

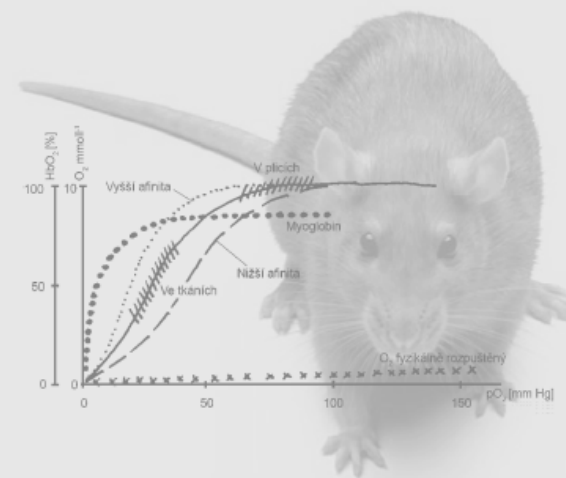
# Fyziologie živočichů

Prof. Vladimír Šimek  
Doc. Martin Vácha

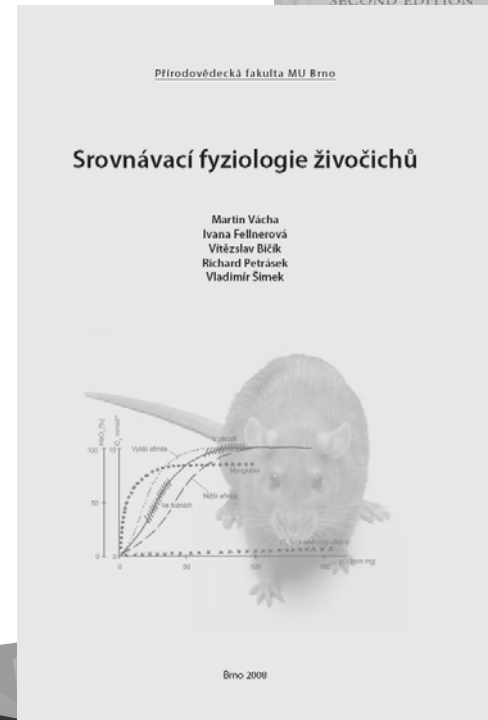
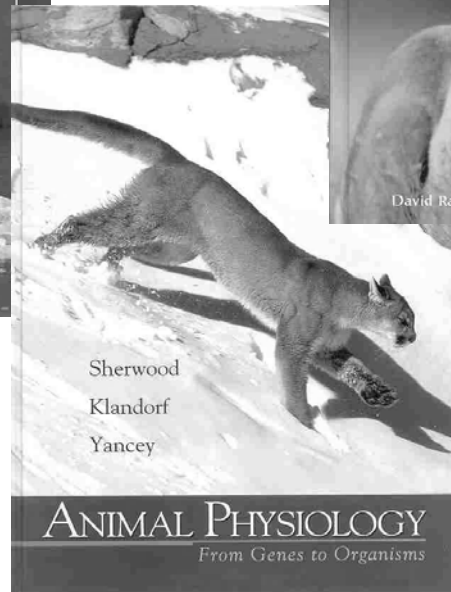
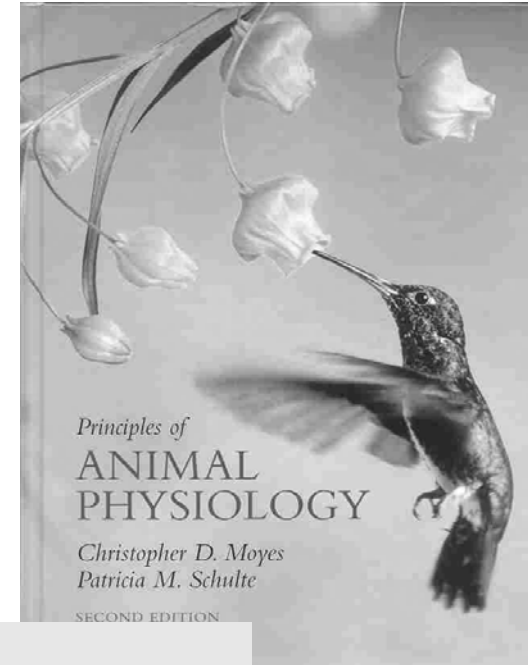
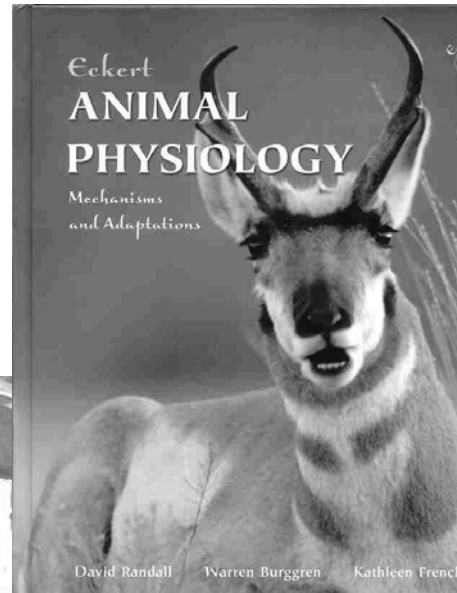
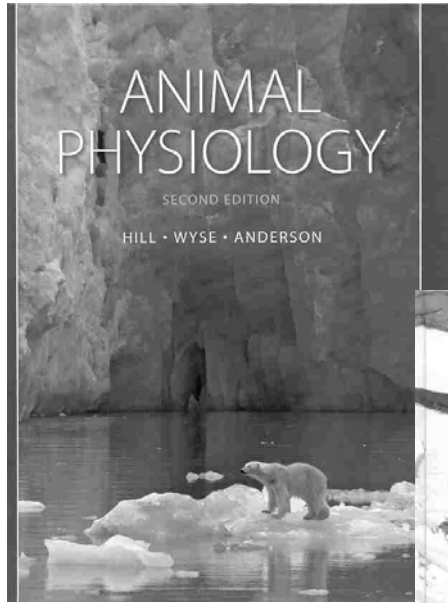
Přírodovědecká fakulta MU Brno

## Srovnávací fyziologie živočichů

Martin Vácha  
Ivana Fellnerová  
Vítězslav Bičík  
Richard Petrásek  
Vladimír Šimek



Brno 2008



Z čeho studovat?  
Chodit na přednášky?



## Test ke zkoušce

**4. Které hormony mohou ovlivňovat energetický metabolismus. Jmenujte hlavní z nich, zmiňte místo sekrece a způsob působení.**

Příklad správné odpovědi na plný počet bodů:

A) Trijodtyronin a Tyroxin ze štítné žlázy zvyšují oxidační děje v mitochondriích a tak i metabolismus, proteosyntézu, zrání, růst. B) Somatotropin (růstový h.) z adenohipofýzy zvyšuje využívání lipidů a růst. C) Somatostatin z D buněk pankreasu snižuje využívání živin (tlumí sekreci inzulínu a glukagonu, resorpci ve střevě). D) Katecholaminy ze dřeně nadledvin mobilizují energetické rezervy, zvyšují svalový výkon. Podobně E) kortizol z kůry nadledvin.

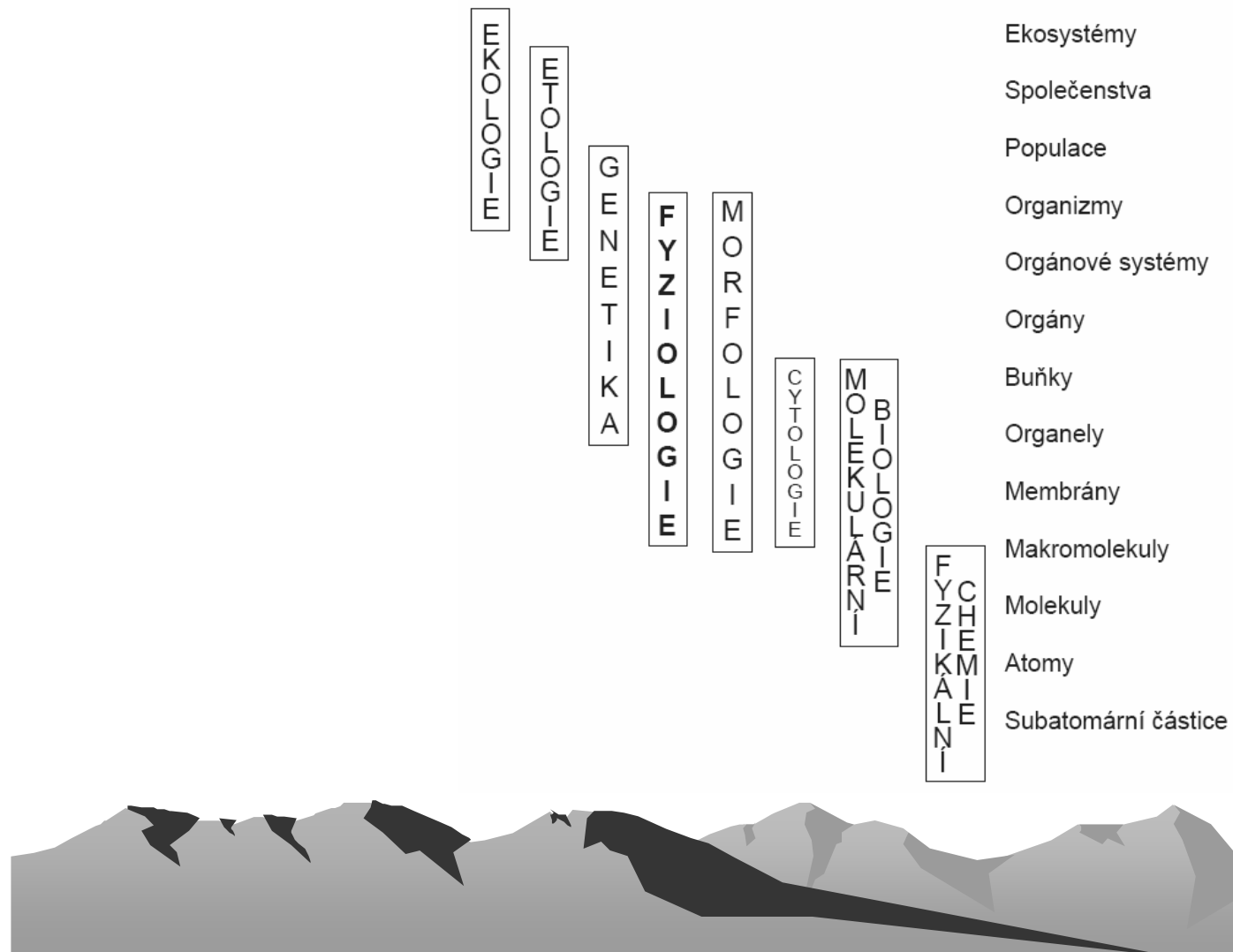


## Přehled kapitol:

1. Postavení fyziologie mezi ostatními vědami
2. Fyziologické principy
3. Homeostáza, adaptace a regulace
4. Obecná neurofyziologie
5. Přeměna látek a energií – metabolismus
6. Teplota – její vliv a udržování
7. Problém velikosti a proporcí těla
8. Fyziologie pohybu
9. Funkce tělních tekutin
10. Imunitní systém
11. Cirkulace
12. Fyziologie dýchacího systému
13. Fyziologie trávení a vstřebávání
14. Exkrece a osmoregulace
15. Hormonální řízení
16. Nervová soustava
17. Speciální fyziologie smyslů
18. Biorytmy



# Fyziologie živočichů - kontext



# Fyziologie živočichů

Definice živého:            odvodíme nejlépe z funkcí -  
                                      dynamických procesů, které neživá  
                                      příroda nemá

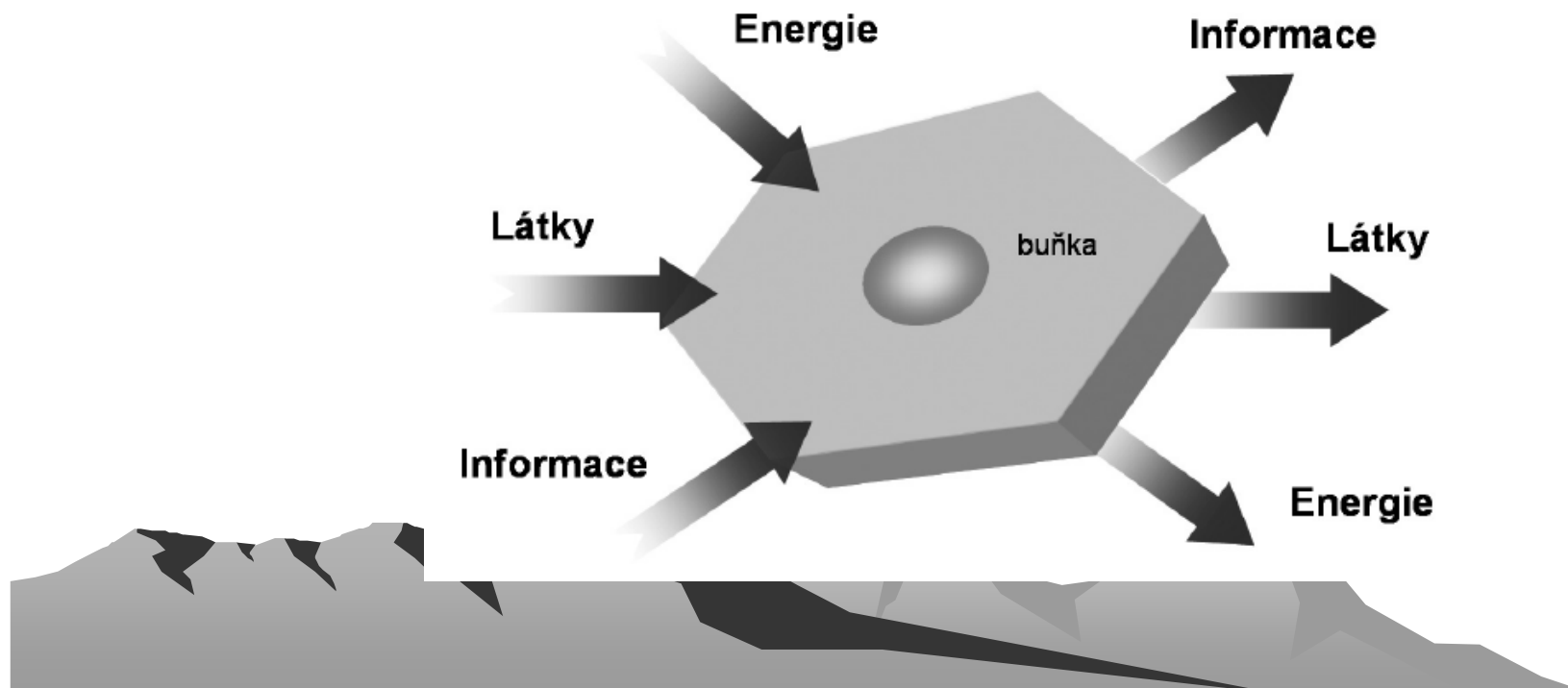


**Definice živého:** odvodíme nejlépe z funkcí -  
dynamických procesů, které neživá  
příroda nemá:

Udržování organizovanosti a integrity, rozmnožování.

Využívání látek a energie z okolí.

Studium funkcí – úkol pro fyziologii



Na fyziologické vlastnosti se lze dívat ze dvou hledisek:

- mechanistické vysvětlení – jak to funguje (proximální, tradiční fyziologický přístup)
- evoluční vysvětlení – jak se to vyvinulo, teleologické hledání „smyslu“

Např. svalový třes





Na biologické vlastnosti se lze dívat ze dvou hledisek:  
mechanistické vysvětlení – jak to funguje (proximální,  
tradiční fyziologický přístup)  
evoluční vysvětlení – jak se to vyvinulo, teleologické  
hledání „smyslu“

Např. svalový třes

Protože znaky pravděpodobně vznikají selekcí, a ty, které překážejí, zmizí. Mluví se tedy o nich jako o adaptacích – ty pomáhají zvýšit životaschopnost.

Evoluční pohled nabízí teleologická vysvětlení – hledání „logiky“ věcí. Odpověď na otázku proč? K čemu dobré?



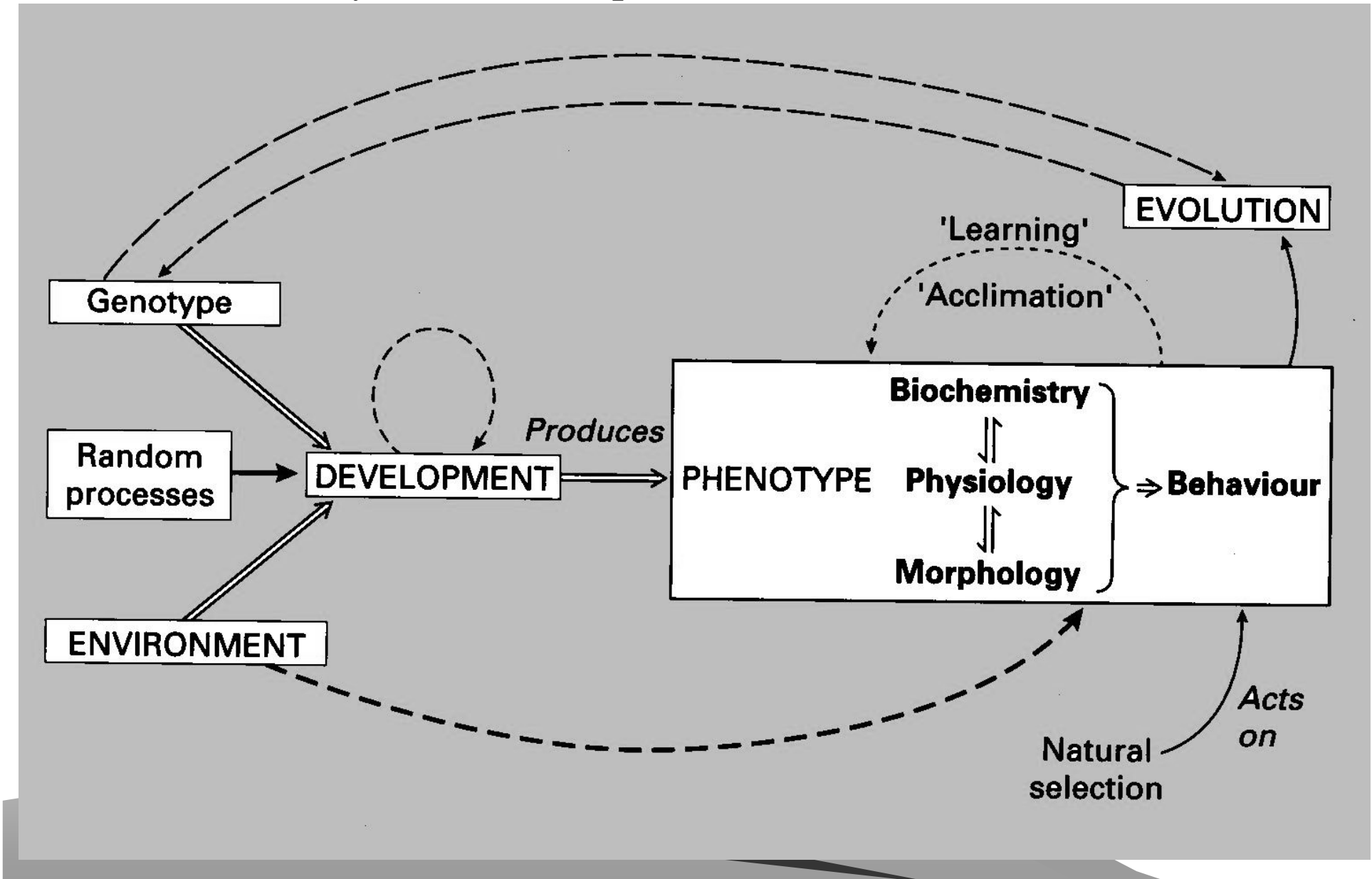
Živý organismus má svou historii: je výsledkem milionů let evoluce díky variabilitě a přírodní selekci.

Má svou minulost, která jej limituje. Znaky tedy nemusí být nejlogičtější. Omezení termínu „adaptace“.

- Páteř – suboptimální design.
- Inverzní oko obratlovců
- Proč zrovna 37°C tělesné teploty? – Historie a prostředí savců.
- Lidský genom je zaneřáděn dříve funkčními geny a většina zřejmě nic nekóduje. Některé geny máme po virech a bakteriích!



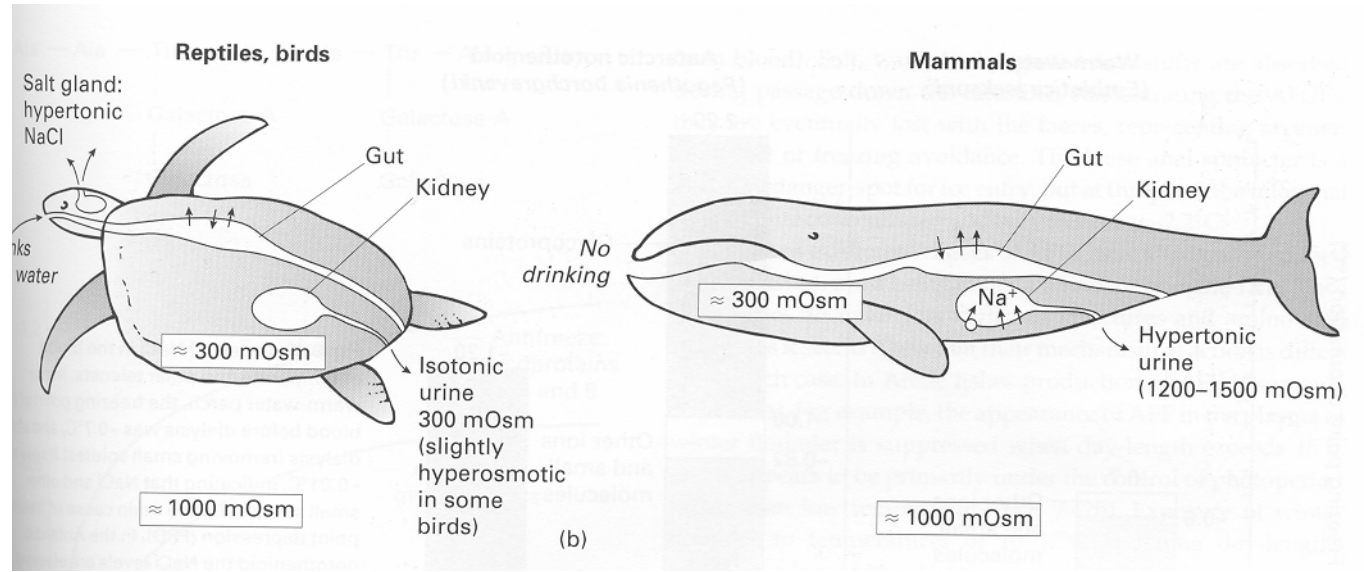
Živé organismus má svou historii: je výsledkem milionů let evoluce díky variabilitě a přírodní selekci.



Srovnávací přístup – vidí vývojové a environmentální souvislosti

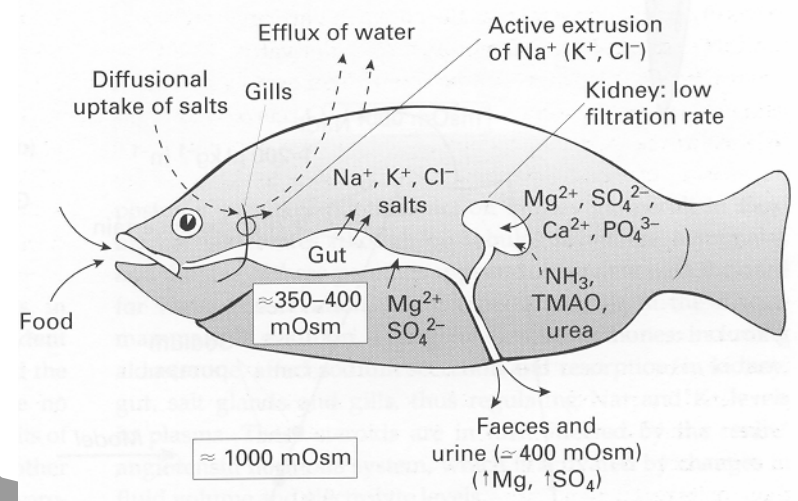
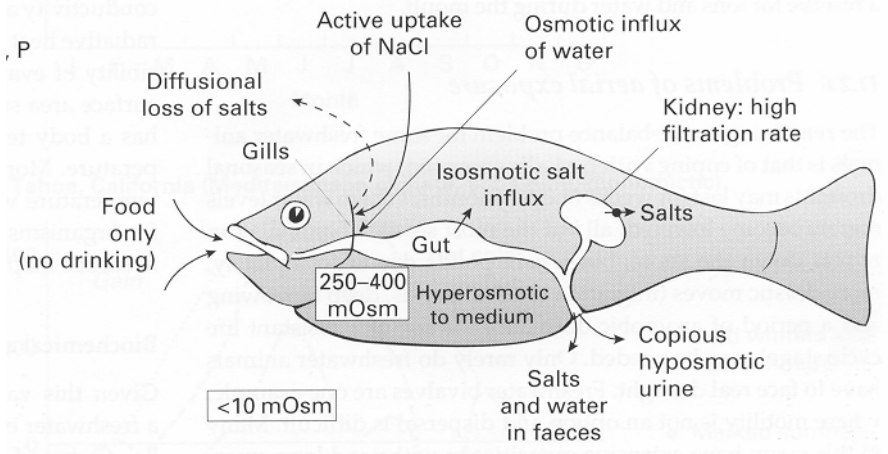


# Prostředí a historie určují funkční i stavební znaky



## ve sladké vodě

## v moři



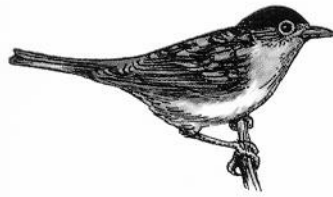


Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo

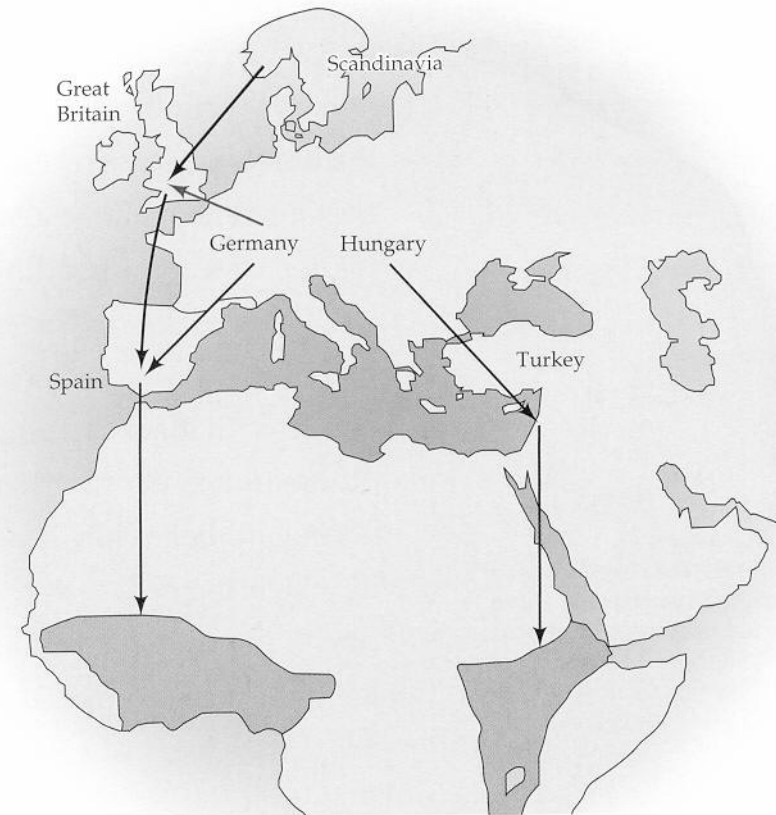


Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo

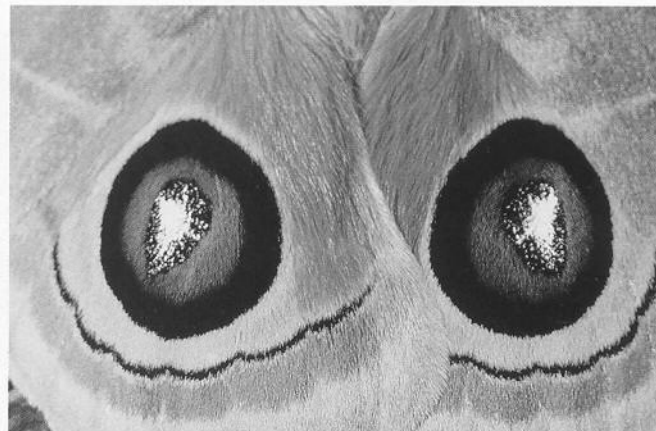
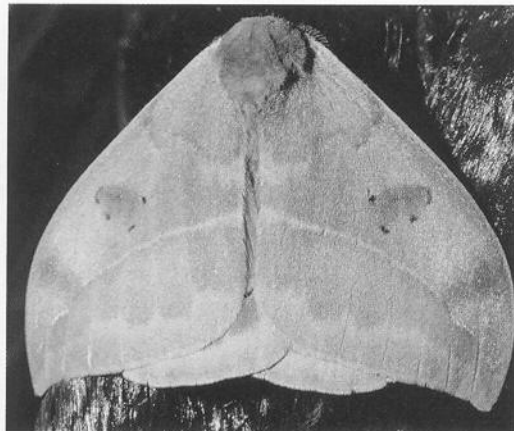
## Chování jako adaptace



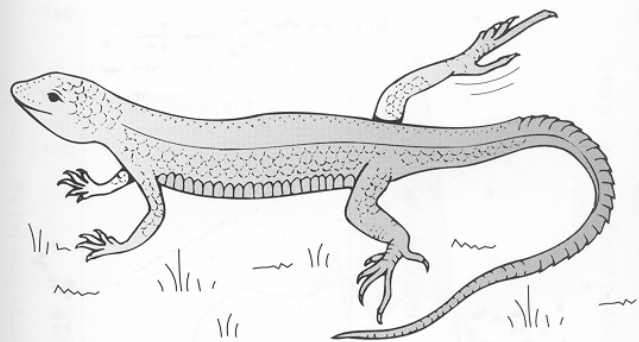
Blackcap warbler



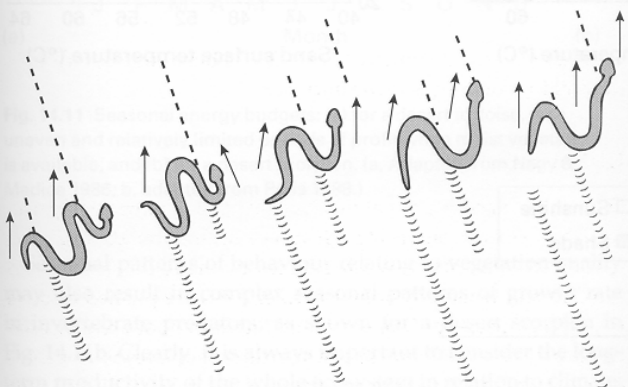
**1** Different migratory routes of blackcap warblers. Blackcaps living in southern Germany and Scandinavia first go southwest to Spain before turning south to western Africa. Blackcaps living in eastern Europe go southeast before turning south to fly to eastern Africa. Other members of the species that breed in central Germany fly in a westerly direction to southern Britain, where they remain for the winter.



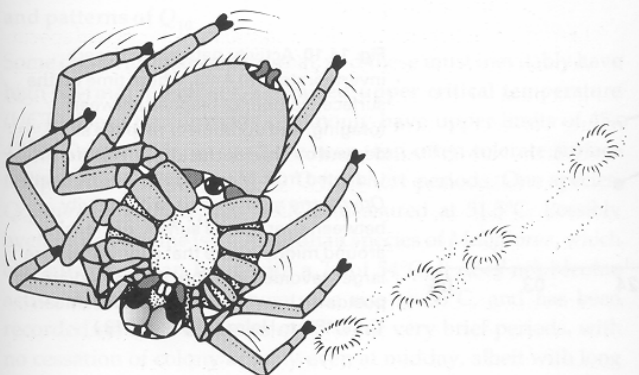




(a)



(b)



(c)

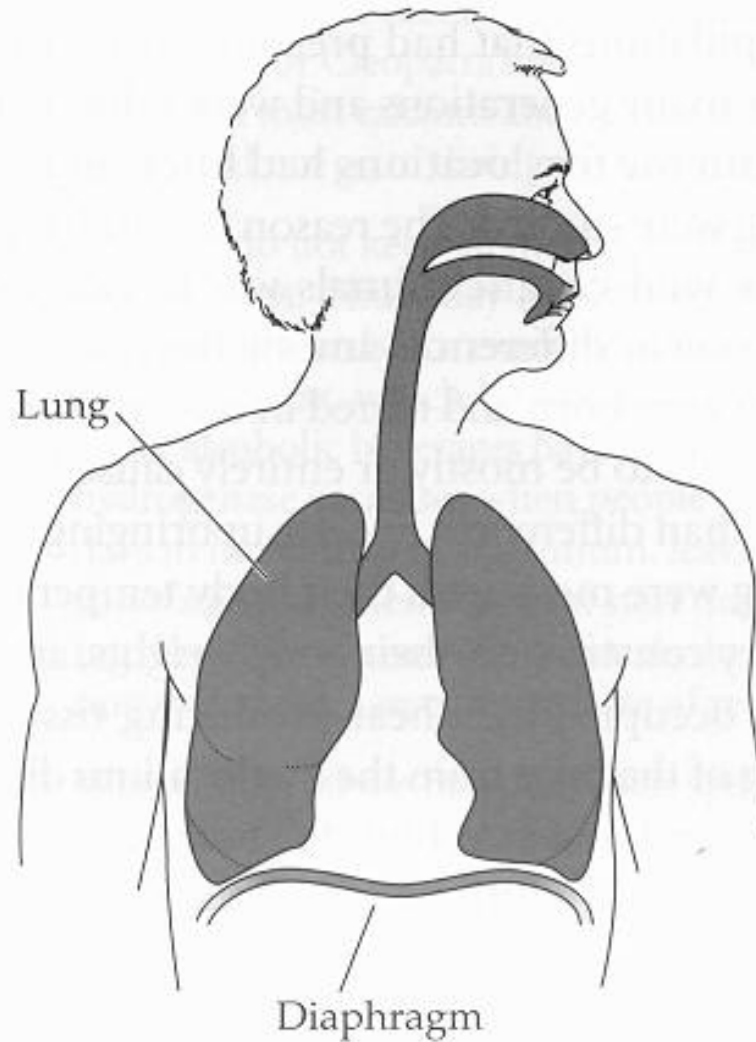


Chování jako adaptace

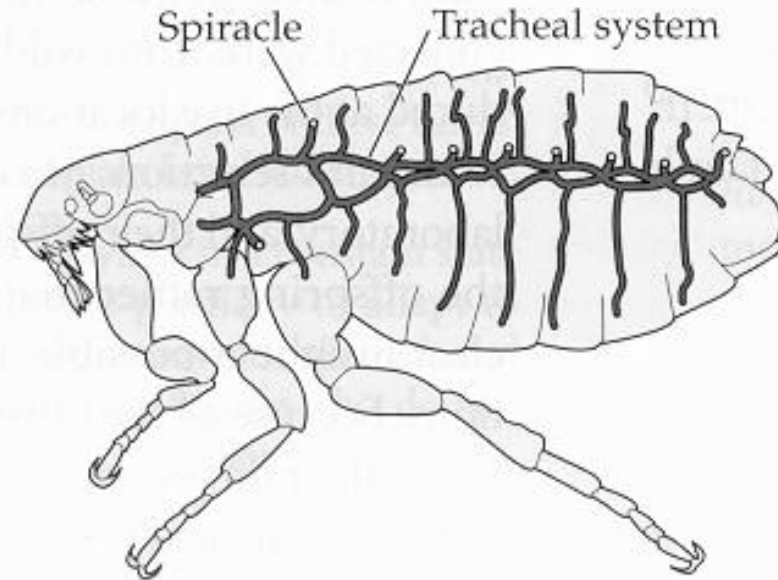


# Různá řešení téhož problému

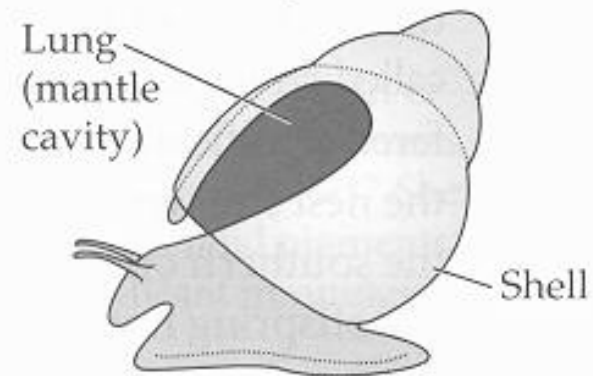
(a) Human (Phylum Chordata)



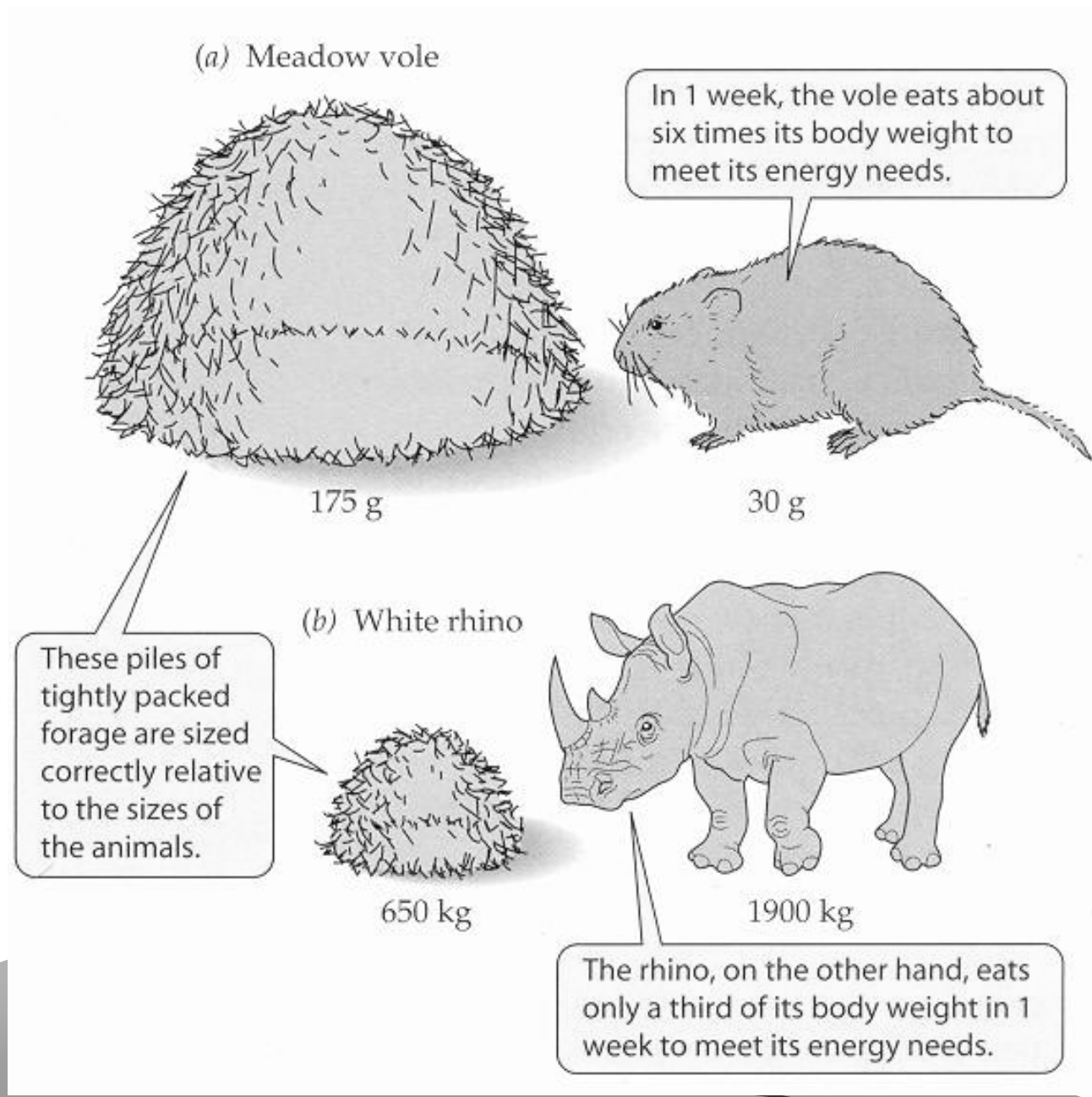
(b) Insect (Phylum Arthropoda)



(c) Land snail (Phylum Mollusca)

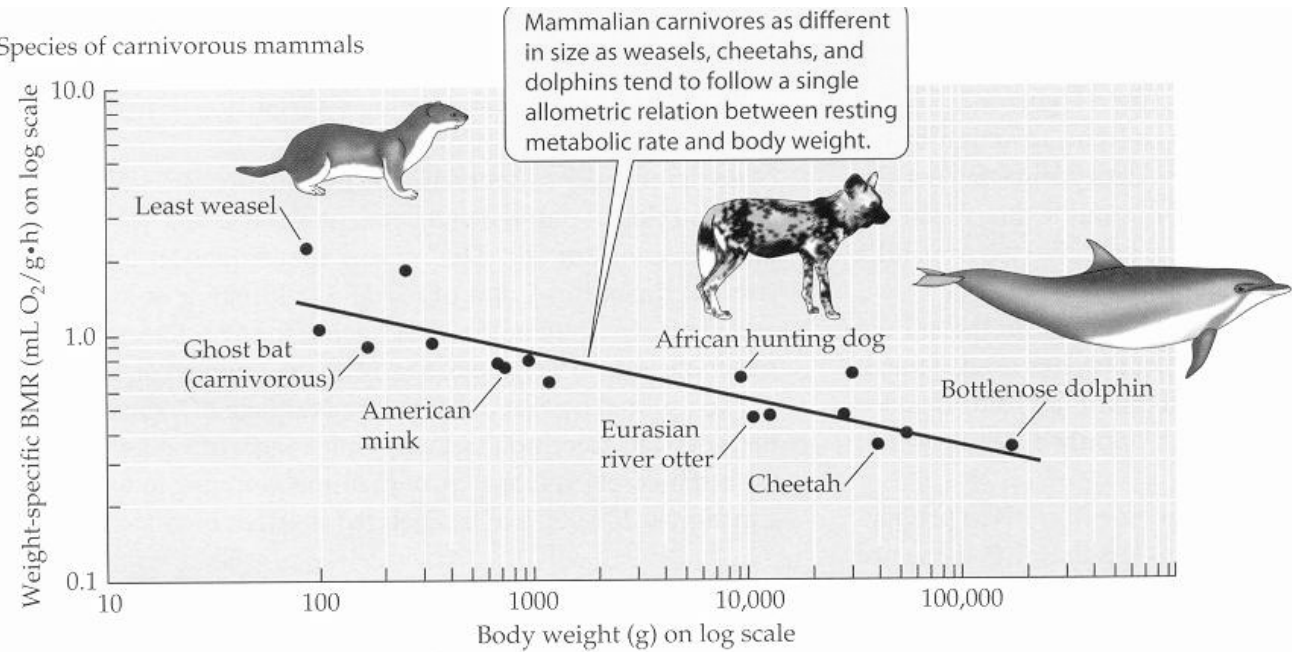


# Velikost určuje stavbu těla a funkce

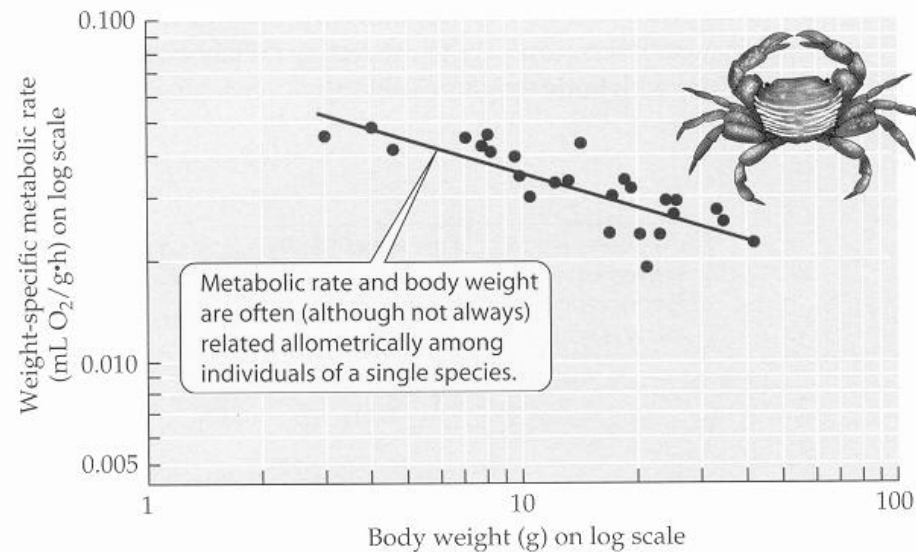


Čím větší tím  
úspornější

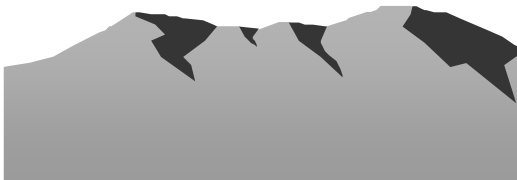
(a) Species of carnivorous mammals



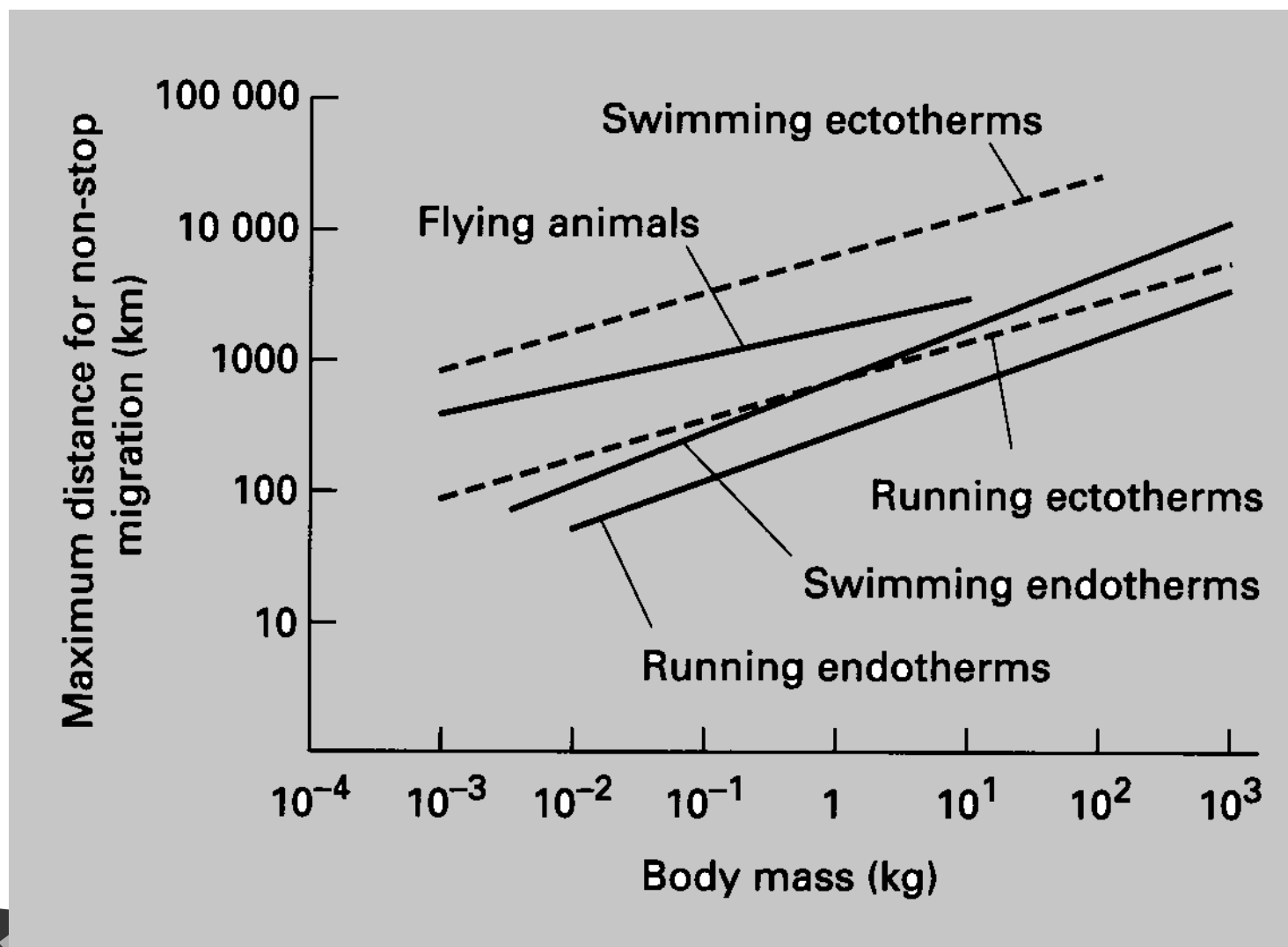
(b) Individuals of a species of crab



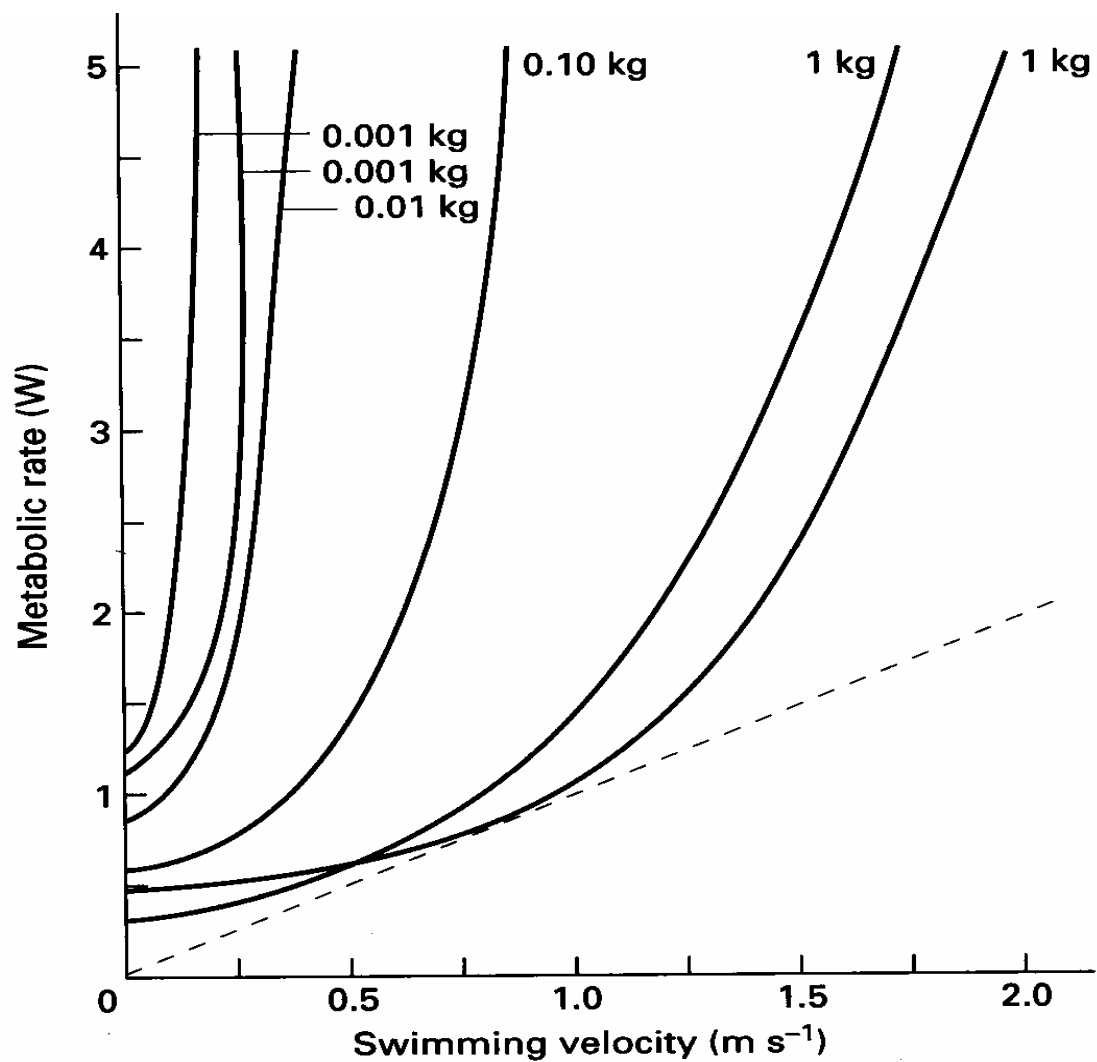
**Figure 5.10 Metabolic rate and linearly on log-log coordinate:** a function of body weight for mammals and other vertebrates. (a) Weight-specific metabolic rate for mammals and other vertebrates, plotted on log-log coordinates. The points represent individual species. (b) A log-log plot of weight-specific metabolic rate as a function of body weight in a crab (*Pachygrapsus crassipes*) at a particular body weight. A line is fitted to the points. See Appendix 1 for more details. (a after McNab 1986; b after



# Nejtěžší se dostanou nejdál

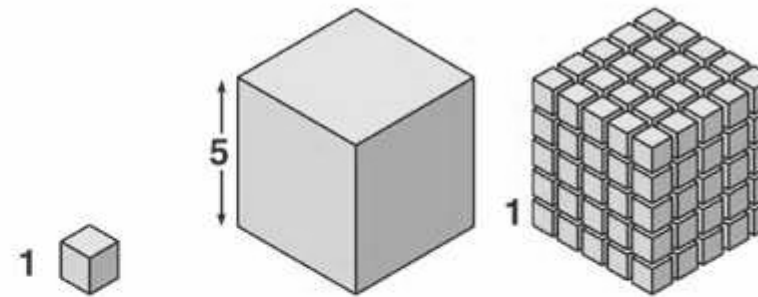


# Těžkého plavce stojí rychlost méně



# Poměr Povrch/Objem a maximalizace povrchu

Surface area increases while total volume remains constant



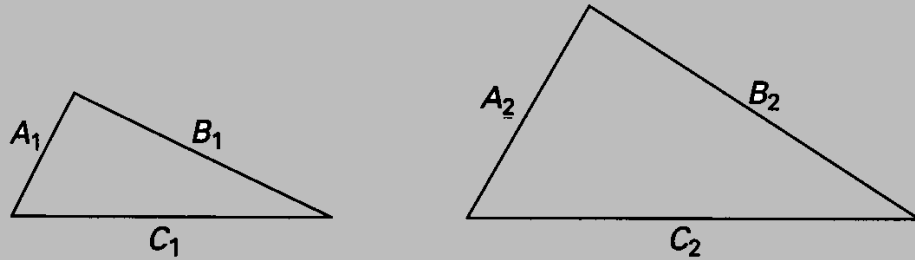
Total surface area (height × width × number of sides × number of boxes)	6	150	750
Total volume (height × width × length × number of boxes)	1	125	125
Surface-to-volume ratio (surface area / volume)	6	1.2	6

Velikost limituje  
funkce





Tělesné proporce a nelineární – allometrické vztahy.  
Velký živočich nemůže být zvětšeninou malého.

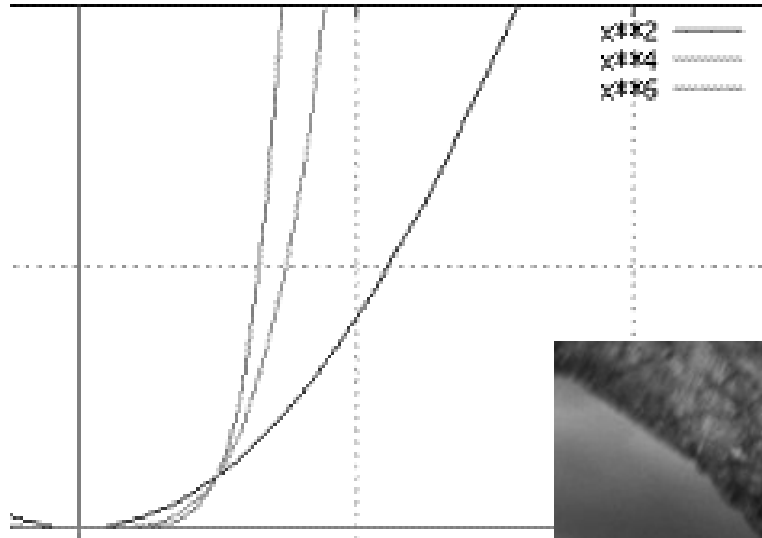


$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{C_1}{C_2} = k$$

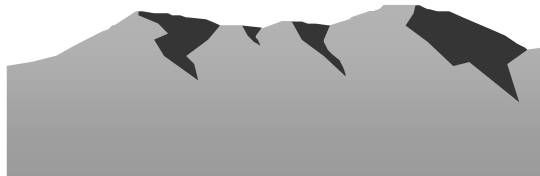
izometrické trojúhelníky



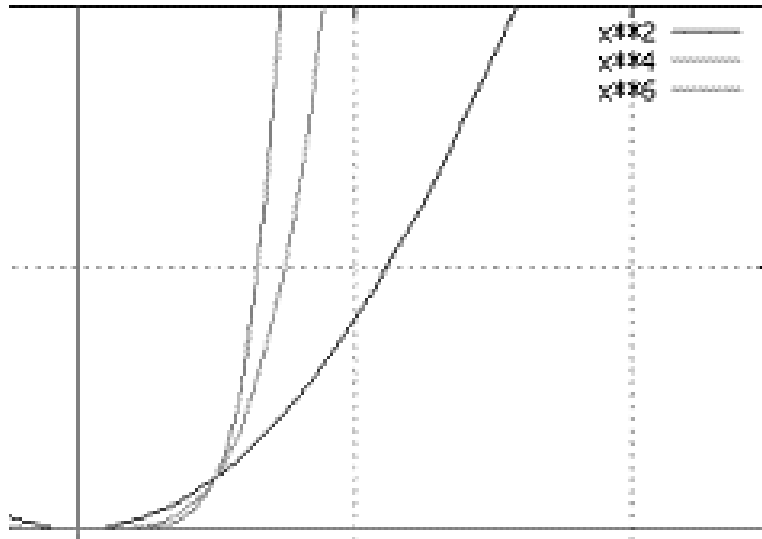
Tělesné proporce a nelineární – allometrické vztahy.  
Velký živočich nemůže být zvětšeninou malého.



allometrické vztahy

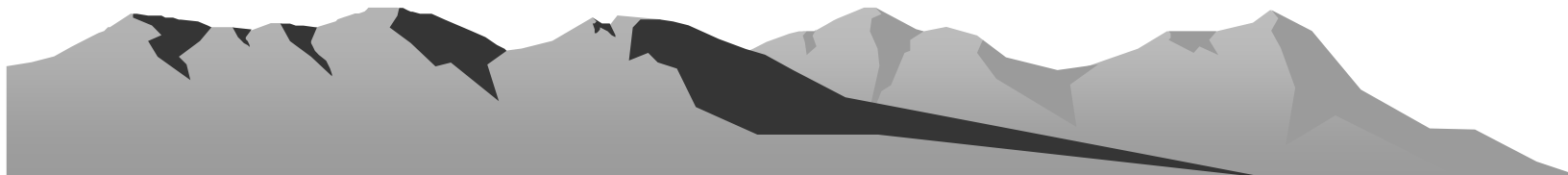


Tělesné proporce nelineární – allometrické vztahy.  
Velký živočich nemůže být zvětšeninou malého.

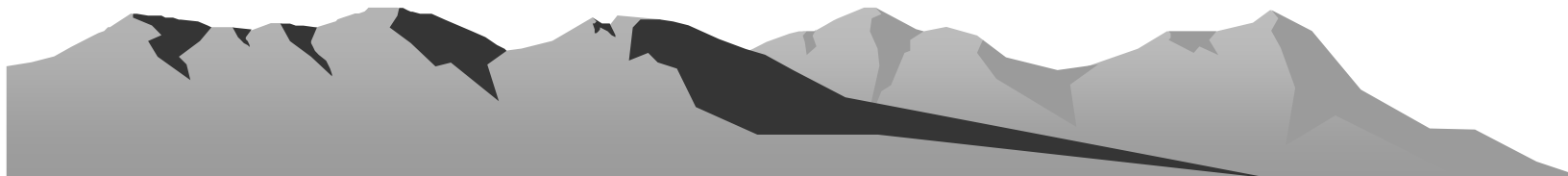
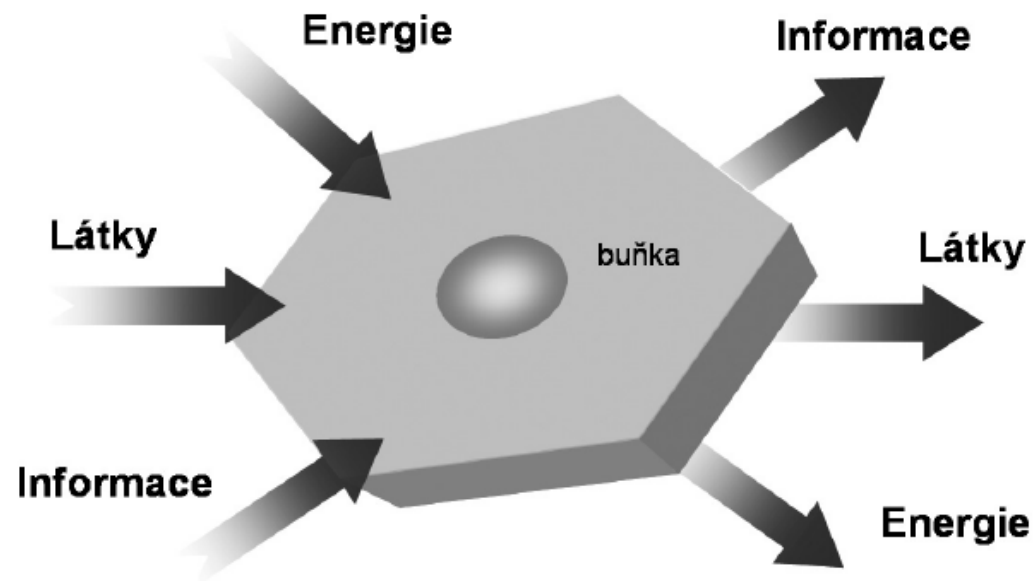


allometrické vztahy

Limituje: svalový výkon – pohyb a opora těla  
udržování stálosti uvnitř těla – energetiku  
transport difúzí – složitost stavby



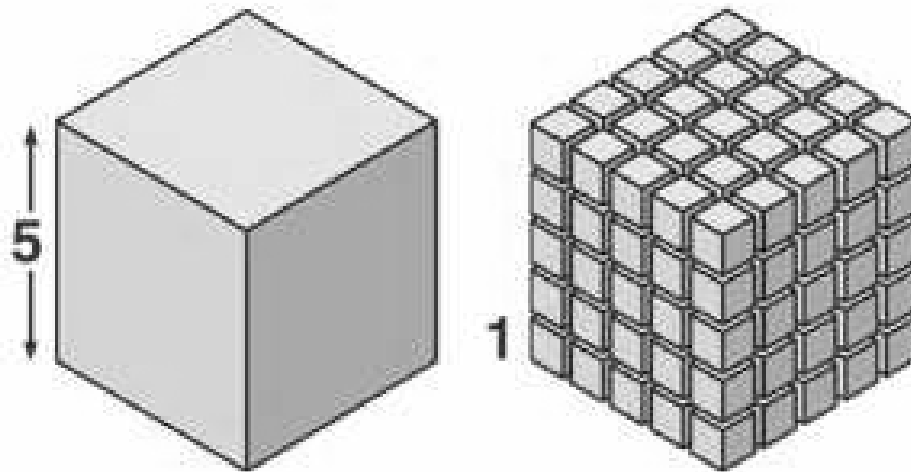
Udržení organizovanosti navzdory chaosu  
- základní vlastnost živých organizmů.  
Udržení stálosti vnitřního prostředí - homeostázy.



Homeostáza, adaptace, regulace

Podmínky vnitřního a vnějšího prostředí se liší.

- Mnohobuněčnost – živočich si nese „pramoře“ s sebou
- možnost života v dalších volných nikách, větší nezávislost.
  - nutnost vzniku infrastruktury organismu
  - nutnost údržby vnitřního prostředí



# Homeostáza, adaptace, regulace

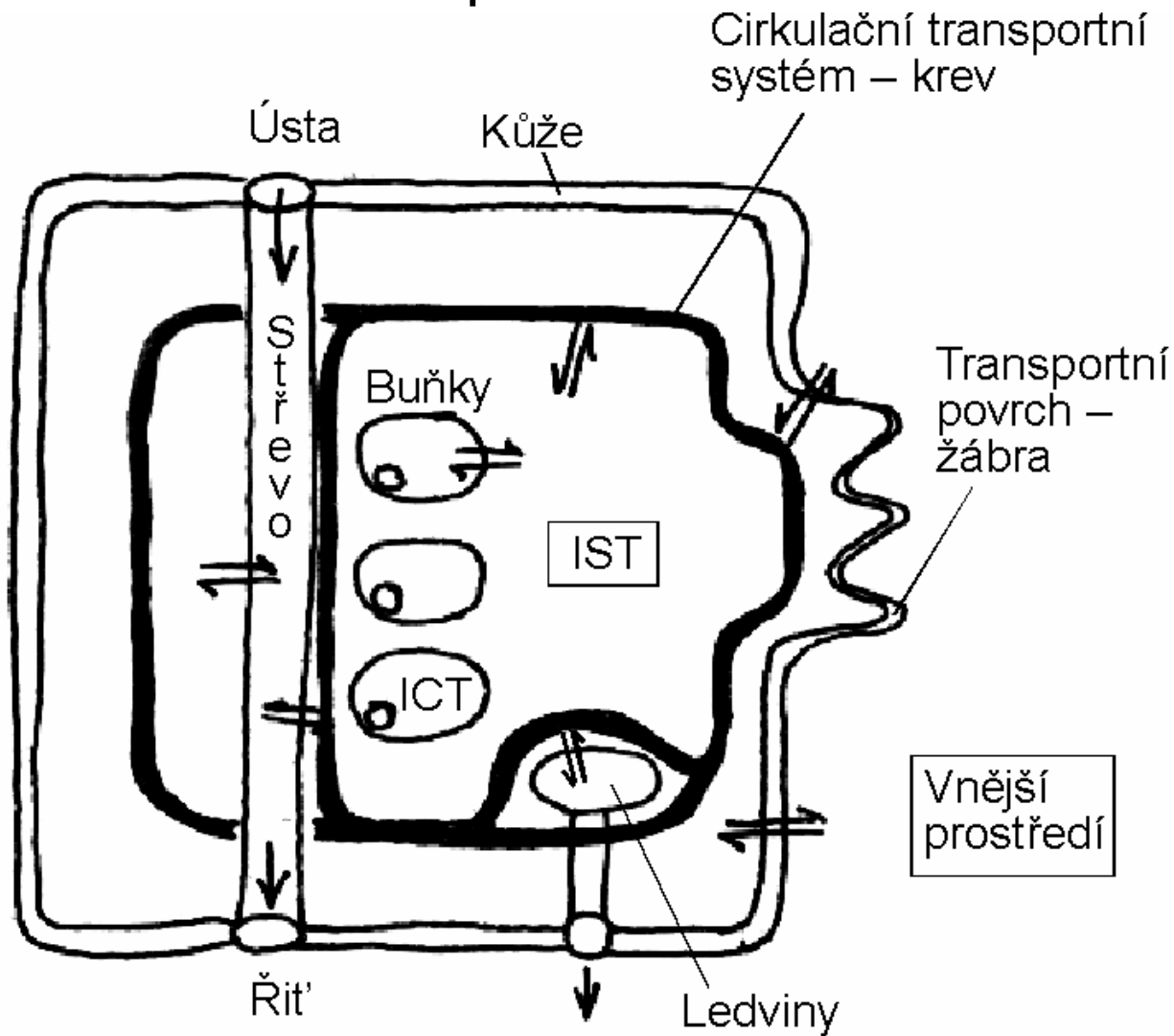
Podmínky vnitřního i vnějšího prostředí kolísají.

Co je potřeba hlídat pro udržení homeostázy?

- Zdroje energie
- Dýchací plyny
- Odpadní produkty
- pH
- Vodu, soli a elektrolyty
- Objem a tlak
- Teplotu
- Sociální parametry



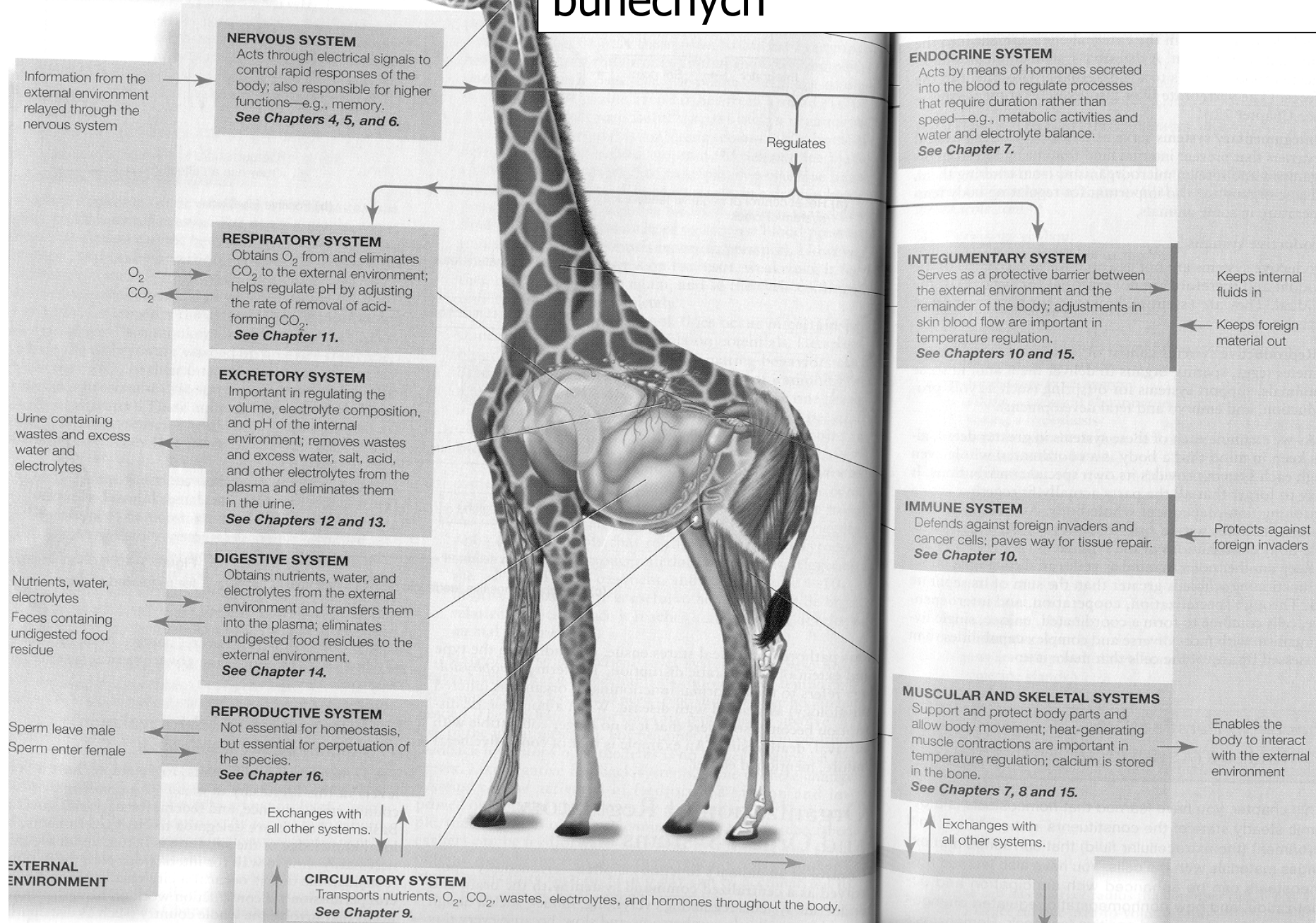
# Vznik orgánových soustav u mnohobuněčných - péče o stálost vnitřního prostředí



## BODY SYSTEMS

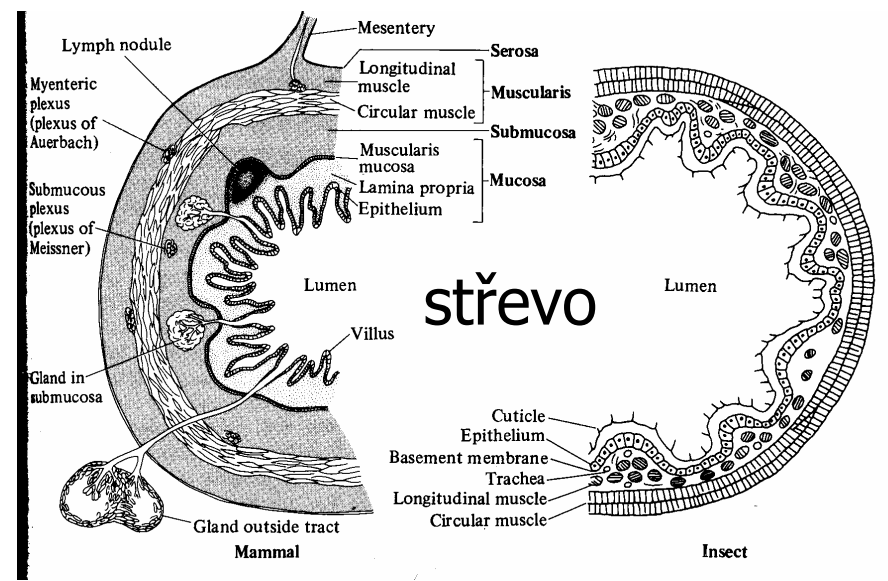
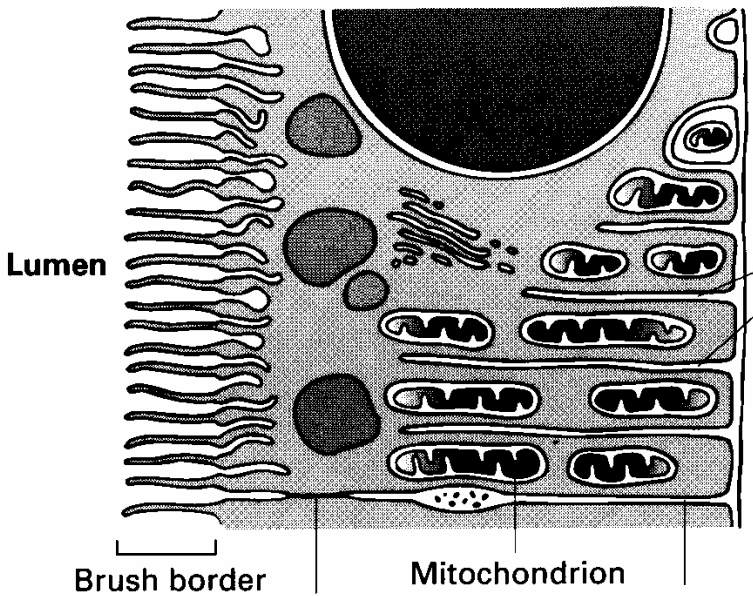
Made up of cells organized according to specialization to maintain homeostasis.  
See Chapter 1.

# Vznik orgánových soustav u mnoho- buněčných





Kontaktní rozhraní musí mít velkou plochu

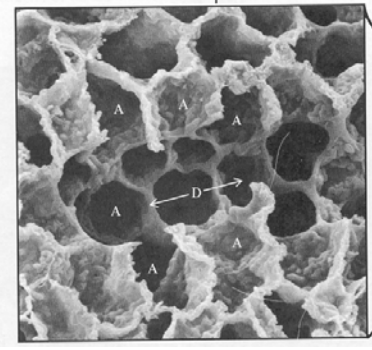
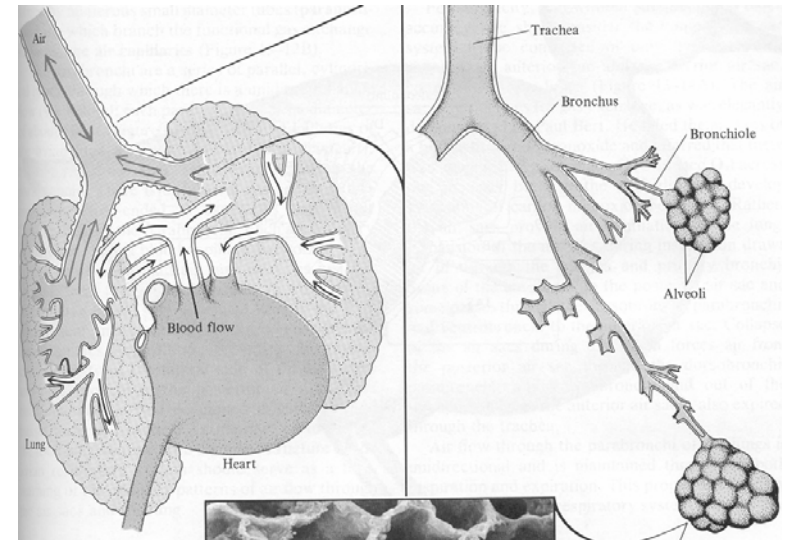
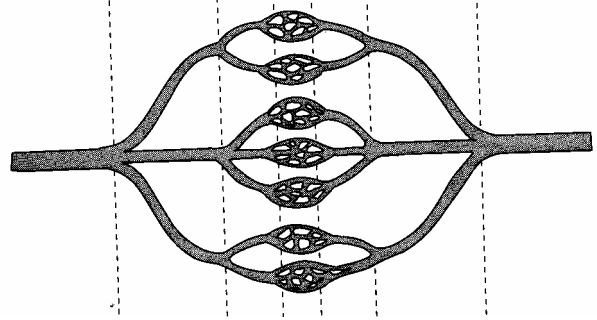
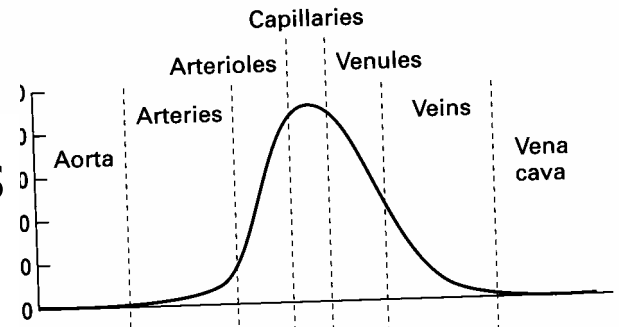


střevo

Brush border  
Tight junction

ledvinný tubulus

kapiláry

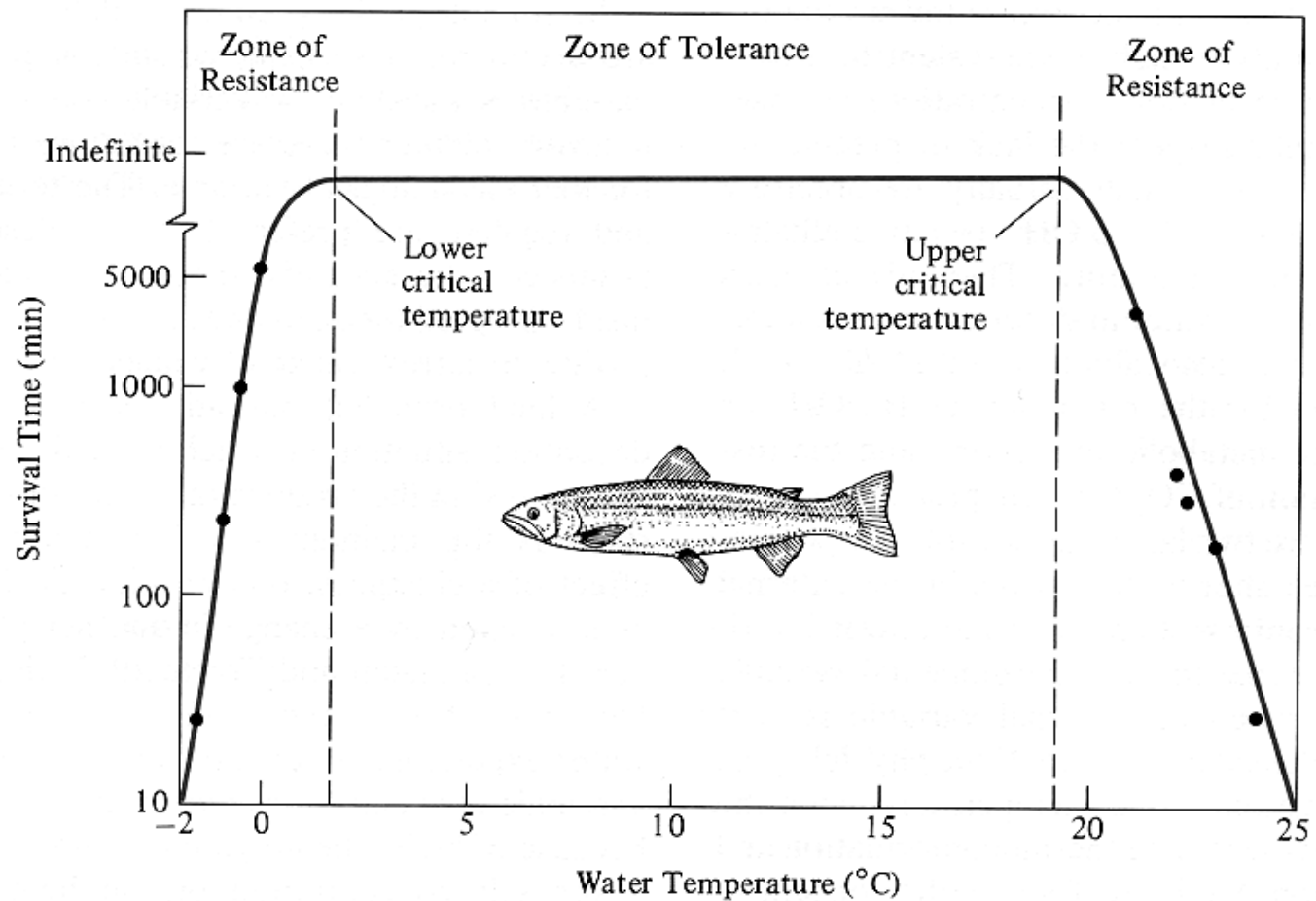


plíce

# Homeostáza, adaptace, regulace

## Podmínky vnějšího prostředí kolísají:

Optimum a jeho hranice



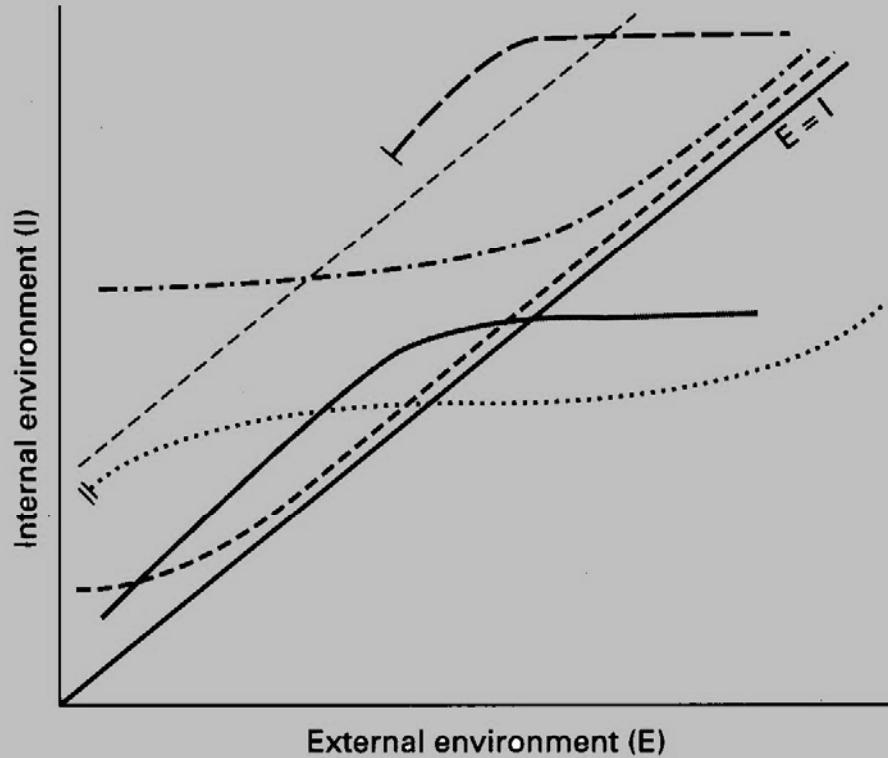
## Různé adaptační strategie na změnu životních podmínek

- a) Uteč – „Vyhýbači“
- b) Akceptuj - Konforméři
- c) Vyreguluj - Regulátoři

Volba strategie souvisí s tělní stavbou a velikostí těla.



# „Konformeri“ a regulátoři.



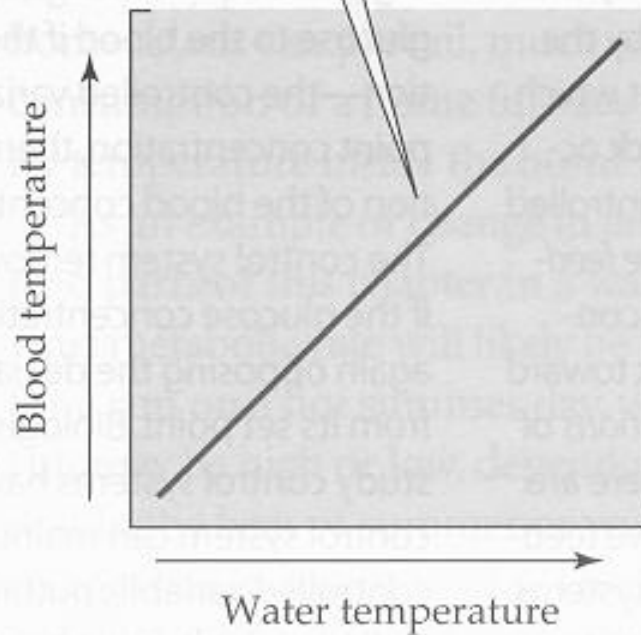
- 'Conformer', but some regulation at extreme low E
- ..... 'Regulator', but less efficient at extremes
- . - . - Typical 'partial' regulator, conforming in relatively normal conditions but regulating as conditions get more difficult
- Essentially a conformer (parallel to  $E = I$  line), but internal environment has constant excess of measured variable
- Regulator but unable to survive too much change (starts to conform and then dies)
- Mixed conformer/regulator: regulates (approximately) above some species-specific level



# „Konformerři“ a regulátoři.

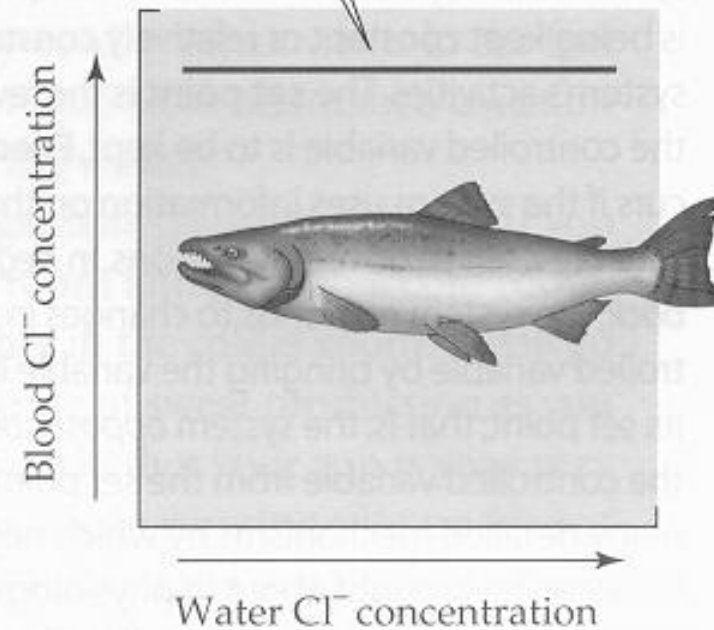
(a) Temperature conformity

When a salmon enters a river from the sea, its body temperature (including blood temperature) changes if the river water is warmer or cooler than the ocean water...



(b) Chloride regulation

...but its blood  $\text{Cl}^-$  concentration remains almost constant, even though river water is very dilute in  $\text{Cl}^-$  and seawater is very concentrated in  $\text{Cl}^-$ .



Celková životní strategie zahrnuje mnoho faktorů –  
Neexistuje jediné univerzální, ideální řešení

	<i>r</i> -selection	<i>K</i> -selection	<i>A</i> -selection
<i>Environment</i>			
Stability	Low	High	High
Abiotic stress	High	Low	High
Energy	Low	High	Low
<i>Individuals</i>			
Body size	Small	Large	Small or large
Lifespan	Short	Long	Long
Maturity	Early	Late	Late
<i>Reproduction</i>			
Pattern	Semelparous	Iteroparous	Either
Generation time	Short	Long	Either
Fecundity	High	Low	Low
Offspring	Many, small	Few, large	Either
Parental care	Absent	Common	Possible
<i>Populations</i>			
Density	Fluctuating	High	Low, or fluctuating
Stability	Fluctuating	Steady	Fluctuating
Range	High	Low	Either
Competition	Low	High	Low
Biotic interactions	Few, simple	Many, complex	Few, simple
<i>Overview</i>			
	Small	Large	Very varied
	Rapid reproductive output	Slow reproductive output	Usually slow
	Colonists	Climax communities	Simple climax
	Generalists	Specialists	Specialists

Celková životní strategie zahrnuje mnoho faktorů –  
Neexistuje jediné univerzální, ideální řešení

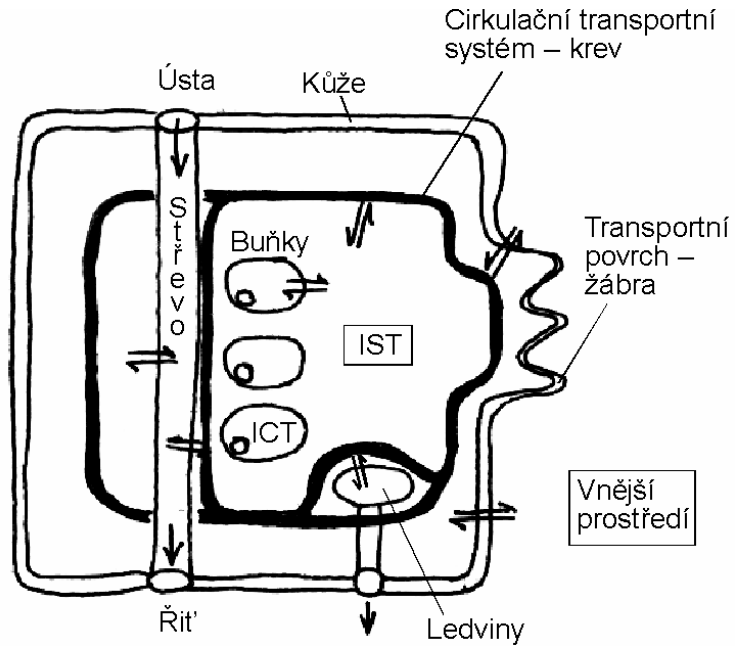
**R- stratég:** vyšší důraz na rozmnožování a mobilitu potomstva, přičemž kvalita a konkurenceschopnost je odsunuta do pozadí. Rychle roste, rychle se množí, jsou malí, bez péče o potomstvo. Mnoho potomků, velká mortalita. Výhodné v ranných stádiích osidlování.



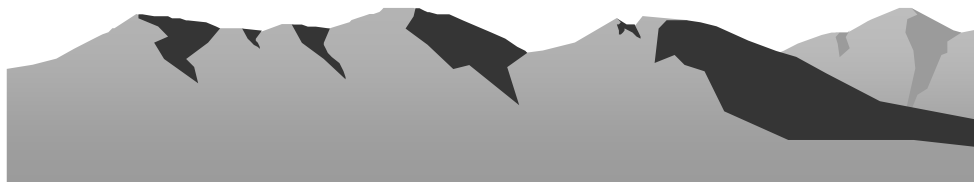
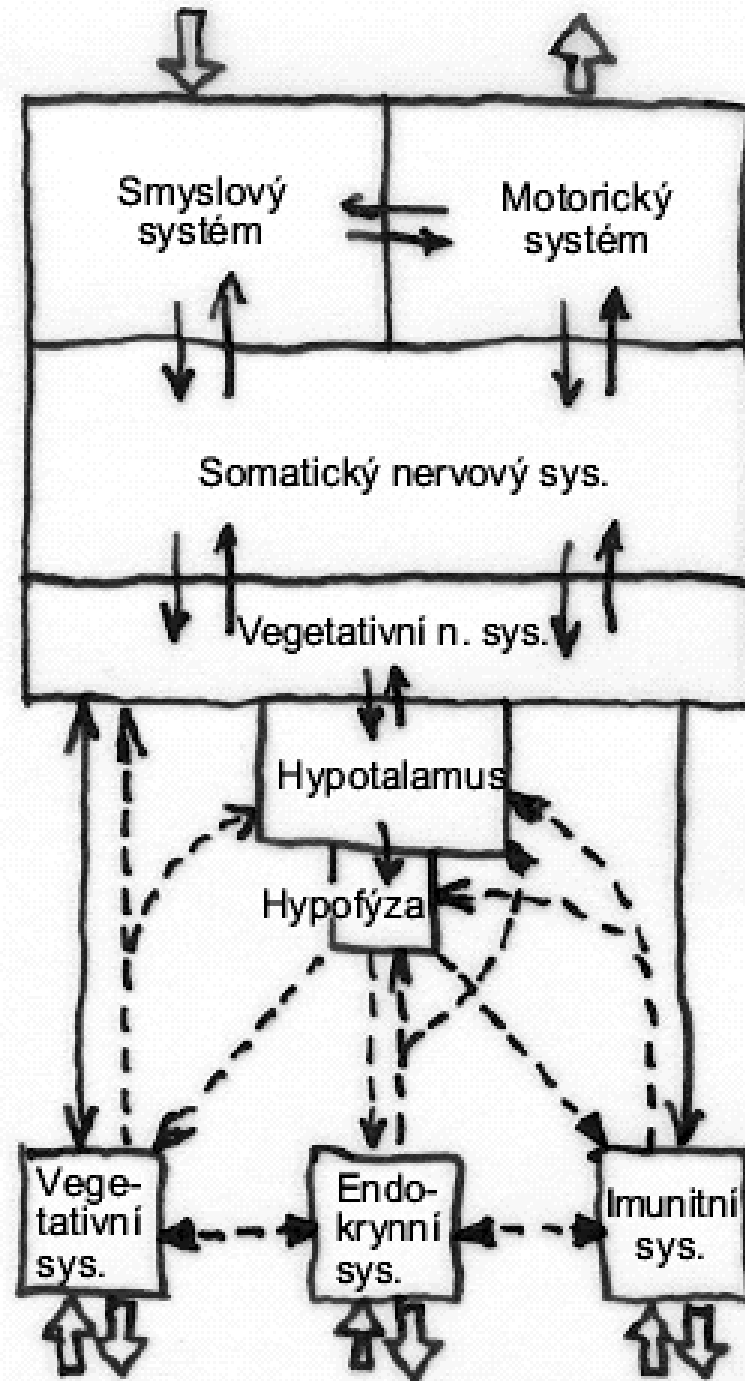
**K-stratég** je organismus, který ve své životní strategii uplatňuje vyšší důraz na kvalitu a konkurenceschopnost potomstva, přičemž jeho kvantita a mobilita je odsunuta do pozadí. Maximálně využívají stabilní prostředí.



# Regulace

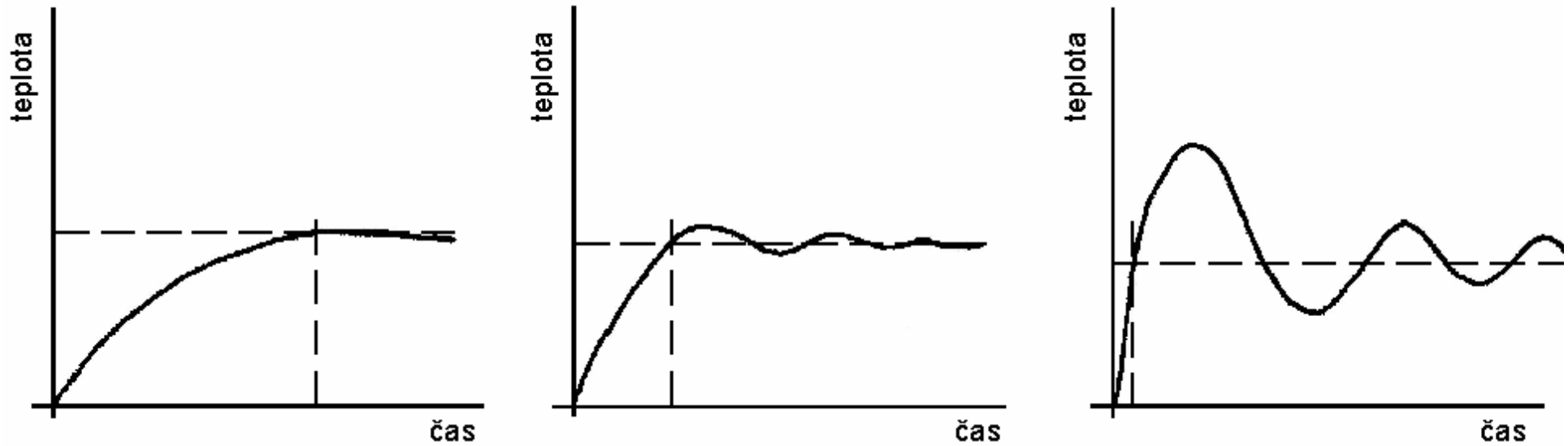


Řídící a obslužné systémy





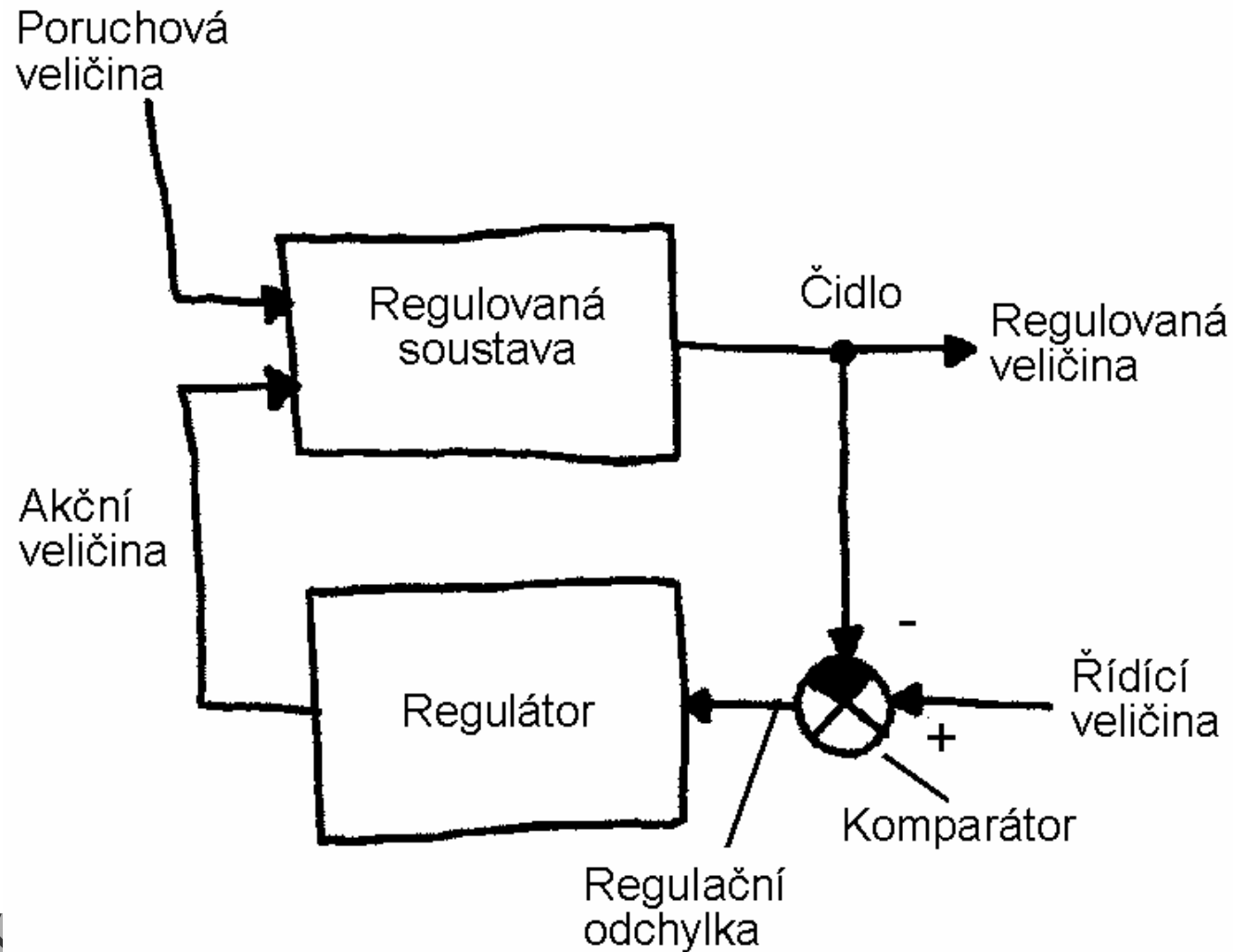
# Regulace



Kompromis mezi rychlostí a přesností



# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy



# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy

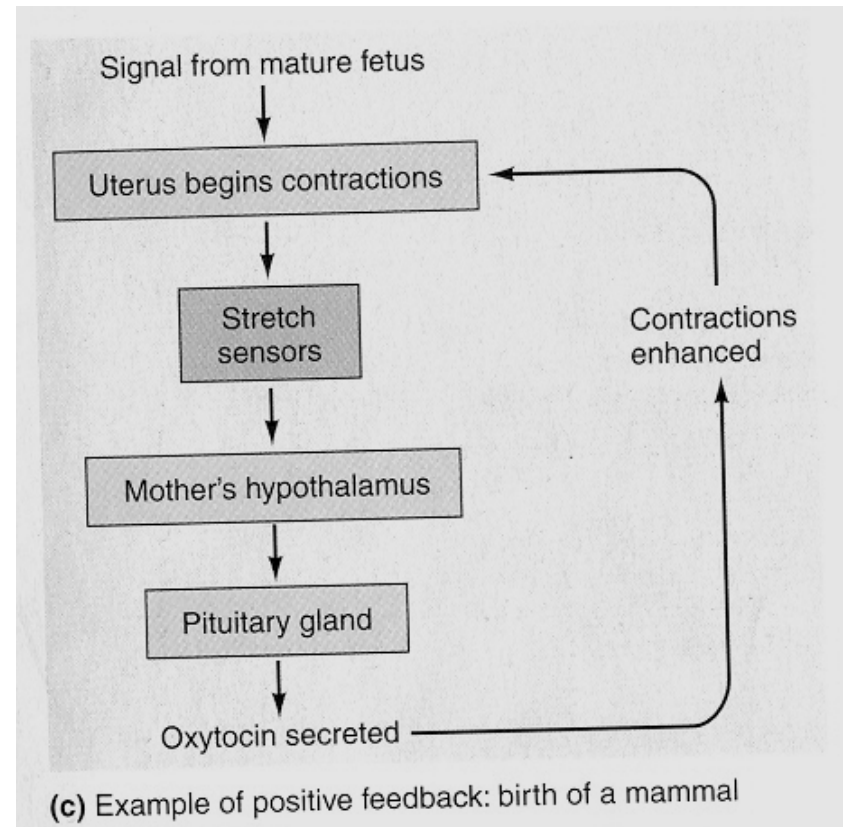
Přesnost regulace:

- ON-OFF
- Proporcionální
- Anticipační



## Pozitivní zpětná vazba

Když je rychlá změna potřeba:  
Akční potenciál, tvorba krevní zátky,  
ovulace, porod, orgasmus



# Metody fyziologie: od genetických po behaviorální.

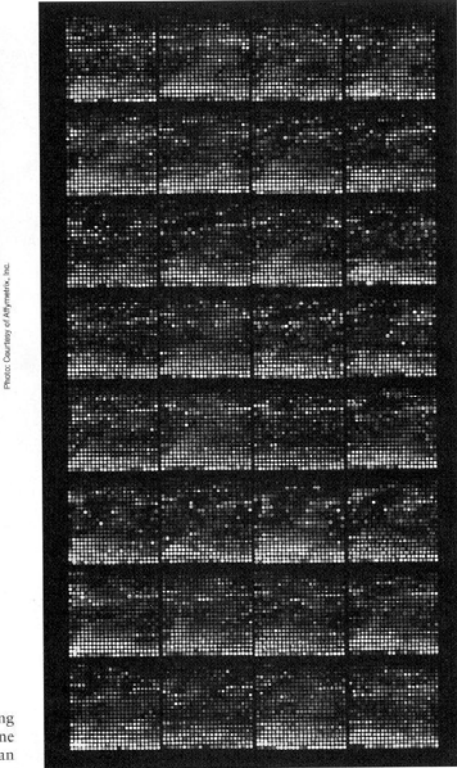
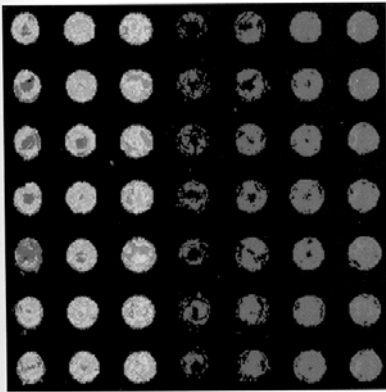
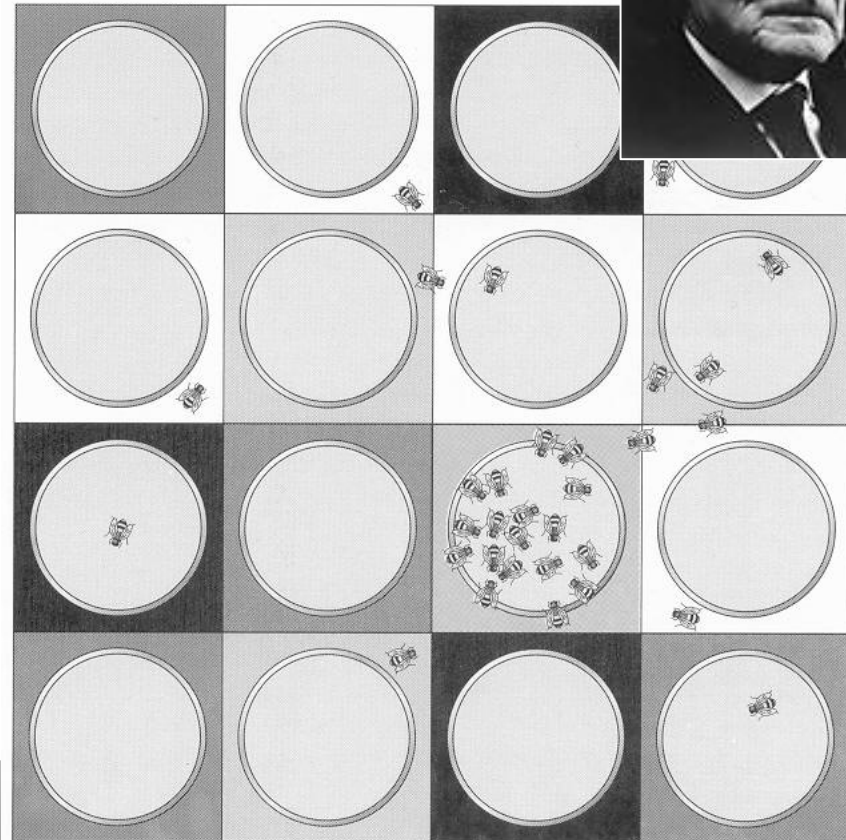
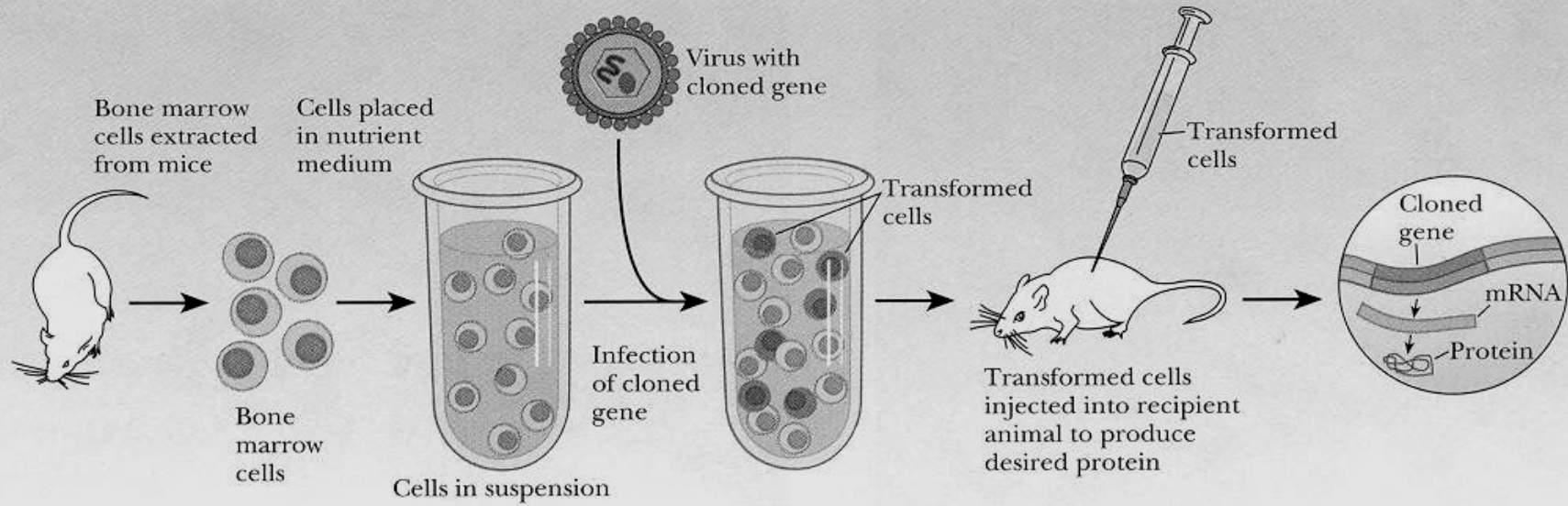


Figure 2-6 • (a) A microarray chip. Thousands of DNA samples are placed on a 1-cm square slide by robotics. These slides are then bound by complementary DNA or RNA and visualized using fluorescent markers. The location and intensity of the fluorescent signal is analyzed by computer to establish which genes are currently being transcribed and to what extent. (b) A DNA microarray from DNA of a carp, hybridized with liver cDNAs from control animals (labeled green) and from animals subjected to cold temperatures (red). Yellow spots indicate genes with expressions equal in the two groups; green spots are genes expressed more strongly in control animals and red spots are those expressed more strongly in cooled animals.

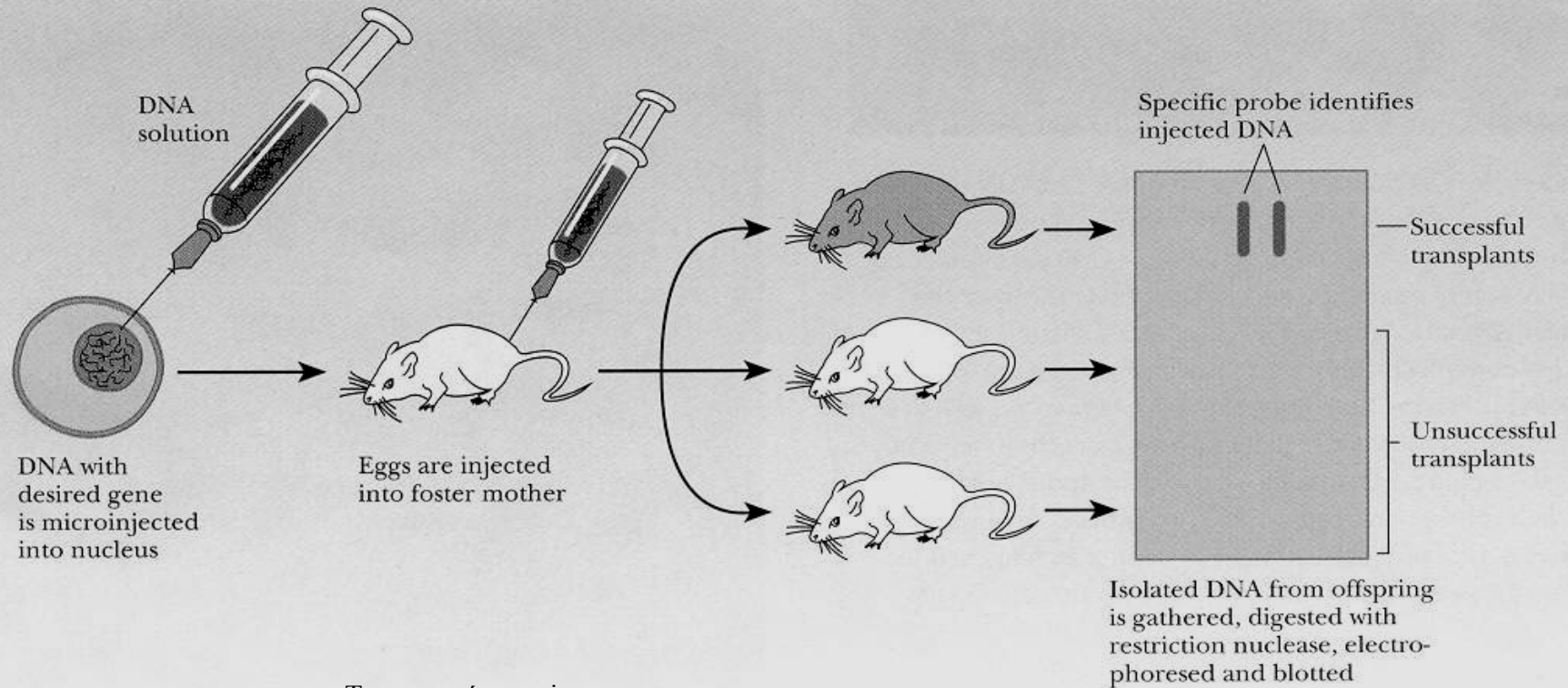
application is that of *gene therapy*, in which a defect arising from a mutated gene is corrected by inserting a normal gene (• Figure 2-7a). This can be done in a fertilized egg, or in an adult tissue. For example, researchers recently found that one form of canine blindness—Leber congenital amaurosis—can

von Frish



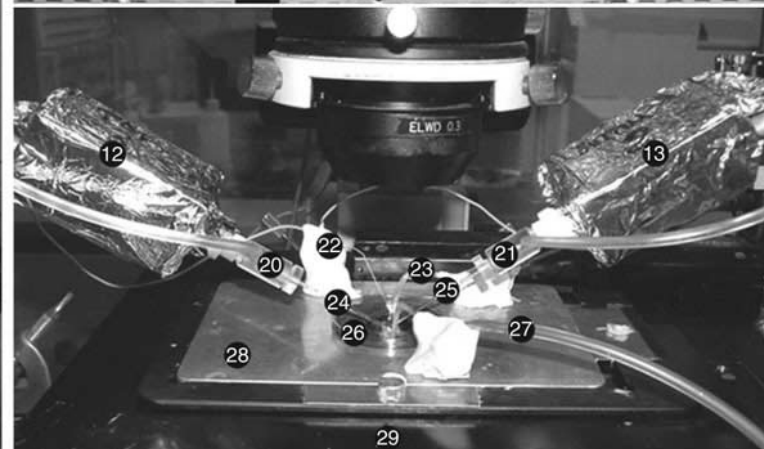
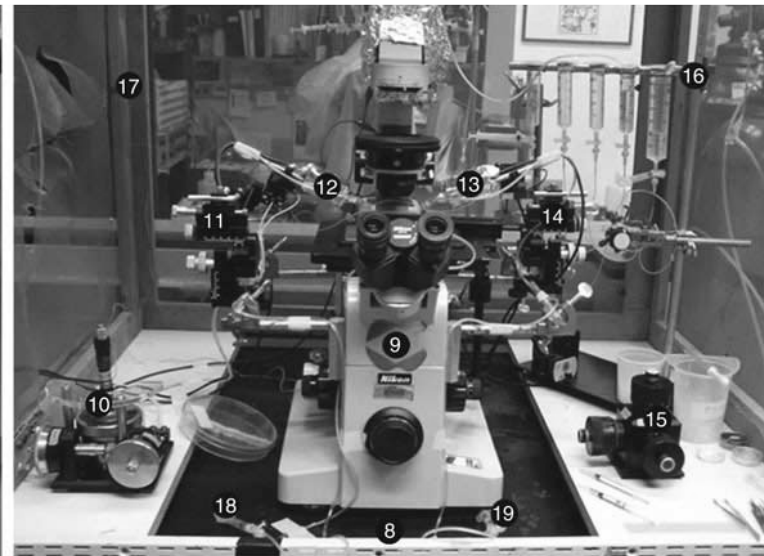
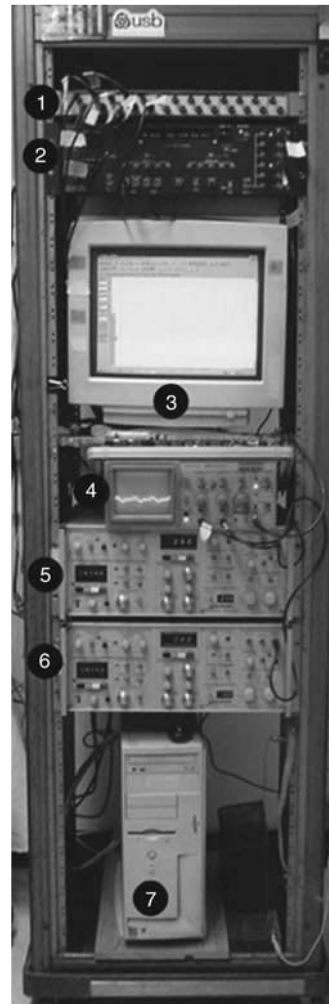


Genová terapie

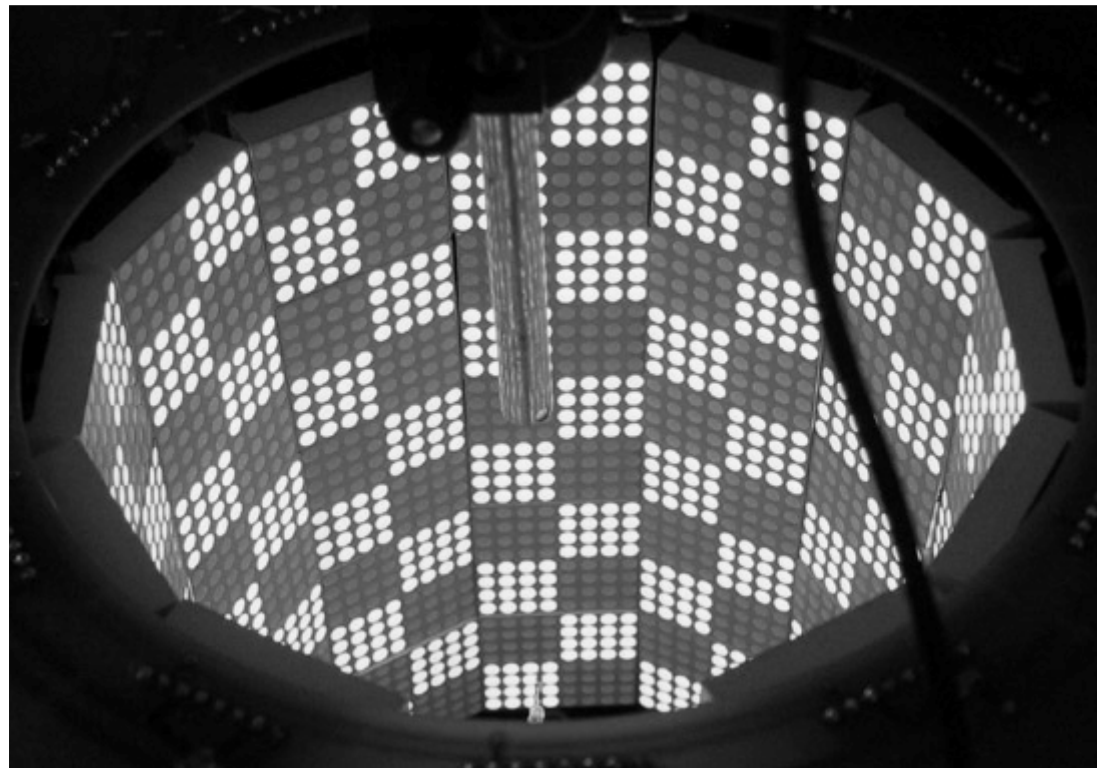


Transgenní organismus

# Elektrofysiologie



Neuroetologie  
Co vidí Drosophila

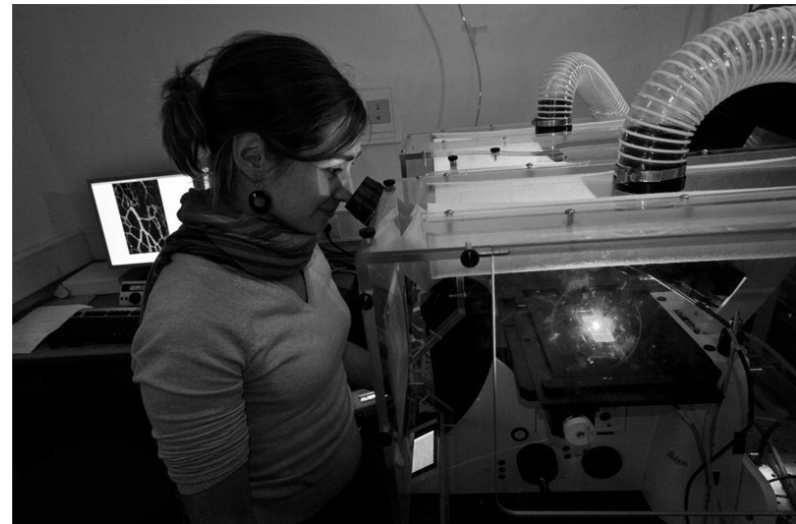




Metabolismus



Mikroskopie



## Molekulární „klasika“



## Shrnutí

Živý organismus je výsledkem:  
konkrétního vývoje  
v konkrétním prostředí  
Určité velikosti těla  
Určité životní strategie  
např. chování, počtu potomků ...



## Shrnutí

Živé organismy pracují na své „údržbě“.  
Koncept homeostázy umožňuje pochopit smysl práce orgánových soustav mnohobuněčných.



## Shrnutí

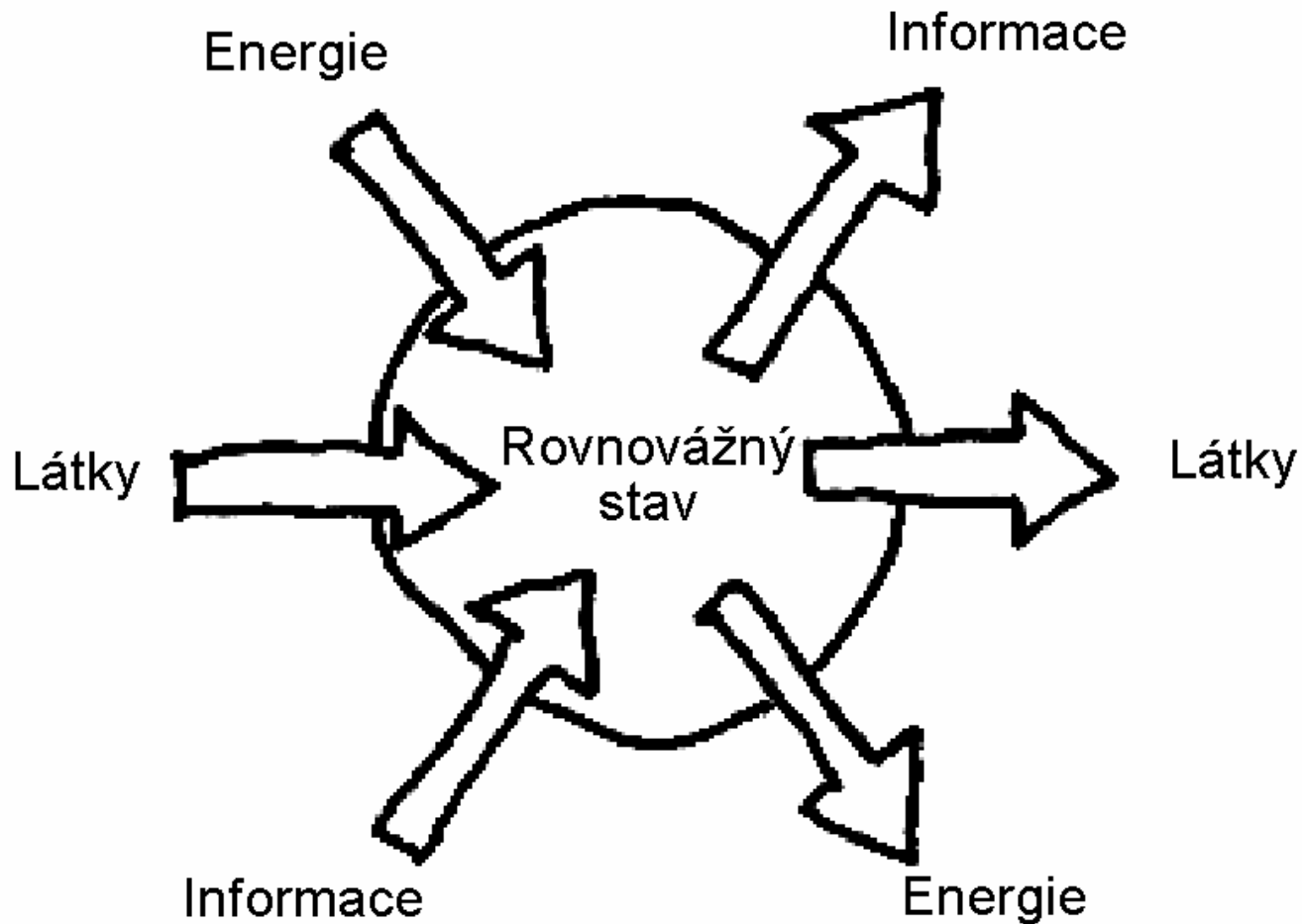
Negativní zpětná vazba je základním typem homeostatické regulace



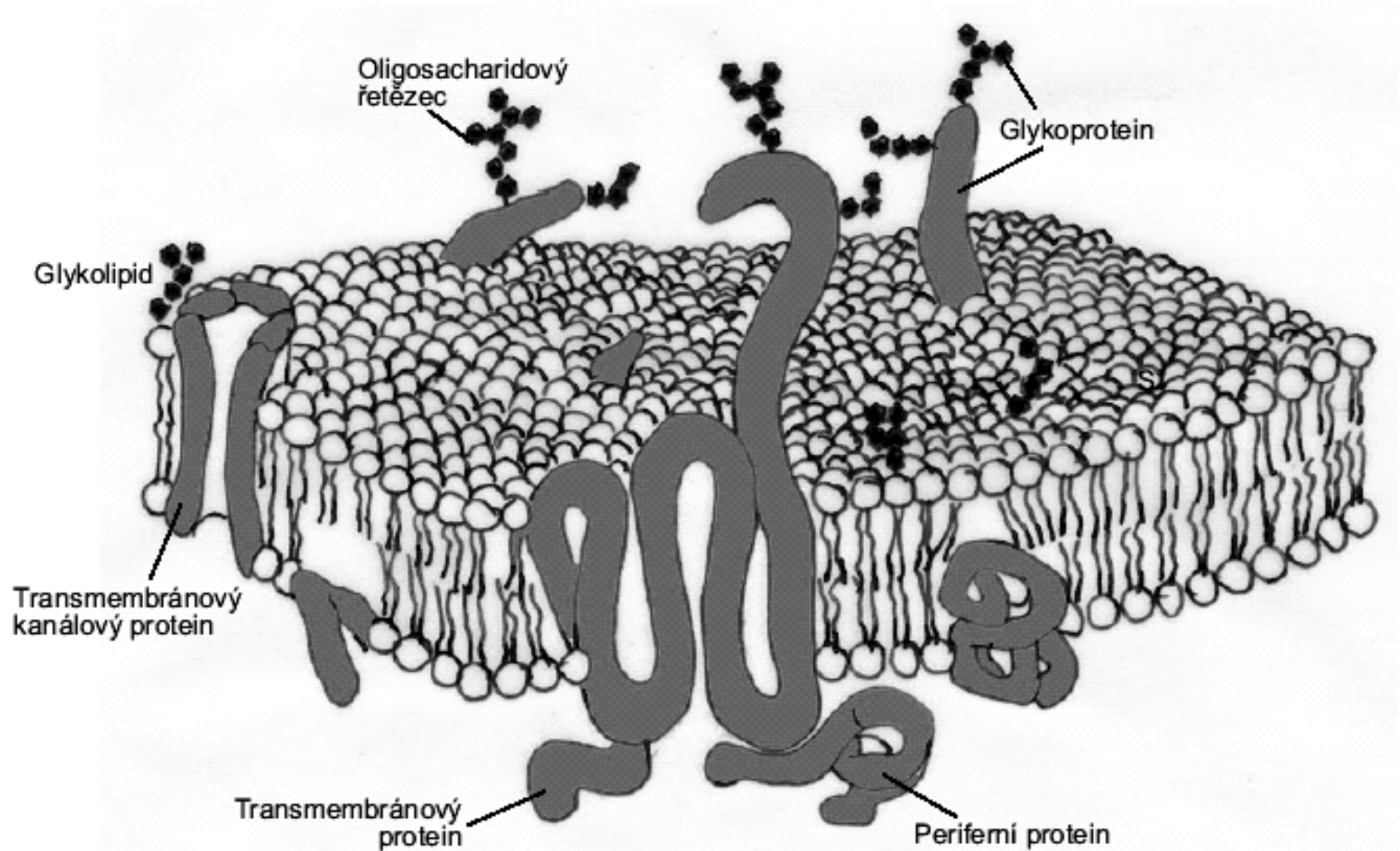
# Udržení organizovanosti navzdory chaosu

## -základní vlastnost živých organizmů-

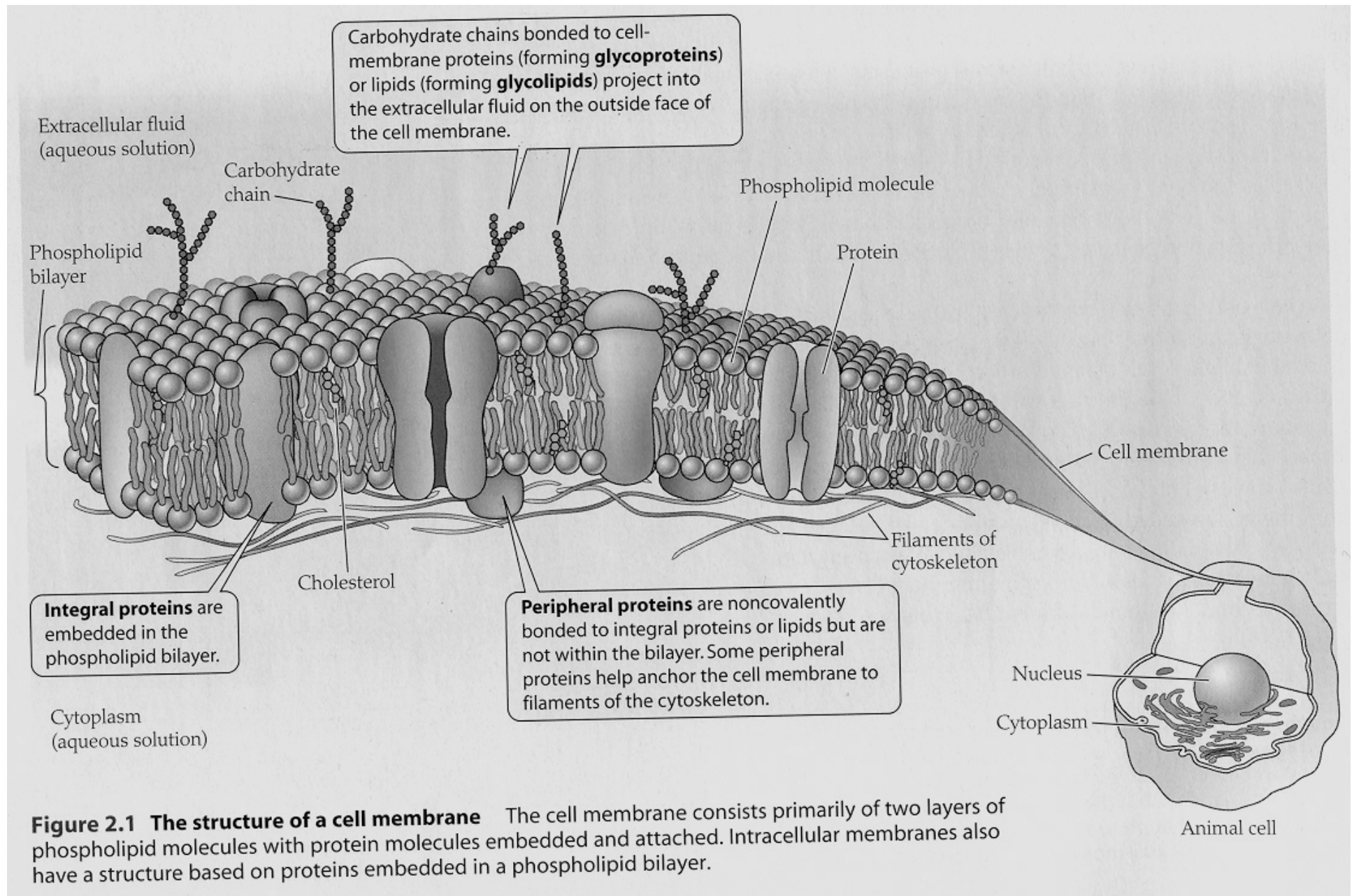
### -Buněčná fyziologie



# Bariéra a brány



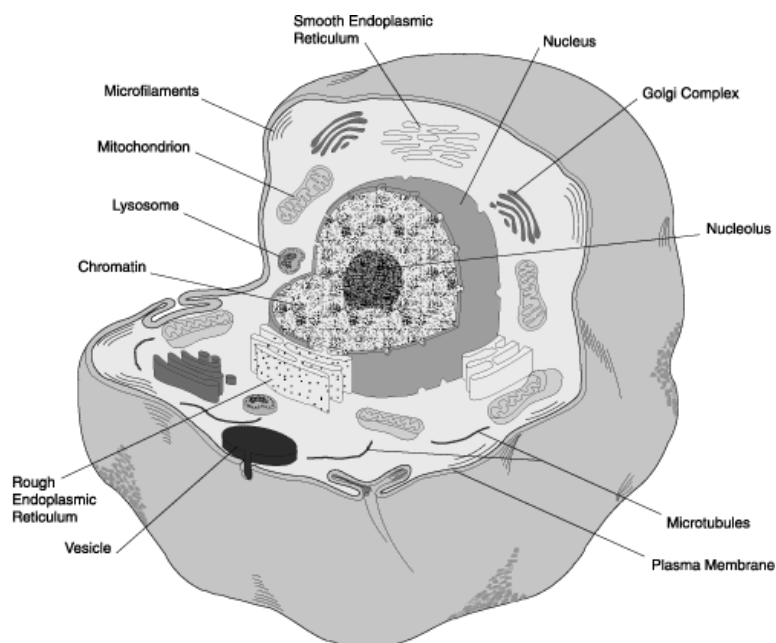
# Bariéra a brány



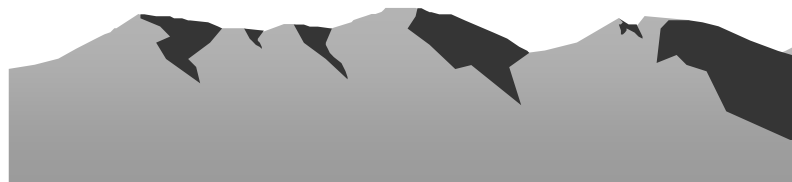
**Figure 2.1 The structure of a cell membrane** The cell membrane consists primarily of two layers of phospholipid molecules with protein molecules embedded and attached. Intracellular membranes also have a structure based on proteins embedded in a phospholipid bilayer.



## Hlavní membránové struktury buňky



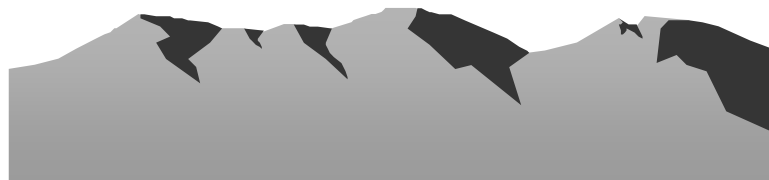
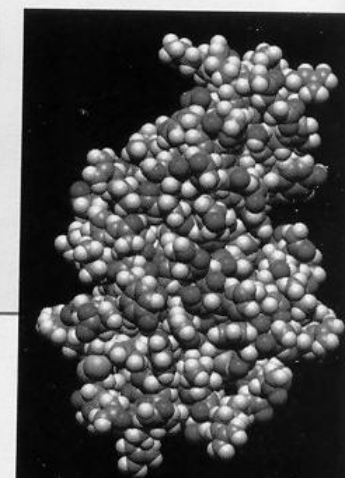
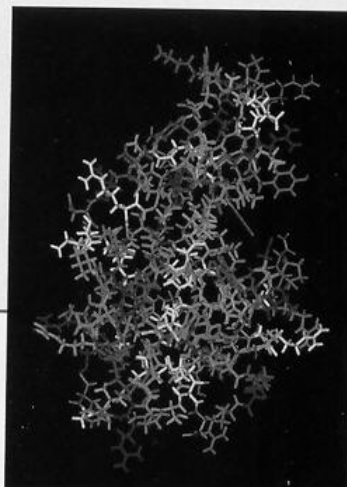
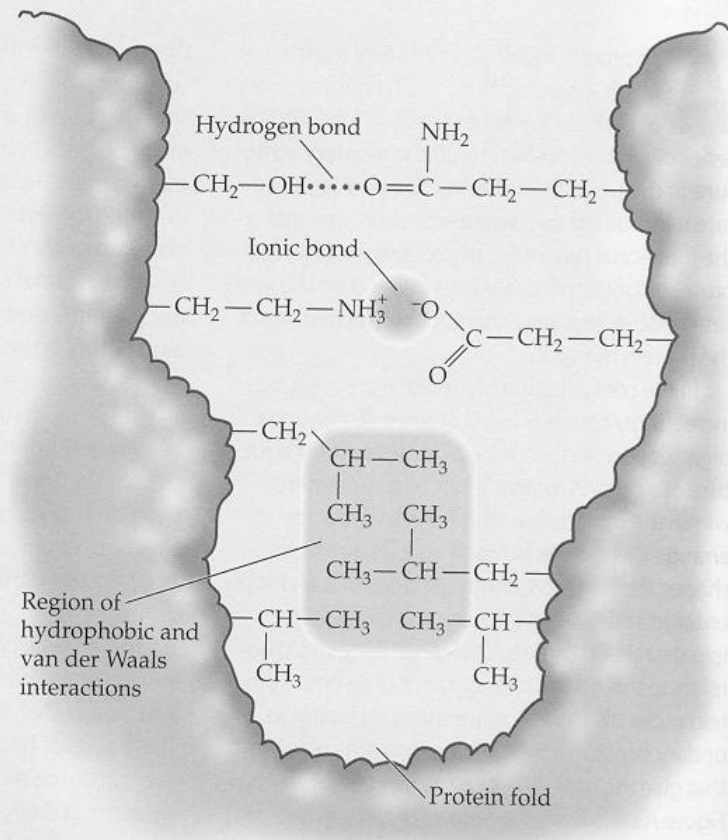
Plazmatická membrána	Bariéra mezi intra a extracelulárními roztoky, určuje pasivní a aktivní transport rozpuštěných látek (solutů). Přijímá, předává a vede chemické nebo elektrické signály .
Jaderná membrána	Bariéra oddělující jaderný obsah od cytoplazmy, perforovaná velkými póry umožňujícími komunikaci difúzí.
Mitochondrie	Organely mající kromě ohraničující membrány ještě vnitřní membránové prostory. Jde o „generátory“ využitelné energie – probíhá zde štěpení živin za uvolňování $H^+$ iontů. Koncentračního gradientu $H^+$ na vnitřních membránách je využito k tvorbě ATP. Mitochondrie mají svou vlastní DNA.
Drsné endoplazmatické retikulum (ER)	Systém propojených váčků a kanálků s ribozómy na povrchu. Jsou místem syntézy proteinů.
Hladké endoplazmatické retikulum	Navazuje na drsné ER, ale je bez ribozómů. Je místem metabolismu steroidů, transportuje proteiny z drsného ER do Golgiho komplexu.
Golgiho komplex	Tvořen naskládanými plochými cisternami. Přijímá produkty hladkého a drsného ER, modifikuje je, koncentruje a obaluje membránami. Vzniklé vezikuly pak mohou být sekretovány z buňky ven exocytózou.
Lyzozómy	Vezikuly obsahující hydrolytické enzymy pro intracelulární rozklad poškozených organel nebo fagocytovaných částic.



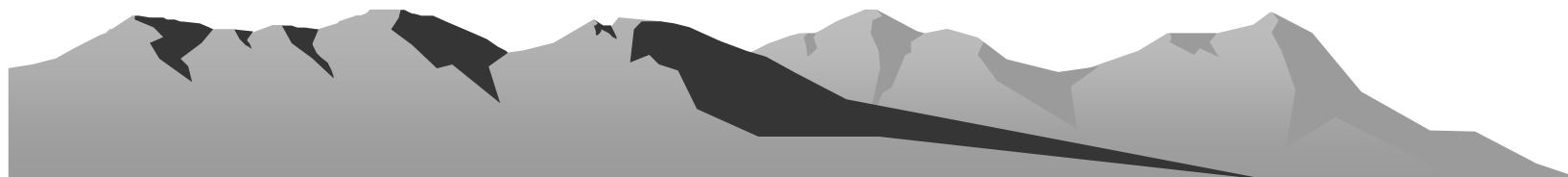
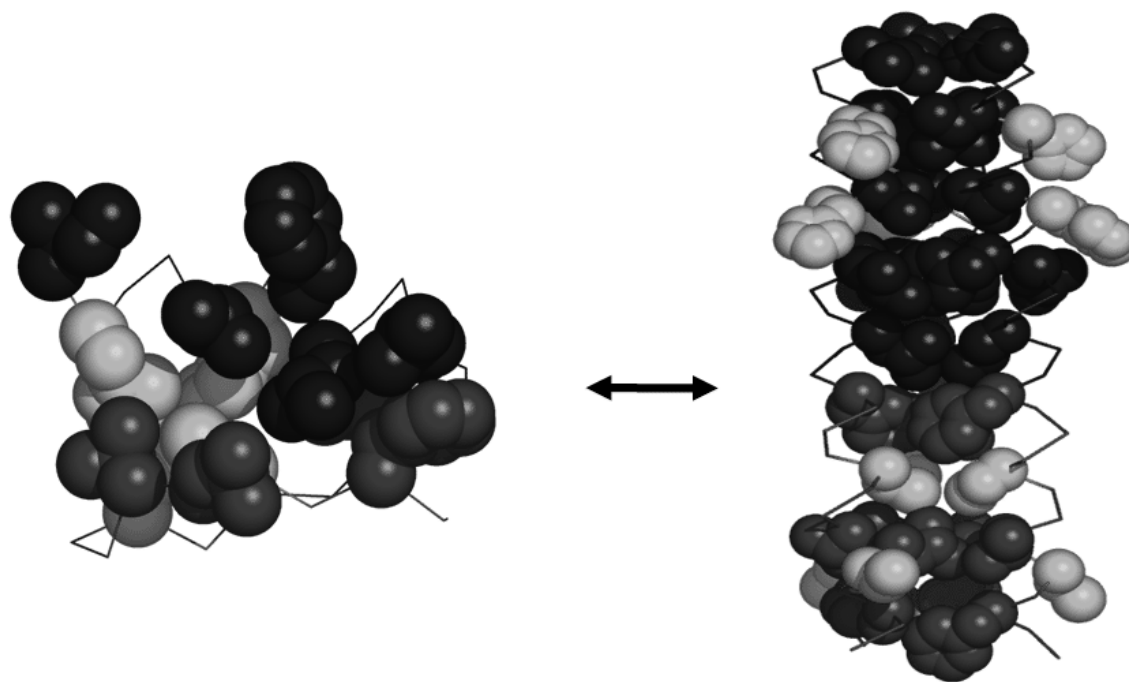
# Bílkoviny jako brány

- Bílkoviny – flexibilní molekuly:
- přenašeči signálů a látek
  - generátory pohybu
  - regulační enzymatická aktivita
  - jedinečnost vazby

Figure C Types of weak, noncovalent bonds that are important in protein structure The bonds are illustrated where they stabilize a hairpin fold in a protein molecule.



Překlápění alosterické struktury po aktivaci (fosforilaci) nebo vazbě ligandu.



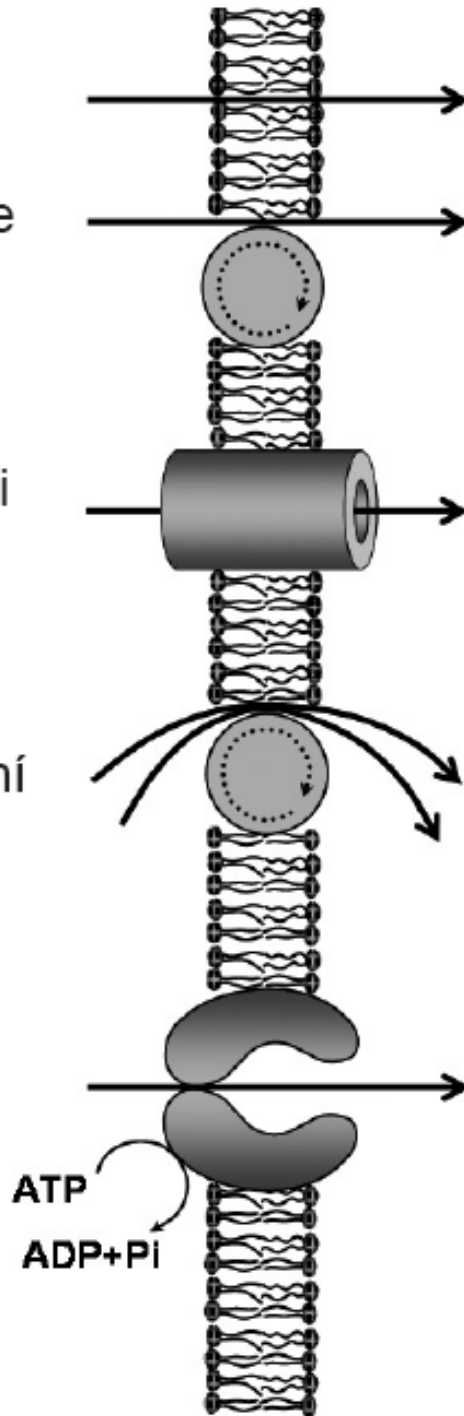
a) Prostá difuze

b) Usnadněná difuze

c) Prostup iontovými kanály

d) Sekundární aktivní transport

e) Primární aktivní transport



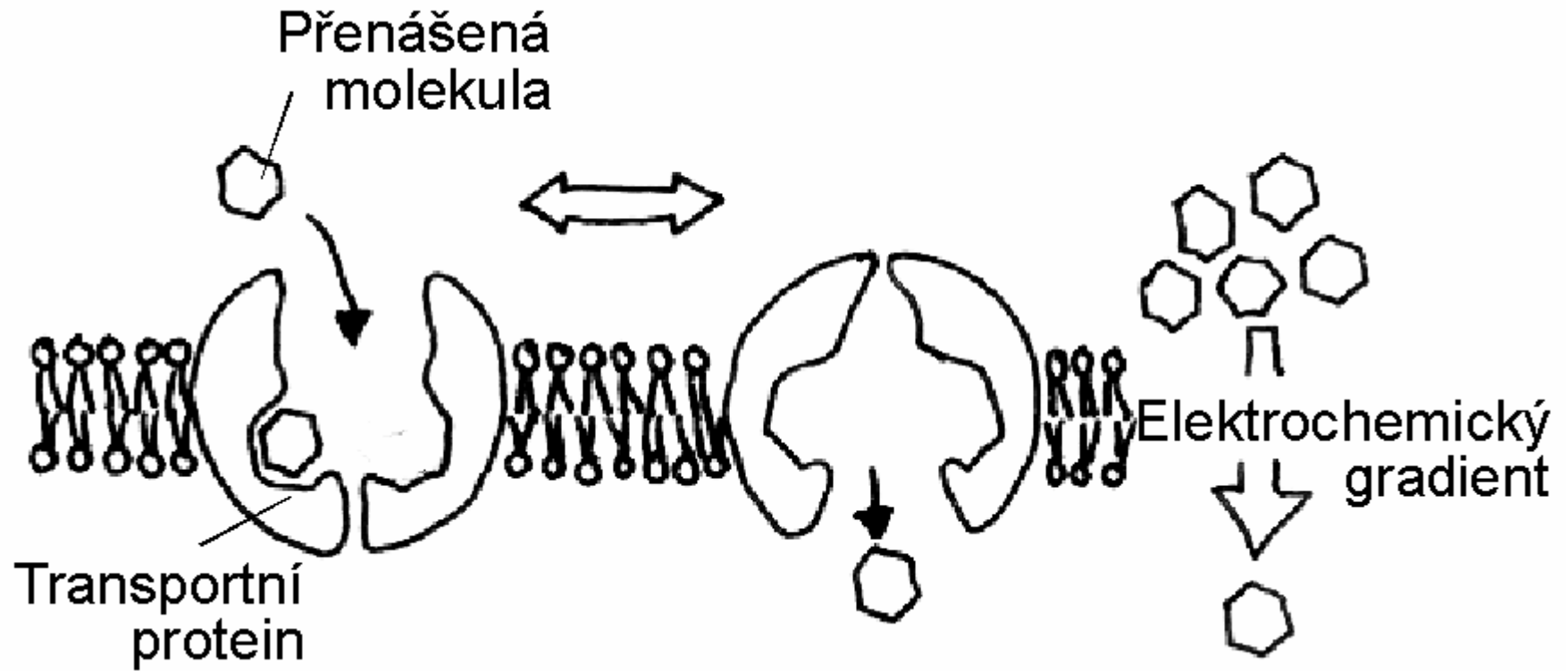
Typy transportu



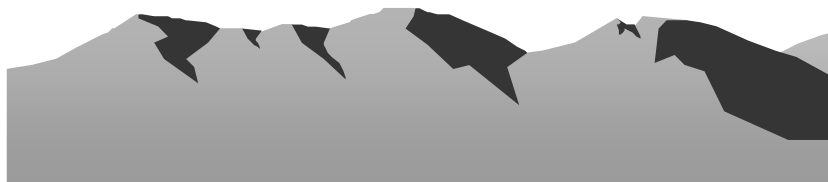
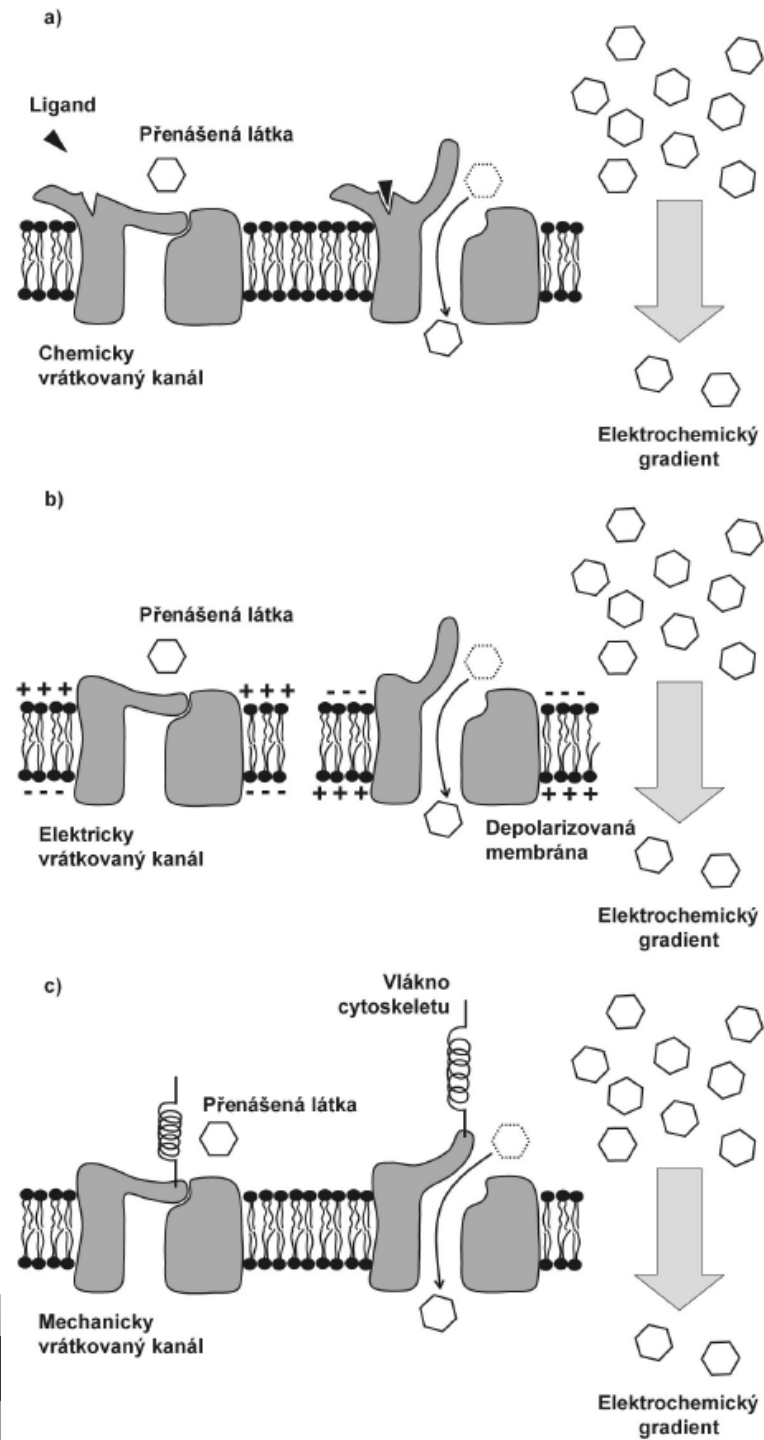
<http://highered.mcgraw-hill.com/sites/dl/free/0072437316/120060/ravenanimation.html>



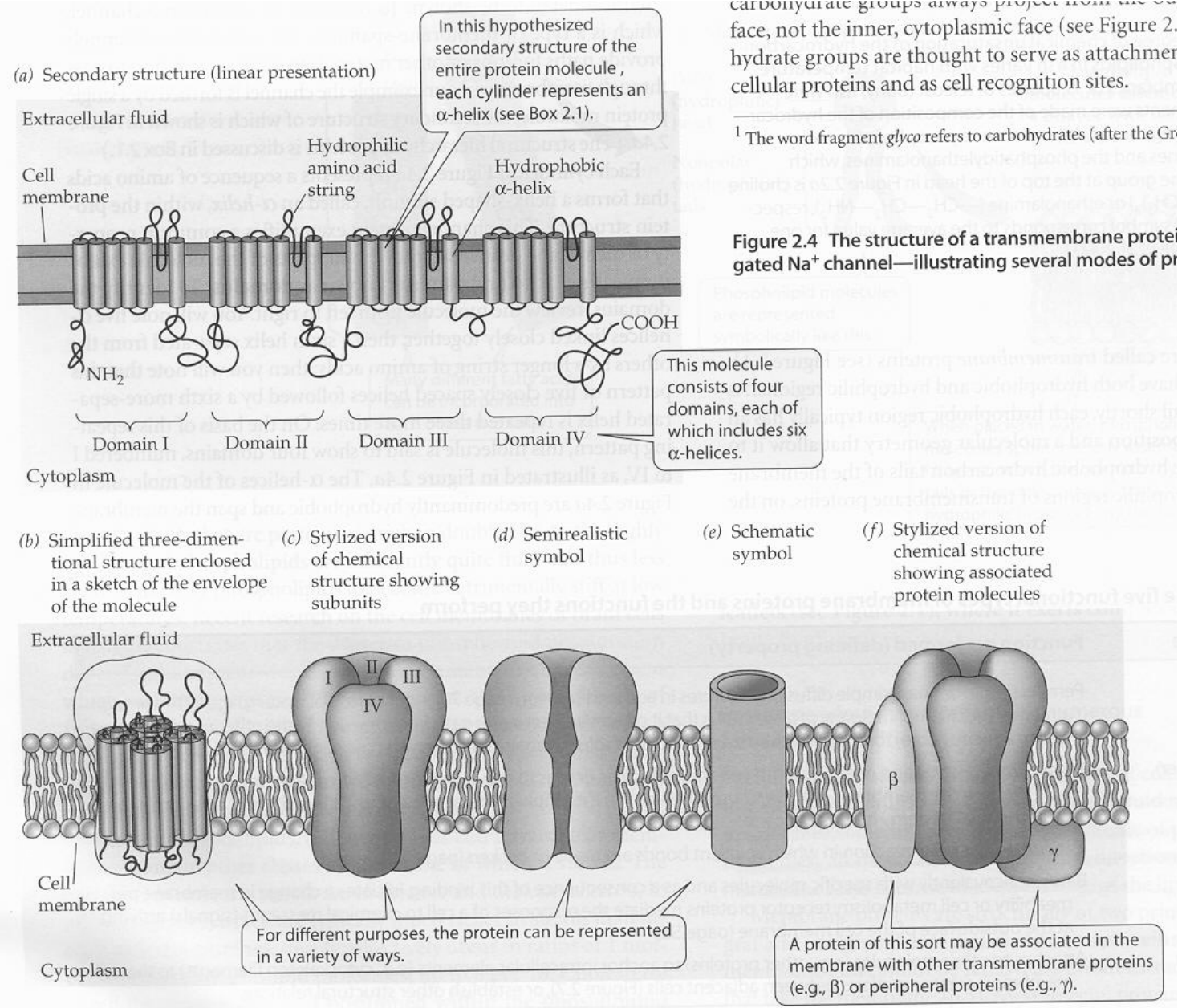
# Usnadněná difuze



Kanály mohou regulovat pasivní transport.  
Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty



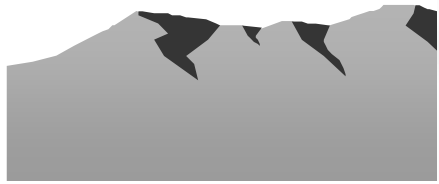
# Strukturu kanálů lze znázornit různě



carbohydrate groups always project from the surface, not the inner, cytoplasmic face (see Figure 2.2). Hydrate groups are thought to serve as attachment sites for cellular proteins and as cell recognition sites.

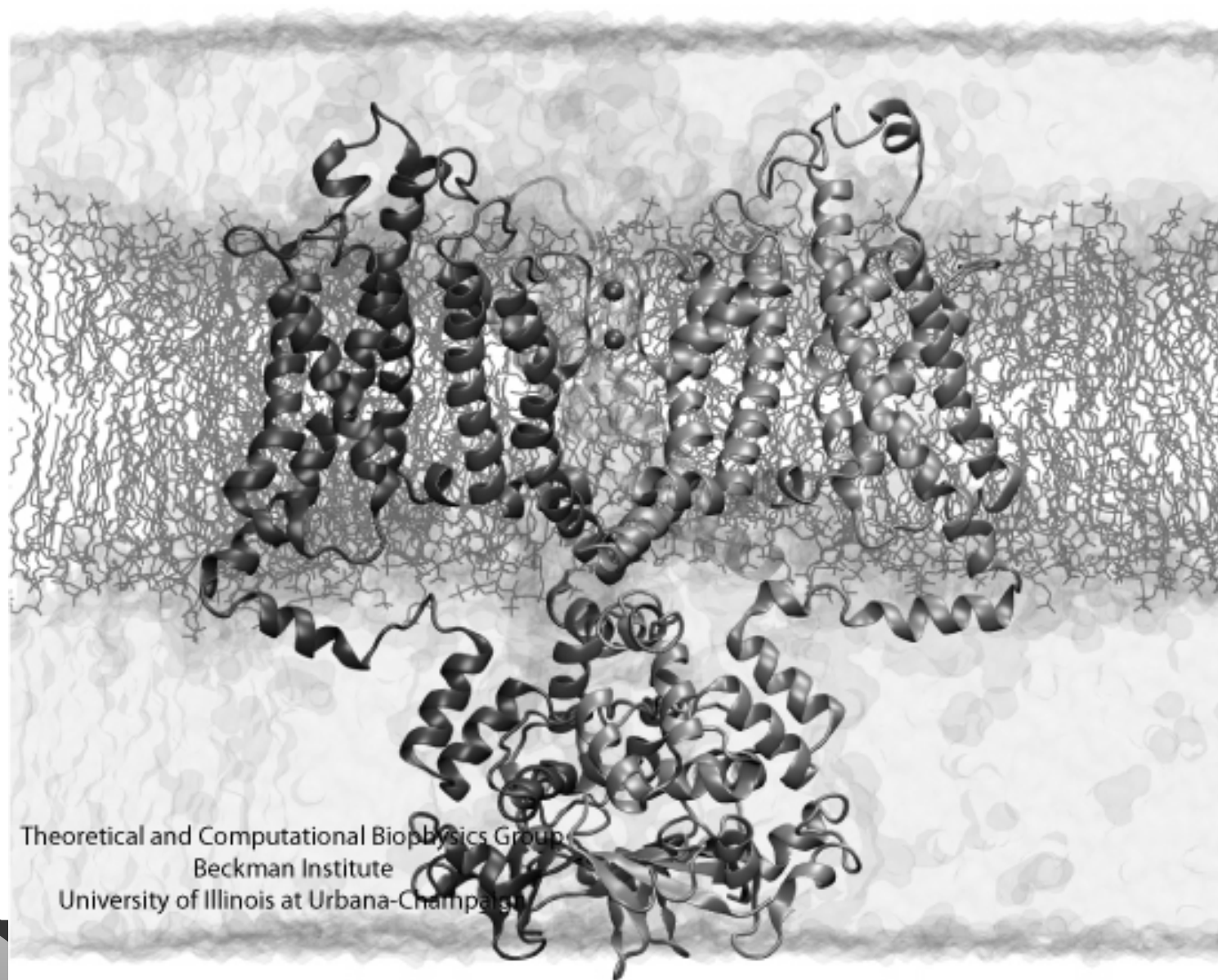
<sup>1</sup> The word fragment *glyco* refers to carbohydrates (after the Gr

Figure 2.4 The structure of a transmembrane protein-gated Na<sup>+</sup> channel—illustrating several modes of pr

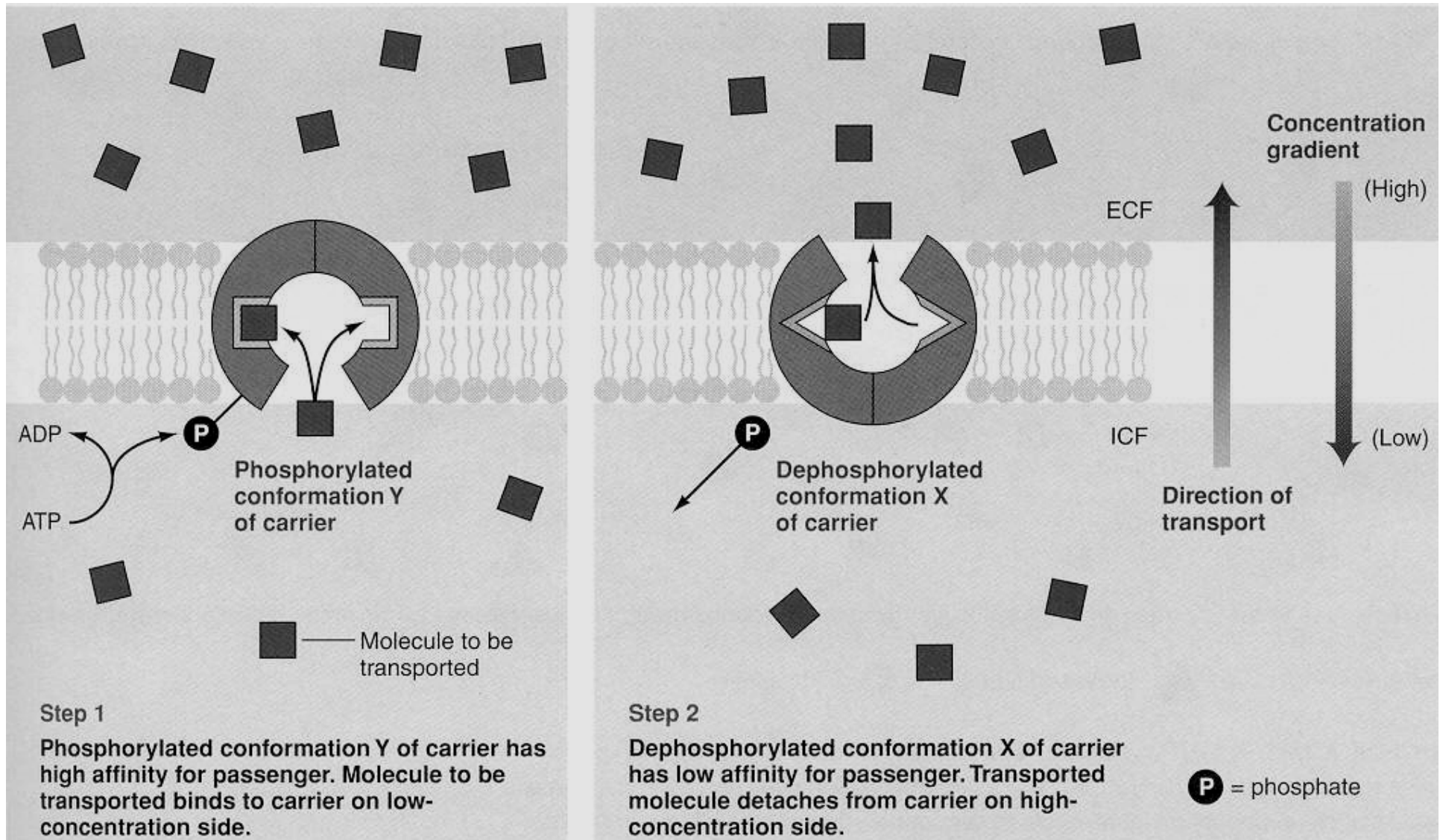




# Draslíkový kanál



# Aktivní transport – poháněno E nesenou ATP

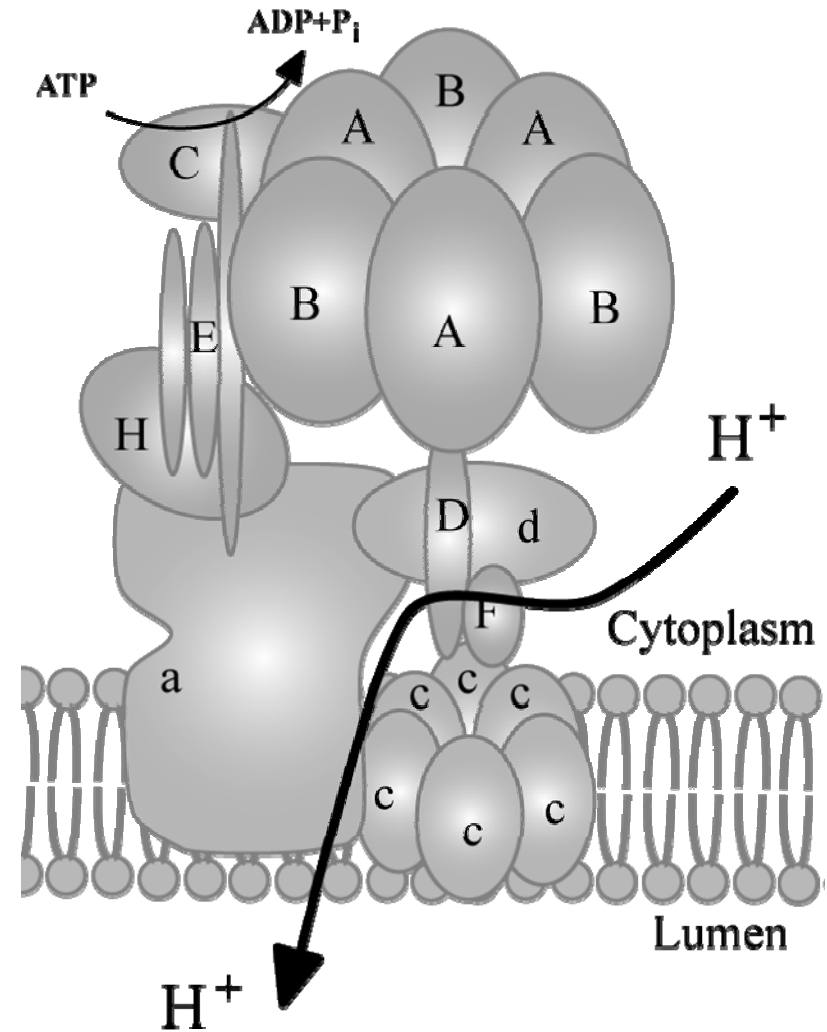


animation

# Aktivní transport

Například ATP- H<sup>+</sup> pumpa – (protonová)

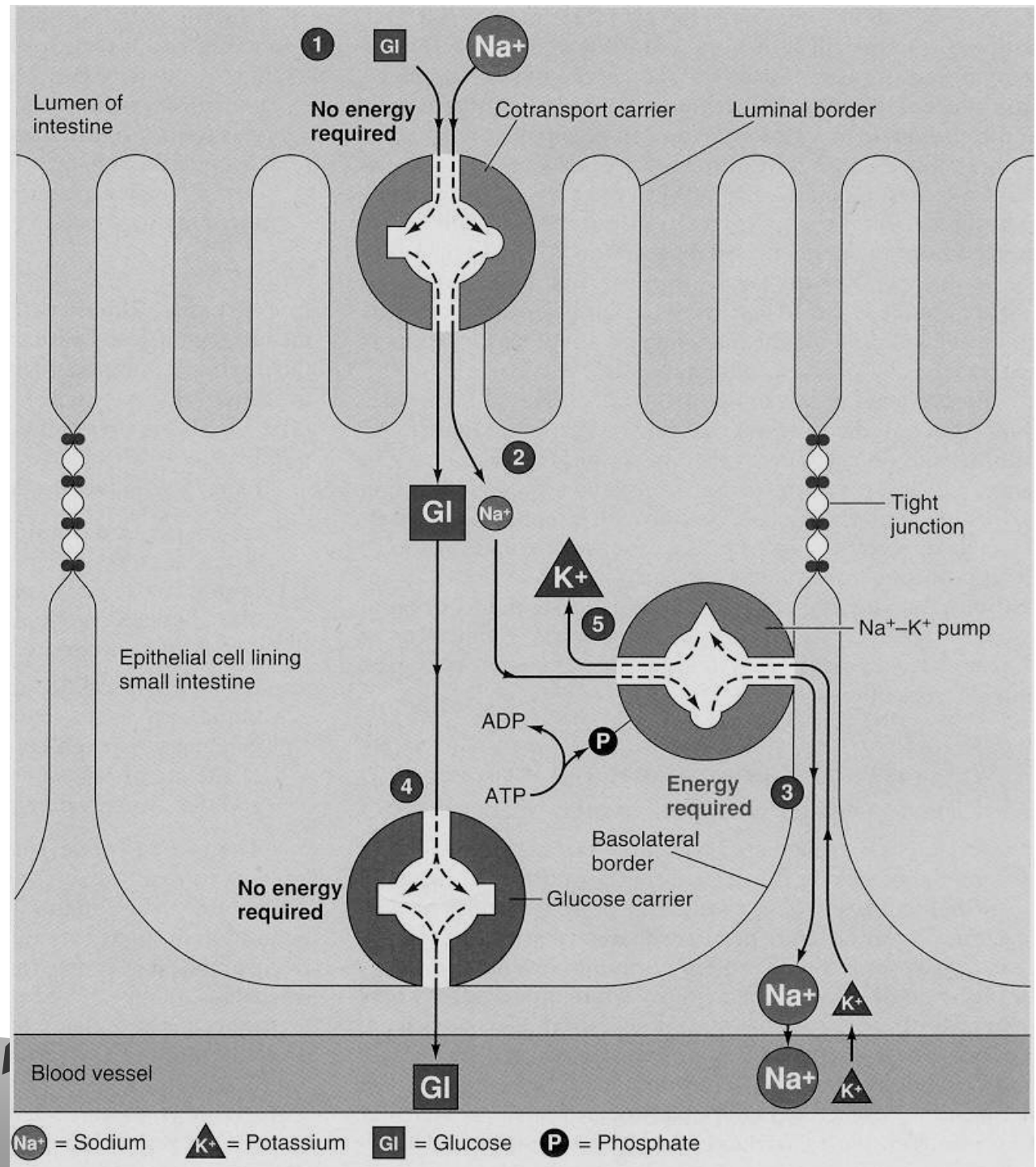
Žaludek, lyzozóm, ledvinný tubulus



# Sekundární aktivní Transport –

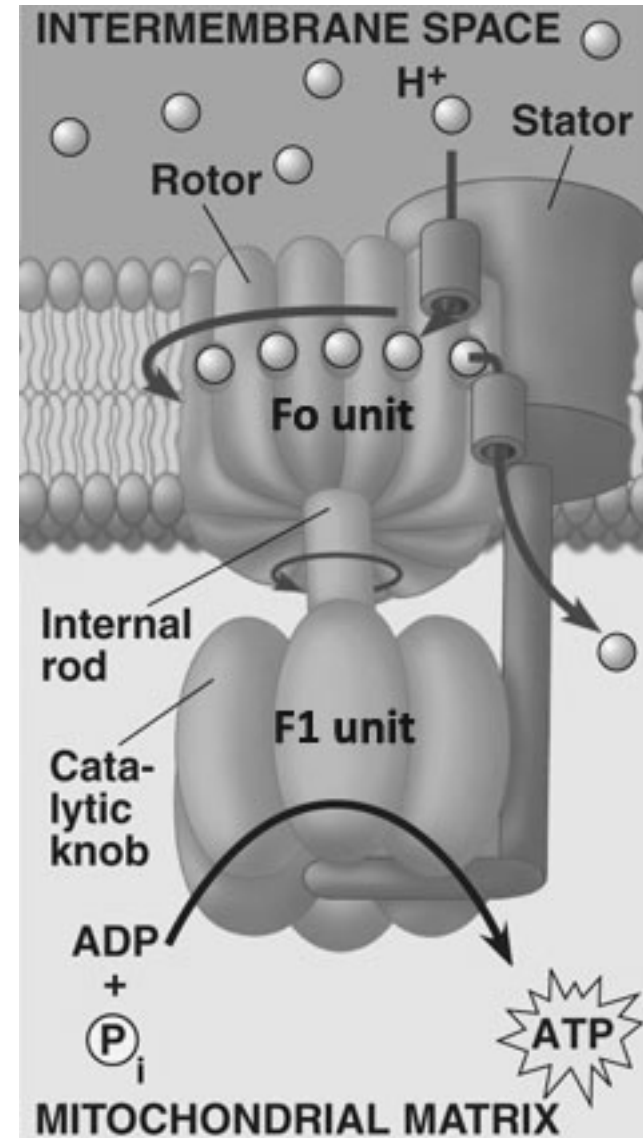
Můžeš projít, ale  
vezmi náklad

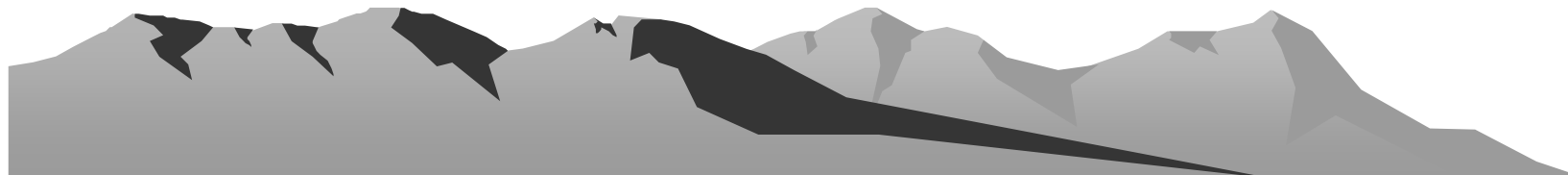
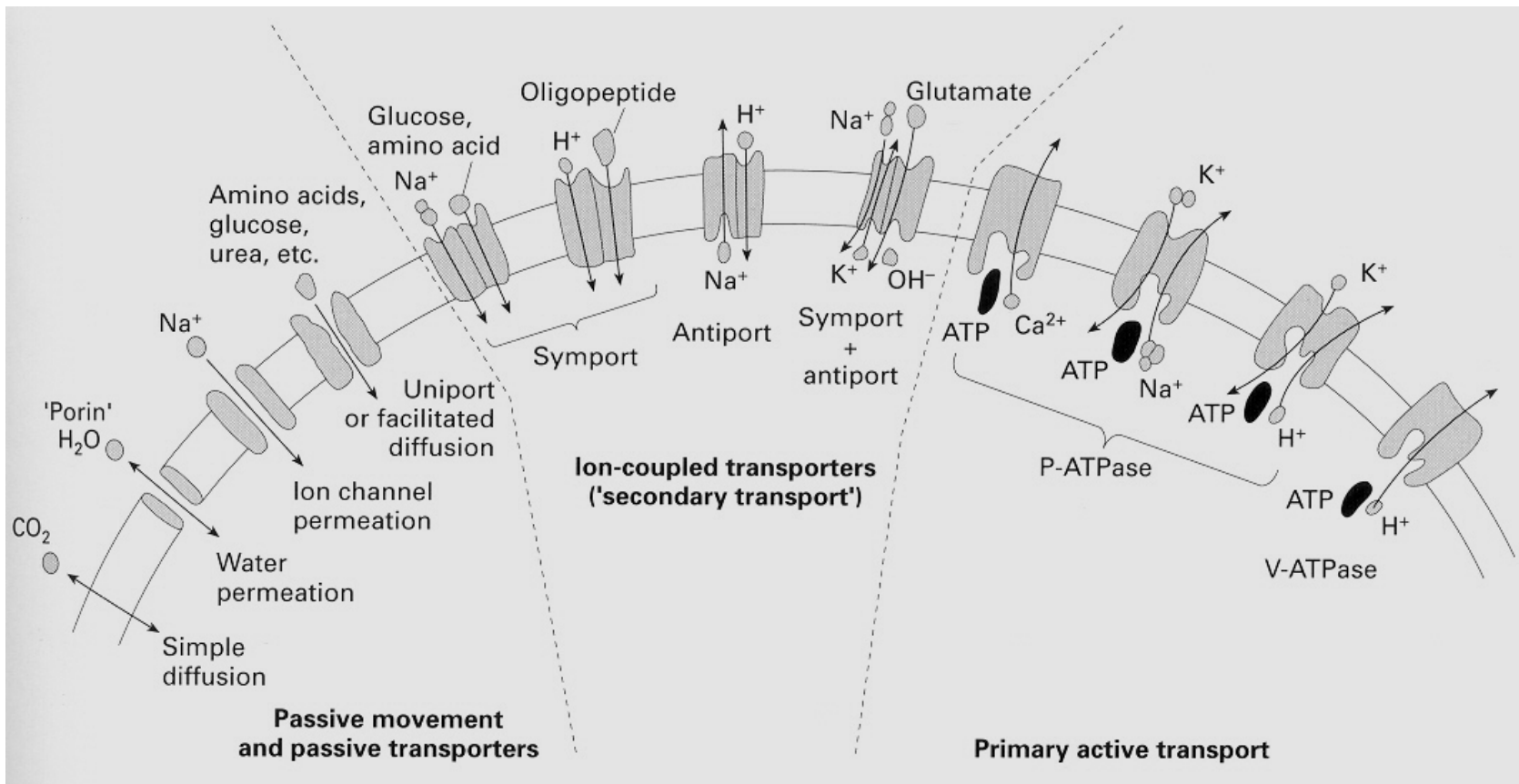
<http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120068/bio04.swf>



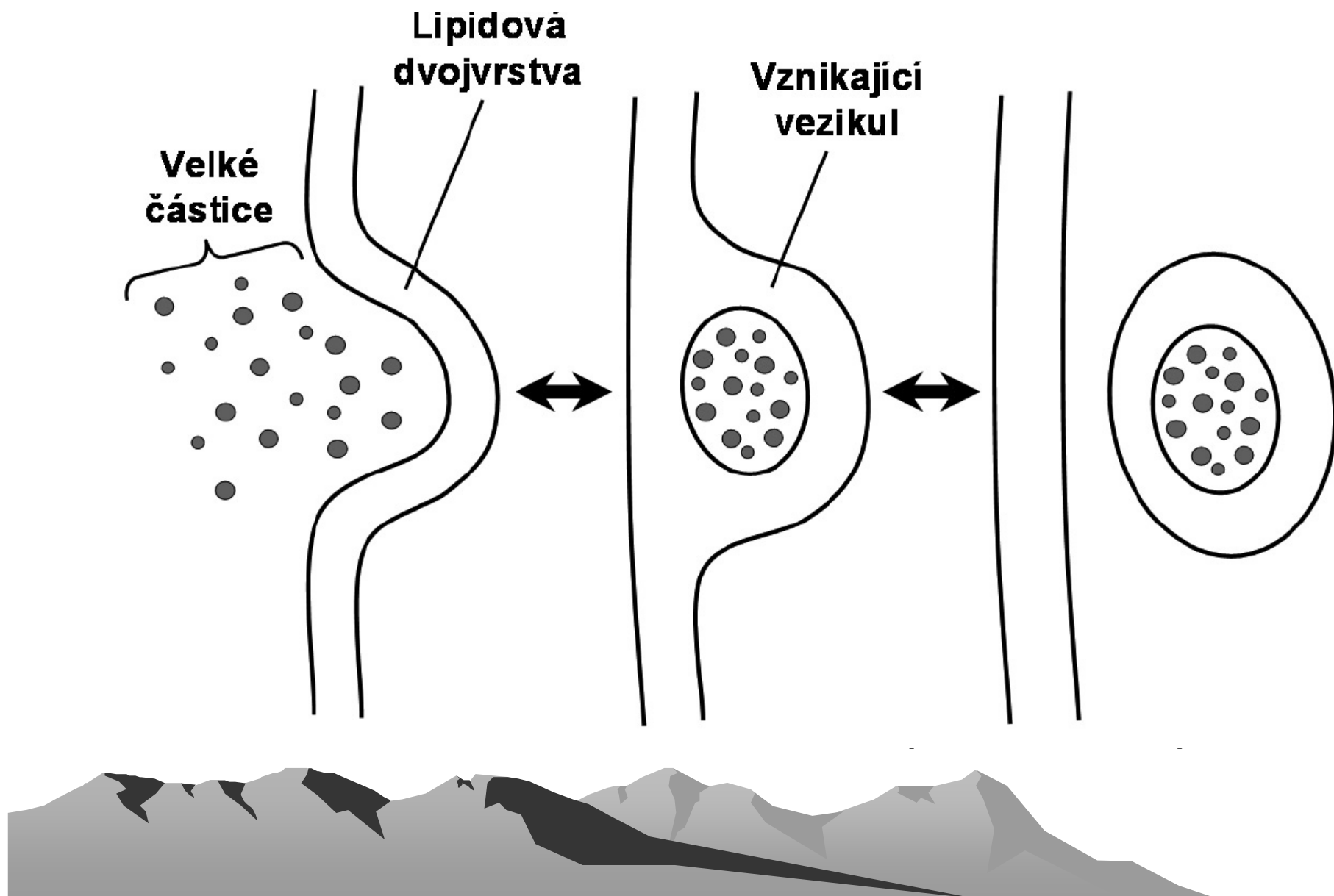
ATP syntetáza na vnitřní membráně mitochondrie se točí obráceně –

Můžeš projít, ale vyrob ATP

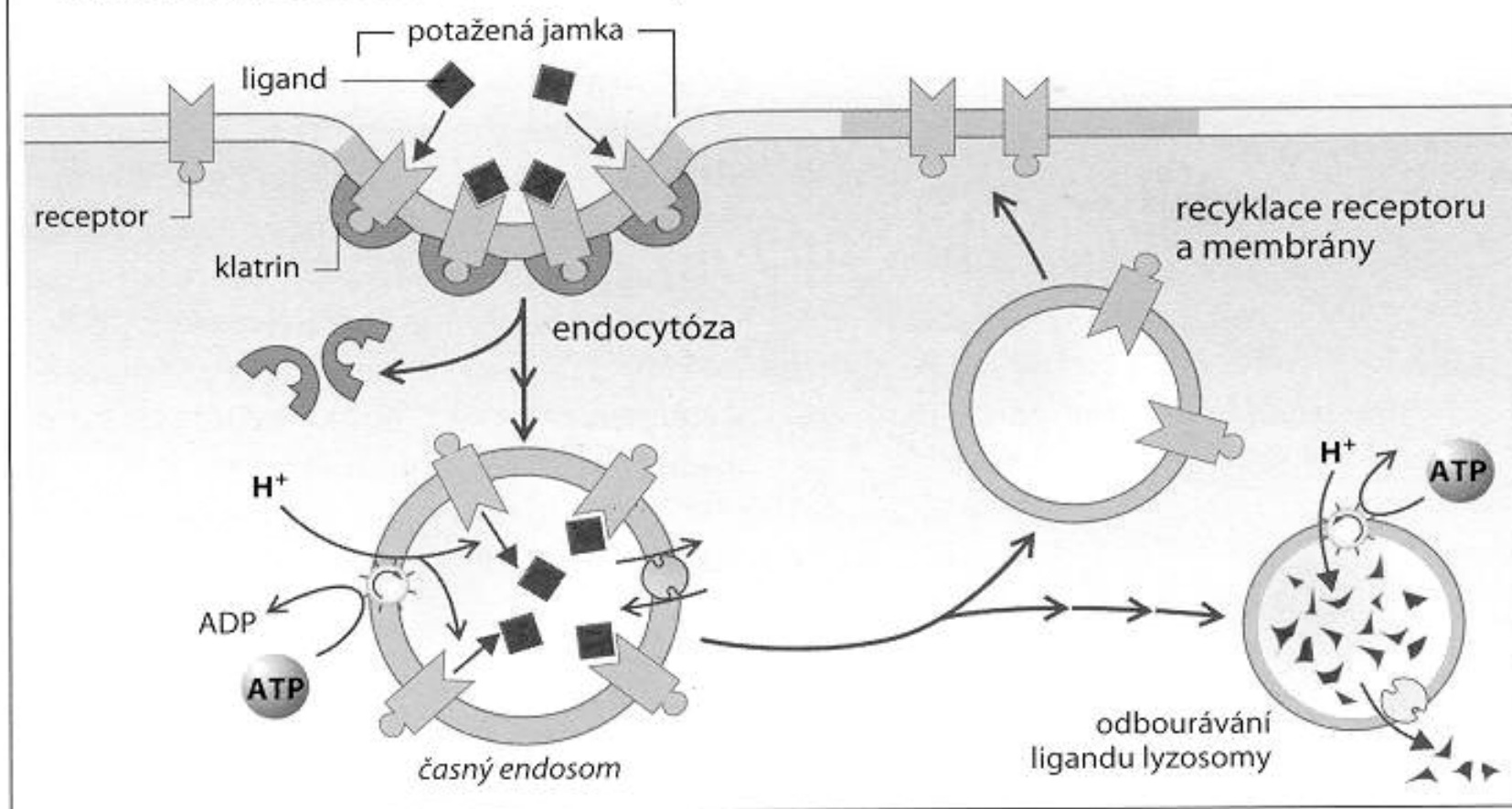




# Cytóza – aktivní transport velkých množství

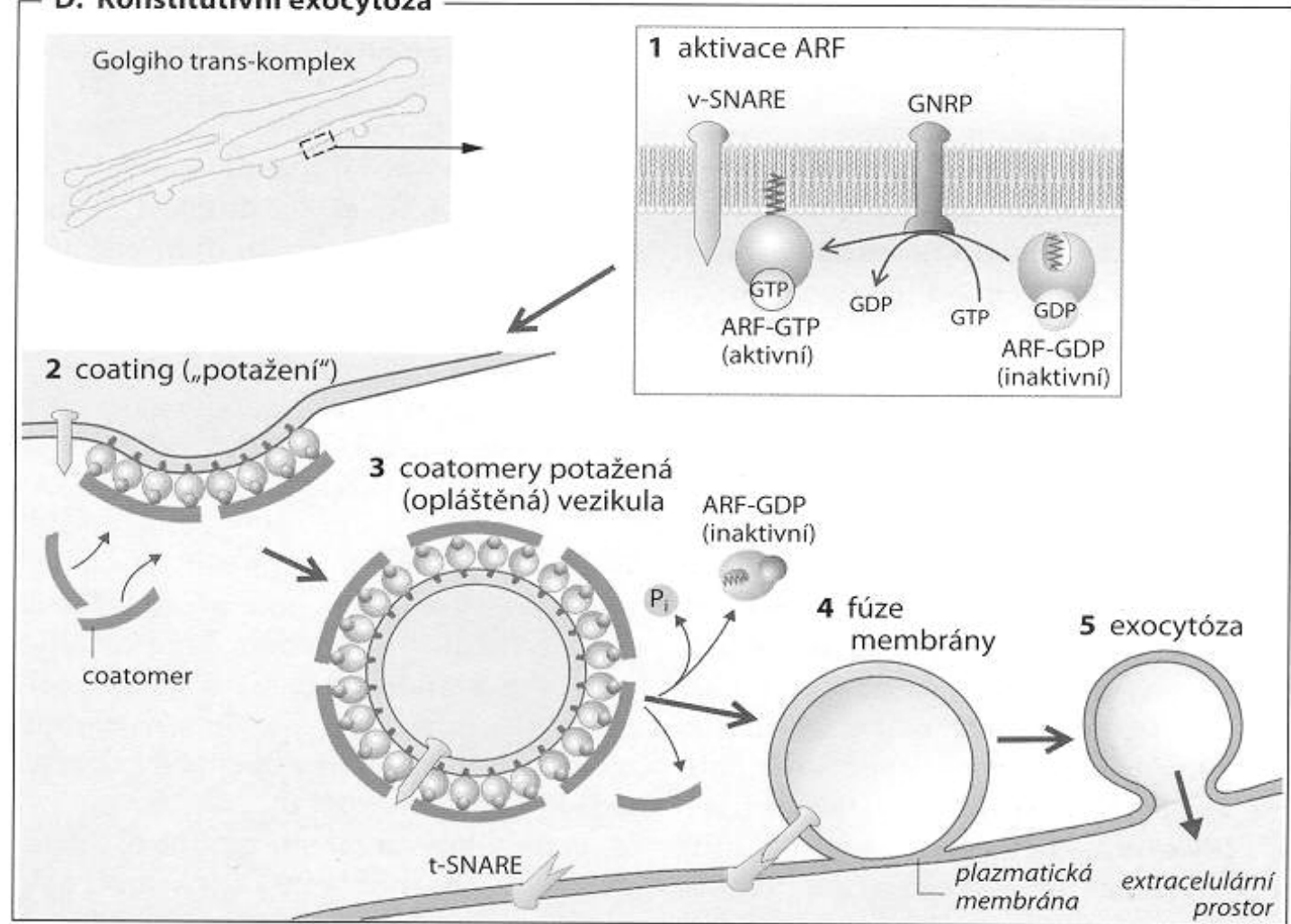


### C. Receptory zprostředkovaná endocytóza





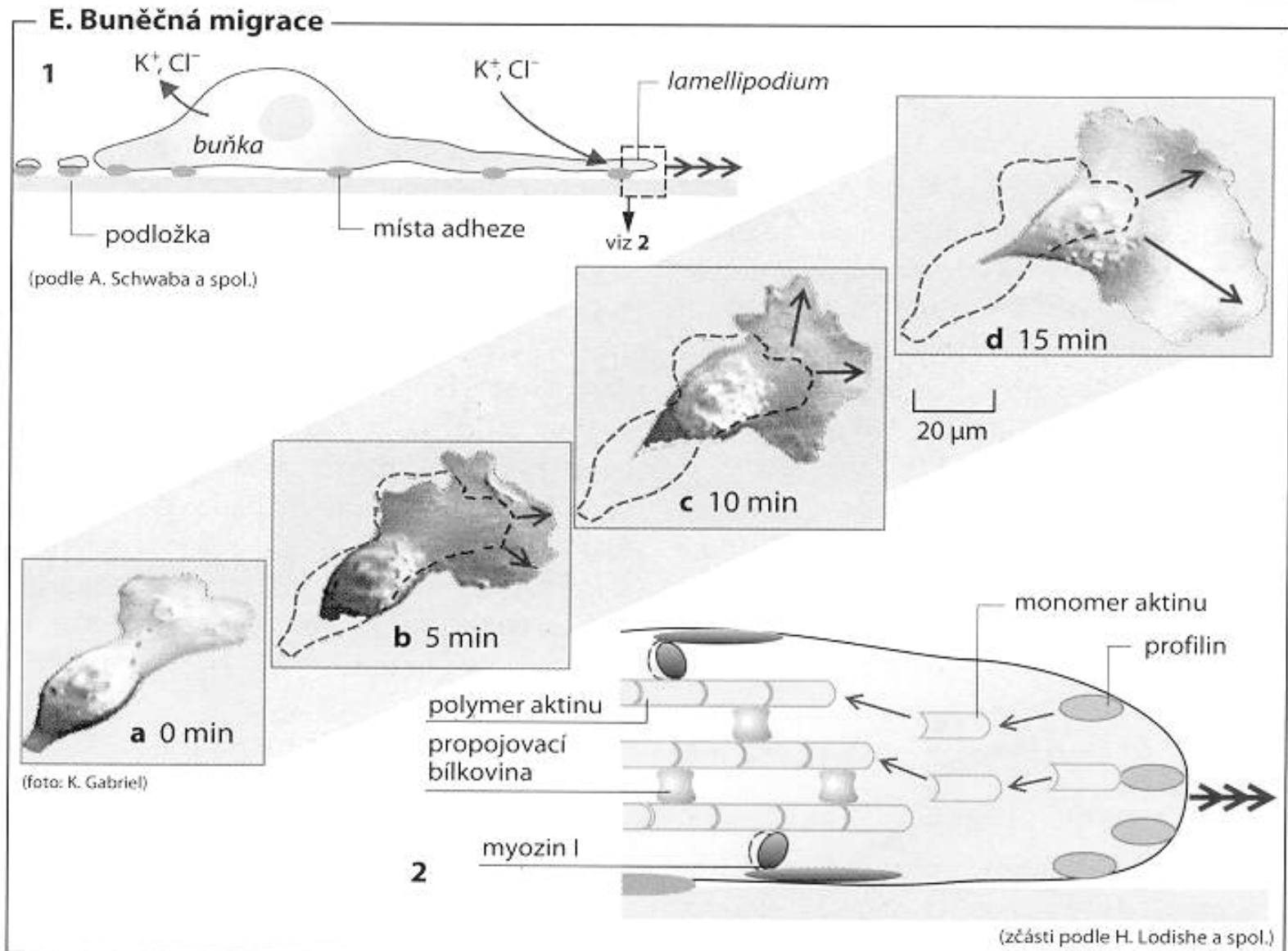
### D. Konstitutivní exocytóza



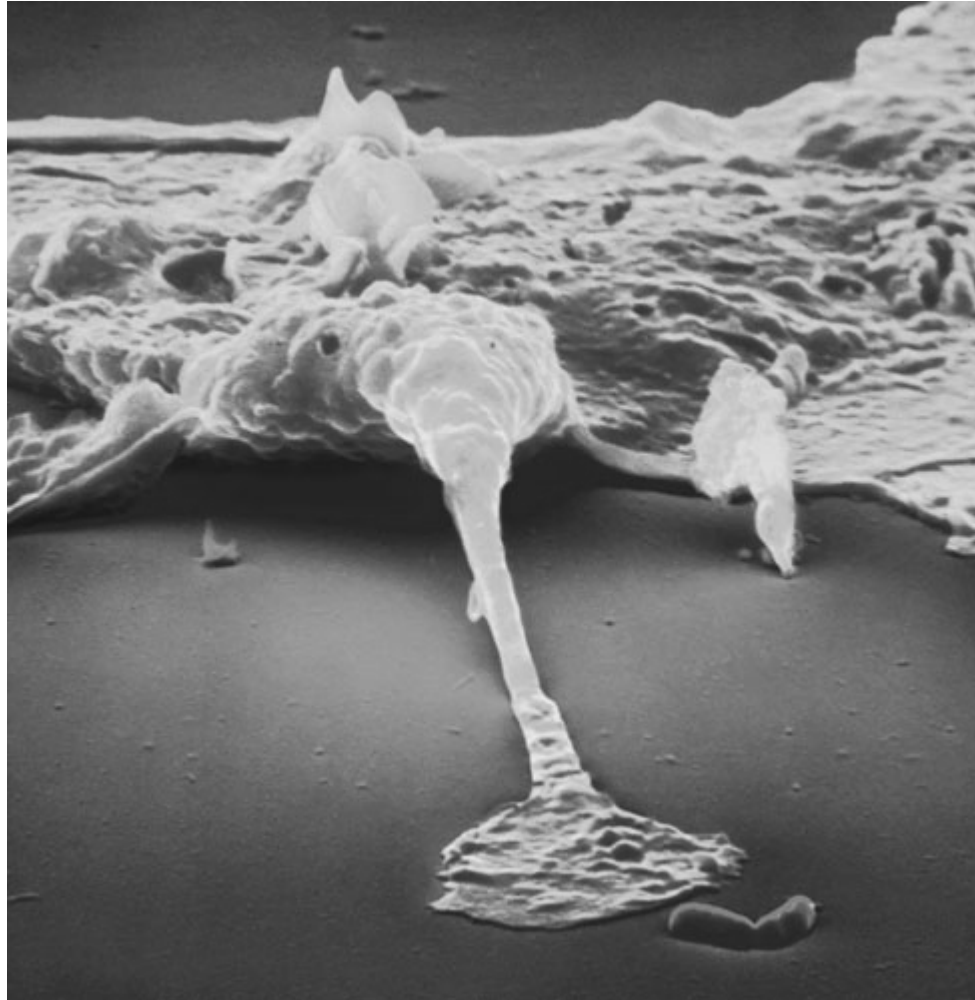
t-SNARE: docking marker akceptor  
 v-SNARE: docking marker  
 Coatomer: drží zakřivenou stěnu vezikulu



# Améboidní pohyb a úloha cytoskeletu



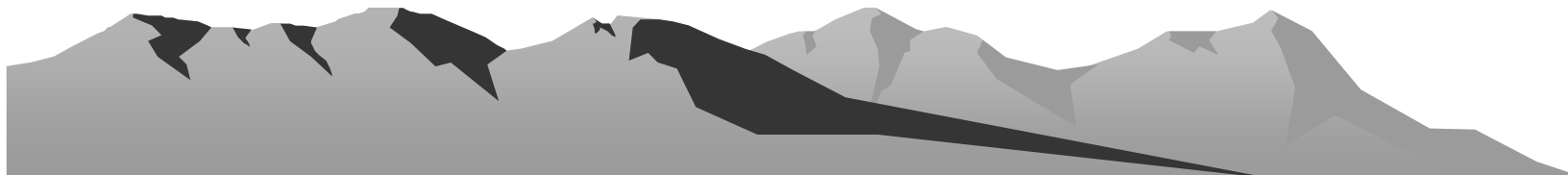
Makrofág a  
bakterie



# Použité bílkoviny musí být degradovány Proteazómy

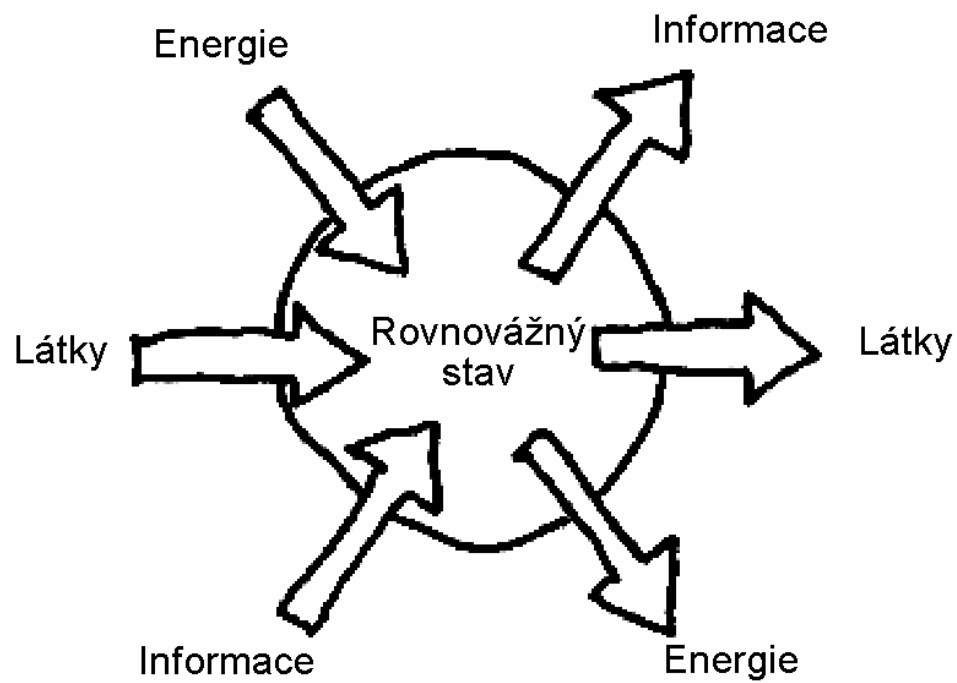
Úklid vlastních signálů –  
transkripčních faktorů a enzymů  
Příprava volných AK

Lysozomy likvidují látky a částice  
z venku - animace

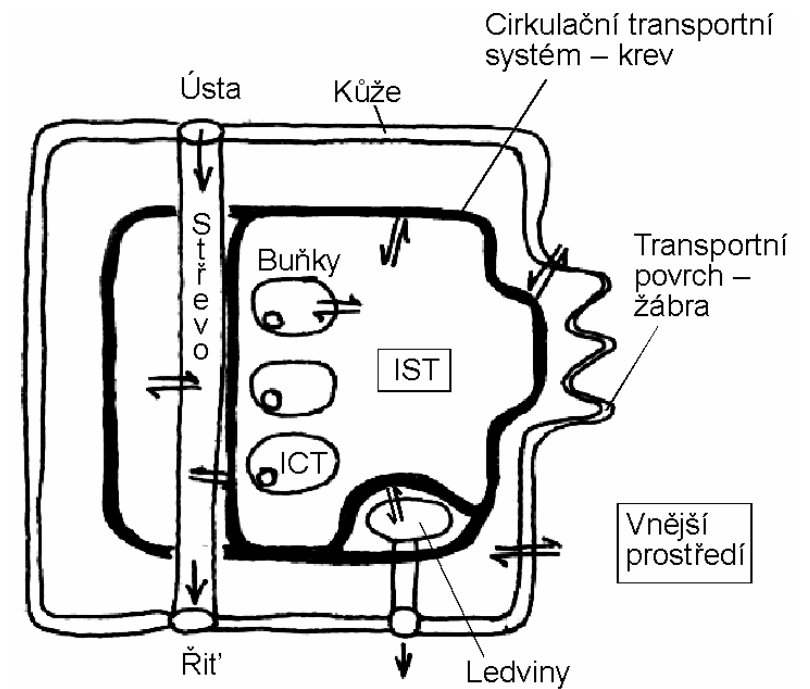


# Bariéry a brány

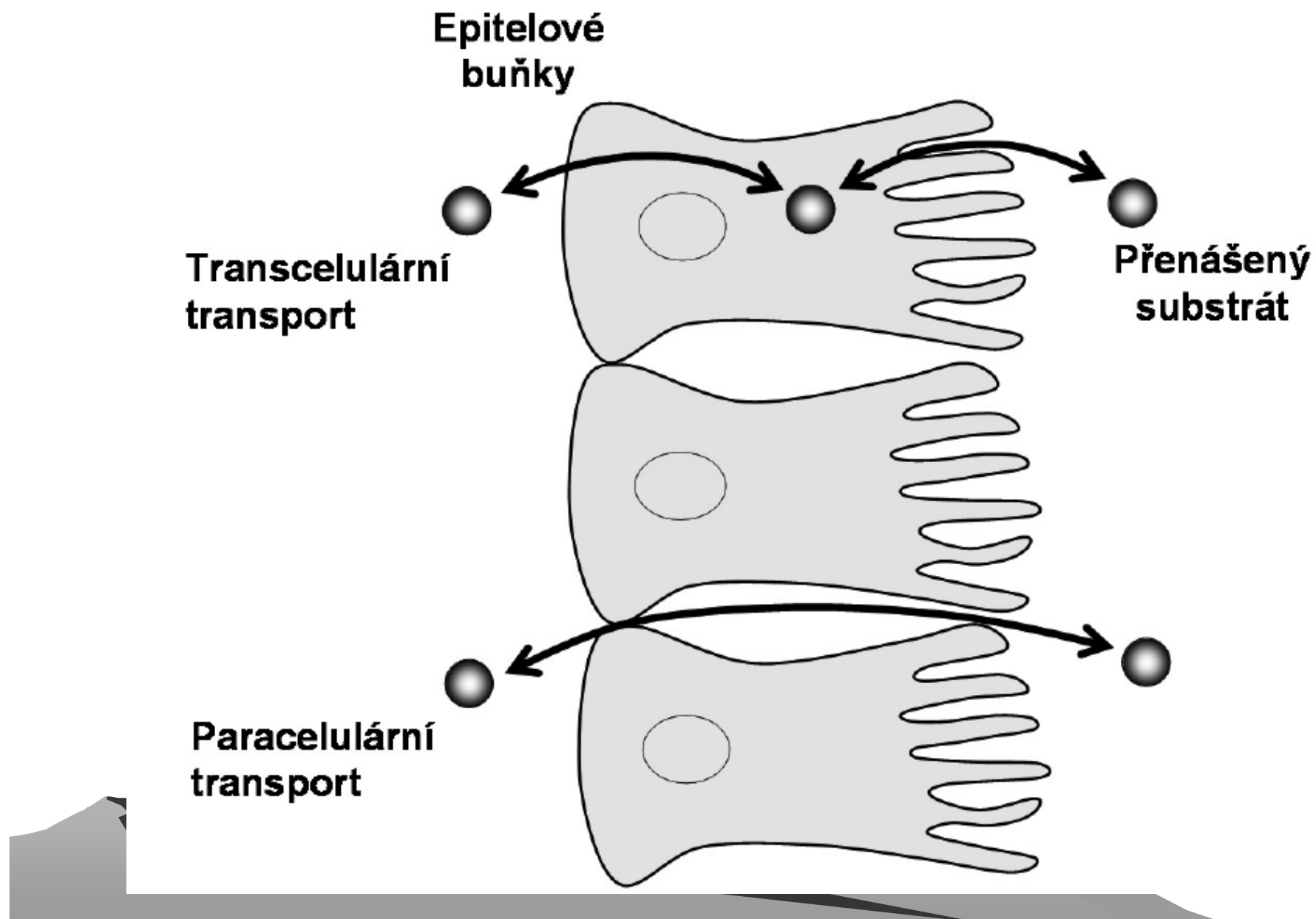
## Jednobuněčný



## Mnohobuněčný



## Paracelulární transport – určuje „děravost“ epitelu



# Spolupráce – buněčná spojení

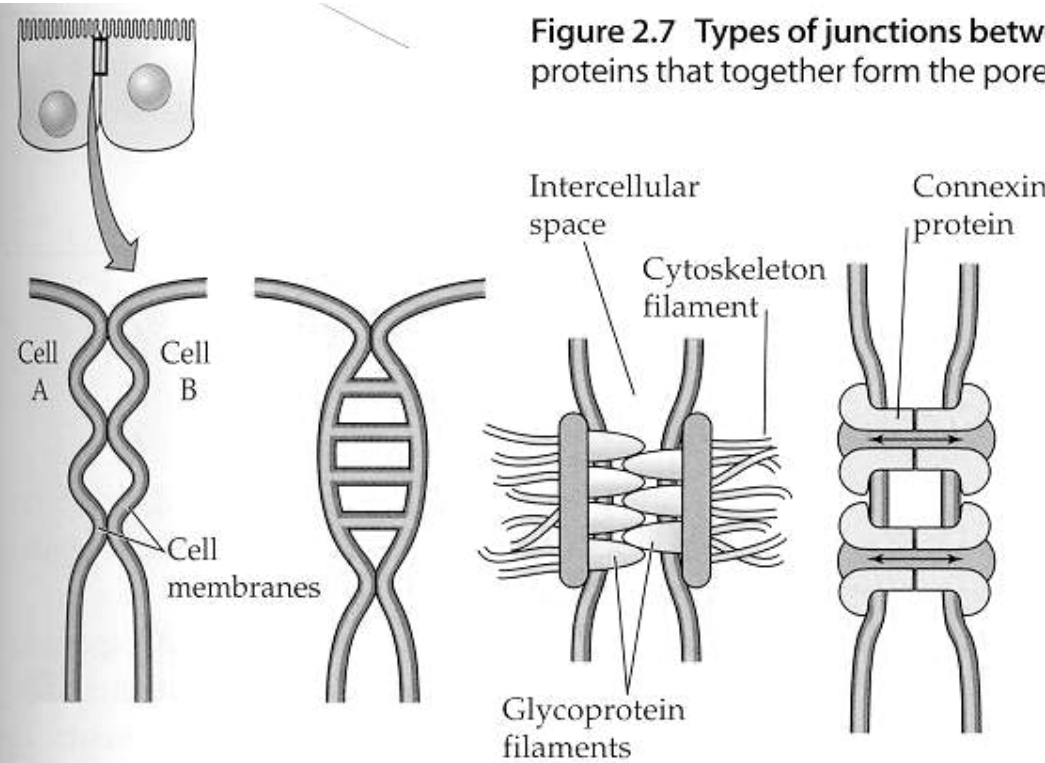


Figure 2.7 Types of junctions betw proteins that together form the pore

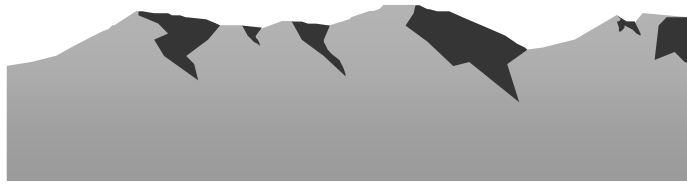
Tight junction    Septate junction    Desmosome ("spot weld")    Gap junction (communicating junction)

Occluding junctions

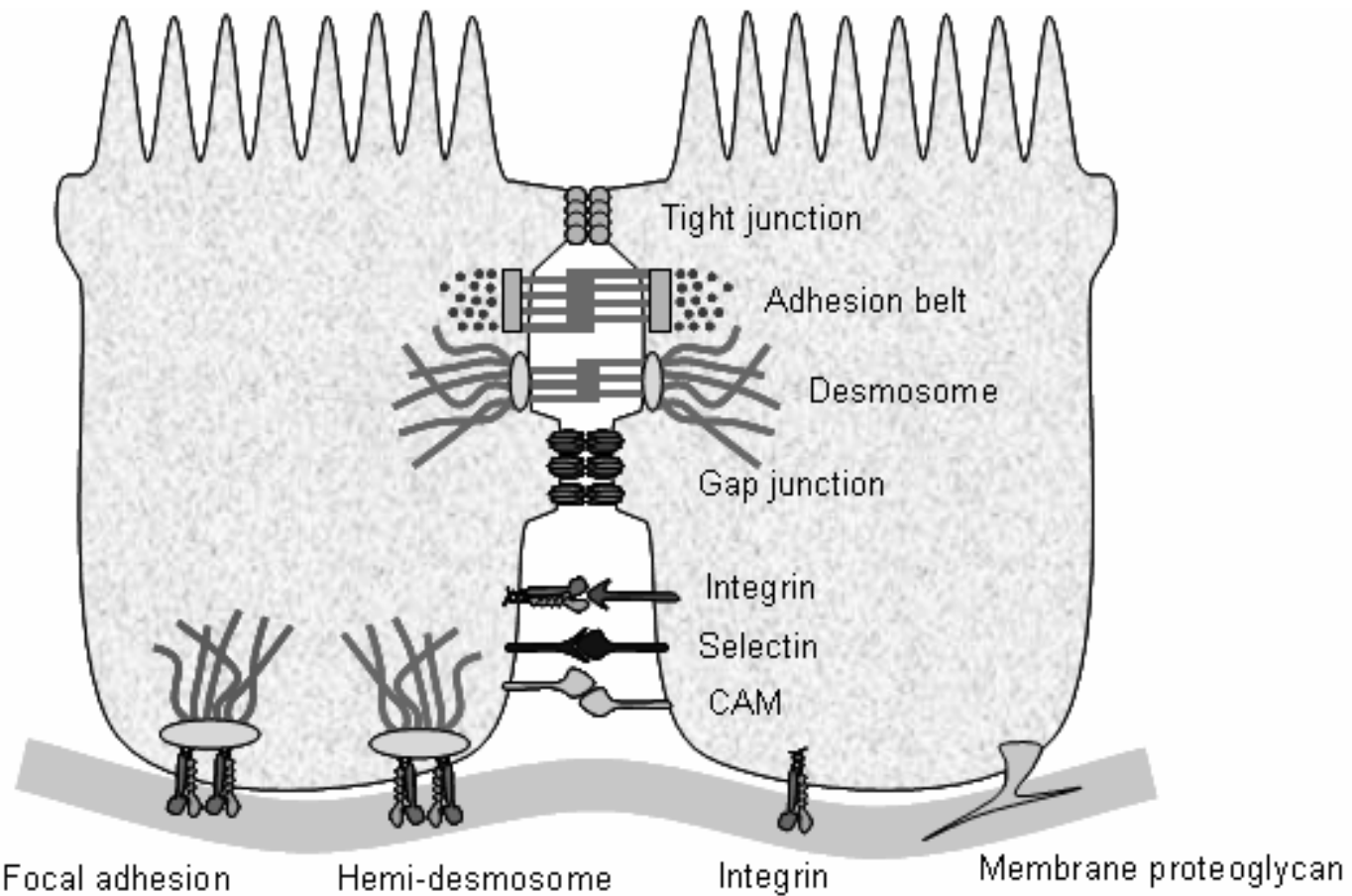
**Tight junctions** and **septate junctions** occlude the intercellular space between two cells because not only do the cell membranes meet or fuse at such junctions, but also the junctions form continuous bands around cells. In tight junctions, the cell membranes of the two cells make contact at ridges.

A **desmosome** is a localized spot where the contact between cells is strengthened.

A **gap junction** is a localized spot where the cytoplasms of two cells communicate through tiny pores, as symbolized by the double-headed arrows.

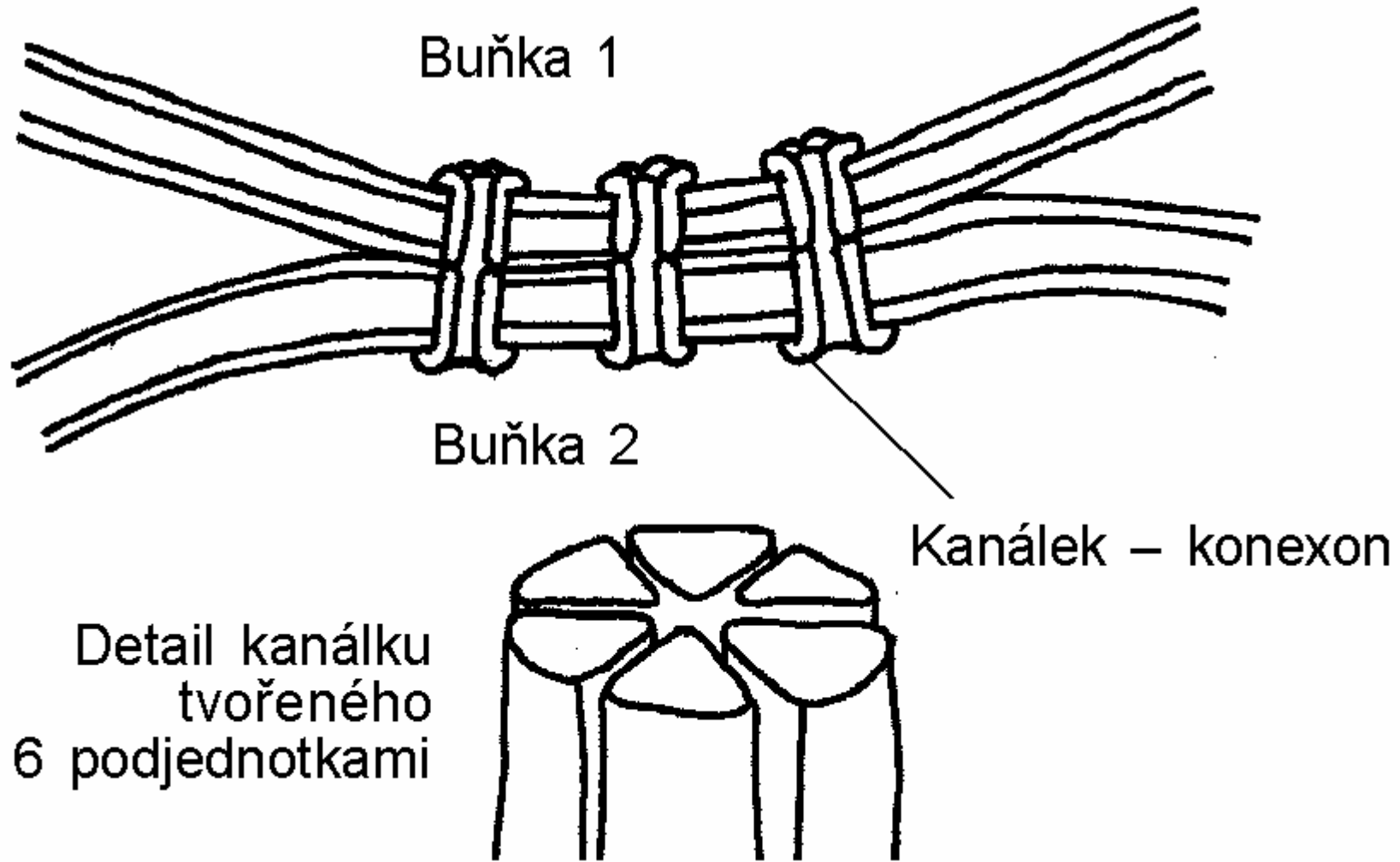


# Spolupráce ve tkáních – buněčná spojení

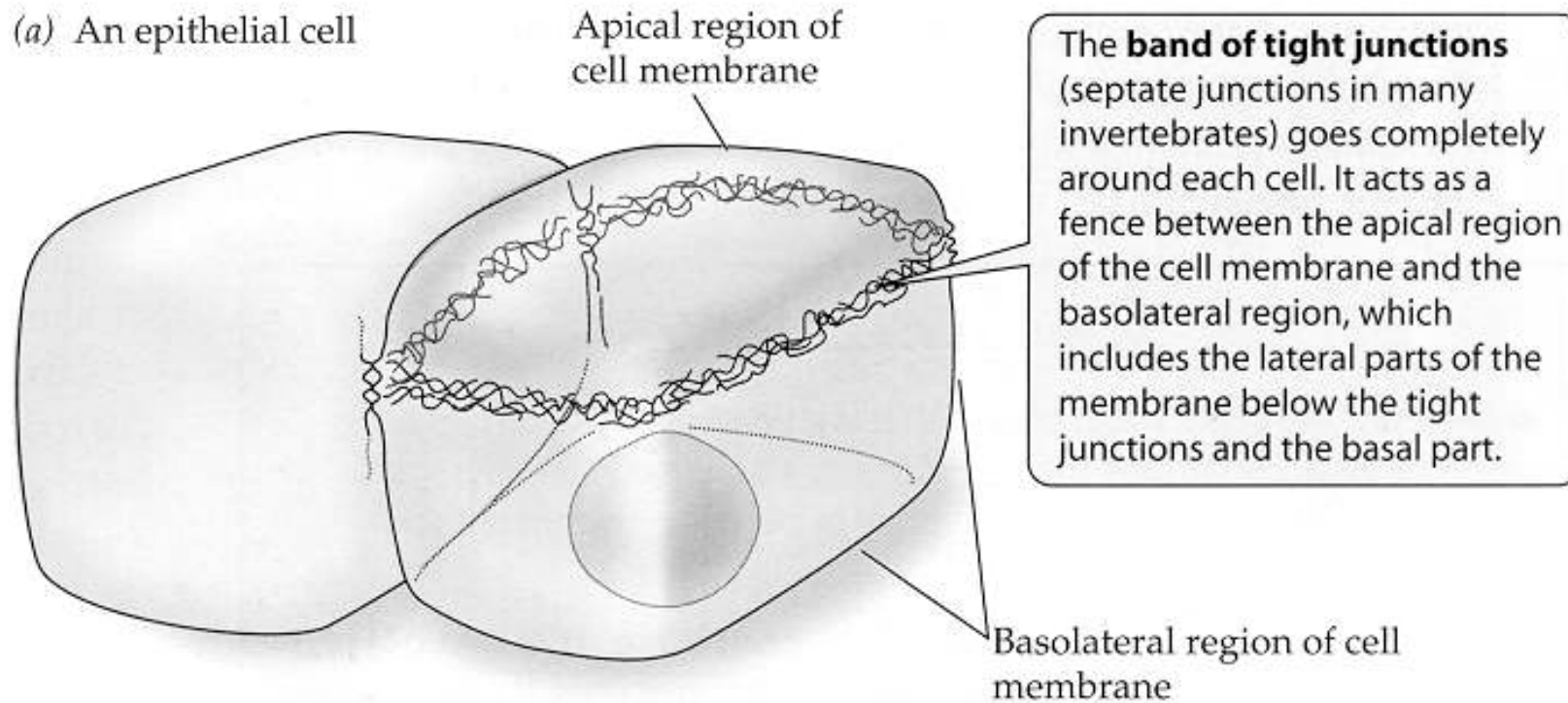




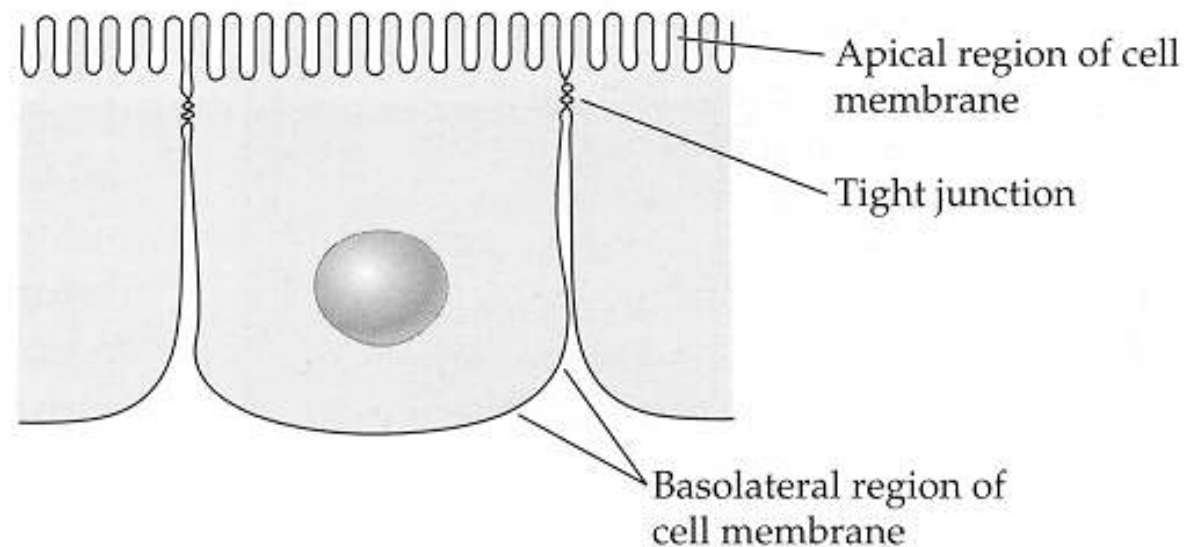
# Konexon a „gap junction“



(a) An epithelial cell

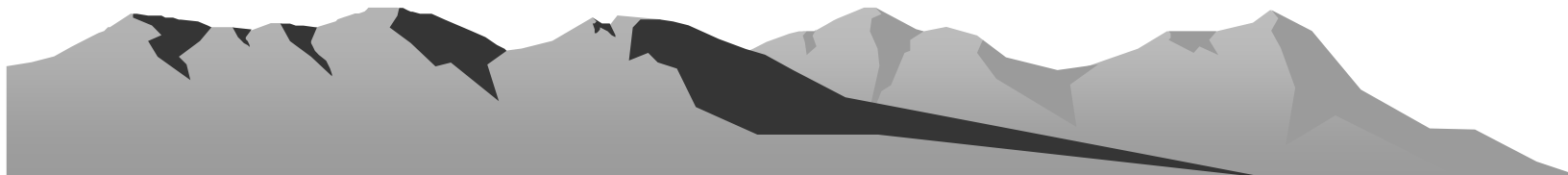
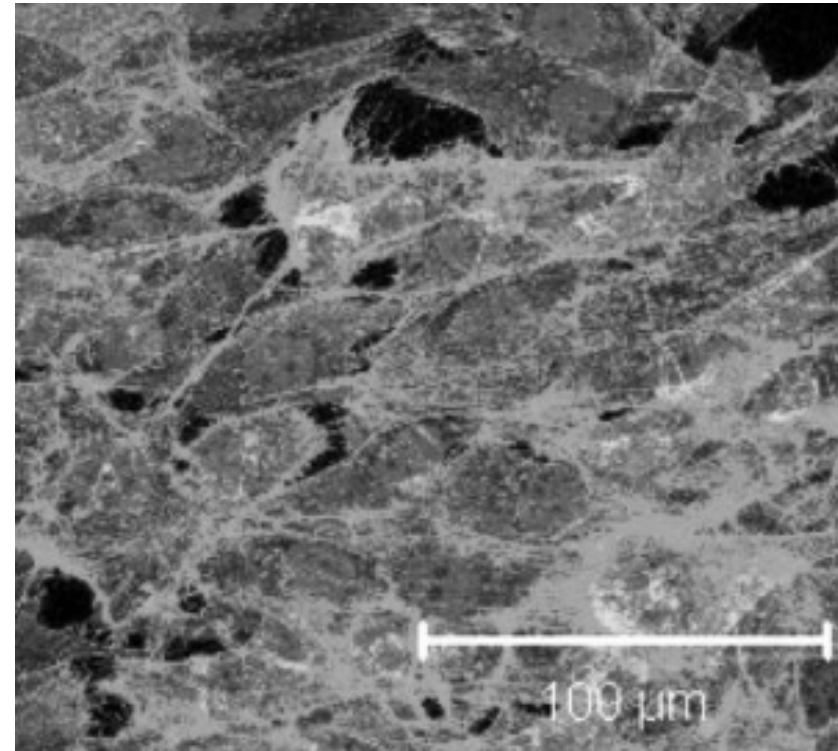
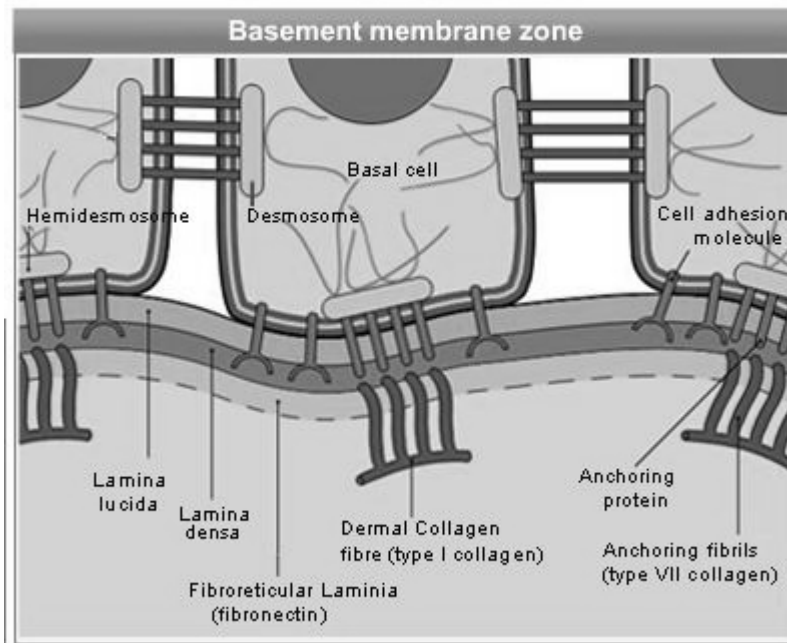


(b) Schematic representation of an epithelial cell

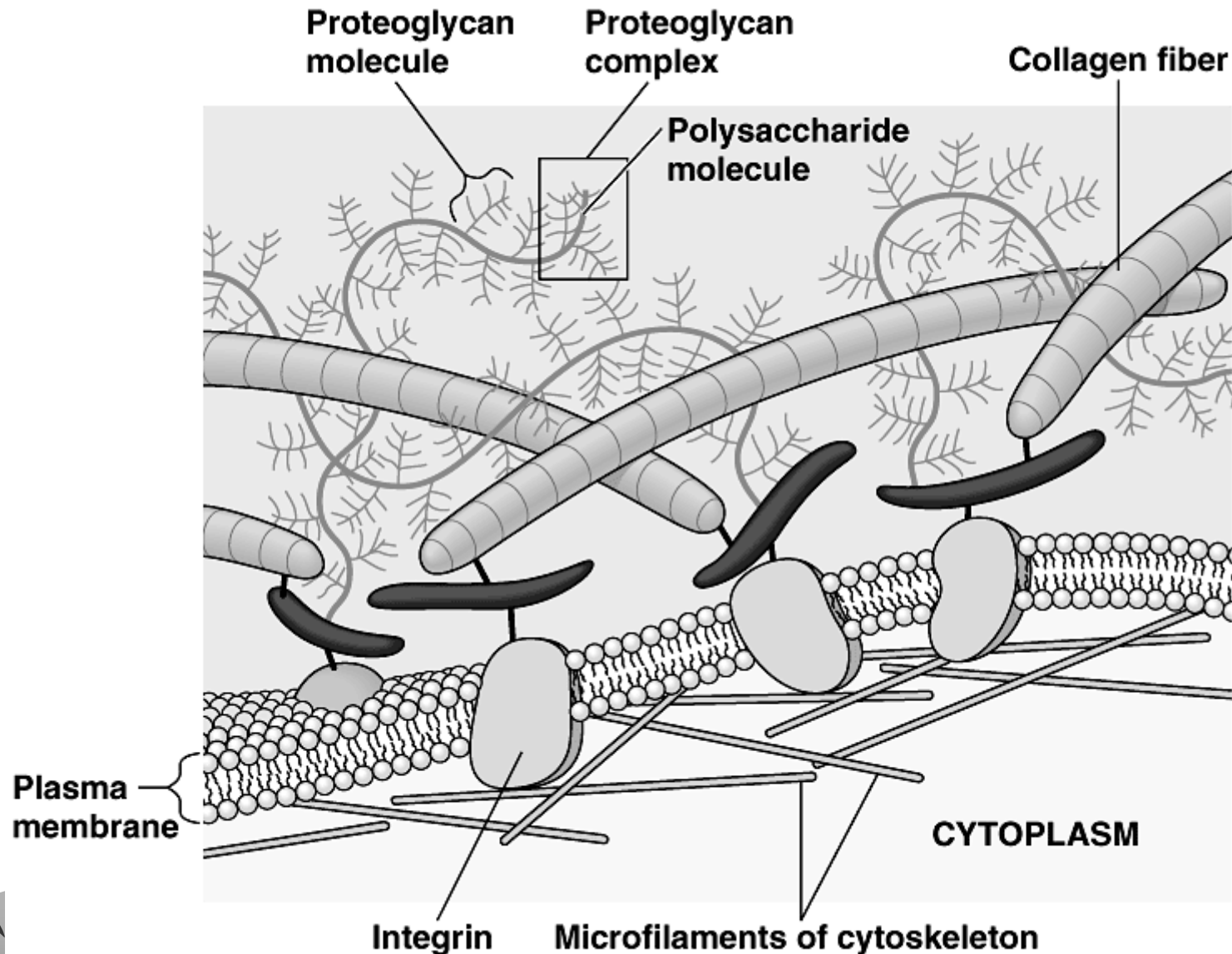


Extracelulární matrix tvoří:

- tmel mezi buňkami (hlavně kolagen)
- basální membránu epitelů



Extracelulární matrix – tmel mezi buňkami (hlavně kolagen)  
Integriny kotví v membráně



Membrána se selektivním aktivním transportem iontů elektricky nabíjí.

Nabitá membrána - Klidový potenciál

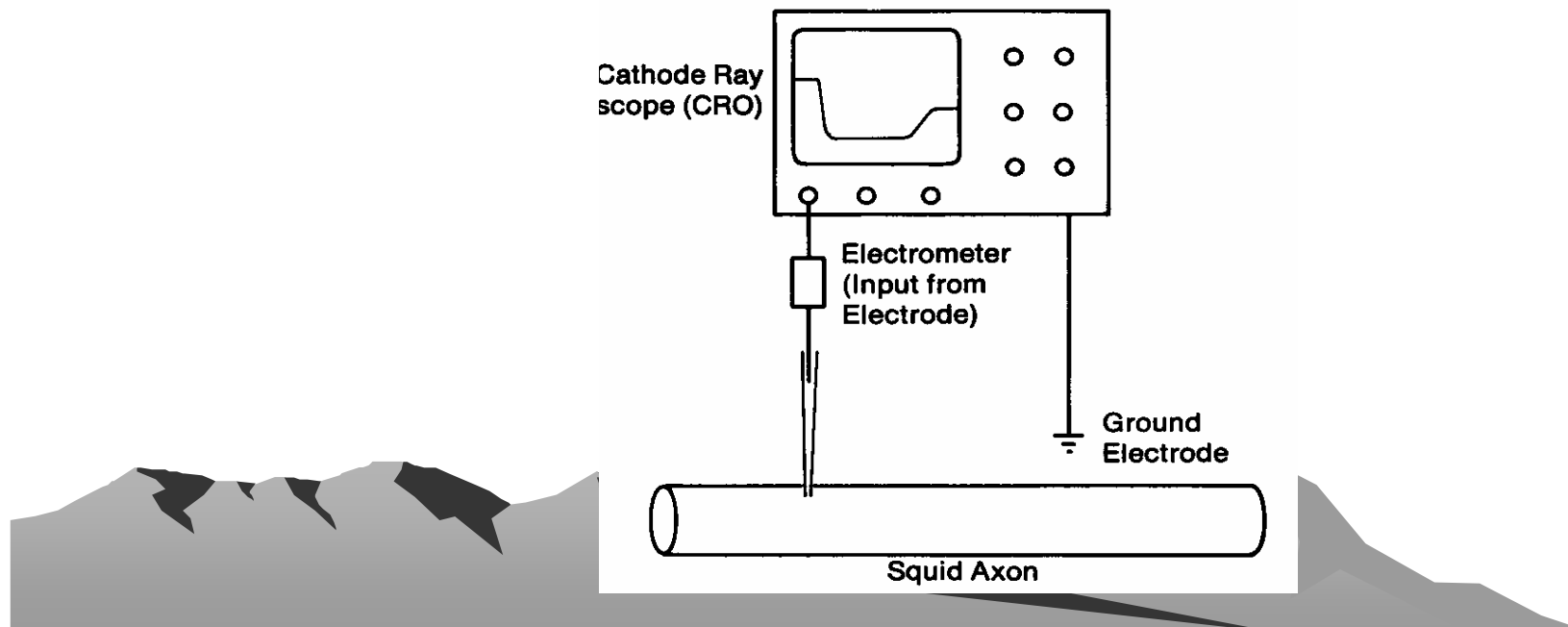


Membrána se selektivním aktivním transportem iontů elektricky nabíjí.

Nabitá membrána - Klidový potenciál

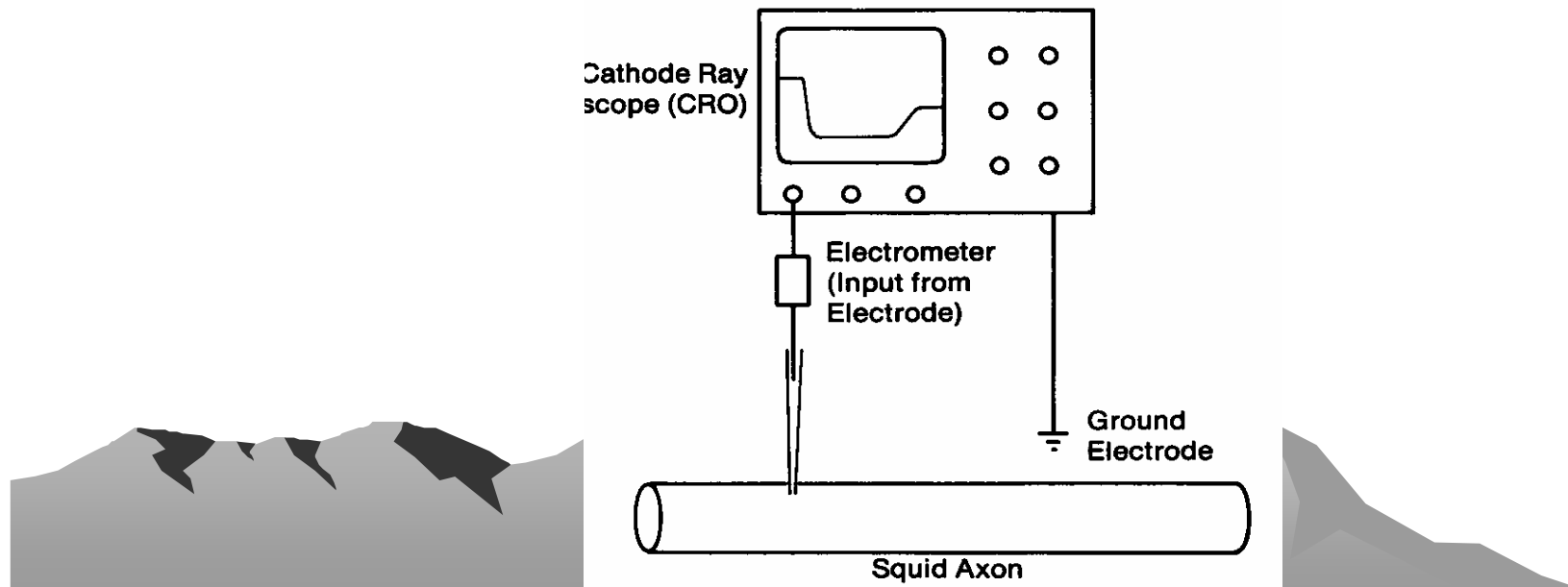
Využitelný pro:

- sekundární transport
- tvorbu a přenášení signálů



## Nabitá membrána - Klidový potenciál

Iont	Koncentrace		Gradient Intra/Extra	Rovnovážný potenciál
	Intracelulární	Extracelulární		
Na <sup>+</sup>	12 mmol/l	145 mmol/l	1:12	+67 mV
K <sup>+</sup>	155 mmol/l	4 mmol/l	39:1	-98 mV
Cl <sup>-</sup>	4 mmol/l	123 mmol/l	1:31	-90 mV
volný Ca <sup>2+</sup>	10 <sup>-4</sup> mmol/l	1,5 mmol/l	1:15.000	+129 mV
fixní anionty	155 mmol/l			

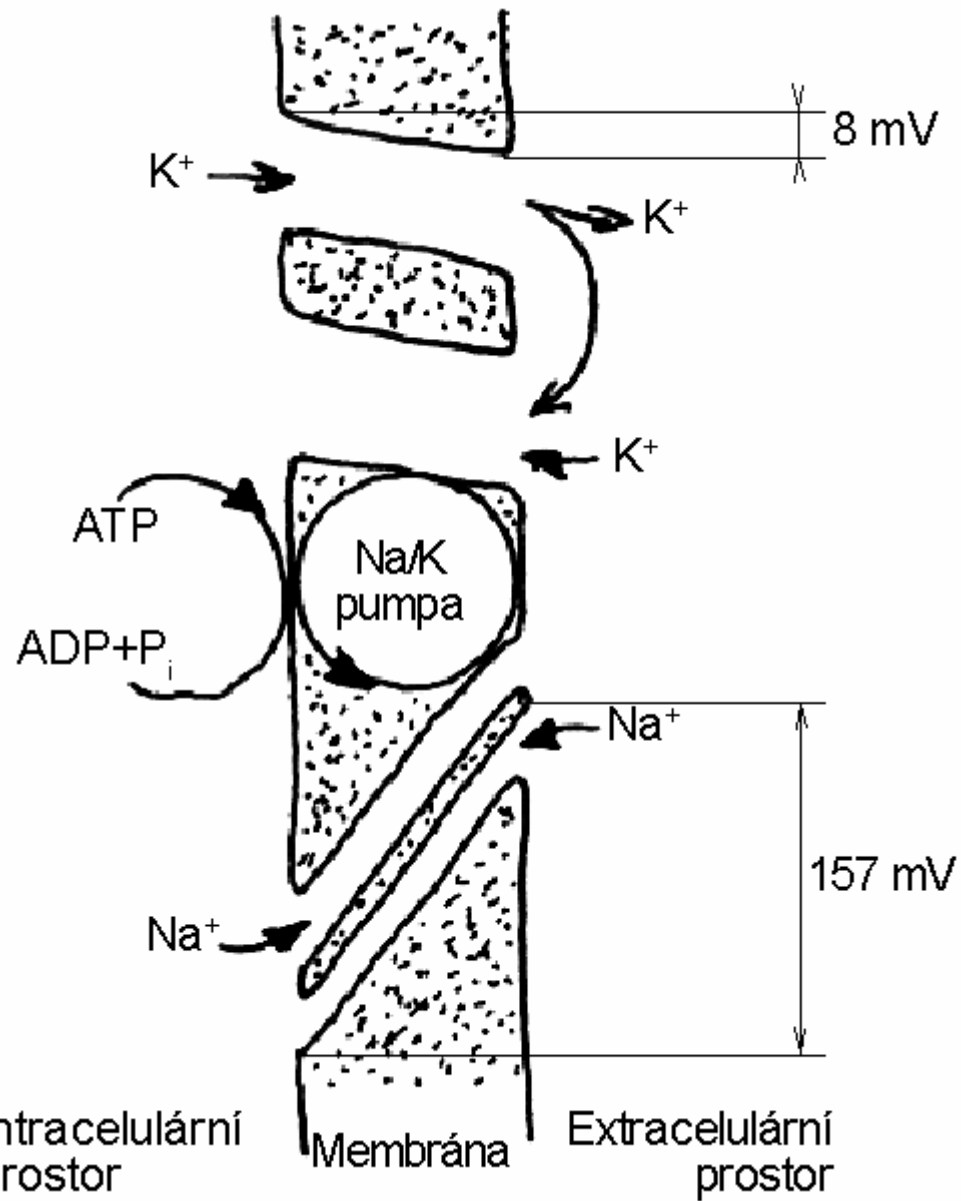


# Gibbs Donnanova rovnováha

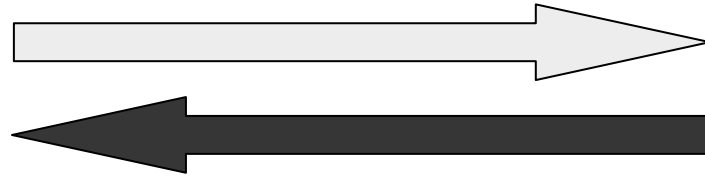




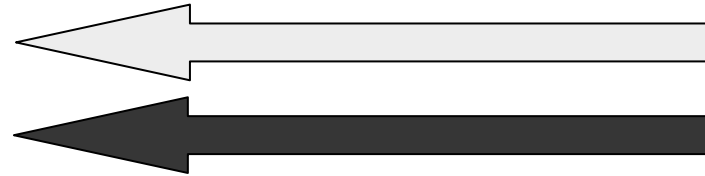
# Na/K pumpa nabíjí membránu



**K<sup>+</sup>:**



**Na<sup>+</sup>:**

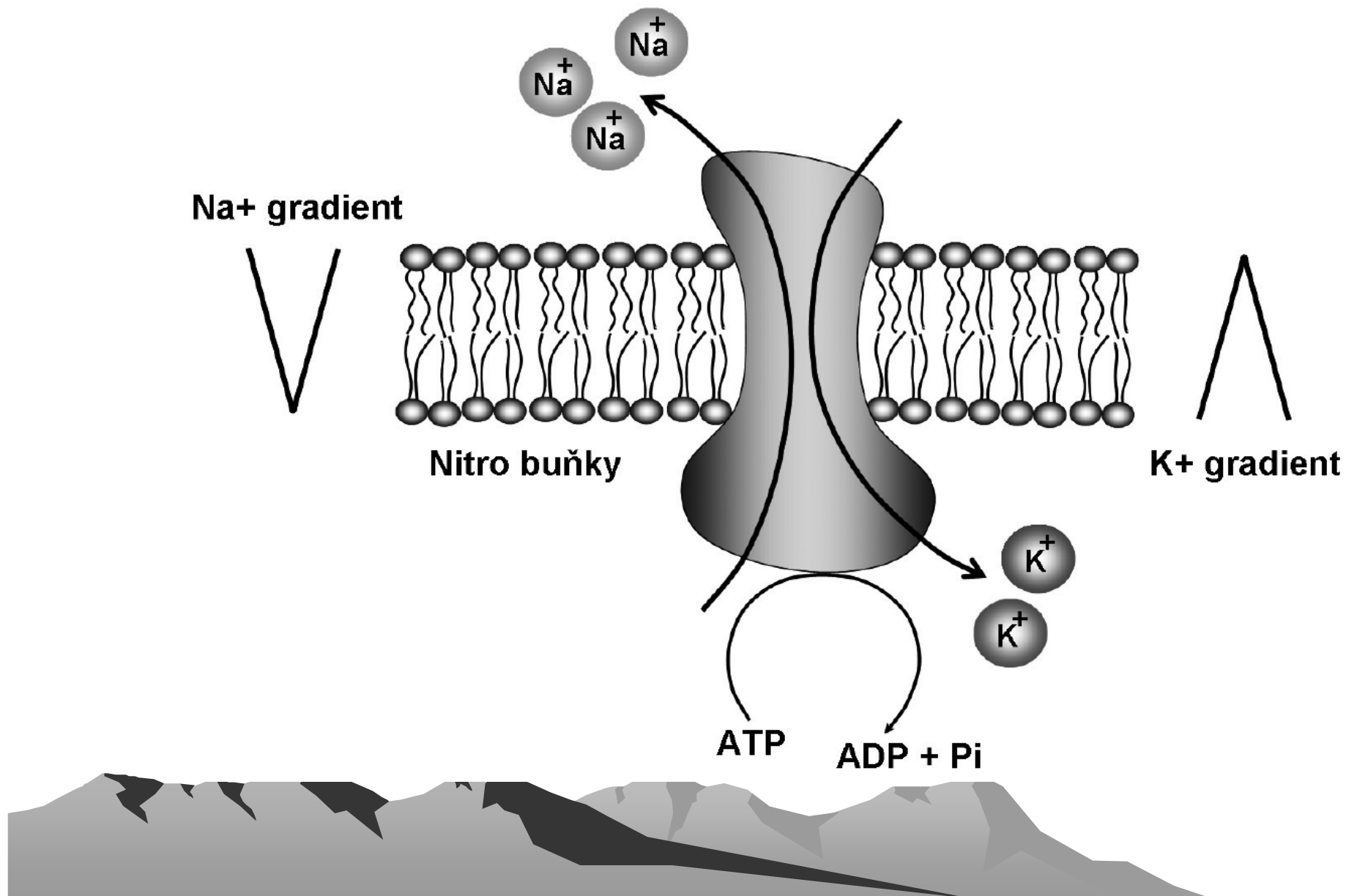


**INTRA**

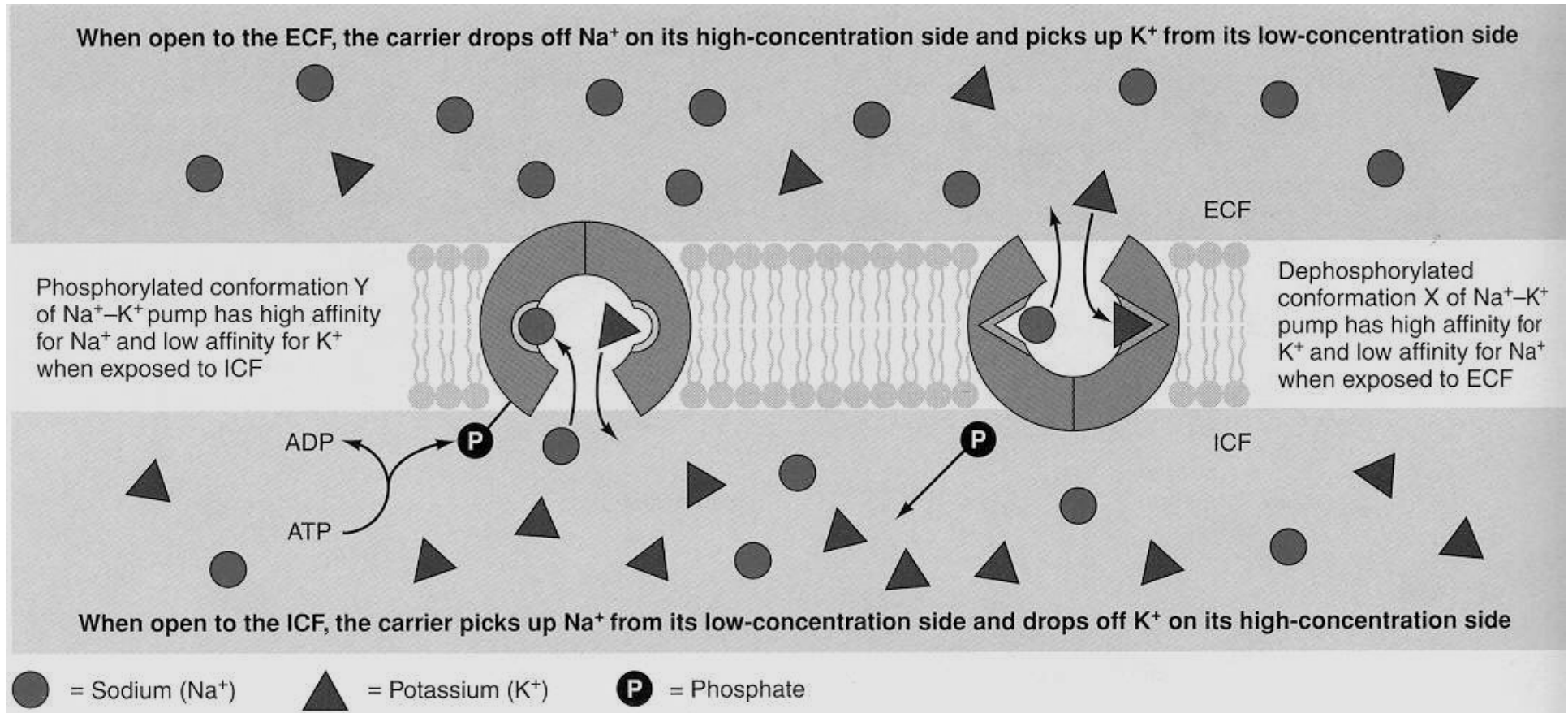
**EXTRA**



# Na/K pumpa

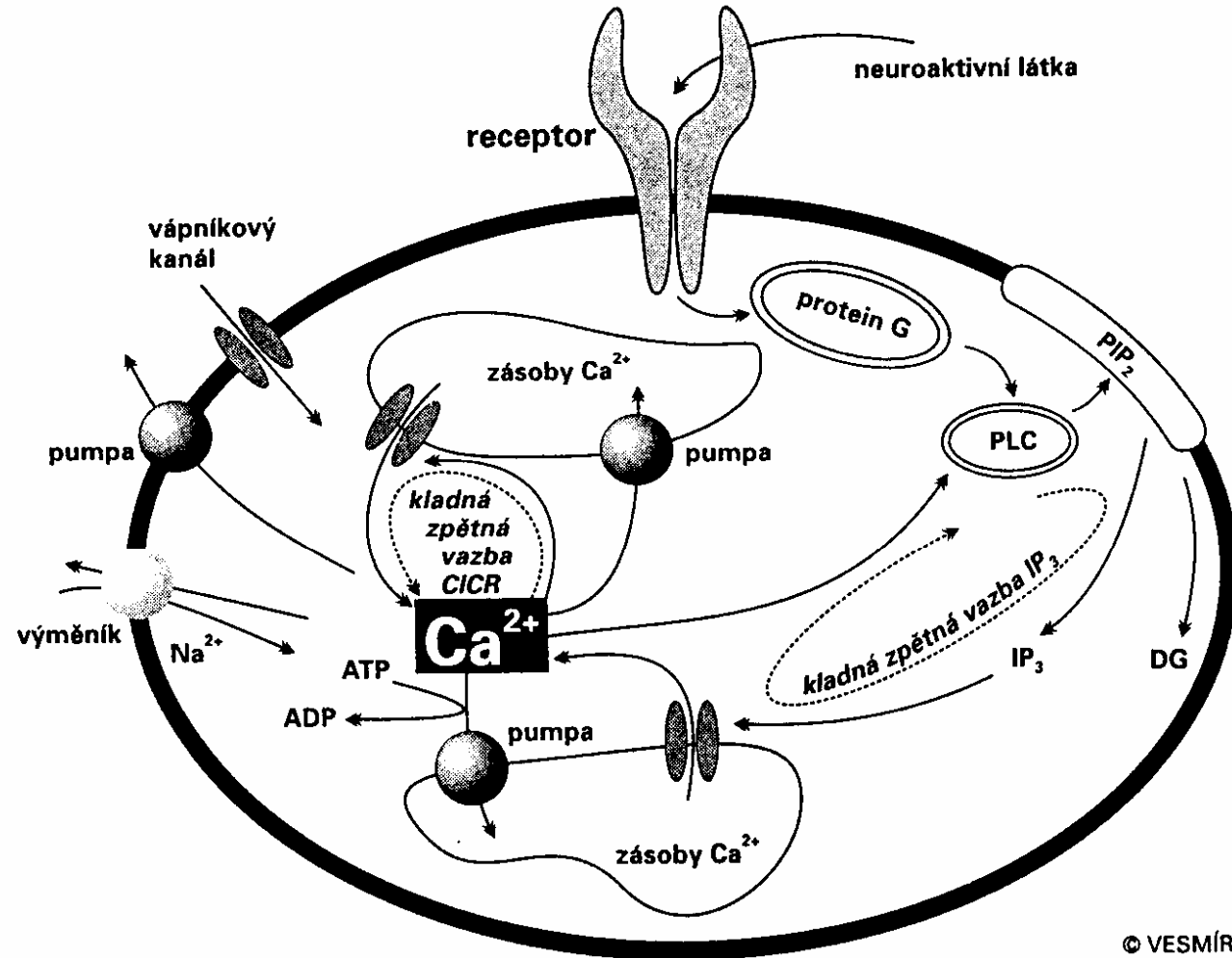


# Na/K pumpa



# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů

Mechanismy udržující nízkou hladinu Ca v buňce

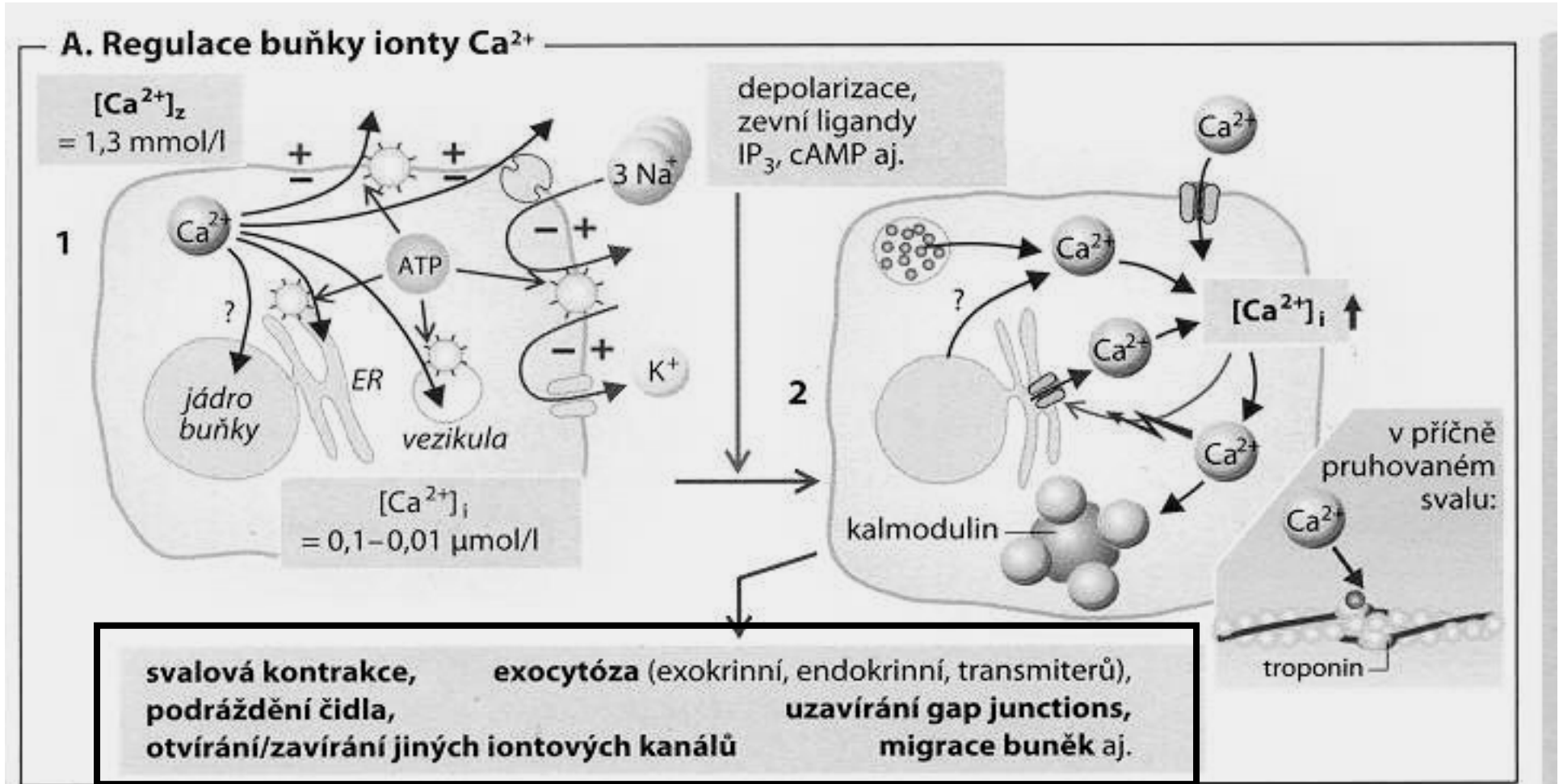


© VESMÍR

Mechanismy regulující v buňce koncentraci vápníku: PLC – fosfolipáza C, DG – diacylglycerol, CICR – indukované uvolňování vápníku

prokázat, kem. (viz Mnoho

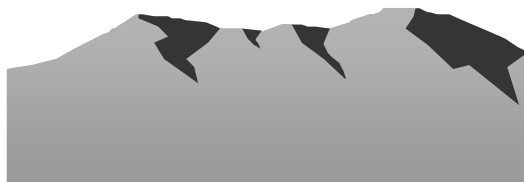
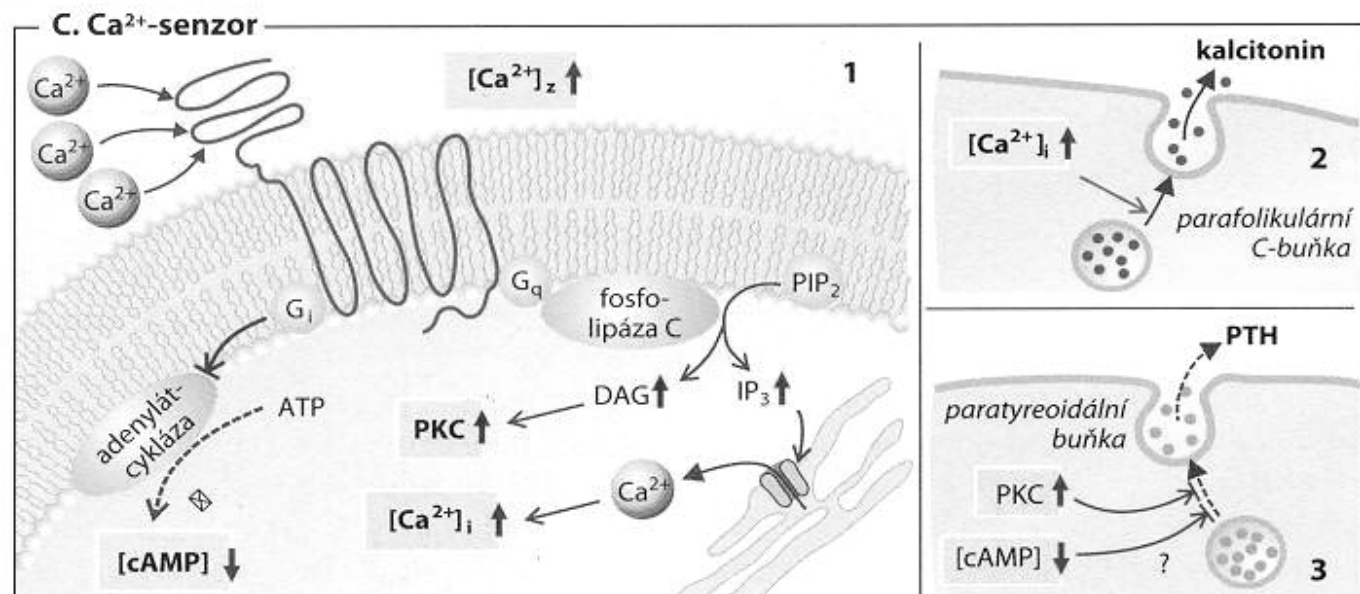
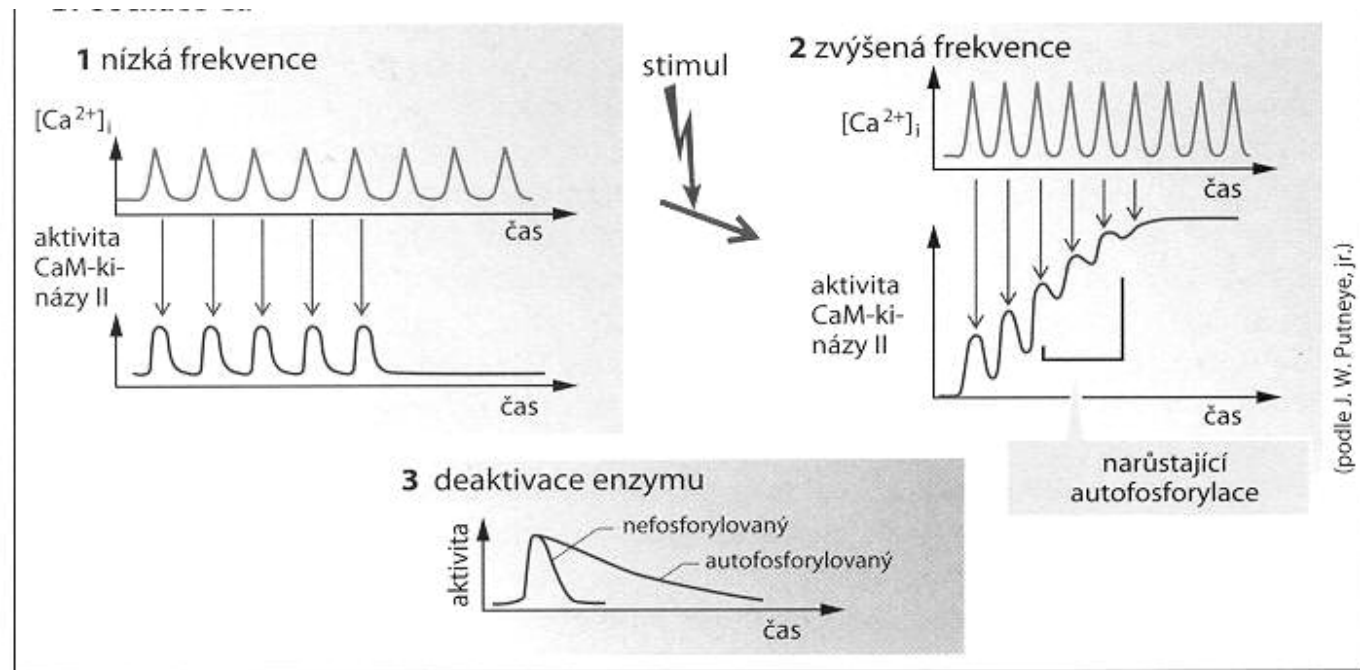
# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů



Mechanismy udržující nízkou hladinu Ca v buňce

Stačí malé podráždění a Ca proudí do buňky

# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů



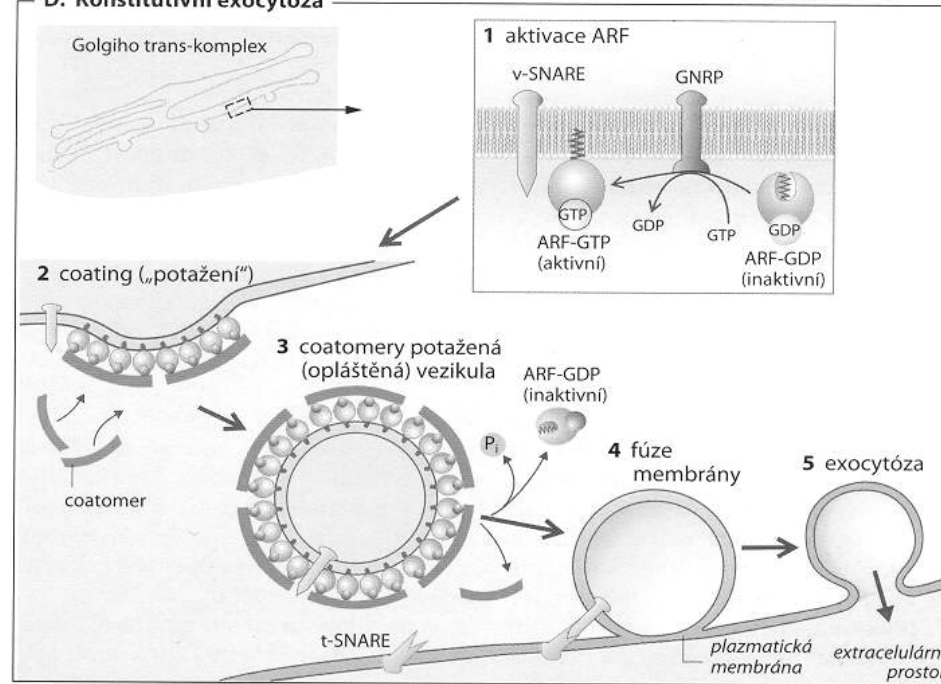
## Bílkoviny:

- Transport na membránách
- Pohyb
- Enzymatická katalýza
- Informační molekuly
- Imunita

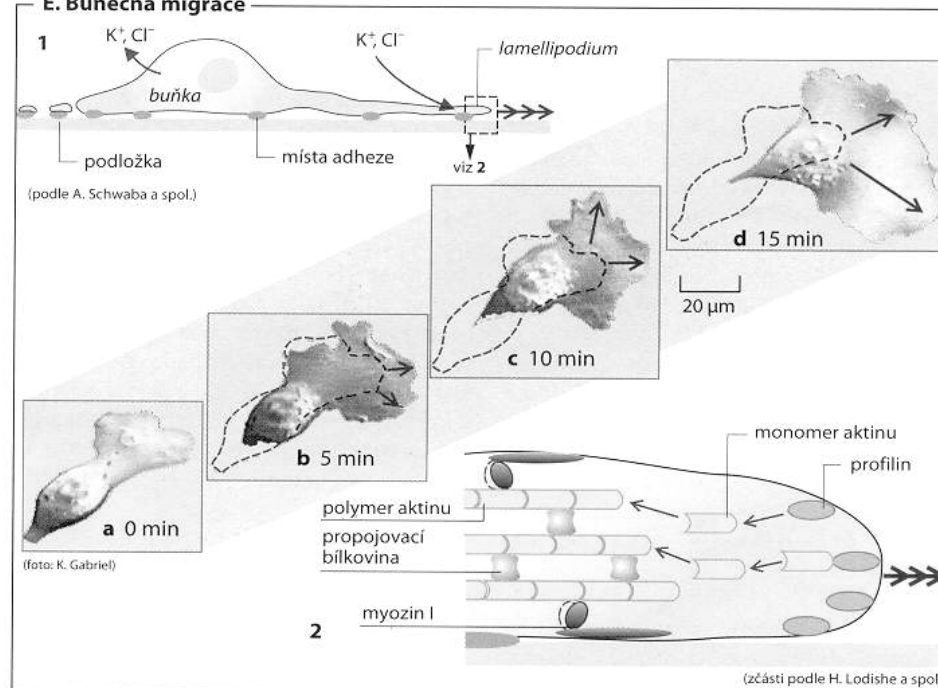




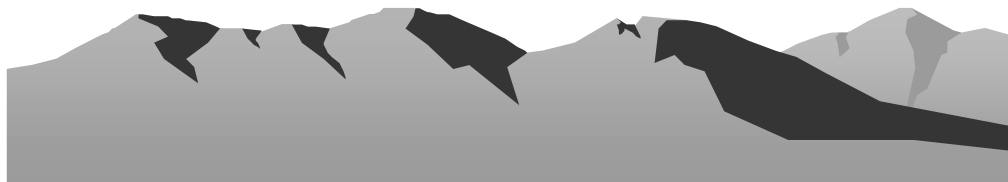
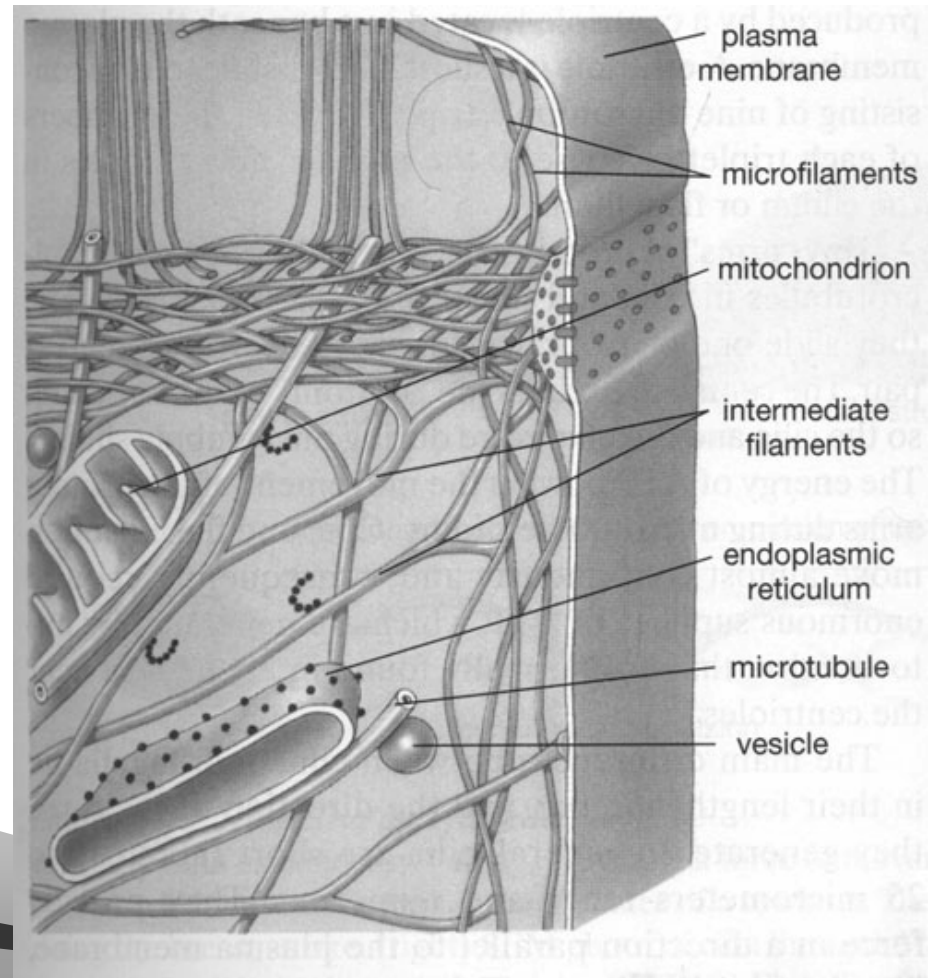
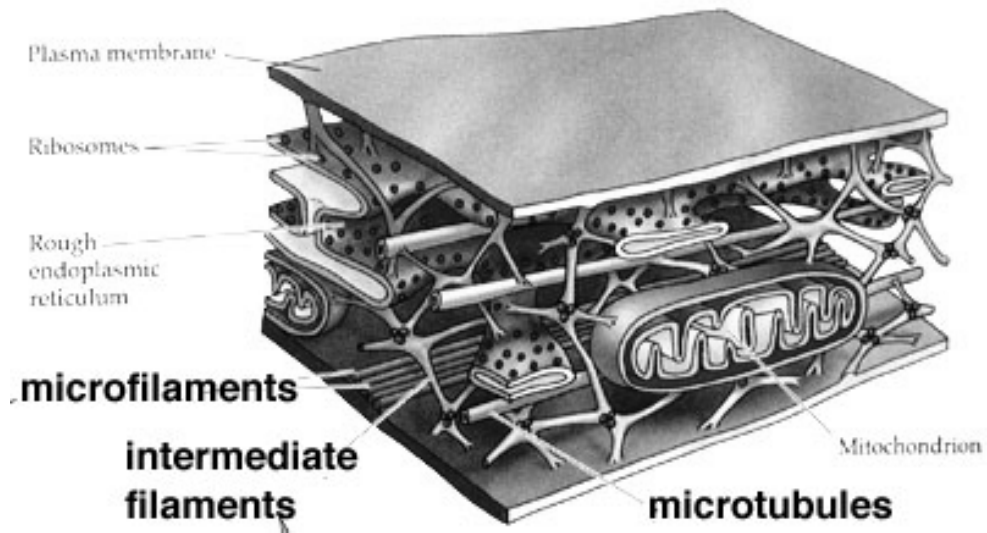
### D. Konstitutivní exocytóza

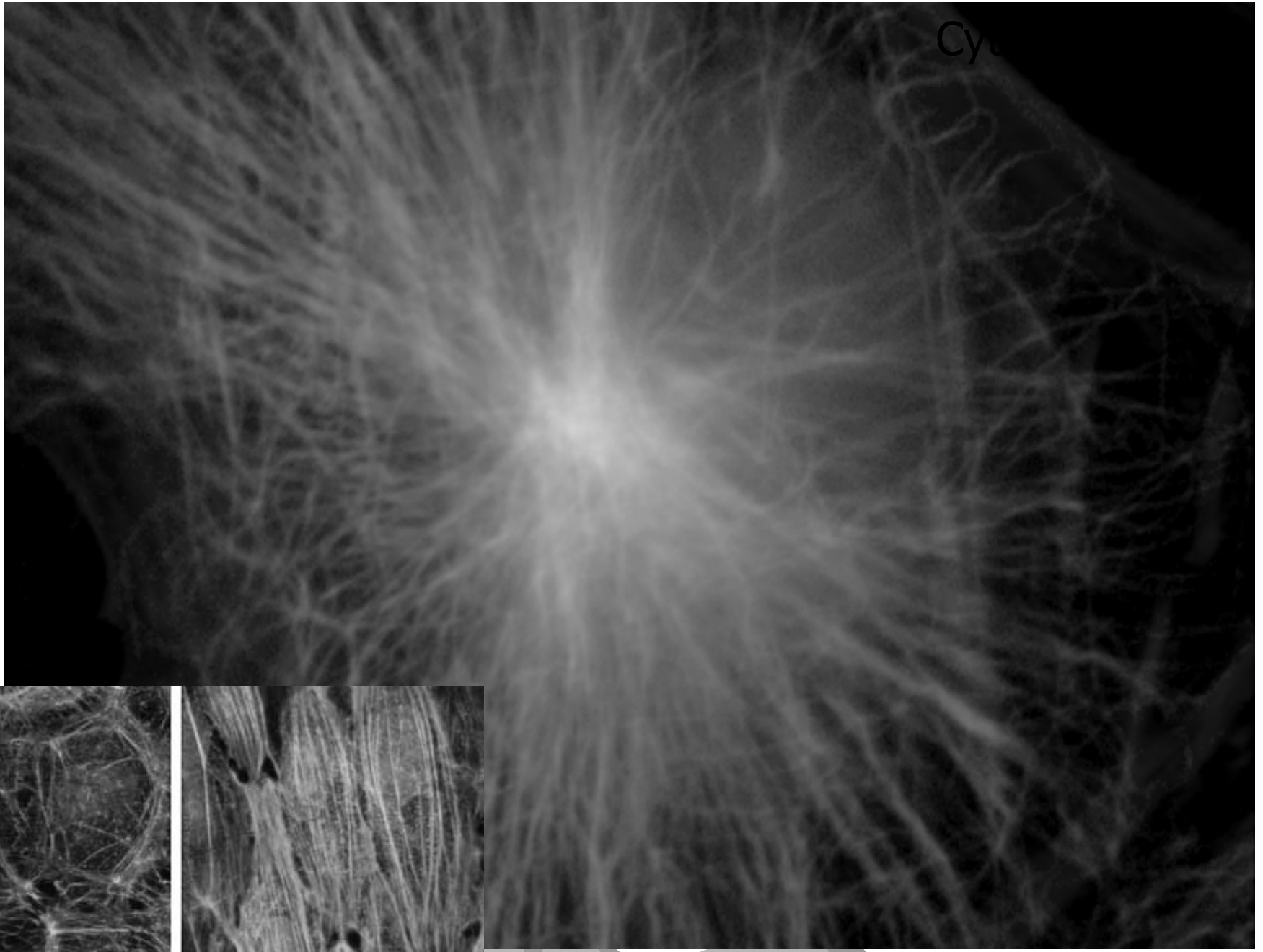


### E. Buněčná migrace

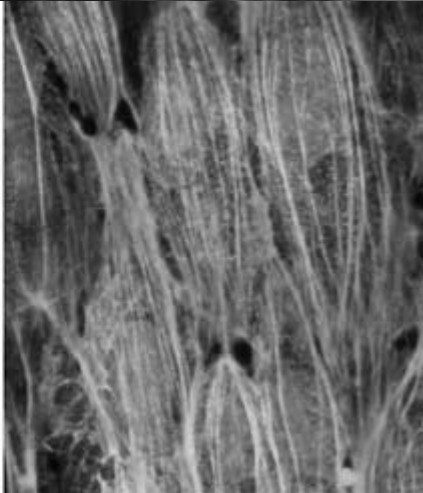
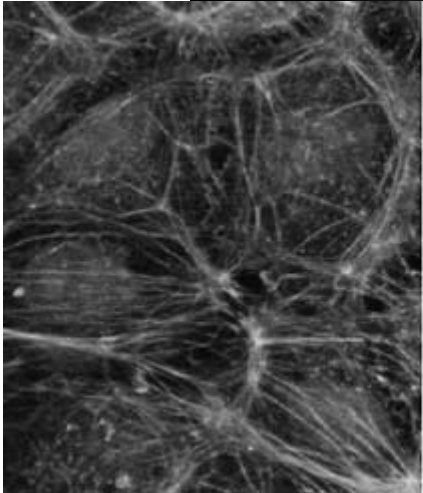


# Cytoskelet





Cy



# Cytoskeleton

**Figure 2-27 • Internal structure of cilia and flagella.**

(a) Schematic diagram of a cilium in cross-section showing characteristic “nine plus two” arrangement of microtubules with the dynein arms and other accessory proteins. (b) Electron micrograph of numerous cilia in cross-section.

(Source: Adapted from *Molecular Biology of the Cell*, Fig. 10-27, p. 565 by Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts, and James D. Watson. Reprinted with permission of Garland Science/Taylor & Francis Books, Inc.)

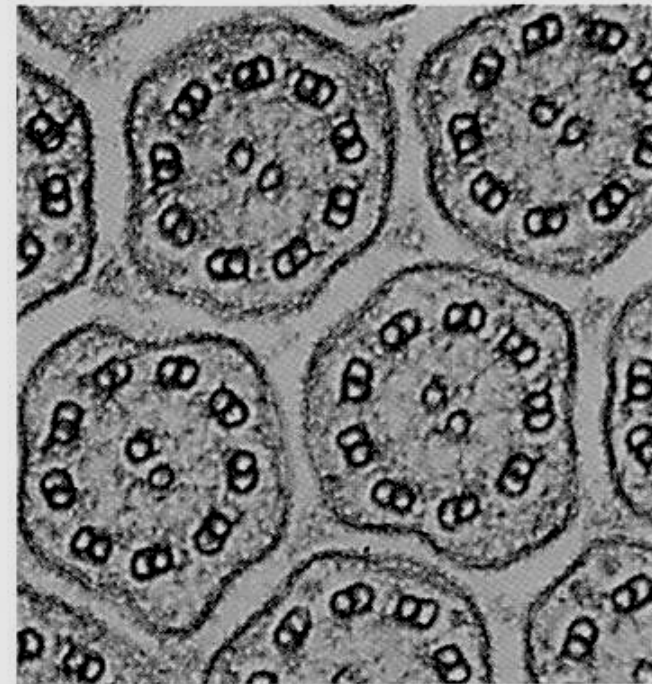
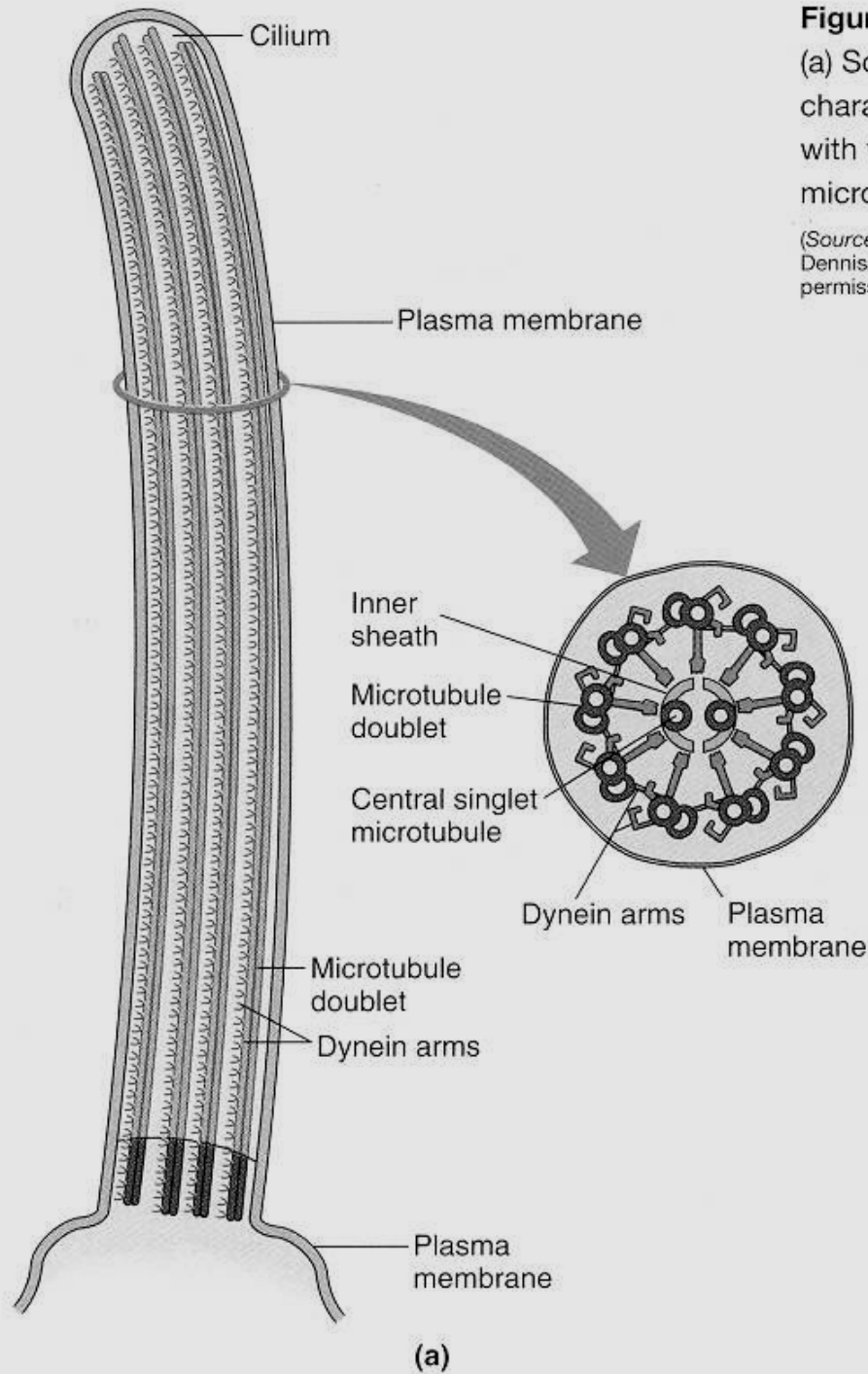
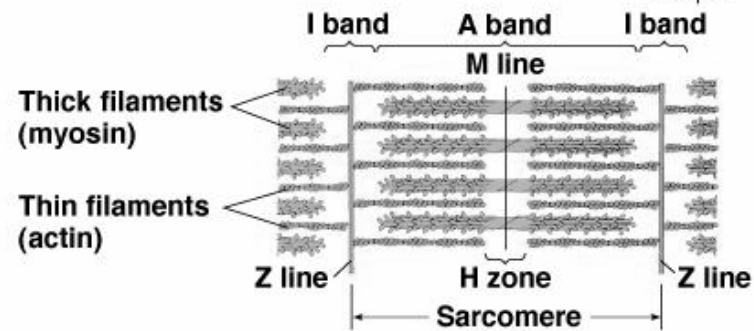
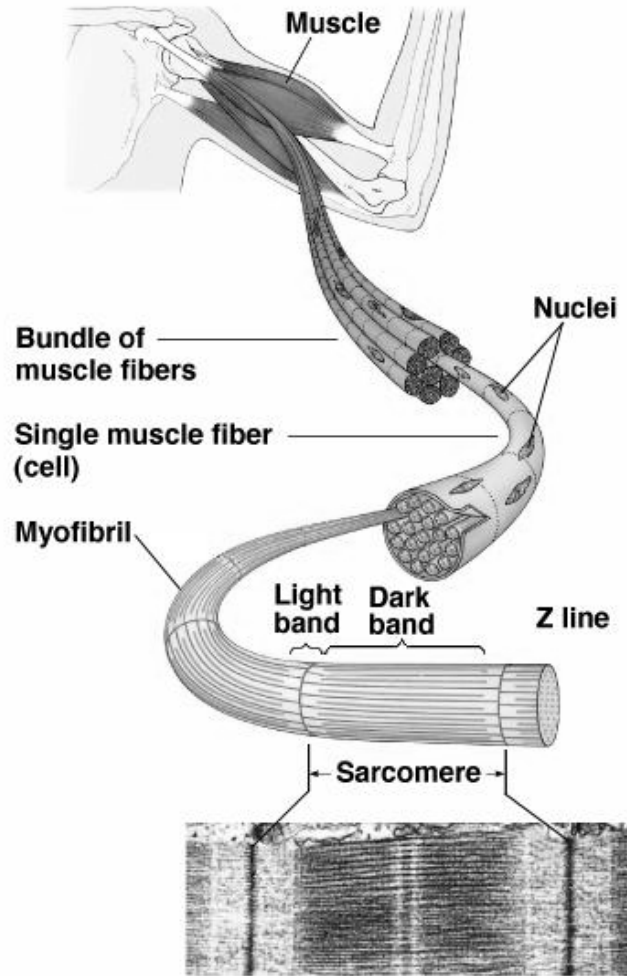
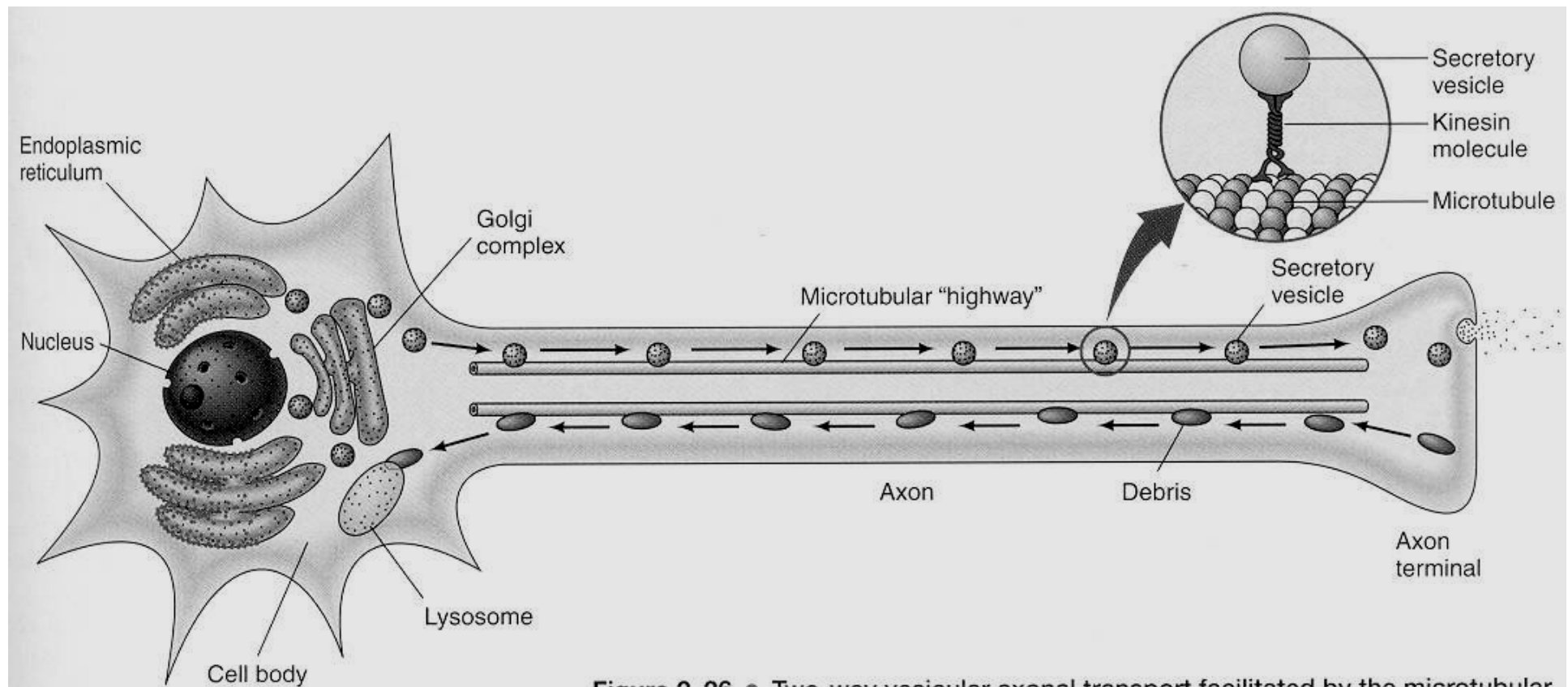


Photo: © David M. Phillips/Visuals Unlimited





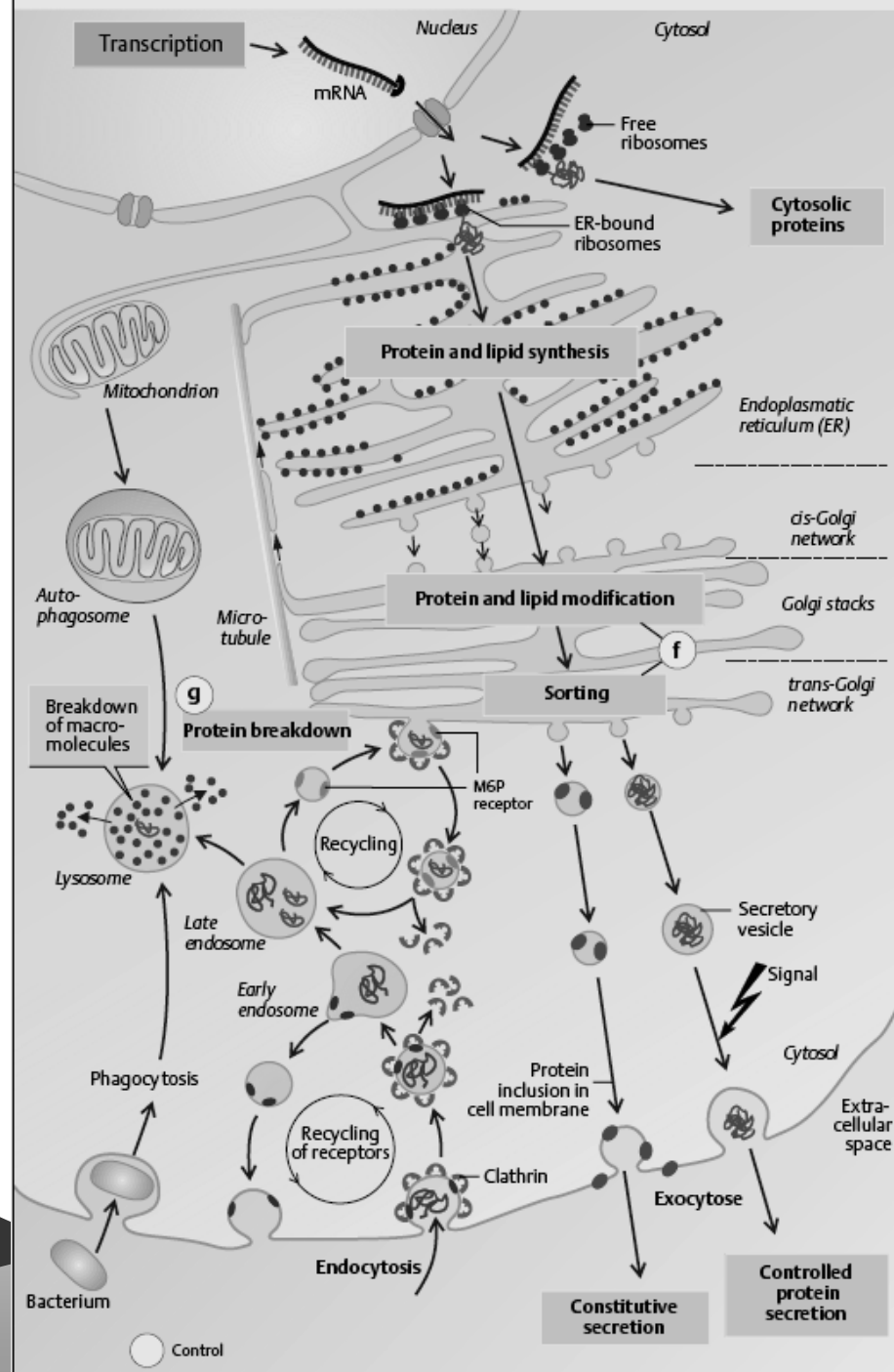
Život v buňce – Animace komentovaná



## Život v buňce - Animace

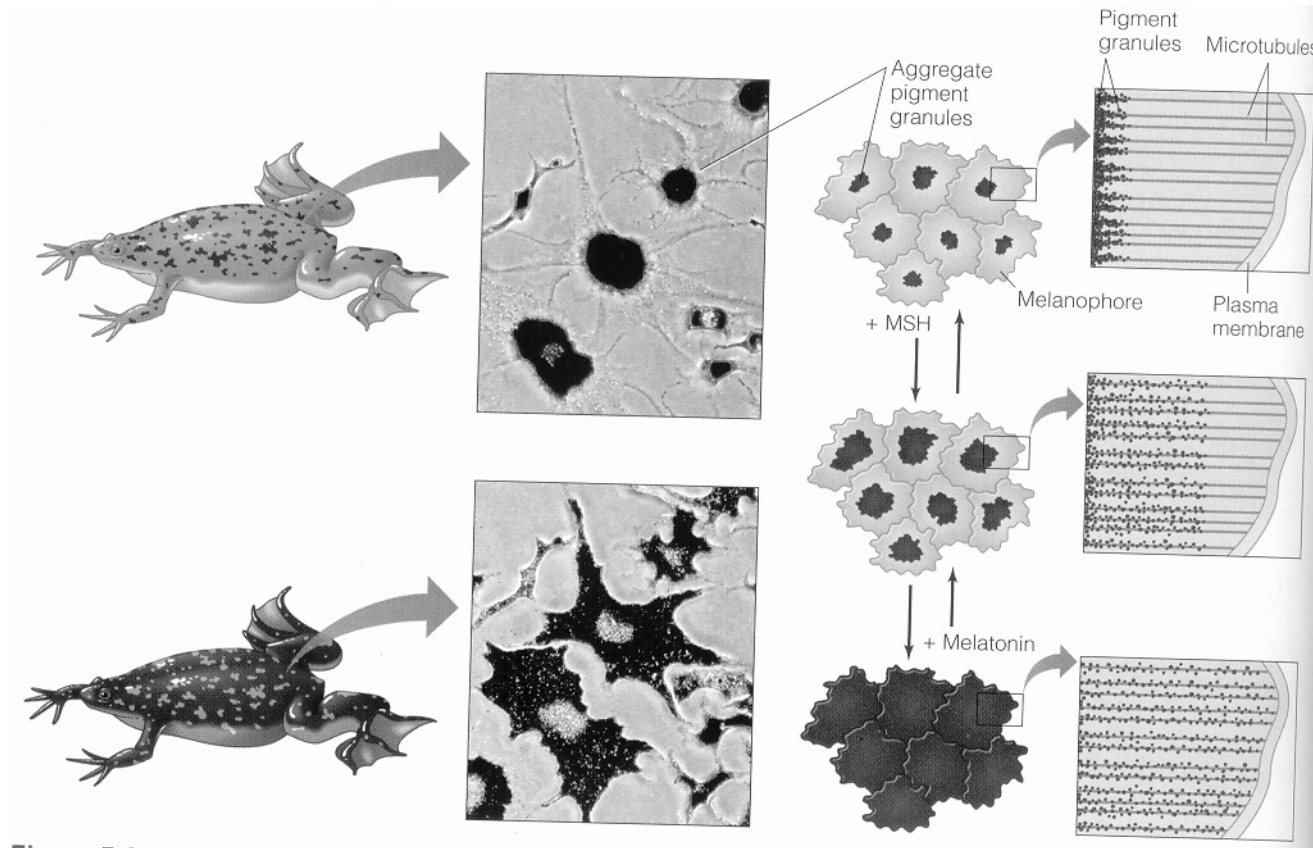


F. Protein synthesis, sorting, recycling, and breakdown



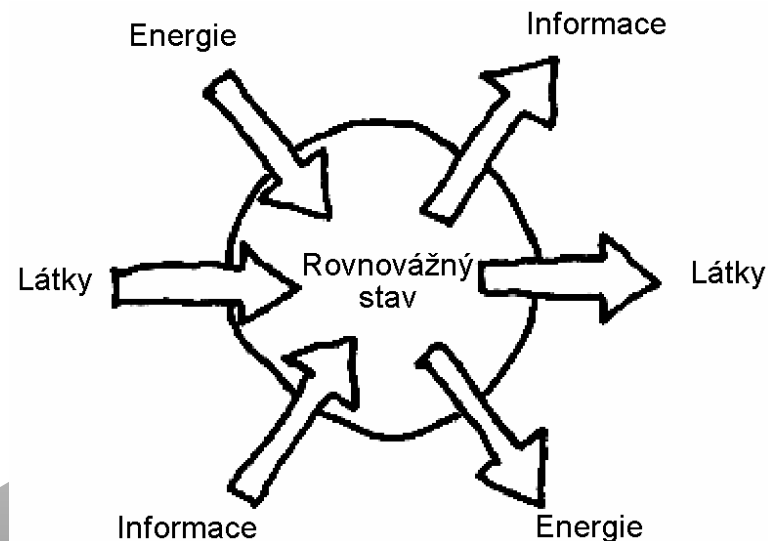


# Barvozměna – také jedna důležitá úloha pro cytoskelet



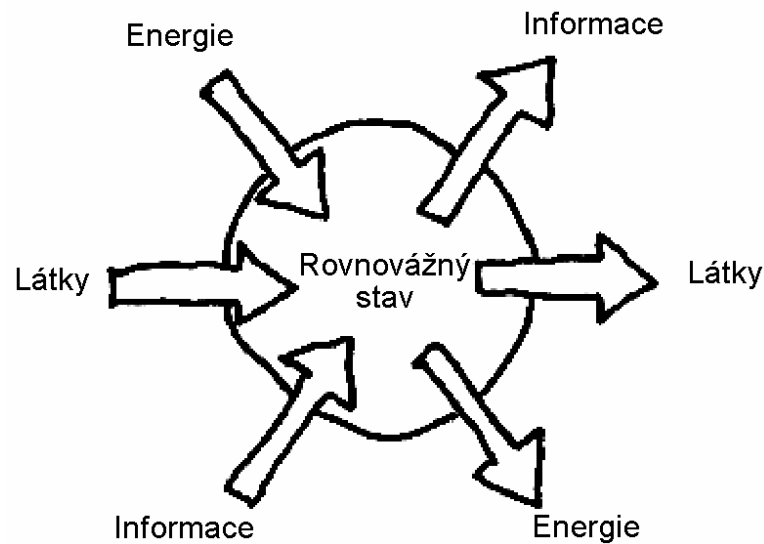
## Shrnutí

Řízený transport splňuje základní podmínku udržení stálosti.  
Bílkoviny mají zásadní úlohu v přenosu látek i signálů.  
Nabitá membrána se hodí.  
Cytoskelet umožňuje pohyb i oporu – pro buňku zásadní.

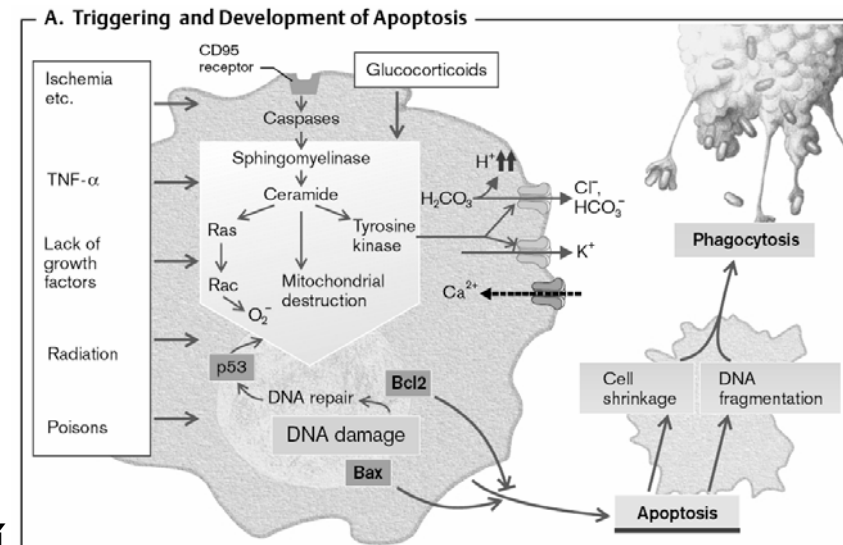


# Přenos informací

## Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



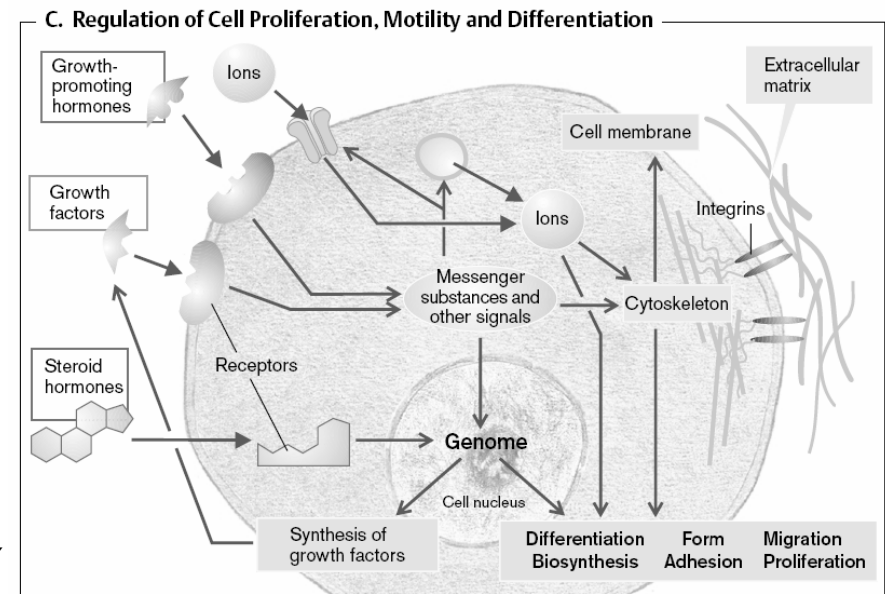
# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



Obecná chemorecepční schopnost buněk  
Komunikace ve společenství buněk, rozeznání  
poškozené nebo cizí buňky  
Signály: diferencuj, proliferuj, syntetizuj, zemři...  
Porozumění = klíč k podstatě



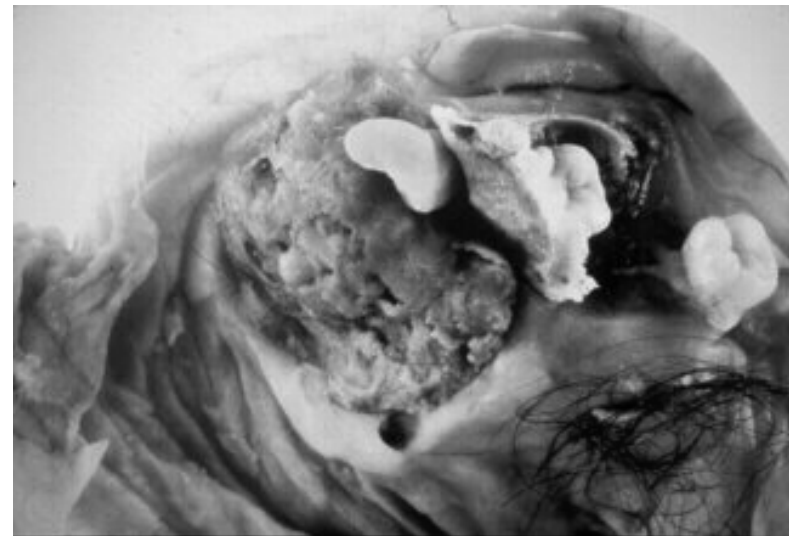
# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



Obecná chemorecepční schopnost buněk  
Komunikace ve společenství buněk, rozeznání  
poškozené nebo cizí buňky  
Signály: diferencuj, proliferuj, syntetizuj, zemři...  
Porozumění = klíč k podstatě



# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



Obecná chemorecepční schopnost buněk  
Komunikace ve společenství buněk  
Signály: diferencuj, proliferuj, syntetizuj, zemři...

Porozumění = klíč k podstatě  
Regenerativní medicína a onkologie

Na jednu stranu cheme aby už nerostly (novotvary) na druhou aby zase rostly (náhrady)

Ovariální teratom



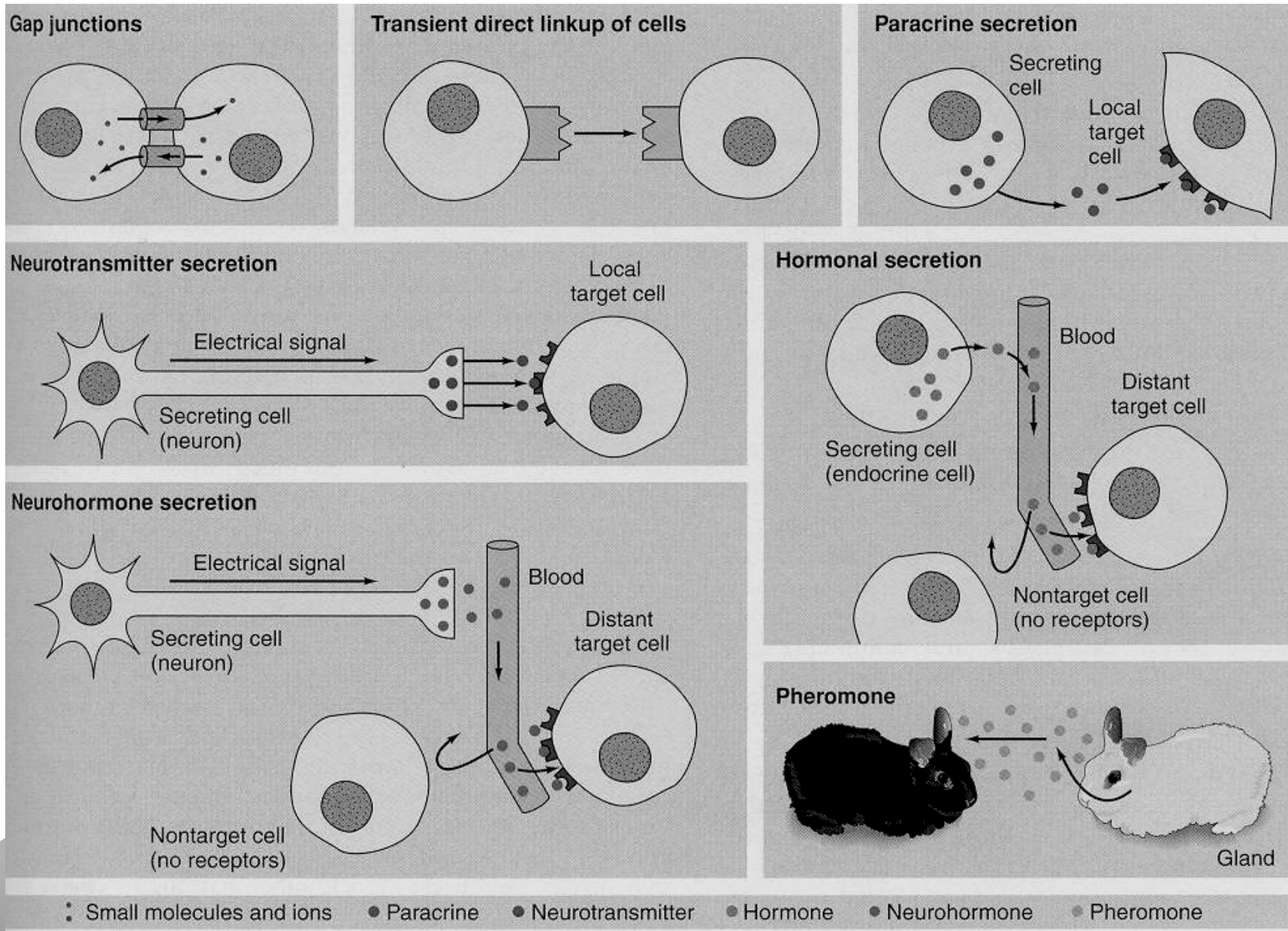
## Chemická struktura

- Eikosanoidy – (prostaglandiny)
- Plyny – (NO, CO)
- Puriny – ATP, cAMP
- Aminy – od tyrozinu (adrenalin, par. histamin)
- Peptidy a proteiny – mnoho hormonů neurohormonů
- Steroidy – hormony a feromony
- Retinoidy – od vit A

Způsob porozumění signálu – jeden klíč, ale různé dveře

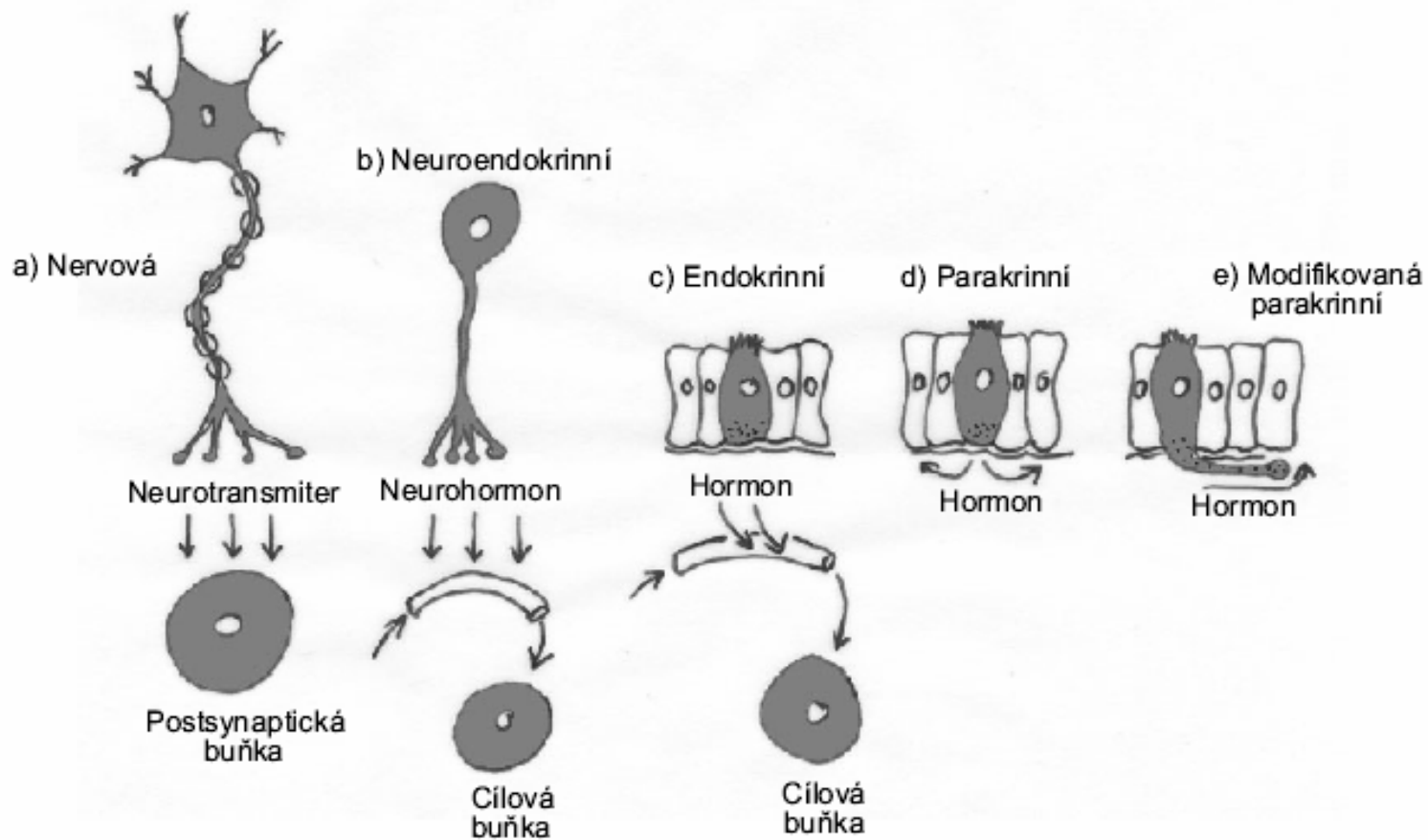


# Způsob předání signálu – mezi buňkami

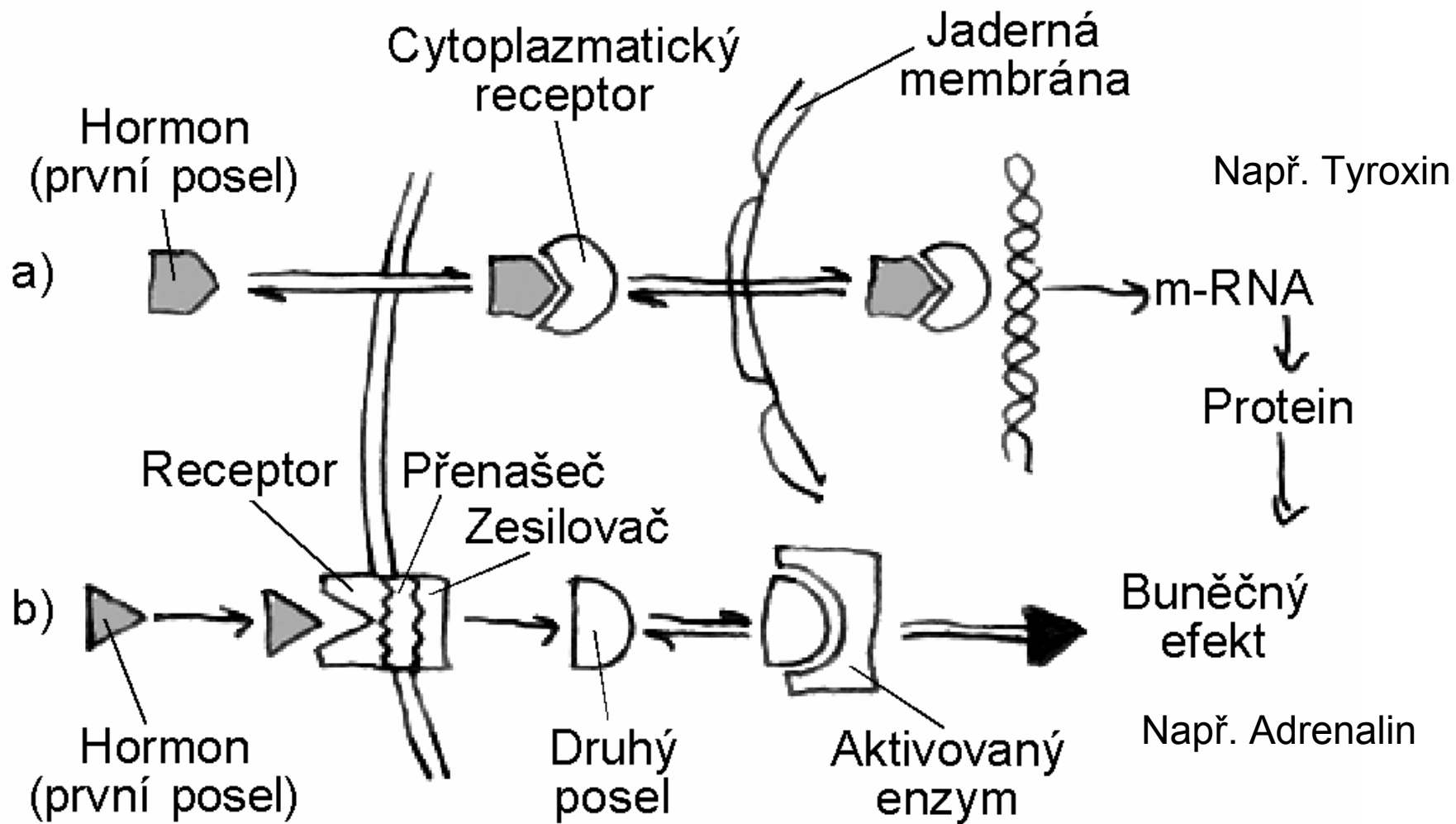




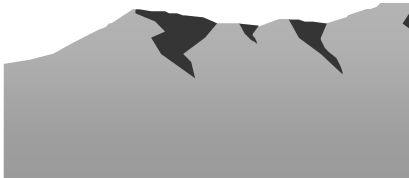
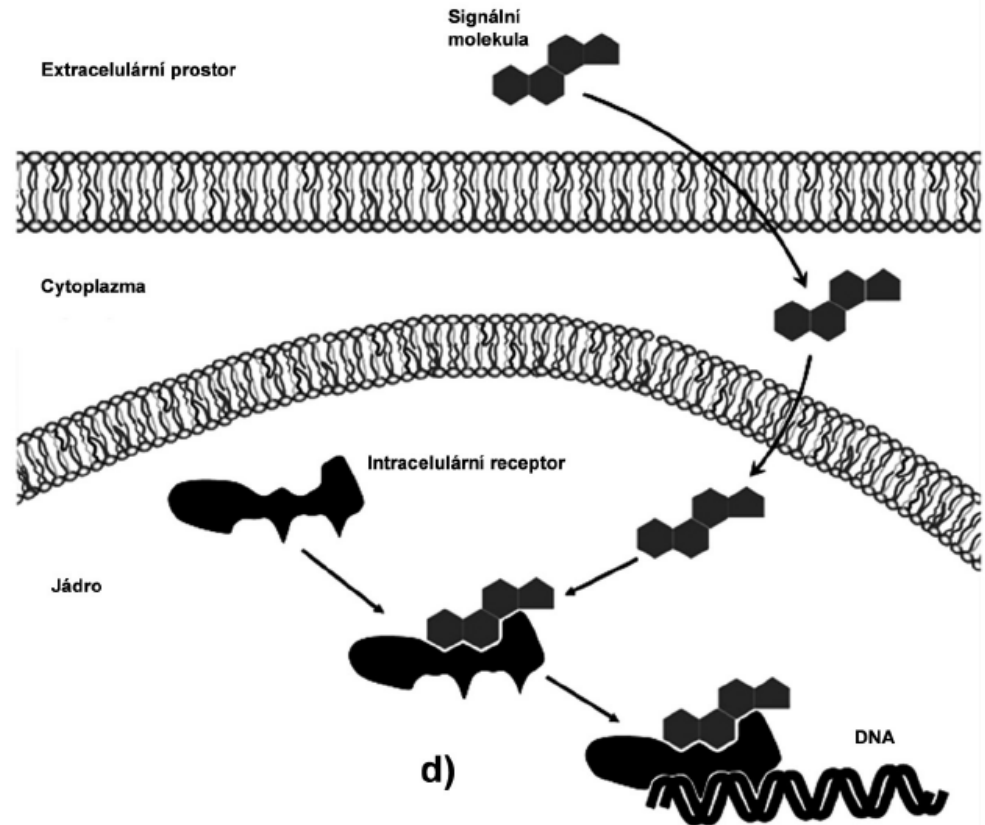
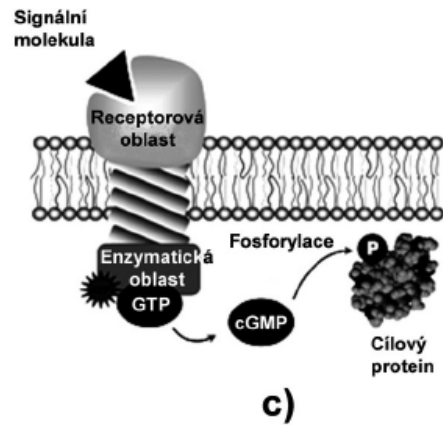
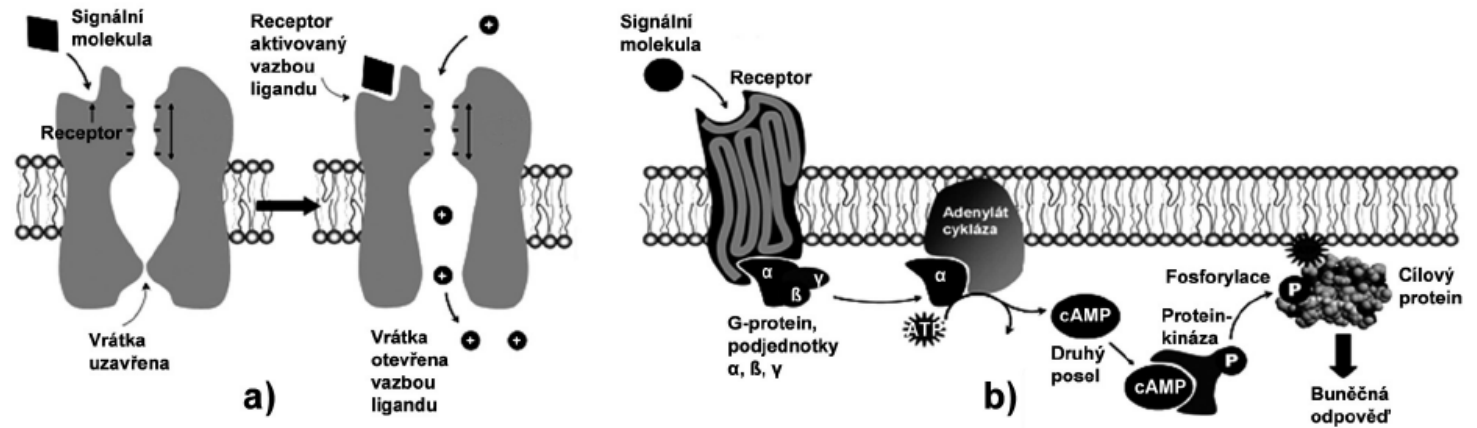
# Způsob předání signálu – mezi buňkami



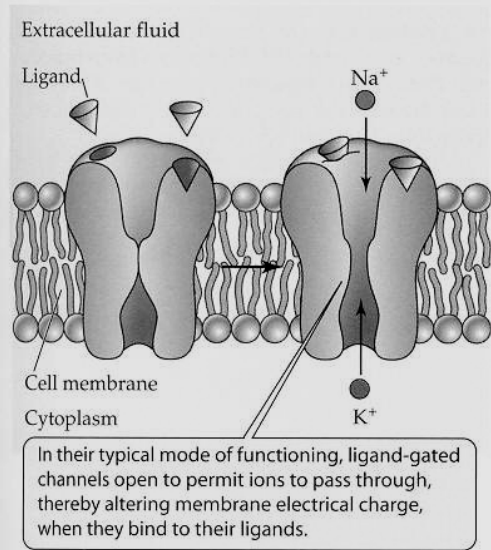
# Způsob předání signálu – přes membránu



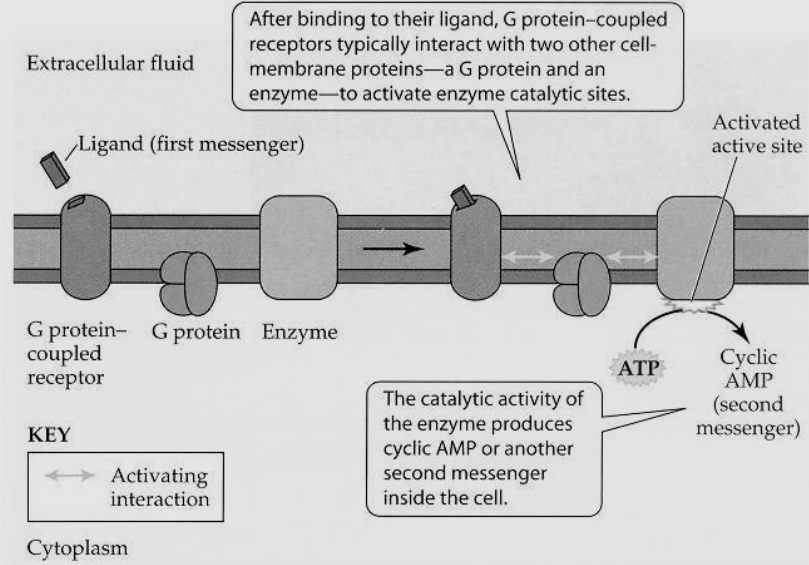
# Způsob předání signálu – přes membránu



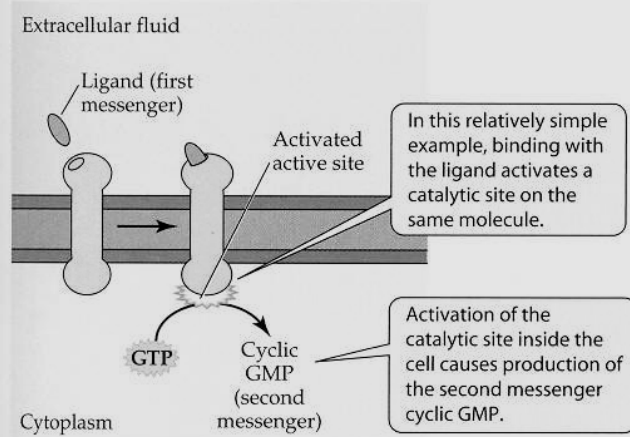
(a) Ligand-gated channel



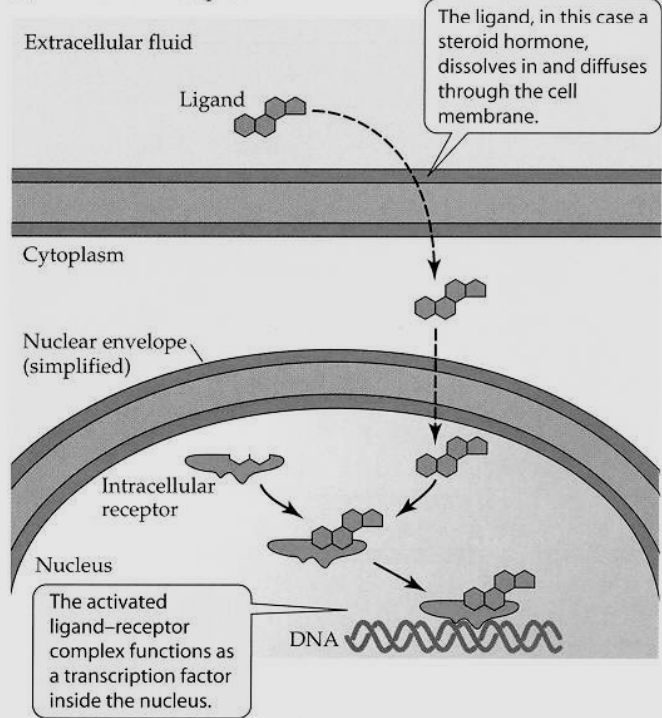
(b) G protein-coupled receptor and associated G protein system



(c) Enzyme/enzyme-linked receptor



(d) Intracellular receptor

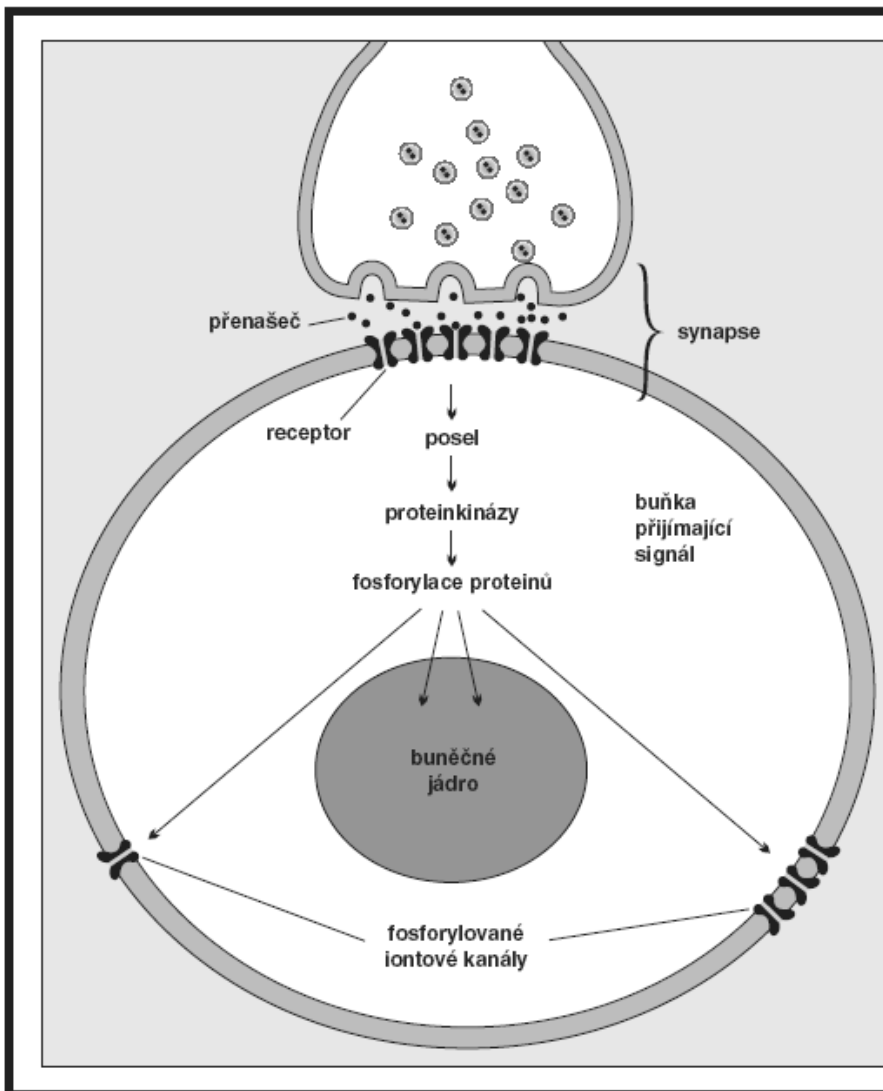


**Figure 2.23 The four types of receptor proteins involved in cell signaling** (a) A ligand-gated channel. The particular example shown, a muscle cell acetylcholine receptor, must bind a ligand molecule at two sites for the channel to open. (b) A G protein-coupled receptor. Details of the molecular interactions symbolized by double-headed arrows are discussed later in this chapter. (c) Enzyme/enzyme-linked receptors are themselves enzymes or, when activated, interact directly with other membrane proteins that are enzymes. One way or the other, binding with the ligand activates an enzyme catalytic site inside the cell. The example shown is the atrial natriuretic peptide receptor which is particu-

# Proteinkinázy – zprostředkují „nabití“, fosforilaci

Pomalý synaptický přenos a fosforylace bílkovin

nálů. Na četnosti a výkonnosti jednotlivých typů ion-



## PRINCIP PROTEINOVÉ FOSFORYLACE

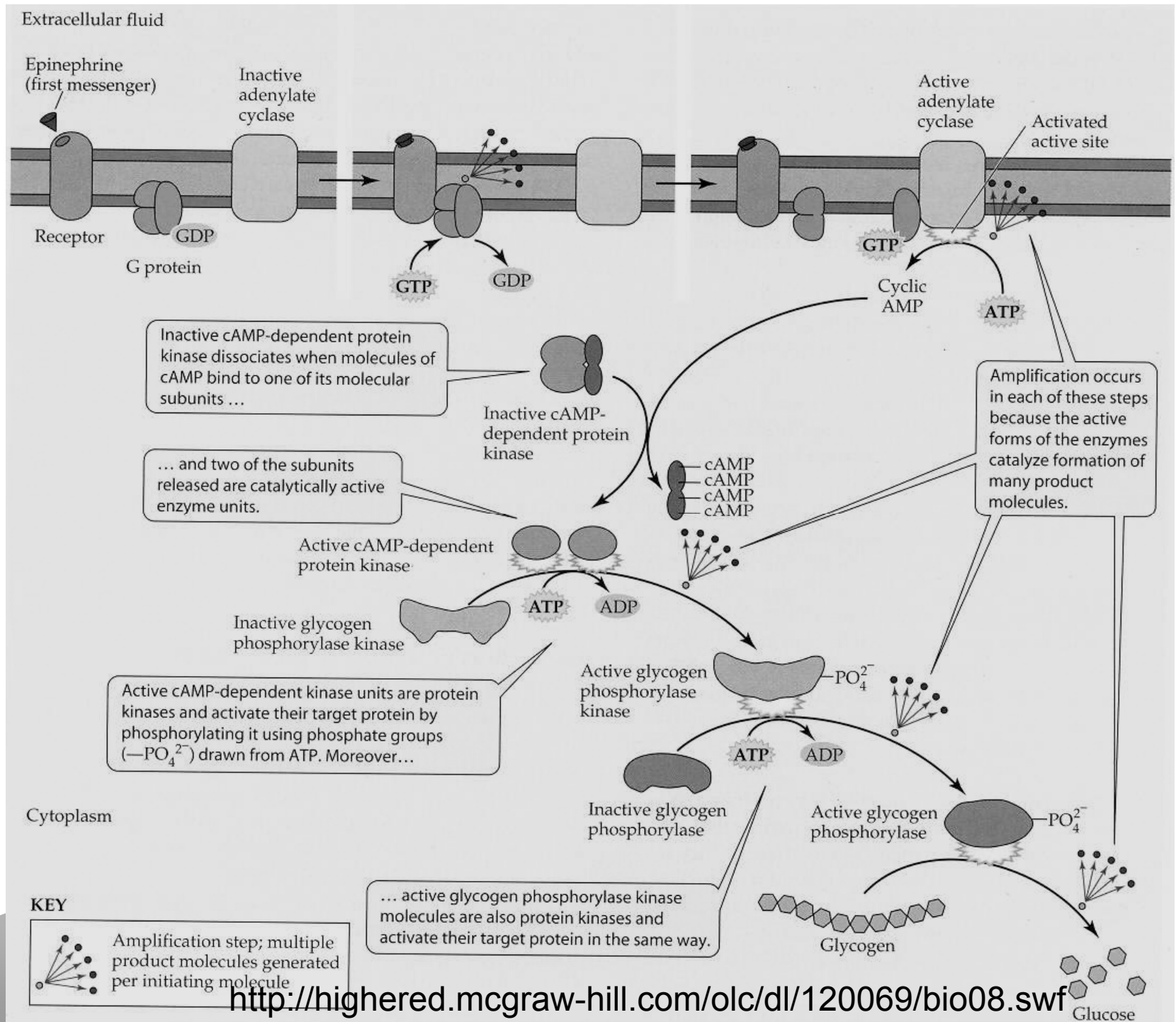
Fosfátová skupina, předaná např. adenosintrifosfátem nebo guanozintrifosfátem, je navázána na protein prostřednictvím enzymů proteinkináz, jichž známe řadu. Proteinové šroubovice či „skládané lístky“ jsou tvořeny aminokyselinami, z nichž tři (serin, tyrosin, treonin) jsou pro fosforylaci významné. Mají volnou hydroxylovou skupinu OH, na niž se prostřednictvím proteinkinázy navazuje fosfát. Výrazný záporný náboj nesený touto fosfátovou skupinou pozmění elektrické pole v prostorovém uspořádání bílkovinného „klubíčka“ či „válečku“, a tím změní i strukturu a funkci proteinu. Jestliže jde o iontový kanál, může se na delší dobu částečně uzavřít nebo otevřít. Jde-li o enzym, zrychlí se nebo zpomalí ta biochemická reakce, kterou enzym katalyzuje.

„Cestou zpátky“ je defosforylace, o níž se starají enzymy fosfatázy (jsou-li poblížku). O významu fosforylaci a defosforylaci bílkovin svědčí i to, že za obecný výzkum proteinkináz a proteinfosfatáz byla už udělena Nobelova cena r. 1992 Edwino G. Krebsovi a Edmundu H. Fisherovi (viz Vesmír 72, 13, 1993/1). F. V.

3. P. Greengard zjistil, že poté, co neuropřenašeč (dopamin) stimuluje receptor umístěný v membráně nervové buňky, vzroste v cytoplazmě této buňky koncentrace molekul druhého posla, např. cyklického adenosinmonofosfátu (cAMP). Jím aktivované proteinkinázy (klíčové proteiny fosforylace) pak modifikují nejrůznější proteiny, a fosforylované proteiny mění funkce buňky. Mimo jiné mají vliv na činnost iontových kanálů v buněčné membráně (rychlý přenos).

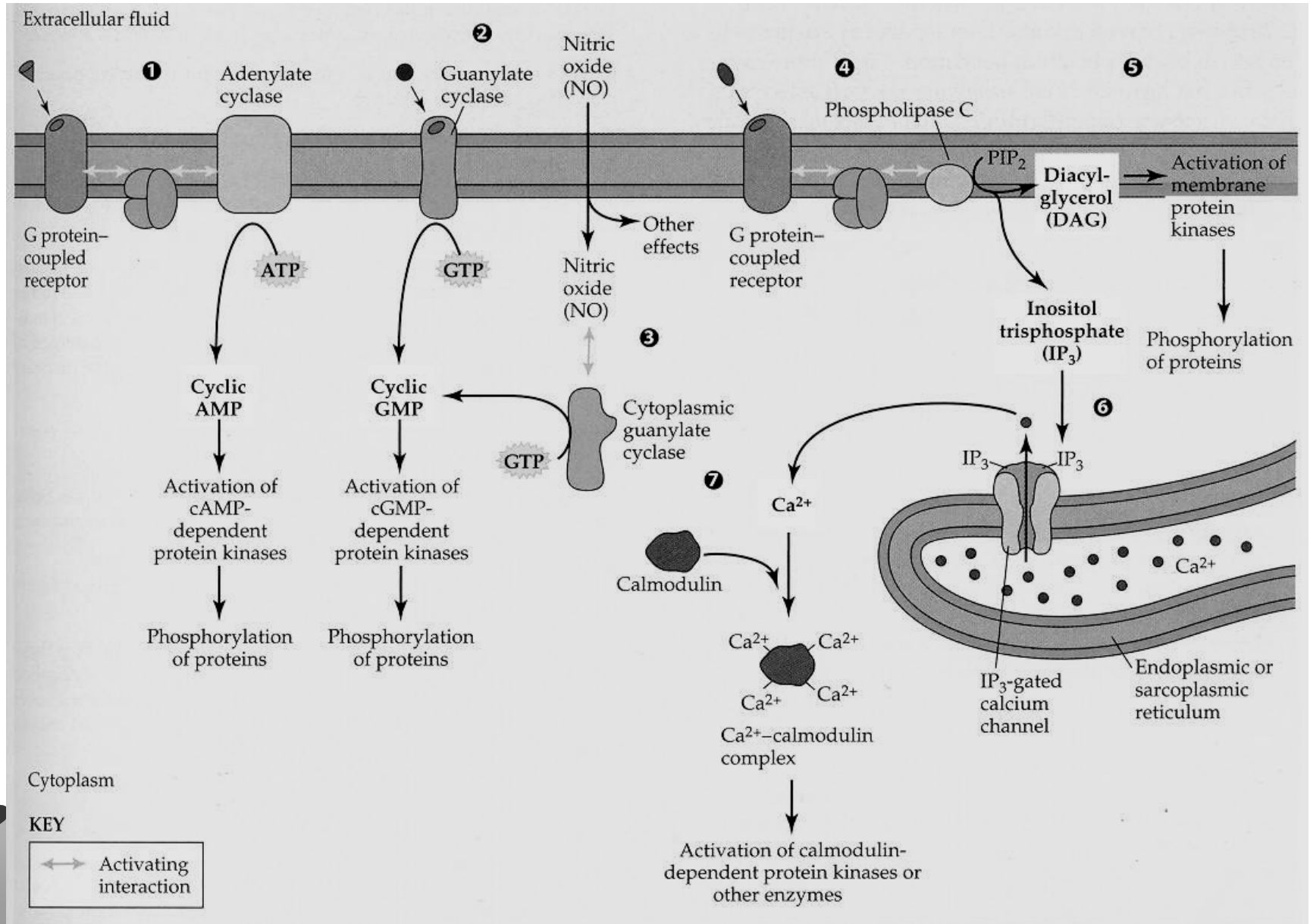
Proč tolik úrovní?

- Zesílení
- Vazby



# Druzí poslové

# Animace



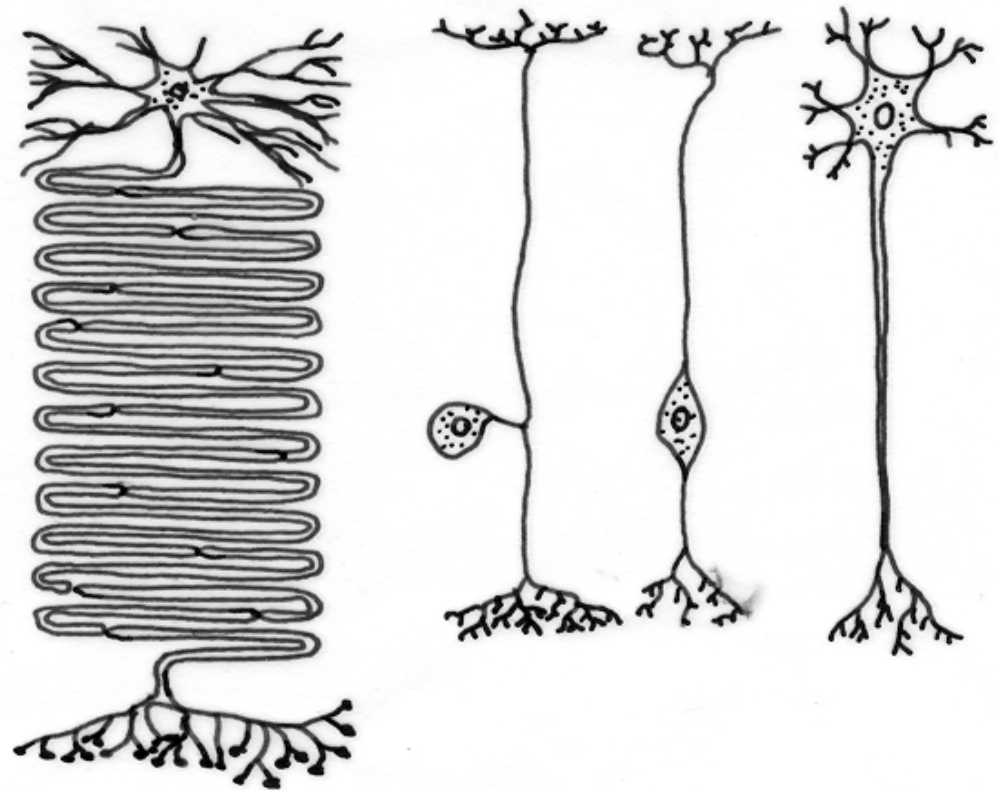
# Obečná neurofyzologie





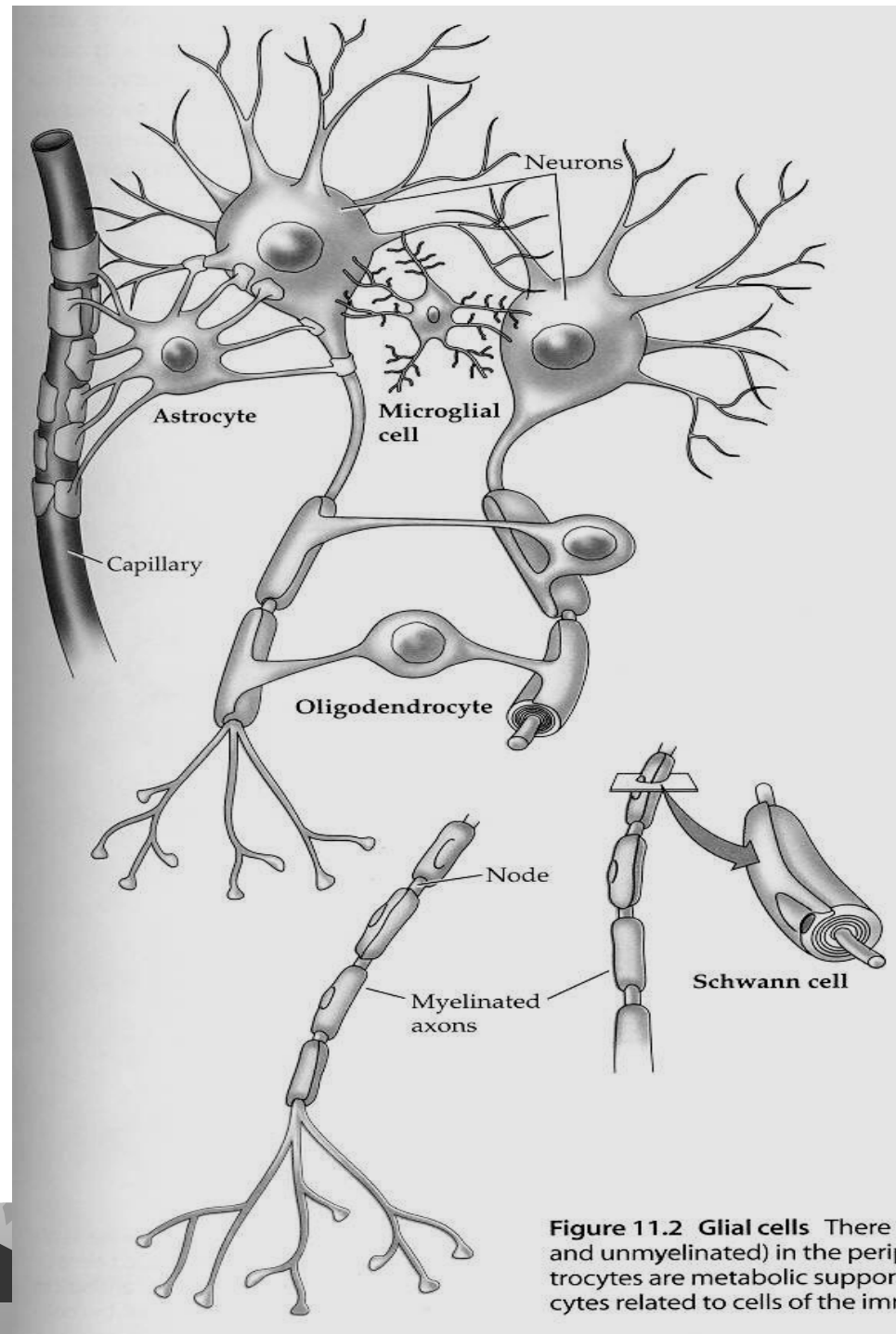


Řeč elektrických změn je typická, ale citlivost na chemické signály zůstává a je bohatě využita.



Základní stavební a funkční plán  
nervového řízení.

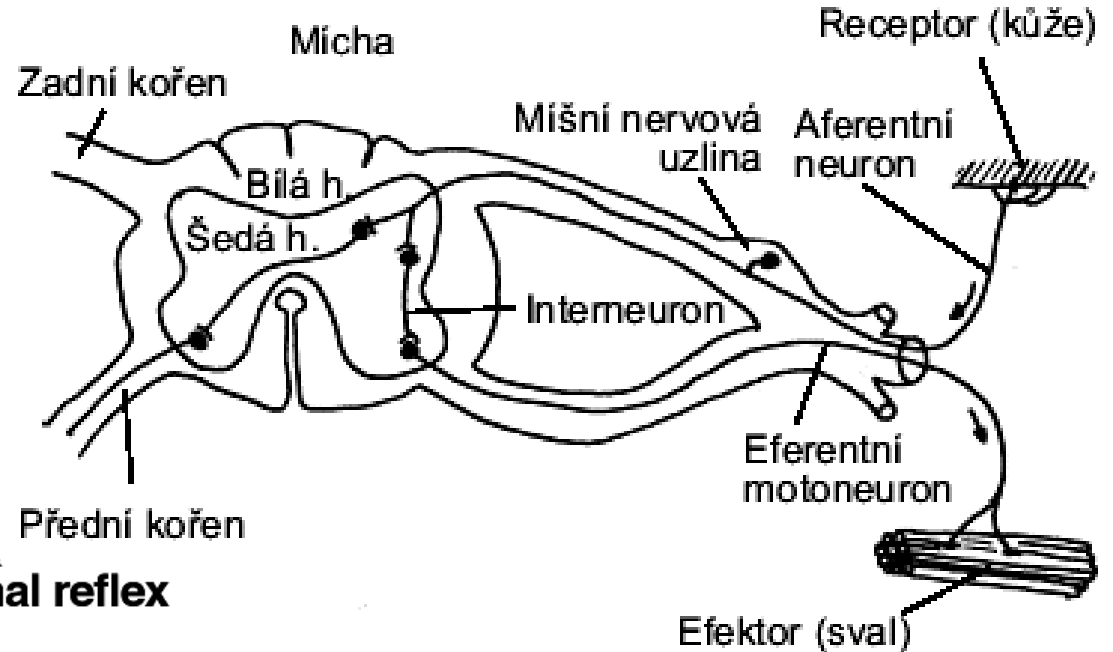
Spolupráce s gliovými buňkami.



# Základní stavební

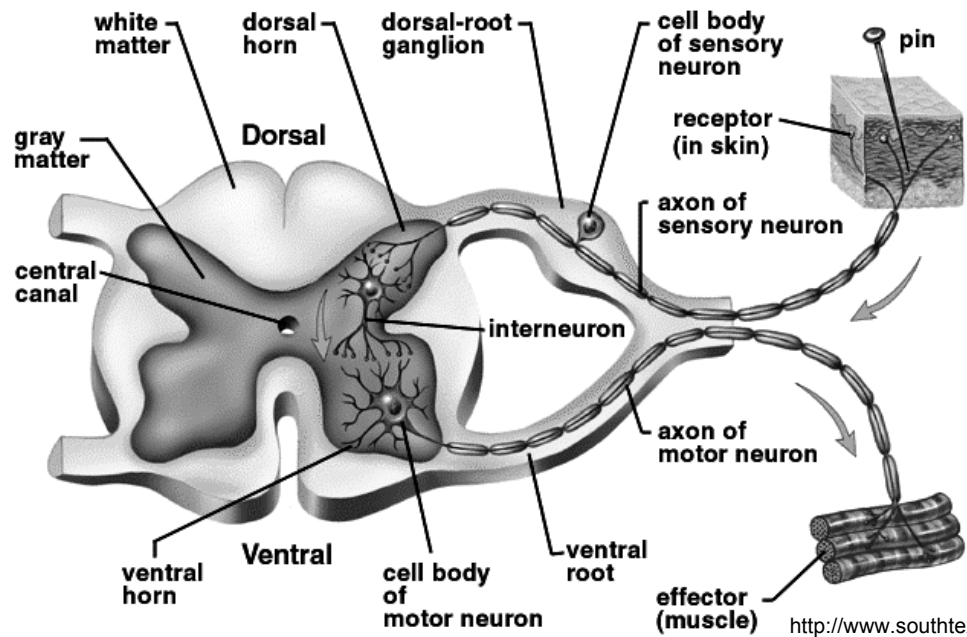
a

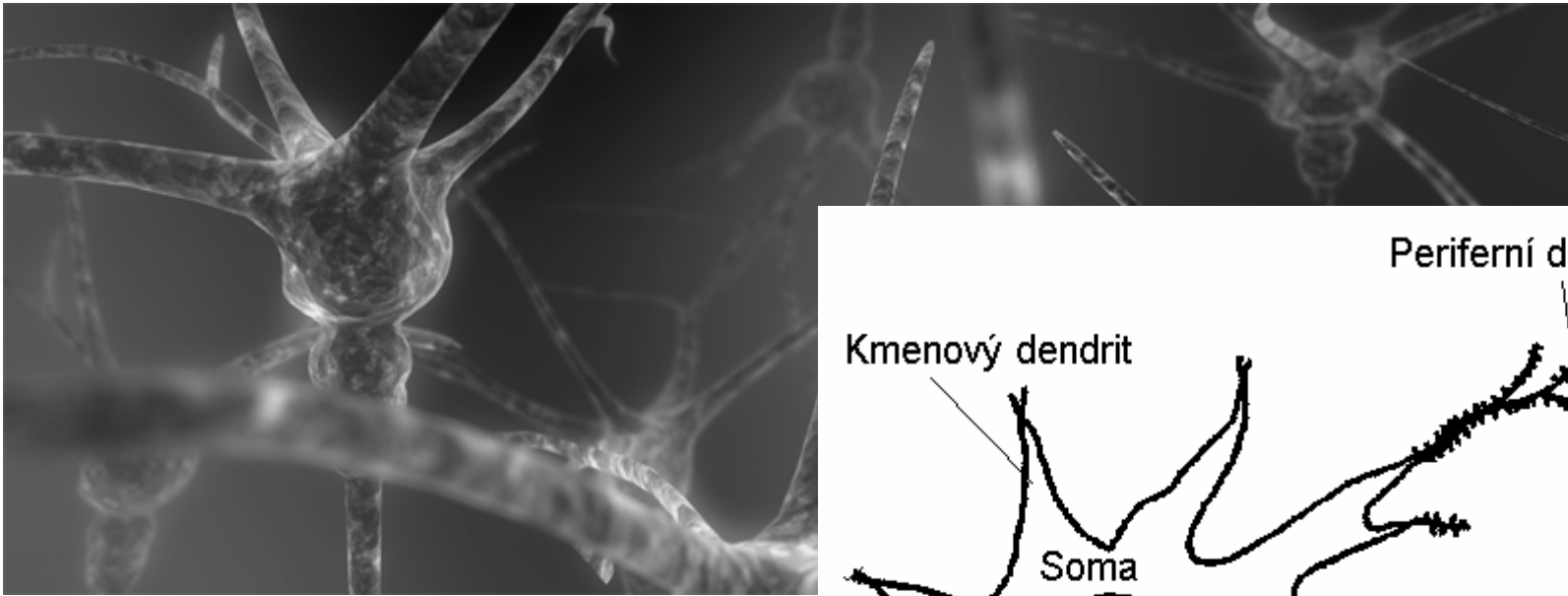
# funkční plán nervové soustavy.



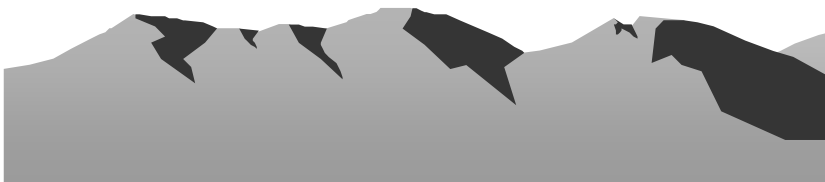
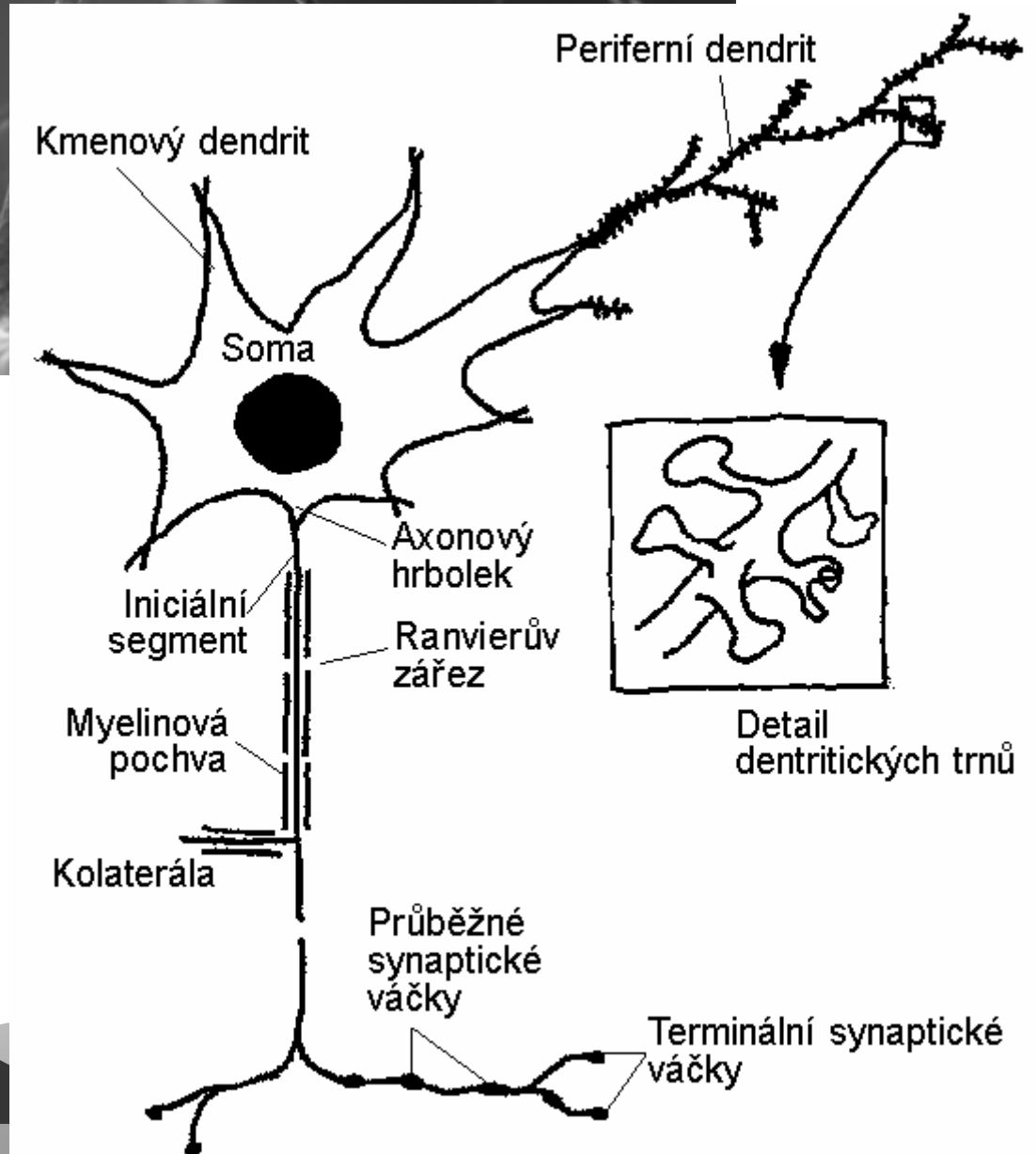
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

## A reflex arc showing the path of a spinal reflex



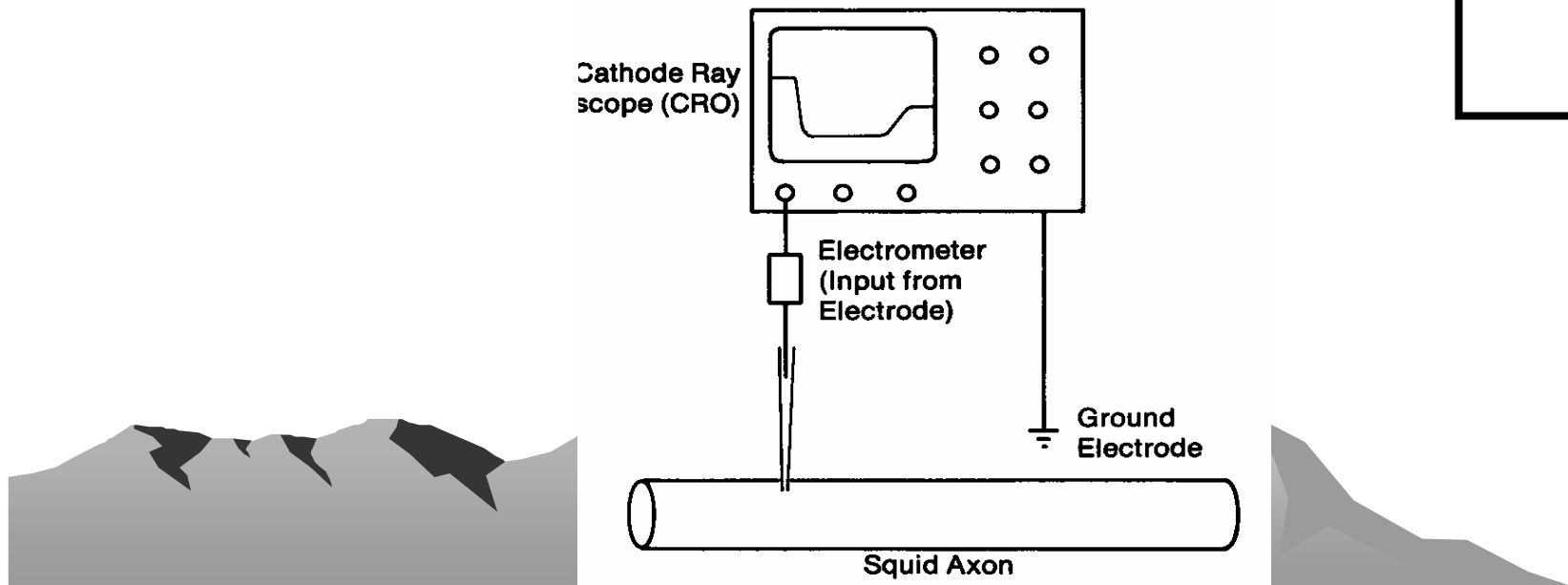


## Neuron a jeho součásti

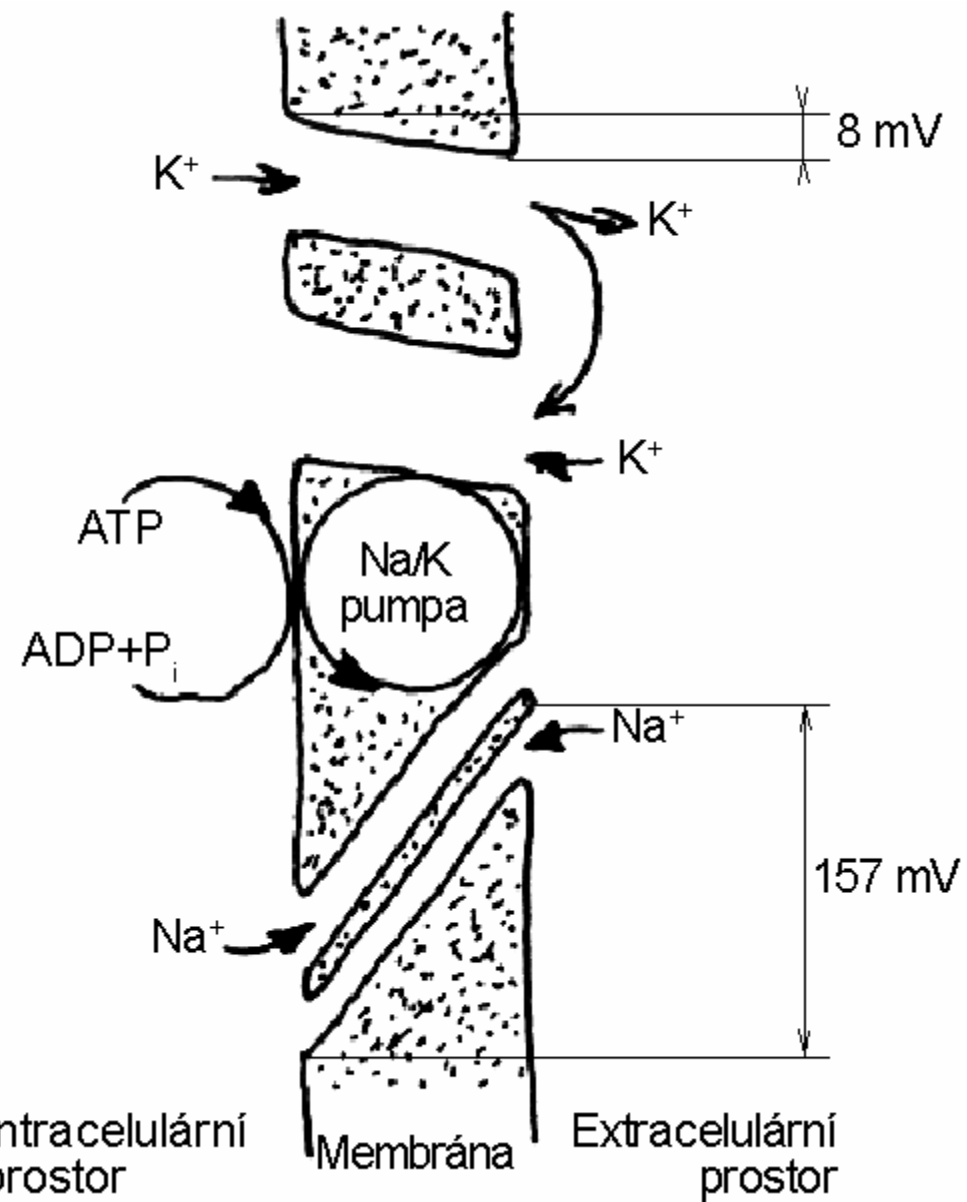


Koncentrace hlavních iontů na membráně v klidu.

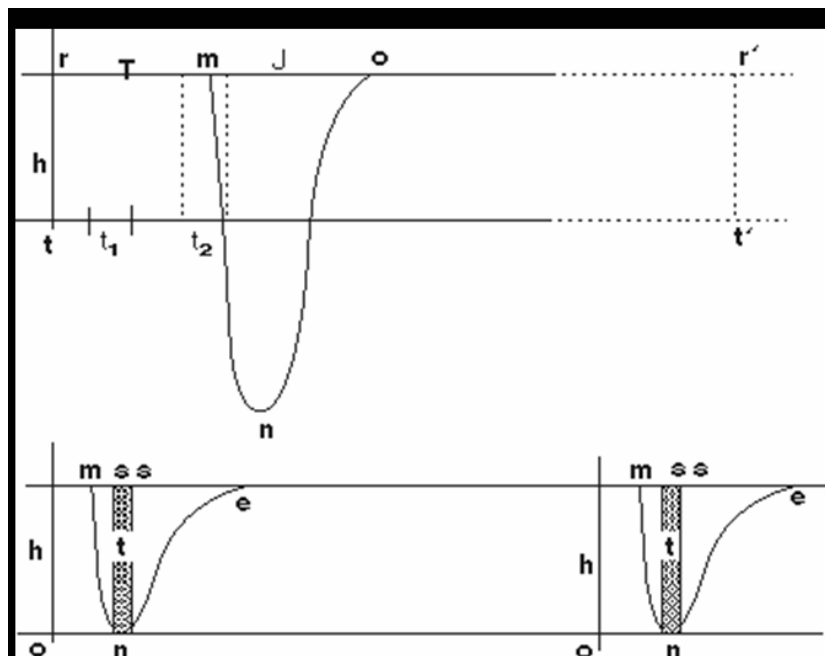
Iont	Koncentrace		Gradient Intra/Extra	Rovnovážný potenciál
	Intracelulární	Extracelulární		
Na <sup>+</sup>	12 mmol/l	145 mmol/l	1:12	+67 mV
K <sup>+</sup>	155 mmol/l	4 mmol/l	39:1	-98 mV
Cl <sup>-</sup>	4 mmol/l	123 mmol/l	1:31	-90 mV
volný Ca <sup>2+</sup>	10 <sup>-4</sup> mmol/l	1,5 mmol/l	1:15.000	+129 mV
fixní anionty	155 mmol/l			



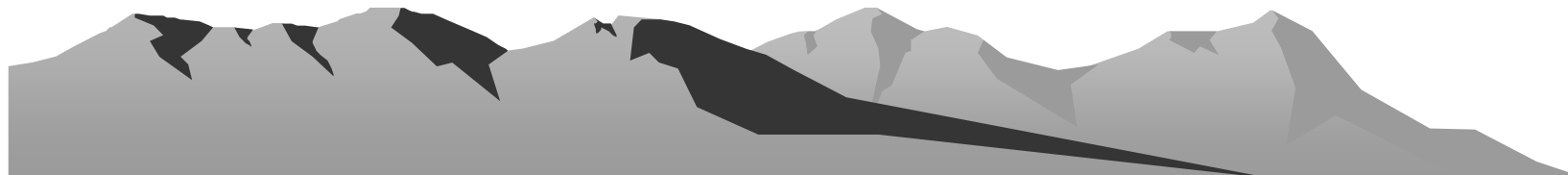
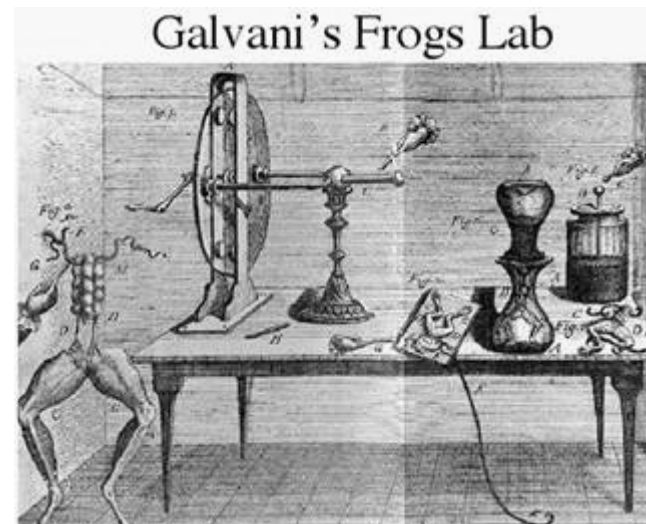
Rozdílné postavení Na a K iontů



# Akční potenciál



Horní záznam odpovídá průběhu "nervového akčního proudu", tak jak jej Bernstein naměřil r. 1868 a publikoval r. 1871. Na spodním záznamu, který Bernstein publikoval v Elektrobiologii r. 1913, chybí překmit "akčního proudu" do kladných hodnot (průběhy jsou zaznamenány s opačnou polaritou, než na jakou jsme dnes zvyklí).



**Jak se dnes měří a jak vypadá?**

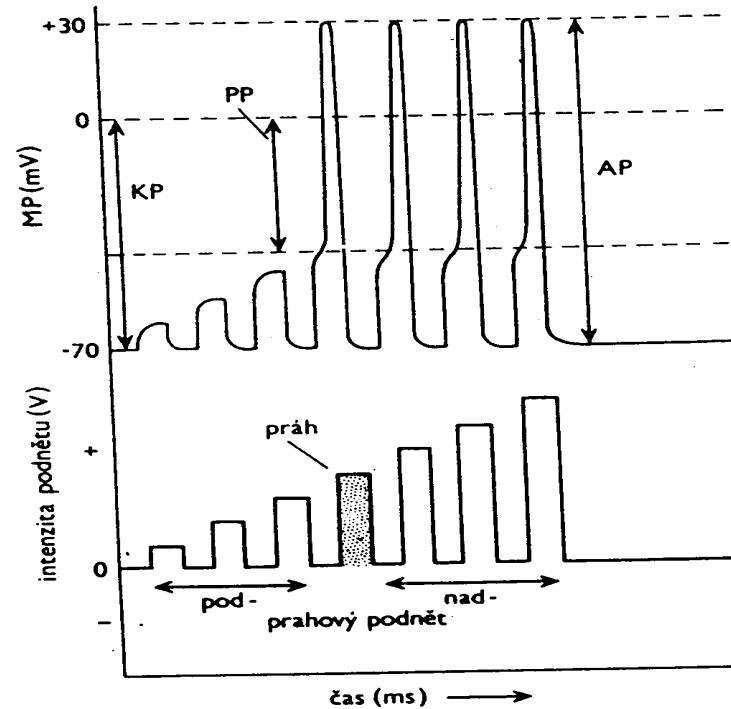
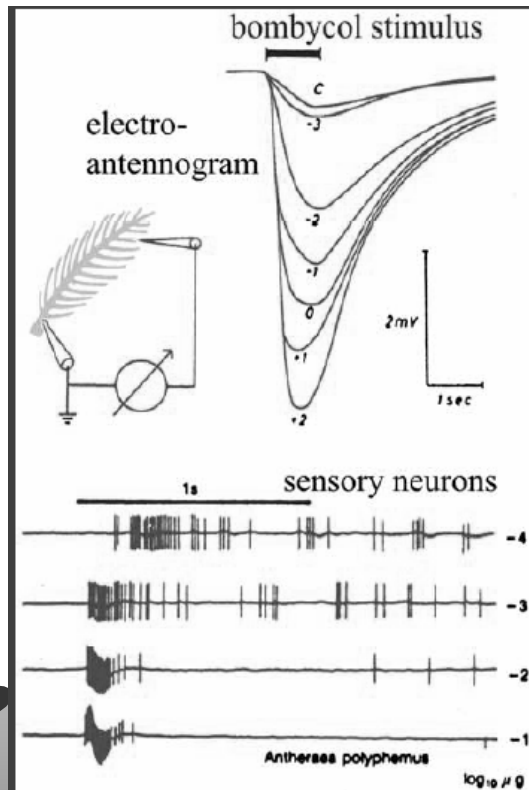
<http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/neurophysiology/index.html>





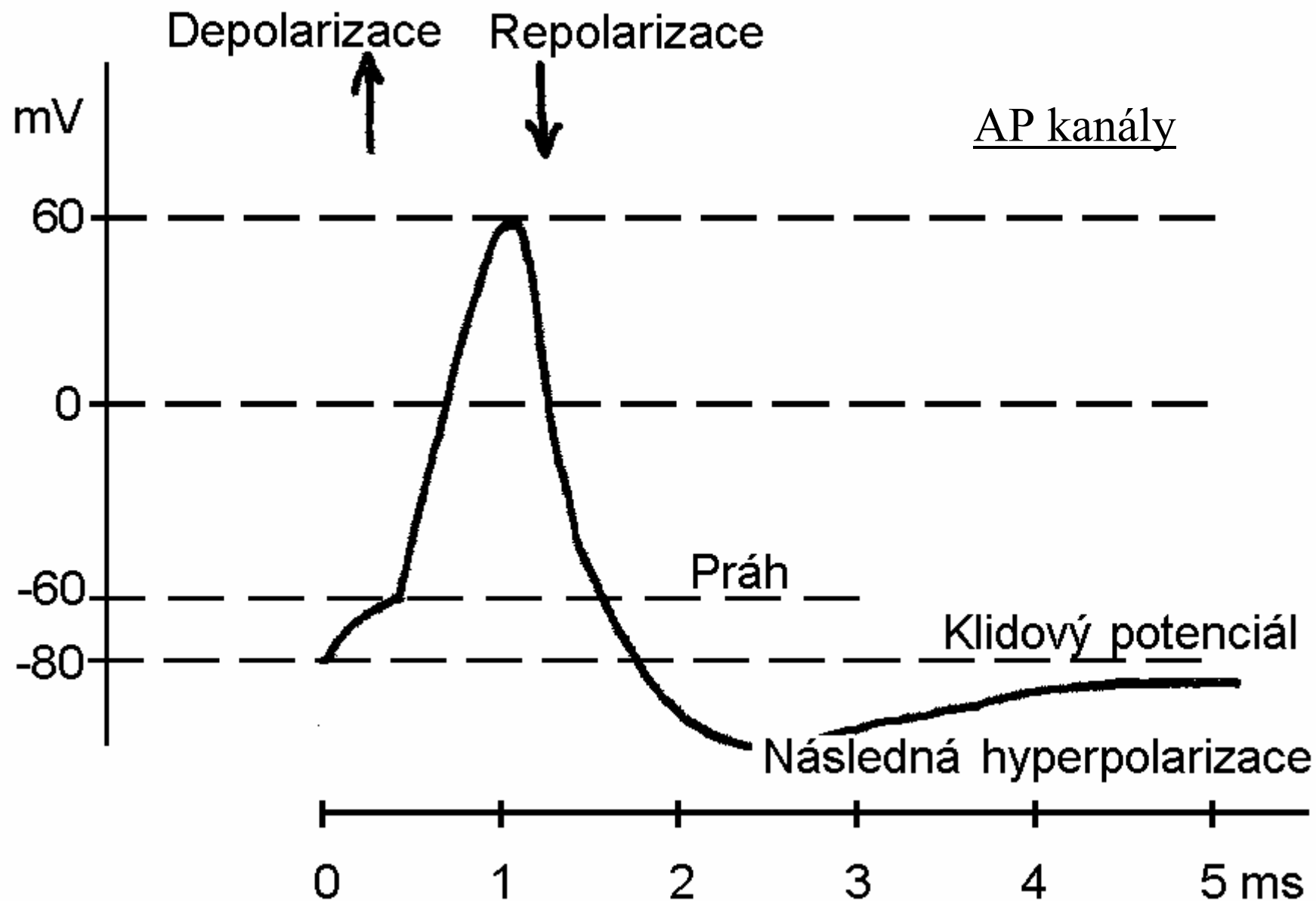
# Akční potenciál

Buď nevznikne vůbec,  
nebo vzniká stále stejně velký.

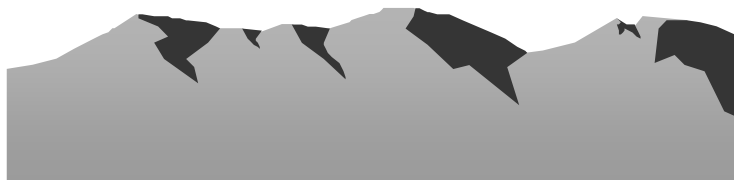
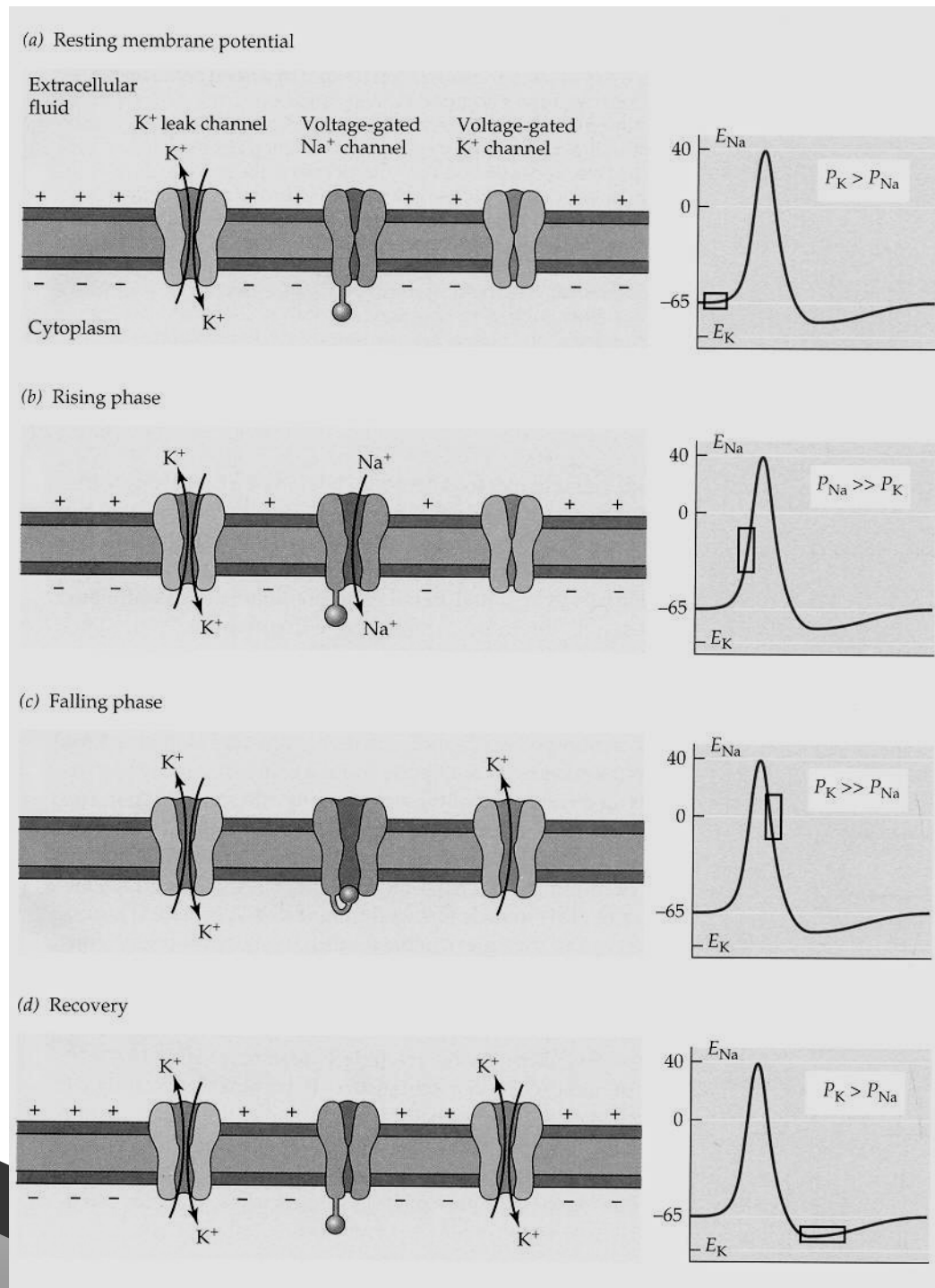


Informace, kterou přenáší, je zapsána do frekvence.

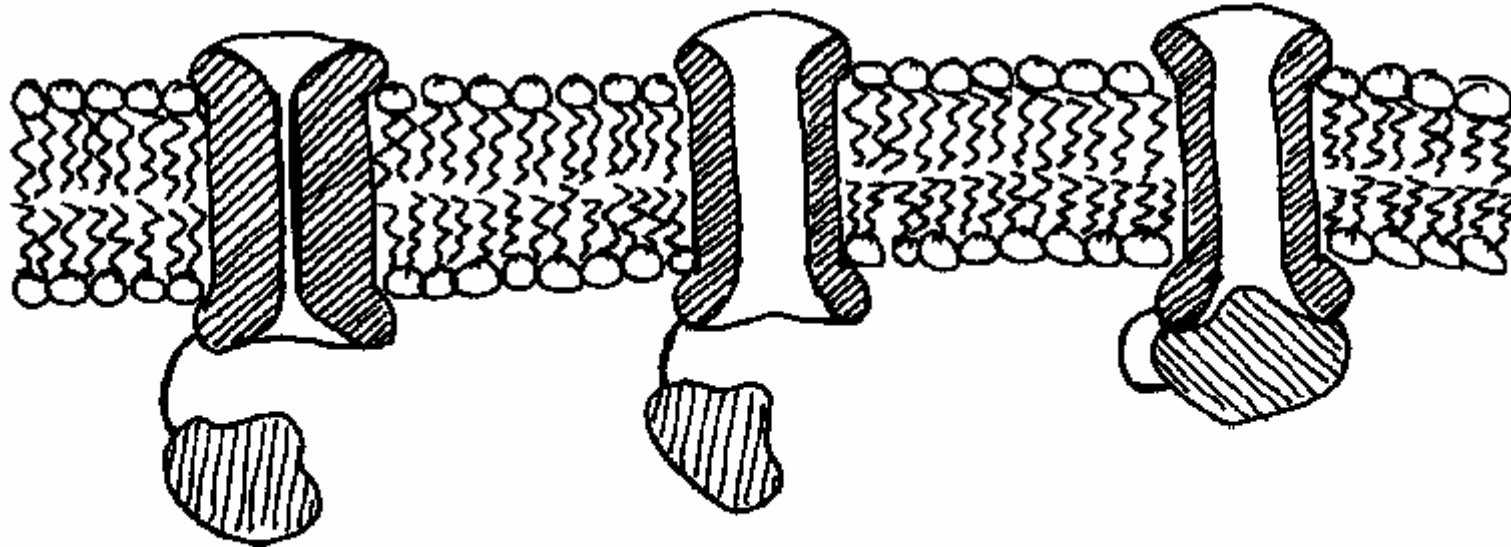
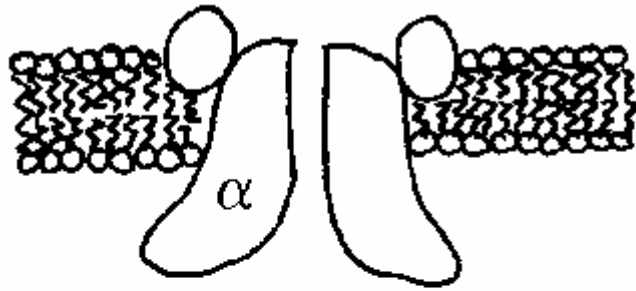
# Časový záznam AP



# Mechanismus vzniku: Spolupráce kanálů při vzniku AP



Napětově řízený Na kanál – podmínka pro depolarizaci při vzniku AP  
3 stavy

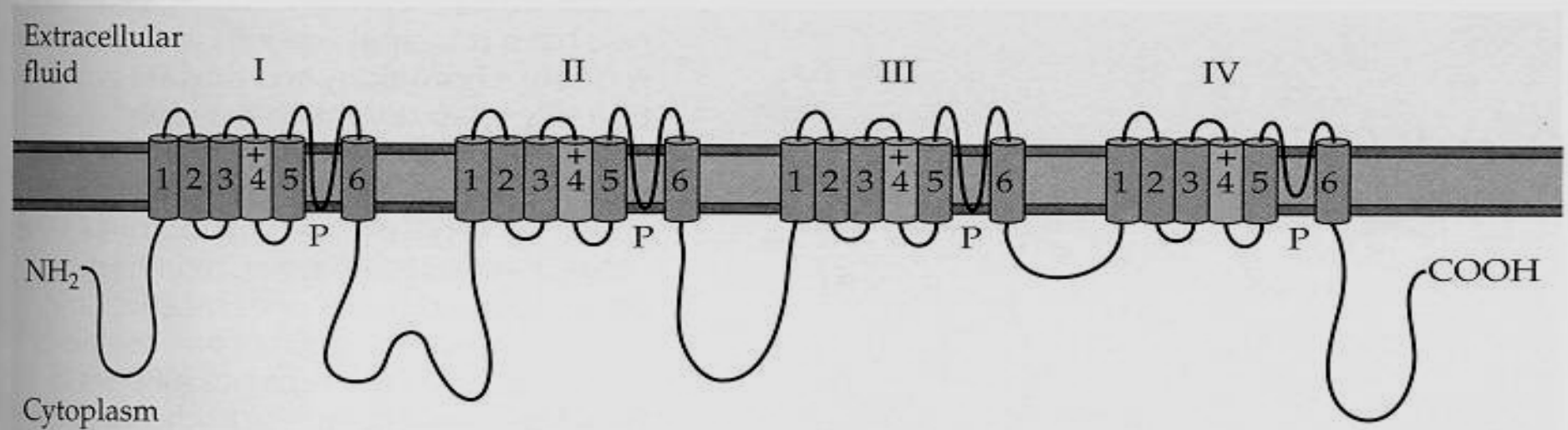


Zavřený

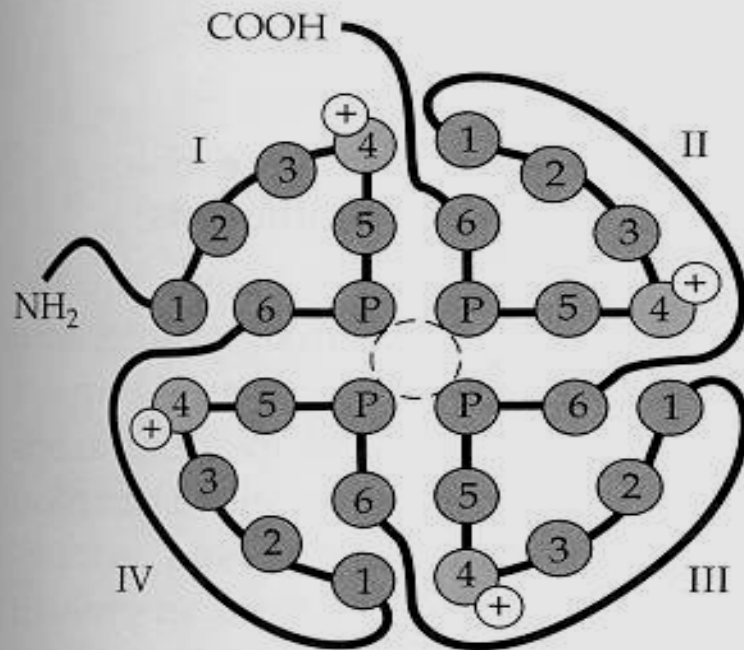
Otevřený

Inaktivovaný

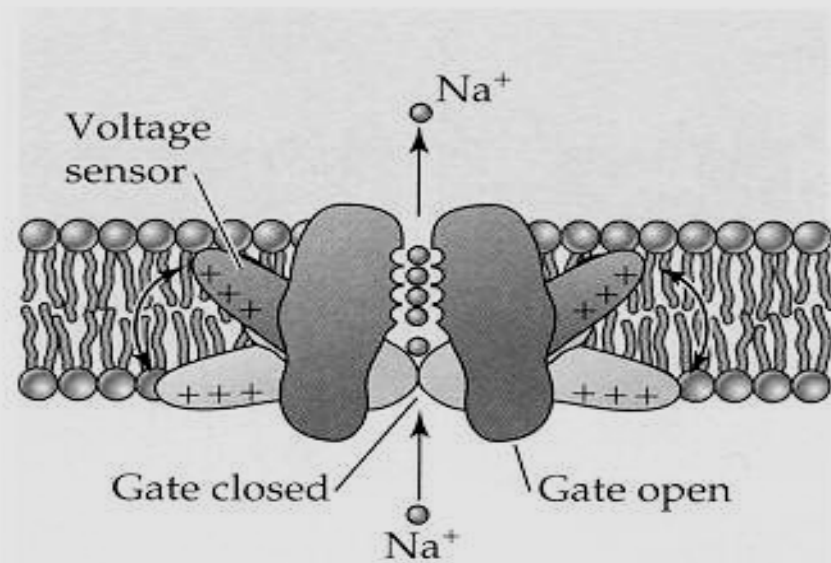
(a) Topology of voltage-gated Na<sup>+</sup> channels



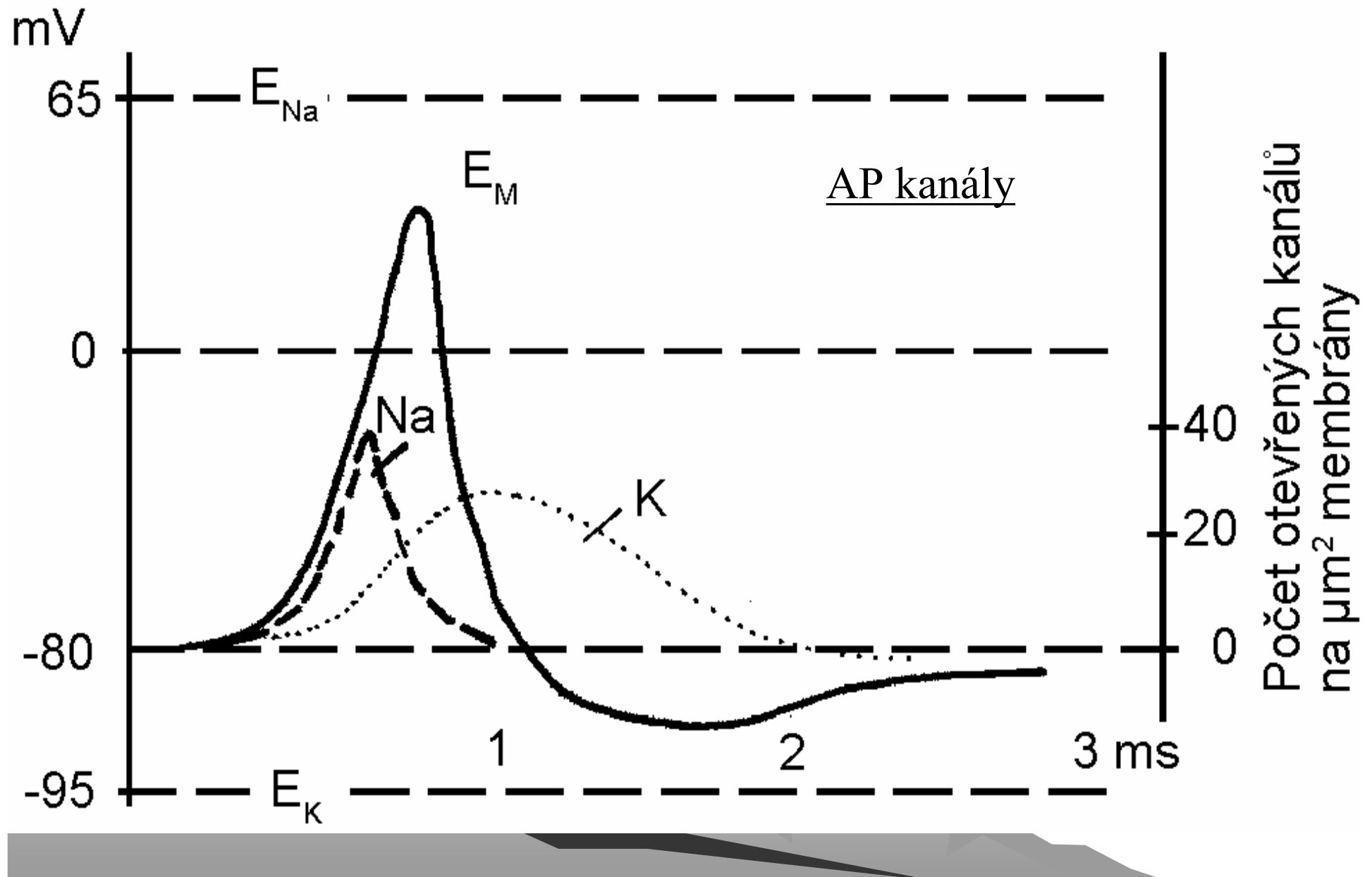
(b) Surface view of a Na<sup>+</sup> channel



(c) Voltage-dependent conformational change

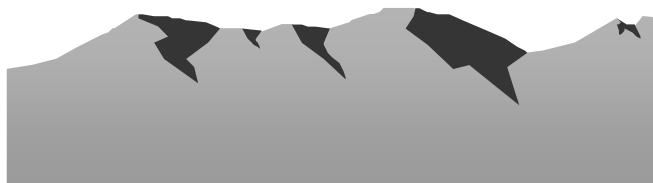
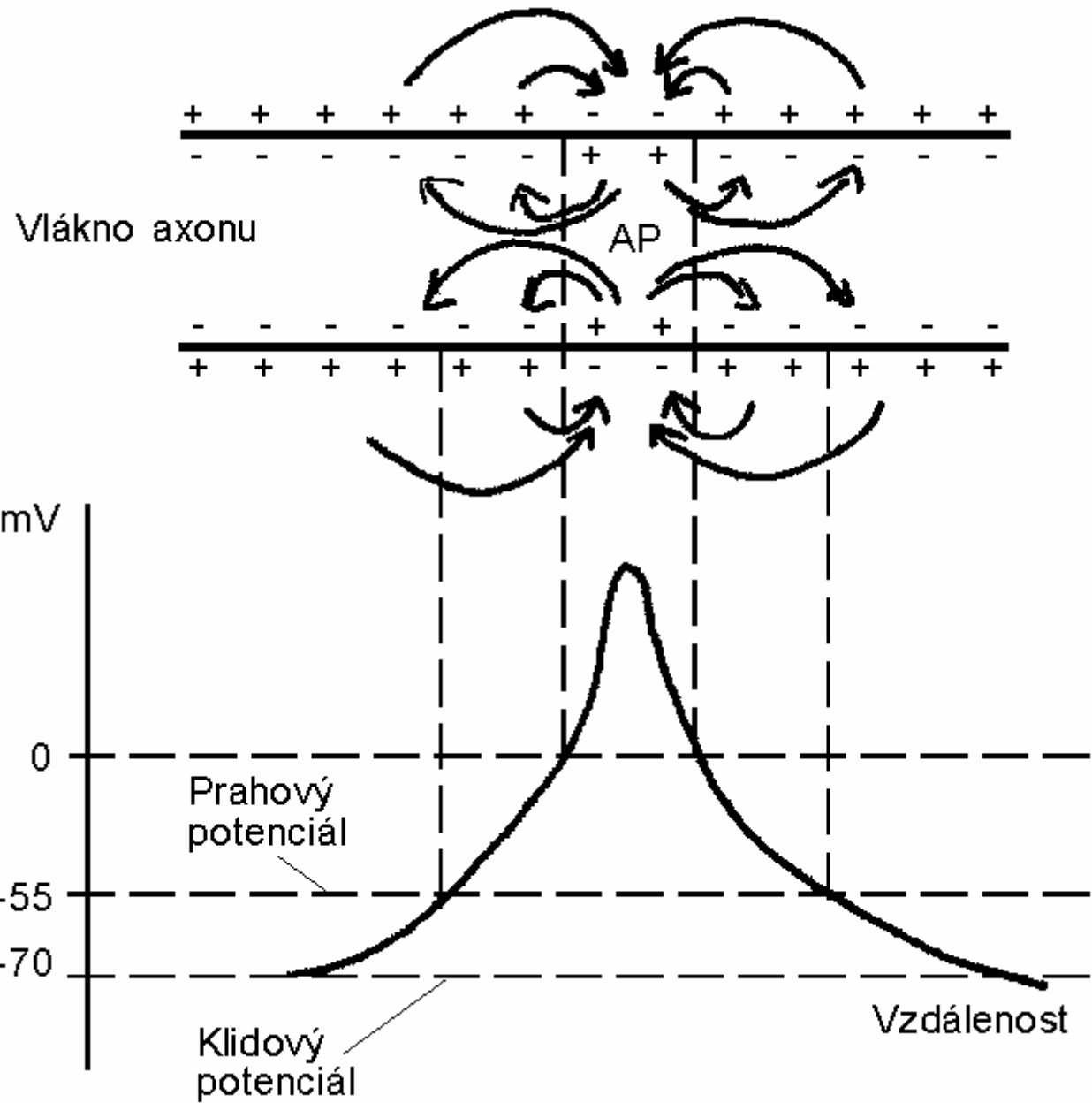


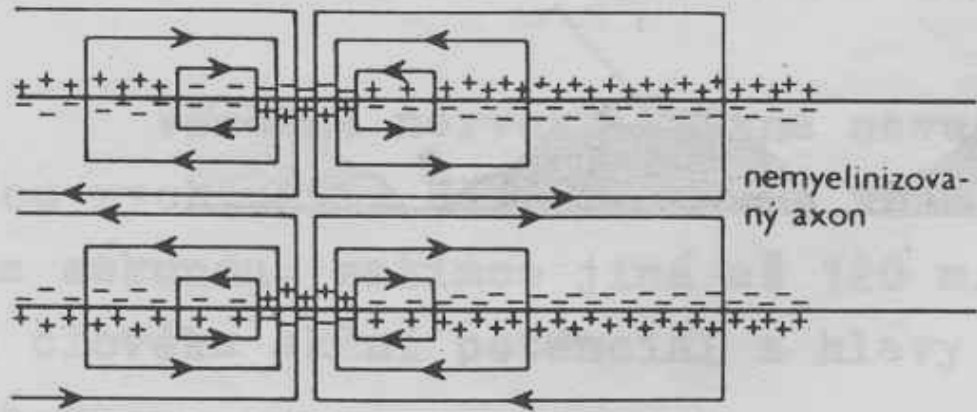
Převažující Na propustnost vystřídá K propustnost – propustnější má větší slovo a táhne membránu ke svému rovnovážnému napětí.



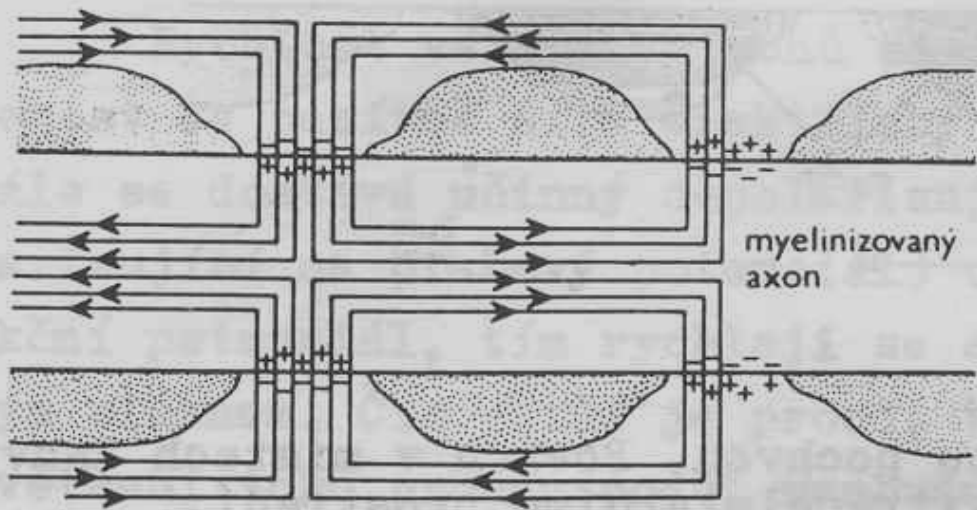
Šíření podél membrány.  
Kromě příčného i podélný  
tok iontů.

Záleží na průměru.





nemyelinizovaný axon



myelinizovaný axon

Šíření podél membrány.

Záleží také na myelinizaci.

Šíření AP1  
Šíření AP2

Obr. 17

Tok iontového proudu v průběhu akčního potenciálu v myelinizovaném a nemyelinizovaném axonu.



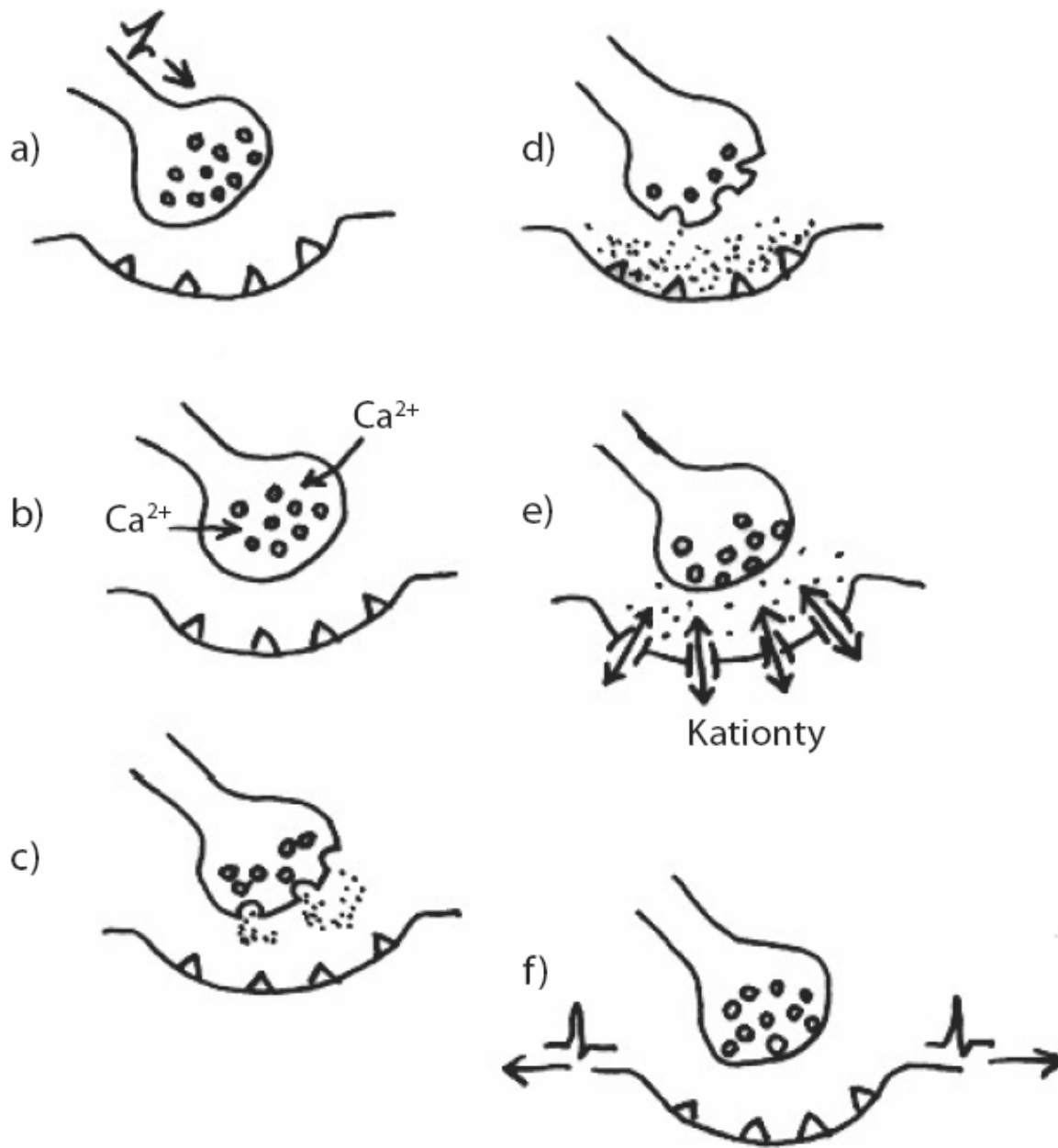
# Synapse

Přerušeni elektrického vedení po membráně.

Proč?

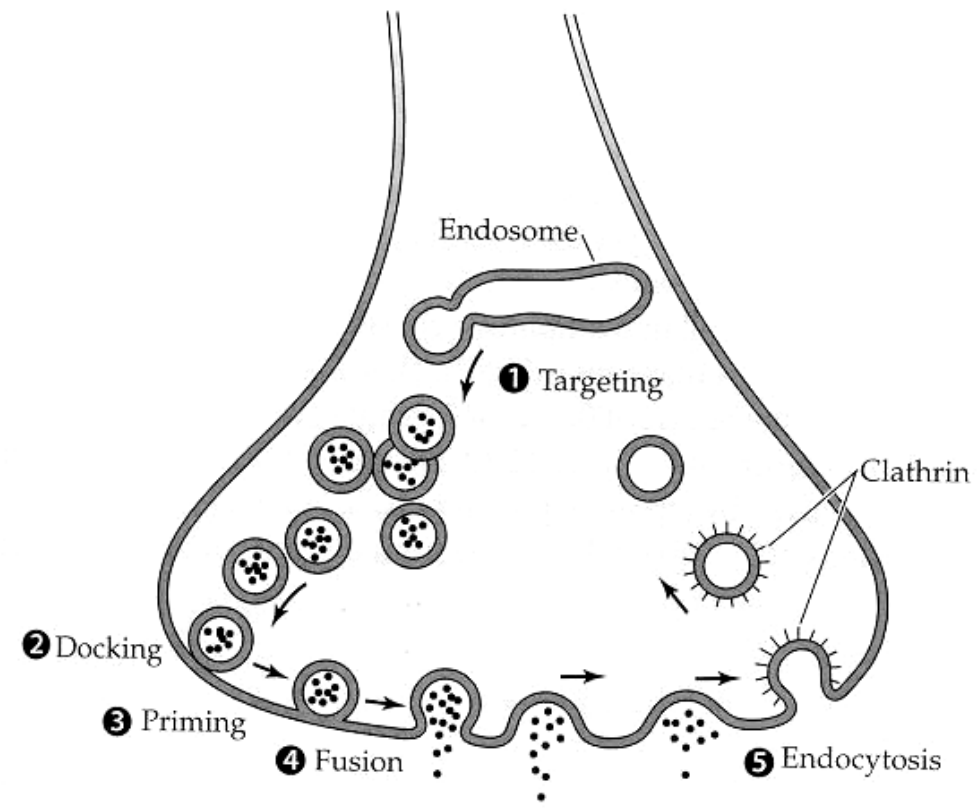
Plasticita, zpracování

Chemický prostředník



Chemický prostředník:  
Exocytóza mediátoru

(a) Overview of vesicle recycling

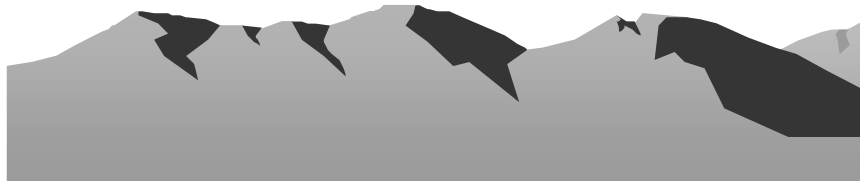


(b) Retrieval of the vesicular membrane

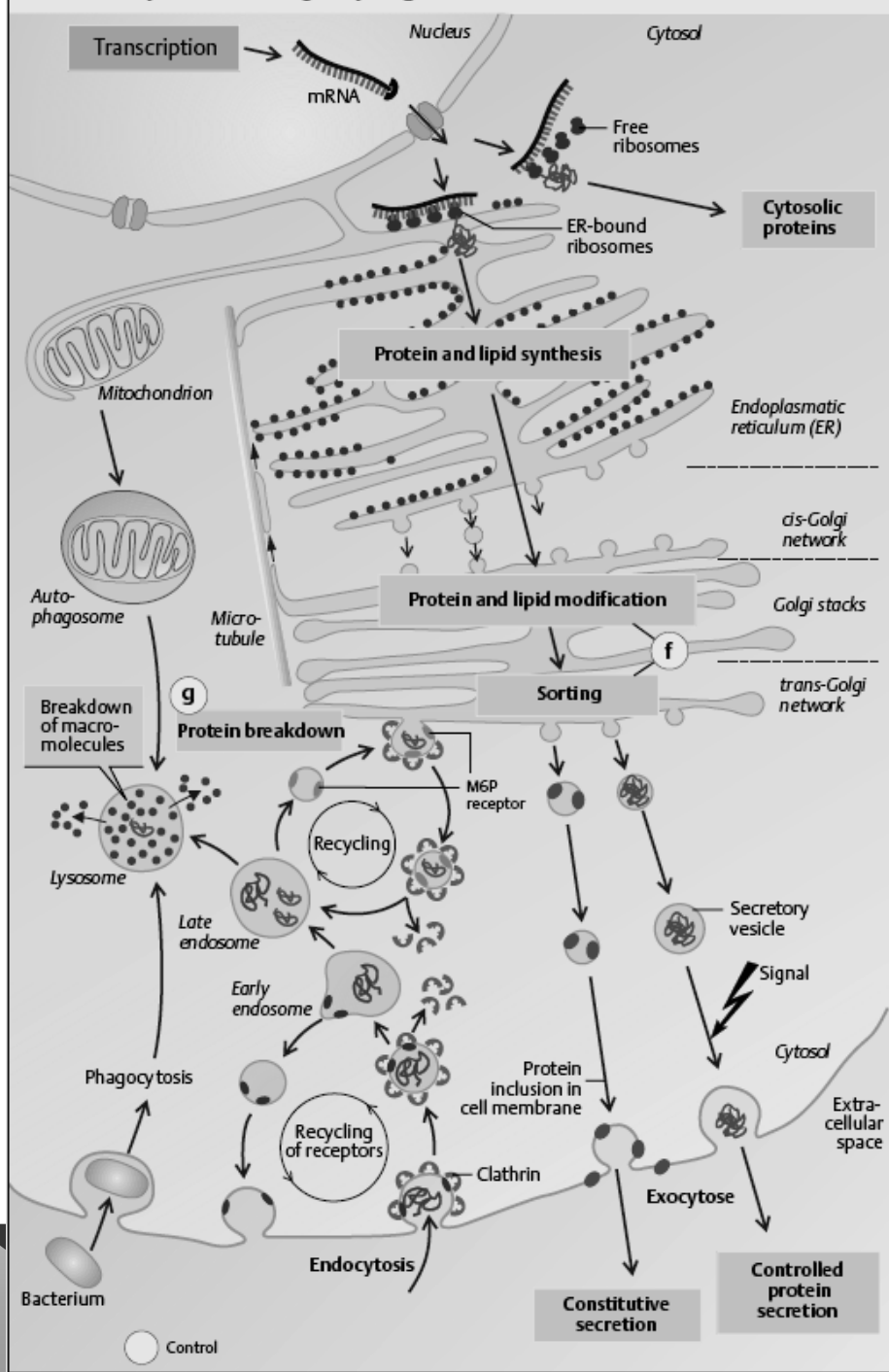


In the classical pathway, the vesicular membrane completely fuses with the presynaptic membrane, then is retrieved by endocytosis.

In the kiss-and-run pathway, synaptic vesicles fuse to the membrane only at a narrow fusion pore.



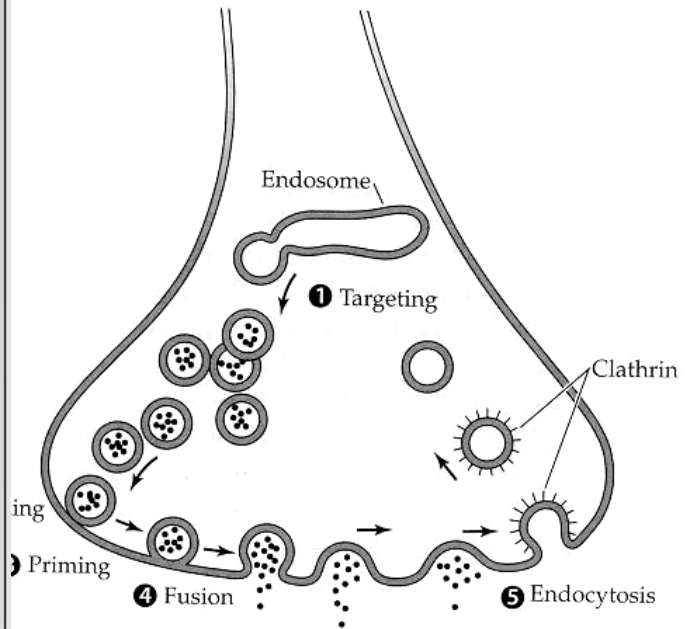
F. Protein synthesis, sorting, recycling, and breakdown



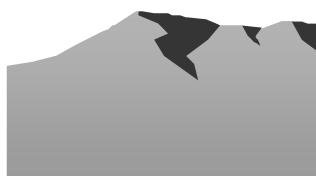
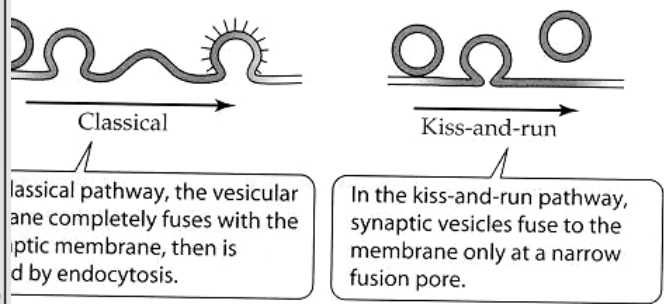
Superrychlá  
cytóza

Klatrin tvoří  
vesikuly

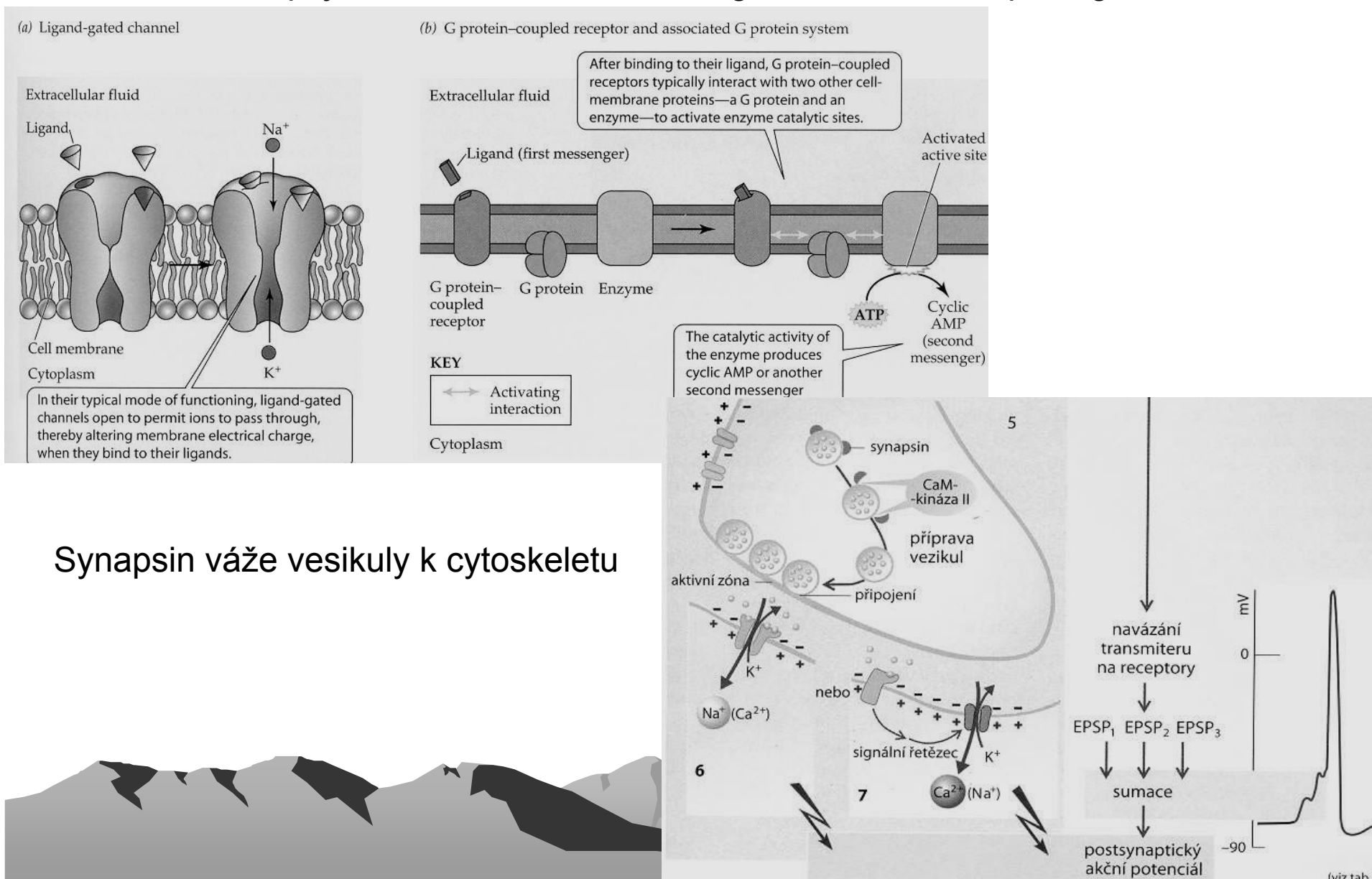
view of vesicle recycling



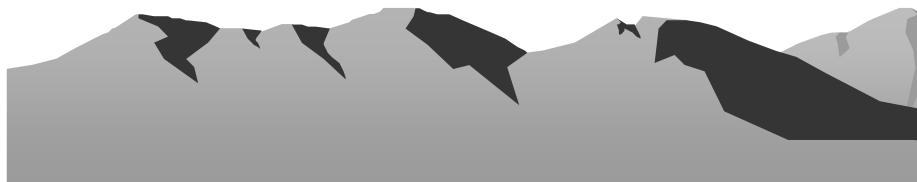
evaluation of the vesicular membrane



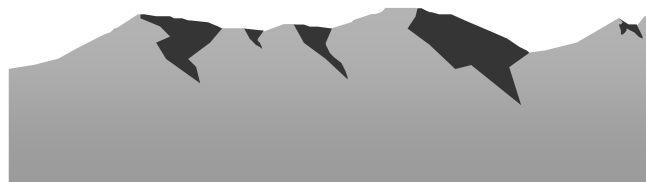
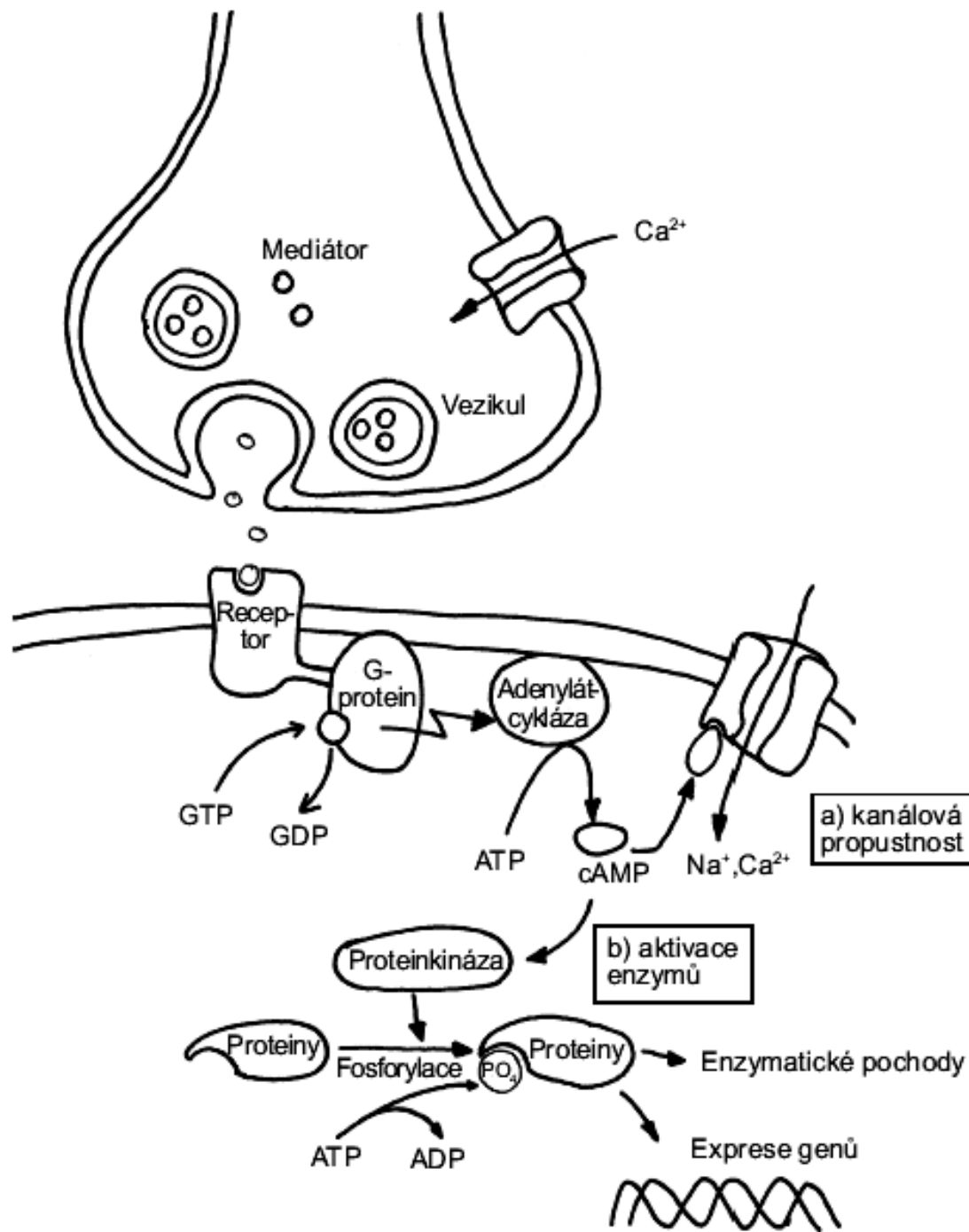
# Receptor je součástí kanálu – ionotropní signalizace nebo spojen s kanálem kaskádou signálů – metabotropní signalizace



Synapsin váže vesikuly k cytoskeletu



Metabotropní signál:  
Intracelulární předání  
signálu jde vyzkoušenou  
cestou G proteinové  
signalizace – univerzální  
mechanismus



# Látková signalizace na synapsi

Metabotropní:

Látková signalizace1

Látková signalizace2

Látková signalizace3

Ionotropní:

Nervosvalová ploténka

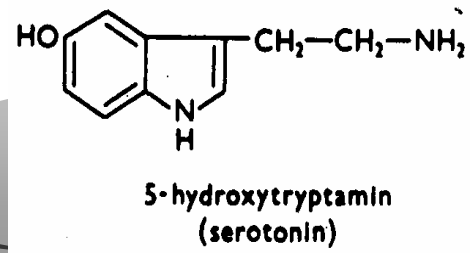
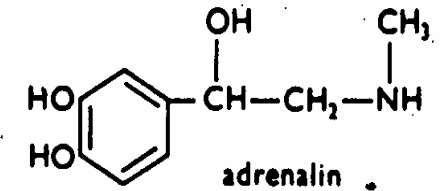
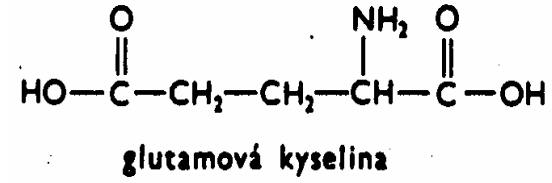
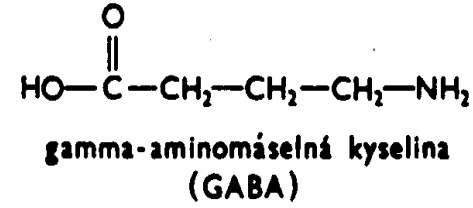
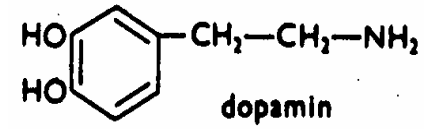
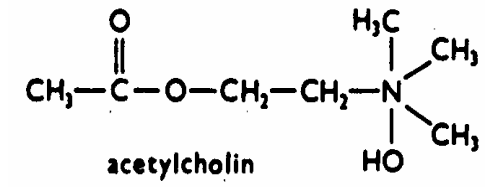


transmitter	typy receptorů	druh receptoru	účinek						
			vodivost pro ionty				druhý posel		
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	cAMP	IP <sub>3</sub> /DAG	
acetylcholin	nikotinový muskarinový: M1, M2, M3	●	↑	↑	↑				↑
ADH (= vazopresin)	V1 V2	●		↑				↓	↑
CCK (= cholecystokinin)	CCK <sub>A-B</sub>	●						↓	↑
dopamin	D1, D5 D2	●		↑	↓			↓	↑
GABA (= γ-aminomáselná kys.)	GABA <sub>A</sub> , GABA <sub>C</sub> GABA <sub>B</sub>	●		↑	↓			↑	↓
glutamát (aspartát)	AMPA kainat NMDA m-GLU	●	↑	↑	↑			↓	↑
glycin	-	●						↑	
histamin	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	●						↓	↑
neurotenzin	-	●						↓	↑
noradrenalin, adrenalin	α <sub>1</sub> (A-D) α <sub>2</sub> (A-C) β <sub>1-3</sub>	●		↑	↓			↓	↑
NPY (= neuropeptid Y)	Y 1-2	●		↑	↓			↓	↑
opioidní peptidy	μ, δ, κ	●		↑	↓			↓	
oxytocin	-	●							↑
puriny	P <sub>1</sub> : A <sub>1</sub> A <sub>2a</sub> P <sub>2x</sub> P <sub>2y</sub>	●		↑	↓			↓	↑
serotonin (= 5-hydroxytryptamin)	5-HT <sub>1</sub> 5-HT <sub>2</sub> 5-HT <sub>3</sub> 5-HT <sub>4-7</sub>	●		↓				↓	↑
somatostatin (= SIH)	SRIF	●		↑	↓			↓	
tachykinin	NK 1-3	●							↑

- aminokyseliny
- katecholaminy
- peptidy
- ostatní

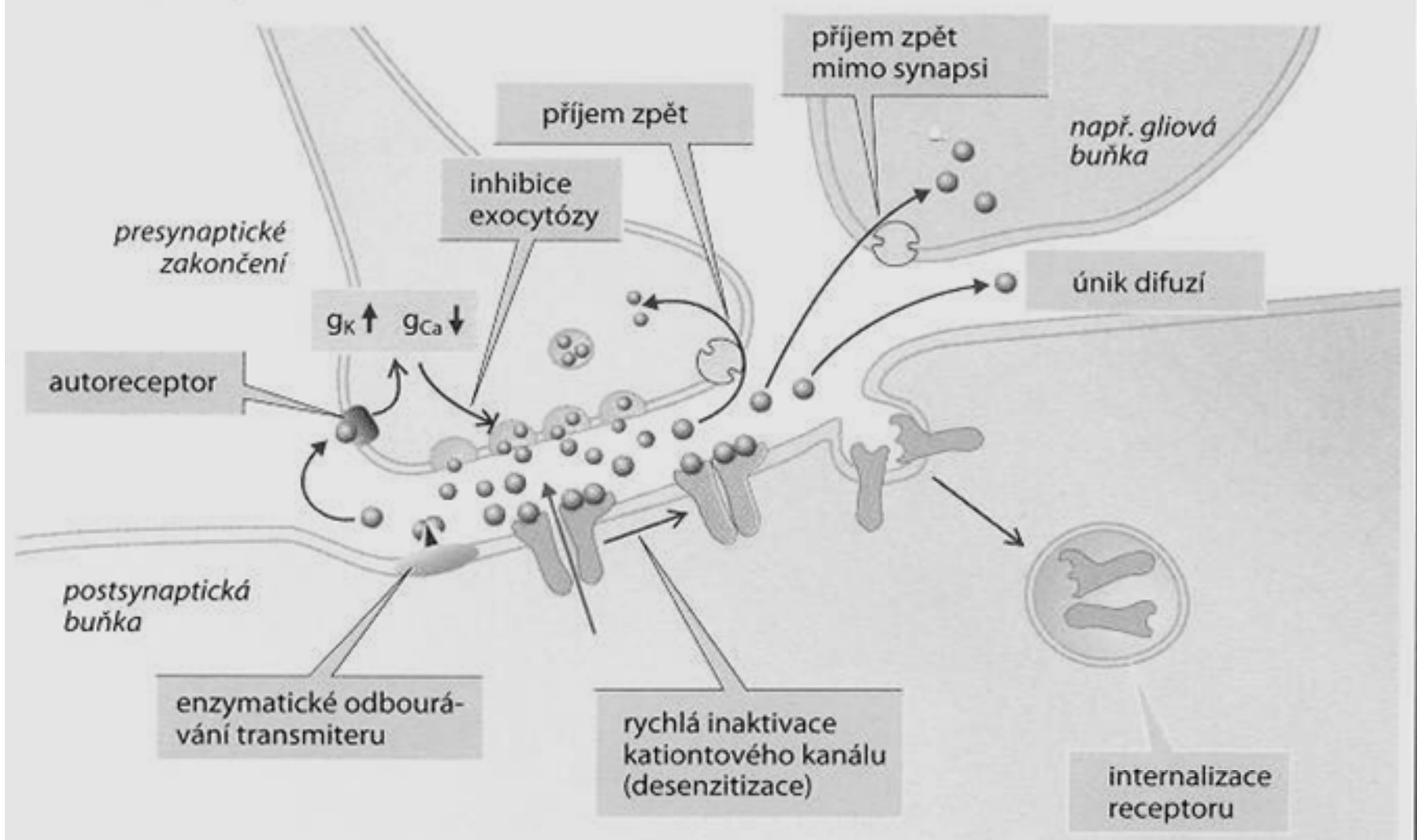


## Mediátory - neurotransmittery



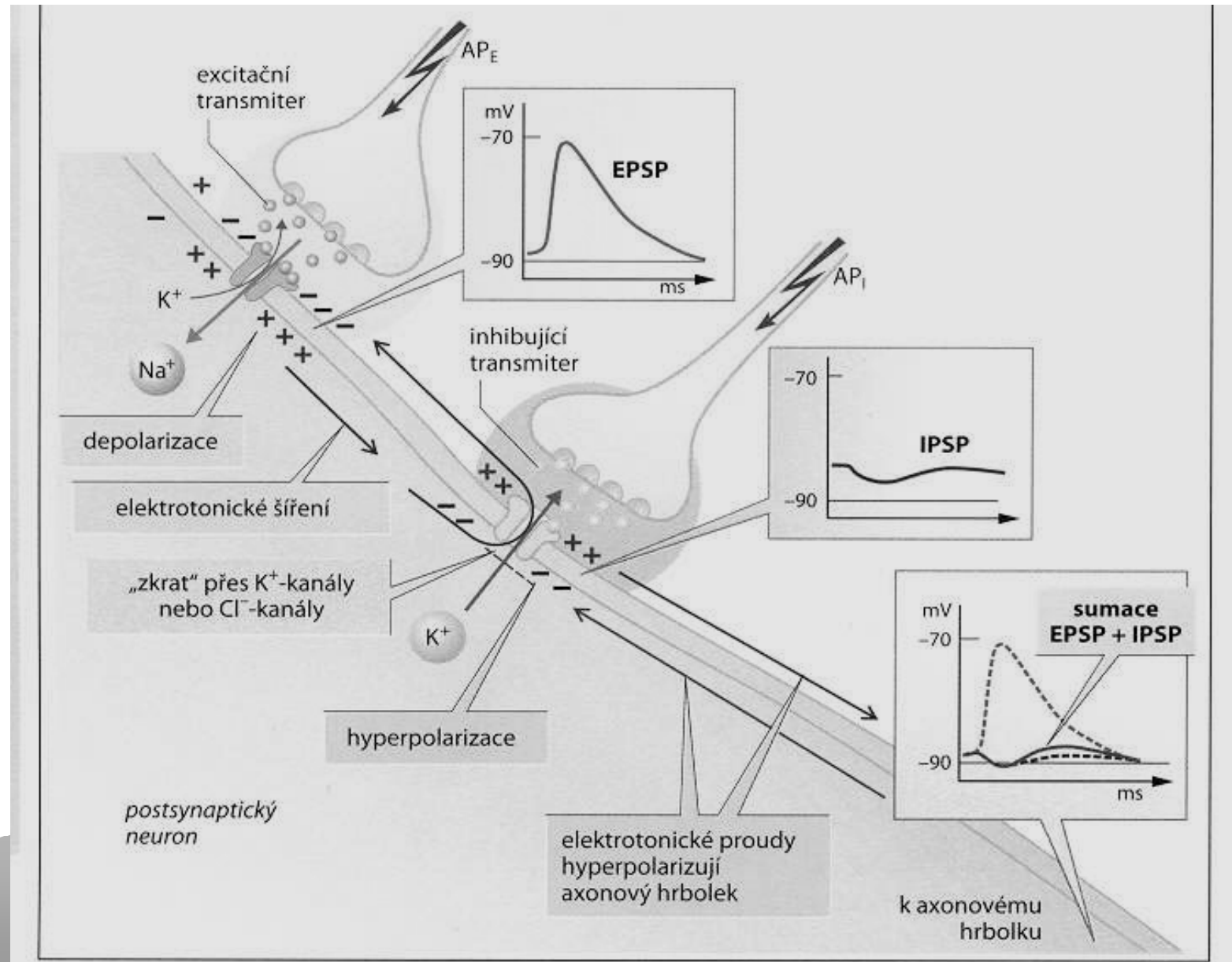
Tab. 2.7 a 2.8 Synaptický přenos III a IV

E. Ukončení působení transmiteru

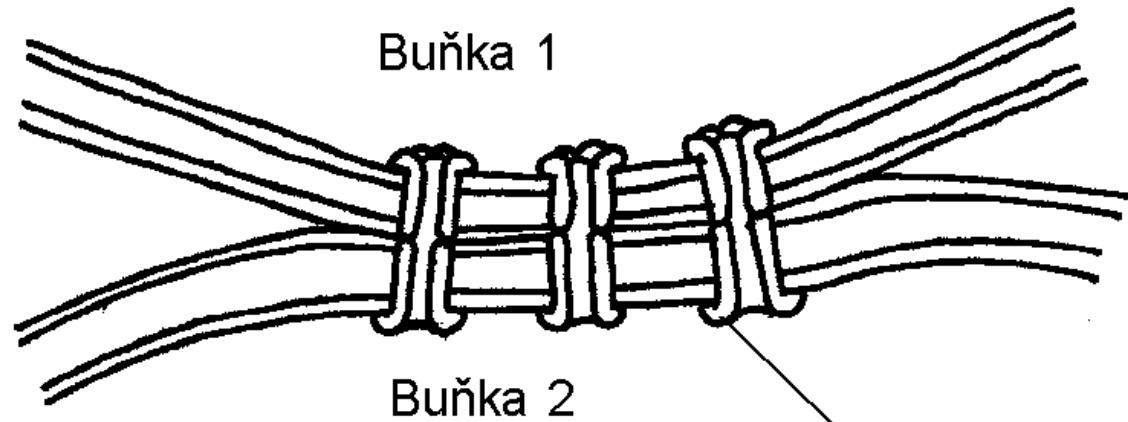




Nemusí být jen excitační, jsou i inhibiční transmitery.



Vzácně i  
elektrická synapse.

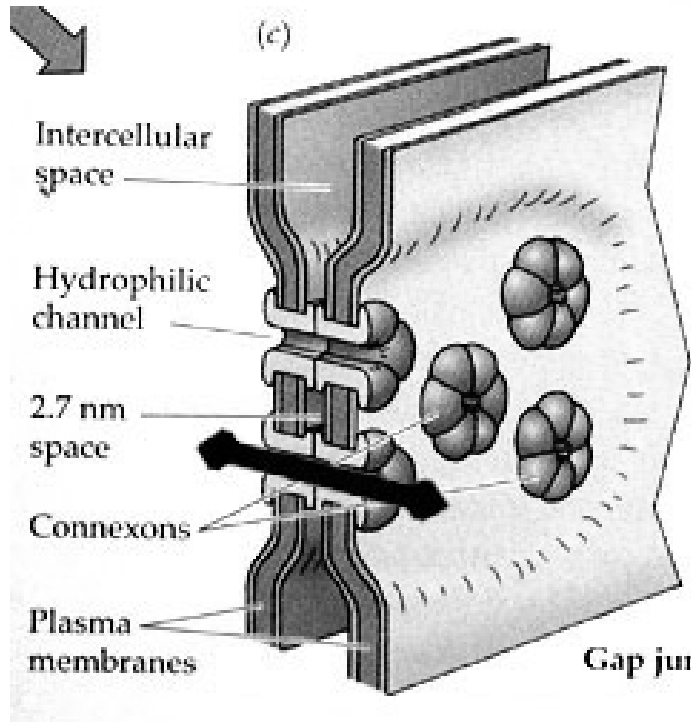
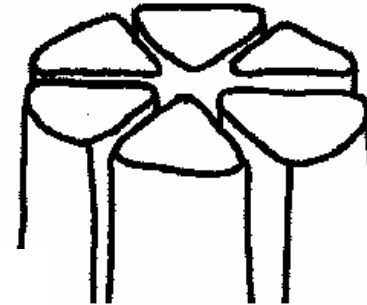


Buňka 1

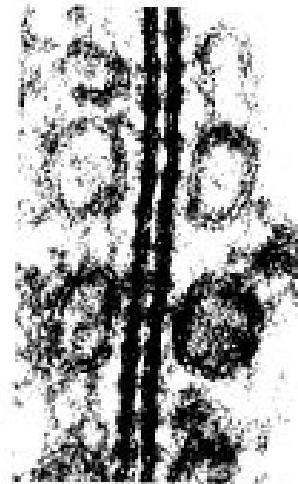
Buňka 2

Kanálek – konexon

Detail kanálku  
tvořeného  
6 podjednotkami



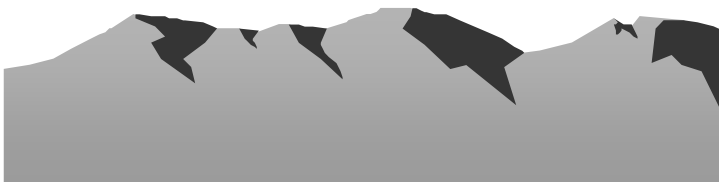
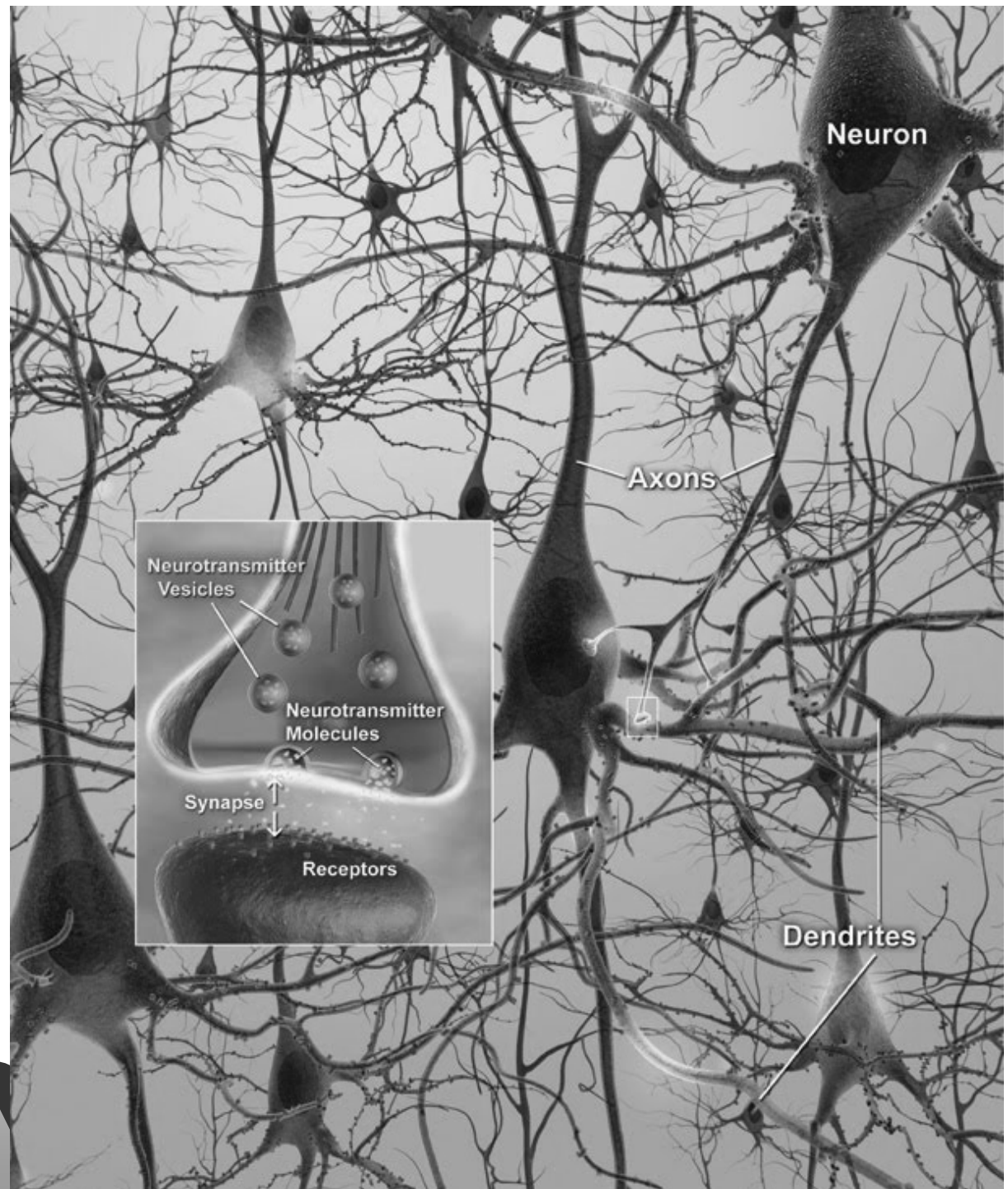
Gap junction



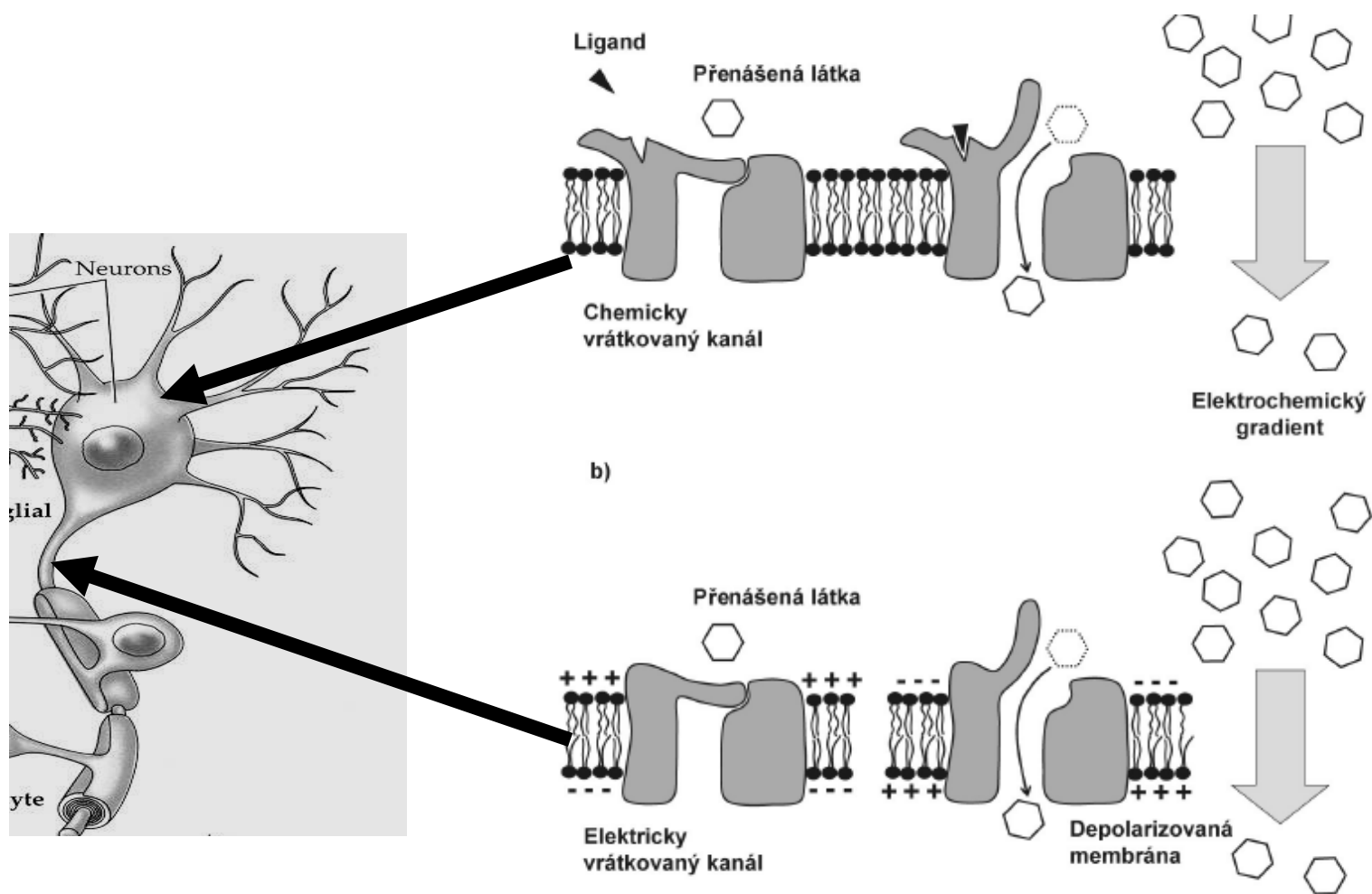
0.1 μm



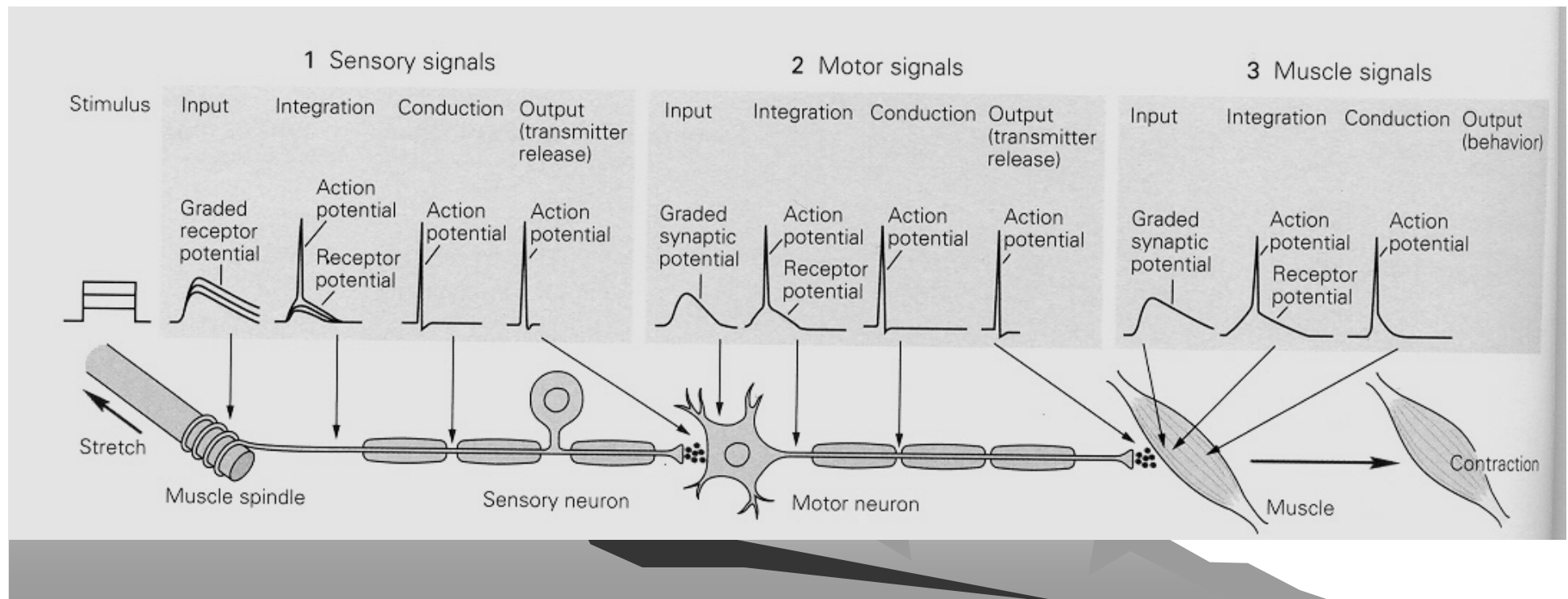
Jak spolu neurony komunikují.



# Dva druhy kanálů – dva druhy kódování Elektricky a chemicky



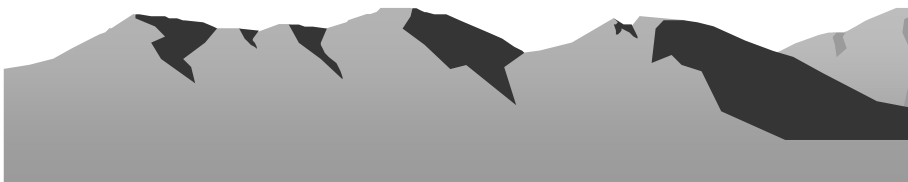
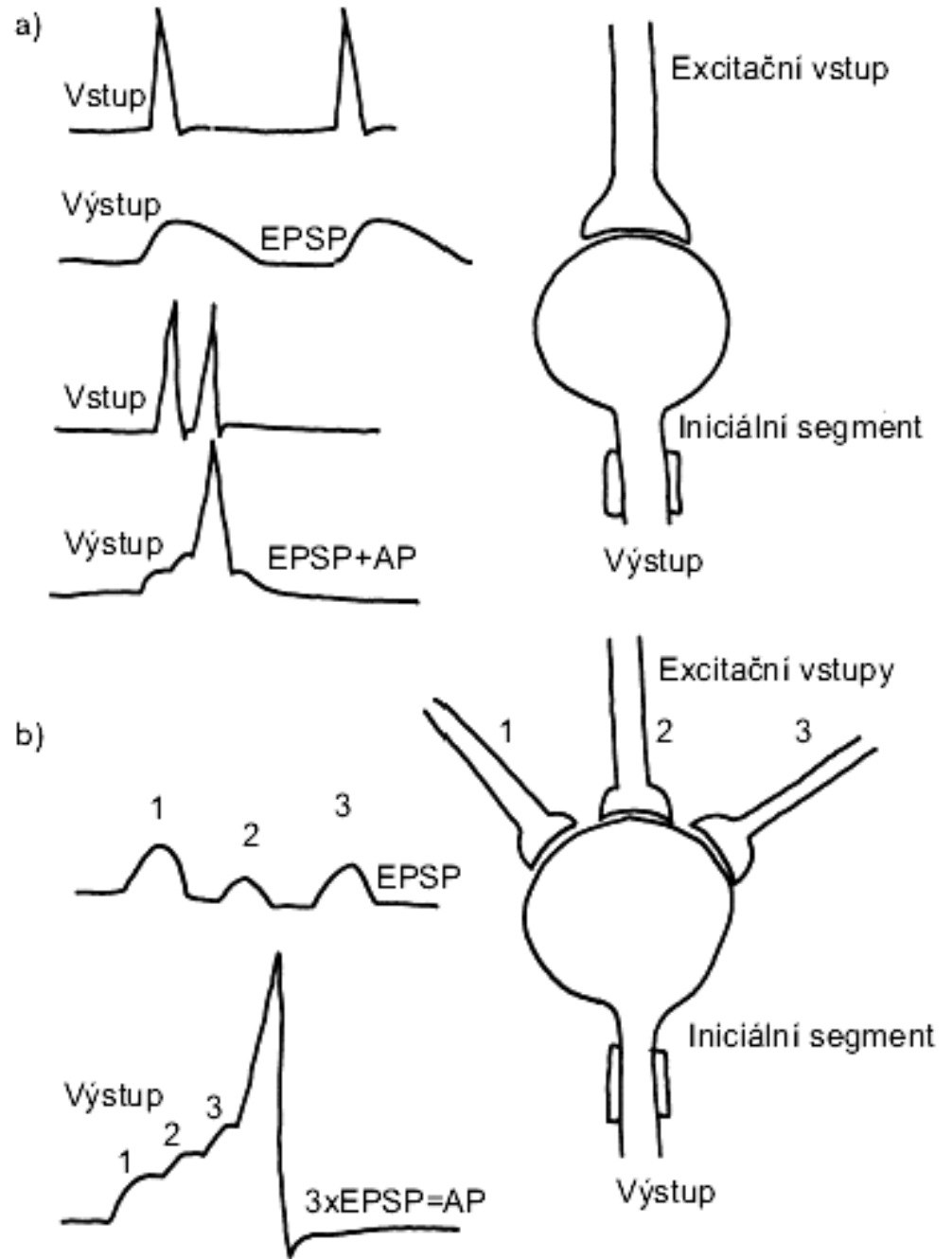
Dva druhy kódování informace  
 Dálkové šíření – digitálně  
 Zpracování - analogově



Smysl:

A) Zpracování: sčítání, syntéza, porovnávání signálů. Integrace vstupů. Časová a prostorová sumace

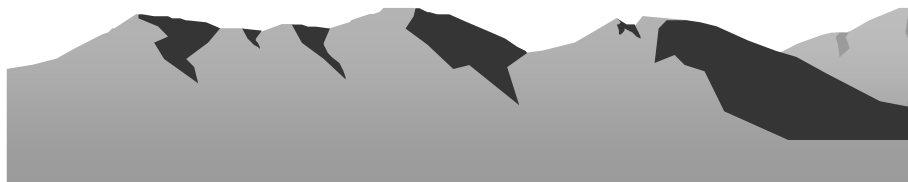
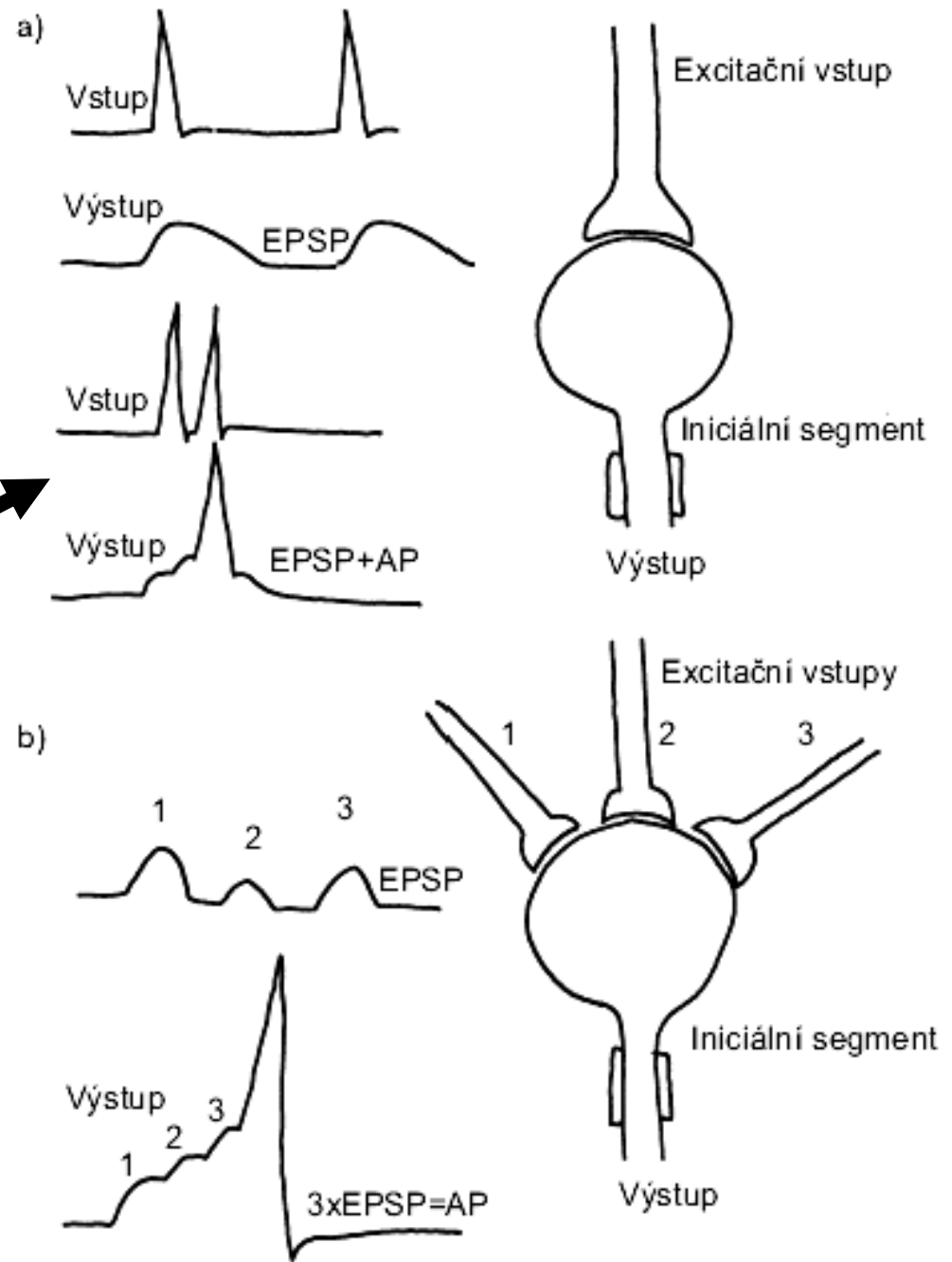
B) Plasticita NS – základ paměti



Smysl:

Zpracování - analogově

Časová sumace

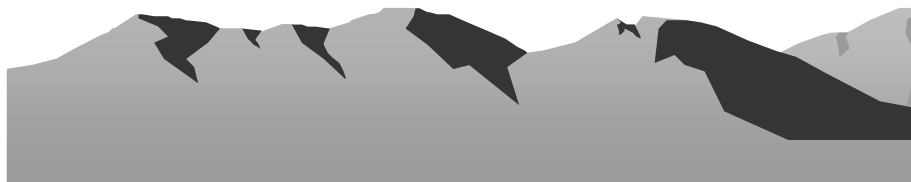
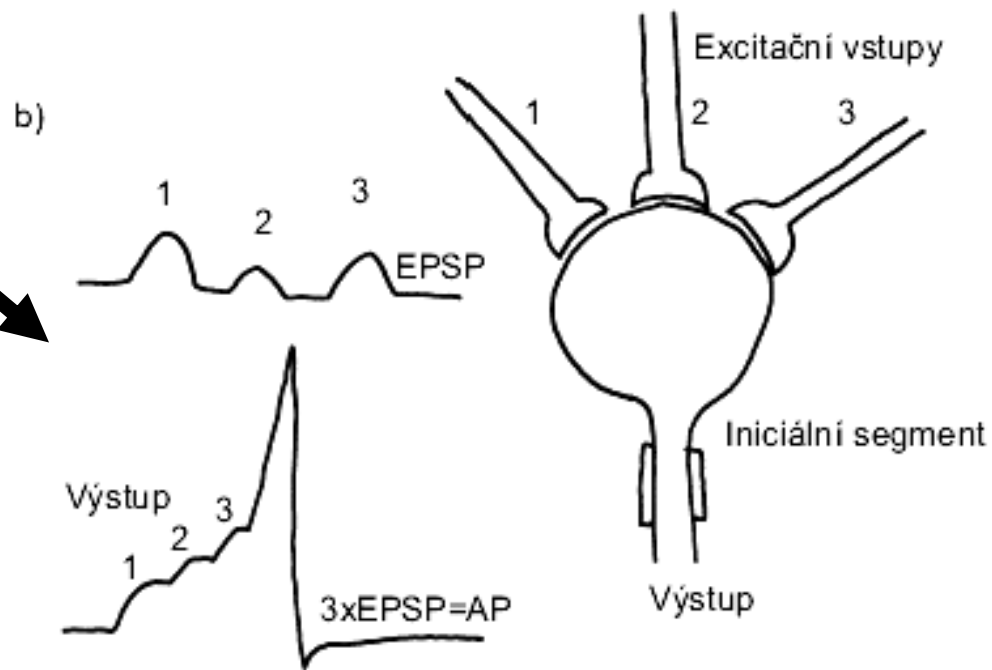
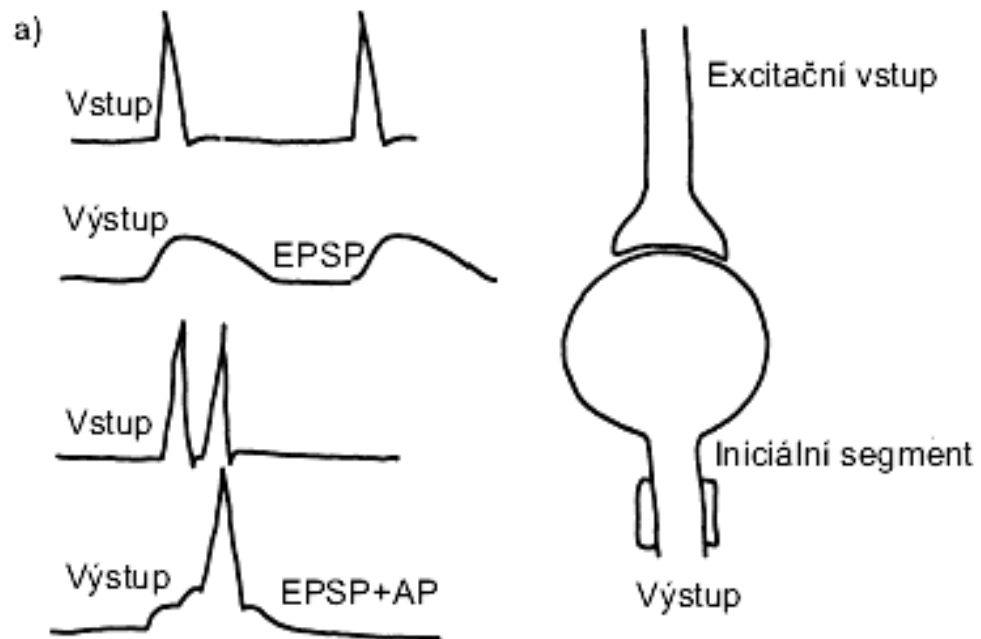
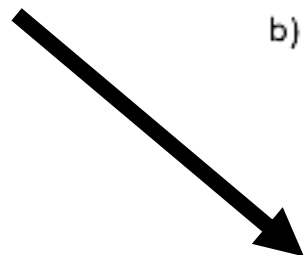


Smysl:

Zpracování - analogově

Časová sumace

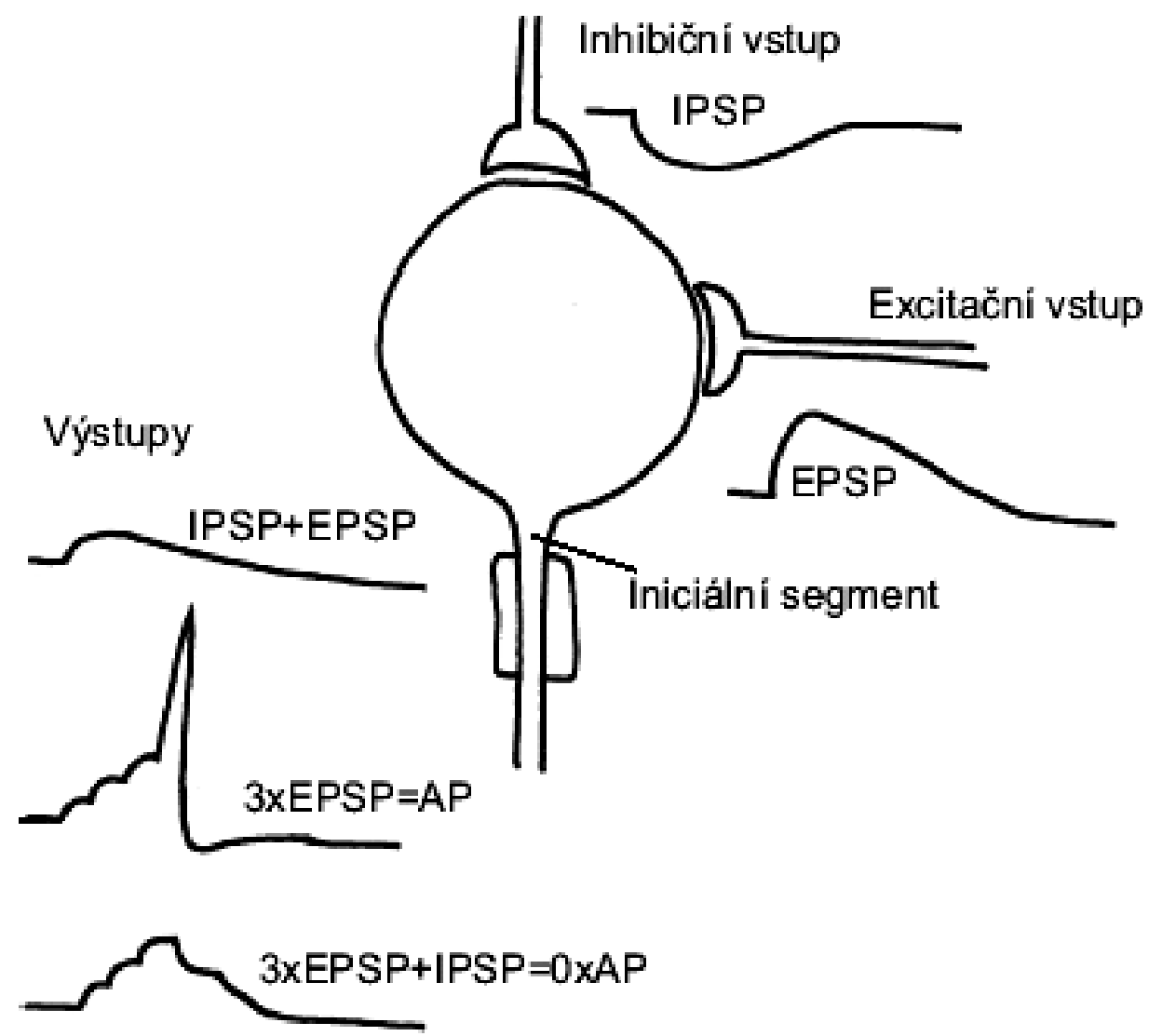
Prostorová sumace





Některé synapse inhibiční  
Některé excitační

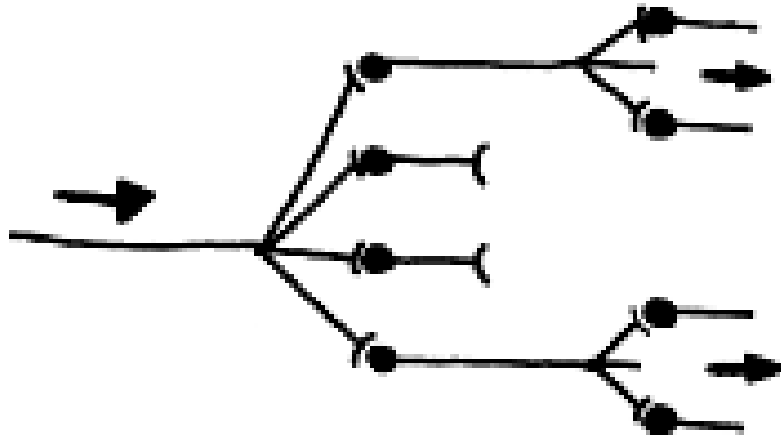
Facilitace  
Inhibice



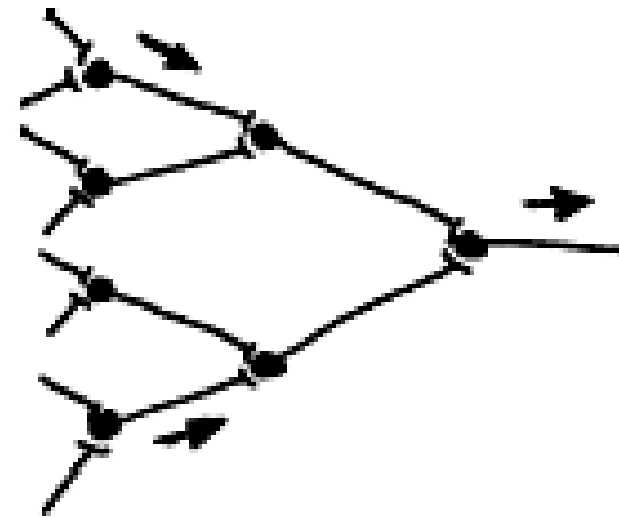
# Neuronální signalizace



# Divergence, konvergence



a)



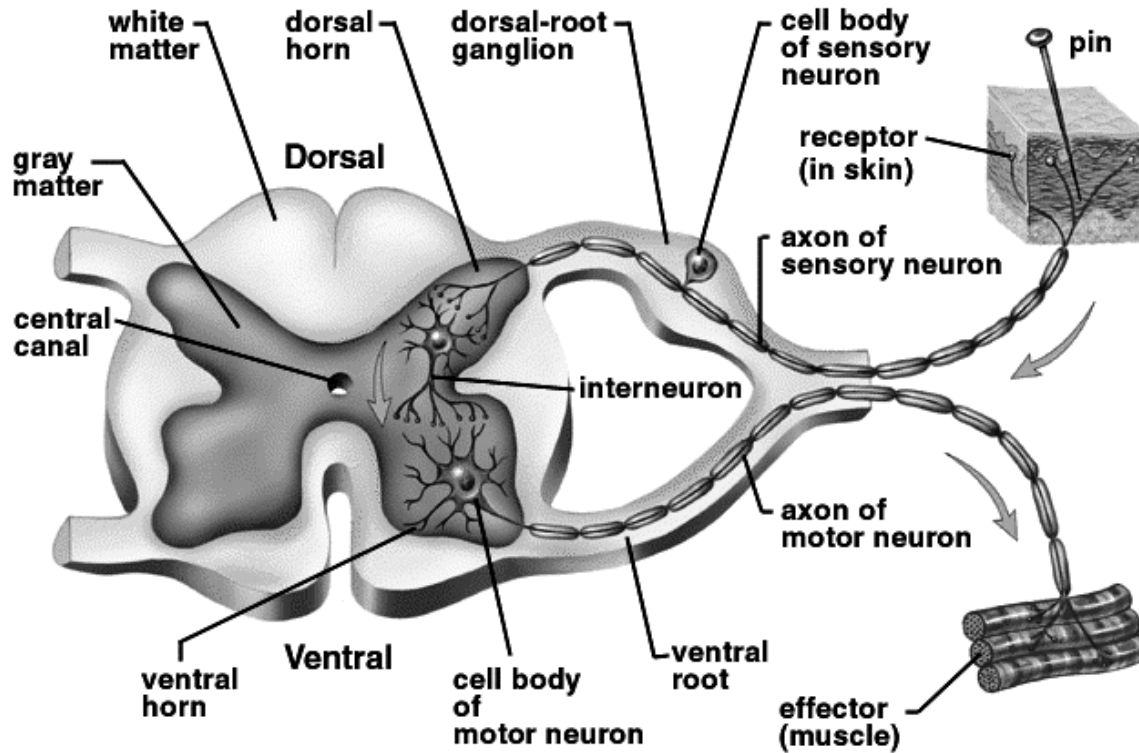
b)



Synapse vytvářejí dynamickou síť spojů, základem reflexů.  
Monosynaptické x Polysynaptické  
Nepodmíněné x Podmíněné

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

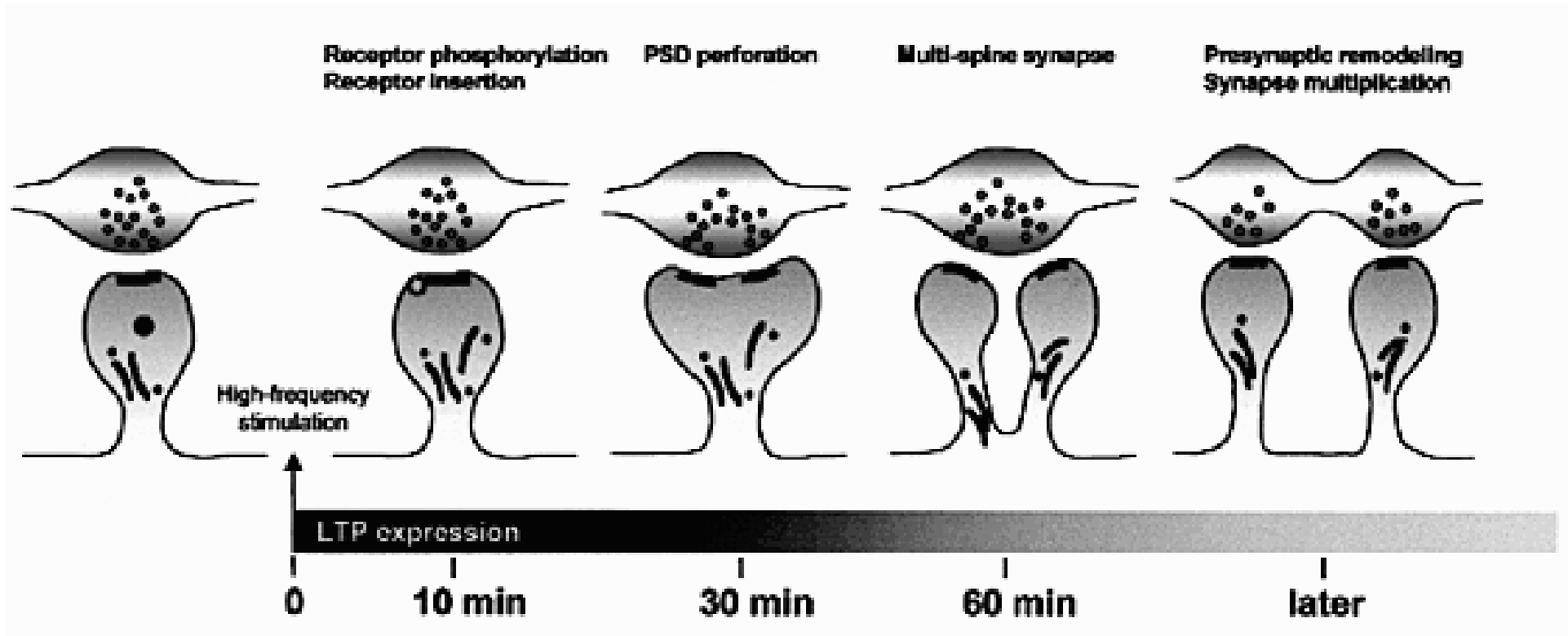
## A reflex arc showing the path of a spinal reflex



[http://www.southtexascollege.edu/nilsson/4\\_GB\\_Lecture\\_figs\\_f/4\\_GB\\_16\\_Homeostasis\\_Fig\\_f/ReflexArc\\_fig46\\_8.GIF](http://www.southtexascollege.edu/nilsson/4_GB_Lecture_figs_f/4_GB_16_Homeostasis_Fig_f/ReflexArc_fig46_8.GIF)

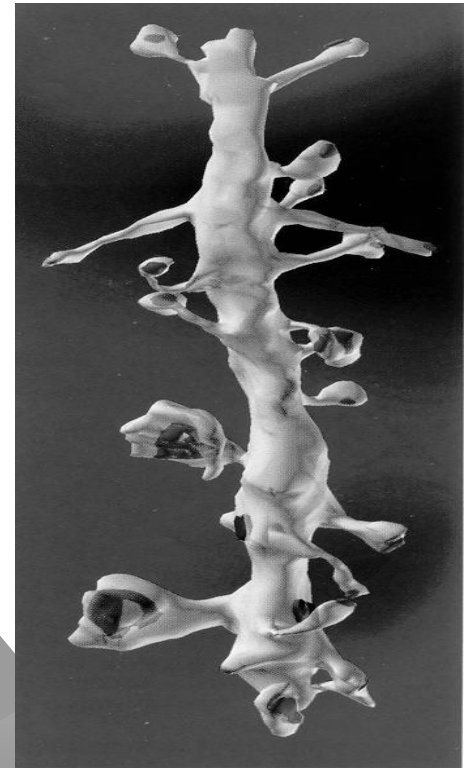
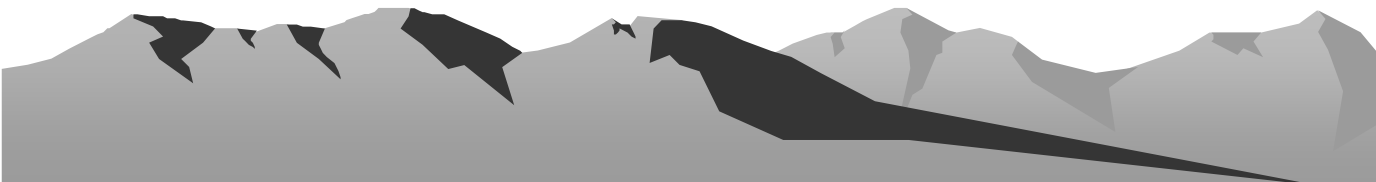


Synaptická plasticita základem paměti. Rychlá – potenciace. Pomalá – přestavba.





Přestavba dentritických trnů



## Shrnutí

Látkové signály doprovázejí buňky po celý život a určují jejich funkci a osud.

Nervové buňky kromě látkových signálů používají i elektrické.

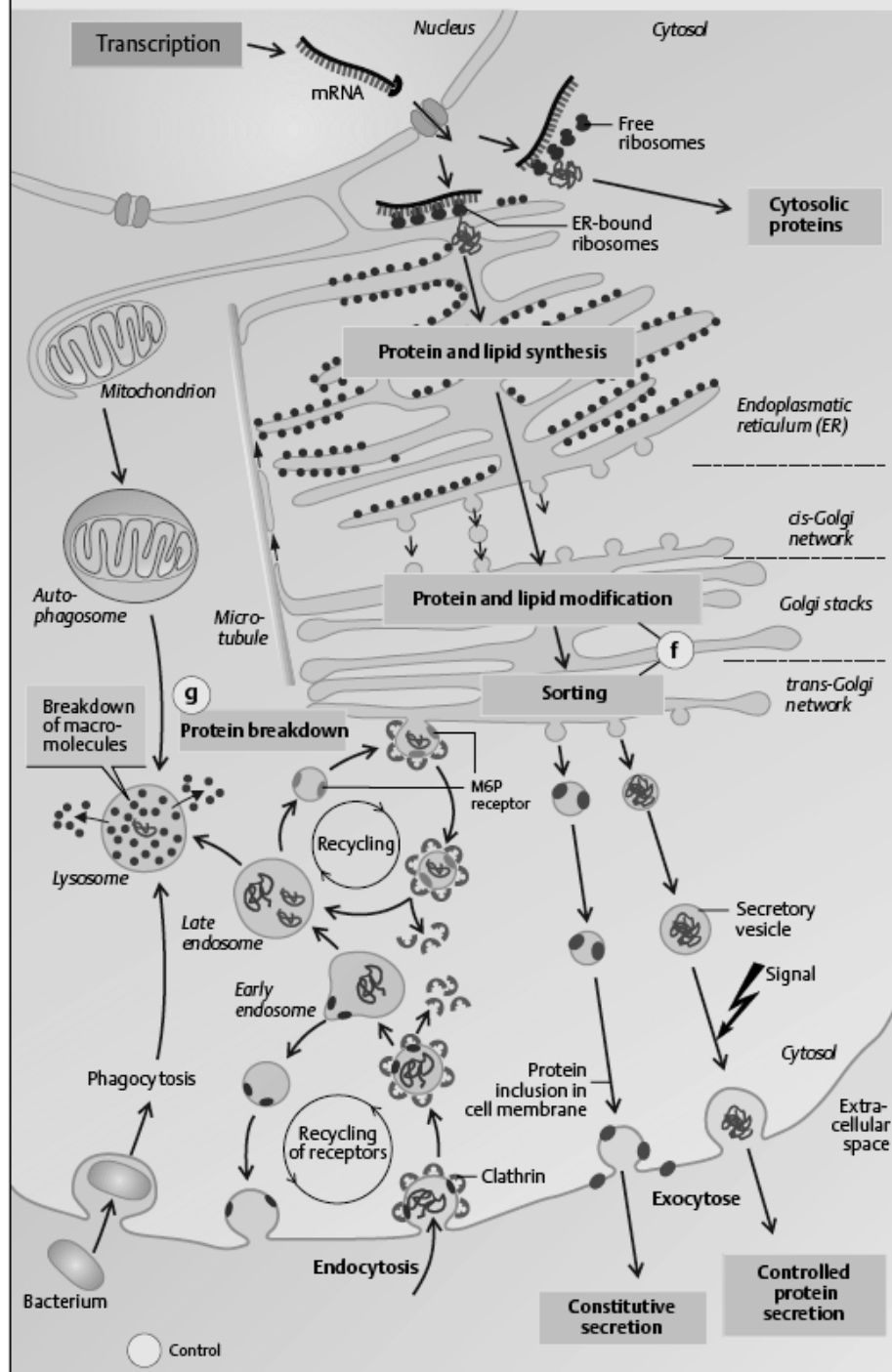
Akční potenciál je vhodnou řečí na dálkové digitální vysílání.

Místní potenciály umožňují zpracování signálu.

Synaptická spojení umožňují plasticitu a paměť



F. Protein synthesis, sorting, recycling, and breakdown



Život v buňce





# Obecná fyziologie smyslů

Co se děje na membránách.

Receptorové buňky jsou brány,  
kterými vstupují signály do NS

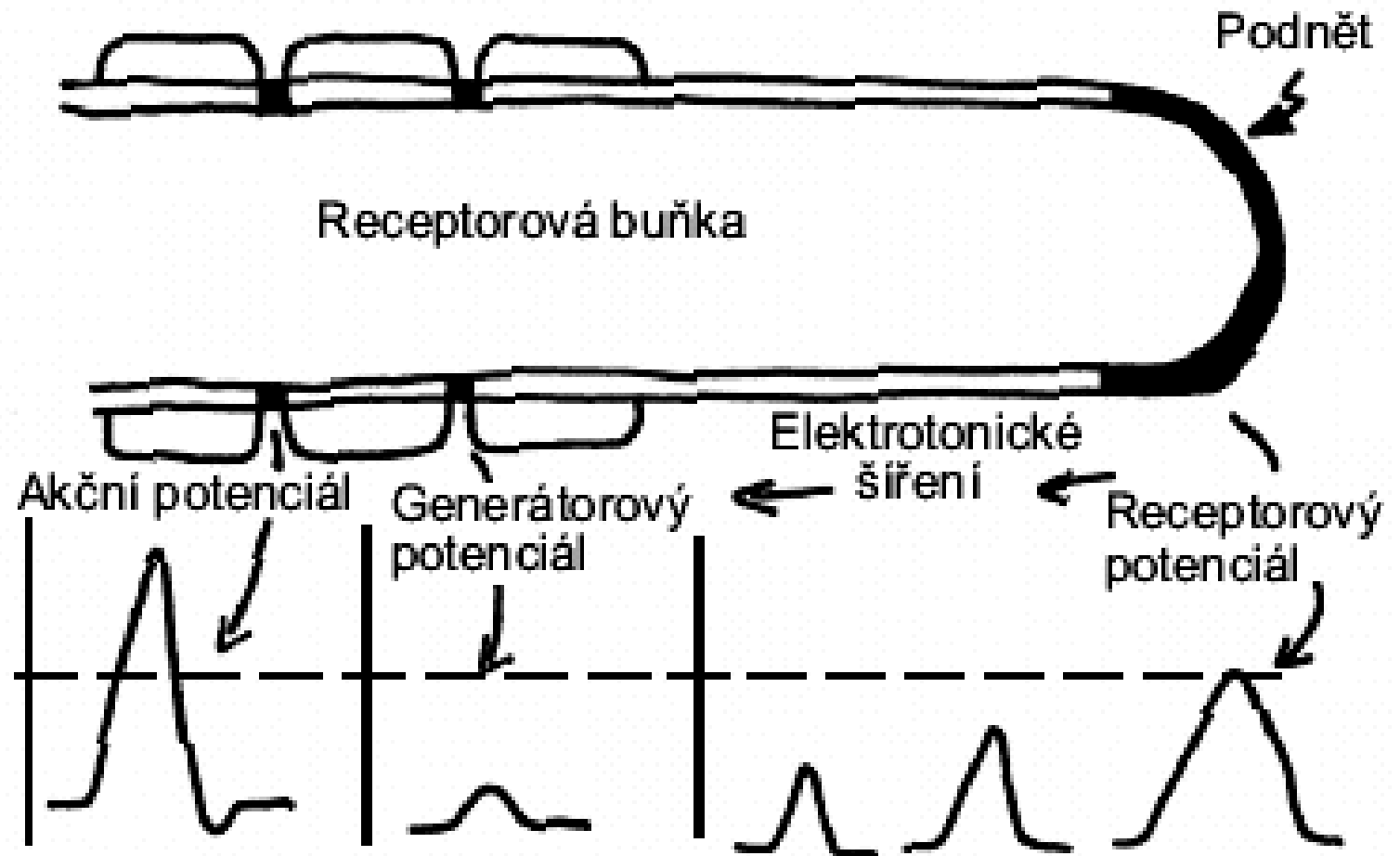
Exteroreceptory x interoreceptory



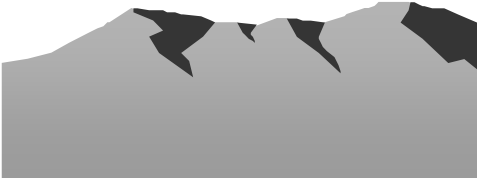
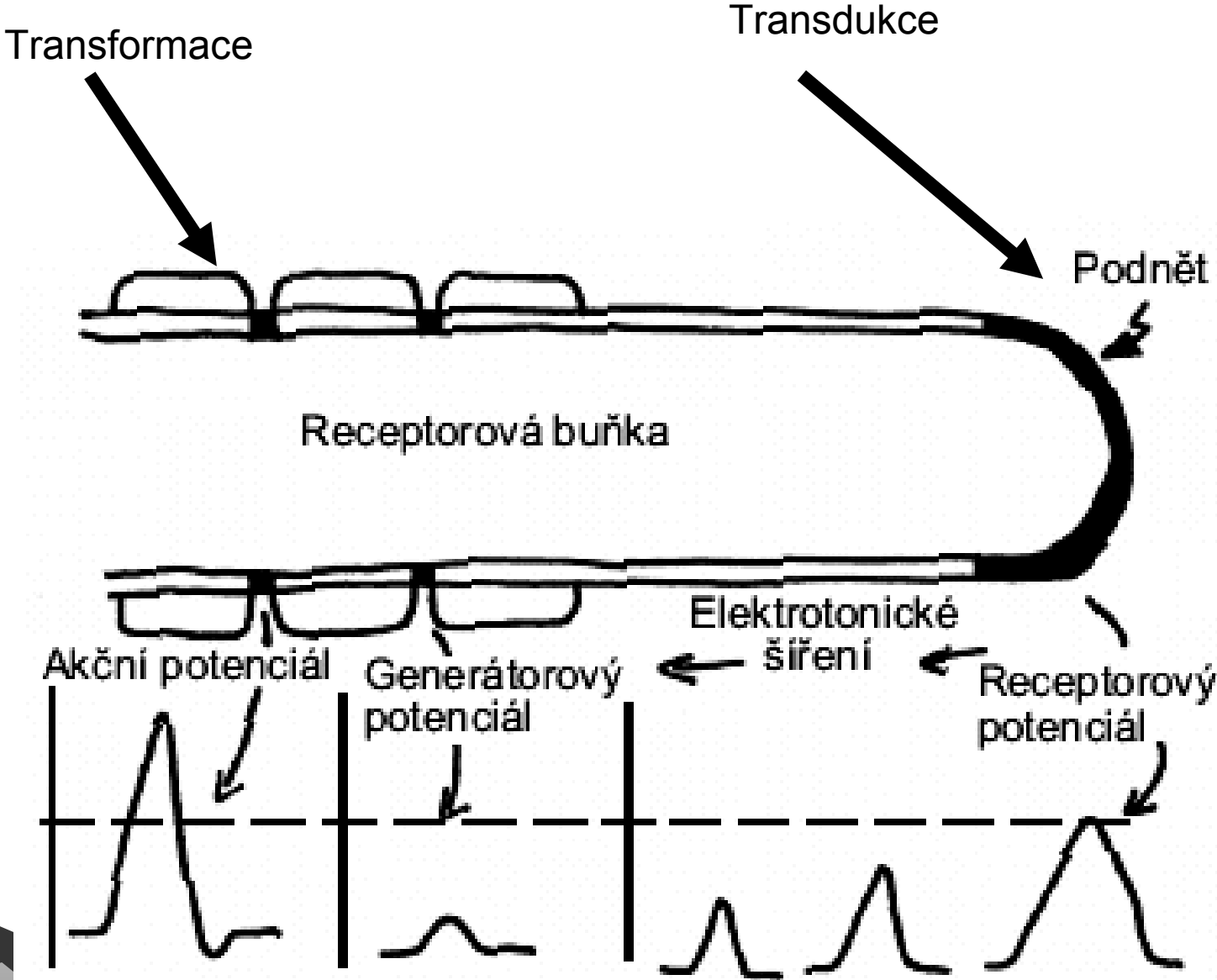
Svět smyslů – úloha mozku.

Paralelní dráhy specializované na určitou vlastnost (kvalitu).

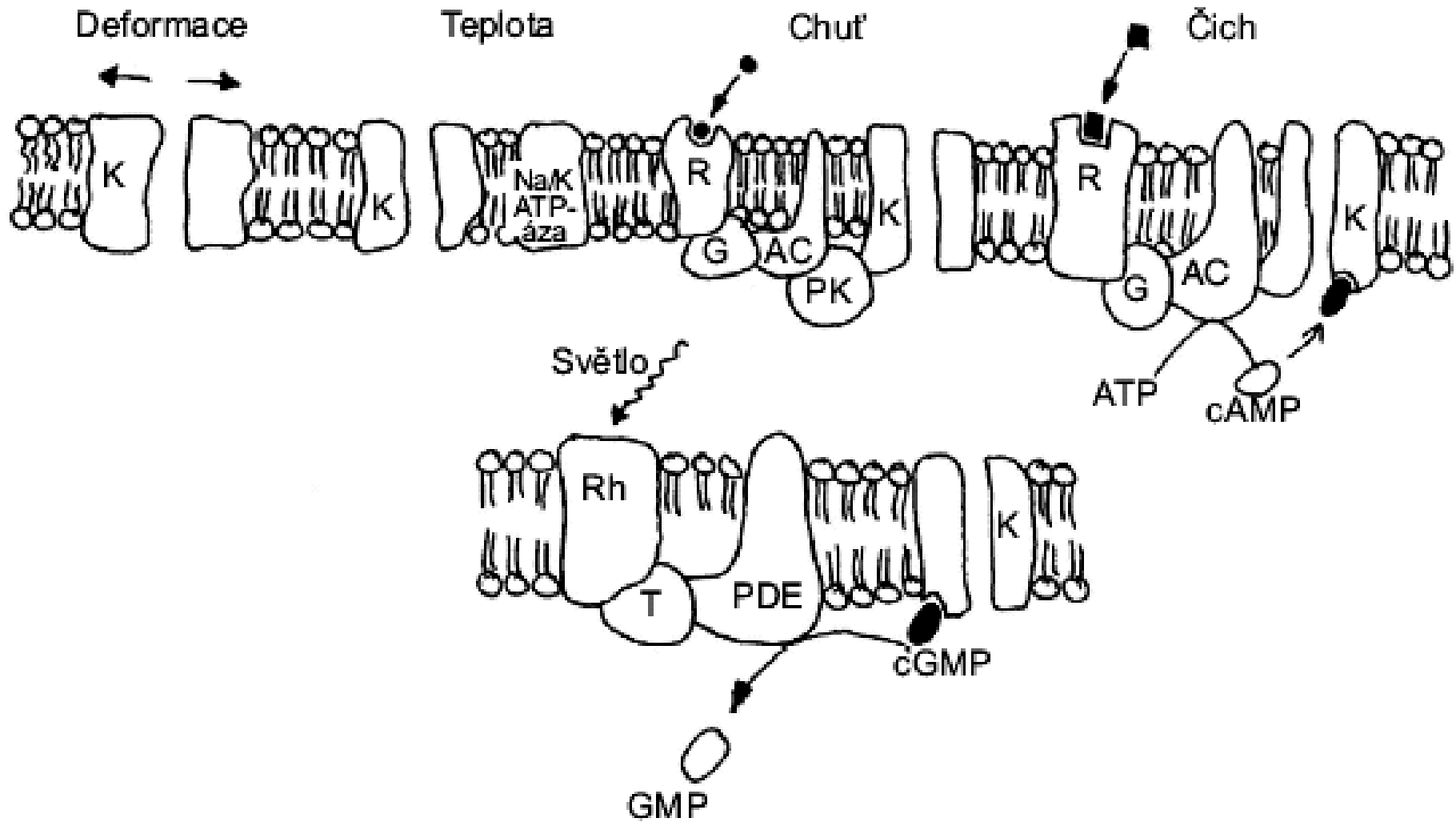
V rámci dráhy ještě specializace na konkrétní hodnotu.



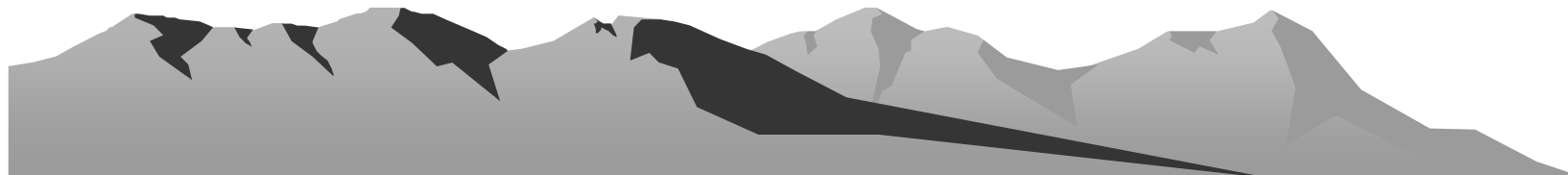
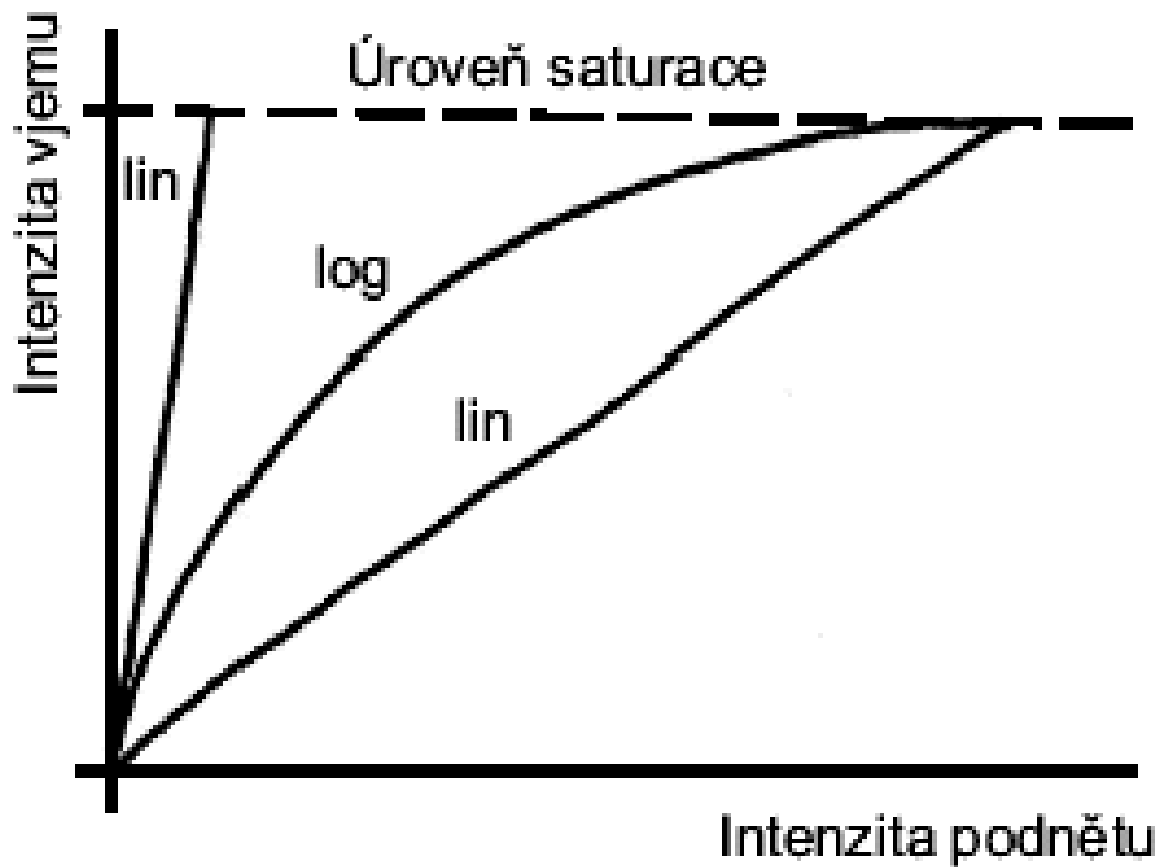
Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.



Vlastnosti membrány jsou klíčem pro transdukcii.



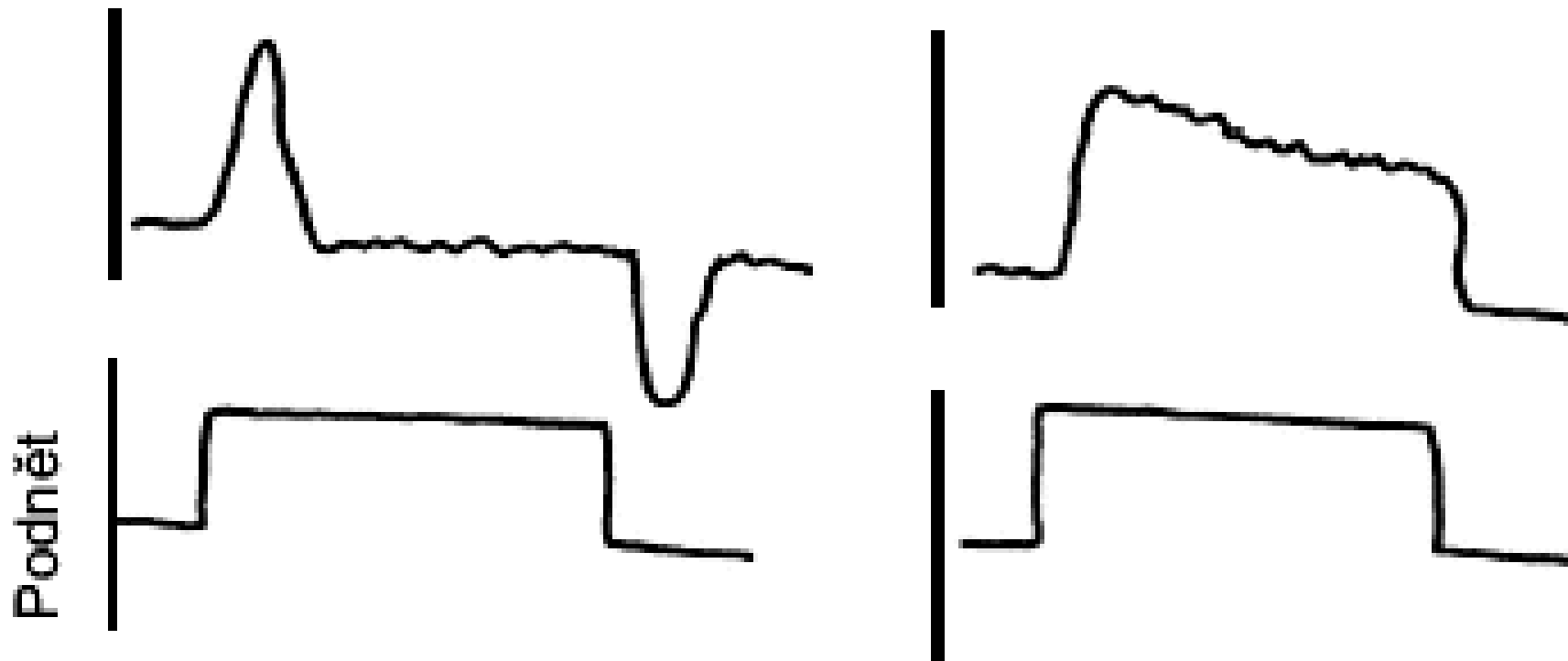
Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.  
Weber-Fechnerův zákon



Trvání podnětu a trvání odpovědi.  
Většina receptorů pracuje jako diferenční

Diferenční receptor

Proporcionální receptor



# Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů

