

# Biologie živočichů

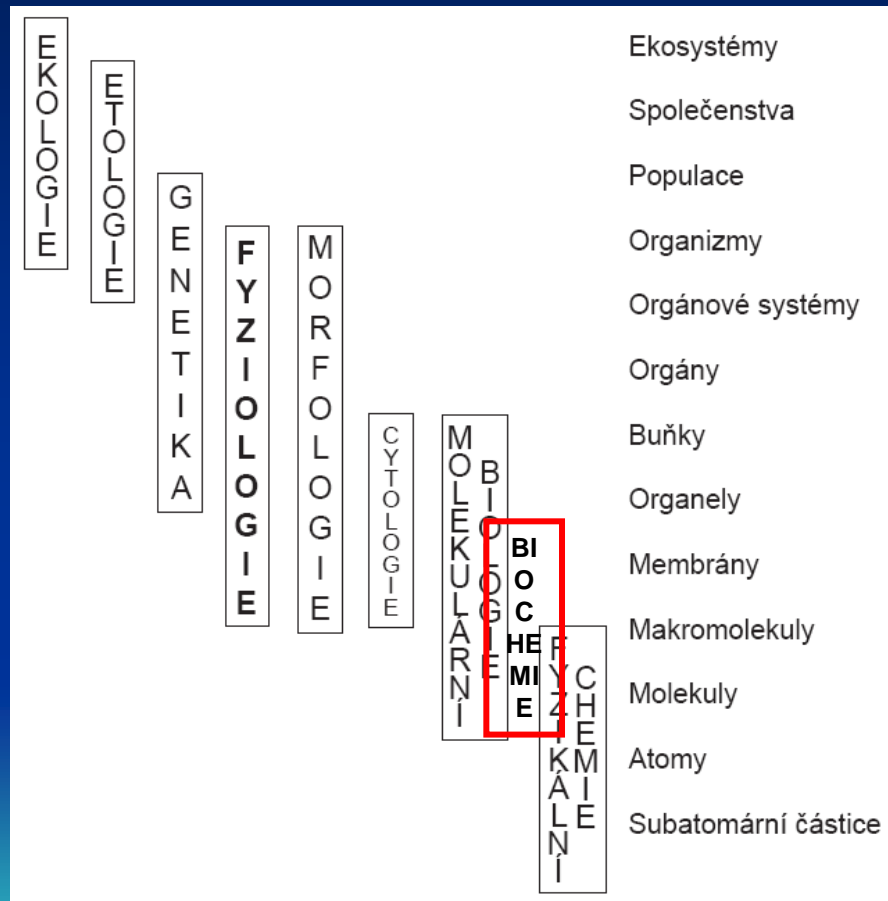
Doc. Martin Vácha  
Dr. Jiří Pacherník  
Dr. Pavel Hyršl



# Biologie živočichů

- Anatomie a morfologie (cytologie, organologie)
- Fyziologie
- Ekologie
- Etologie
- Genetika
- Molekulární biologie
- Taxonomie
- Imunologie
- Vývojová a evoluční biologie atd.

# Fyziologie živočichů - kontext



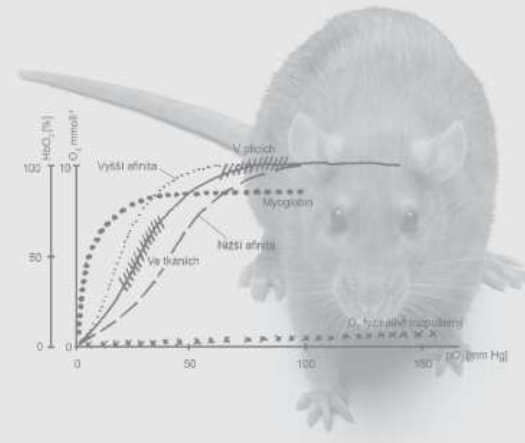
Masarykova univerzita  
Přírodovědecká fakulta

## Srovnávací fyziologie živočichů

Martin Vácha  
Ivana Fellnerová  
Vítězslav Bičík  
Richard Petrásek  
Vladimír Šimek

SROVNÁVACÍ FYZIOLOGIE ŽIVOČICHŮ

Martin Vácha a kol.

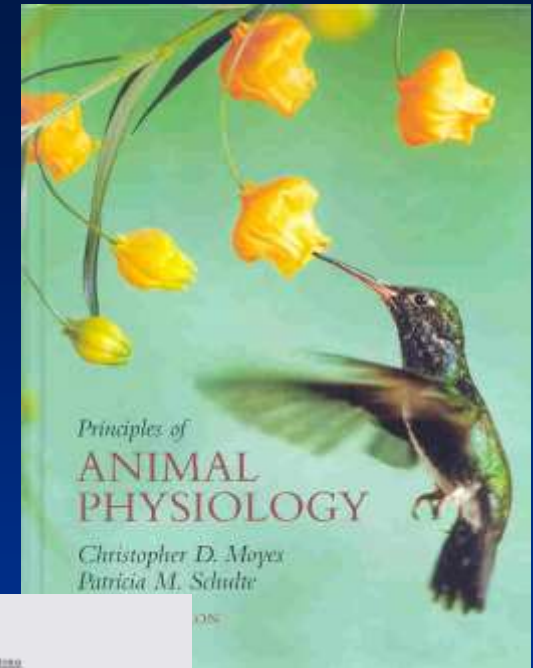
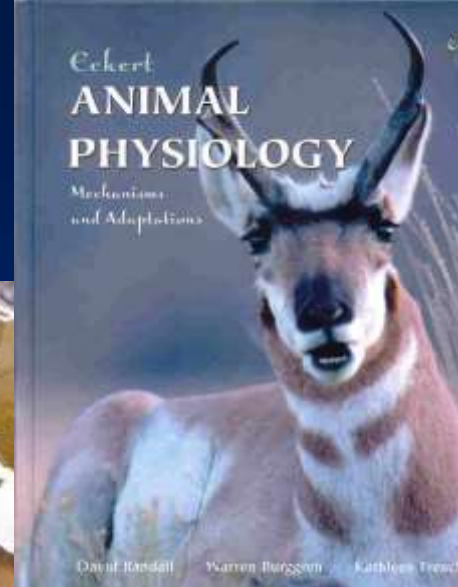
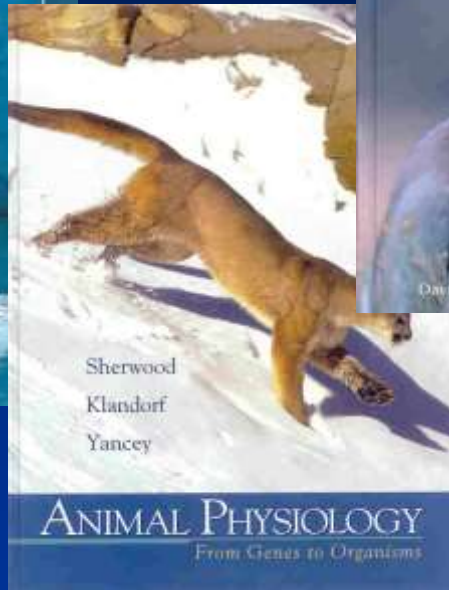
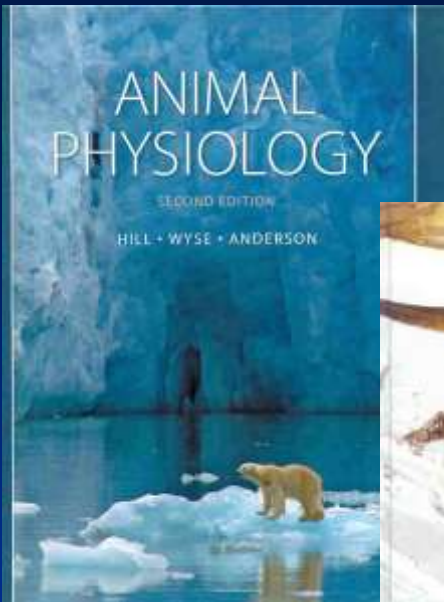


Brno 2010

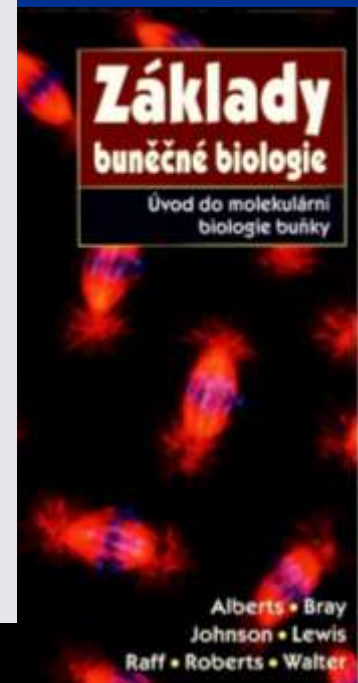
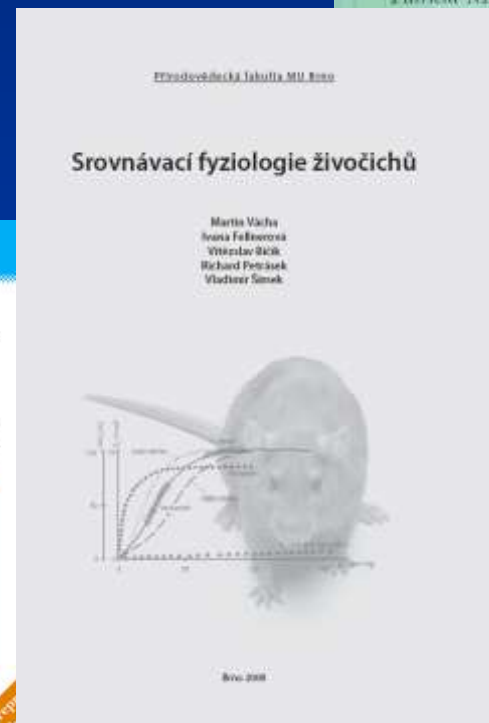


Z čeho studovat?  
Chodit na přednášky?





Z čeho studovat?  
Chodit na přednášky?



UCITEL  
ŠKOLITEL  
PUBLIKACE

**PrF:Bi6790 Biologie živočichů (jaro 2015)**

V jiném semestru: jaro 2015, jaro 2014

STUDENT

ROZVRH  
PŘEDMĚTY  
STUDIUM  
ÚŘADOVNA  
PŘIJÍMAČKY  
VÝVĚSKA  
DISKUSE  
PERSONÁLNÍ  
SETKÁVÁNÍ  
ABSOLVENT  
ÚSCHOVNA  
MŮJ WEB  
DOKUMENTY  
ELPORTÁL  
DRIL  
OBCHODNÍ  
CENTRUM  
STIPENDIA  
UDÁLOSTI  
SYSTEM  
DESIGN

Operace

Studijní materiály předmětu PrF:Bi6790 /Bi6790/  
Učební materiály /um/

<input checked="" type="checkbox"/>		Složka či soubor	Vložil/a	Vloženo	
<input type="checkbox"/>		Učební materiály /um/		20. 4. 2010	
<input type="checkbox"/>		kap15.pdf	Vácha, M.	16. 12. 2014	
<input type="checkbox"/>		kap16.pdf	Vácha, M.	16. 12. 2014	
<input type="checkbox"/>		kap17-18.pdf	Vácha, M.	16. 12. 2014	
<input type="checkbox"/>		Srovnávací fyziologie živočichů - el. skripta <a href="https://is...index.html">https://is...index.html</a>	Stehlík, M.	2. 12. 2014	
<input type="checkbox"/>		kap1-4_-_Vacha.pdf	Vácha, M.	3. 12. 2013	
<input type="checkbox"/>		skripta-2013_mensi.pdf	Vácha, M.	20. 11. 2013	
<input type="checkbox"/>		Pohyb_a_svaly_Vacha.pdf	Vácha, M.	13. 11. 2013	
<input type="checkbox"/>		Teplota_Vacha.pdf	Vácha, M.	13. 11. 2013	
<input type="checkbox"/>		Exkrece a osmoregulace 8_Exkrece_a_osmoregulace.ppt	Dobeš, P.	6. 11. 2012	
<input type="checkbox"/>		Cirkulace 5_Cirkulace.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Tělní tekutiny 6_Telni_tekutiny.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Trávení 7_Traveni.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Dýchání 4_Dychani.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Pohyb 3_Pohyb.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Přeměna látek a energií 1_Premena_latek_a_energie.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	
<input type="checkbox"/>		Termoregulace 2_Termoregulace.ppt	Dobeš, P.	22. 10. 2012	

Operace

Nechápu navigaci v tomto Správci souborů. | [Nastavení](#)





# SROVNÁVACÍ FYZIOLOGIE ŽIVOČICHŮ

ÚEB, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA, MASARYKOVA UNIVERZITA  
MARTIN VÁCHA

- Titulní strana
- Organizace textu
- 1 Postavení fyziologie mezi ostatními vědami
- 2 Fyziologické principy**
- 2.1. Vnitřní a vnější prostředí
- 2.2. Buněčná membrána a membránové struktury
- 2.3 Transport jako základní životní proces
- 2.4 Membránový potenciál
- 2.5 Ionty vápníku
- 2.6 Bílkoviny jako signální a řídicí molekuly
- 2.7 Signálová transdukcce
- 2.8 Biologický pohyb a cytoskelet
- 3 Homeostáza, adaptace a regulace
- 4 Obecná neurofyziologie
- 5 Přeměna látek a energií – metabolismus
- 6 Teplota, její vliv a udržování
- 7 Problém velikosti a proporci těla
- 8 Fyziologie pohybu
- 9 Funkce bílých 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

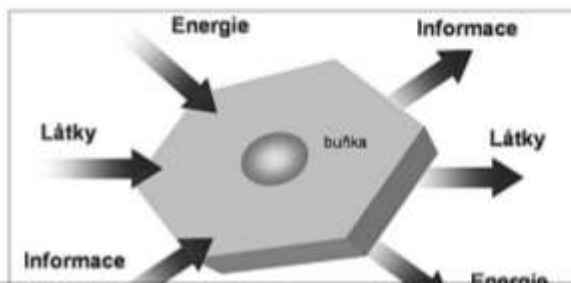
## 2 Fyziologické principy

Tato kapitola ve stručnosti a souhrnně představuje základní fyziologické principy, které je dobře zhlédnout nejprve bez podrobností a v celku ještě dříve, než se k nim vrátíme v detailním popisu v oddílech věnovaných jednotlivým fyziologickým soustavám.

### 2.1. Vnitřní a vnější prostředí

Na živý organismus lze pohlížet jako na **otevřený systém s ustáleným vnitřním prostředím**. Vezměme si za příklad nejjednodušší formu života – jednobuněčný organismus. Aby se udržel při životě, musí se potýkat se dvěma protichůdnými požadavky vůči prostředí: **separovat** se od něho, ale zároveň s ním **komunikovat**. Musí se ohradit vůči chaosu a stále narůstající neuspořádanosti (entropii) vnějšího neživého světa – musí se bránit neregulovaným a nahodilým tokům molekul. Tento boj proti rozpadu a splnutí s neživým okolím je jedním ze základních atributů života a vyžaduje investování energie. Život, tak jak jej známe, nemá k dispozici jinou energii než primárně zachycenou ze slunečního záření. V tomto ohledu tedy heterotrofní organismy vděčí autotrofům za to, že jsou schopni sluneční energii zabudovávat do chemických vazeb svých těl. Jedině v této formě k ní mají heterotrofové přístup. O její opětné uvolnění v těle se postarají především oxidativní procesy vedoucí nakonec až ke konečným produktům již bez jakékoli využitelné energie –  $H_2O$  a  $CO_2$ .

Jak vidíme, živá buňka se tedy nemůže svému okolí zcela uzavřít, musí s ním komunikovat, přijímat z něj potravu, vracet do něj odpadní látky, vyměňovat teplo, dýchací plyny a také informace. **Rovnovážný, ustálený stav vnitřního prostředí – homeostáza**, který si organismus usiluje udržet navzdory okolí, je tedy stavem **dynamickým**. Je to stav rovnováhy balancující – jako míček držený ve výšce vodotryskem – mezi přítokem a odtokem. Veškeré procesy v organismu mají za cíl tuto rovnováhu udržet v rámci tolerovatelných mezí. Překročení akceptovatelných mantinelů vede ke smrti. Naprostě většina dílčích pochodů v organismu se nalézá ve stavu dynamické rovnováhy. Udržení integrity buňky – její vysoké organizovanosti, je podmíněno vyrovnaným tokiem látek, energií a informací skrze ni (obr. 2.1).



# Přehled kapitol:

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



## Test ke zkoušce

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

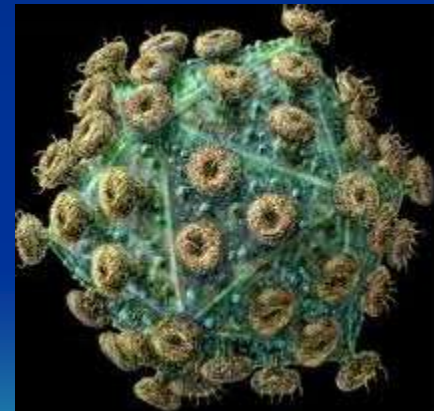
Příklad správné odpovědi na plný počet bodů:

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.



# Biologie živočichů

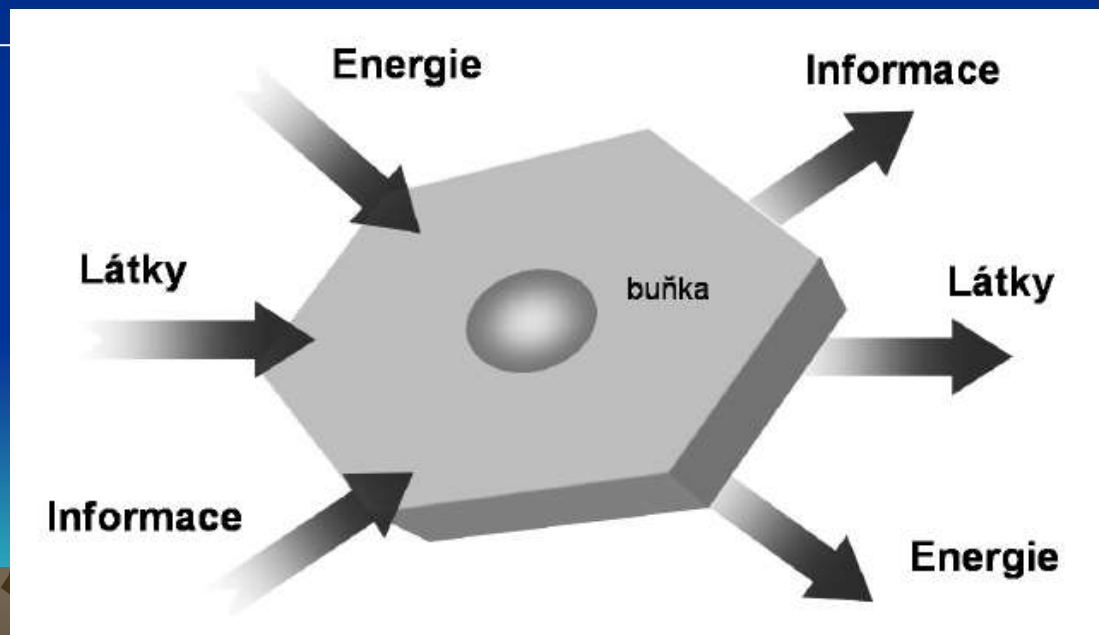
Definice živého: odvodíme nejlépe z funkcí - dynamických procesů, které neživá příroda nemá



Definice živého: odvodíme nejlépe z funkcí -dynamických procesů, které neživá příroda nemá: Udržování organizovanosti a integrity.

Využívání látek a energie z okolí (termodynamické procesy).

Studium funkcí – úkol pro fyziologii

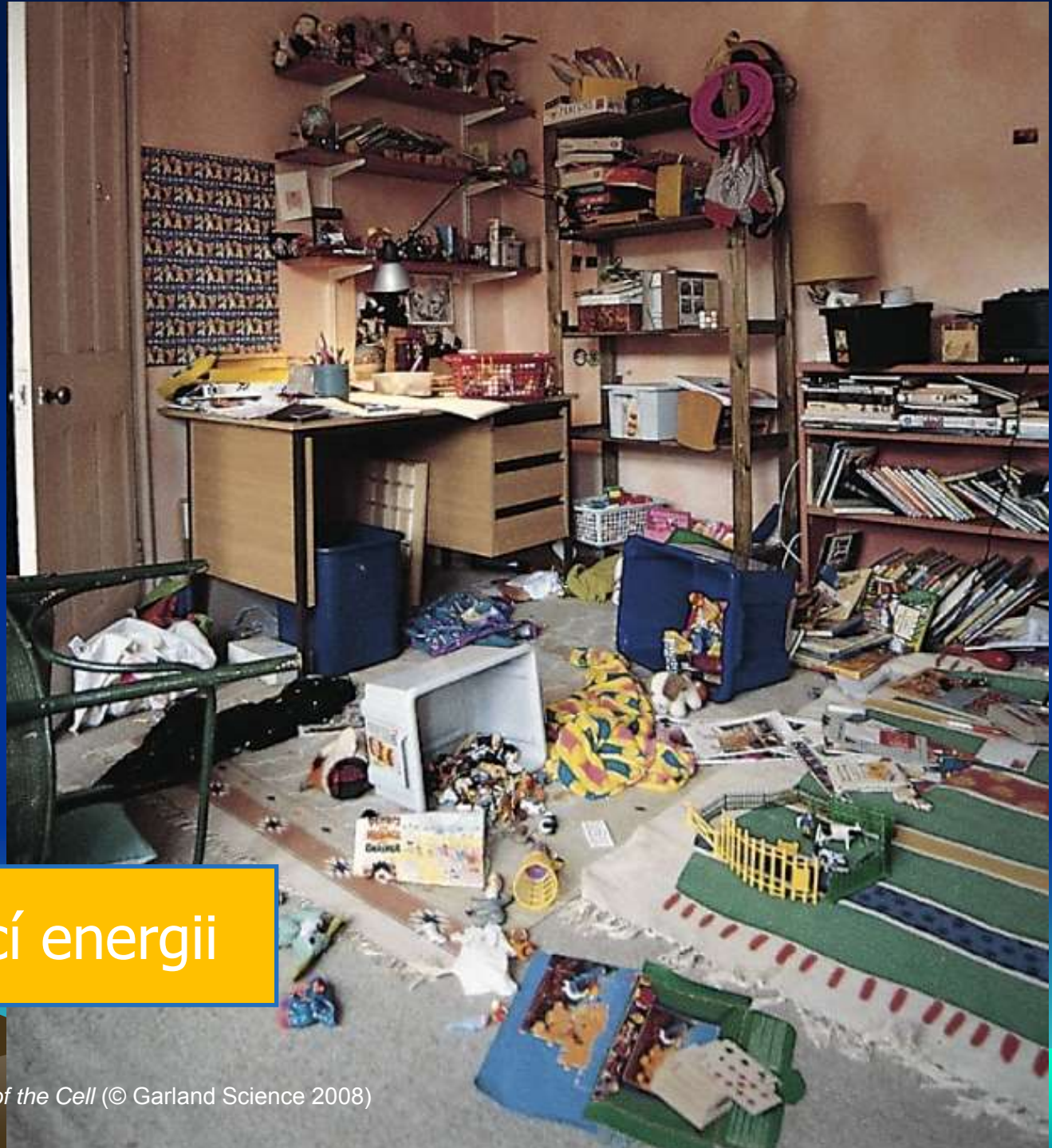






Spontánní proces





Vyžadující energii



Energie  
k životu

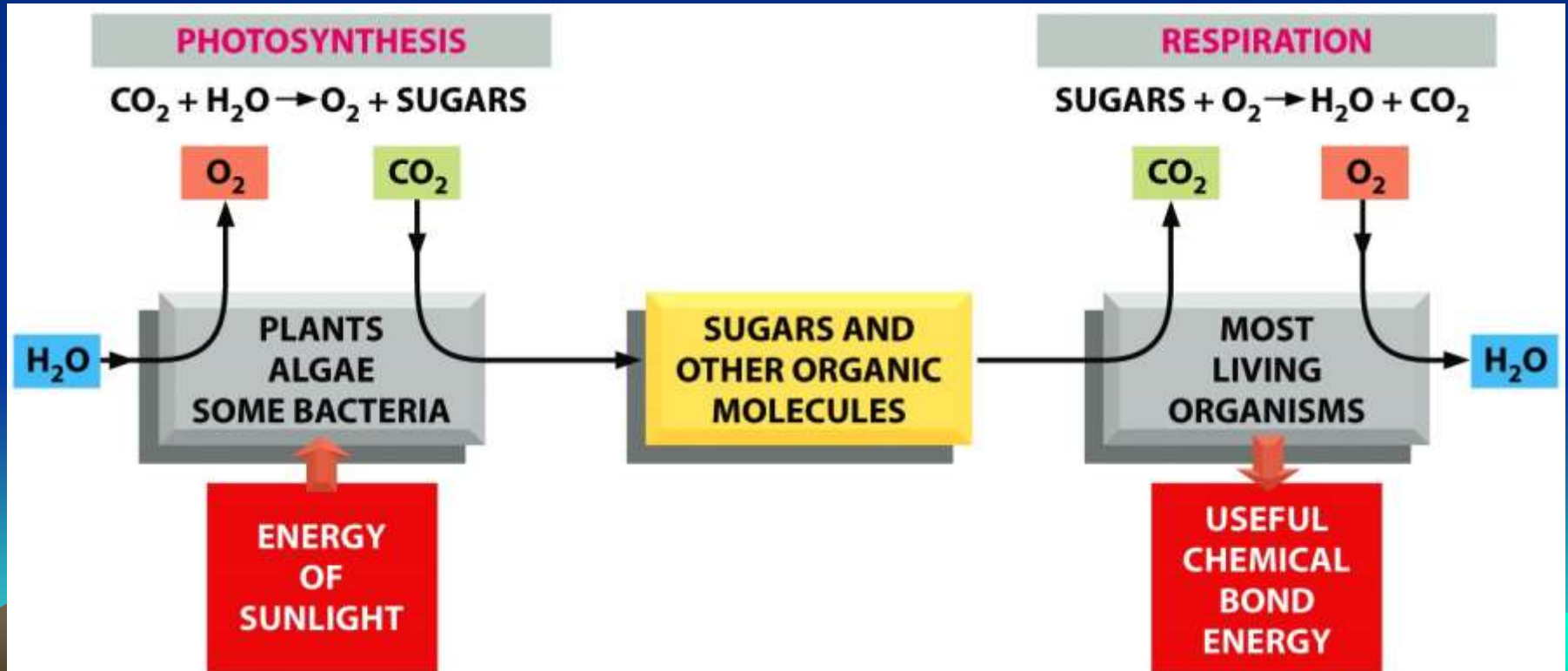
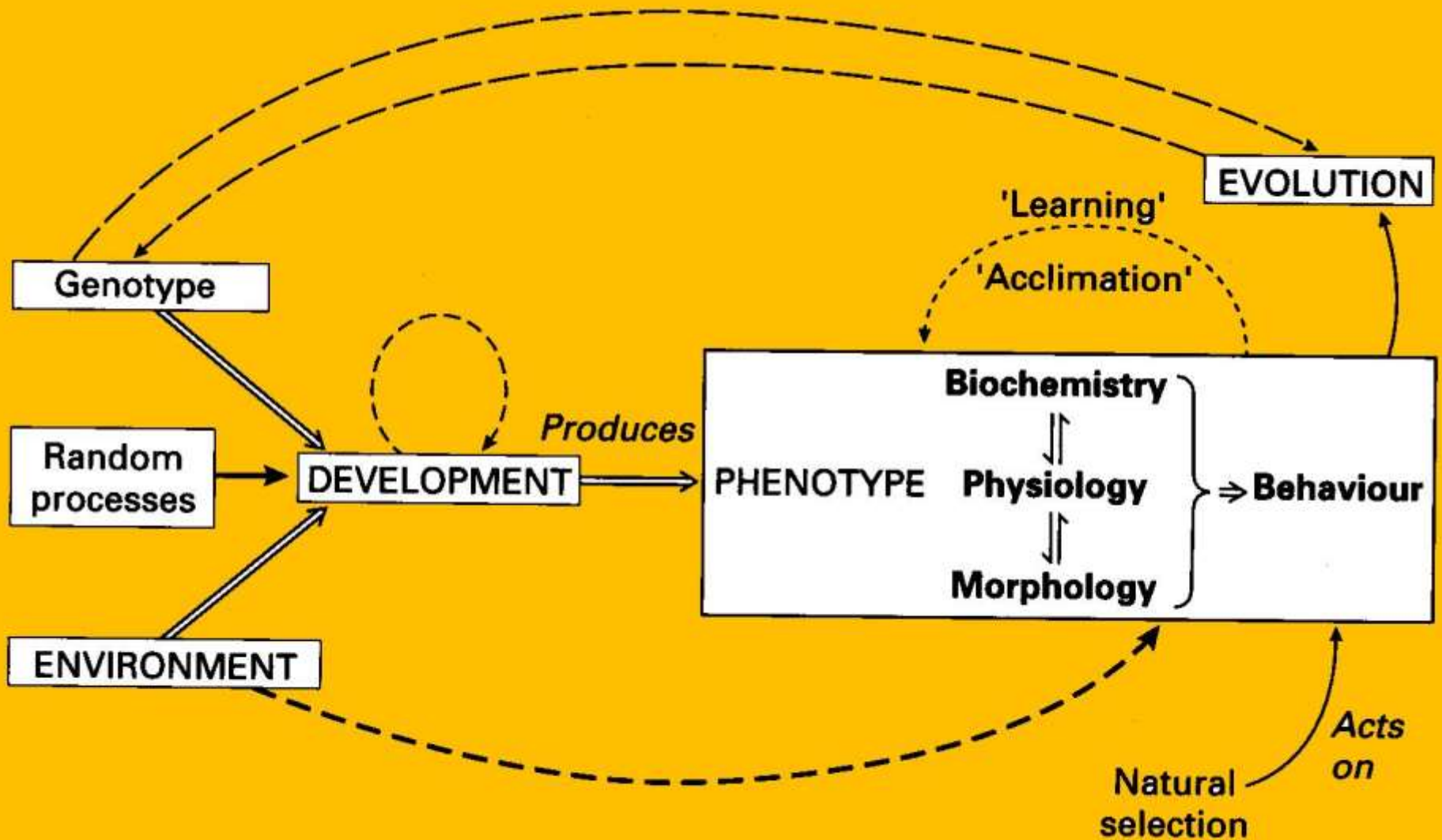


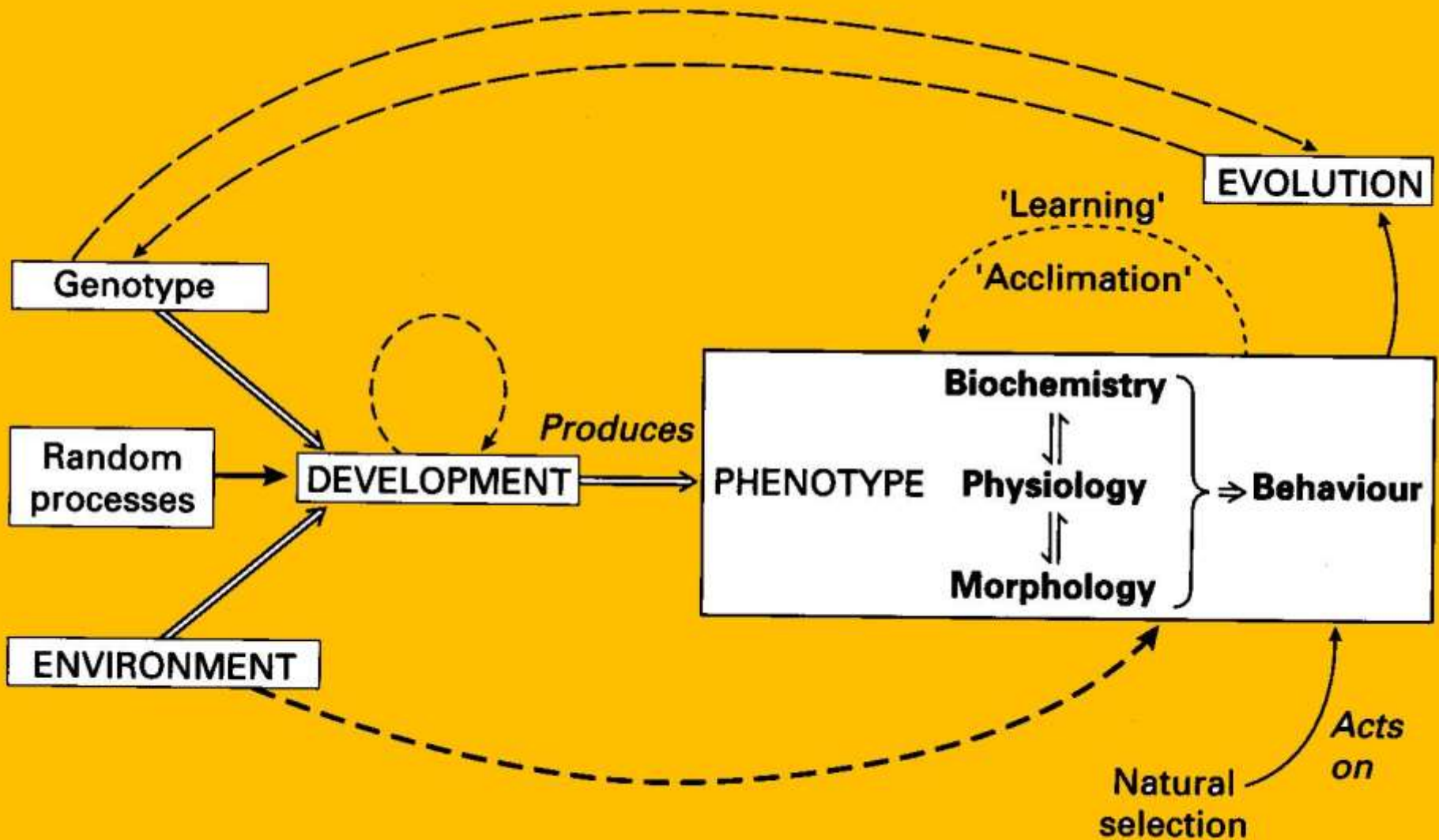
Figure 2-41 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



Fenotyp je obraz současné stavby a funkce.  
Je vyjádřením genotypu.



Co rozhoduje o fenotypu? Živý organismus má svou historii: je výsledkem milionů let evoluce pod vlivem variability a selekce.



- 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, pocení, zvracení atd.



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

Např. svalový třes

Znaky pravděpodobně vznikají selekcí a ty, které překážejí, zmizí. Mluví se tedy o nich jako o adaptacích – 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.

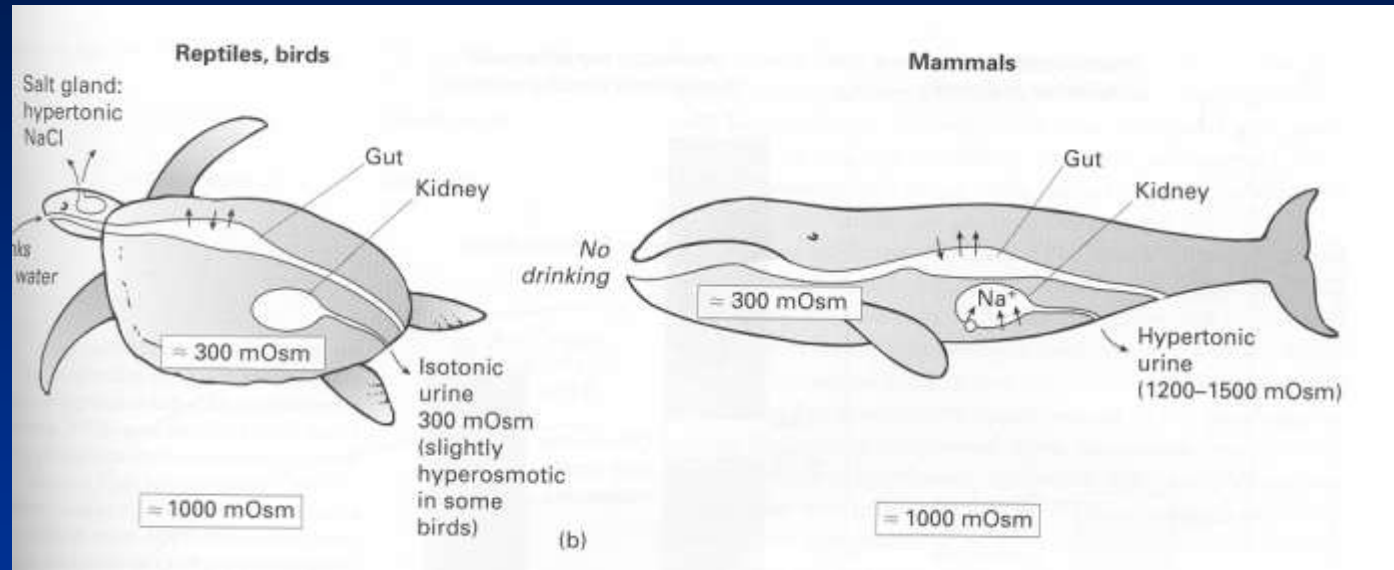
- Páteř – suboptimální design.
- Inverzní oko obratlovců
- Proč zrovna 37°C tělesné teploty? – Historie a prostředí evoluce savců.
- Lidský genom je zaneřáděn dříve funkčními geny a většina zřejmě nic nekóduje. Některé geny máme po virech a bakteriích!

Srovnávací a evoluční přístup – vidí vývojové  
(historické) a environmentální souvislosti



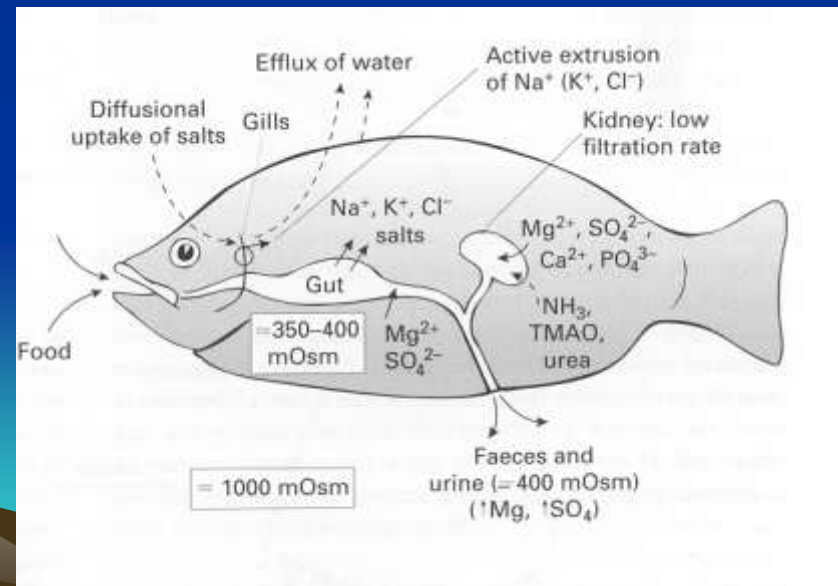
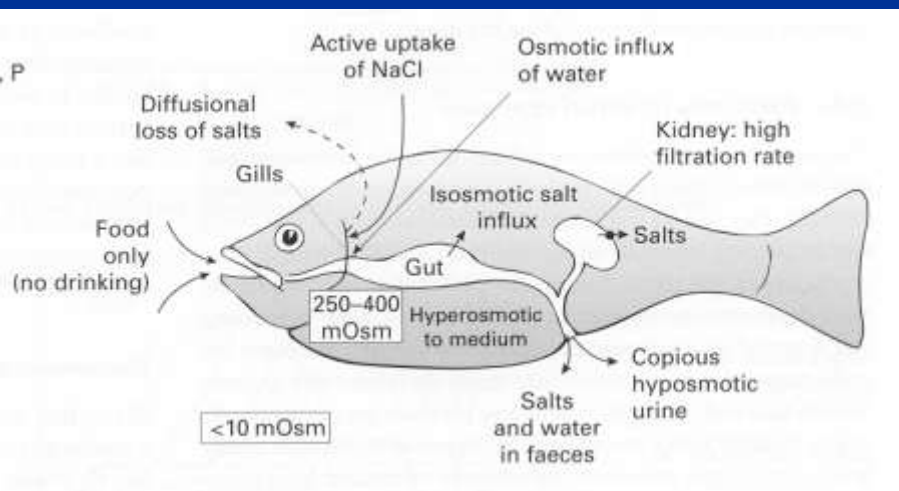


# Prostředí a historie určuje funkční i stavební znaky



ve sladké vodě

v moři





Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo





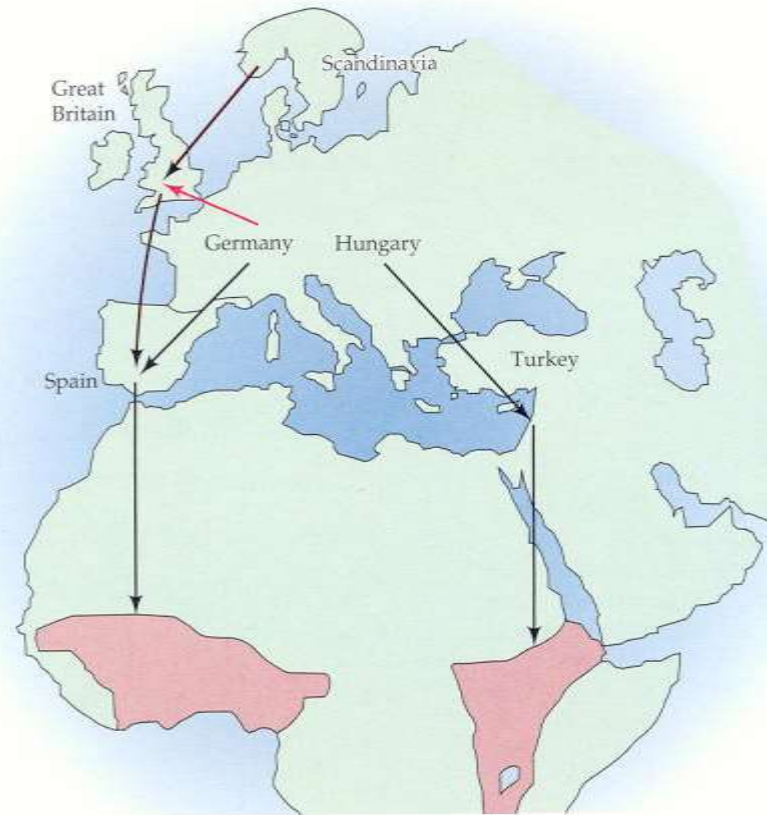
Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo



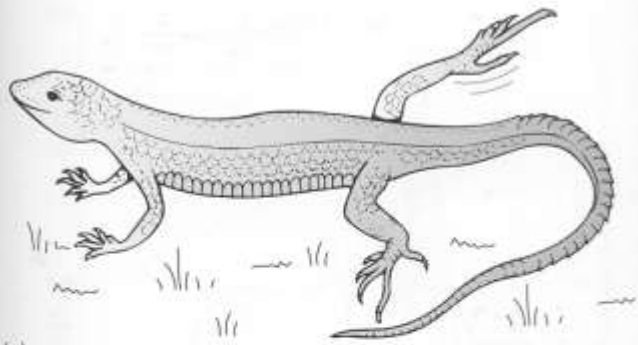
Blackcap warbler

## Chování jako adaptace

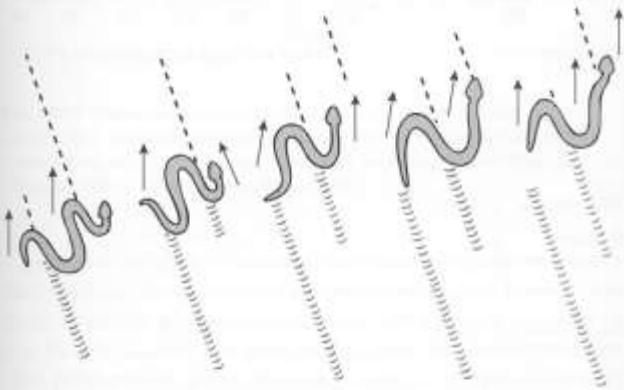
**1** Different migratory routes of blackcap warblers. Blackcaps living in southern Germany and Scandinavia first go southwest to Spain before turning south to western Africa. Blackcaps living in eastern Europe go southeast before turning south to fly to eastern Africa. Other members of the species that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



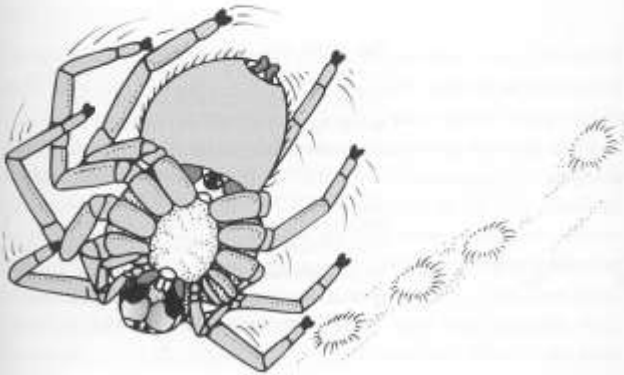




(a)



(b)



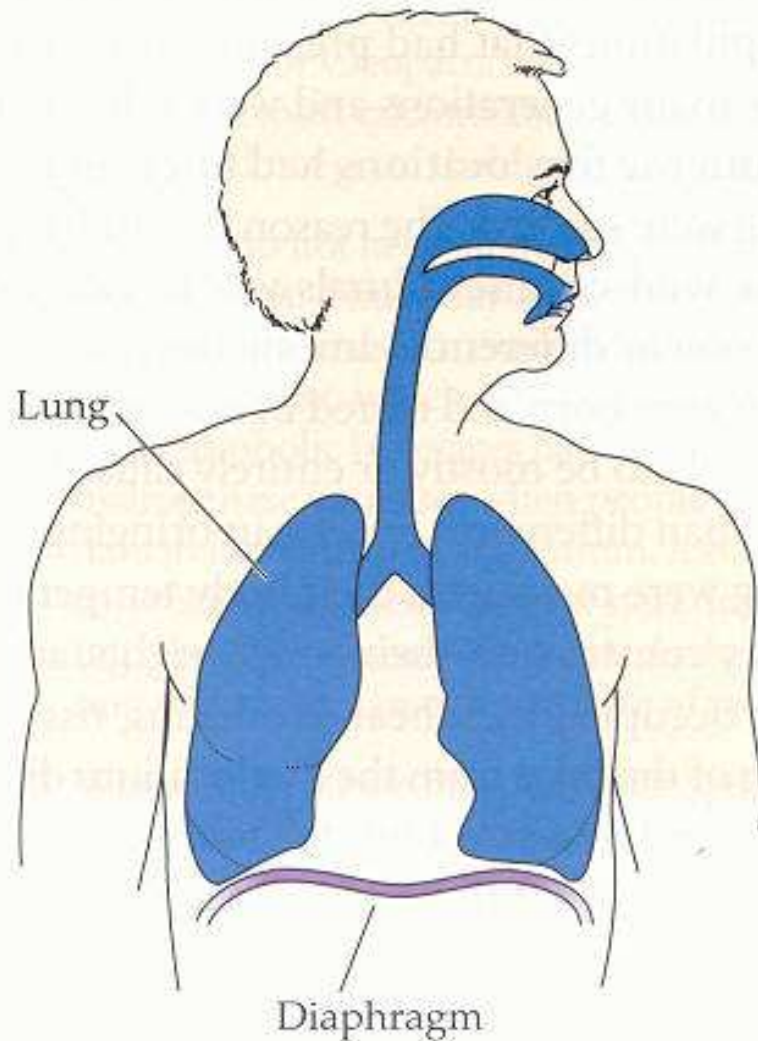
(c)



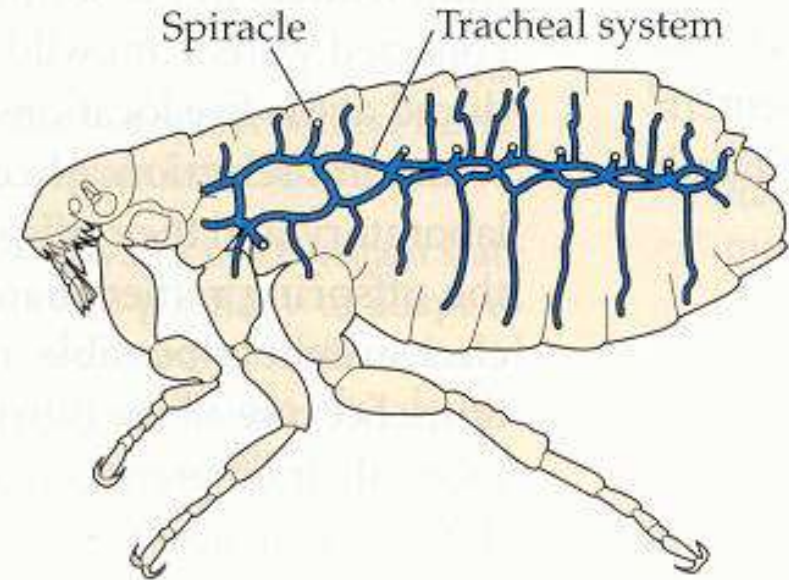
Chování jako adaptace

# Různá řešení téhož problému

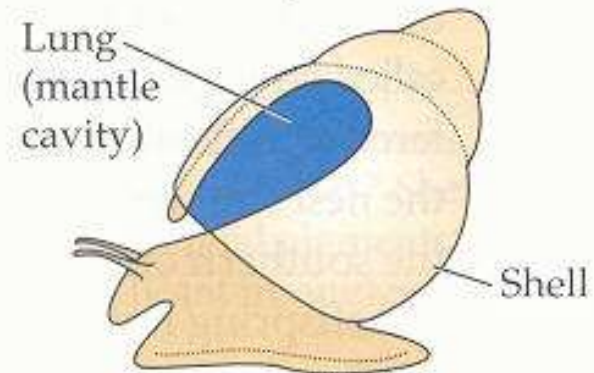
(a) Human (Phylum Chordata)



(b) Insect (Phylum Arthropoda)



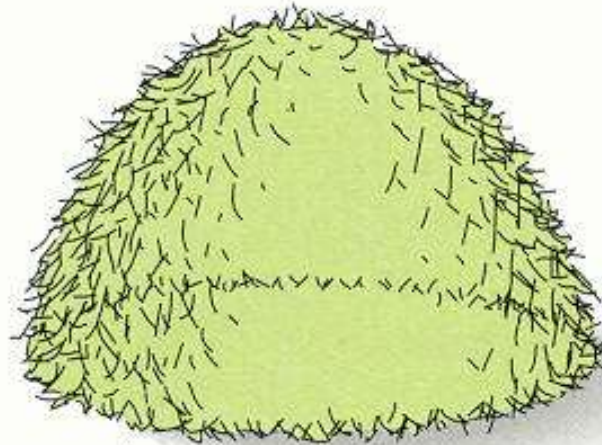
(c) Land snail (Phylum Mollusca)





# I velikost určuje stavbu těla a funkce

(a) Meadow vole



175 g

In 1 week, the vole eats about six times its body weight to meet its energy needs.



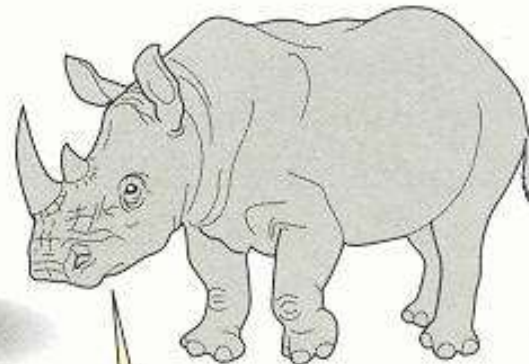
30 g

(b) White rhino



650 kg

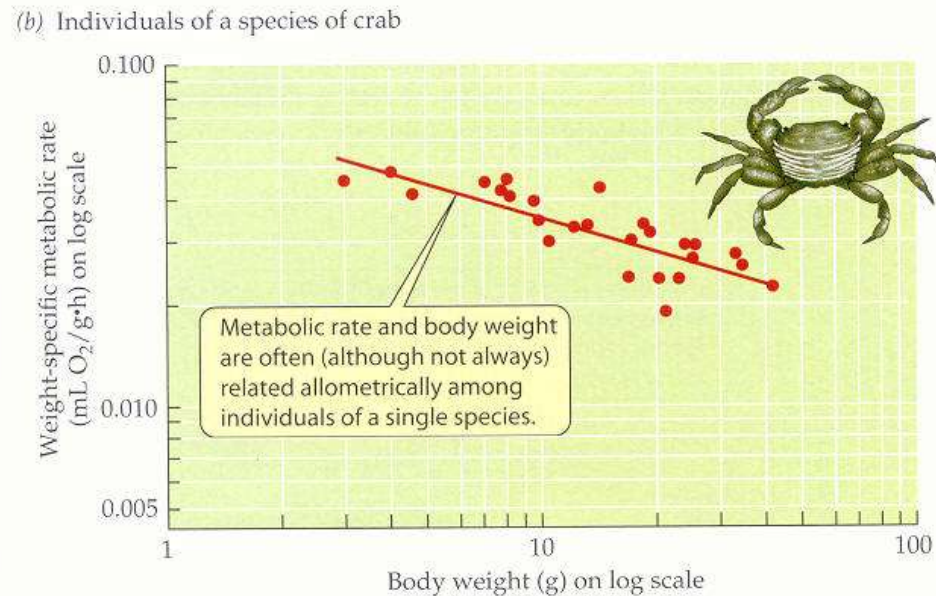
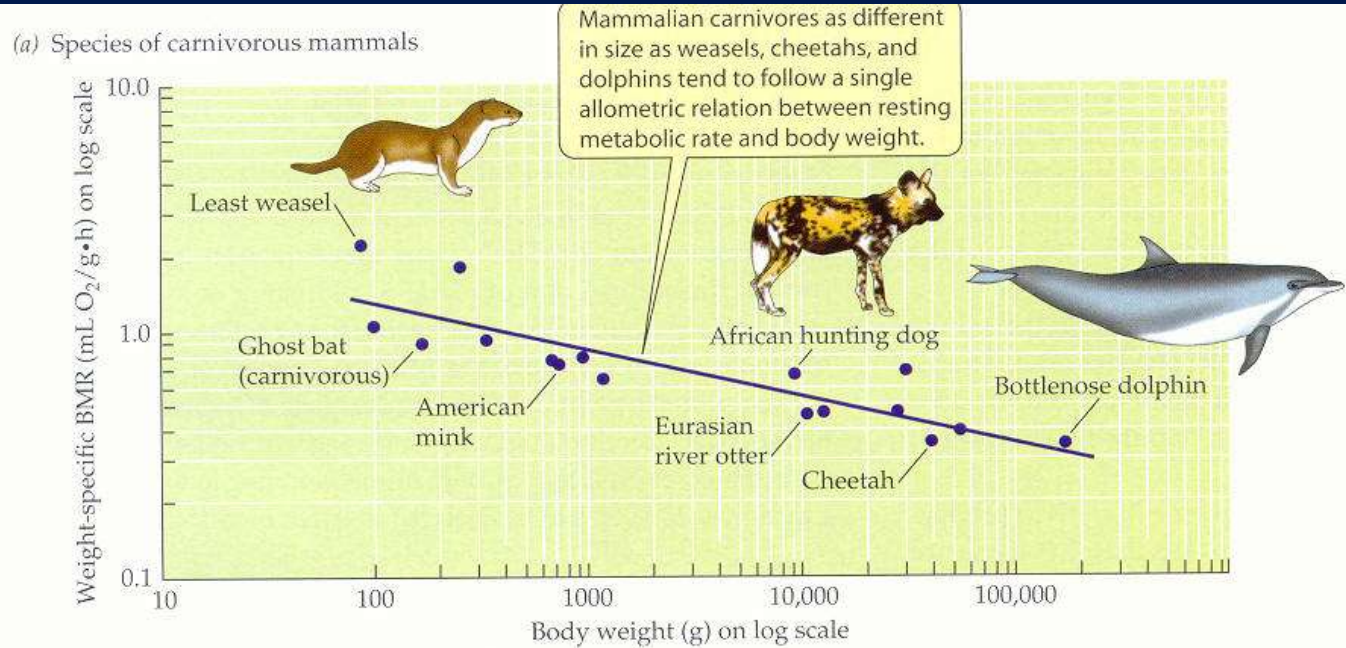
These piles of tightly packed forage are sized correctly relative to the sizes of the animals.



1900 kg

The rhino, on the other hand, eats only a third of its body weight in 1 week to meet its energy needs.

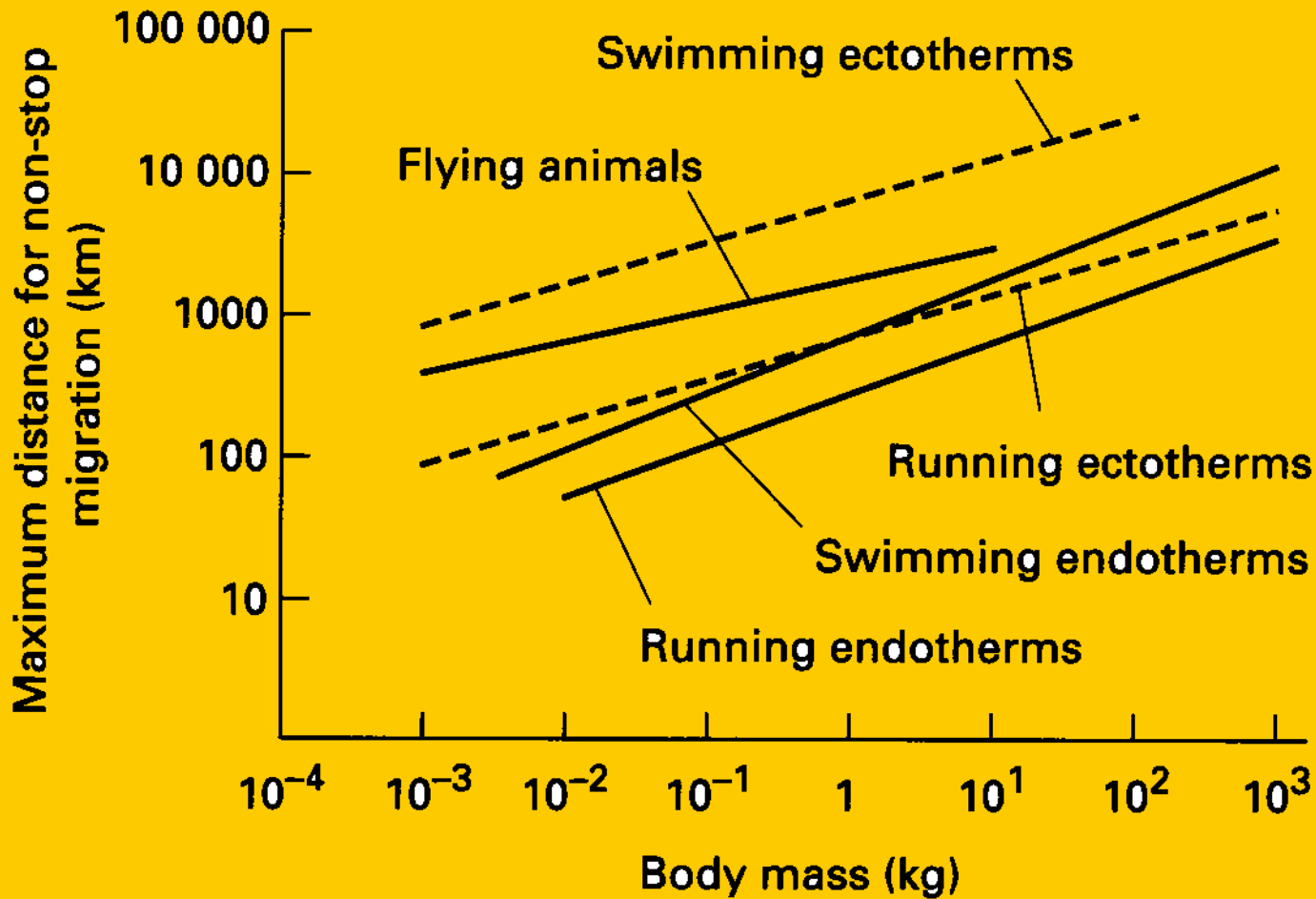
# Čím větší tím úspornější



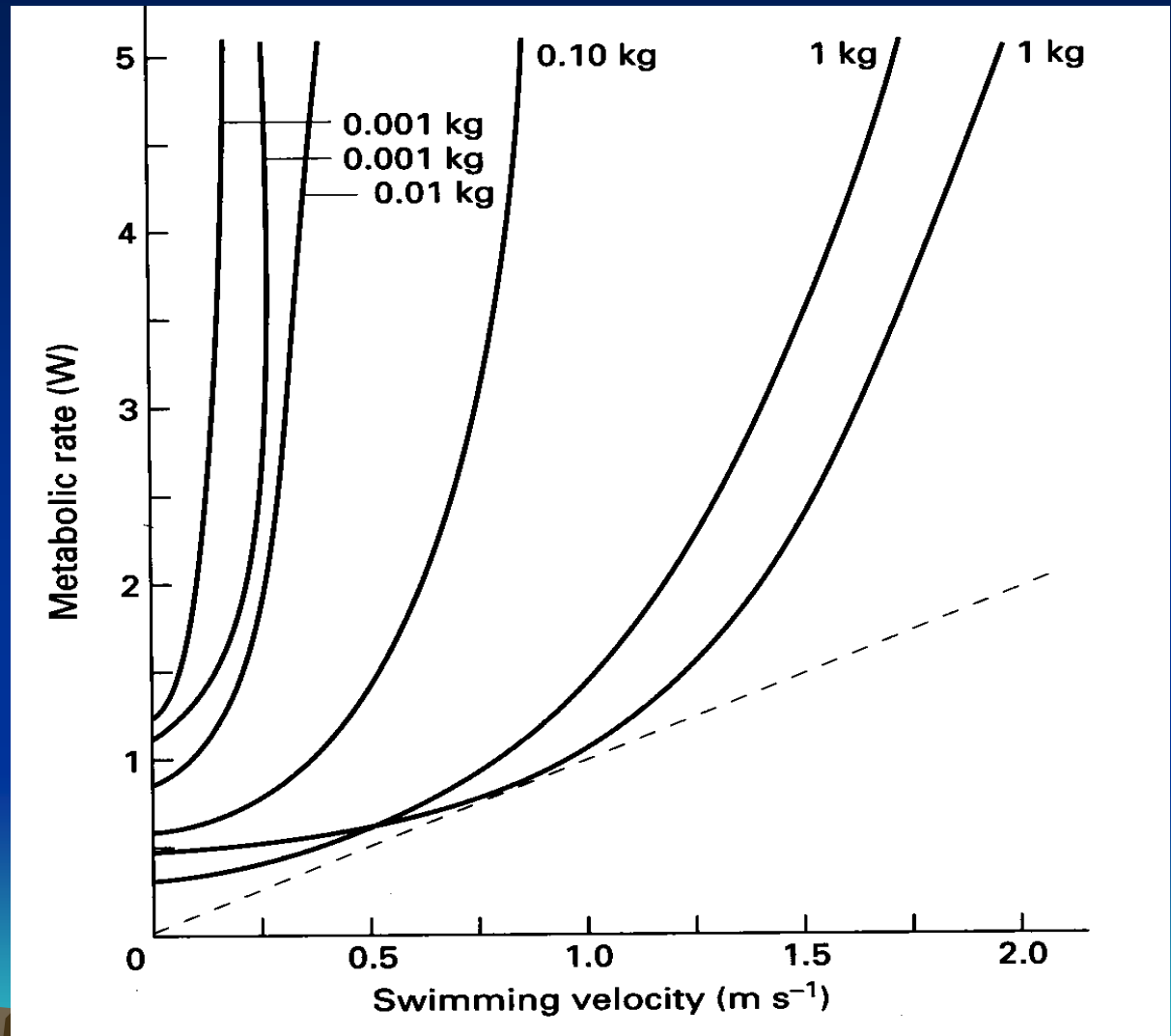
**Figure 5.10 Metabolic rate and body weight are linearly on log-log coordinates.** (a) A log-log plot of weight-specific metabolic rate as a function of body weight for mammals that eat primarily vertebrate flesh, plotted on log-log coordinates. The points represent individual species, and the line is a power law fitted to them. (b) A log-log plot of weight-specific metabolic rate as a function of body weight in a crab (*Pachygrapsus crassipes*) at a body weight of 10 g. The point represents a particular individual, and the line is a power law fitted to the points. See Appendix 5 for more details on log-log layouts. (a after McNab 1986; b after



# Nejtěžší se při non-stop migracích dostanou nejdál

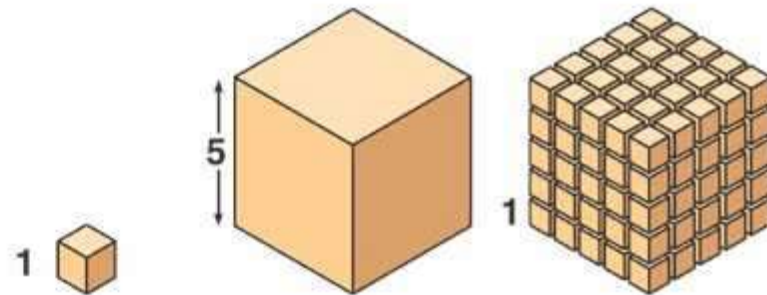


# Těžkého plavce stojí určitá rychlost méně energie



# Poměr Povrch/Objem a maximalizace povrchu

Surface area increases while total volume remains constant

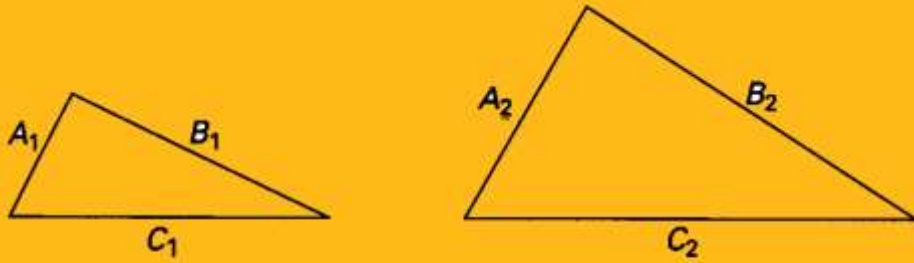


Total surface area (height × width × number of sides × number of boxes)	6	150	750
Total volume (height × width × length × number of boxes)	1	125	125
Surface-to-volume ratio (surface area / volume)	6	12	6

Velikost limituje funkcje



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





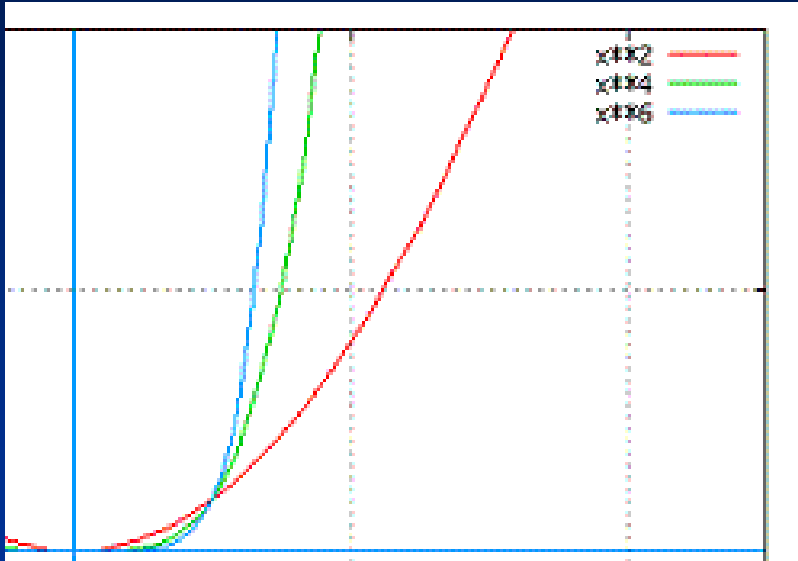
Tělesné proporce a nelineární – allometrické vztahy.  
Velký živočich nemůže být zvětšeninou malého.



allometrické vztahy



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

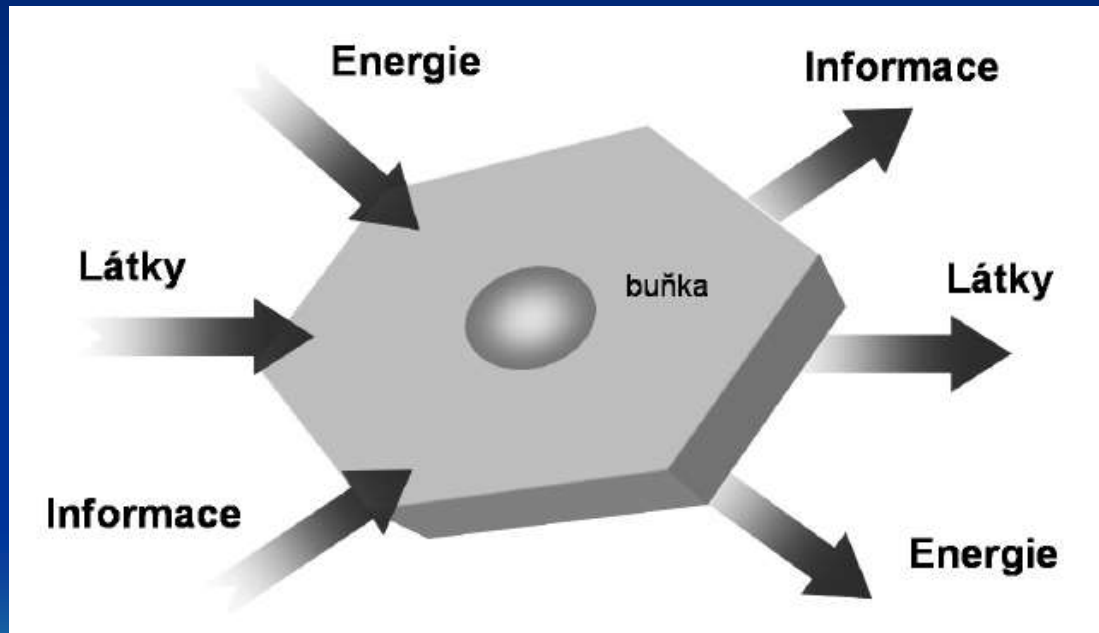


allometrické vztahy

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

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

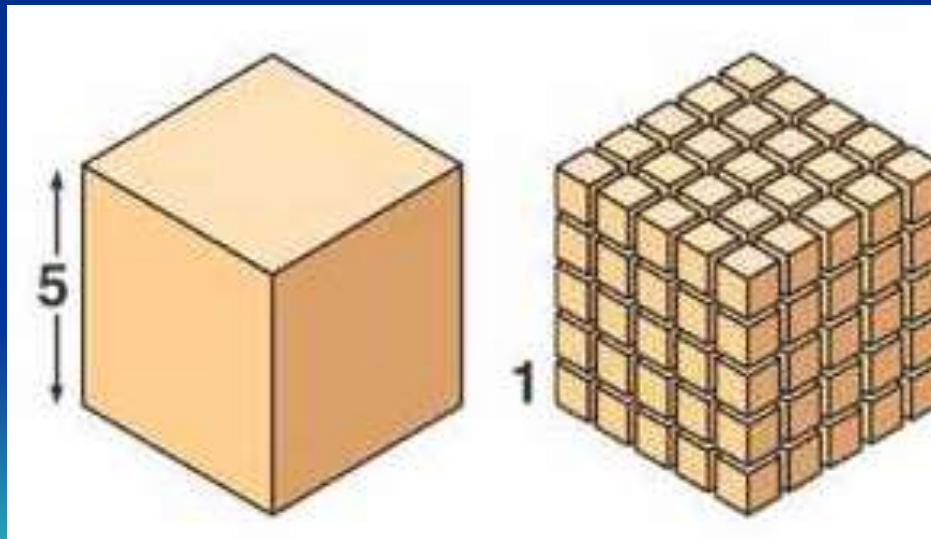
Od jednobuněčných k mnohobuněčným.





Podmínky vnitřního i vnějšího prostředí se ale liší :  
Homeostáza, adaptace, regulace

- 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

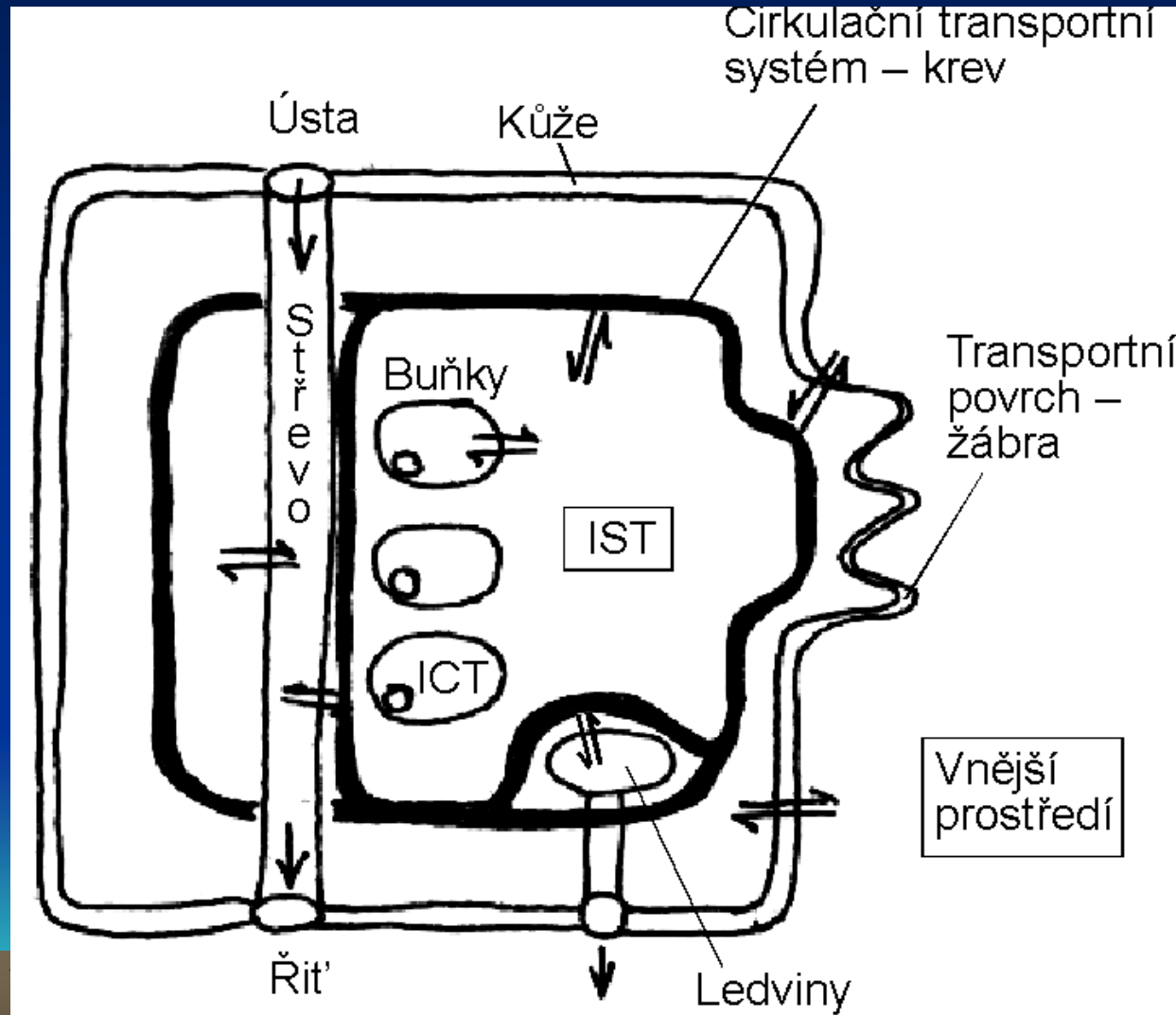
Podmínky vnitřního i vnějšího prostředí kolísají.

Co je potřeba hlídat pro udržení homeostázy?

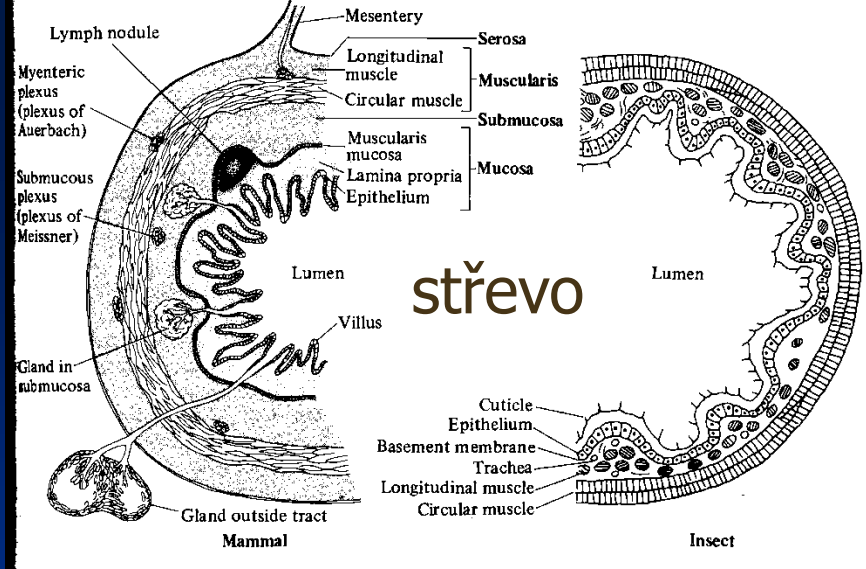
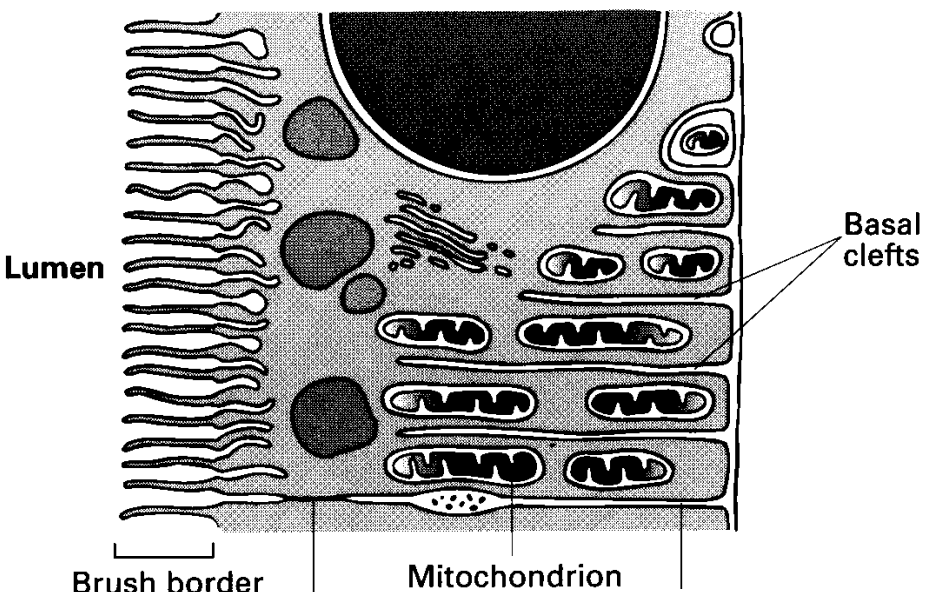
- Zdroje energie
- Dýchací plyny
- Odpadní produkty
- pH
- Vodu, soli a elektrolyty
- Objem a tlak
- Teplotu
- Sociální parametry



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

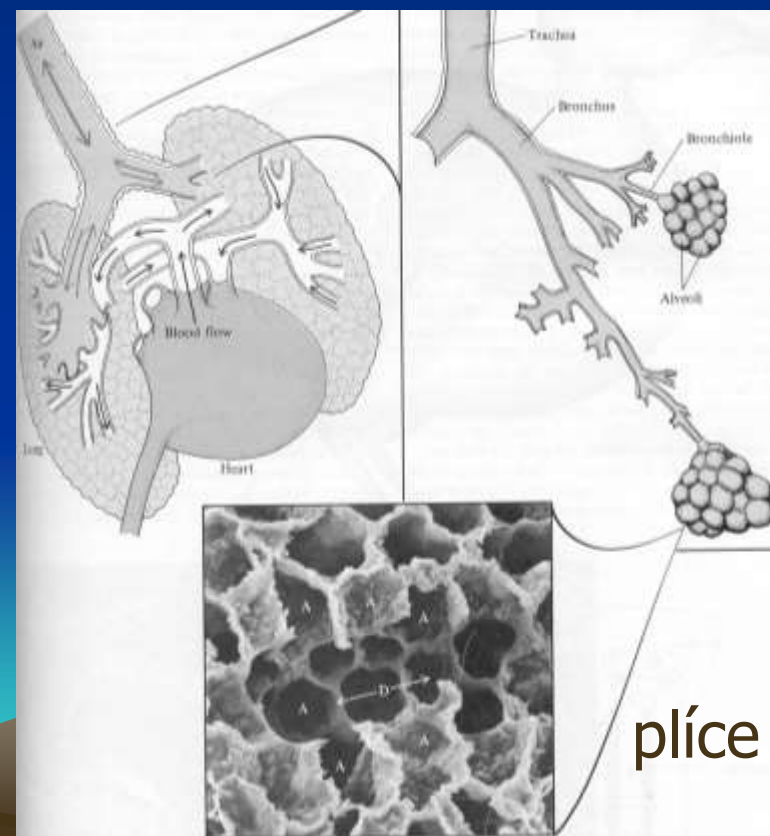
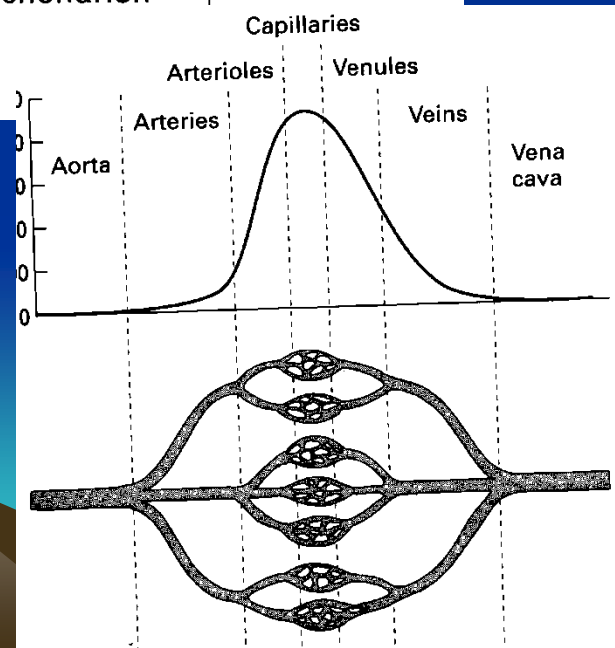


Vnitřní kontaktní rozhraní musí mít velkou plochu



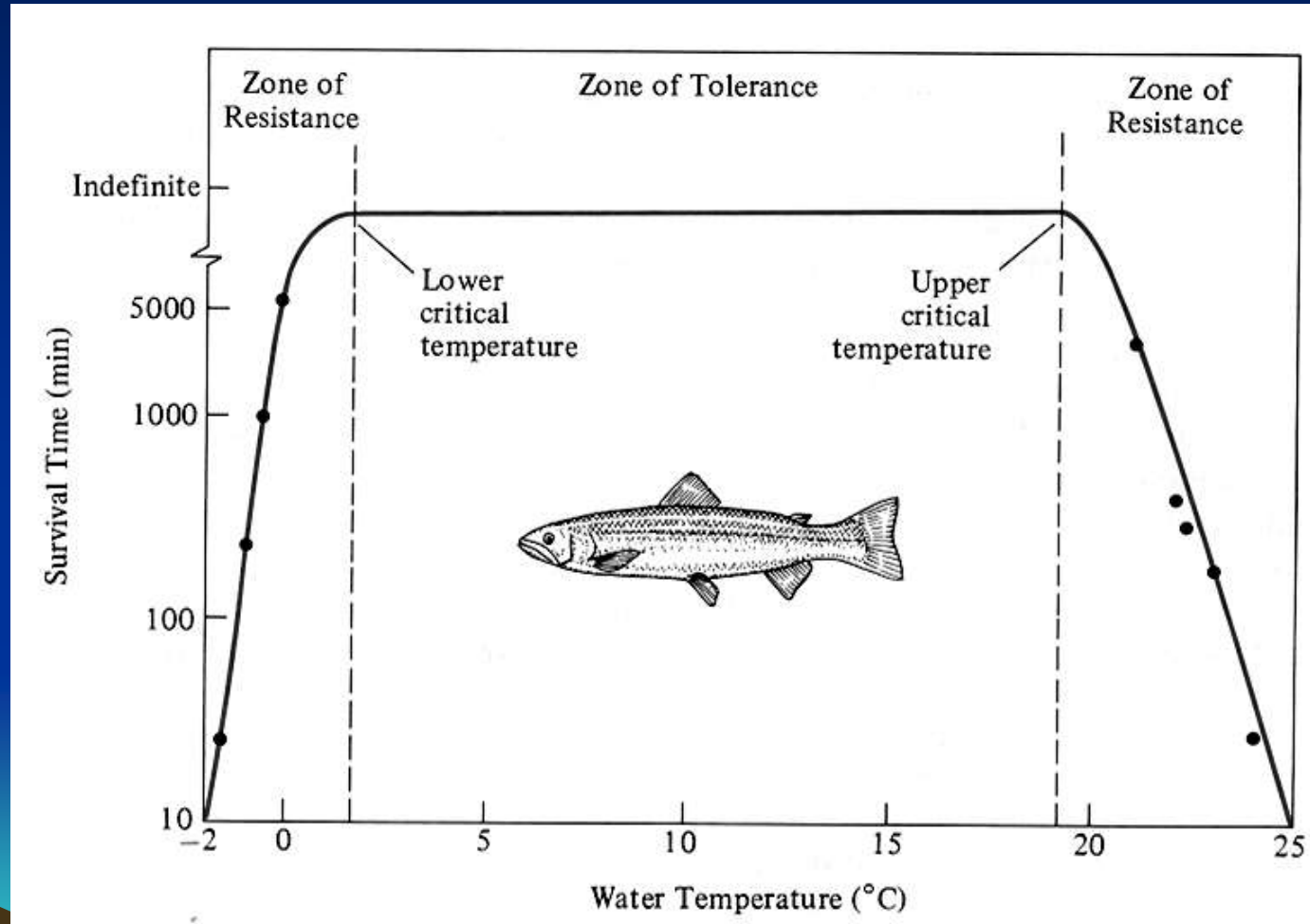
ledvinný tubulus

kapiláry





# Podmínky vnějšího prostředí kolísají: Homeostáza, adaptace, regulace



Optimum a jeho  
hranice

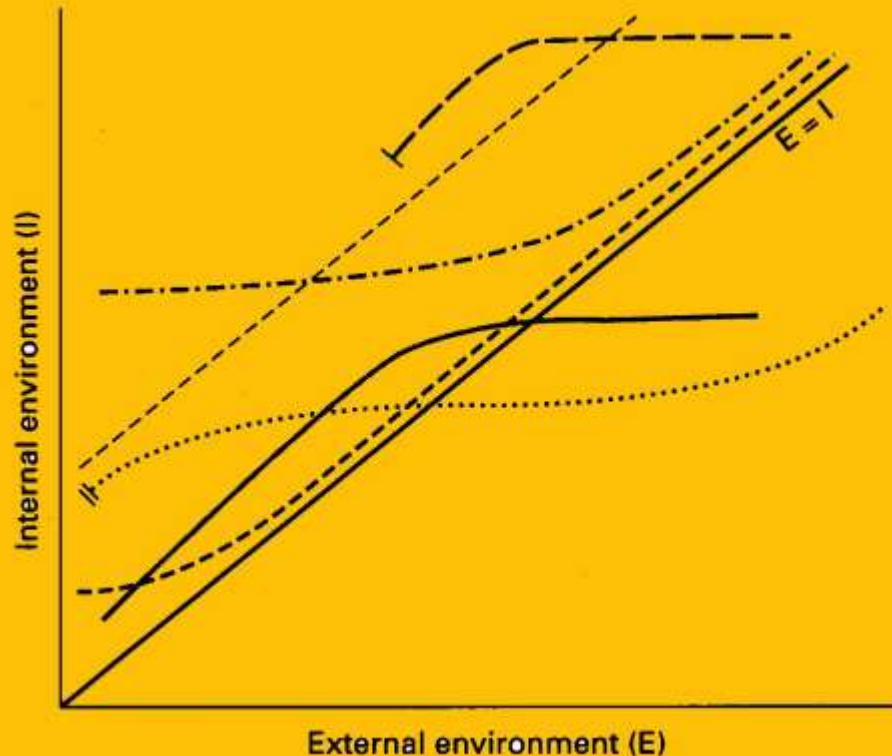
Ne všem se ale homeostáza vyplatí  
Různé adaptační strategie na změnu životních podmínek

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

Volba strategie souvisí s tělní stavbou a velikostí těla.



# „Konformeréi“ a regulátoři.

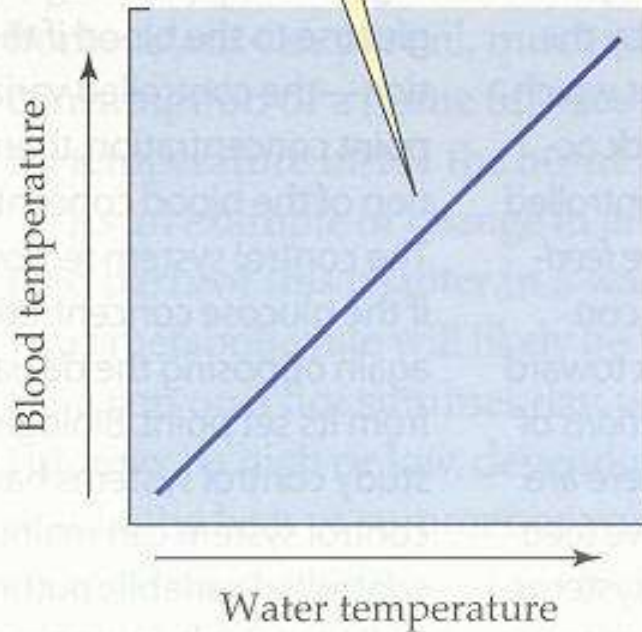


- 'Conformer', but some regulation at extreme low E
- ..... 'Regulator', but less efficient at extremes
- . - . - . Typical 'partial' regulator, conforming in relatively normal conditions but regulating as conditions get more difficult
- Essentially a conformer (parallel to  $E = I$  line), but internal 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

# „Konforméři“ a regulátoři.

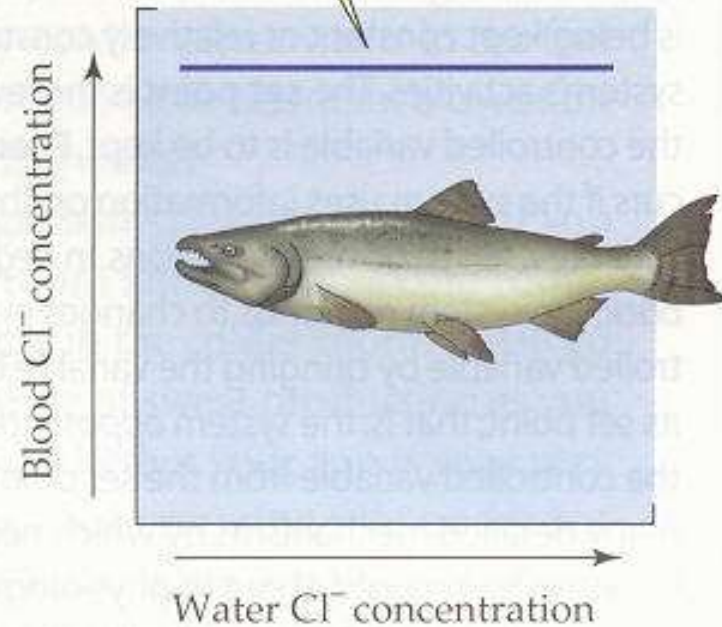
(a) Temperature conformity

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

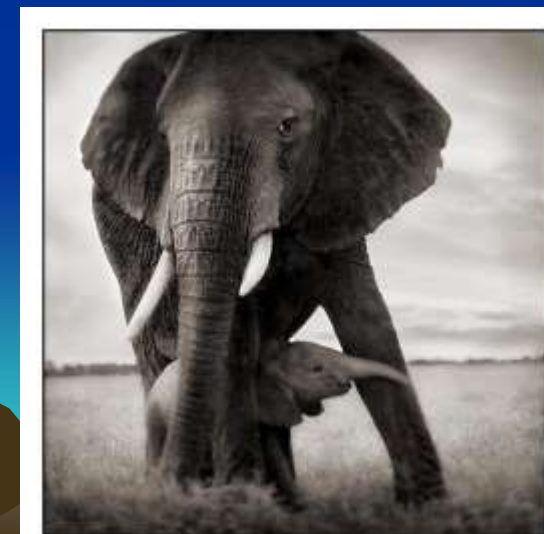
	<i>r</i> -selection	<i>K</i> -selection	<i>A</i> -selection
<i>Environment</i>			
Stability	Low	High	High
Abiotic stress	High	Low	High
Energy	Low	High	Low
<i>Individuals</i>			
Body size	Small	Large	Small or large
Lifespan	Short	Long	Long
Maturity	Early	Late	Late
<i>Reproduction</i>			
Pattern	Semelparous	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

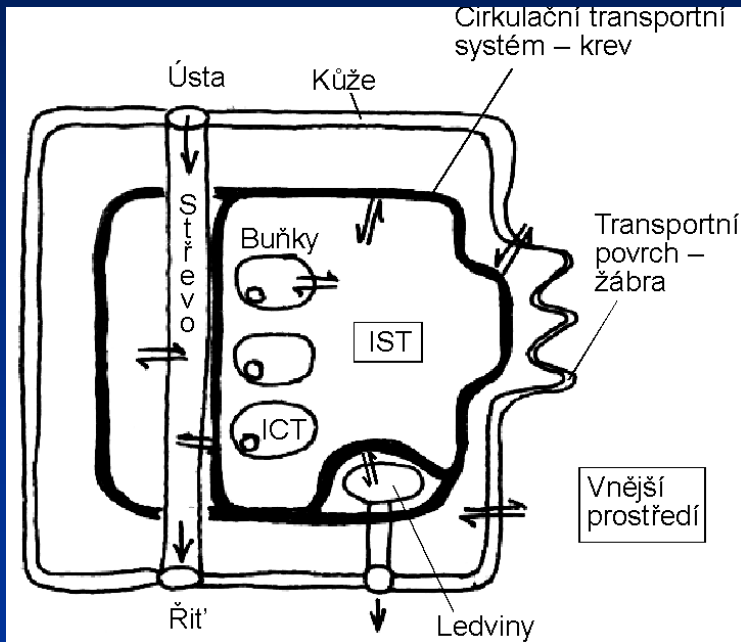
**R- stratég:** vyšší důraz na rozmnožování a mobilitu potomstva, přičemž kvalita a konkurenceschopnost je odsunuta do pozadí. Rychle roste, rychle se množí, jsou malí, bez péče o potomstvo. Mnoho potomků, velká mortalita. Výhodné v raných stádiích osidlování.



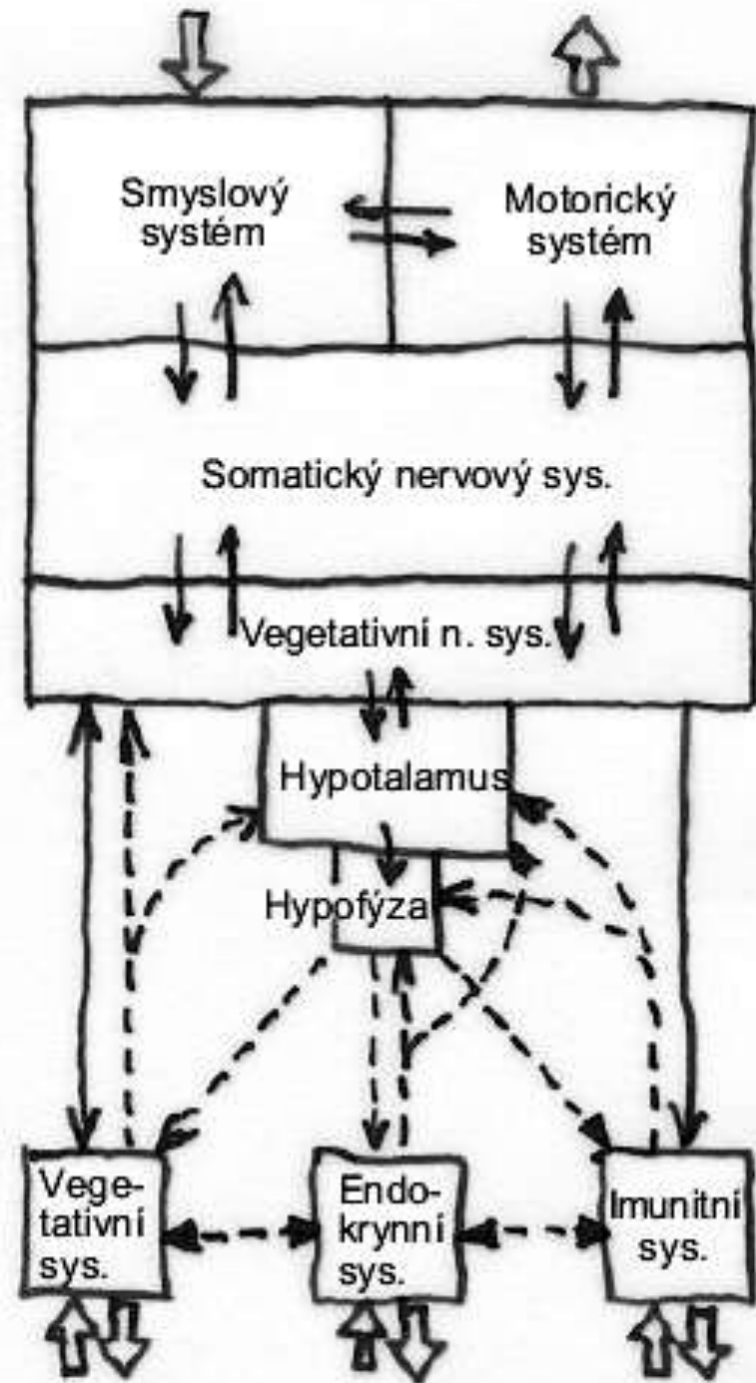
**K-stratég** je organismus, který ve své životní strategii uplatňuje vyšší důraz na kvalitu a konkurenceschopnost potomstva, přičemž jeho kvantita a mobilita je odsunuta do pozadí. Maximálně využívají stabilní prostředí.



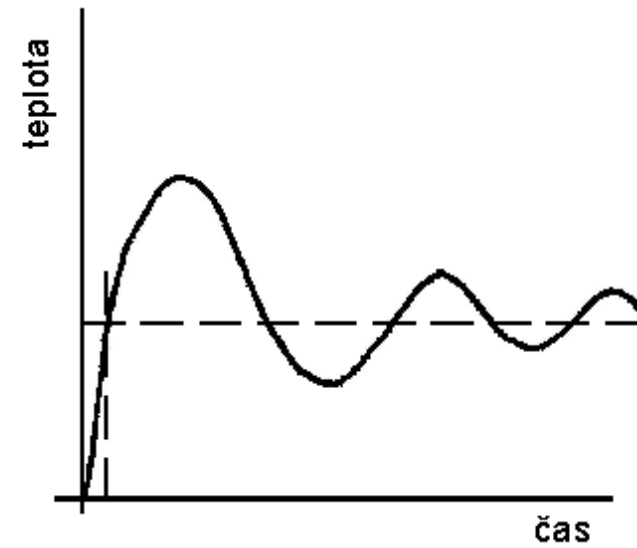
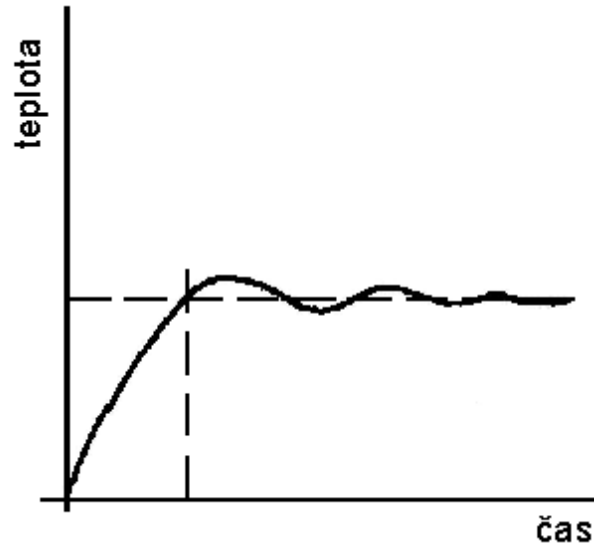
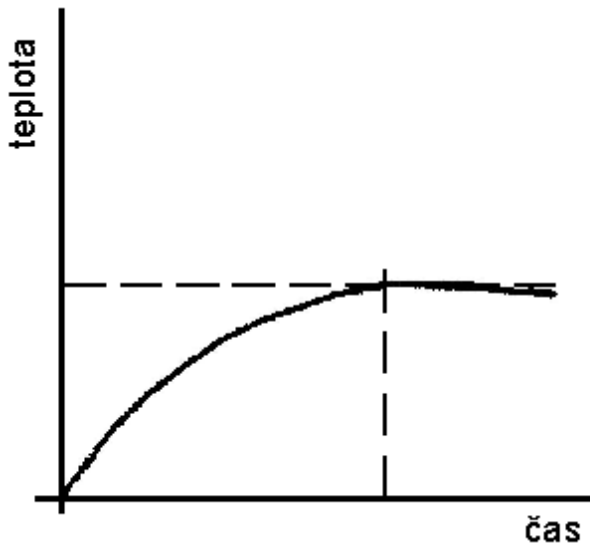
# Regulace



## Řídící a obslužné systémy



# Regulace

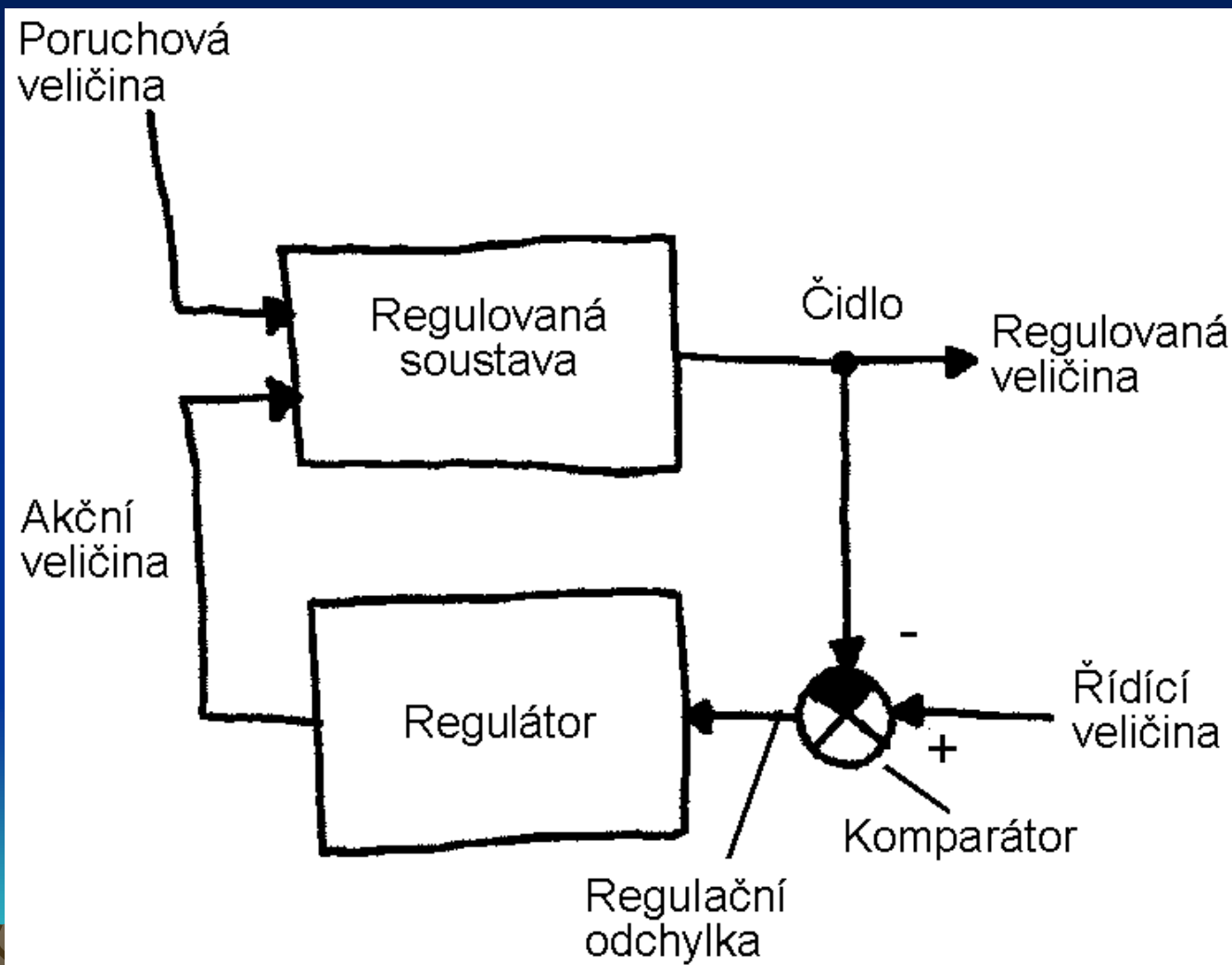


Kompromis mezi rychlostí a přesností





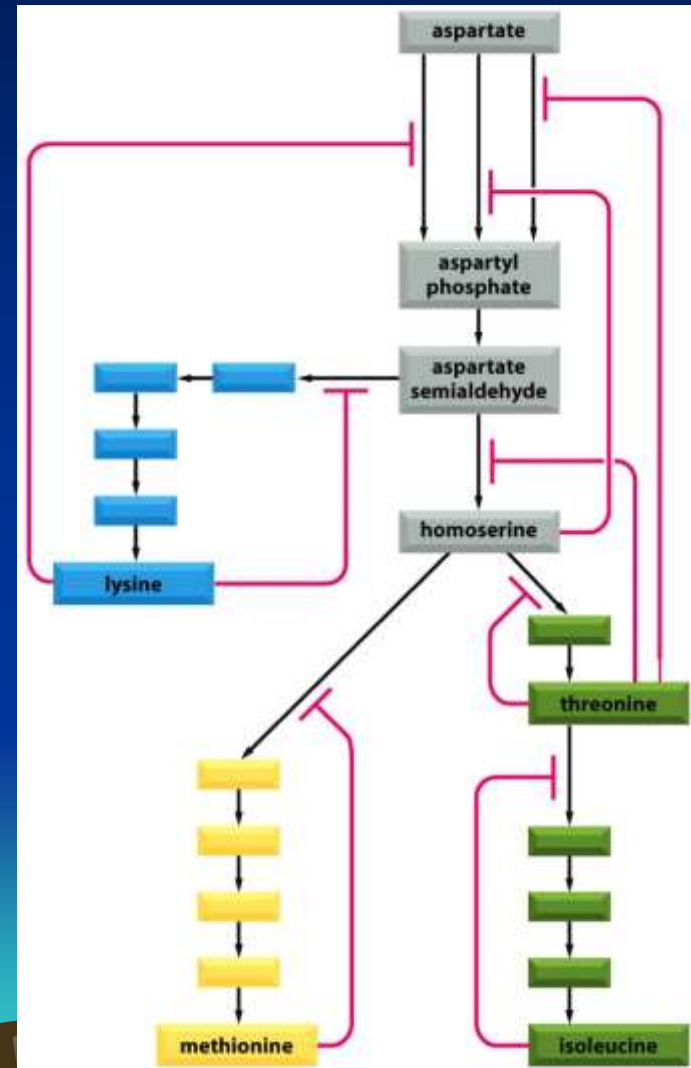
# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy



# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy

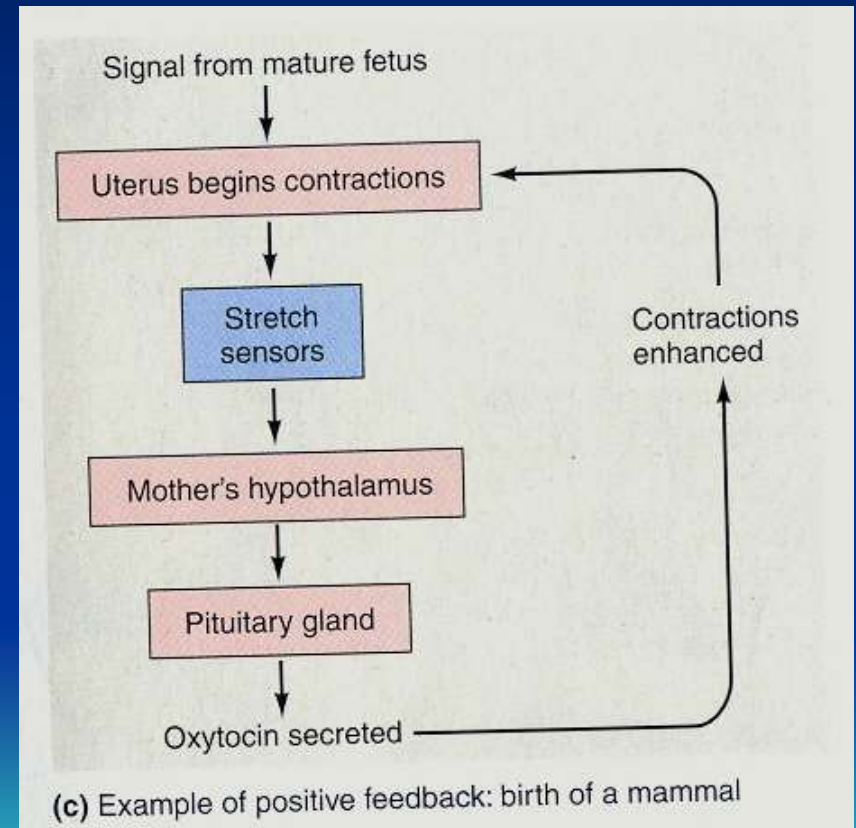
Přesnost regulace:

- ON-OFF
- Proporcionální
- Anticipační



# Pozitivní zpětná vazba

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



## 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.

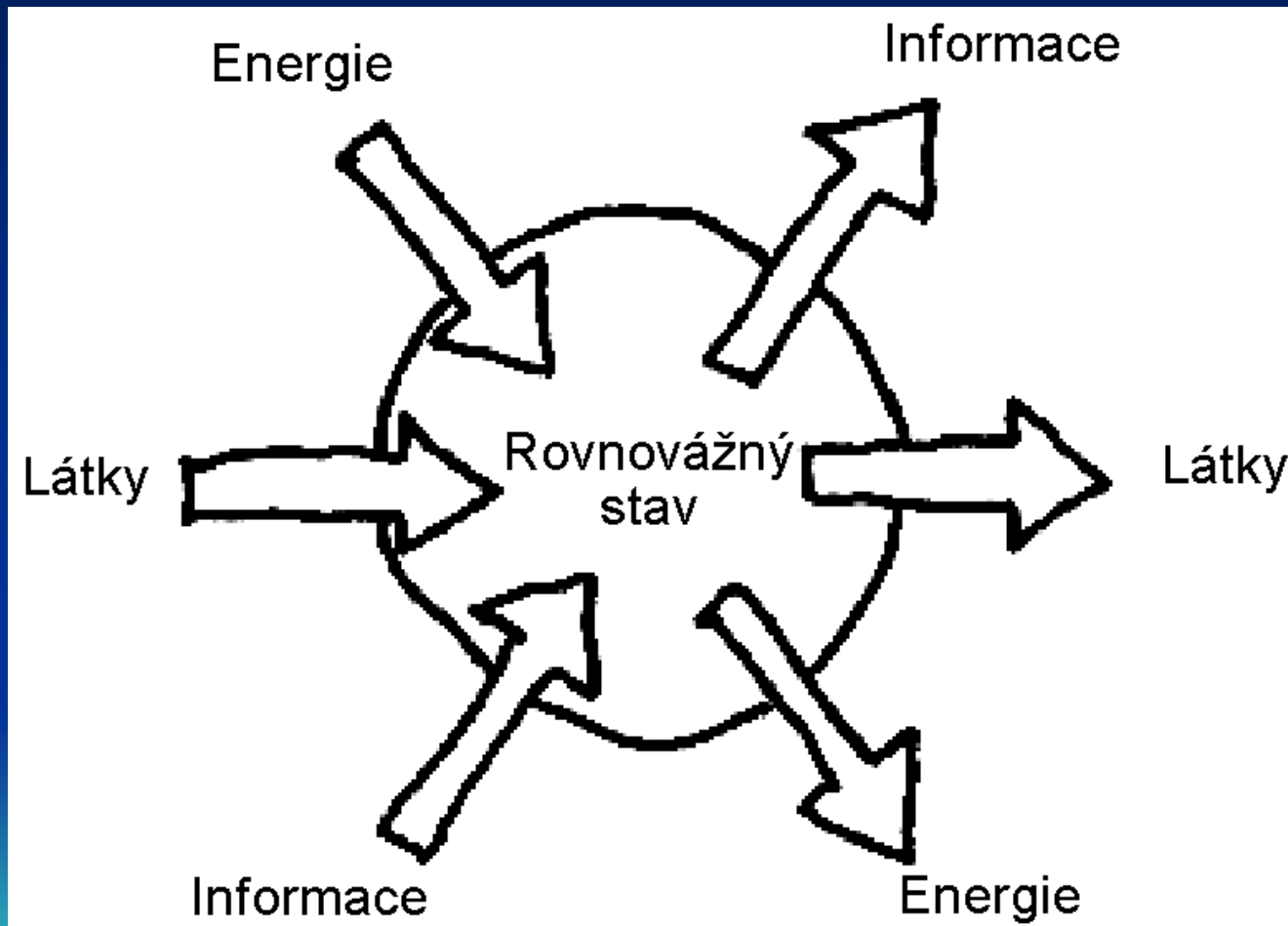
# Shrnutí

Negativní zpětná vazba je základním typem homeostatické regulace

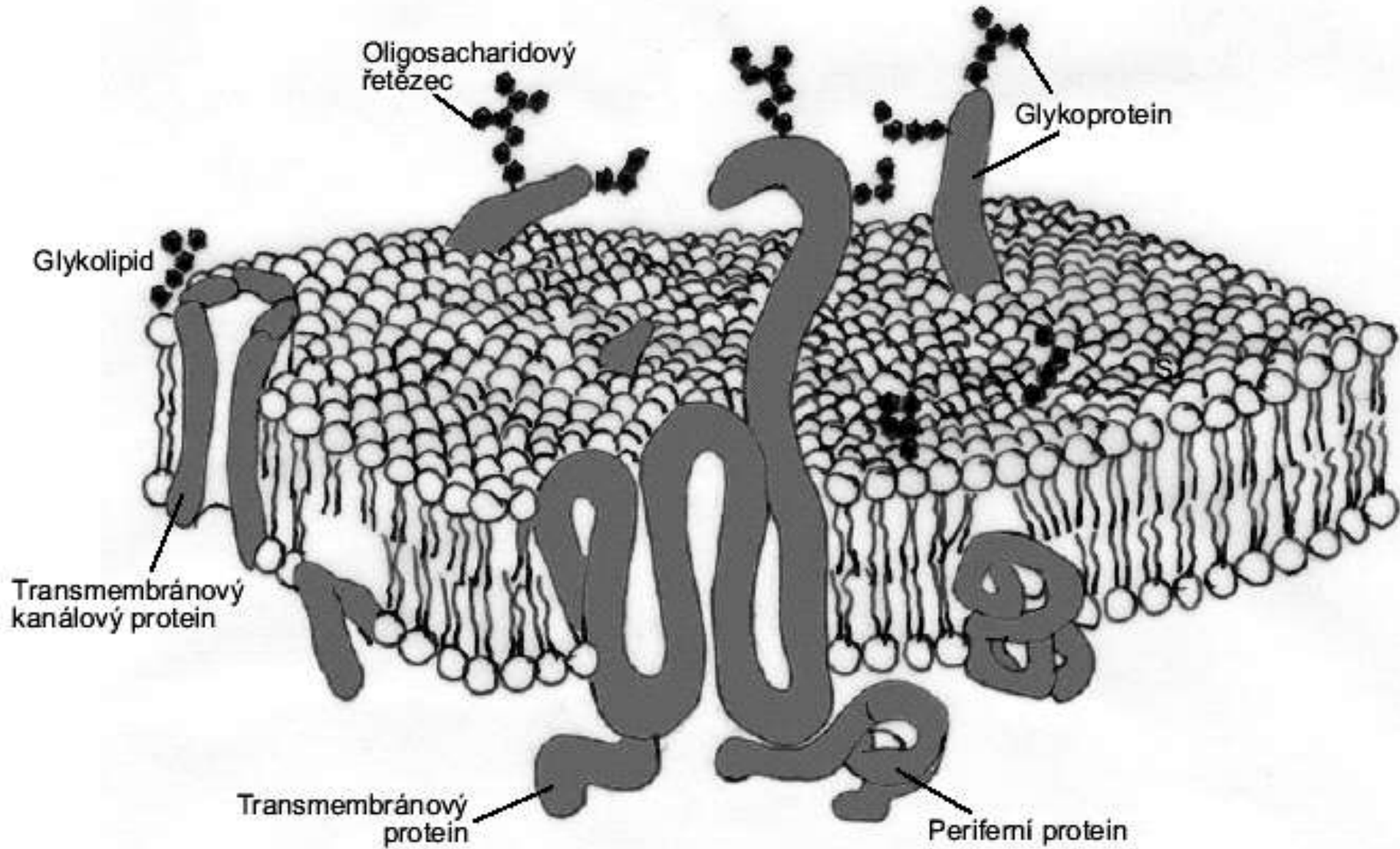


# Udržení organizovanosti navzdory chaosu

- základní vlastnost živých organizmů
- Buněčná fyziologie

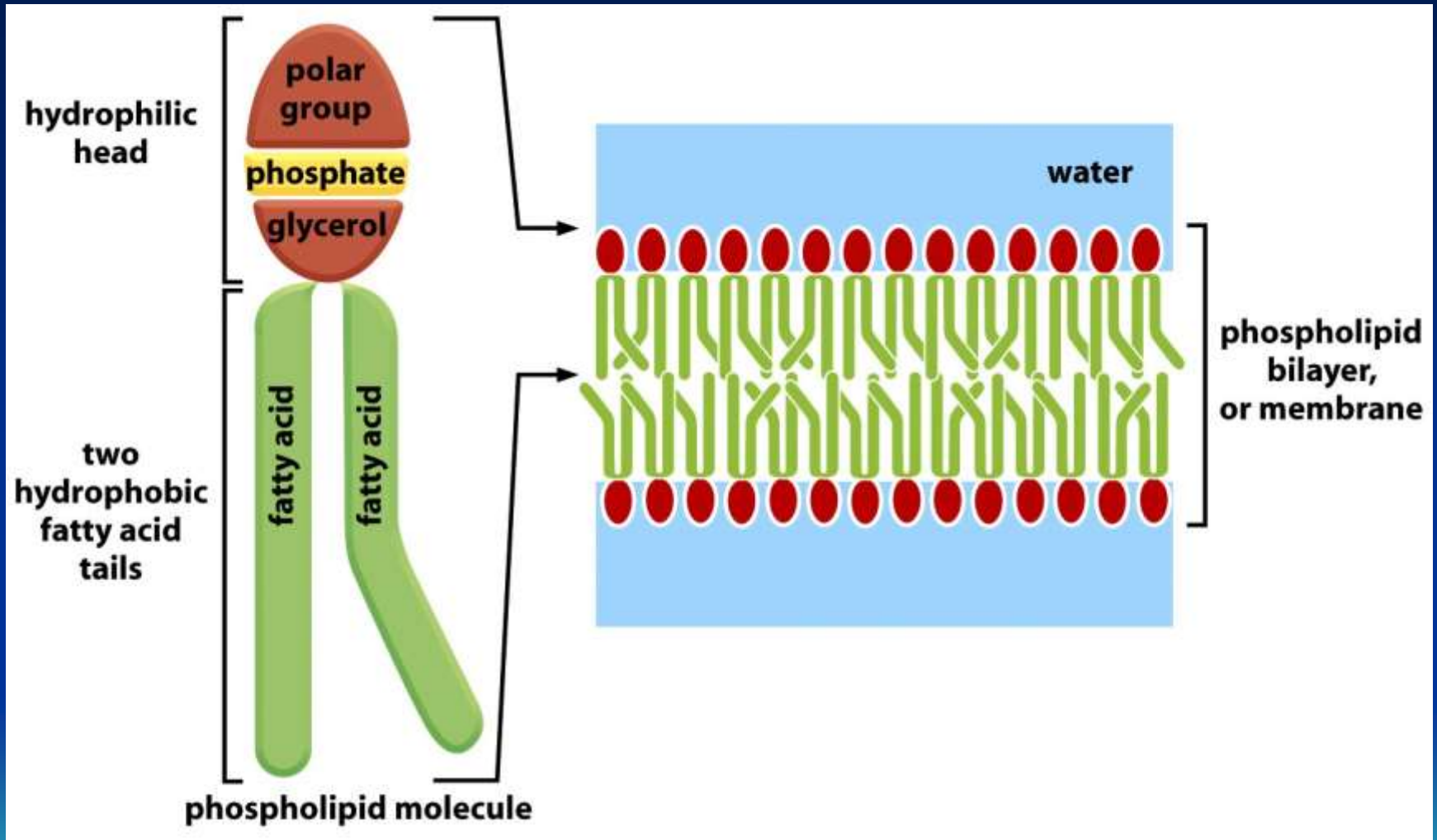


# Bariéra a brány



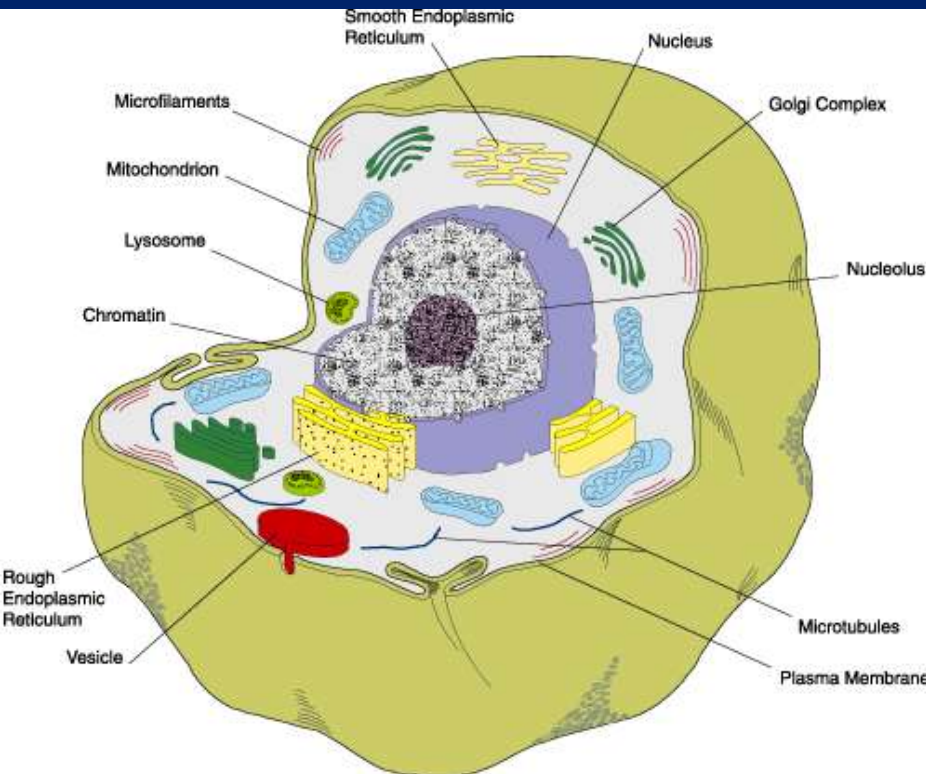


# Membrána z nepropustného materiálu. Fluidní mozaika.



# Hlavní membránové struktury buňky

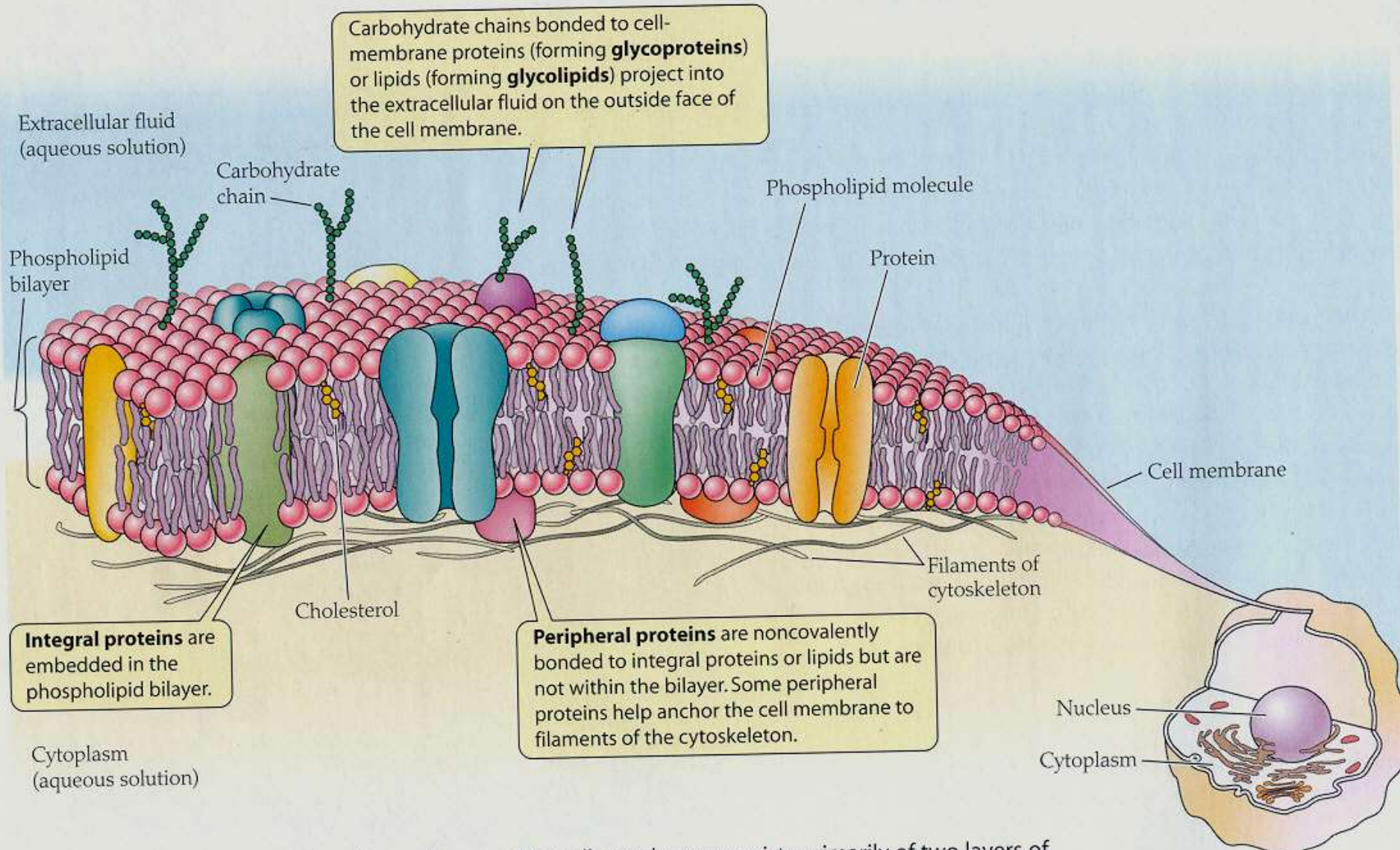
## Odděluje a uzavírá kompartmenty s danými funkcemi



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.

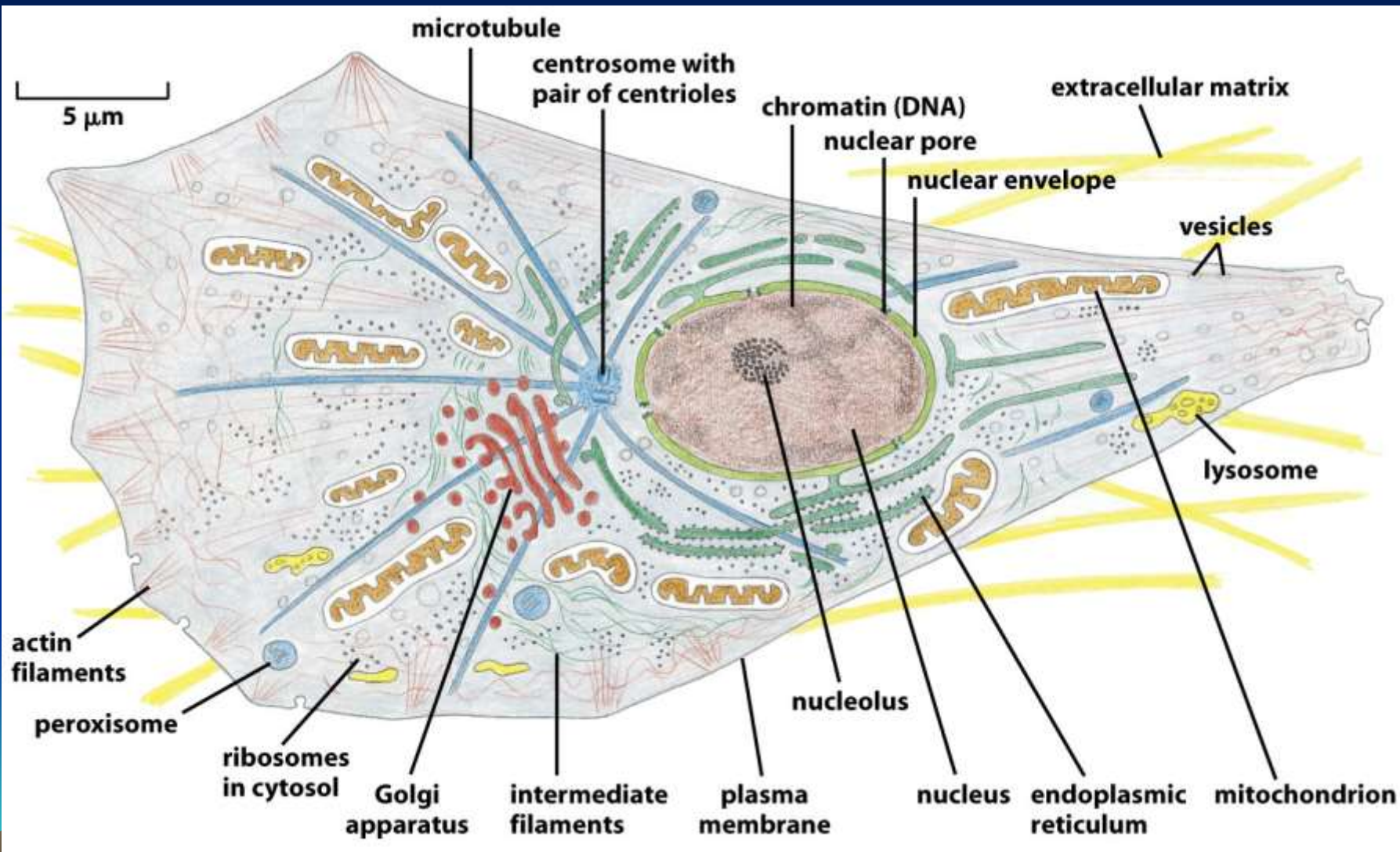


# Bariéry a brány



**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 + cytoskelet





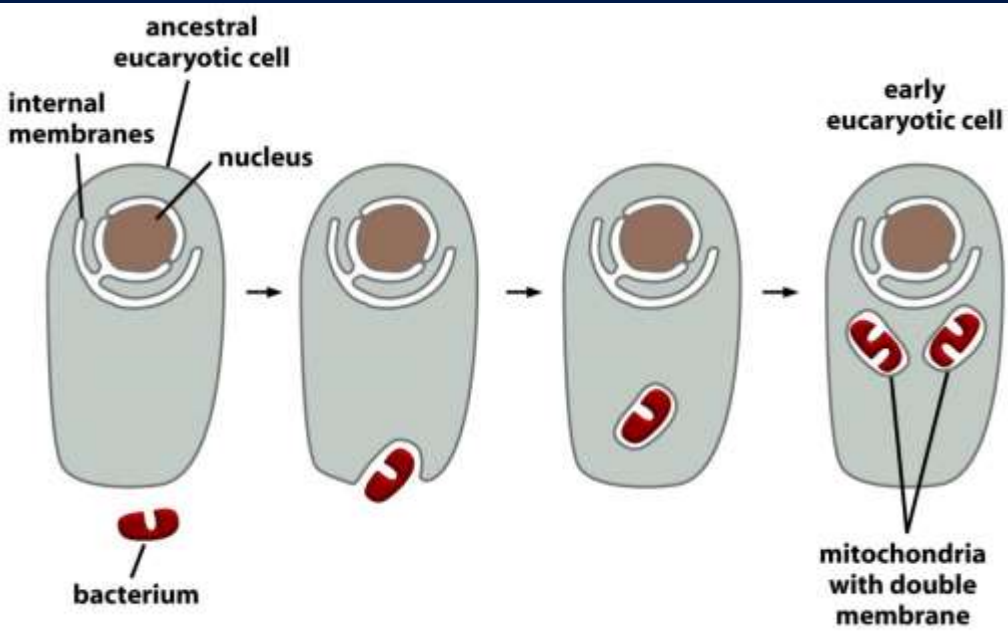


Figure 1-34 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

# Semiautonomní organely

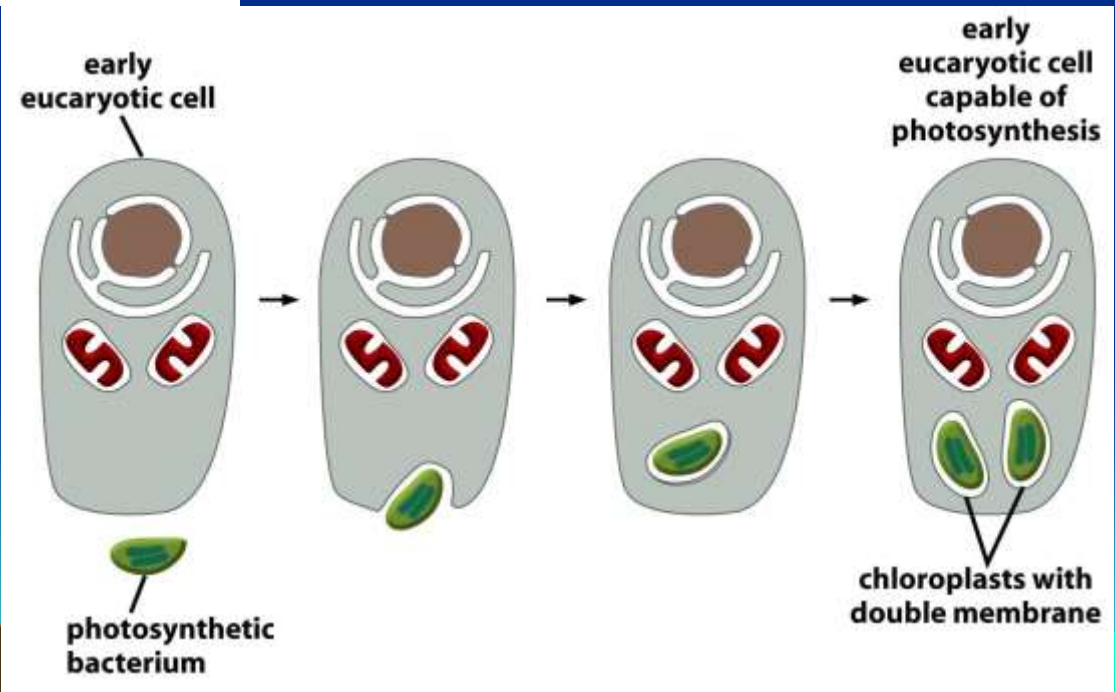
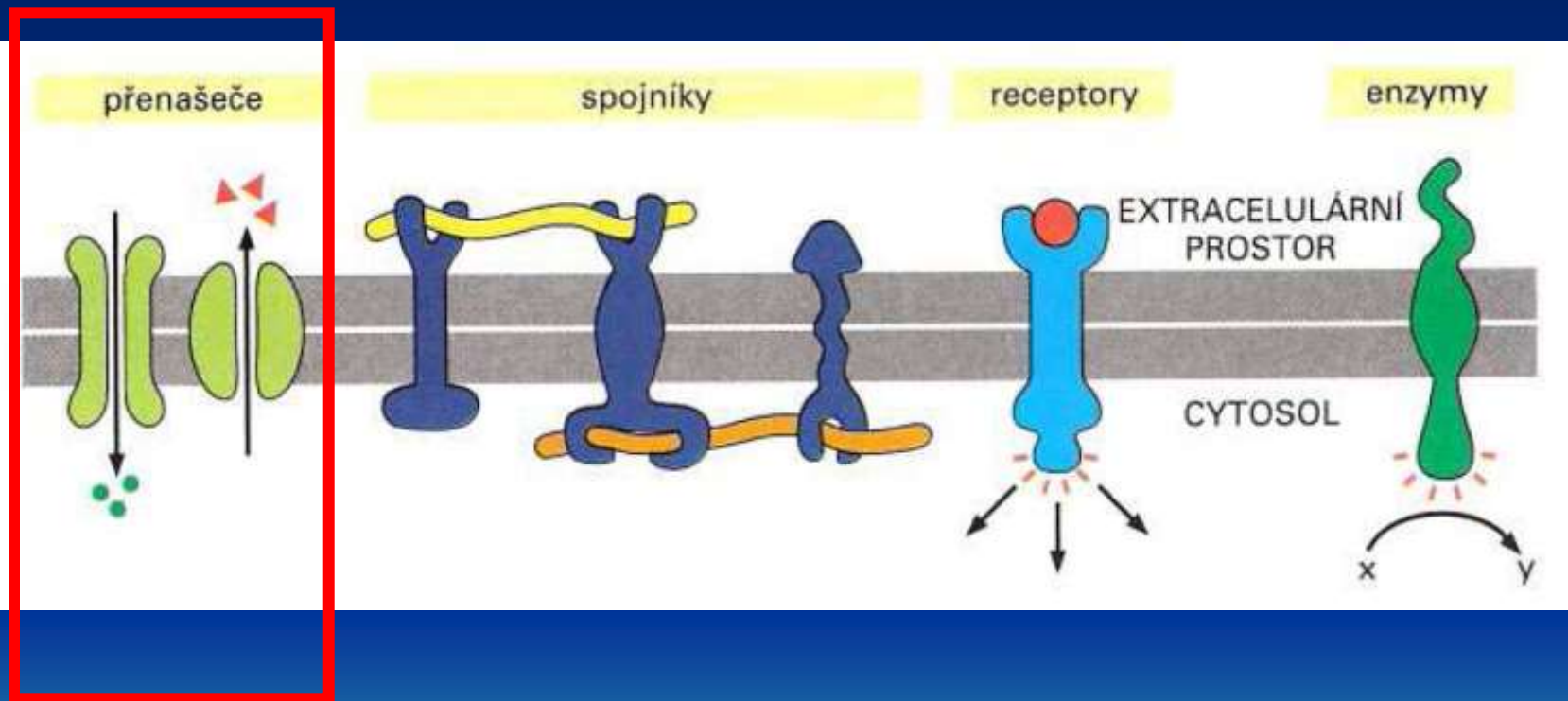
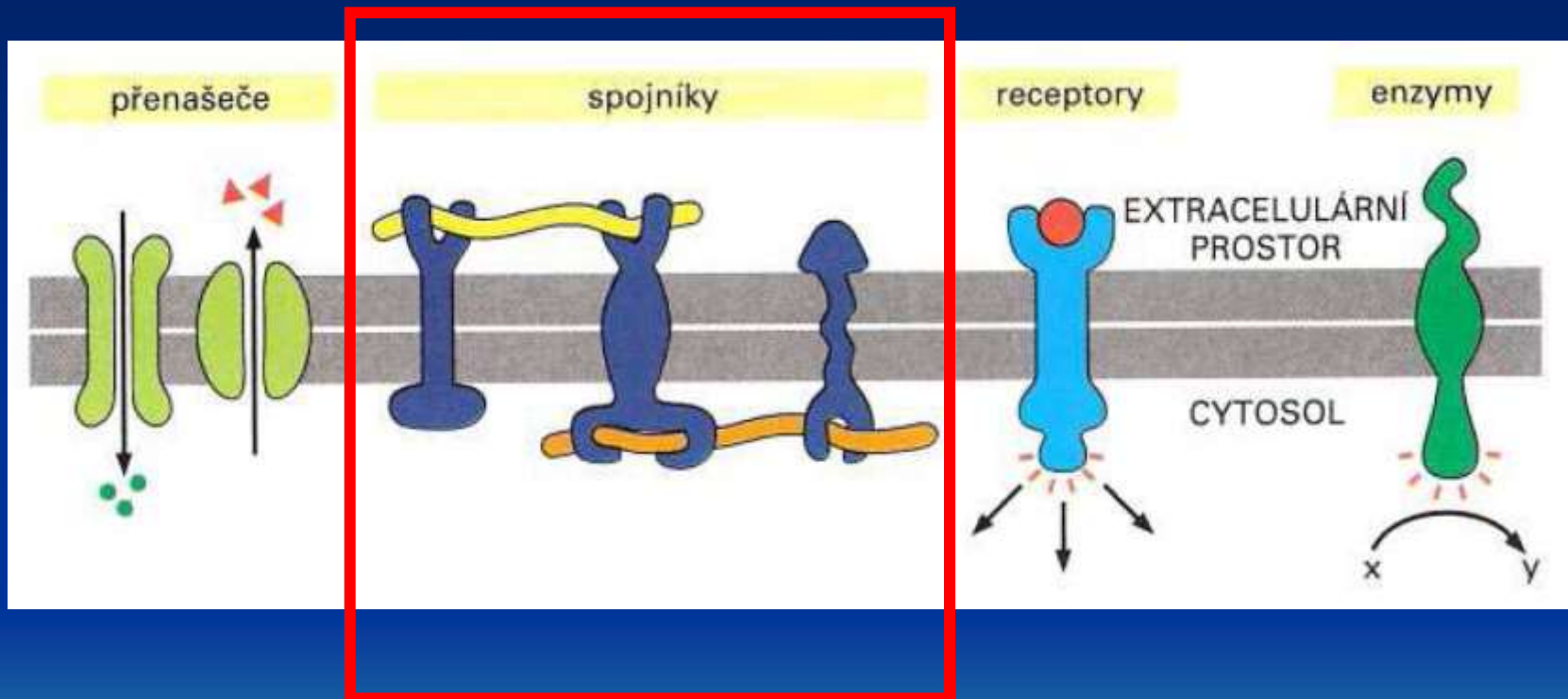


Figure 1-36 Molecular Biology of the Cell, Fifth Edition (© Garland Science 2008)

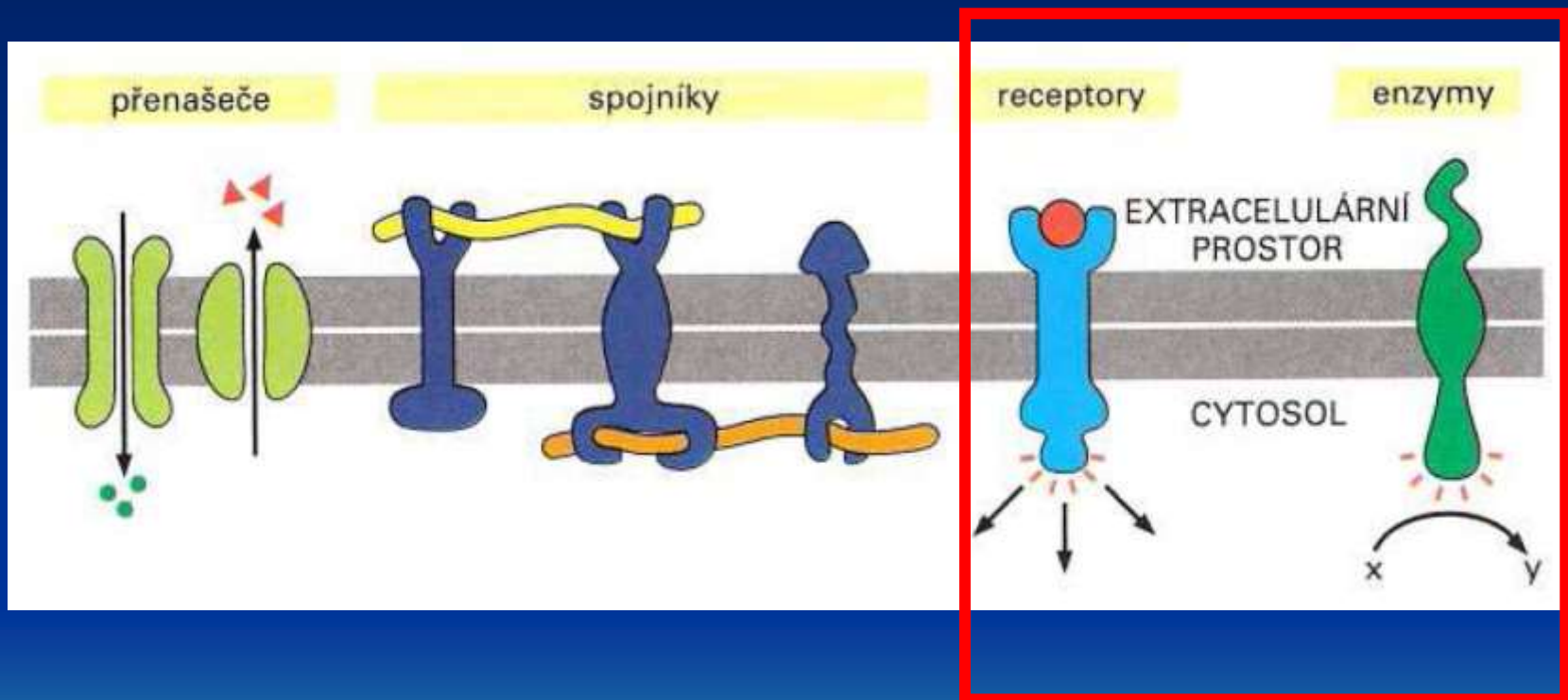
# Funkce membránových bílkovin – přenos látek



# Funkce membránových bílkovin – fixace na extra a intracelulární struktury.

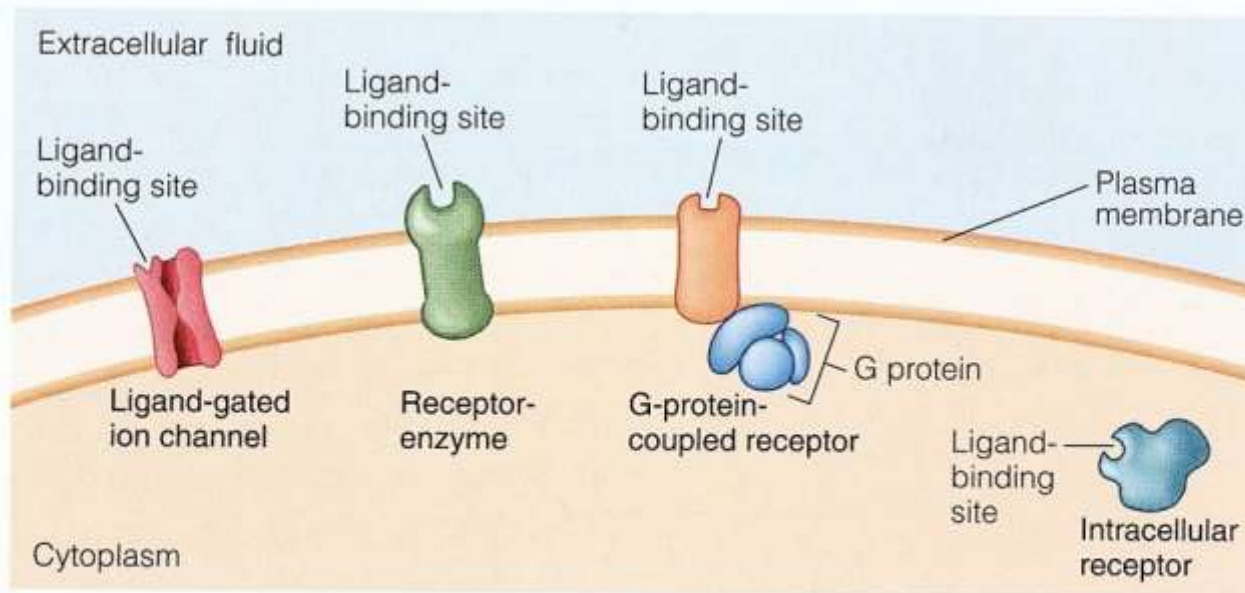


# Funkce membránových bílkovin – přenos signálů





## Přenos signálů: receptory na extracelulární straně, ale i uvnitř buňky



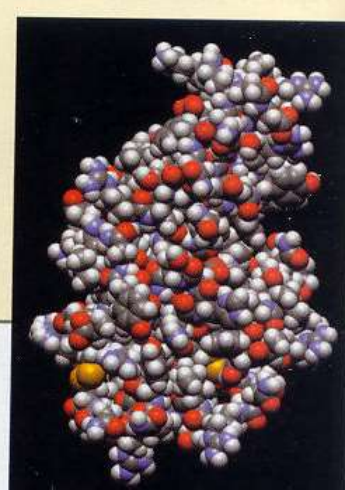
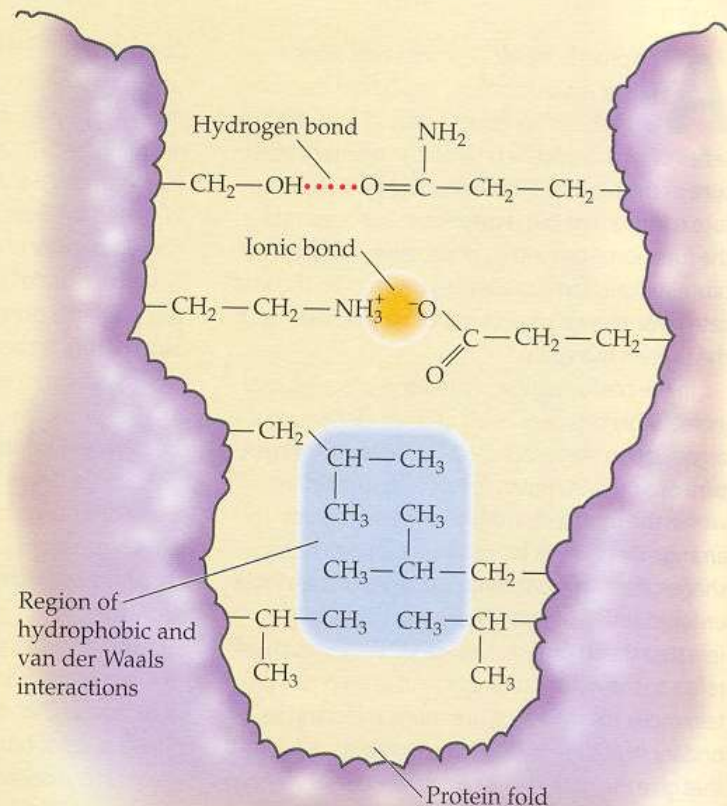
**Figure 3.16 Types of receptors in animals** Some of the physiologically important receptors in animals are intracellular receptors, ligand-gated ion channels, receptor-enzymes, and G-protein-coupled receptors.

# Bílkoviny jako brány

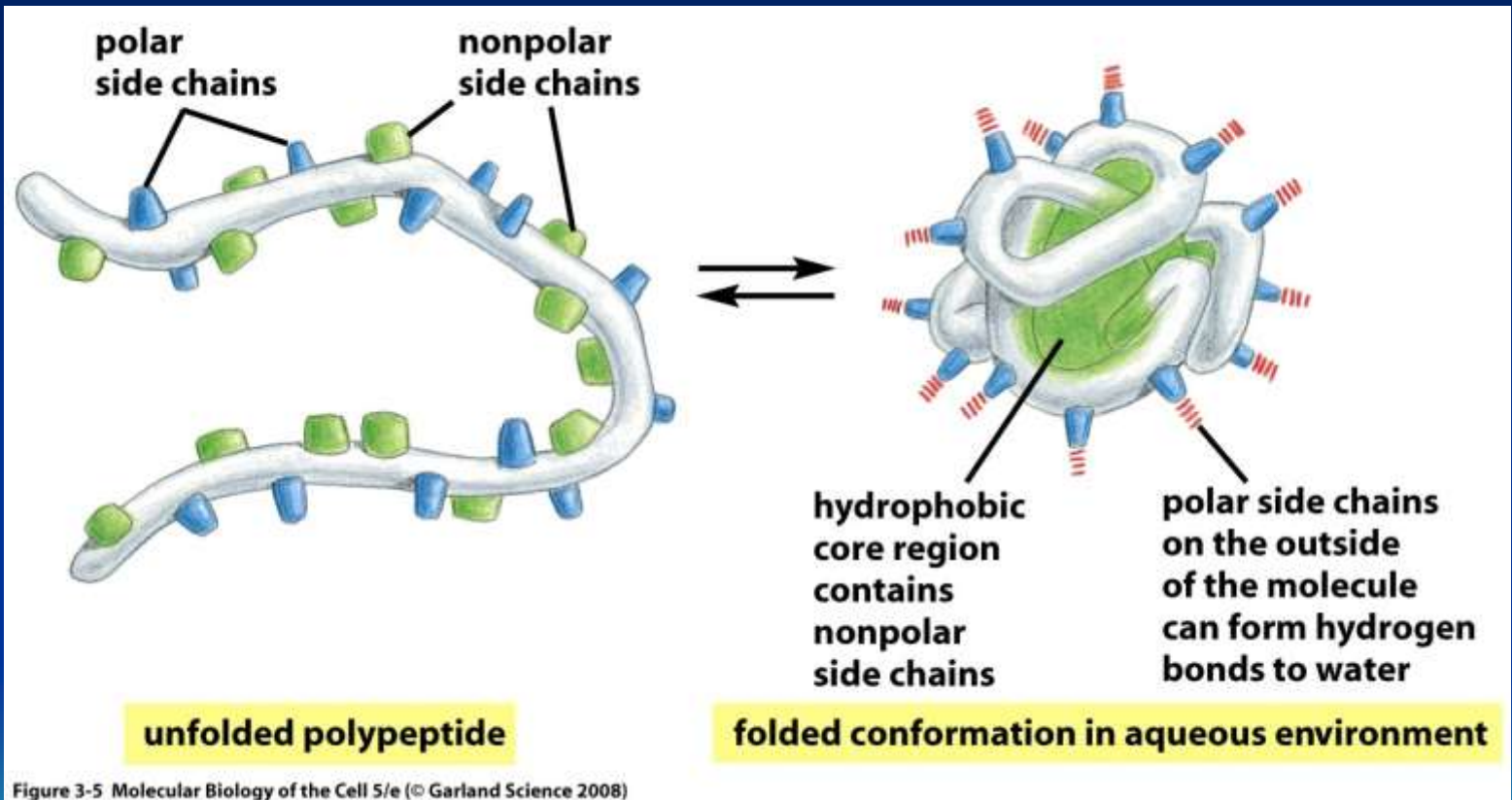
Bílkoviny – flexibilní molekuly:

- přenašeči signálů
- přenašeči látek
- generátory pohybu
- regulační enzymatická aktivita
- jedinečnost vazby

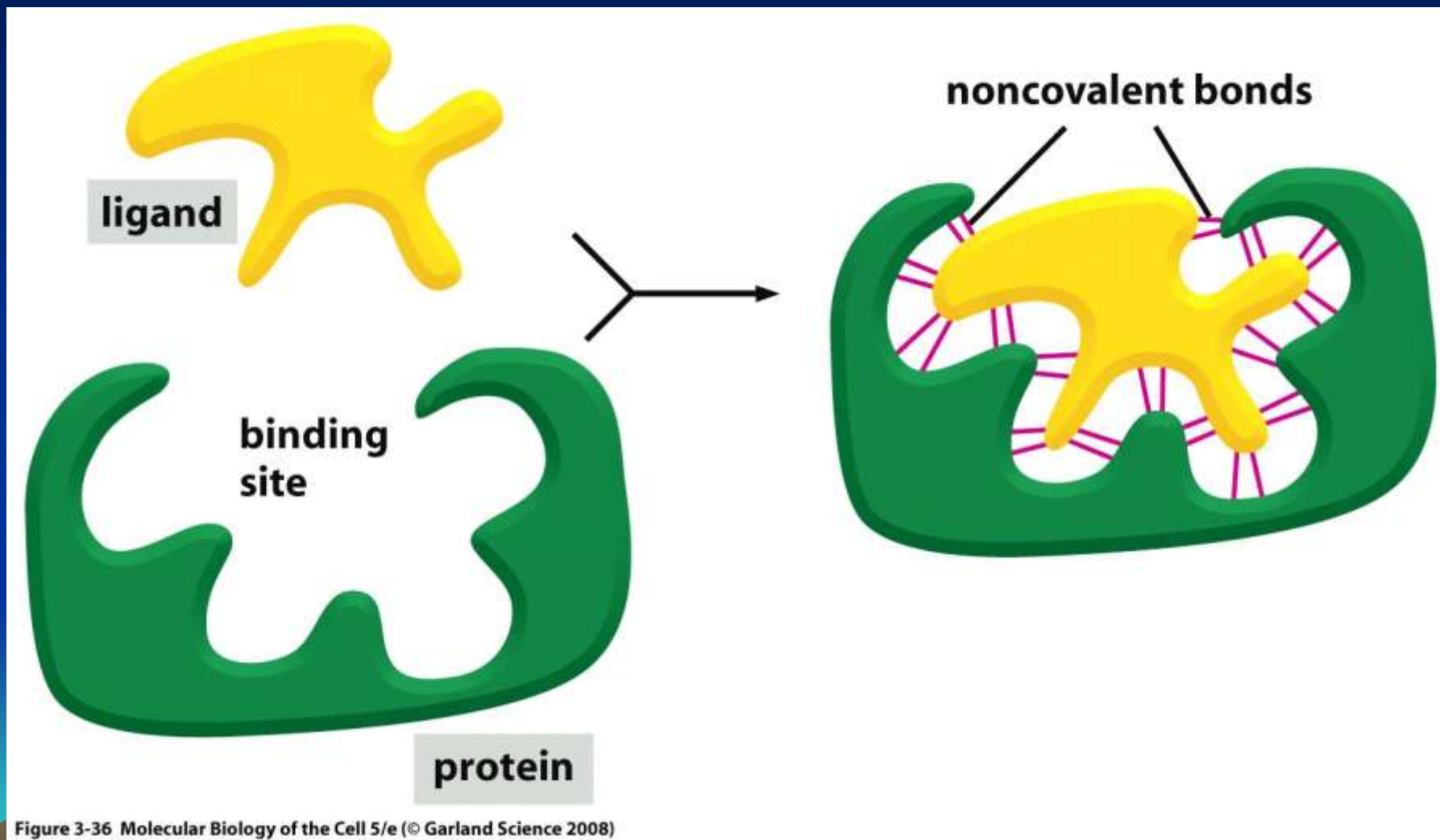
Figure C Types of weak, noncovalent bonds that are important in protein structure The bonds are illustrated where they stabilize a hairpin fold in a protein molecule.



Protein se skládá do kompaktní konformace.

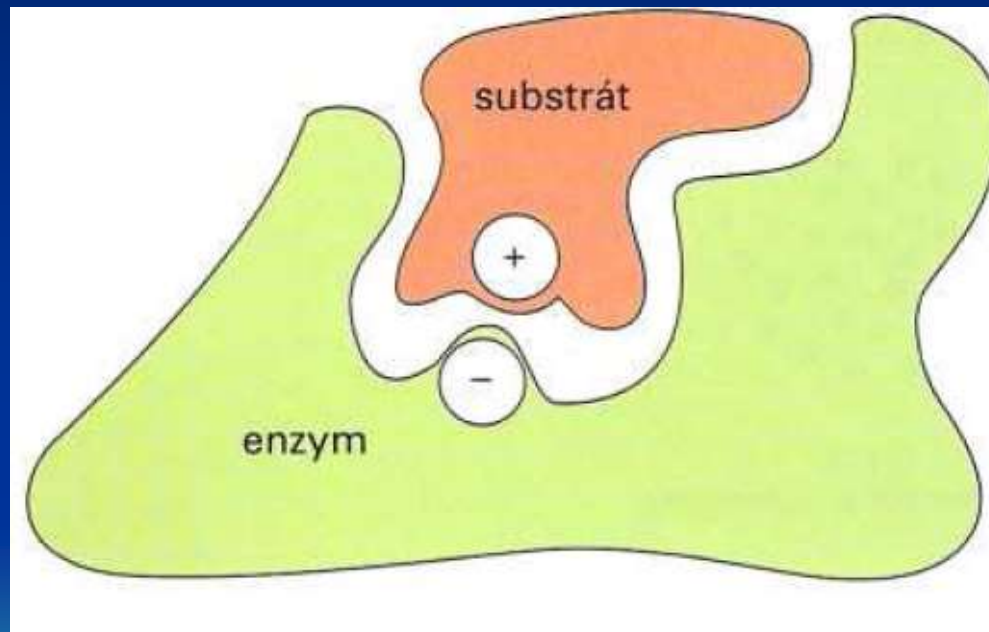


Vazba proteinu k jiné molekule je selektivní – jedinečnost vazby  
Protilátka-antigen, vůně-receptor

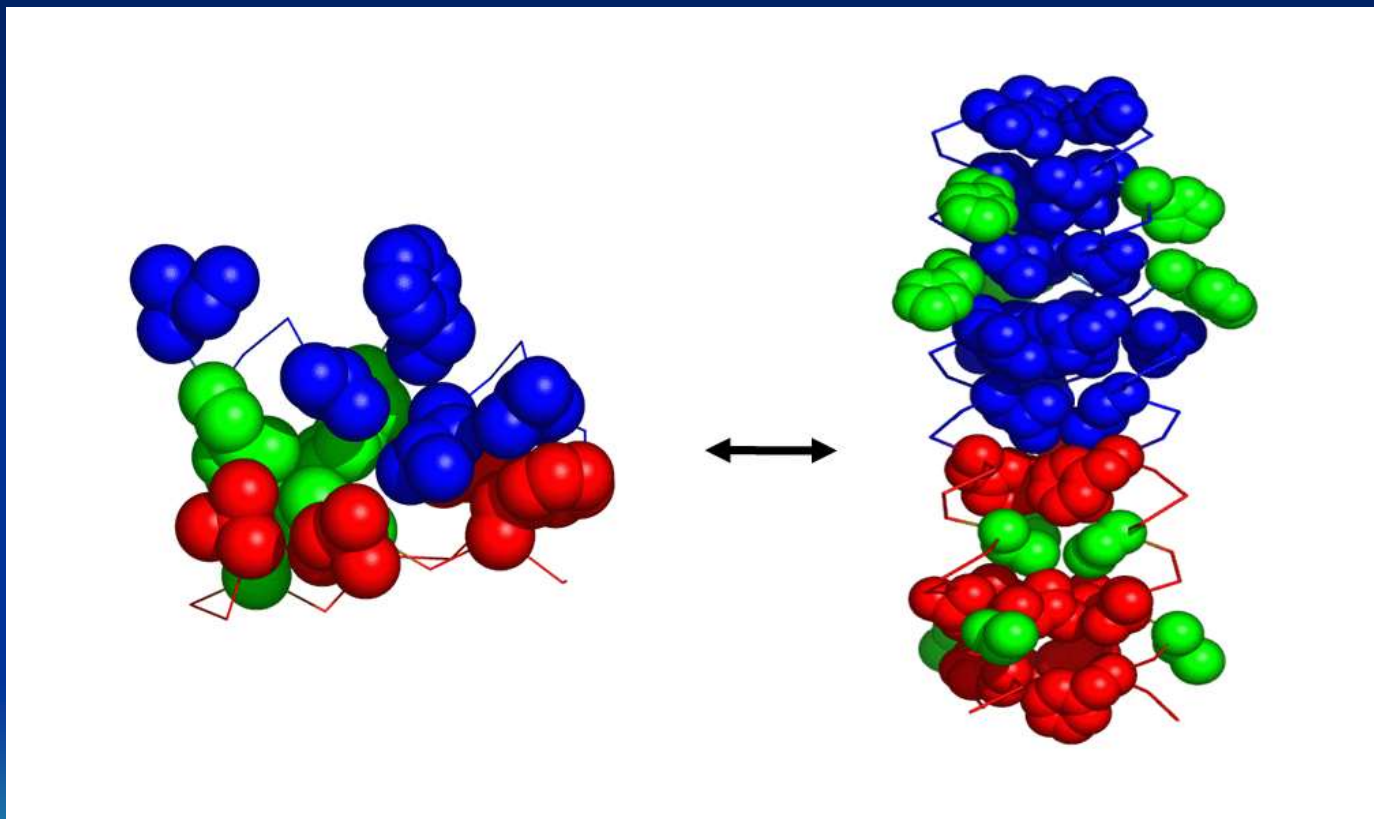




Vazba proteinu (enzymu) k jiné molekule je selektivní a umožní reakci.  
Enzym - substrát



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



Fosforylace proteinu.  
Fosforylová skupina modifikuje-  
Zapíná nebo vypíná.

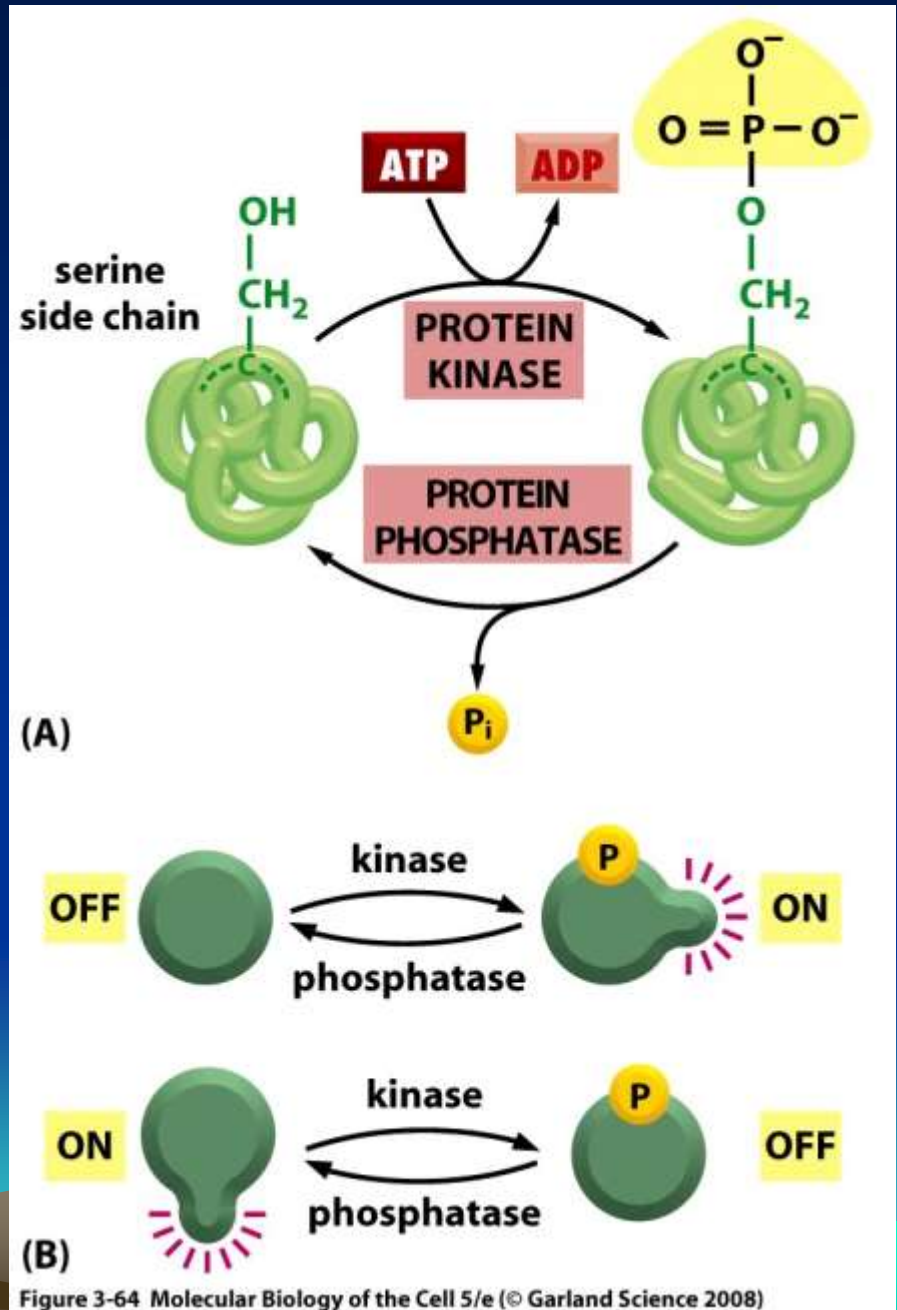


Figure 3-64 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

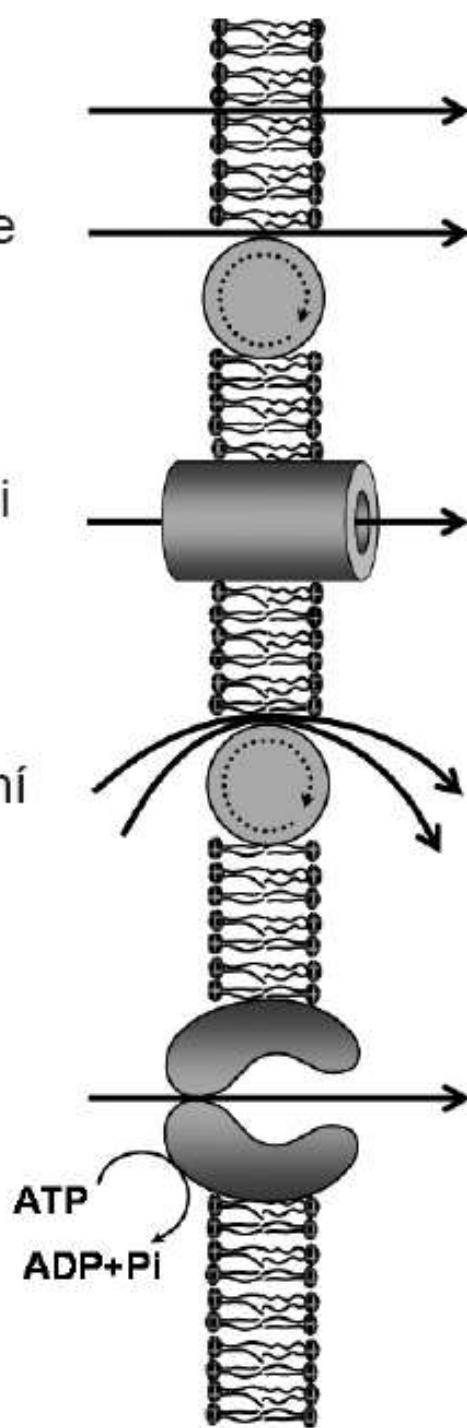
a) Prostá difuze

b) Usnadněná difuze

c) Prostup iontovými kanály

d) Sekundární aktivní transport

e) Primární aktivní transport



Transport látek přes membrány

Typy transportu

# Animace usnadněná difuze

Tabulka 12-2 Některé příklady přenašečových proteinů

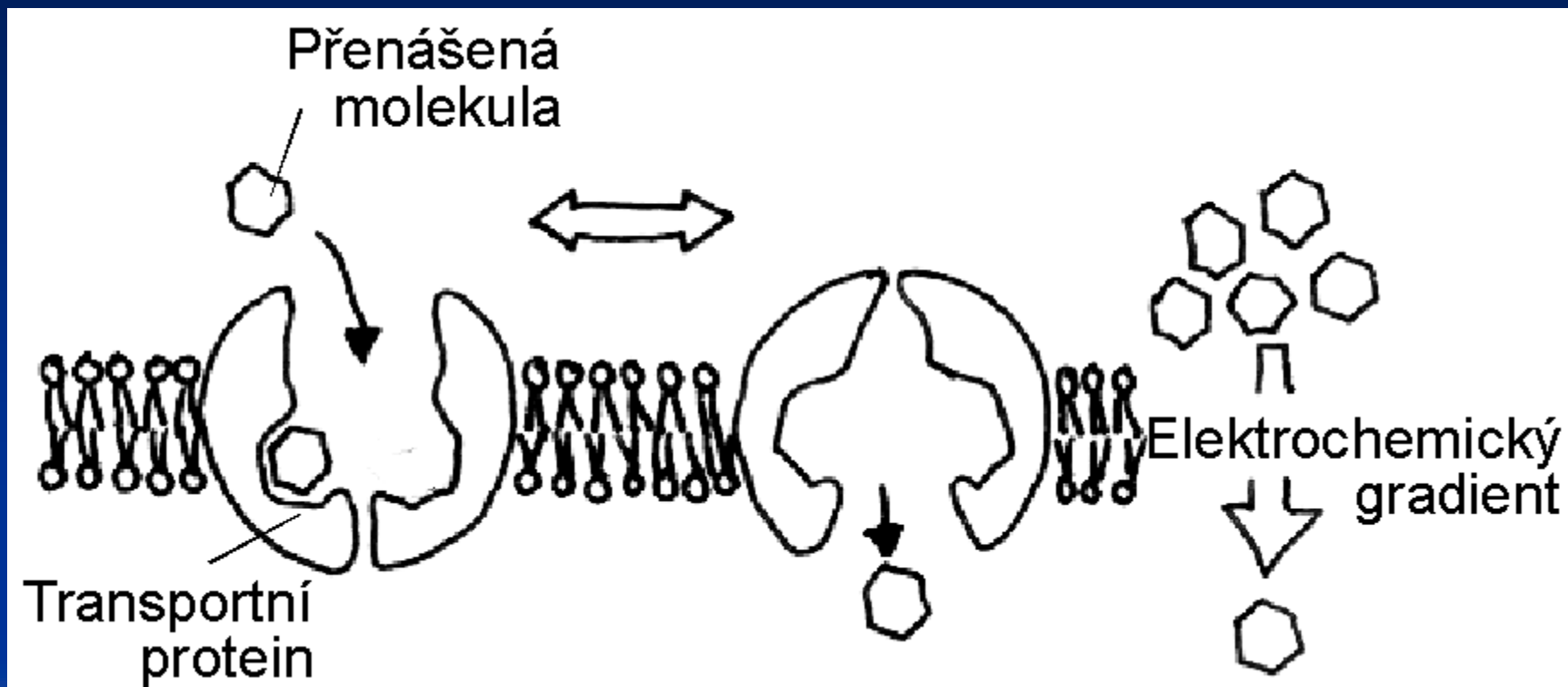
Přenašečový protein	Umístění	Zdroj energie	Funkce
Přenašeč glukosy	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	žádný	pasivní přenos glukosy do buňky
Přenašeč glukosy poháněný spádem $\text{Na}^+$	apikální plasmatická membrána buněk ledvin a střeva	gradient $\text{Na}^+$	aktivní přenos glukosy do buňky
Antiport $\text{Na}^+$ a $\text{H}^+$	plasmatická membrána živočišných buněk	gradient $\text{Na}^+$	aktivní export iontů $\text{H}^+$ , regulace pH
Sodno-draselná ATPáza	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Na}^+$ a import $\text{K}^+$
Vápenatá ATPáza	plasmatická membrána eukaryontních buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Ca}^{2+}$
Protonová ATPáza	plasmatická membrána buněk, rostlin, hub a některých bakterií	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{H}^+$ z buňky
Protonová ATPáza	membrány lyzosomů v živočišných buňkách a vakuol v buňkách rostlin a hub	hydrolýza ATP	aktivní čerpání $\text{H}^+$ z cytosolu
Bakteriorhodopsin	plasmatická membrána některých bakterií	světlo	aktivní čerpání $\text{H}^+$ ven z buňky



# Animace usnadněná difuze

## Pasívní

Usnadněná difuze – změna konformace transportní bílkoviny (brány)



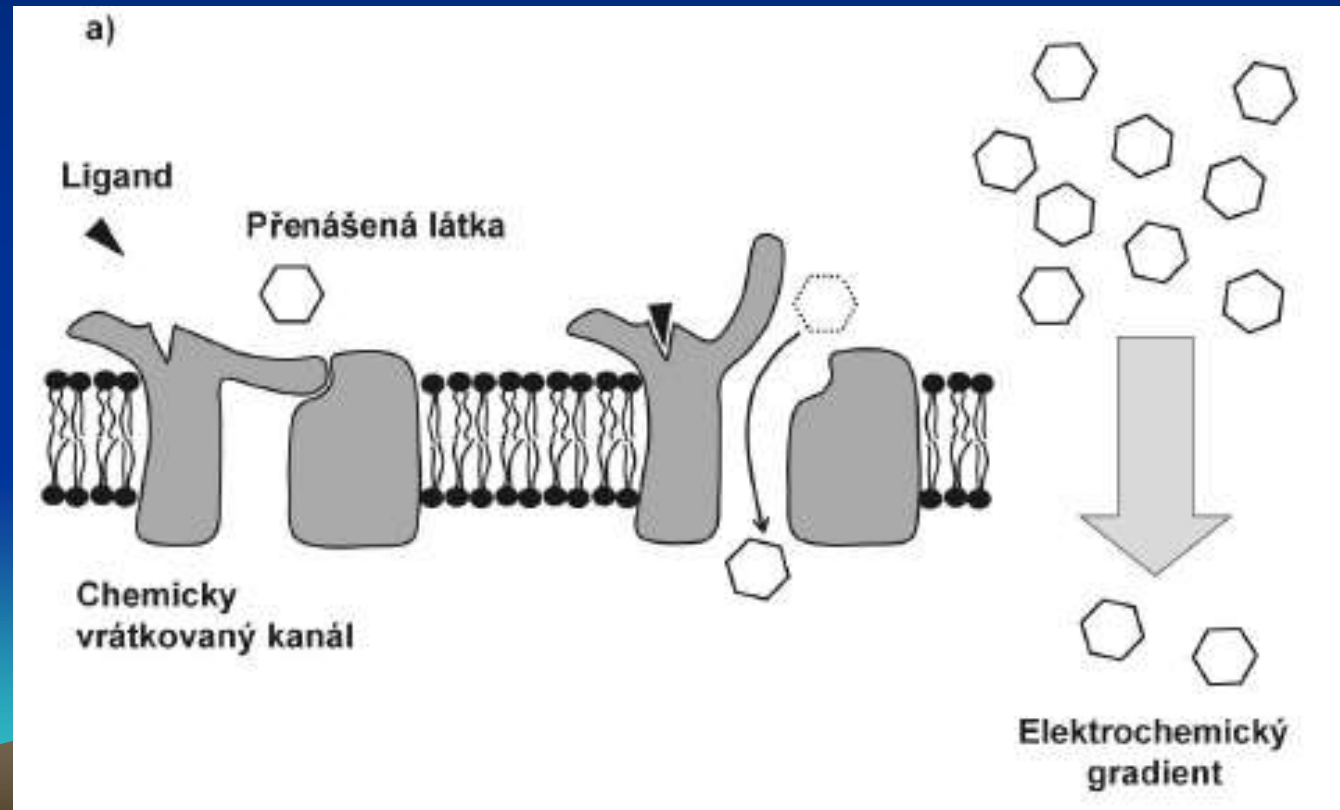
## Pasívní

Kanály mohou regulovat pasivní transport.

Jsou mnohem rychlejší než transportéry

Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

Řízené (vrátkované) ligandem



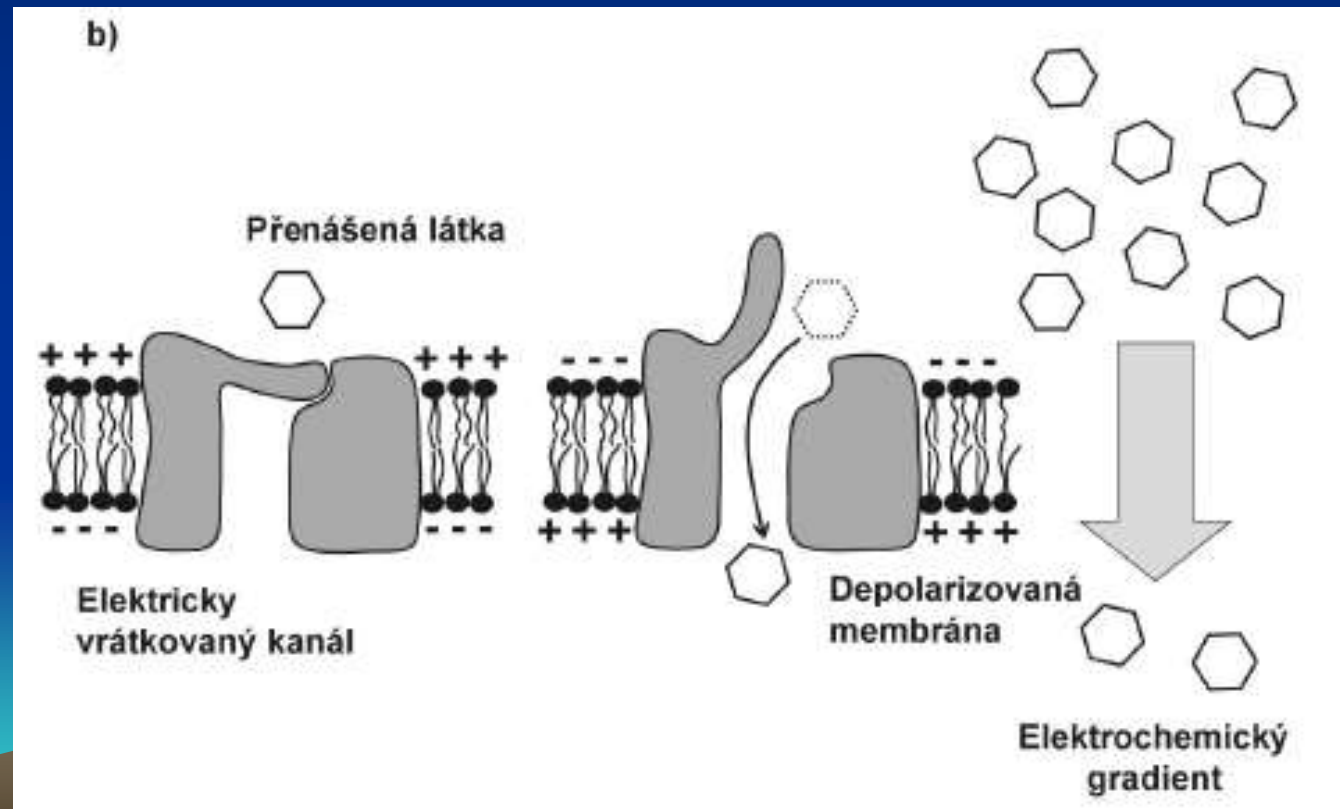
# Pasívní

Kanály mohou regulovat pasivní transport.

Jsou mnohem rychlejší než transportéry

Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

Řízené (vrátkované) elektricky



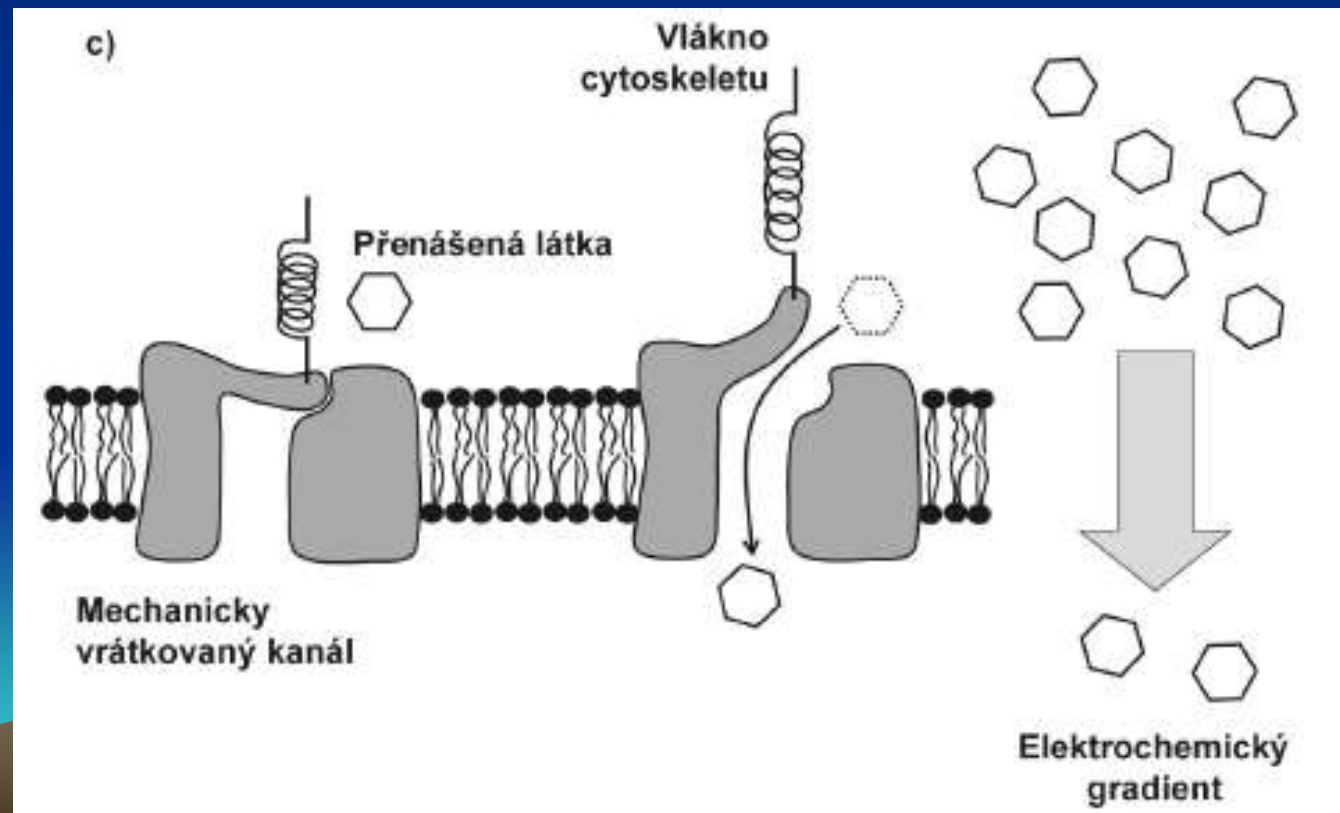
## Pasívní

Kanály mohou regulovat pasívní transport.

Jsou mnohem rychlejší než transportéry

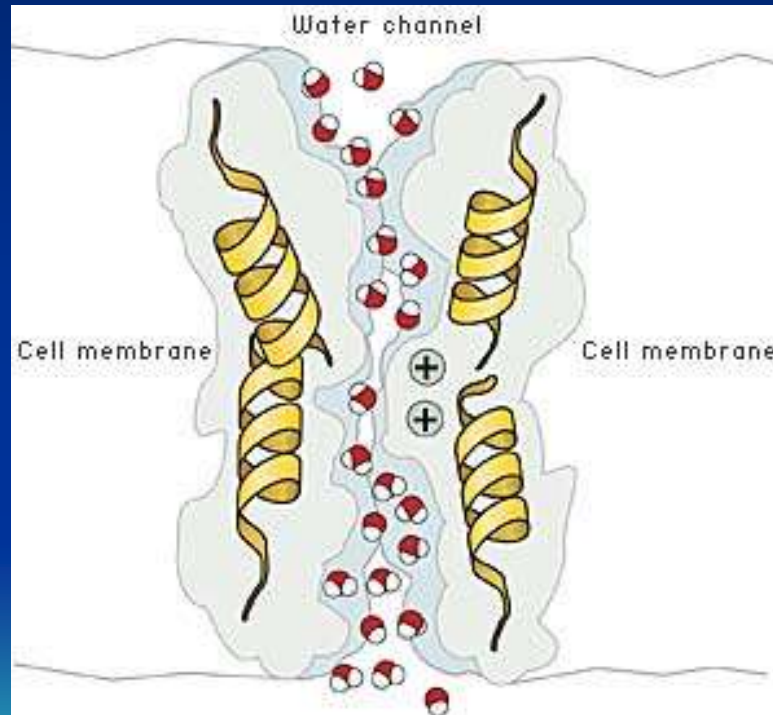
Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

Řízené (vrátkované) mechanicky

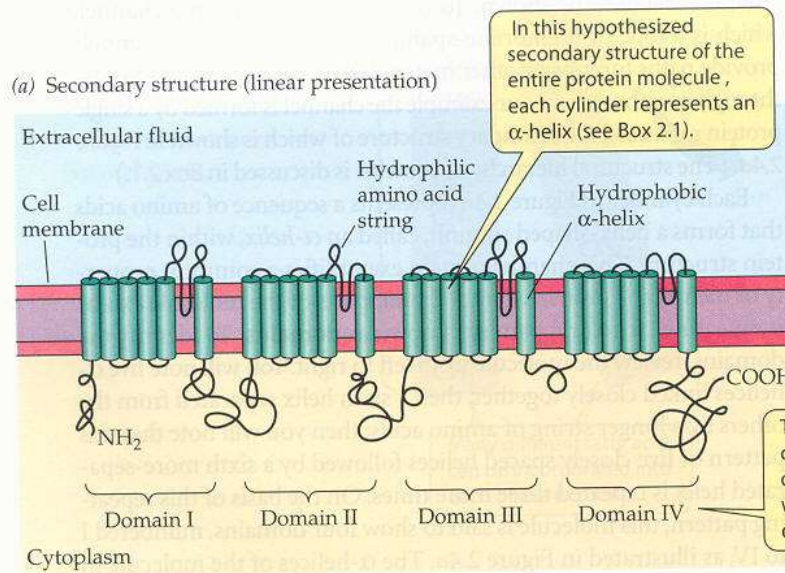




**Aquaporin umožňující tok vody přes membránu.  
Tam, kde nejsou, voda přes membránu neprotéká**



# Strukturu kanálů lze znázornit různě



carbohydrate groups always project from the outer, extracellular face, not the inner, cytoplasmic face (see Figure 2.1). These carbohydrate groups are thought to serve as attachment sites for extracellular proteins and as cell recognition sites.

<sup>1</sup> The word fragment *glyco* refers to carbohydrates (after the Greek *glykeros*, "sweet").

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

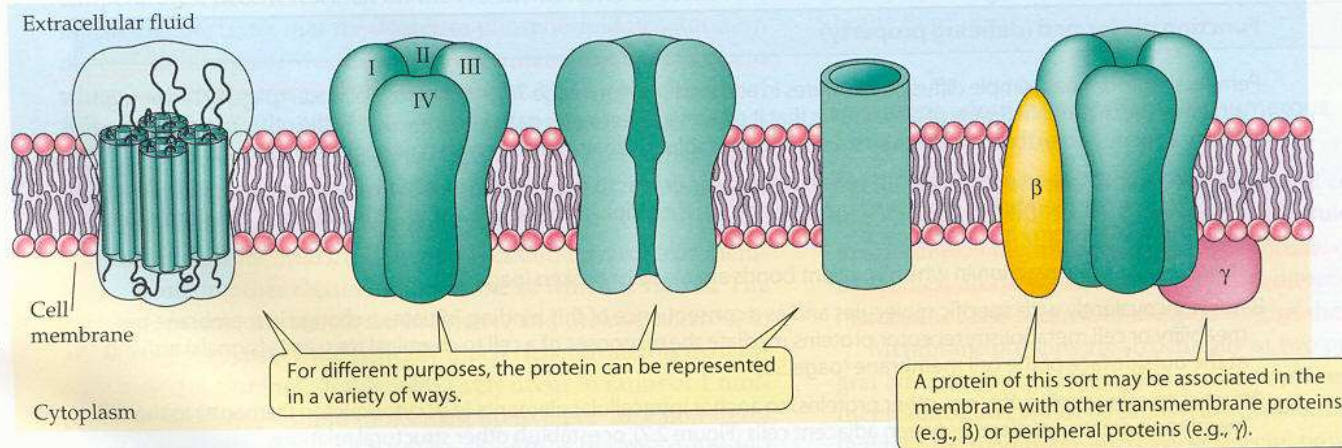
(b) Simplified three-dimensional structure enclosed in a sketch of the envelope of the molecule

(c) Stylized version of chemical structure showing subunits

(d) Semirealistic symbol

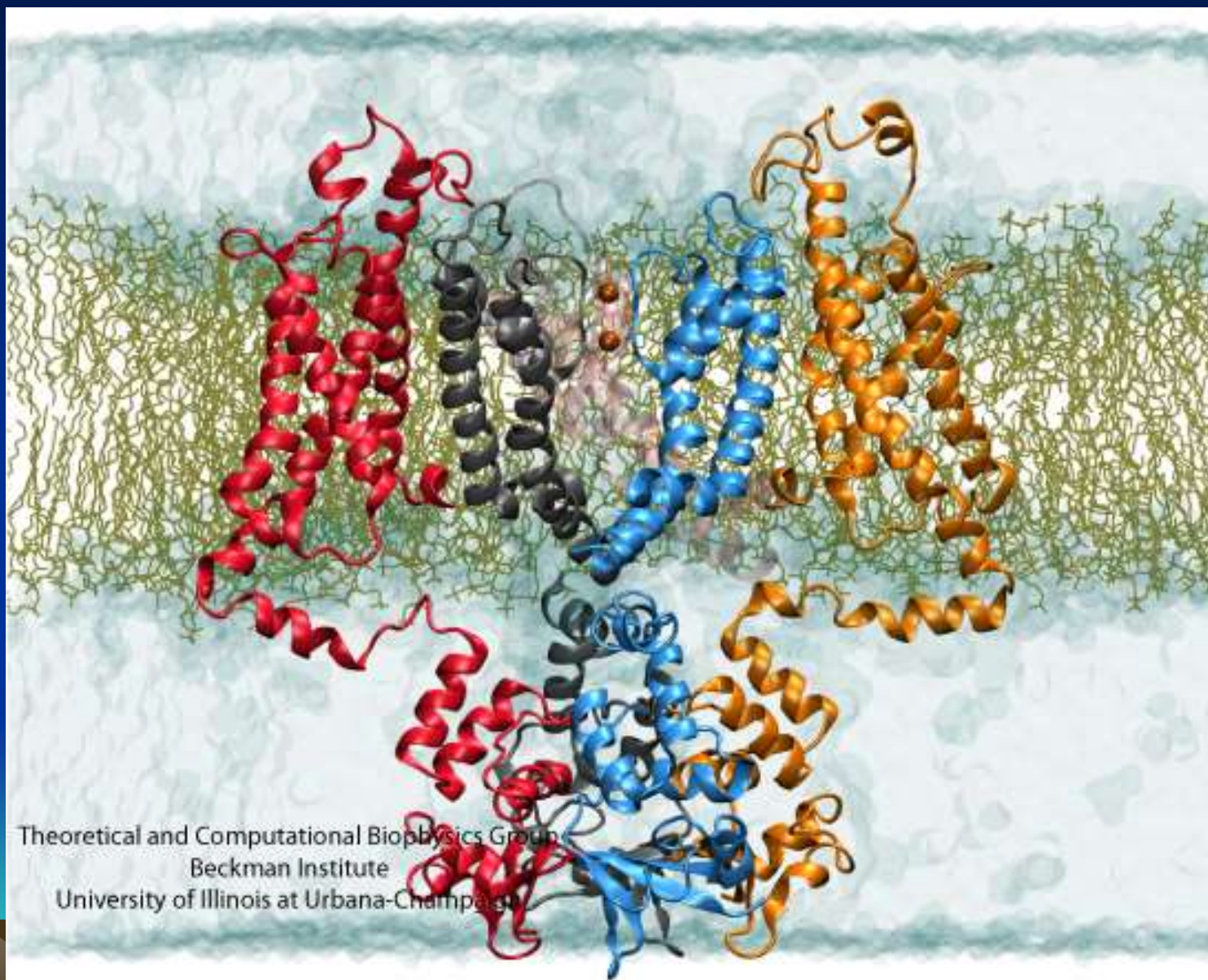
(e) Schematic symbol

(f) Stylized version of chemical structure showing associated protein molecules



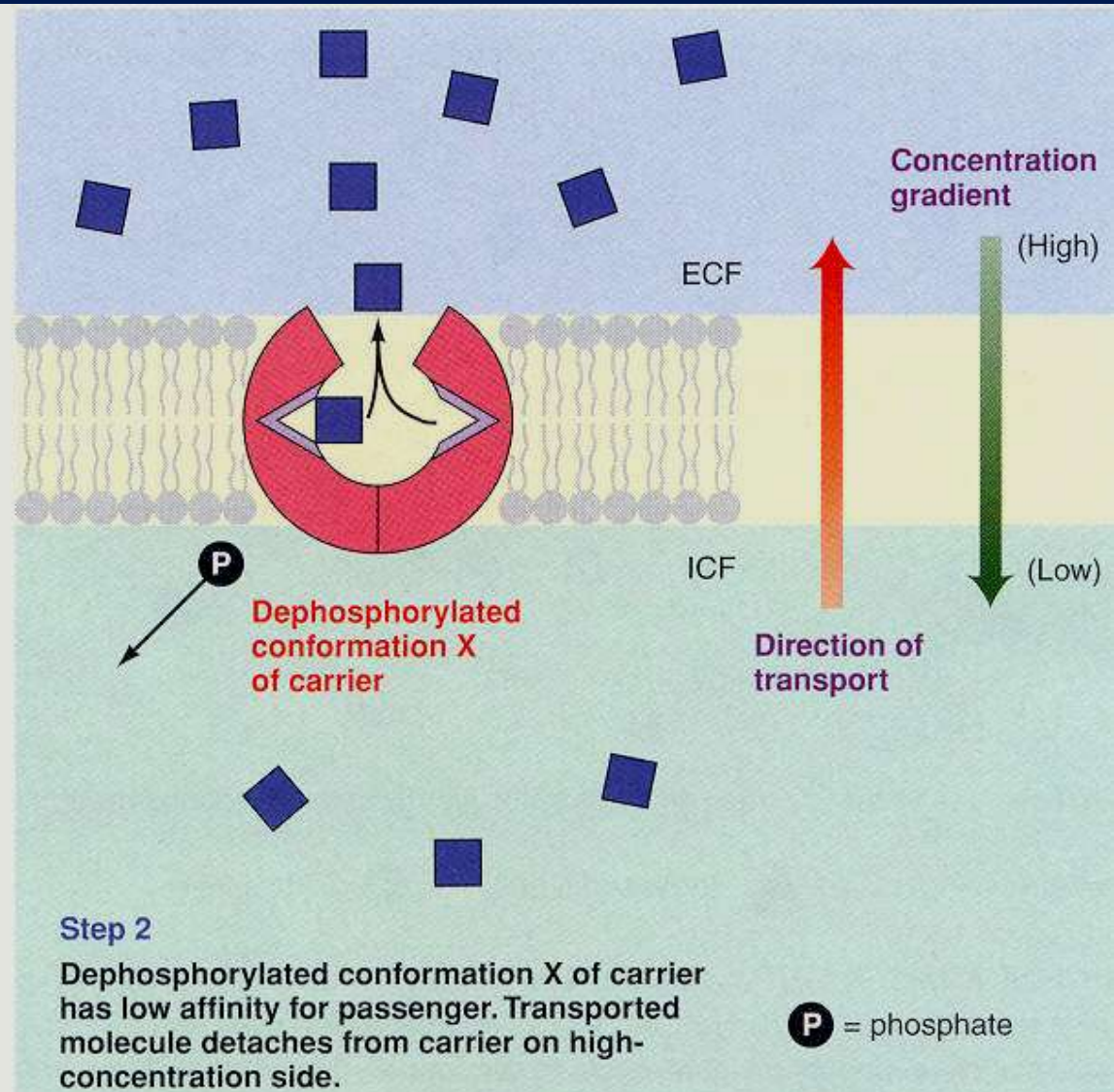
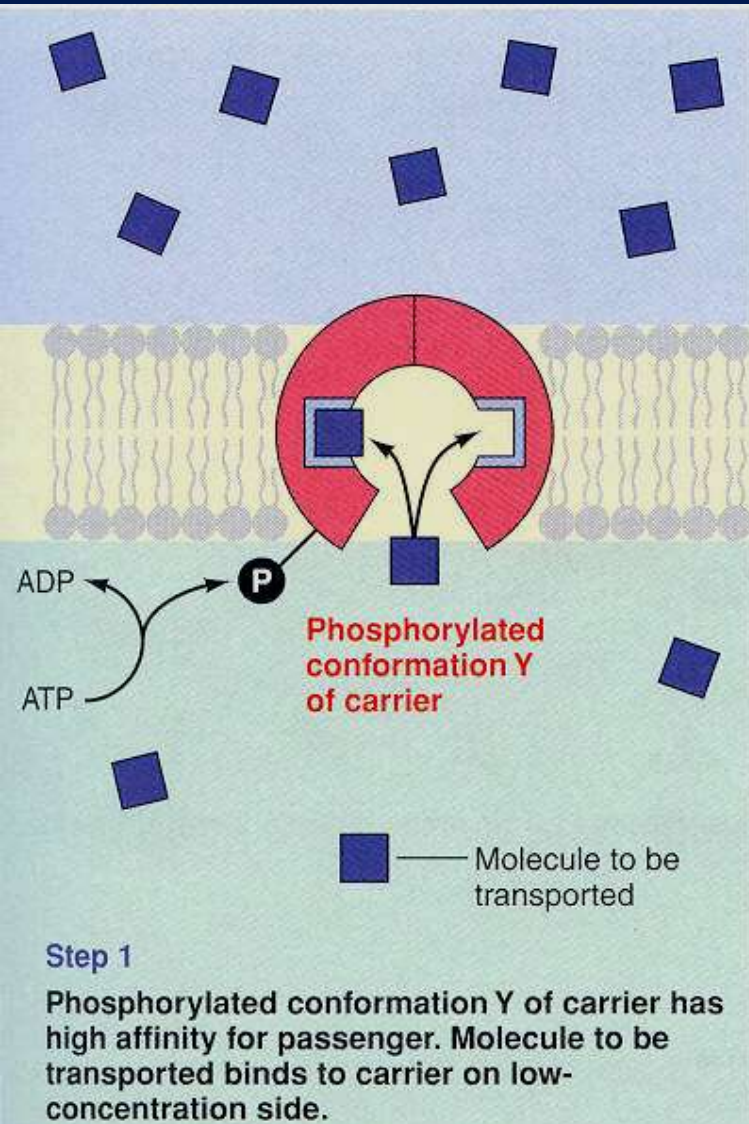


# Draslíkový kanál





# Aktivní transport – poháněno E nesenou ATP





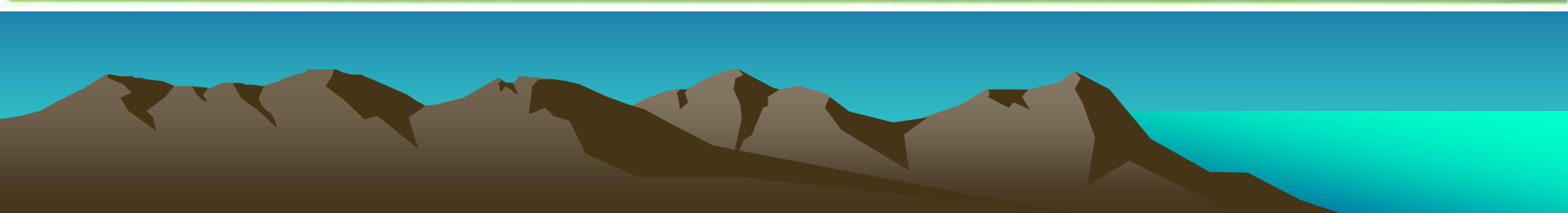
# Animace aktivní transport

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



**Tabulka 12-2** Některé příklady přenašečových proteinů

Přenašečový protein	Umístění	Zdroj energie	Funkce
Přenašeč glukosy	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	žádný	pasivní přenos glukosy do buňky
Přenašeč glukosy poháněný spádem $\text{Na}^+$	apikální plasmatická membrána buněk ledvin a střeva	gradient $\text{Na}^+$	aktivní přenos glukosy do buňky
Antiport $\text{Na}^+$ a $\text{H}^+$	plasmatická membrána živočišných buněk	gradient $\text{Na}^+$	aktivní export iontů $\text{H}^+$ , regulace pH
Sodno-draselná ATPáza	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Na}^+$ a import $\text{K}^+$
Vápenatá ATPáza	plasmatická membrána eukaryontních buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Ca}^{2+}$
Protonová ATPáza	plasmatická membrána buněk, rostlin, hub a některých bakterií	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{H}^+$ z buňky
Protonová ATPáza	membrány lyzosomů v živočišných buňkách a vakuol v buňkách rostlin a hub	hydrolýza ATP	aktivní čerpání $\text{H}^+$ z cytosolu
Bakteriorhodopsin	plasmatická membrána některých bakterií	světlo	aktivní čerpání $\text{H}^+$ ven z buňky

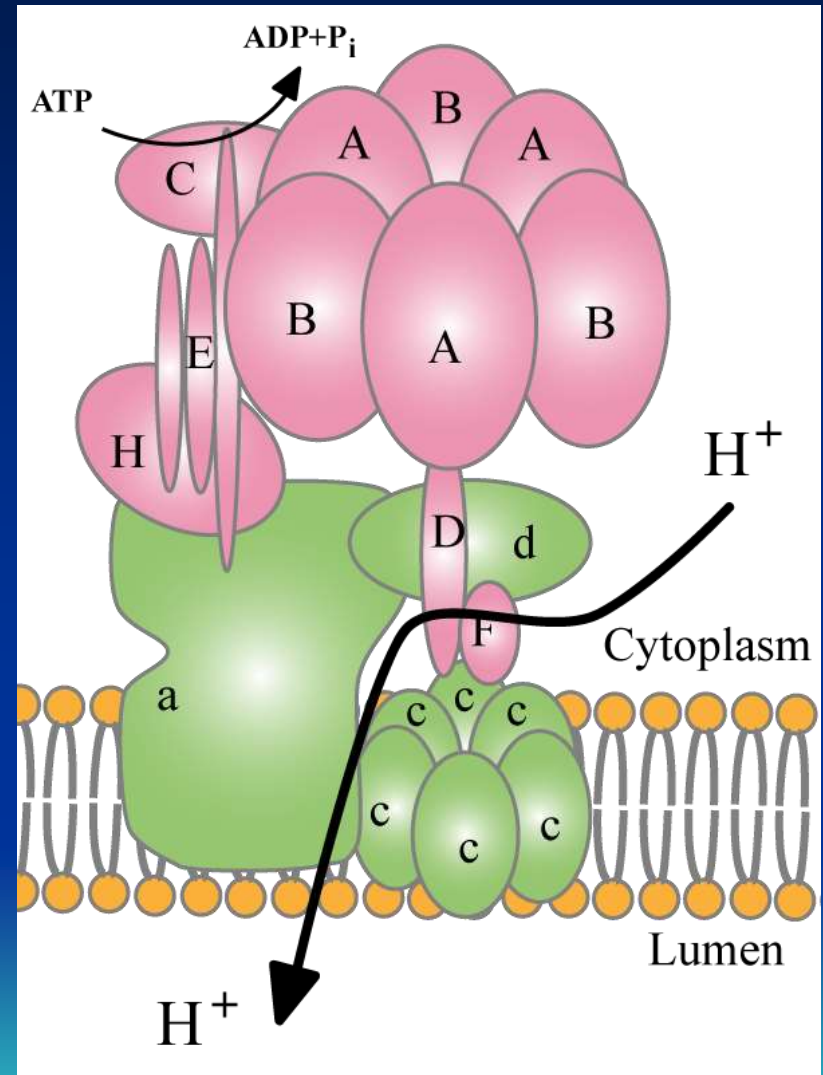


# Aktivní transport

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

Žaludek, lyzozóm, ledvinný tubulus

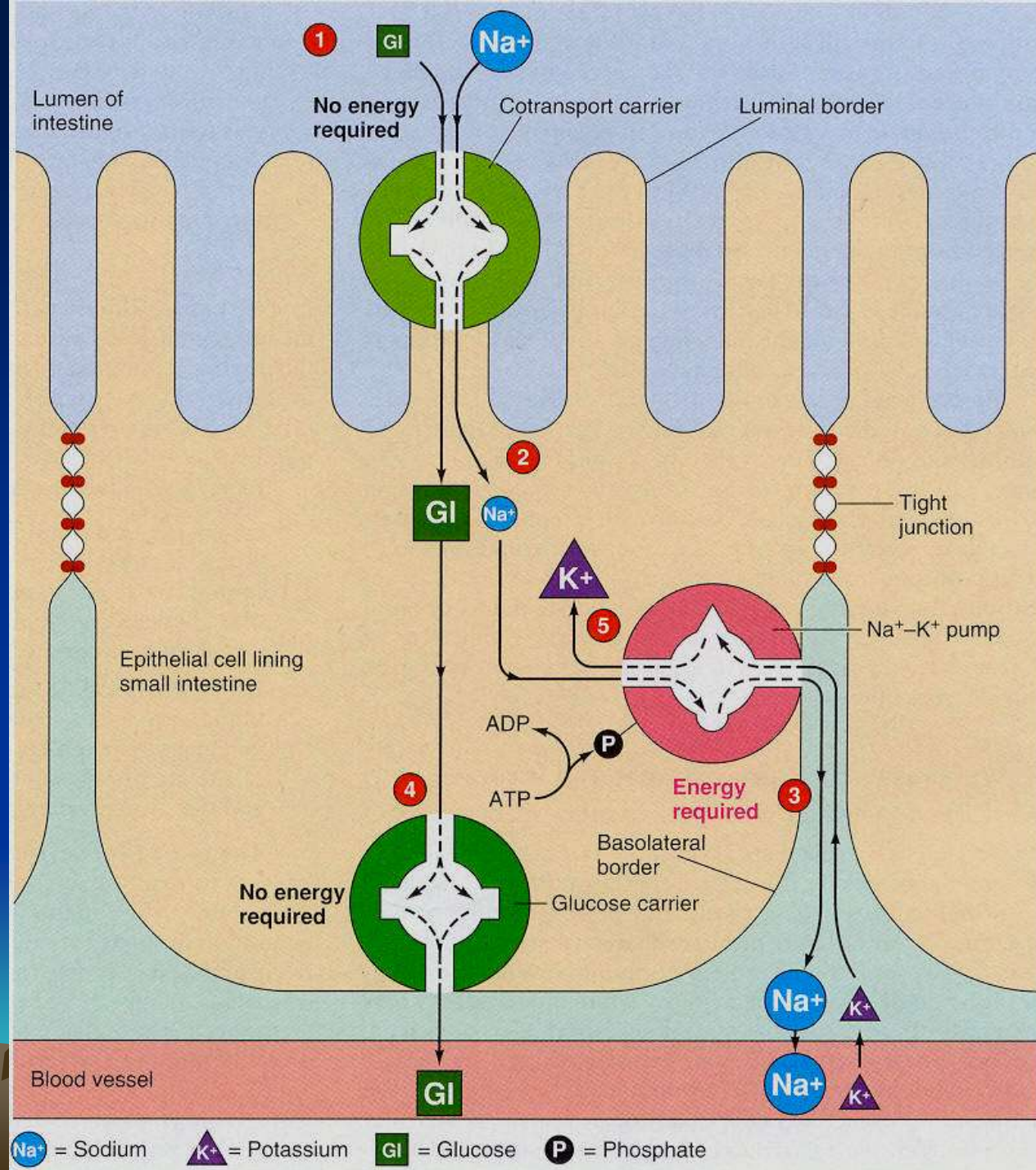
<http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120068/bio05.swf>



# Sekundární aktivní Transport –

Můžeš projít, ale  
vezmi náklad

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





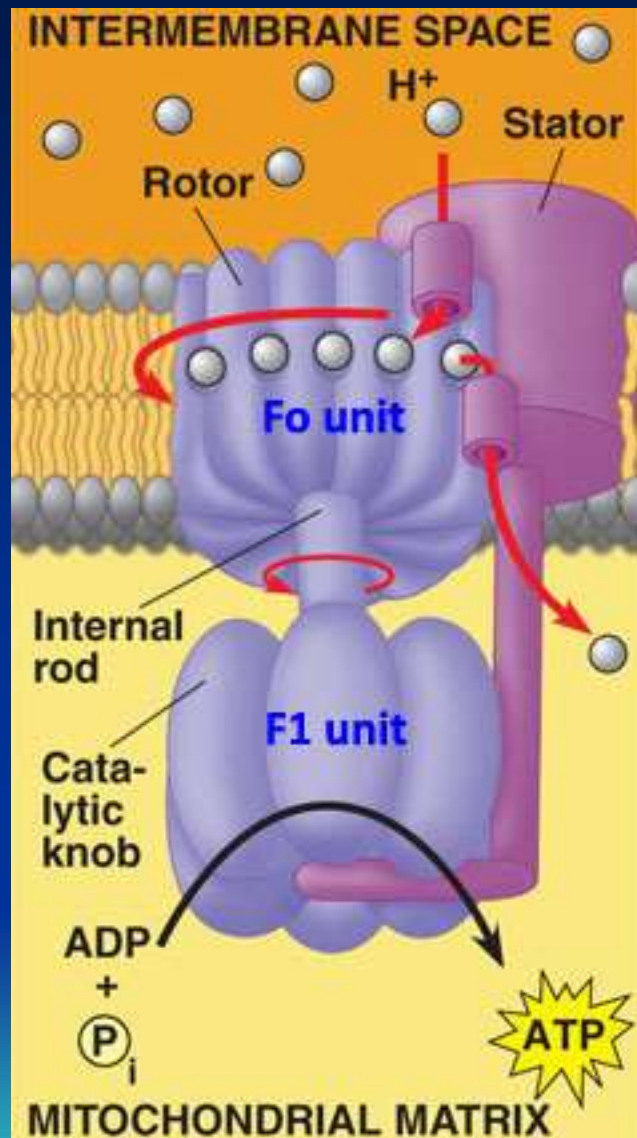
# Sekundární aktivní Transport – Můžeš projít, ale vezmi náklad

Tabulka 12-2 Některé příklady přenašečových proteinů

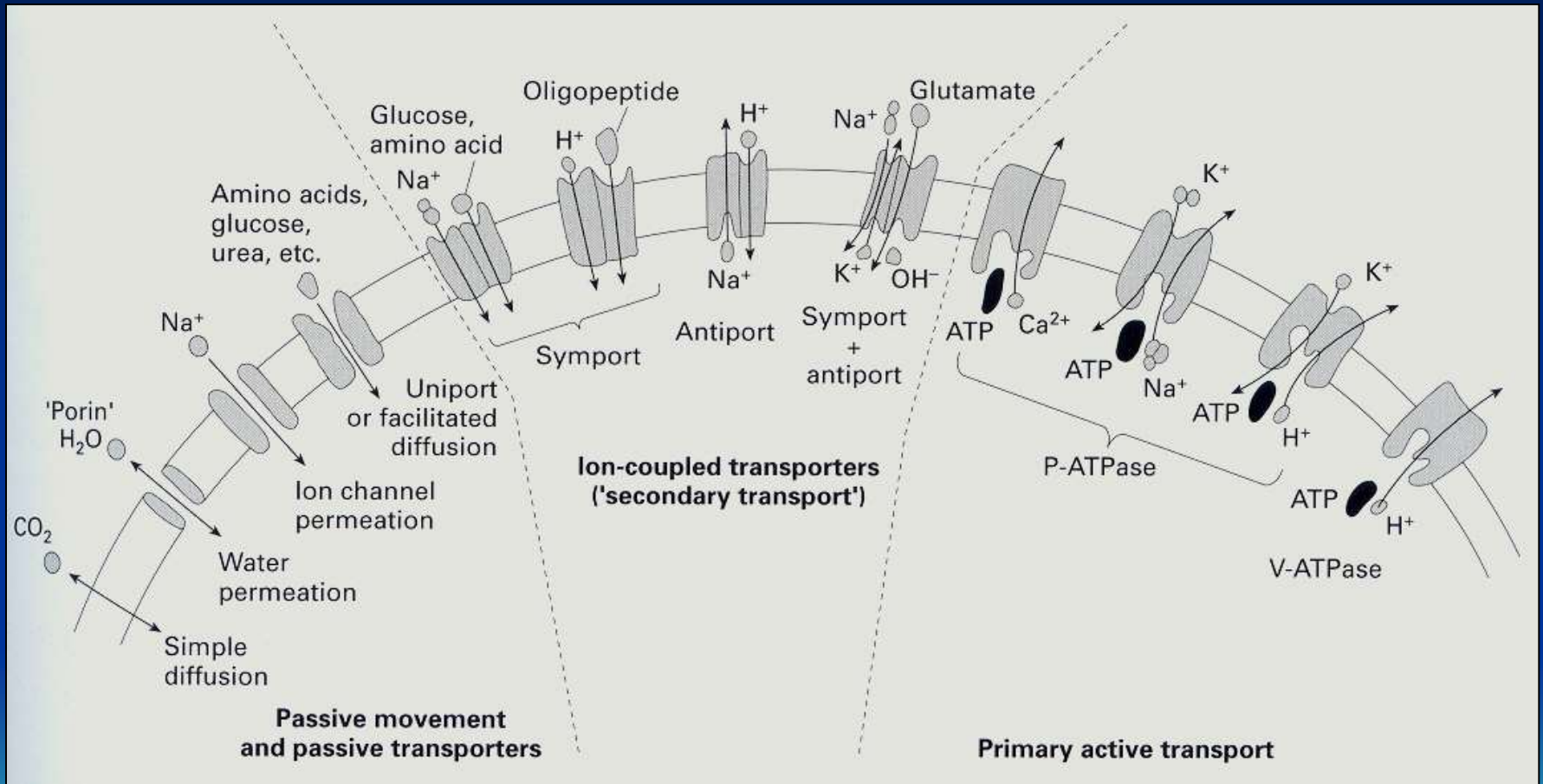
Přenašečový protein	Umístění	Zdroj energie	Funkce
Přenašeč glukosy	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	žádný	pasivní přenos glukosy do buňky
Přenašeč glukosy poháněný spádem $\text{Na}^+$	apikální plasmatická membrána buněk ledvin a střeva	gradient $\text{Na}^+$	aktivní přenos glukosy do buňky
Antiport $\text{Na}^+$ a $\text{H}^+$	plasmatická membrána živočišných buněk	gradient $\text{Na}^+$	aktivní export iontů $\text{H}^+$ , regulace pH
Sodno-draselná ATPáza	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Na}^+$ a import $\text{K}^+$
Vápenatá ATPáza	plasmatická membrána eukaryontních buněk	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{Ca}^{2+}$
Protonová ATPáza	plasmatická membrána buněk, rostlin, hub a některých bakterií	hydrolýza ATP	aktivní export $\text{H}^+$ z buňky
Protonová ATPáza	membrány lyzosomů v živočišných buňkách a vakuol v buňkách rostlin a hub	hydrolýza ATP	aktivní čerpání $\text{H}^+$ z cytosolu
Bakteriorhodopsin	plasmatická membrána některých bakterií	světlo	aktivní čerpání $\text{H}^+$ ven z buňky

ATP syntetáza na vnitřní membráně mitochondrie se točí obráceně –

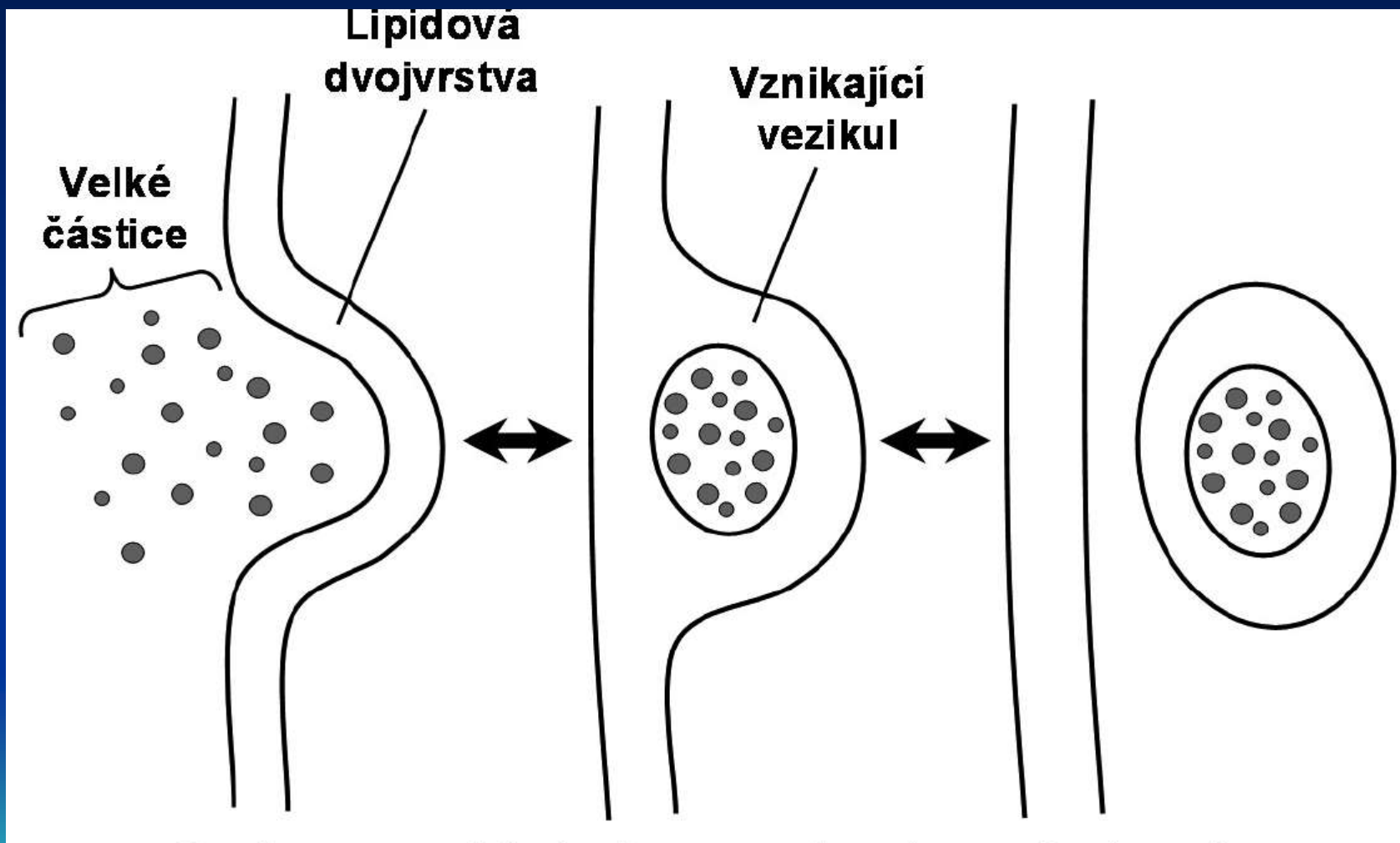
Můžeš projít, ale vyrob ATP



# Přehled transportů ještě jednou

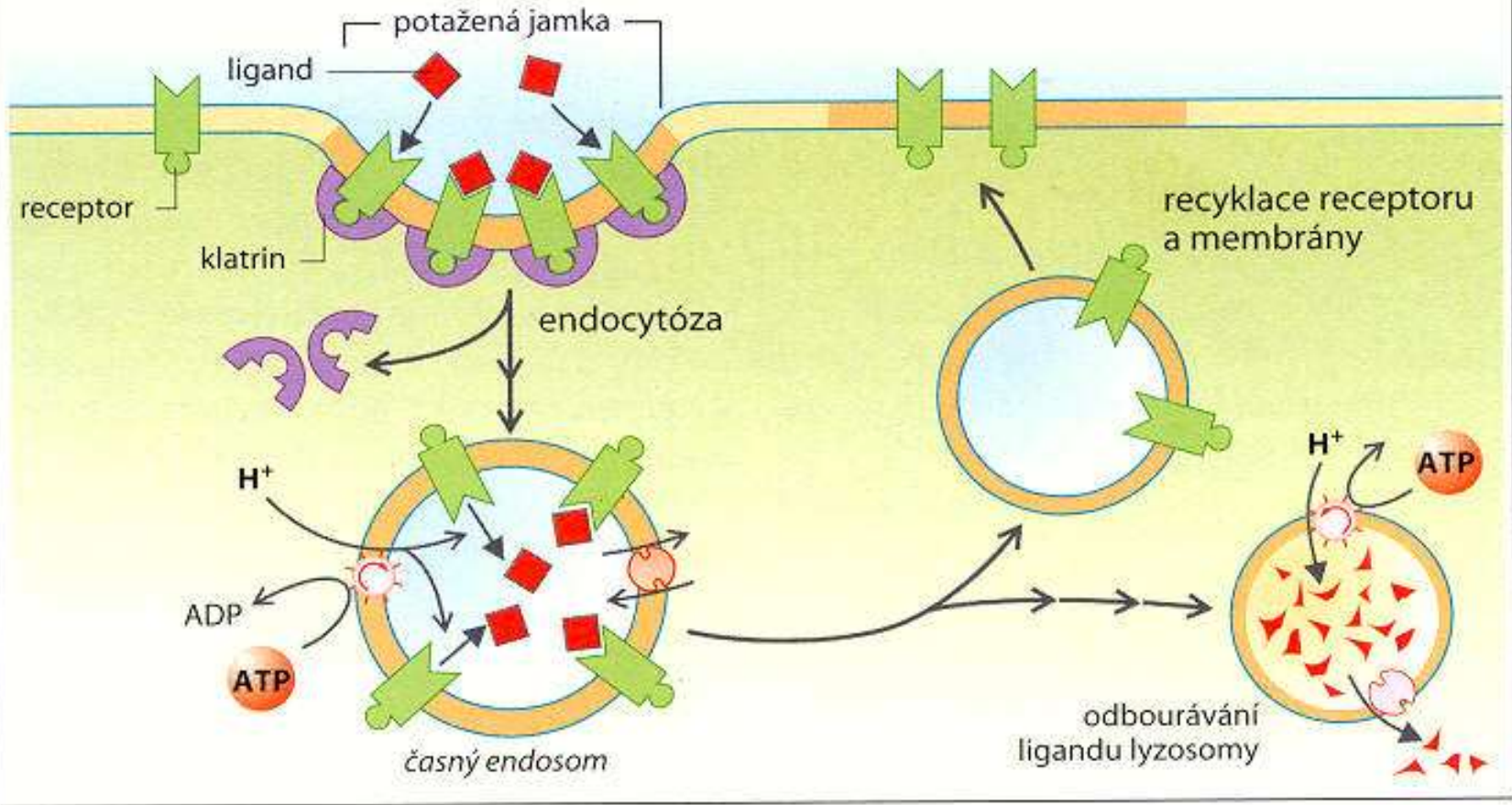


# Cytóza – aktivní transport velkých množství



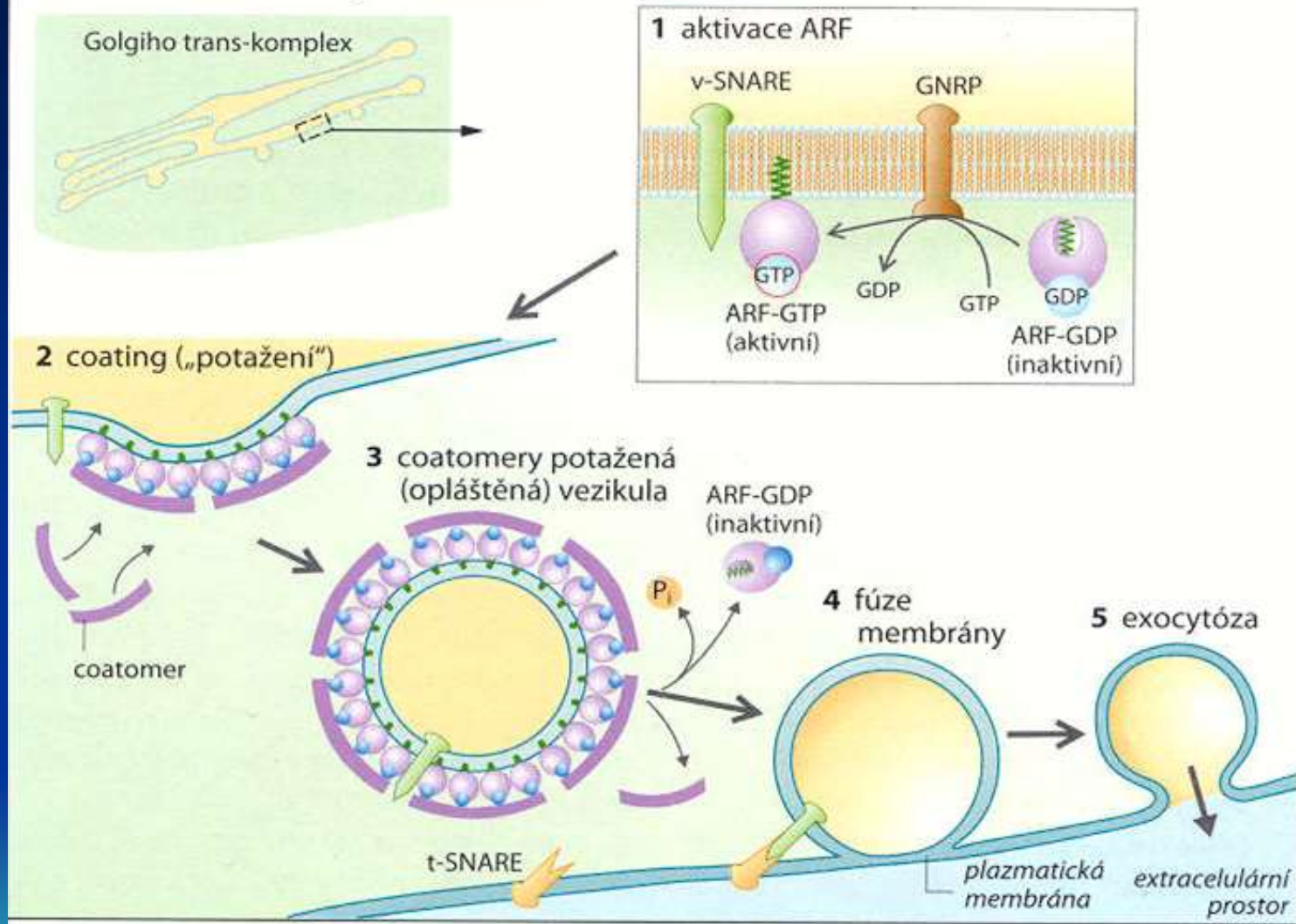


### C. Receptory zprostředkovaná endocytóza





## D. Konstitutivní exocytóza



Golgiho trans-komplex

2 coating („potažení“)

3 coatomery potažená (oplaštěná) vezikula

4 fúze membrány

5 exocytóza

coatomer

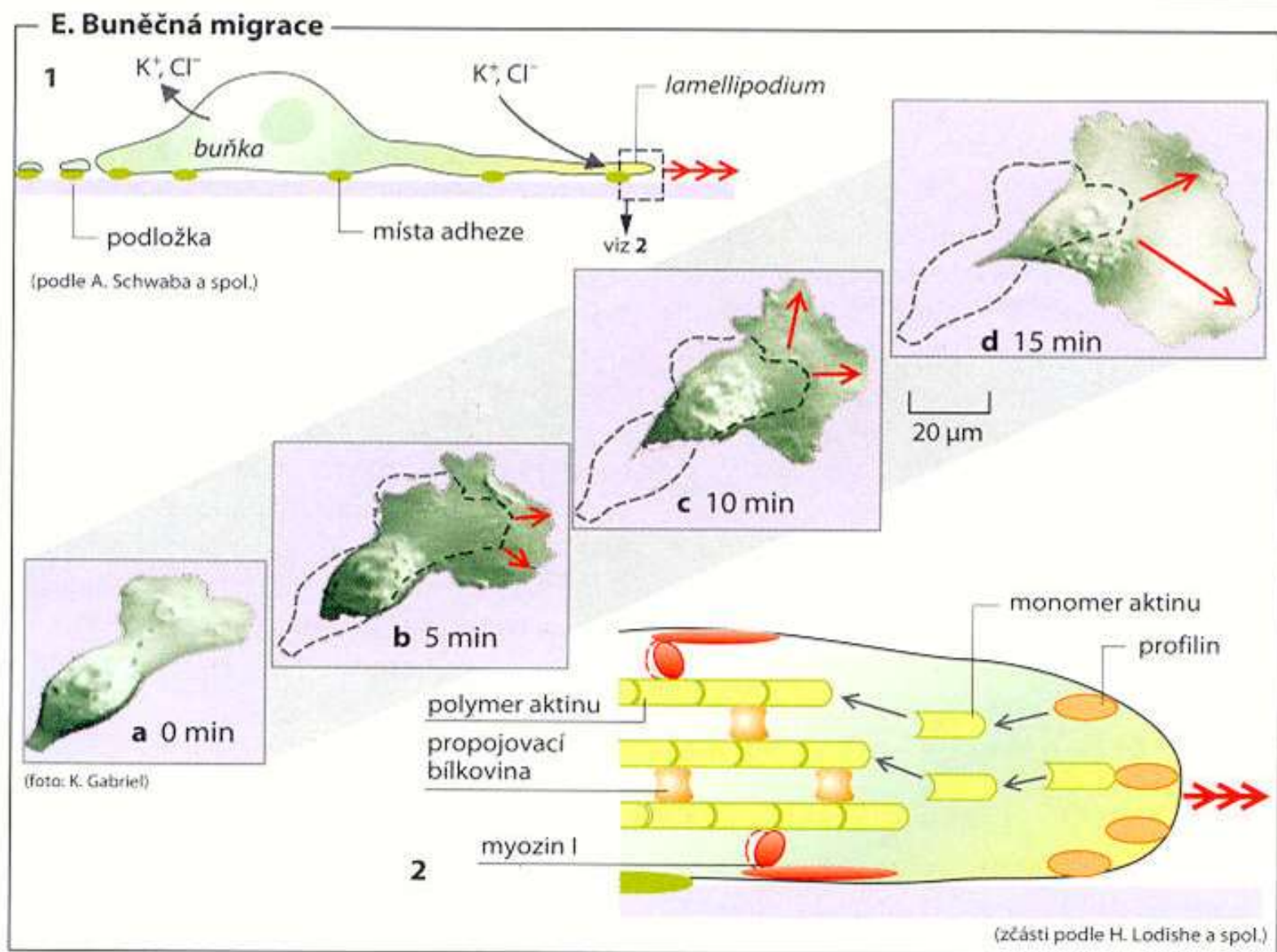
t-SNARE

plazmatická membrána

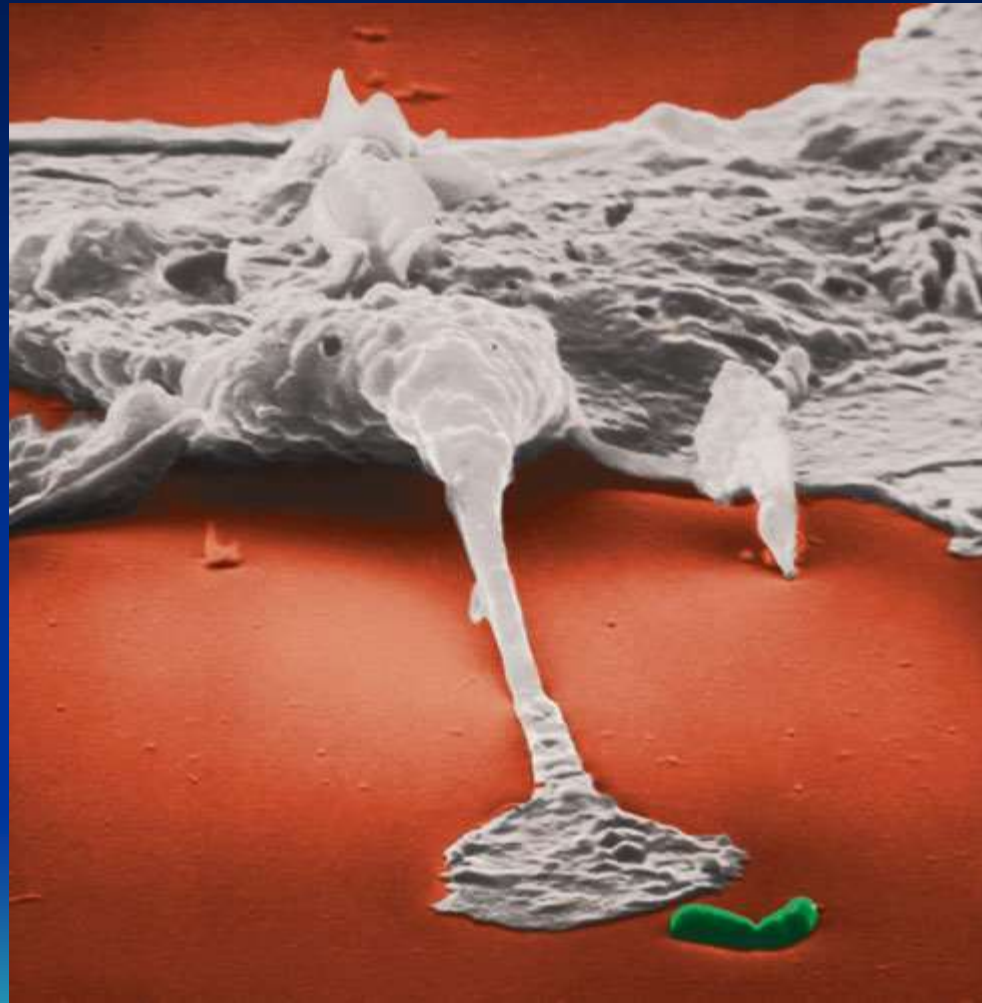
extracelulární prostor

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

# Améboidní pohyb a úloha cytoskeletu



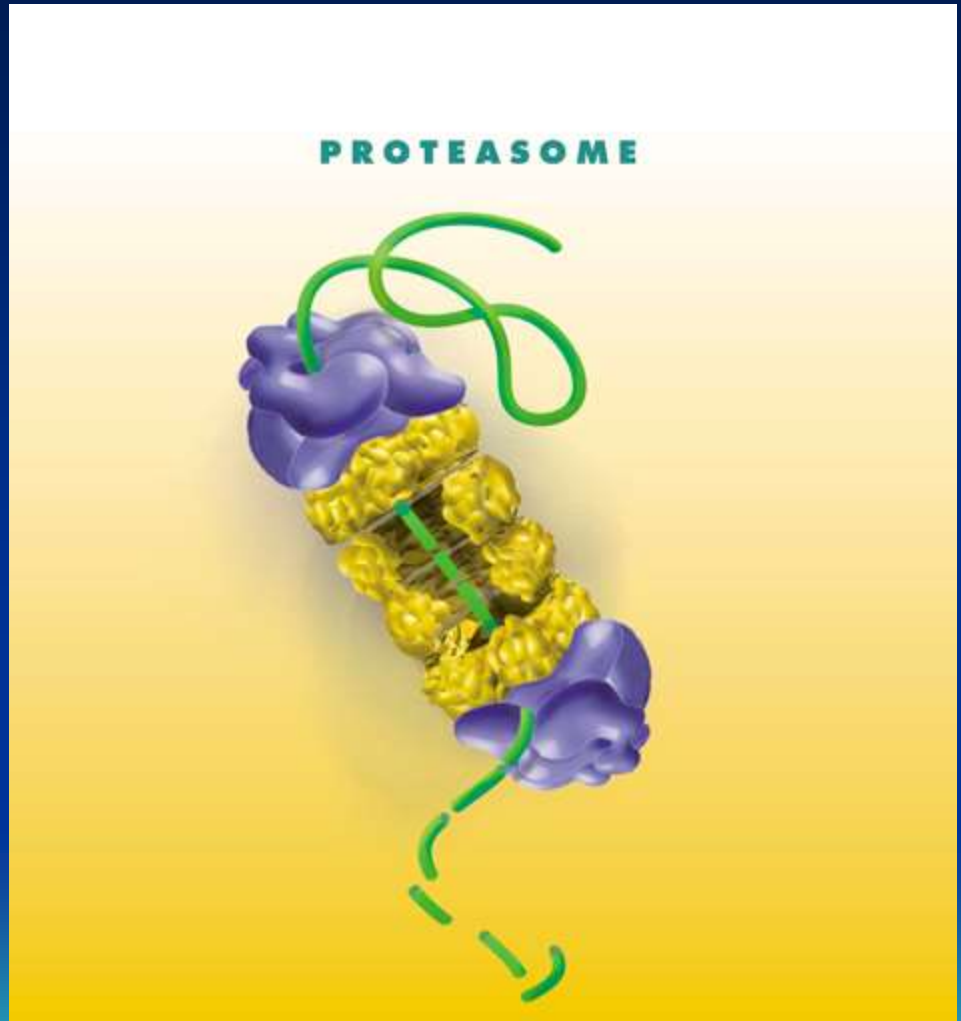
Makrofág a  
bakterie



# Použité bílkoviny musí být degradovány Proteazómy

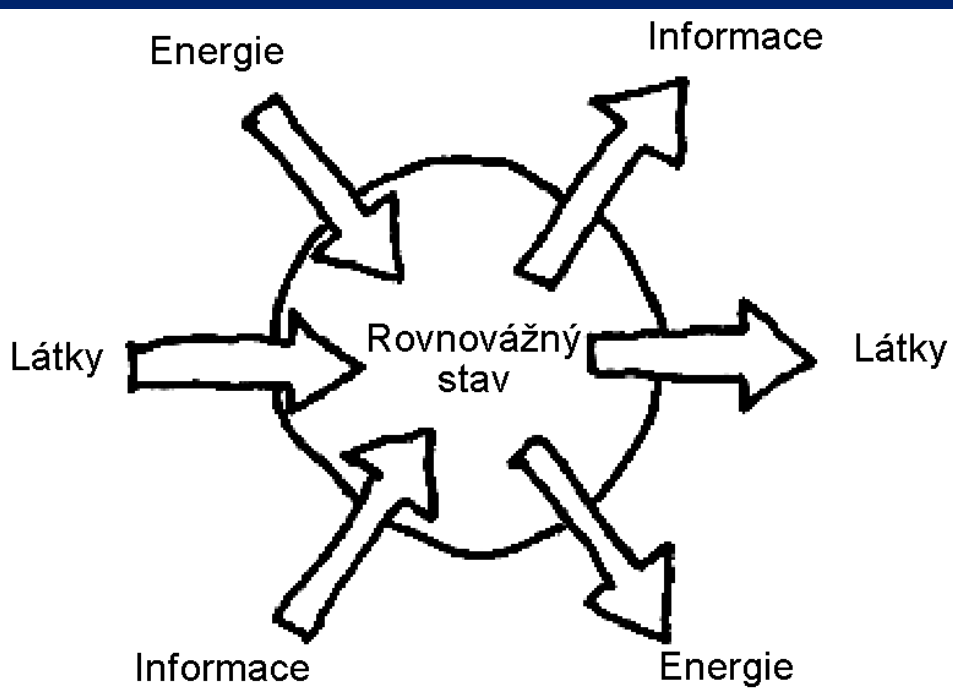
Úklid vlastních signálů –  
transkripčních faktorů a enzymů  
Příprava volných AK

Lysozomy likvidují látky a částice  
z venku - [animace](#)

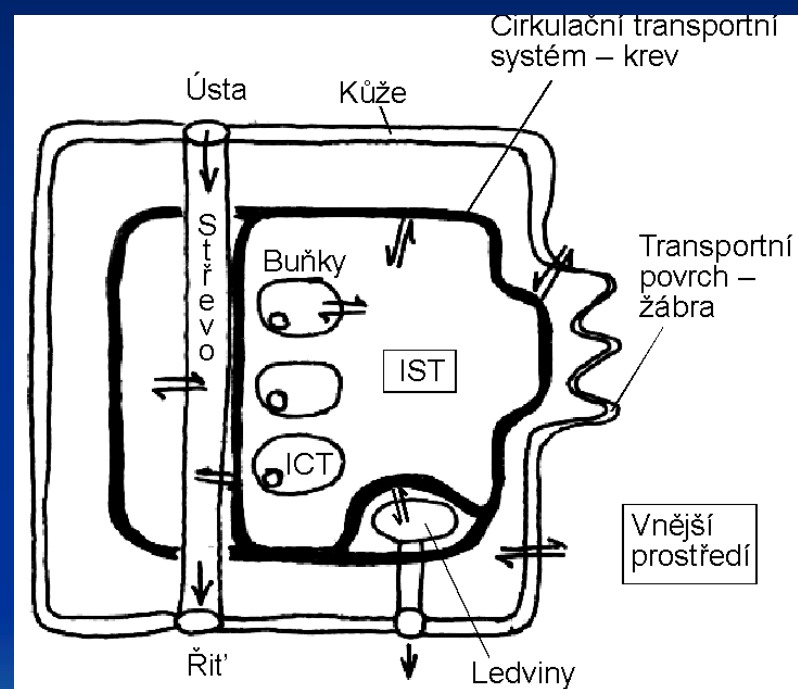


# Bariéry a brány

## Jednobuněčný

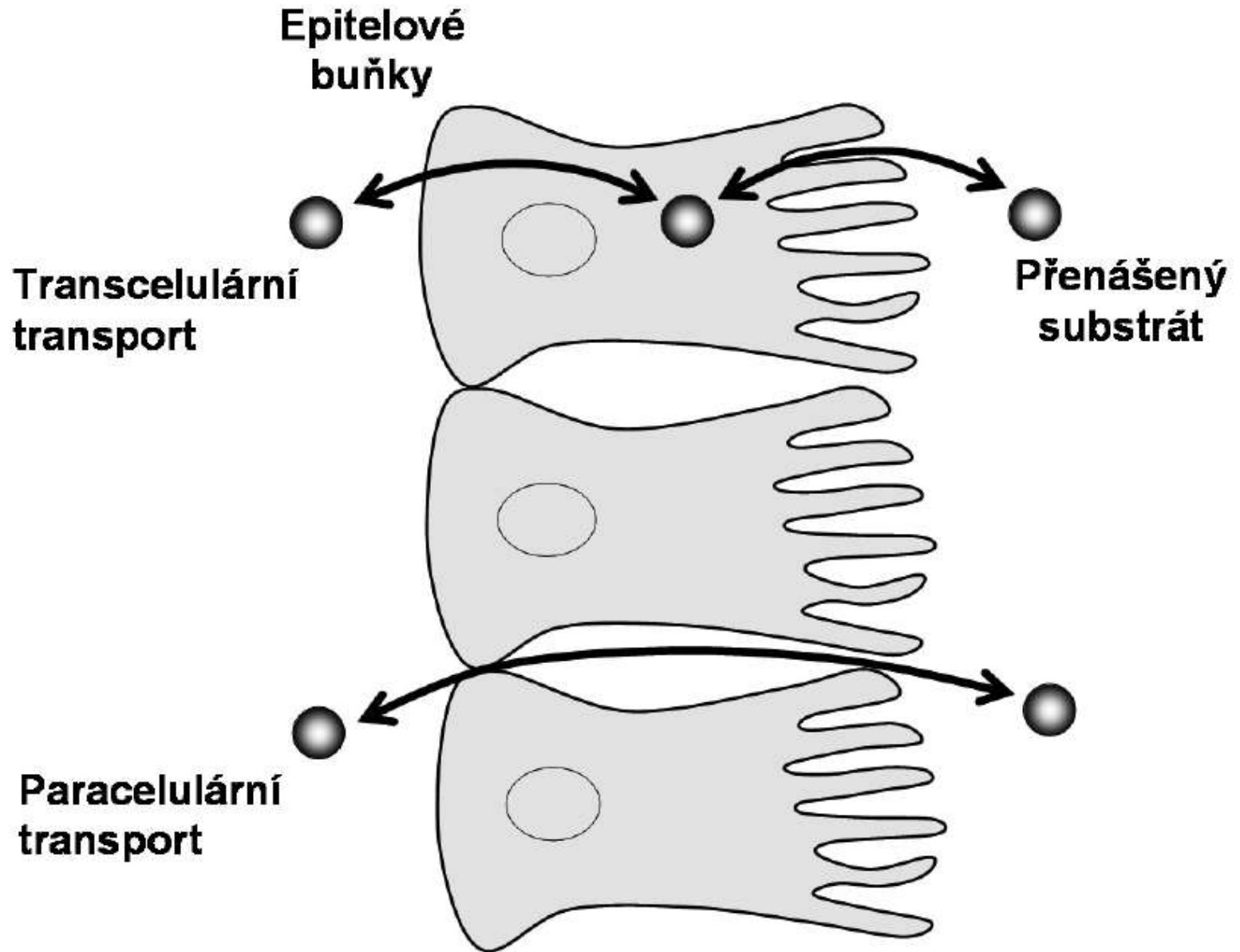


## Mnohobuněčný





Paracelulární transport – určuje „děravost“ epitelu  
Těsný (kapiláry mozku) versus děravý (fenestrováný) epitel (k. glomerulu)



# Spolupráce – buněčná spojení

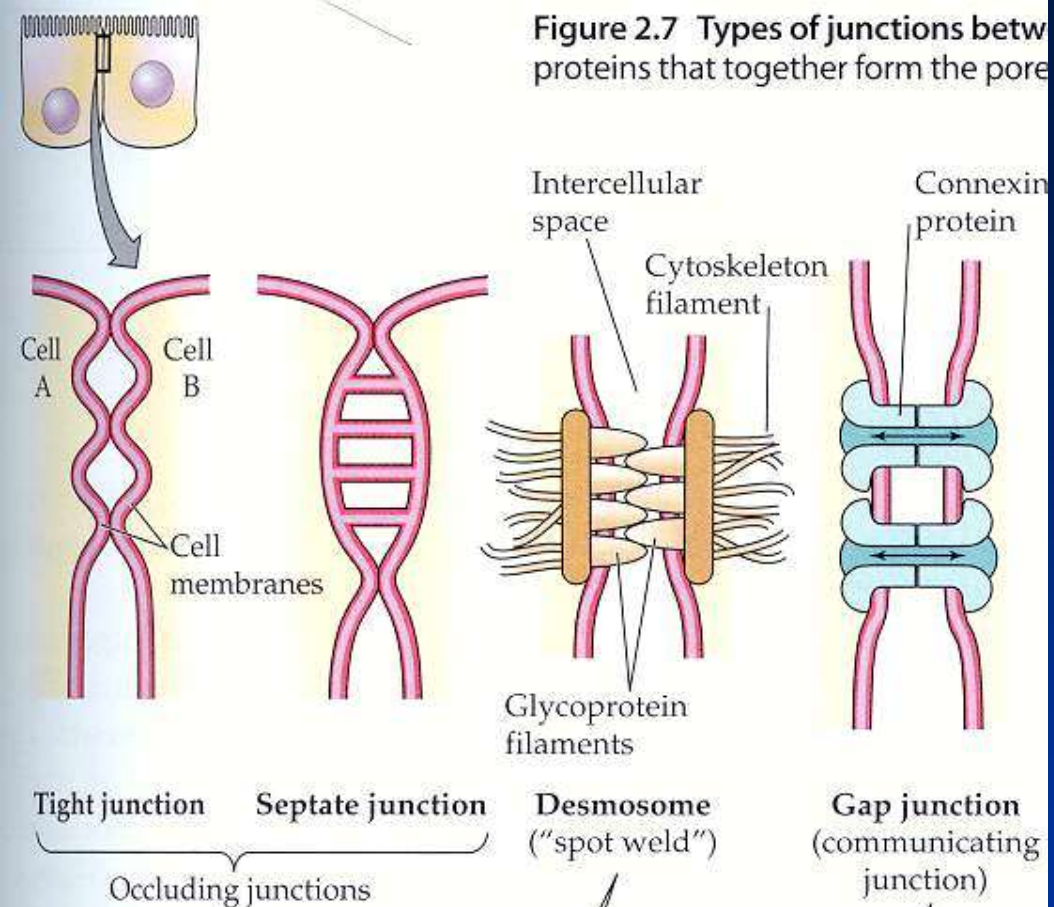


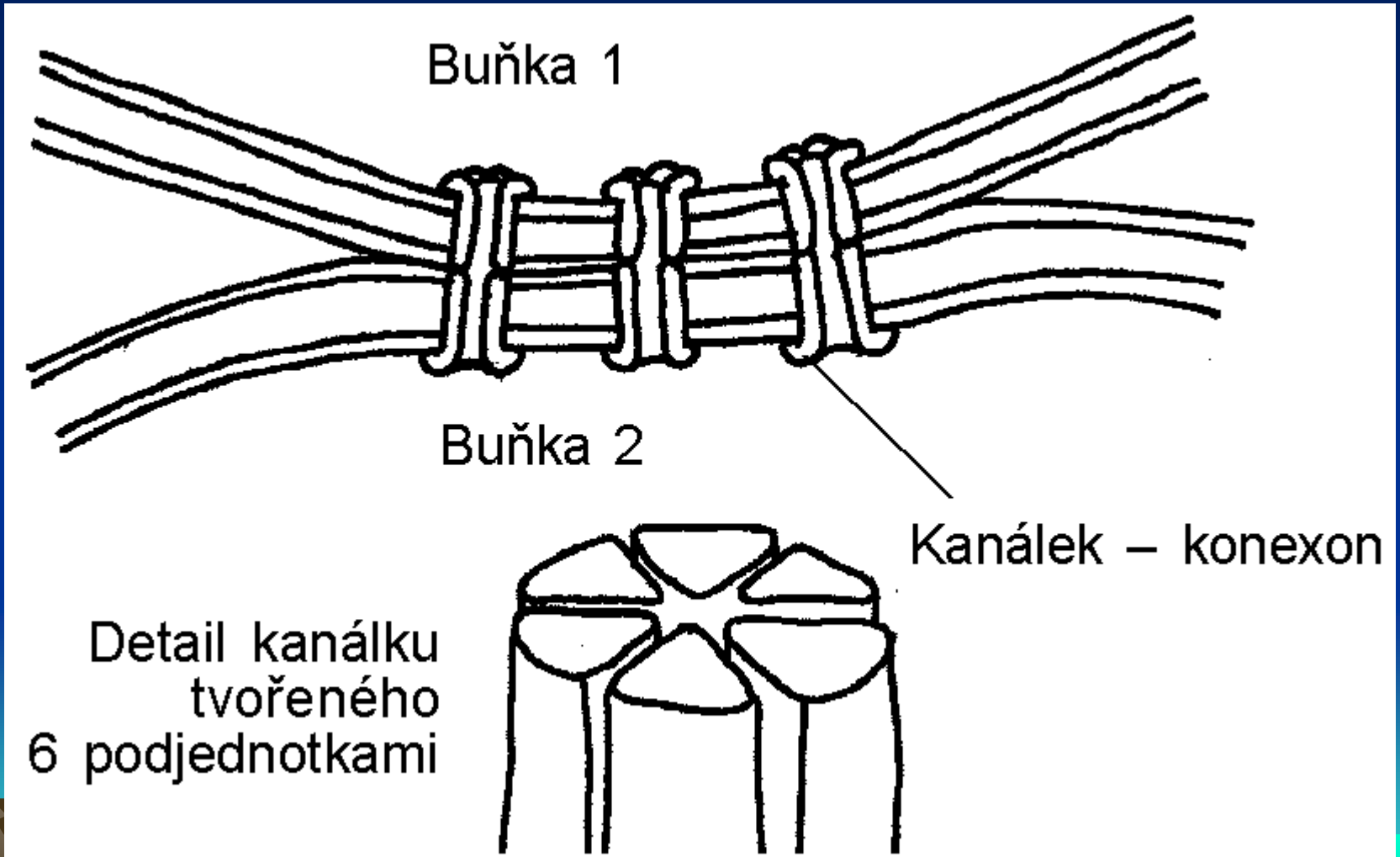
Figure 2.7 Types of junctions between proteins that together form the pore

**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.

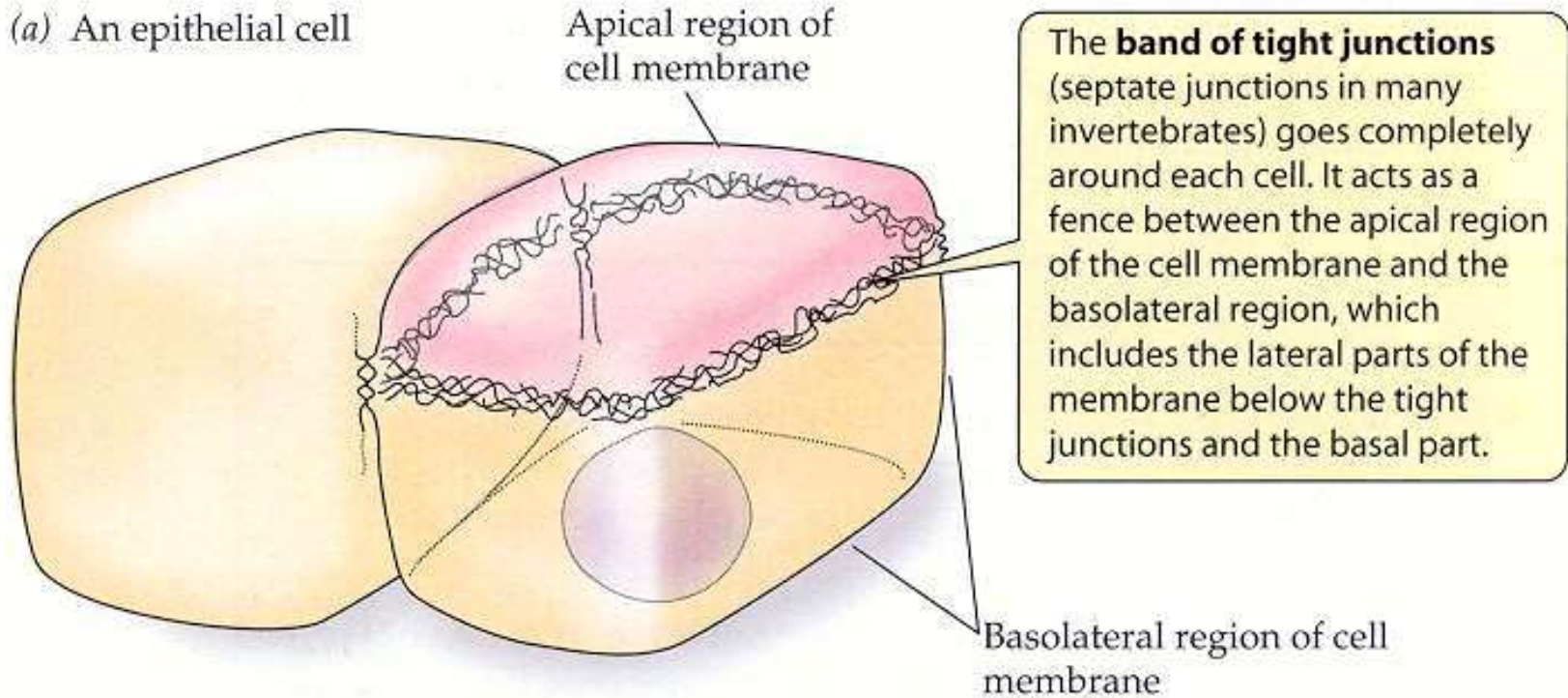
A **desmosome** is a localized spot where the contact between cells is strengthened.

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

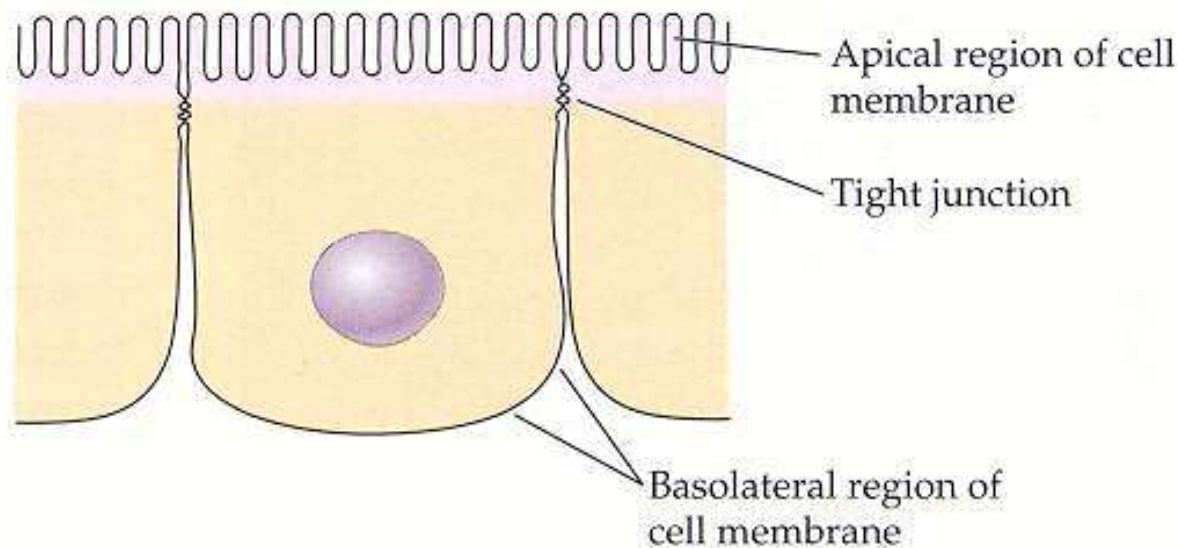
# Konexon a „gap junction“



(a) An epithelial cell

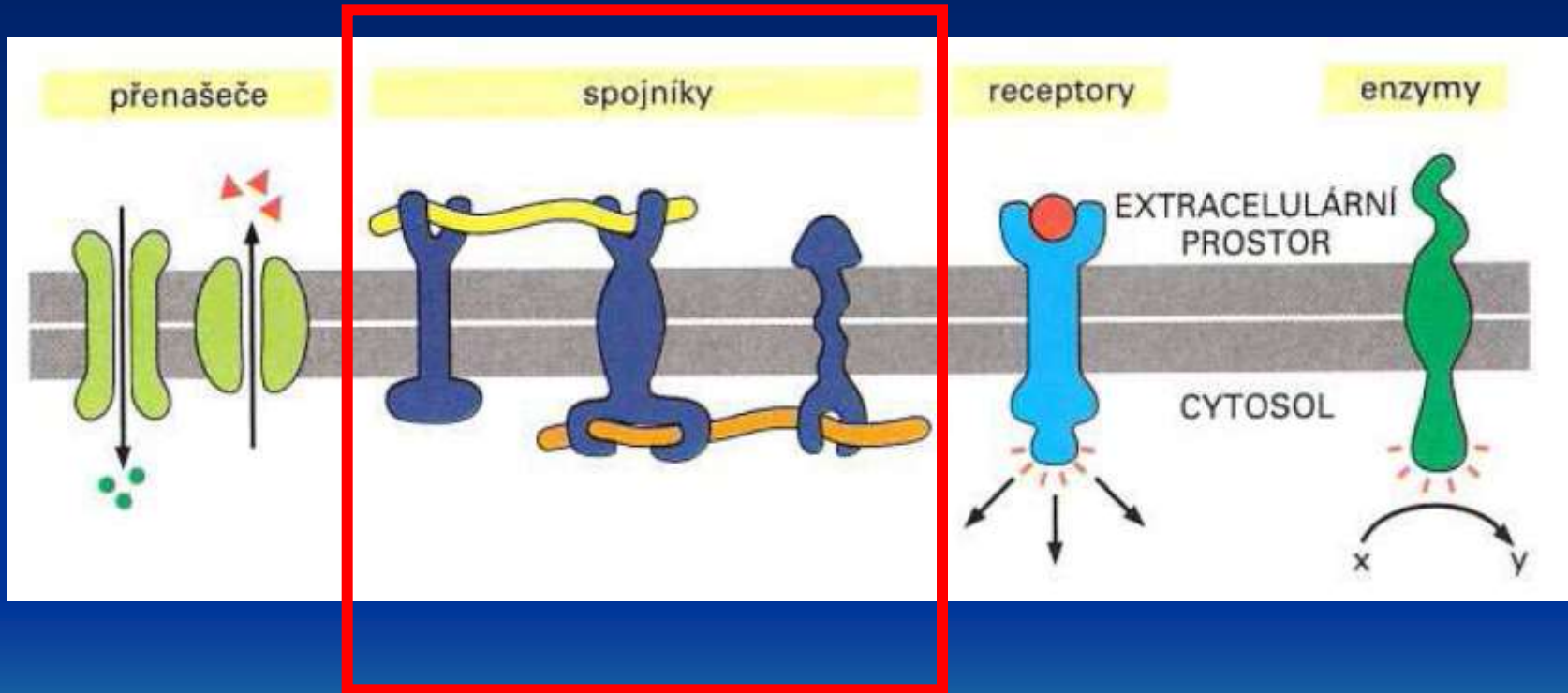


(b) Schematic representation of an epithelial cell

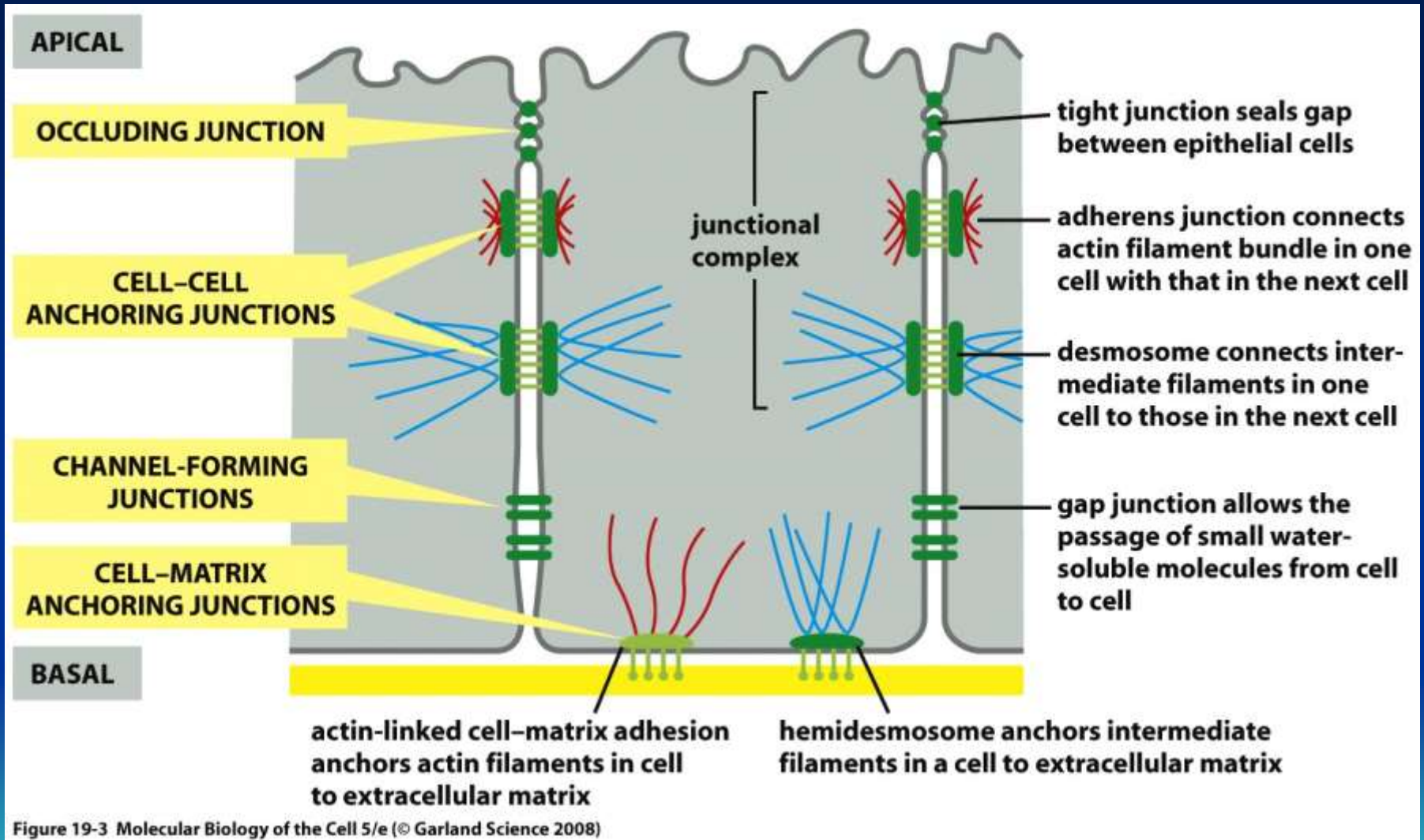




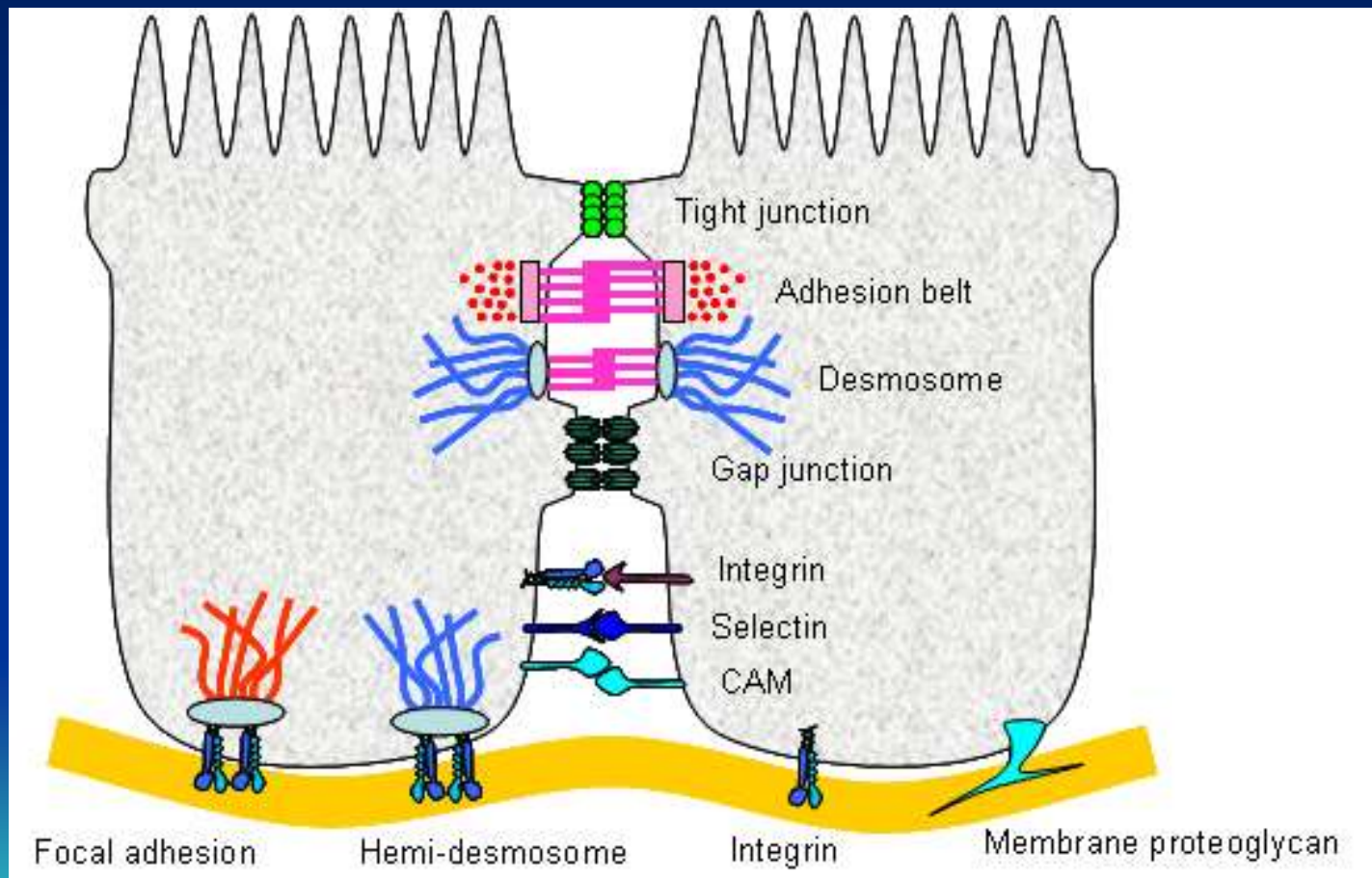
Funkce membránových bílkovin – přenos látek, signálů, fixace na extra a intracelulární struktury.



# Buněčná spojení nutná i pro mechanickou soudržnost

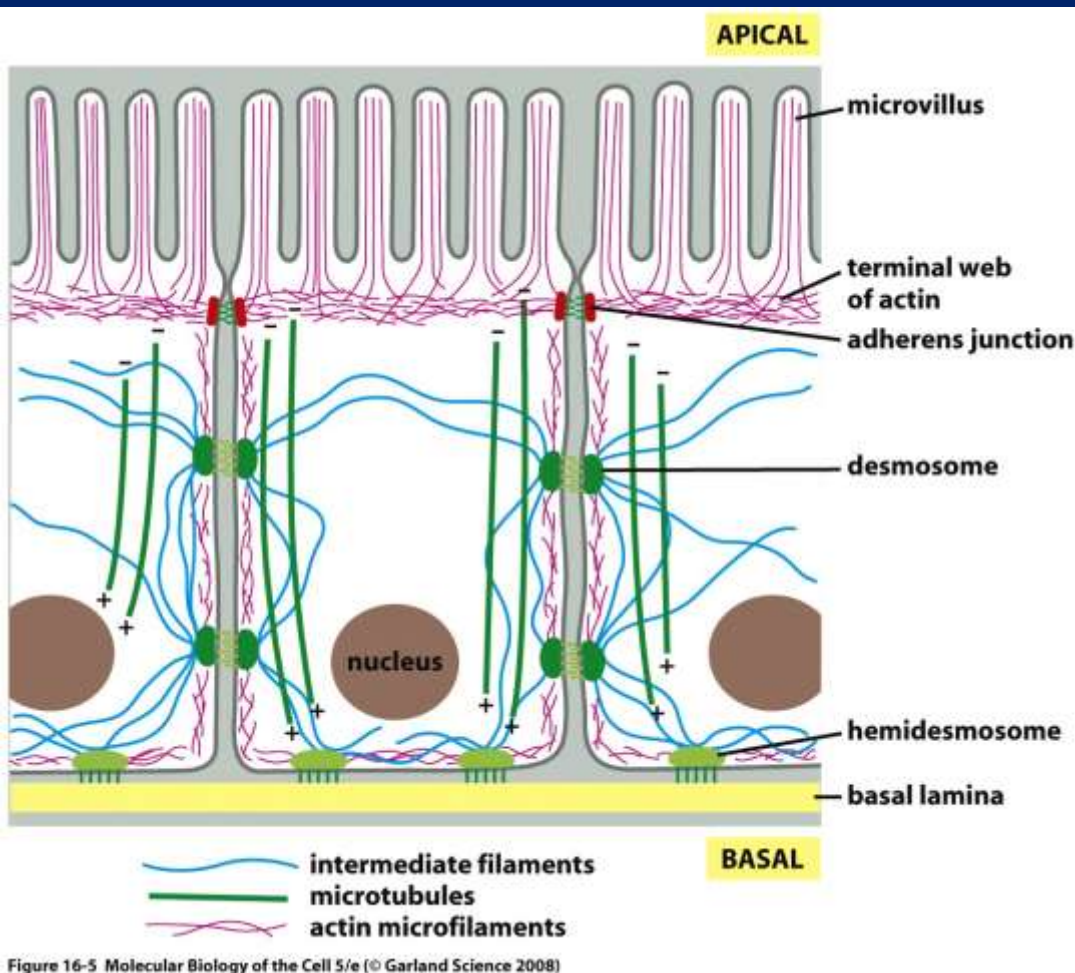


# Spolupráce ve tkáních – buněčná spojení



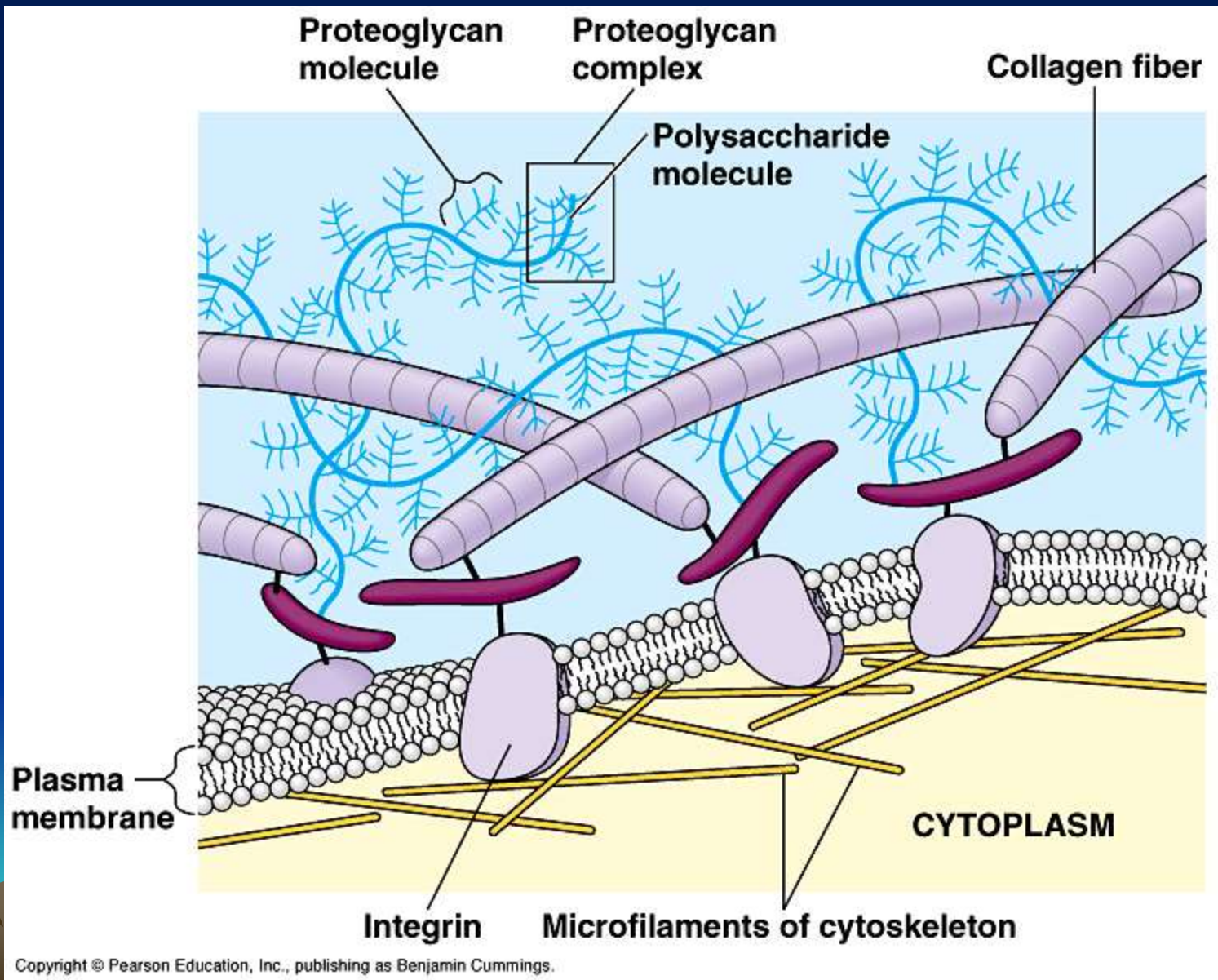
Extracelulární matrix tvoří:

- tmel mezi buňkami (hlavně kolagen)
- basální membránu epitelů
- Napojena na cytoskelet uvnitř buněk

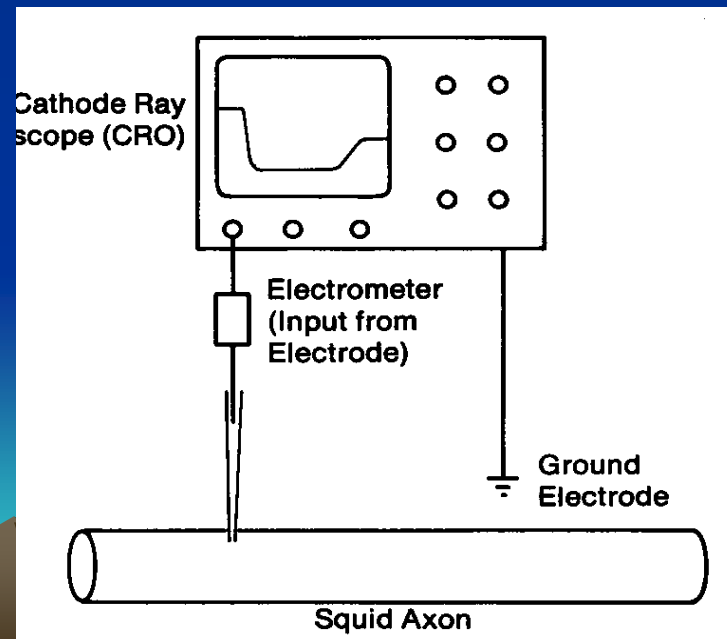




Extracelulární matrix – tmel mezi buňkami (hlavně kolagen)  
Integriny kotví v membráně



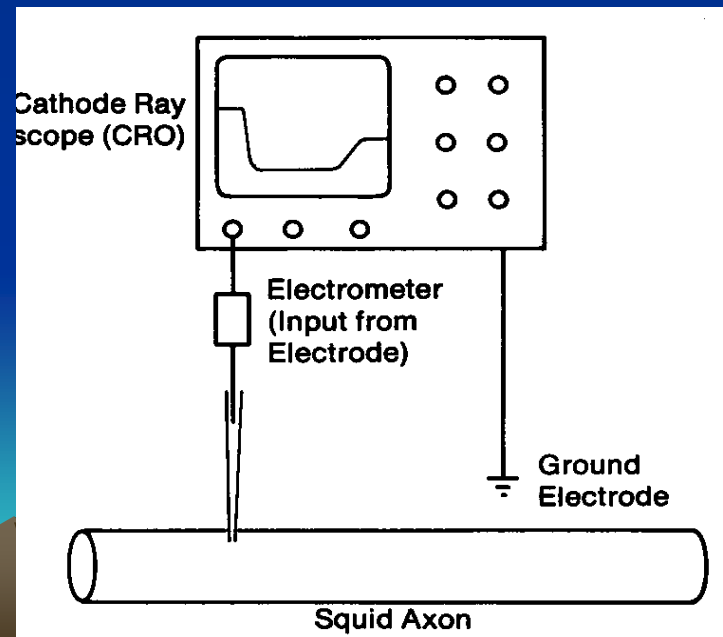
Membrána se selektivním aktivním transportem iontů elektricky nabíjí.  
Nabitá membrána - Klidový potenciál



Elektrické napětí na membráně:  
Membrána se selektivním aktivním transportem  
iontů elektricky nabíjí.  
Nabitá membrána - Klidový potenciál

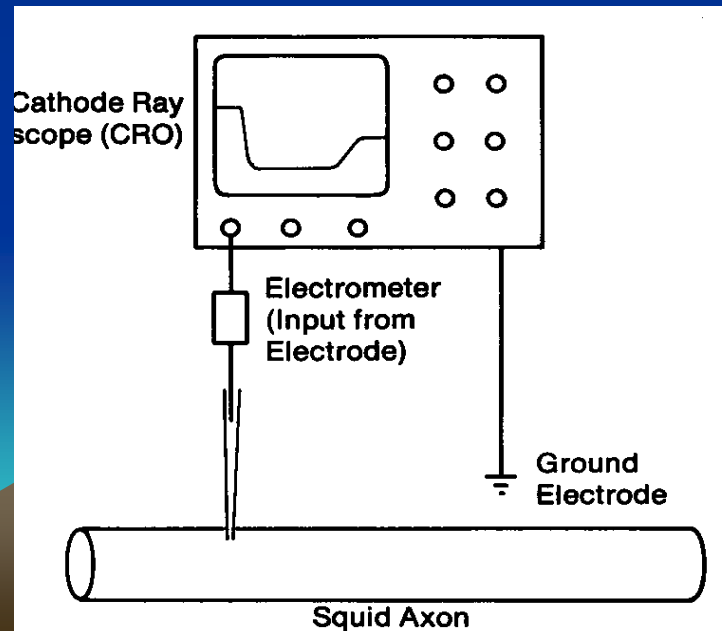
Využitelný pro:

- sekundární transport
- tvorbu a přenášení signálů



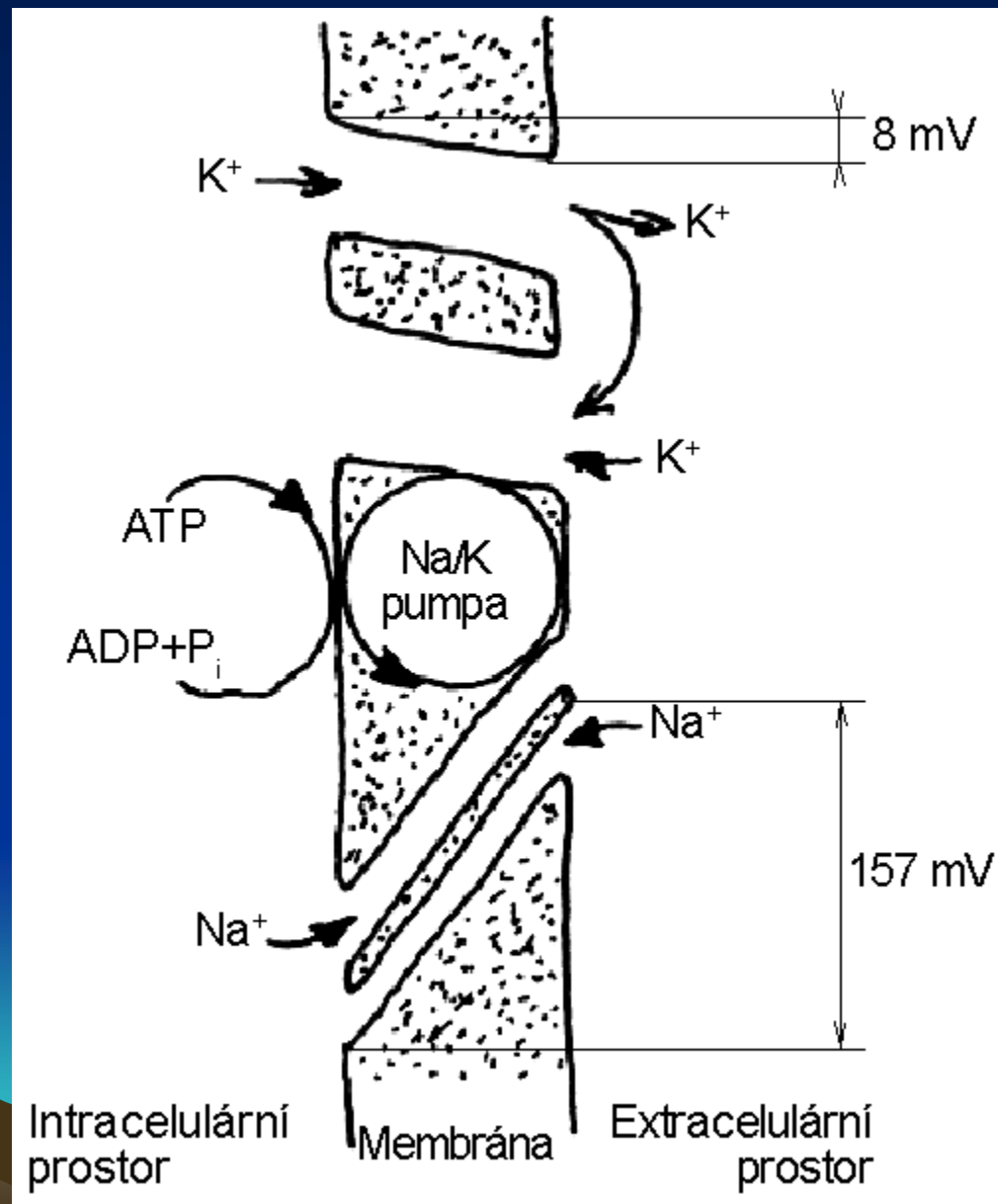
# Nabitá membrána - Klidový potenciál

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			



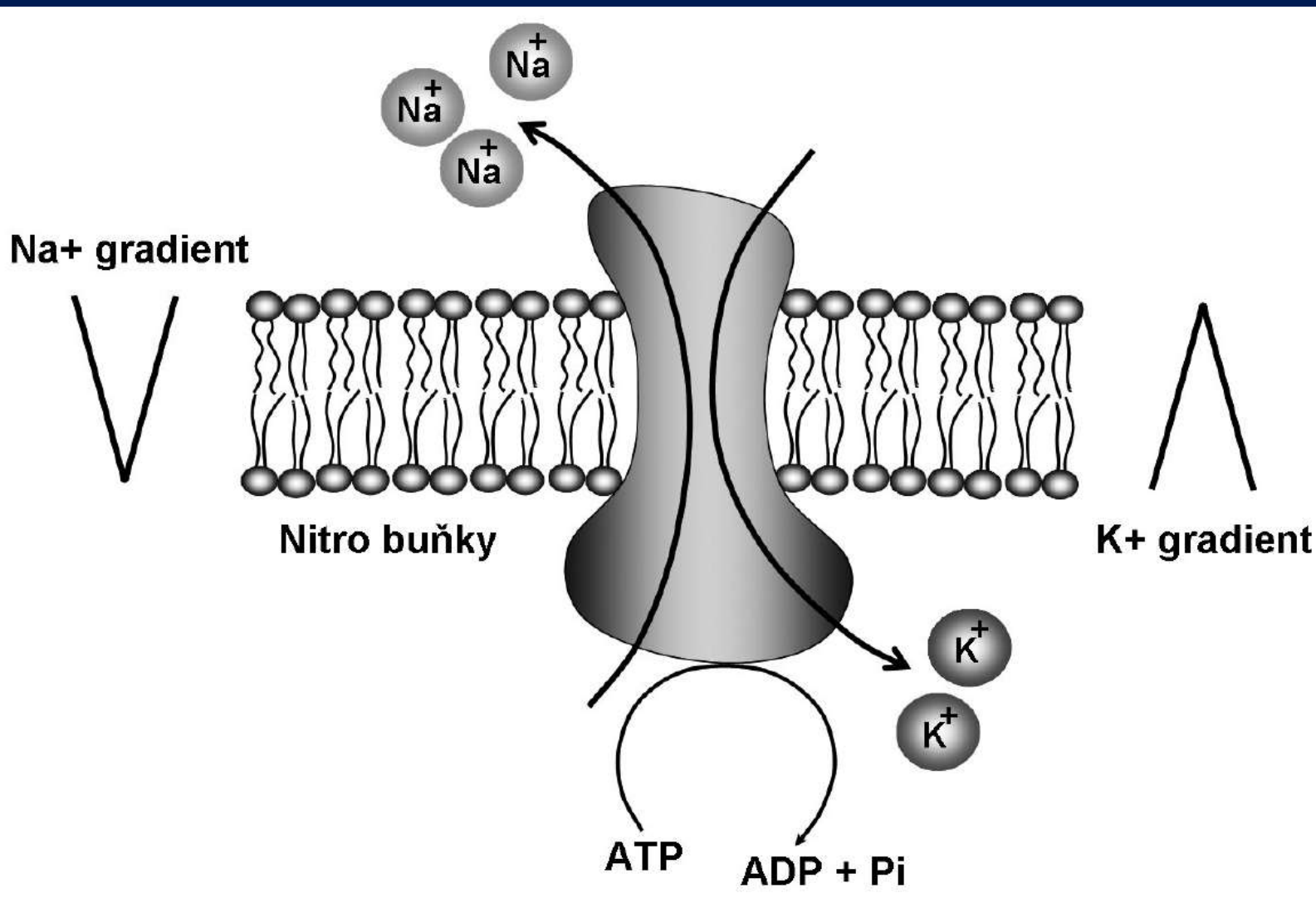


# Na/K pumpa nabíjí membránu



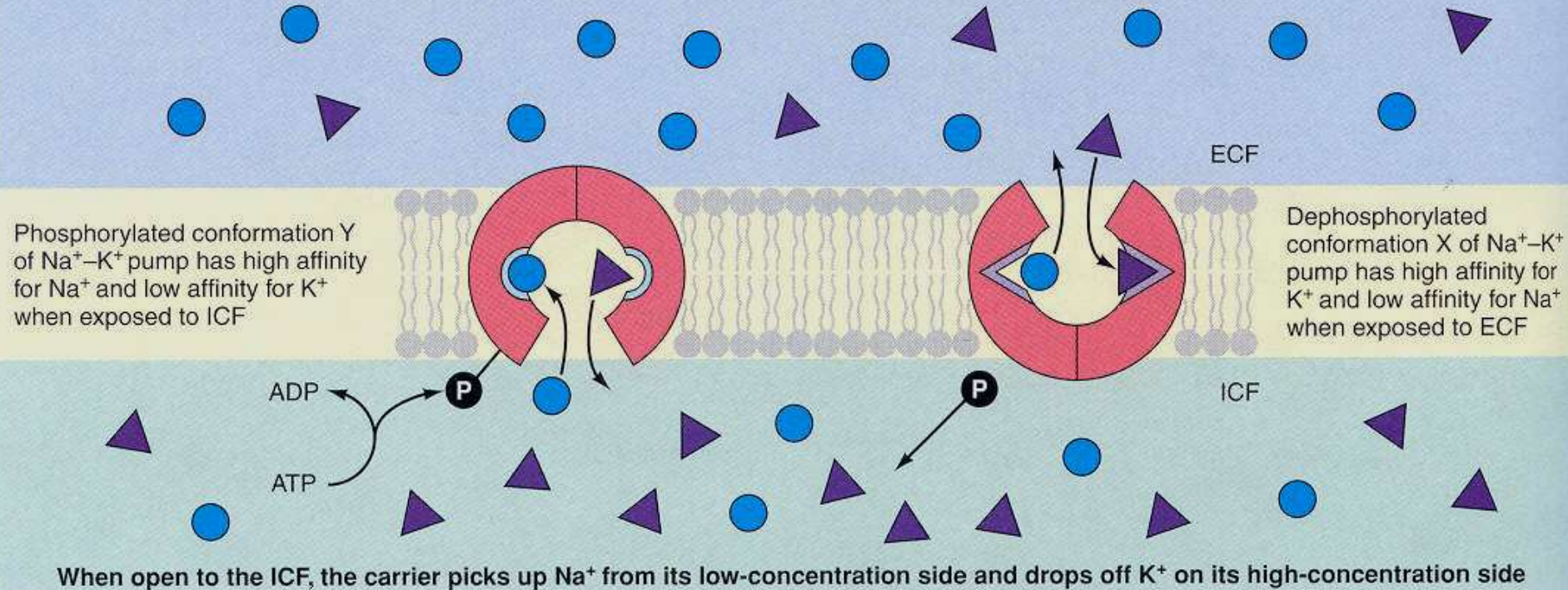
# Na/K pumpa

Animace



# Na/K pumpa

When open to the ECF, the carrier drops off  $\text{Na}^+$  on its high-concentration side and picks up  $\text{K}^+$  from its low-concentration side



● = Sodium ( $\text{Na}^+$ )    ▲ = Potassium ( $\text{K}^+$ )    ● P = Phosphate

Na – daleko od rovnováhy

K – v rovnováze

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



KONCENTRACE

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



NÁBOJ

**INTRA (-)**

**EXTRA (+)**

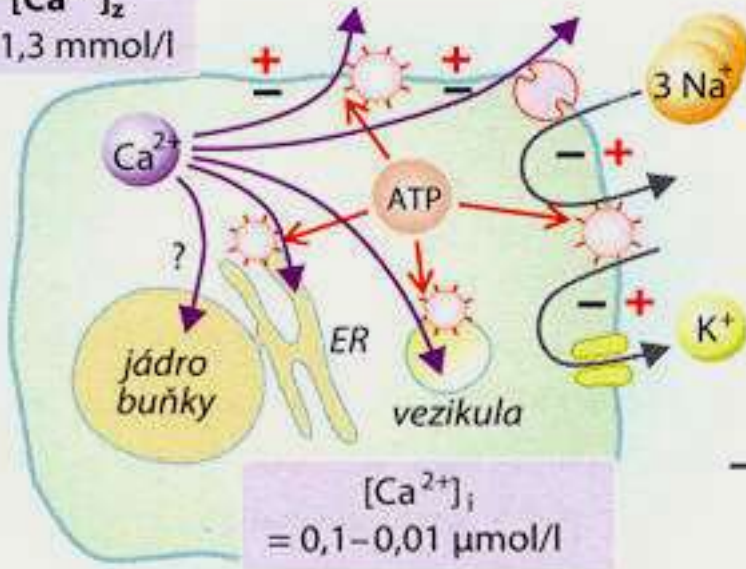


# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů

## A. Regulace buňky ionty $\text{Ca}^{2+}$

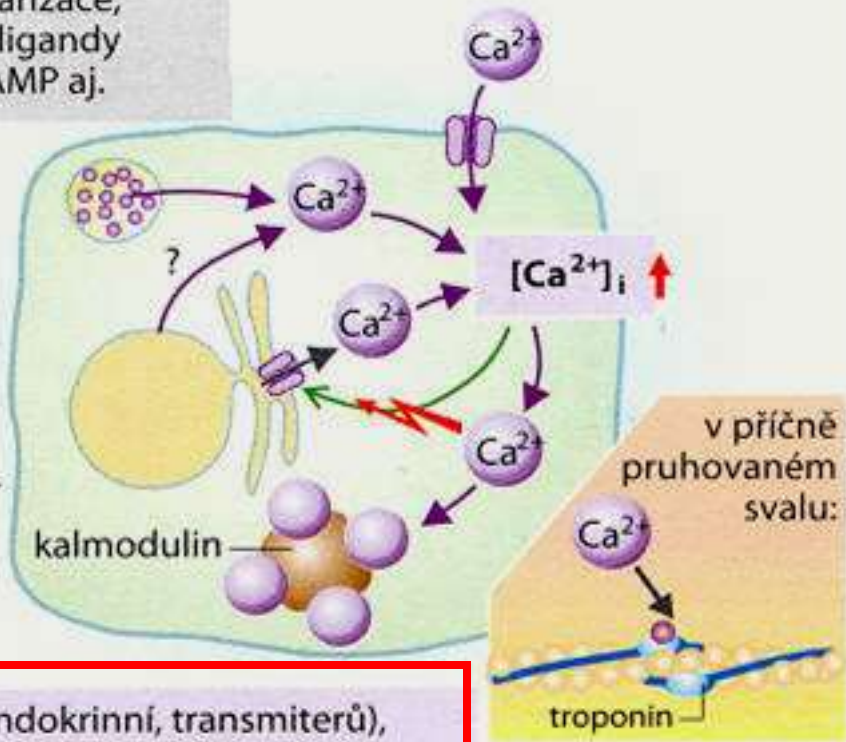
$[\text{Ca}^{2+}]_z$   
= 1,3 mmol/l

1



depolarizace,  
zevní ligandy  
 $\text{IP}_3$ , cAMP aj.

2



v příčně  
pruhovaném  
svalu:

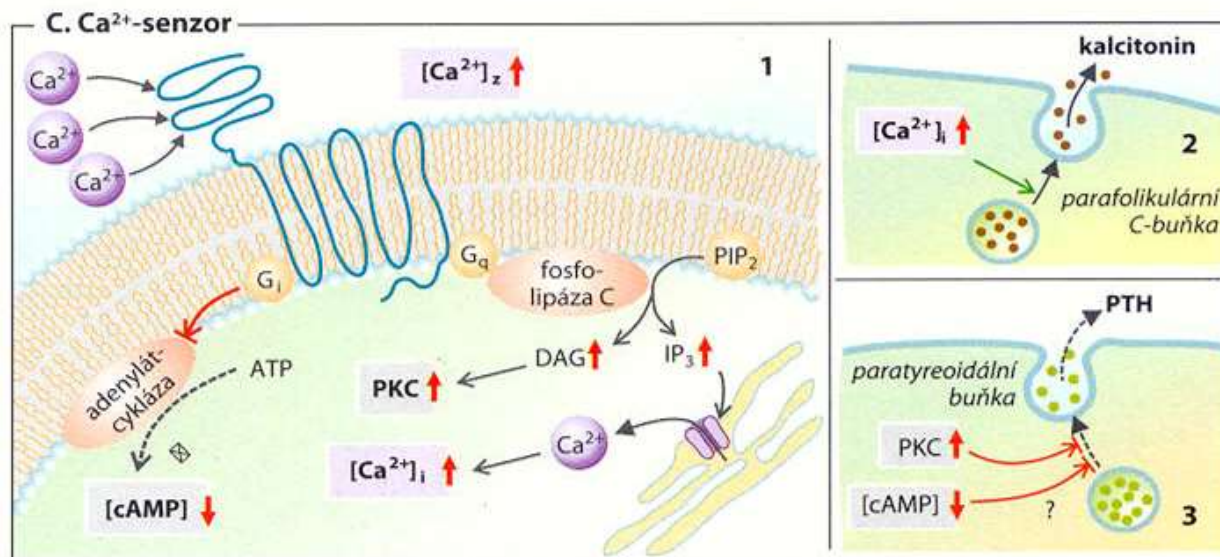
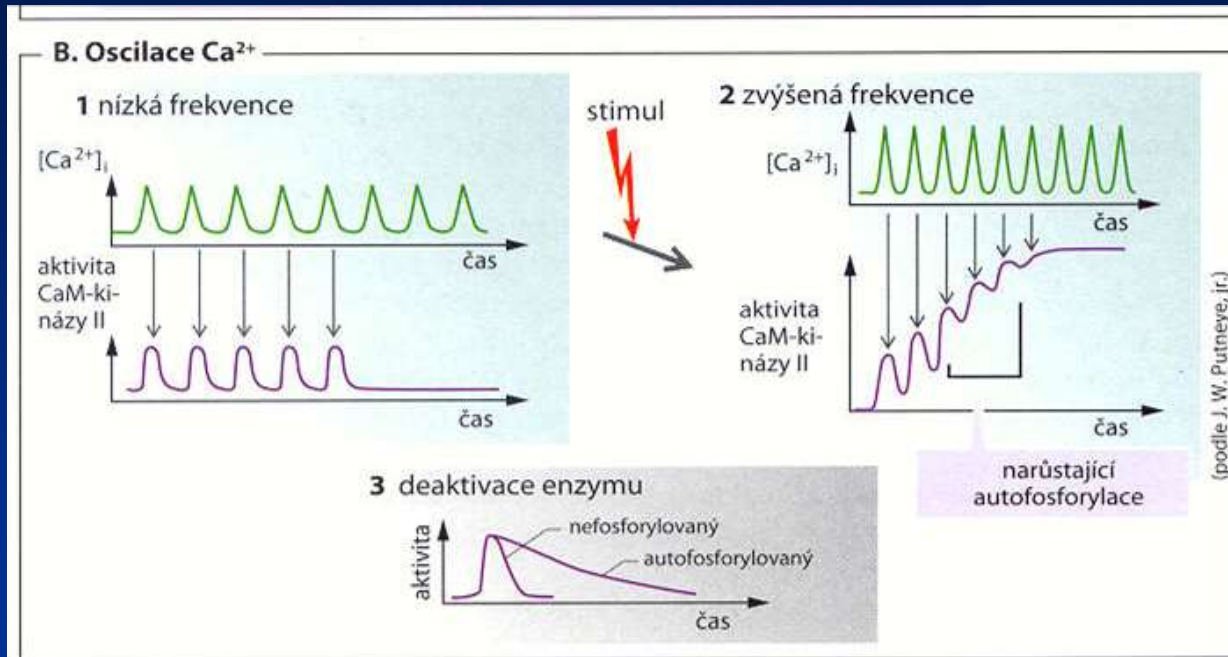
troponin

**svalová kontrakce, podráždění čidla, otvírání/zavírání jiných iontových kanálů**      **exocytóza (exokrinní, endokrinní, transmitterů), uzavírání gap junctions, migrace buněk aj.**

Mechanismy udržující nízkou hladinu Ca v buňce

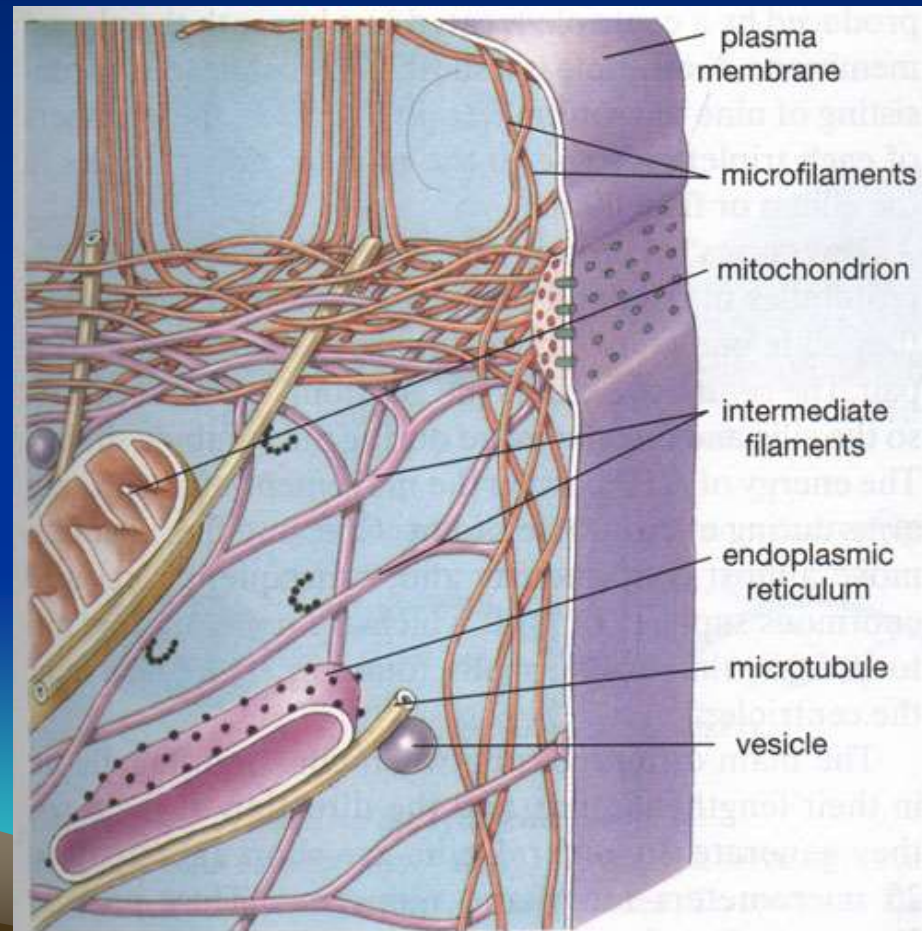
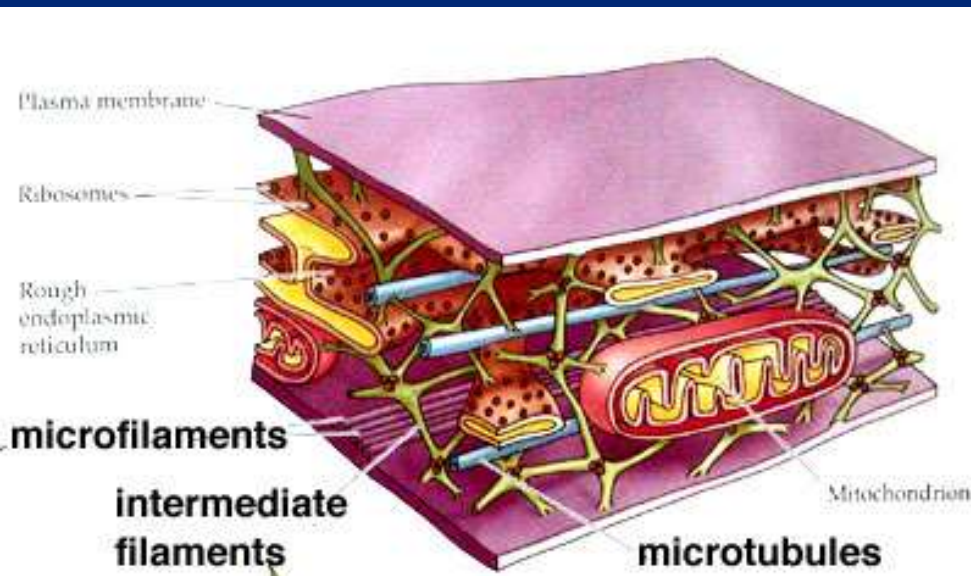
Stačí malé podráždění a Ca proudí do buňky

# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů

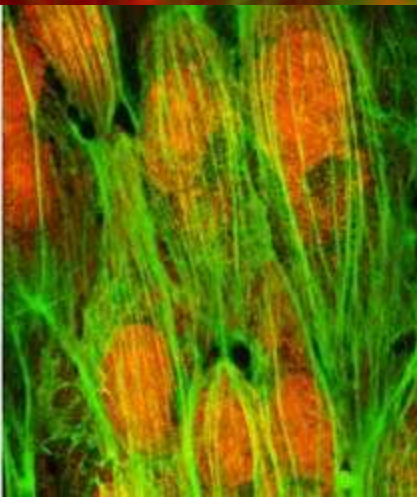
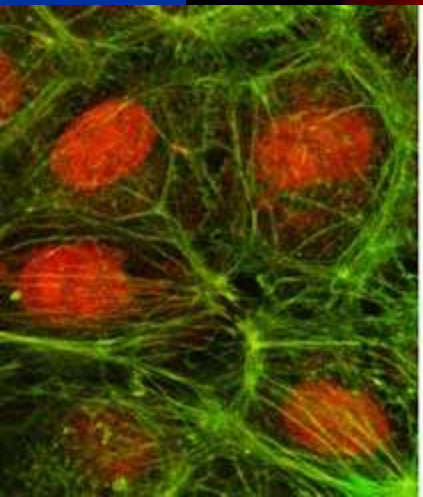
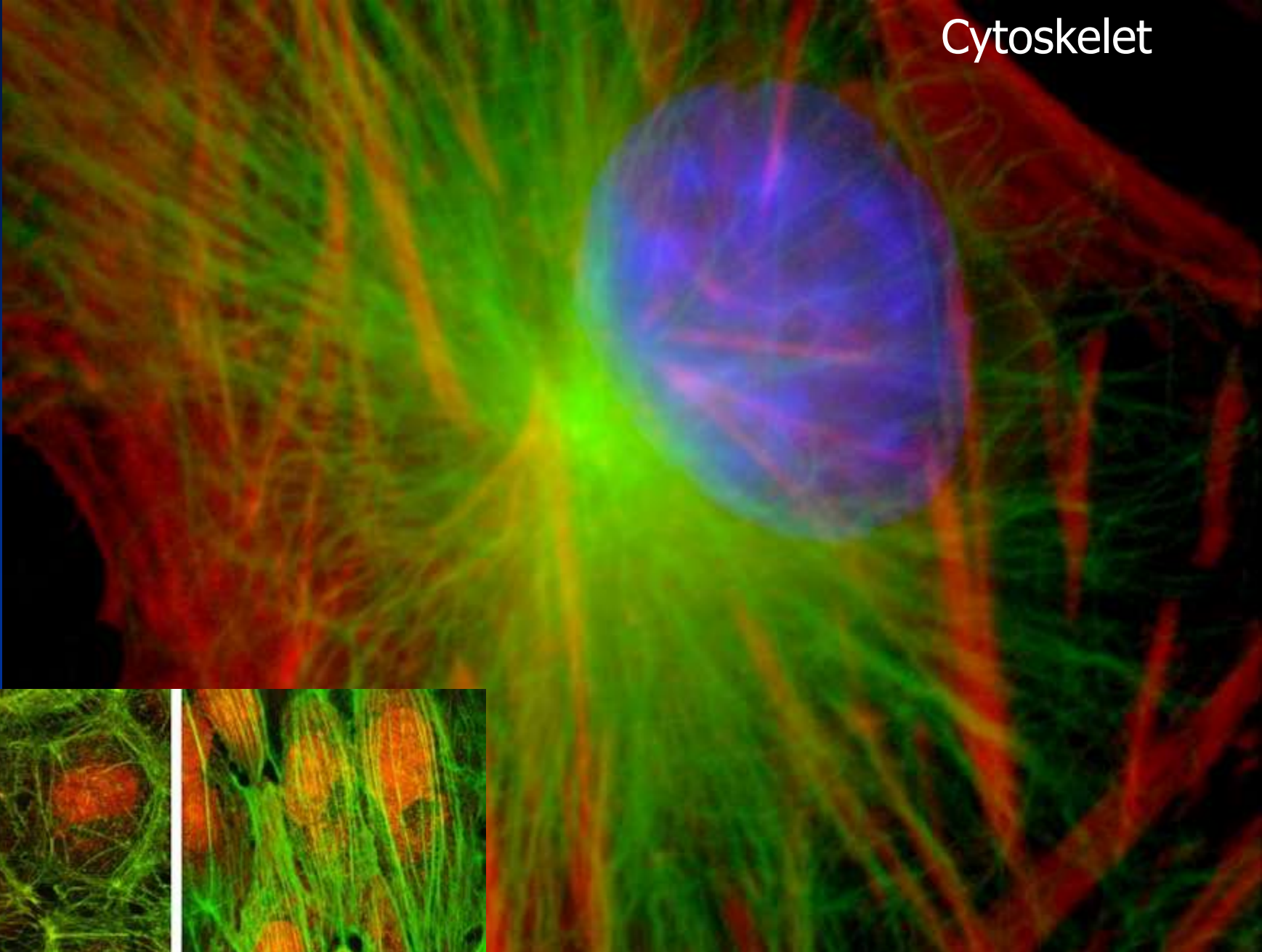




# Cytoskelet



Cytoskelet

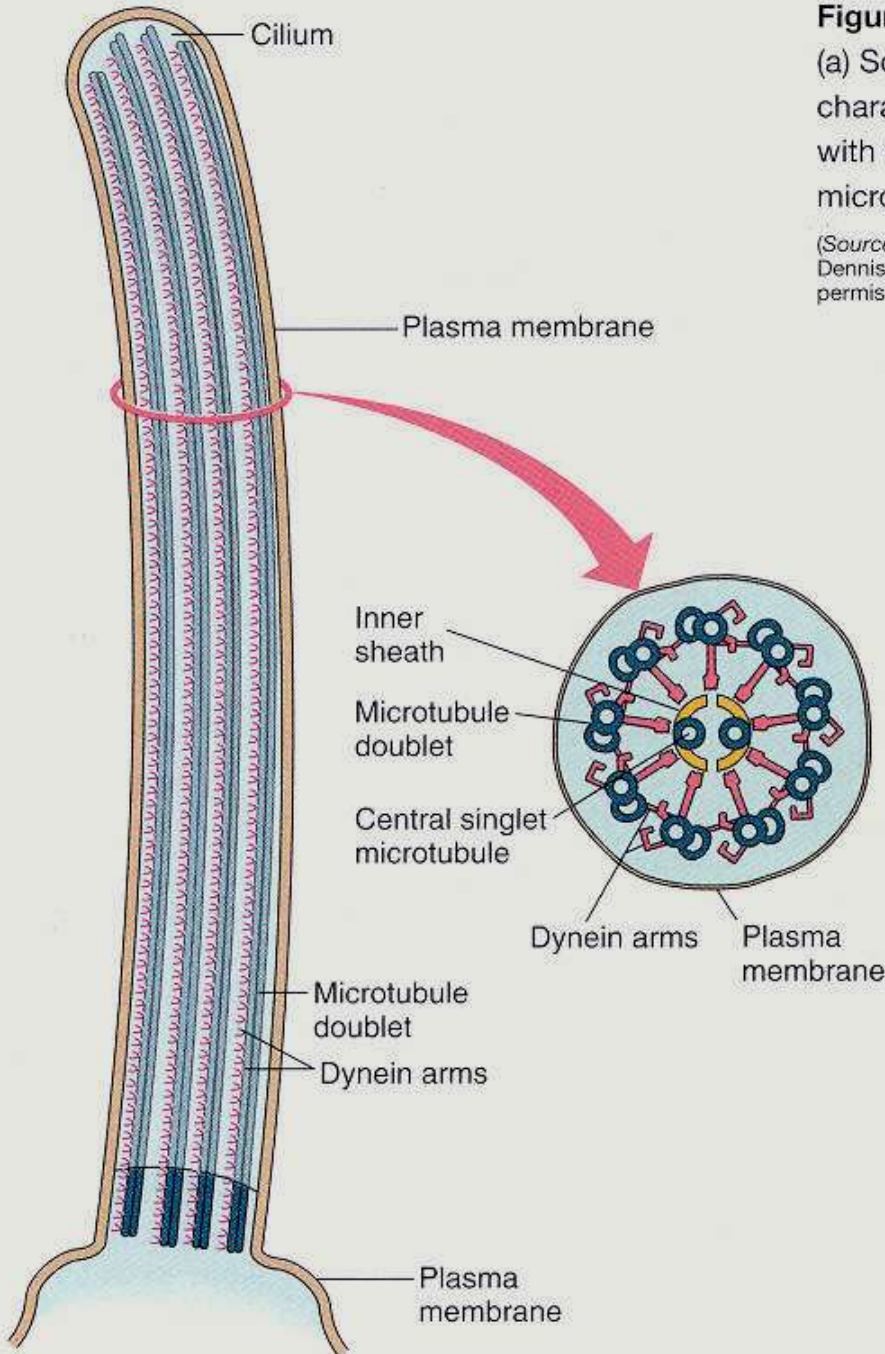




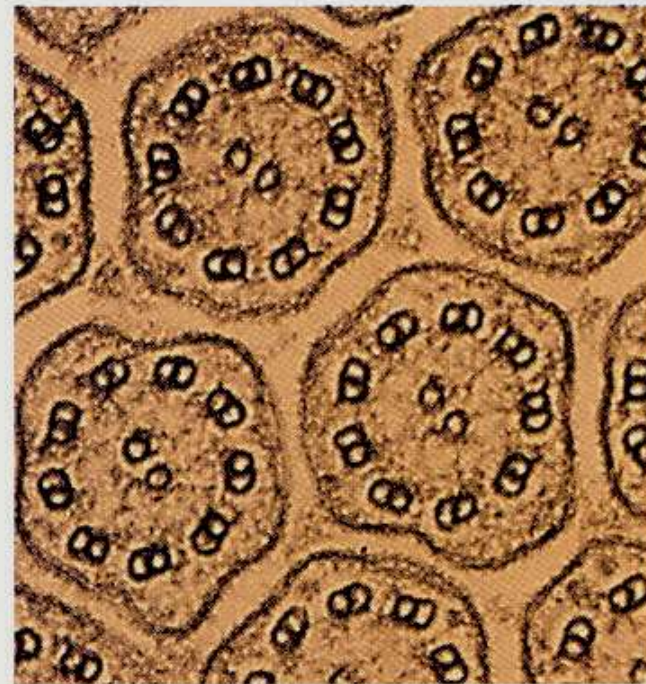
**Figure 2-27** • Internal structure of cilia and flagella.

(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.)



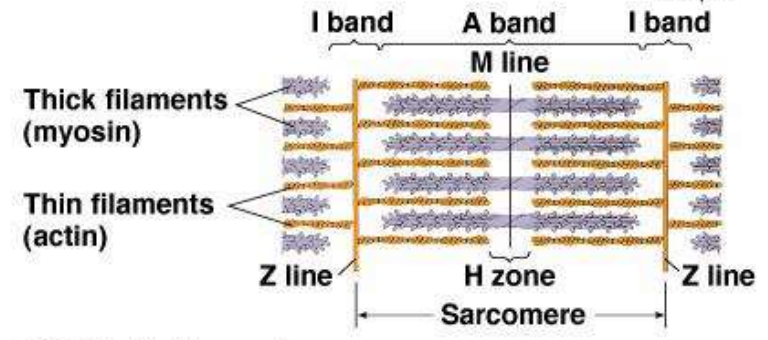
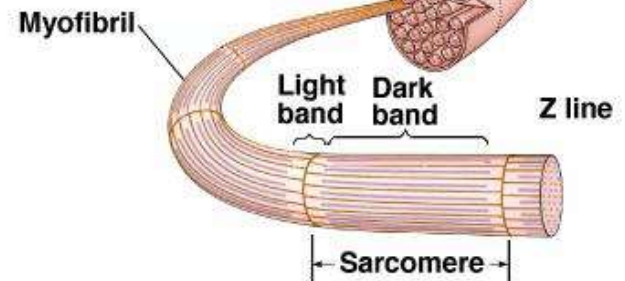
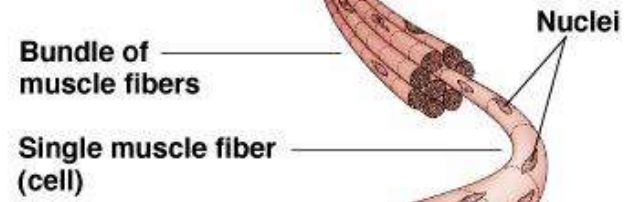
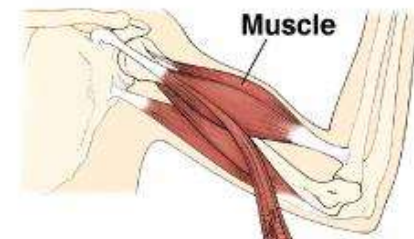
(a)



(b)

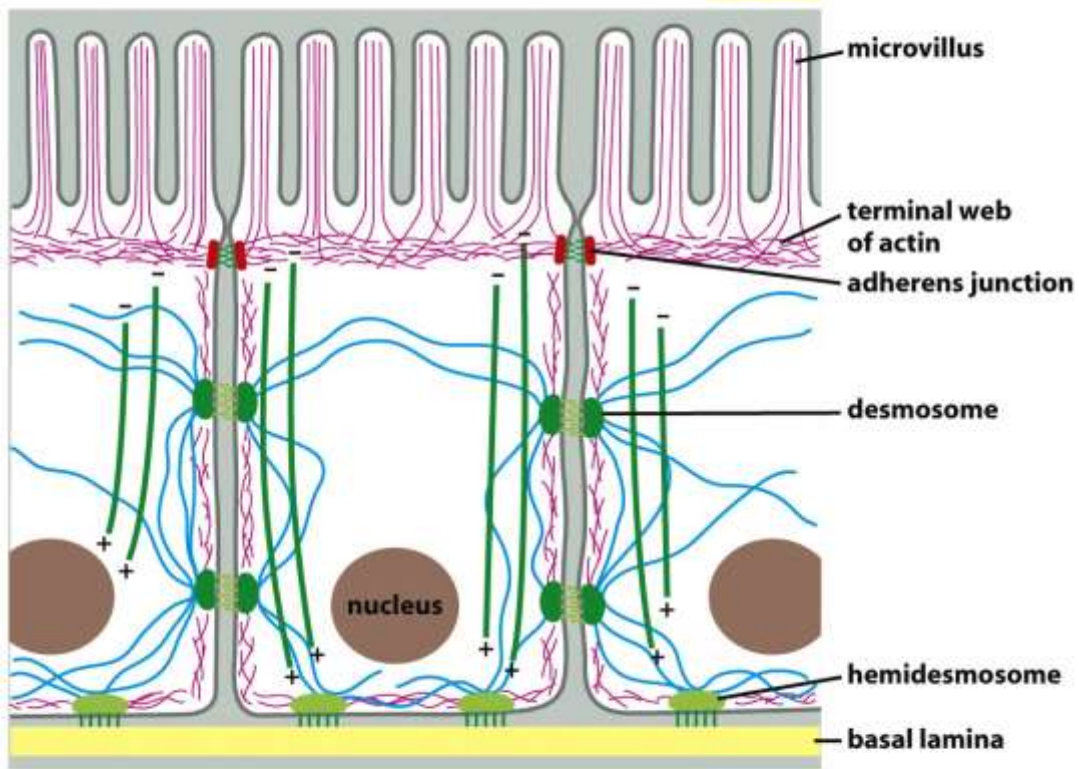
Photo: © David M. Phillips/Visuals Unlimited




Mikrofilamenta:  
Aktin a myosin





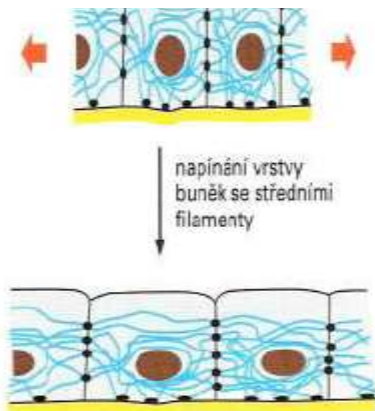
APICAL



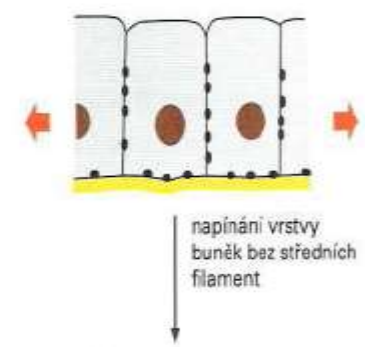
-  intermediate filaments
-  microtubules
-  actin microfilaments

BASAL

Figure 16-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

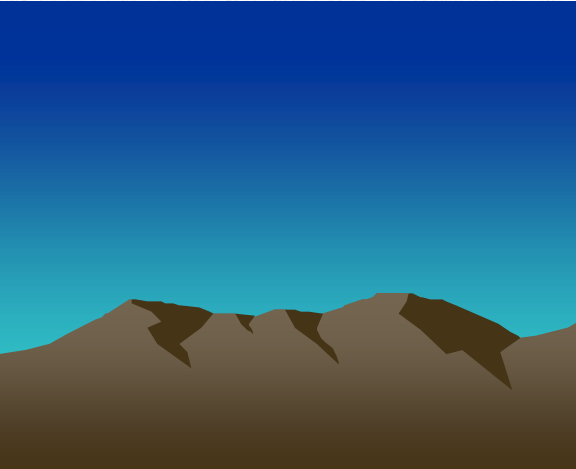


buňky zůstávají netknuté a pohromadě



buňky praskají

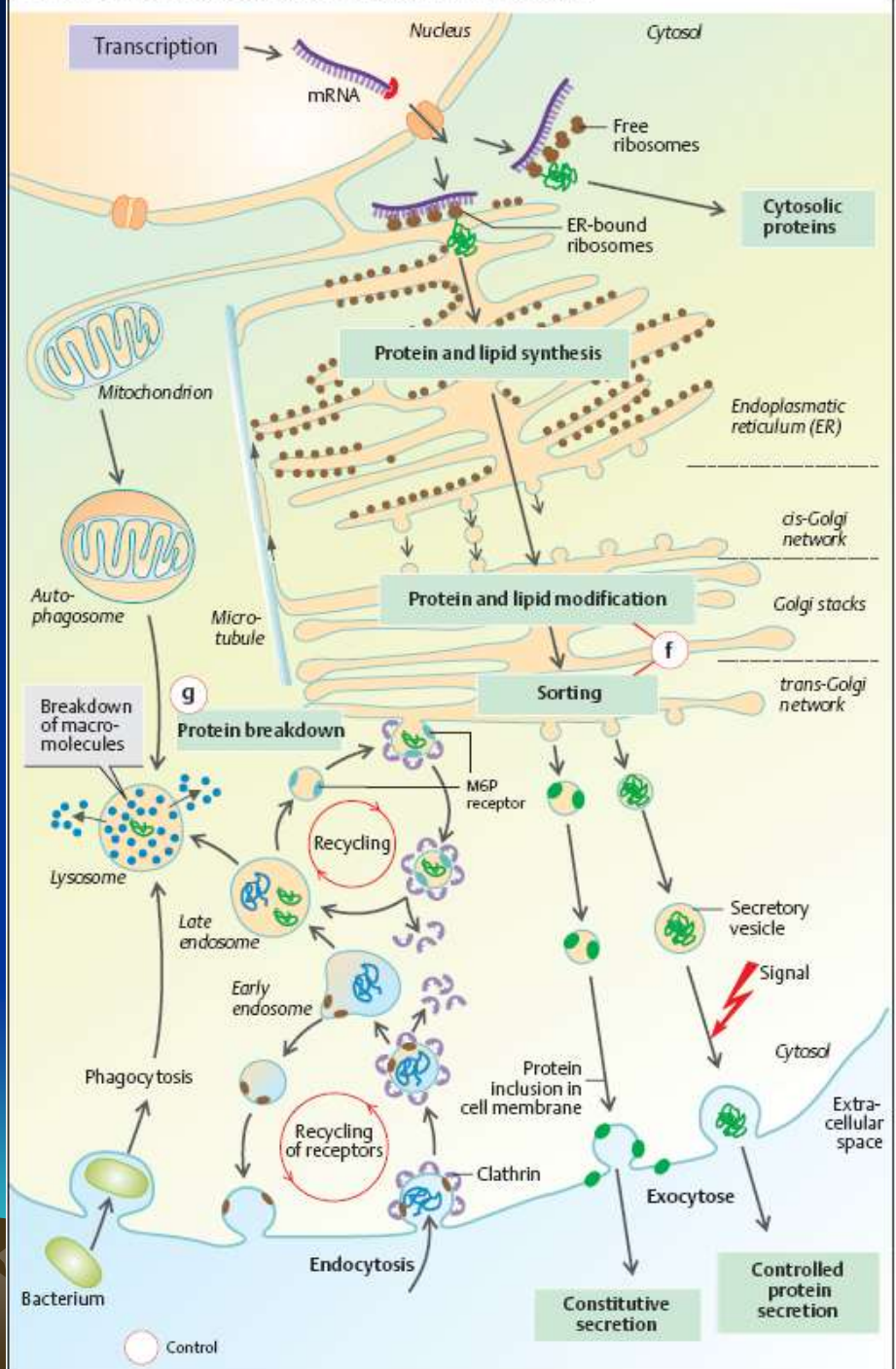
Typy filament  
Úloha středních



# Život v buňce – Animace komentovaná



F. Protein synthesis, sorting, recycling, and breakdown



Lysozom

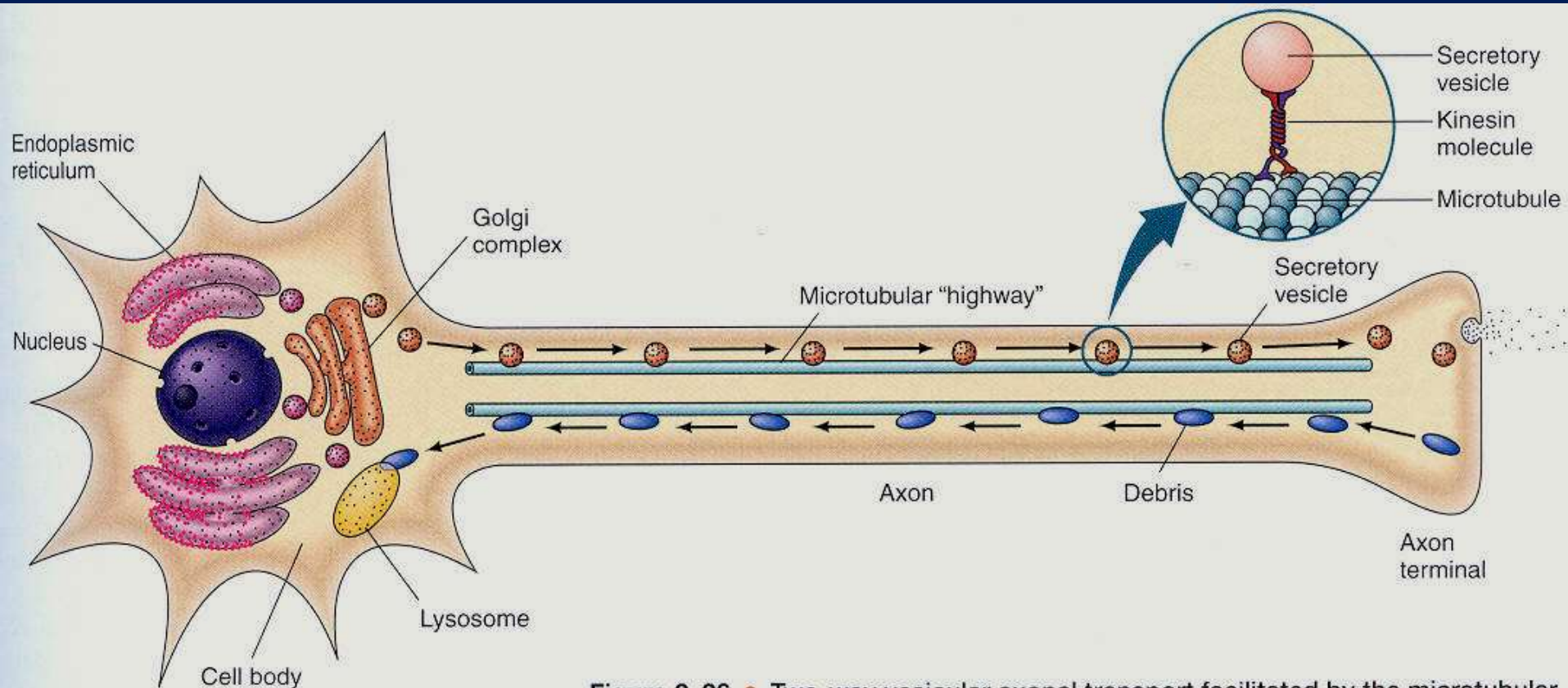
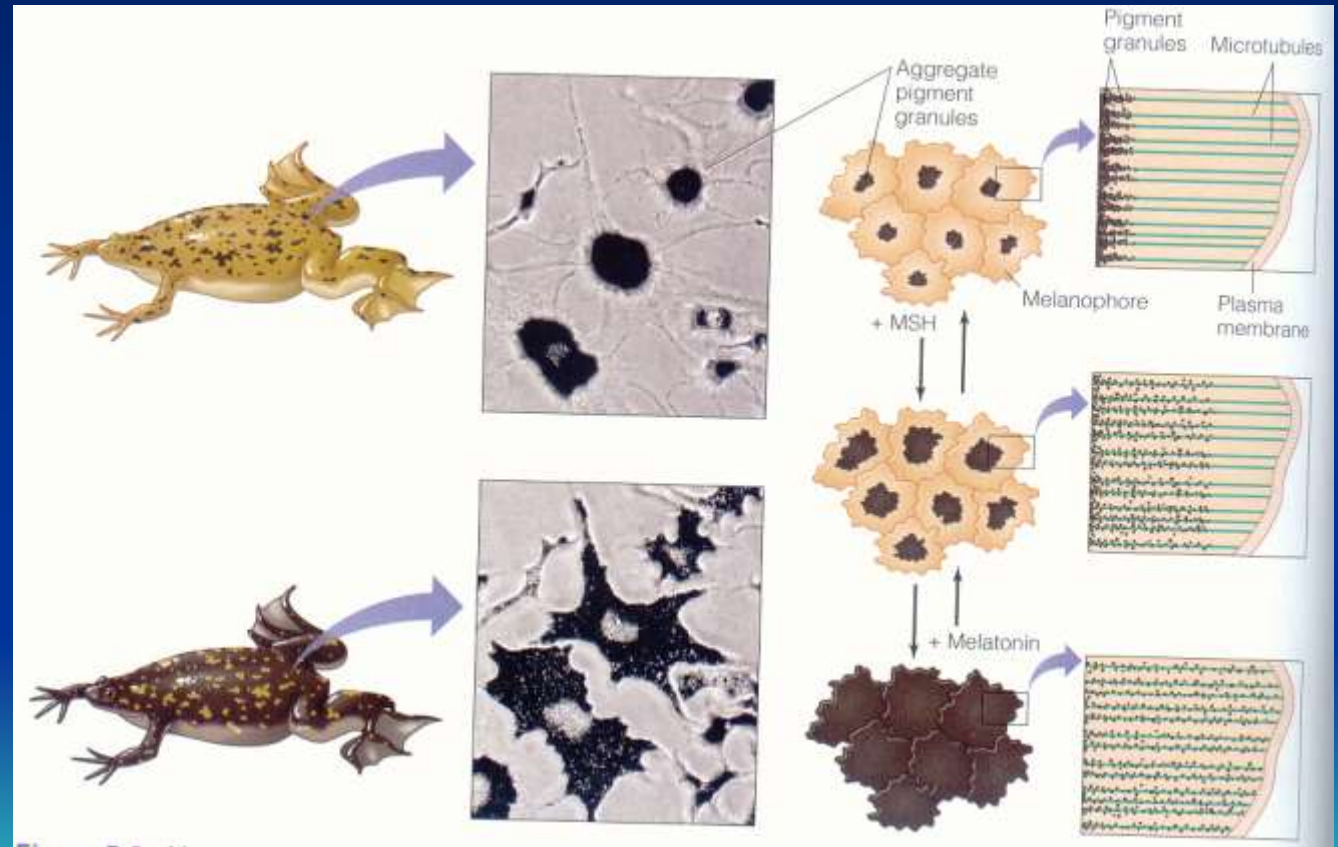


Figure 9.26 • Two-way vesicular axonal transport facilitated by the microtubular

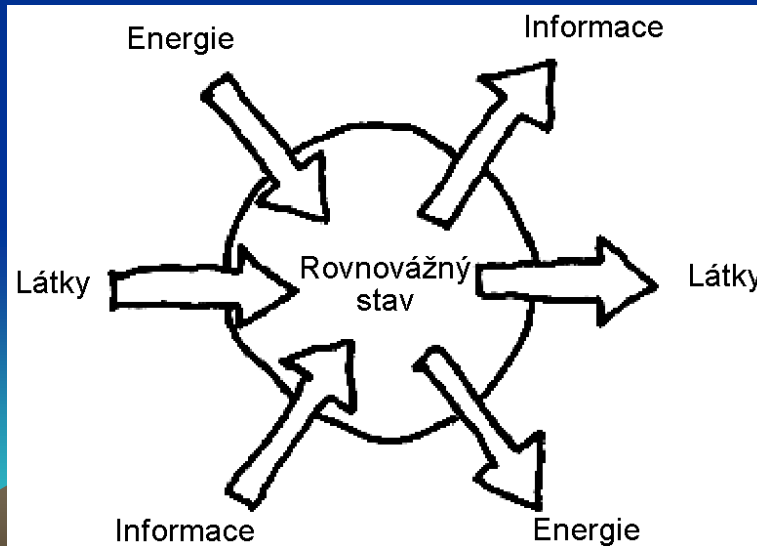
## Život v buňce - Animace

# Barvozměna – také jedna důležitá úloha pro cytoskelet



# Shrnutí

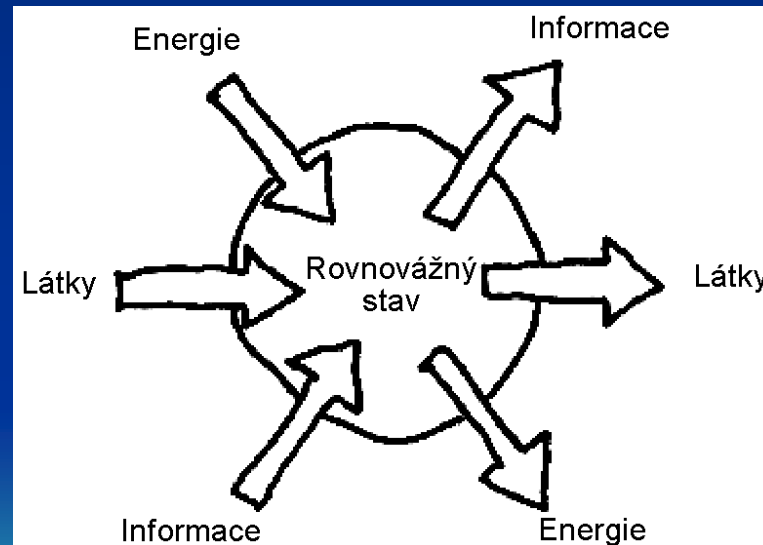
Řízený transport splňuje základní podmínku udržení stálosti.  
Bílkoviny mají zásadní úlohu v přenosu látek i signálů.  
Nabitá membrána se hodí.  
Cytoskelet umožňuje pohyb i oporu – pro buňku zásadní.



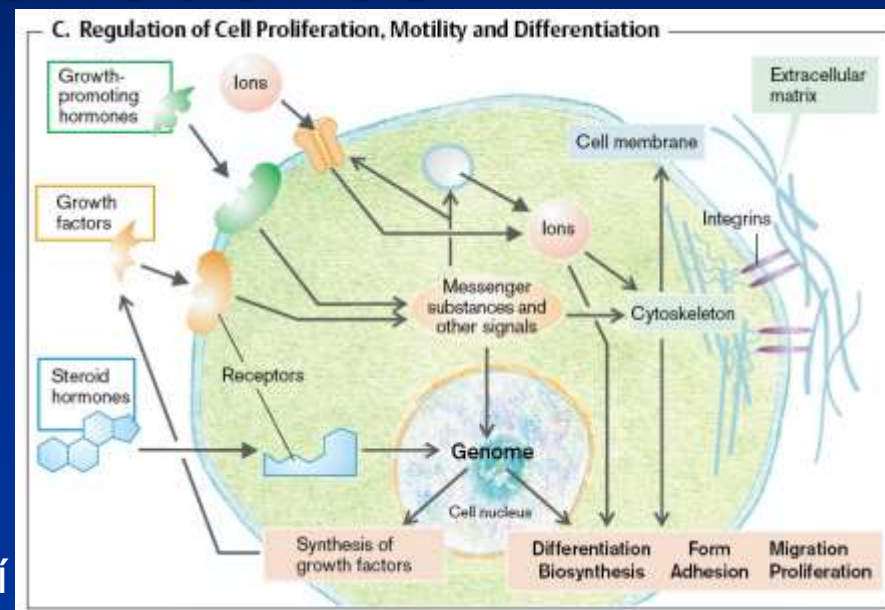


# Přenos informací

## Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce

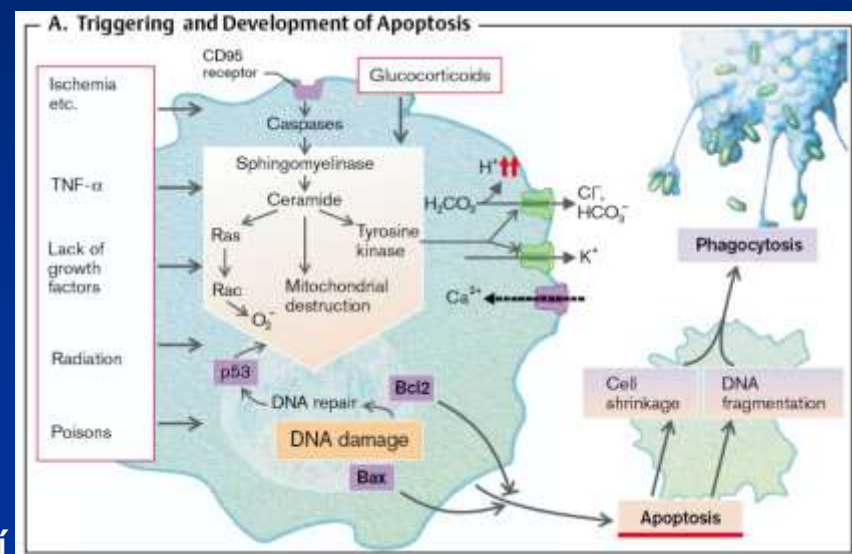


# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



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

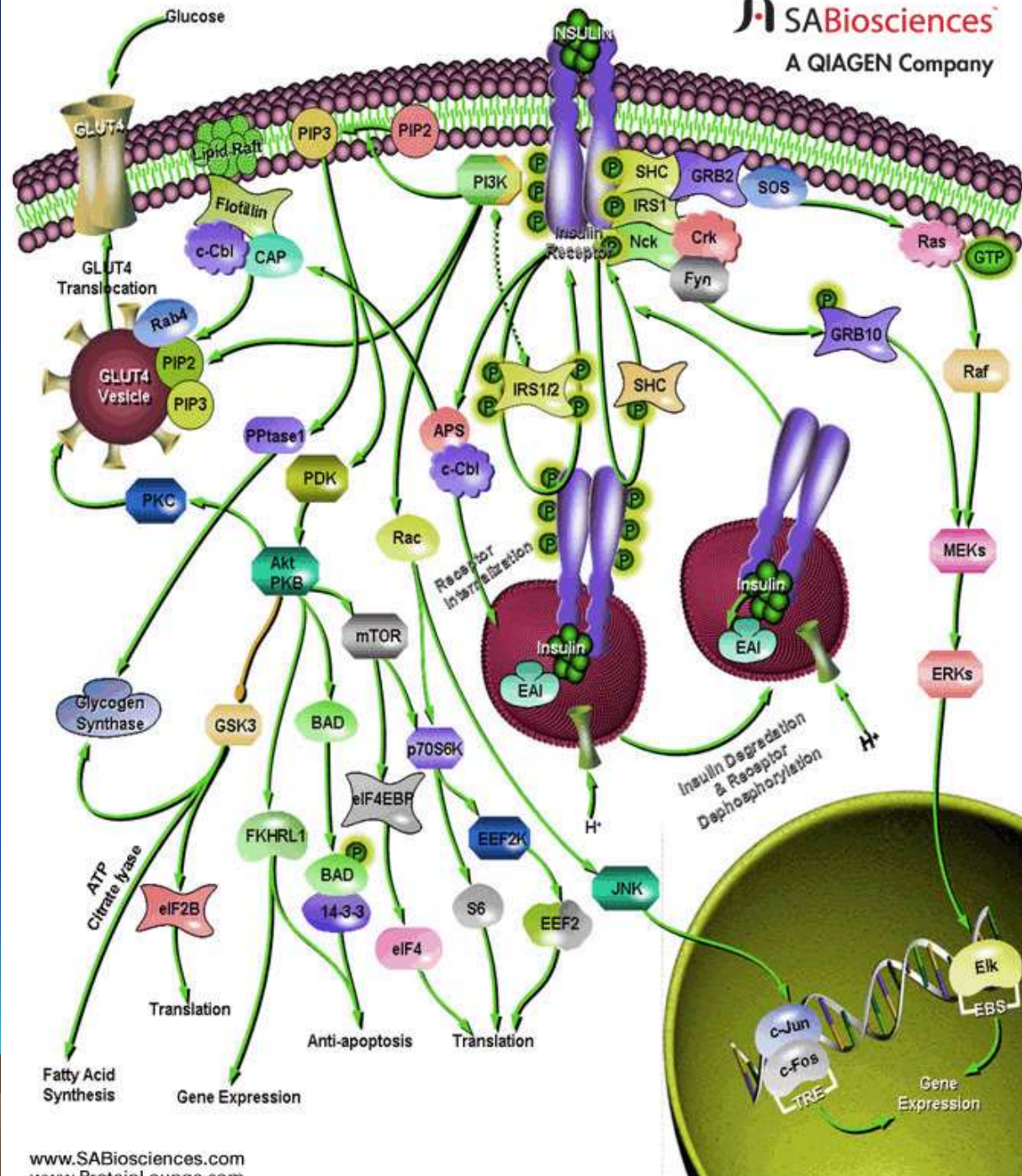
# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



Ovariální teratom

Obecná chemorecepční schopnost buněk  
Komunikace ve společenství buněk, rozeznání  
poškozené nebo cizí buňky  
Signály: diferencuj, proliferuj, syntetizuj, zemři...  
Porozumění = klíč k podstatě  
Regenerativní medicína a onkologie  
Na jednu stranu chceme aby už nerostly (novotvary) na druhou aby zase rostly (náhrady)





Úkol biomedicíny: rozplétání  
signálních drah  
Inzulínová dráha jako příklad

# Chemická struktura

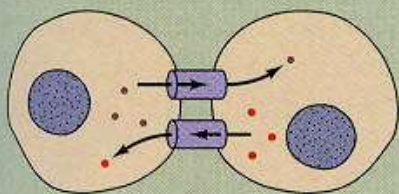
- Eikosanoidy – (prostaglandiny)
- Plyny – (NO, CO)
- Puriny – ATP, cAMP
- Aminy – od tyrozinu (adrenalin, par. histamin)
- Peptidy a proteiny – mnoho hormonů neurohormonů
- Steroidy – hormony a feromony
- Retinoidy – od vit A

Způsob předání signálu – jeden klíč a různé dveře

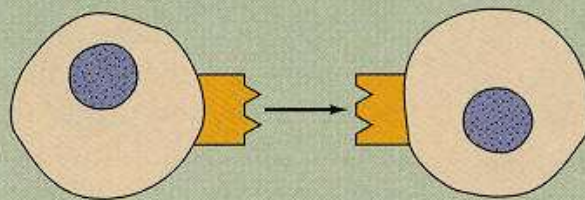


# Způsob předání signálu – mezi buňkami

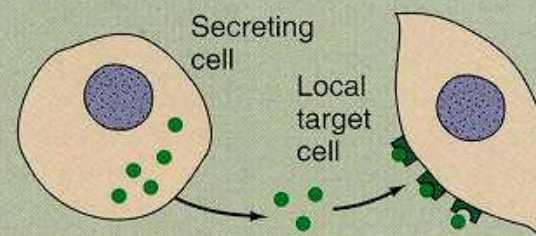
Gap junctions



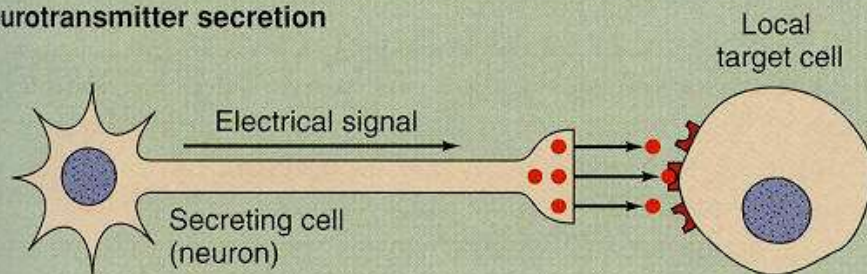
Transient direct linkup of cells



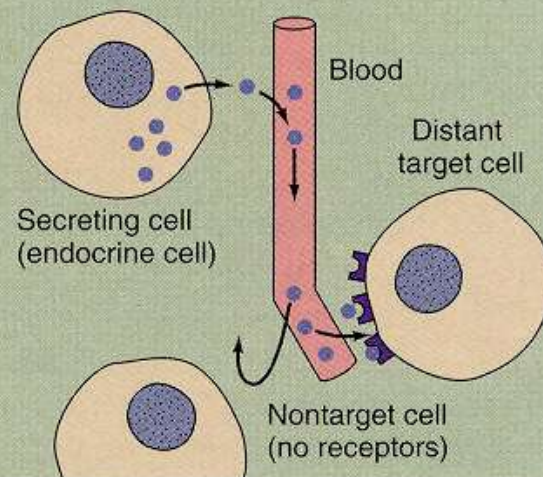
Paracrine secretion



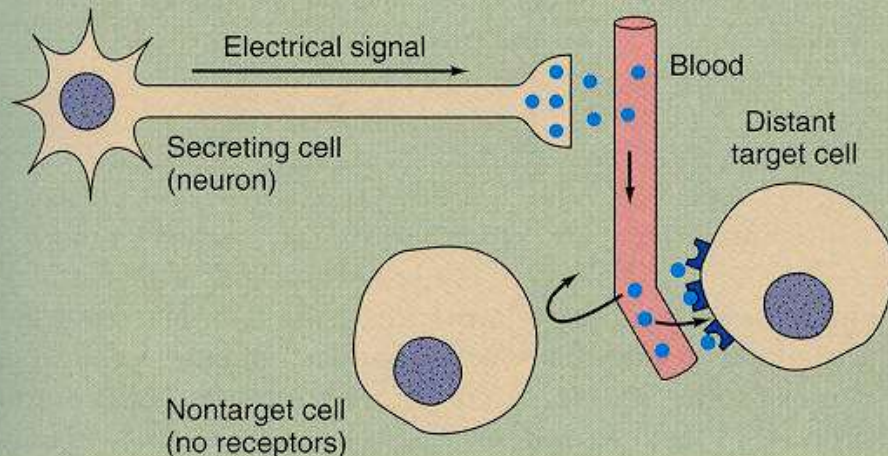
Neurotransmitter secretion



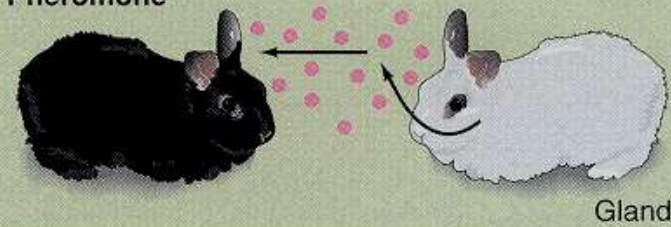
Hormonal secretion



Neurohormone secretion

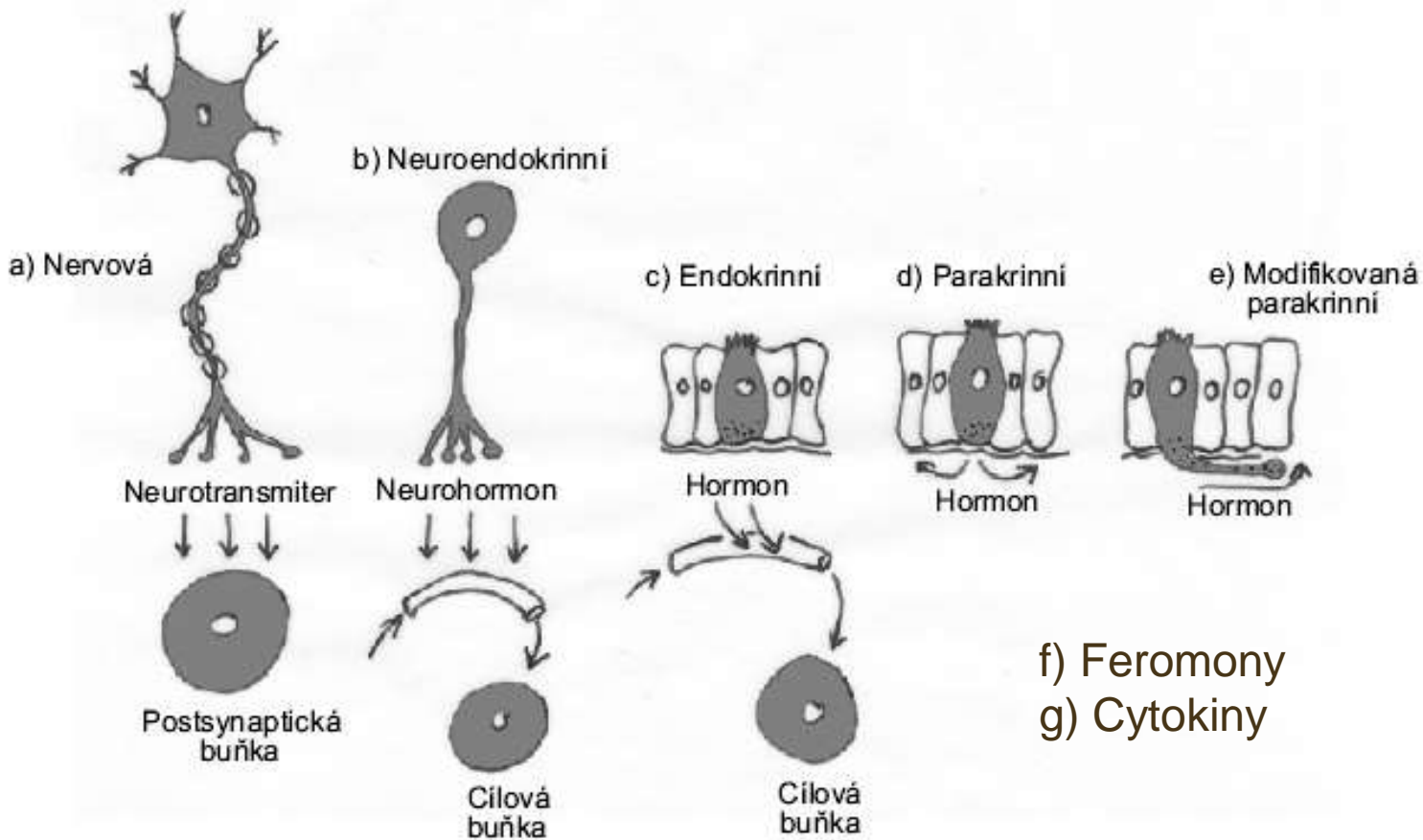


Pheromone



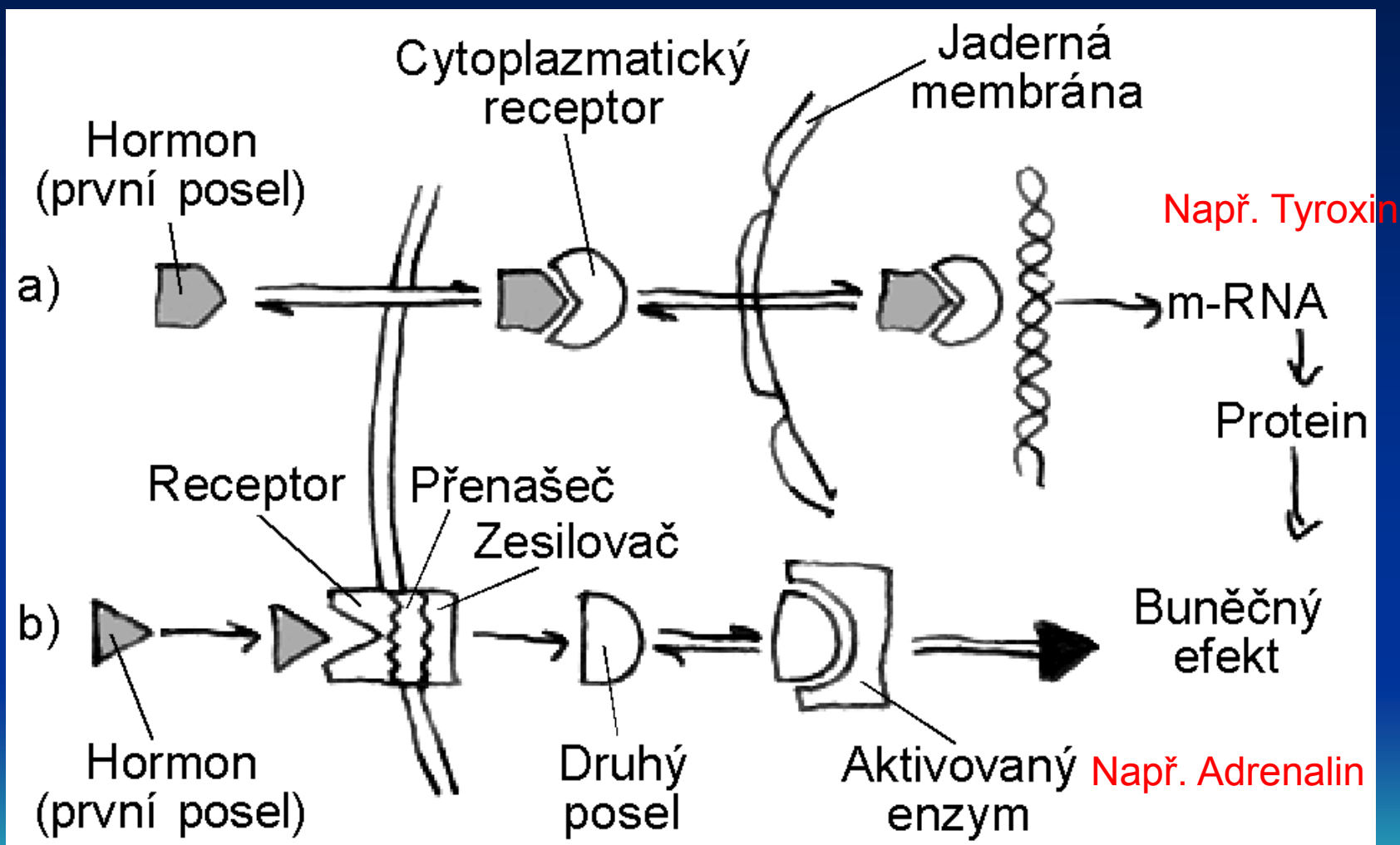
• Small molecules and ions    ● Paracrine    ● Neurotransmitter    ● Hormone    ● Neurohormone    ● Pheromone

# Způsob předání signálu – mezi buňkami

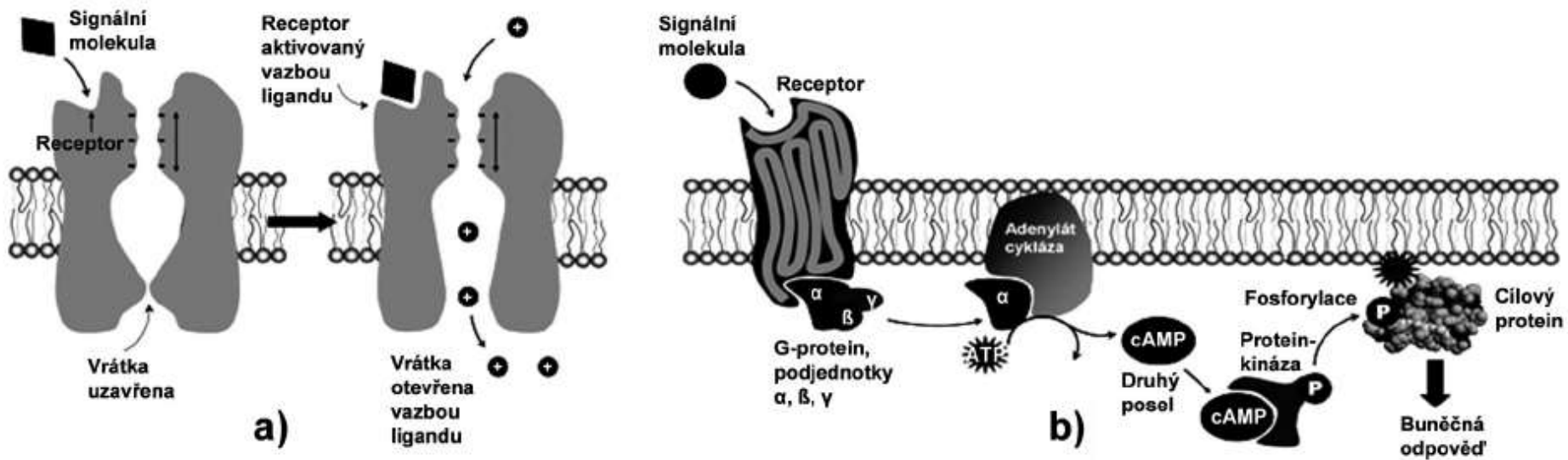




# Způsob předání signálu – přes membránu

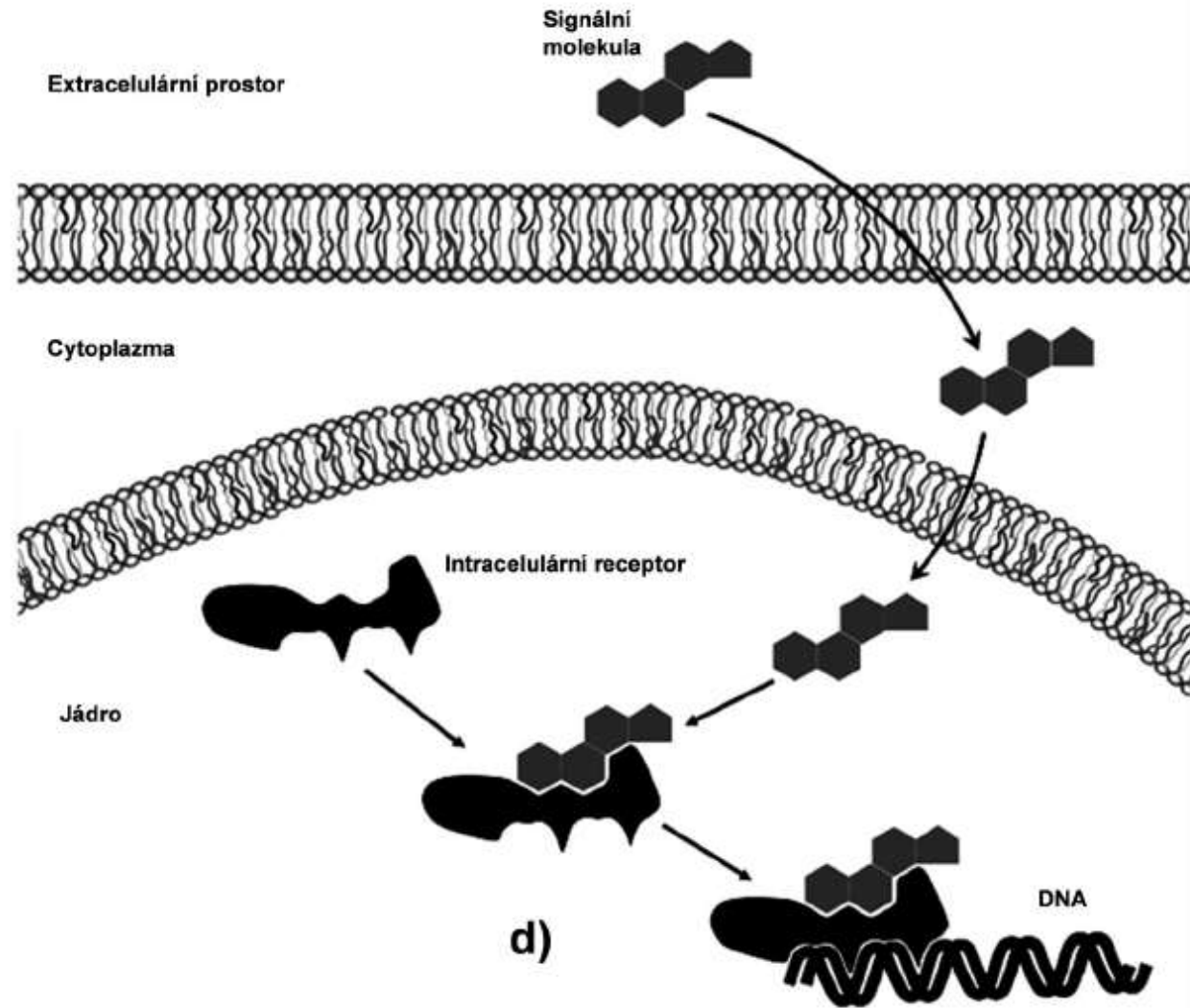
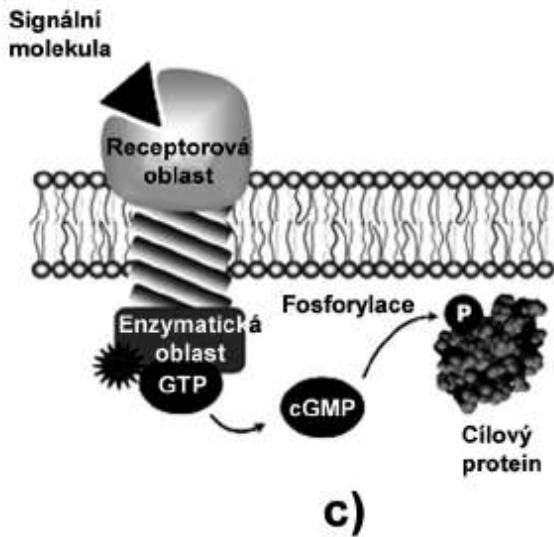


# Způsob předání signálu – přes membránu



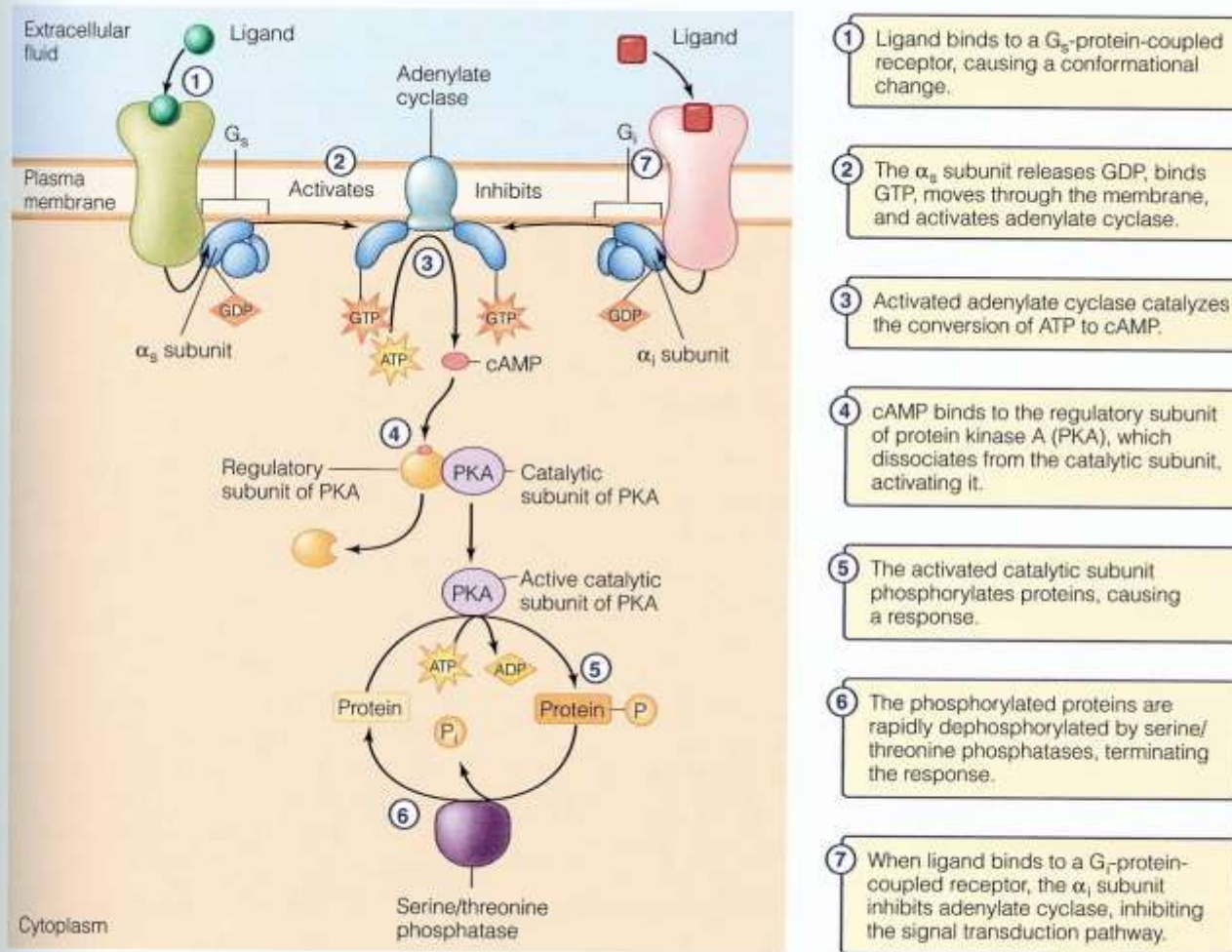
Polární hormon - účinek

# Způsob předání signálu – přes membránu



Nepolární hormon - účinek

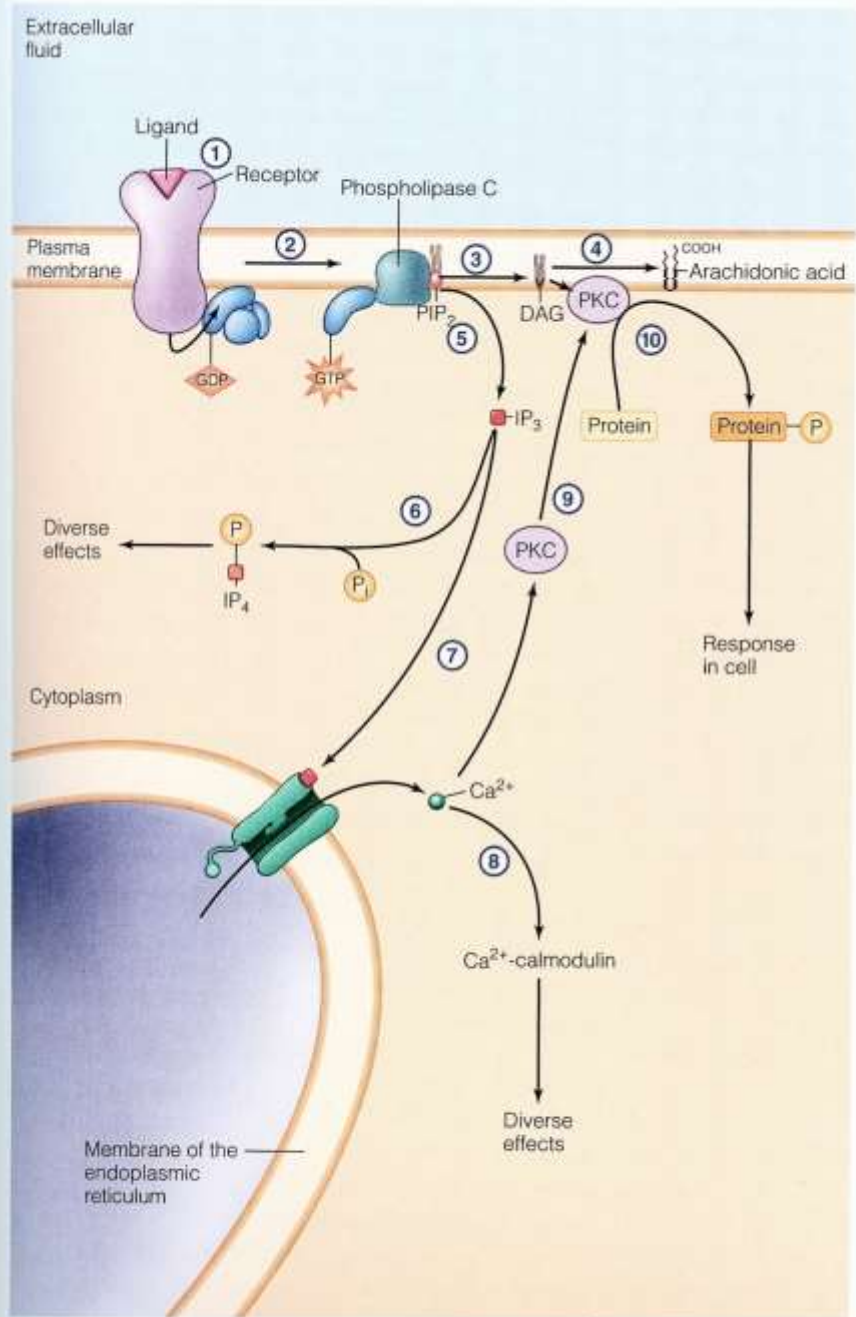
# Jeden ligand způsobí odpověď, druhý ji potlačuje. Signál je po předání informace vypnut - terminace



- 1 Ligand binds to a G<sub>s</sub>-protein-coupled receptor, causing a conformational change.
- 2 The α<sub>s</sub> subunit releases GDP, binds GTP, moves through the membrane, and activates adenylyl cyclase.
- 3 Activated adenylyl cyclase catalyzes the conversion of ATP to cAMP.
- 4 cAMP binds to the regulatory subunit of protein kinase A (PKA), which dissociates from the catalytic subunit, activating it.
- 5 The activated catalytic subunit phosphorylates proteins, causing a response.
- 6 The phosphorylated proteins are rapidly dephosphorylated by serine/threonine phosphatases, terminating the response.
- 7 When ligand binds to a G<sub>i</sub>-protein-coupled receptor, the α<sub>i</sub> subunit inhibits adenylyl cyclase, inhibiting the signal transduction pathway.

**Figure 3.27 G-protein signal transduction via adenylyl cyclase** G-protein-coupled signal transduction through adenylyl cyclase can be either stimulatory or inhibitory.

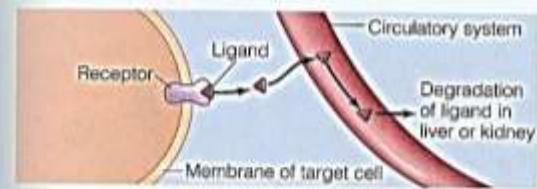




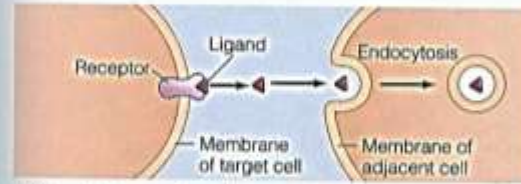
- 1 Ligand binds to a G-protein-coupled receptor, causing a conformational change.
- 2 The  $\alpha$  subunit of the G protein releases GDP and binds GTP and moves through the membrane.
- 3 The activated  $\alpha$  subunit activates phospholipase C, which cleaves  $PIP_2$  into  $IP_3$  and DAG.
- 4 DAG is cleaved in the membrane to form arachidonic acid, the substrate for the synthesis of chemical messengers called eicosanoids.
- 5  $IP_3$  is released into the cytoplasm.
- 6  $IP_3$  can be phosphorylated to  $IP_4$ , which has diverse effects.
- 7  $IP_3$  also binds to  $Ca^{2+}$  channels on the endoplasmic reticulum, releasing  $Ca^{2+}$  into the cytoplasm.
- 8 The  $Ca^{2+}$  binds to calmodulin, causing diverse effects within the cell.
- 9 The  $Ca^{2+}$  also stimulates protein kinase C (PKC) to move to the membrane where it interacts with DAG.
- 10 DAG activates the PKC, which then phosphorylates proteins, stimulating a phosphorylation cascade.

Figure 3.26 The inositol-phospholipid signaling pathway

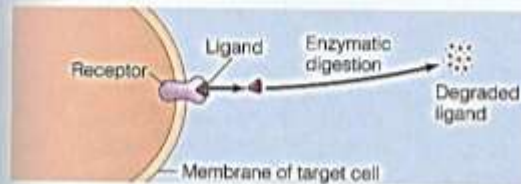
# Terminace přenosu – stejně důležitá jako iniciace



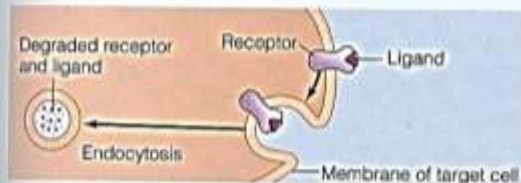
(a) Ligand removed by distant tissues



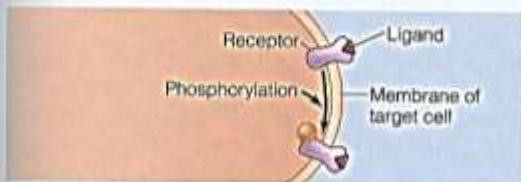
(b) Ligand taken up by adjacent cells



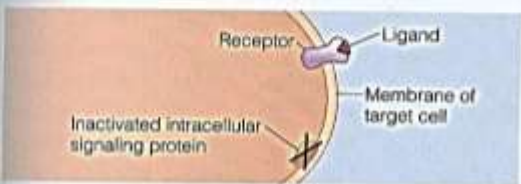
(c) Ligand degraded by extracellular enzymes



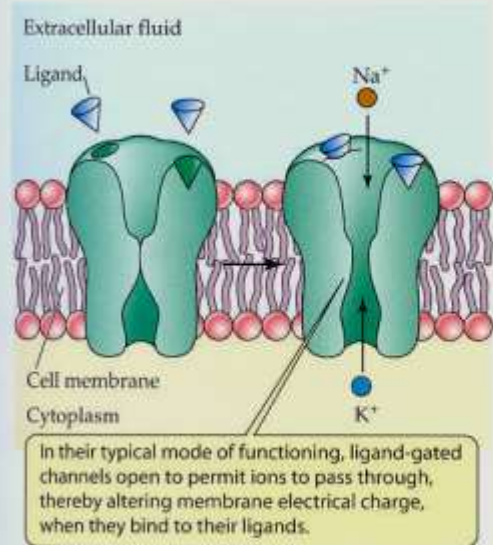
(d) Ligand-receptor complex removed by endocytosis



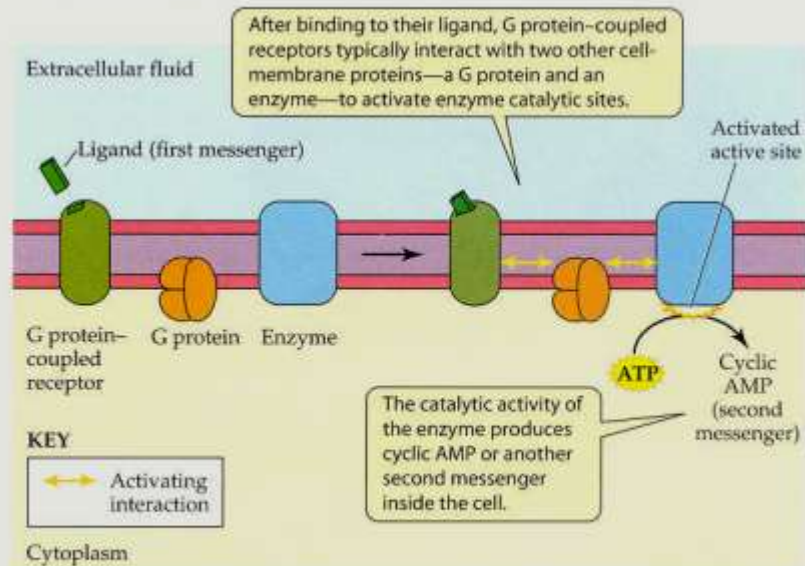
(e) Receptor inactivation



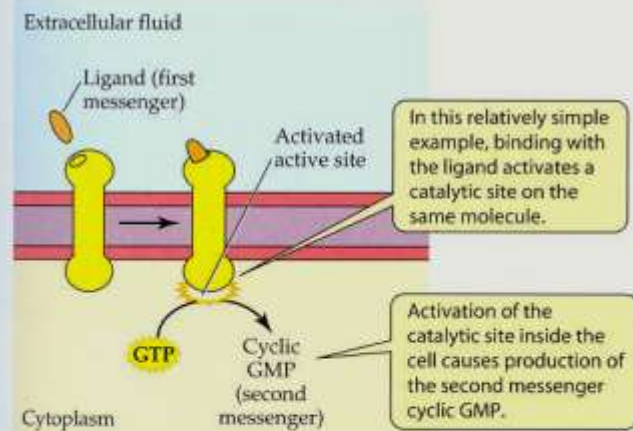
(a) Ligand-gated channel



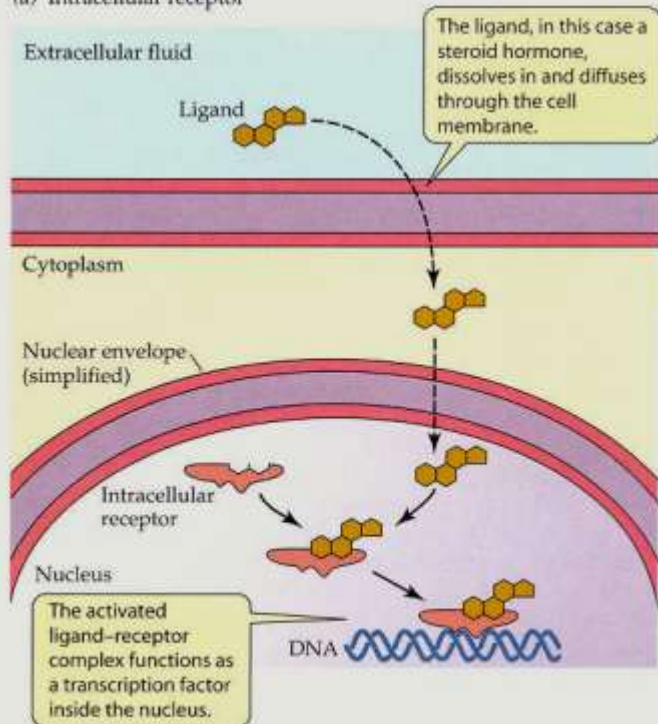
(b) G protein-coupled receptor and associated G protein system



(c) Enzyme/enzyme-linked receptor



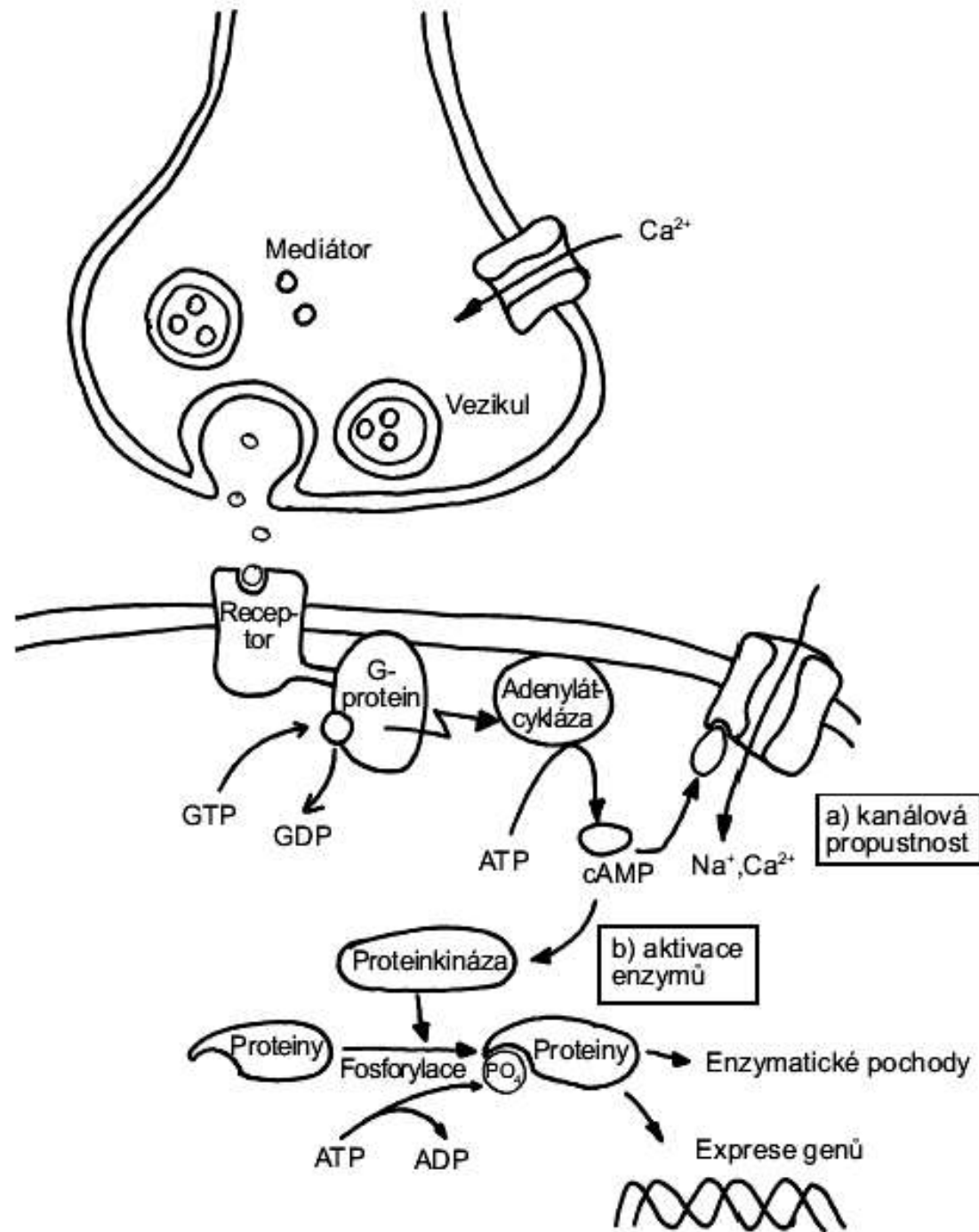
(d) Intracellular receptor



**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 particularly



# Univerzální mechanismy signalizace

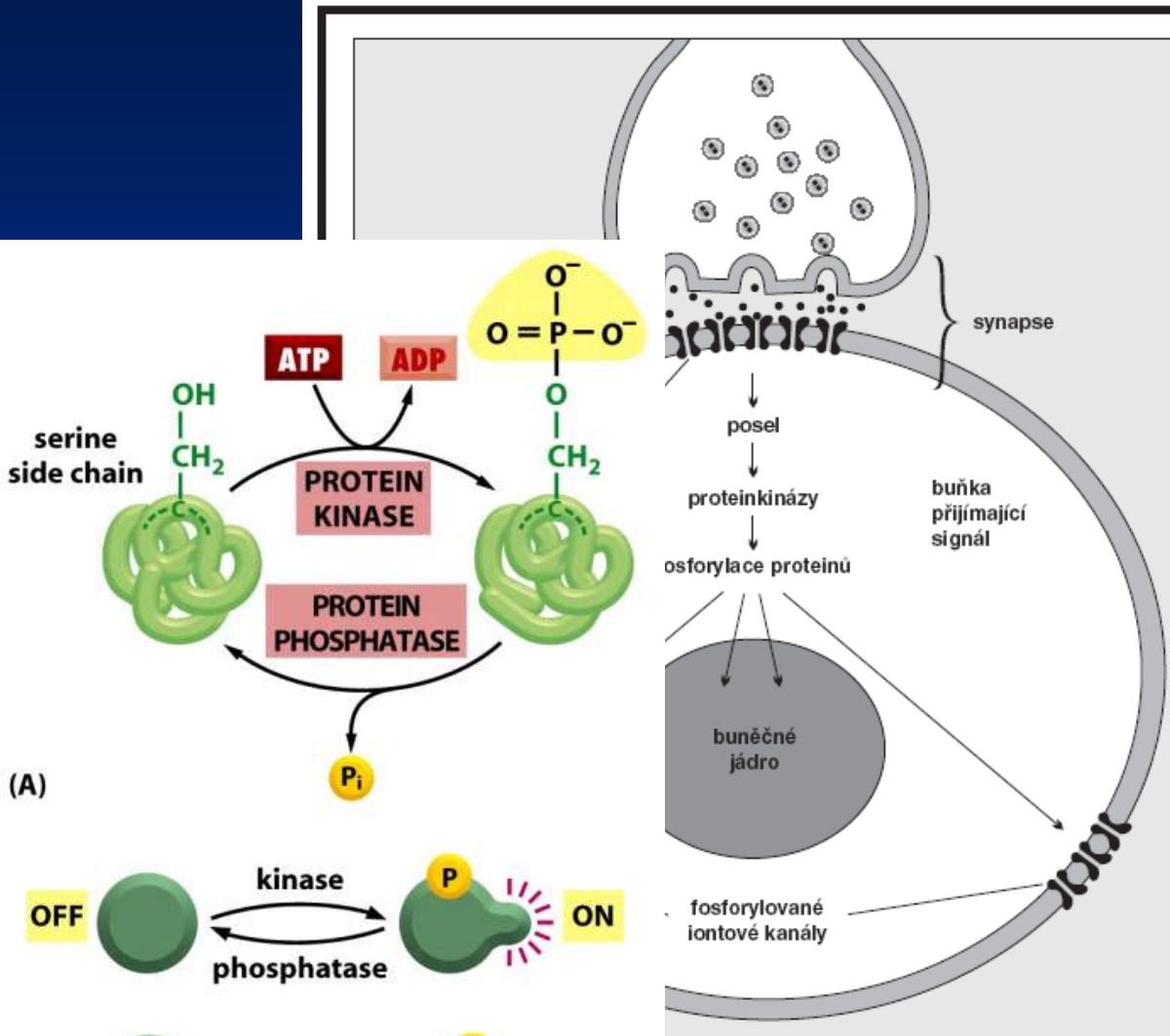




# Proteinkinázy – zprostředkují „nabití“, fosforilaci

Pomalý synaptický přenos a fosforylace bílkovin

nálů. Na četnosti a výkonnosti jednotlivých typů ion-



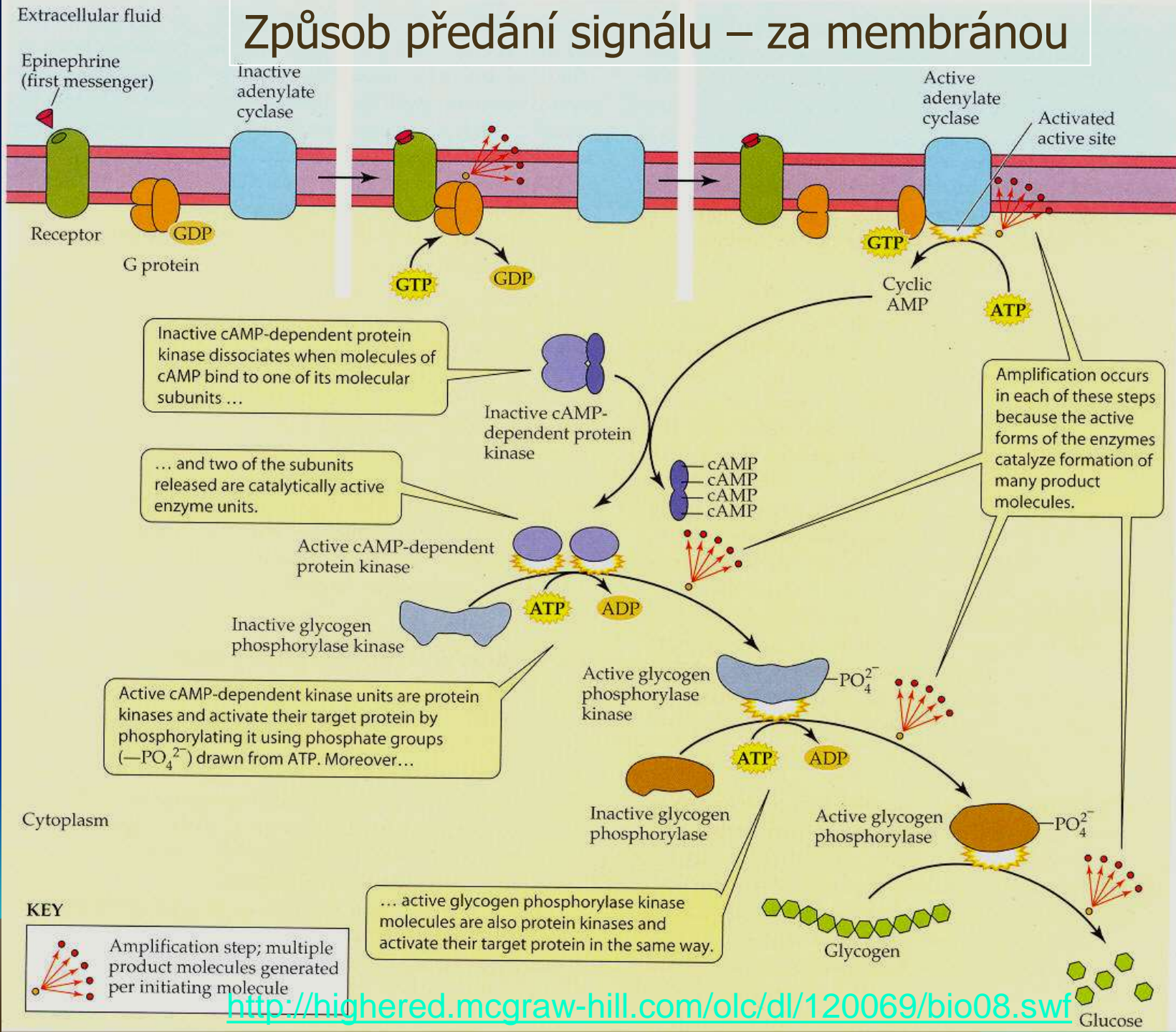
## PRINCIP PROTEINOVÉ FOSFORYLACE

Fosfátová skupina, předaná např. adenosintrifosfátem nebo guanodintrifosfátem, je navázána na protein prostřednictvím enzymů proteinkináz, jejichž známe řadu. Proteinové šroubovice či „skládané lístky“ jsou tvořeny aminokyselinami, z nichž tři (serin, tyrozin, 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 změni 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 poblíže). 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 měni funkce buňky. Mimo jiné mají vliv na činnost iontových kanálů v buněčné membráně (rychlý přenos).

# Způsob předání signálu – za membránou

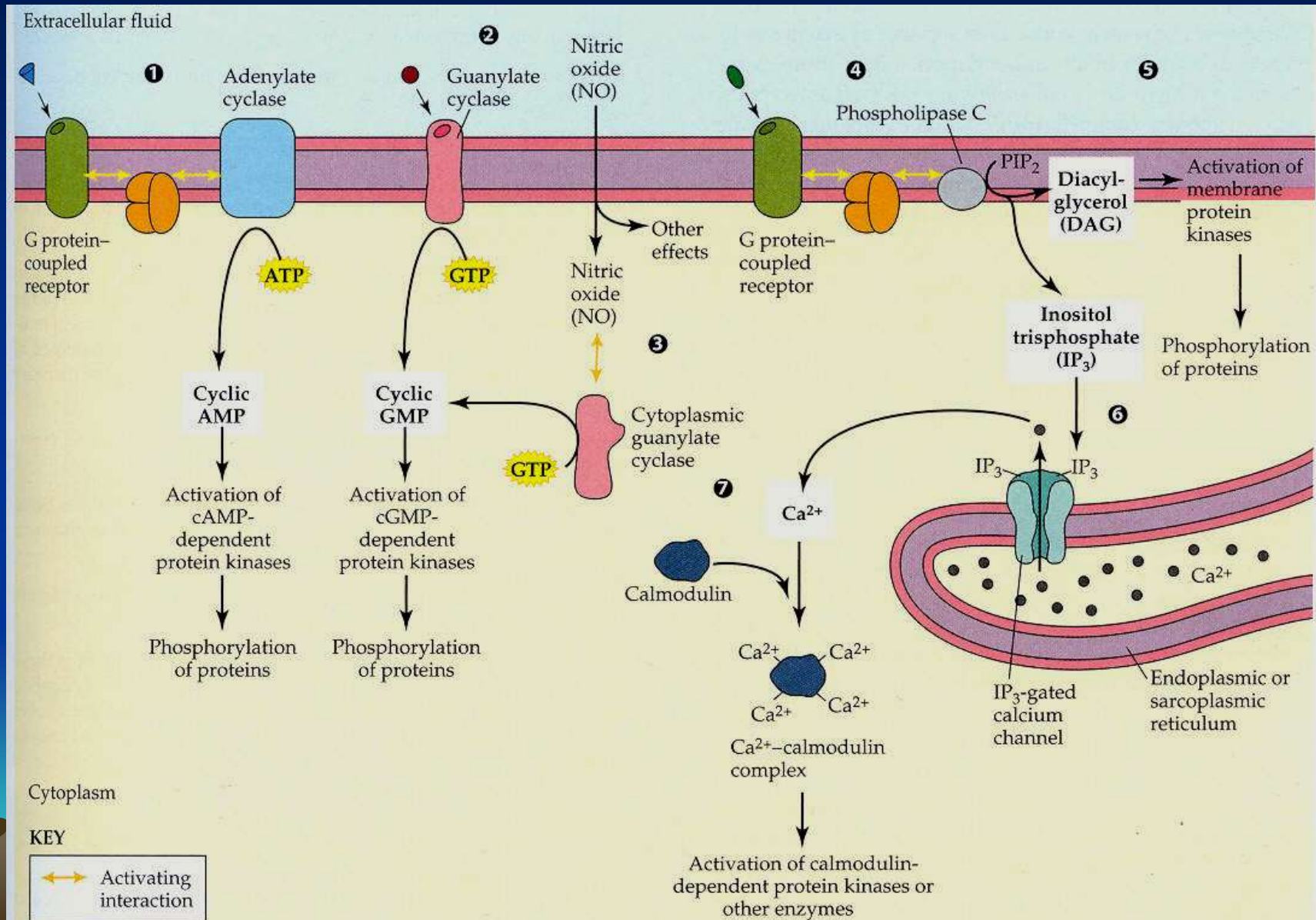


Proč tolik úrovní?  
 •Zesílení  
 •Propojení



# Druží poslové

# Animace



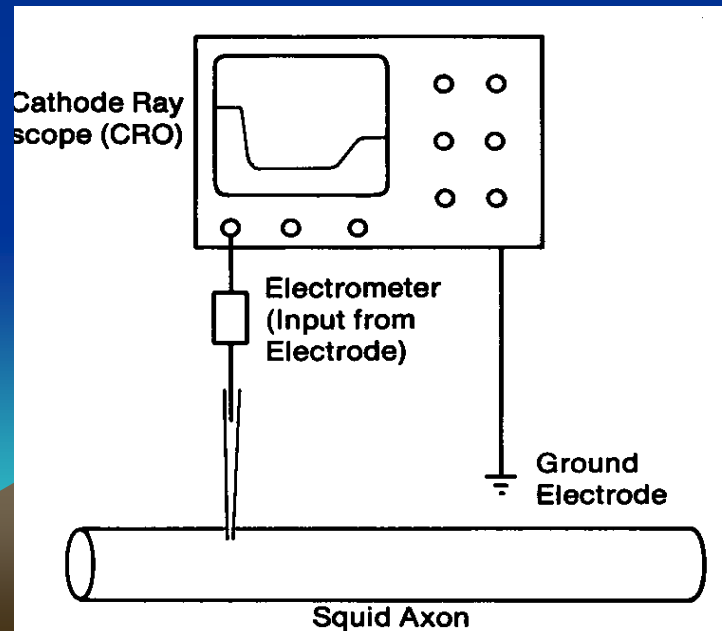
# Obecná neurofyzologie - signály přenášené vzrušivými membránami





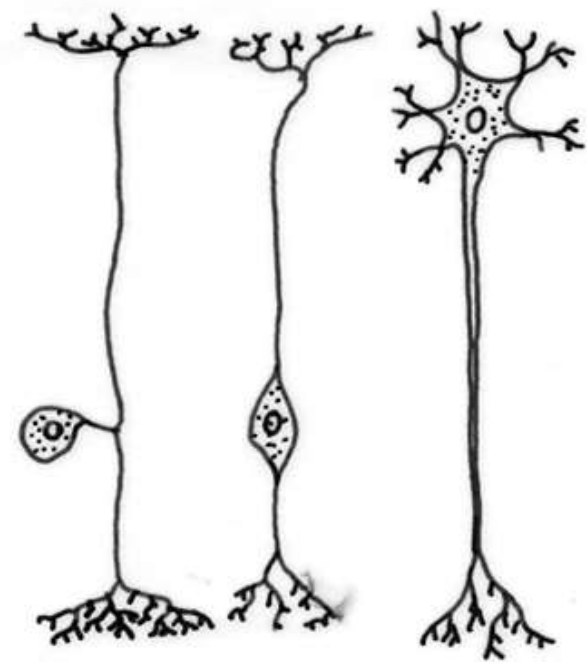
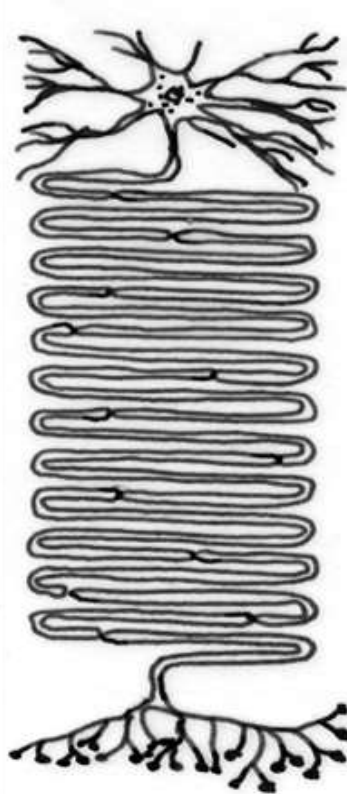
# Nabitá membrána - Klidový potenciál

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			



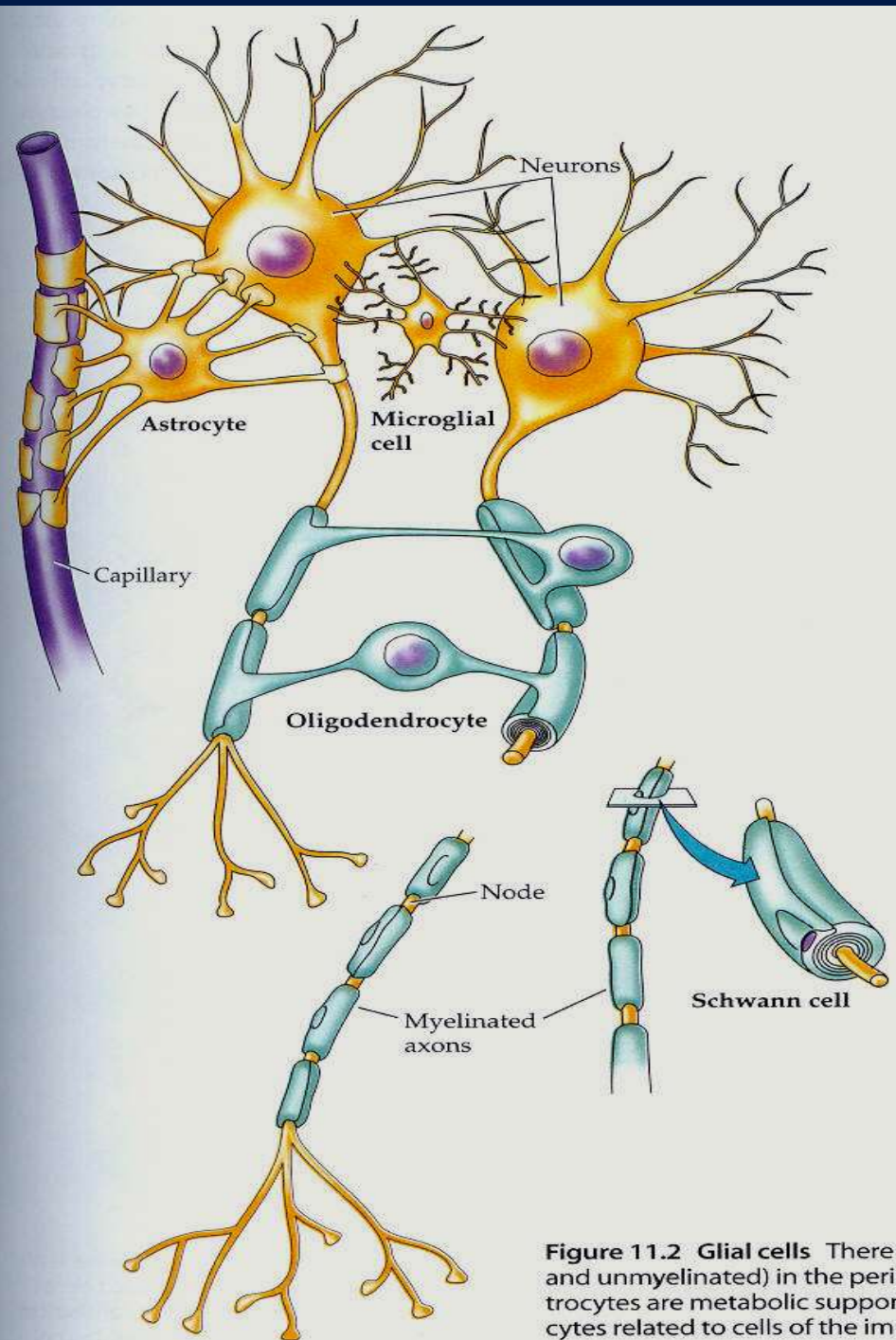


Řeč elektrických změn je typická, ale citlivost na chemické signály zůstává a je bohatě využita.



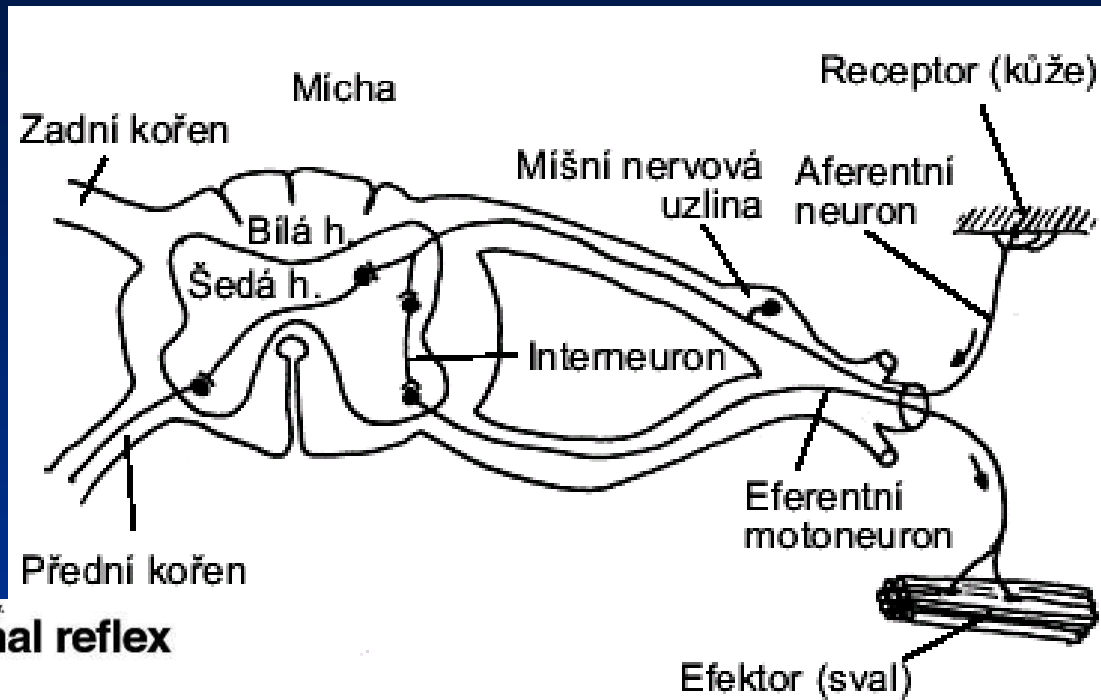
Základní stavební a funkční plán  
nervového řízení.

Spolupráce s gliovými buňkami.



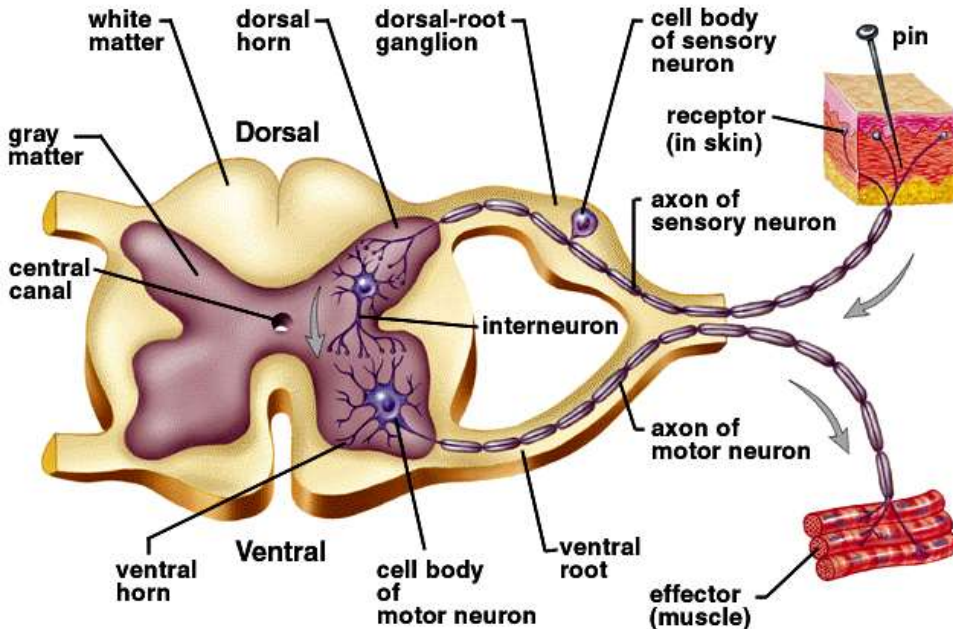
**Figure 11.2 Glial cells** There are myelinated and unmyelinated) in the periphery. Astrocytes are metabolic support cells related to cells of the immune system.

Základní stavební  
a  
funkční plán nervové soustavy.

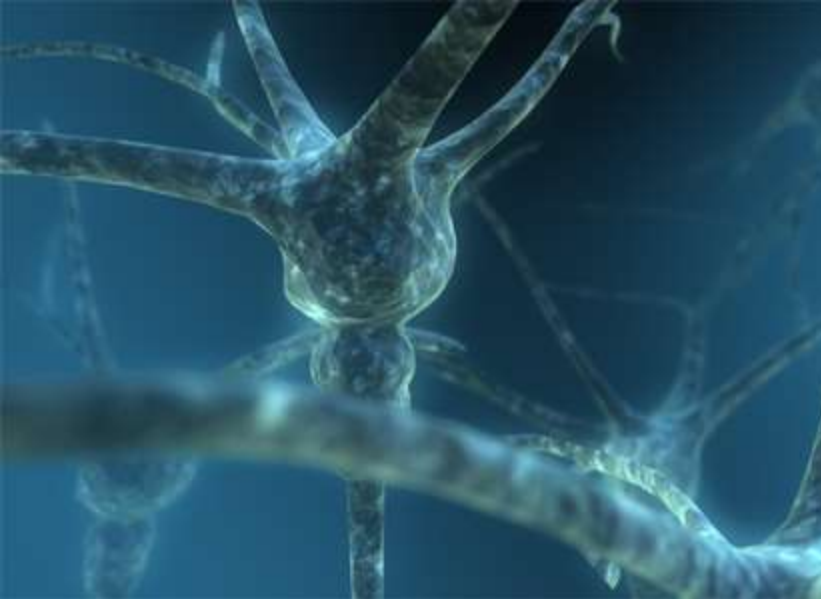


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

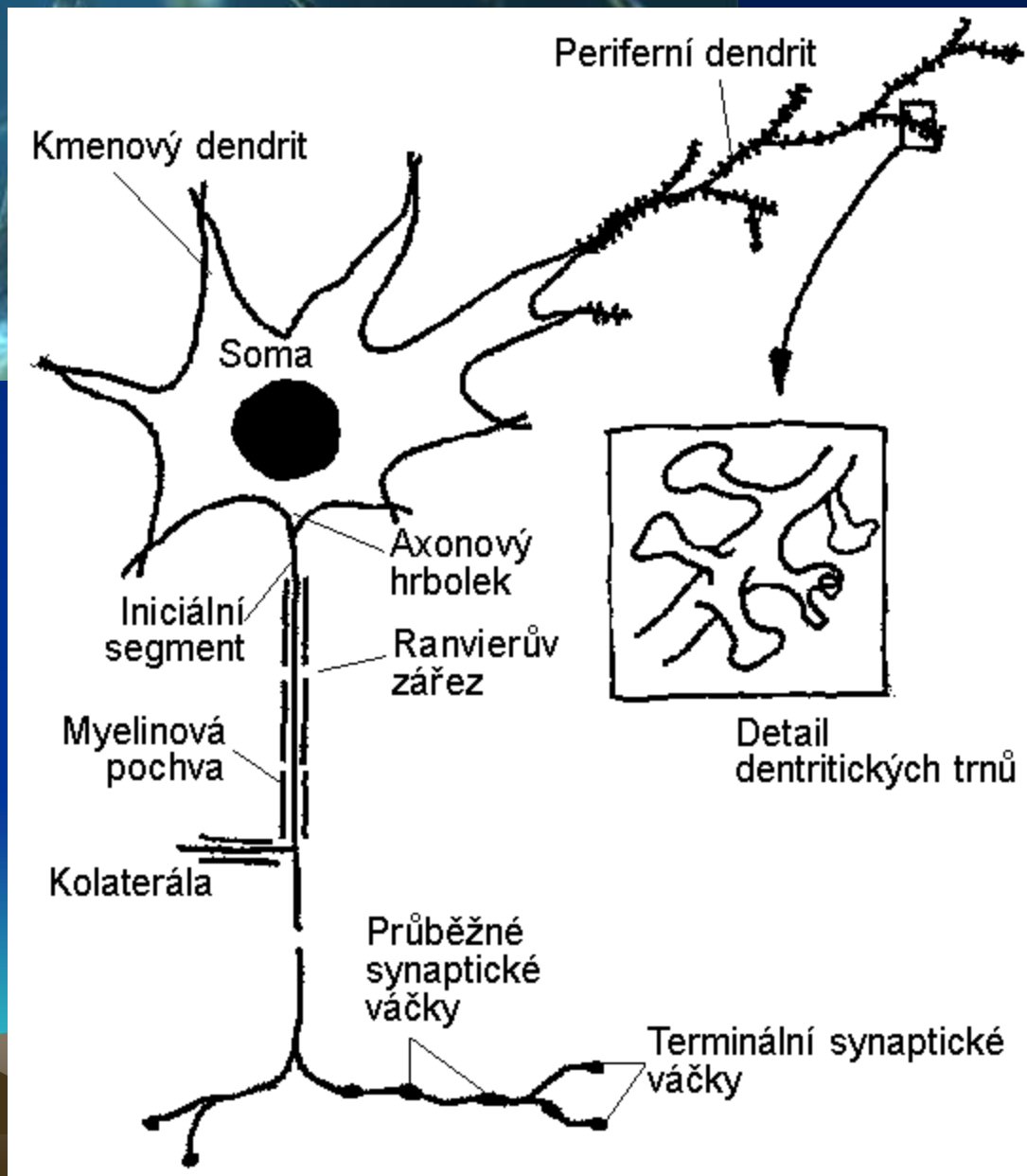
**A reflex arc showing the path of a spinal reflex**





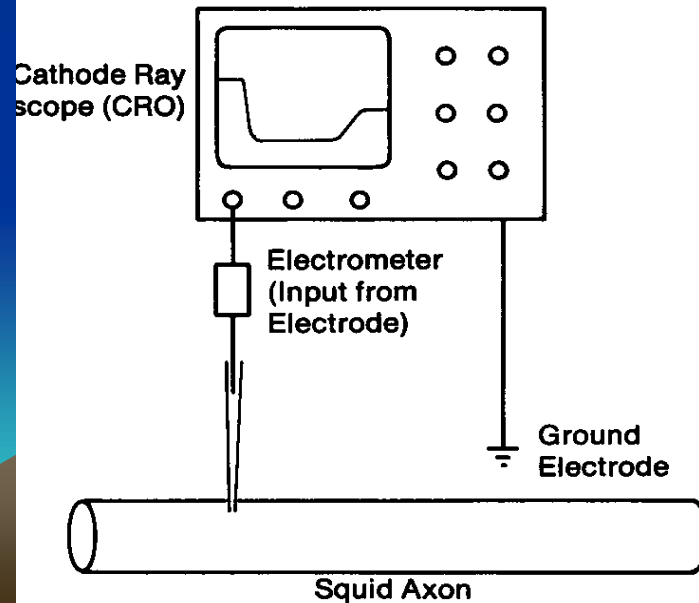


## Neuron a jeho součásti

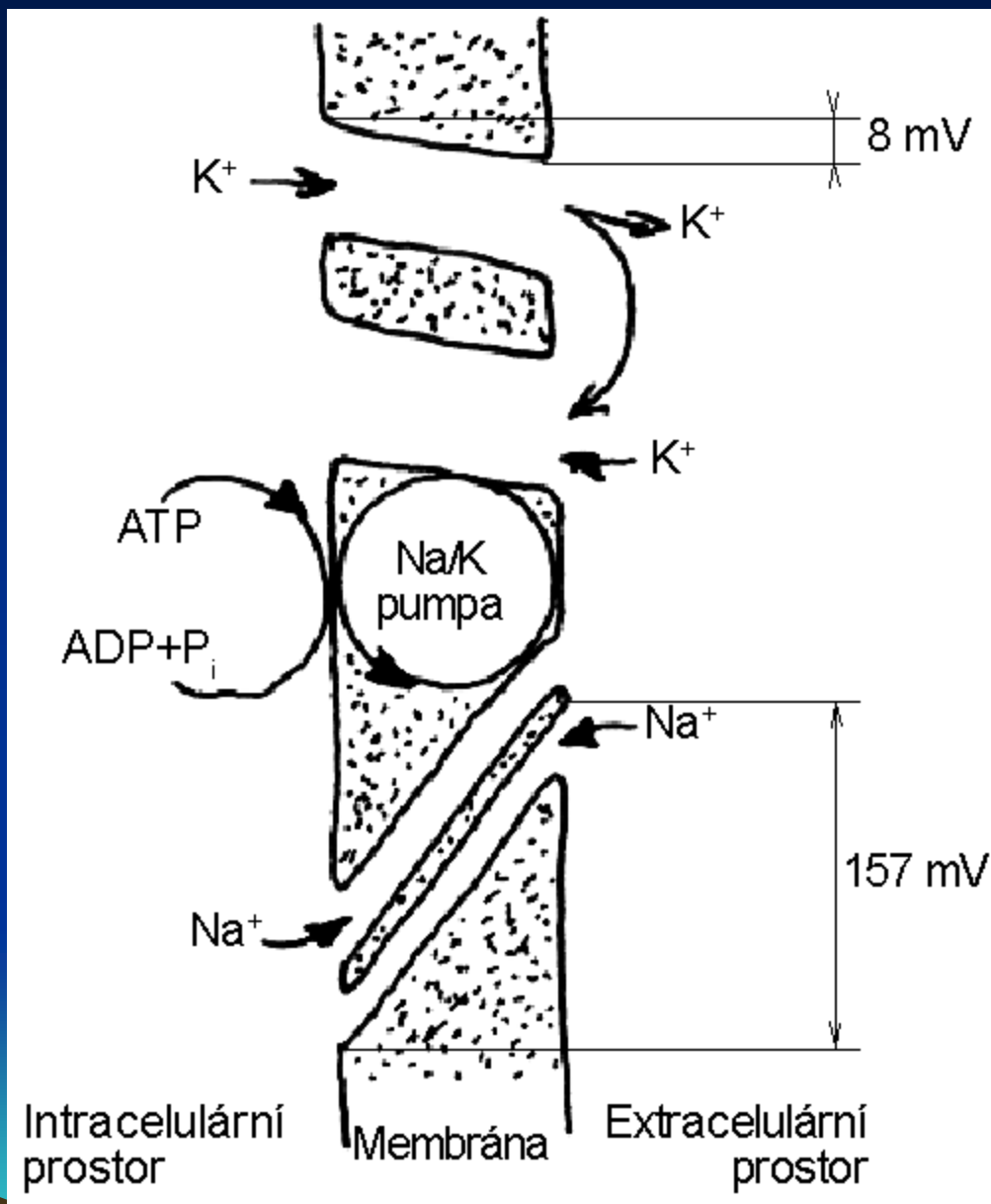


## Koncentrace hlavních iontů na membráně v klidu.

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



Na – daleko od rovnováhy

K – v rovnováze

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



KONCENTRACE

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



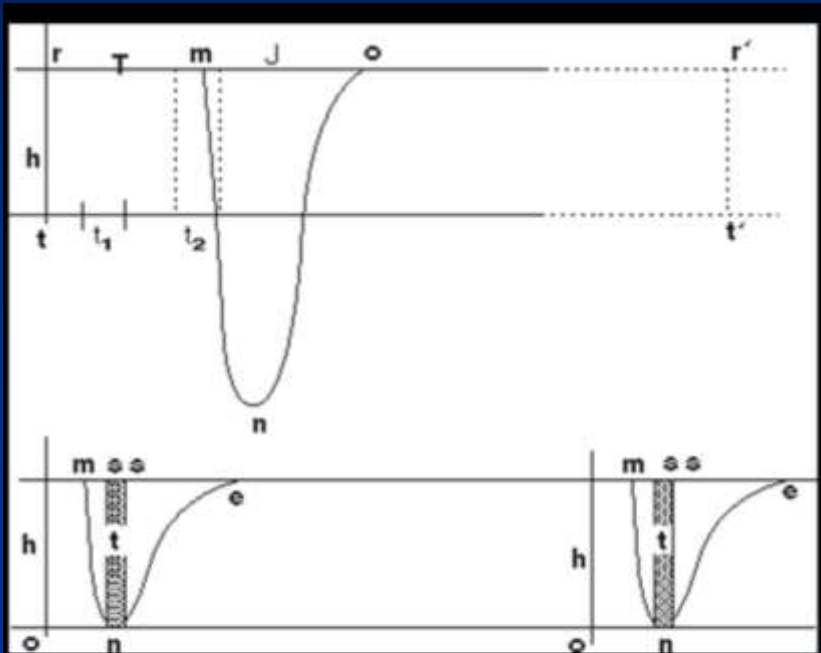
NÁBOJ

**INTRA (-)**

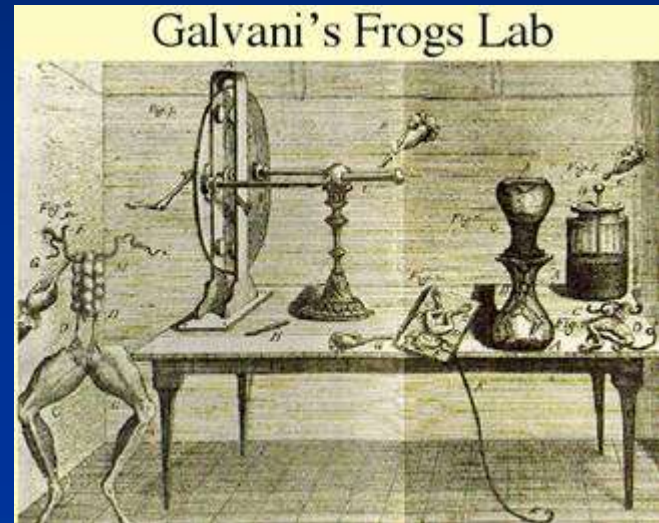
**EXTRA (+)**



# 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).



# Akční potenciál

Buď nevznikne vůbec,  
nebo vzniká stále stejně velký.

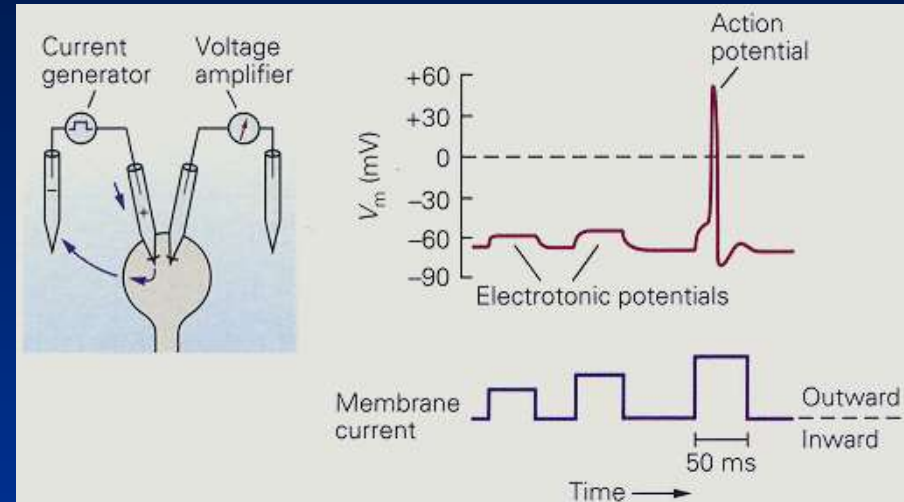
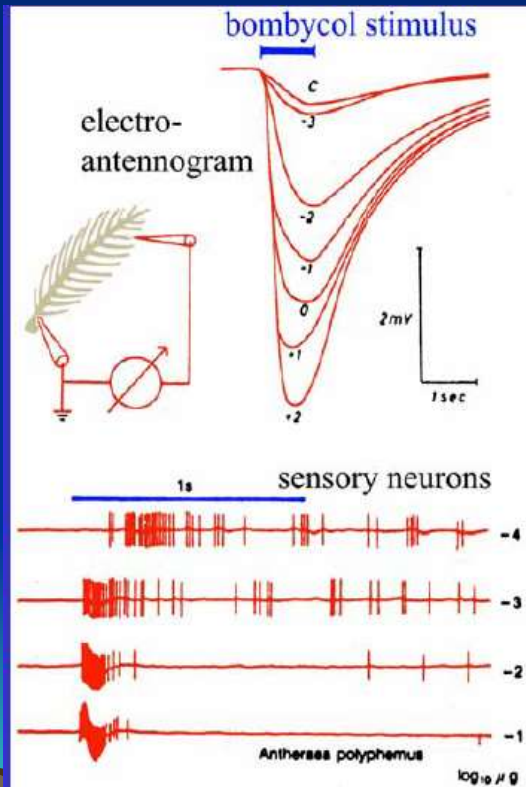


Figure 7-2C Depolarization.

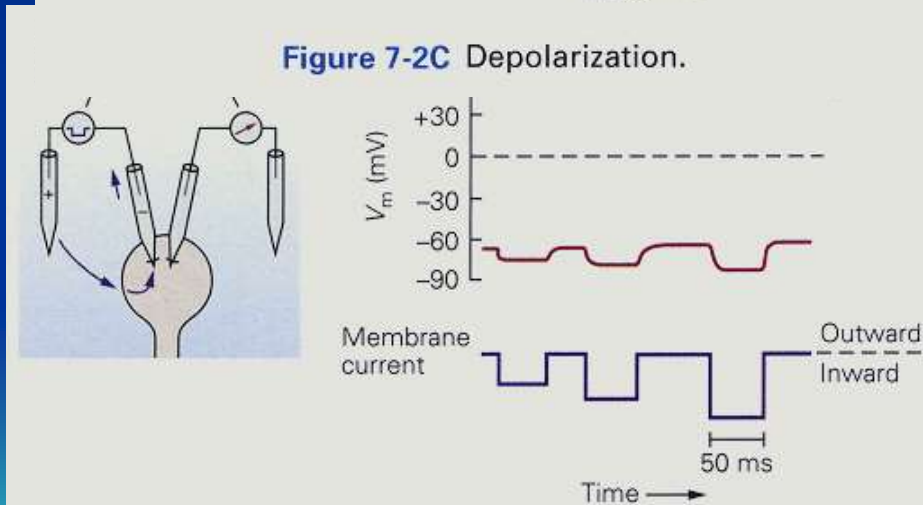
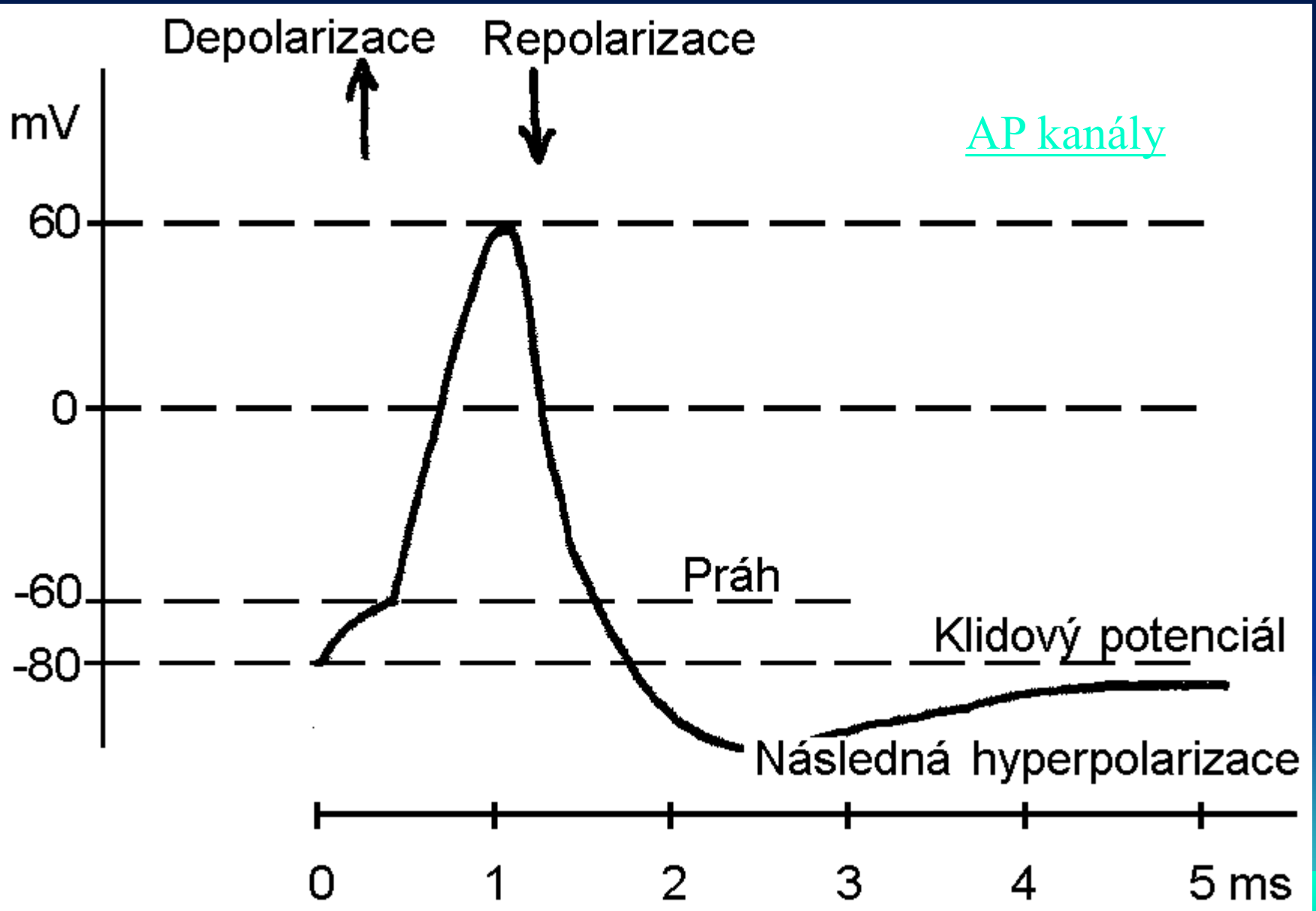


Figure 7-2D Hyperpolarization.

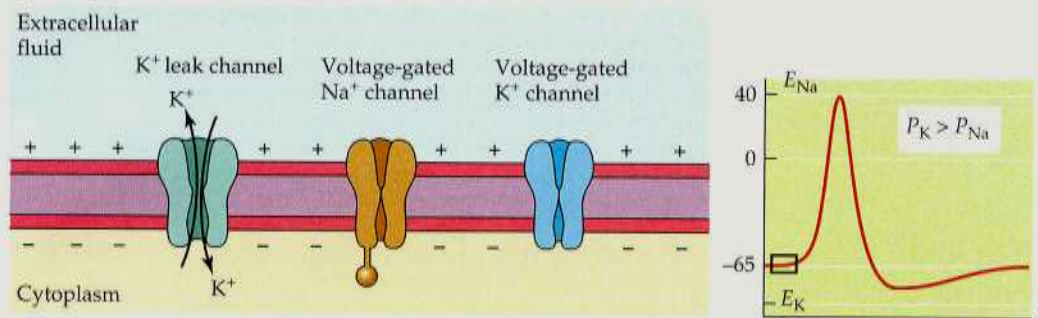
Informace, kterou přenáší, je zapsána do frekvence.

# Časový záznam AP

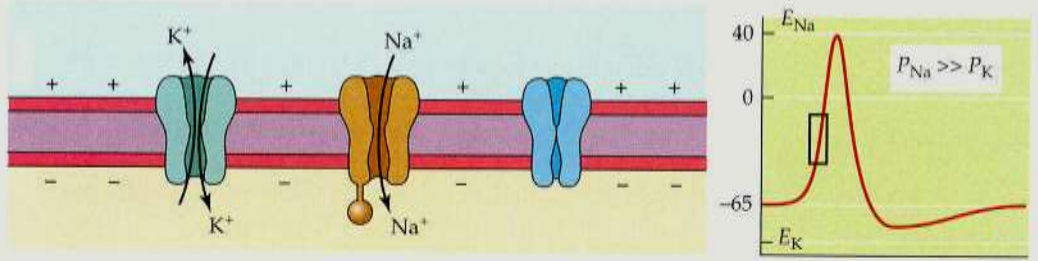


# Mechanismus vzniku: Spolupráce kanálů při vzniku AP

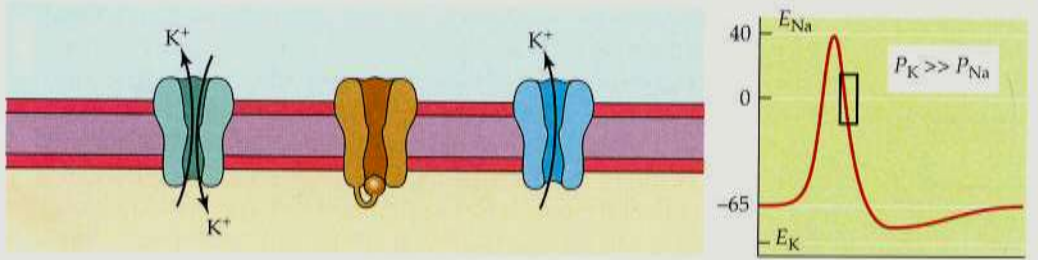
(a) Resting membrane potential



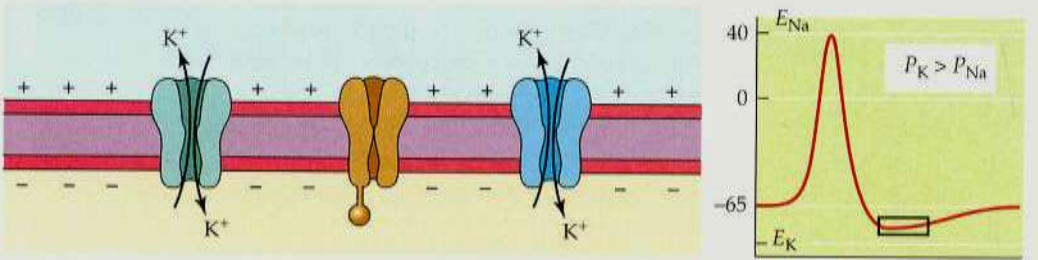
(b) Rising phase



(c) Falling phase

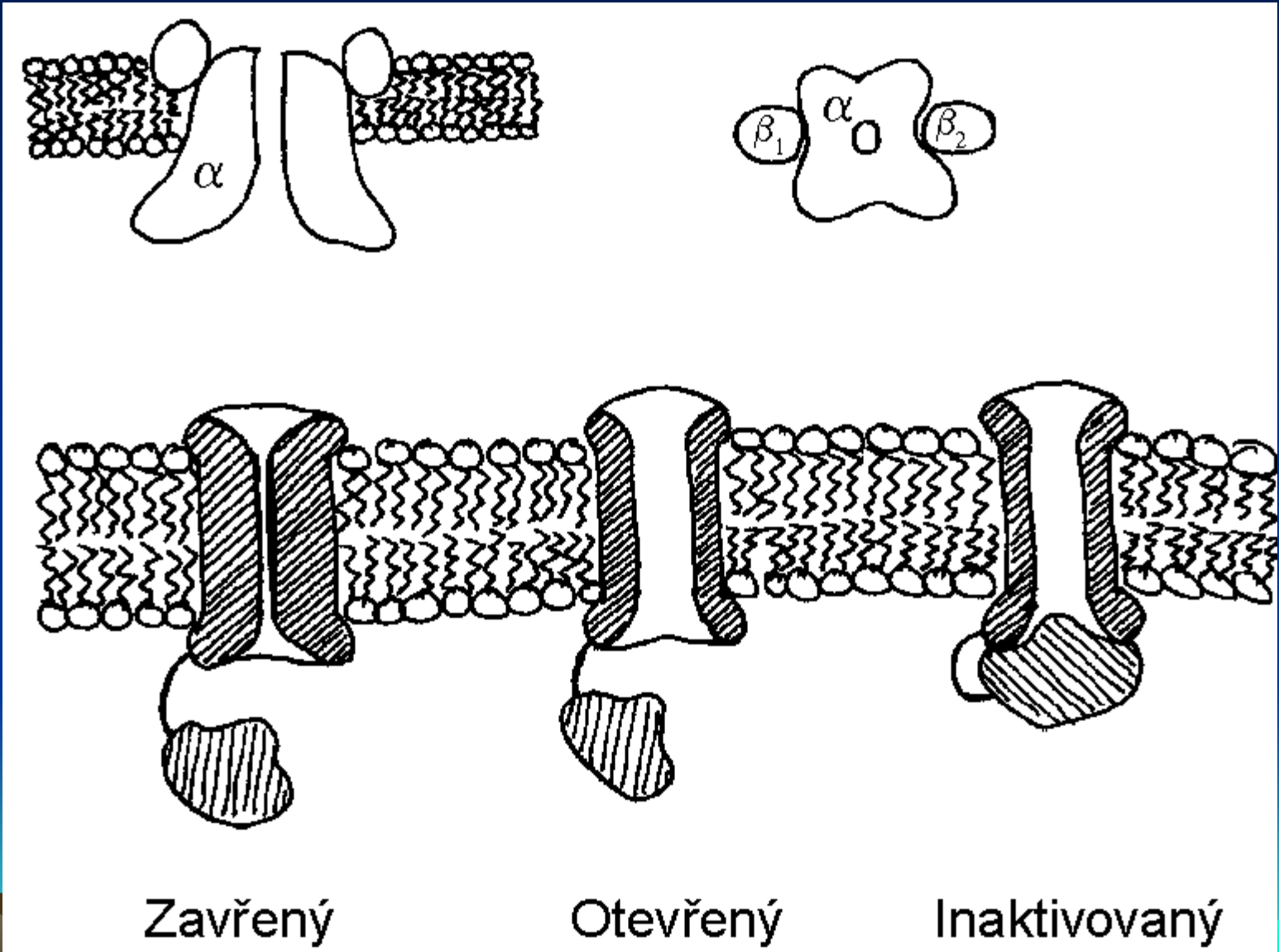


(d) Recovery

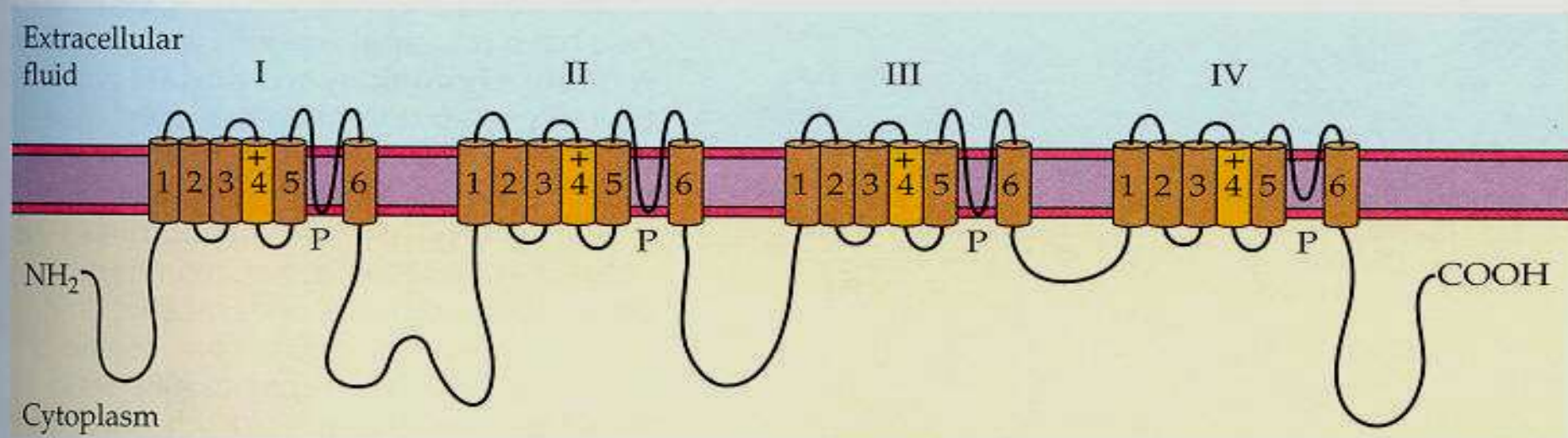




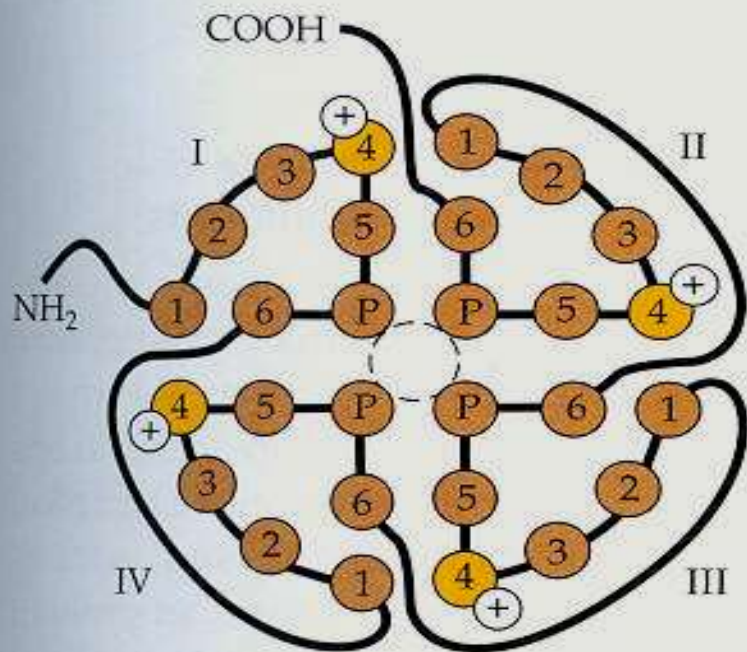
# Napětově řízený Na kanál – podmínka pro depolarizaci při vzniku AP 3 stavy



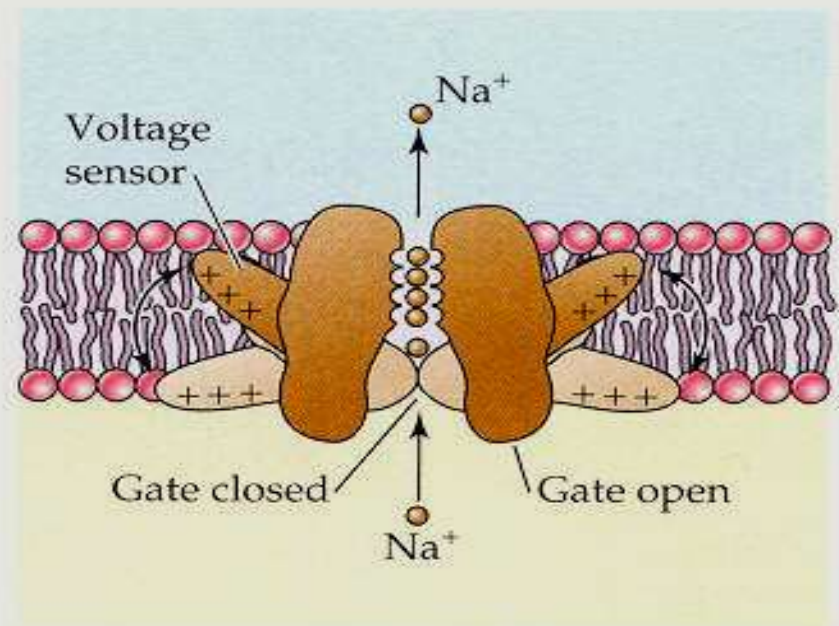
(a) Topology of voltage-gated  $\text{Na}^+$  channels



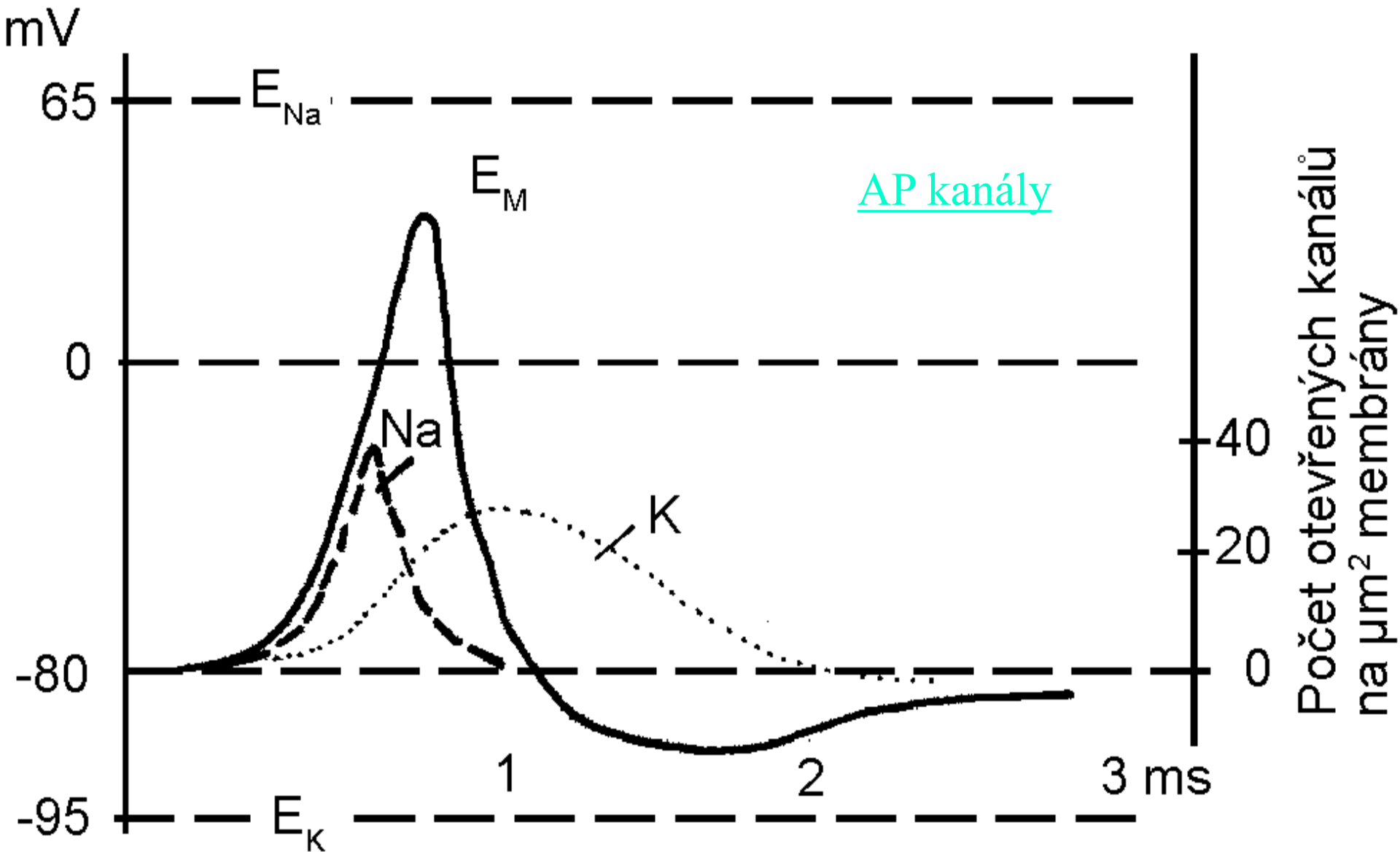
(b) Surface view of a  $\text{Na}^+$  channel



(c) Voltage-dependent conformational change

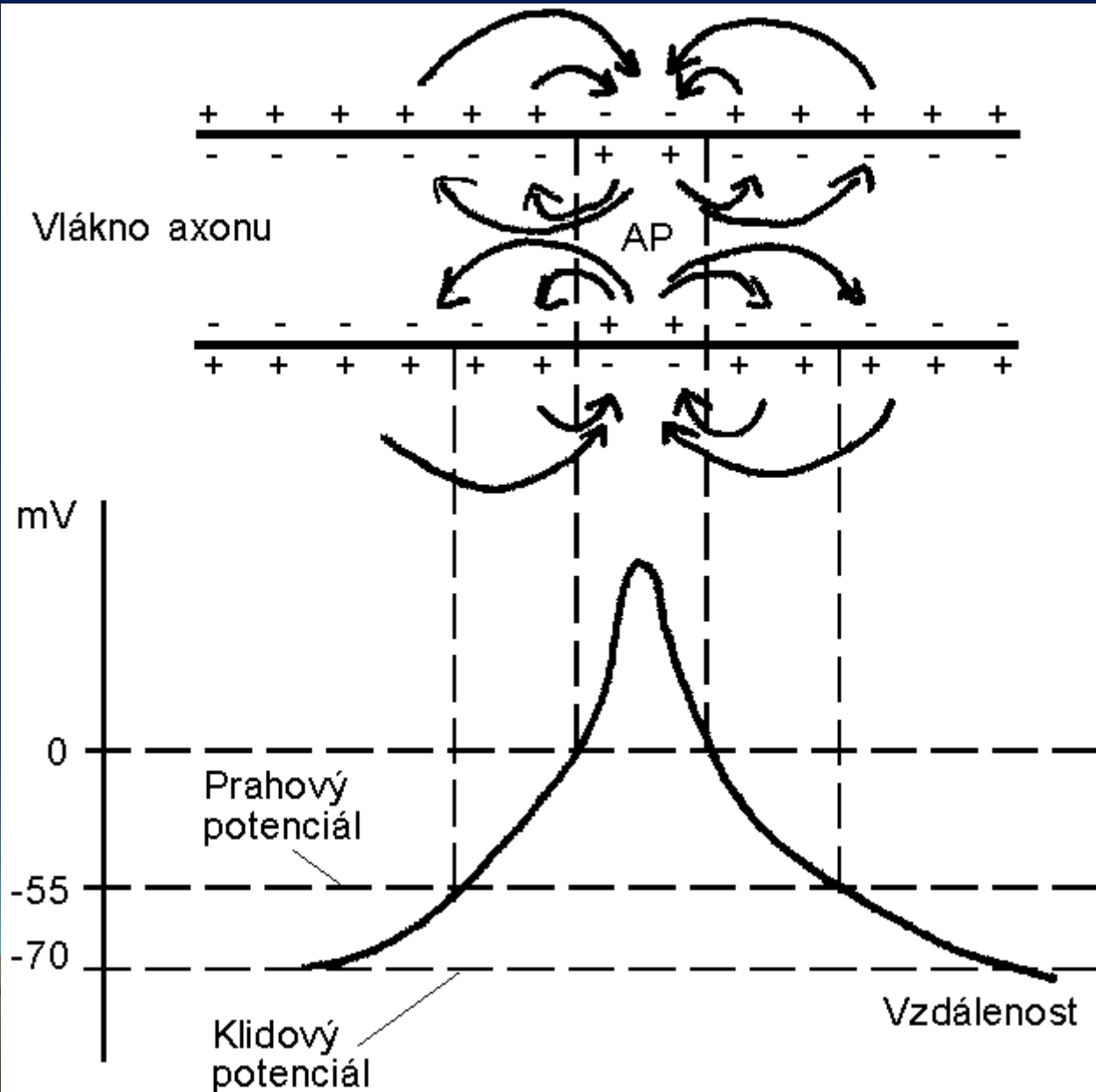


Převažující Na propustnost vystřídá K propustnost – propustnější má větší slovo a táhne membránu ke svému rovnovážnému napětí.

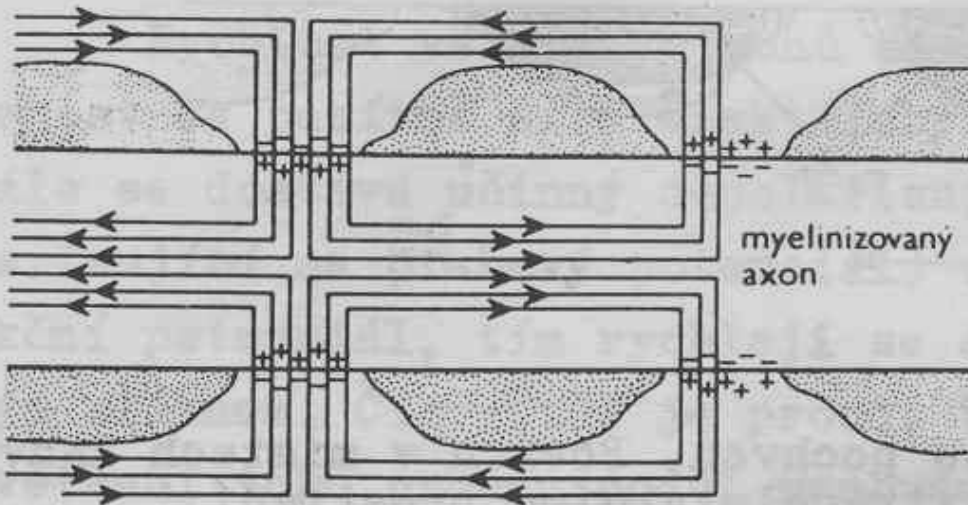
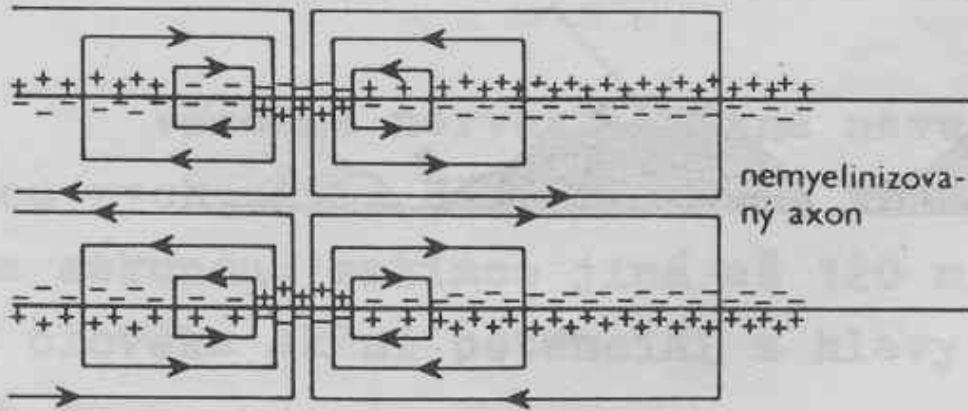


Šíření podél membrány.  
Kromě příčného i podélný  
tok iontů.

Záleží na průměru.







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.

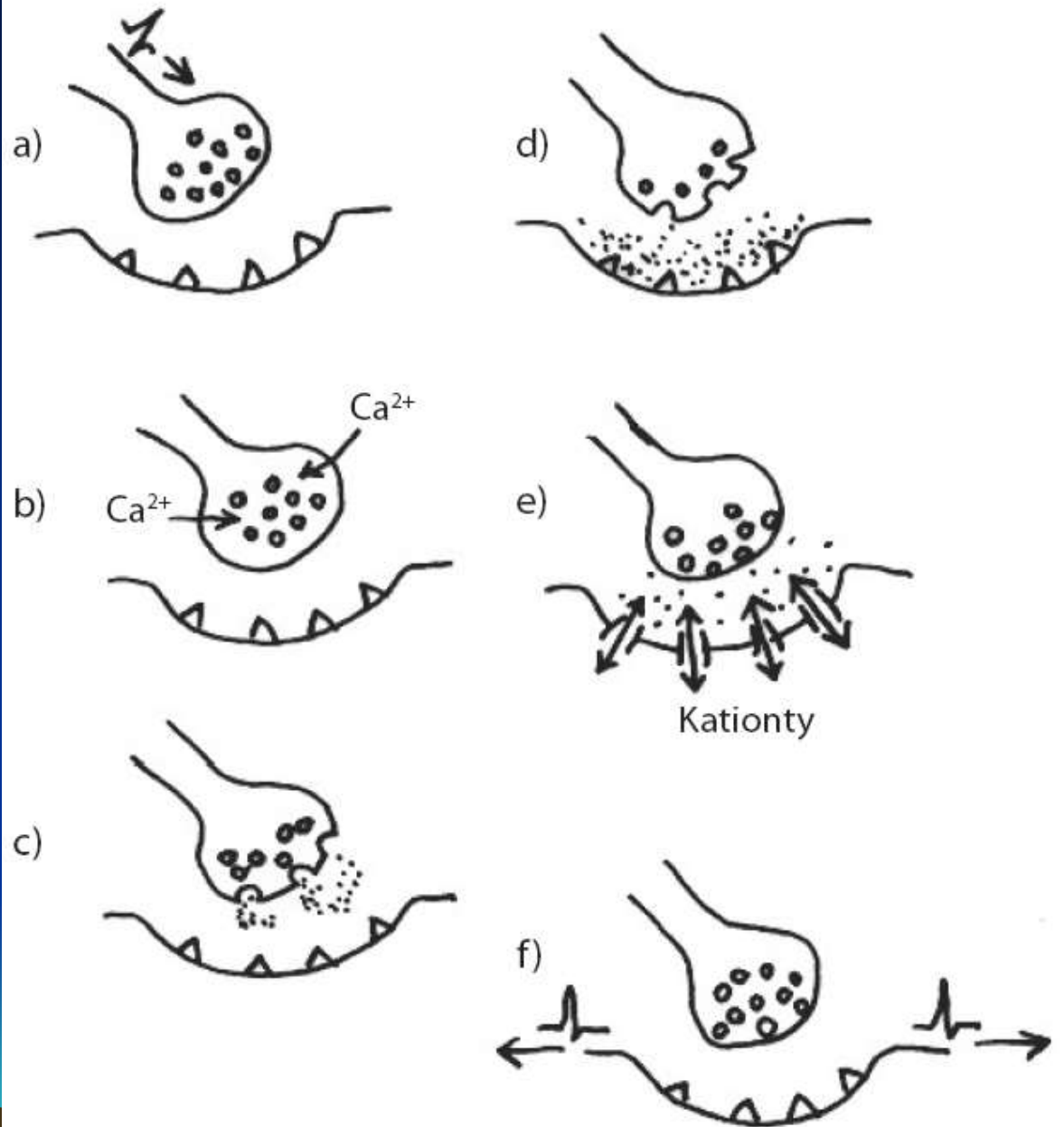
# Synapse

Přerušení elektrického vedení po membráně.  
Chemický prostředník

Proč?

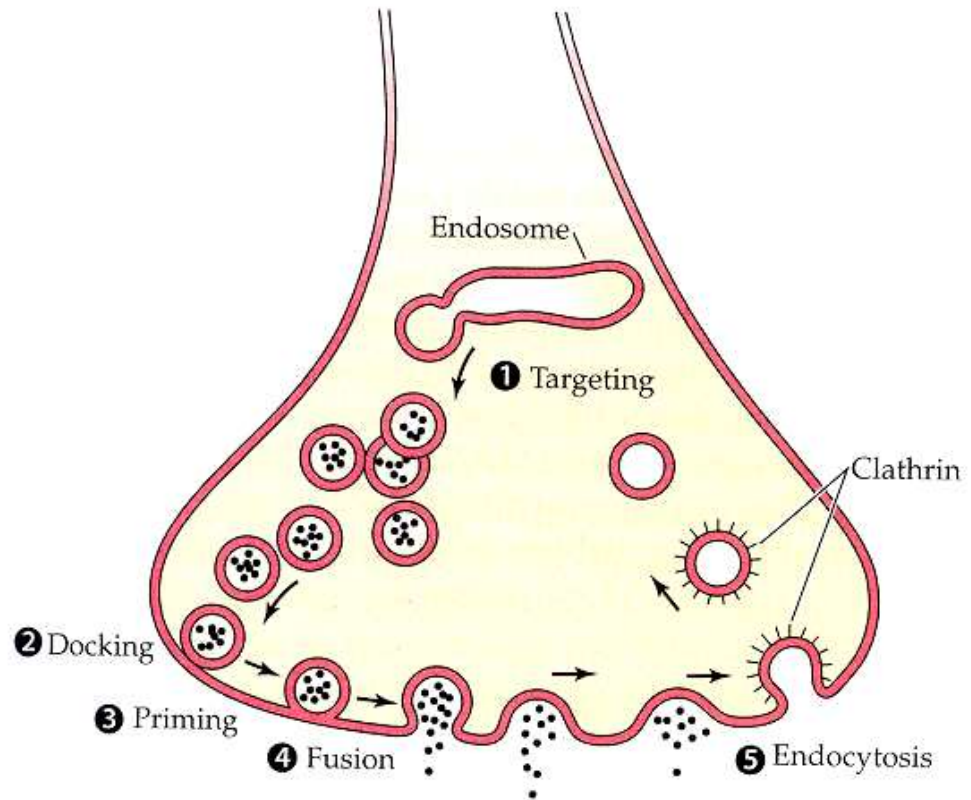
Plasticita, zpracování

Chemický prostředník



# Chemický prostředník: Exocytóza mediátoru

(a) Overview of vesicle recycling



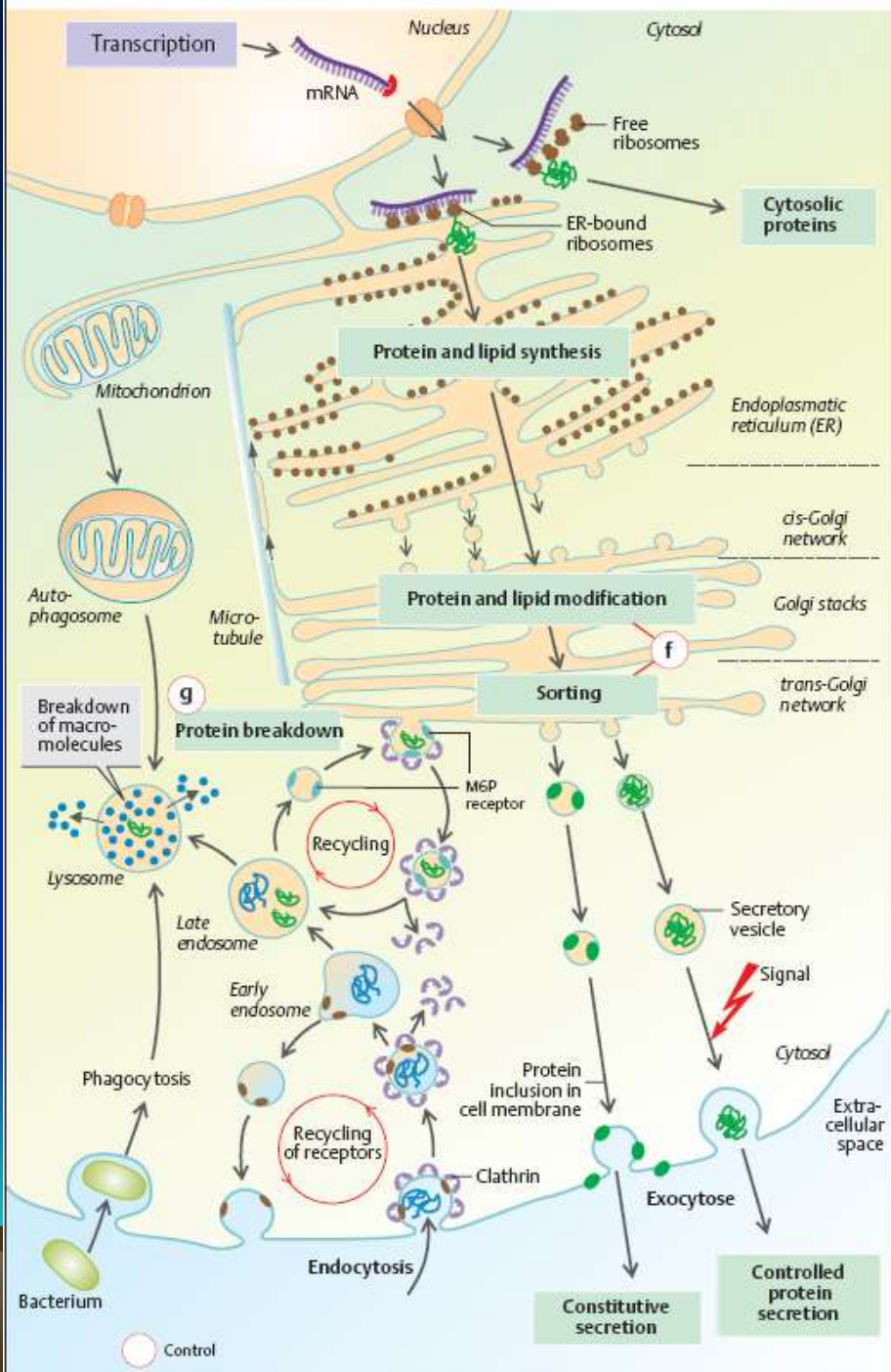
(b) Retrieval of the vesicular membrane



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.

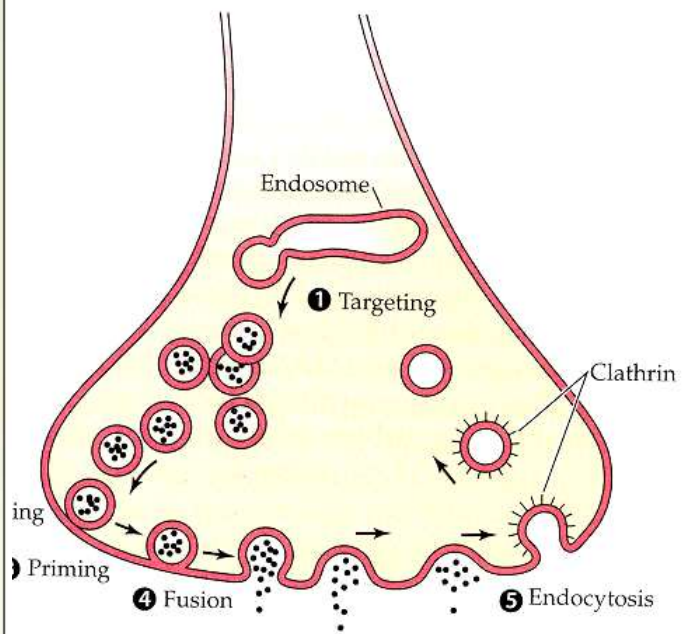




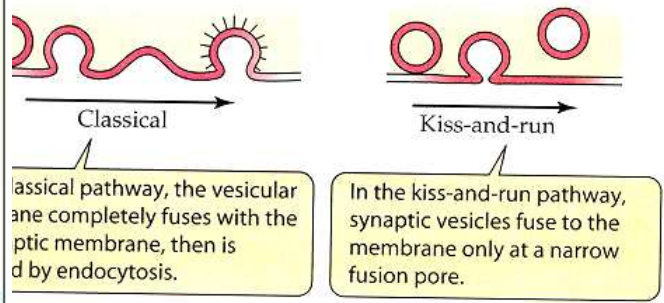
Superrychlá  
cytóza

Klatrin tvoří  
vesikuly

view of vesicle recycling



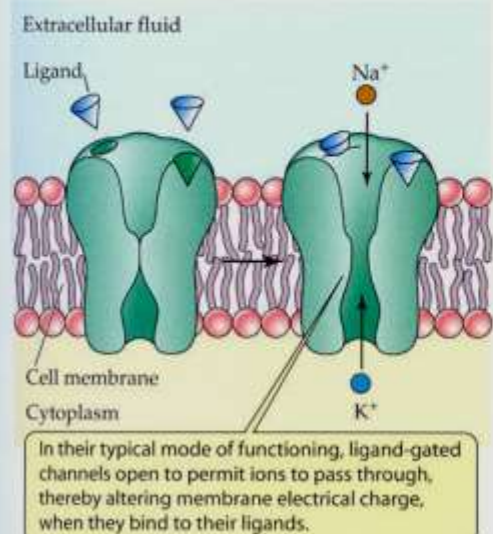
Comparison of the vesicular membrane



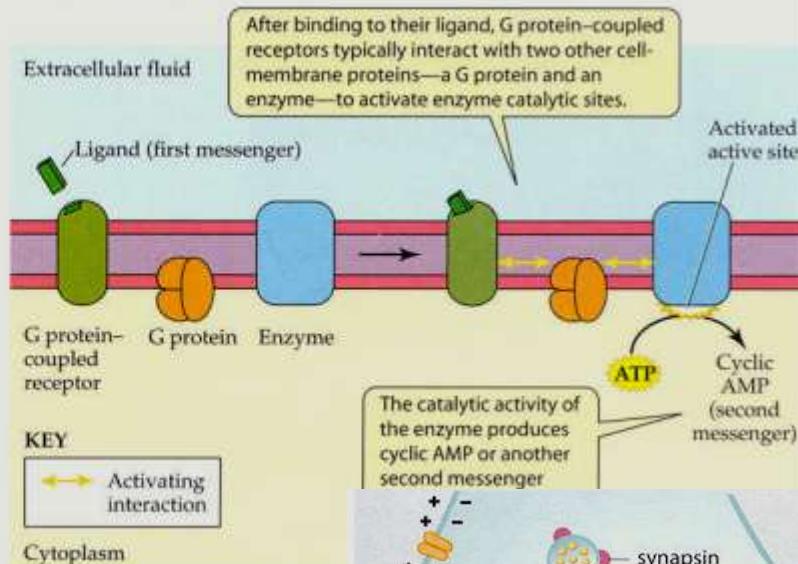


# Receptor na postsynaptické straně je součástí kanálu – ionotropní signalizace nebo spojen s kanálem kaskádou signálů – metabotropní signalizace

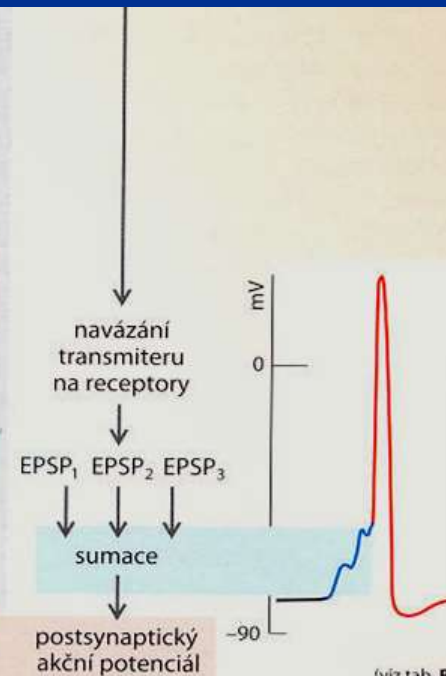
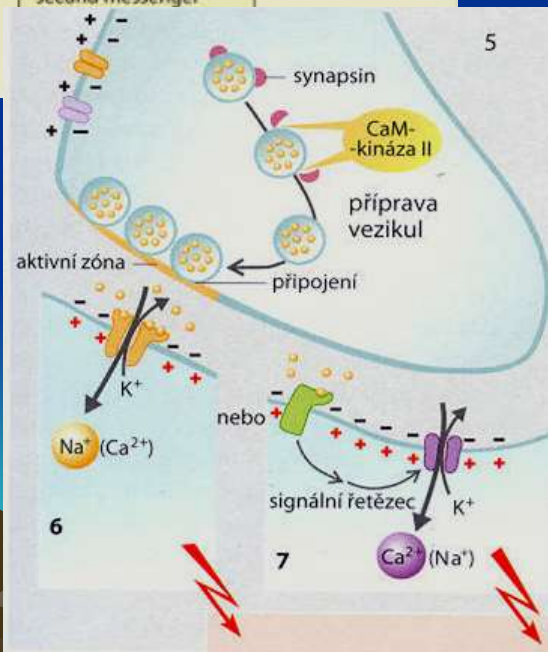
(a) Ligand-gated channel



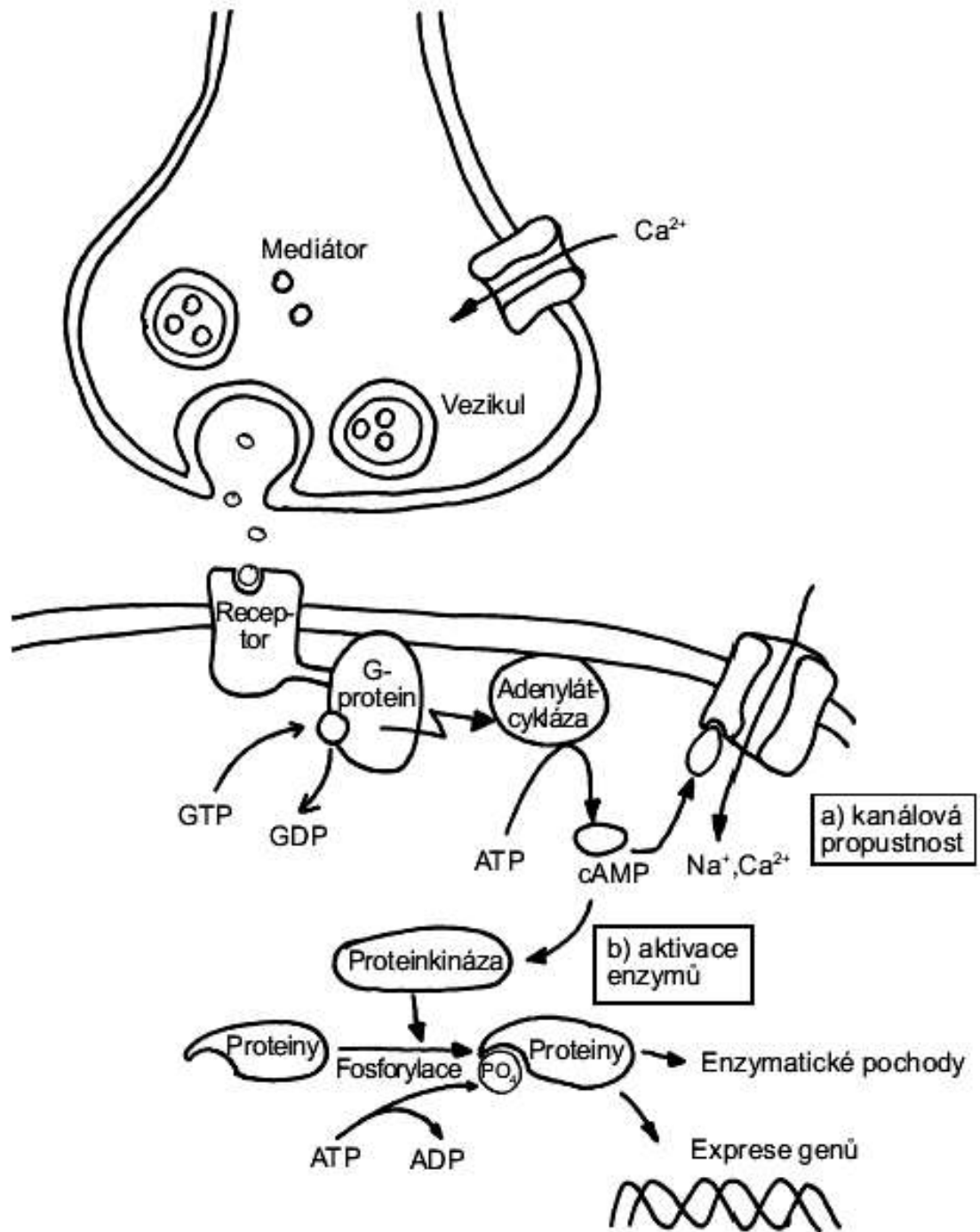
(b) G protein-coupled receptor and associated G protein system



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

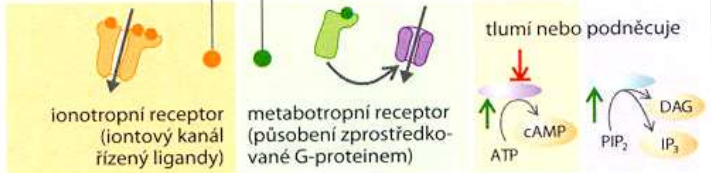
Ionotropní:

Nervosvalová ploténka

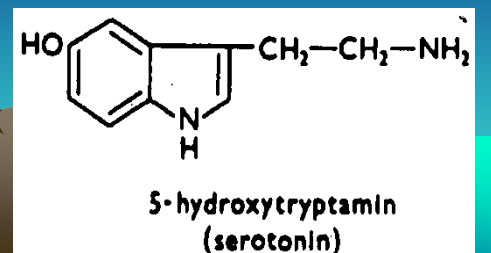
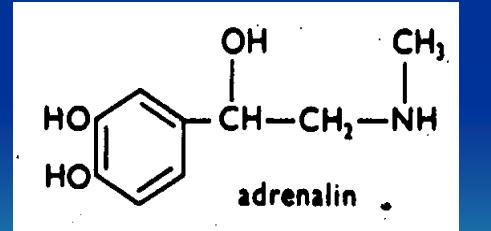
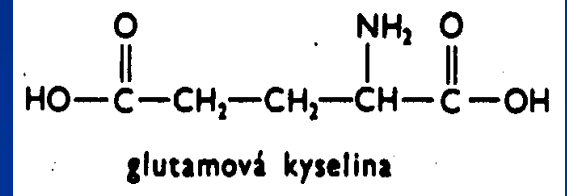
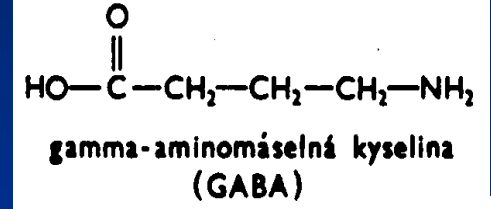
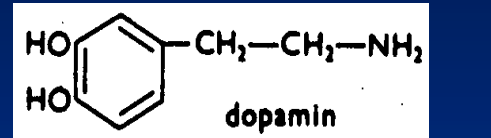
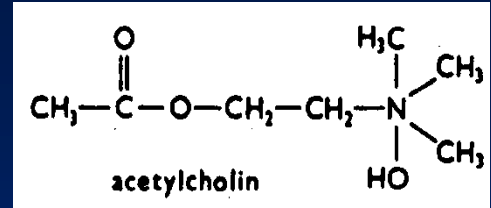
# Mediátory - neurotransmittery

transmitter	typy receptorů	druh receptoru	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)	Y1-2	●		↑	↓		↓	
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	NK1-3	●						↑

- aminokyseliny
- katecholaminy
- peptidy
- ostatní

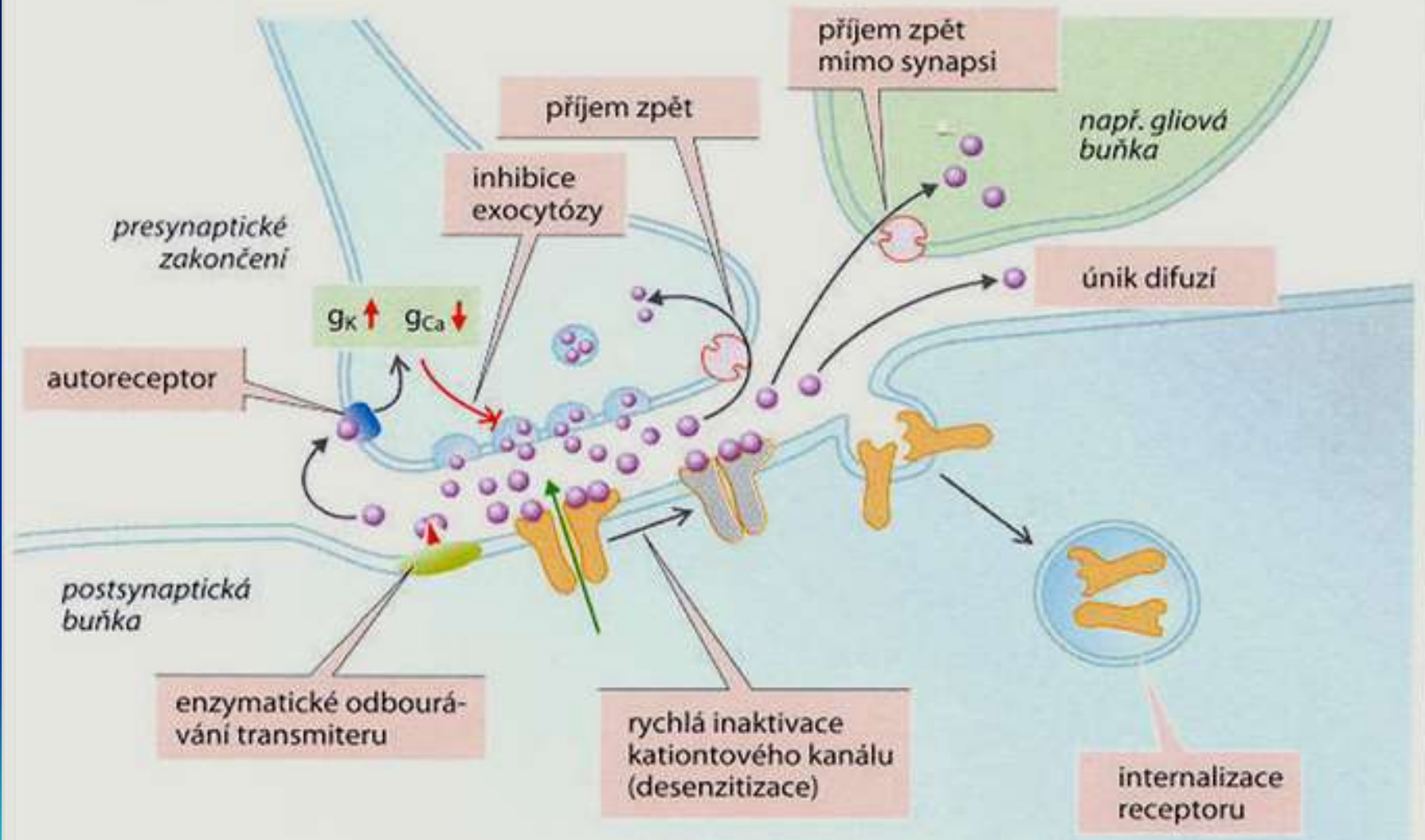


Tab. 2.7 a 2.8 Synaptický přenos III a IV

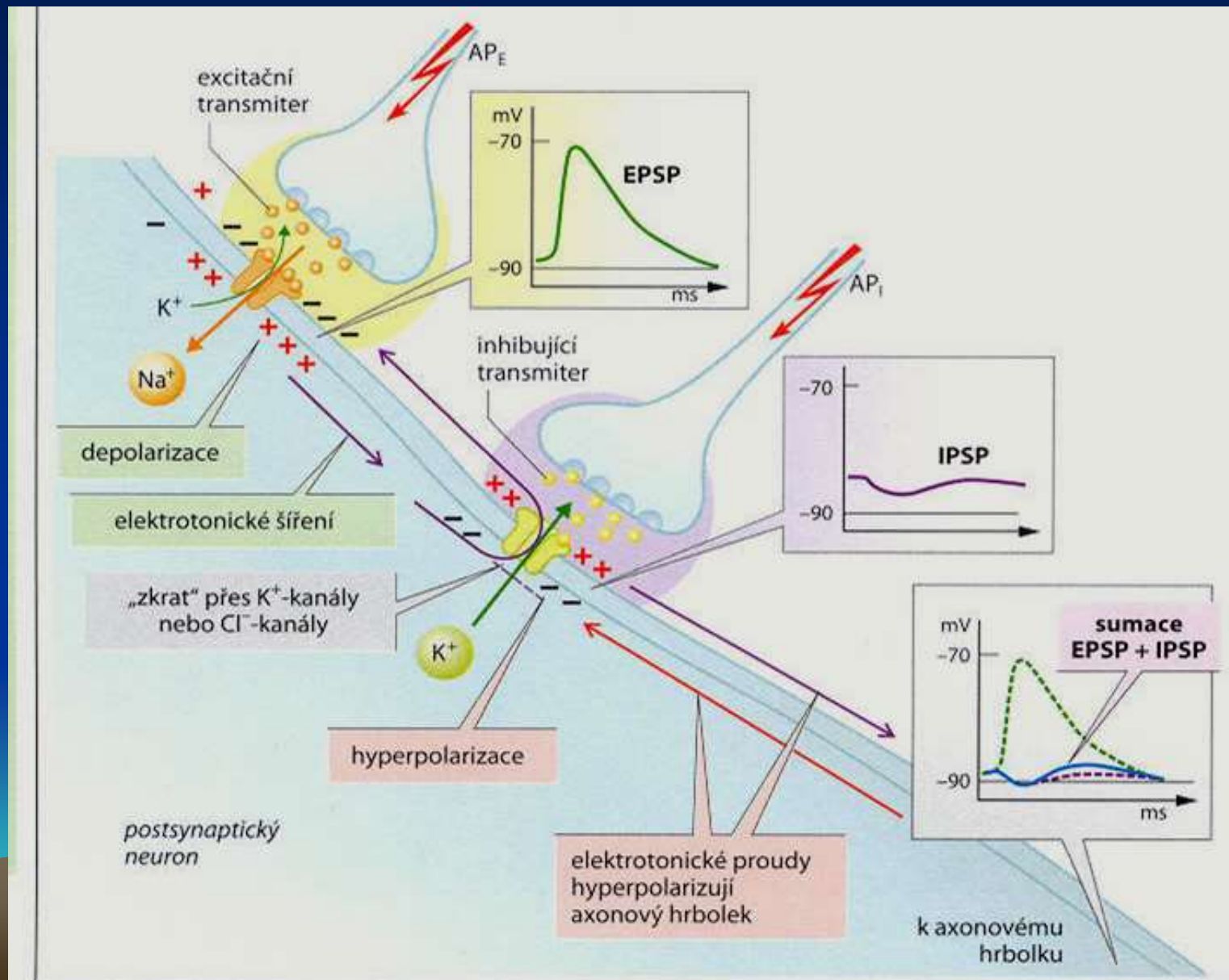




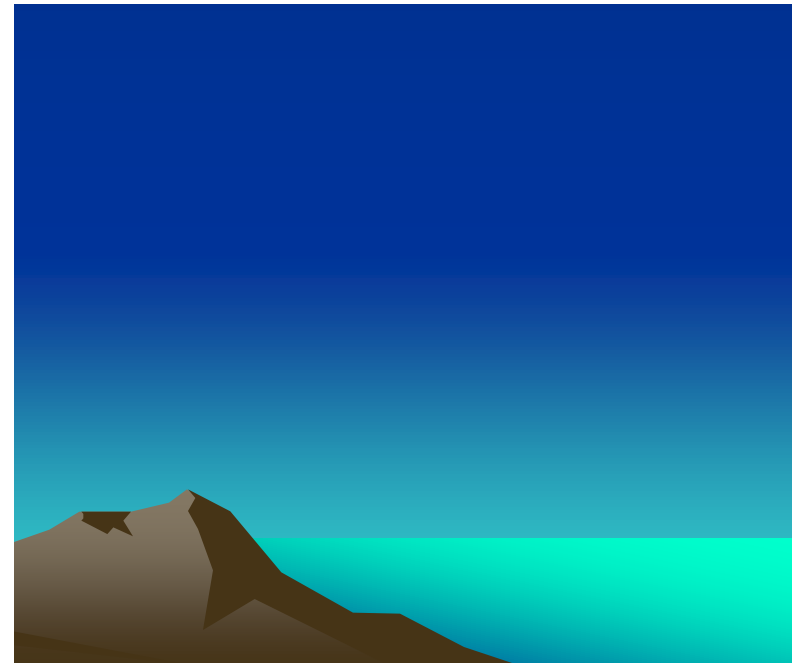
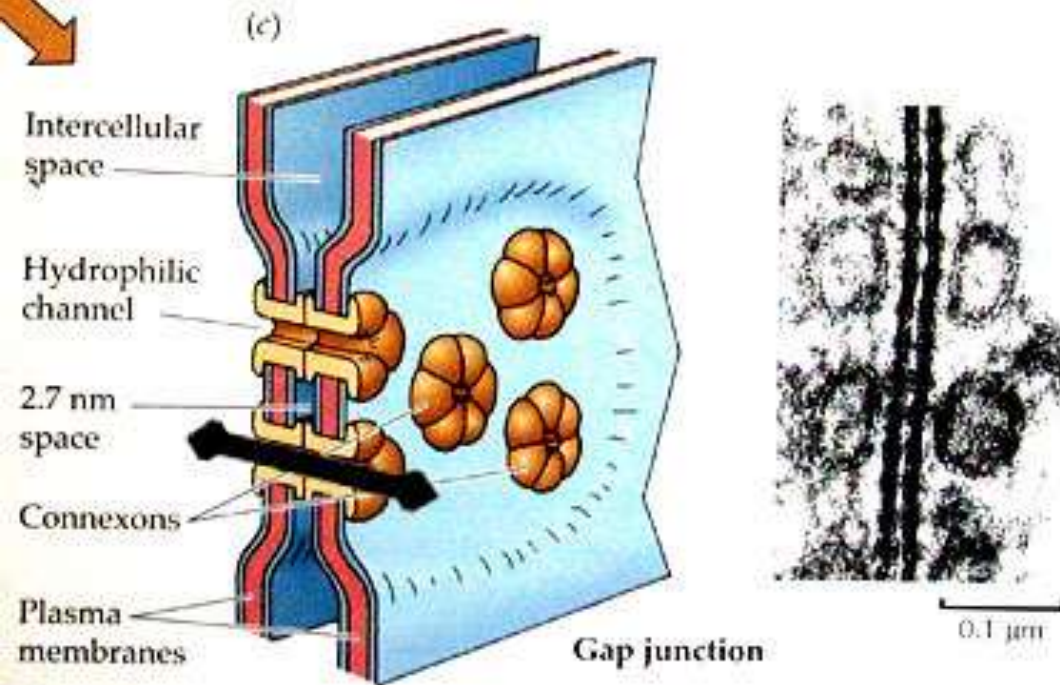
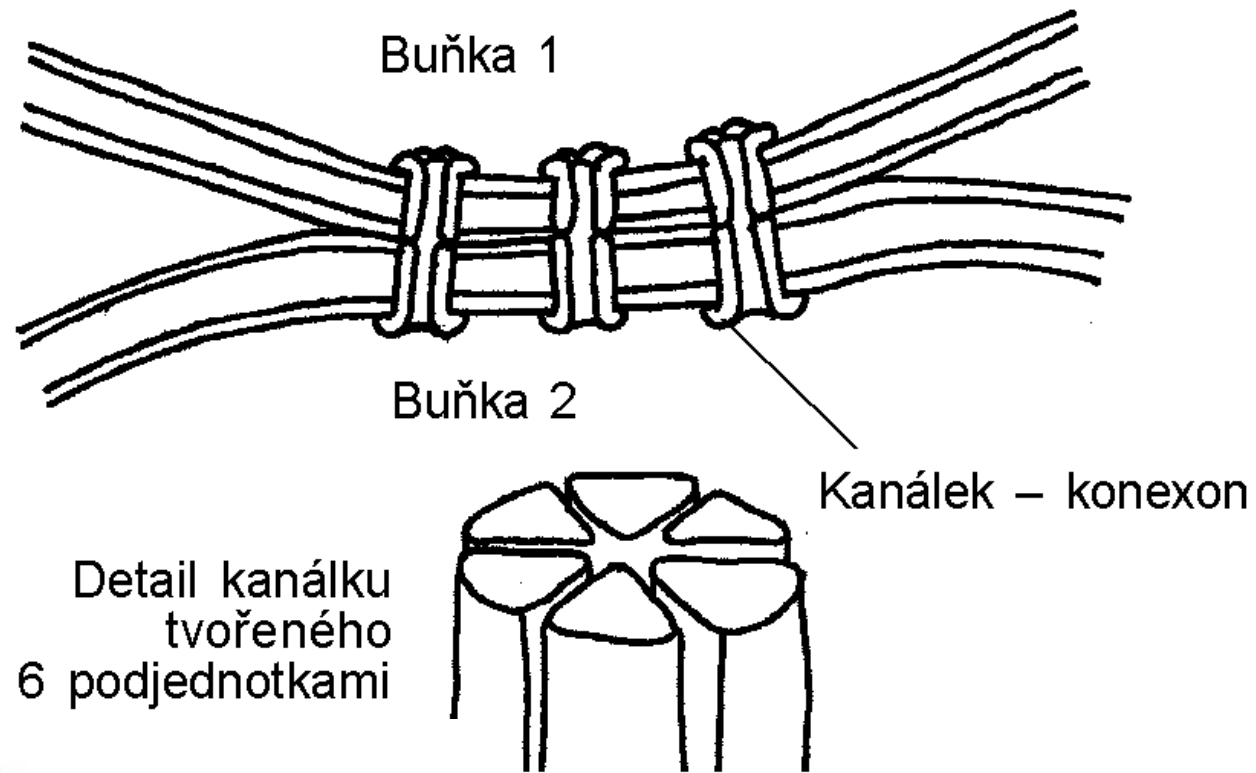
## E. Ukončení působení transmiteru



Nemusí být jen excitační, jsou i inhibiční transmitery.

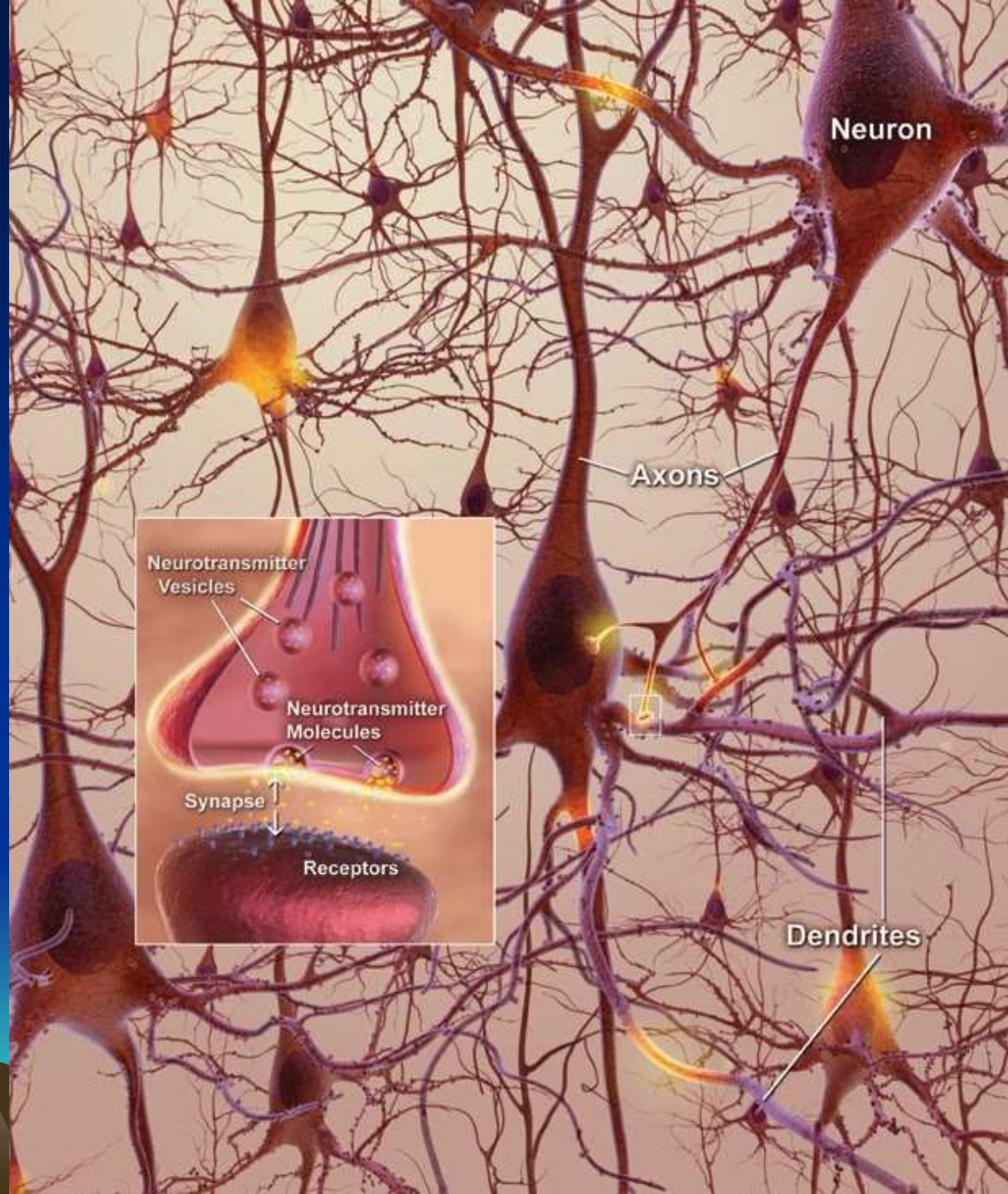


Vzácně i  
elektrická synapse.





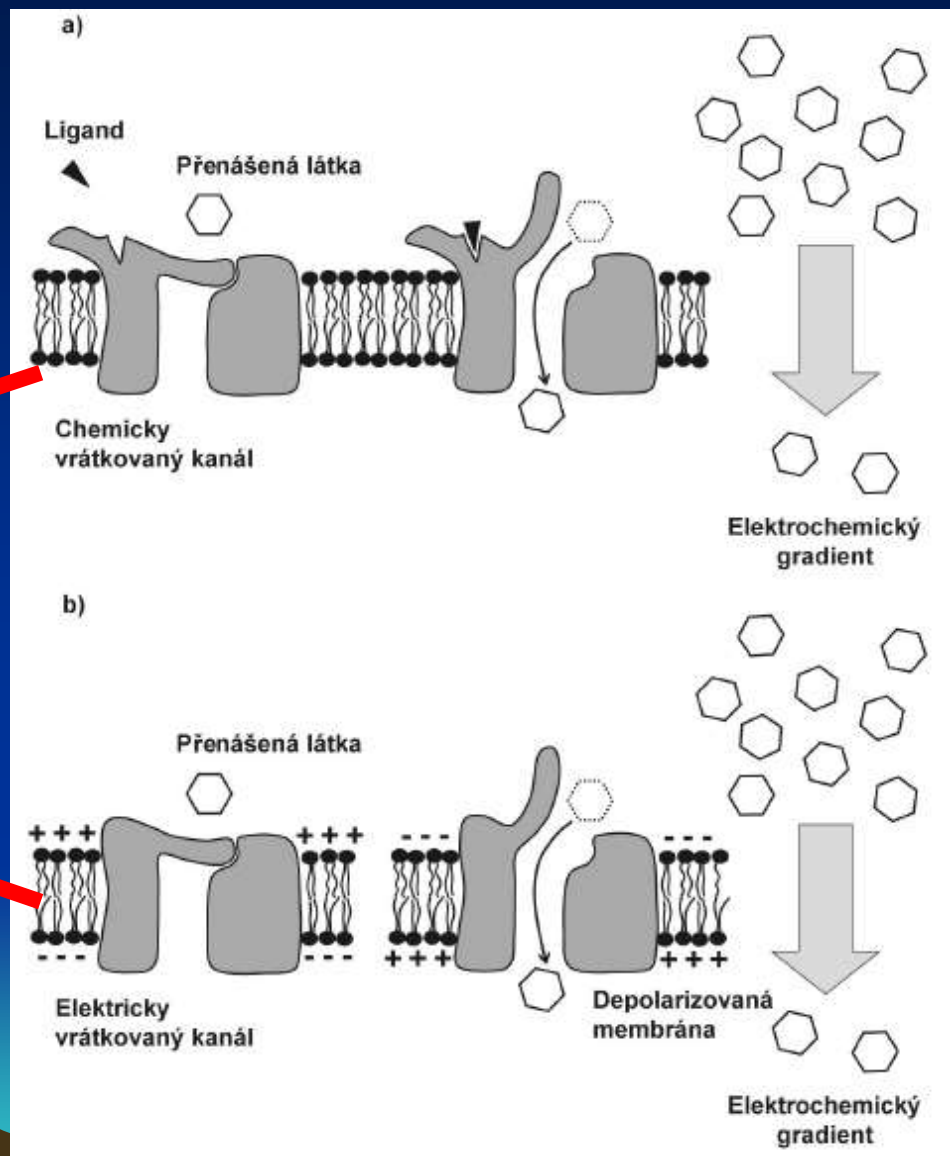
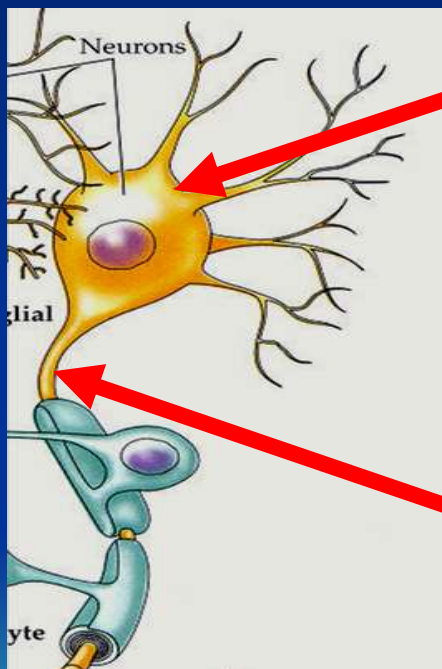
Jak spolu neurony komunikují.





# Dva druhy kanálů – dva druhy kódování

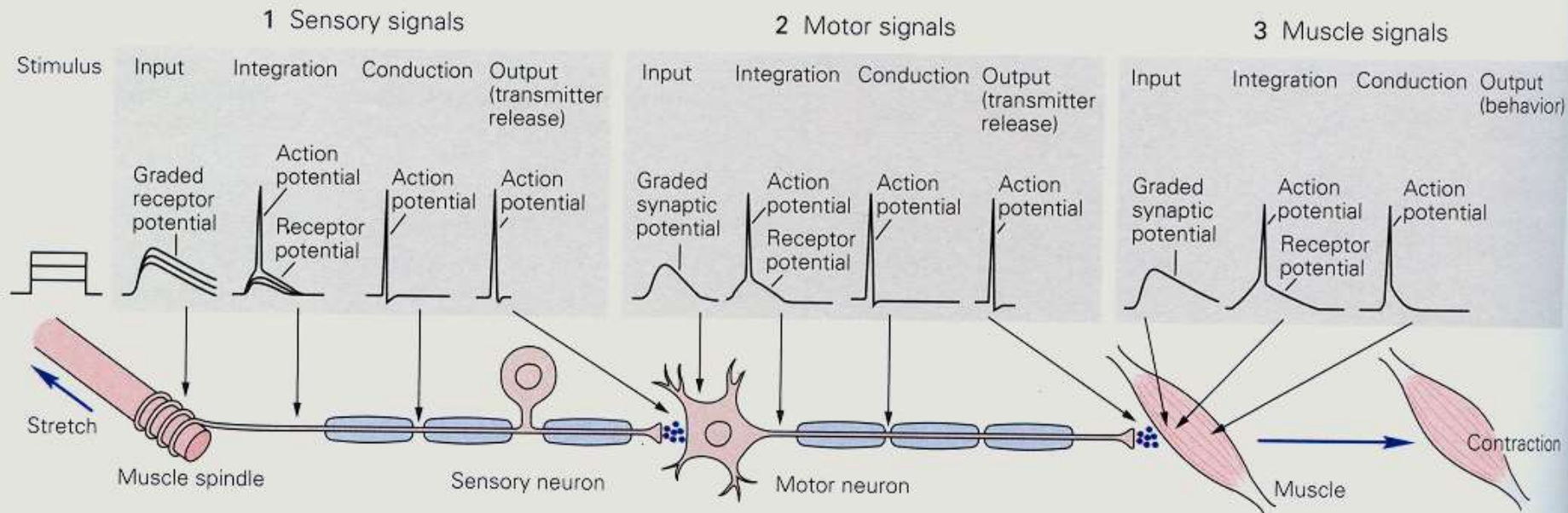
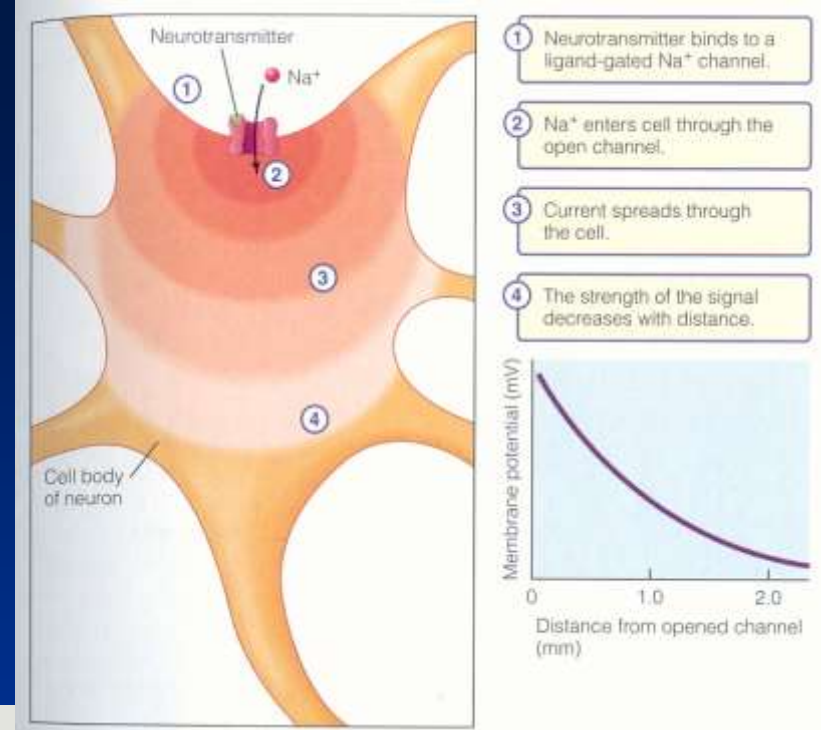
## Elektricky a chemicky



# Dva druhy kódování informace

## Dálkové šíření – digitálně

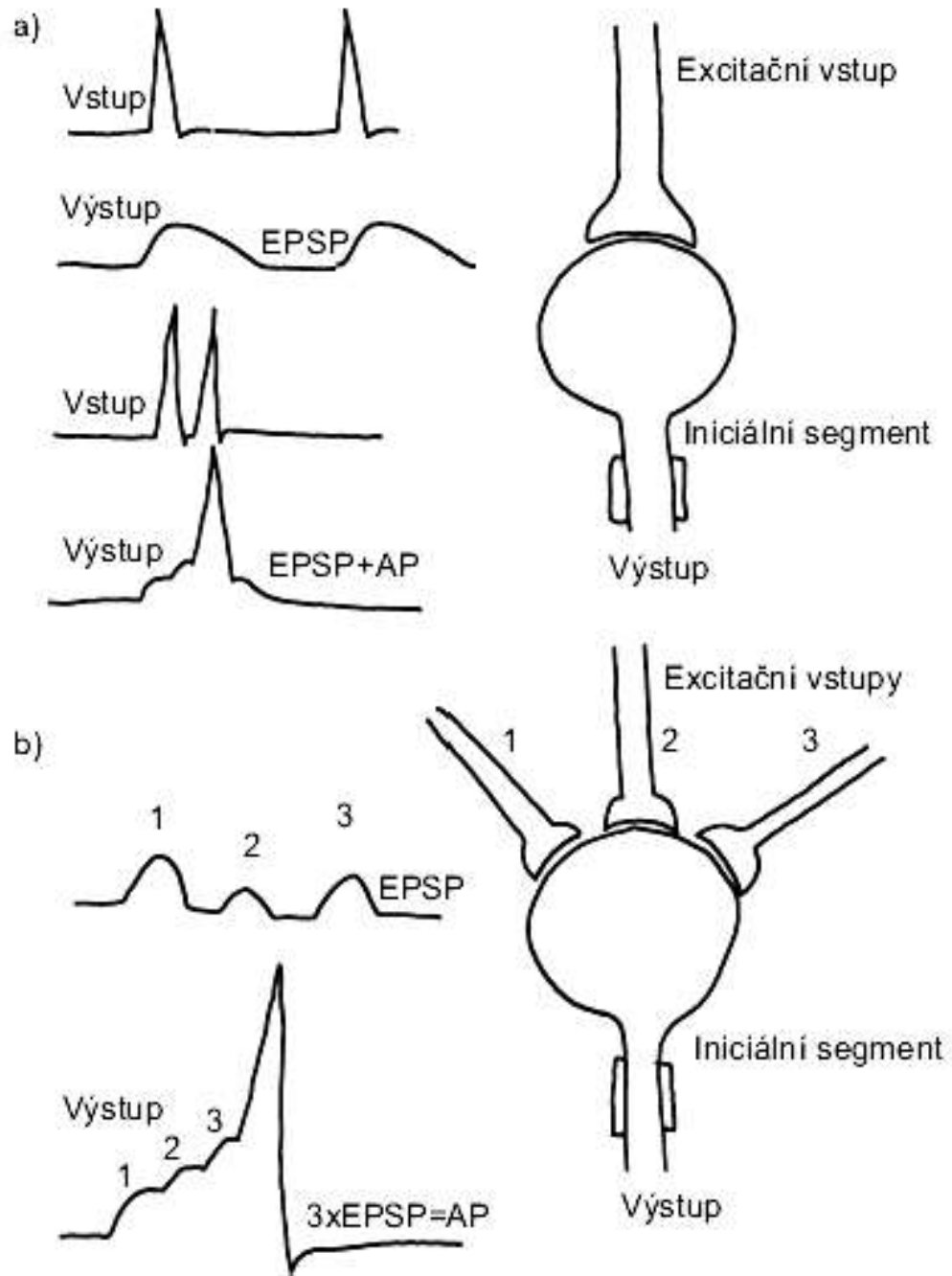
## Zpracování - analogově



## Smysl:

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

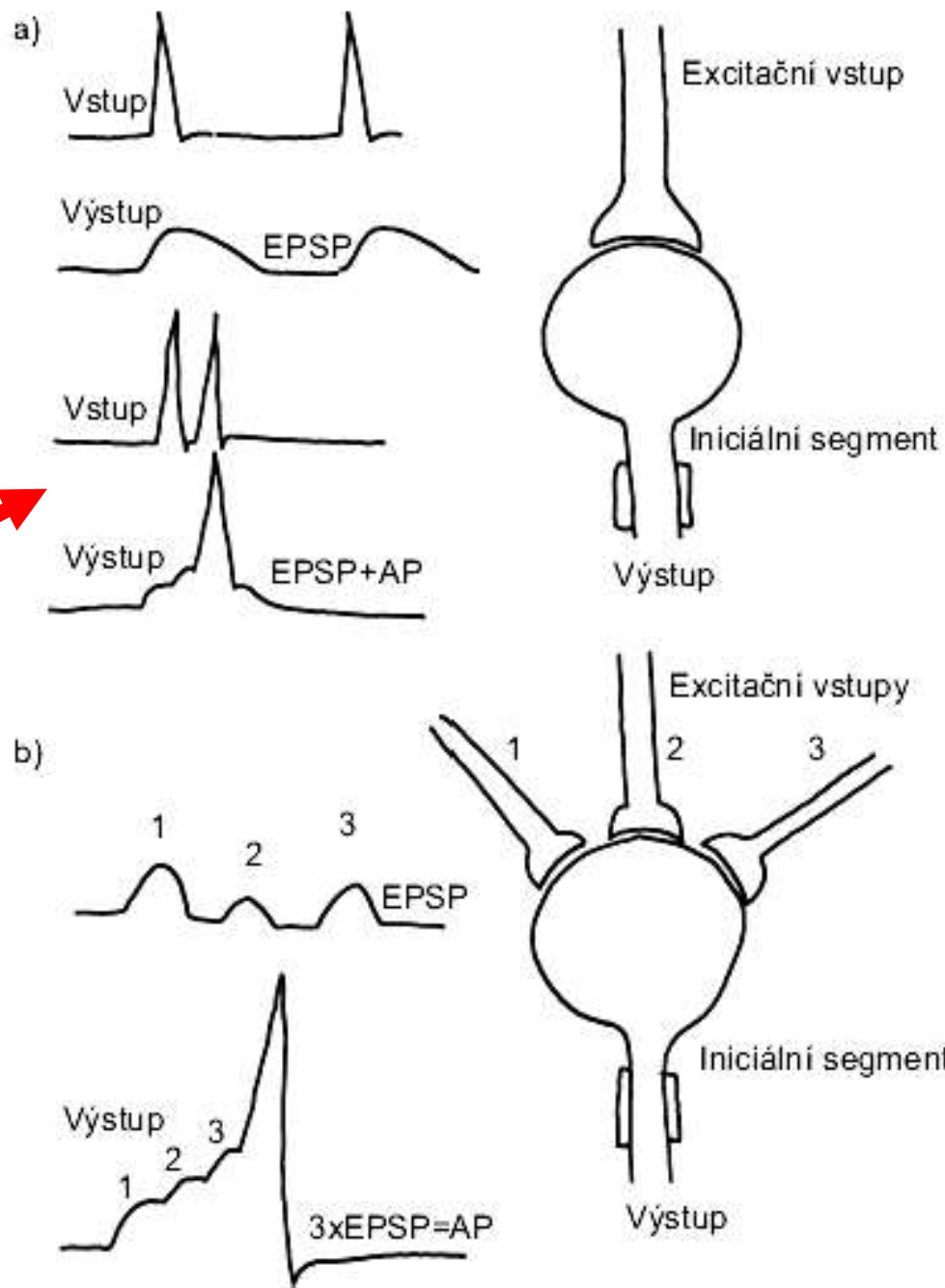
B) Plasticita NS – základ paměti



Smysl:

Zpracování - analogově

Časová sumace

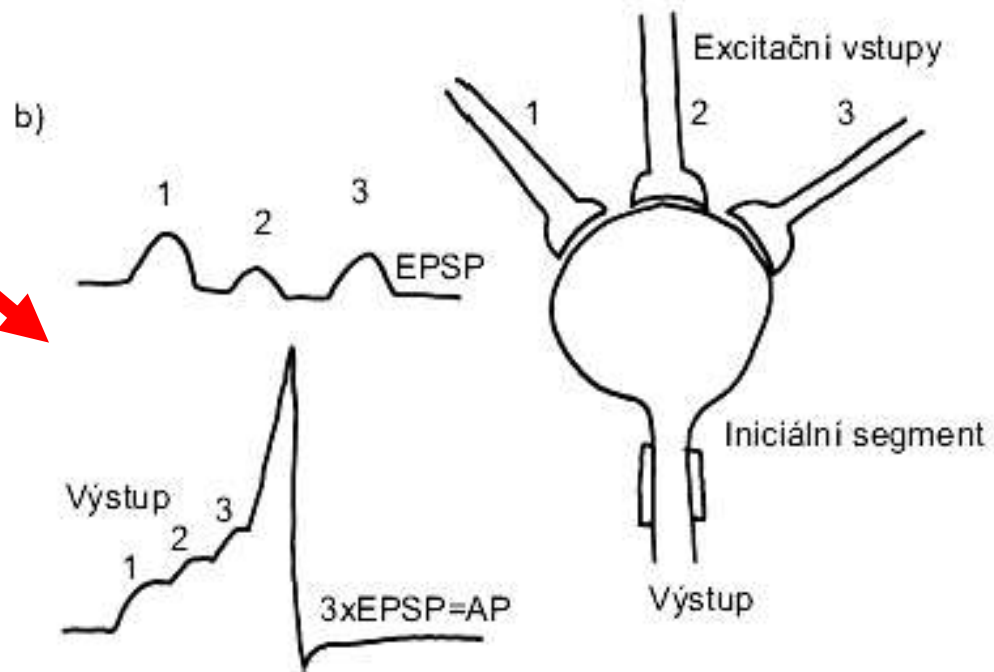
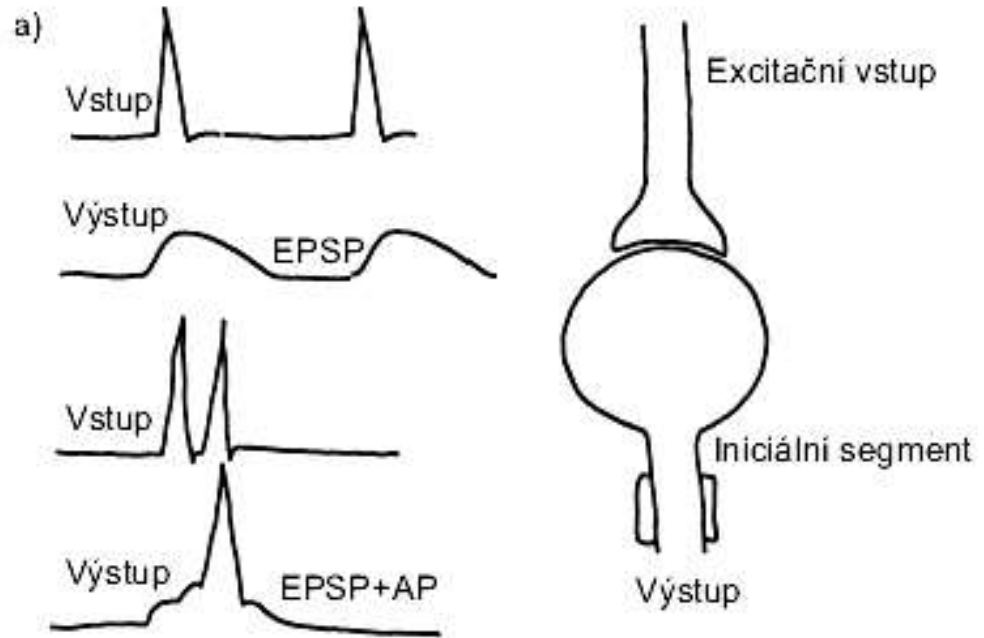




Smysl:

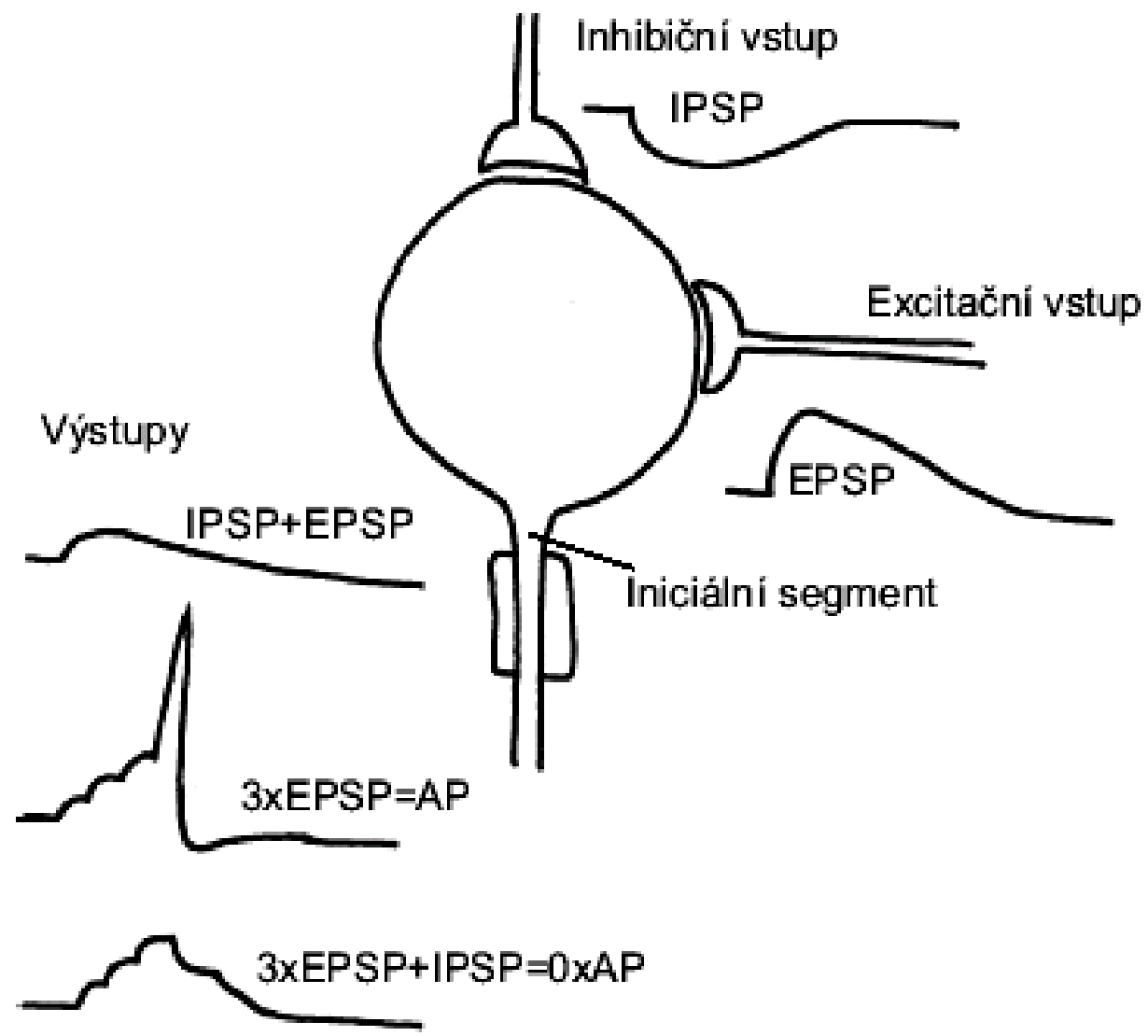
Zpracování - analogově

Časová sumace  
Prostorová sumace

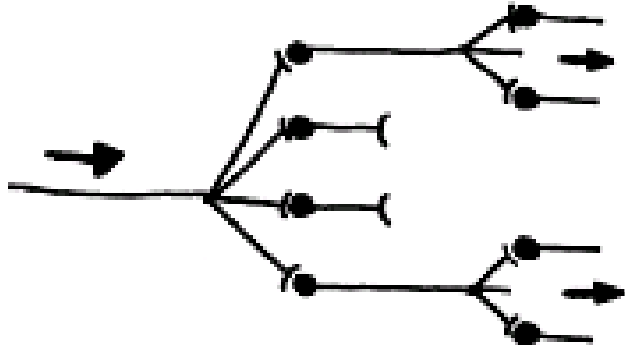


Některé synapse inhibiční  
Některé excitační

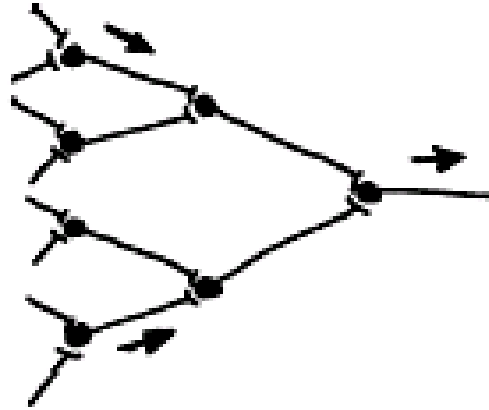
Facilitace  
Inhibice



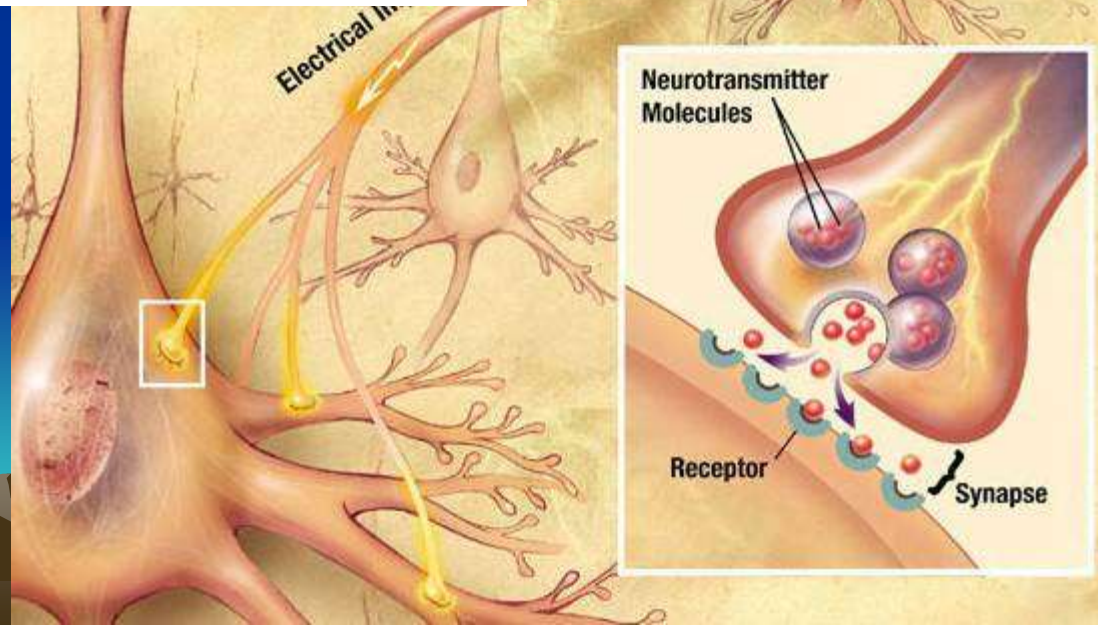
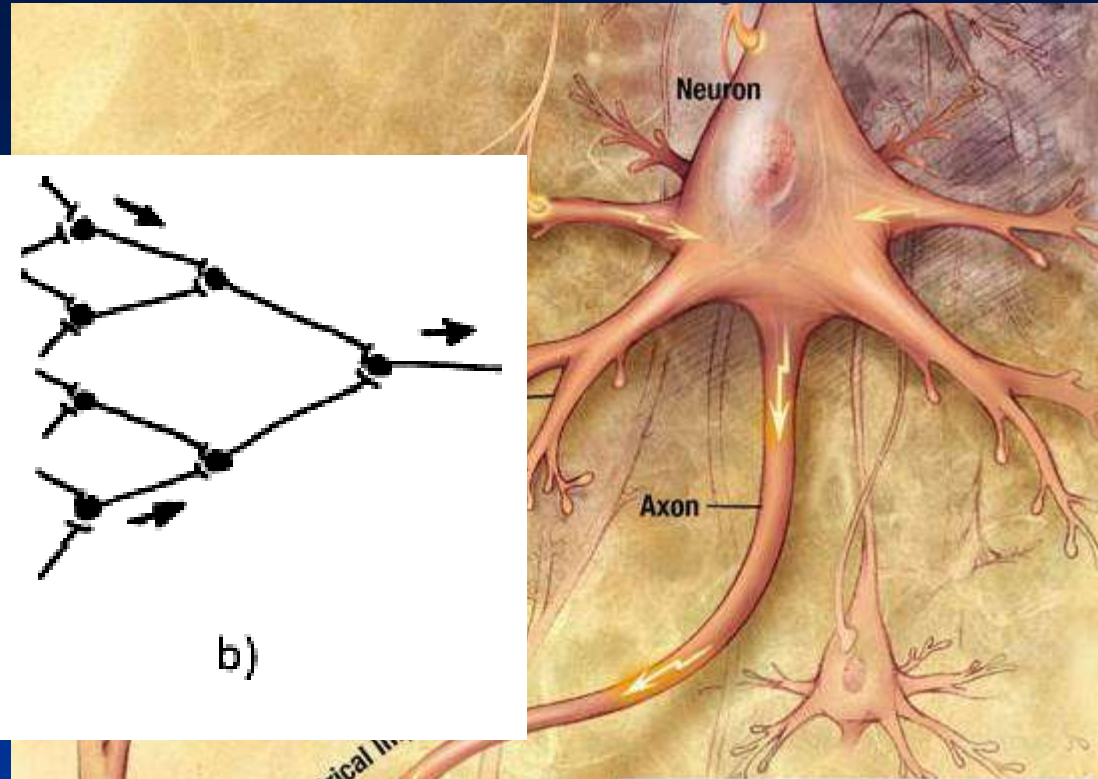
# Divergence, konvergence



a)



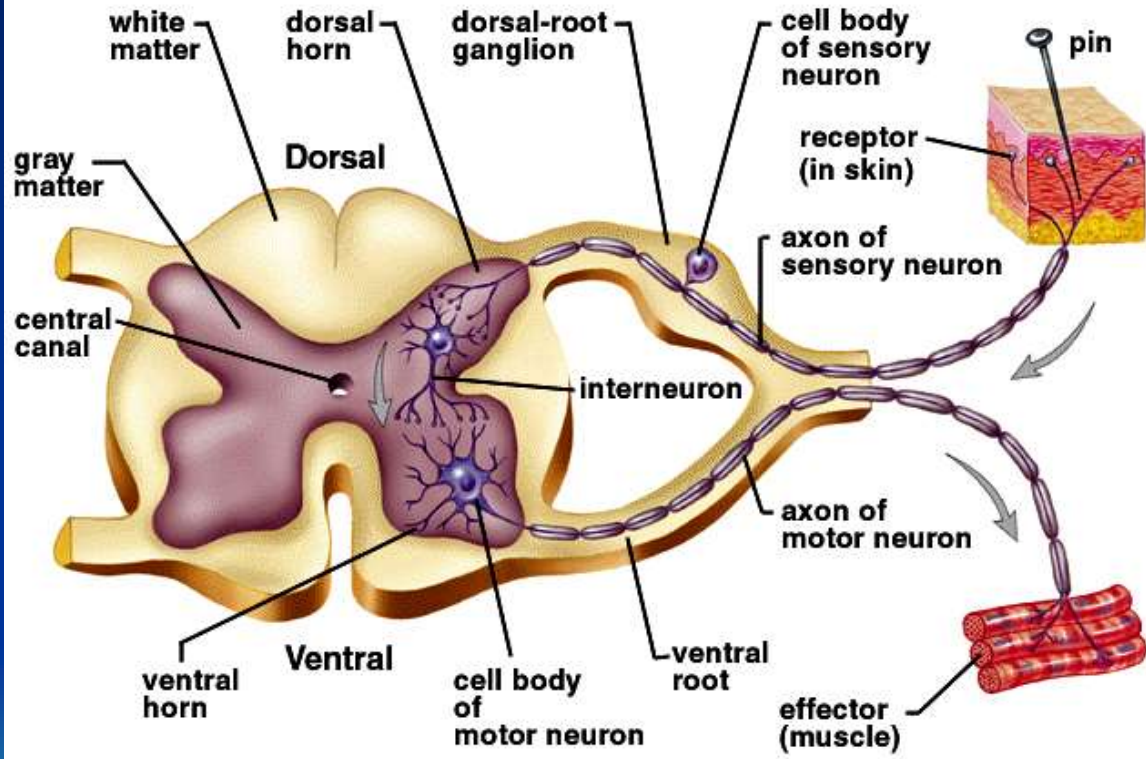
b)



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.

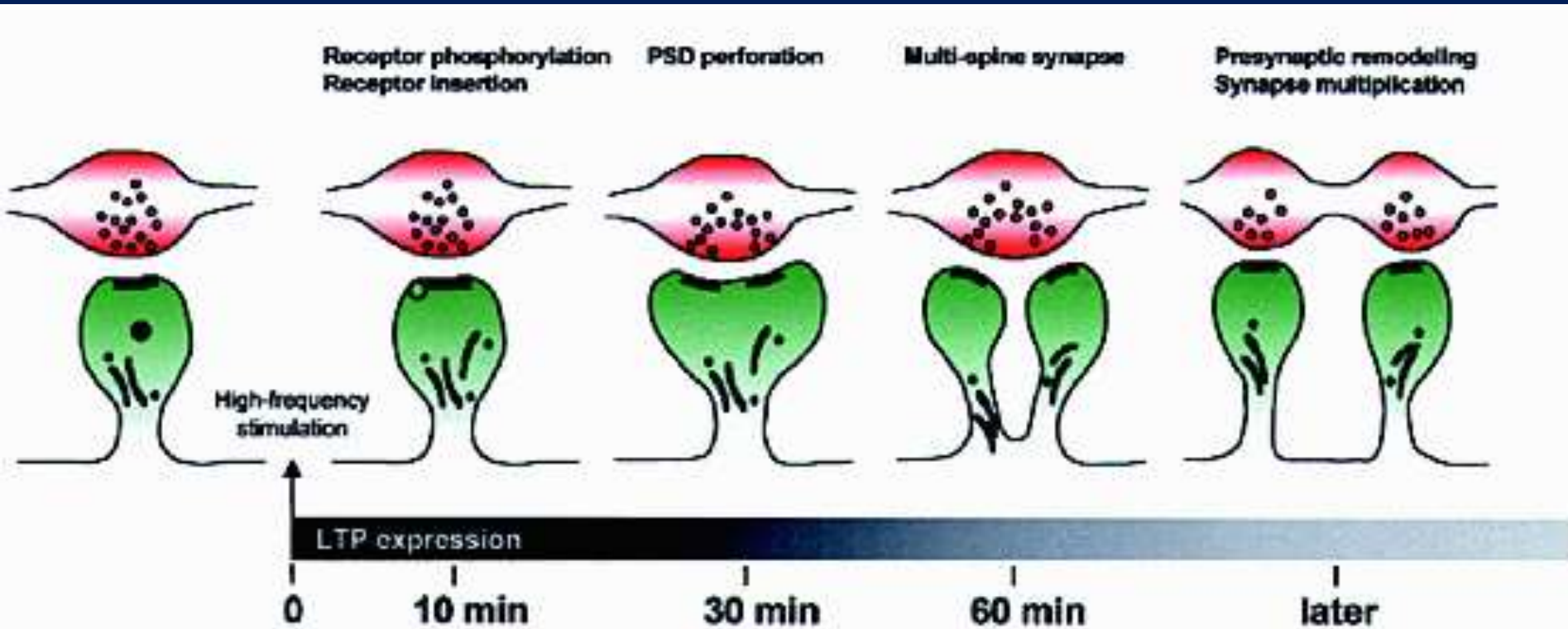
## A reflex arc showing the path of a spinal reflex

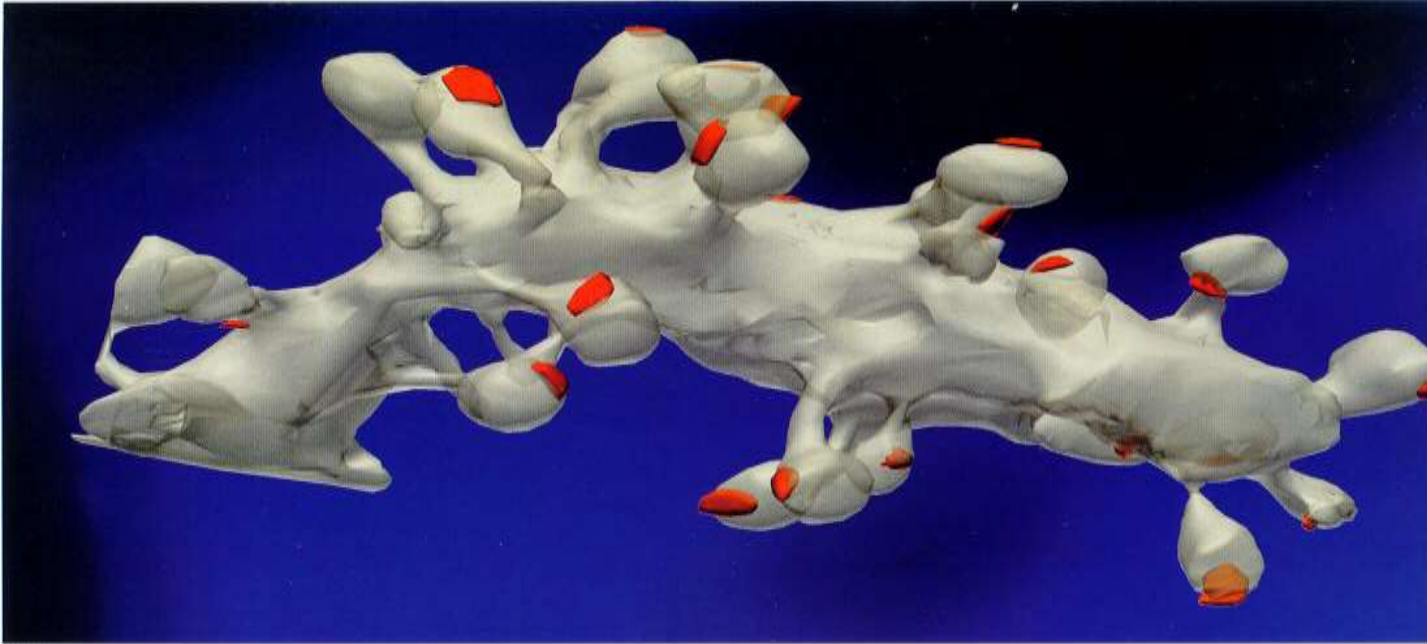


[http://www.southtexascollege.edu/nilsson/4\\_GB\\_Lecture\\_figs\\_f/4\\_GB\\_16\\_Homeostasis\\_Fig\\_f/ReflexArc\\_fig46\\_8.GIF](http://www.southtexascollege.edu/nilsson/4_GB_Lecture_figs_f/4_GB_16_Homeostasis_Fig_f/ReflexArc_fig46_8.GIF)



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





Přestavba dentritických trnů



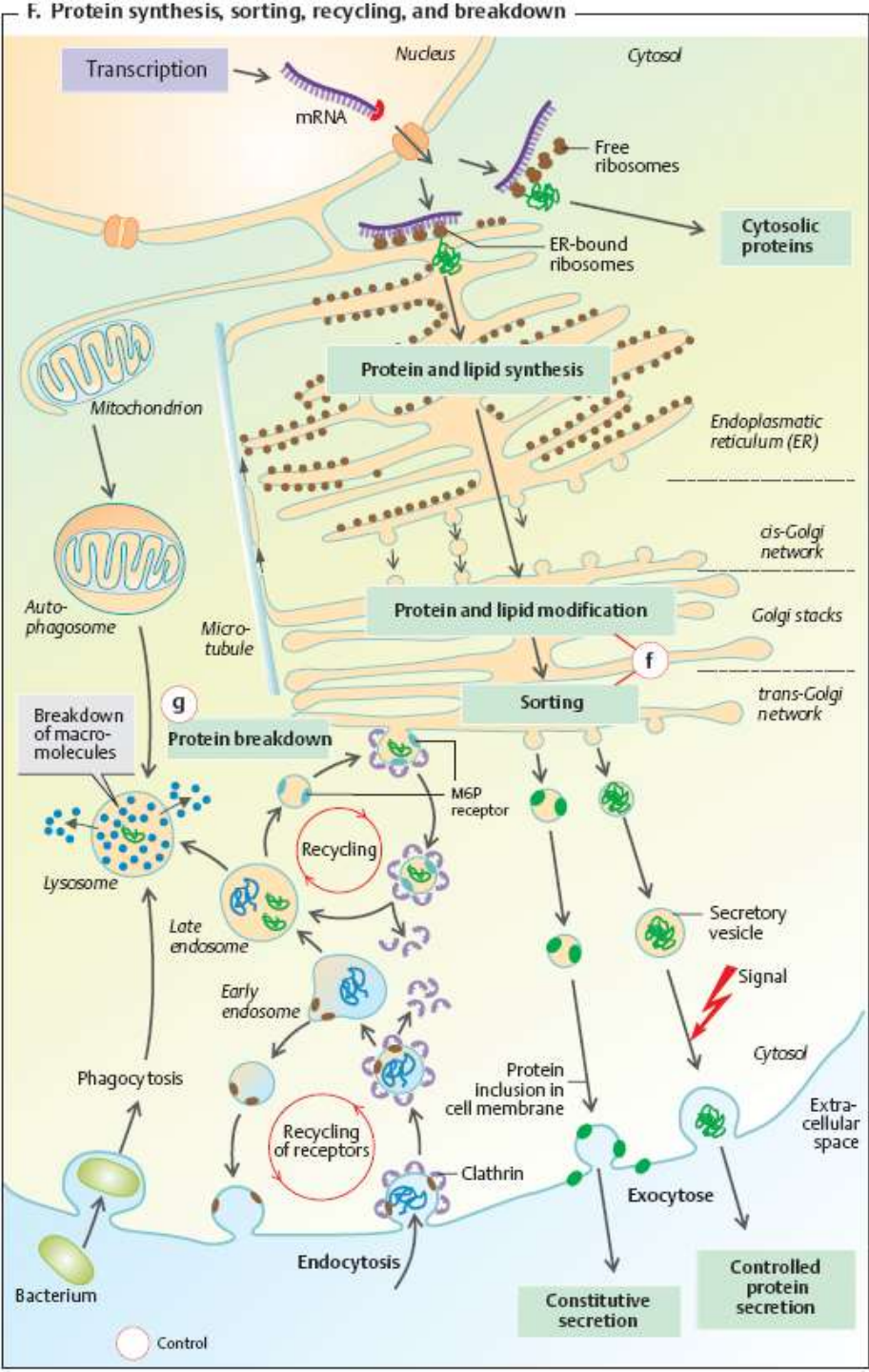
## Shrnutí

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



# Život v buňce

Život v buňce – Animace komentovaná



# Obecná fyziologie smyslů

Co se děje ne membránách.

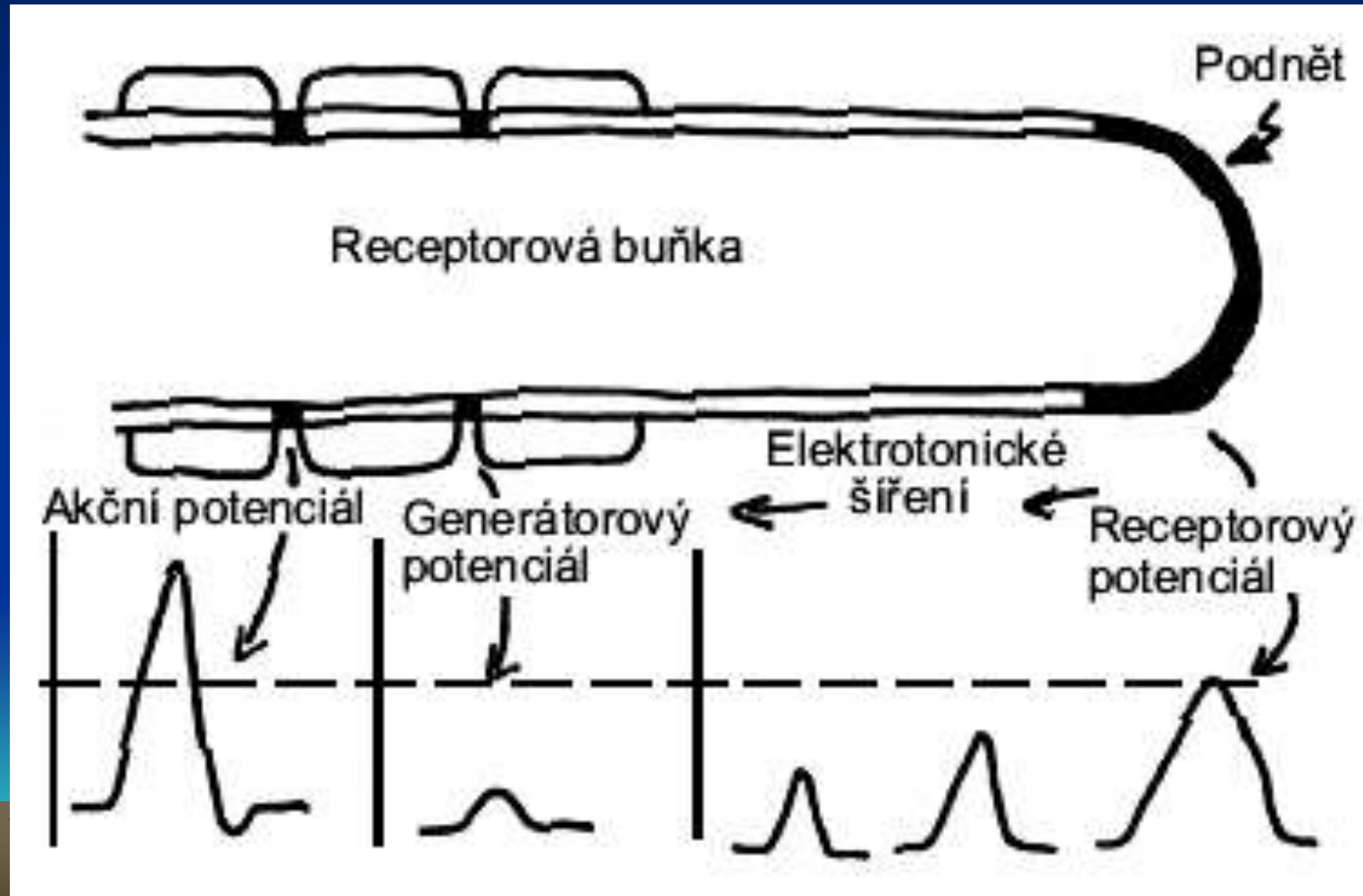
Receptorové buňky jsou brány,  
kterými vstupují signály do NS

Exteroreceptory x interoreceptory



Svět smyslů – úloha mozku.

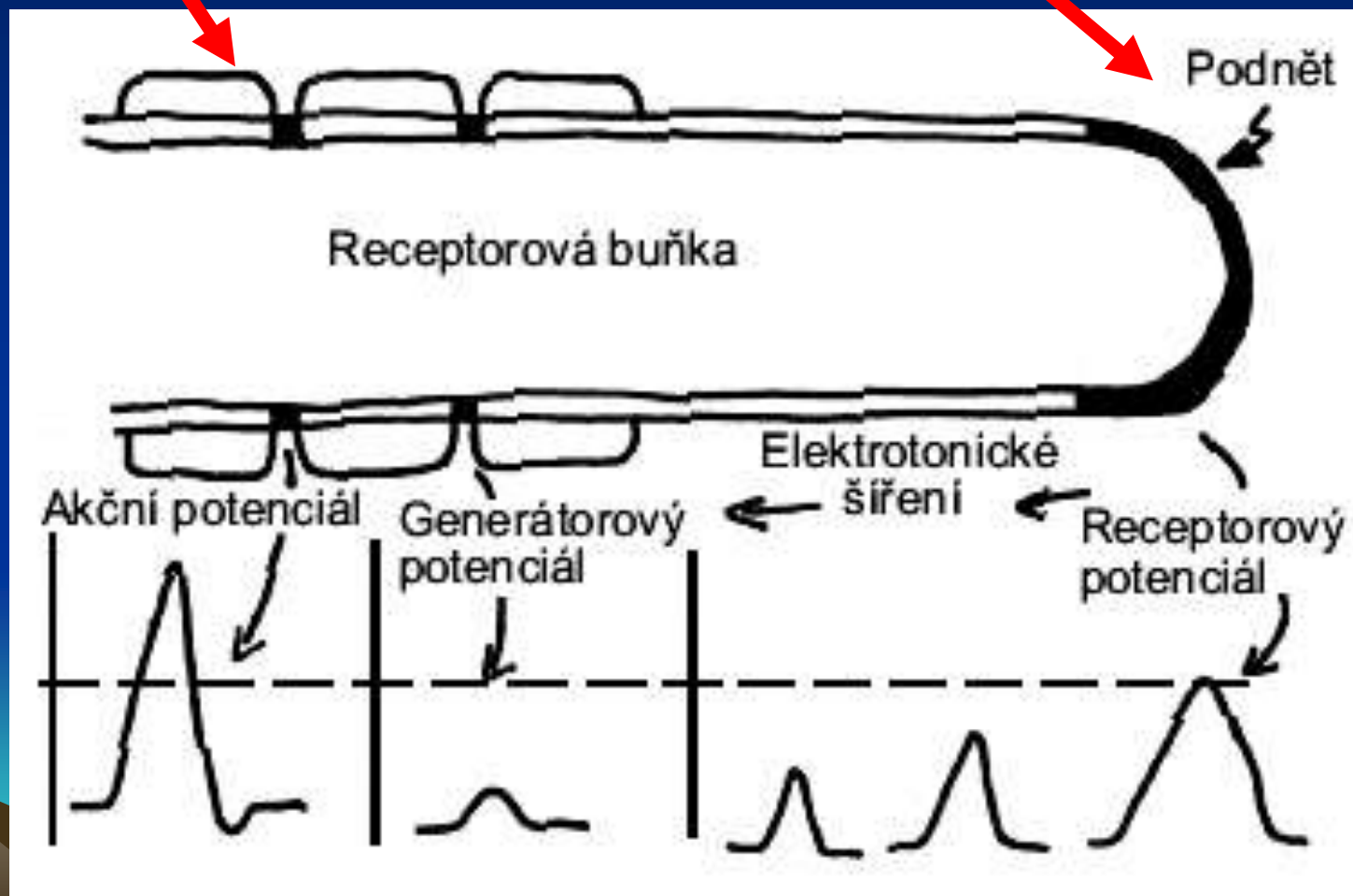
Paralelní dráhy specializované na určitou vlastnost (kvalitu – pohyb odděleně od tvaru).  
V rámci dráhy ještě specializace na konkrétní hodnotu (výšku tónu, chuť) .



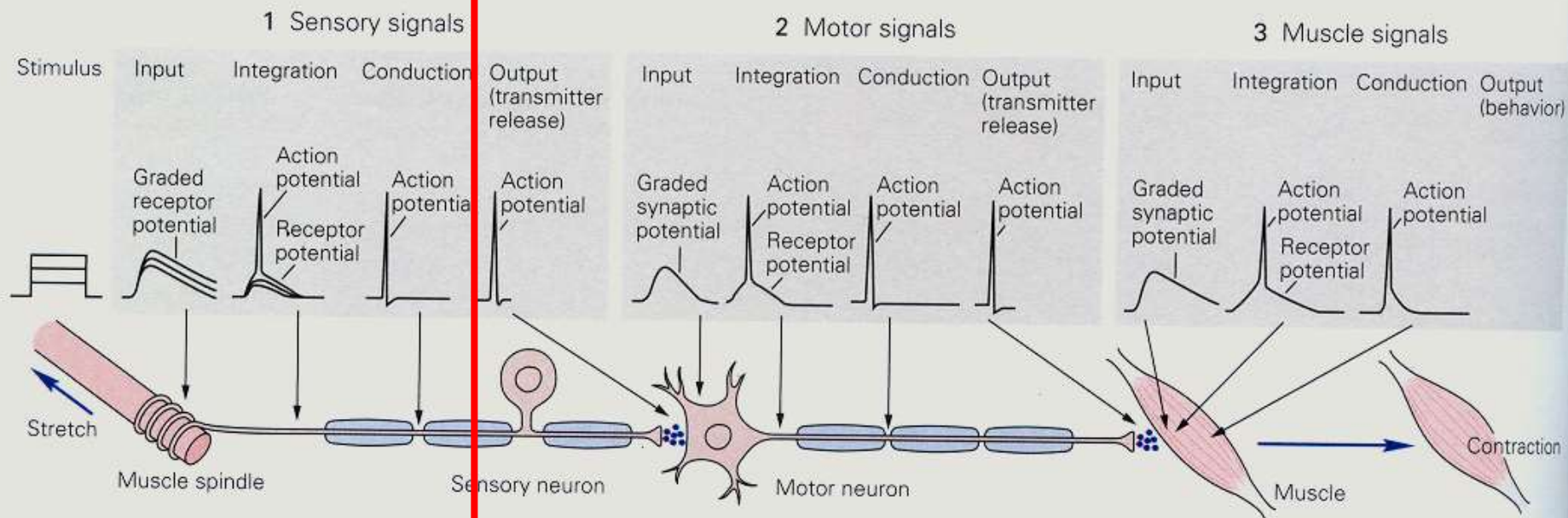
Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

Transformace

Transdukce

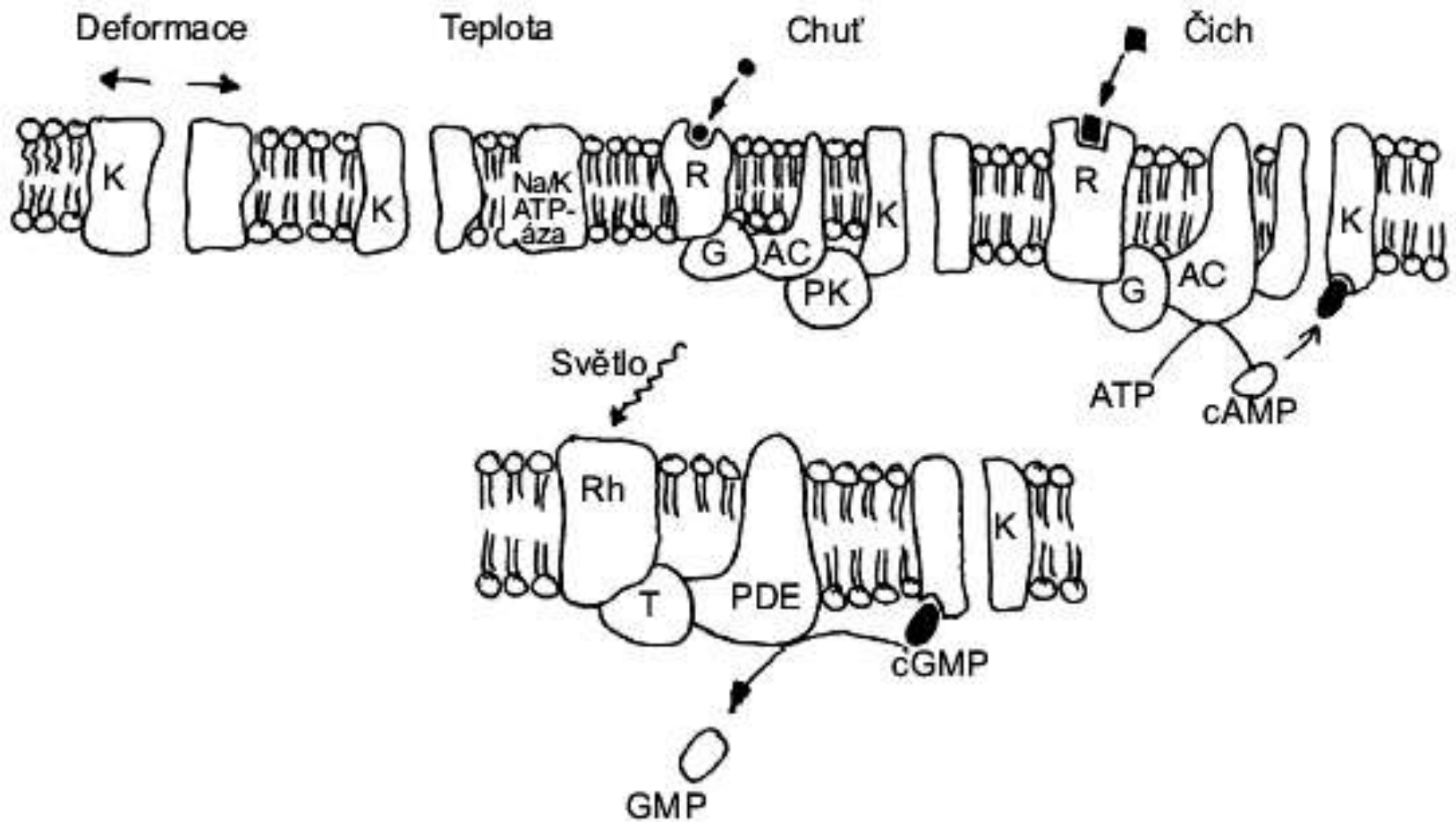


Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.





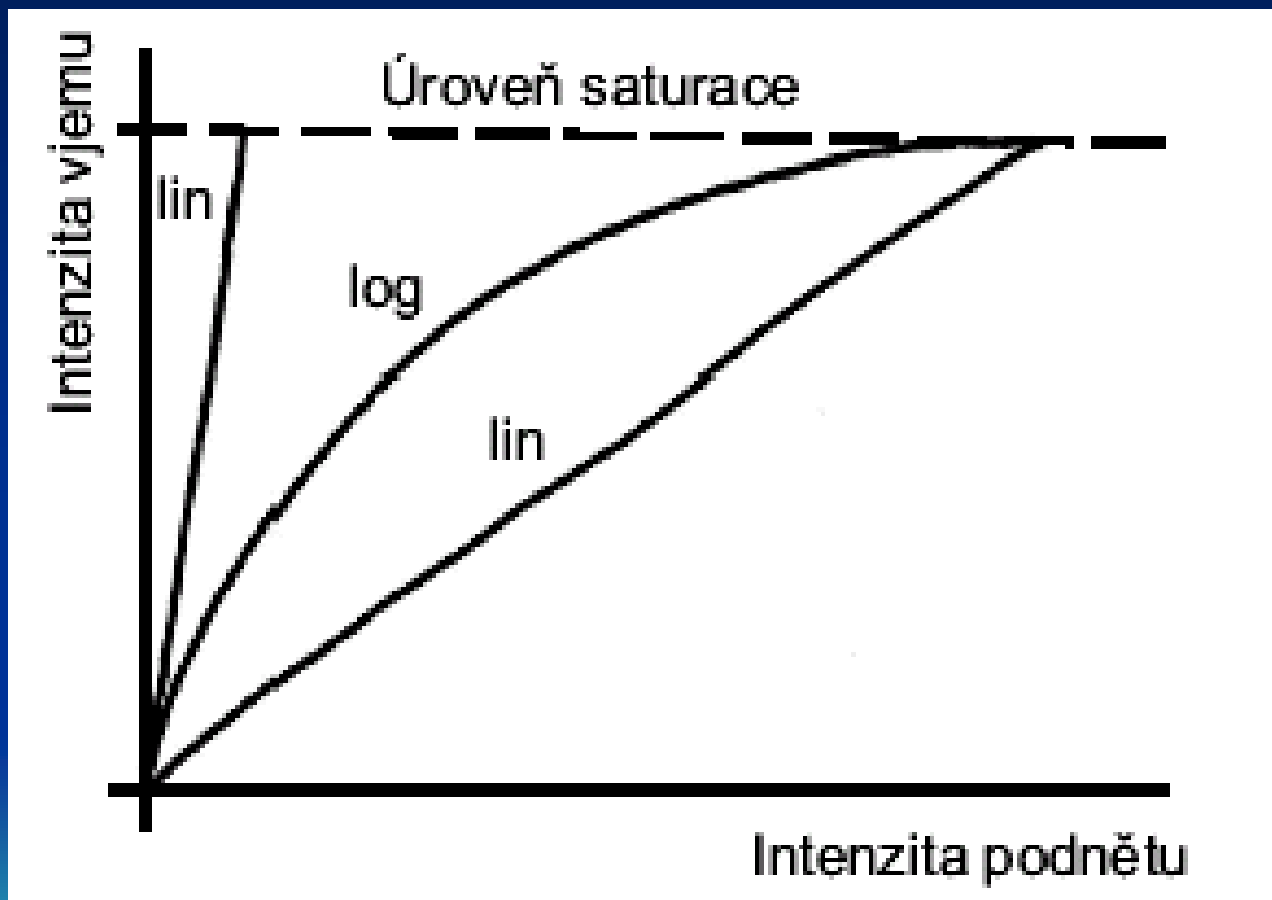
Vlastnosti membrány jsou klíčem pro transdukcii.



Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.

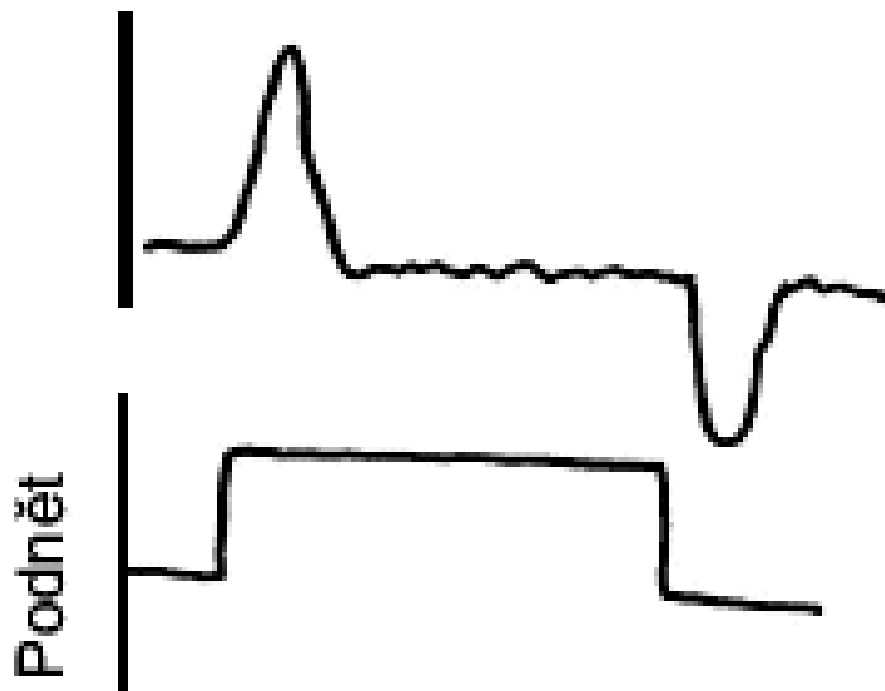
Weber-Fechnerův zákon

Smysl: kompromis mezi rozsahem a citlivostí. Rozliším 1 a 2g, ale ne 1000 a 1001g

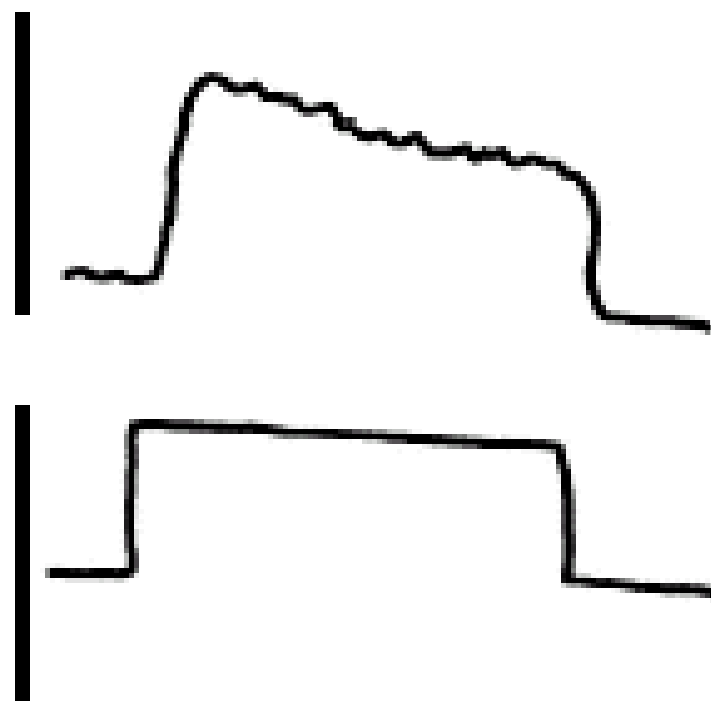


Trvání podnětu a trvání odpovědi.  
Většina receptorů pracuje jako diferenční

Diferenční receptor



Proporcionální receptor



# Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů

