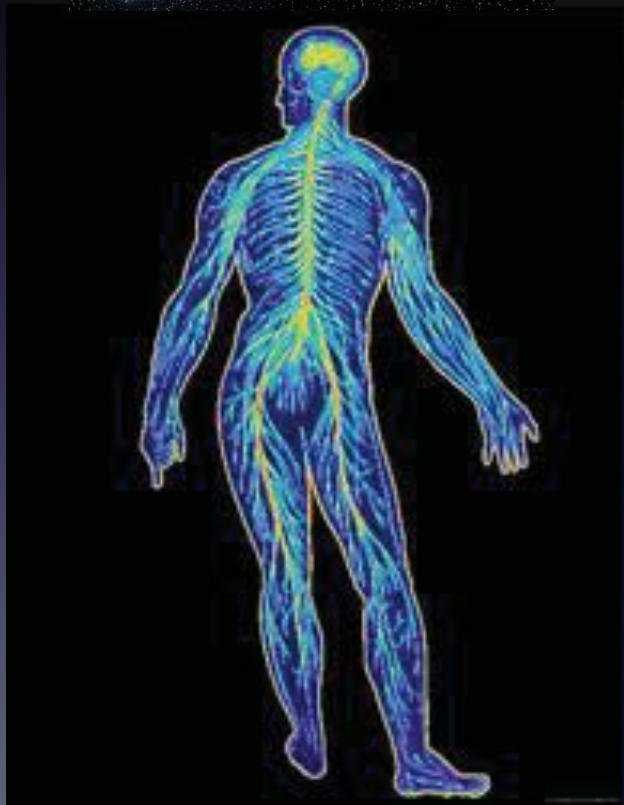
Cerebel – Ganglis basals

Tronc de l'encèfal

Medul·la espinal

Nervis perifèrics (raquidis i cranials)

Estructura del sistema nerviós

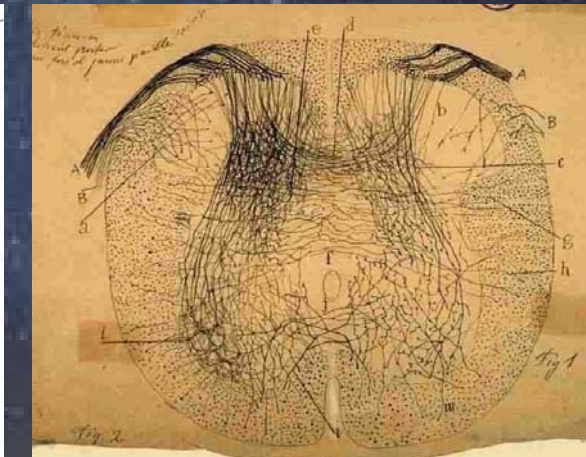
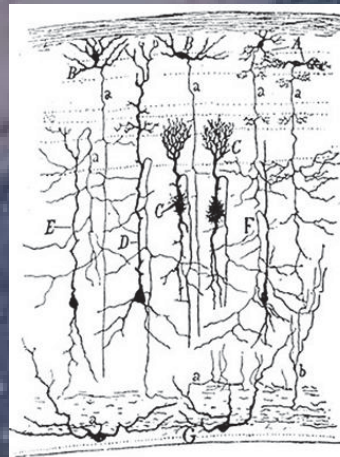
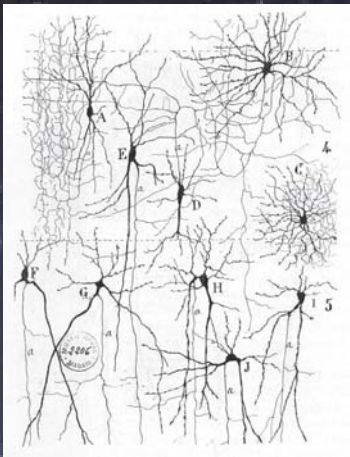
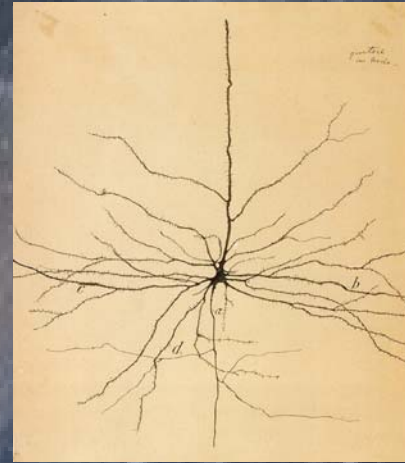
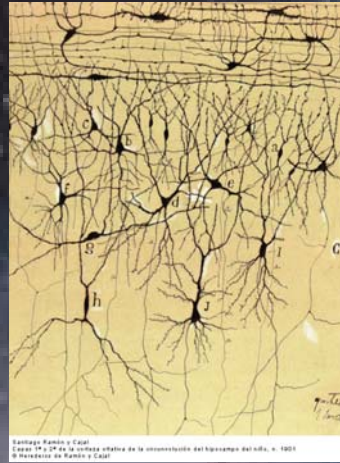
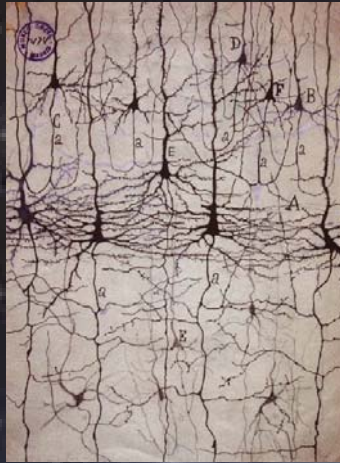


100.000 milions de neurones
500.000 milions de cèl·lules de la glia

1000 vegades més de connexions sinàptiques

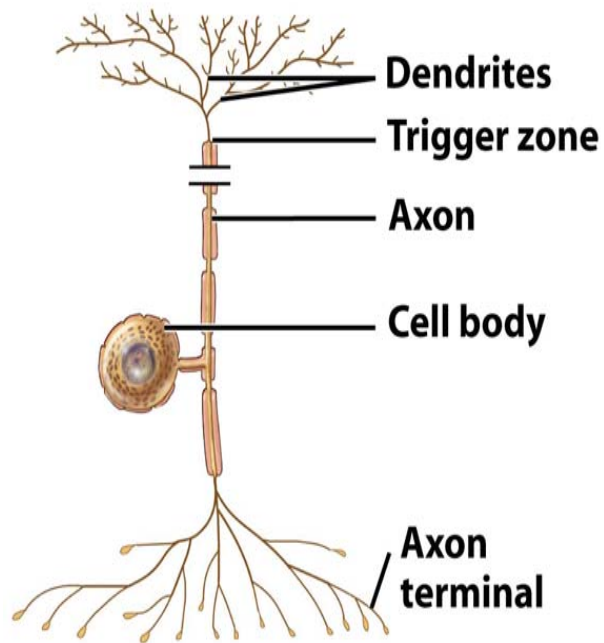
- Sinapsis elèctrica ($\approx 10\%$)
- Sinapsis química ($\approx 90\%$)

Neurones del sistema nerviós



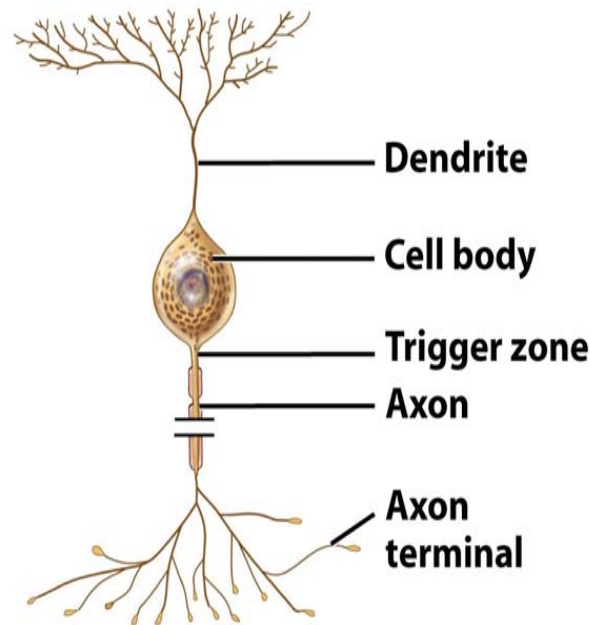
Diversitat morfològica de les neurones

Estructura de la neurona



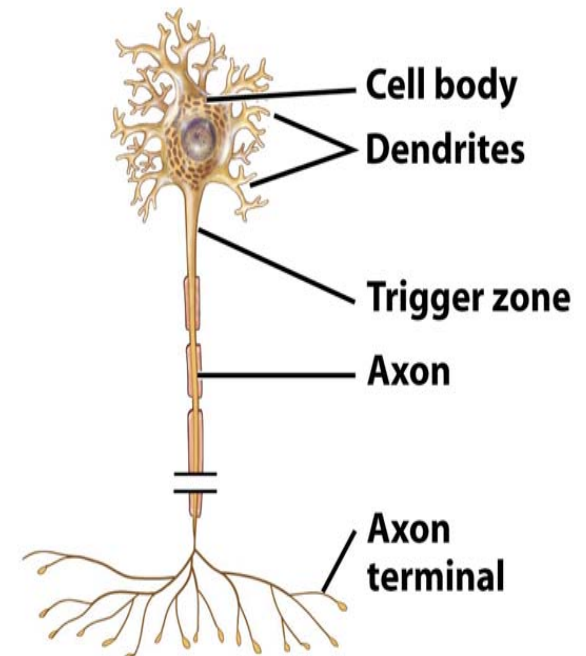
Unipolar neuron

Sensory neuron



Bipolar neuron

Interneuron



Multipolar neuron

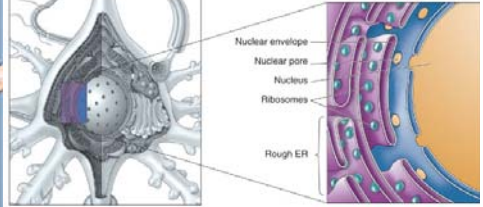
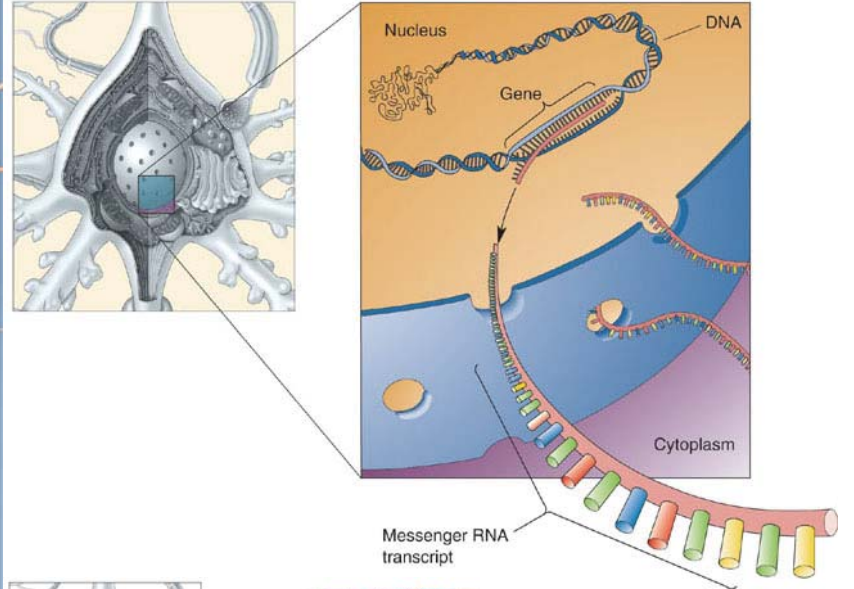
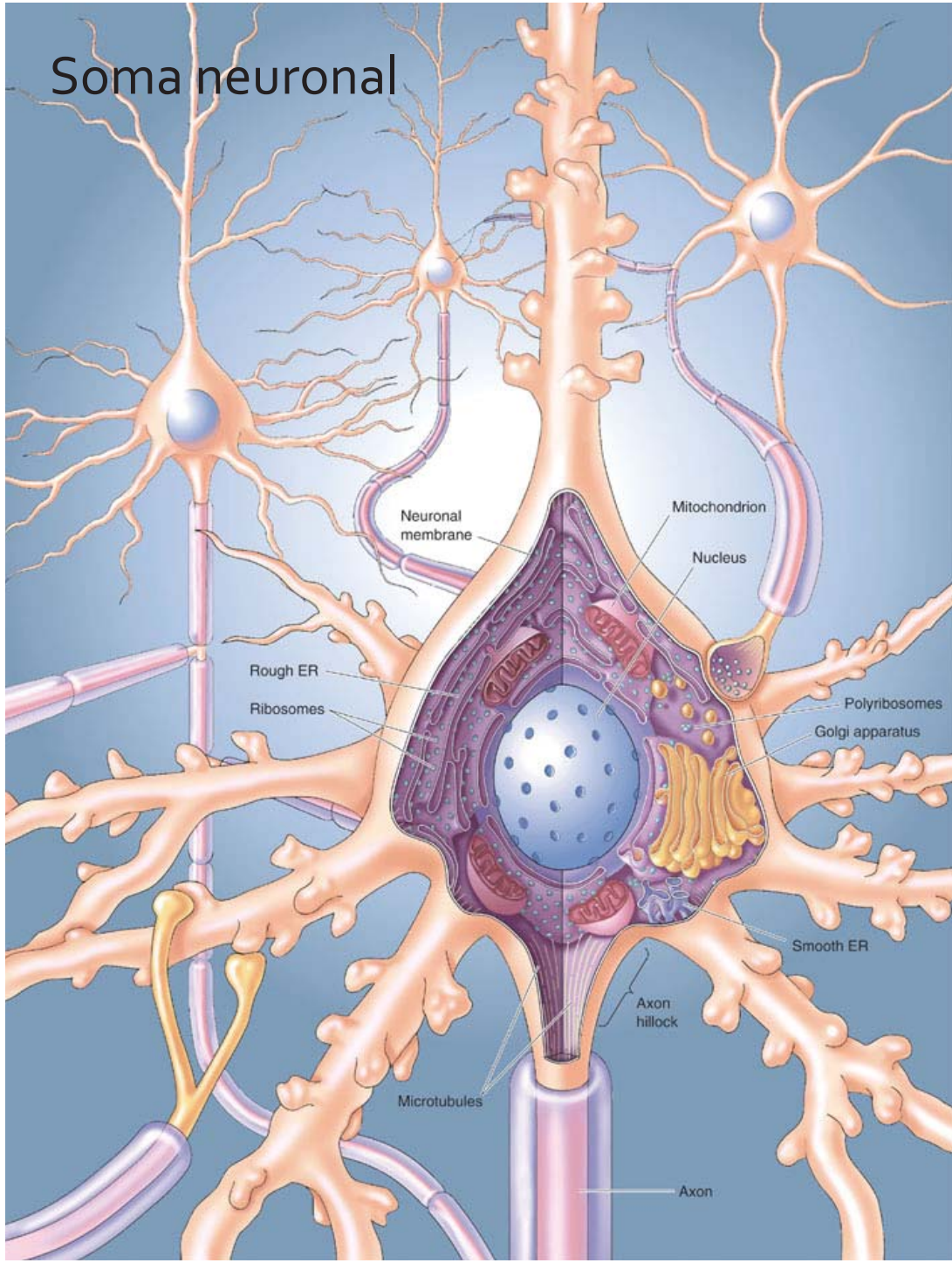
Motor neuron

Dendrites

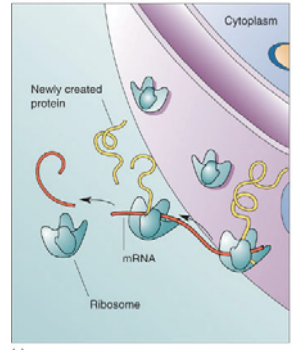
Soma neuronal

Axó

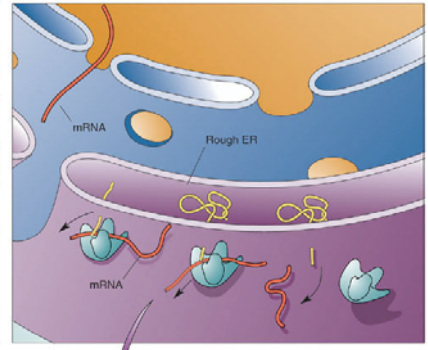
Soma neuronal



protein synthesis on a free ribosome:

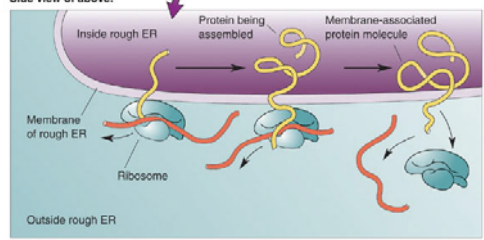


protein synthesis on rough ER:



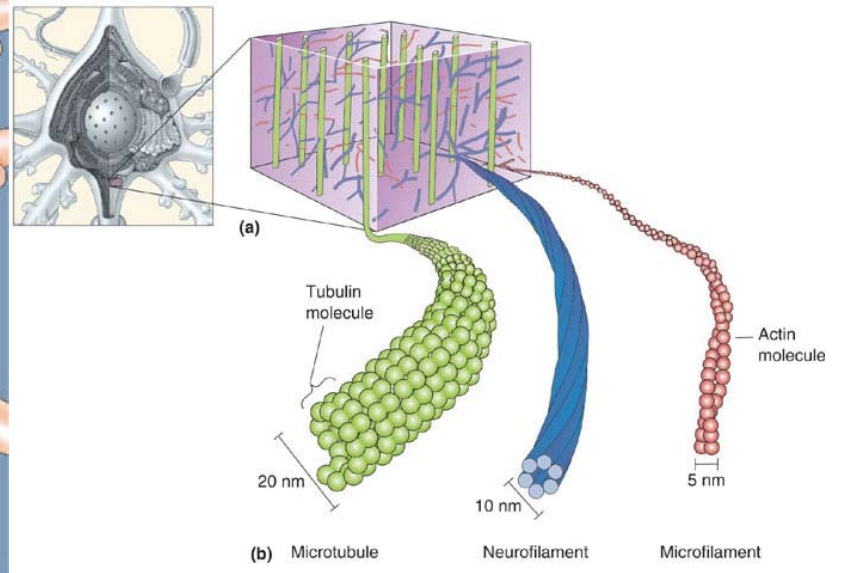
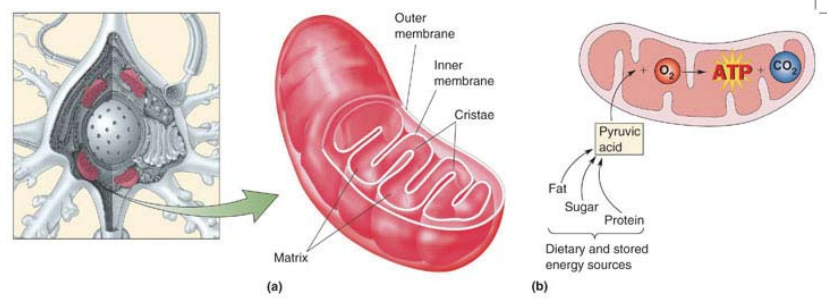
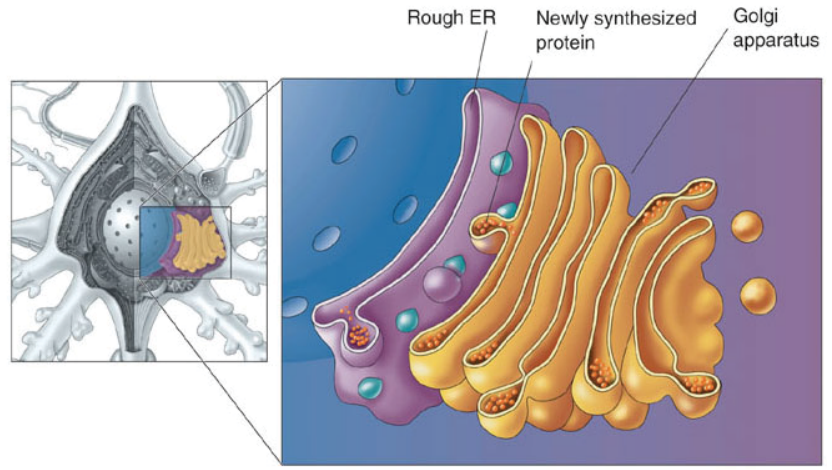
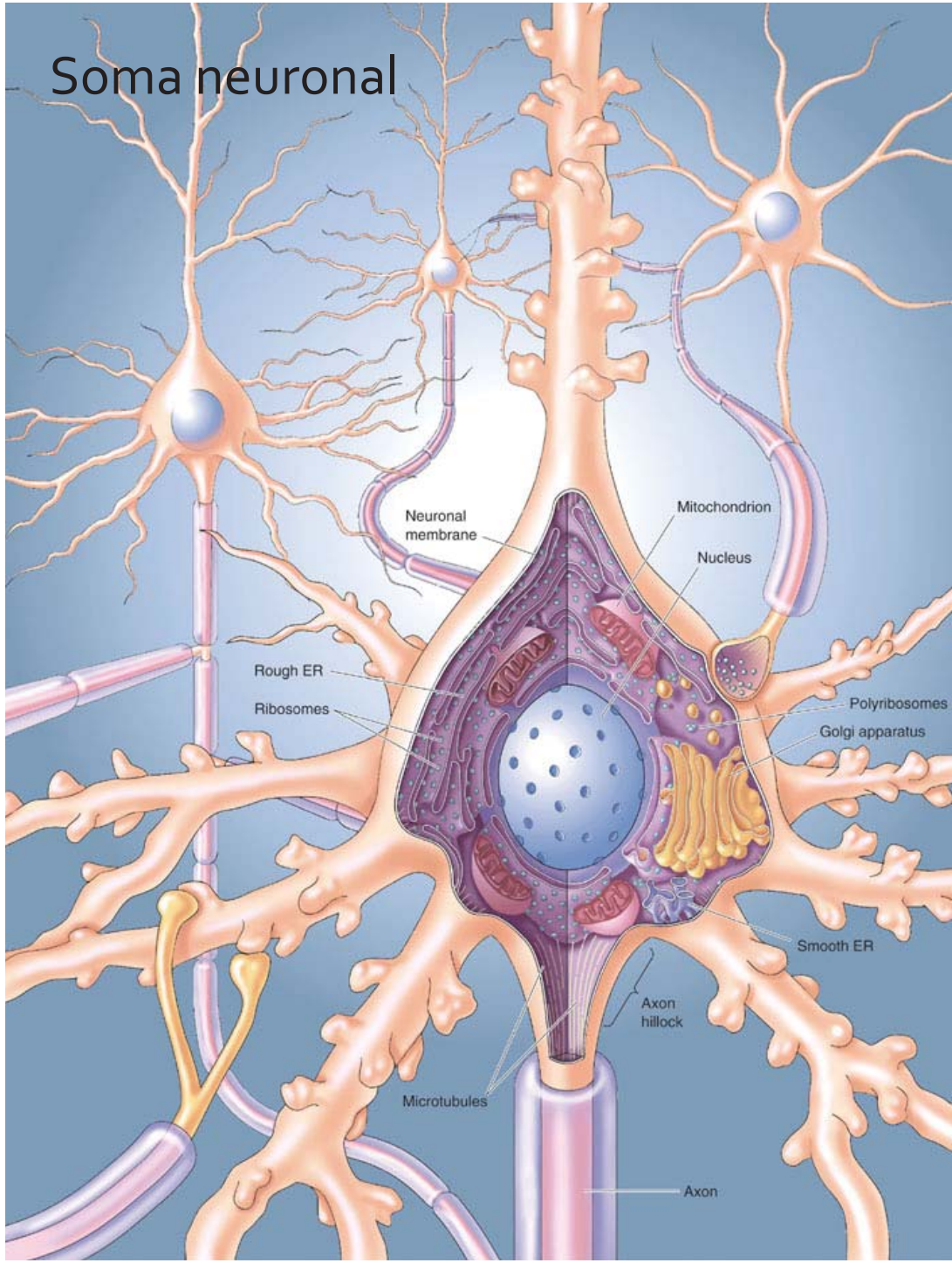
(a)

Side view of above:

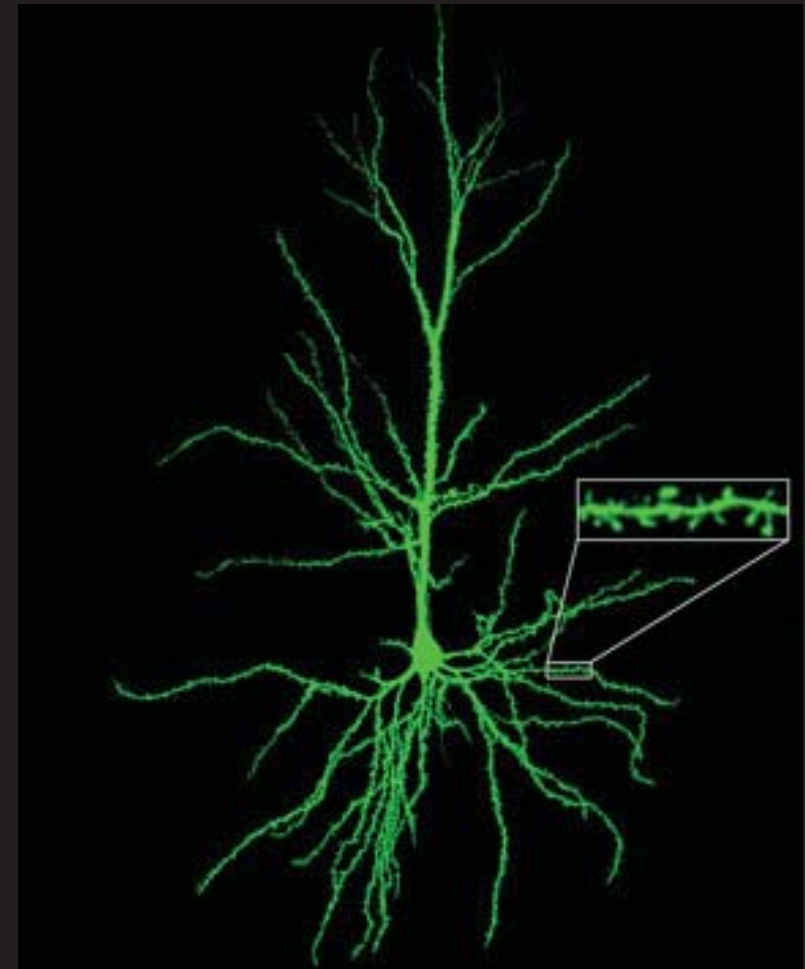
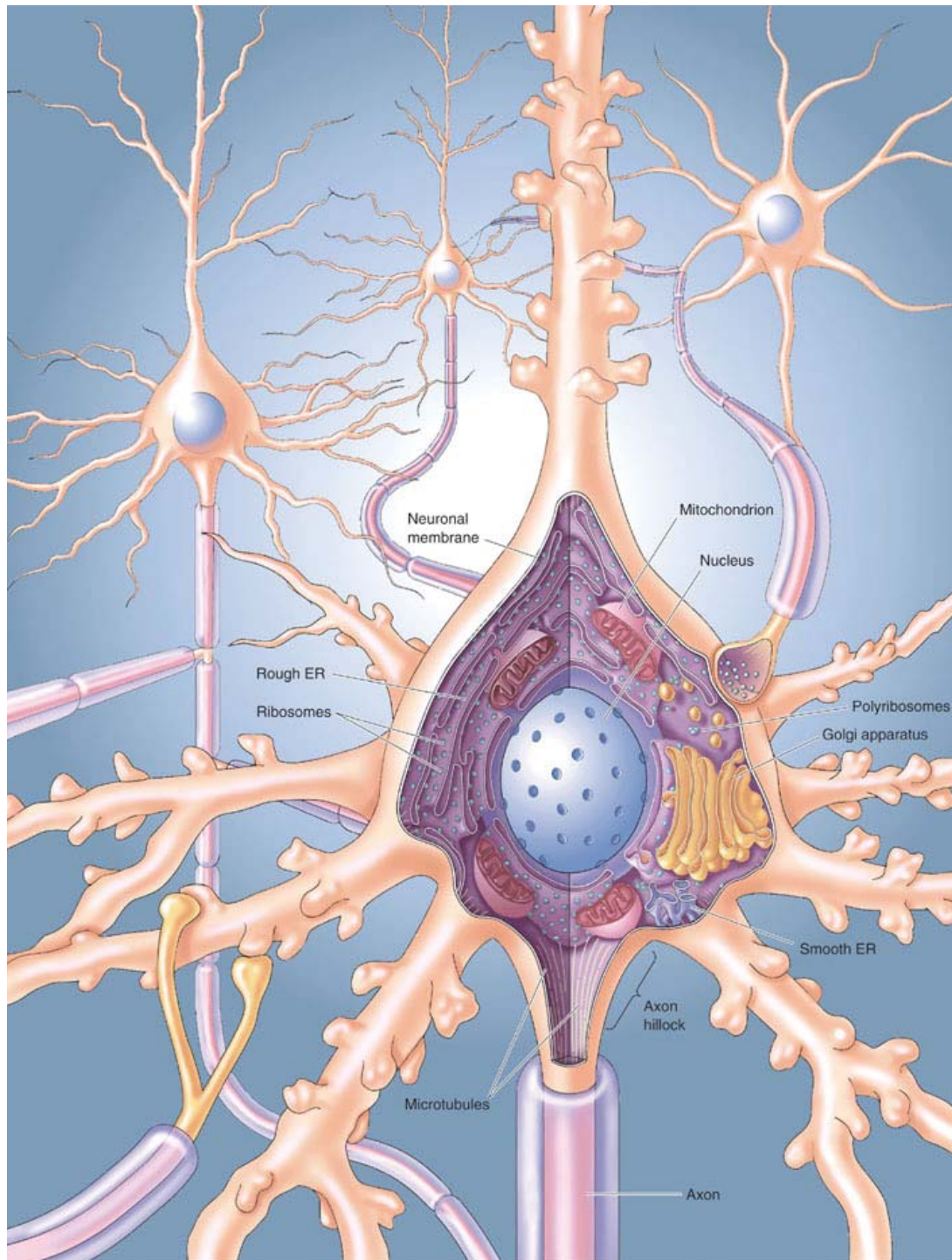


(b)

Soma neuronal

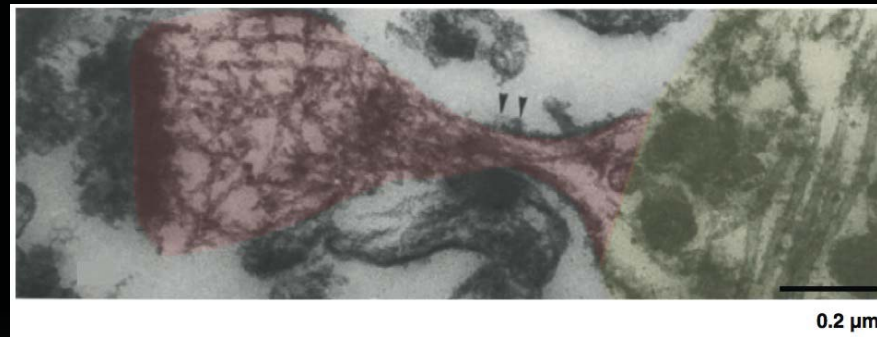
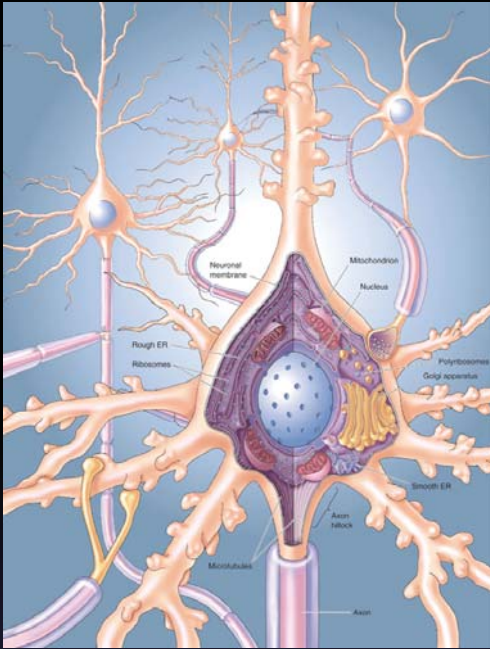


Dendrites

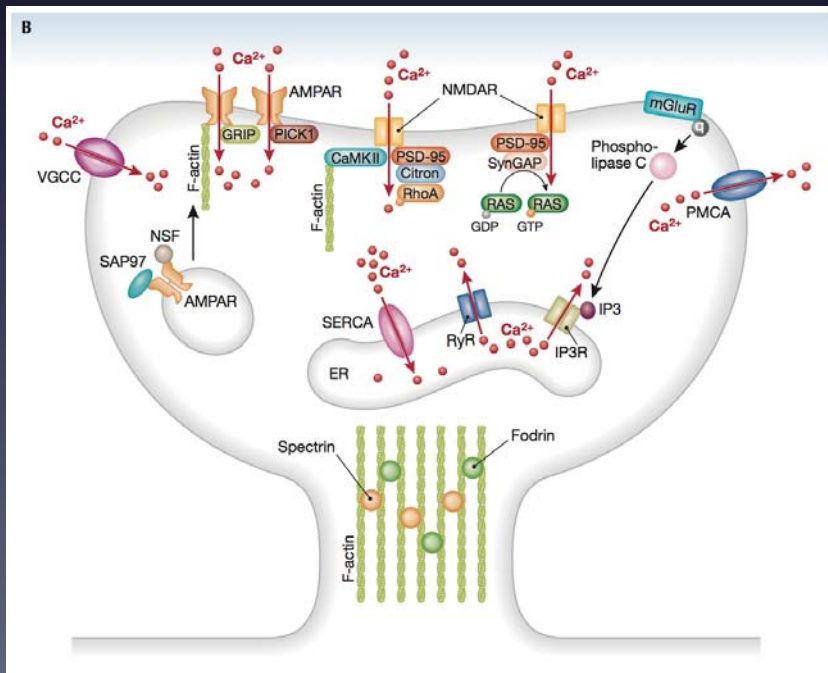


- Citoesquelet
- Reticle endoplasmàtic
- Ribosomes i polirribosomes
- Mitocondries

Espines dendrítiques



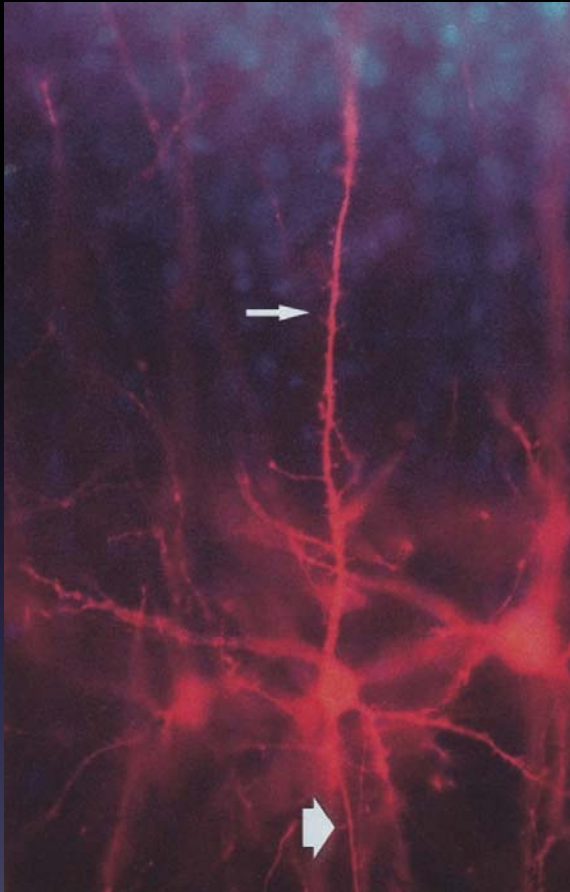
Micrografia electrònica d'una espina dendrítica (color vermell) que surt de la dendrita (color grog). Les fletxes mostren el coll de l'espina dendrítica [Bosch i Hayashi. *Curr Opin Neurobiol* 2012, 22:383-388]



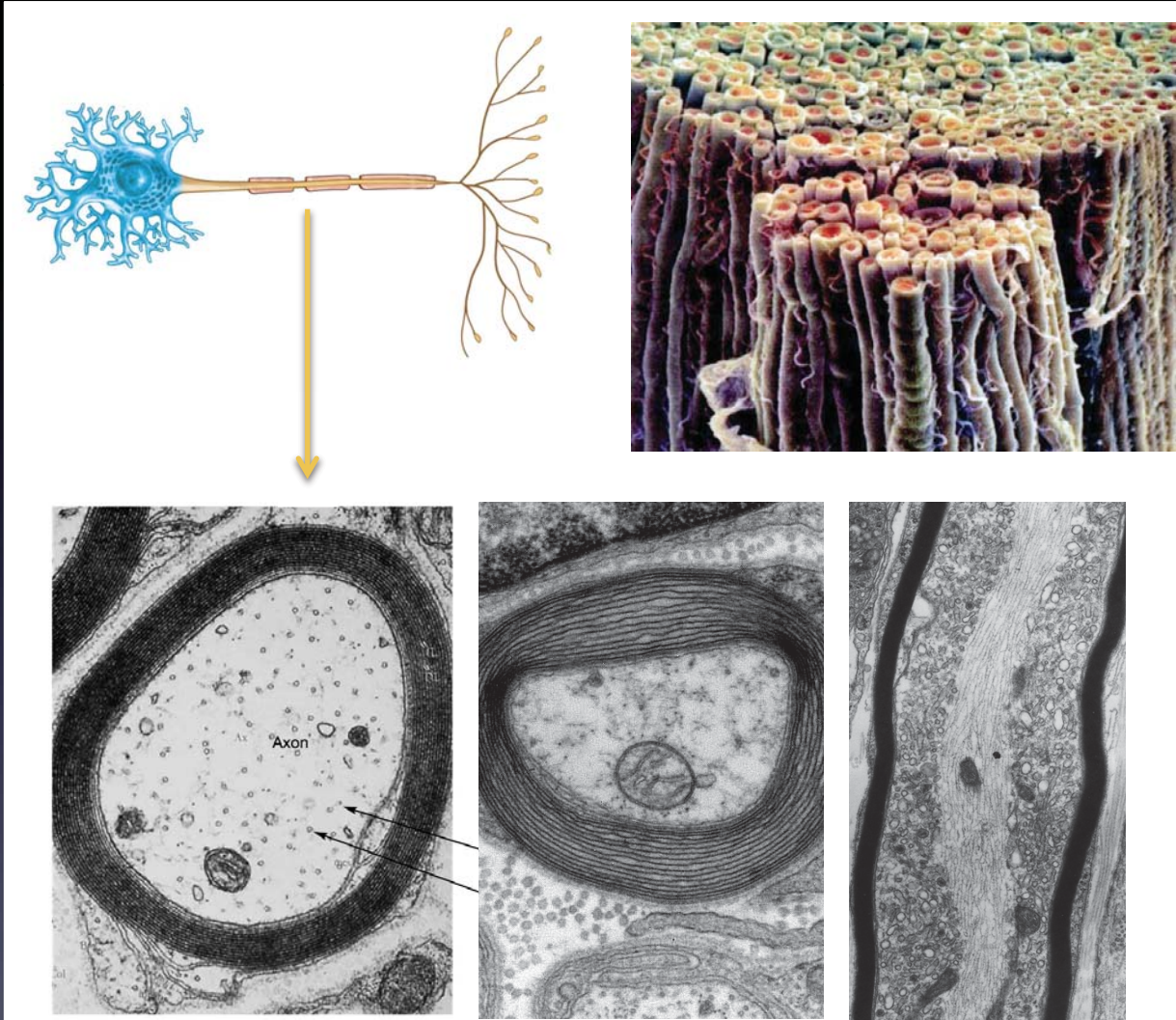
- Citoesquelet (actina)
- Reticle endoplasmàtic
- Ribosomes
- Receptors sinàptics
- Proteïnes relacionades amb calci

Esquema d'una espina dendrítica i del seu contingut estructural i molecular [Rocheffort i Konnerth. *EMBO Reports* 2012, 13: 699-708]

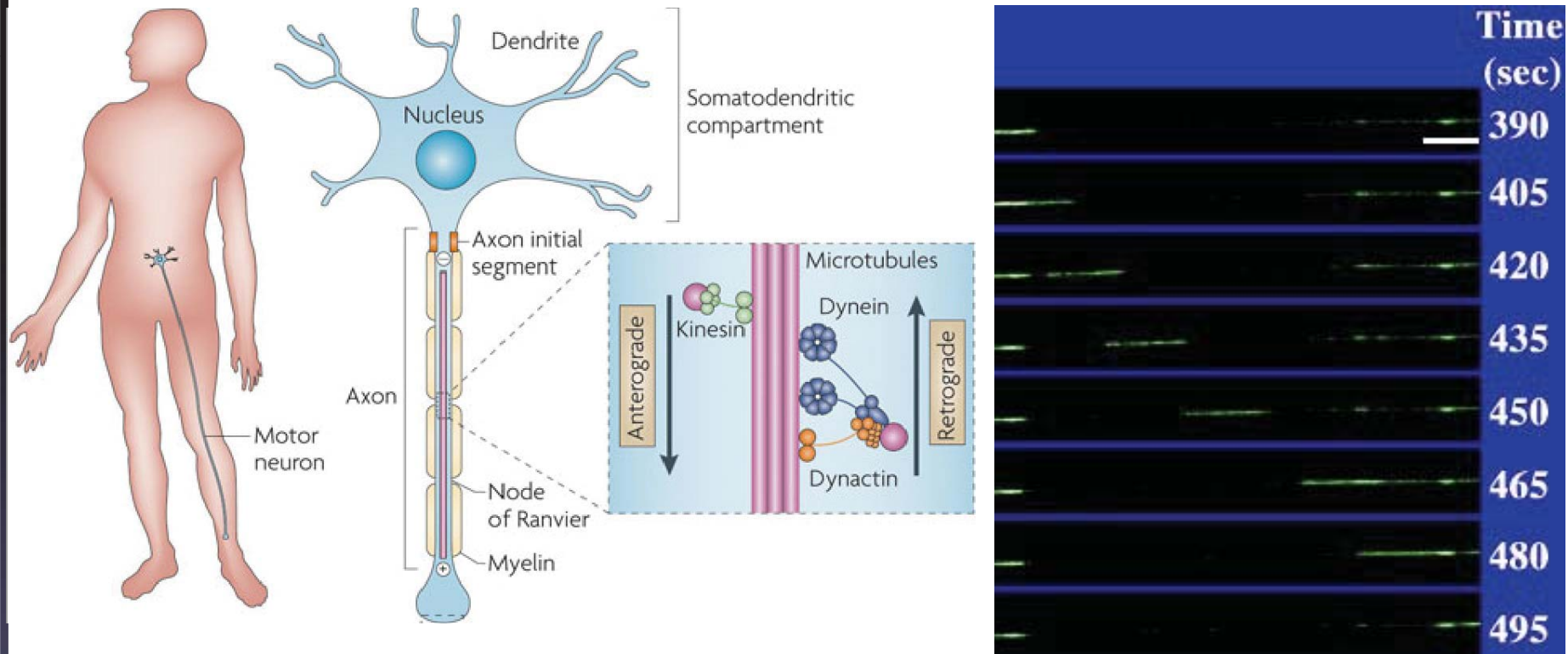
Axó i terminals axòniques



Neurona piramidal de l'escorça. La fletxa prima indica una dendrita, i la fletxa gruixuda l'axó. [Vercelli et al. *Brain Res Bull* 2000, 51: 11-28]



Axó i transport axonal



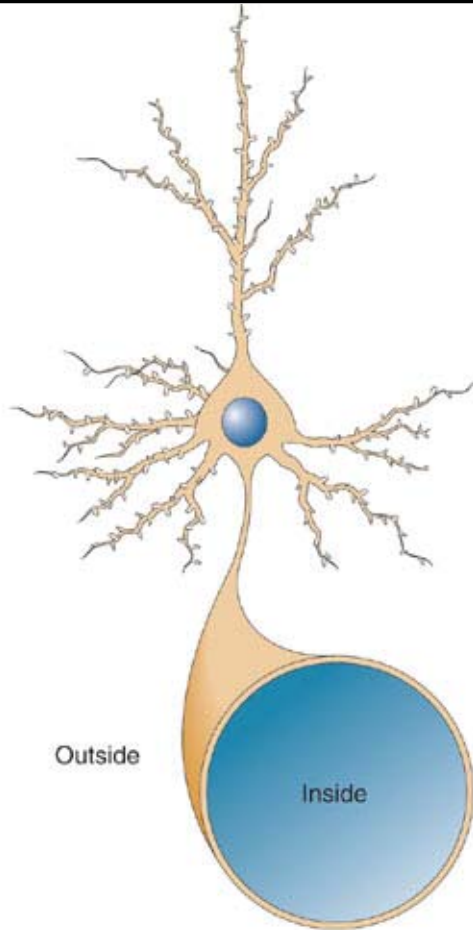
Anterògrad:

- Orgànuls citoplasmàtics: mitocondries, ribosomes, vesícules
- Citoesquelet: neurofilaments, microtúbuls, neurotúbuls

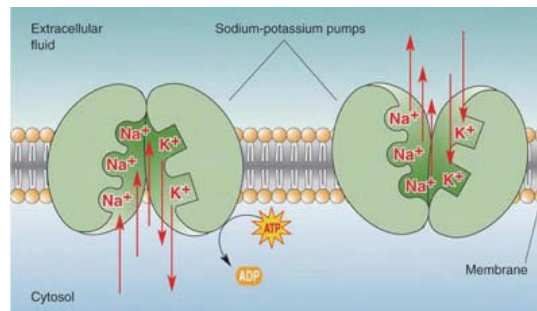
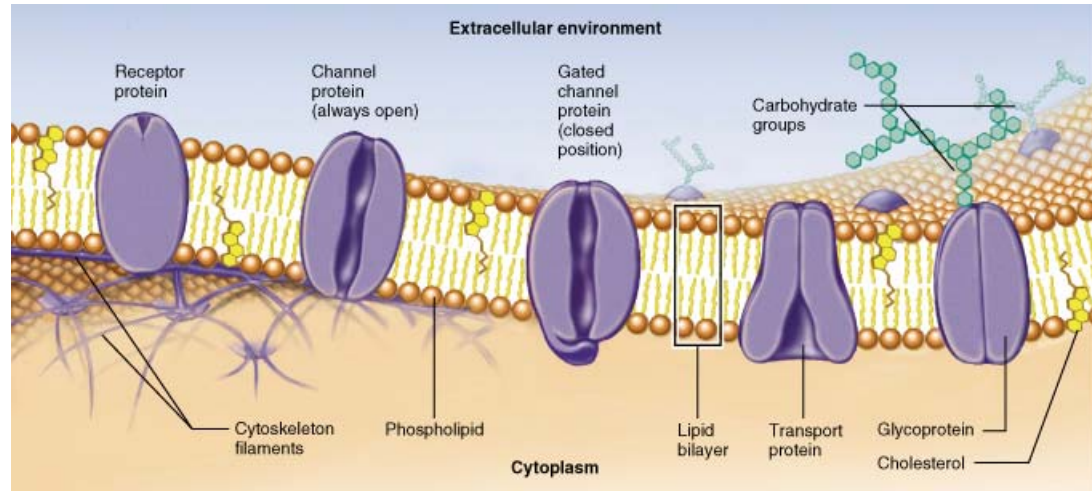
Retrògrad:

- Reciclatge de materials cel·lulars

Membrana plasmàtica neuronal



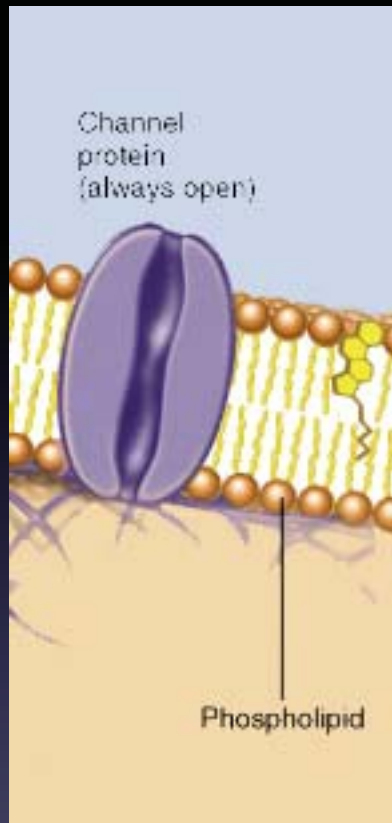
Outside	Inside
$[K^+]_o = 5 \text{ mM}$	$[K^+]_i = 100 \text{ mM}$
$[Na^+]_o = 150 \text{ mM}$	$[Na^+]_i = 15 \text{ mM}$
$[Ca^{2+}]_o = 2 \text{ mM}$	$[Ca^{2+}]_i = 0.0002 \text{ mM}$
$[Cl^-]_o = 150 \text{ mM}$	$[Cl^-]_i = 13 \text{ mM}$



Ratio Outside:Inside	E_{ion} (at 37°C)
1:20	-80 mV
10:1	62 mV
10,000:1	123 mV
11.5:1	-65 mV

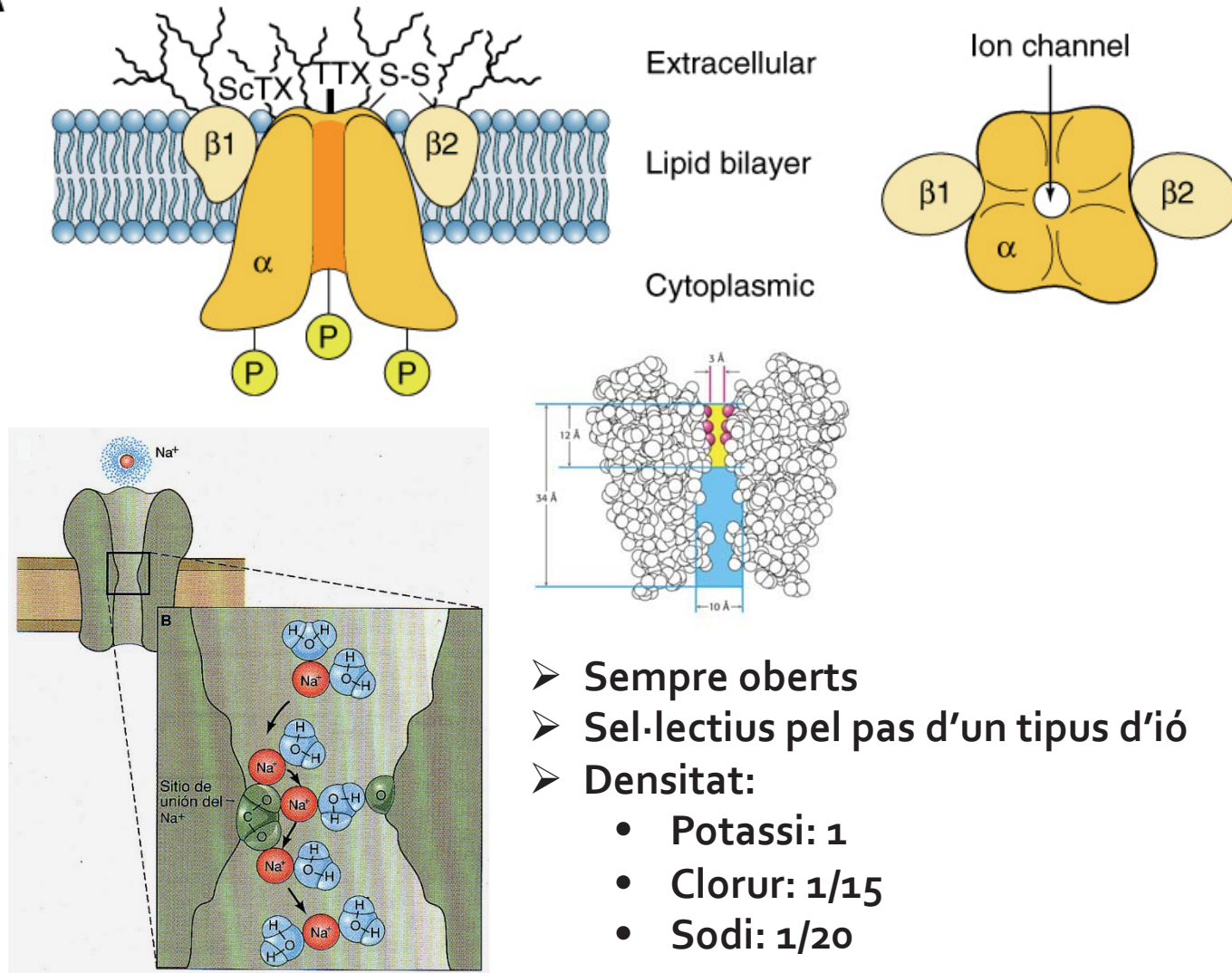
- Receptors i glicoproteïnes
- Canals iònics i bombes iòniques
- Proteïnes transportadores

Canals iònics de les neurones: canals passius



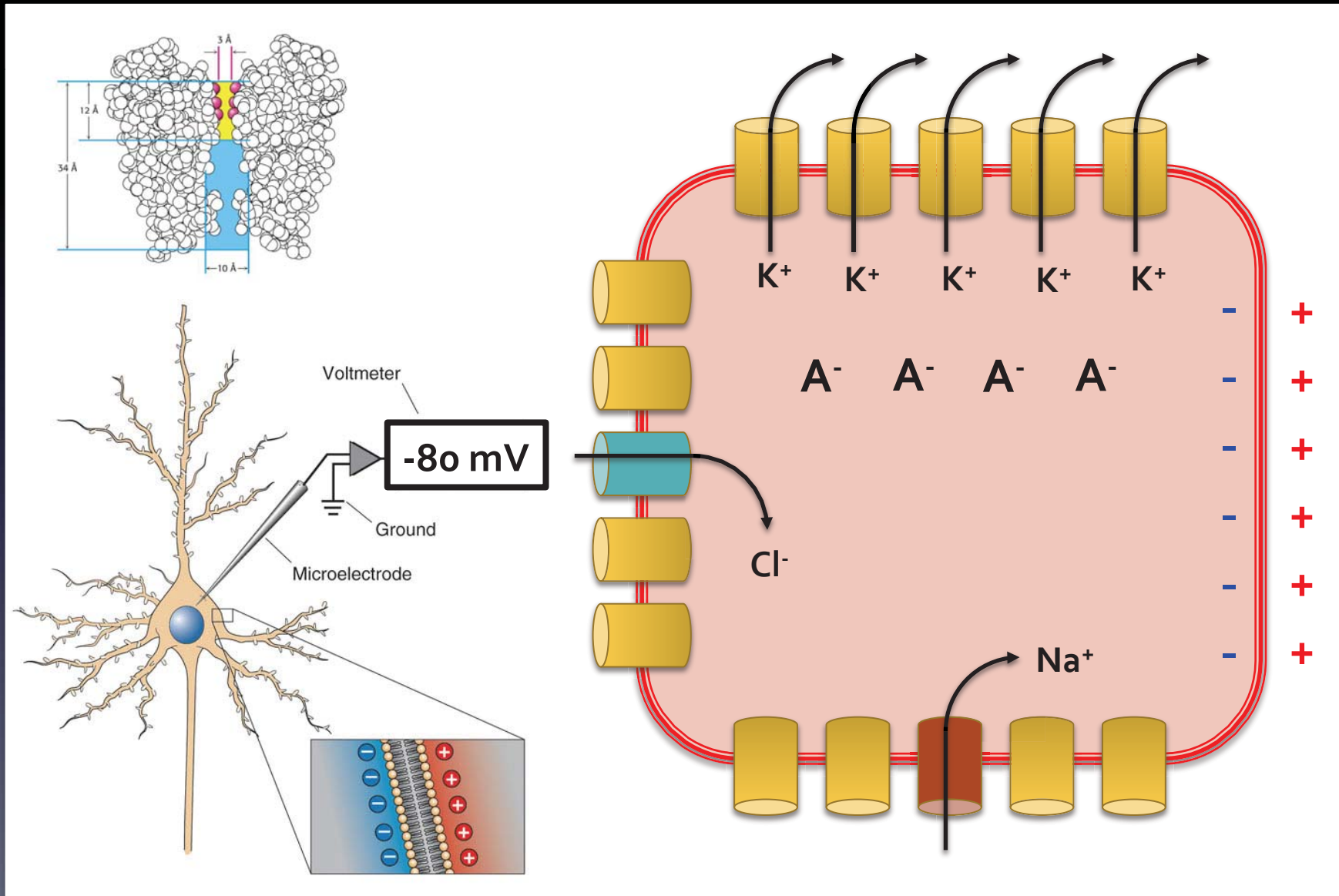
Canals passius

A

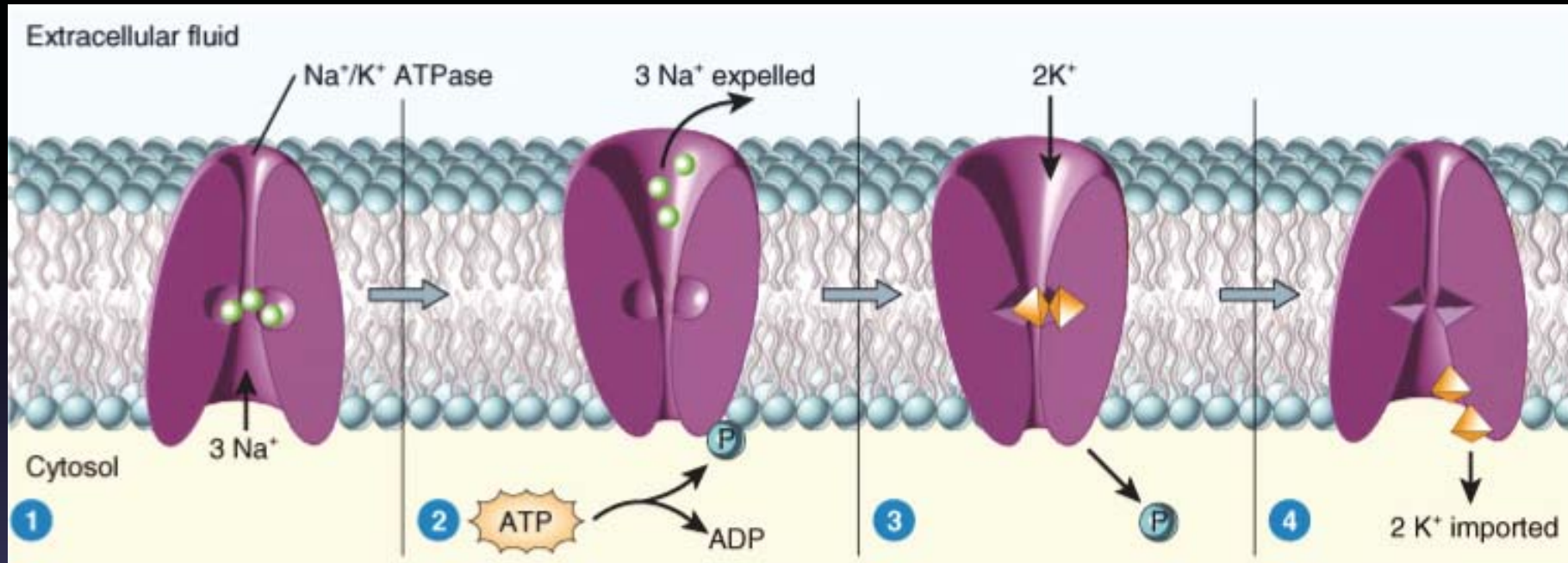


- Sempre oberts
- Sel·lectius pel pas d'un tipus d'ió
- Densitat:
 - Potassi: 1
 - Clorur: 1/15
 - Sodi: 1/20

Canals iònics passius: potencial de repòs

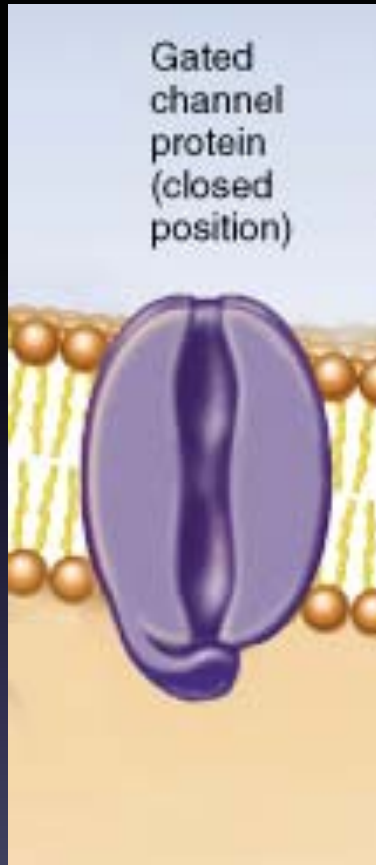


Bombes iòniques: manteniment del potencial de repòs

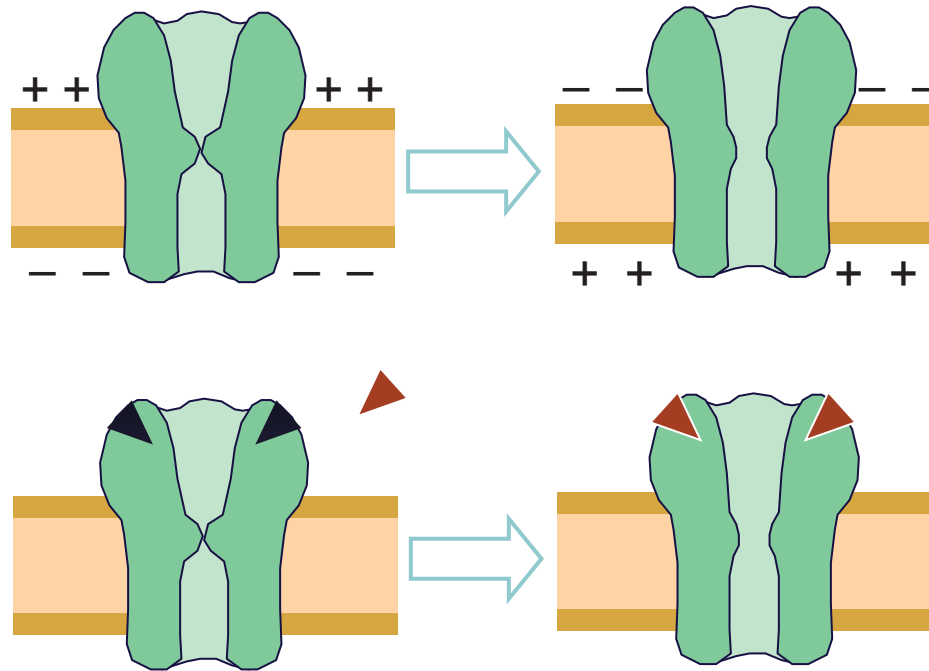


- Sortir 3 ions sodi / Entrar 2 ions potassi (consum d'una molècula d'ATP)
- Manteniment del potencial de repòs
- Evita el xoc osmòtic

Canals iònics de les neurones: canals activables



Canal activable

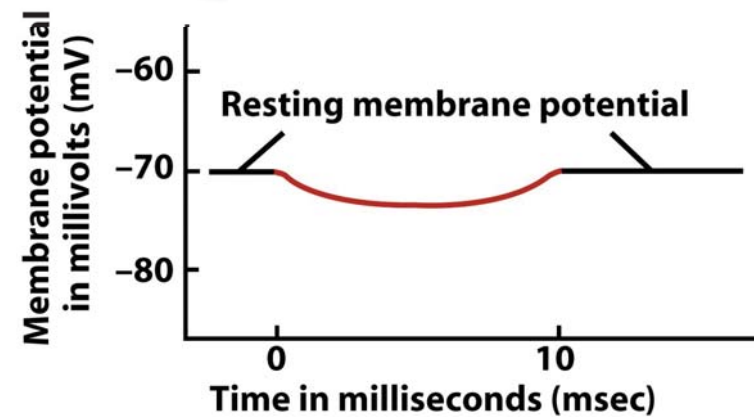
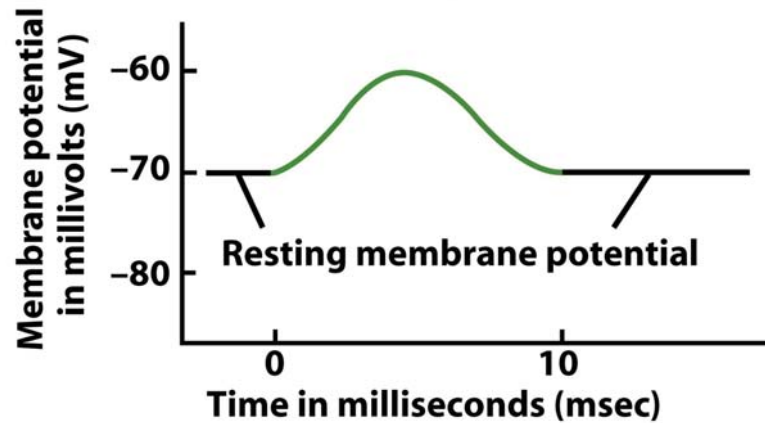
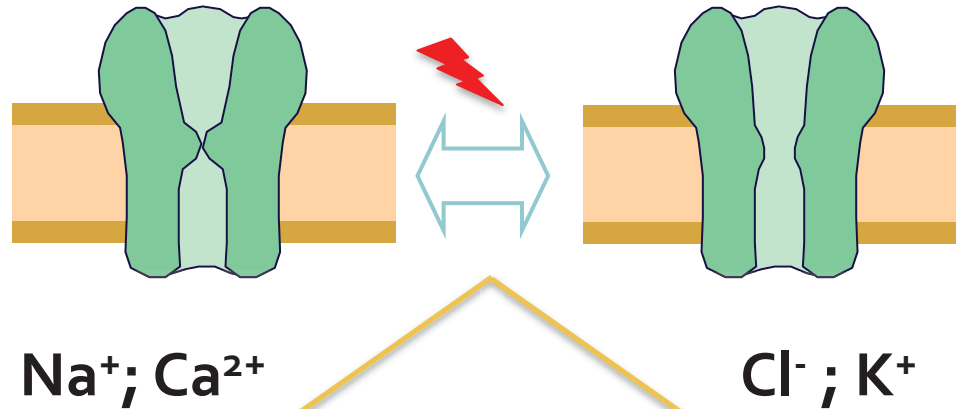


Dependent
voltatge

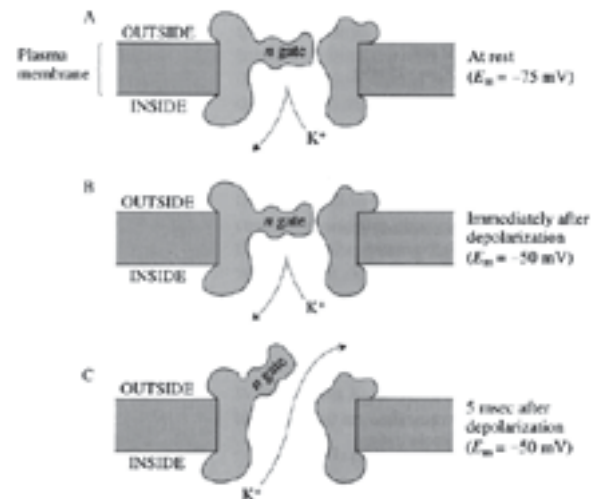
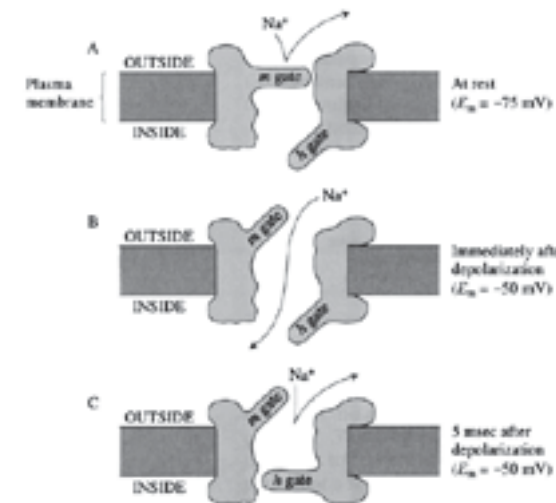
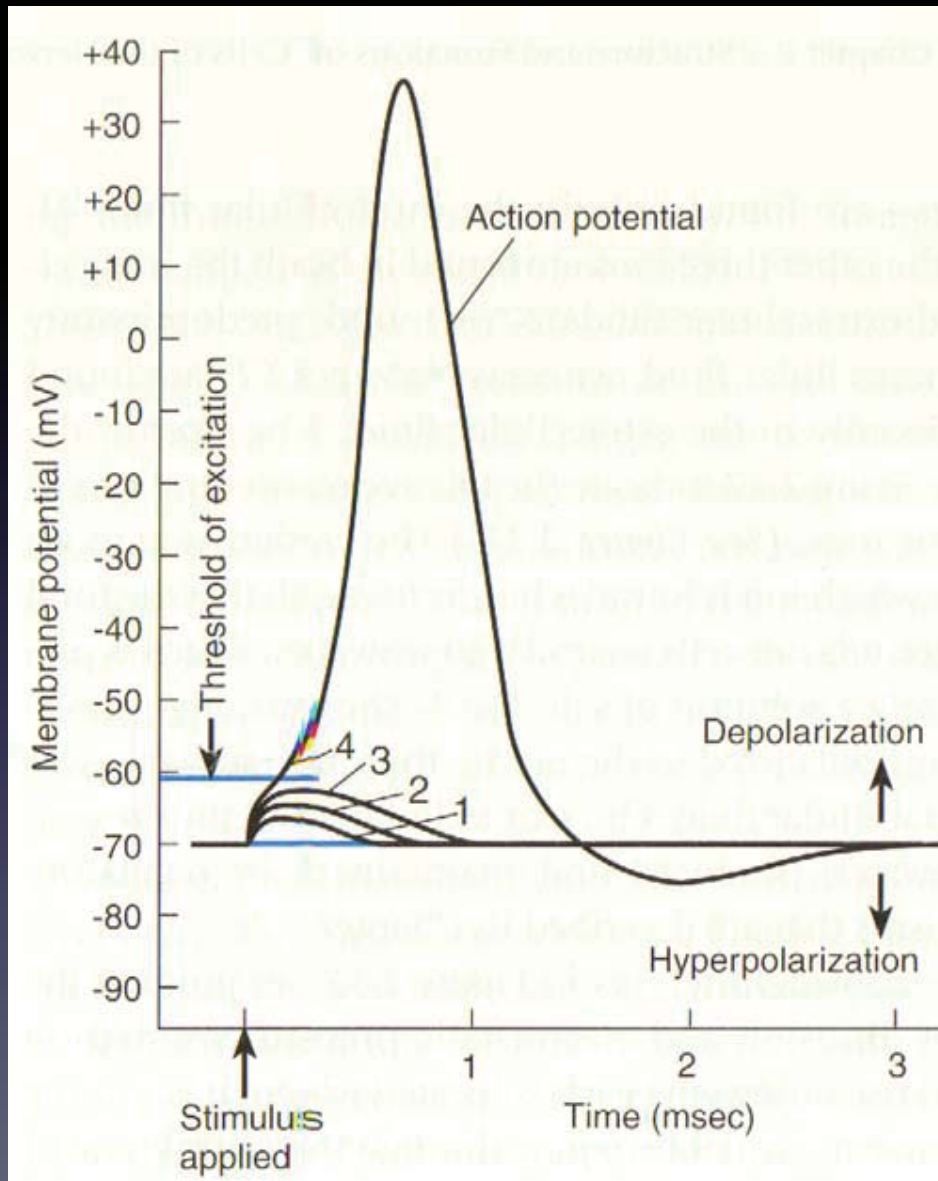
Dependent
l·ligand

- Tancats en repòs; l'estímul obre els canals
- Tipus d'estímul:
 - Elèctric
 - Substància química extracel·lular
 - Substància química intracel·lular

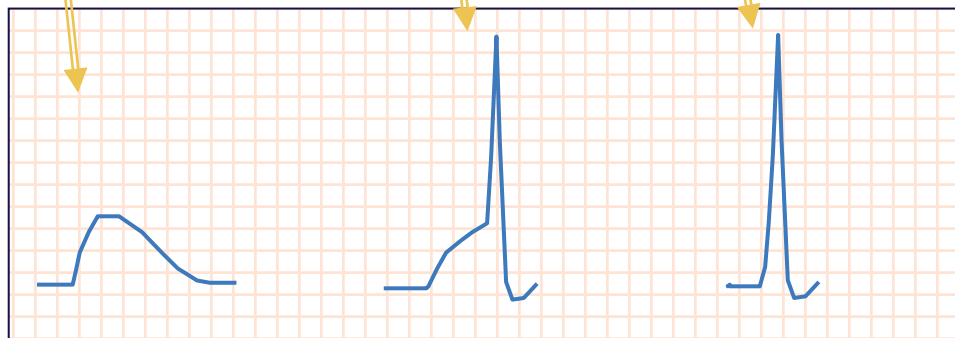
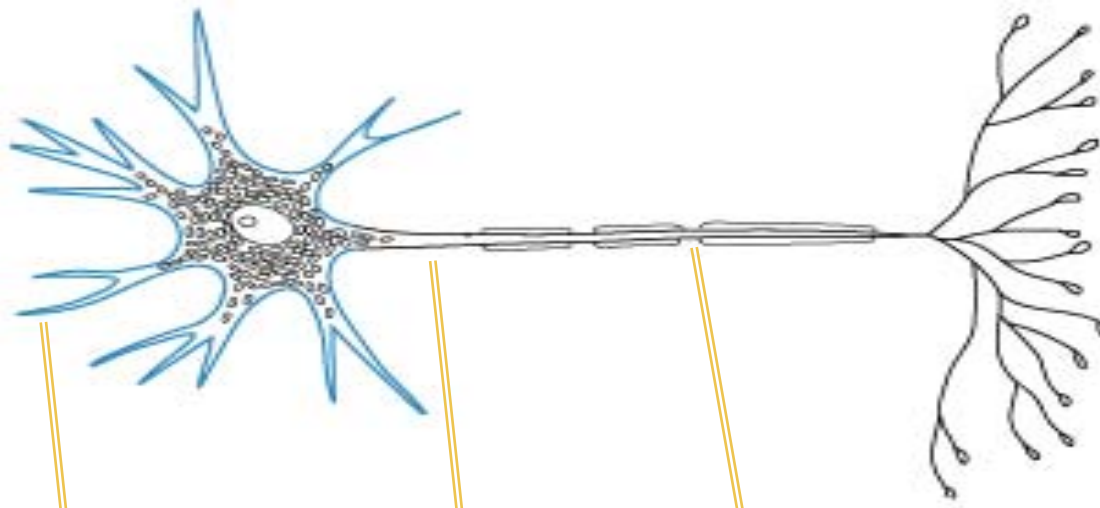
Canals iònics activables: potencials de membrana



Canals iònics activables: potencials de membrana

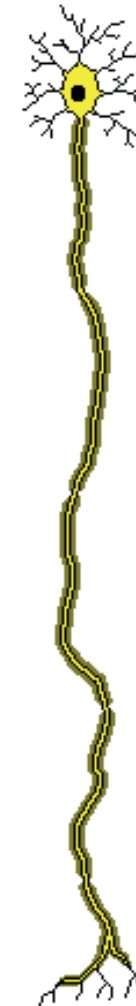


Activitat elèctrica de la neurona: impuls nerviós

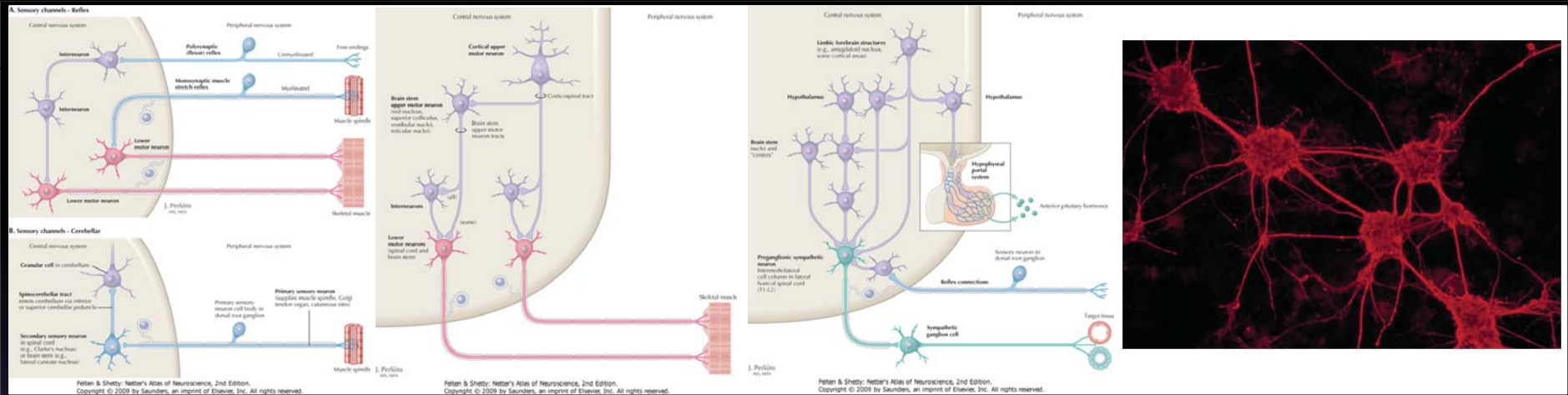


Potencial local

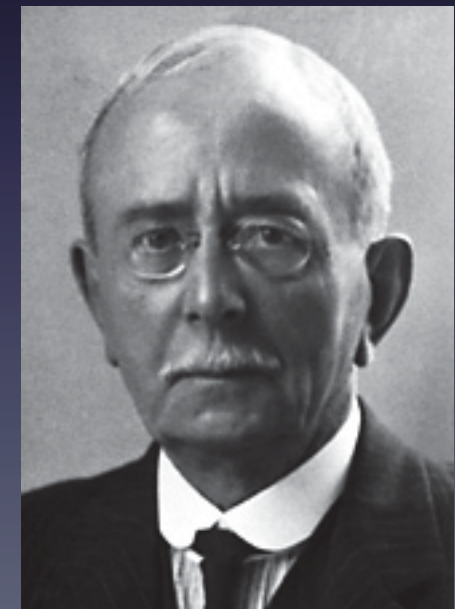
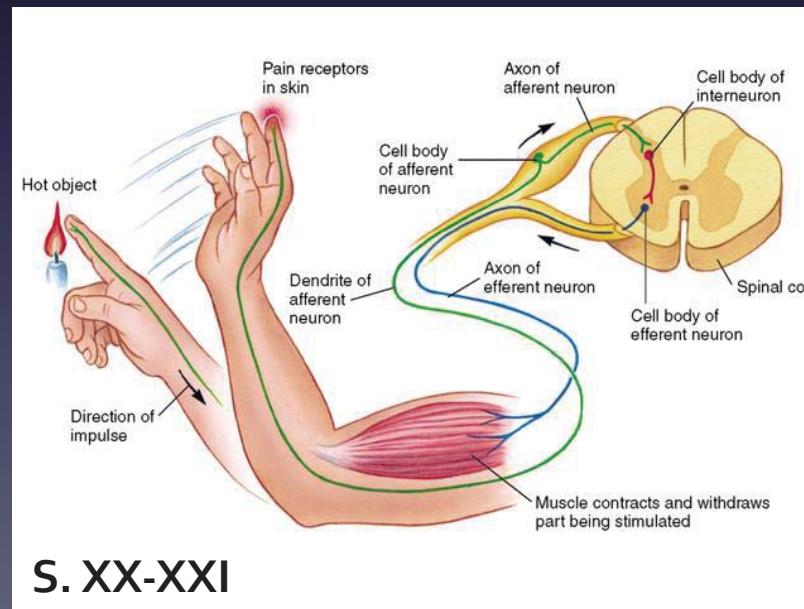
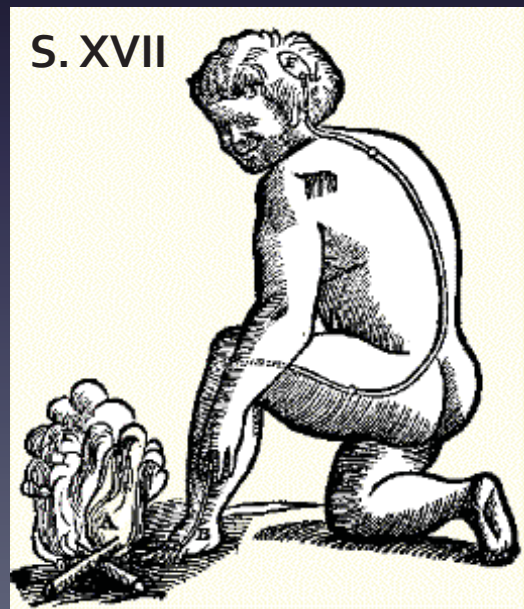
Potencial d'acció



Transmissió de l'impuls nerviós pels circuits nerviosos



Netter's Atlas of Neuroscience (2009)



Circuits nerviosos: connexió de les neurones

Sinapsi: punts de contacte funcional de les neurones

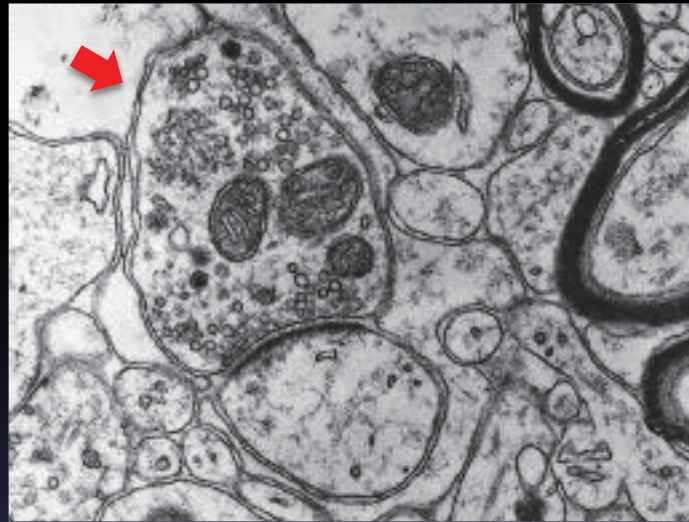
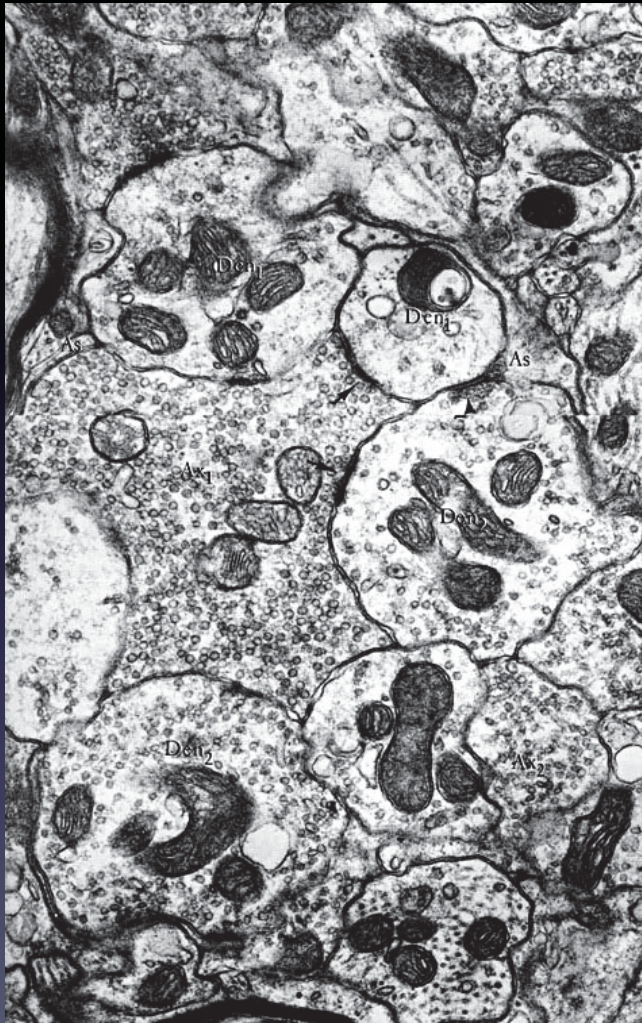
Sinhapteina : "junts amb fermesa"



Charles Sherrington
(1857-1952)

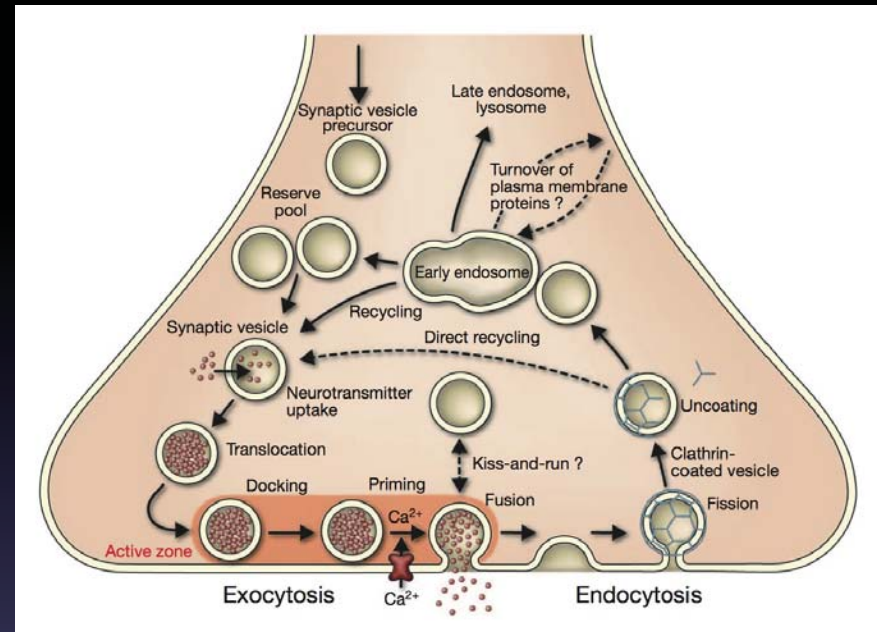
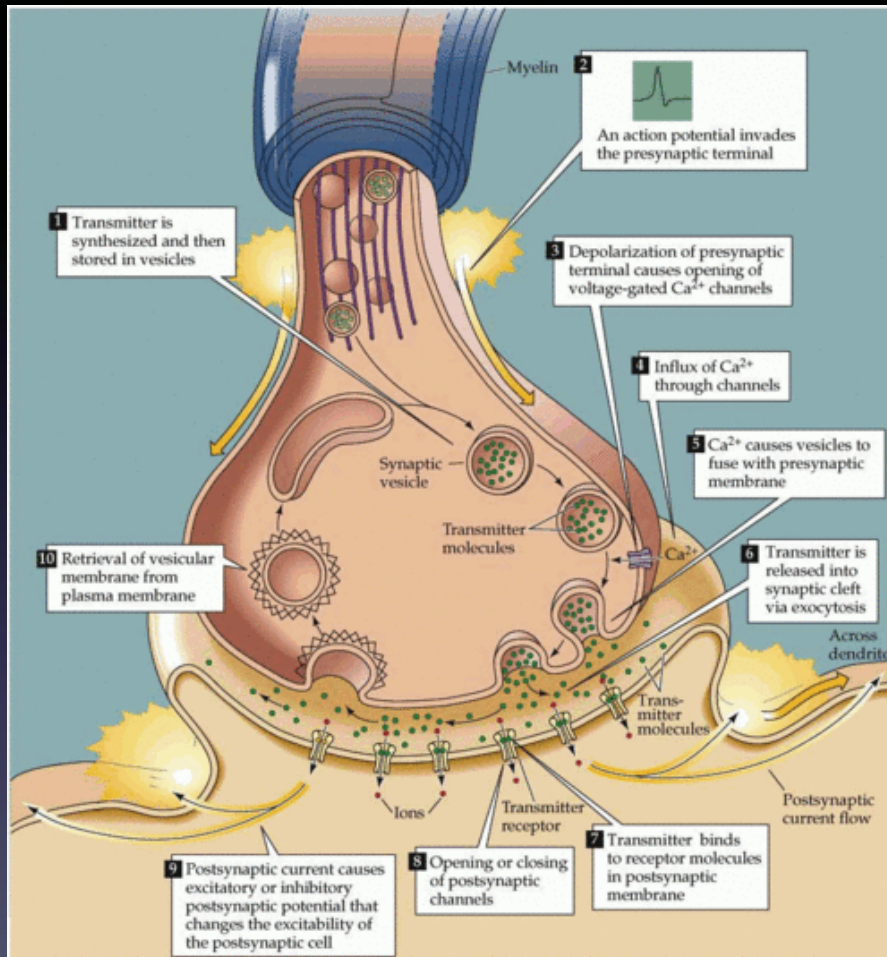


Estructura de la sinapsi



Micrografies electròniques de sinapsis del sistema nerviós

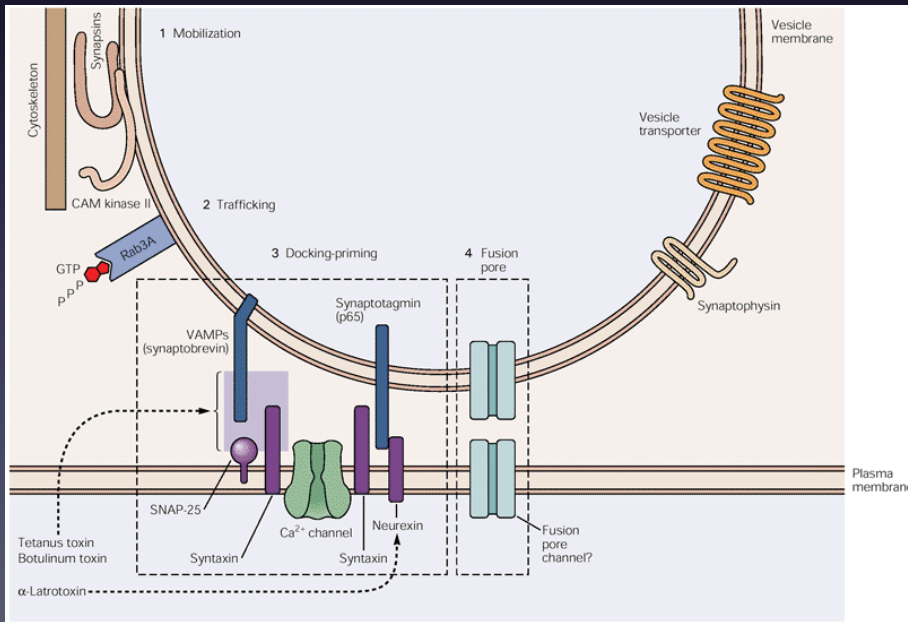
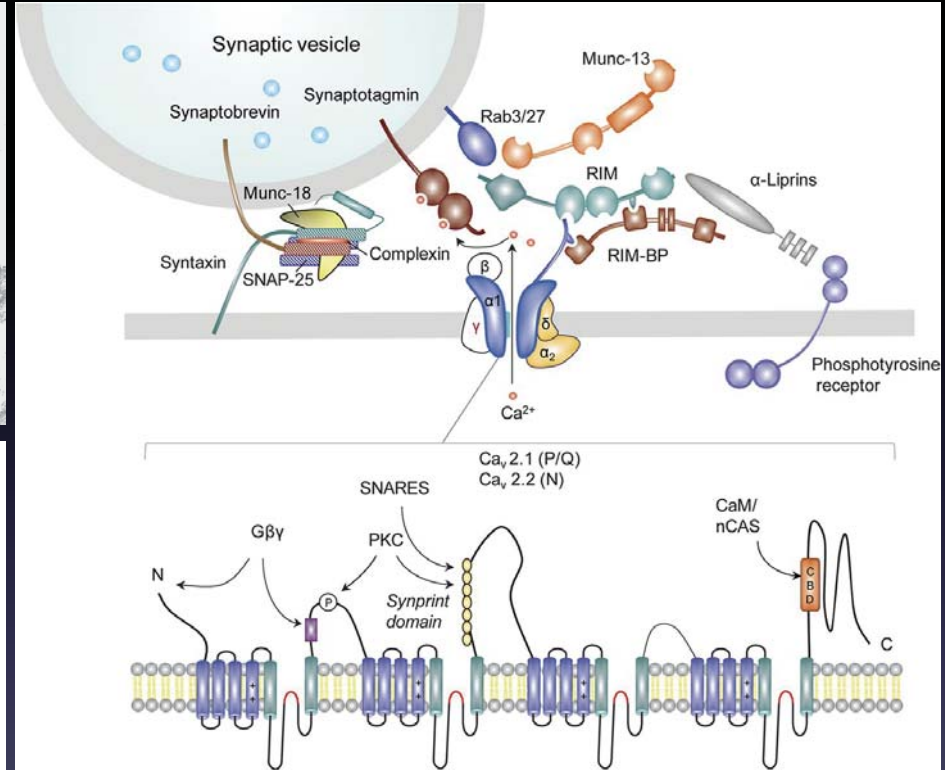
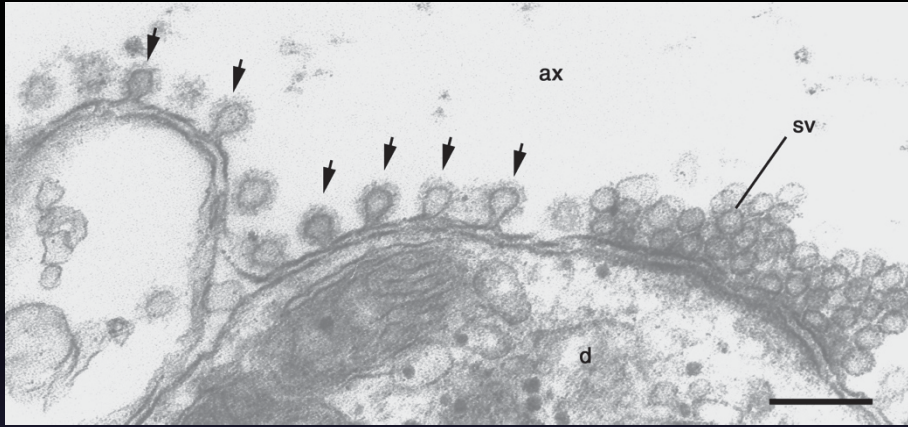
Fisiologia de la sinapsi: alliberament de NTs



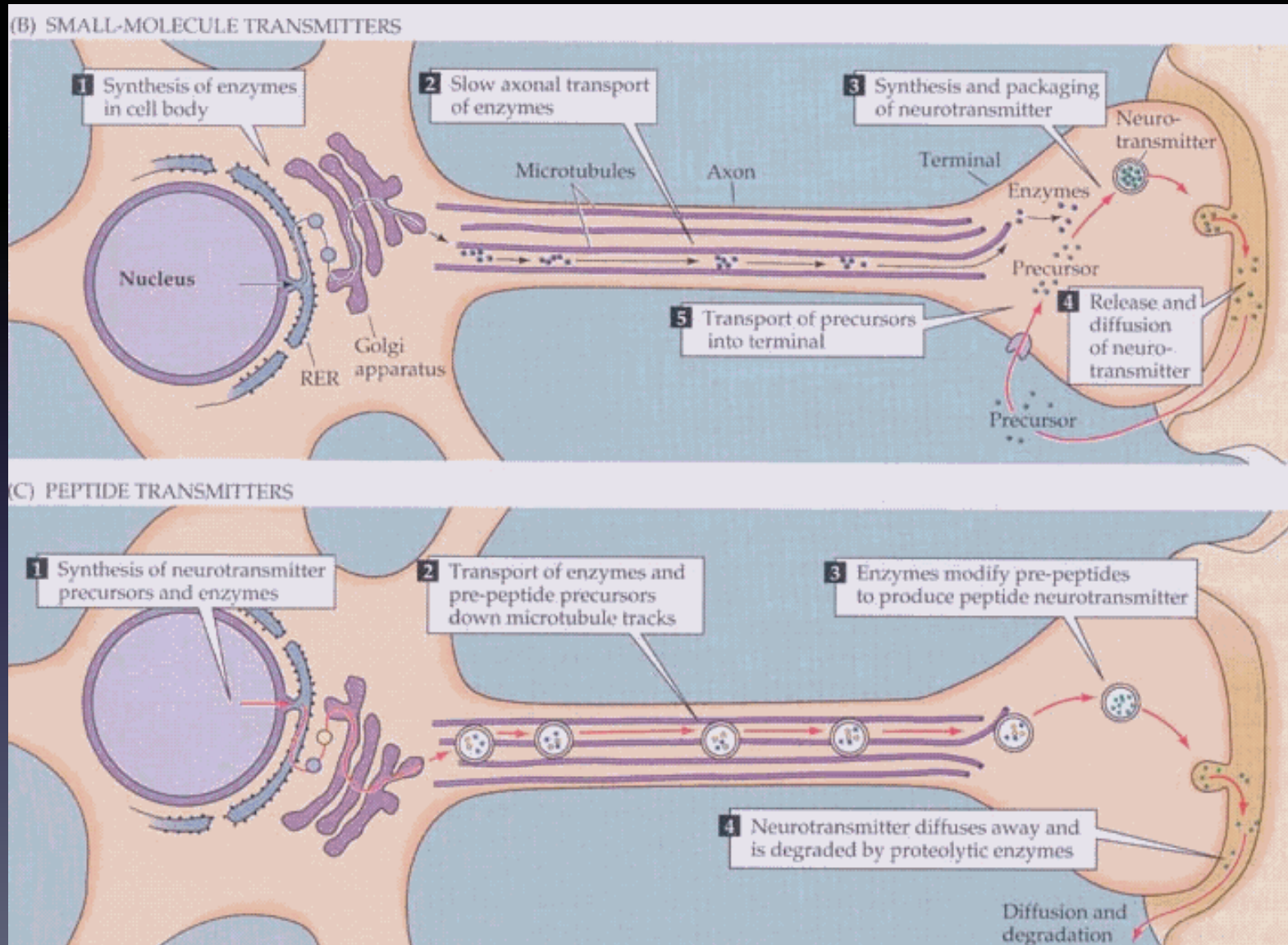
Impuls nerviós:

- Obertura de canals pels ions calci
- Fusió de les vesícules presinàptiques
- Alliberament dels neurotransmissors

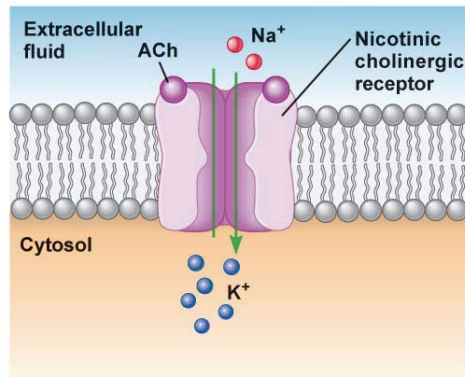
Alliberament de NTs: proteïnes de fusió



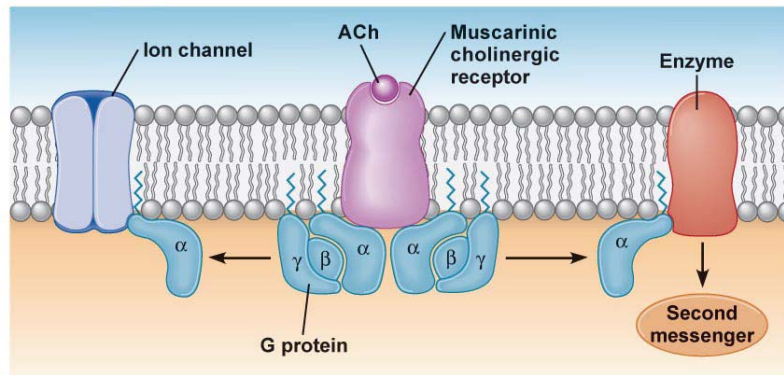
Neurotransmitters: biosíntesi



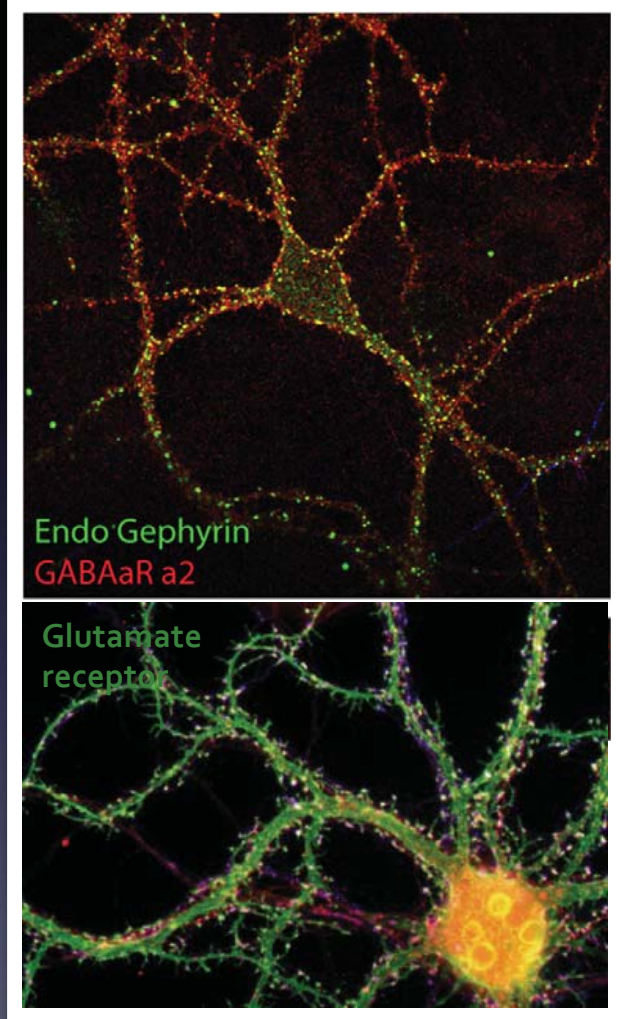
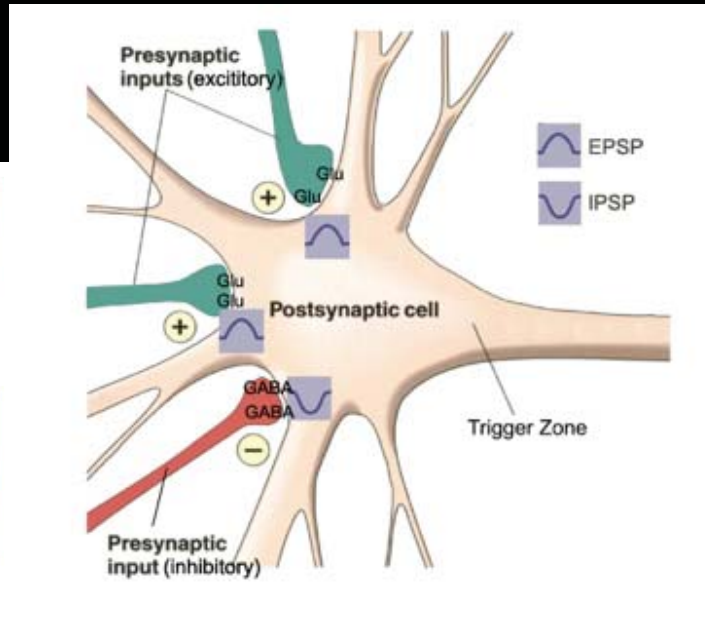
Neurotransmitters: efectos post-sinàptics



(a) Nicotinic cholinergic receptors



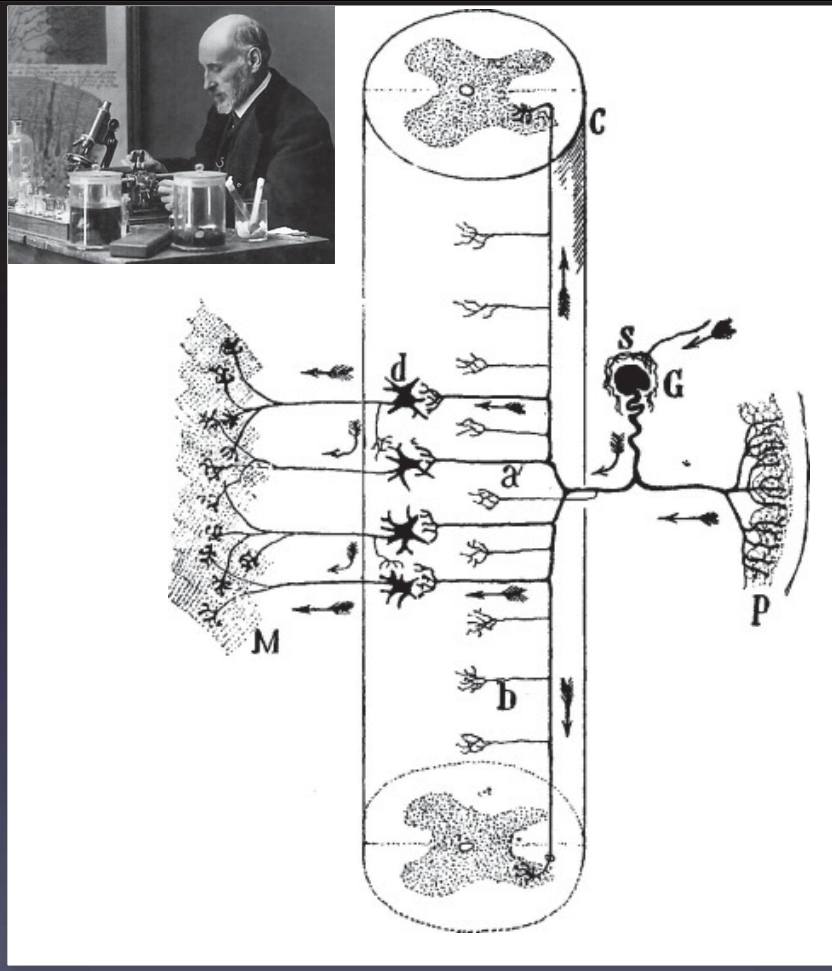
(b) Muscarinic cholinergic receptor



Neurotransmissors

Familia	Neurotransmissor	Receptors
Colinèrgics	Acetilcolina	M1-M4
Catecolamines	Adrenalina, Noradrenalina	α_1 , α_2 , β_1 - β_3
	Dopamina	D1-D4
Serotoninèrgics	Serotonina	5-HT ₁ – 5-HT ₇
Purinèrgics	ATP, Adenosina	P ₂ X, P ₂ Y, A ₁ -A ₄
Endocannabinoides	Anandamida	CB ₁ , CB ₂
Eicosanoides	Prostaglandines	EP ₁ -EP ₄ ; IP ₁ -IP ₄
Aminoàcids	Glutamat, GABA	NMDA, AMPA, GABA-A, GABA-B
Neuropèptids	VIP, CGRP, NYP, ...	Específic de cada neuropèptid
Gas	NO	<i>Guanilil-ciclasa</i>

Característiques de la sinapsi i dels circuits neuronals



Ramon y Cajal S. Premi Nobel 1906

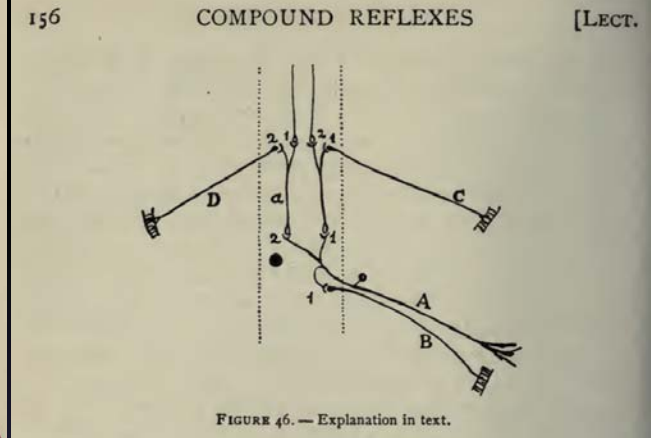
Unidireccionalitat:

- En un circuit nerviós la informació sempre circula en una sola direcció.
- En una neurona, el potencial d'acció o impuls nerviós sempre es propaga en una sola direcció, del soma a la terminal axònica.
- En una sinapsi la transmissió dels neurotransmissors es sempre de la regió pre-sinàptica a la regió post-sinàptica.

Característiques de la sinapsi i dels circuits neuronals



The conception of a reflex therefore embraces that of at least three separable structures, — an *effector* organ, *e. g.*, gland cells or muscle cells; a conducting nervous path or *conductor* leading to that organ; and an initiating organ or *receptor* whence the reaction starts. The conductor consists, in the reactions which we have to study, of at least two nerve-cells, — one connected with the receptor, the other with the effector. For our purpose [the receptor is best included as a part of the nervous system, and so it is convenient to speak of the whole chain of structures — receptor, conductor, and effector — as a *reflex-arc*. All that part of the chain which leads up to but does not include the effector and the nerve-cell attached to this latter, is conveniently distinguished as the *afferent-arc*.



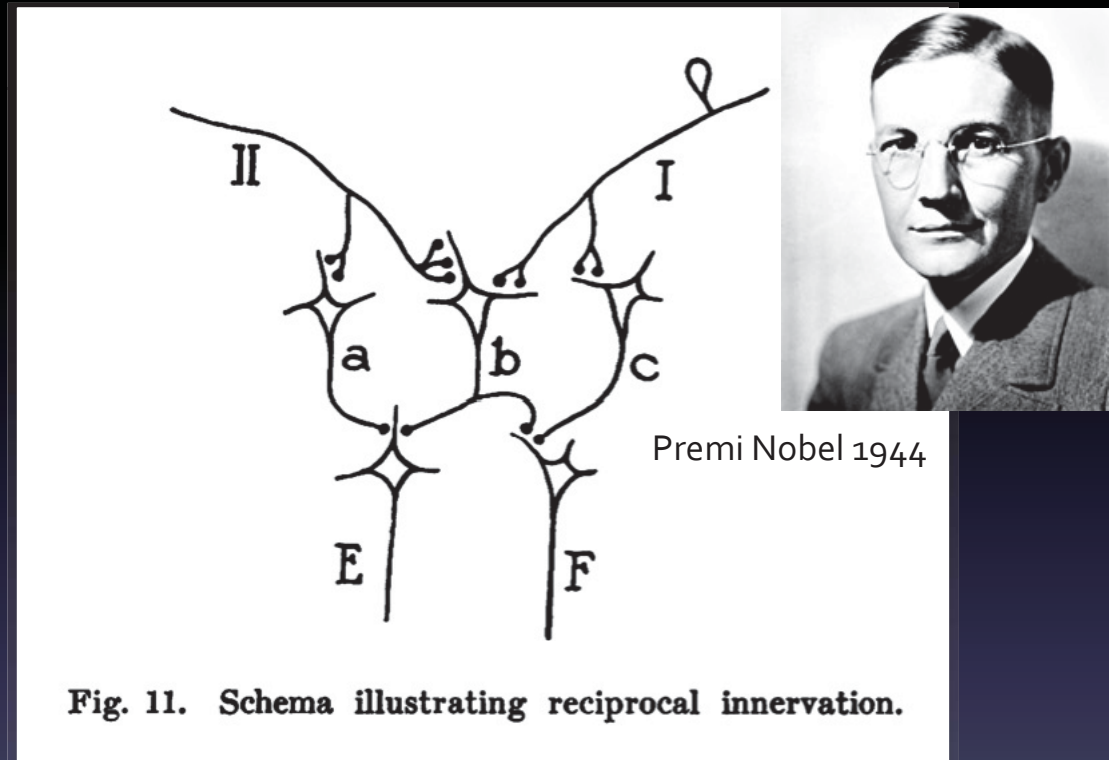
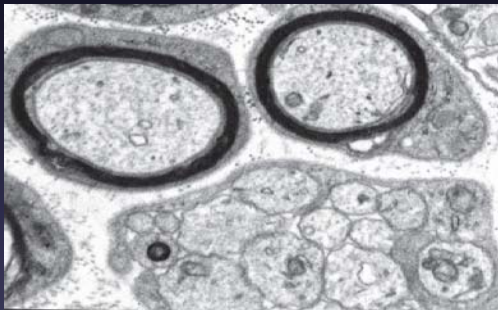
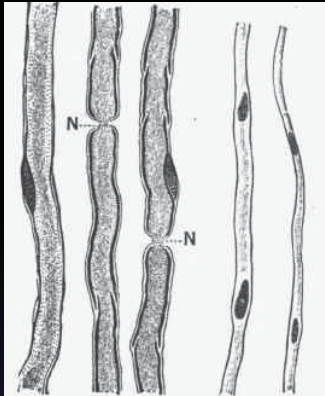
Sherrington CS. *The Integrative Action of the Nervous System*. New Haven, Yale University Press, 1st edition, 1906.

Premi Nobel 1932

Retard sinàptic:

- No transmissió immediata de l'impuls nerviós entre les neurones (0,5-5 ms)
- Circuit nerviós amb moltes sinapsis química més lentament passa la informació

Característiques de la sinapsi i dels circuits neuronals



Gasser HS. The control of excitation in the nervous system. Bull NY Acad Med 1937, 13: 324-348

Velocitat de conducció:

- Fibres mielíniques presenten una conducció saltatòria (regions paranodals de 200-1000 μm) a velocitats entre 2-120 m/s
- Fibres amielíniques presenten conducció contínua a velocitat entre 0,5 -2 m/s

Característiques de la sinapsi i dels circuits neuronals



Eccles JC et al. J Physiol 1954, 125: 590-606

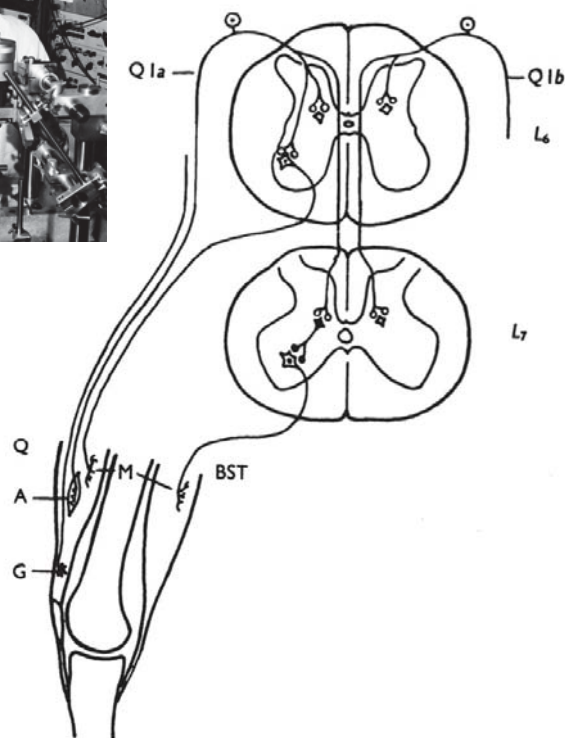


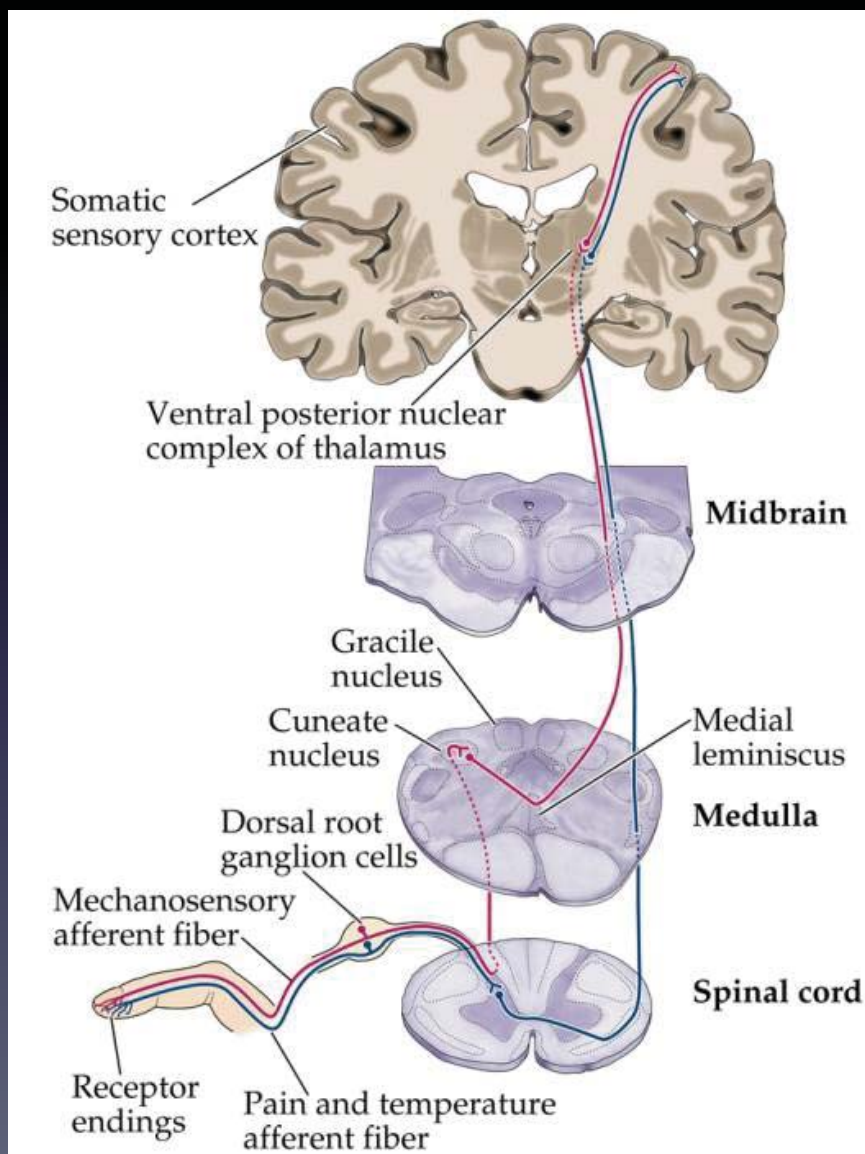
Fig. 5. Diagram showing the postulated pathways within L_6 and L_7 segments for impulses entering the spinal cord along group Ia and Ib afferent fibres from the quadriceps muscle. The synaptic connexions of the Q Ia fibres are shown in the left and those of the Q Ib fibres in the right half of the two transverse sections. Excitatory synaptic knobs are drawn as open circles and inhibitory ones as filled circles. Q = quadriceps muscle; BST = biceps and semi-tendinosus muscles; M = motor nerve ending; A = annulo-spiral ending in a muscle spindle; G = Golgi tendon organ. Axons are only drawn for those intermediate neurones whose connexions are established.

Premi Nobel 1963

Excitació o inhibició:

- Sinapsi excitadora allibera NTs que provoquen PEPs en la neurona post-sinàptica.
- Sinapsi inhibidora allibera NTs que provoquen PIPs en la neurona post-sinàptica.
- Circuits amb sinapsi excitatòria hi ha propagació de l'impuls nerviós.
- Circuits amb sinapsi inhibitòria no hi ha propagació de l'impuls nerviós.

Característiques de la sinapsi i dels circuits neuronals



Especificitat:

- Cada circuit neuronal genera i transmet un tipus específic d'informació nerviosa
- Cada circuit neuronal està format per unes determinades neurones que condueixen a una determinada velocitat i transmeten l'impuls nerviós mitjançant un determinat neurotransmissors
- Cada circuit està format per neurones que presenten un mateix patró de descàrrega de potencials d'acció