

1. Nervová činnost

Neuron, jeho stavba a typy, gliové buňky a jejich funkce, sodno-draslíková pumpa, elektrochemický gradient, vedení nervových vzruchů, akční potenciál, sodné a draselné kanály, refrakterní perioda, akomodace, chemická a elektrická synapse, mediátory, depolarizace a hyperpolarizace, sumace, neuromodulátory, kódování a integrace informací na synapsích, divergence a konvergence, podmíněné a nepodmíněné reflexy

2. Smyslové vnímání

Receptory a kódování informací, potenciály, adaptace, chemorecepce – čich a chuť, vznik akčního potenciálu v čichové buňce, mechanorecepce – vnitřní a speciální mechanoreceptory, polohový smysl, sluch, sluchová ústrojí hmyzu a savců, vnímání zvuku, fotorecepce, složené oko členovců, komorové oko obratlovců, optický aparát, základní oční vady, receptorové buňky – tyčinky a čípky, fotochemie vidění, pomocné struktury oka

3. Fyziologické principy pohybu

Cytoskelet – mikrotubuly a filamenta, typy pohybu, struktura a funkce příčně pruhovaného svalu, sarkomera, aktin a myozin, mechanismus svalové kontrakce, nervosvalová ploténka, svalový stah, rigid mortis, motorická jednotka, energie pro svalovou práci, kyslíkový dluh, uspořádání svalů, typy svalových vláken, vztahy mezi výdejem energie a pohybovými parametry, zvláštnosti svalů ryb, význam plynového měchýře při pohybu ryb, hmyz – synchronní a asynchronní svaly, hladký sval, srdeční svalovina

4. Nervová soustava a její funkce

Nervové systémy živočišné říše, mozek hmyzu, CNS obratlovců a člověka – mícha a mozek, funkce jednotlivých částí mozku, retikulární formace mozkového kmene, limbický systém, neopallium a jeho funkce, somatotopická organizace, lateralizace, nervové řízení kosterního svalstva, pyramidální a extrapyramidální dráhy, vegetativní nervová soustava, integrační činnost CNS – reflexy, instinkty, učení, paměť, biorytmy – bdění a spánek, onemocnění a poškození nervové soustavy, metody jejího vyšetřování.

5. Endokrinní soustavy

Řídící systémy organismu, hormony a jejich funkce, chemické složení hormonů, transport hormonů, mechanismus působení hormonů – lipofilní a hydrofilní hormony, receptory, cAMP a fosfolipáza C, inaktivace hormonů, hierarchie hormonálního řízení, hormonální soustava bezobratlých – korýši a hmyz, základní skupiny hmyzích hormonů, hormonální soustava člověka, hypothalamo-hypofyzární soustava, adenohipofýza a neurohipofýza, štítná žláza – sekrece T3, T4 a kalcitoninu, příštítná tělíska a parathormon, brzlík, kůra nadledvin a steroidní hormony, dřeň nadledvin a katecholaminy, endokrinní pankreas – inzulin a glukagon, pohlavní hormony – testosteron, estrogeny, progesteron, řízení pohlavní činnosti, menstruační cyklus, těhotenství porod, laktace, endokrinní řízení vybraných fyziologických funkcí, hlavní skupiny tkáňových hormonů

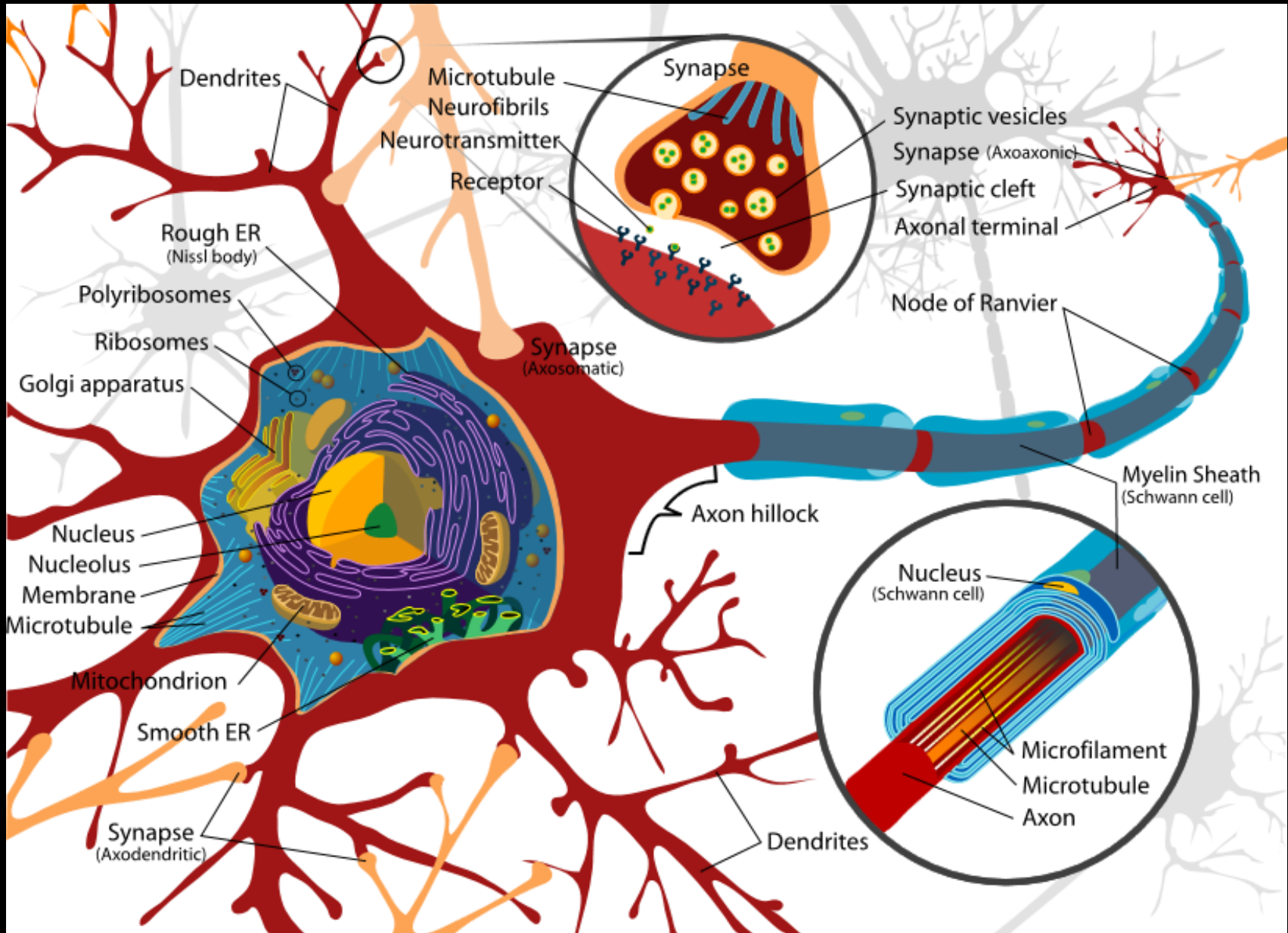
Literatura:

- 1. Alberts B. a kol. (2001) Základy buněčné biologie – Úvod do molekulární biologie buňky, Espero Publishing, Ústí nad Labem**
- 2. Moyes C.H., Schulte P.M. (2008) Principles of Animal Physiology, Pearson Education, Benjamin Cummings, San Francisco, 2nd edition**
- 3. Randall D., Burggren W., French K. (2002) Eckert Animal Physiology, W.H. Freeman and Company, New York, 5th edition**
- 4. Raven P.H., Johnson G.B. (1992) Biology, Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, 3rd edition**
- 5. Rokyta R, Šťastný F. (2002) Struktura a funkce lidského těla, Tigris spol. s r.o., Praha, 1. vydání**
- 6. Vácha M., Bičík V., Petrásek R., Šimek V., Kellnerová I. (2004) Srovnávací fyziologie živočichů, Přírodovědecká fakulta MU, Brno**

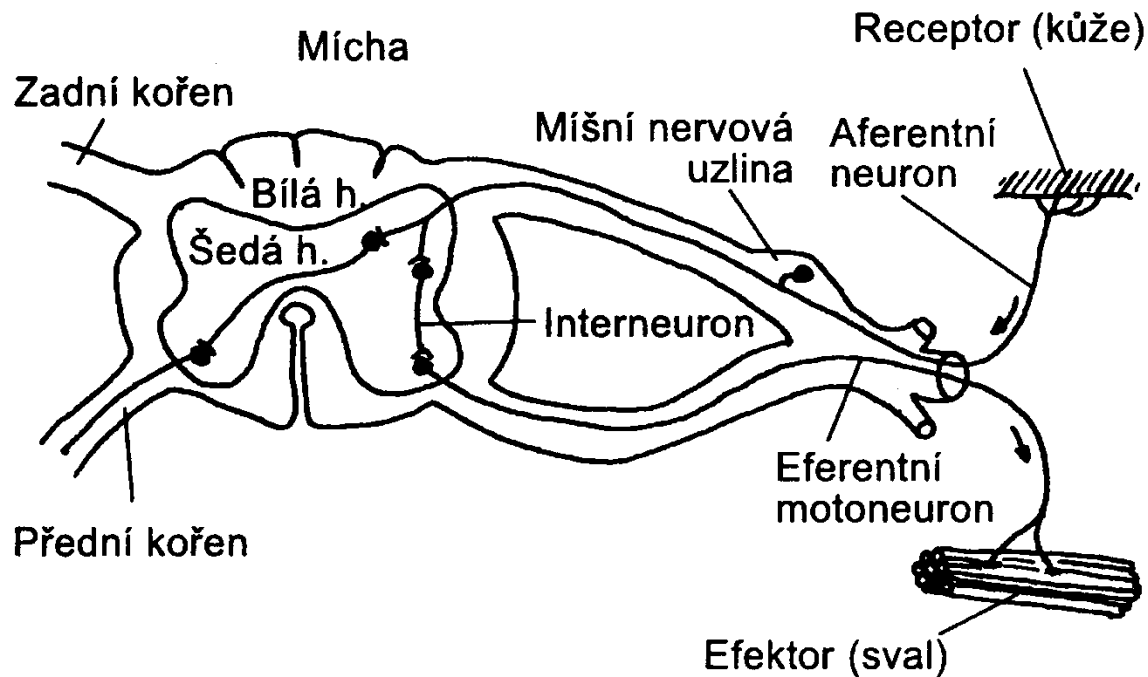
Všechny studijní materiály včetně obrázků budou postupně umíst'ovány na adresu:

http://rum.prf.jcu.cz/public/fyziologie_zivocichu/

Nervová činnost

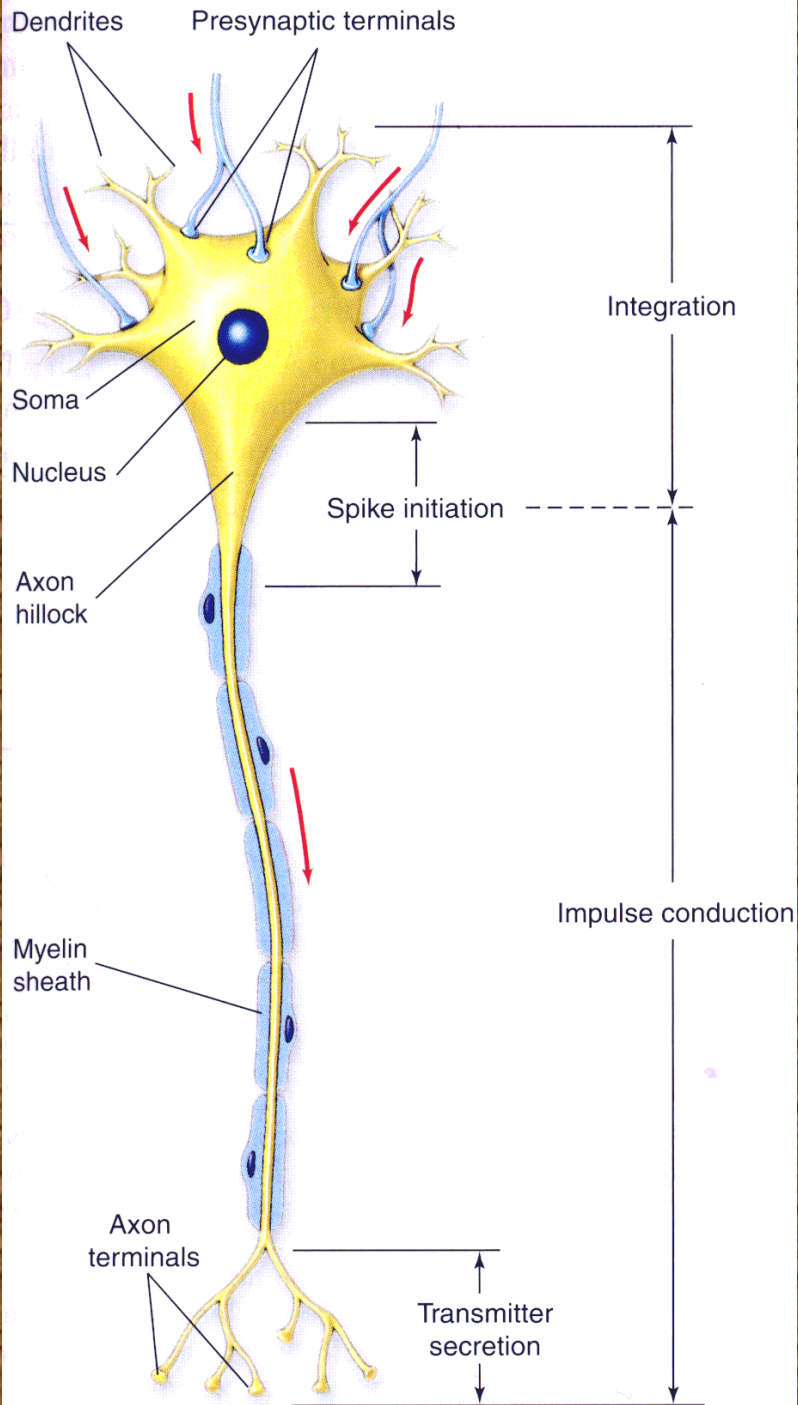


Reflexní oblouk – základní stavební a funkční jednotka nervové soustavy



Obr. 4.12. Mícha a reflexní oblouk člověka. Základním projevem nervové činnosti je reflex. Reflexní oblouk tvoří: receptor, aferentní (sensorická dráha), centrum, eferentní (motorická dráha), efektor. Interneuronů umožňujících komplexnější a složitější reakce bývá větší počet. Míšní šedá hmota s těly neuronů je uložena centrálně, bílá – tvořená výběžky neuronů – leží periferně.

Nervová buňka - neuron



Neuron a funkce jeho částí

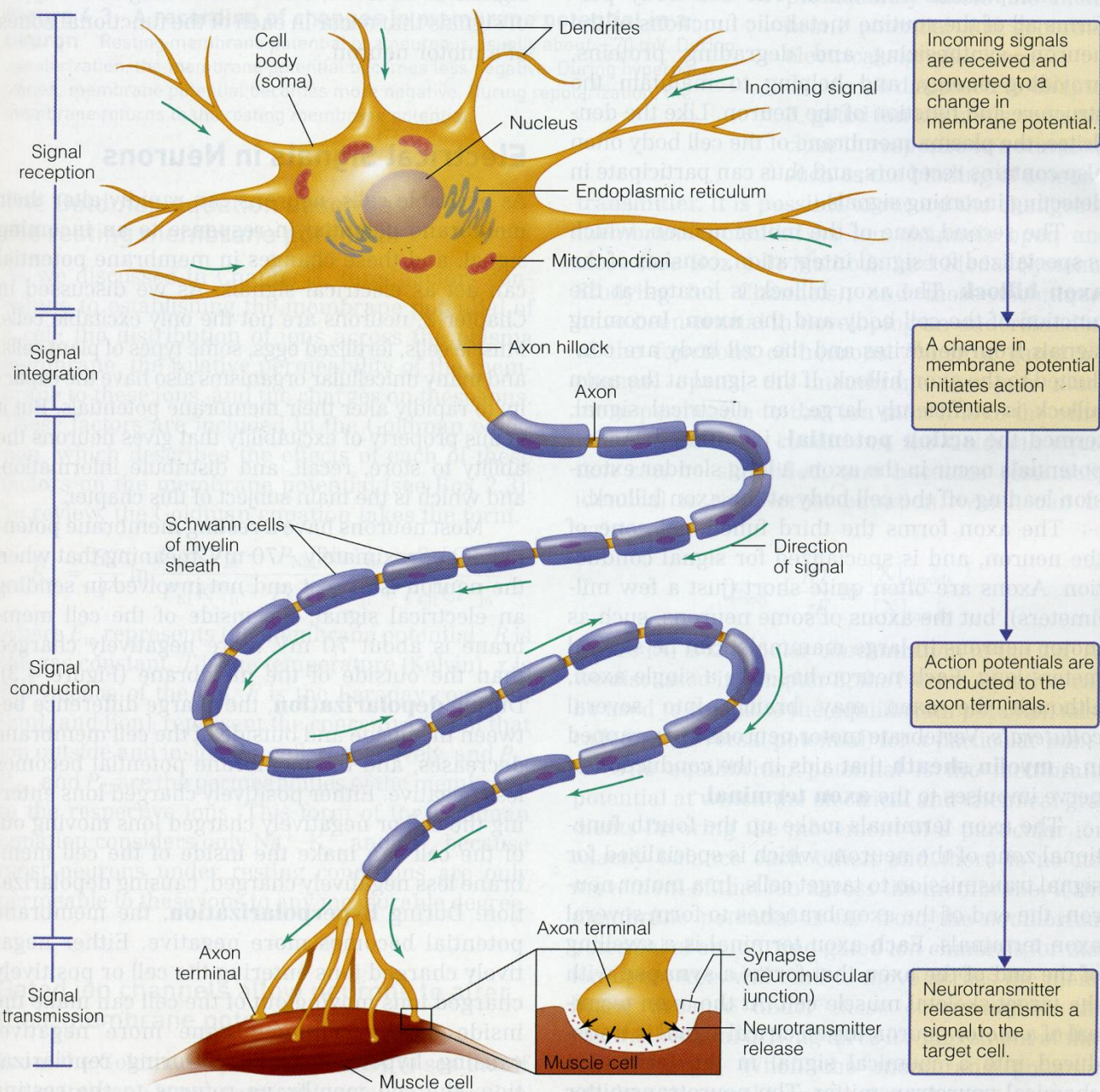
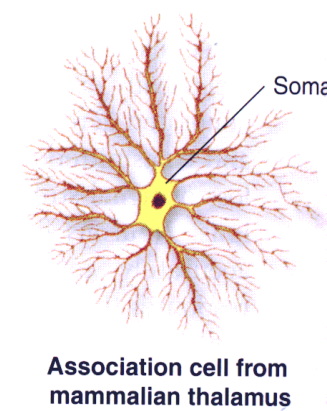
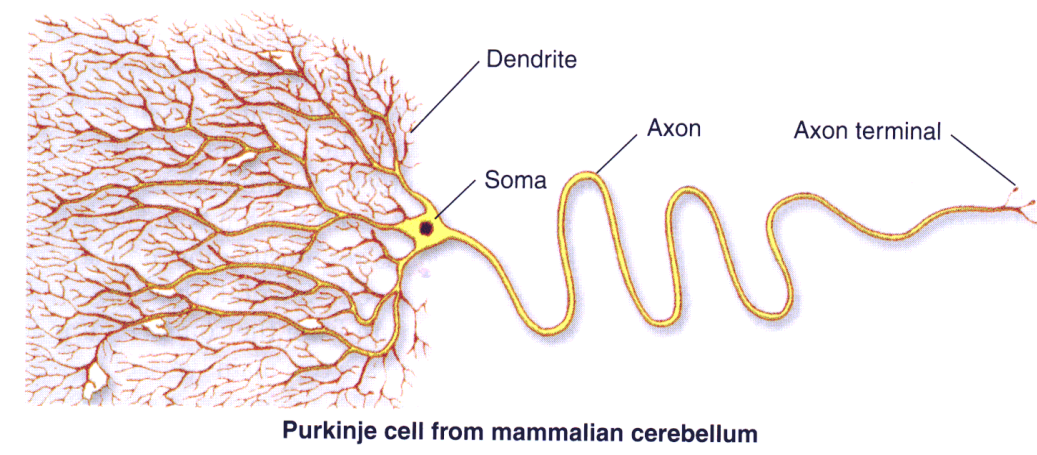
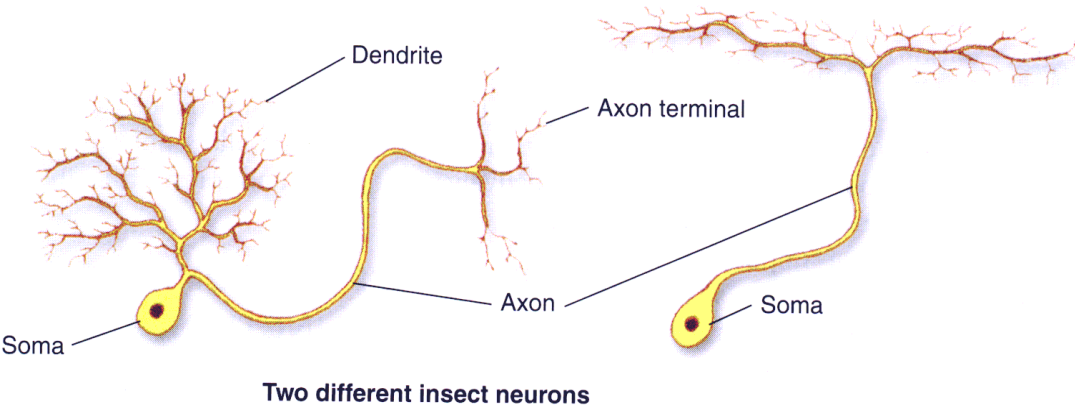
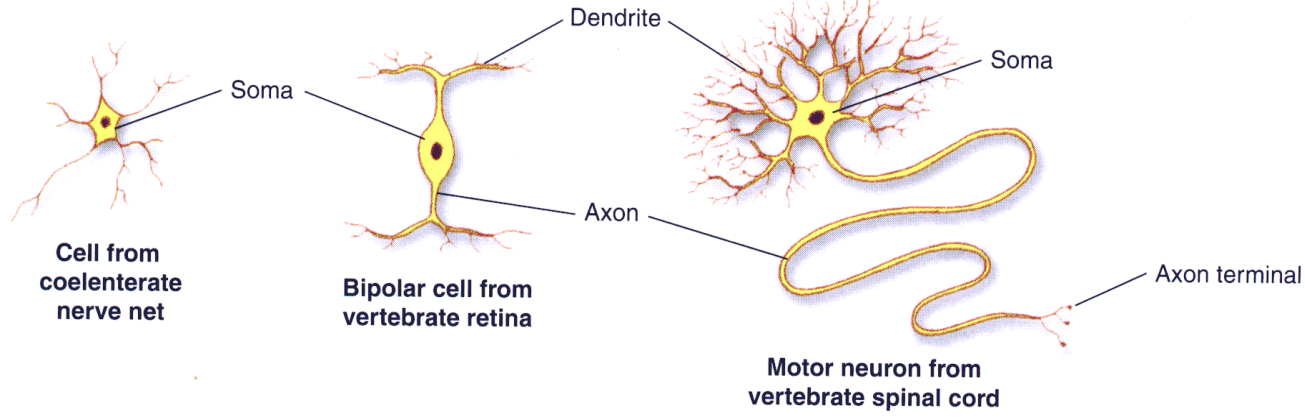


Figure 4.2 Structure and function of a typical vertebrate motor neuron

Like other neurons, motor neurons can be divided into four functional zones.

Neuron a jeho varianty



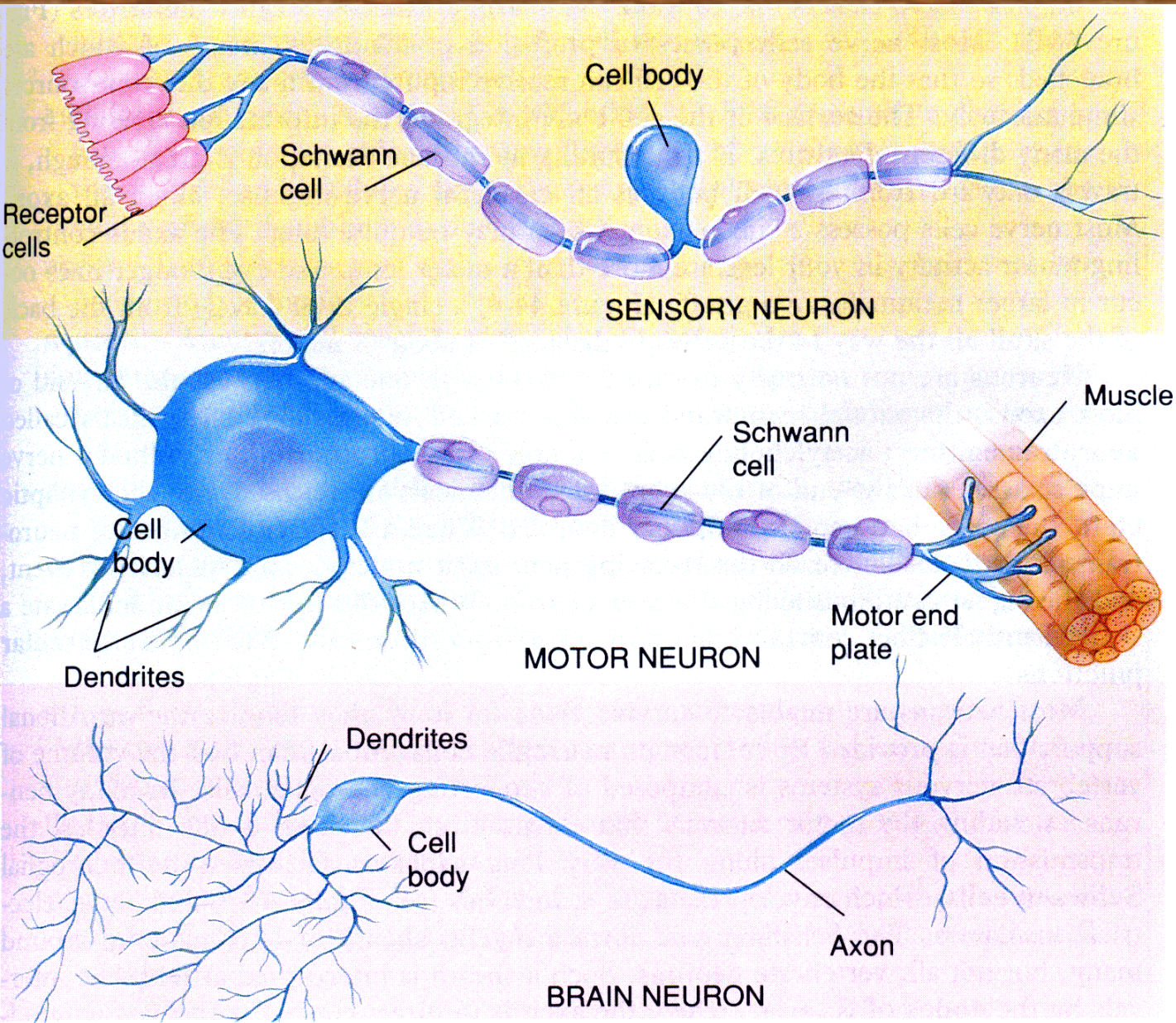


FIGURE 44-2

Types of vertebrate neurons.

A Sensory neurons (which carry signals from sense organs to the brain) typically have dendrites only in specific receptor cells.

B The axons of many motor neurons (which carry commands from the brain to muscles and glands) are encased at intervals by Schwann cells, as are some of the axons of sensory neurons.

C Neurons within the brain often possess extensive, highly branched dendrites.

Gliální buňky

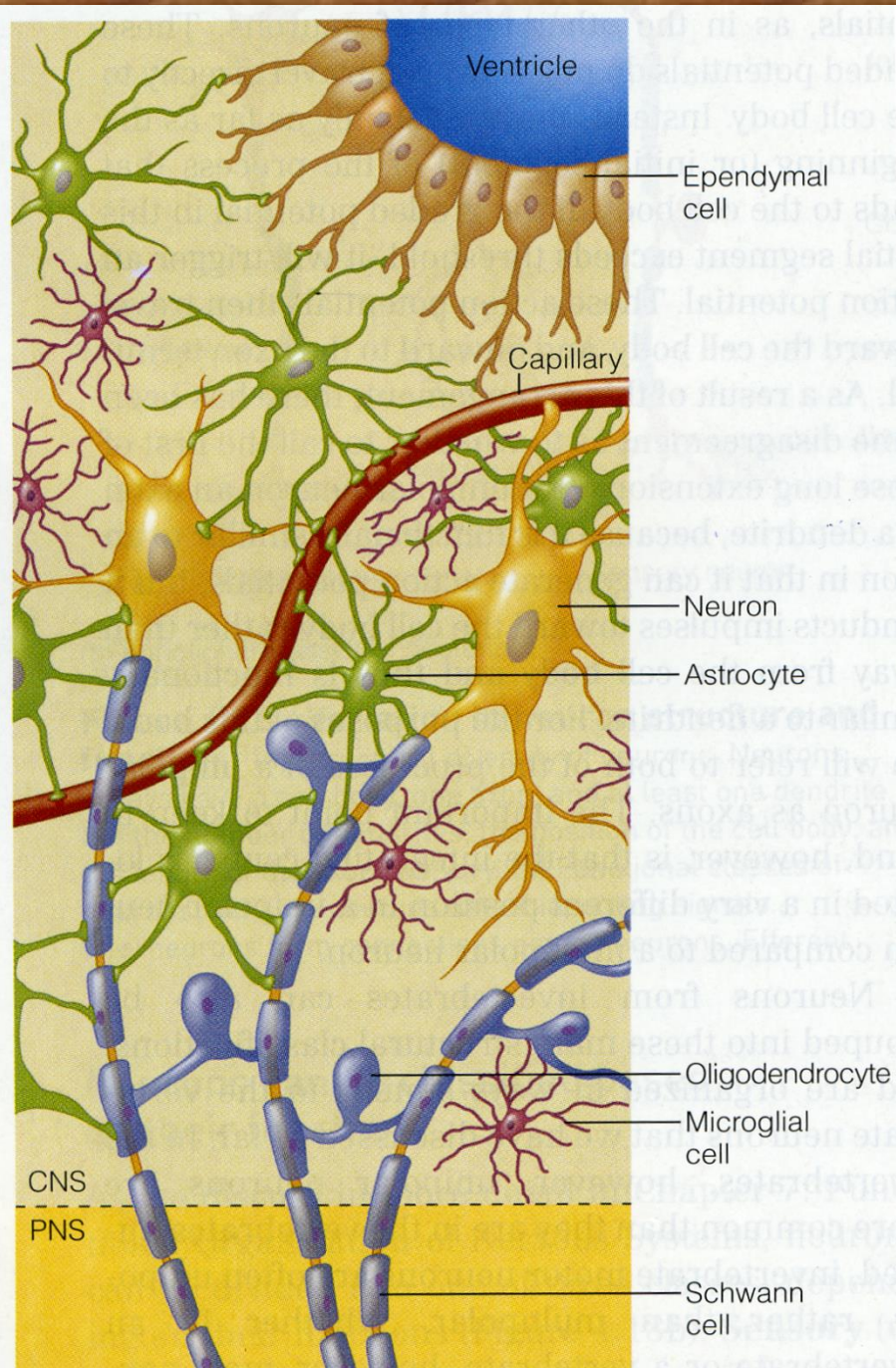
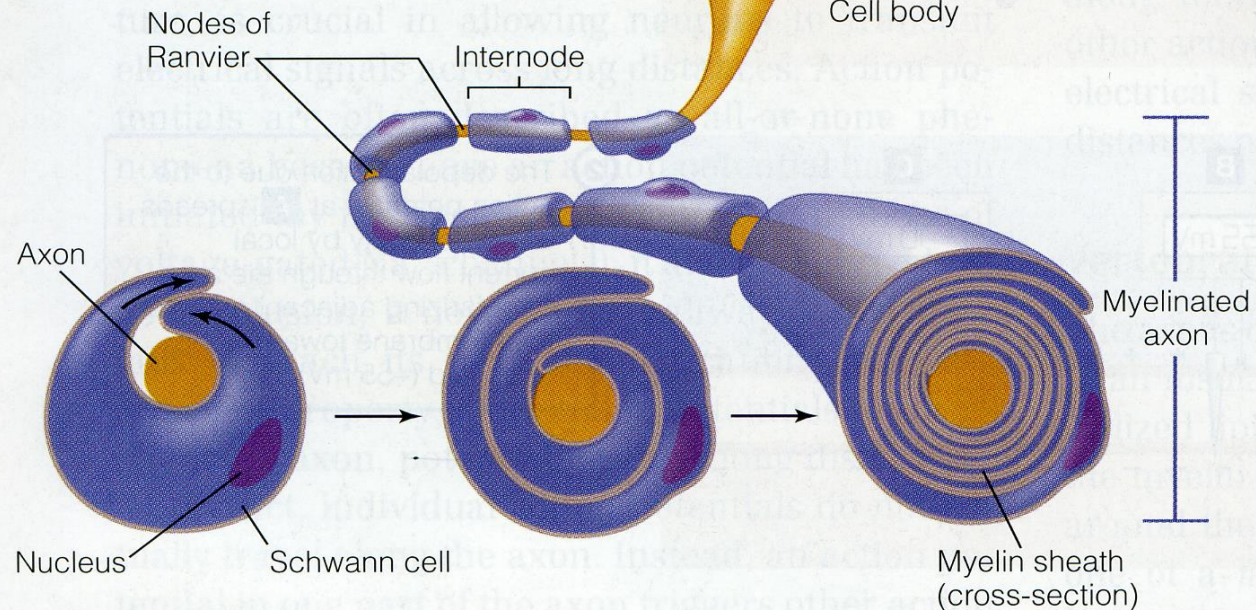
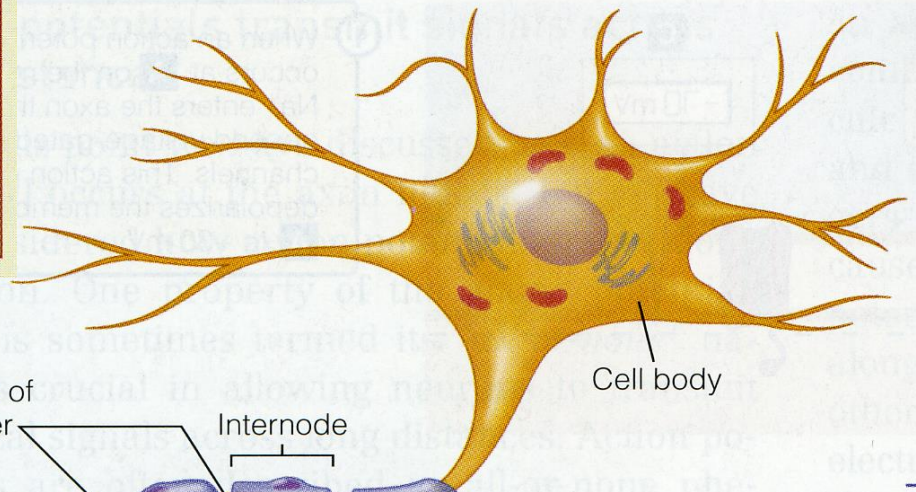
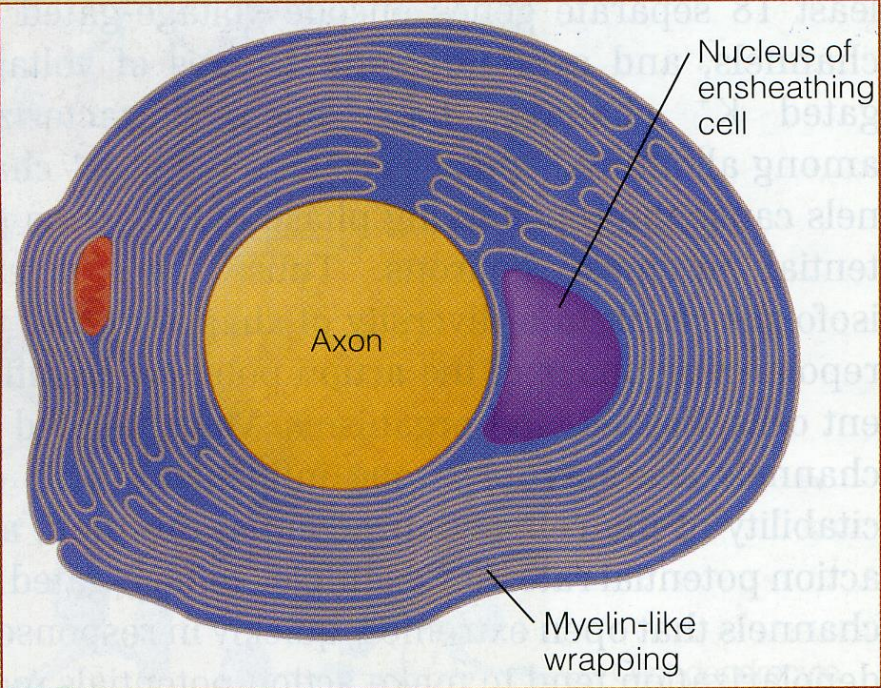


Figure 4.19 The primary glial cells of vertebrates

Schwanovy buňky a struktura myelinové vrstvy

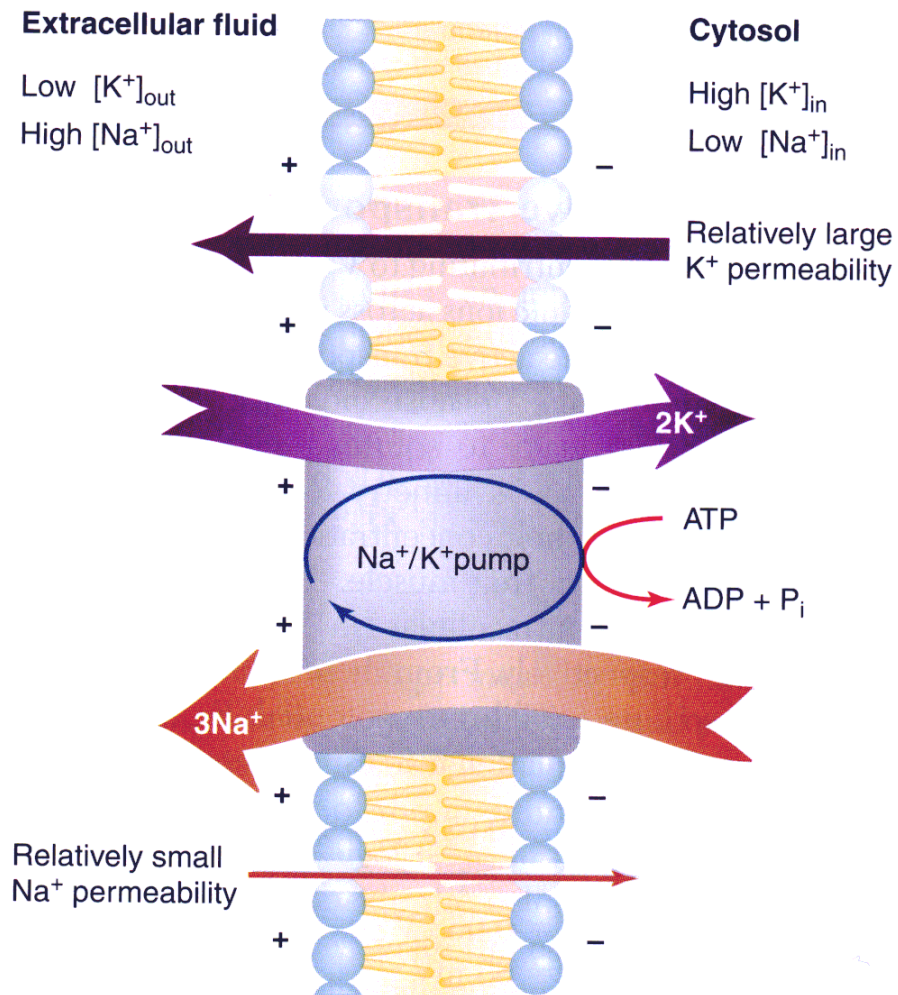


Extracellular fluid

Low $[K^+]_{out}$
High $[Na^+]_{out}$

Cytosol

High $[K^+]_{in}$
Low $[Na^+]_{in}$



Sodno-draslíková pumpa

Figure 5-15 The Na^+/K^+ pump contributes to V_{rest} in two ways. The major source of V_{rest} is diffusion of K^+ through the membrane from inside the cell to outside, driven by the unequal concentrations of K^+ inside and outside the cell. The pump indirectly contributes to the resting potential by maintaining the high internal K^+ concentration. Because the Na^+/K^+ pump transports Na^+ and K^+ in a ratio of $3Na:2K$, it may also contribute directly to the resting potential by removing a small net amount of positive charge from the cell's interior.

Nernstova (A) a Goldmanova (B) rovnice

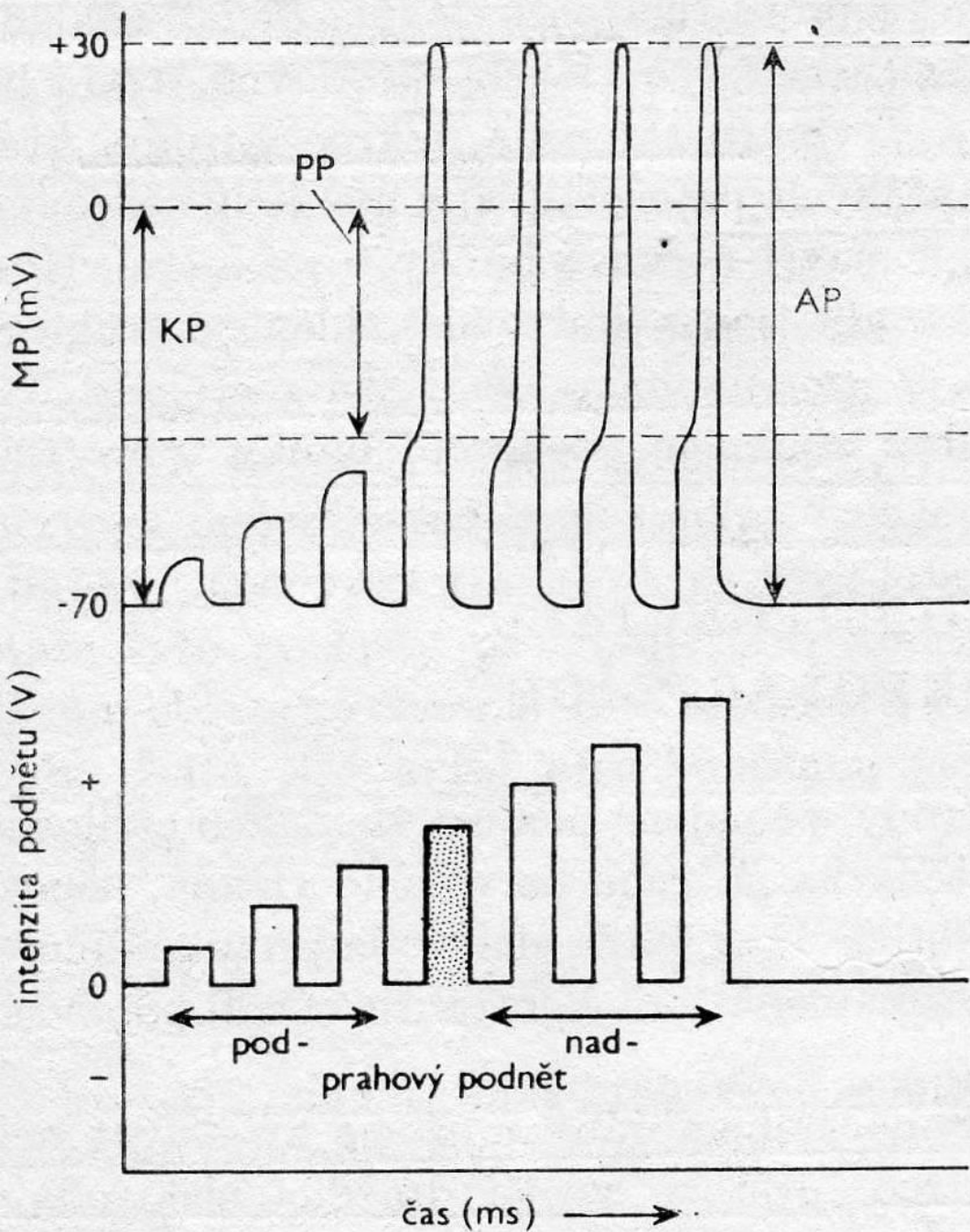
$$(A) \quad E_i = \frac{RT}{FZ_i} \ln \frac{[i]_{\text{ext}}}{[i]_{\text{int}}}$$

E = rovnovážný potenciál [mV], R = plynová konstanta, T = absolutní teplota, F = Faradayova konstanta, Z_i = oxidační číslo (mocenství), i = K⁺, Na⁺ a Cl⁻ ionty, [i]_{ext} - koncentrace iontu vně buňky, [i]_{int} - koncentrace iontu uvnitř buňky

Ionty	Koncentrace (mmol/l)		Rovnovážný potenciál dle Nernstovy rovnice
	Uvnitř buňky	Vně buňky	
Na ⁺	15	150	+60
K ⁺	150	5.5	-90
Cl ⁻	9	125	-70
Org. anionty	65	0	0

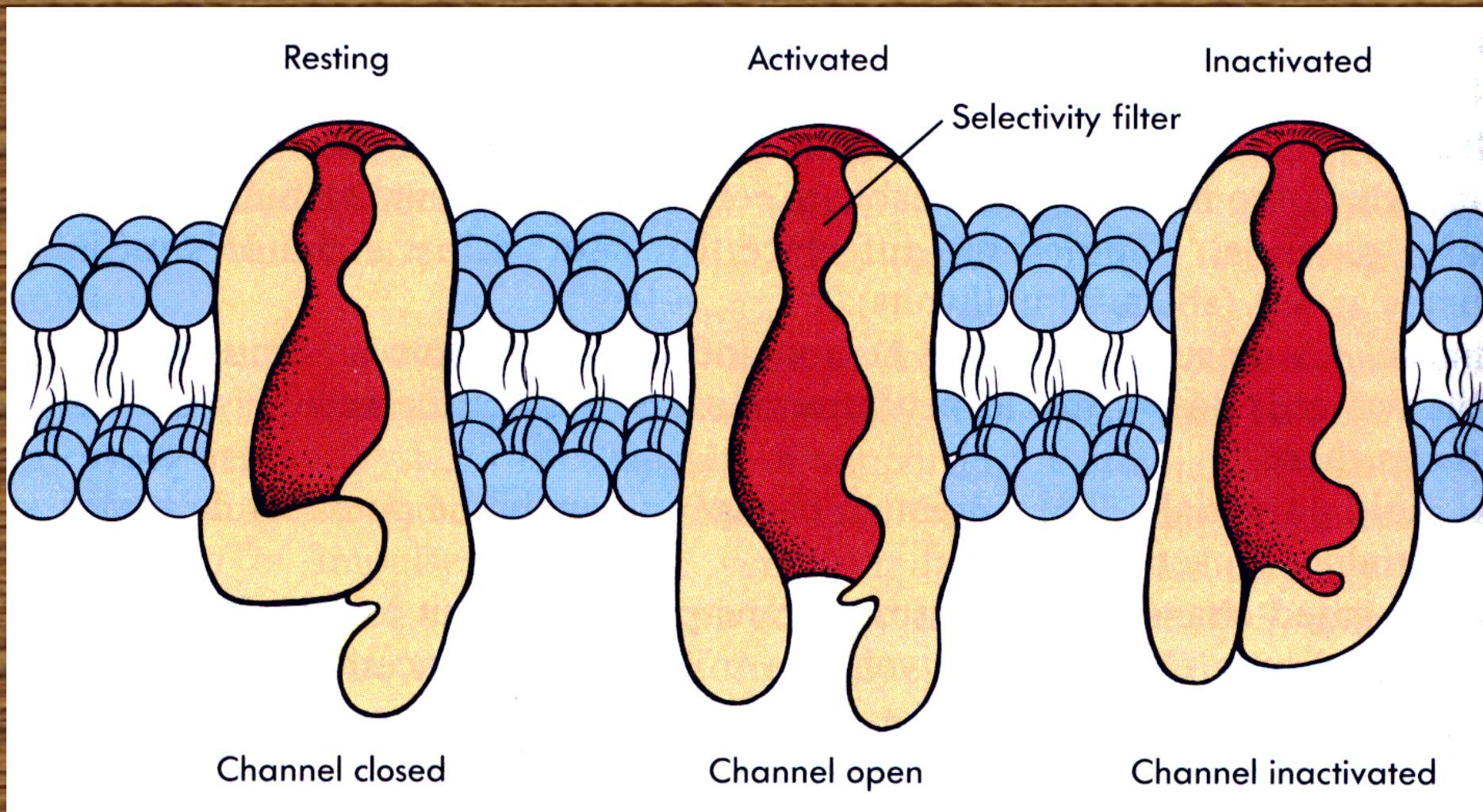
$$(B) \quad E_i = \frac{RT}{FZ_i} \ln \frac{P_{K^+} [K^+]_{\text{ext}} + P_{Na^+} [Na^+]_{\text{ext}} + P_{Cl^-} [Cl^-]_{\text{int}}}{P_{K^+} [K^+]_{\text{int}} + P_{Na^+} [Na^+]_{\text{int}} + P_{Cl^-} [Cl^-]_{\text{ext}}}$$

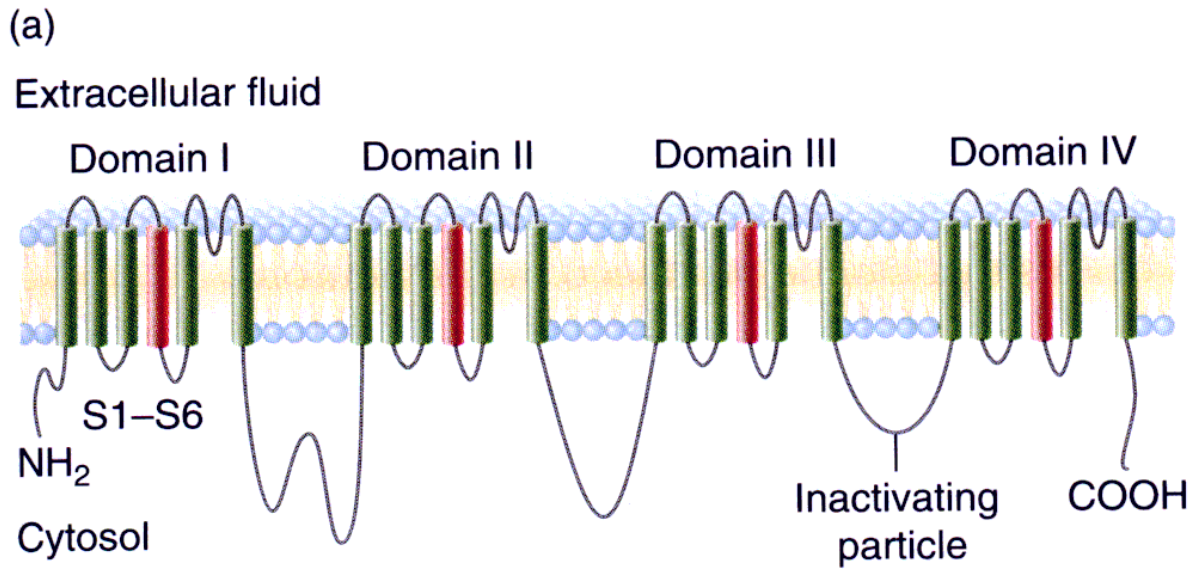
kde – P K⁺, P Na⁺, P Cl⁻ jsou koeficienty propustnosti



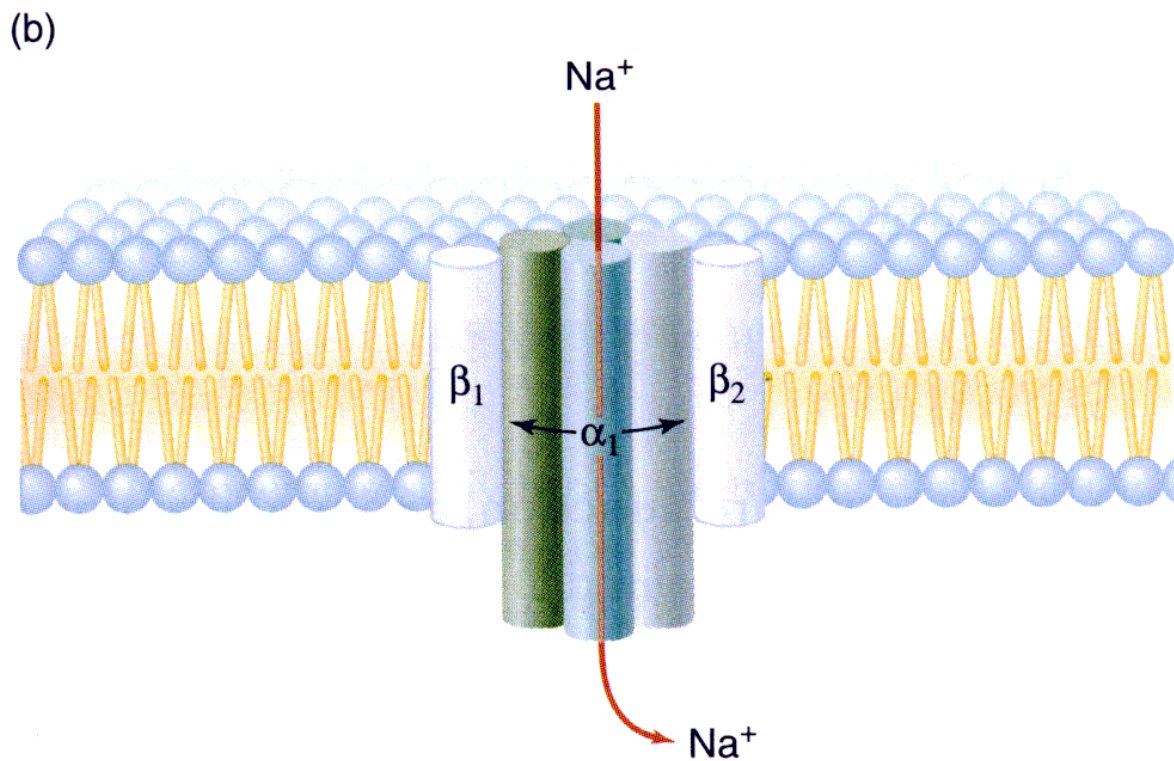
Obr. 130. Snižování membránového potenciálu při stoupající intenzitě depolarizujícího podnětu. Když se dosáhne prahového potenciálu, vznikají akční potenciály. MP – membránový potenciál, KP – křidový potenciál, PP – prahový potenciál, AP – akční potenciál.

Hypotetický model sodného kanálu



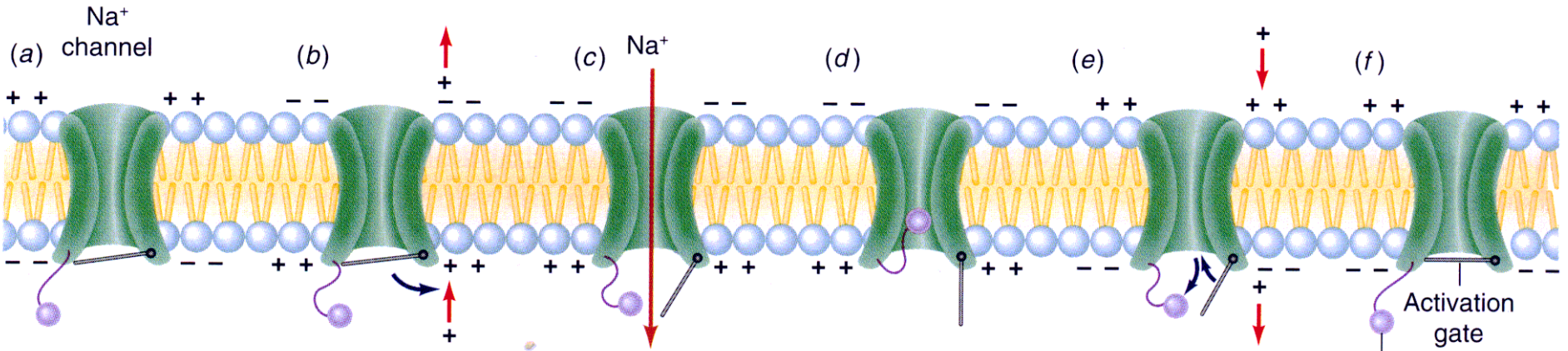


Molekulární struktura sodného kanálu

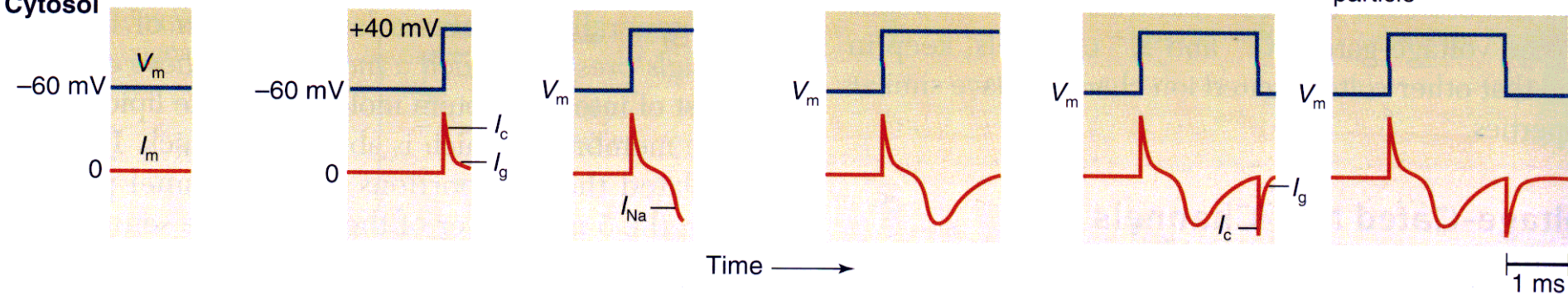


Strukturní konformace napět'ově řízeného sodného kanálu během membránové excitace

Extracellular fluid



Cytosol



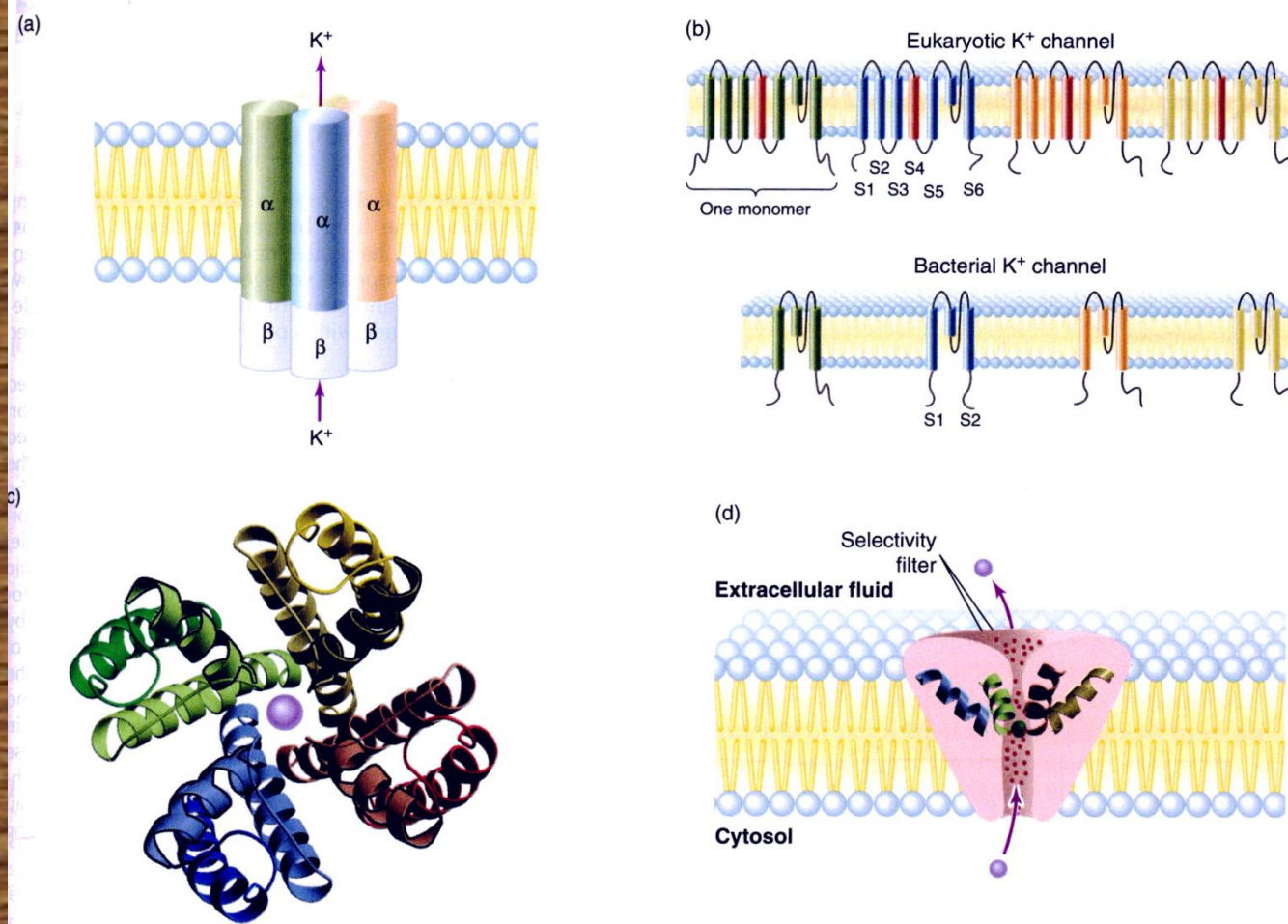
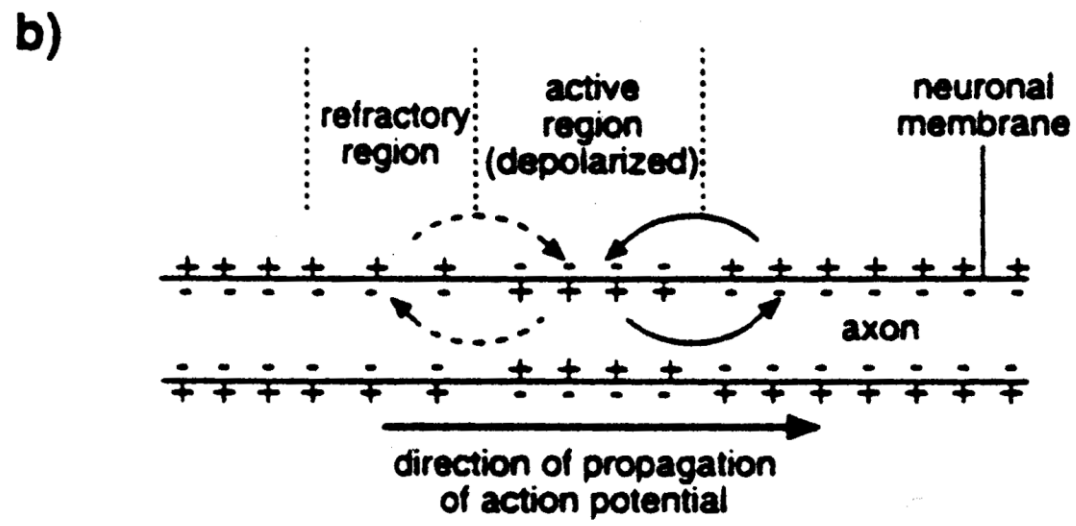
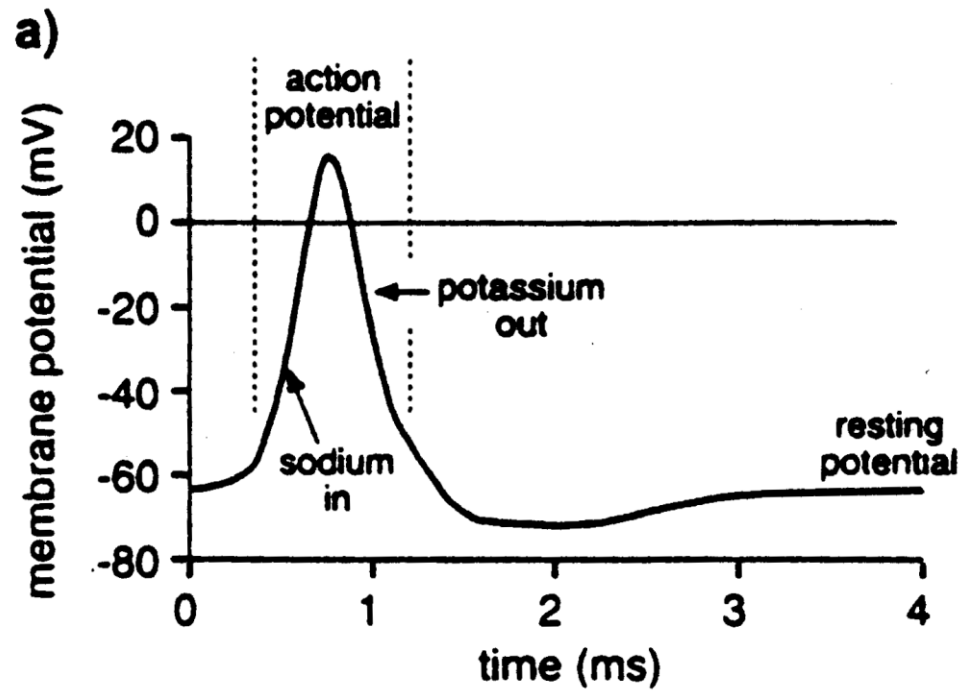


Figure 5-25 Each K⁺ channel is a complex of four monomeric α -subunits plus associated β -subunits. (a) The four α -subunits each span the membrane and are arranged symmetrically around a central pore. Each monomer is associated with an auxiliary β -subunit on the cytoplasmic face of the membrane, which affects the functional properties of the channel. (b) In most K⁺ channels of eukaryotes (top), each monomer includes six membrane-spanning helices as well as intracellular and extracellular segments that link the membrane-spanning regions. The membrane-spanning helix S4 (red) is thought to be important for sensing the transmembrane voltage. A pH-gated bacterial K⁺ channel (bottom) has been shown to consist of four monomers, each of which includes only two membrane-spanning regions

(called S1 and S2) that are homologous to segments S5 and S6 of K⁺ channels in eukaryotes. (c) X-ray analysis of the bacterial K⁺ channel reveals that the transmembrane pore is lined by the transmembrane segments homologous to S6. Each of the four monomers is shown in a separate color. The selectivity filter consists of the sequences that link the two membrane-spanning helices of each monomer, and it is so narrow at one point that it accommodates a K⁺ ion (central purple sphere) only if the water of hydration has been removed. (d) The entire bacterial K⁺ channel is cone-shaped, with the selectivity filter located closer to the extracellular face of the membrane. [Part c adapted from Doyle et al., 1998; part d adapted from Nelson and Cox, 2000.]

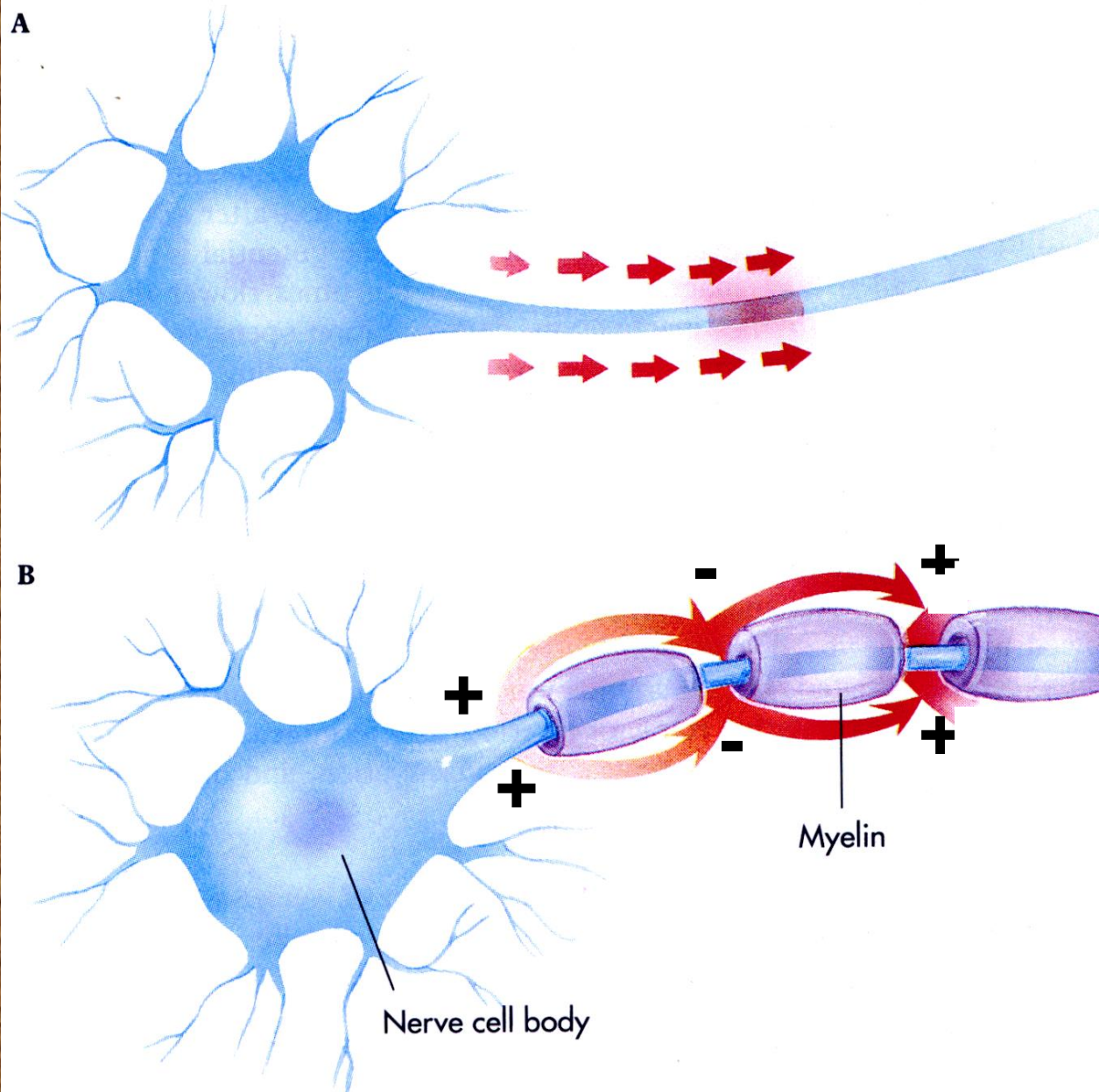
Molekulární struktura draselného kanálu

Akční potenciál – přesuny iontů přes membránu

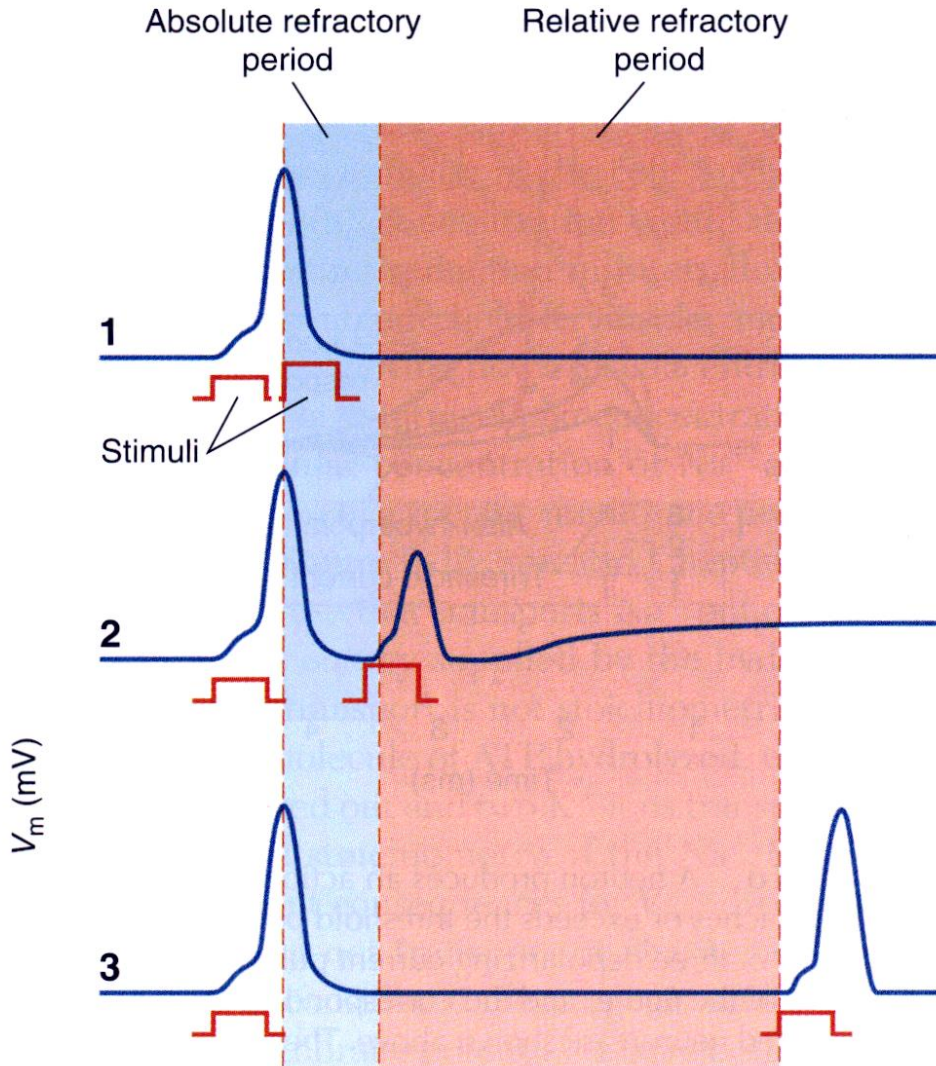


http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student_view0/chapter14/animation_the_nerve_impulse.html

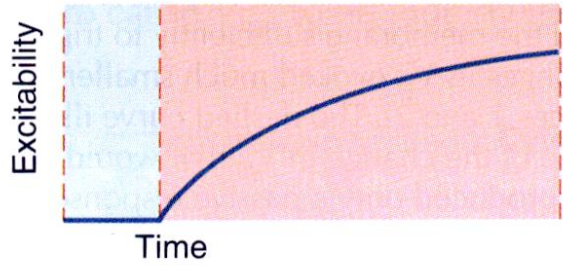
Šíření akčního potenciálu podél axonu



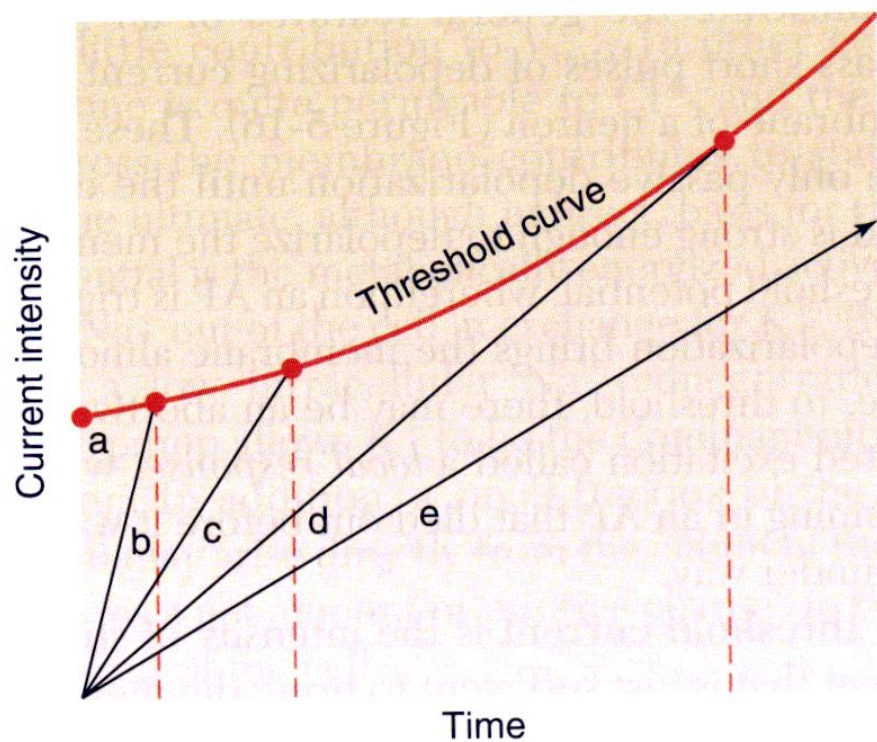
(a)



(b)



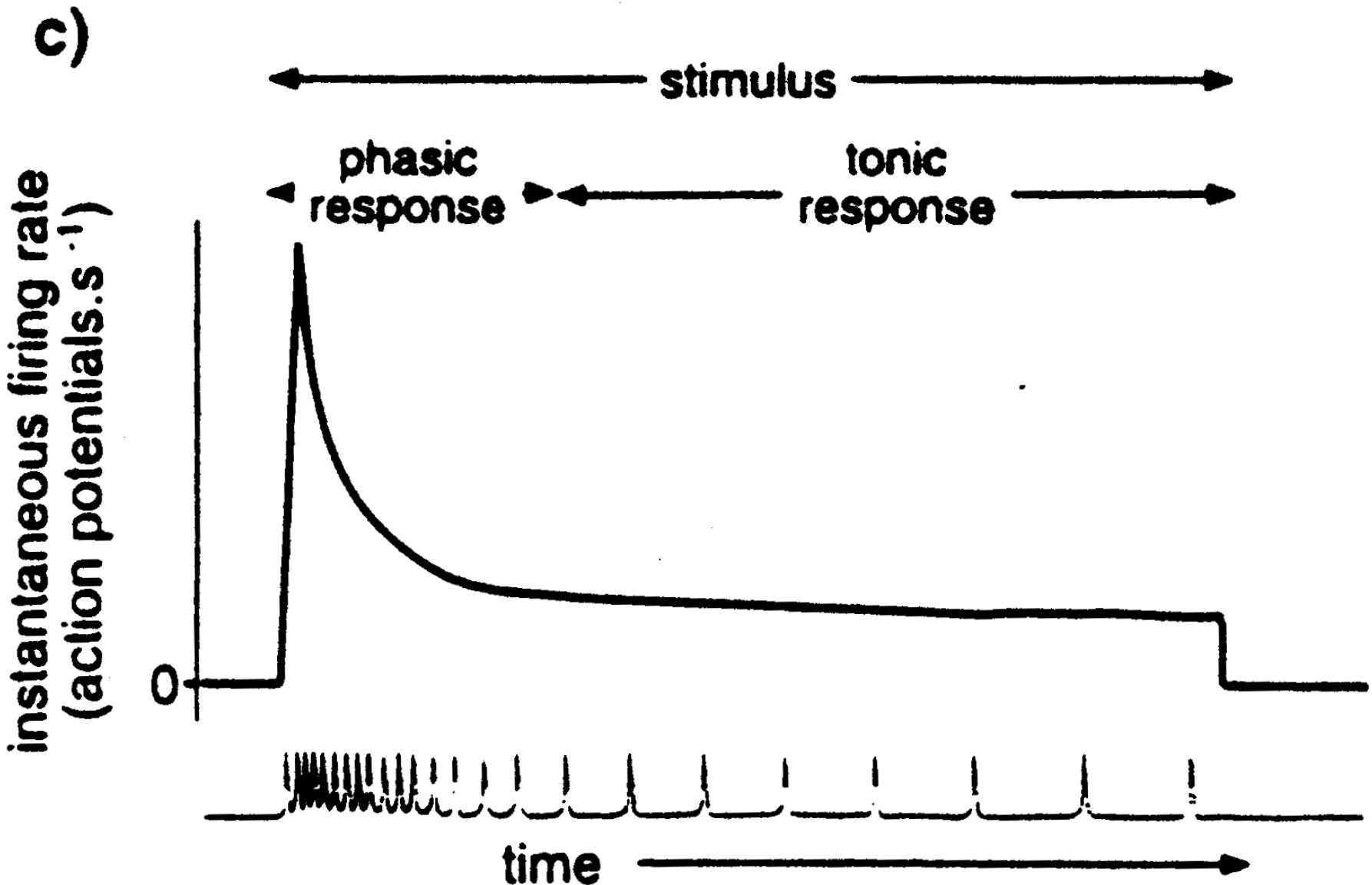
Refrakterní perioda



**Akomodace neuronu –
pomalé zvyšování
prahu, kdy je spuštěn
akční potenciál**

Figure 5-18 When a neuron is subjected to subthreshold stimuli of slowly increasing intensity, the threshold potential increases. This phenomenon is called accommodation. In this experiment, a ramplike stimulating current that was gradually increased in intensity was passed into a neuron, with different rates of rise on different trials (a–e). For the most rapid rate of rise, the threshold was closest to the threshold potential in response to a square pulse (a), in which the current's rate of rise is infinite. When the intensity of the stimulating current increased more slowly, the intensity necessary to reach threshold became larger (lines b through d). If the intensity of the stimulating current rose sufficiently slowly, threshold was never reached (line e).

Fázická a tonická odpověď



Struktura nervu

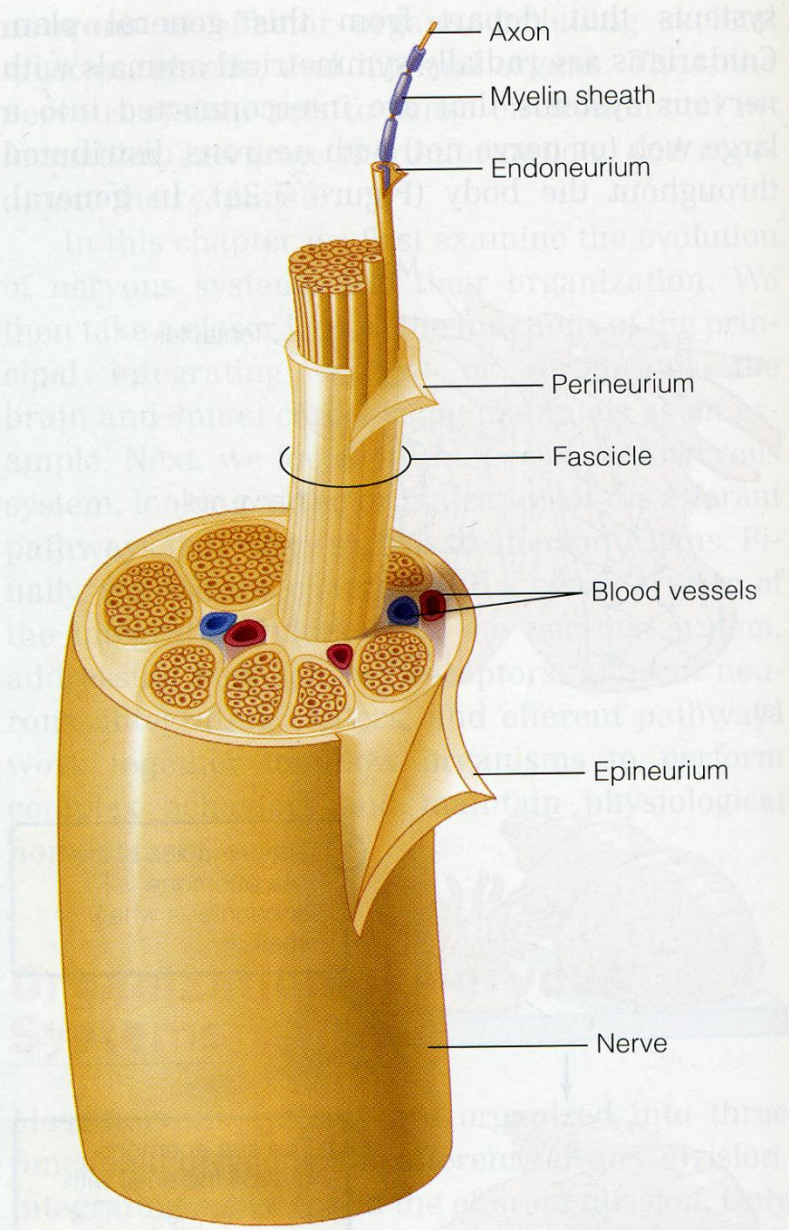
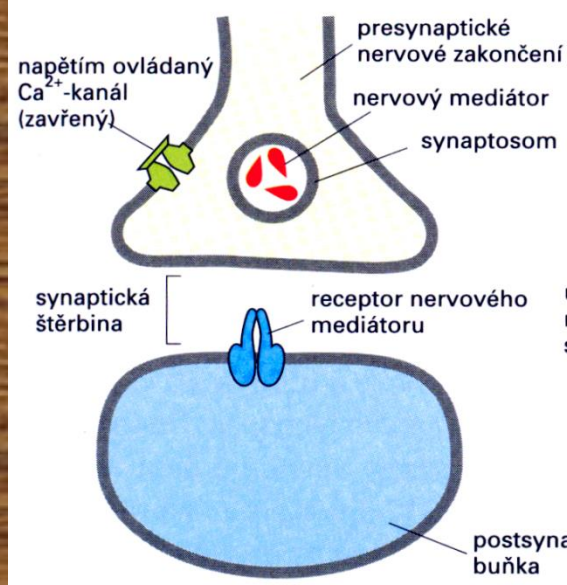
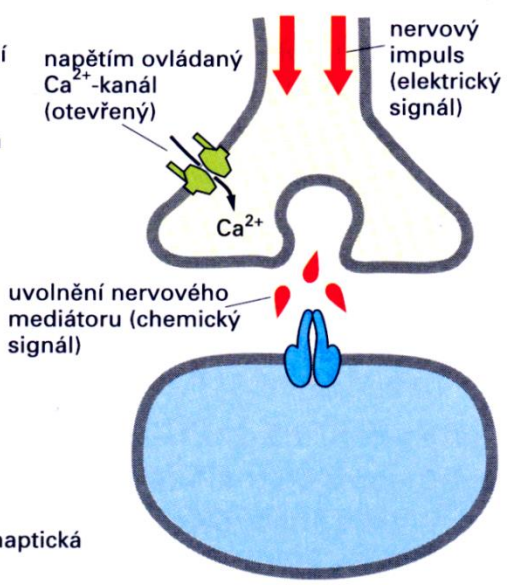


Figure 7.3 The structure of a vertebrate nerve
A nerve is composed of groups of axons from many neurons surrounded by successive layers of connective tissue (the endoneurium, perineurium, and epineurium).

KLIDOVÉ NERVOVÉ ZAKONČENÍ

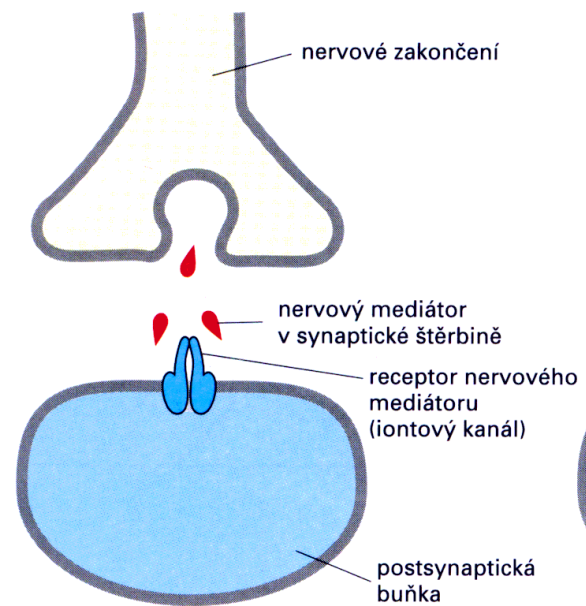


AKTIVOVANÉ NERVOVÉ ZAKONČENÍ

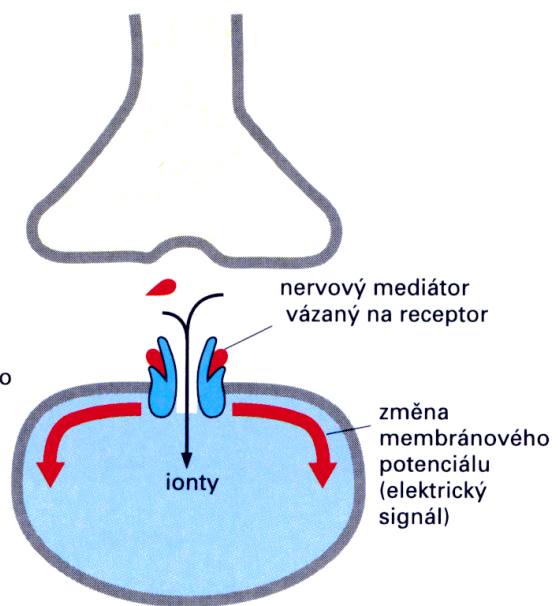


Obrázek 12-35 Přeměna elektrického signálu v chemický v místě nervového zakončení. Jakmile akční potenciál dosáhne nervového zakončení, otevře elektricky ovládané Ca²⁺-kanály v plasmatické membráně, a tak umožní vápenatým iontům proudit do zakončení nervové buňky. Zvýšená koncentrace Ca²⁺ v nervovém zakončení stimuluje synaptické váčky k fúzi s presynaptickou membránou, při níž se uvolní v nich obsažený nervový mediátor do synaptické štěrbině.

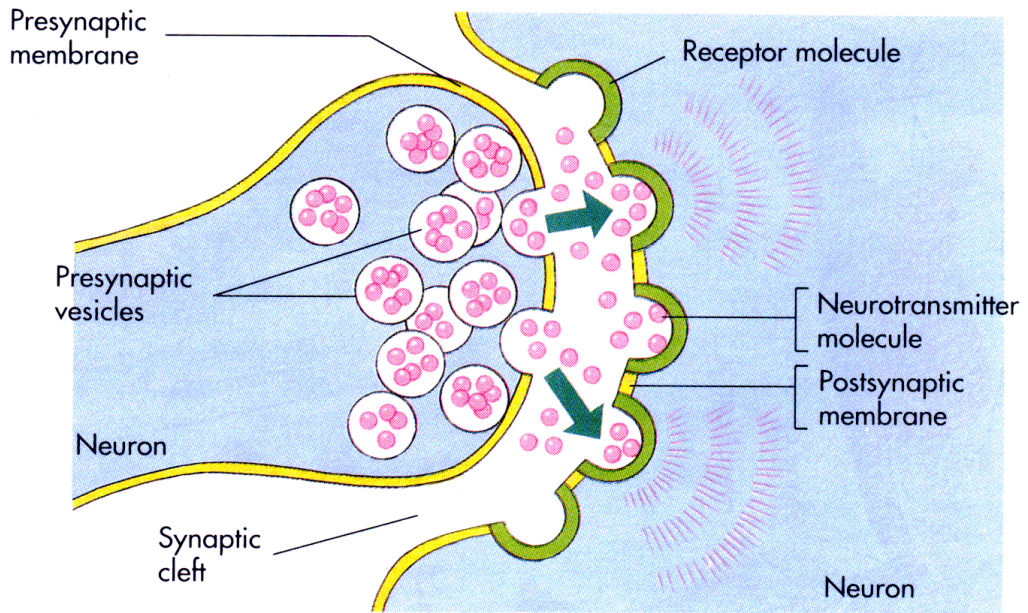
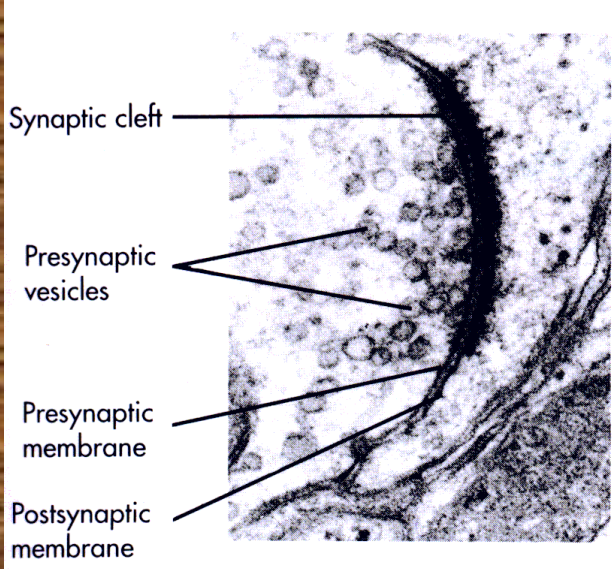
AKTIVOVANÉ NERVOVÉ ZAKONČENÍ



AKTIVNÍ SYNAPSE

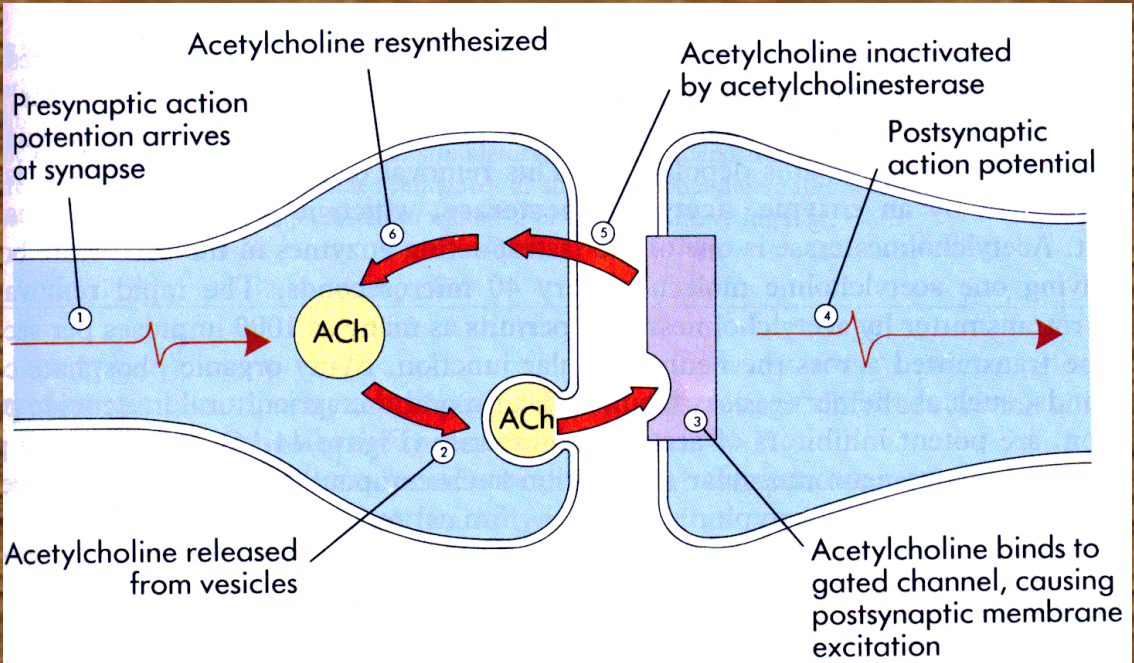


Obrázek 12-36 Přeměna chemického signálu v elektrický s pomocí mediátorem ovládaných iontových kanálů v synapsi. Uvolněný nervový mediátor se váže na chemicky regulované iontové kanály v plasmatické membráně postsynaptické buňky a otevírá je. Výsledné toky iontů mění membránový potenciál postsynaptické buňky, a tím převedou chemický signál zpět do elektrické podoby.



Synaptic Cleft Between Two Neurons
Figure 44-13

Photo by Dr. Lennart Heimer.



Struktura napětově řízených vápenatých kanálů

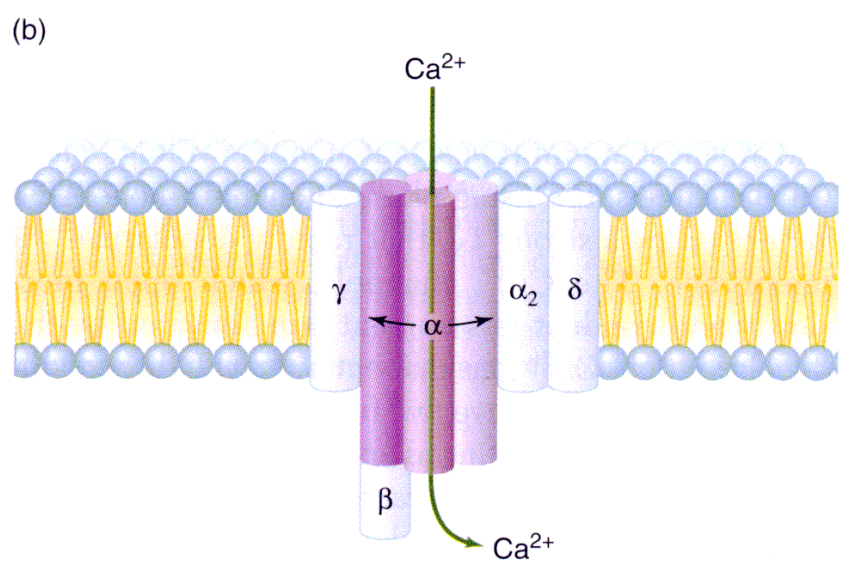
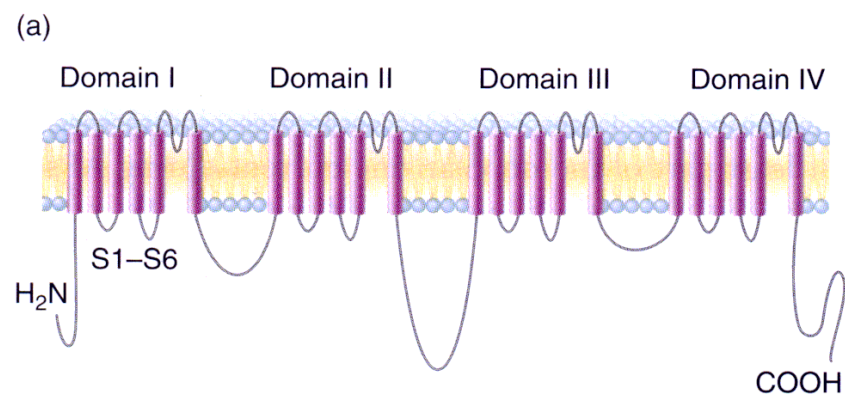
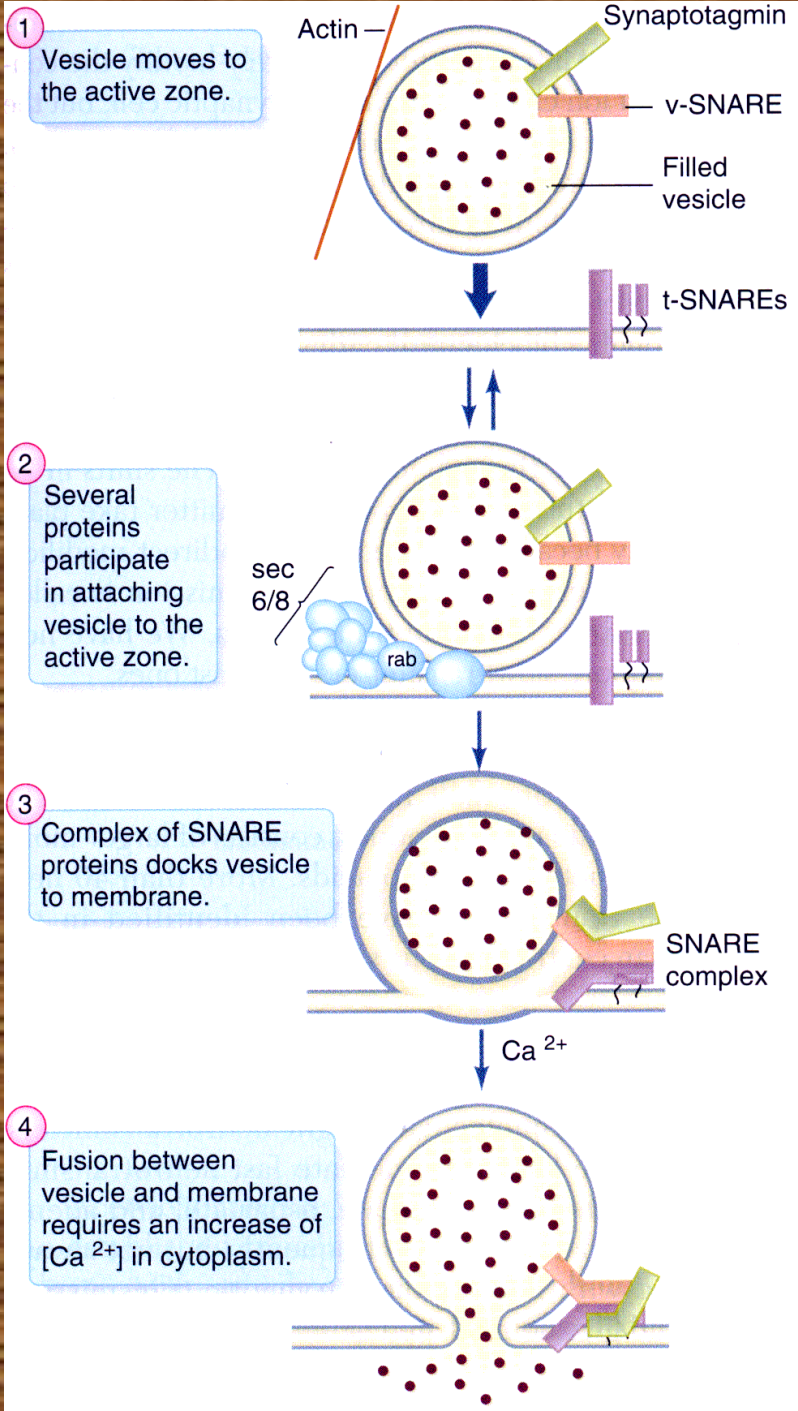


Figure 5-27 The structure of voltage-gated Ca^{2+} channels is very similar to that of voltage-gated Na^{+} channels. **(a)** The α_1 -protein of voltage-gated Ca^{2+} channels includes four sequential sets of six transmembrane helices that are homologous to the transmembrane domains of voltage-gated Na^{+} channels. **(b)** Like other ion channels, voltage-gated Ca^{2+} channels typically associate with a set of smaller proteins (designated by various Greek letters), which differ among the different types of channels.



Mechanismus uvolnění mediátoru z vesikulů do synaptické štěrby za přítomnosti vápenatých iontů

Figure 6-29 Several identified molecules play a role in the process of synaptic release. The release of neurotransmitter depends on a series of events that take place in a predictable sequence. Mature vesicles move up to active zones through a process that depends on the cytoskeletal protein actin (step 1). Vesicles are targeted to active zones by the presence of the large protein complex sec 6/8 and reversibly tethered there by another protein called rab (step 2). Tethered vesicles may become irreversibly docked to the membrane if SNARE proteins in the vesicle and in the plasma membrane form a complex (step 3). A Ca²⁺-binding vesicular protein, synaptotagmin, interacts with the SNARE complex to produce rapid fusion between the vesicular and terminal membranes, releasing neurotransmitter into the synaptic cleft (step 4). [Adapted from Bajjalieh, 1999.]

Vlevo - děje po uvolnění acetylcholinu do synaptické štěrbině (AChE – acetylcholin esteráza), vpravo - nikotin acetylcholinový receptor

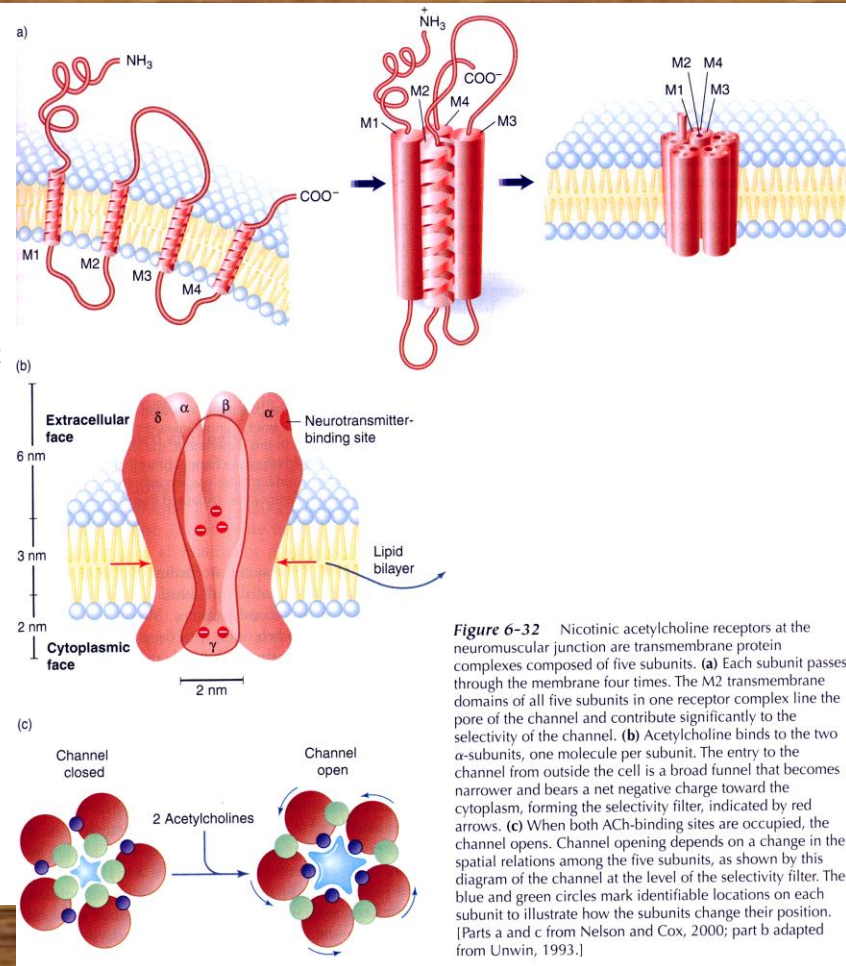
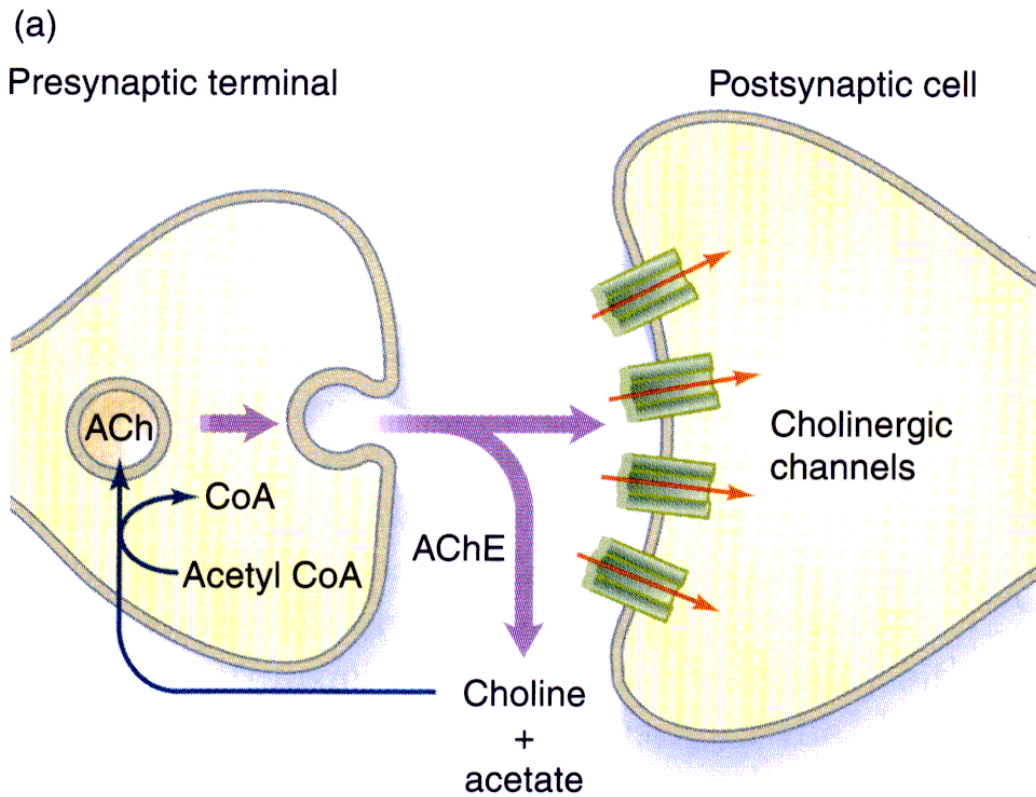
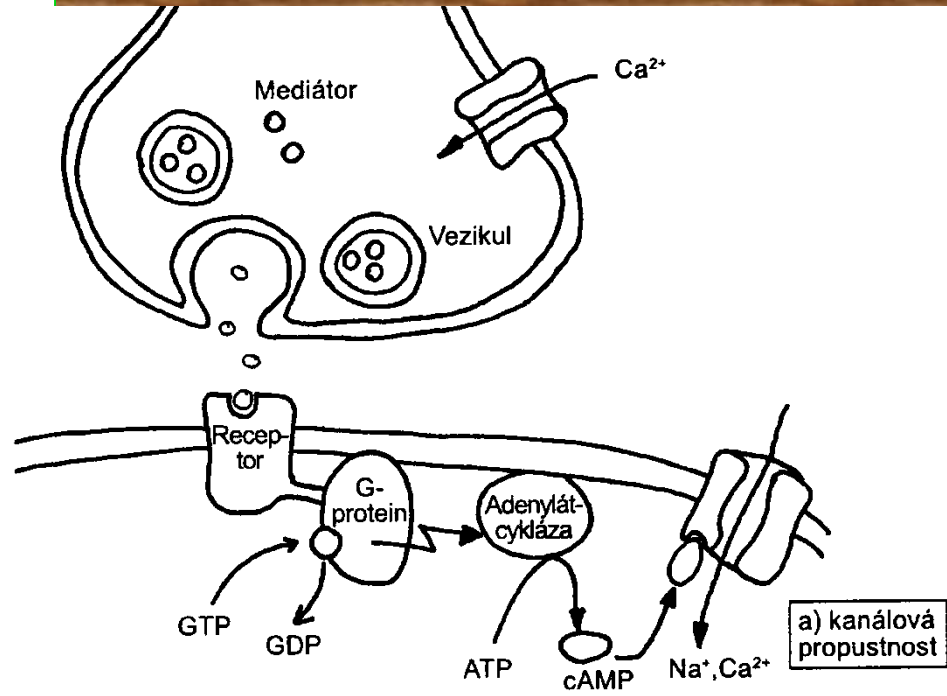
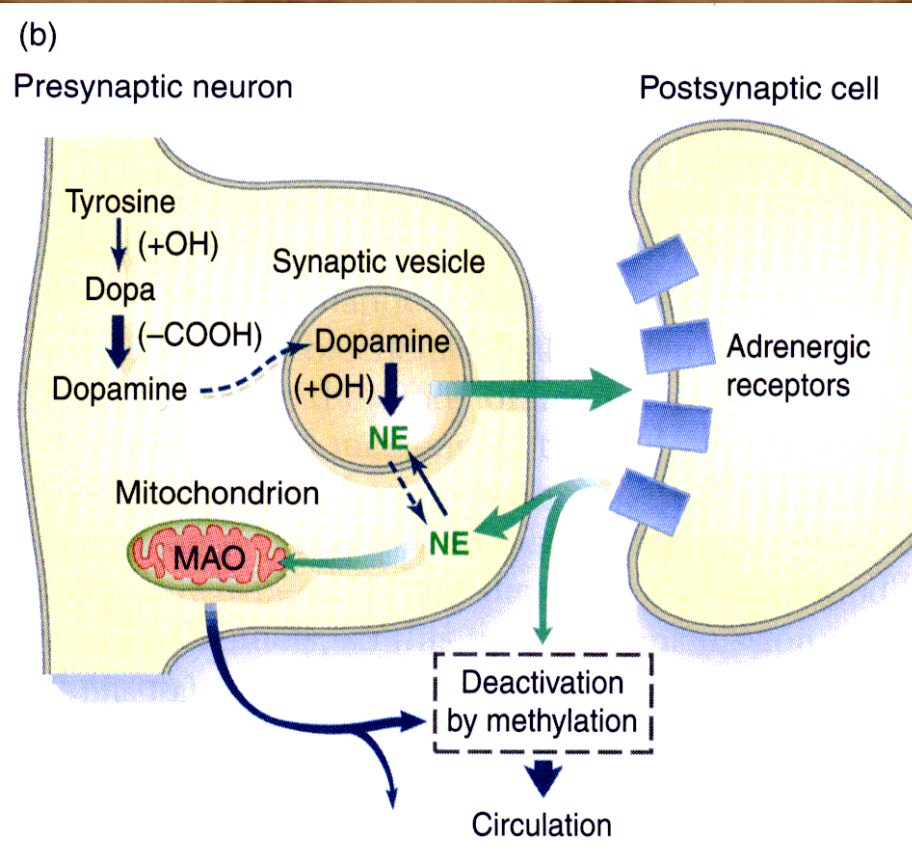


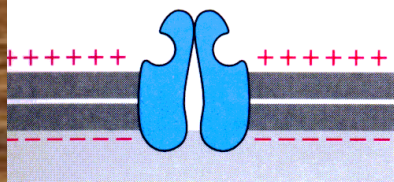
Figure 6-32 Nicotinic acetylcholine receptors at the neuromuscular junction are transmembrane protein complexes composed of five subunits. (a) Each subunit passes through the membrane four times. The M2 transmembrane domains of all five subunits in one receptor complex line the pore of the channel and contribute significantly to the selectivity of the channel. (b) Acetylcholine binds to the two α -subunits, one molecule per subunit. The entry to the channel from outside the cell is a broad funnel that becomes narrower and bears a net negative charge toward the cytoplasm, forming the selectivity filter, indicated by red arrows. (c) When both ACh-binding sites are occupied, the channel opens. Channel opening depends on a change in the spatial relations among the five subunits, as shown by this diagram of the channel at the level of the selectivity filter. The blue and green circles mark identifiable locations on each subunit to illustrate how the subunits change their position. [Parts a and c from Nelson and Cox, 2000; part b adapted from Unwin, 1993.]

http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student_view0/chapter14/animation_transmission_across_a_synapse.html

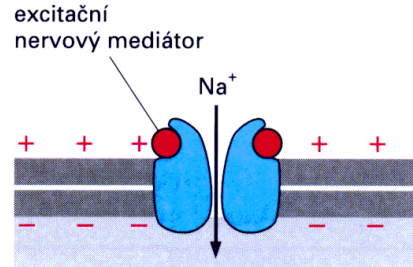
Vlevo - děje po uvolnění noradrenalinu do synaptické šterbiny (NE-noradrenalin, MAO-monoamin oxidáza), vpravo – následný mechanismus probíhající v postsynaptickém neuronu



excitační synapse

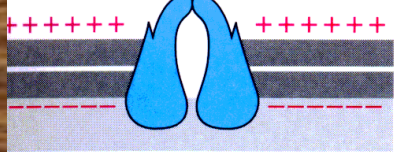


aktivace

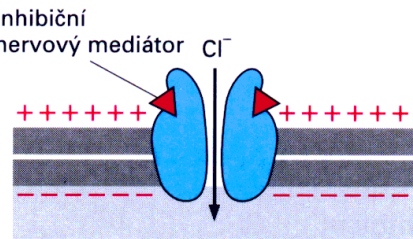


vtok Na⁺ depolarizuje membránu a zvyšuje pravděpodobnost vzniku akčního potenciálu

inhibiční synapse

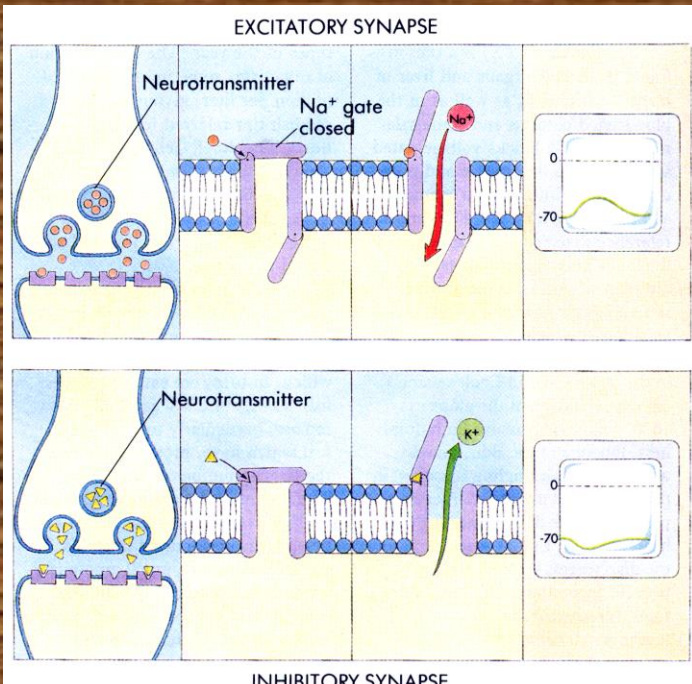


aktivace



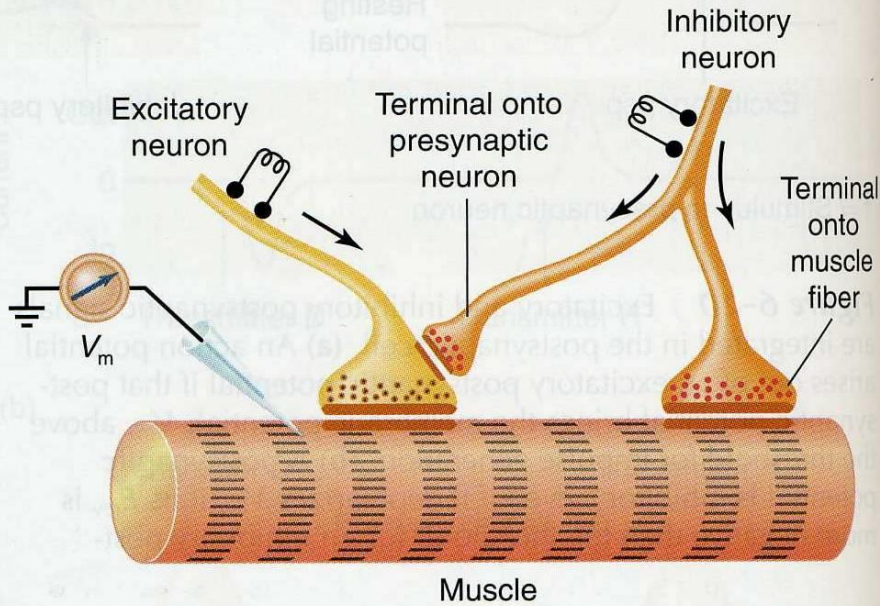
vtok Cl⁻ udržuje membránu v polarizovaném stavu a snižuje tím pravděpodobnost vzniku akčního potenciálu

Obrázek 12-37 Rozdíl mezi signalizací ve vzrušivé a tlumivé synapsi. Vzrušivé (excitační) nervové mediátory aktivují iontové kanály, které umožňují průchod Na⁺ a Ca²⁺, zatímco tlumivé (inhibiční) nervové mediátory aktivují iontové kanály, které umožňují průchod Cl⁻

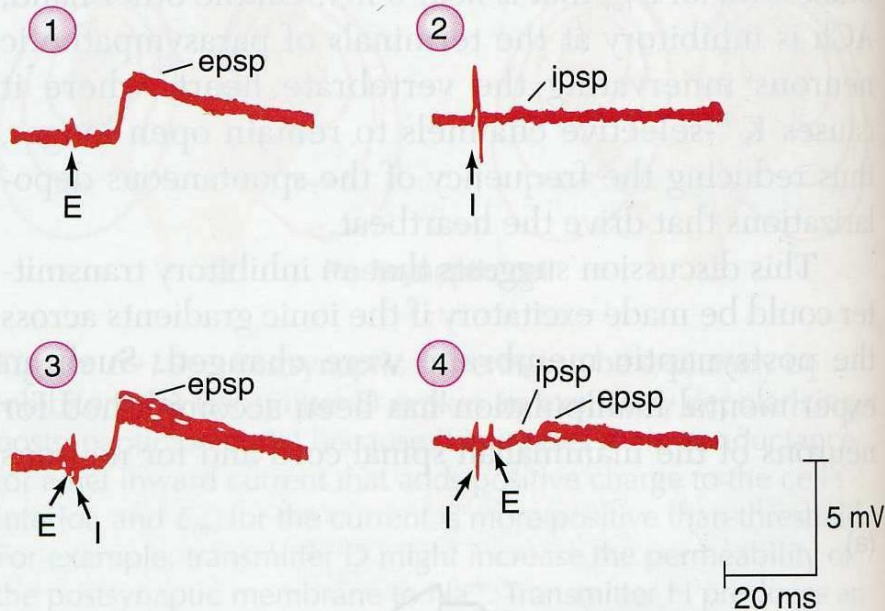


Presynaptická inhibice

(a)

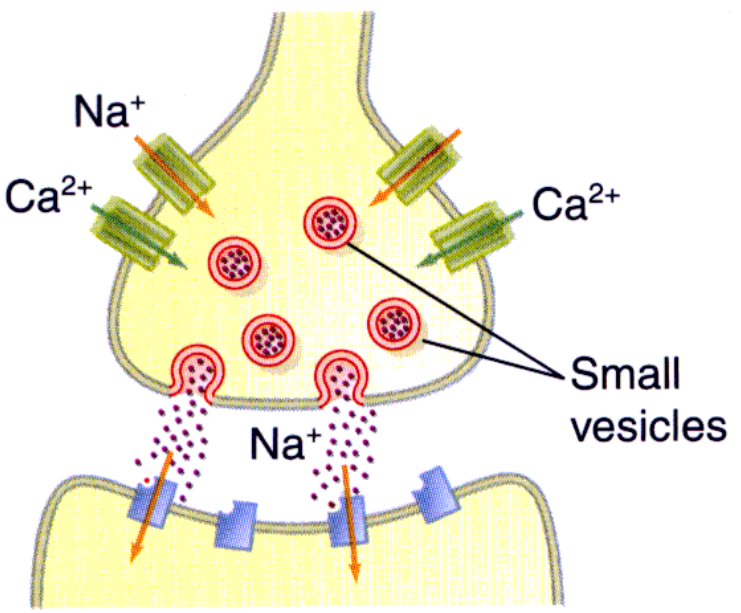


(b)

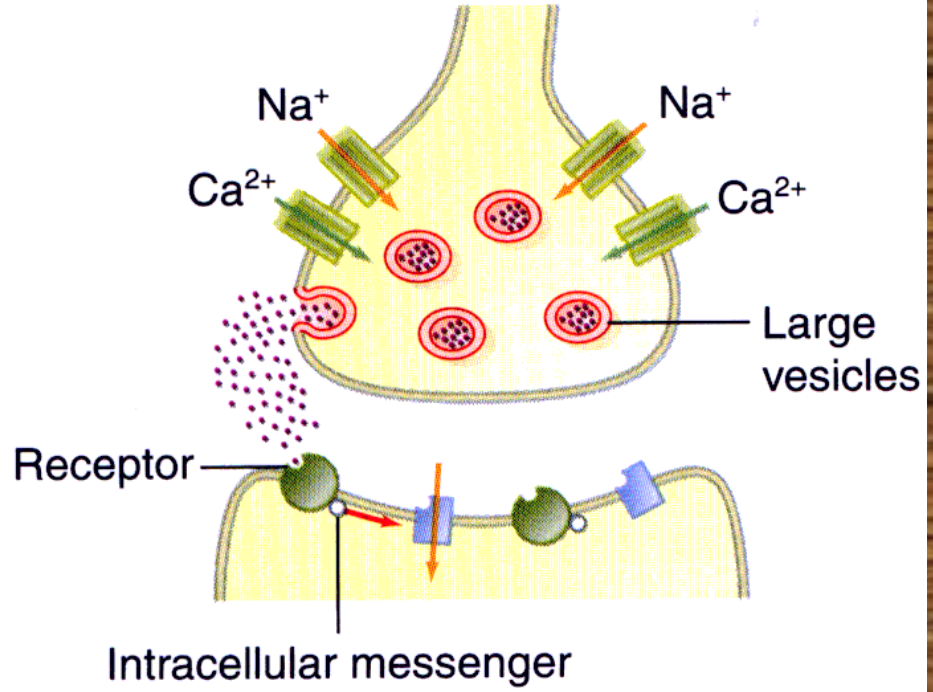


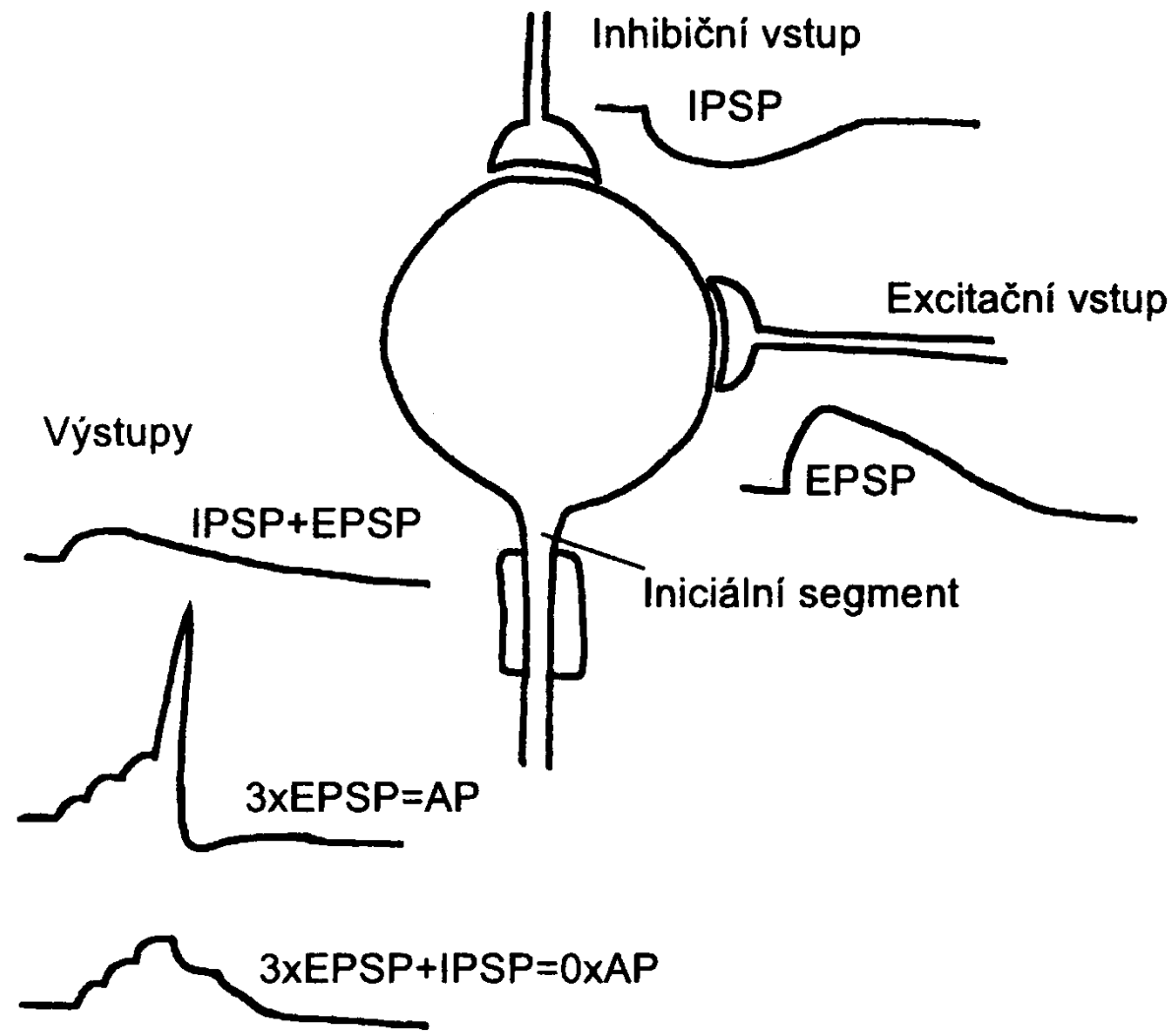
Rychlá a pomalá synapse

(a) Fast chemical transmission



(b) Slow chemical transmission



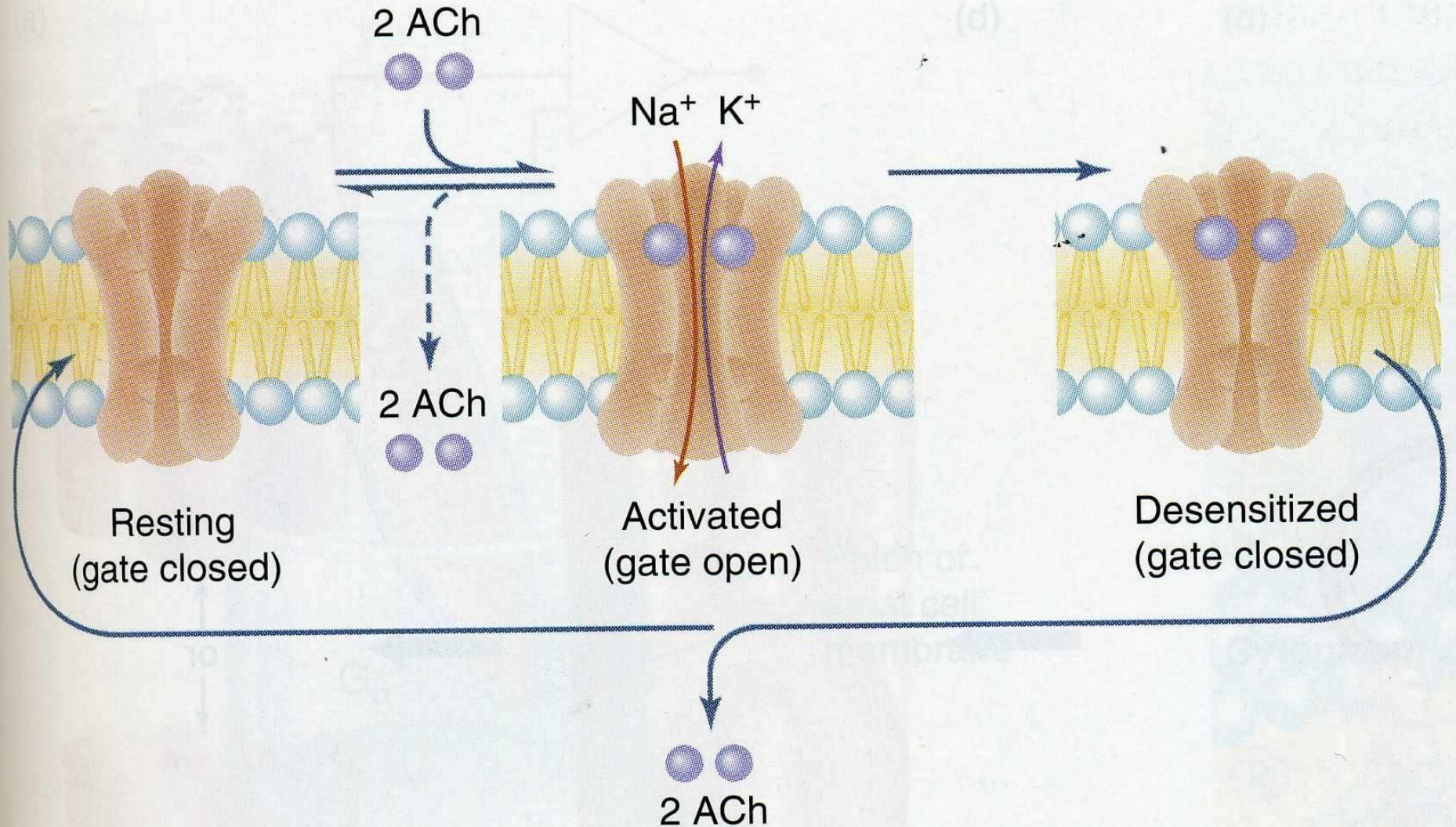


Obr. 4.10. Sčítání postsynaptických potenciálů. Excitační synapse membránu depolarizují (EPSP), inhibiční hyperpolarizují (IPSP). O tom, zda na výstupu – na iniciálním segmentu – bude překročen práh pro vznik AP, rozhoduje sčítání těchto místních potenciálů.

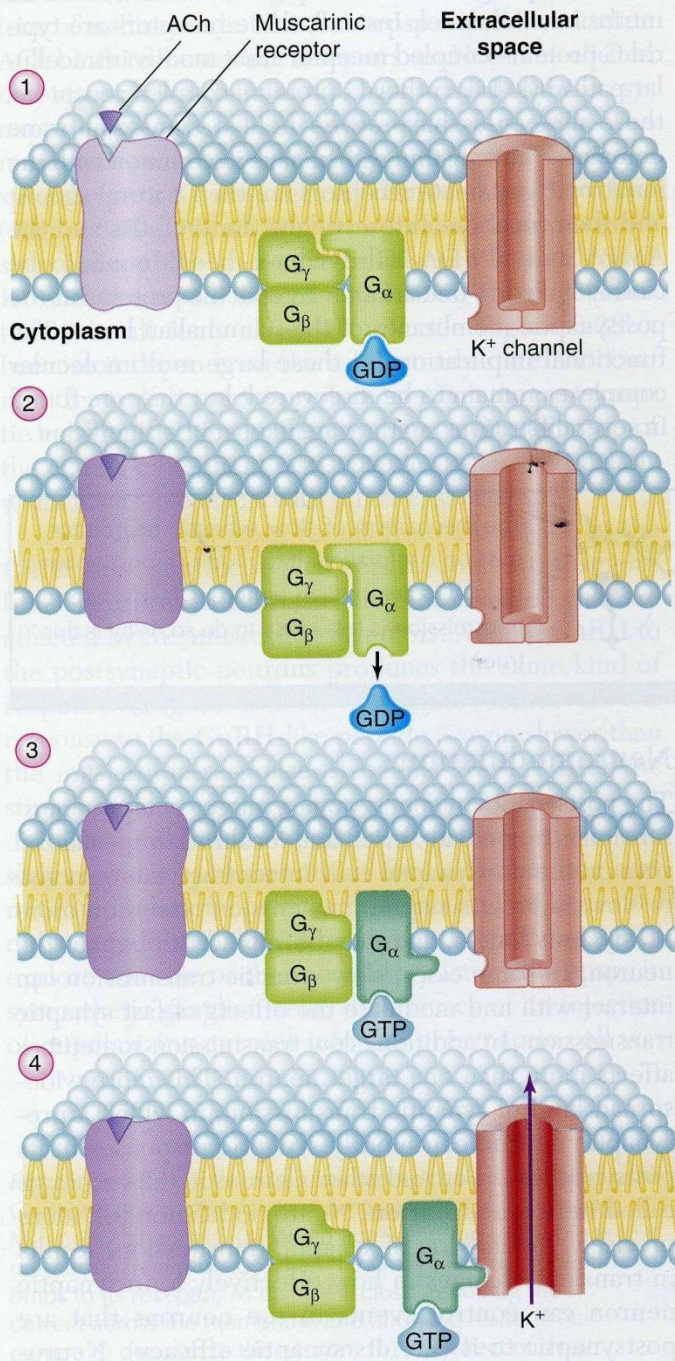
Table 4.4 A summary of neurotransmitters.

Neurotransmitter	Receptor	Receptor type	Receptor location	Effect
Acetylcholine	Nicotinic	Iontropic	Skeletal muscles, autonomic neurons, CNS (central nervous system)	Excitatory
	Muscarinic	Metabotropic	Smooth and cardiac muscle, endocrine and exocrine glands, CNS	Excitatory or inhibitory
Amino acids				
Glycine	Glycine	Iontropic	CNS	Inhibitory
Aspartate	Aspartate	Iontropic	CNS	Excitatory
Glutamate	AMPA	Iontropic	CNS	Excitatory
	NMDA	Iontropic	CNS	Excitatory
	mGlu1-8	Metabotropic	CNS	Excitatory or inhibitory
GABA	GABA-A	Iontropic	CNS	Inhibitory
	GABA-B	Metabotropic	CNS	Generally inhibitory
Biogenic amines				
Dopamine	Dopamine	Metabotropic	CNS	Excitatory or inhibitory
Norepinephrine	α and β adrenergic	Metabotropic	CNS and peripheral nervous system (PNS), cardiac muscle, smooth muscle	Excitatory or inhibitory
Epinephrine	α and β adrenergic	Metabotropic	Cardiac muscle, smooth muscle, CNS	Excitatory or inhibitory
Peptides				
Endorphins	Opiate	Metabotropic	CNS	Generally inhibitory
Neuropeptide Y	NPY	Metabotropic	CNS	Excitatory or inhibitory
Other				
Adenosine	Purine	Metabotropic	CNS	Generally inhibitory
Nitric oxide	None	N/A	N/A	N/A

Tři různé stavy nikotinových acetylcholinových receptorů



(c)



Muskarinový acetylcholinový receptor

Elektrická synapse

Signaling cell

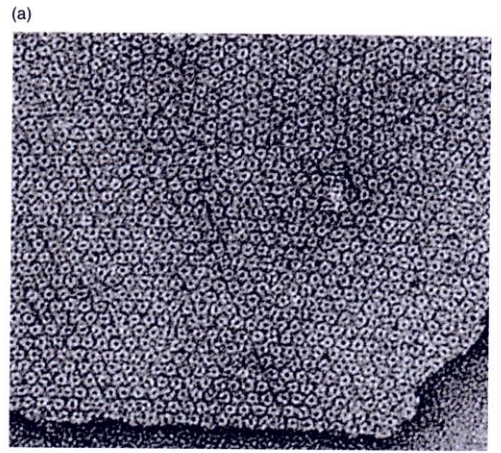
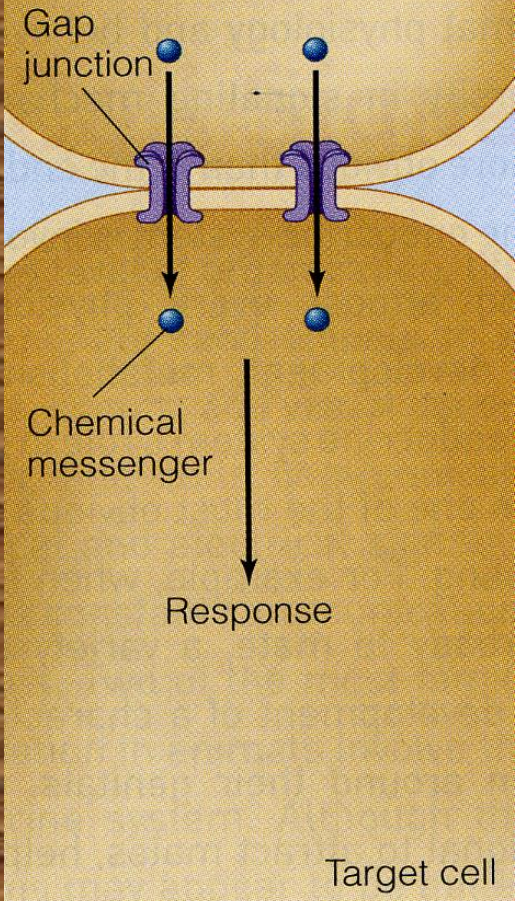
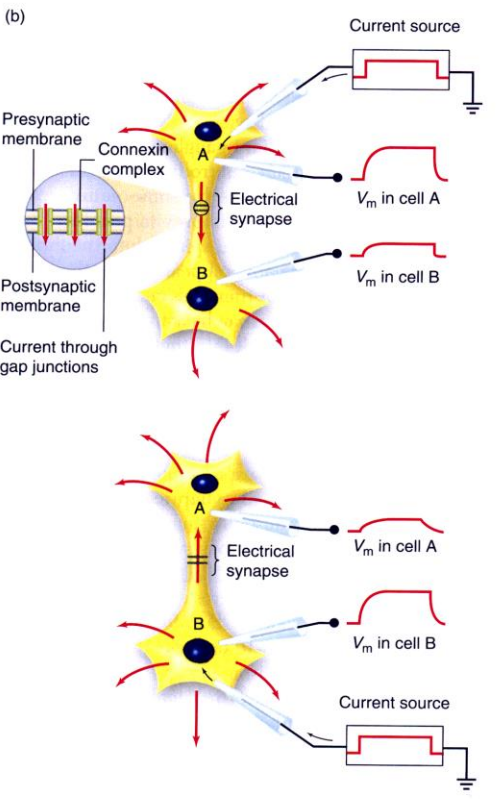
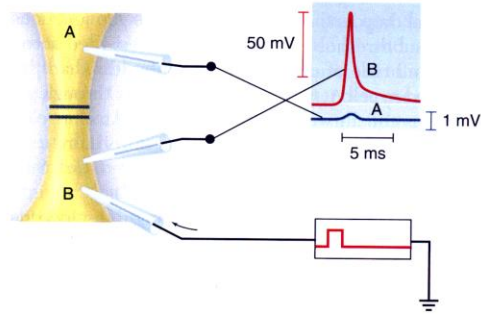
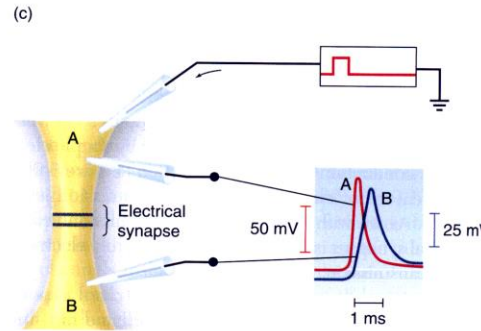
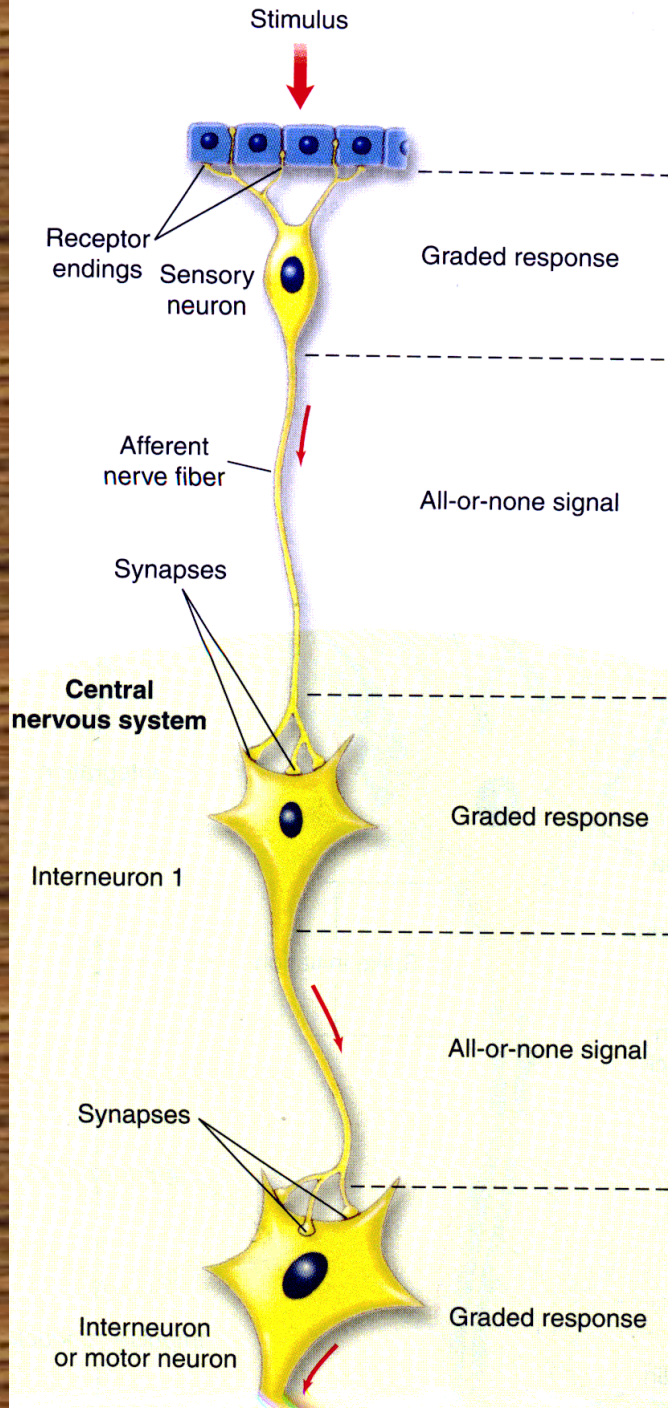


Figure 6-9 At electrical synapses, pre- and postsynaptic cells are electrically connected, permitting rapid signal transmission between the cells. **(a)** Electron micrograph of densely packed gap junctions in a plasma membrane. Each “doughnut” in this micrograph is a complex of protein subunits, called connexins in vertebrates, that form a pore through the membrane, allowing ions and small molecules to move across the membrane. In invertebrates, the subunits are called innexins and appear to be different in molecular structure. **(b)** In electrically coupled cells, the injection of current into one cell elicits a potential change in both cells. Usually, the coupling at electrical synapses is equal in both directions. Injecting current into either cell A or cell B produces a change in V_m in both cells, and the amplitude of ΔV_m is independent of the direction in which current was passed. The change in V_m is larger in the cell into which current was injected than it is in the coupled cell.



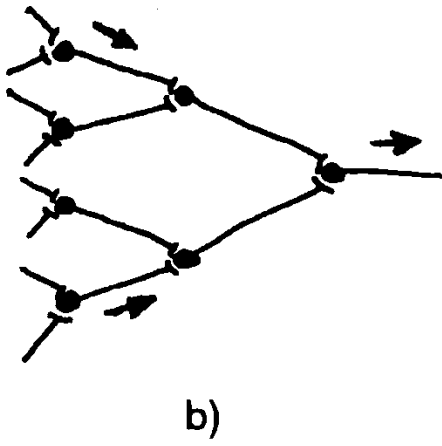
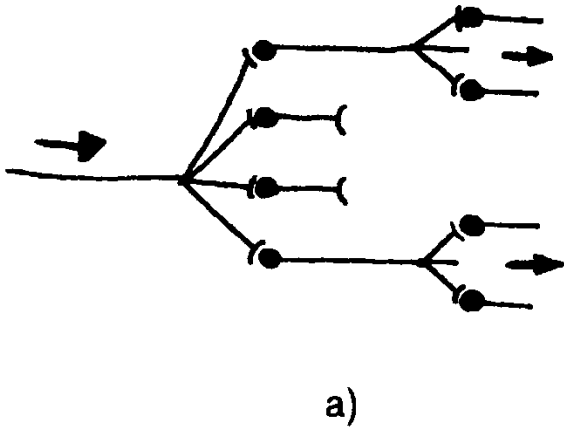
(c) There are, however, asymmetric electrical synapses, as illustrated by the giant electrical synapse in the crayfish. (Top) An AP in the presynaptic axon (A) is transmitted across the electrical synapse, bringing the postsynaptic cell (B) to threshold and eliciting an AP with only a small delay. This recording is a typical example of signal transmission across an electrical synapse. (Bottom) At this asymmetric electrical synapse, an AP in axon B fails to produce a significant potential change in cell A. This type of electrical synapse is said to be rectifying. [Part a courtesy of N. Gilula; part c adapted from Furshpan and Potter, 1959.]



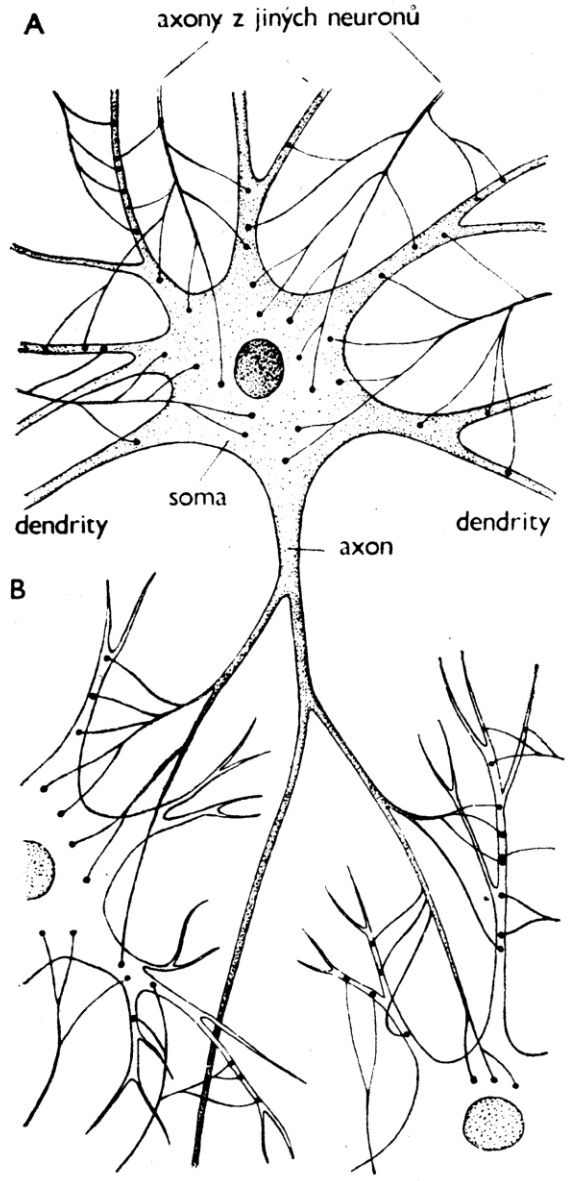


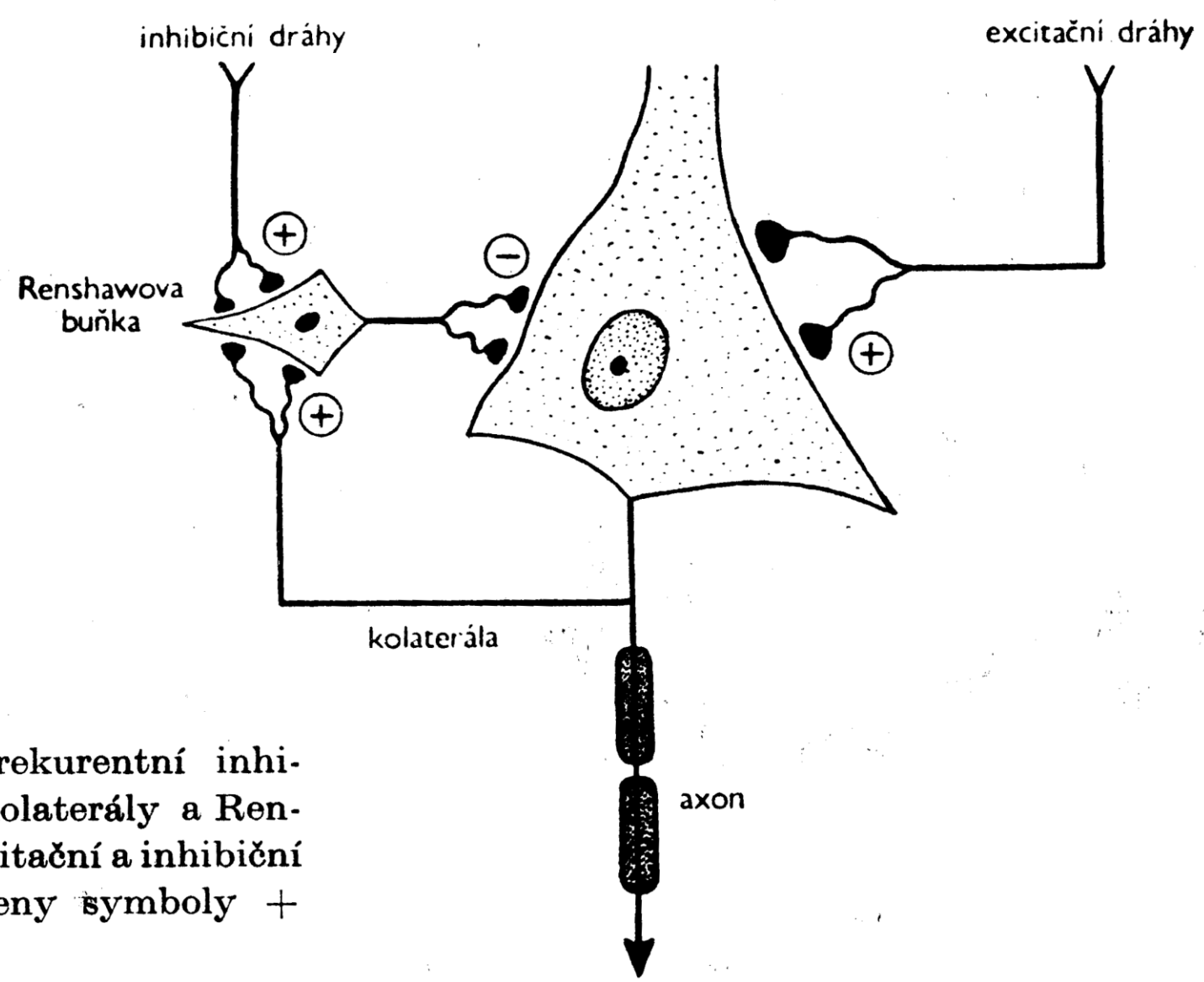
Šíření informací přes synapse – kombinace zákona vše a nebo nic a graduované reakce

Obr. 149. A – Konvergence nervového vstupu. B – Divergence nervového výstupu.



Obr. 4.11. Dva základní stavební a funkční principy při vedení informace sítí neuronů: a) divergence b) konvergence.





Obr. 151. Diagram rekurentní inhibice pomocí zpětné kolaterály a Renshawovy buňky. Excitační a inhibiční synapse jsou označeny symboly + a -.