

# Biologie živočichů

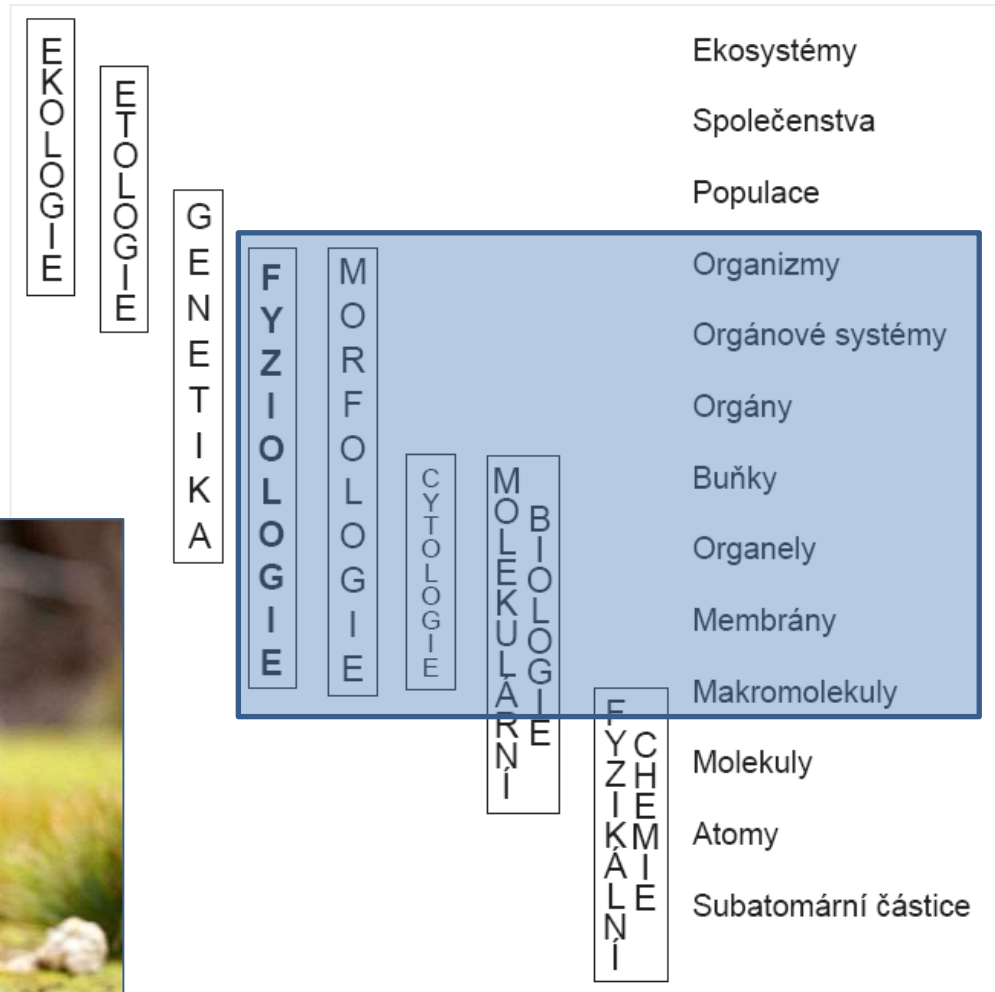
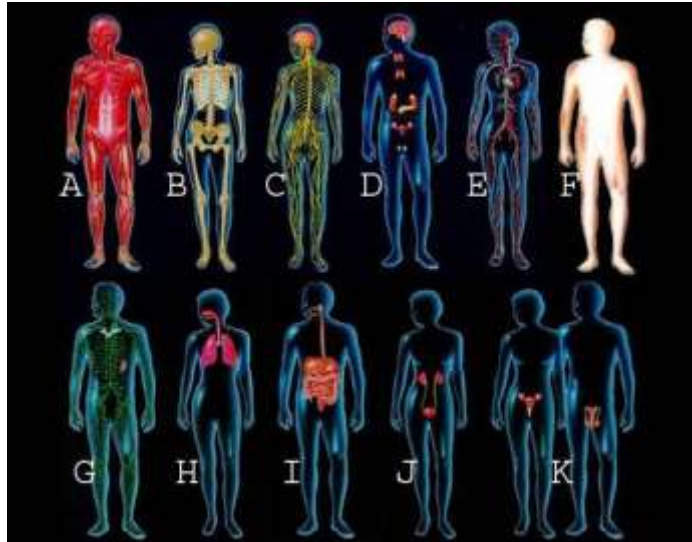
Doc. Martin Vácha  
Doc. Pavel Hyršl  
Dr. Jiří Pacherník  
Dr. Monika Dušková

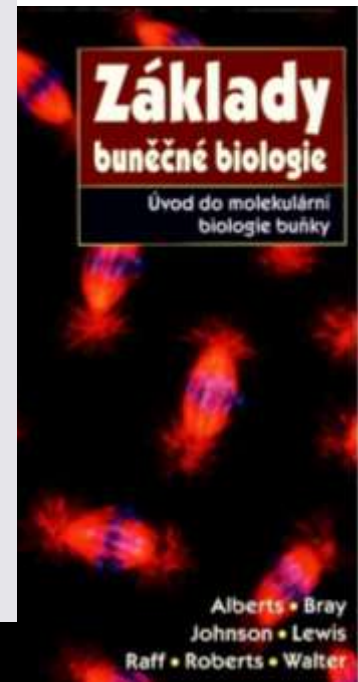
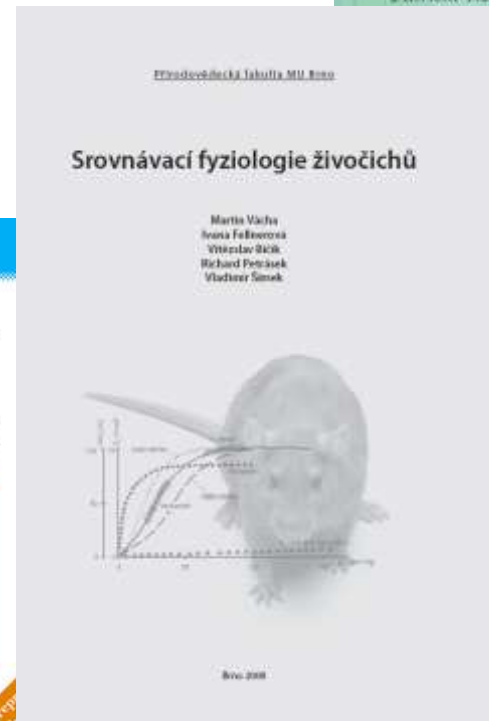
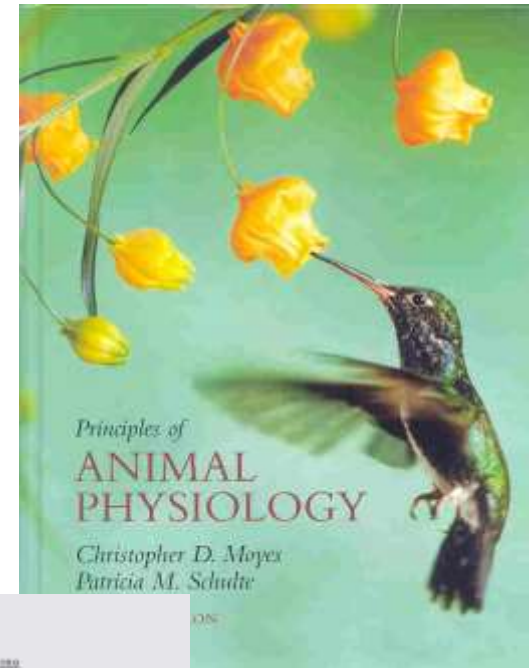
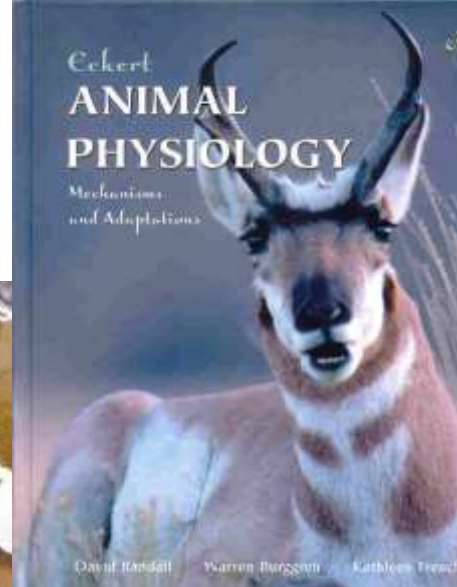
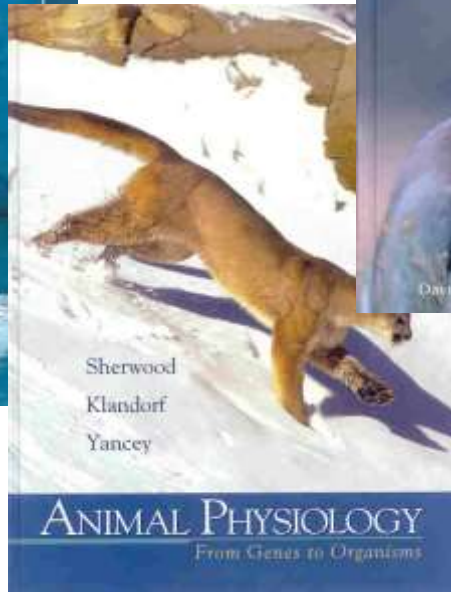
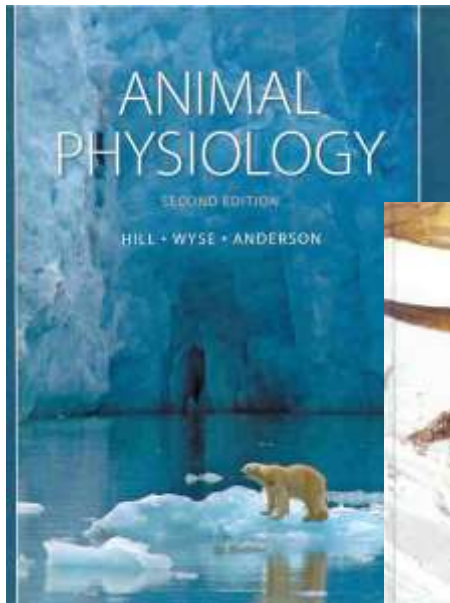


# Biologie živočichů

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

# Fyziologie - kontext





Z čeho studovat?  
Chodit na přednášky?

A vřelá přivítání a doplnění



# 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 proporcí těla
- 8 Fyziologie pohybu
- 9 Funkce bílních 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

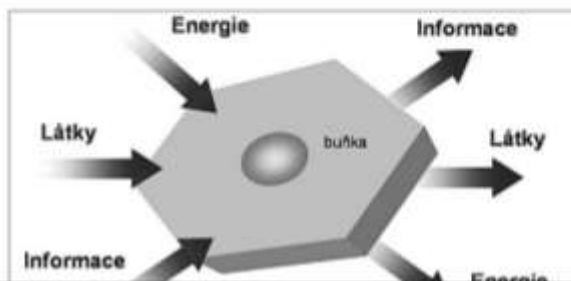
## 2 Fyziologické principy

*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 oddělech věnovaných jednotlivým fyziologickým soustavám.*

### 2.1. Vnitřní a vnější prostředí

Na živý organismus lze pohlížet jako na **otevřený systém s ustáleným vnitřním prostředím**. Vezmeme 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 náhodným 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 oxidační 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. Naprostá 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. Histologie
4. Organologie
5. Homeostáza, adaptace a regulace
6. Obecná neurofyziologie
7. Problém velikosti a proporcí těla
8. Teplota – její vliv a udržování
9. Přeměna látek a energií – metabolismus
10. Cirkulace
11. Fyziologie dýchacího systému
12. Funkce tělních tekutin
13. Imunitní systém
14. Fyziologie pohybu
15. Fyziologie trávení a vstřebávání
16. Exkrece a osmoregulace
17. Hormonální řízení
18. Nervová soustava
19. Speciální fyziologie smyslů
20. Biorytmy

## Test ke zkoušce

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

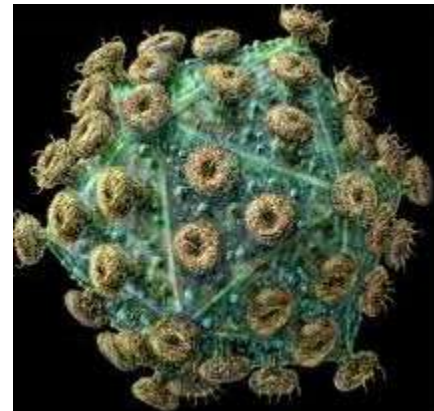
Příklad správné odpovědi na plný počet bodů:

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 dřene nadledvin mobilizují energetické rezervy, zvyšují svalový výkon. Podobně E) kortizol z kůry nadledvin.



# Biologie živočichů

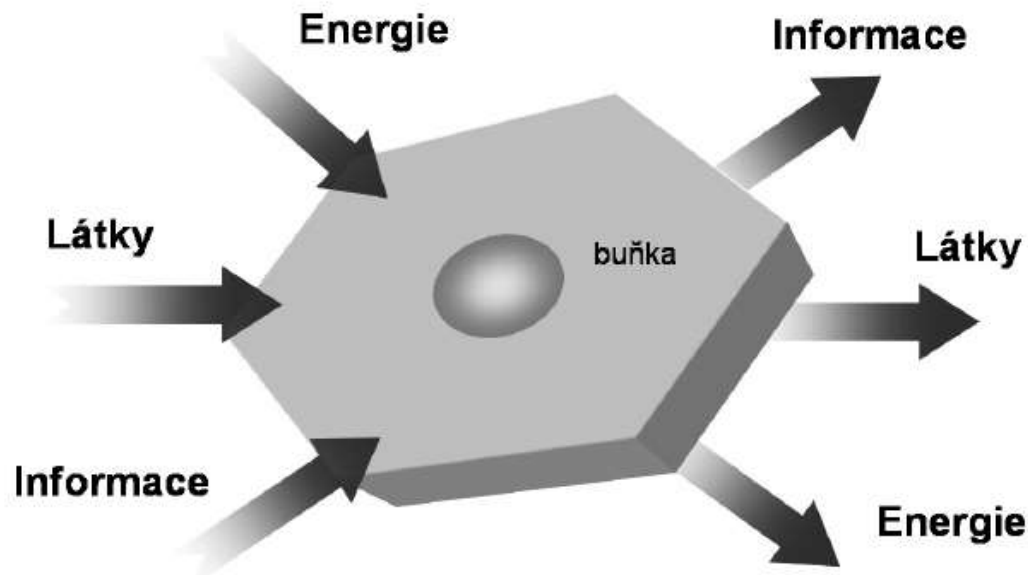
Definice živého: odvodíme nejlépe z funkcí - dynamických procesů, které neživá příroda nemá



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

Figure 2-37 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)



Energie  
k životu

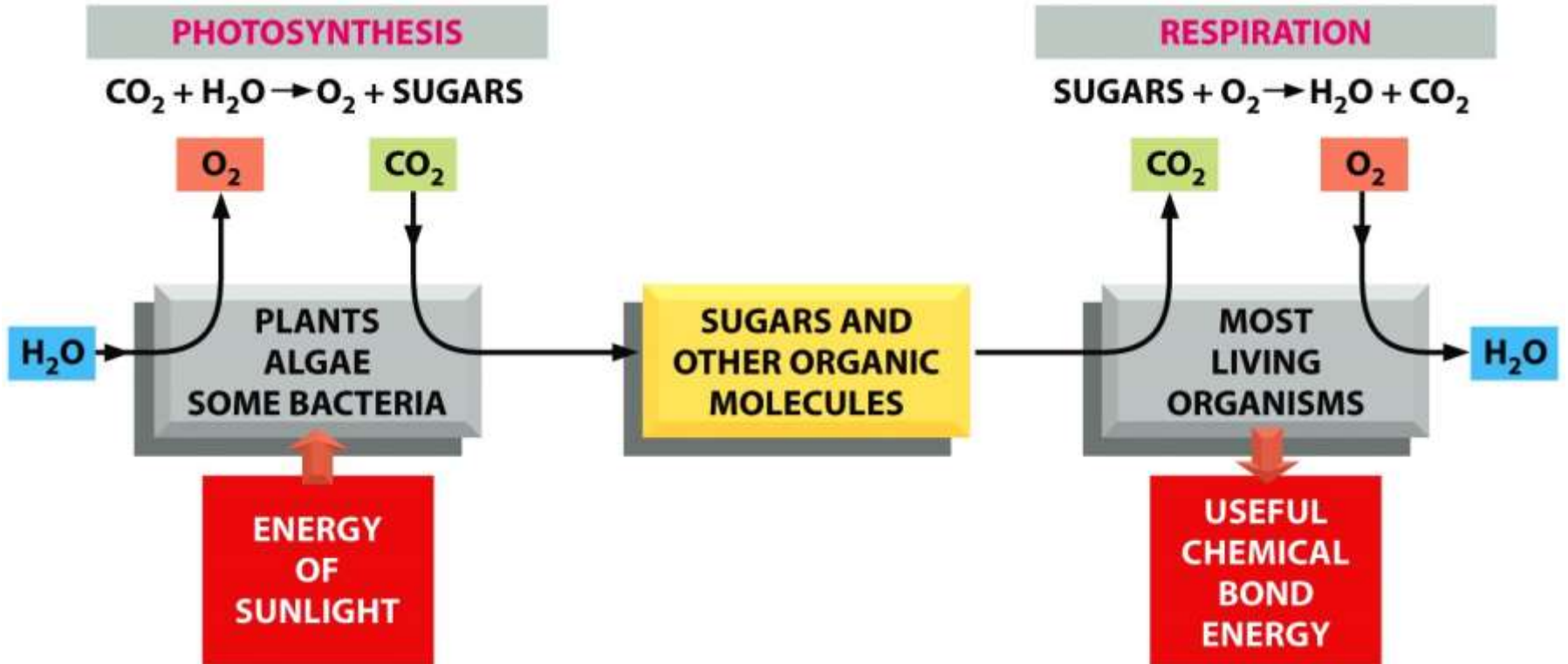
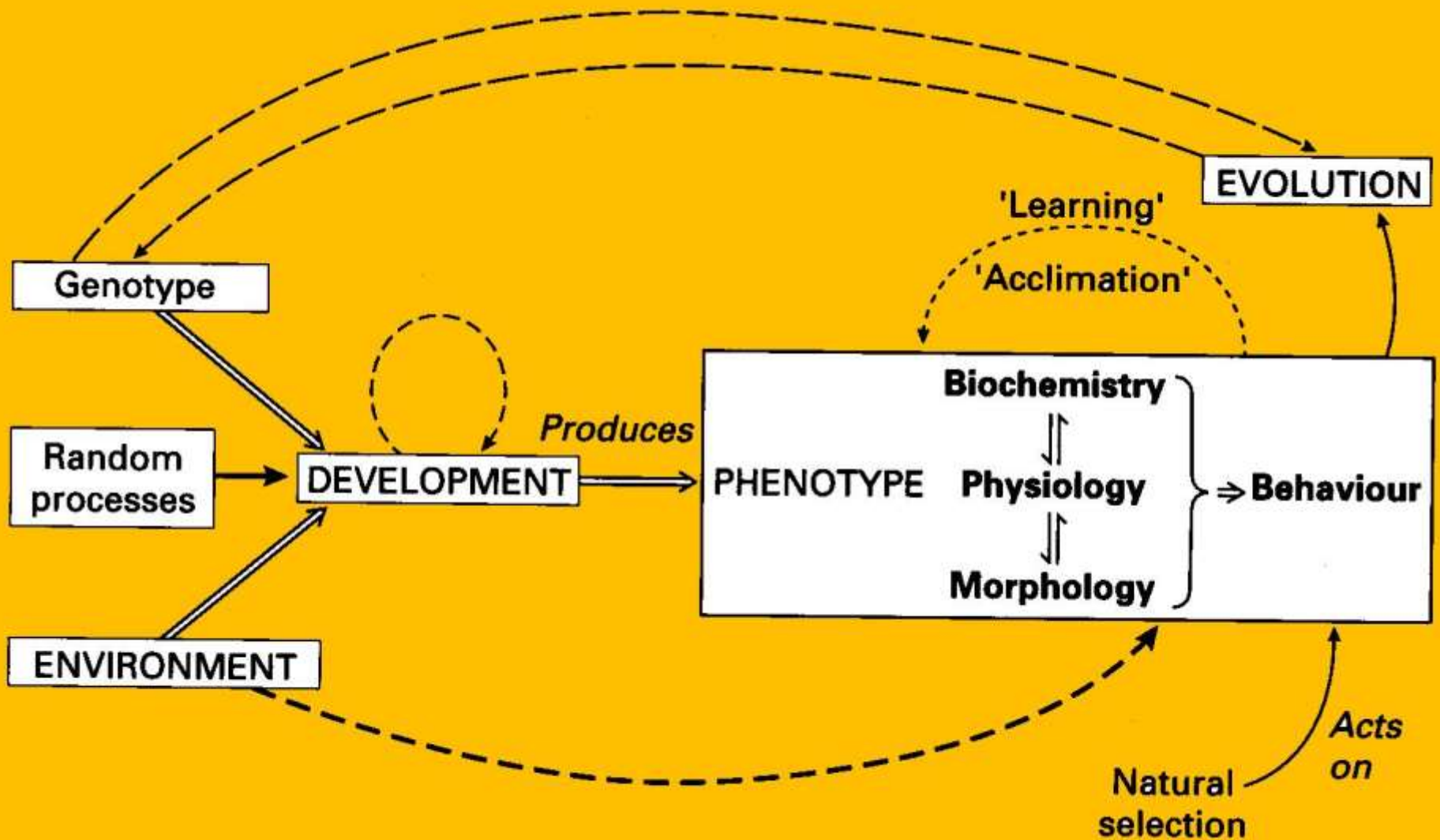
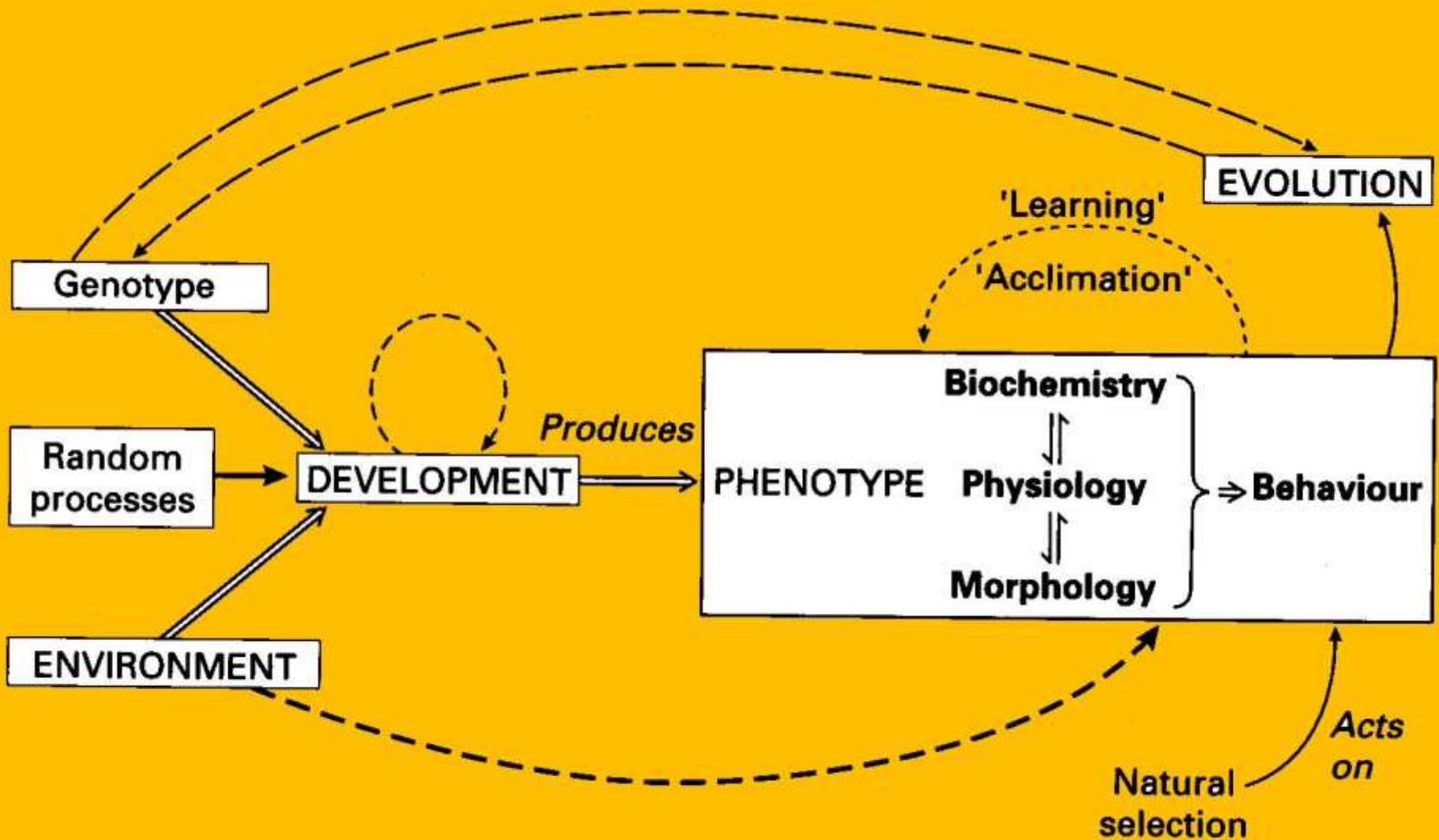


Figure 2-41 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

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 prostředí.



Na biologické vlastnosti se lze dívat ze dvou hledisek:

- mechanistické vysvětlení – jak to funguje,  
proximální, tradiční fyziologický přístup
- evoluční vysvětlení – proč se to vyvinulo,  
teleologické hledání smyslu

Např. svalový třes, pocení, zvracení, trávení atd., atd.



Na biologické vlastnosti se lze dívat ze dvou hledisek:

- mechanistické vysvětlení – jak to funguje, proximální, tradiční fyziologický přístup
- evoluční vysvětlení – proč se to vyvinulo, teleologické hledání smyslu

Např. svalový třes, pocení, zvracení, trávení atd., atd.

Znaky vznikají náhodně (?) a ty, které překážejí, selekcí mizí. Mluví se tedy o nich jako o adaptacích – pomáhají zvýšit životaschopnost.

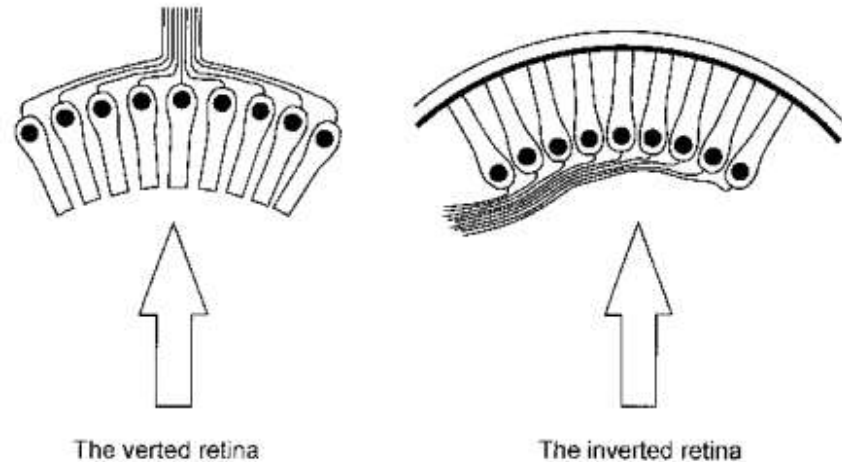
Evoluční pohled nabízí teleologická vysvětlení – hledání logiky věcí. Odpověď na otázku proč? K čemu dobré?

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.

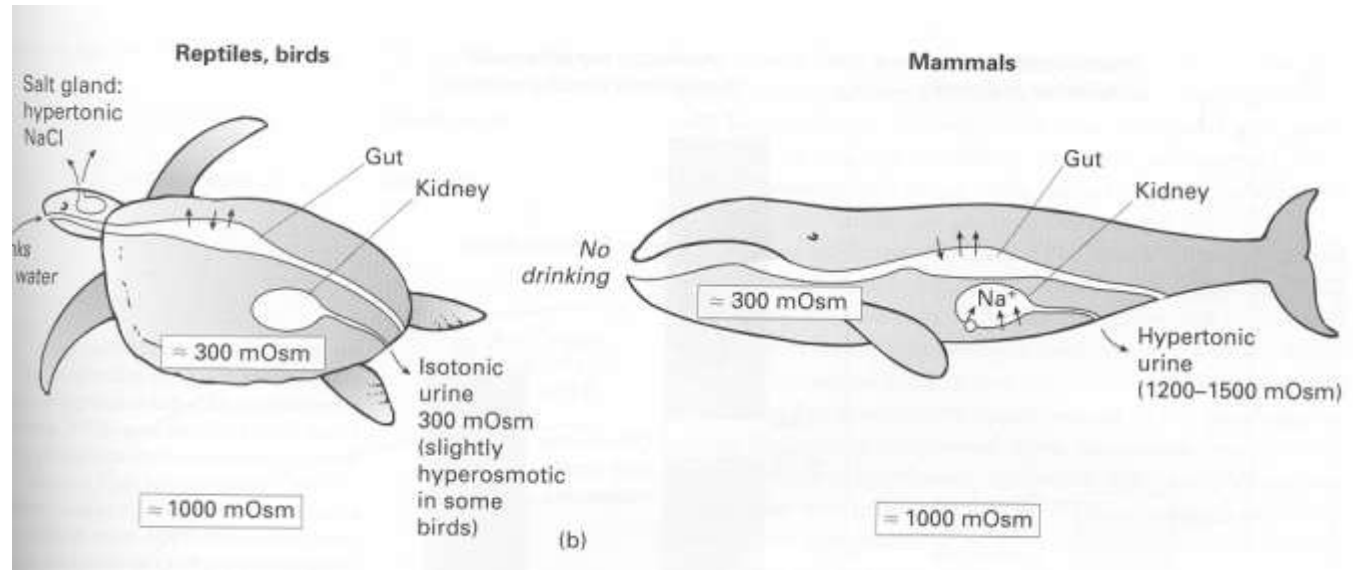
- Inverzní oko obratlovců



- Lidský genom je zaneřáděn dříve funkčními geny a většina zřejmě nic nekóduje. Některé geny máme po virech a bakteriích!

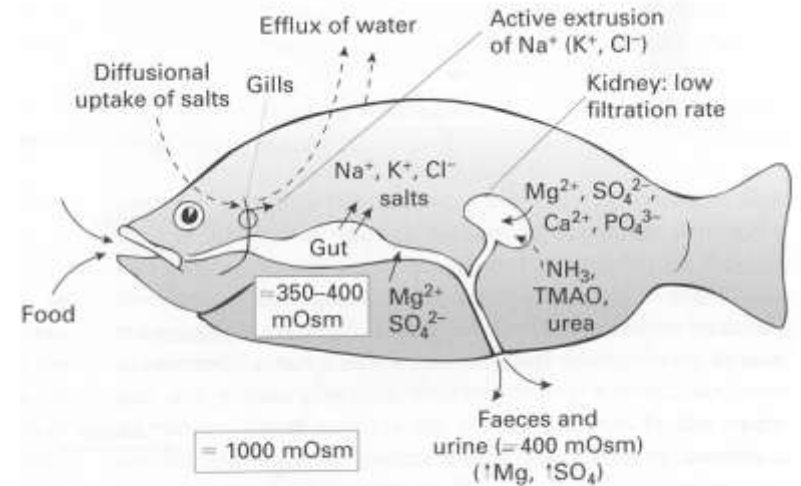
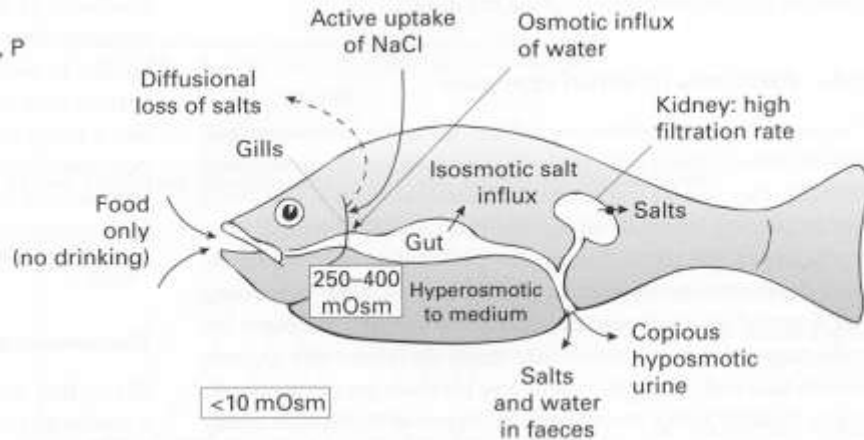
Srovnávací a evoluční přístup – vidí vývojové  
(historické) a environmentální souvislosti

# Prostředí a historie určuje funkční i stavební znaky



ve sladké vodě

v moři





Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo



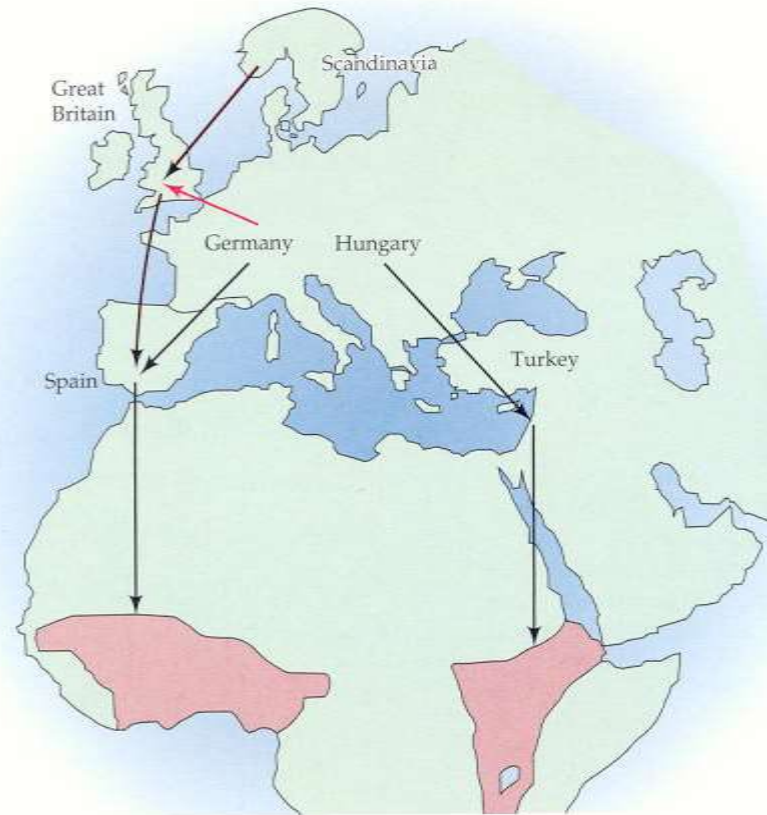
Morfologie a funkce  
Allenovo a Bergmanovo pravidlo

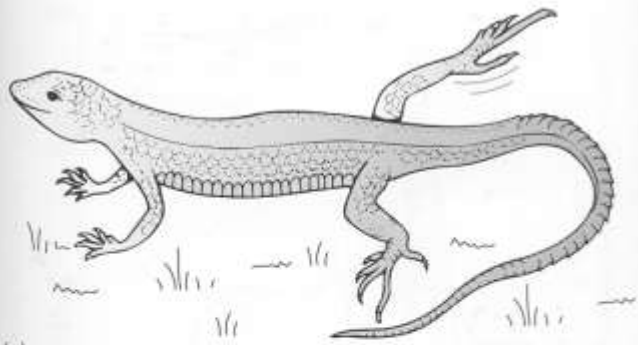


Blackcap warbler

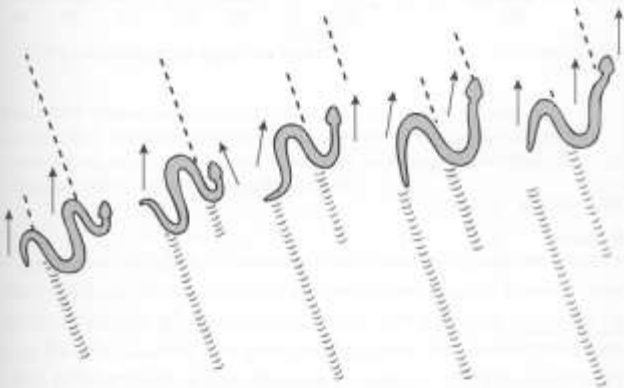
## Chování jako adaptace

**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.

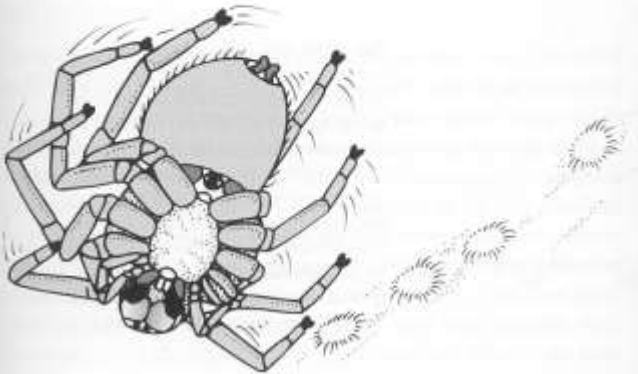




(a)



(b)



(c)

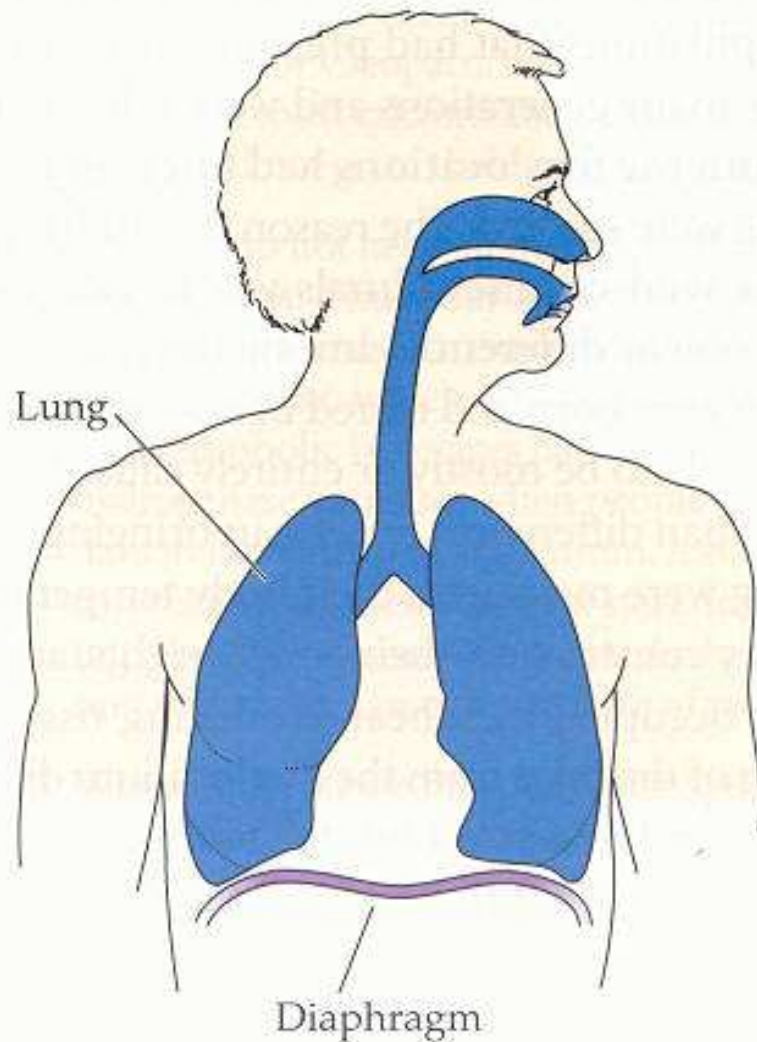


Chování jako adaptace

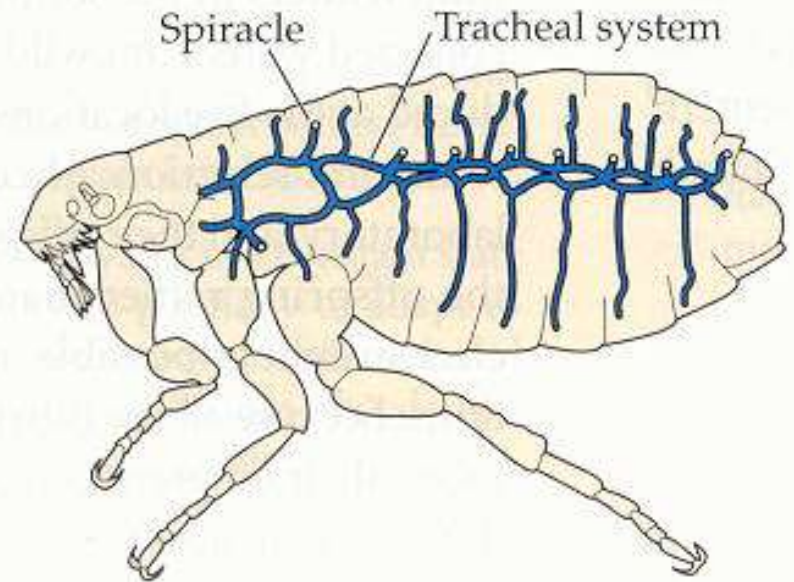


# Různá řešení téhož problému

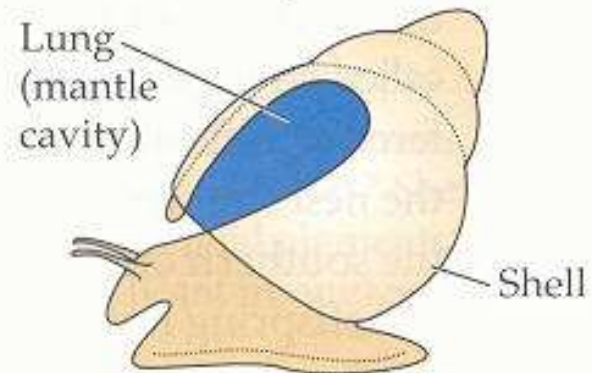
(a) Human (Phylum Chordata)



(b) Insect (Phylum Arthropoda)

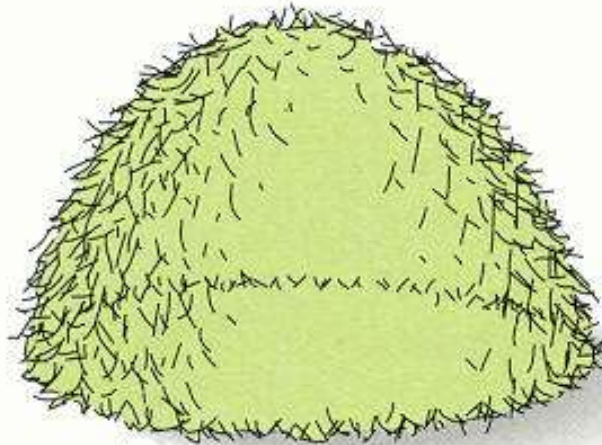


(c) Land snail (Phylum Mollusca)



# I velikost určuje stavbu těla a funkce

(a) Meadow vole



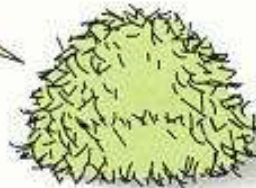
175 g

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



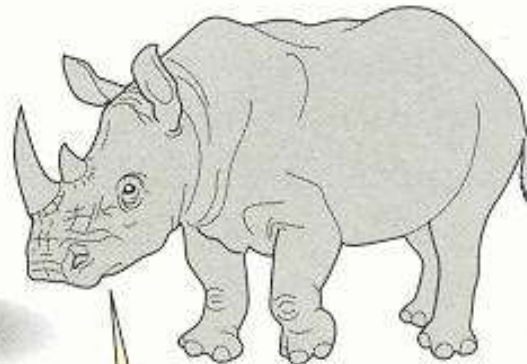
30 g

(b) White rhino



650 kg

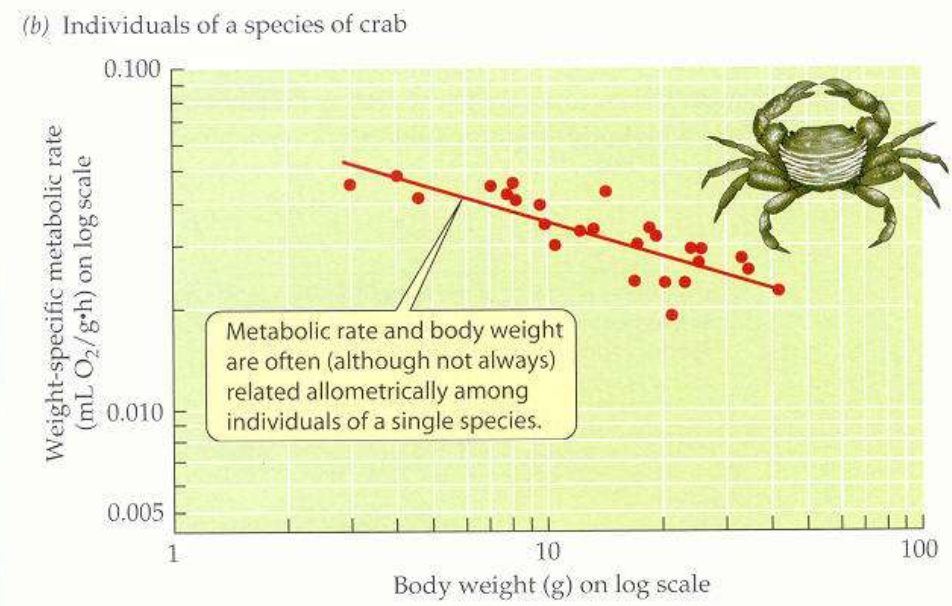
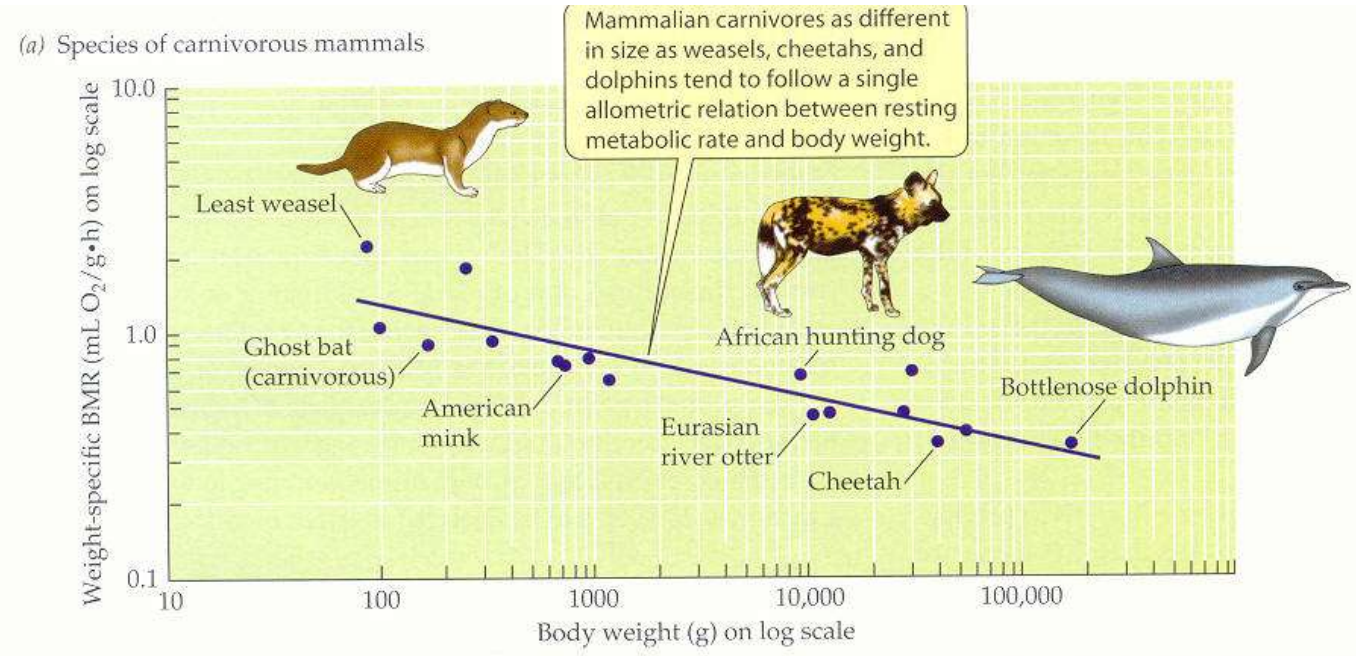
These piles of tightly packed forage are sized correctly relative to the sizes of the animals.



1900 kg

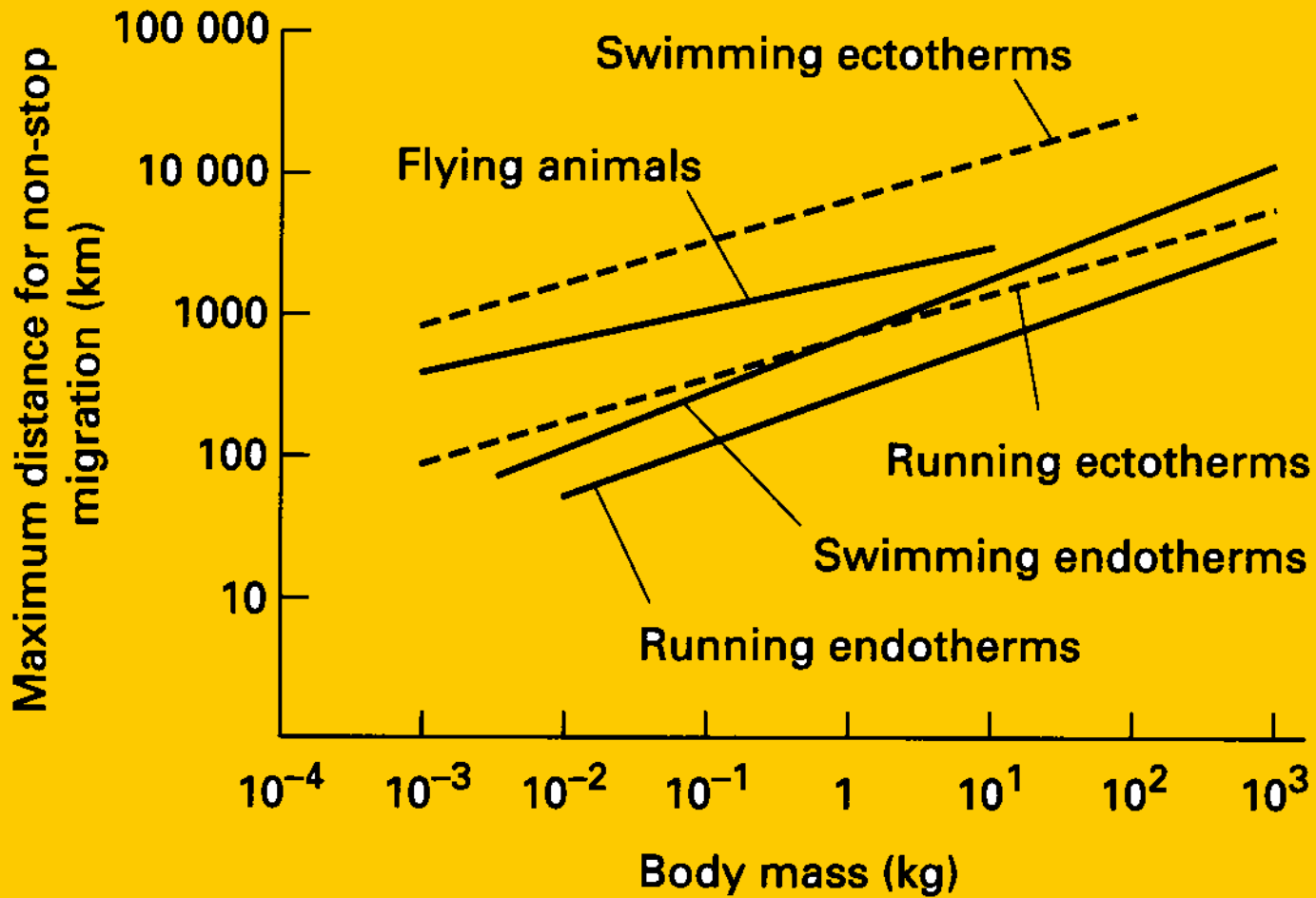
The rhino, on the other hand, eats only a third of its body weight in 1 week to meet its energy needs.

Čím větší tím  
úspornější



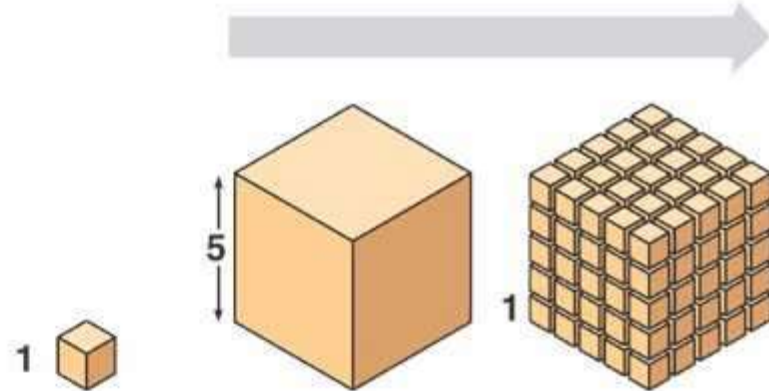
**Figure 5.10 Metabolic rate and body weight are linearly on log-log coordinates.** (a) A log-log plot of resting metabolic rate as a function of body weight for mammals that eat primarily vertebrate flesh, plotted on log-log coordinates. The points represent individual species, and the line is a power 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 temperature of 20°C. The point represents a particular individual, and the line is a power law fitted to the points. See Appendix 1 for more details on log-log layouts. (a after McNab 1986; b after

Nejtěžší se při non-stop migracích dostanou nejdál



# Poměr Povrch/Objem a maximalizace povrchu

Surface area increases while total volume remains constant

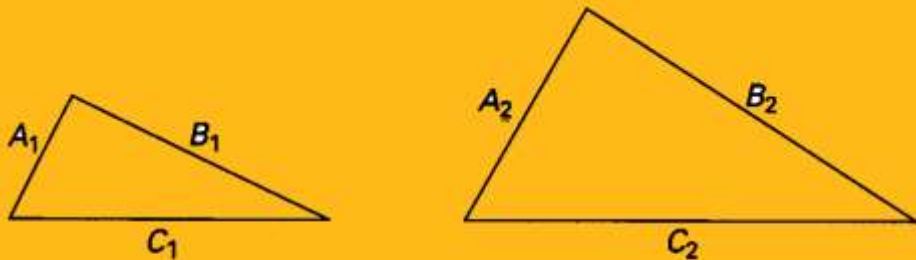


Total surface area (height × width × number of sides × number of boxes)	6	150	750
Total volume (height × width × length × number of boxes)	1	125	125
Surface-to-volume ratio (surface area / volume)	6	12	6

Velikost limituje funkcce



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

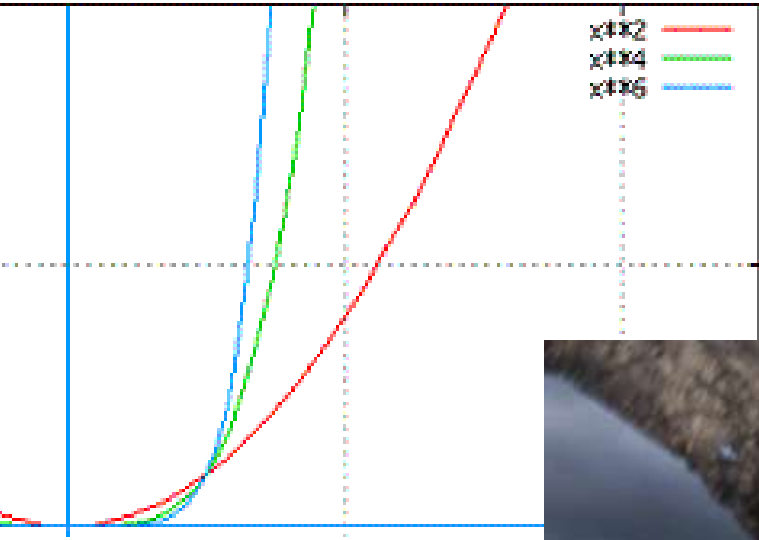


$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{C_1}{C_2} = k$$

izometrické trojúhelníky



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

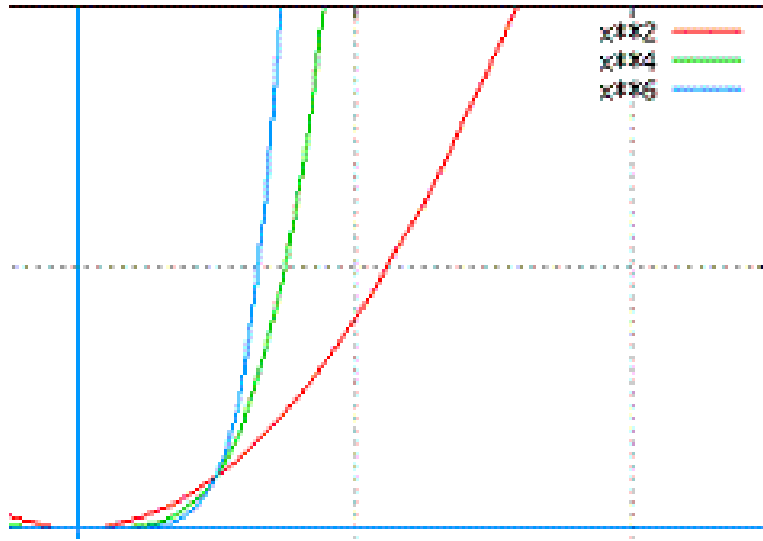


allometrické vztahy





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



allometrické vztahy

Velikost těla je limitem pro:

svalový výkon – pohyb a opora těla

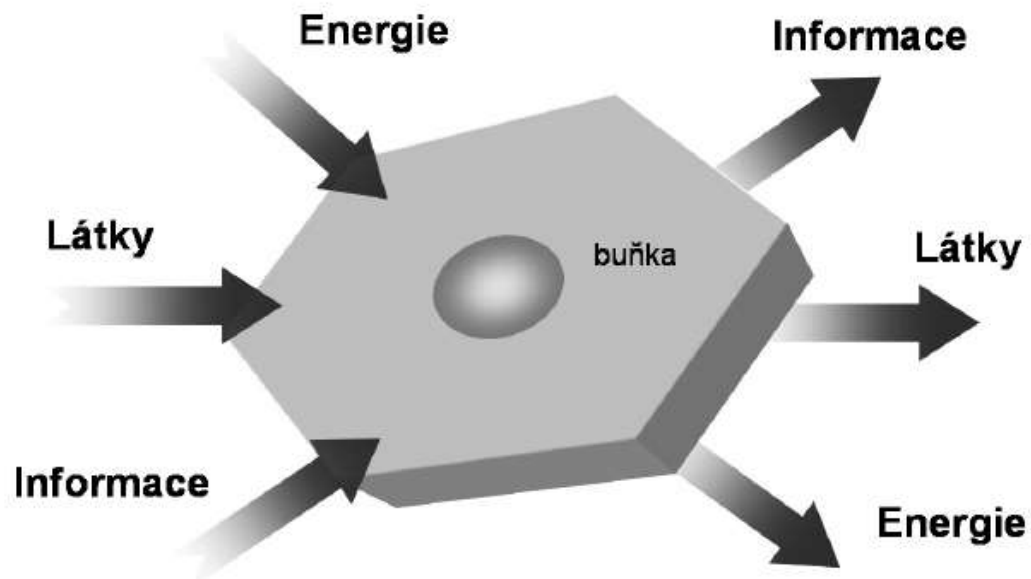
udržování stálosti uvnitř těla – energetiku

termoregulaci

transport difúzí – složitost stavby

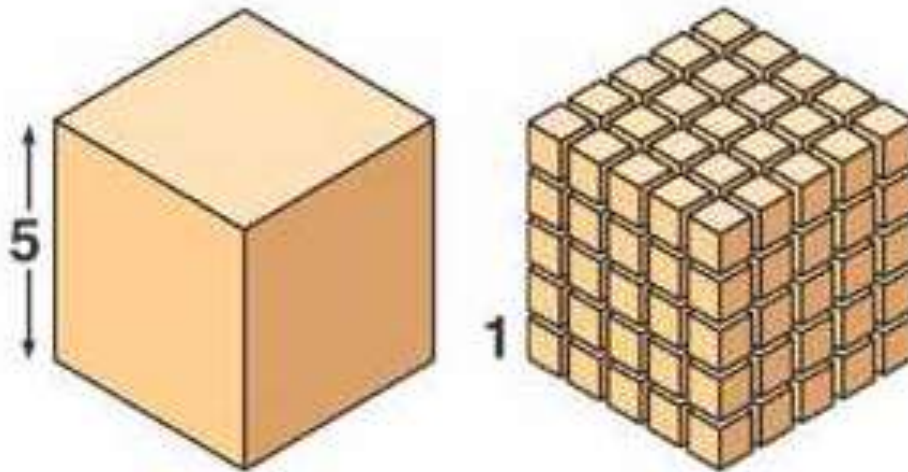
Udržení organizovanosti navzdory chaosu  
-základní vlastnost živých organismů.  
Udržení stálosti vnitřního prostředí - homeostázy.

Od jednobuněčných k mnohobuněčným.



Podmínky vnitřního a vnějšího prostředí se liší.  
Vnější navíc kolísají, vnitřní musejí být stále  
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



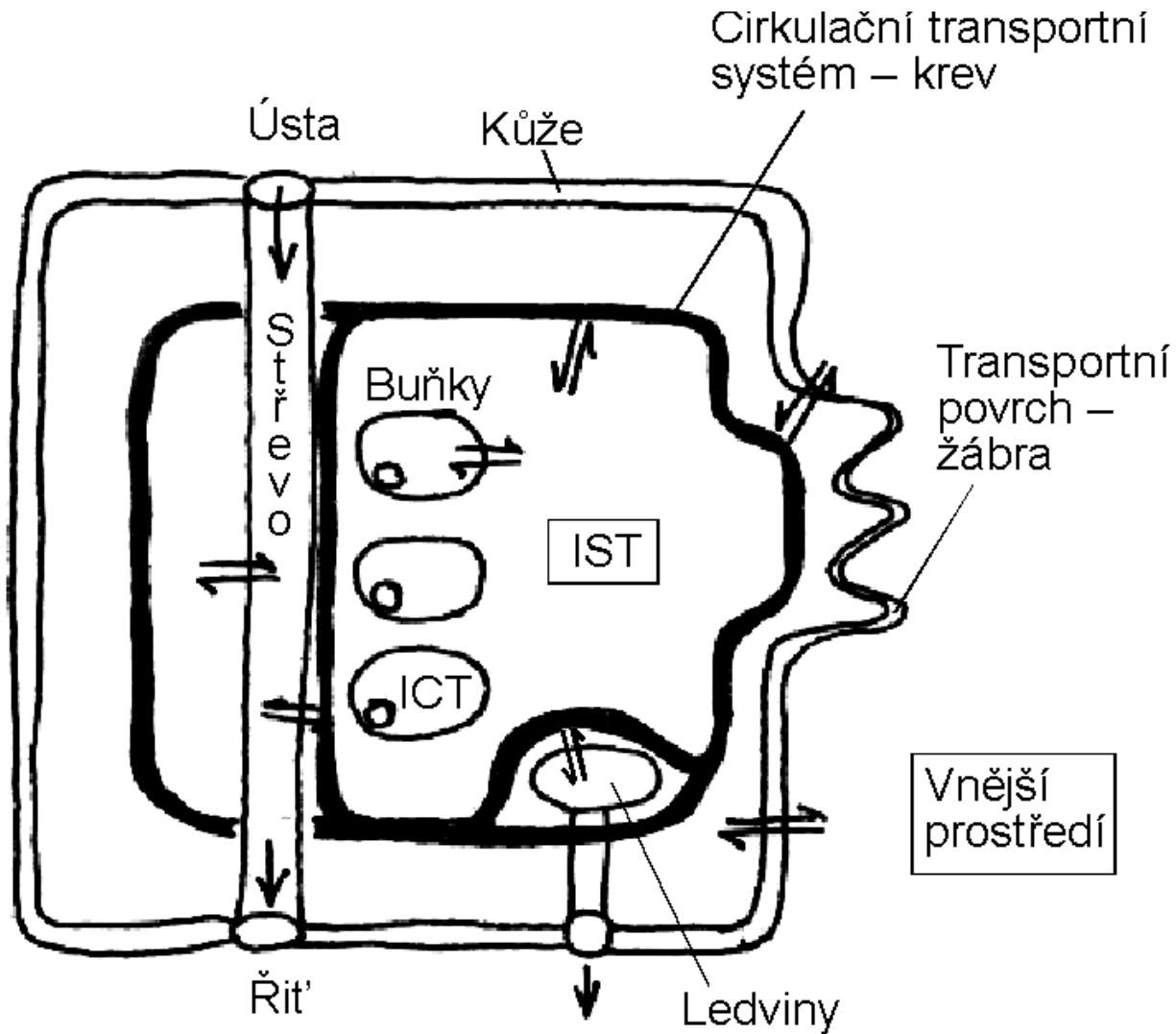
Homeostáza, adaptace, regulace

Podmínky vnějšího prostředí kolísají, vnitřní musí být stálé.

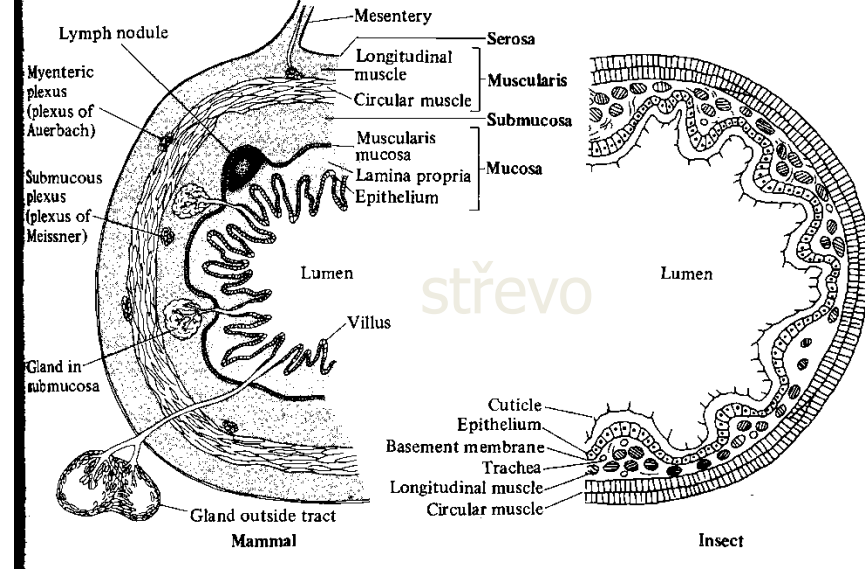
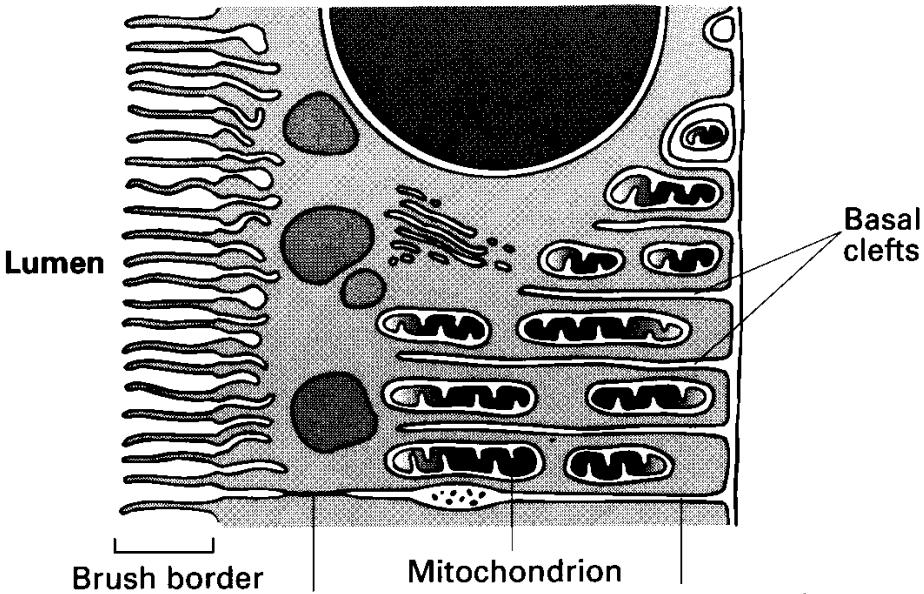
Co je potřeba hlídat pro udržení homeostázy?

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

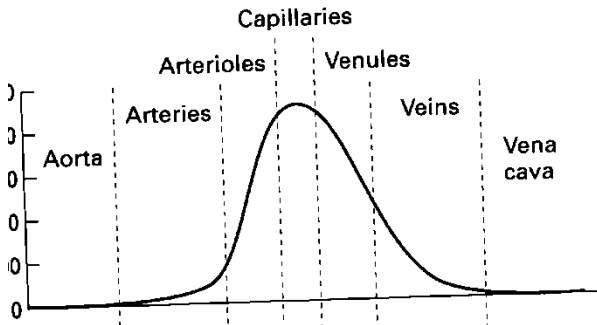
# Vznik orgánových soustav u mnohobuněčných - péče o stálost vnitřního prostředí



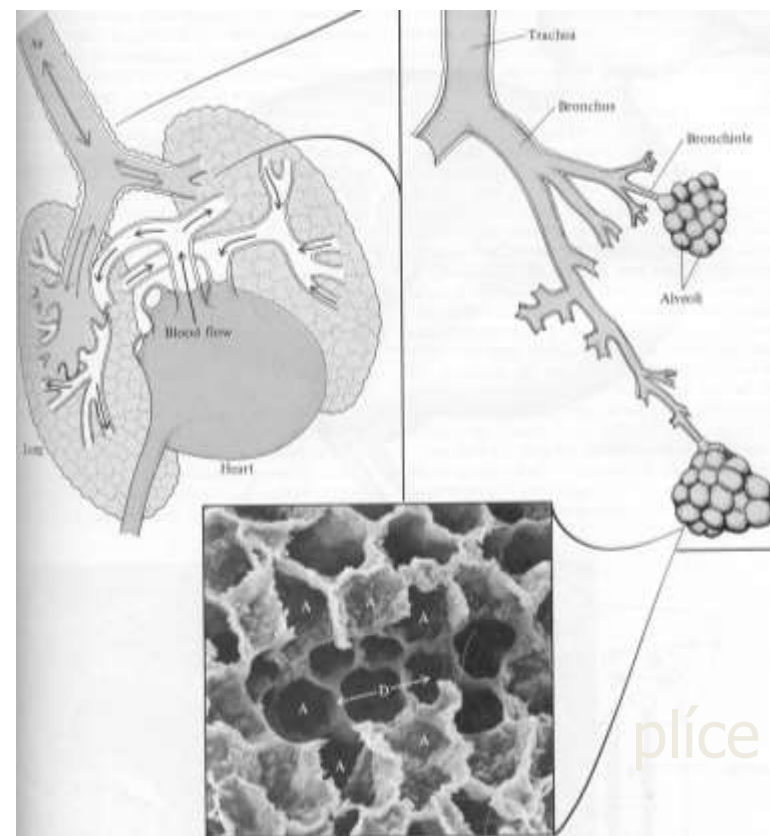
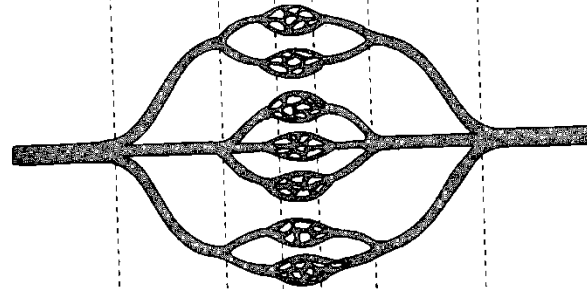
# Vnitřní kontaktní rozhraní musí mít velkou plochu



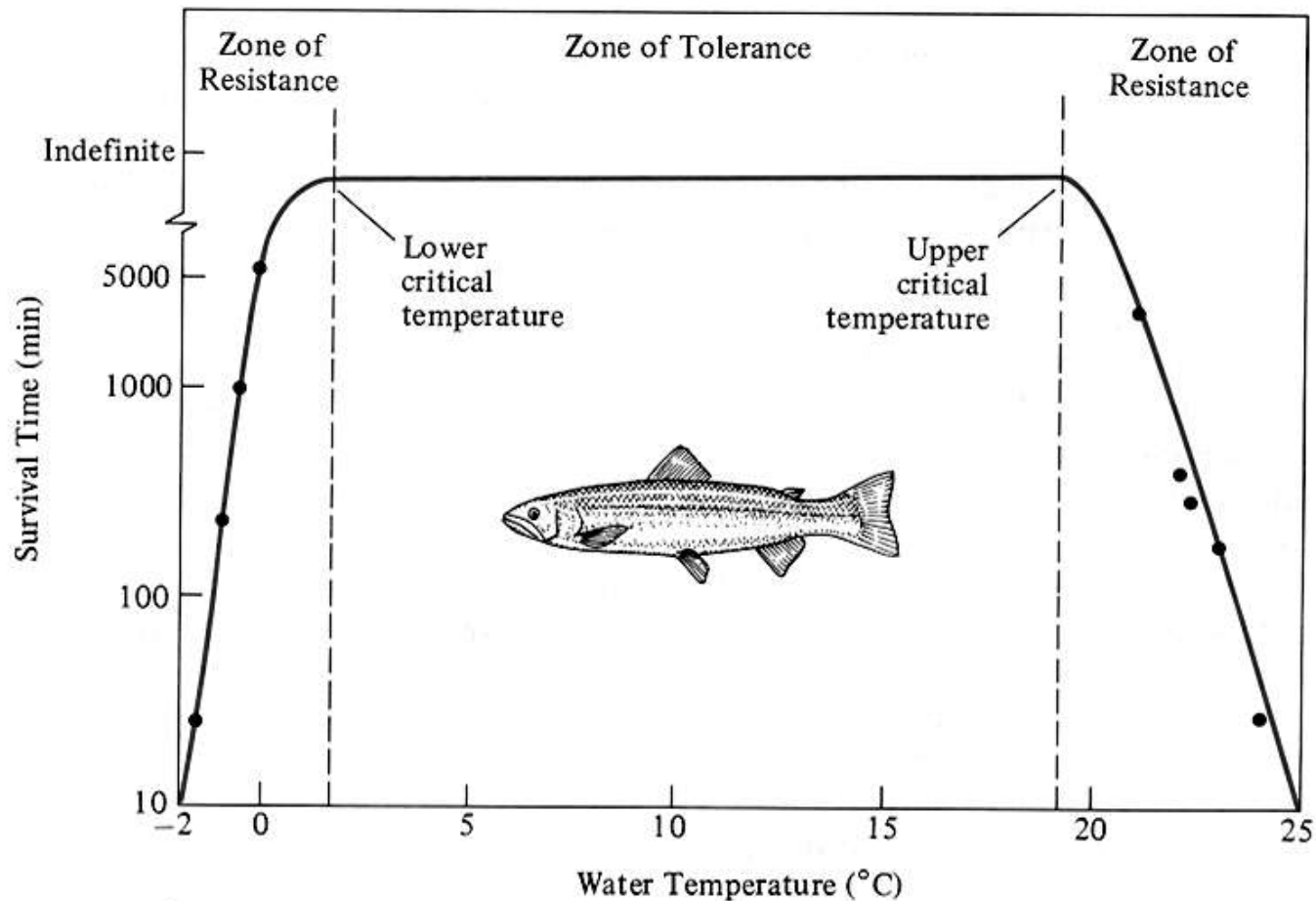
## ledvinný tubulus



## kapiláry



# Podmínky vnějšího prostředí kolísají: Homeostáza, adaptace, regulace



Optimum a jeho  
hranice

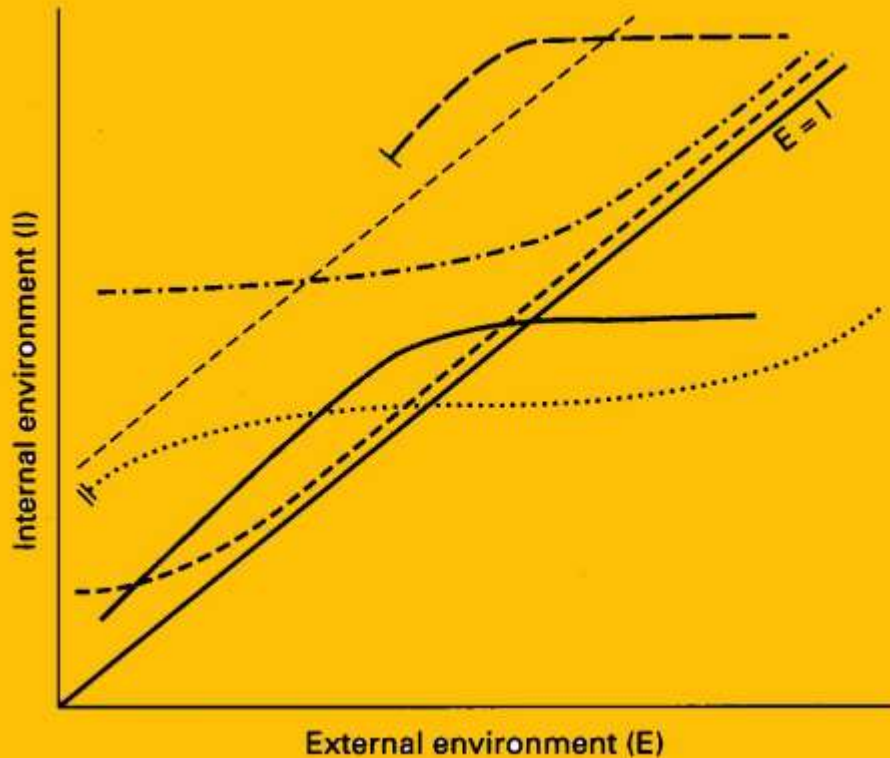
Ne všem se ale homeostáza vyplatí  
Různé adaptační strategie na změnu životních podmínek

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

Volba strategie souvisí s tělní stavbou a velikostí těla.



# „Konformeři“ a regulátoři.

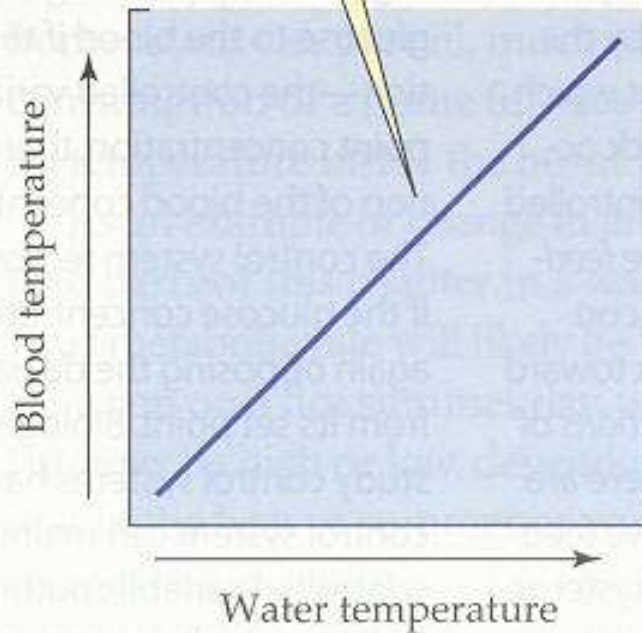


- 'Conformer', but some regulation at extreme low E
- ..... 'Regulator', but less efficient at extremes
- . - . - . Typical 'partial' regulator, conforming in relatively normal conditions but regulating as conditions get more difficult
- Essentially a conformer (parallel to  $E = I$  line), but internal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

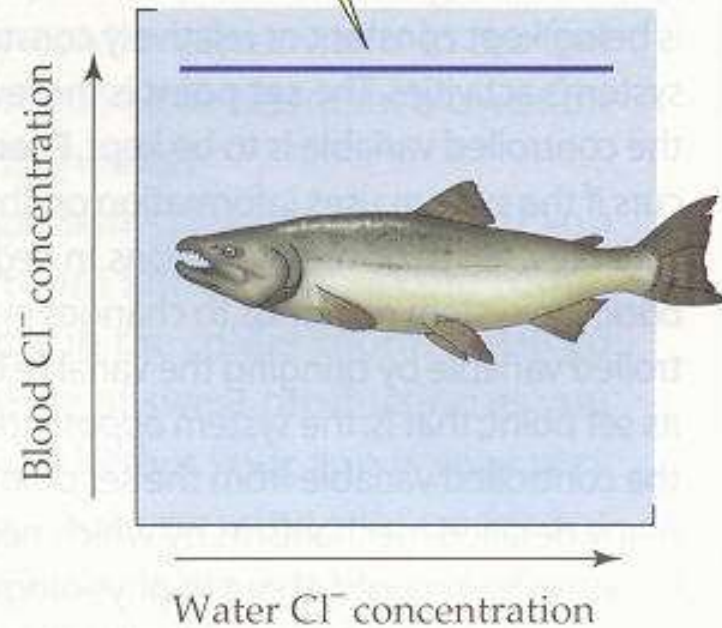
(a) Temperature conformity

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

### Characteristics of r- and K-selected organisms

#### r-organisms

short-lived  
small  
weak  
waste a lot of energy  
less intelligent  
have large litters  
reproduce at an early age  
fast maturation  
little care for offspring  
strong sex drive  
small size at birth

#### K-organisms

long-lived  
large  
strong or well-protected  
energy efficient  
more intelligent  
have small litters  
reproduce at a late age  
slow maturation  
much care for offspring  
weak sex drive  
large size at birth

**Note:** *Not all characteristics apply to all organisms. It is not suggested, for example, that some bacteria have a stronger sex drive or are more intelligent than others. From Principa Cybernetica, <http://pespmc1.vub.ac.be/DEFAULT.html>*

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

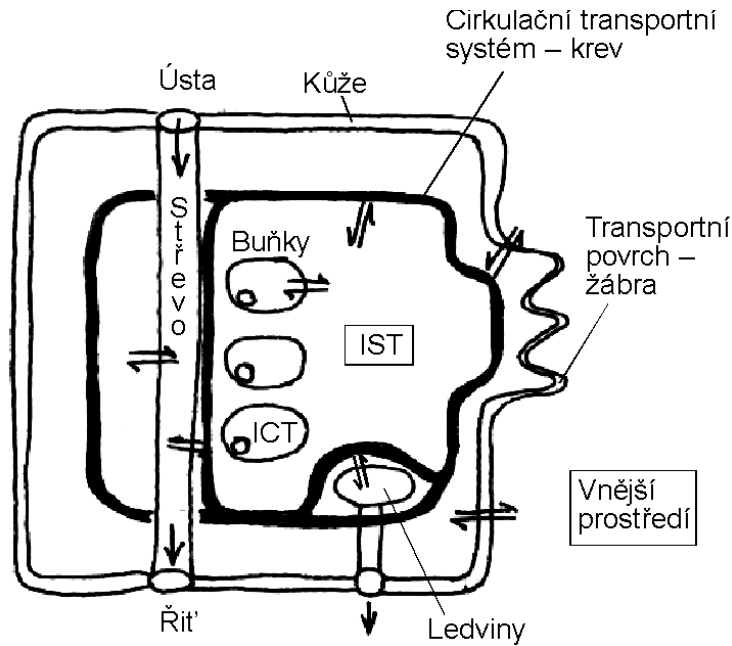
**R- stratég:** vyšší důraz na rozmnožování a mobilitu potomstva, přičemž kvalita a konkurenceschopnost je odsunuta do pozadí. Rychle roste, rychle se množí, jsou malí, bez péče o potomstvo. Mnoho potomků, velká mortalita. Výhodné v raných stádiích osidlování.



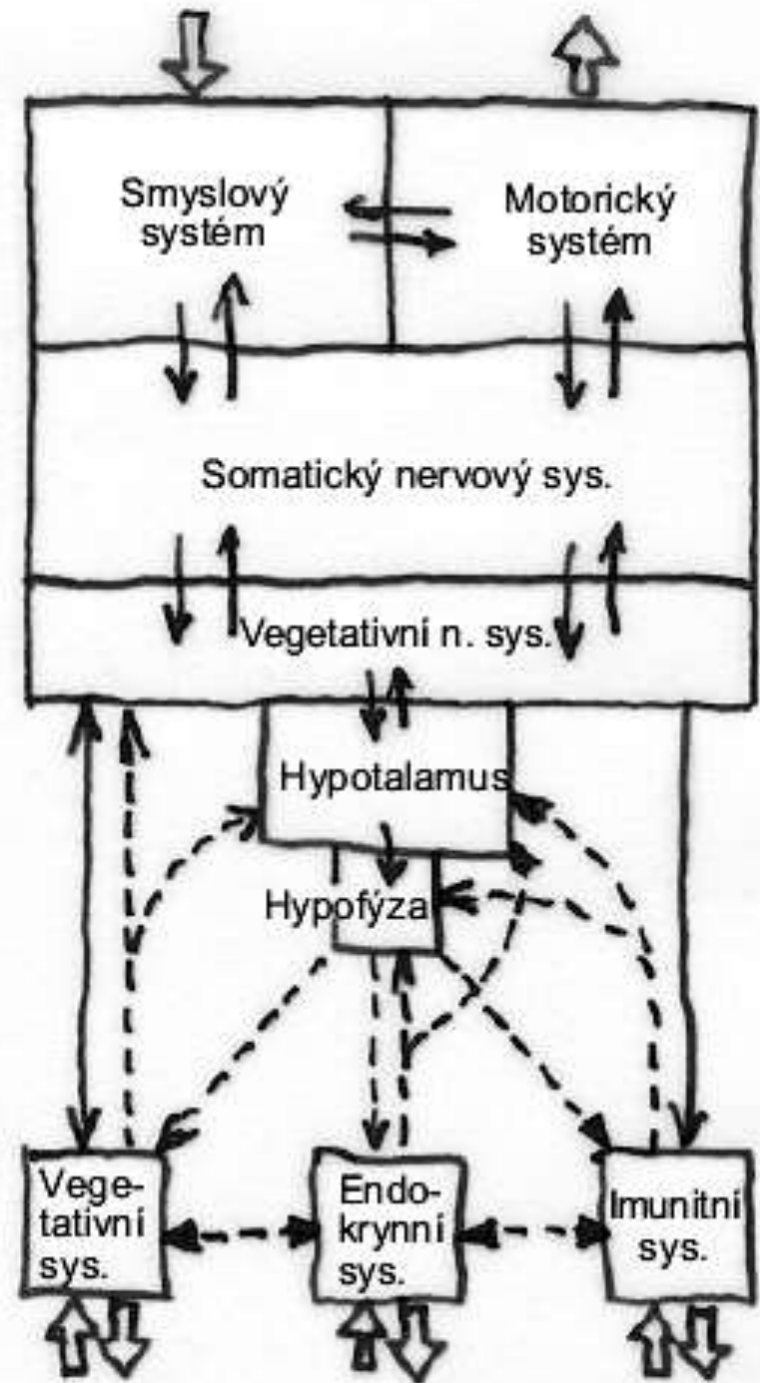
**K-stratég** je organismus, který ve své životní strategii uplatňuje vyšší důraz na kvalitu a konkurenceschopnost potomstva, přičemž jeho kvantita a mobilita je odsunuta do pozadí. Maximálně využívají stabilní prostředí.



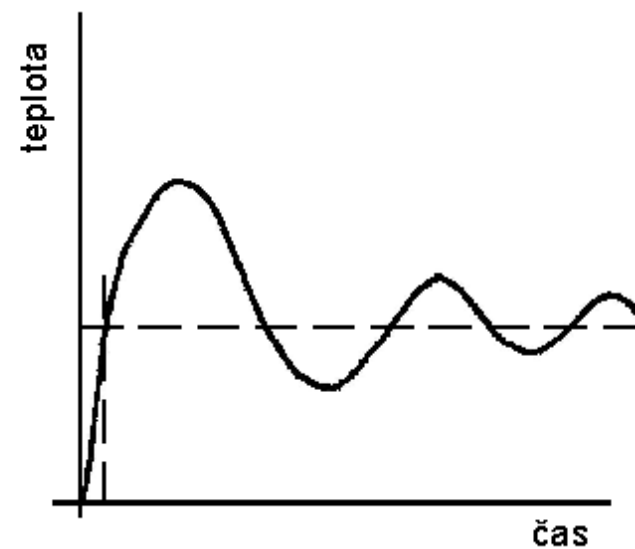
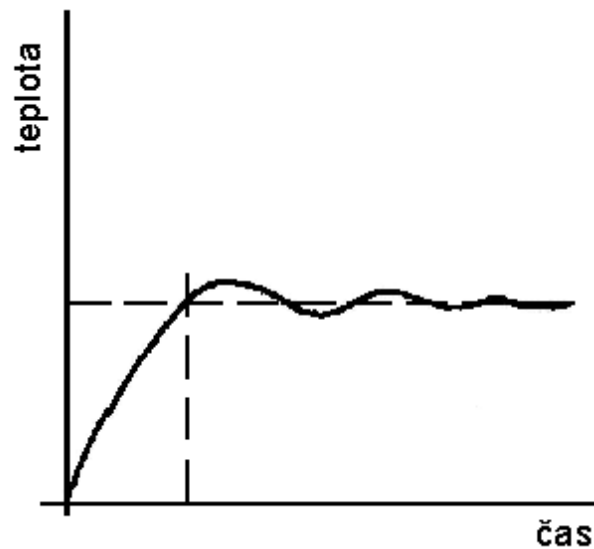
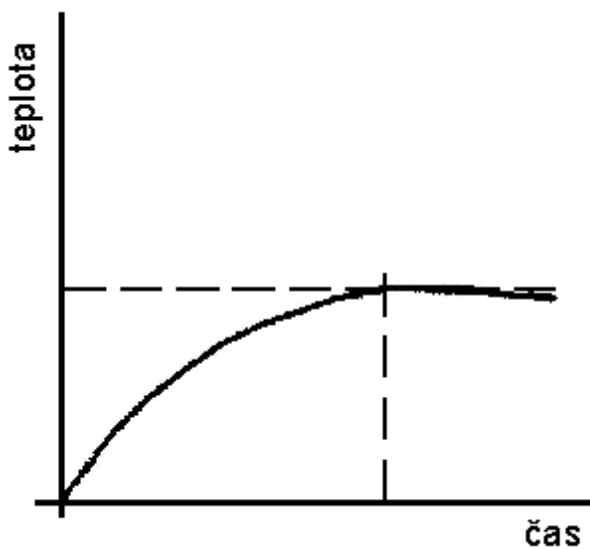
# Regulace



## Řídící a obslužné systémy

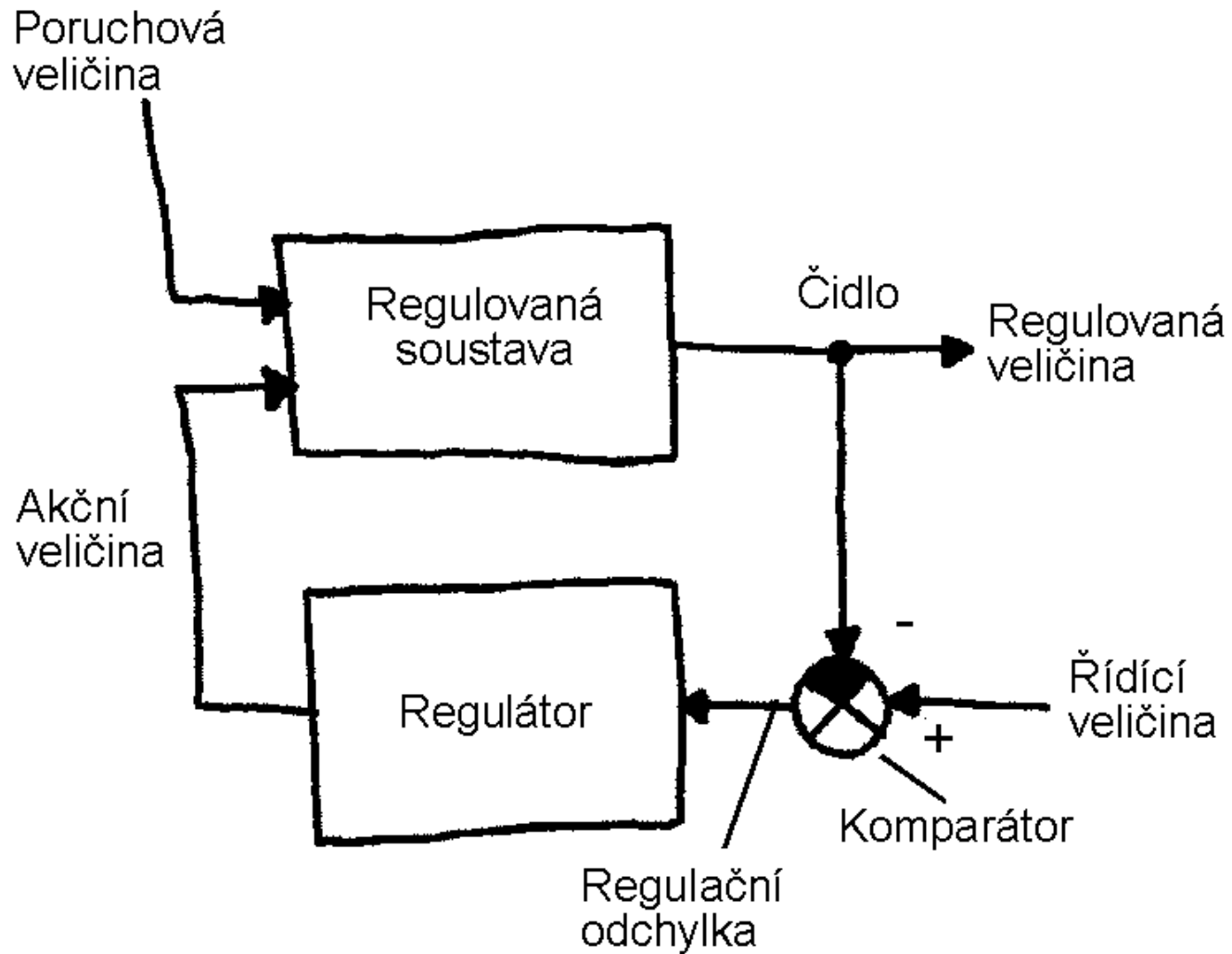


# Regulace



Kompromis mezi rychlostí a přesností

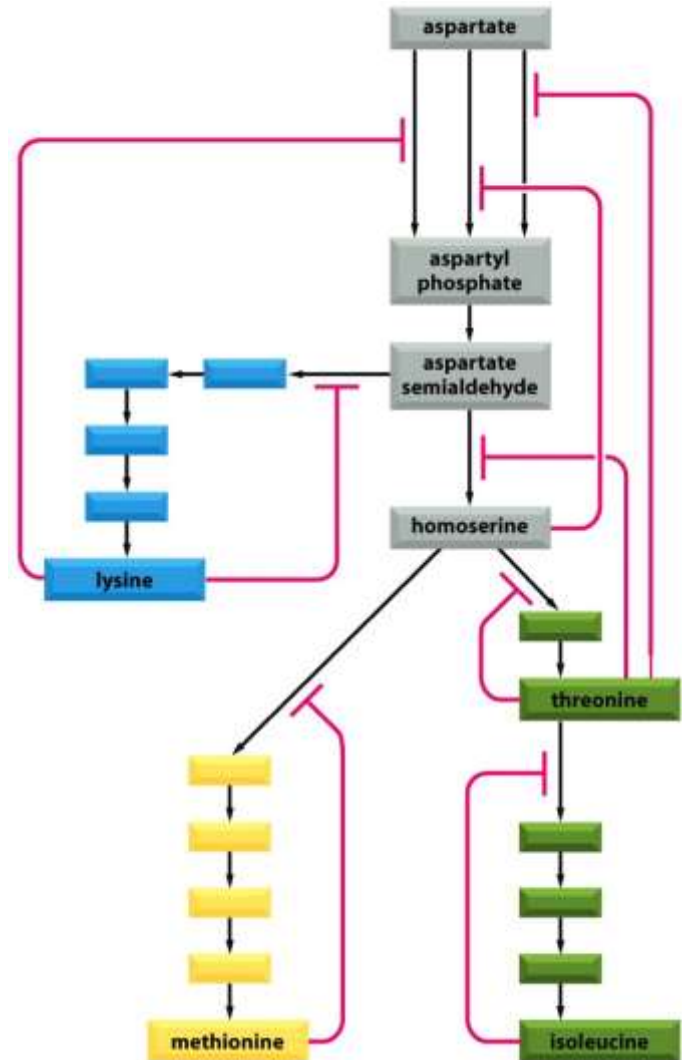
# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy



# Negativní zpětná vazba jako základní nástroj udržení homeostázy

Přesnost regulace:

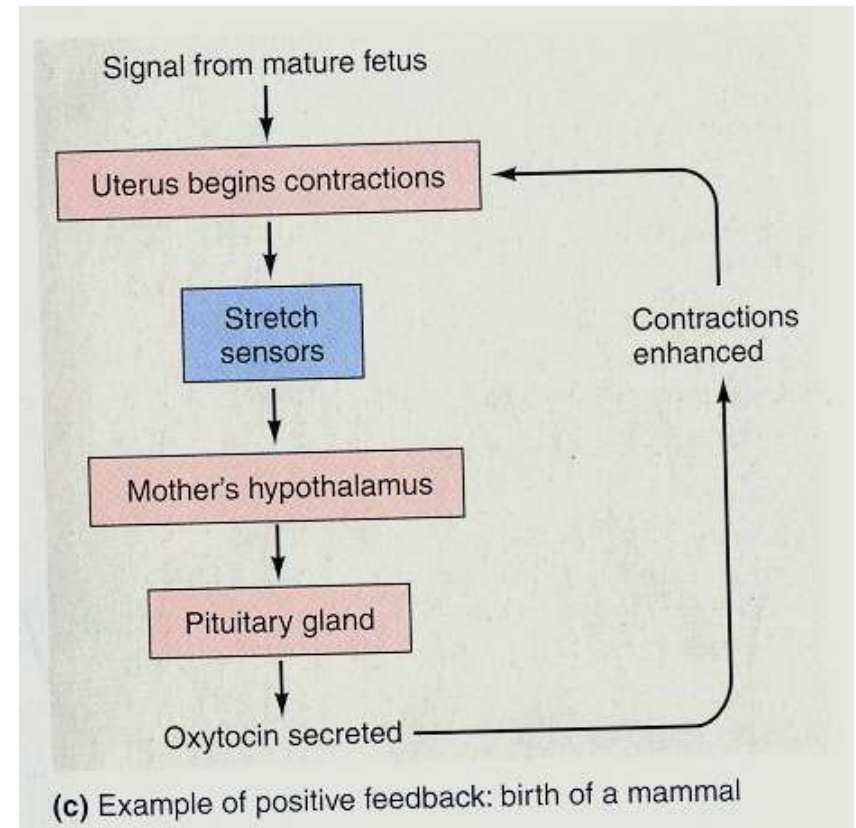
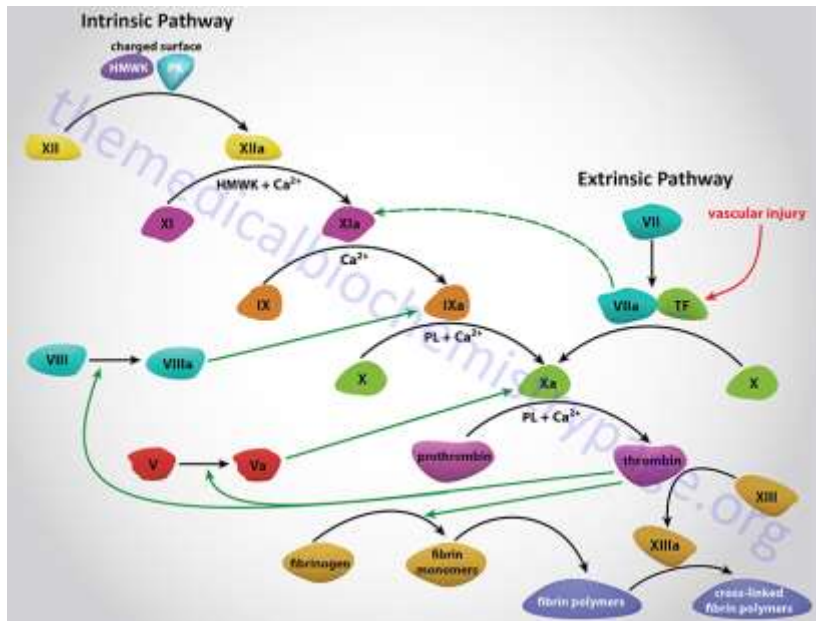
- ON-OFF
- Proporcionální
- Anticipační





# 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

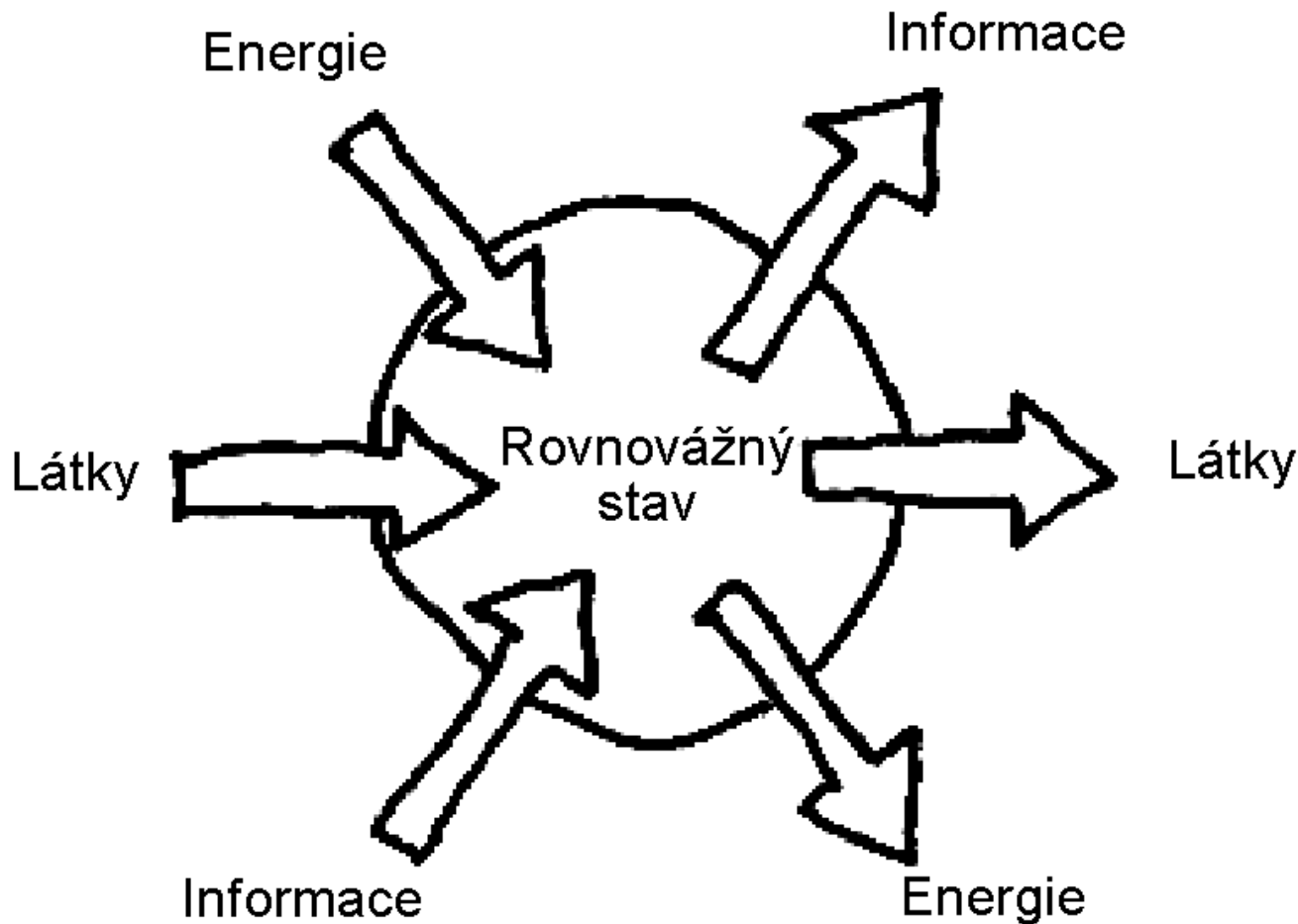
Živé organismy pracují na své „údržbě“.  
Koncept homeostázy umožňuje pochopit smysl práce orgánových soustav mnohobuněčných.

## Shrnutí

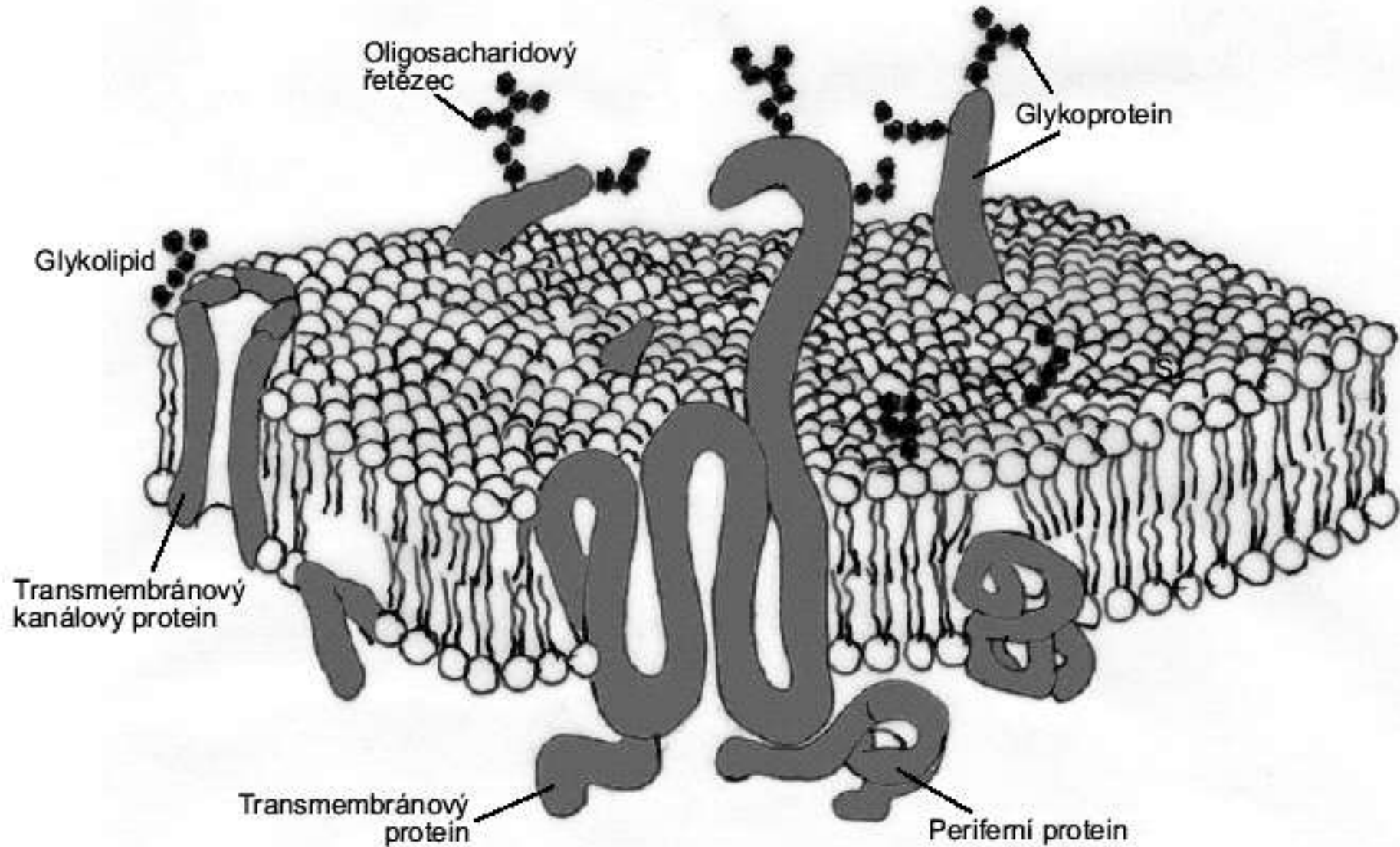
Negativní zpětná vazba je základním typem homeostatické regulace

# Udržení organizovanosti navzdory chaosu

- základní vlastnost živých organizmů
- Buněčná fyziologie



# Bariéra a brány



# Membrána z nepropustného materiálu. Fluidní mozaika.

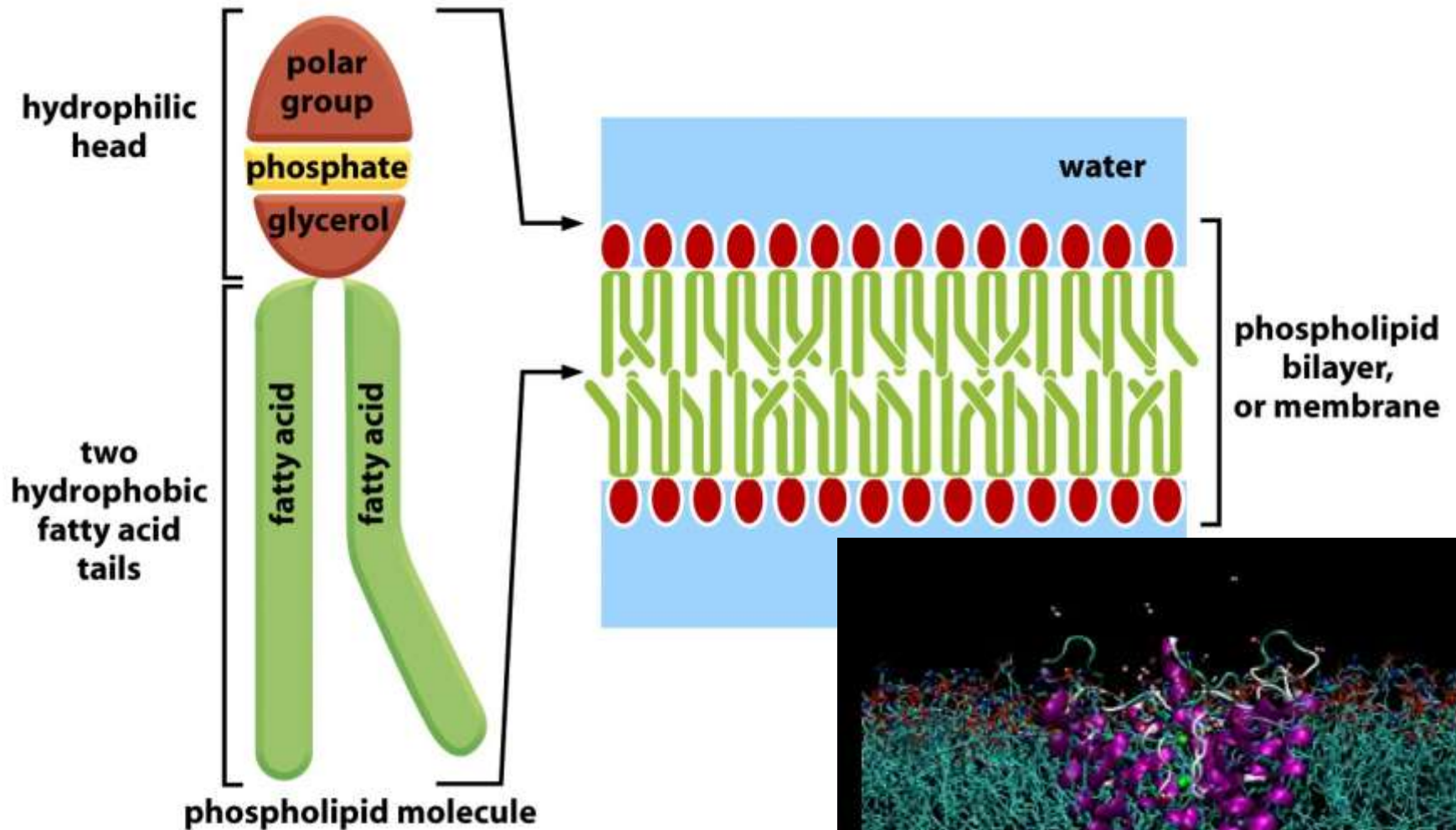
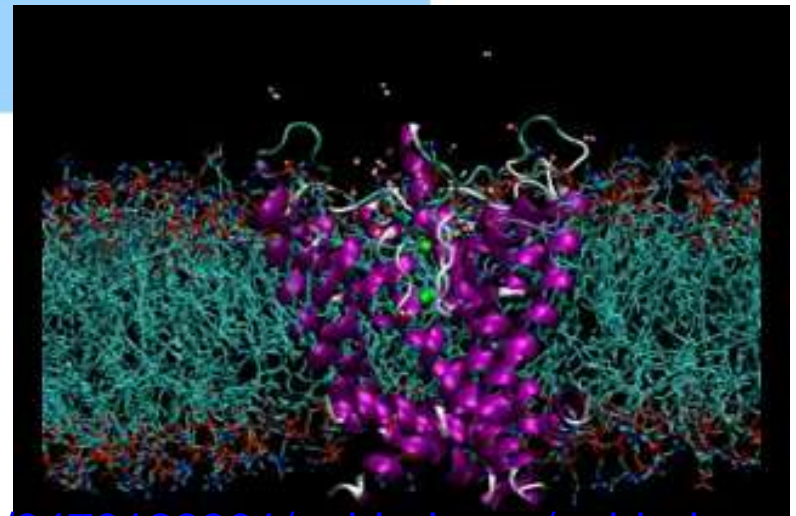
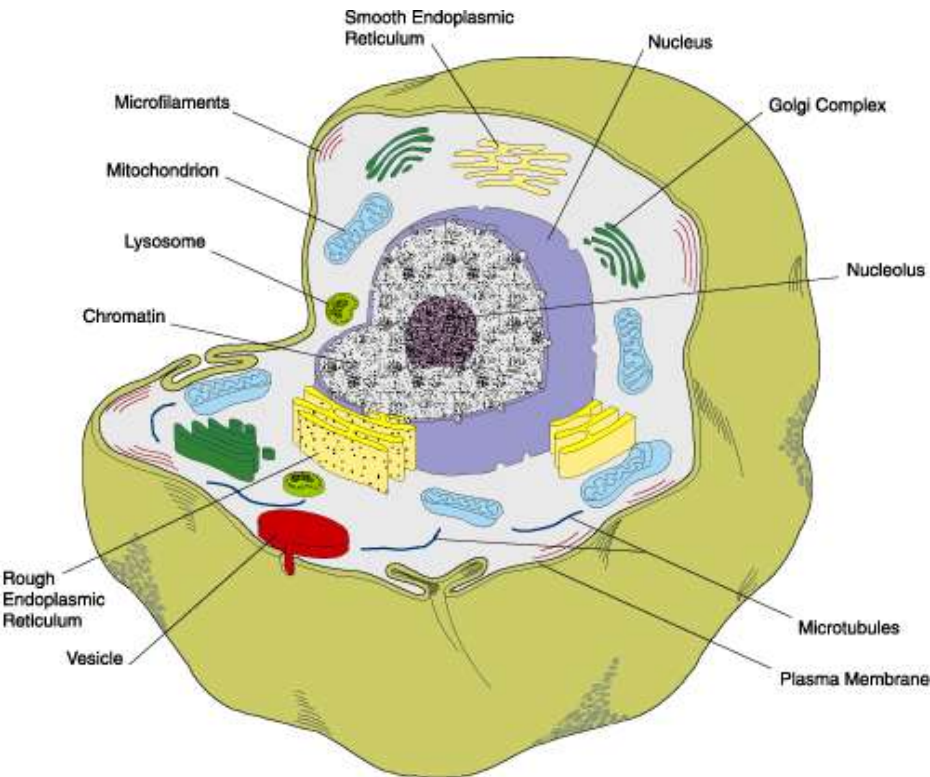


Figure 2-22 *Molecular Biology of the Cell* (© Garland Science 2008)



# Hlavní membránové struktury buňky

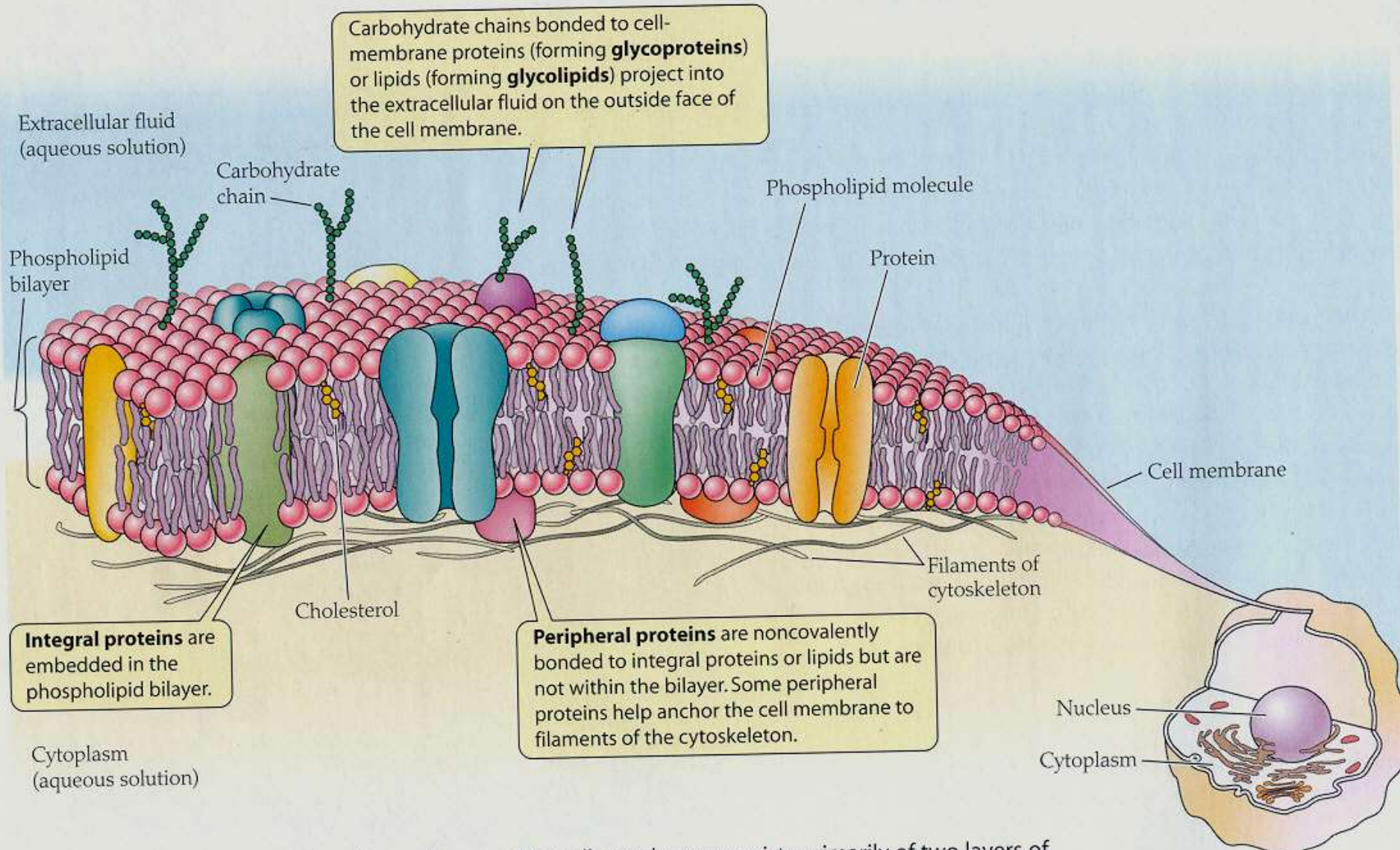
## Odděluje a uzavírá kompartmenty s danými funkcemi



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.

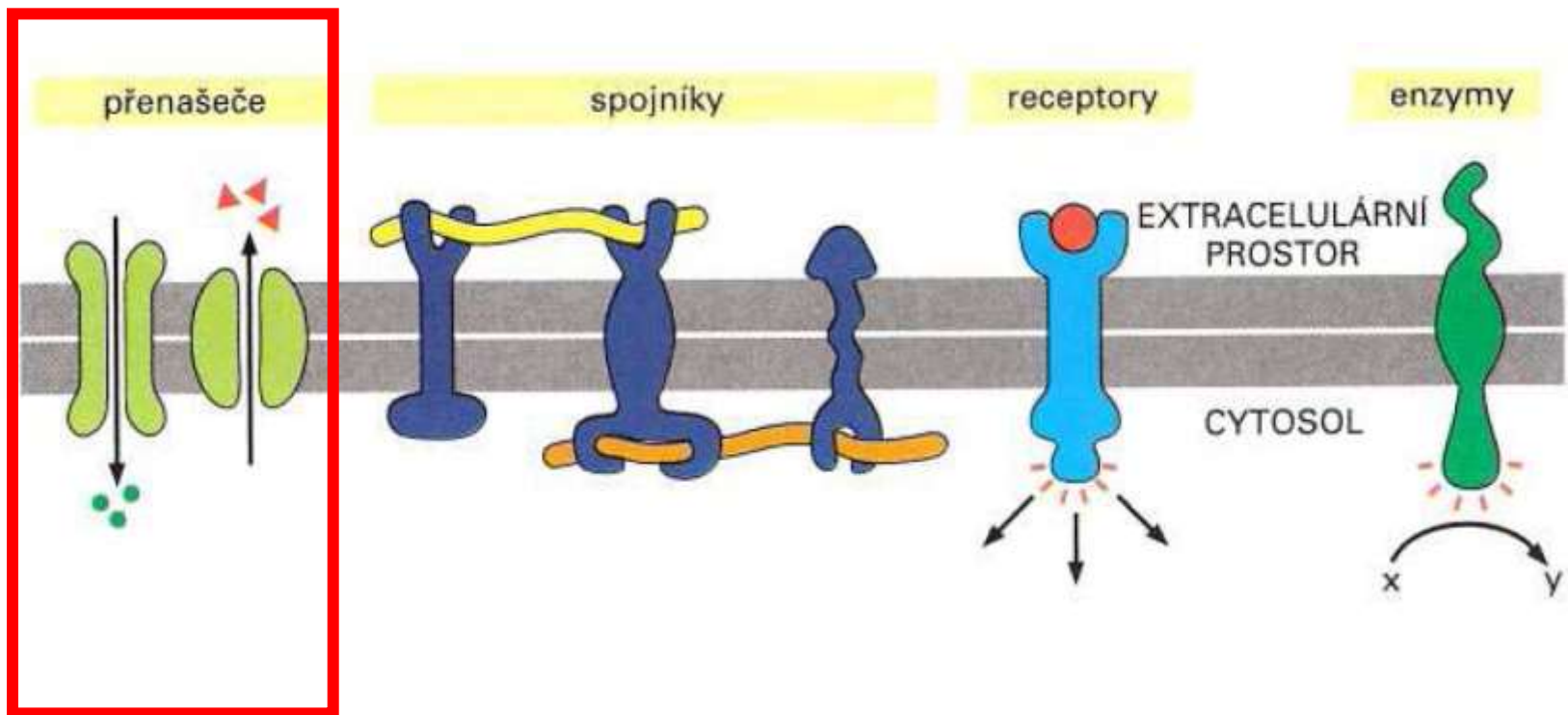


# Bariéry a brány

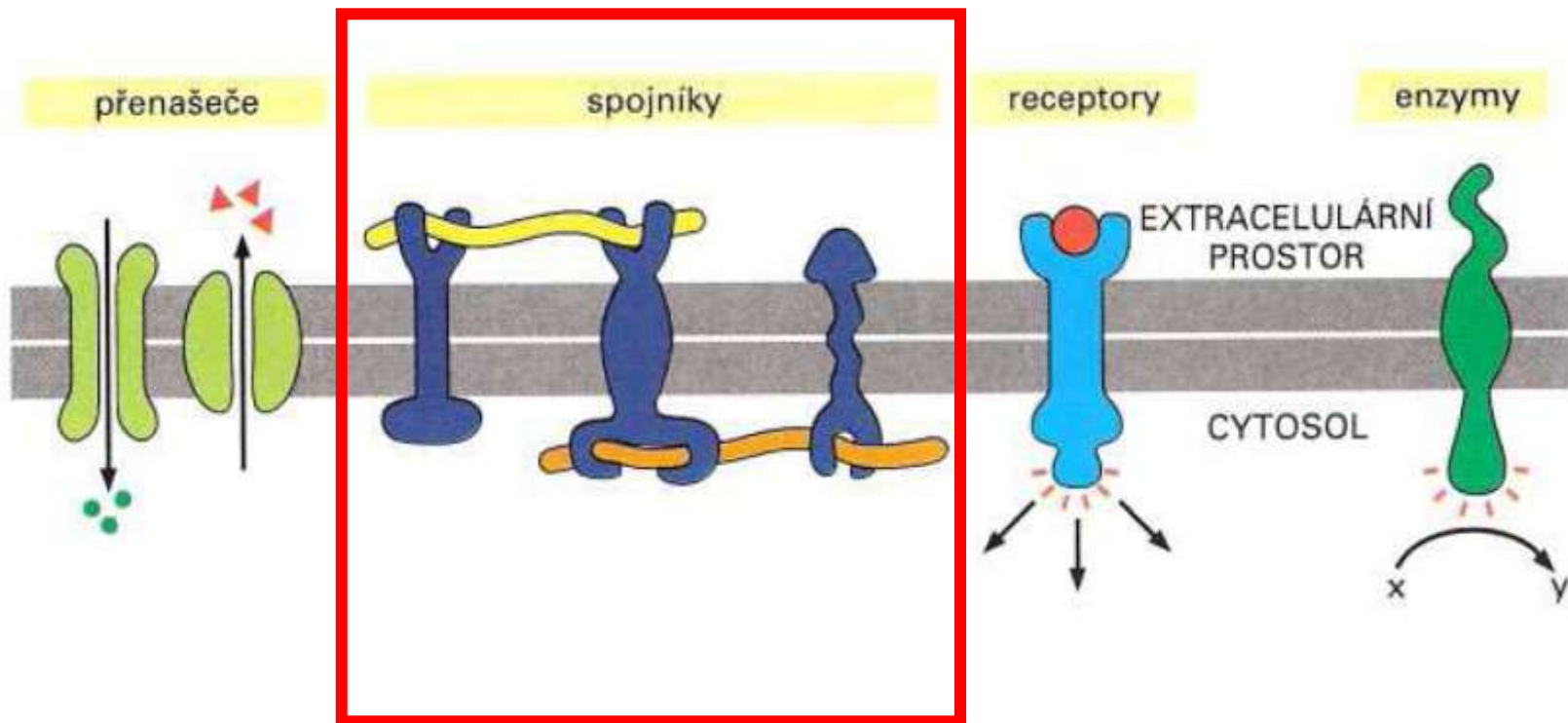


**Figure 2.1 The structure of a cell membrane** The cell membrane consists primarily of two layers of phospholipid molecules with protein molecules embedded and attached. Intracellular membranes also have a structure based on proteins embedded in a phospholipid bilayer.

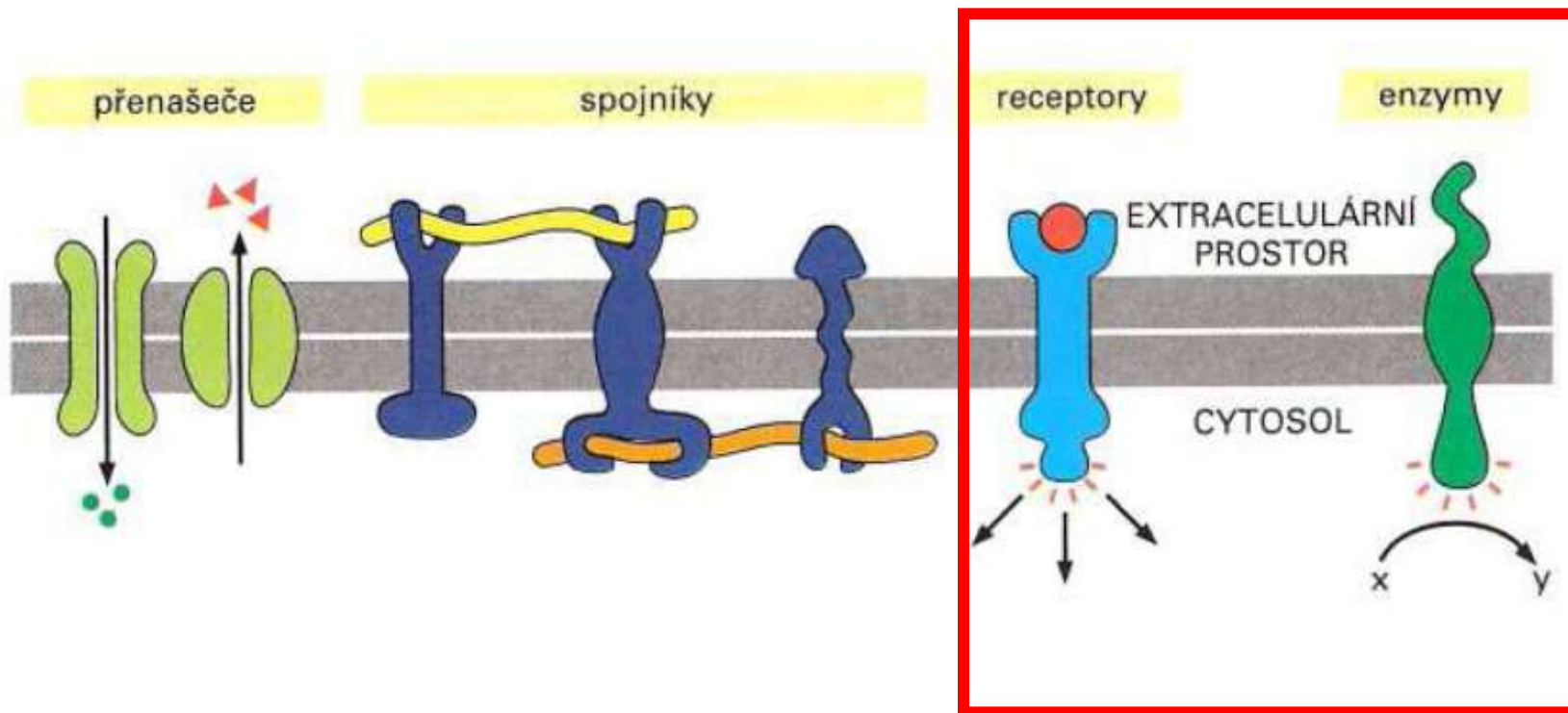
# Funkce membránových bílkovin – přenos látek



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



# Funkce membránových bílkovin – přenos signálů

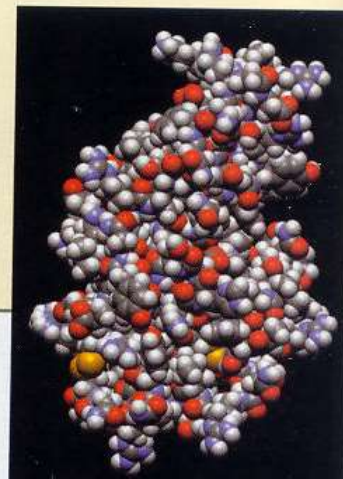
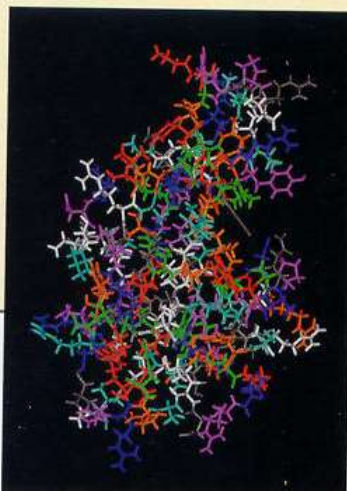
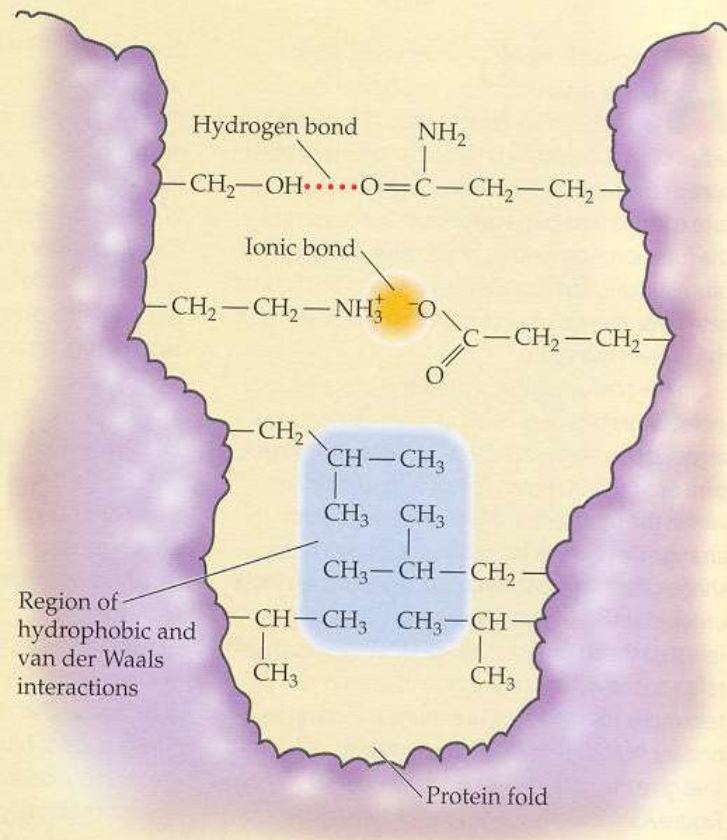


# Bílkoviny jako brány a další jejich nezastupitelné funkce

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.



Protein se skládá do kompaktní konformace určené pořadím AK.

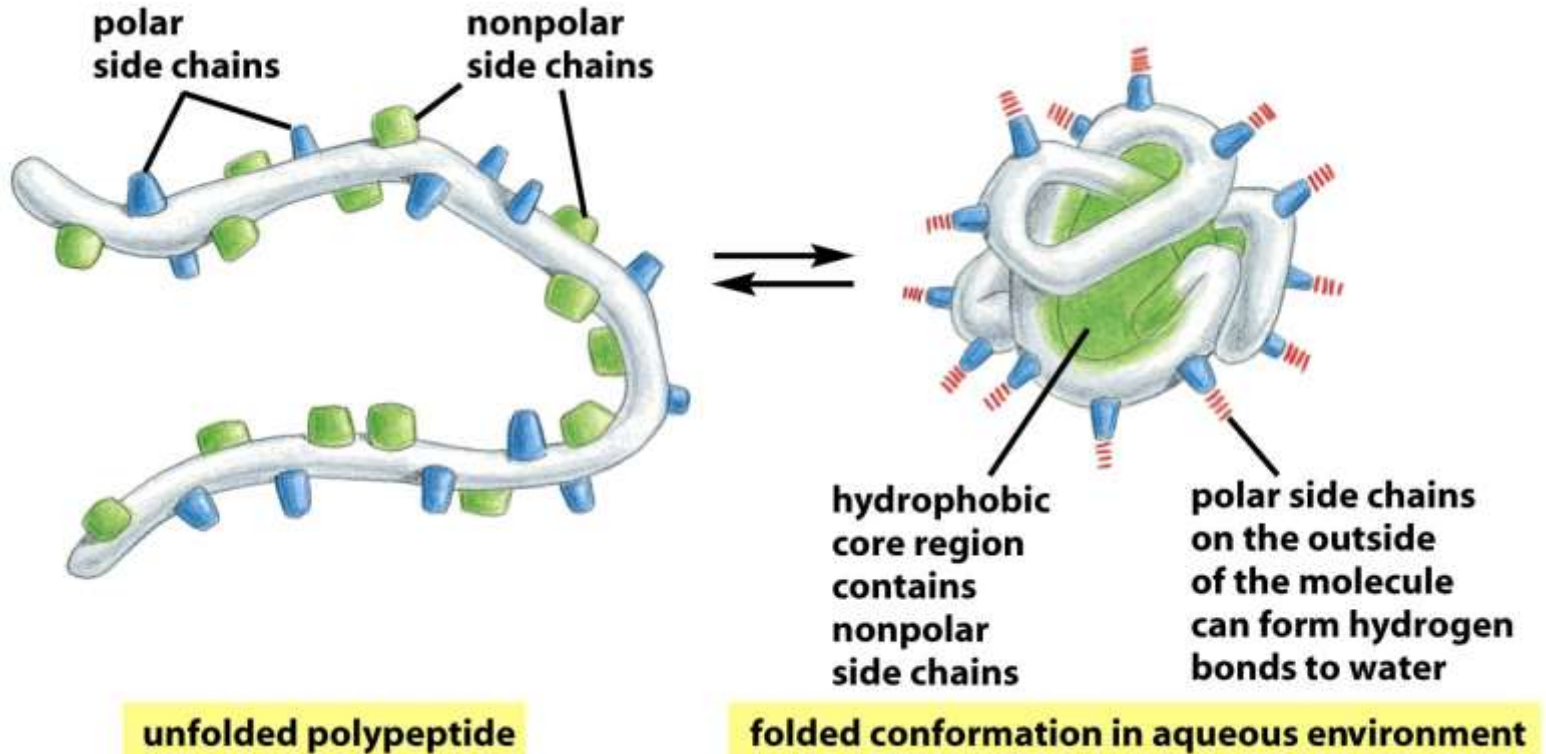
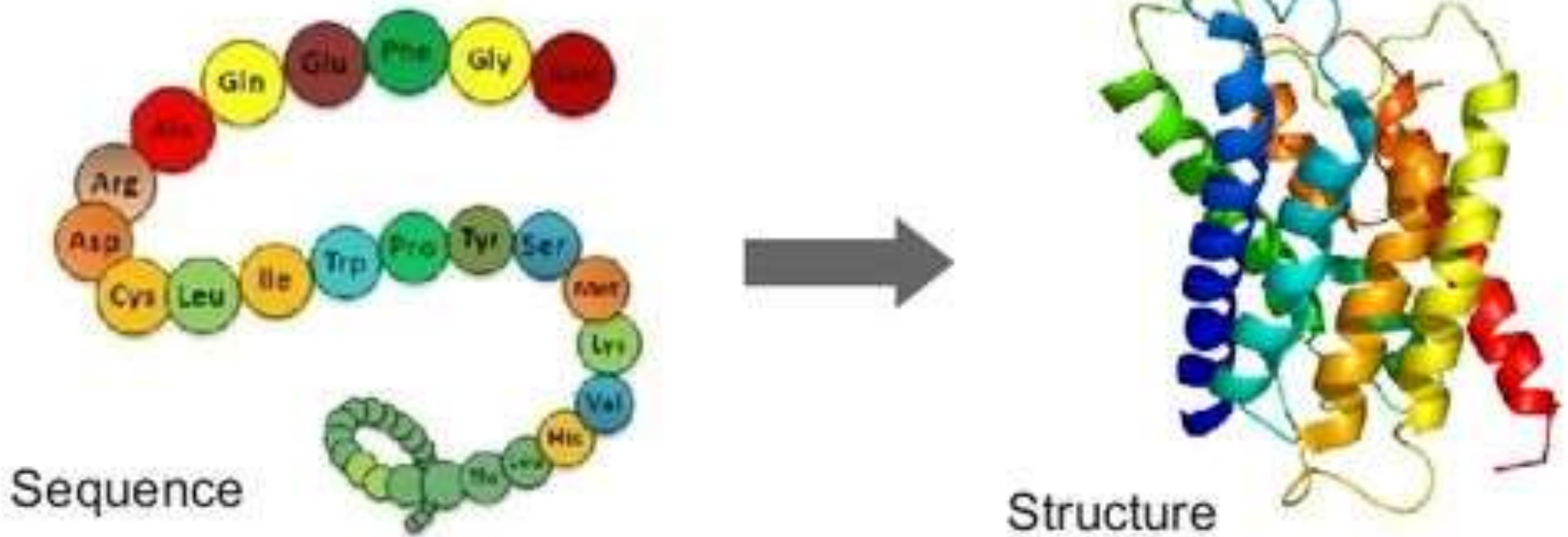
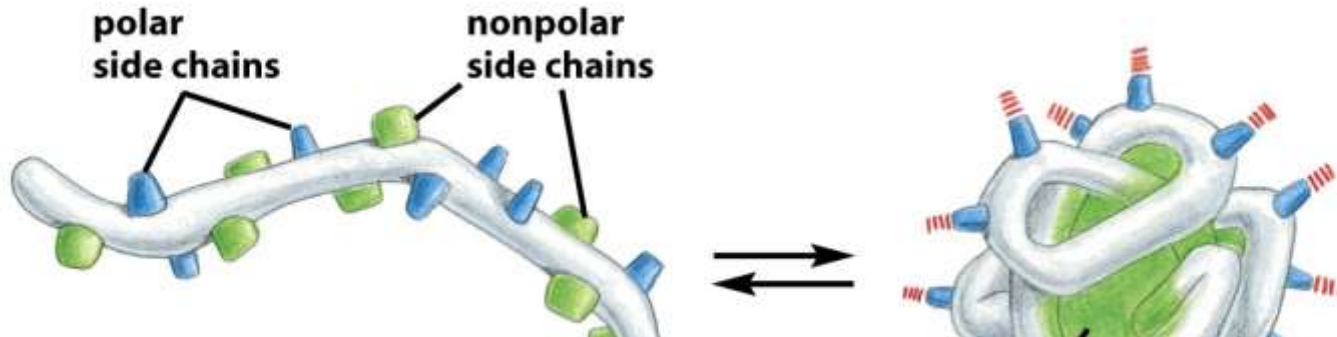


Figure 3-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Protein se skládá do kompaktní konformace určené pořadím AK.



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

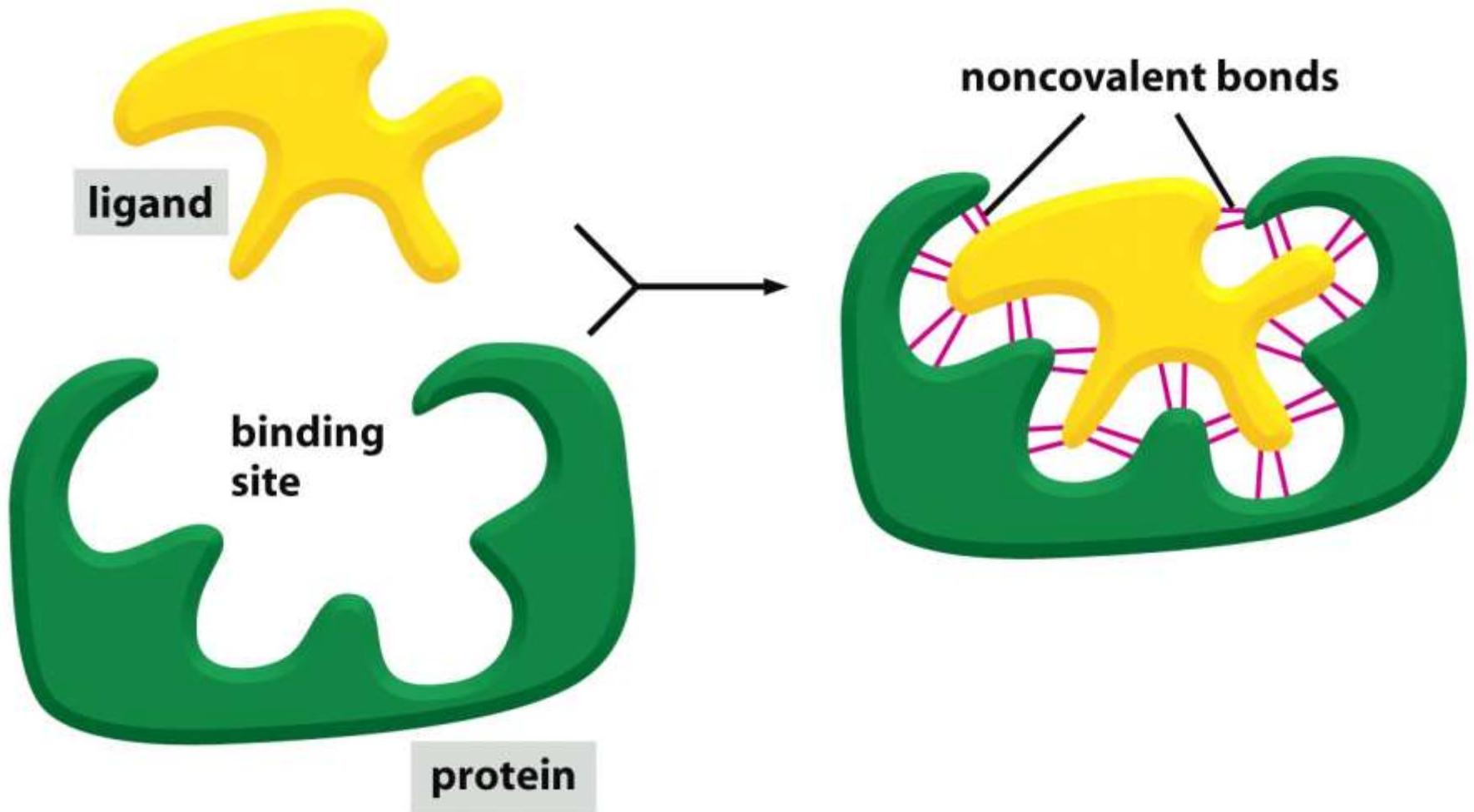


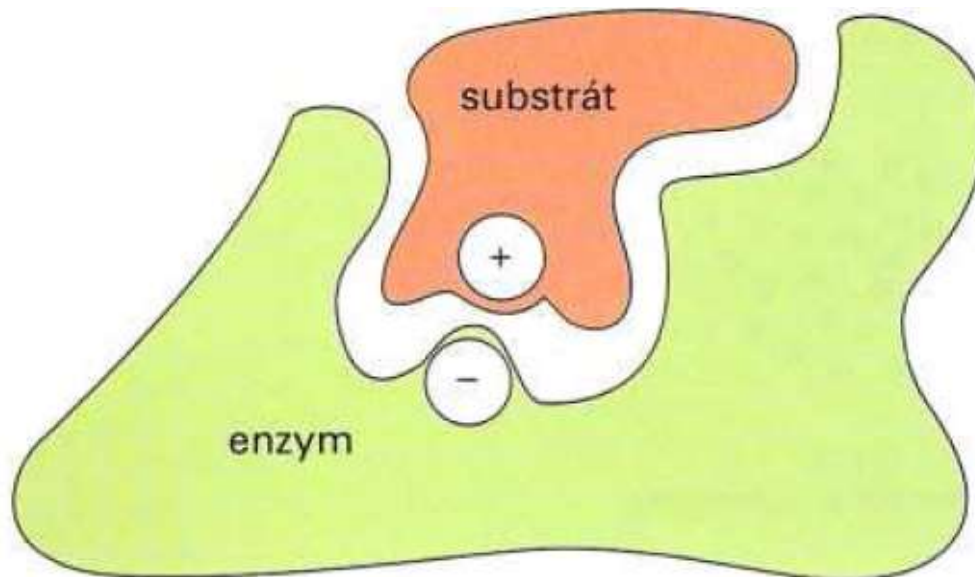
Figure 3-36 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



Vazba proteinu (enzymu) k jiné molekule je selektivní a umožní spustit reakci.

Enzym – substrát

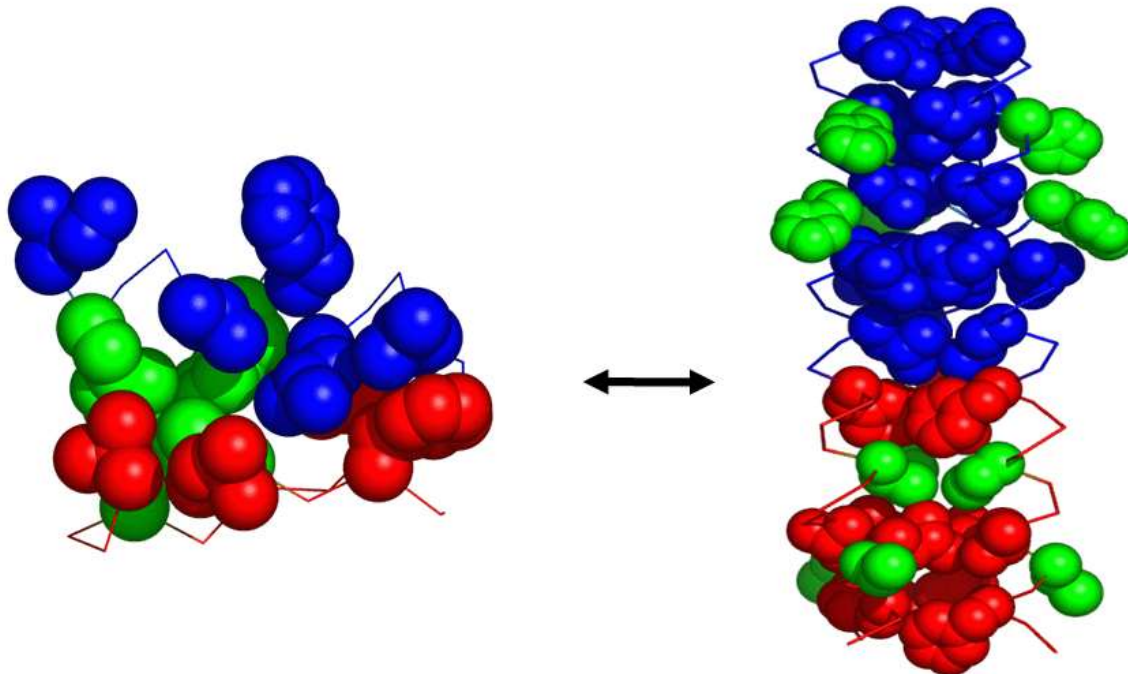
Enzymy jsou spouštěči a regulátory buněčných dějů



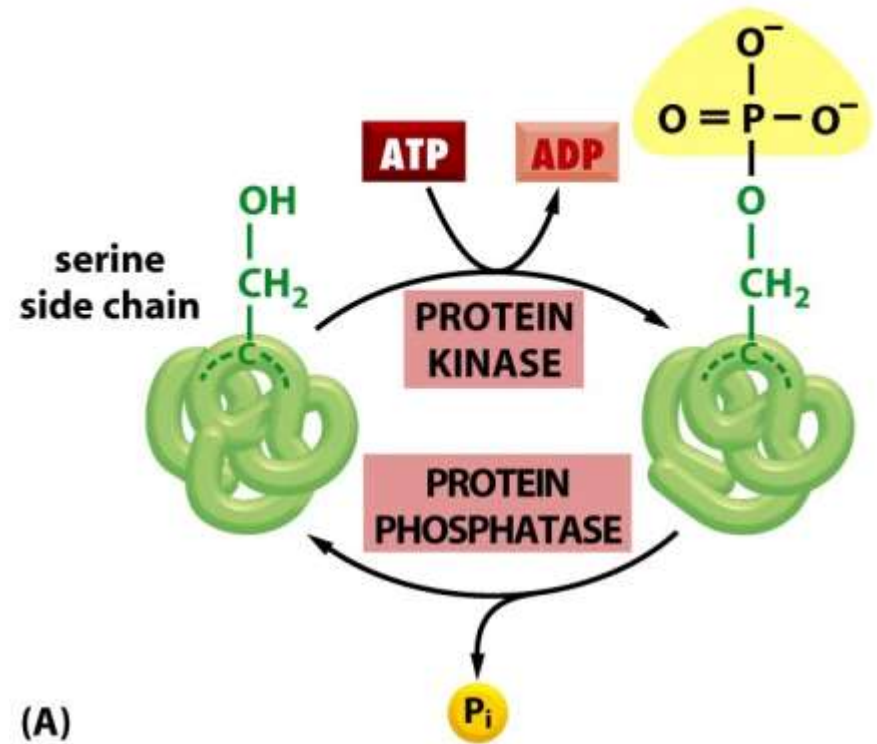
Díky slabým vazbám je možné překlápění alosterické struktury po aktivaci

- Po vazbě ligandu na receptorové místo
- Změnou elektrického napětí
- Mechanickou deformací
- Enzymatickou fosforylací (kinázou) nebo defosforylací (fosfatázou)

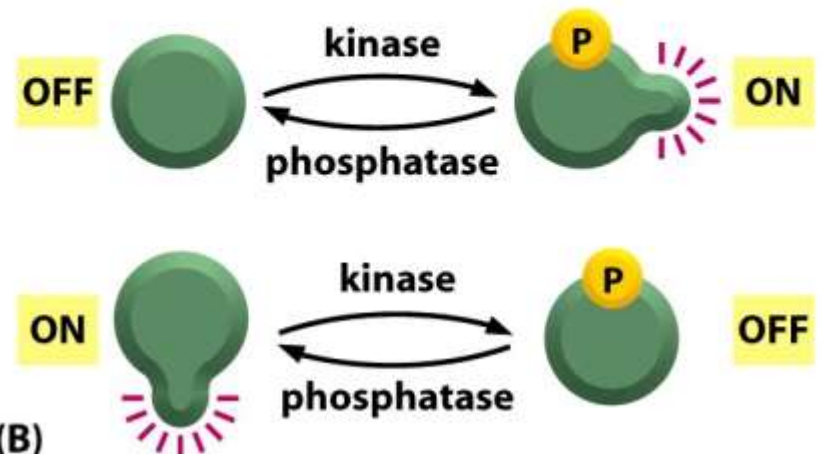
(Základ proteinových strojů).



Fosforylace proteinu.  
Fosforylová skupina modifikuje-  
Zapíná nebo vypíná.



(A)



(B)

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

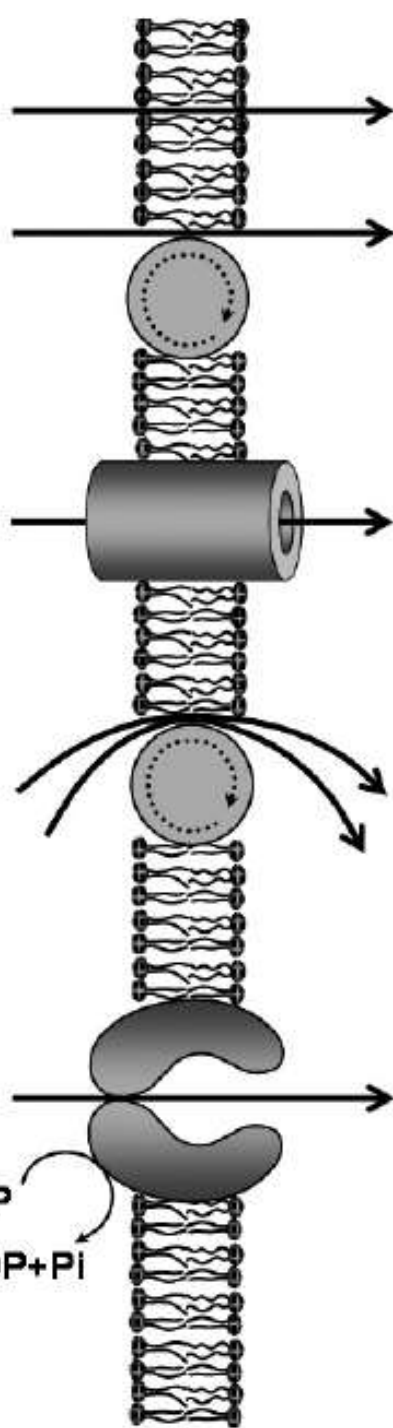
a) Prostá difuze

b) Usnadněná difuze

c) Prostup iontovými kanály

d) Sekundární aktivní transport

e) Primární aktivní transport



Transport látek přes membrány

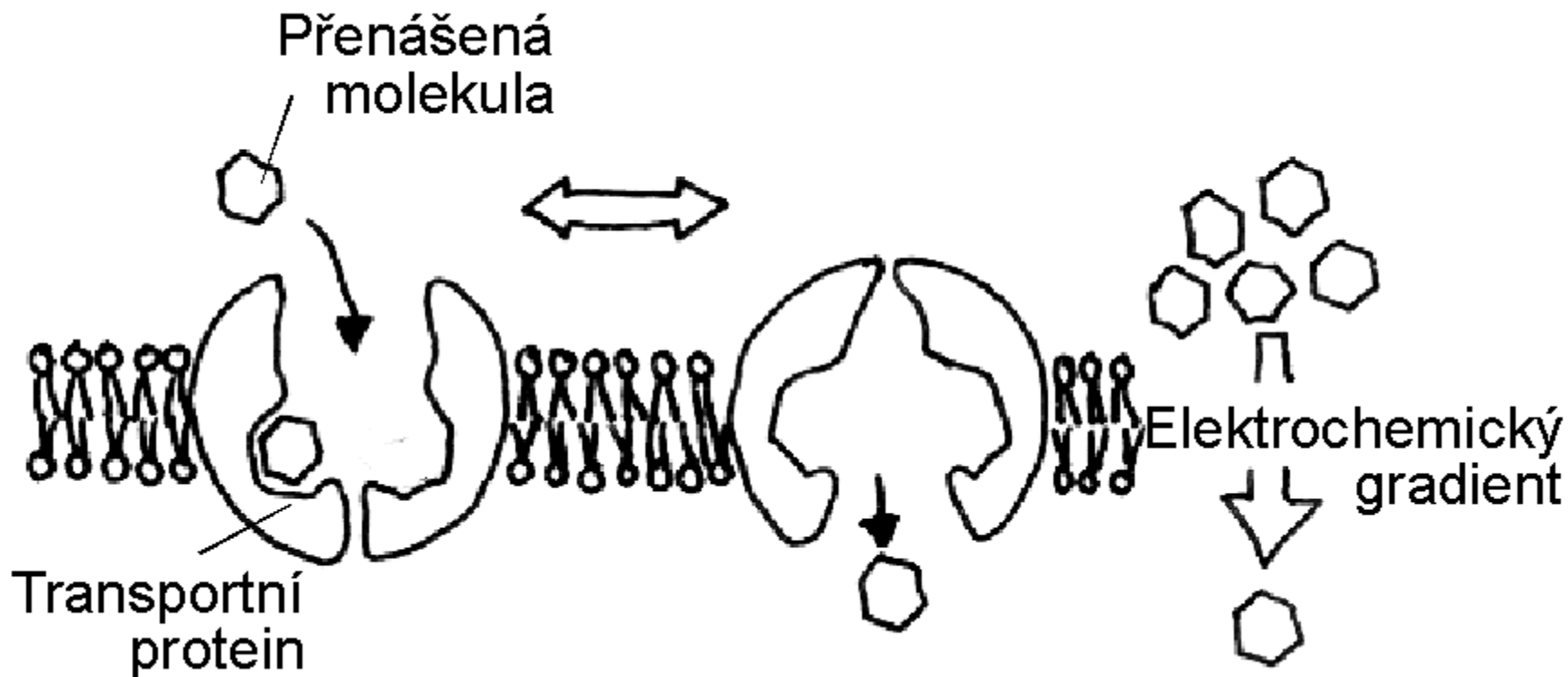
Typy transportu

**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

## Pasívní

Usnadněná difuze – změna konformace transportní bílkoviny (brány)



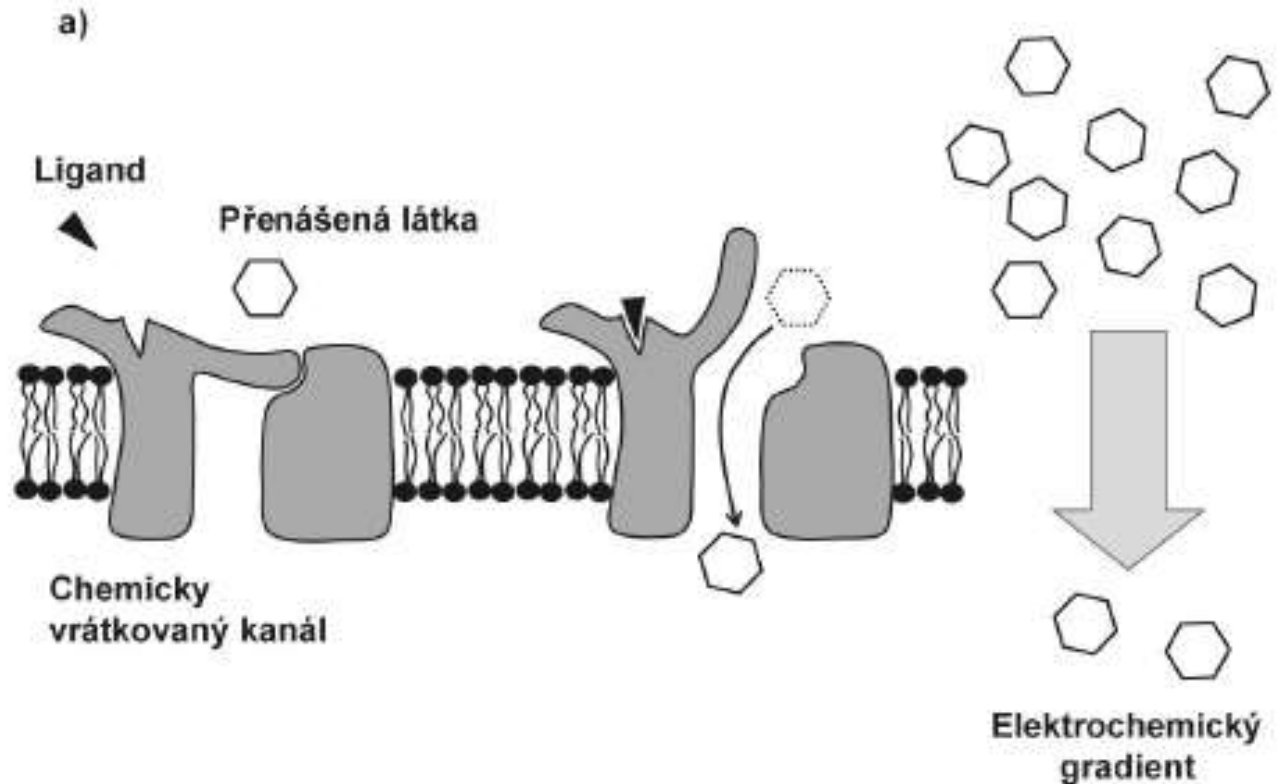
# Pasívní

Kanály mohou regulovat pasivní transport.

Jsou mnohem rychlejší než transportéry

Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

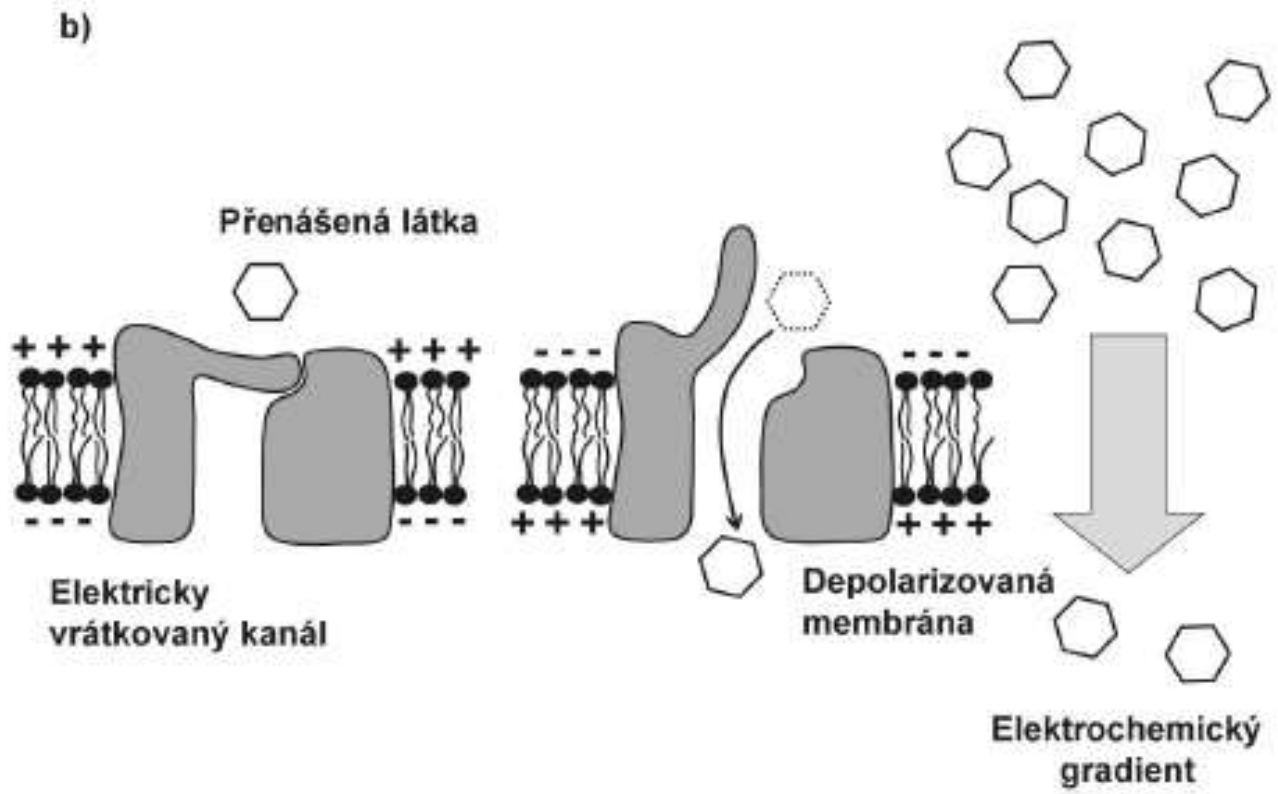
Řízené (vrátkované) ligandem



# Pasívní

Kanály mohou regulovat pasivní transport.  
Jsou mnohem rychlejší než transportéry  
Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

Řízené (vrátkované) elektricky





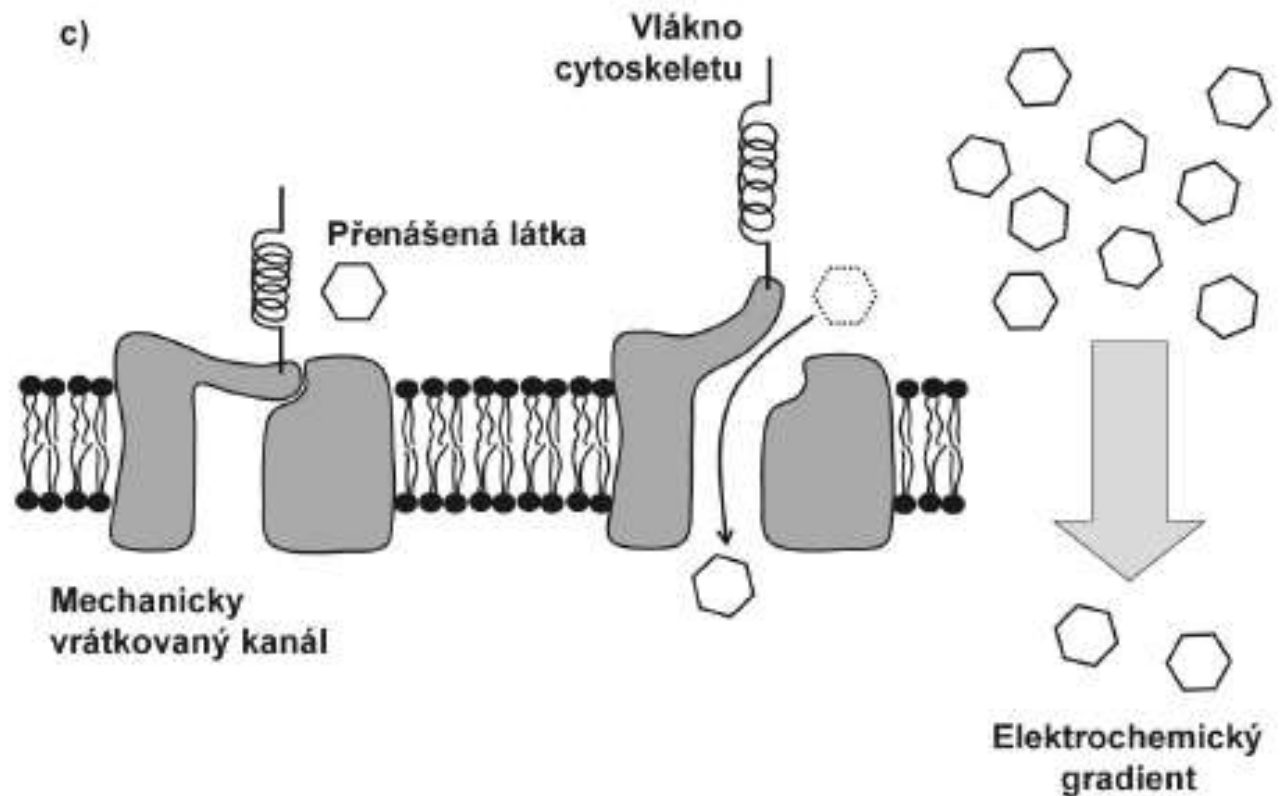
## Pasívní

Kanály mohou regulovat pasivní transport.

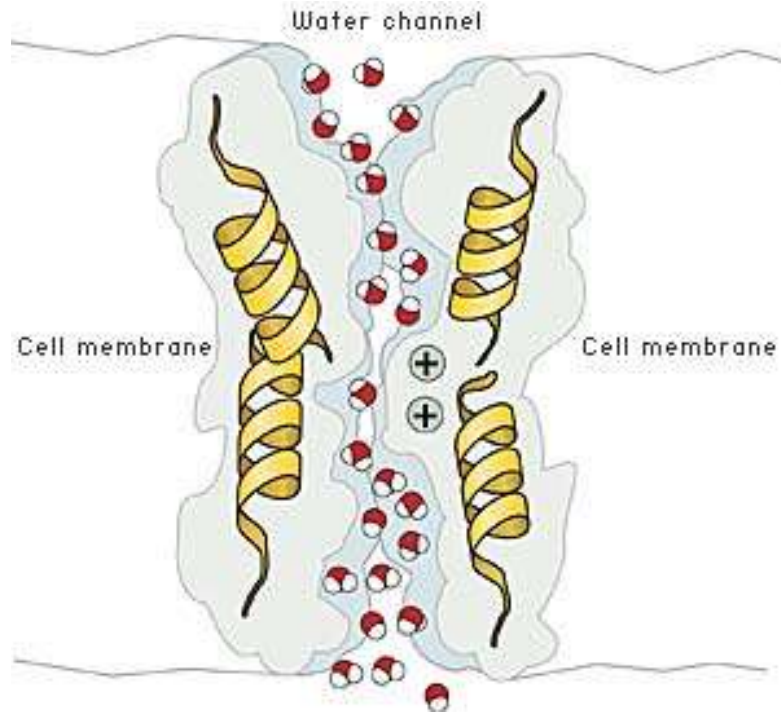
Jsou mnohem rychlejší než transportéry

Mohou být velmi selektivní a řízené různými podněty

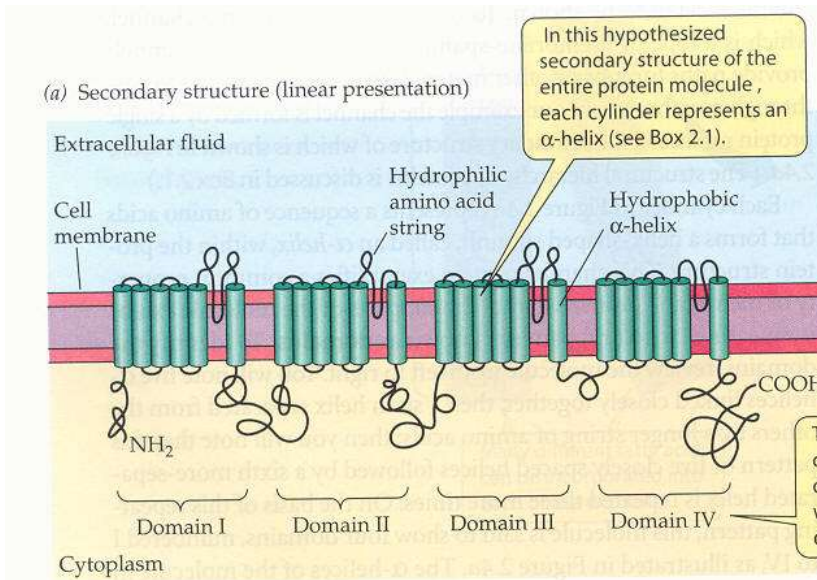
Řízené (vrátkované) mechanicky



**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

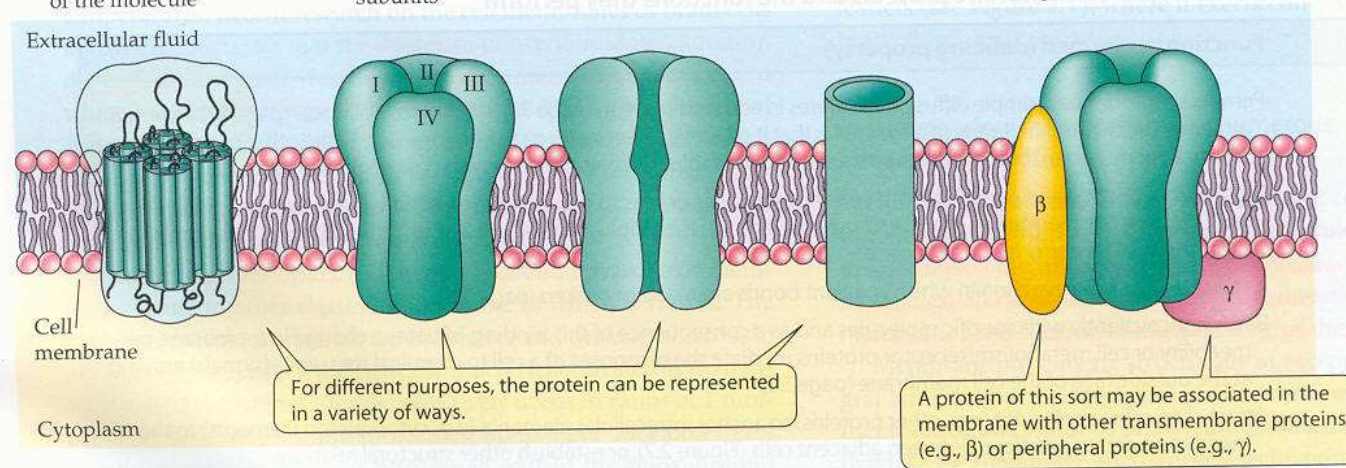
(b) Simplified three-dimensional structure enclosed in a sketch of the envelope of the molecule

(c) Stylized version of chemical structure showing subunits

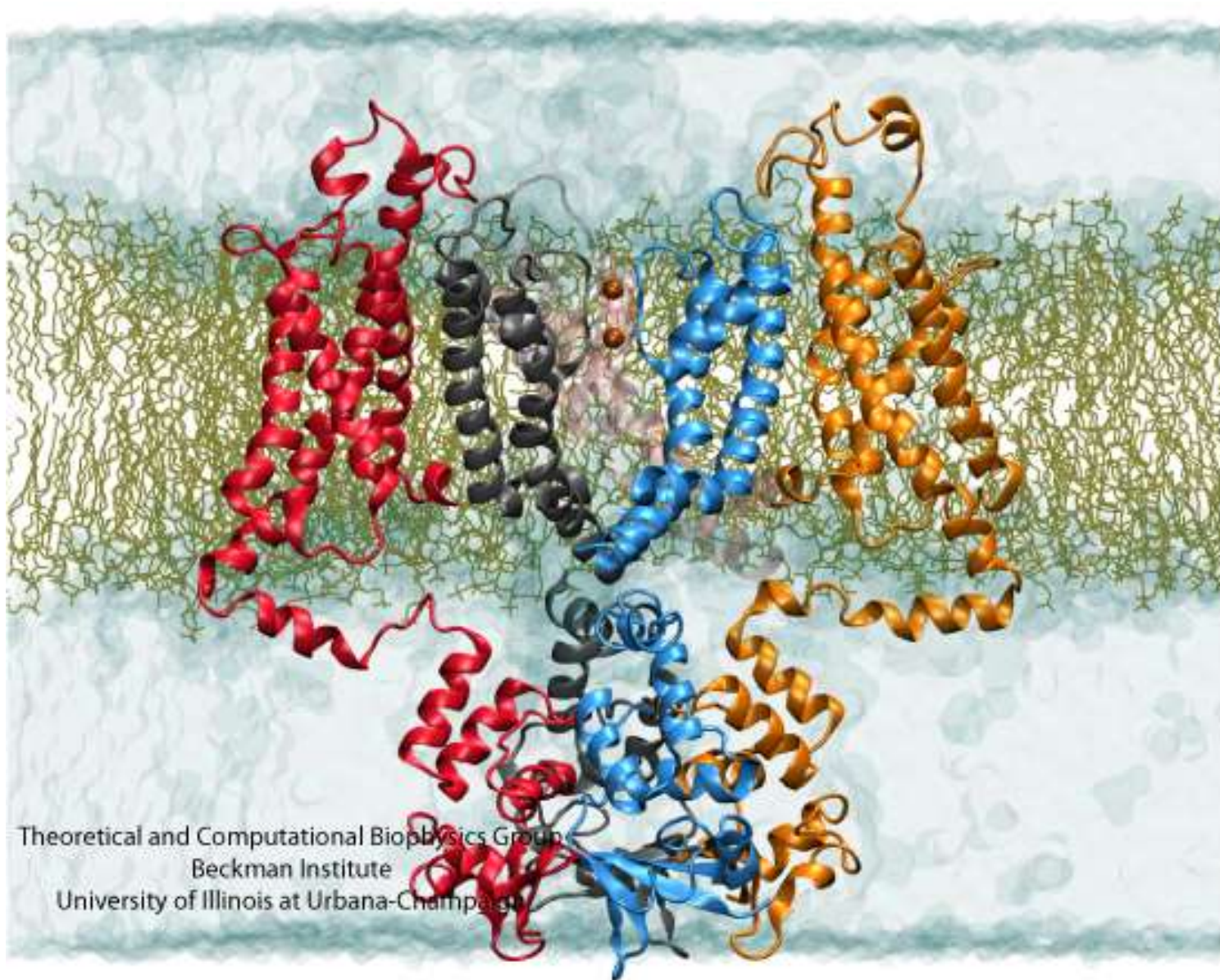
(d) Semirealistic symbol

(e) Schematic symbol

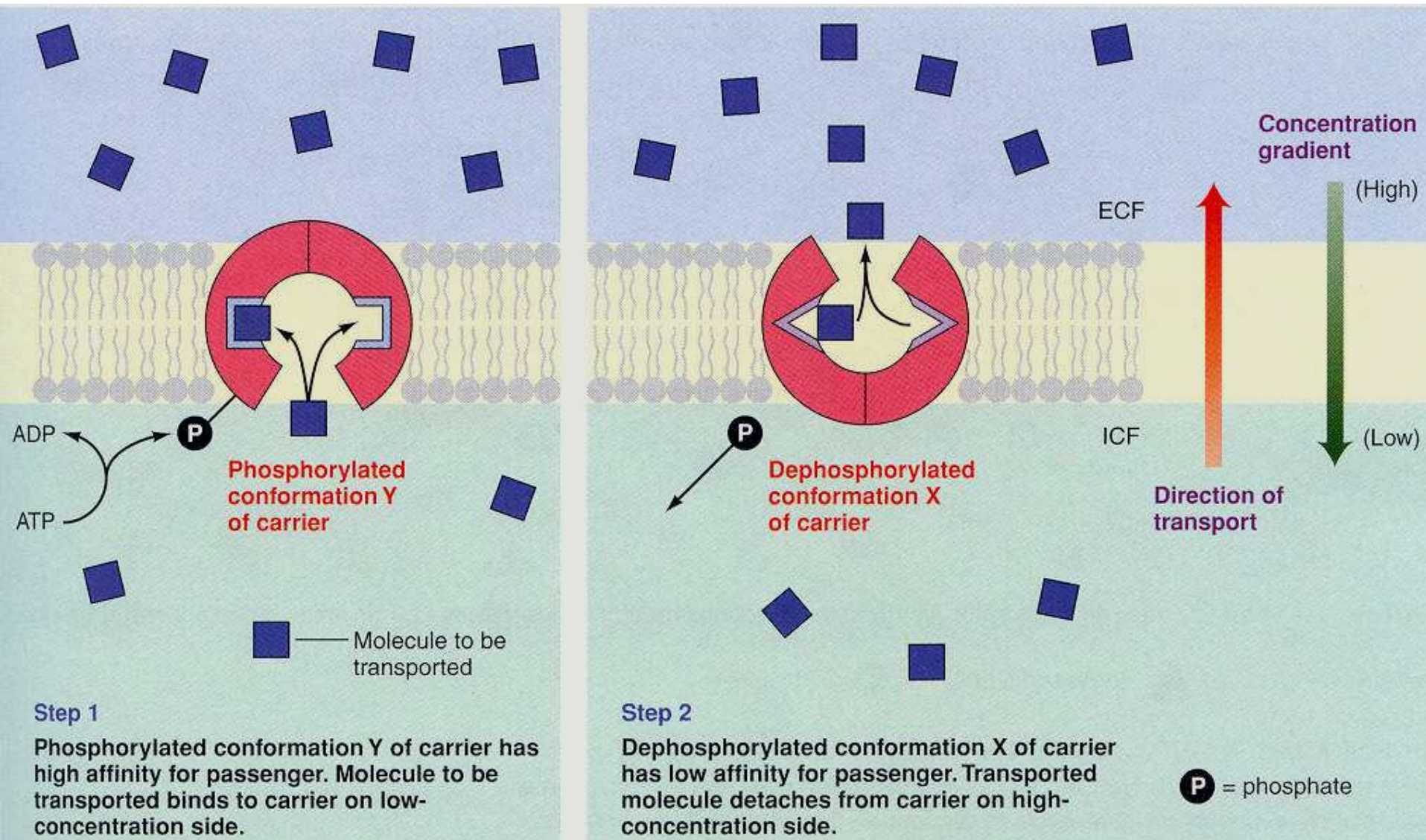
(f) Stylized version of chemical structure showing associated protein molecules



# Draslíkový kanál



# Aktivní transport – poháněno E nesenou ATP



animation

# Animace aktivní transport

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

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

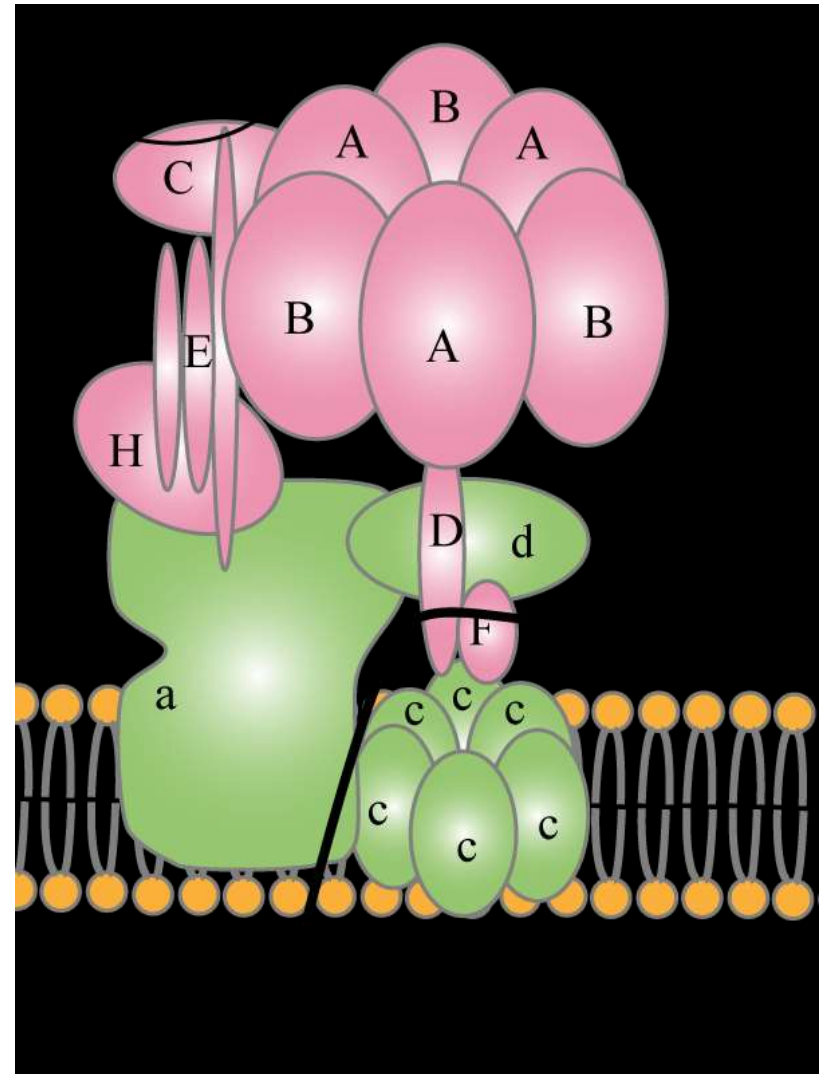
Přenašečový protein	Umístění	Zdroj energie	Funkce
Přenašeč glukosy	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	žádný	pasivní přenos glukosy do buňky
Přenašeč glukosy poháněný spádem $\text{Na}^+$	apikální plasmatická membrána buněk ledvin a střeva	gradient $\text{Na}^+$	aktivní přenos glukosy do buňky
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>

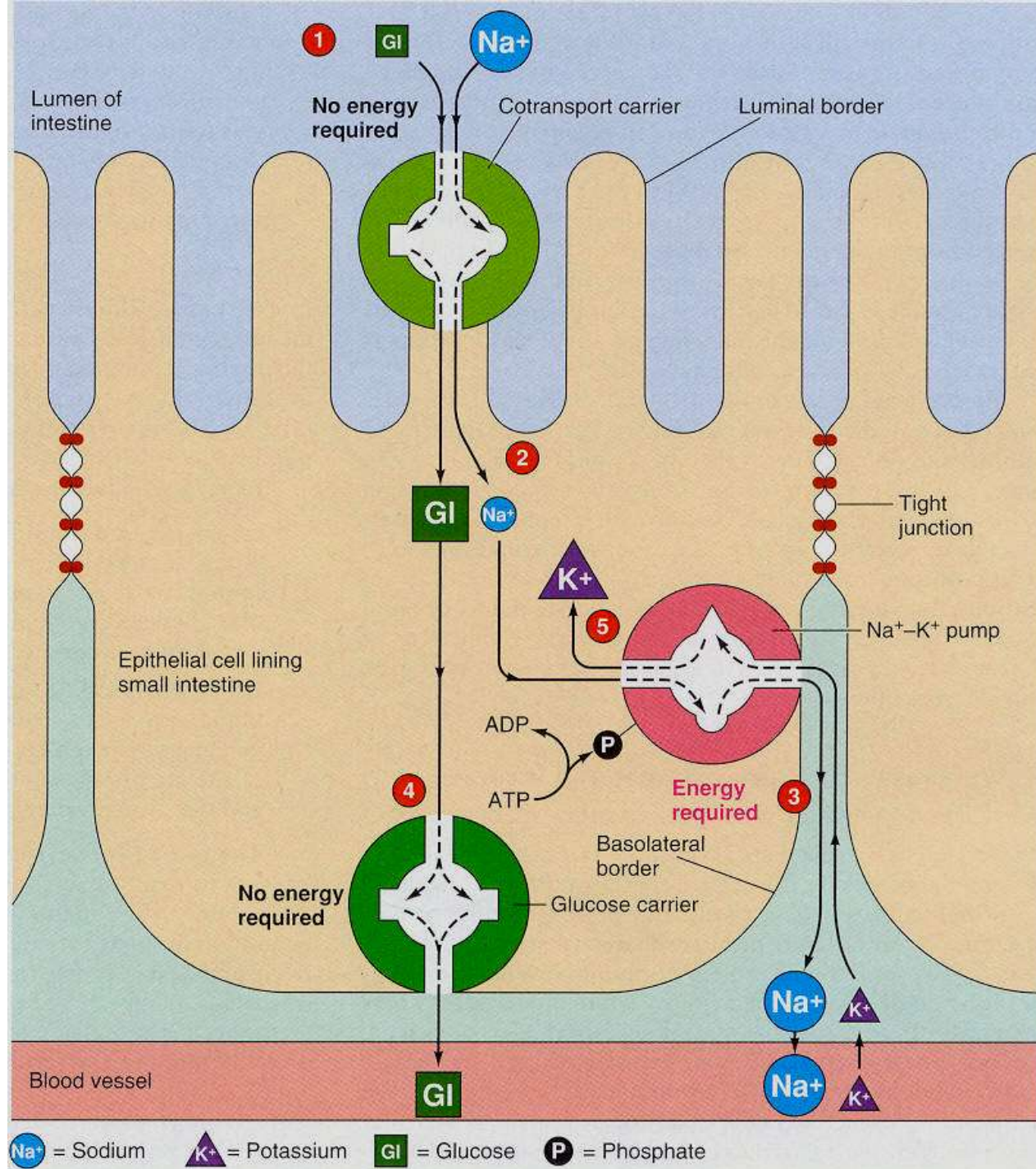




# Sekundární aktivní Transport –

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

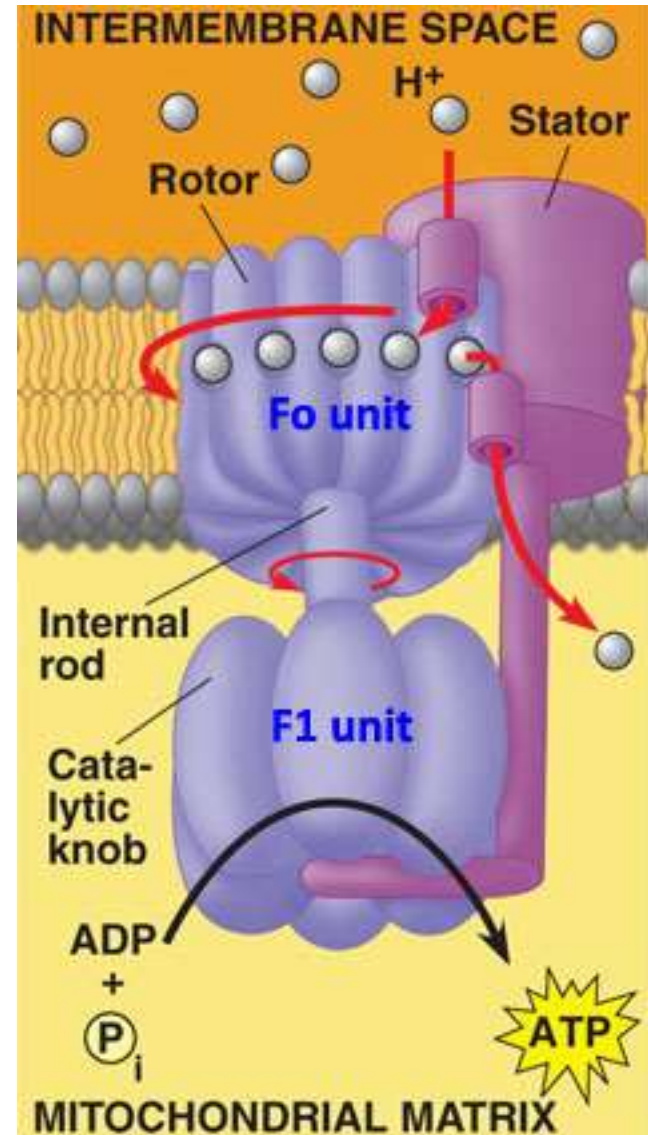
Přenašečový protein	Umístění	Zdroj energie	Funkce
Přenašeč glukosy	plasmatická membrána většiny živočišných buněk	žádný	pasivní přenos glukosy do buňky
Přenašeč glukosy poháněný spádem $\text{Na}^+$	apikální plasmatická membrána buněk ledvin a střeva	gradient $\text{Na}^+$	aktivní přenos glukosy do buňky
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

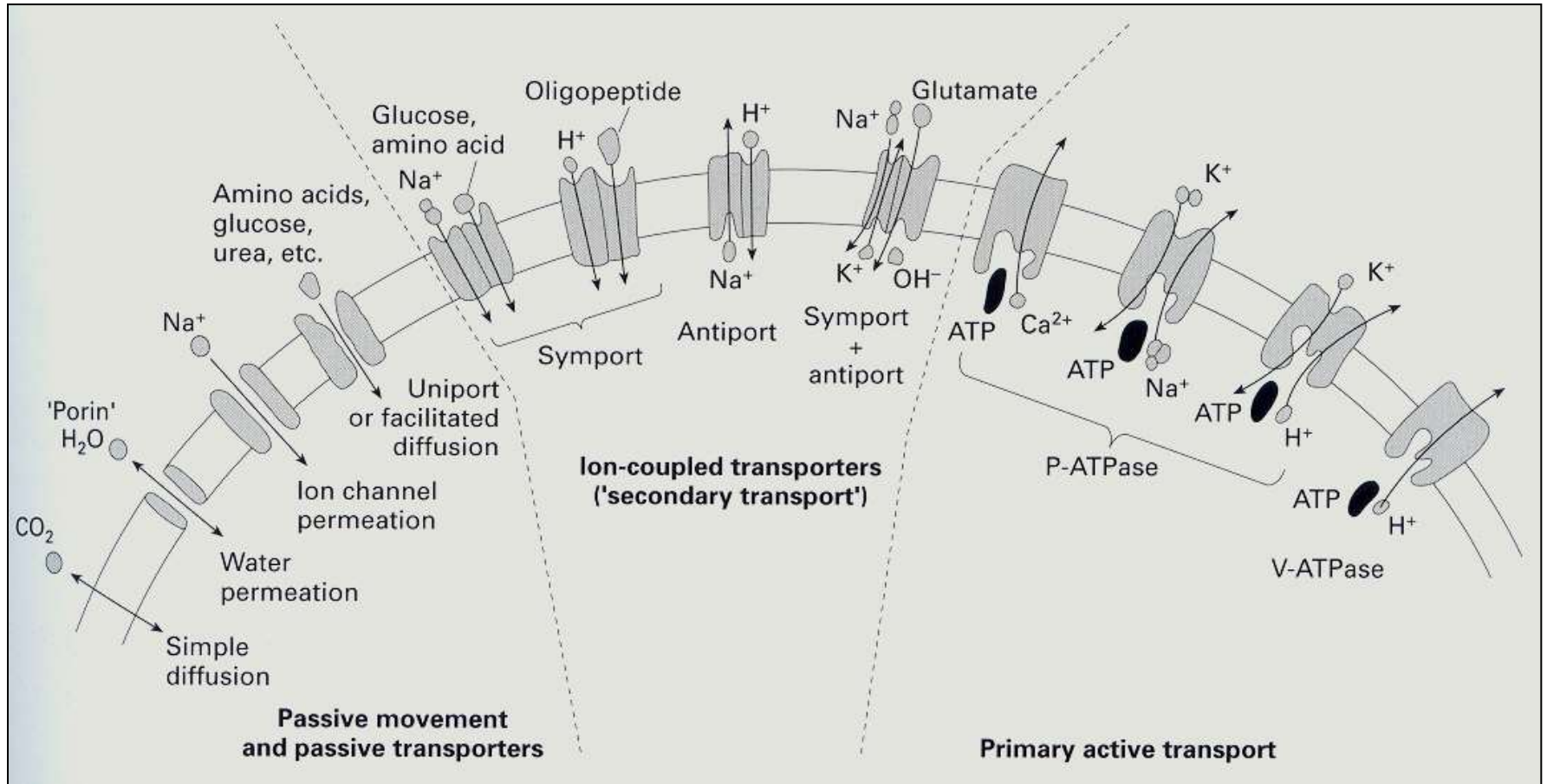
<http://highered.mcgraw-hill.com/olc/dl/120071/bio11.swf>

<https://www.youtube.com/watch?v=xbJ0nbzt5Kw>

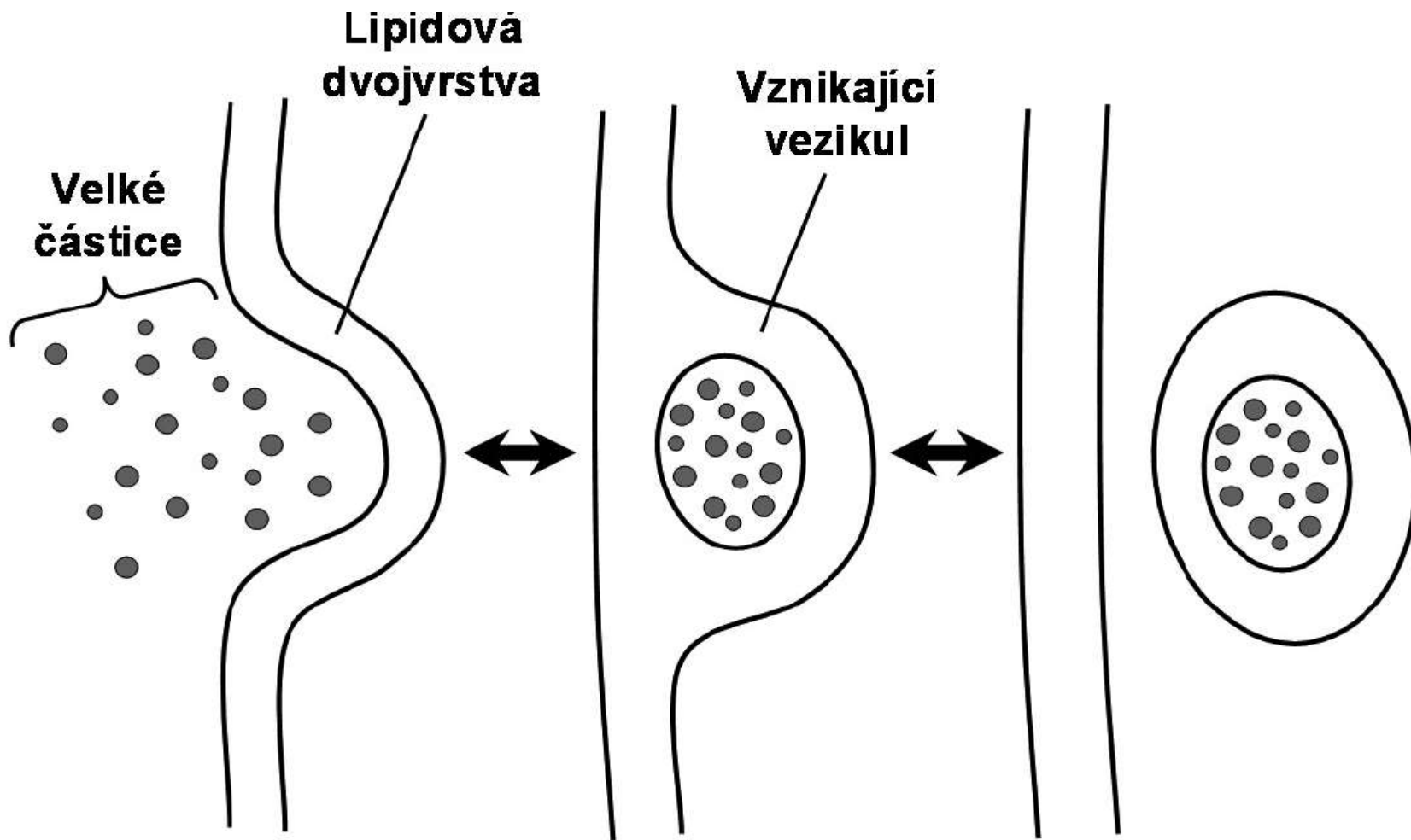


[Animace](#)

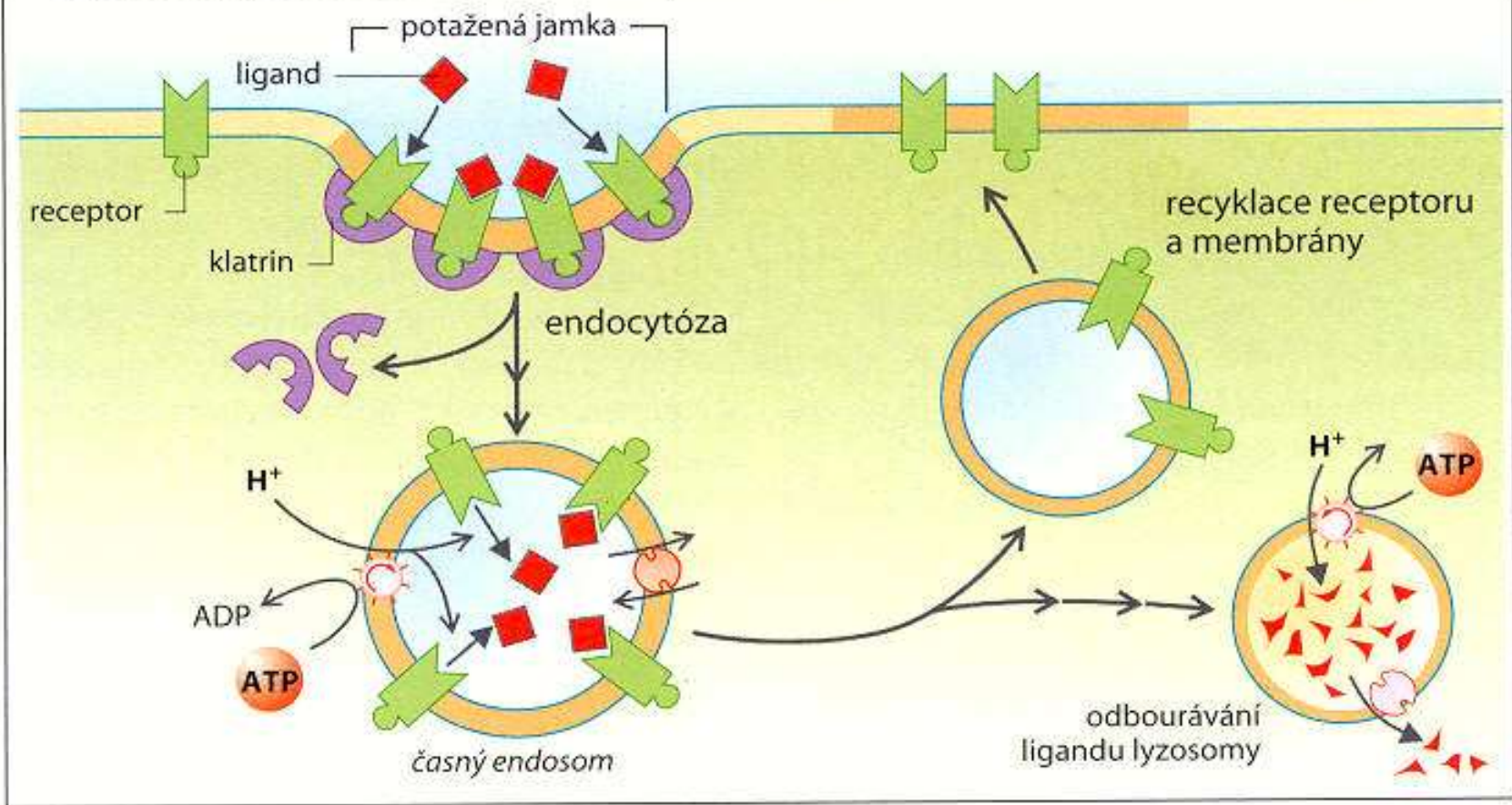
# Přehled transportů ještě jednou



# Cytóza – aktivní transport velkých množství

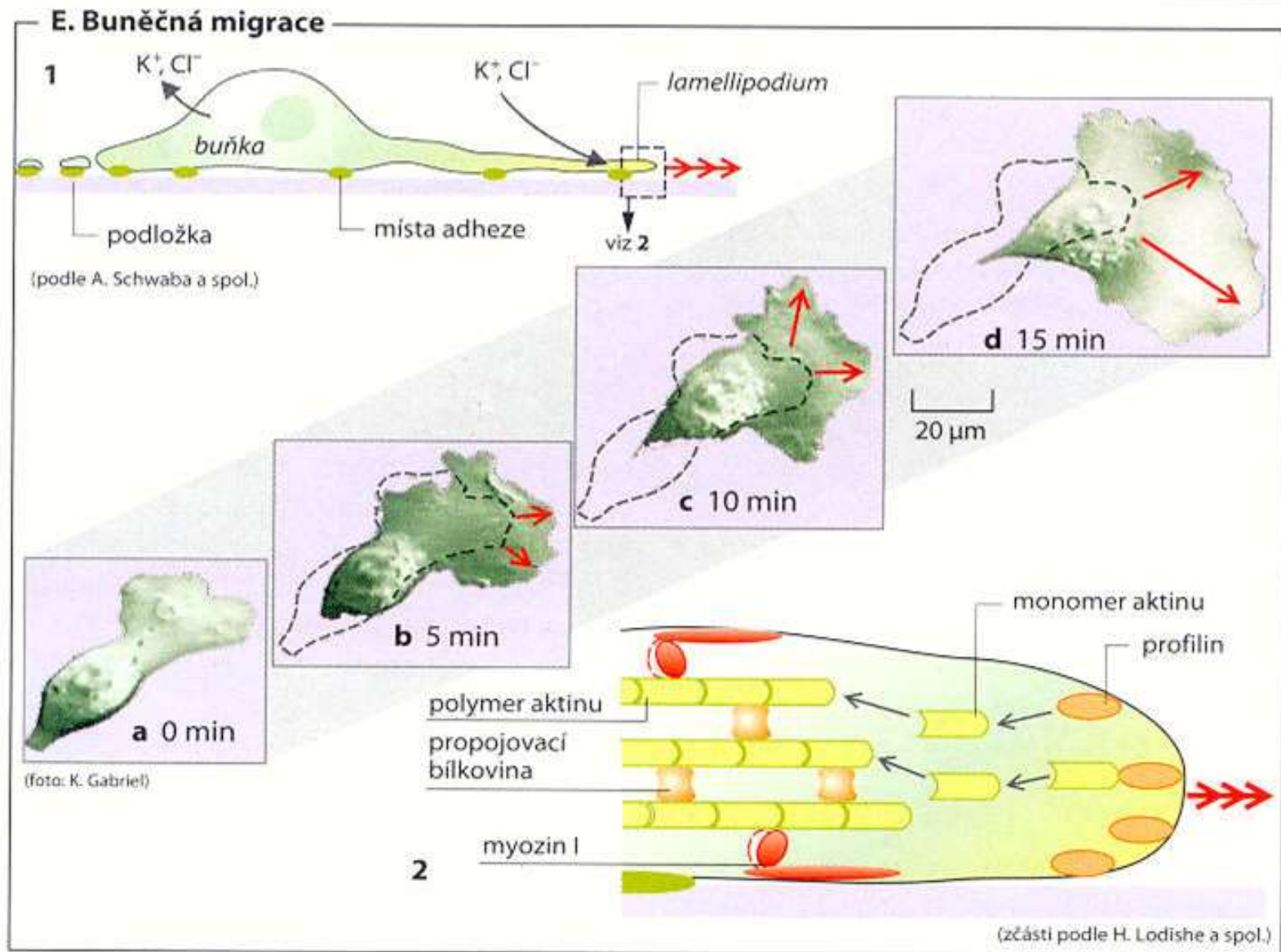


### C. Receptory zprostředkovaná endocytóza

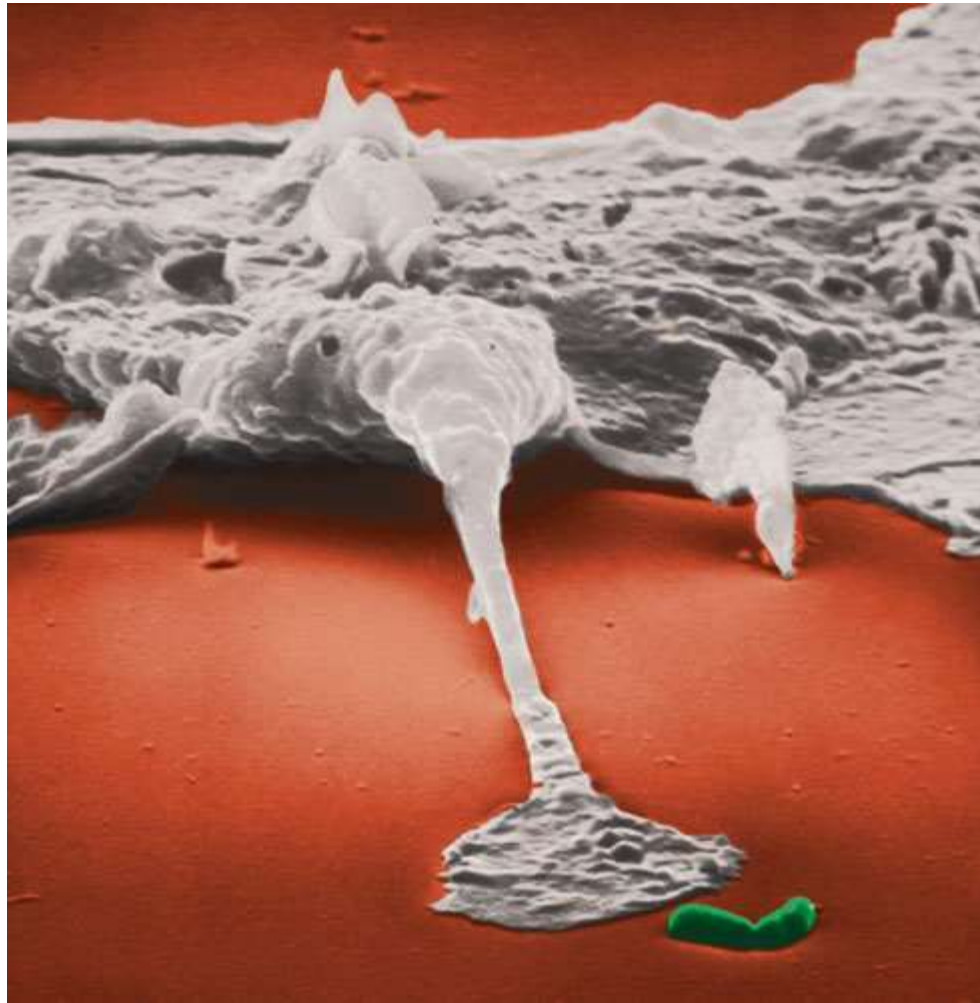


[Cytóza animace](#)

# Améboidní pohyb a úloha cytoskeletu



Makrofág a  
bakterie

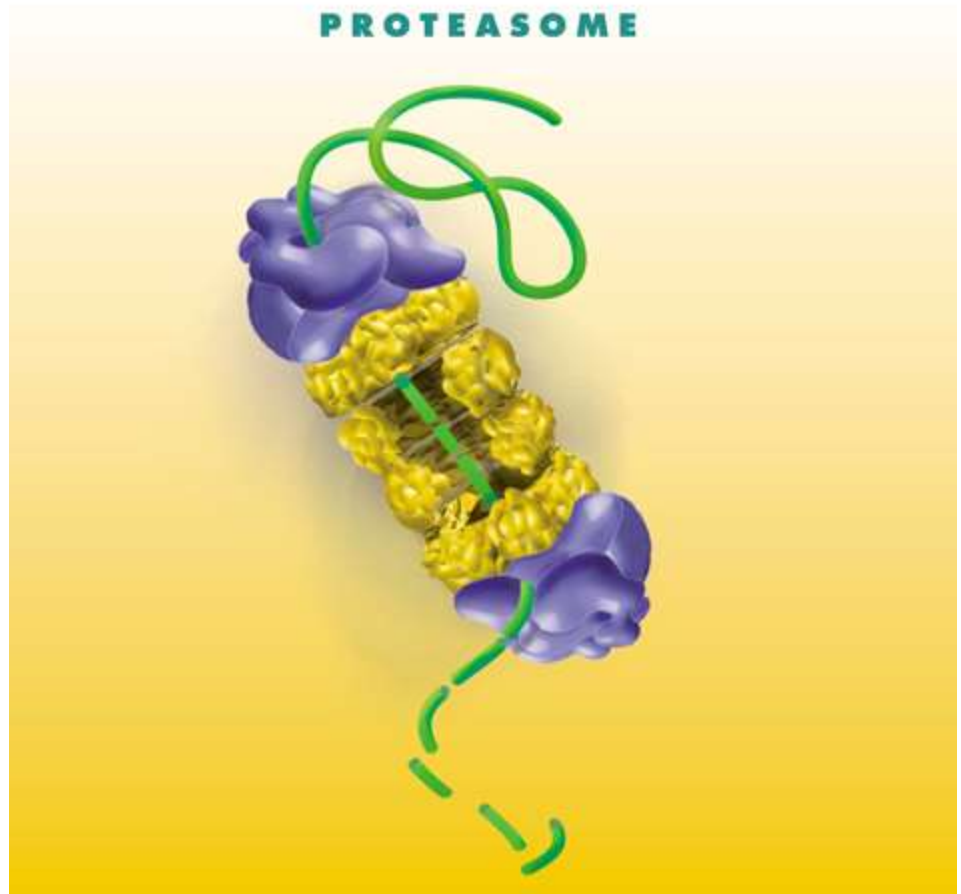




# Použité bílkoviny musí být degradovány Proteazómy

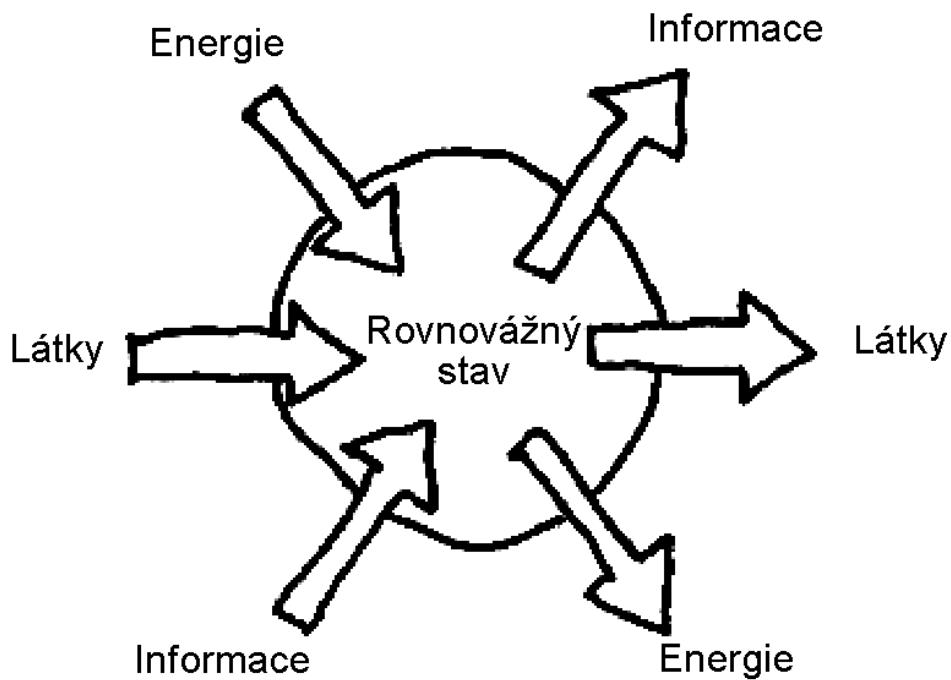
Úklid vlastních signálů –  
transkripčních faktorů a enzymů  
Příprava volných AK

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

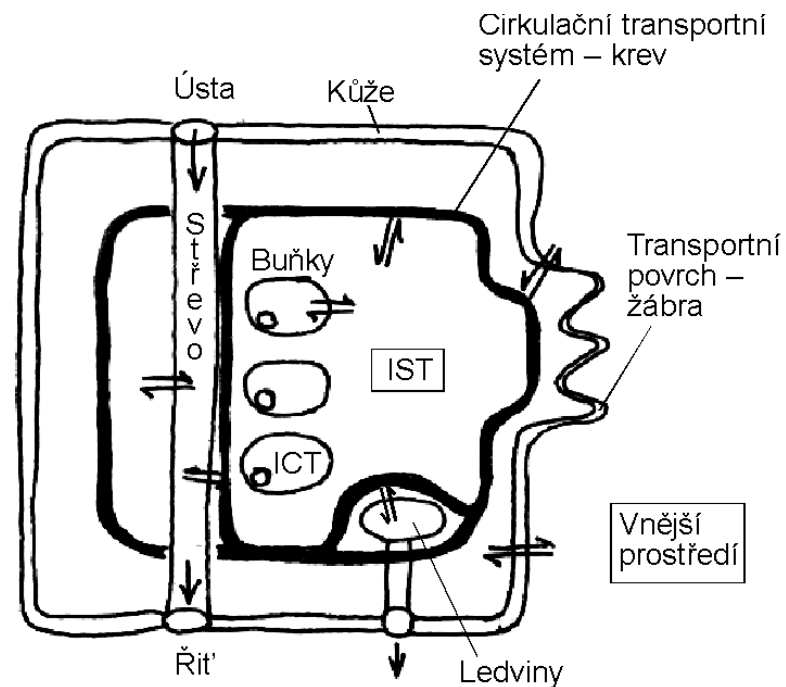


# Bariéry a brány

## Jednobuněčný

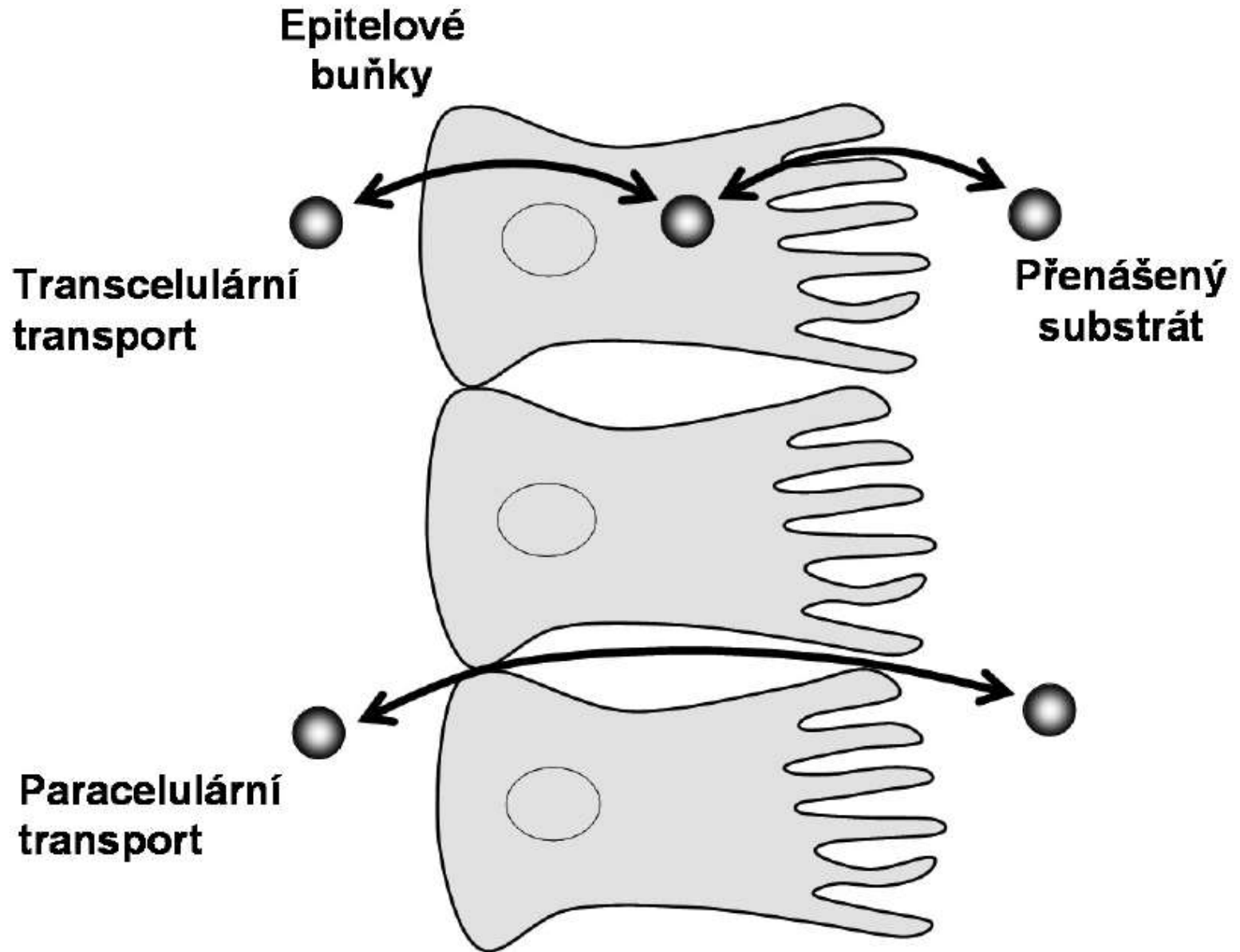


## Mnohobuněčný



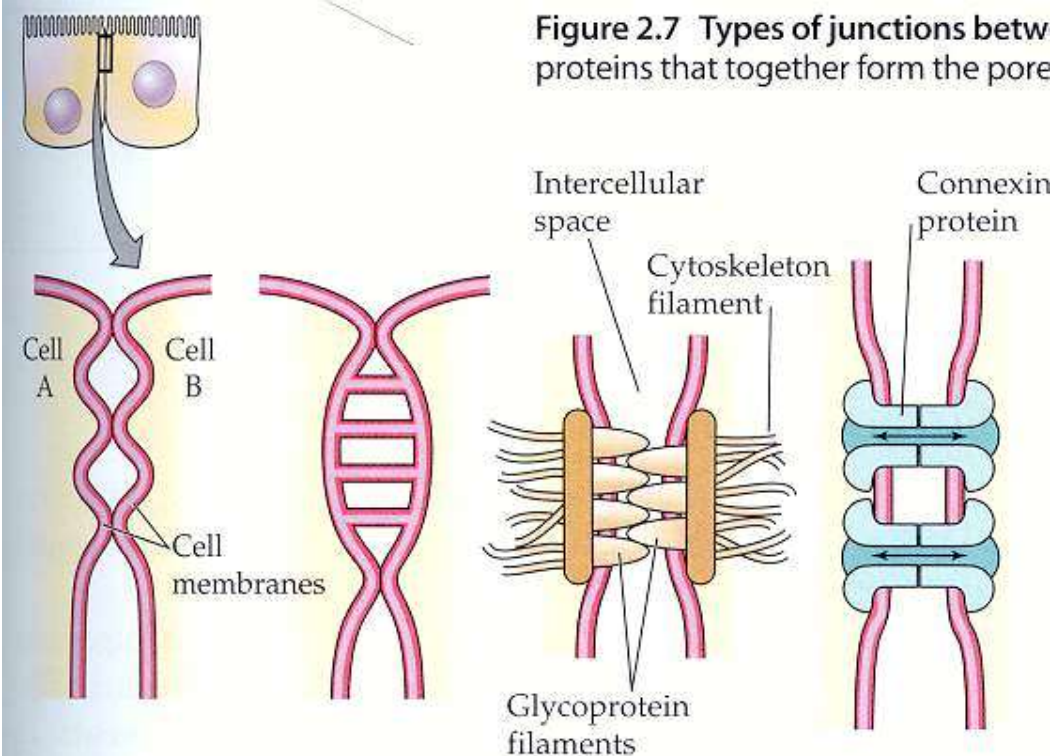
Paracelulární transport – určuje „děravost“ epitelu

Těsný (kapiláry mozku) versus děravý (fenestrovaný) epitel (k. glomerulu)



# Spolupráce – buněčná spojení

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



Tight junction

Septate junction

Desmosome  
("spot weld")

Gap junction  
(communicating  
junction)

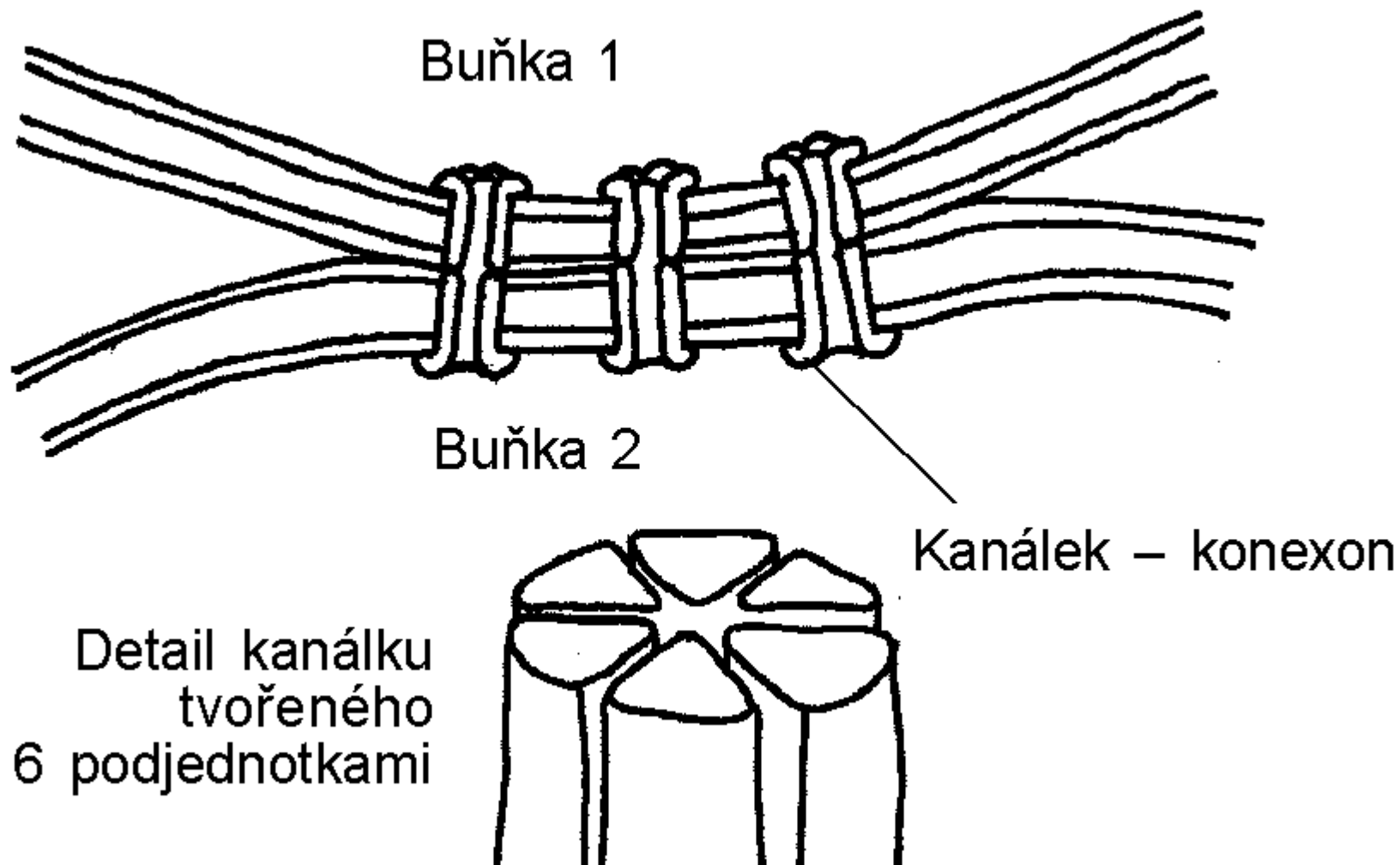
Ocluding junctions

**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.

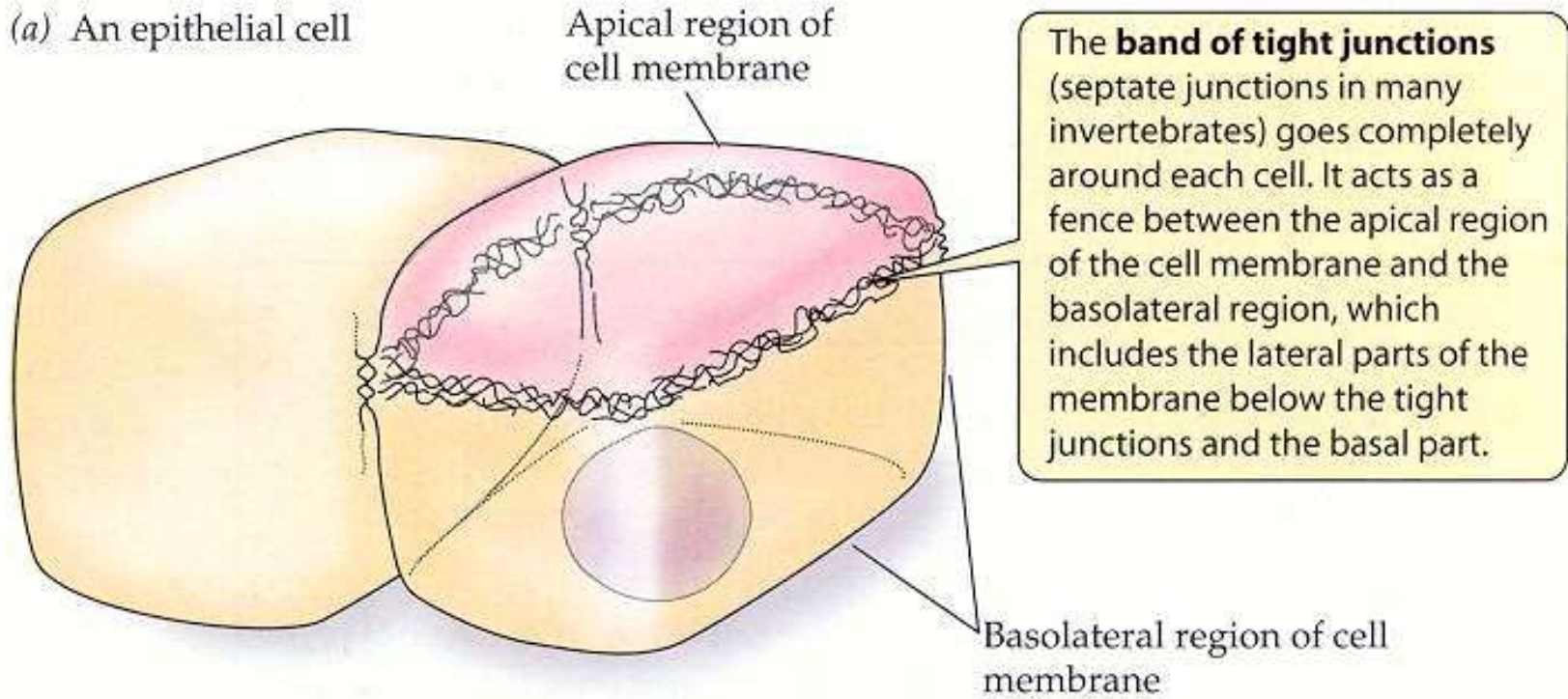
A **desmosome** is a localized spot where the contact between cells is strengthened.

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

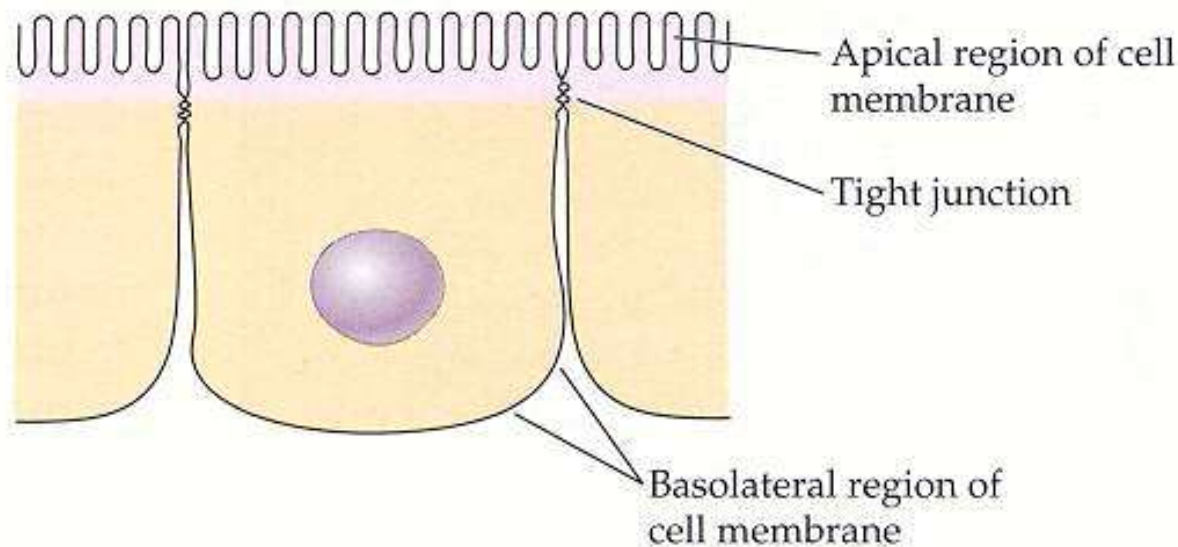
# Konexon a „gap junction“



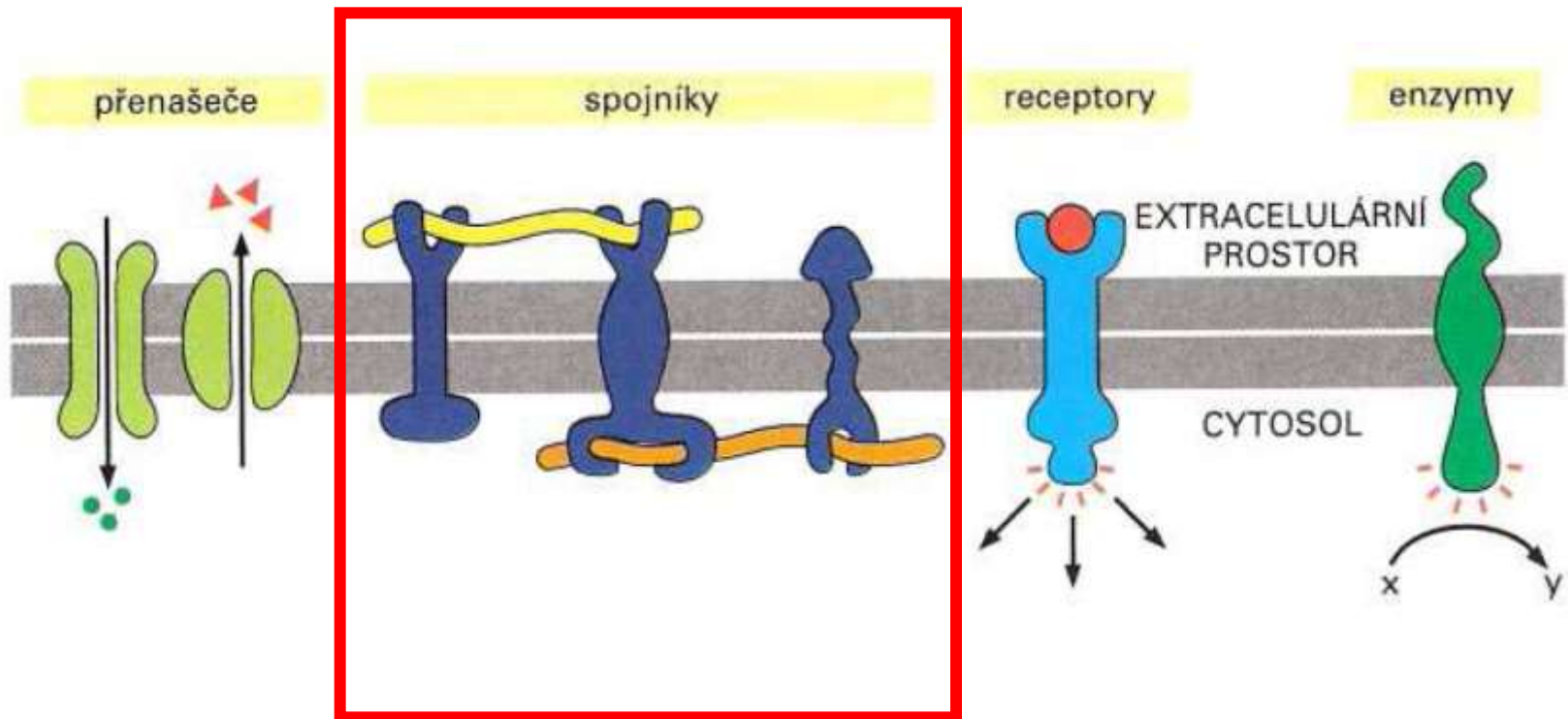
(a) An epithelial cell



(b) Schematic representation of an epithelial cell



Funkce membránových bílkovin – přenos látek, signálů, ale i **fixace buněk na extra a intracelulární struktury.**



# Buněčná spojení nutná i pro mechanickou soudržnost

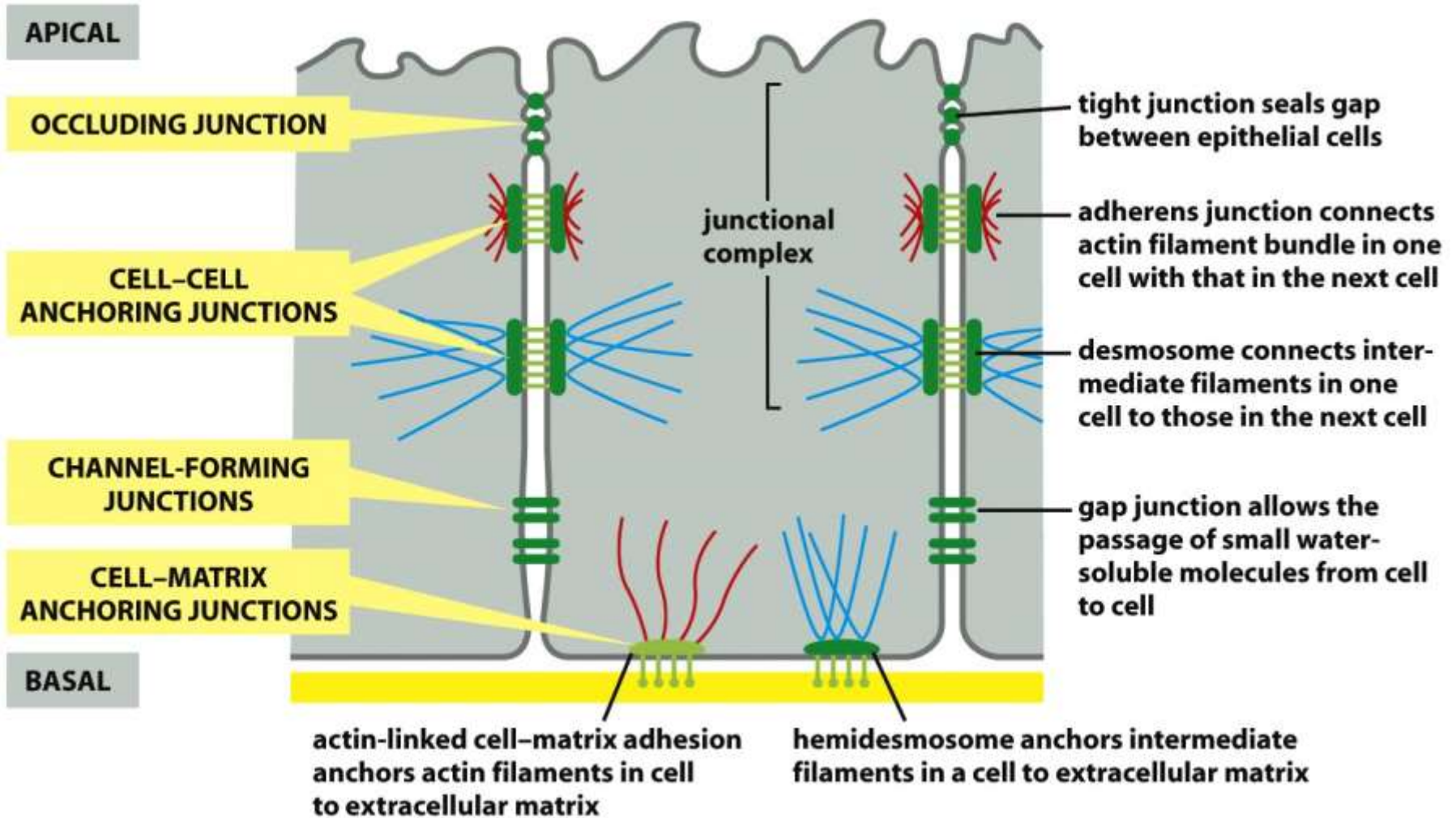
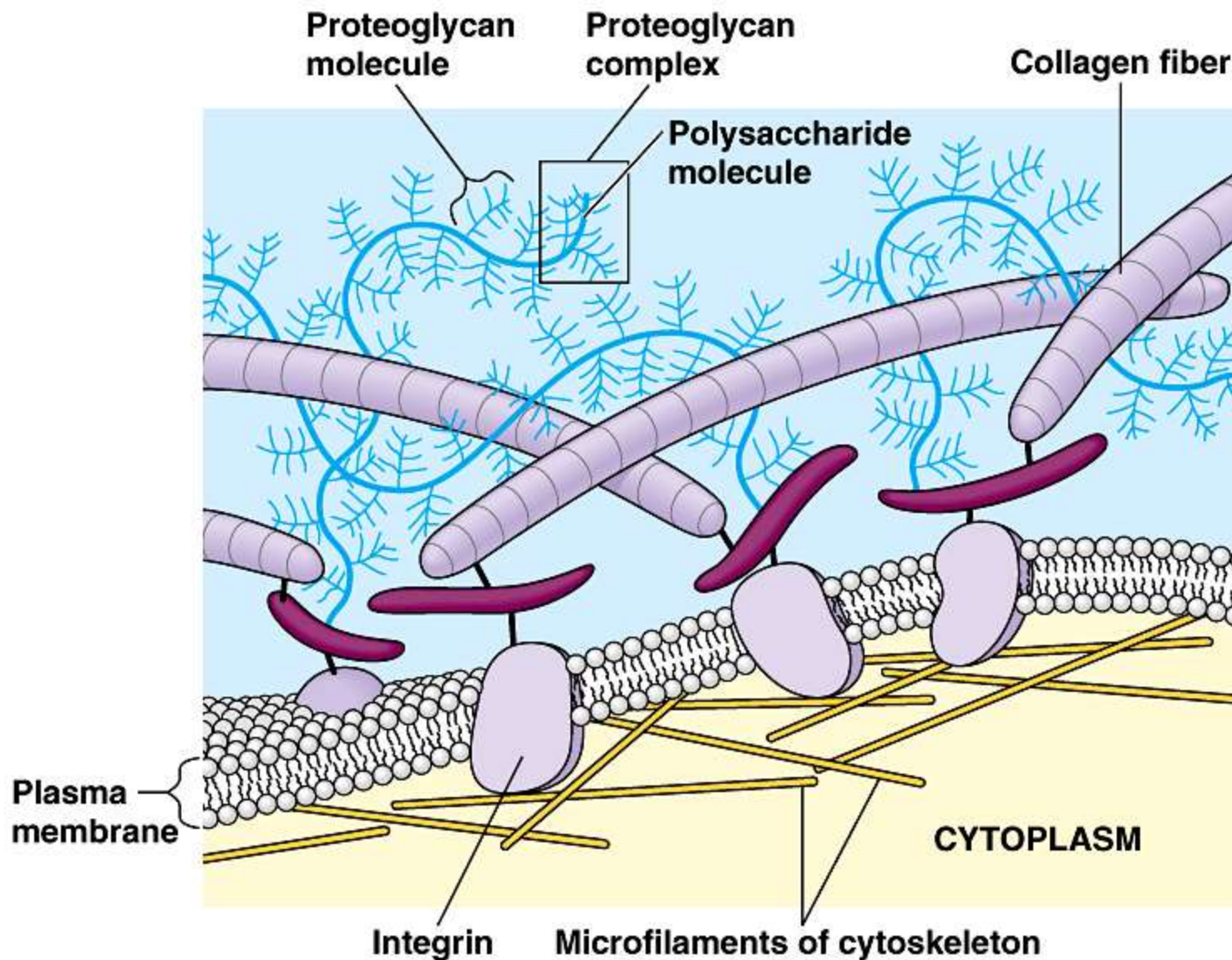


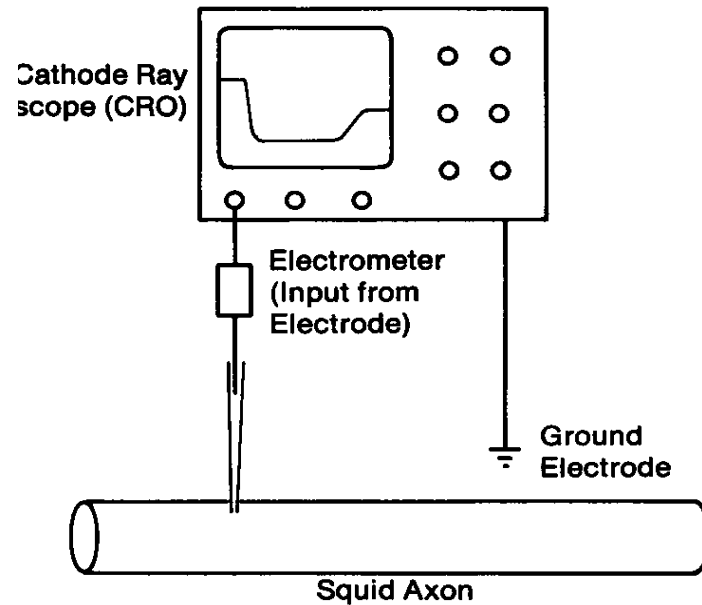
Figure 19-3 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



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



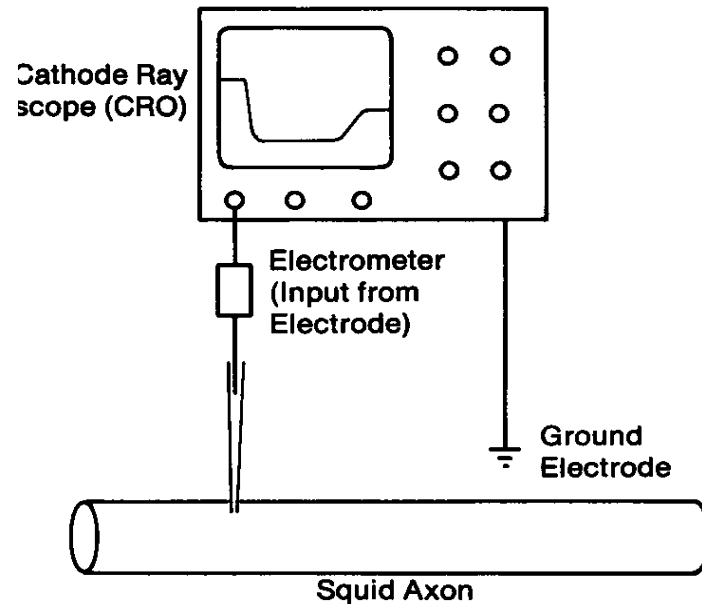
Membrána se selektivním aktivním transportem iontů elektricky nabíjí.  
Nabitá membrána - Klidový potenciál



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

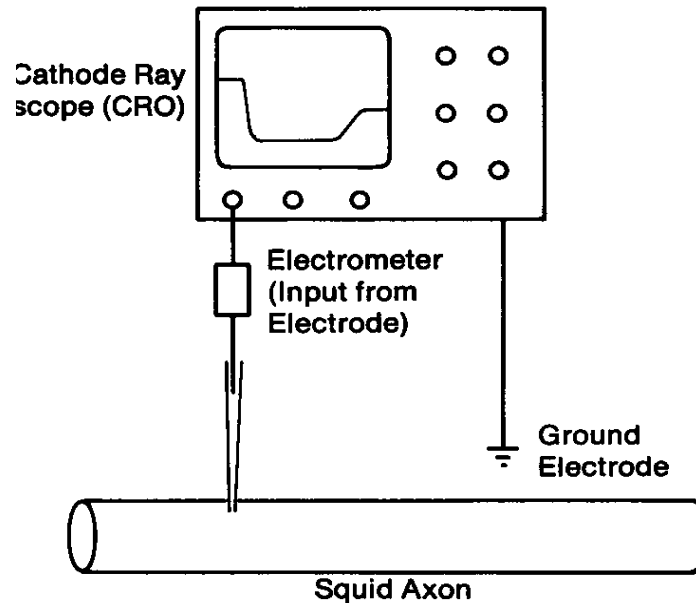
Využitelný pro:

- sekundární transport
- tvorbu a přenášení signálů

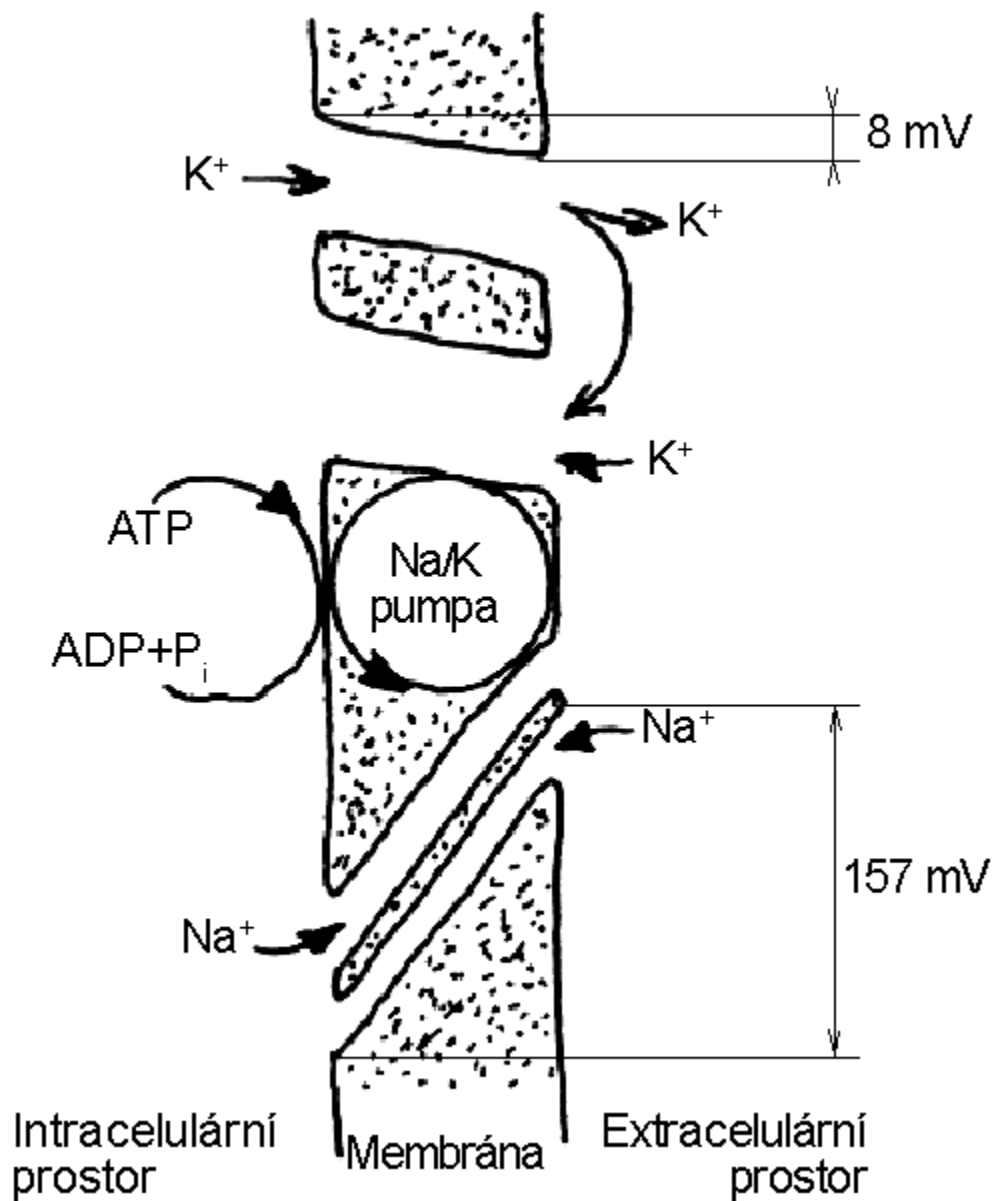


# Nabitá membrána - Klidový potenciál

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			

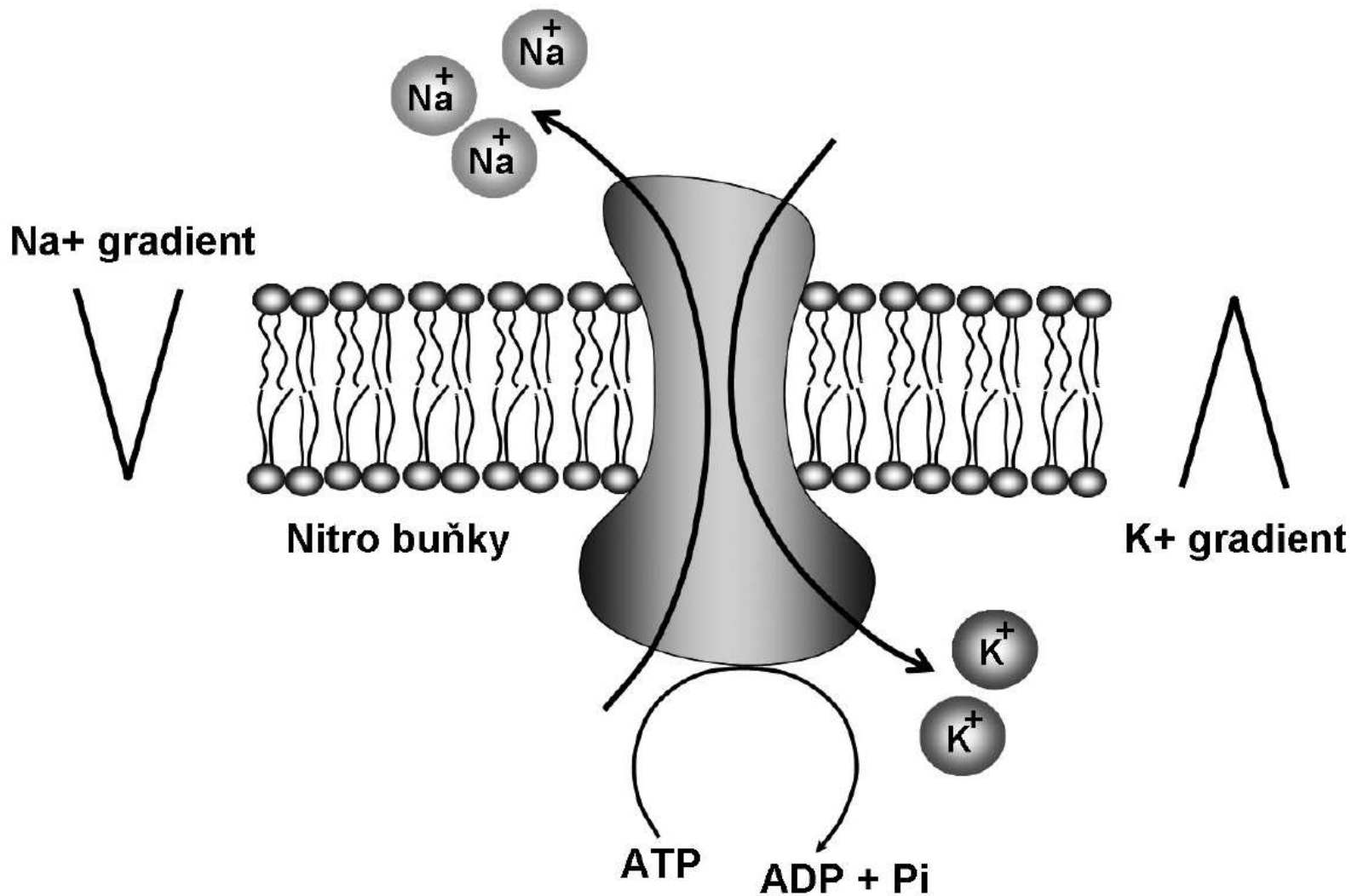


# Na/K pumpa nabíjí membránu

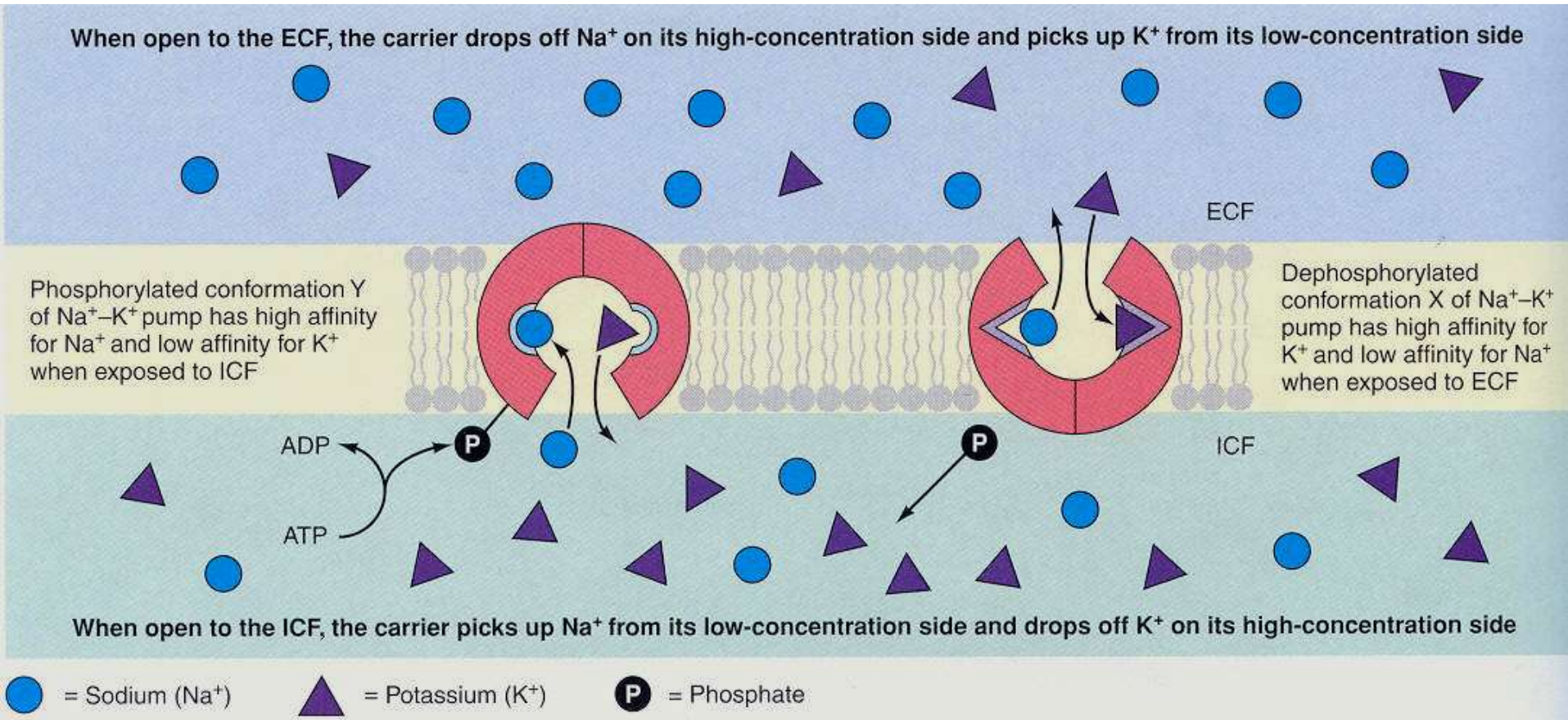


# Na/K pumpa

Animace



# Na/K pump



Na – daleko od rovnováhy

K – v rovnováze

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



KONCENTRACE

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



NÁBOJ

**INTRA (-)**

**EXTRA (+)**

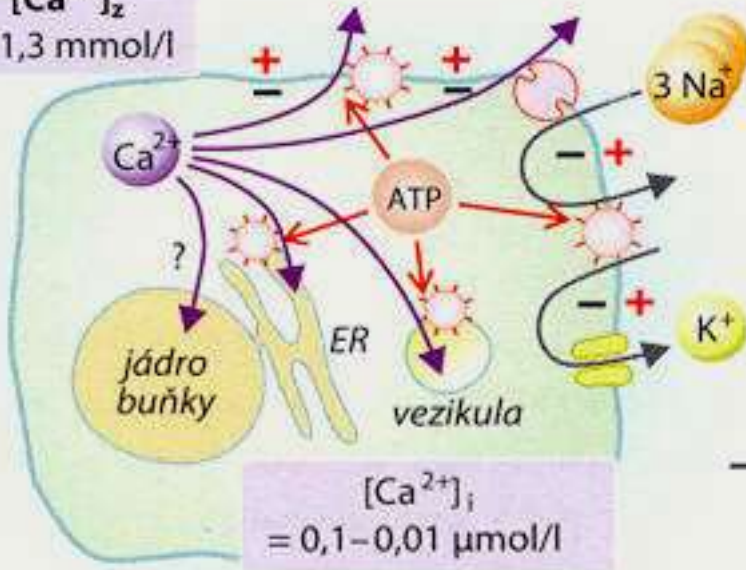


# Vápník – extracelulární iont, nositel signálů

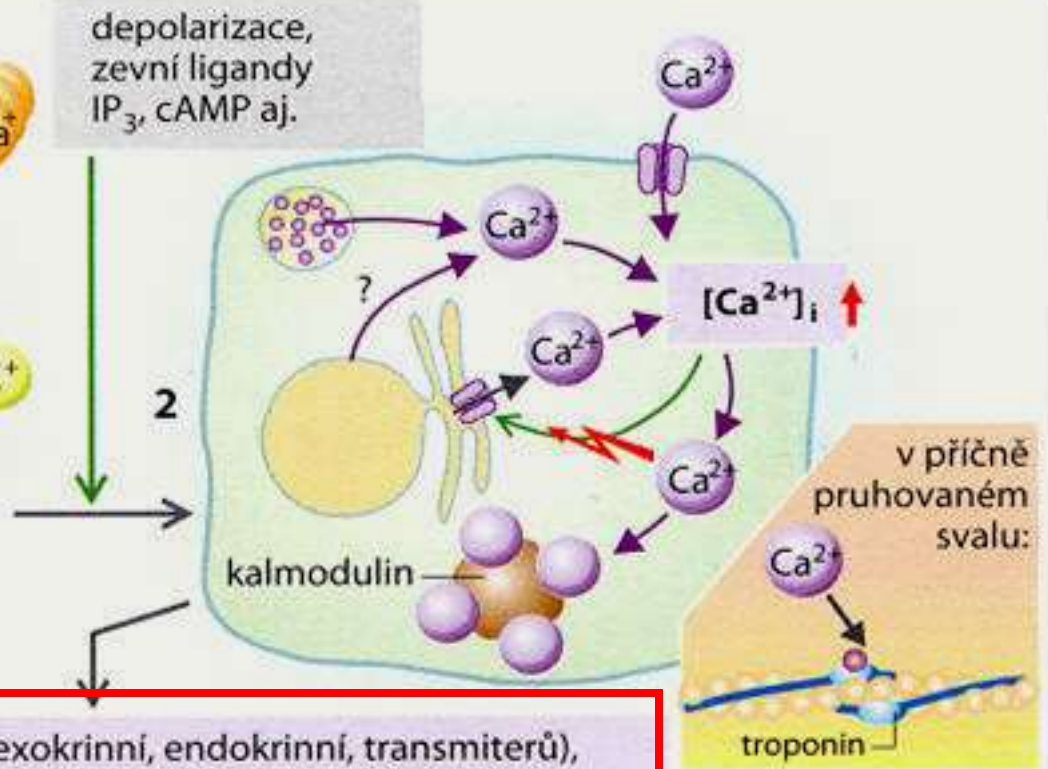
## A. Regulace buňky ionty $\text{Ca}^{2+}$

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

1



2



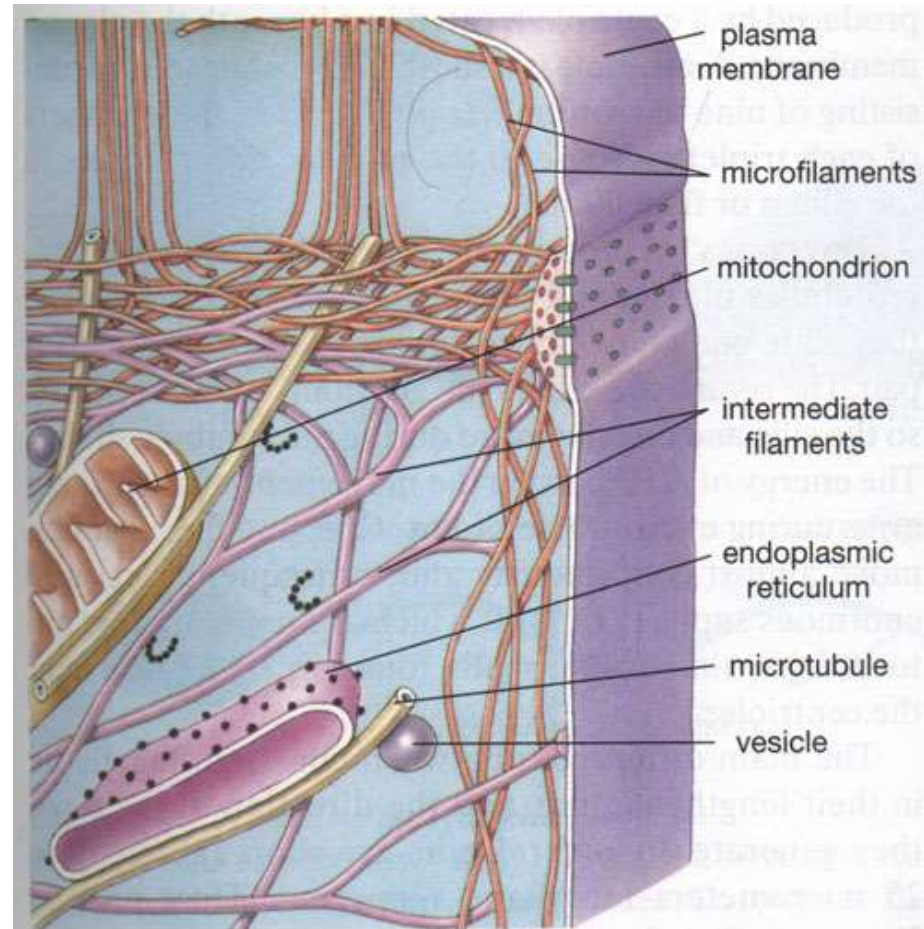
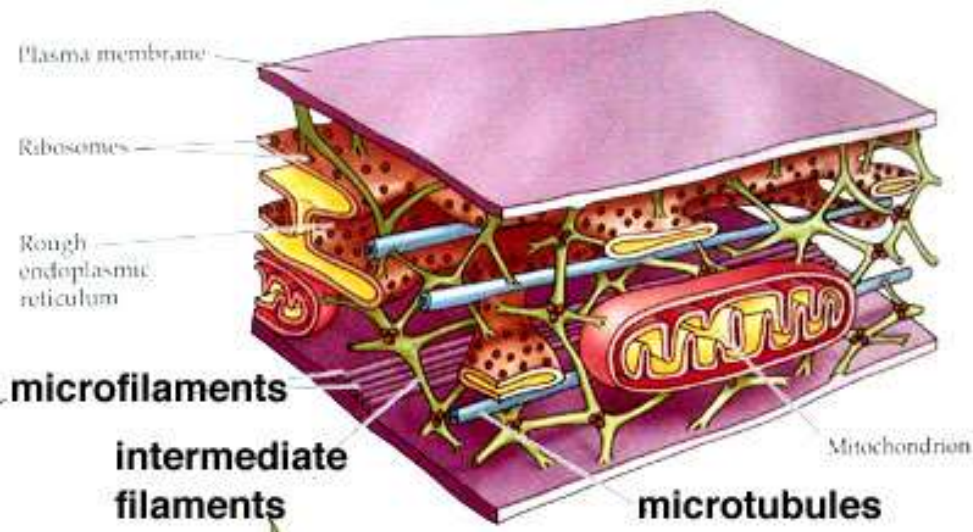
svalová kontrakce,  
podráždění čidla,  
otvírání/zavírání jiných iontových kanálů

exocytóza (exokrinní, endokrinní, transmitterů),  
uzavírání gap junctions,  
migrace buněk aj.

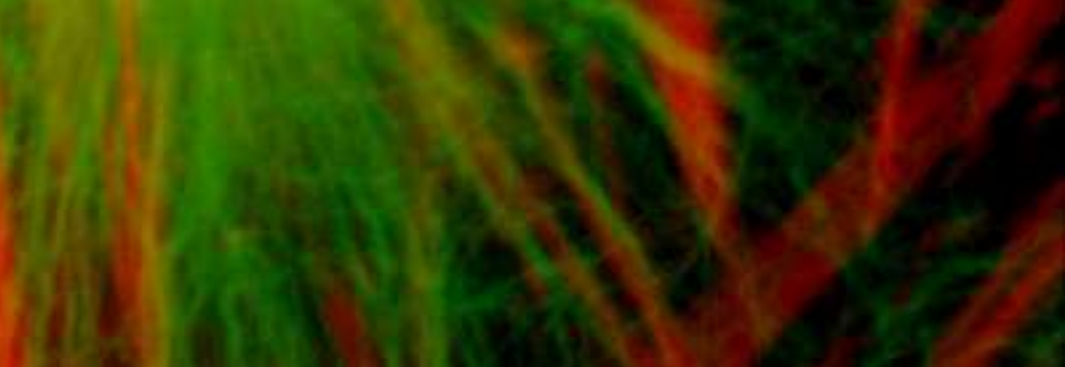
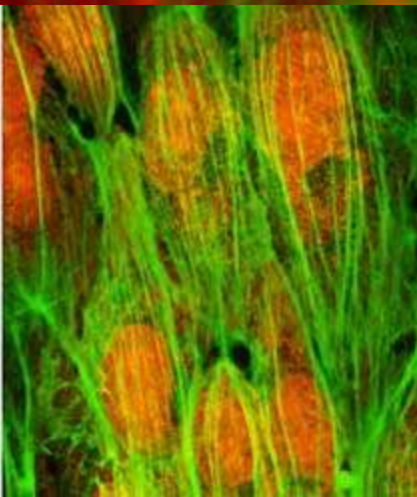
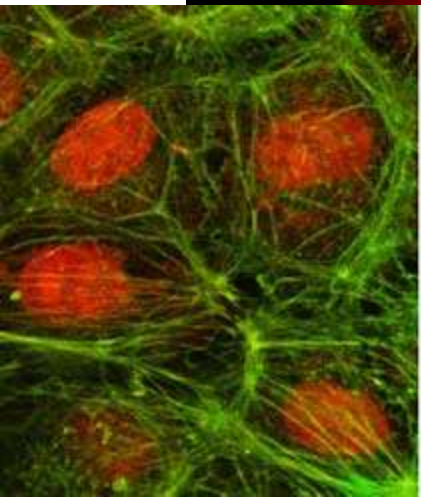
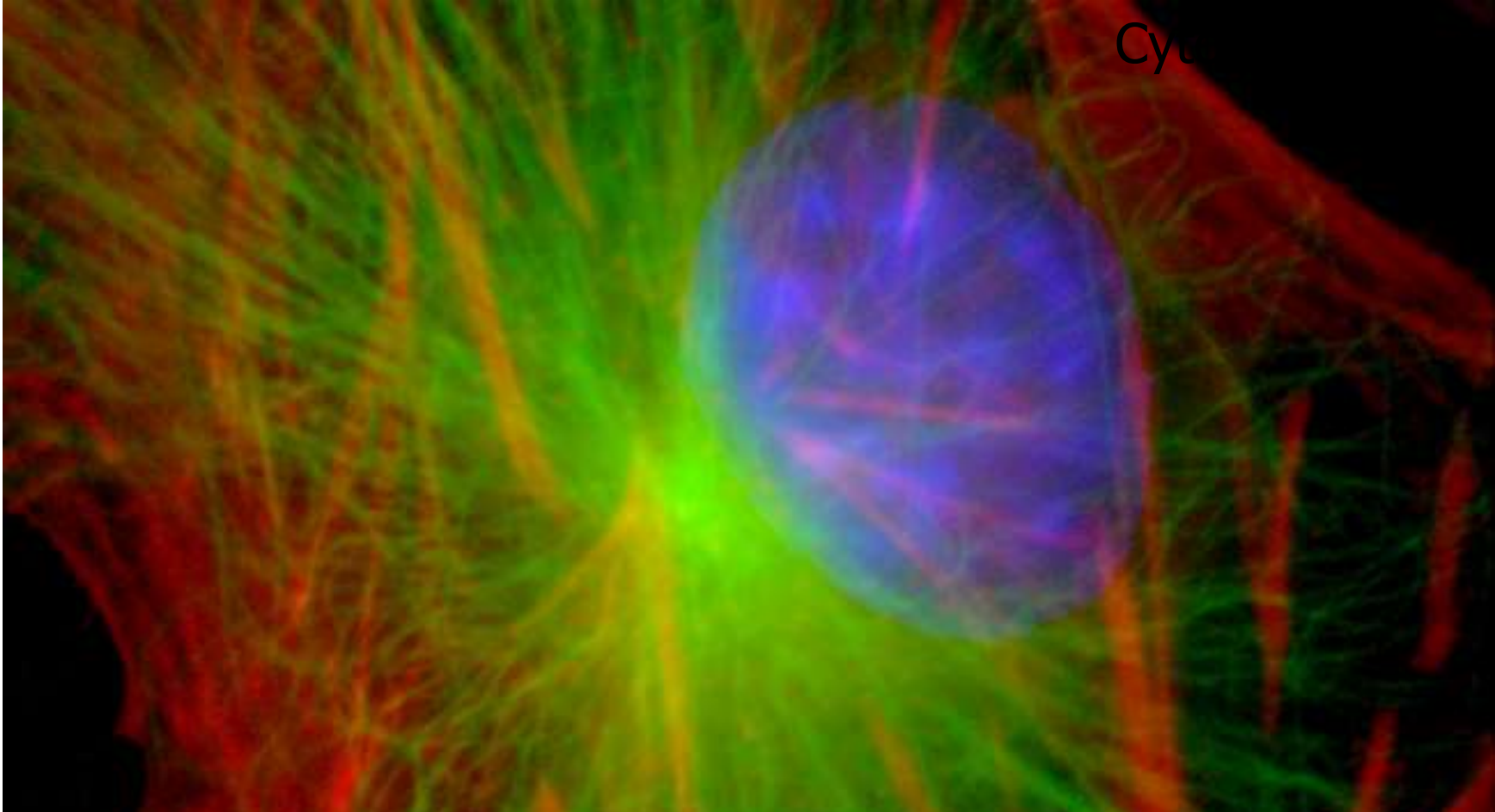
Mechanismy udržující  
nízkou hladinu Ca v buňce

Stačí malé podráždění a Ca  
proudí do buňky

# Cytoskelet



Cy

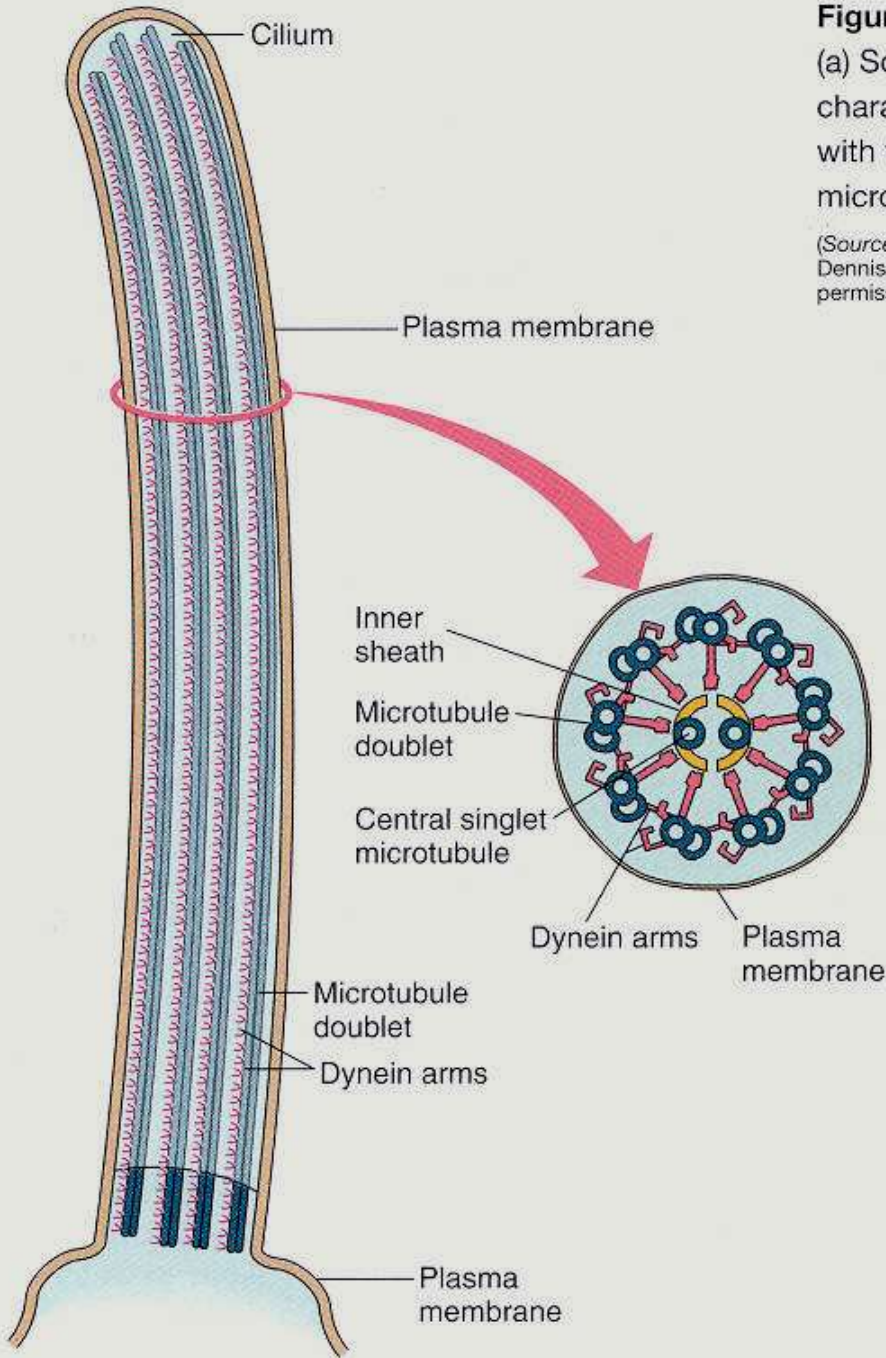


# Cytoskeleton

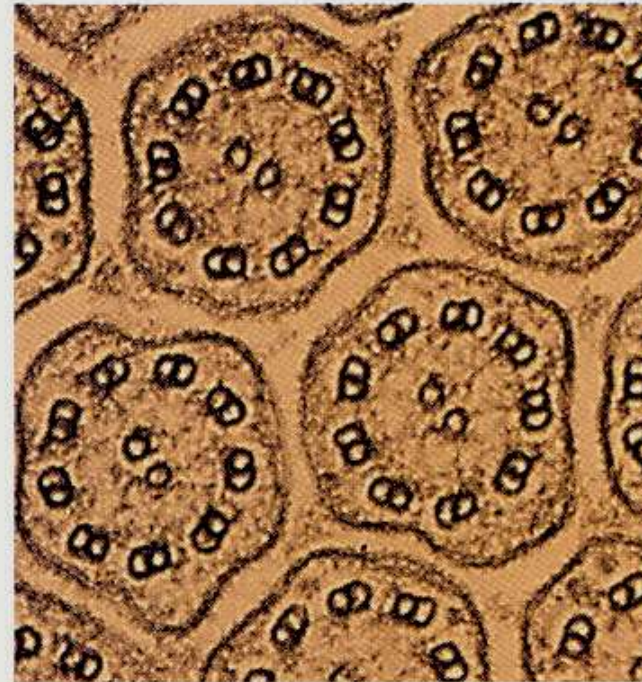
**Figure 2-27** • Internal structure of cilia and flagella.

(a) Schematic diagram of a cilium in cross-section show 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.)



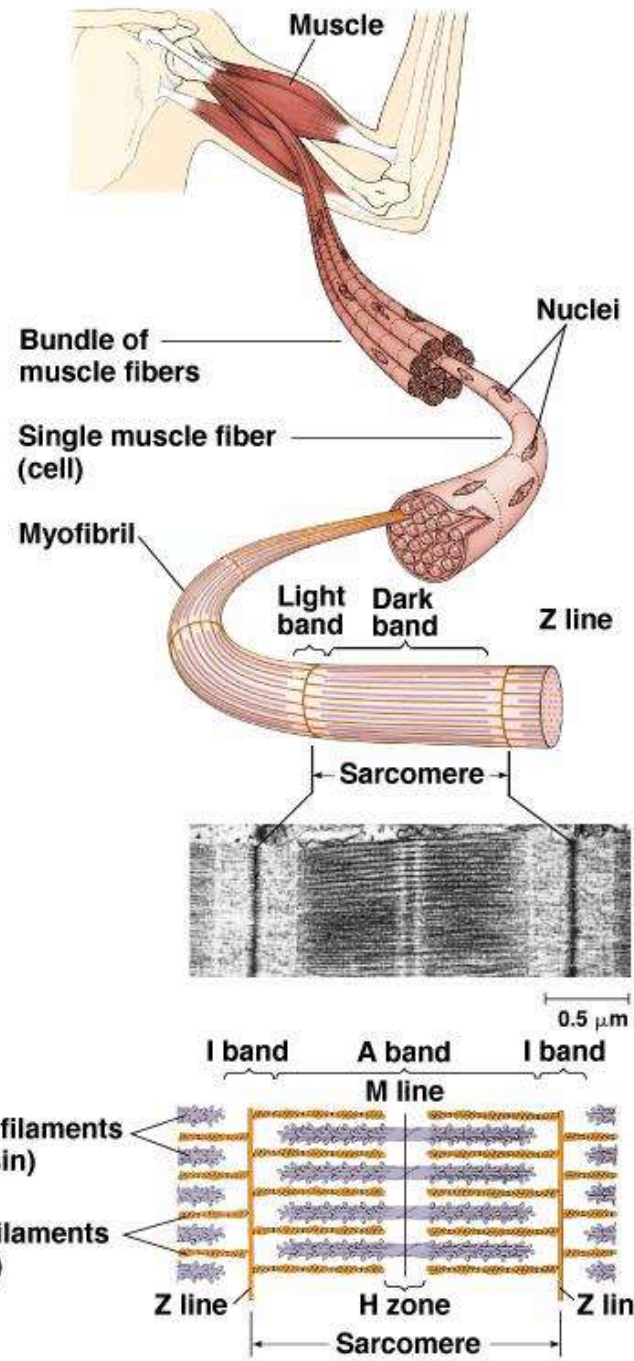
(a)



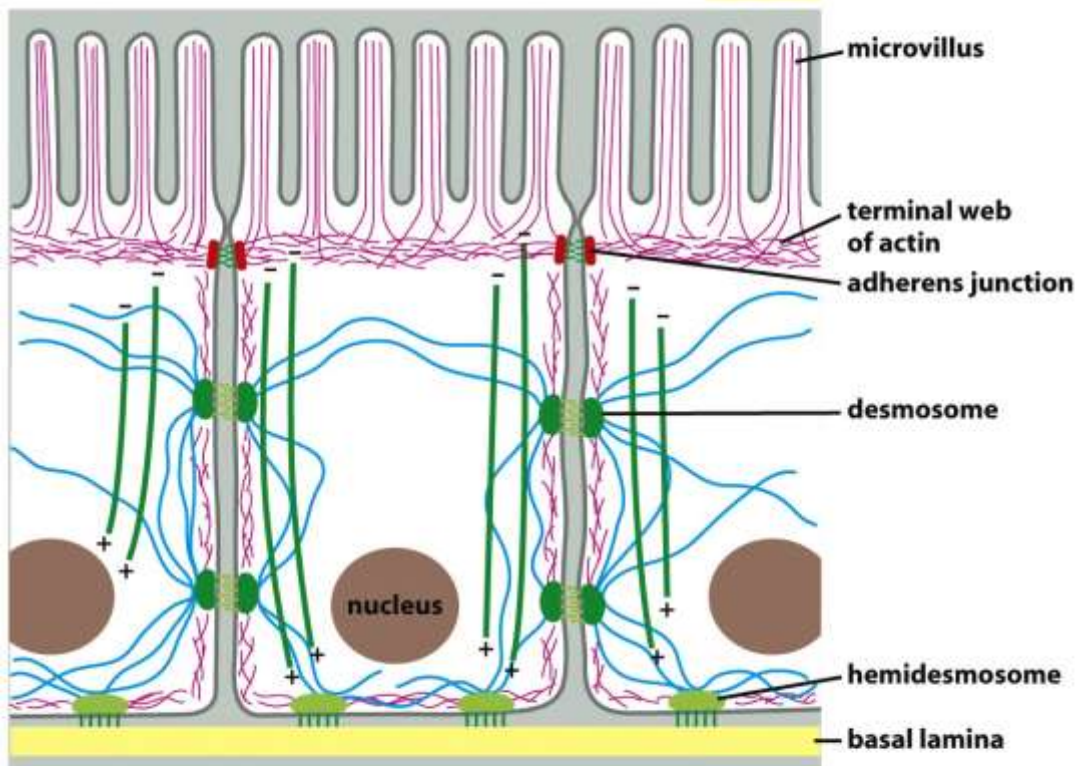
(b)

Photo: © David M. Phillips/Visuals Unlimited




Mikrofilamenta:  
Aktin a myosin



APICAL

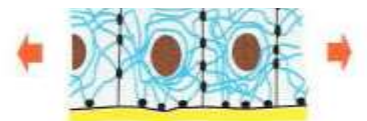


Typy filament  
Úloha středních

-  intermediate filaments
-  microtubules
-  actin microfilaments

BASAL

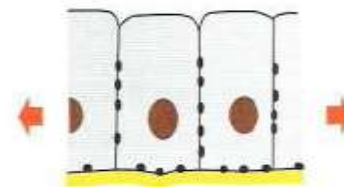
Figure 16-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)



napínání vrstvy  
buněk se středními  
filamenty



buňky zůstávají netknuté a pohromadě



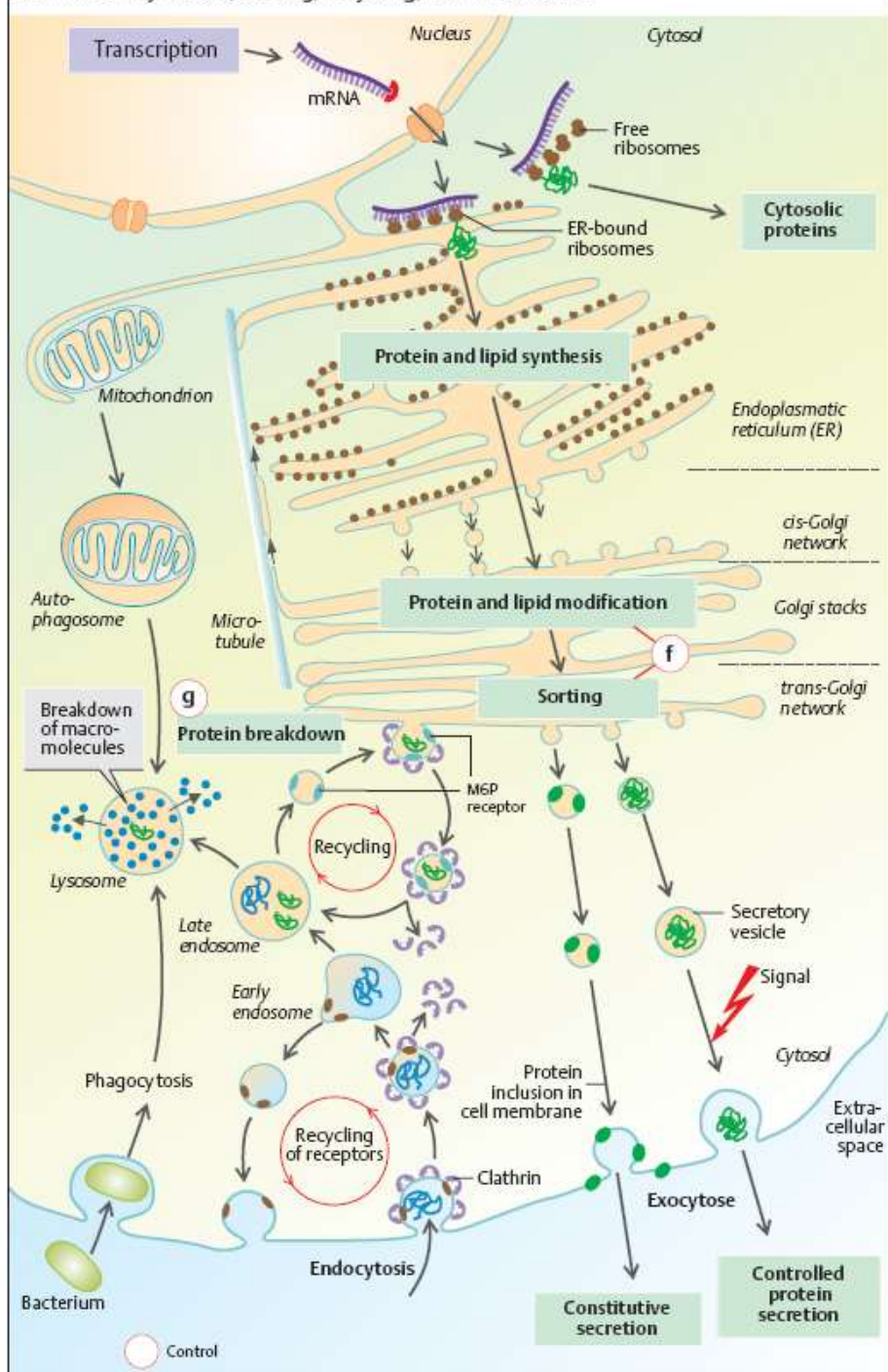
napínání vrstvy  
buněk bez středních  
filament



buňky praskají

Život v buňce – Animace komentovaná

F. Protein synthesis, sorting, recycling, and breakdown



Lysozom



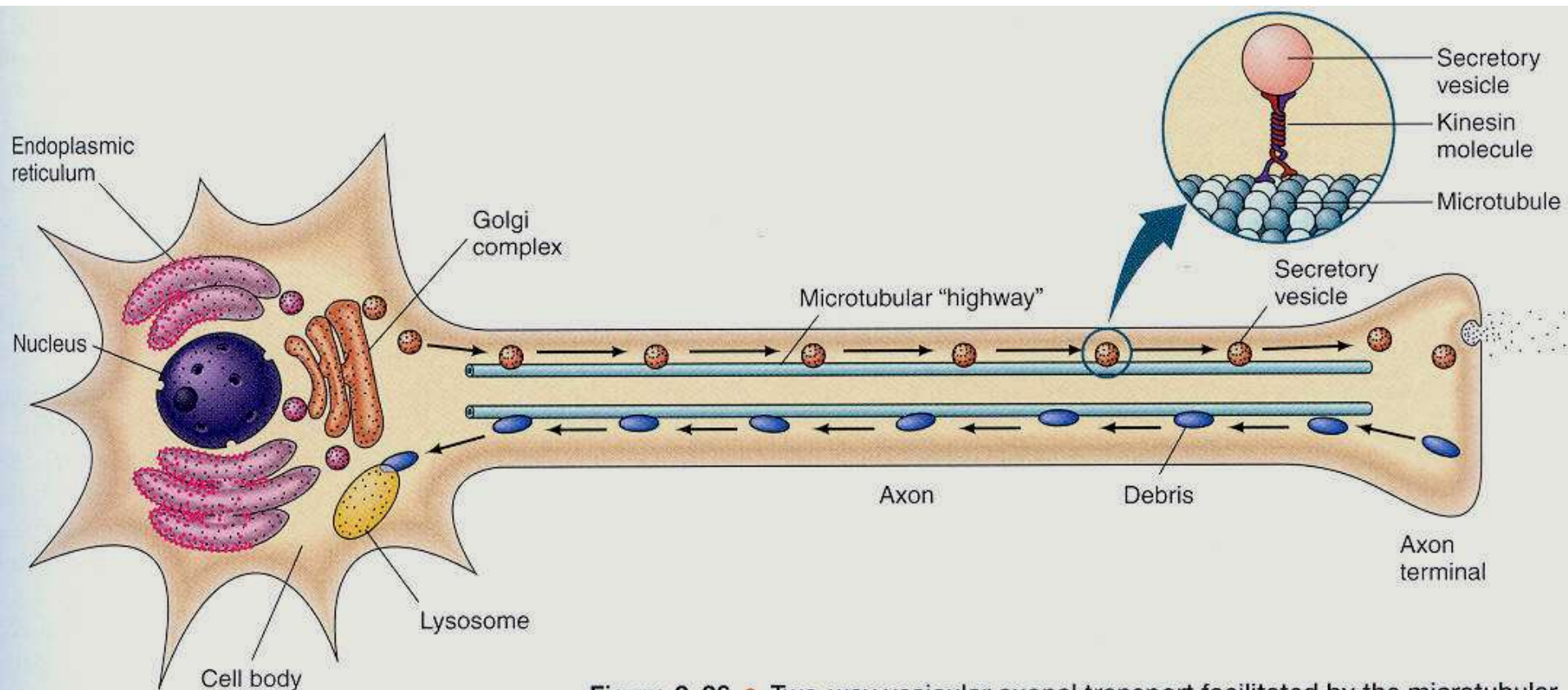
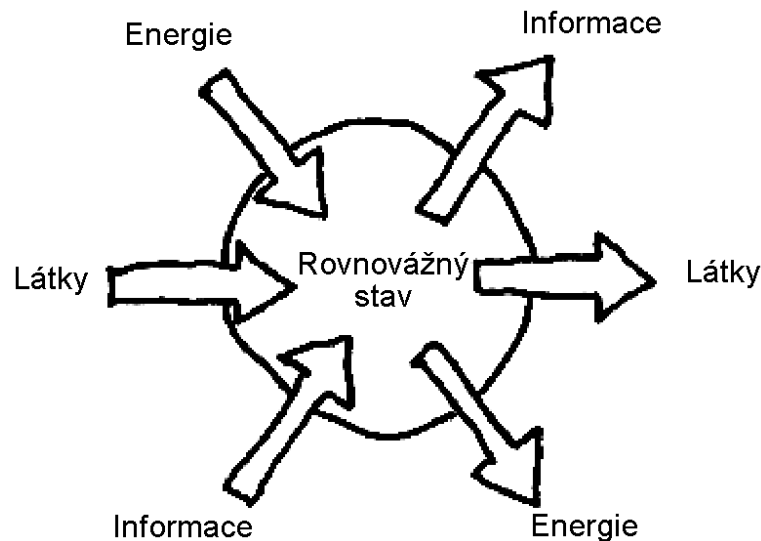


Figure 9.26 • Two-way vesicular axonal transport facilitated by the microtubular

## Život v buňce - Animace

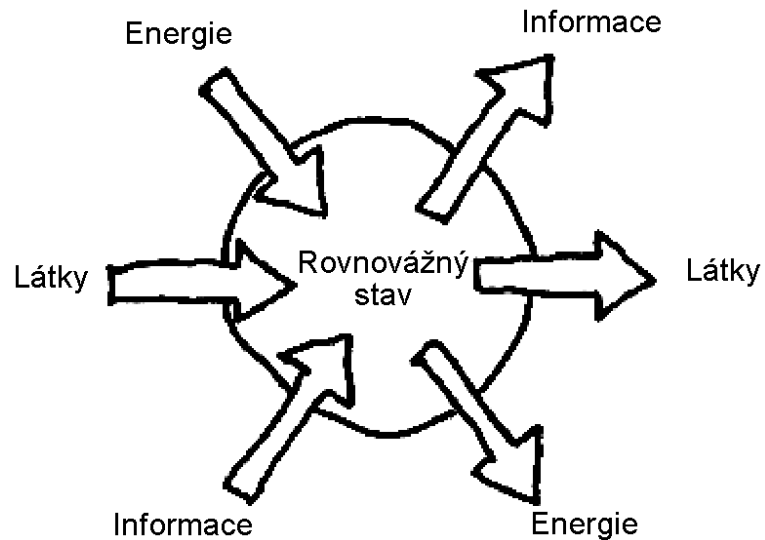
# Shrnutí

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.

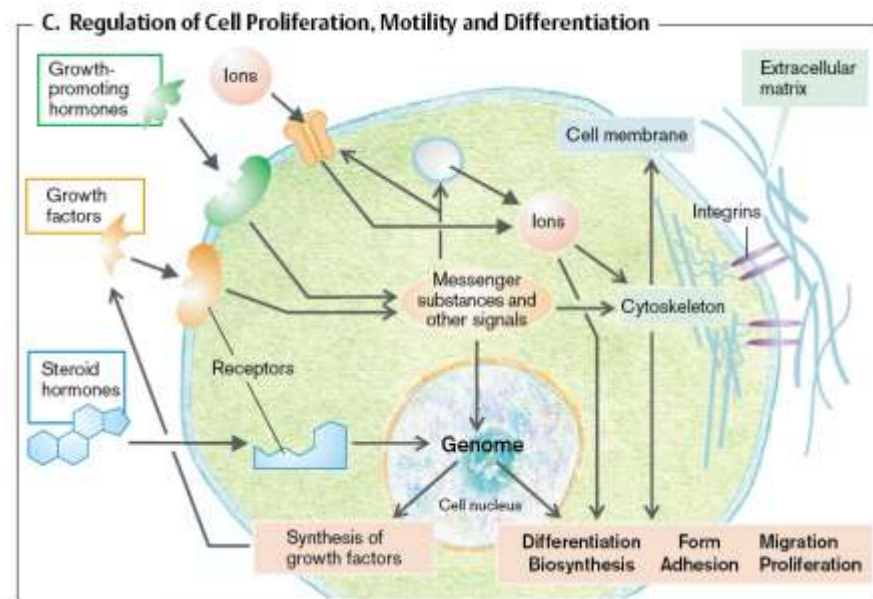


# Přenos informací

## Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce

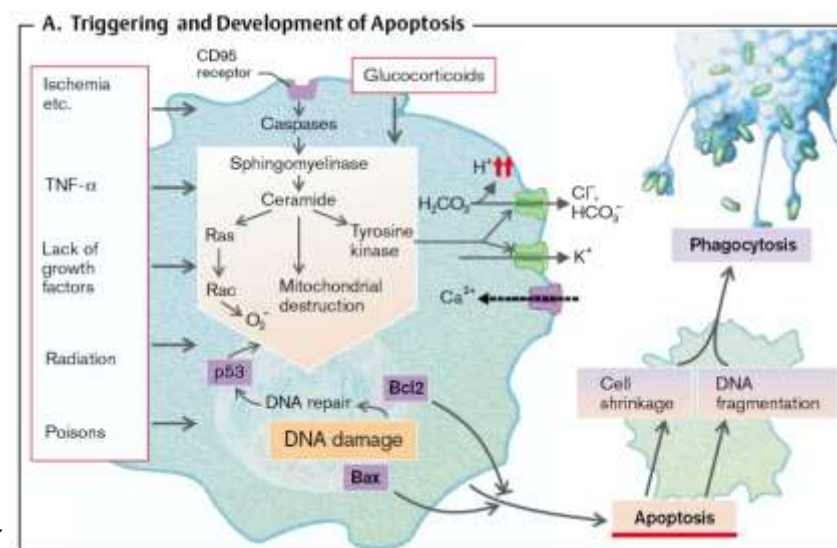


# Mezibuněčná komunikace a signálová transdukce



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



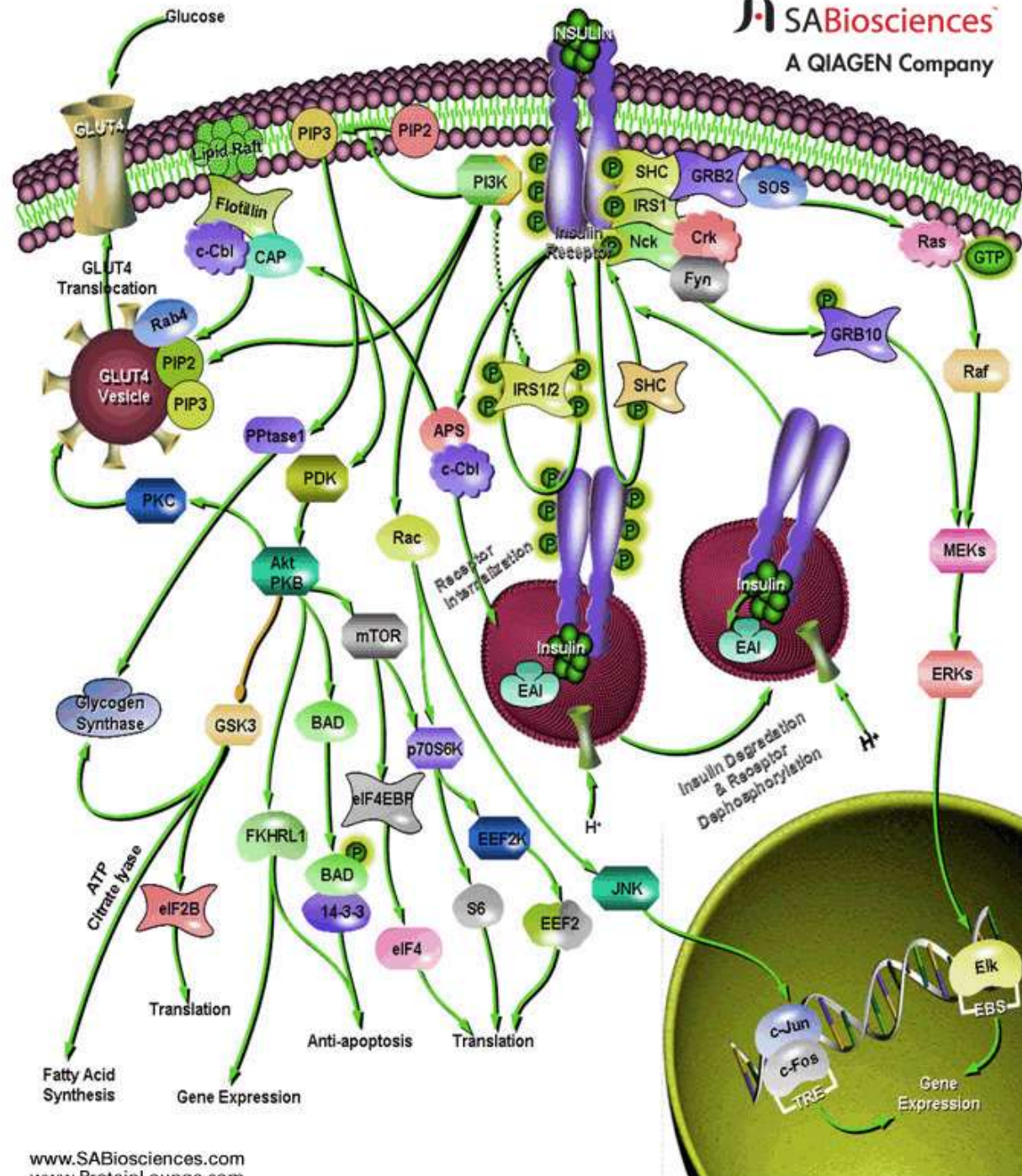
Obečná chemorecepční schopnost buněk  
Komunikace ve společenství buněk, rozeznání  
poškozené nebo cizí buňky  
Signály: diferencuj, proliferuj, syntetizuj, zemři...  
Porozumění = klíč k podstatě

# 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 signálních látek.

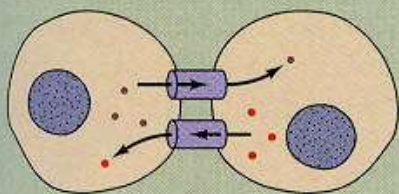
- Eikosanoidy – (prostaglandiny)
- Plyny – (NO, CO)
- Puriny – ATP, cAMP
- Aminy – od tyrozinu (adrenalin, par. histamin)
- Peptidy a proteiny – mnoho hormonů neurohormonů
- Steroidy – hormony a feromony
- Retinoidy – od vit A

Způsob předání signálu – jeden klíč a různé dveře

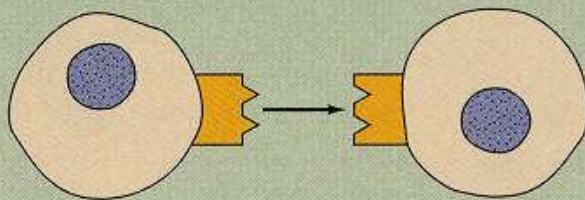


# Způsob předání signálu – mezi buňkami

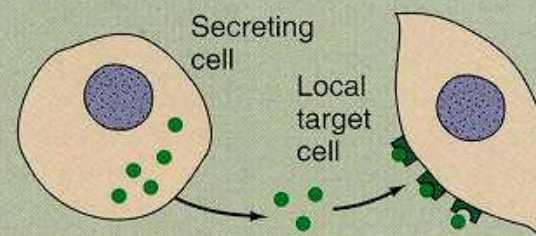
Gap junctions



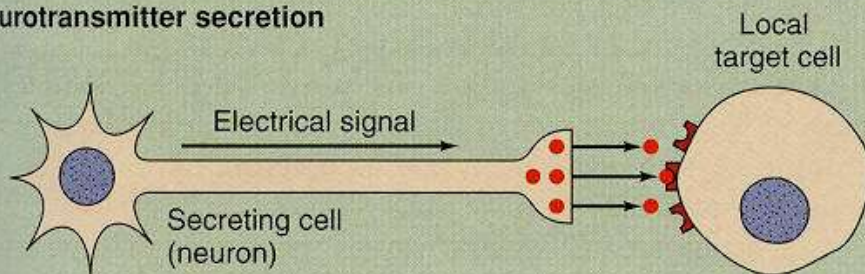
Transient direct linkup of cells



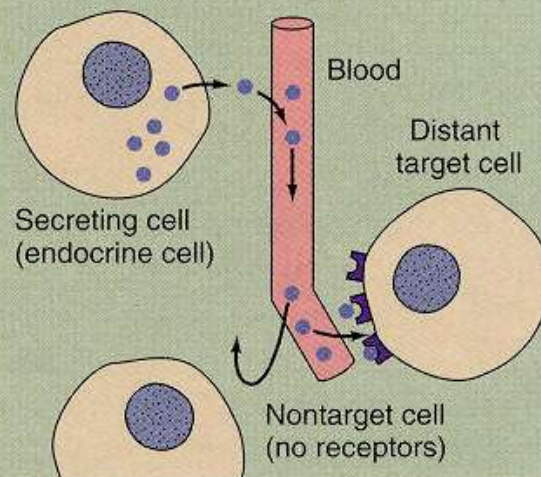
Paracrine secretion



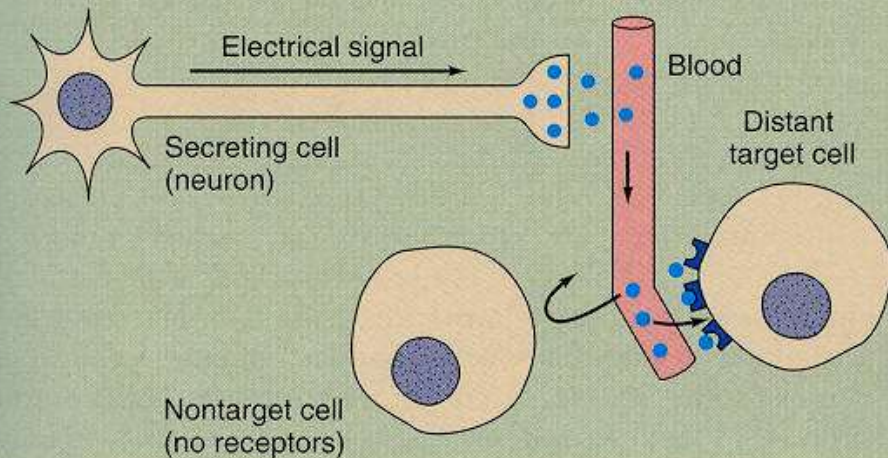
Neurotransmitter secretion



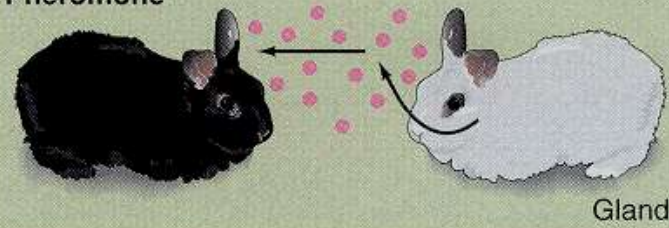
Hormonal secretion



Neurohormone secretion

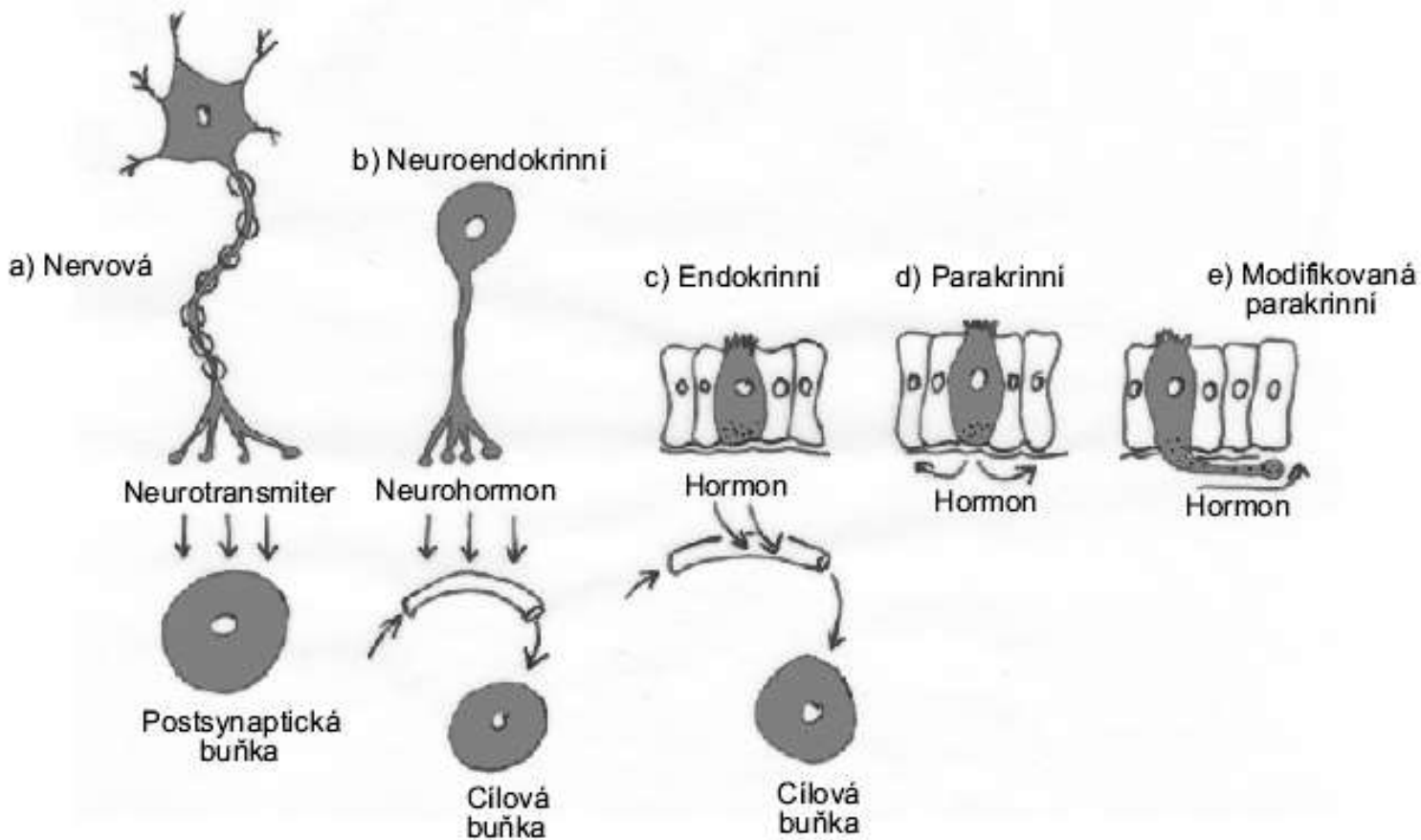


Pheromone

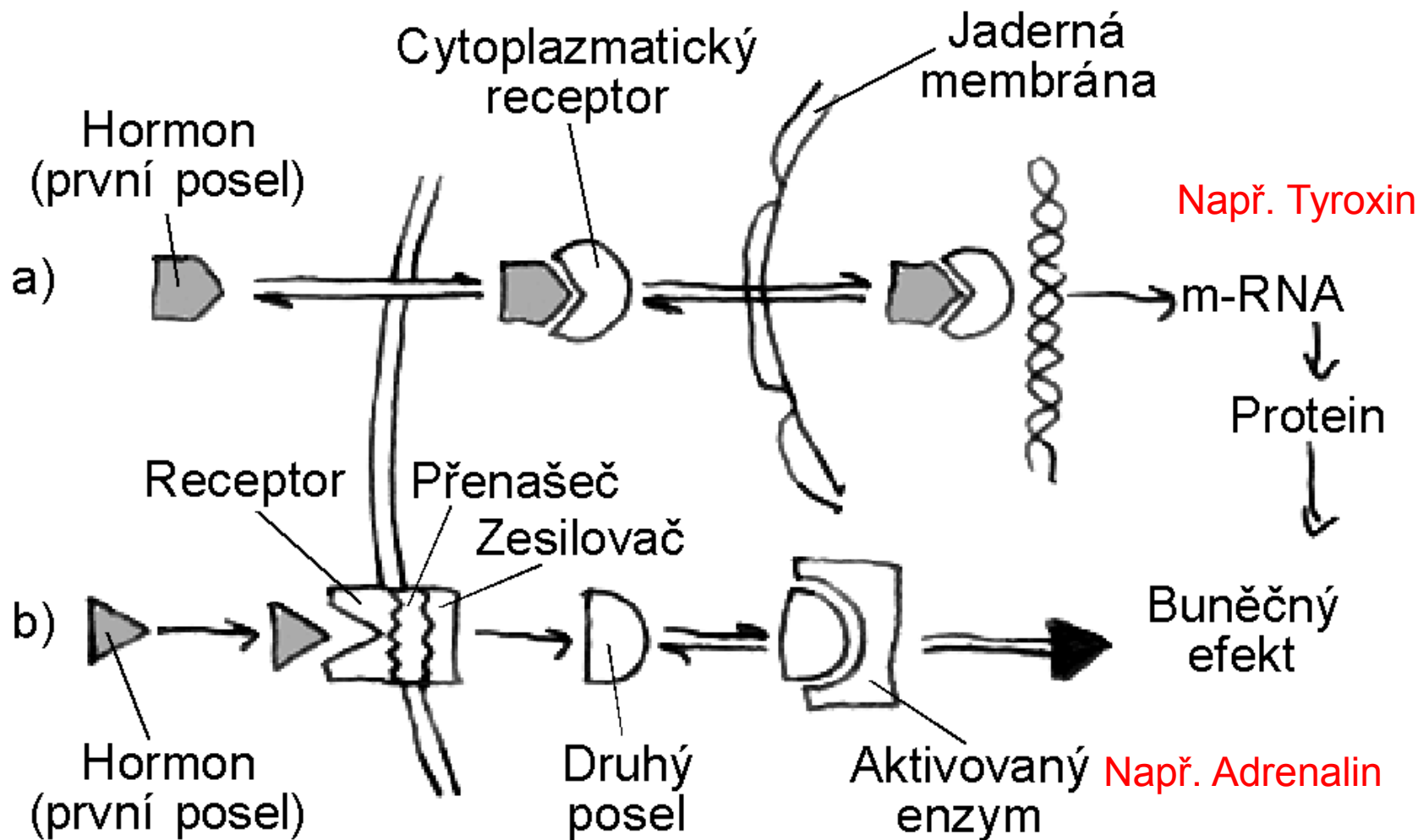


• Small molecules and ions    • Paracrine    • Neurotransmitter    • Hormone    • Neurohormone    • Pheromone

# Způsob předání signálu – mezi buňkami

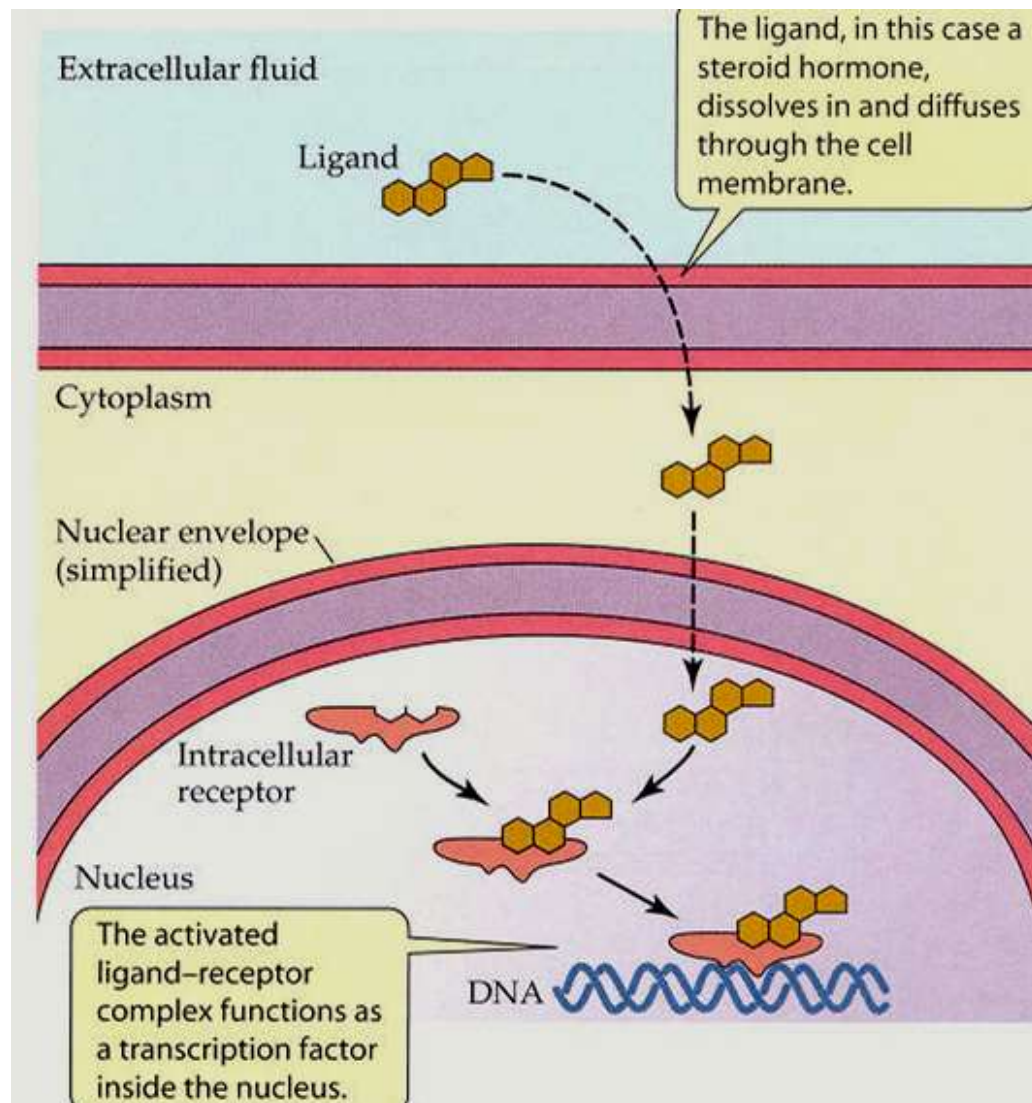


# Způsob předání signálu – přes membránu



# Způsob předání signálu – přes membránu

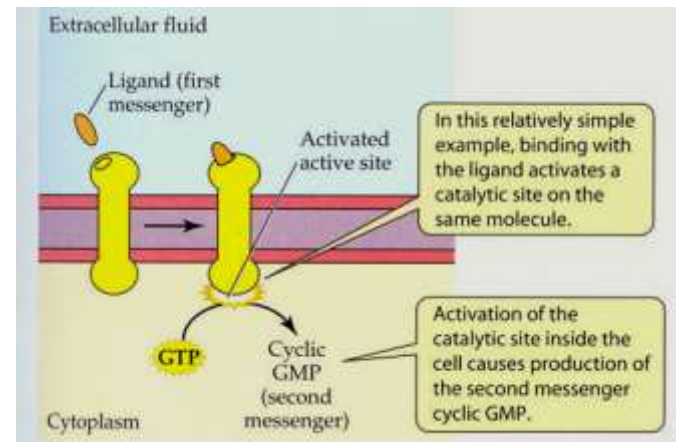
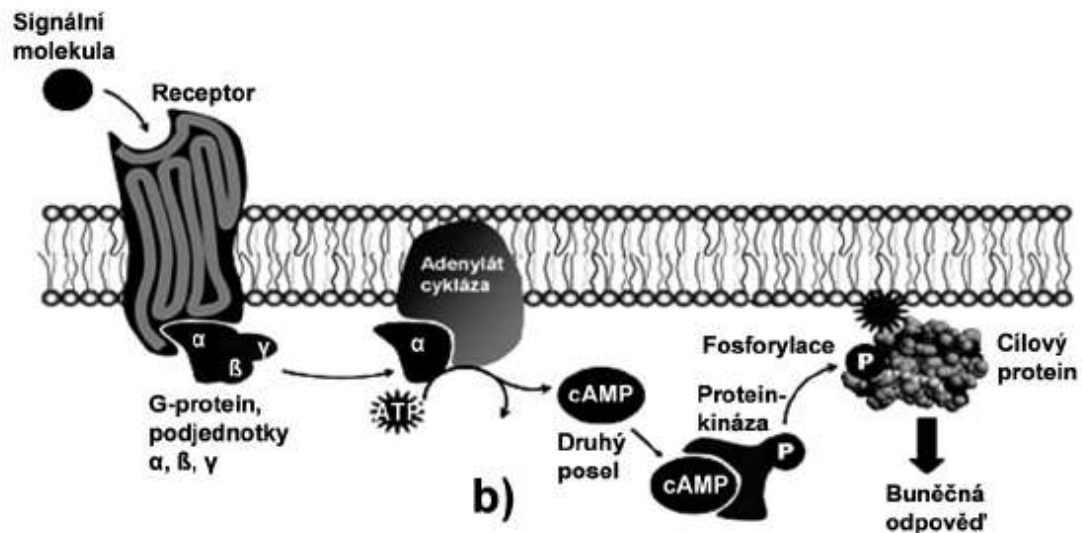
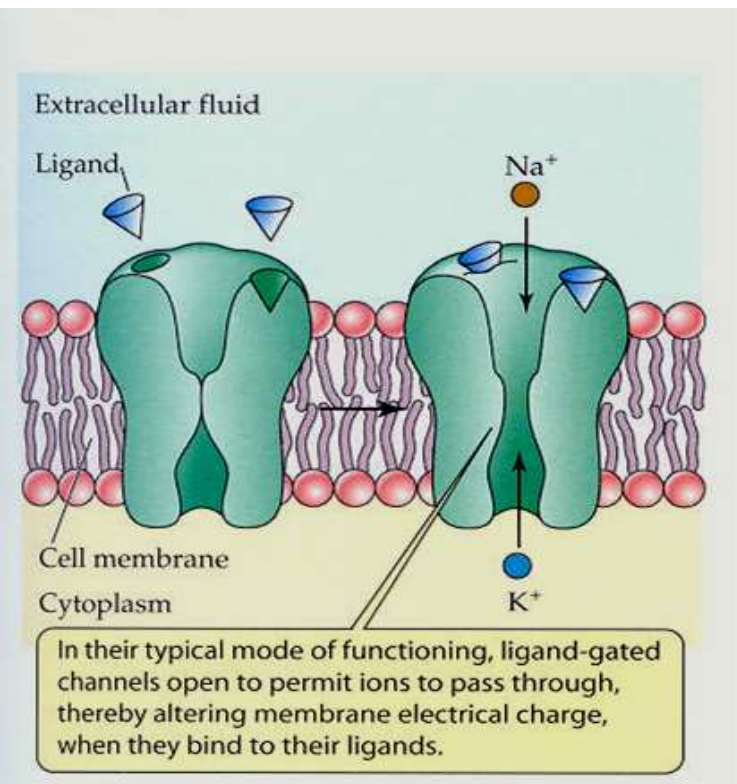
Varianta nepolární hormon



Nepolární hormon - účinek

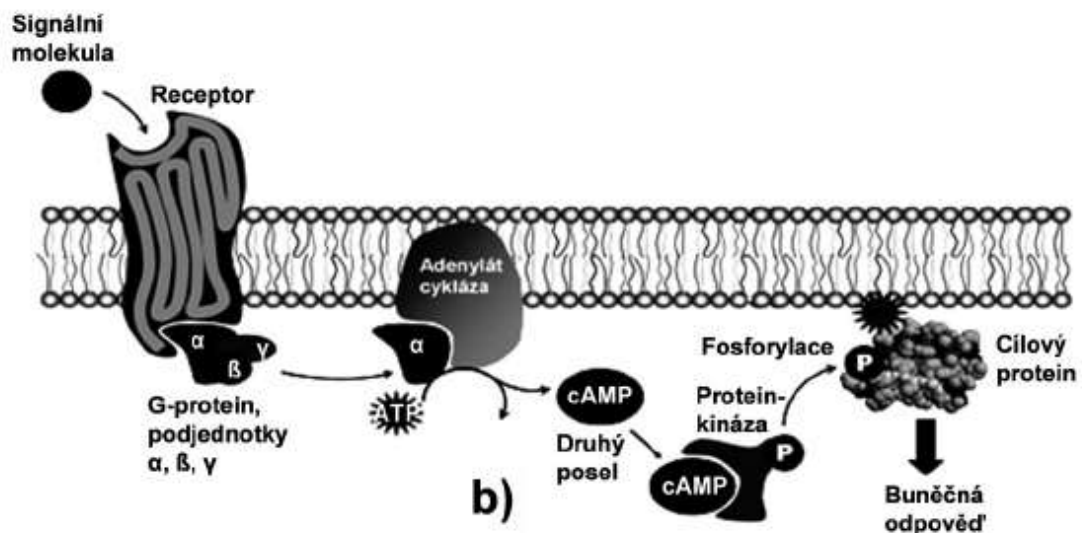
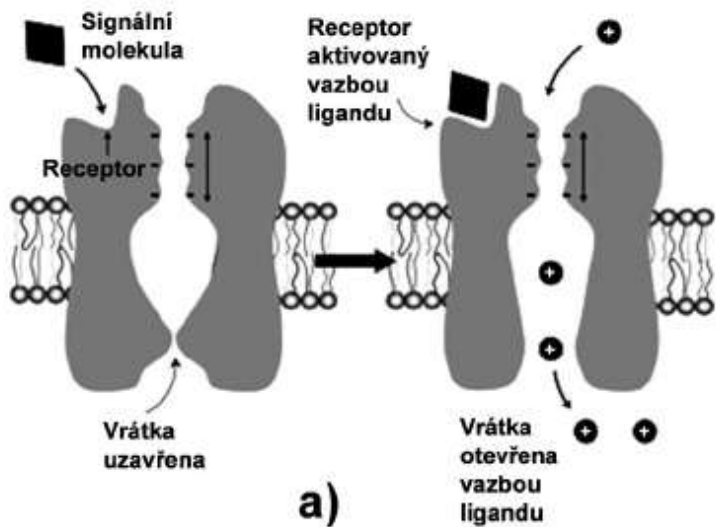
# Způsob předání signálu – přes membránu

## Varianta polární hormon



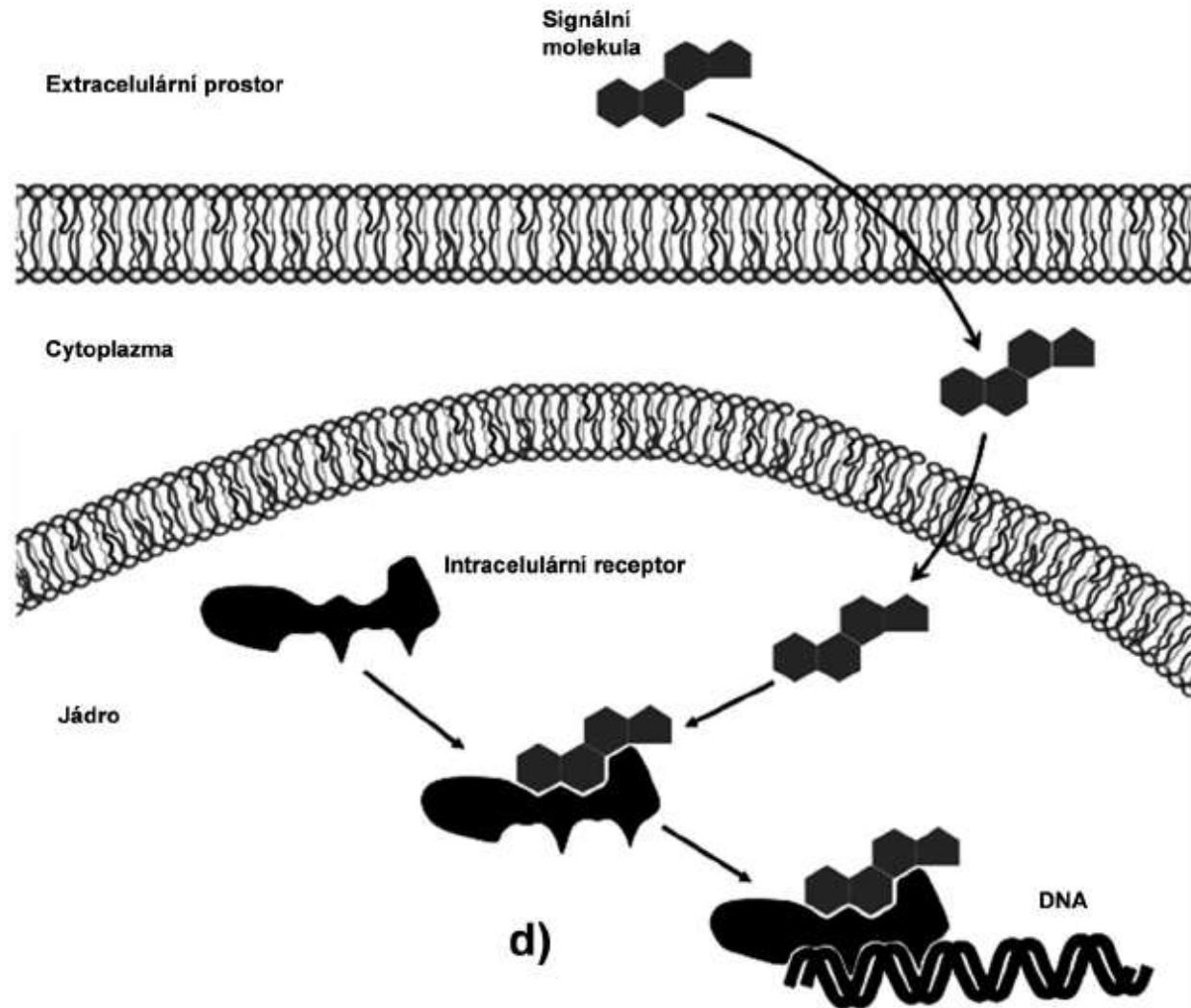
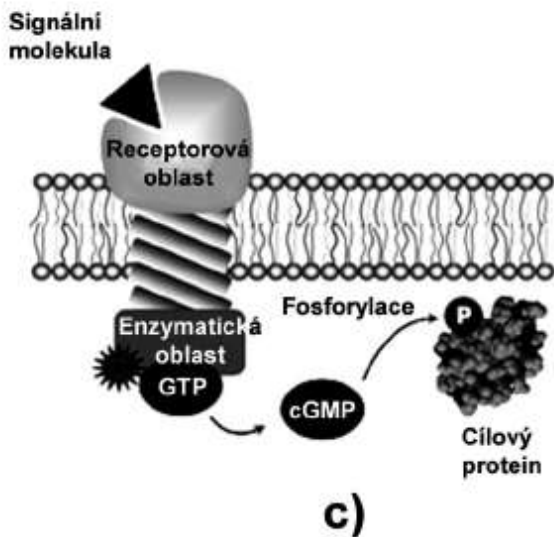
<http://www.physiome.cz/atlas/bunka/01/>

# Způsob předání signálu – přes membránu



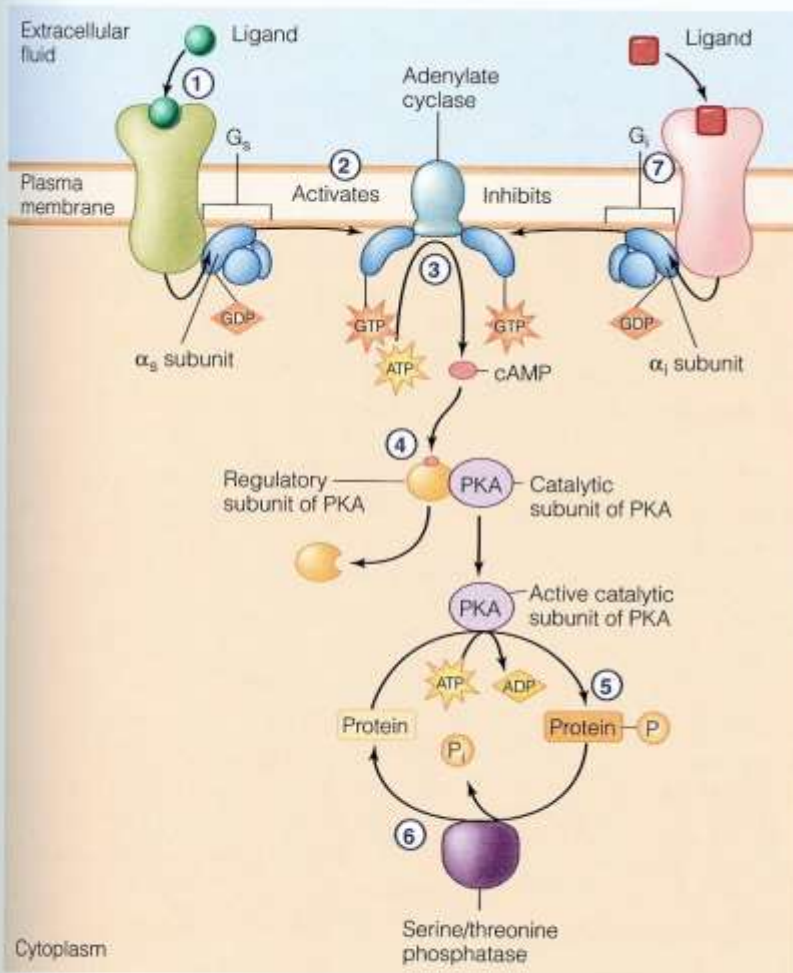
[Polární hormon - účinek](#)

# Způsob předání signálu – přes membránu



[Nepolární hormon - účinek](#)

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

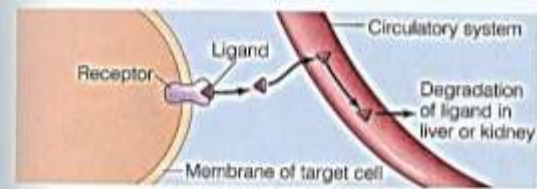


- 1 Ligand binds to a G<sub>s</sub>-protein-coupled receptor, causing a conformational change.
- 2 The α<sub>s</sub> subunit releases GDP, binds GTP, moves through the membrane, and activates adenylyl cyclase.
- 3 Activated adenylyl cyclase catalyzes the conversion of ATP to cAMP.
- 4 cAMP binds to the 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.

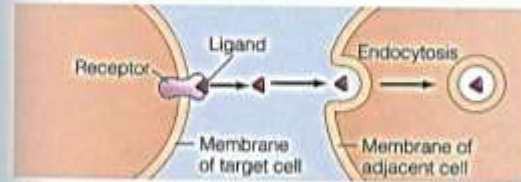
**Figure 3.27 G-protein signal transduction via adenylyl cyclase** G-protein-coupled signal transduction through adenylyl cyclase can be either stimulatory or inhibitory.



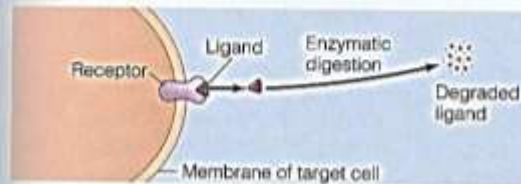
# Terminace přenosu – stejně důležitá jako iniciace



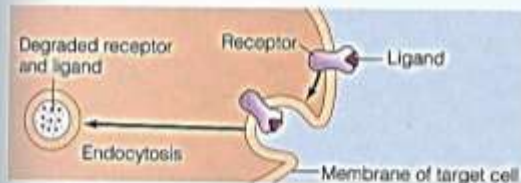
(a) Ligand removed by distant tissues



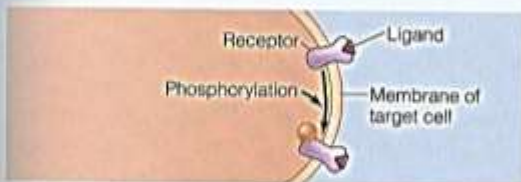
(b) Ligand taken up by adjacent cells



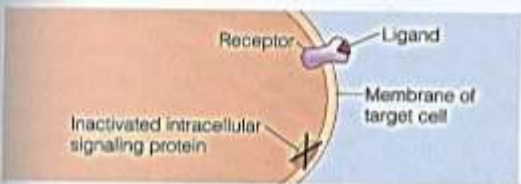
(c) Ligand degraded by extracellular enzymes



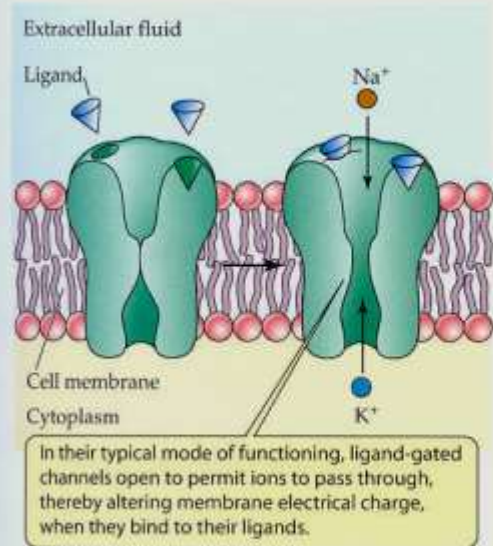
(d) Ligand-receptor complex removed by endocytosis



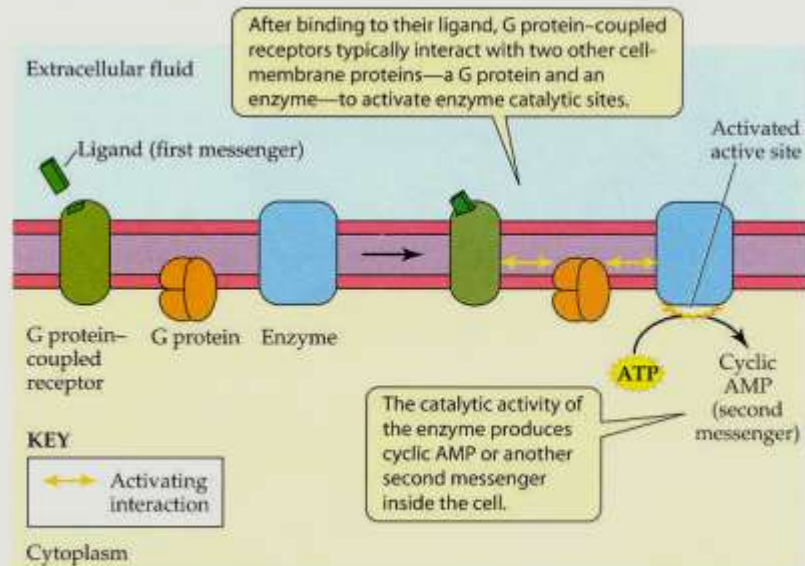
(e) Receptor inactivation



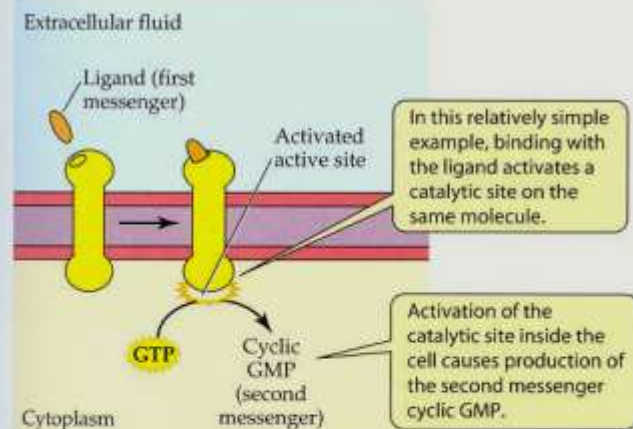
(a) Ligand-gated channel



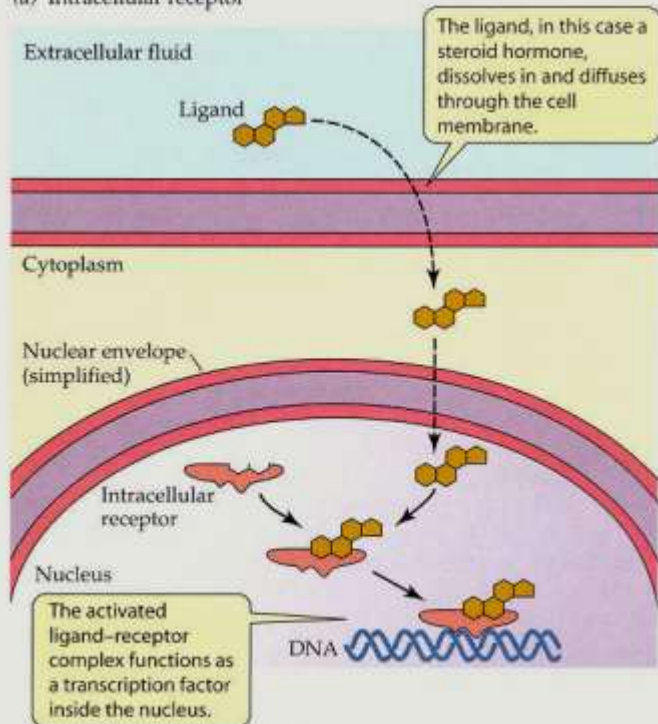
(b) G protein-coupled receptor and associated G protein system



(c) Enzyme/enzyme-linked receptor

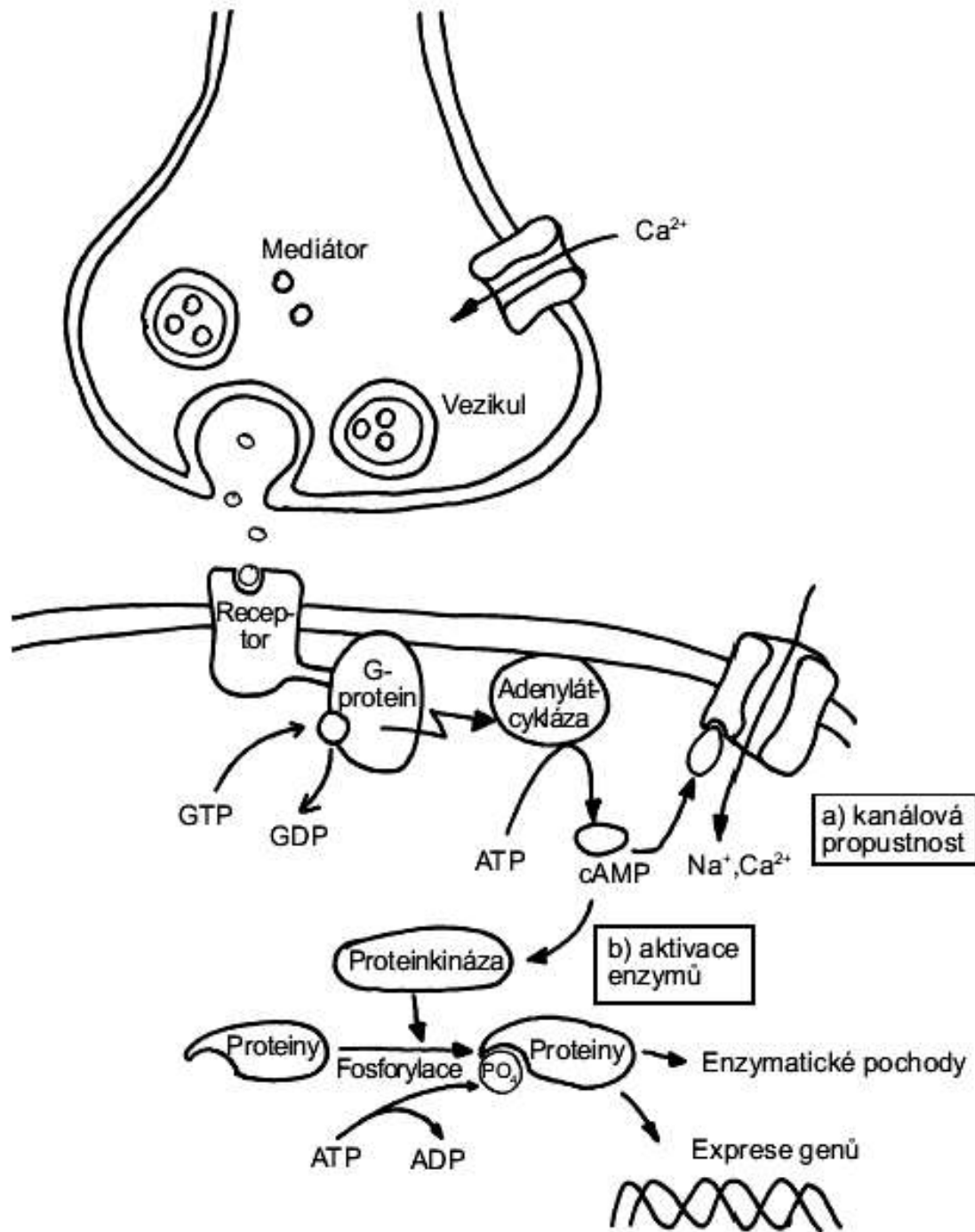


(d) Intracellular receptor

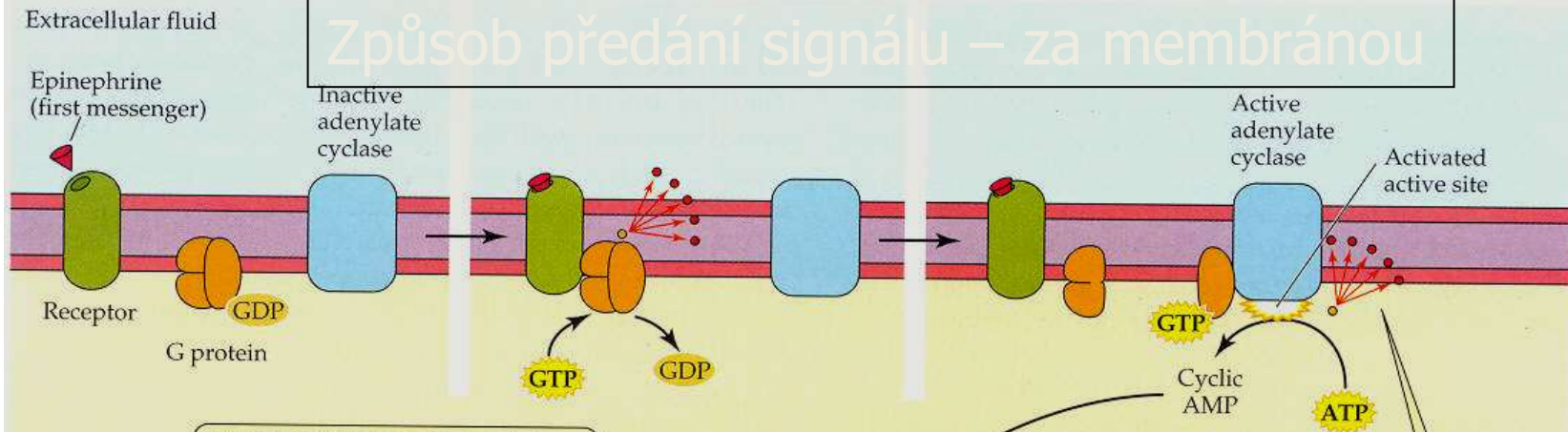


**Figure 2.23 The four types of receptor proteins involved in cell signaling** (a) A ligand-gated channel. The particular example shown, a muscle cell acetylcholine receptor, must bind a ligand molecule at two sites for the channel to open. (b) A G protein-coupled receptor. Details of the molecular interactions 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 particular-

# Univerzální mechanismy signalizace



# Způsob předání signálu – za membránou



Proč tolik úrovní?

- Zesílení
- Propojení

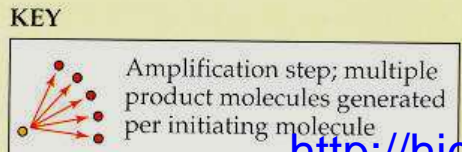
Inactive cAMP-dependent protein kinase dissociates when molecules of cAMP bind to one of its molecular subunits ...

... and two of the subunits released are catalytically active enzyme units.

Amplification occurs in each of these steps because the active forms of the enzymes catalyze formation of many product molecules.

Active cAMP-dependent kinase units are protein kinases and activate their target protein by phosphorylating it using phosphate groups ( $-PO_4^{2-}$ ) drawn from ATP. Moreover...

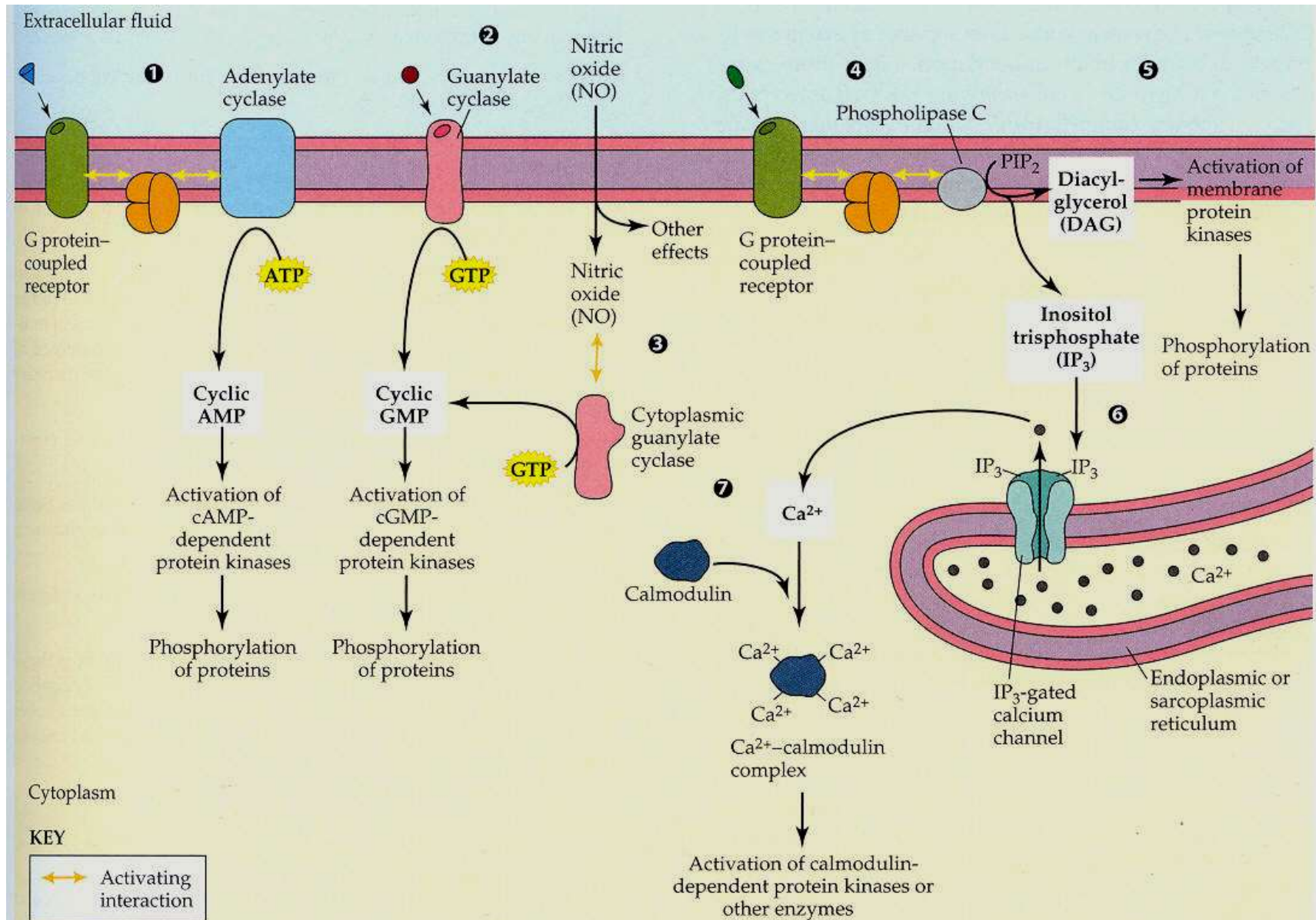
... active glycogen phosphorylase kinase molecules are also protein kinases and activate their target protein in the same way.



Cytoplasm

# Druzí poslové

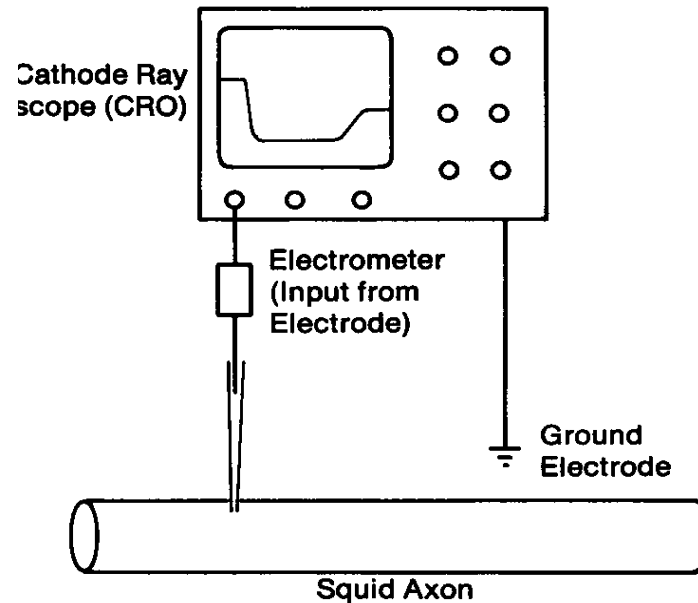
# Animace



# Obecná neurofyzilogie - signály přenášené vzrušivými membránami

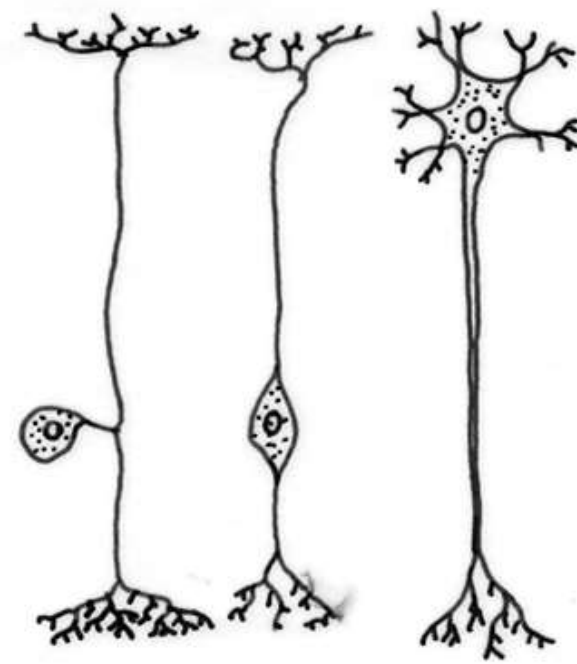
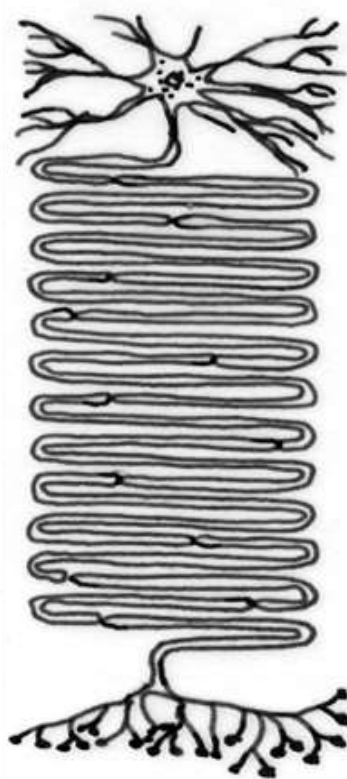
# Nabitá membrána - Klidový potenciál

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			





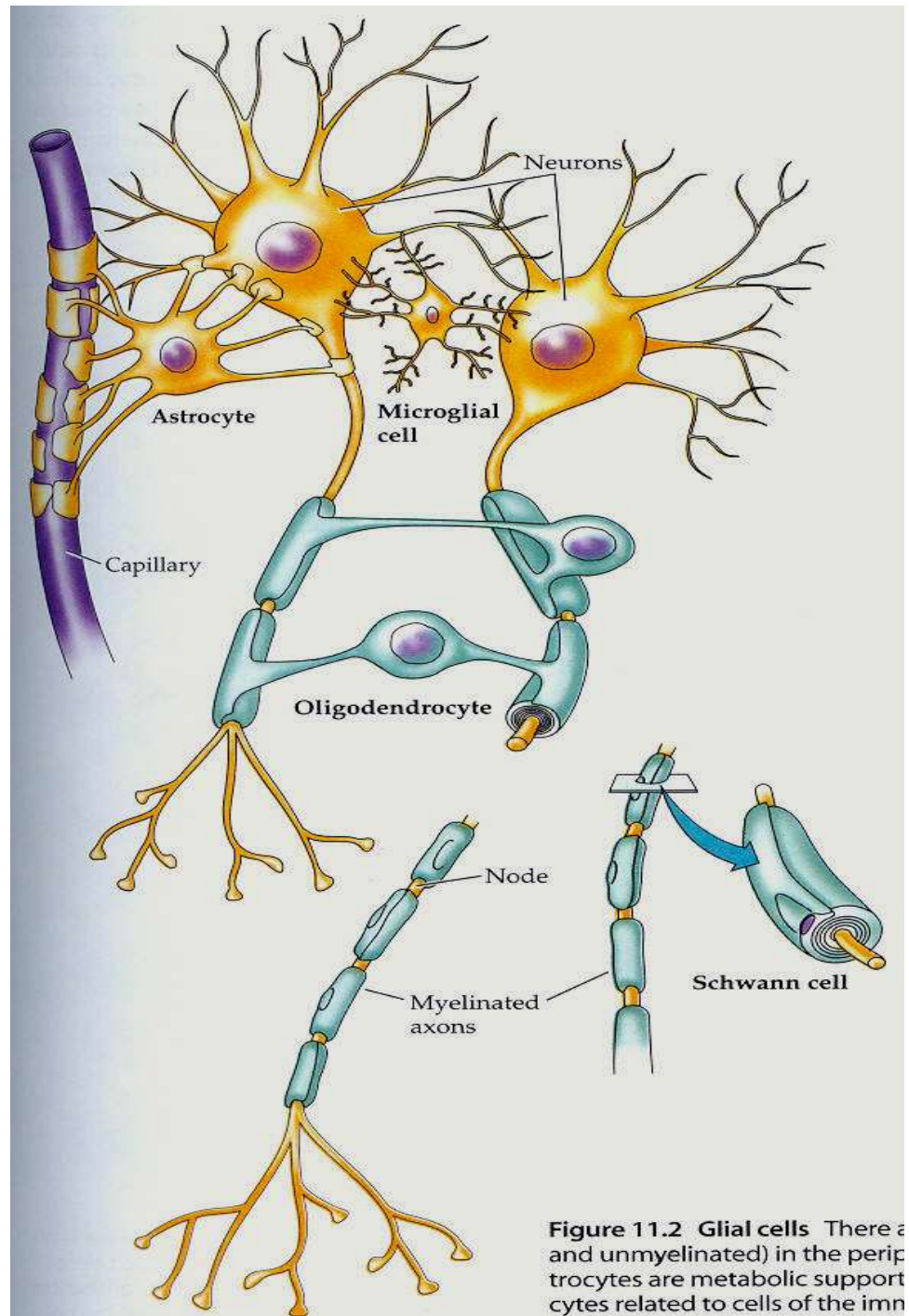
Řeč elektrických změn je typická, ale citlivost na chemické signály zůstává a je bohatě využita.





Základní stavební a funkční plán  
nervového řízení.

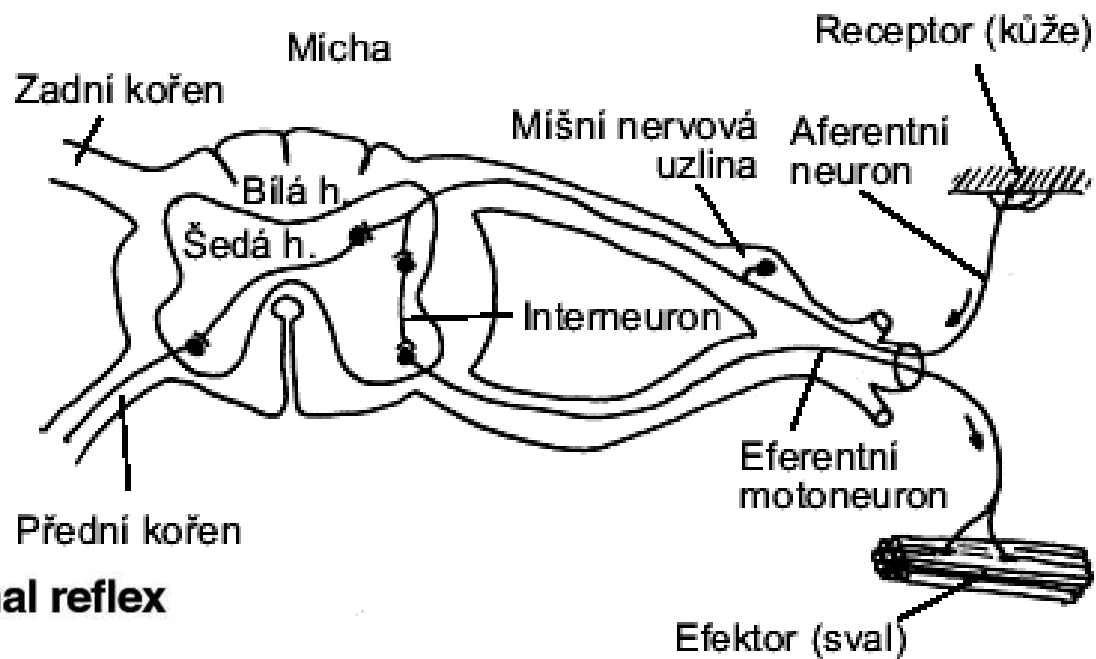
Spolupráce s gliovými buňkami.



**Figure 11.2 Glial cells** There are myelinated and unmyelinated) in the pericytes are metabolic support cells related to cells of the imm

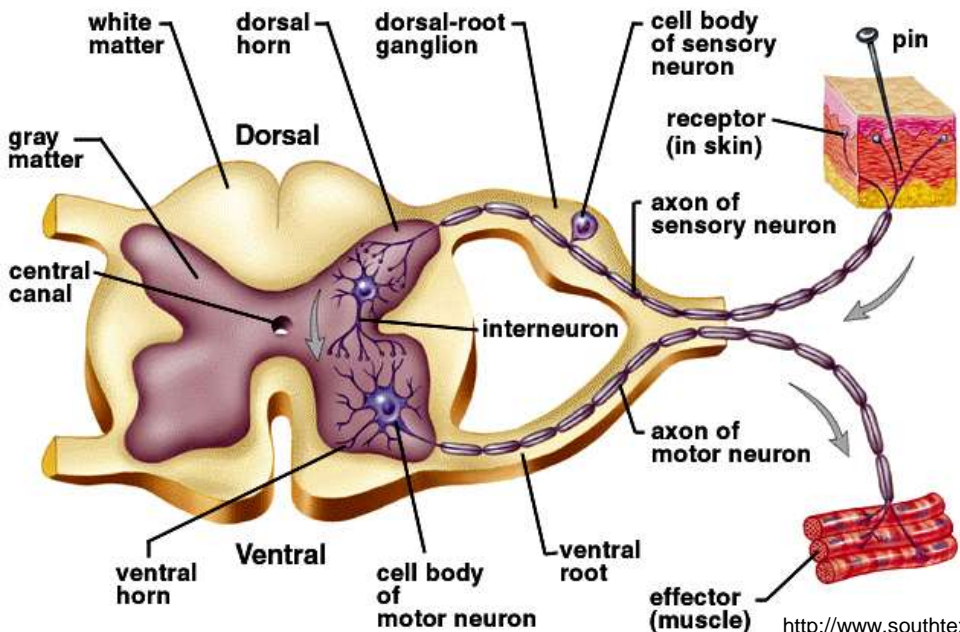
# Základní stavební

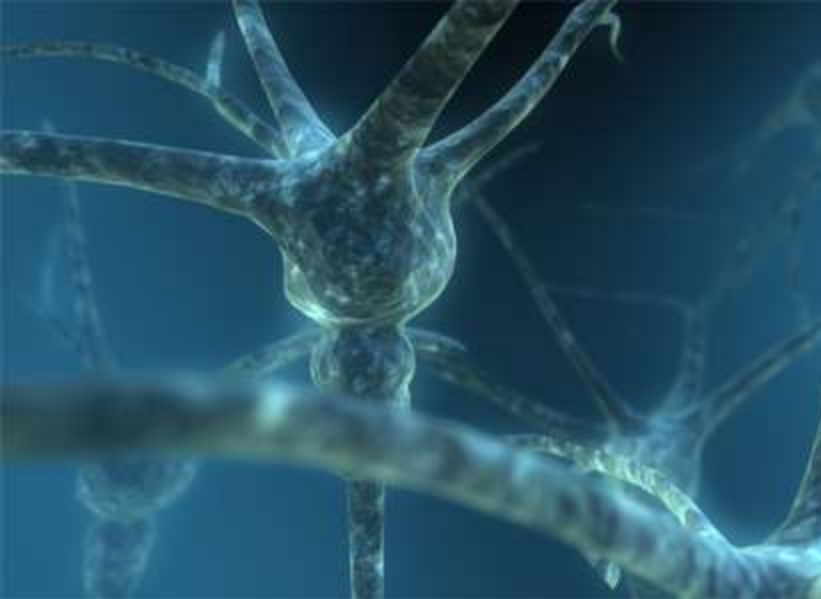
a  
funkční plán nervové soustavy.



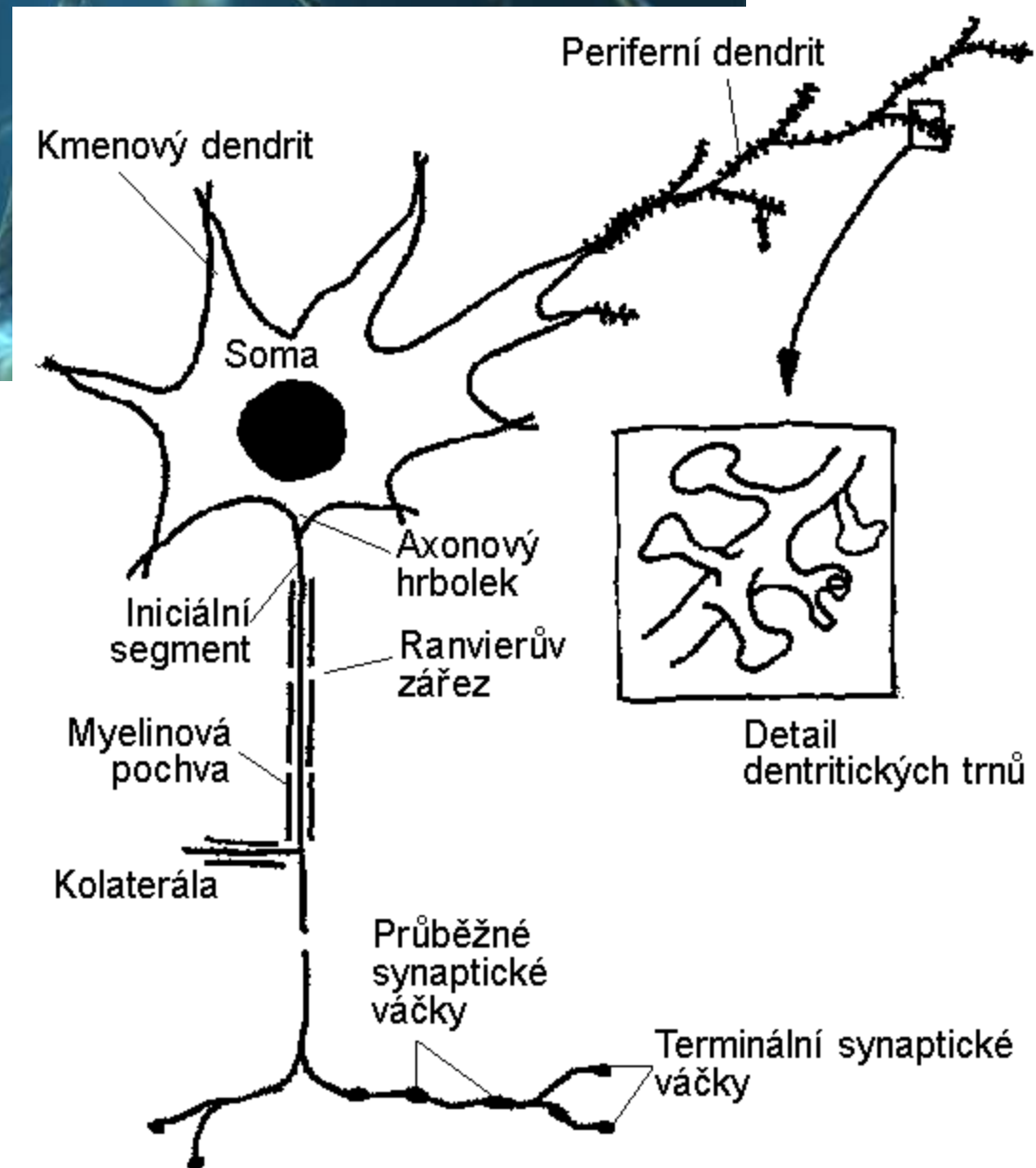
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

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

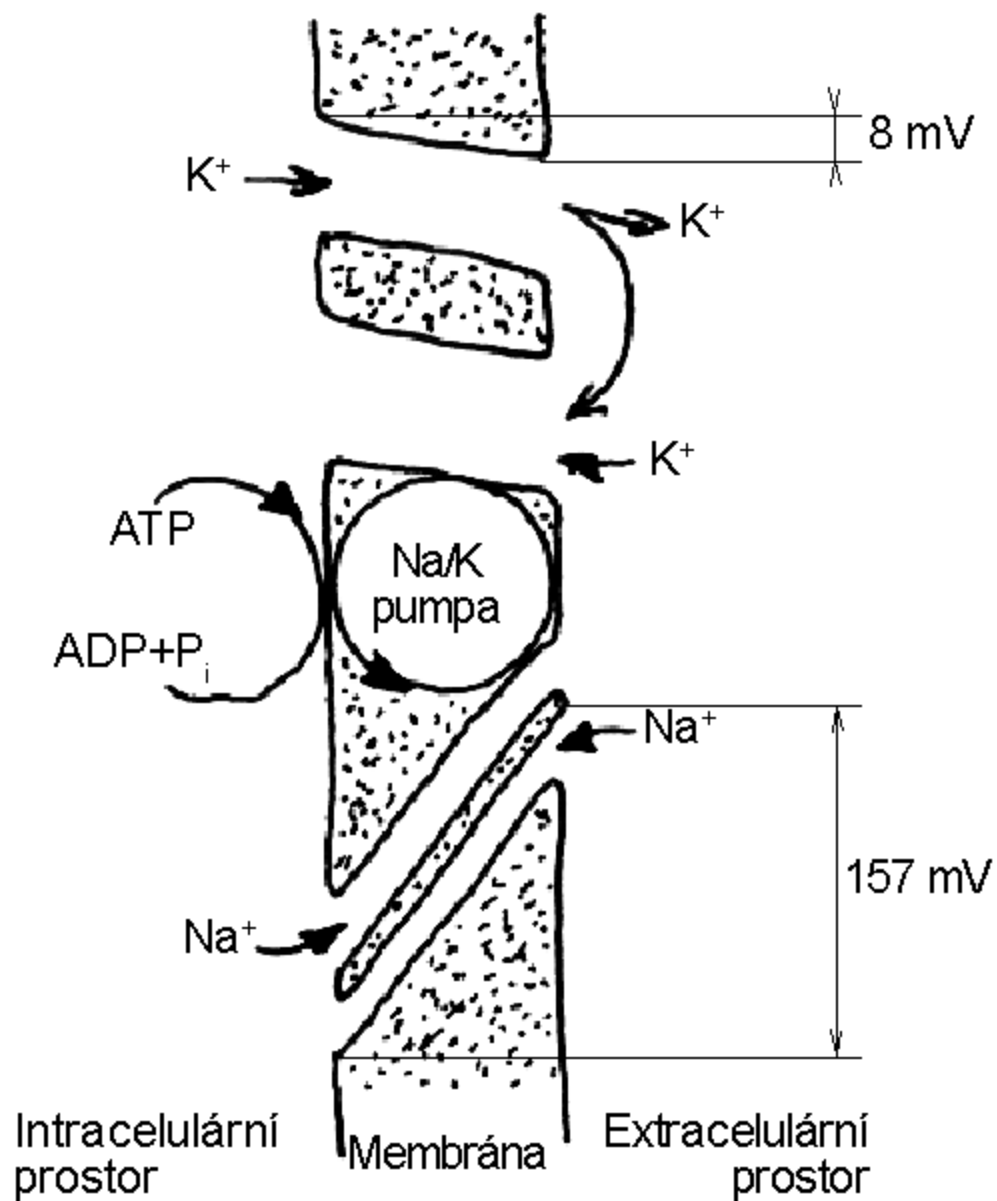




Neuron a jeho součásti



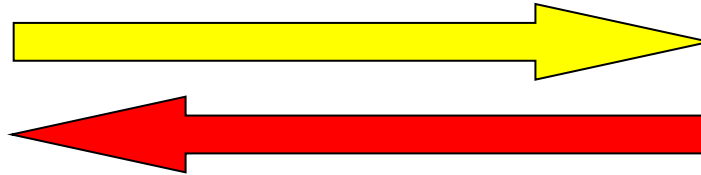
# Rozdílné postavení Na a K iontů



Na – daleko od rovnováhy

K – v rovnováze

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



KONCENTRACE

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



NÁBOJ

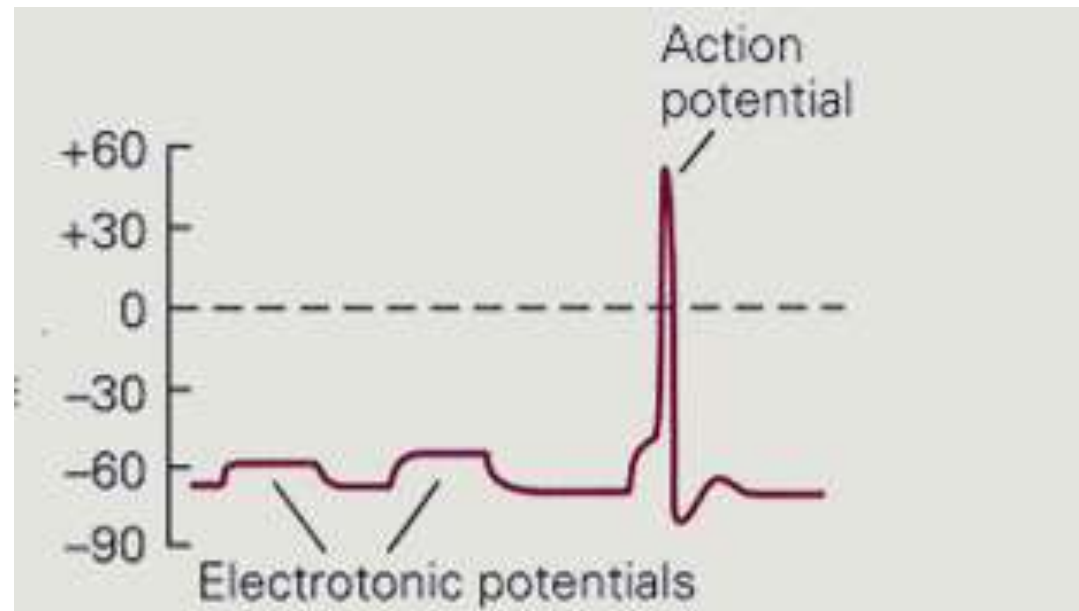
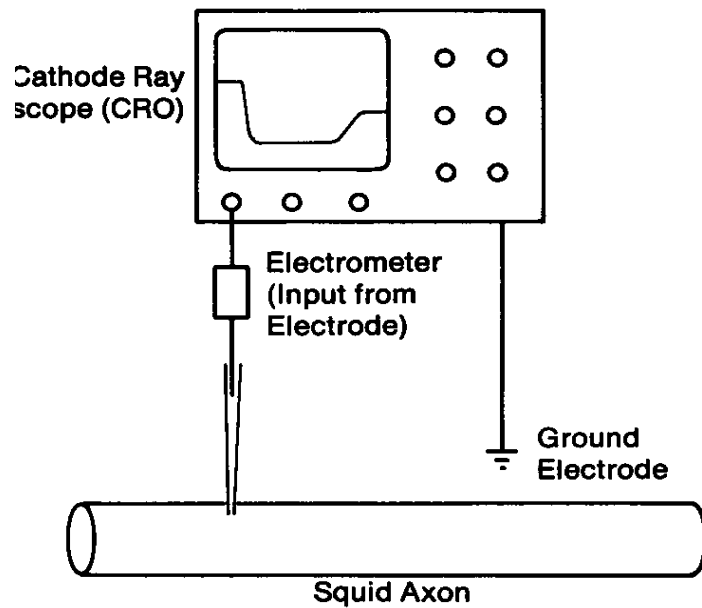
**INTRA (-)**

**EXTRA (+)**

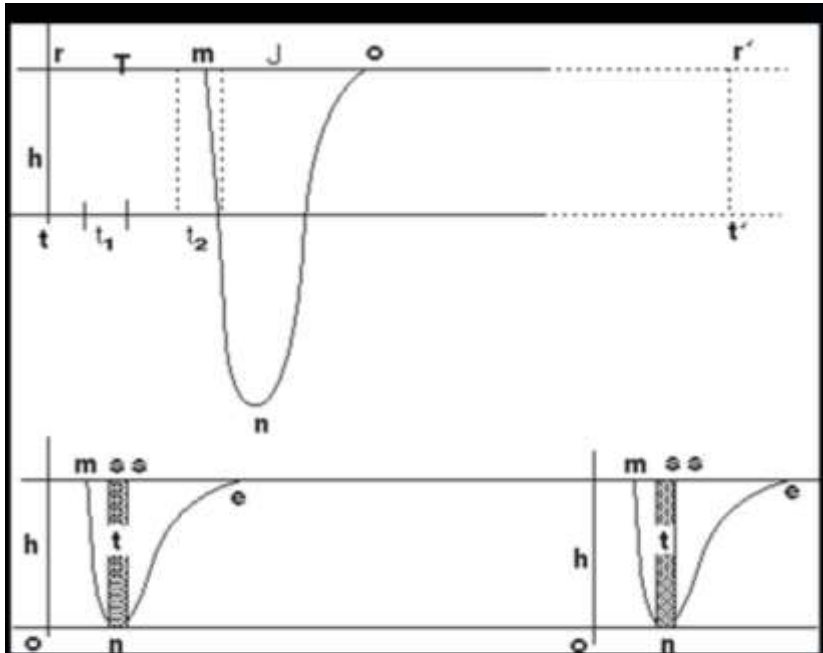
Koncentrace hlavních iontů na membráně.

Iont, který nejlépe prochází membránou určuje její celkové napětí (vnucuje svůj rovnovážný potenciál)

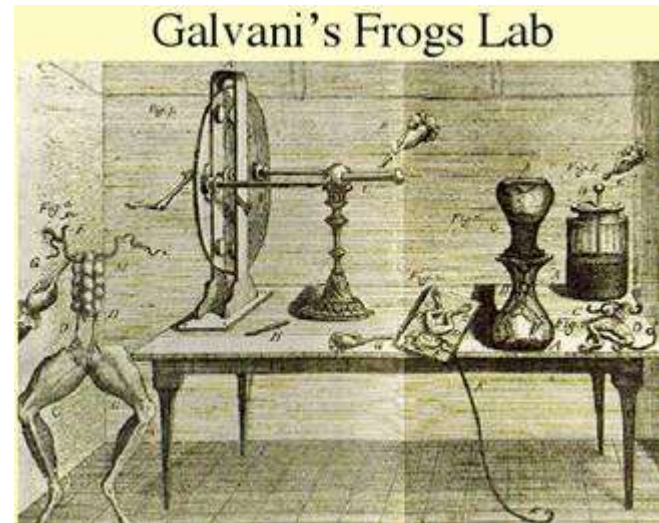
Iont	Koncentrace		Gradient Intra/Extra	Rovnovážný potenciál
	Intracelulární	Extracelulární		
Na <sup>+</sup>	12 mmol/l	145 mmol/l	1:12	+67 mV
K <sup>+</sup>	155 mmol/l	4 mmol/l	39:1	-98 mV
Cl <sup>-</sup>	4 mmol/l	123 mmol/l	1:31	-90 mV
volný Ca <sup>2+</sup>	10 <sup>-4</sup> mmol/l	1,5 mmol/l	1:15.000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



# 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 (AP)

Buď nevznikne vůbec,  
nebo vzniká stále stejně velký.

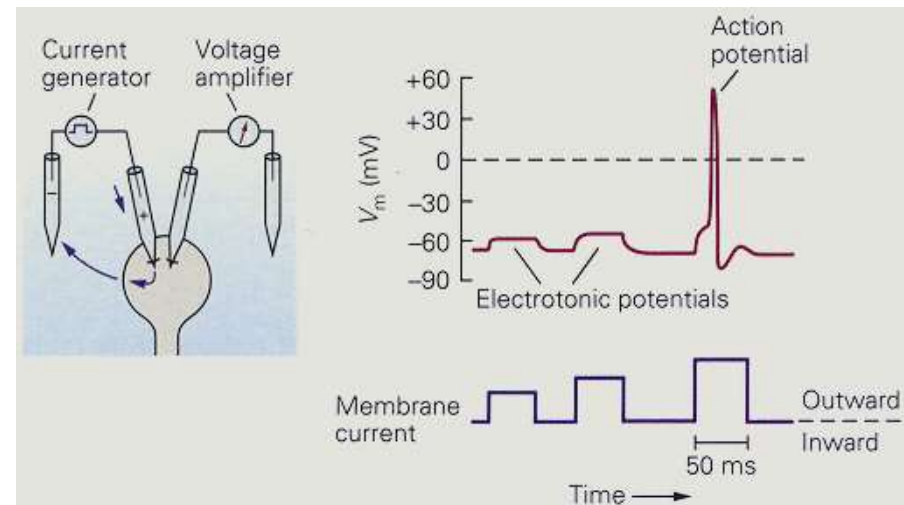
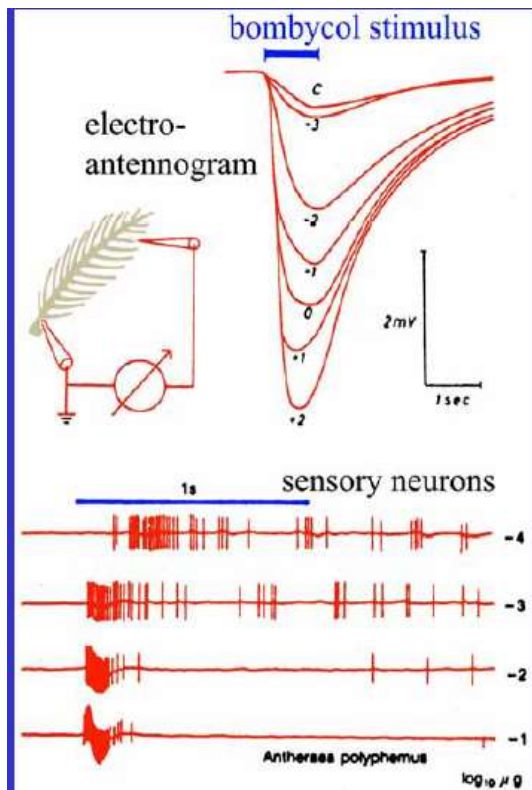


Figure 7-2C Depolarization.

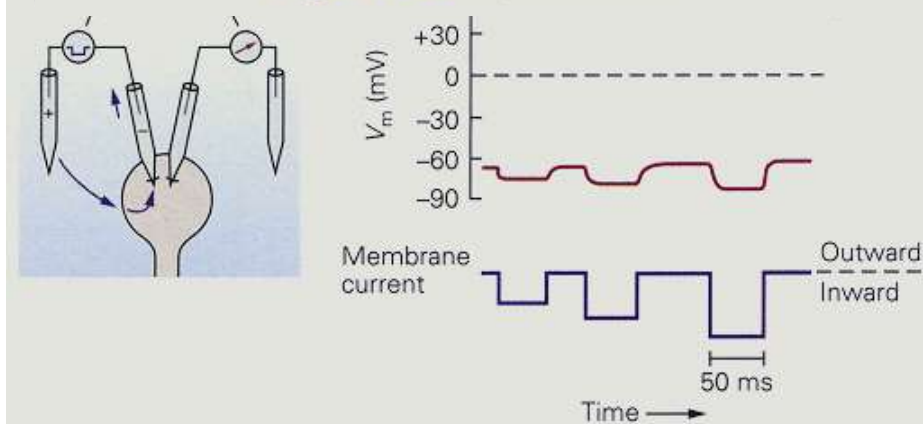
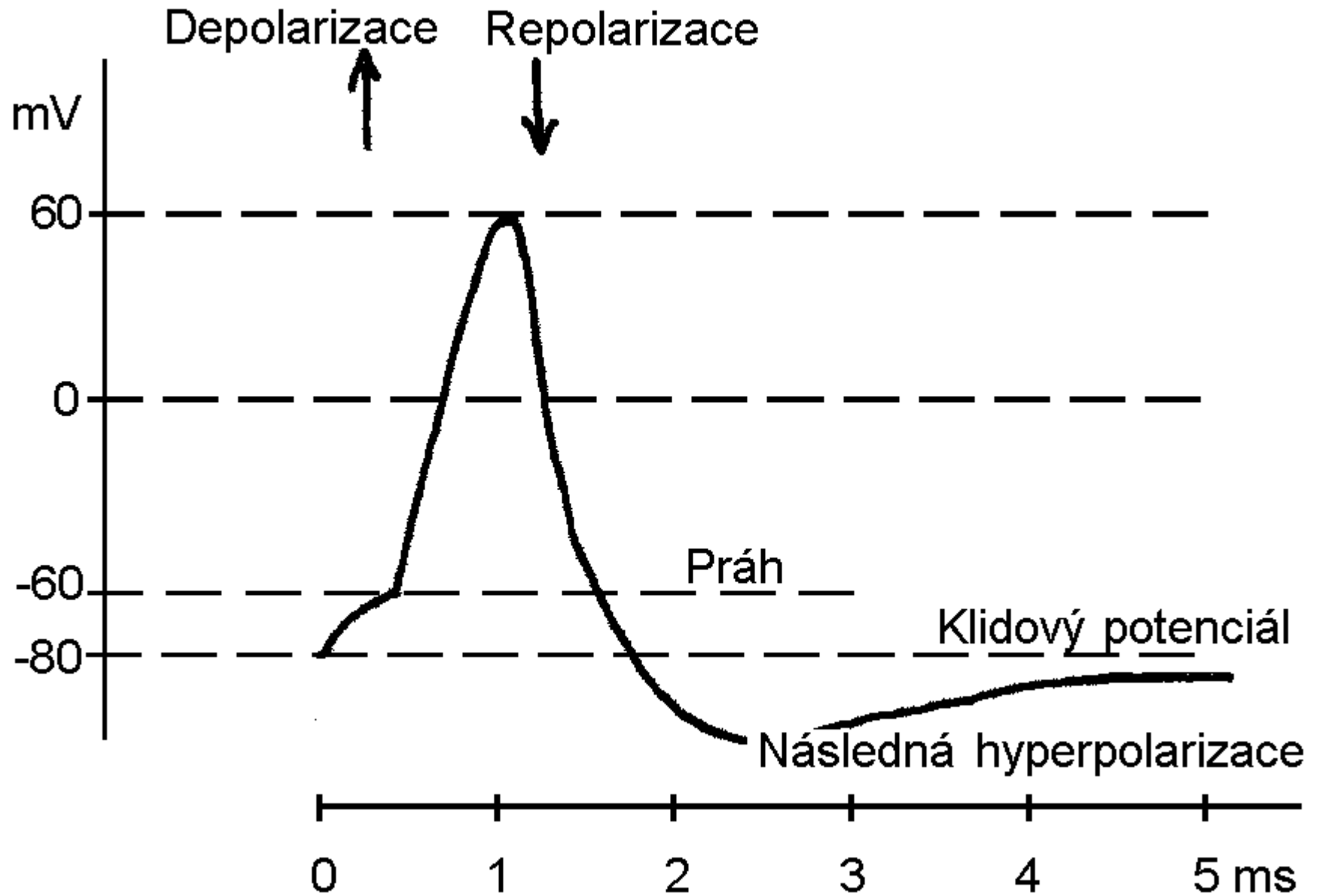


Figure 7-2D Hyperpolarization.

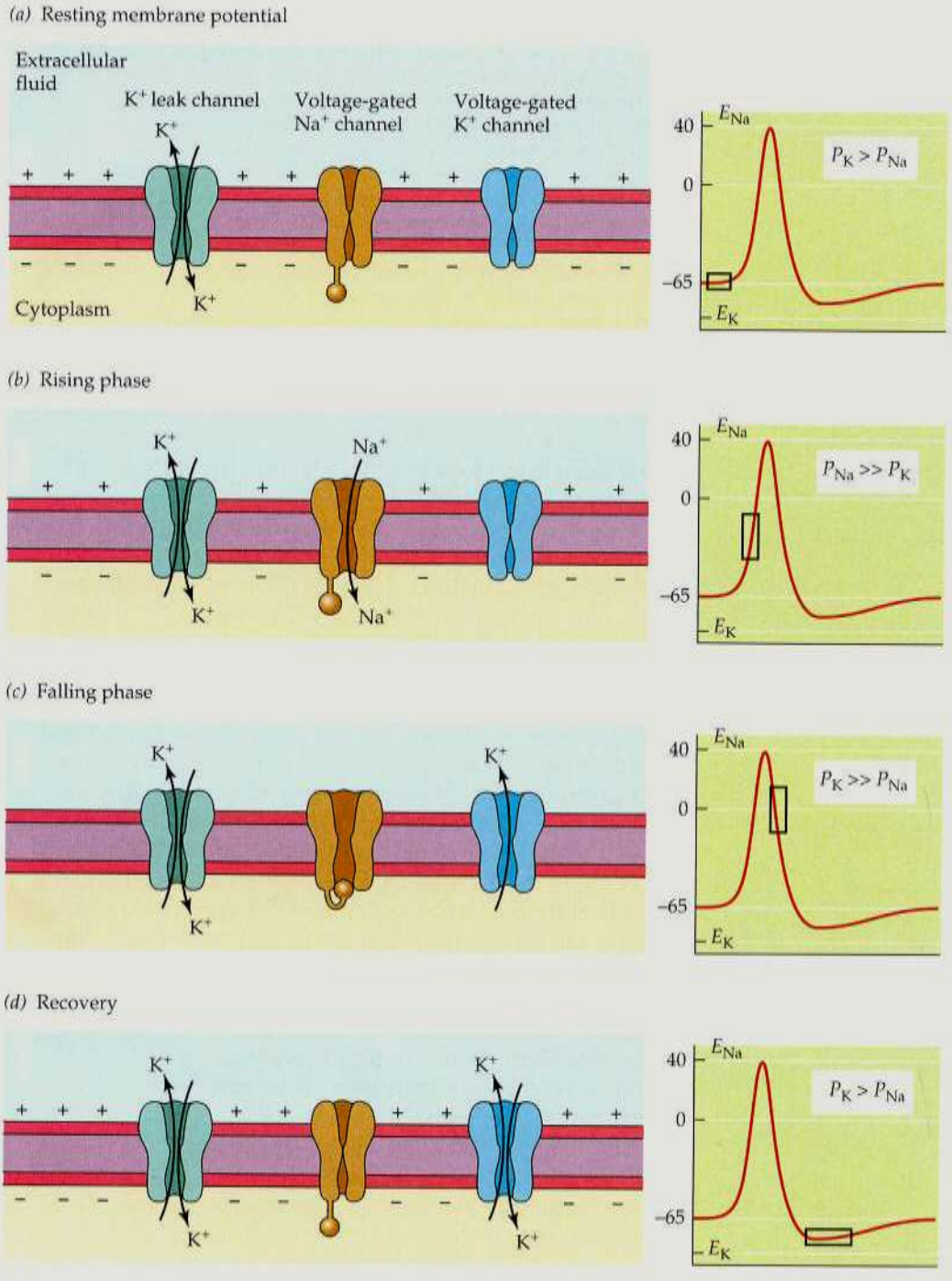
Informace, kterou AP přenáší, je zapsána do frekvence.



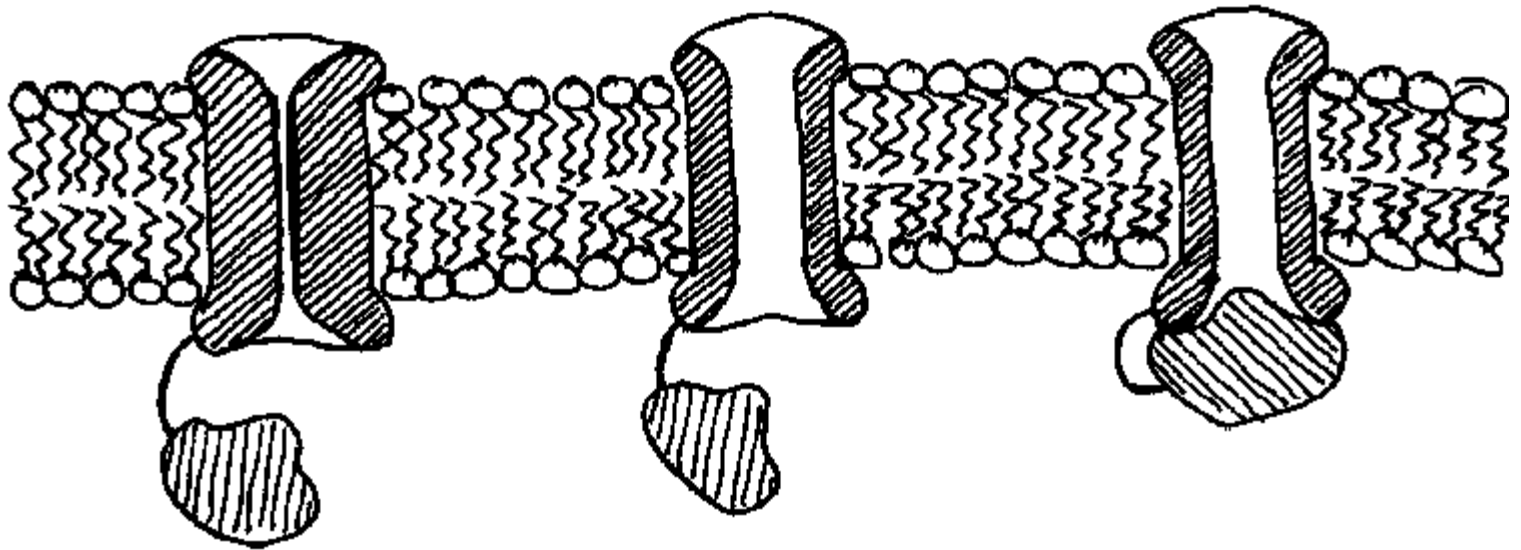
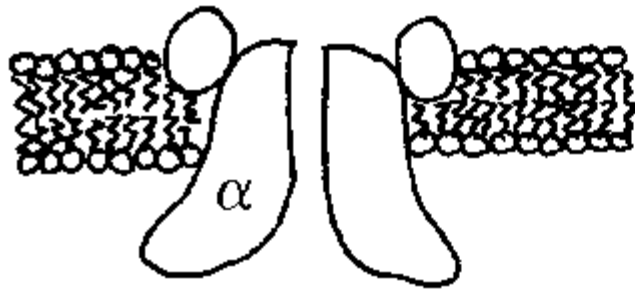
# Časový záznam AP



# Mechanismus vzniku: Spolupráce kanálů při vzniku AP



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

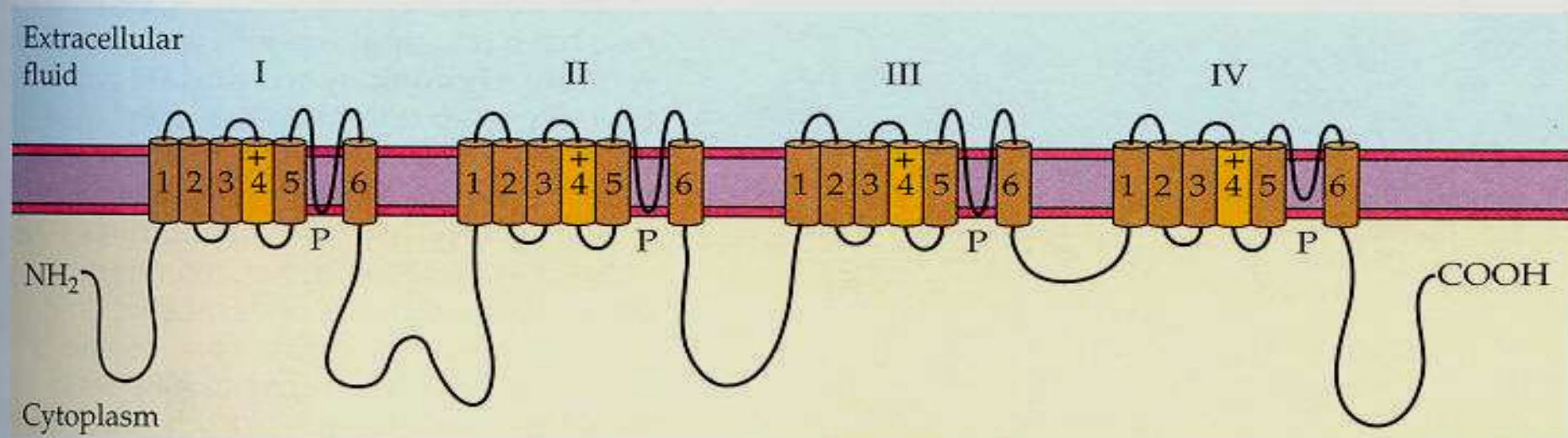


Zavřený

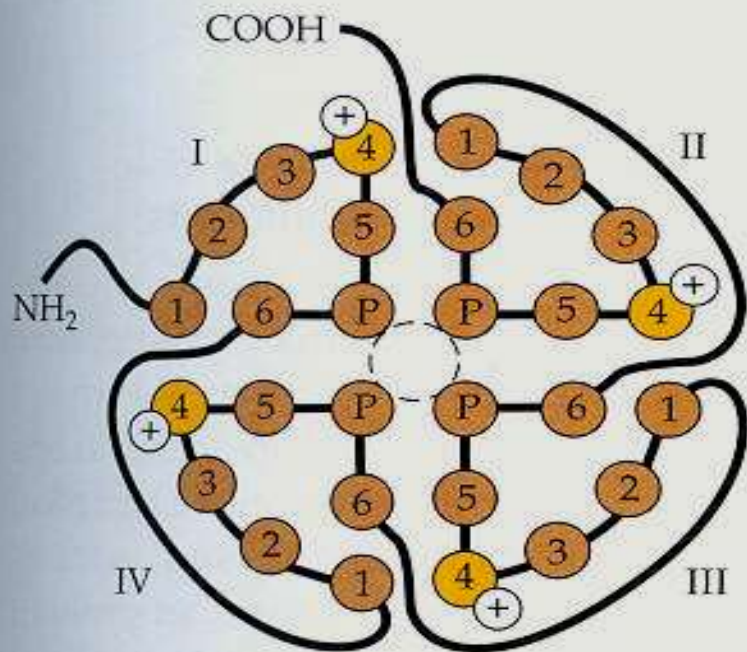
Otevřený

Inaktivovaný

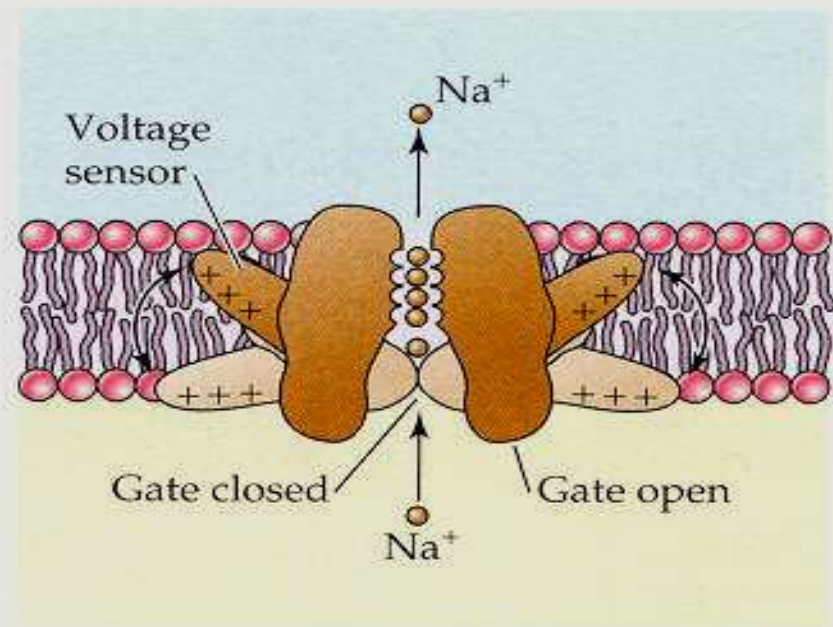
(a) Topology of voltage-gated  $\text{Na}^+$  channels



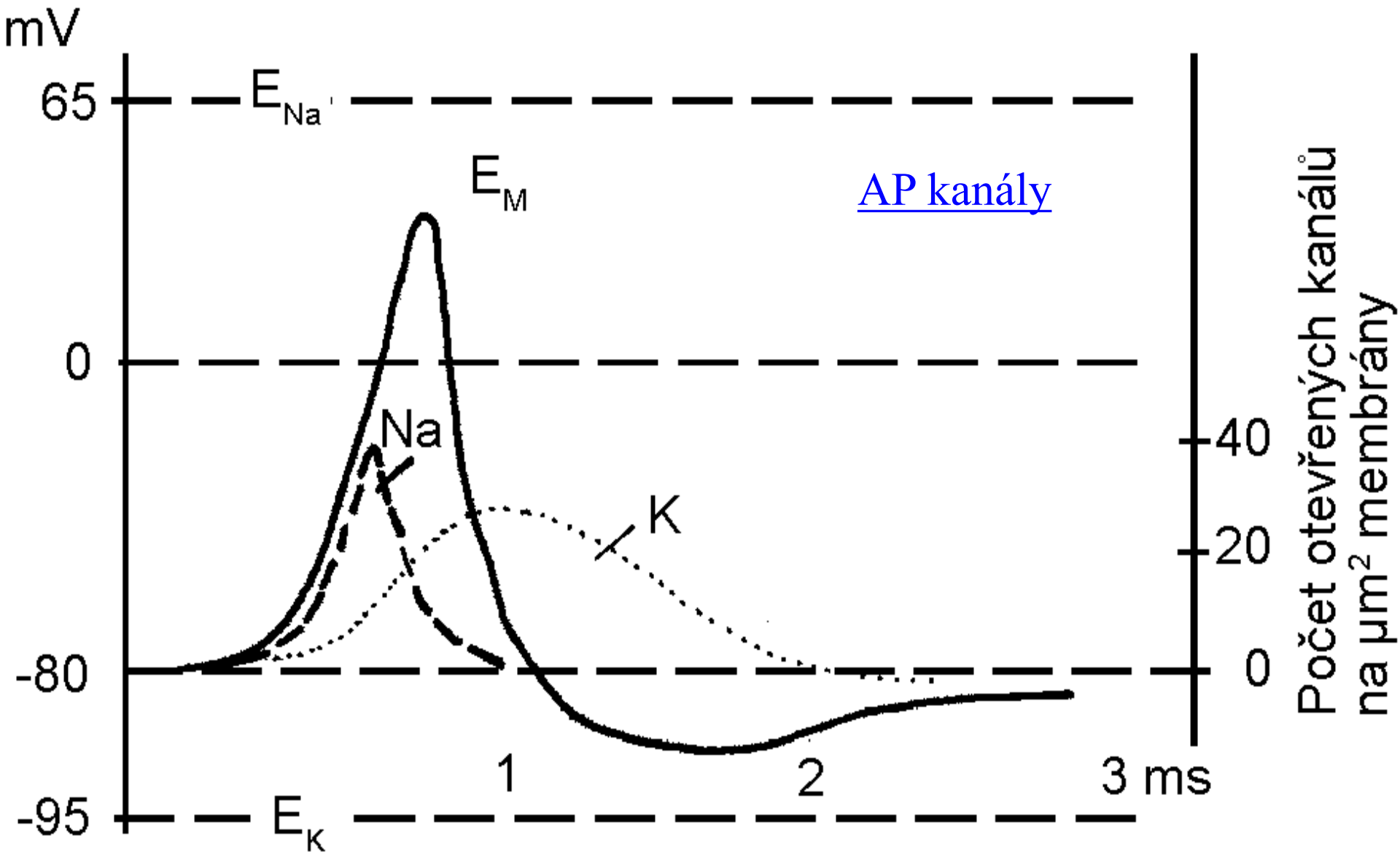
(b) Surface view of a  $\text{Na}^+$  channel



(c) Voltage-dependent conformational change

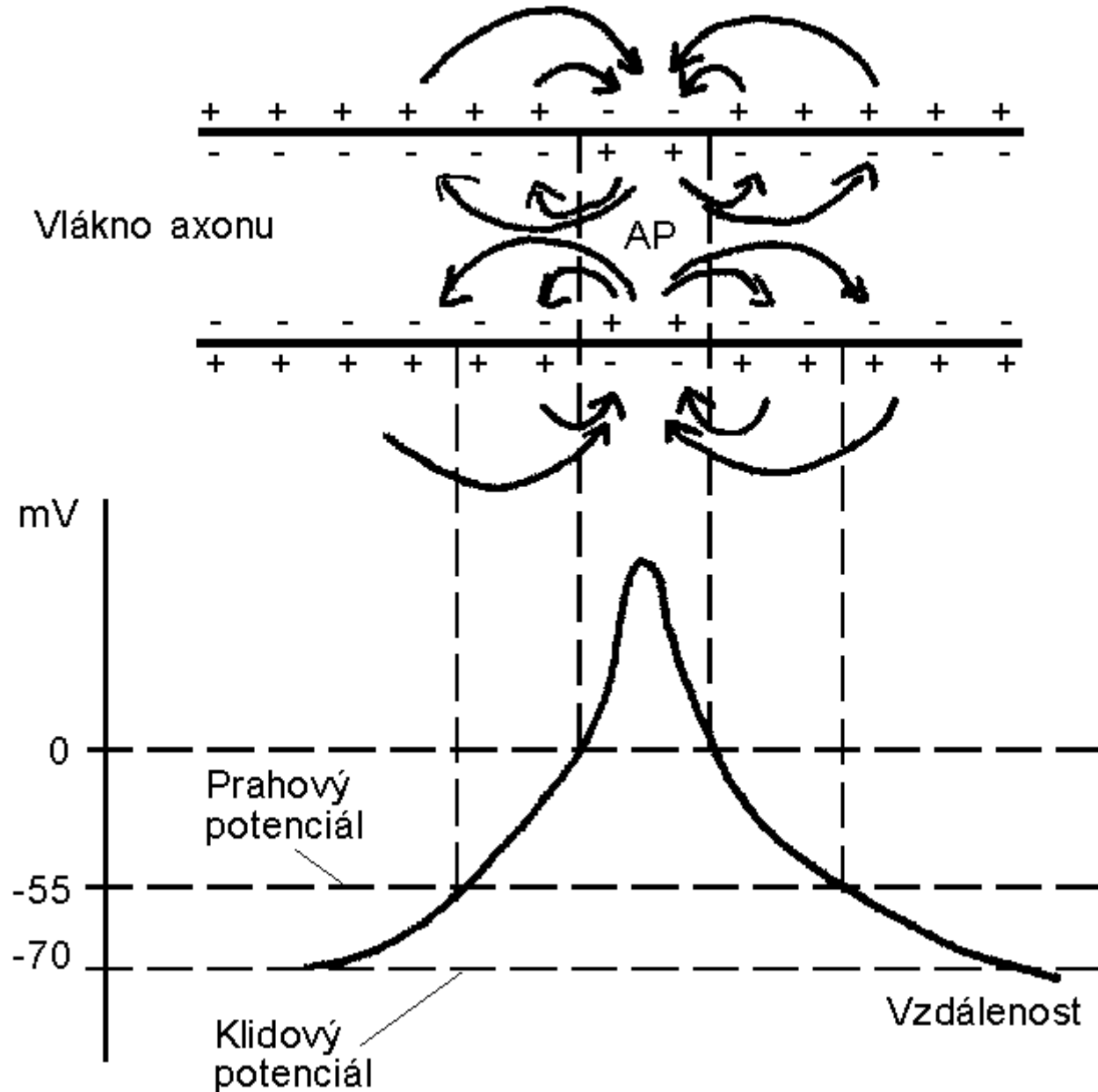


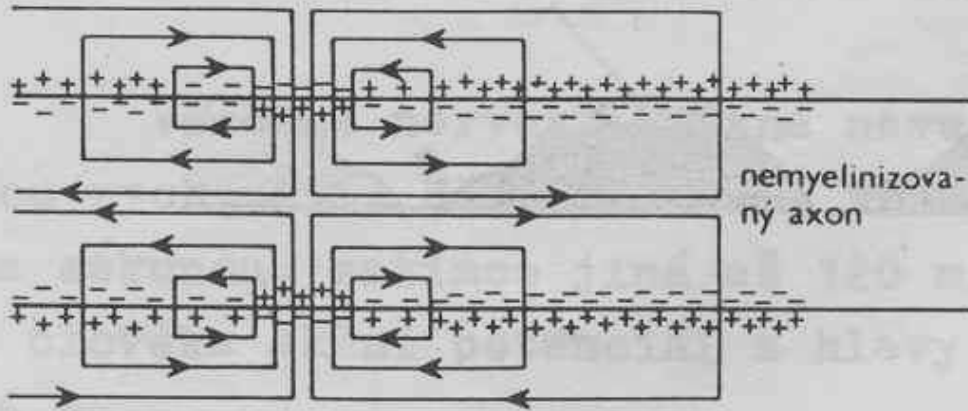
Převažující Na propustnost vystřídá K propustnost – propustnější má větší slovo a táhne membránu ke svému rovnovážnému napětí.



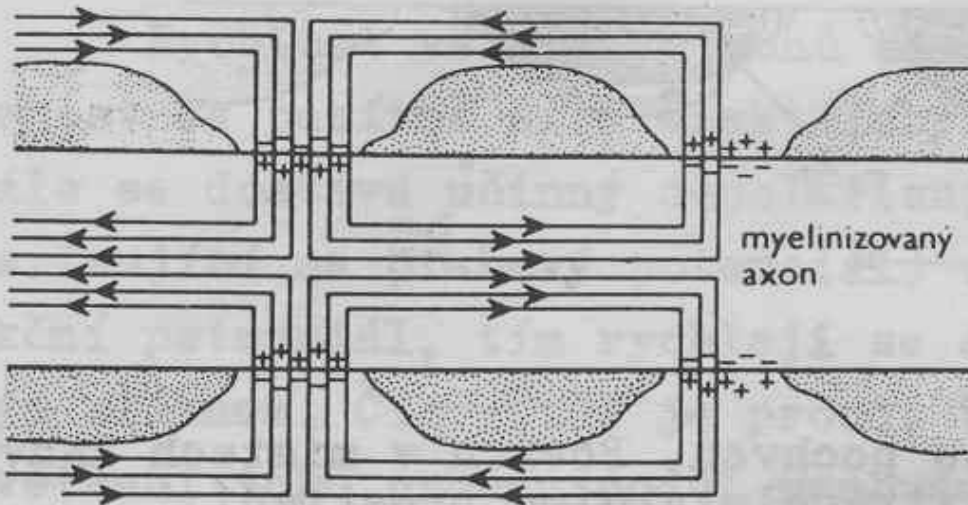
Šíření podél membrány.  
Kromě příčného i podélný  
tok iontů.

Záleží na průměru.





nemyelinizovaný axon



myelinizovaný axon

Šíření podél membrány.  
Záleží také na myelinizaci.

Šíření AP1  
Šíření AP2

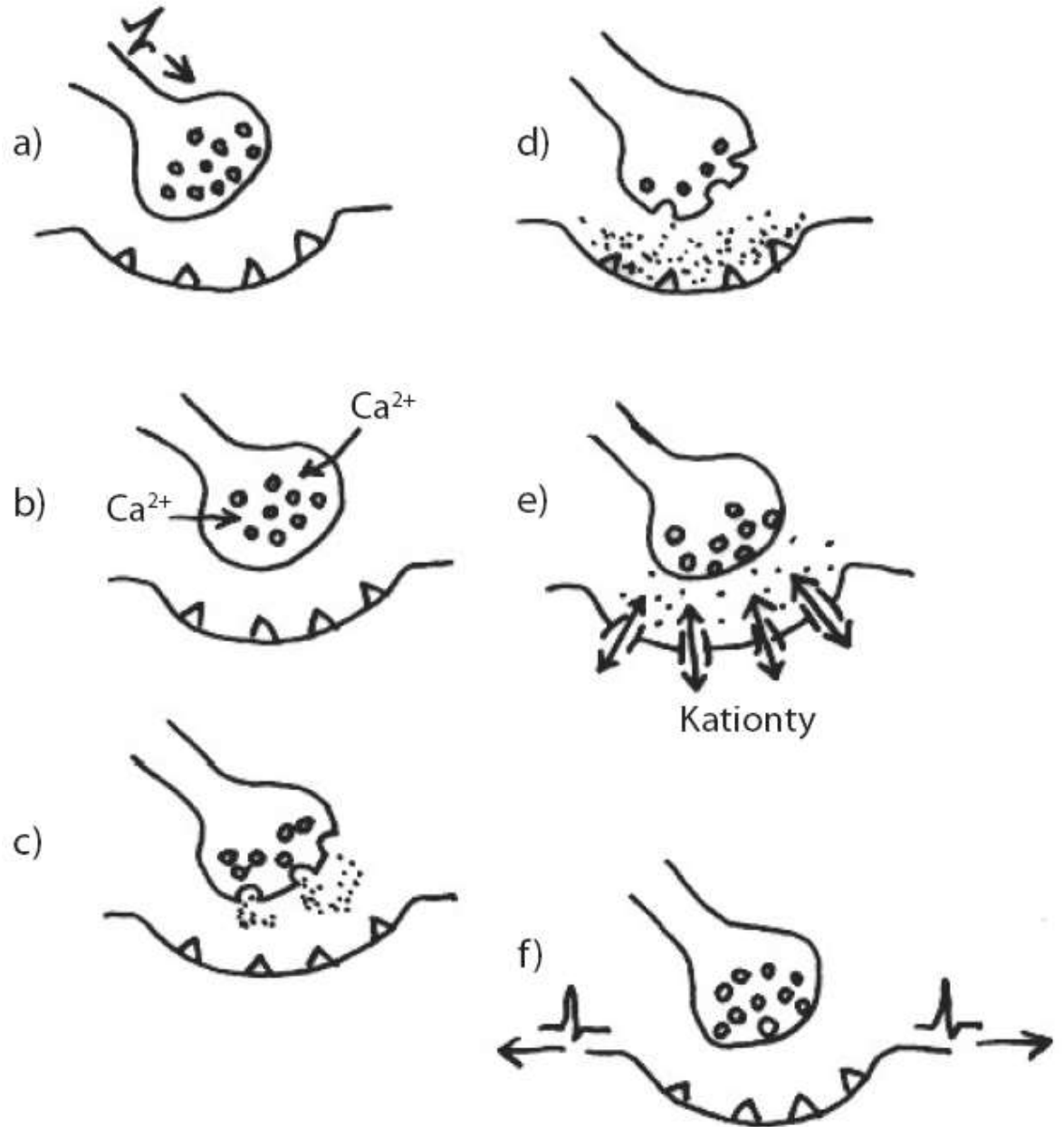
Obr. 17  
Tok iontového proudu v průběhu akčního potenciálu v myelinizovaném a nemyelinizovaném axonu.

# Synapse

Přerušení elektrického vedení po membráně.  
Chemický prostředník

Proč?

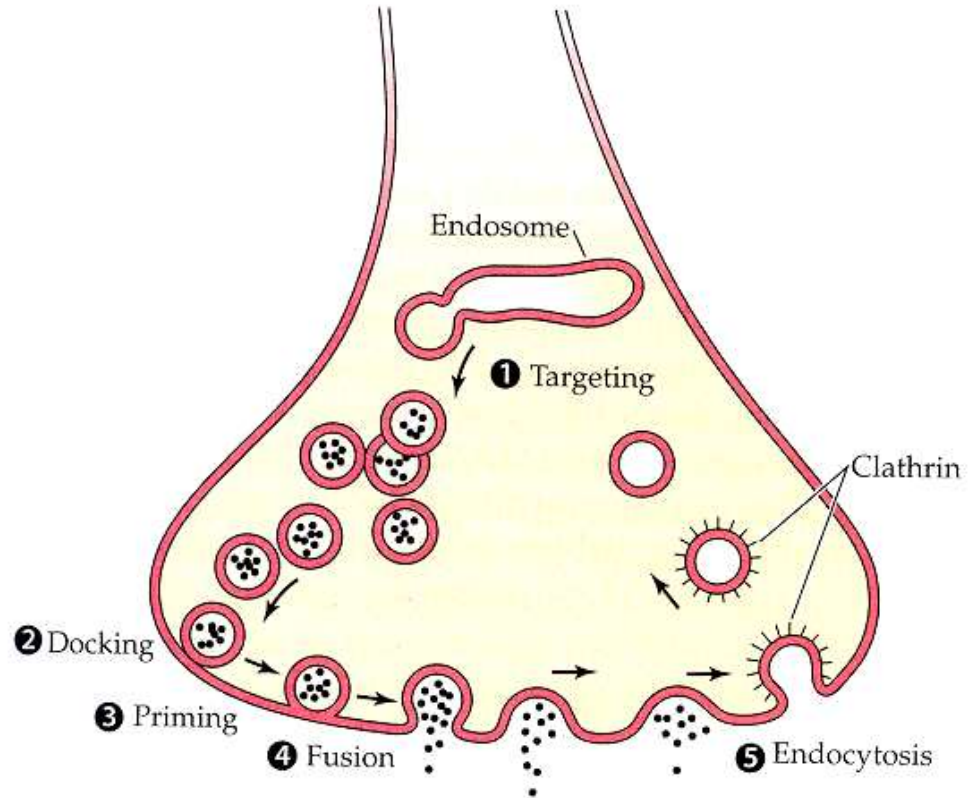
Umožňuje plasticitu (paměť),  
zpracování



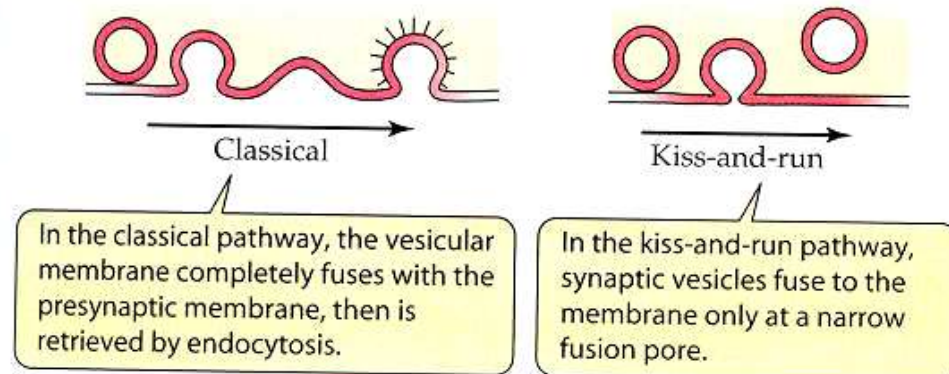


# Chemický prostředník: Exocytóza mediátoru

(a) Overview of vesicle recycling

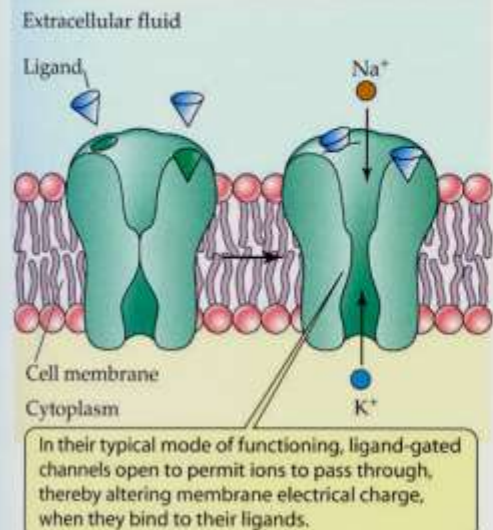


(b) Retrieval of the vesicular membrane

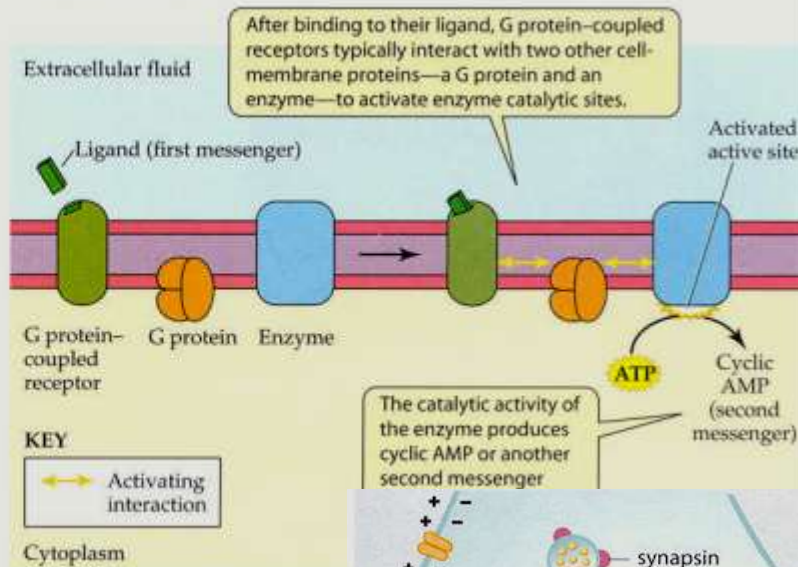


Receptor na postsynaptické straně je součástí kanálu – ionotropní signalizace  
nebo spojen s kanálem kaskádou signálů – metabotropní signalizace

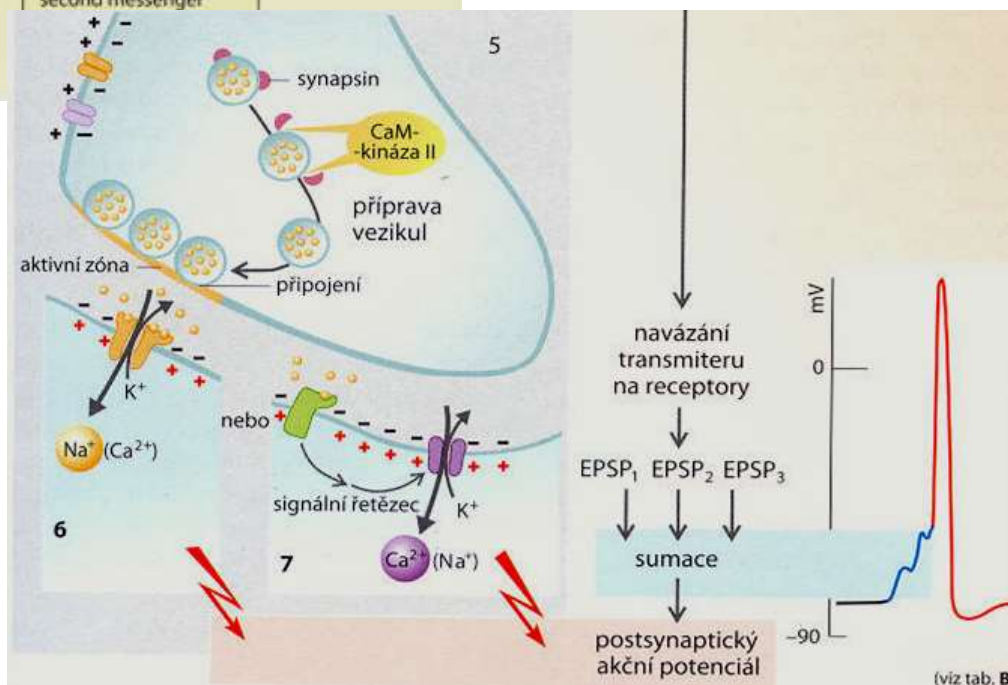
(a) Ligand-gated channel



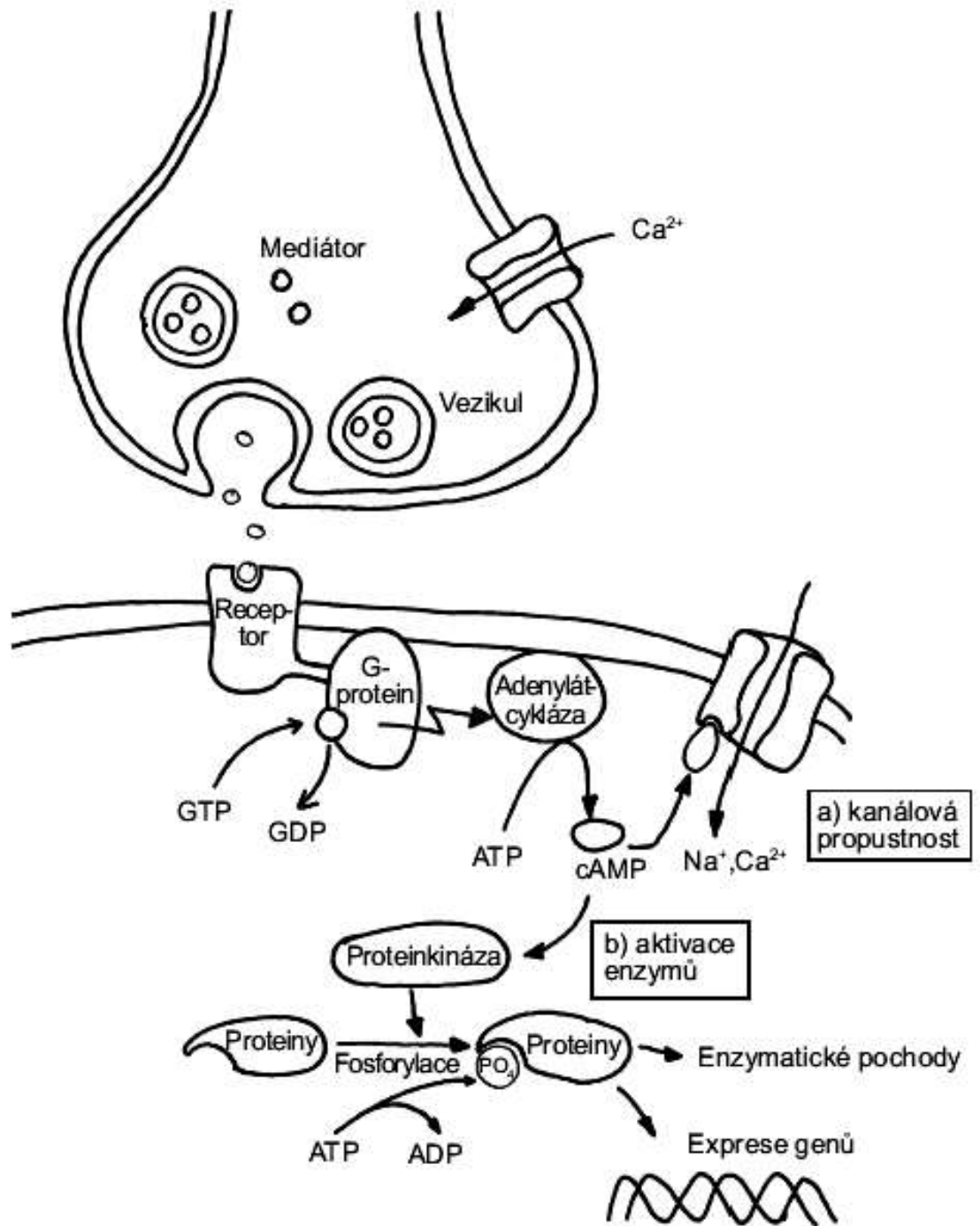
(b) G protein-coupled receptor and associated G protein system



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

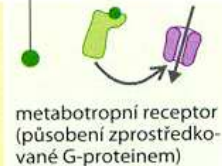
transmitter	typy receptorů	druh receptoru	vodivost pro ionty				druhý posel	
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	cAMP	IP <sub>3</sub> /DAG
acetylcholin	nikotinový muskarinový: M1, M2, M3	●	↑	↑	↑			↑
ADH (= vazopresin)	V1 V2	●					↑	↑
CCK (= cholecystokinin)	CCK <sub>A-B</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

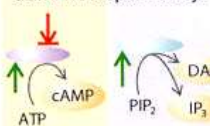
katecholaminy

peptidy

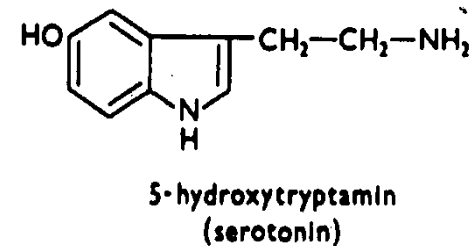
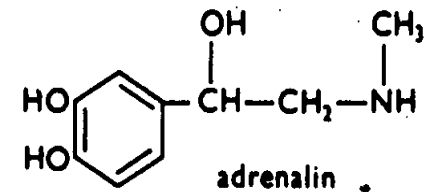
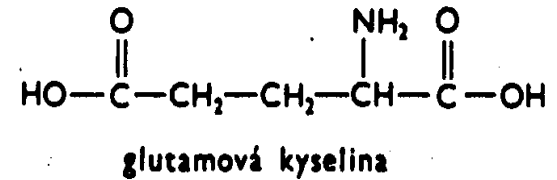
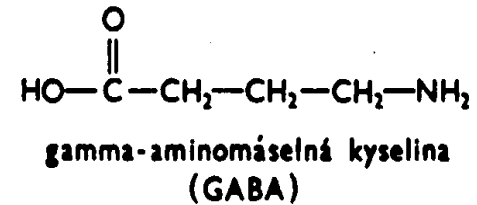
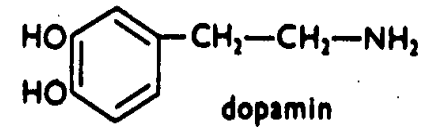
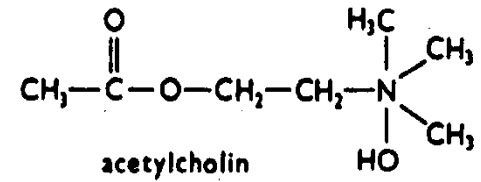
ostatní



tlumí nebo podněcuje

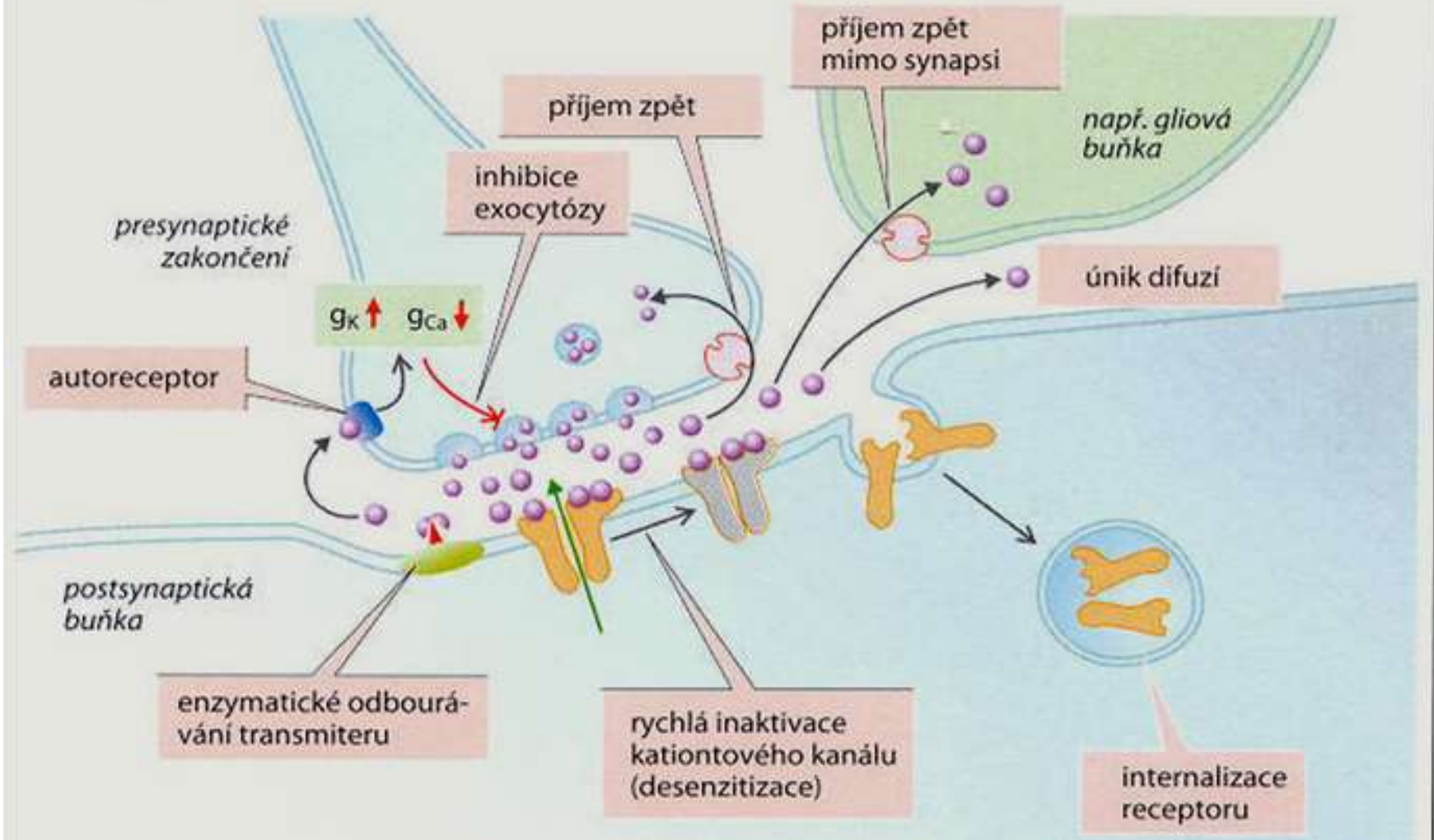


## Mediátory - neurotransmittery

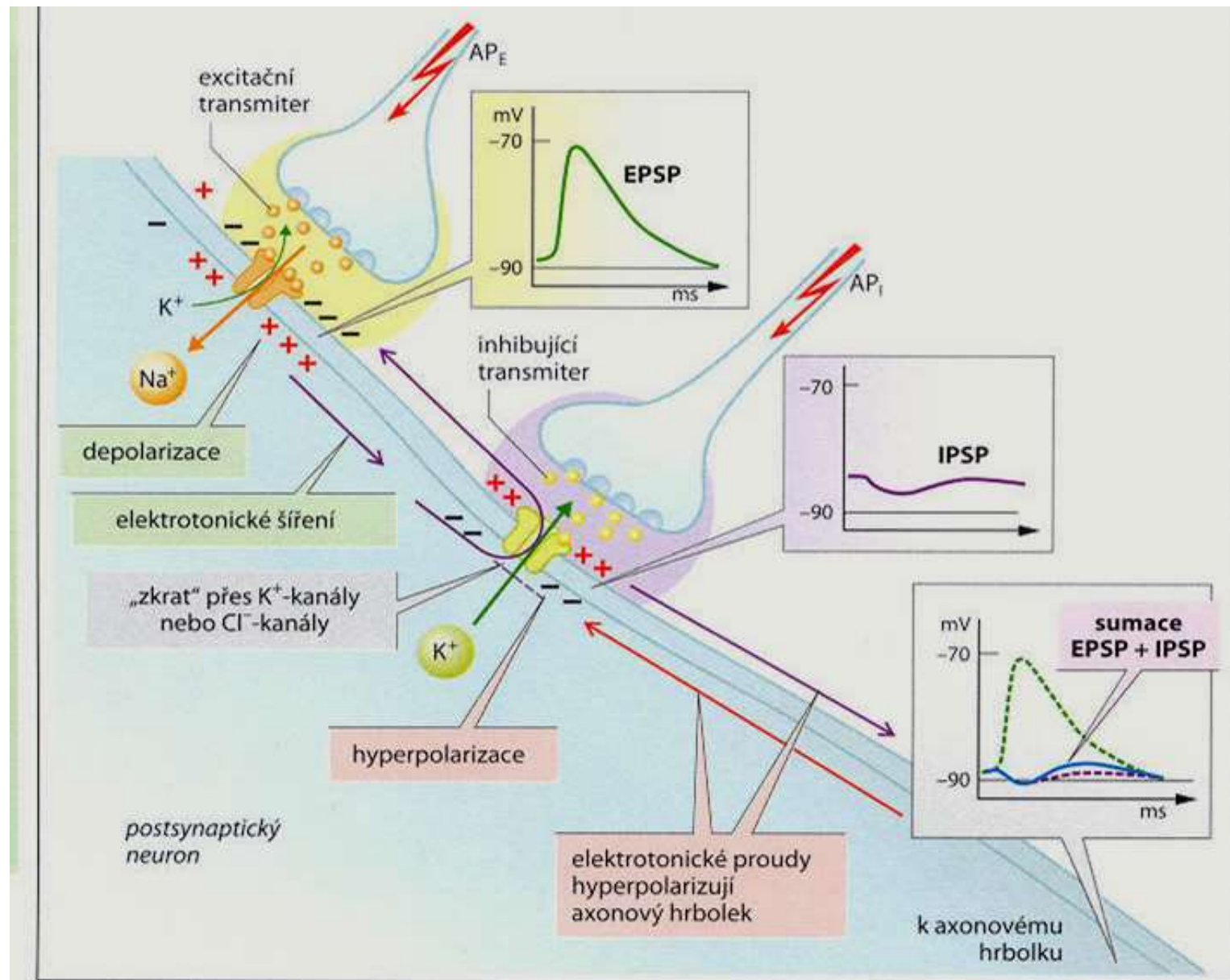


Tab. 2.7 a 2.8 Synaptický přenos III a IV

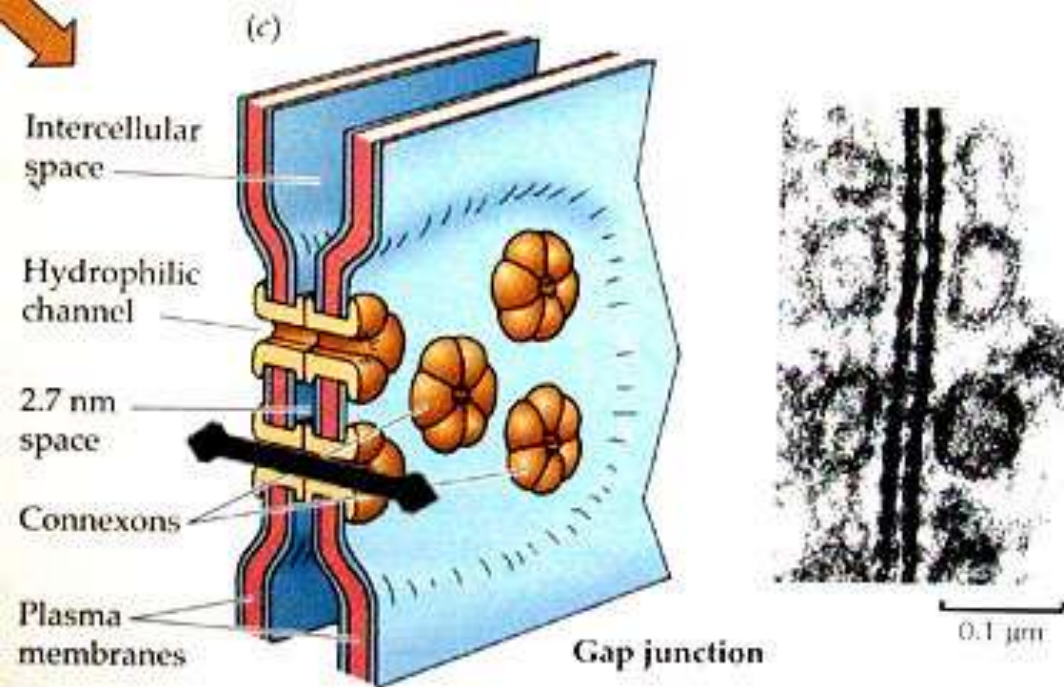
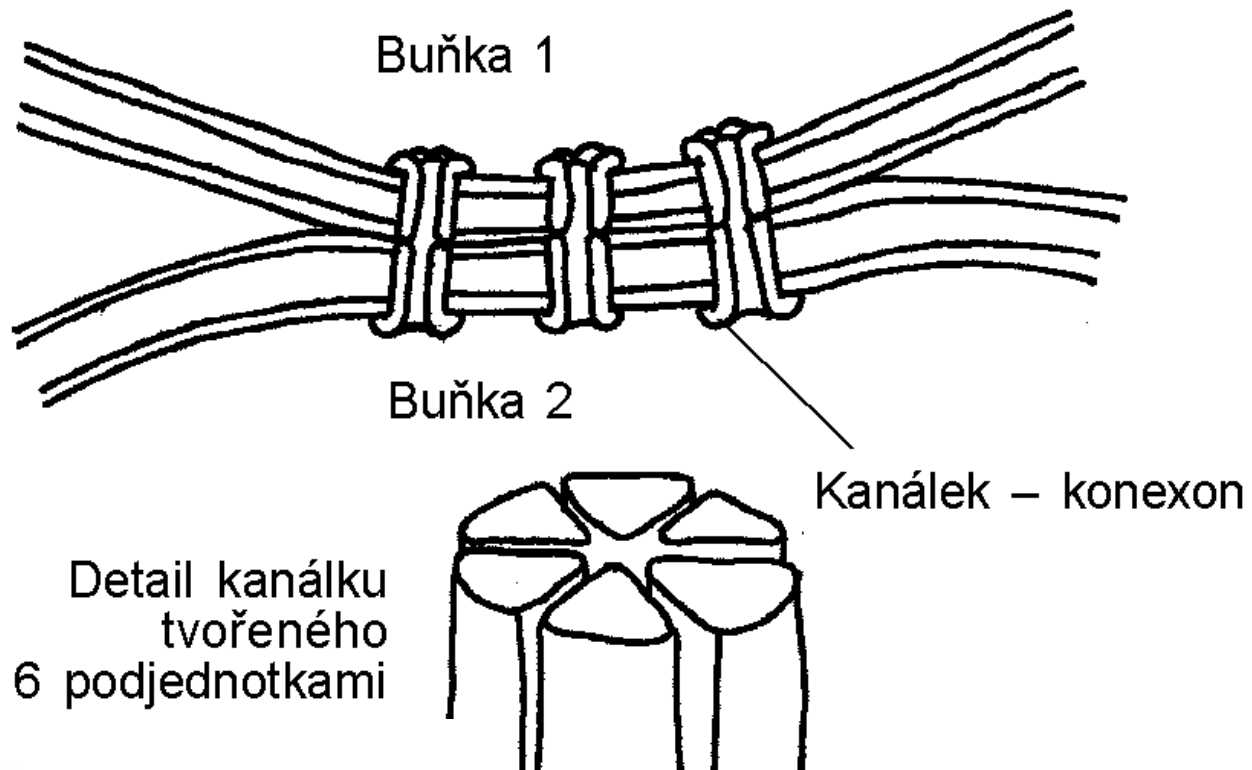
## E. Ukončení působení transmiteru



Nemusí být jen excitační, jsou i inhibiční transmitery.

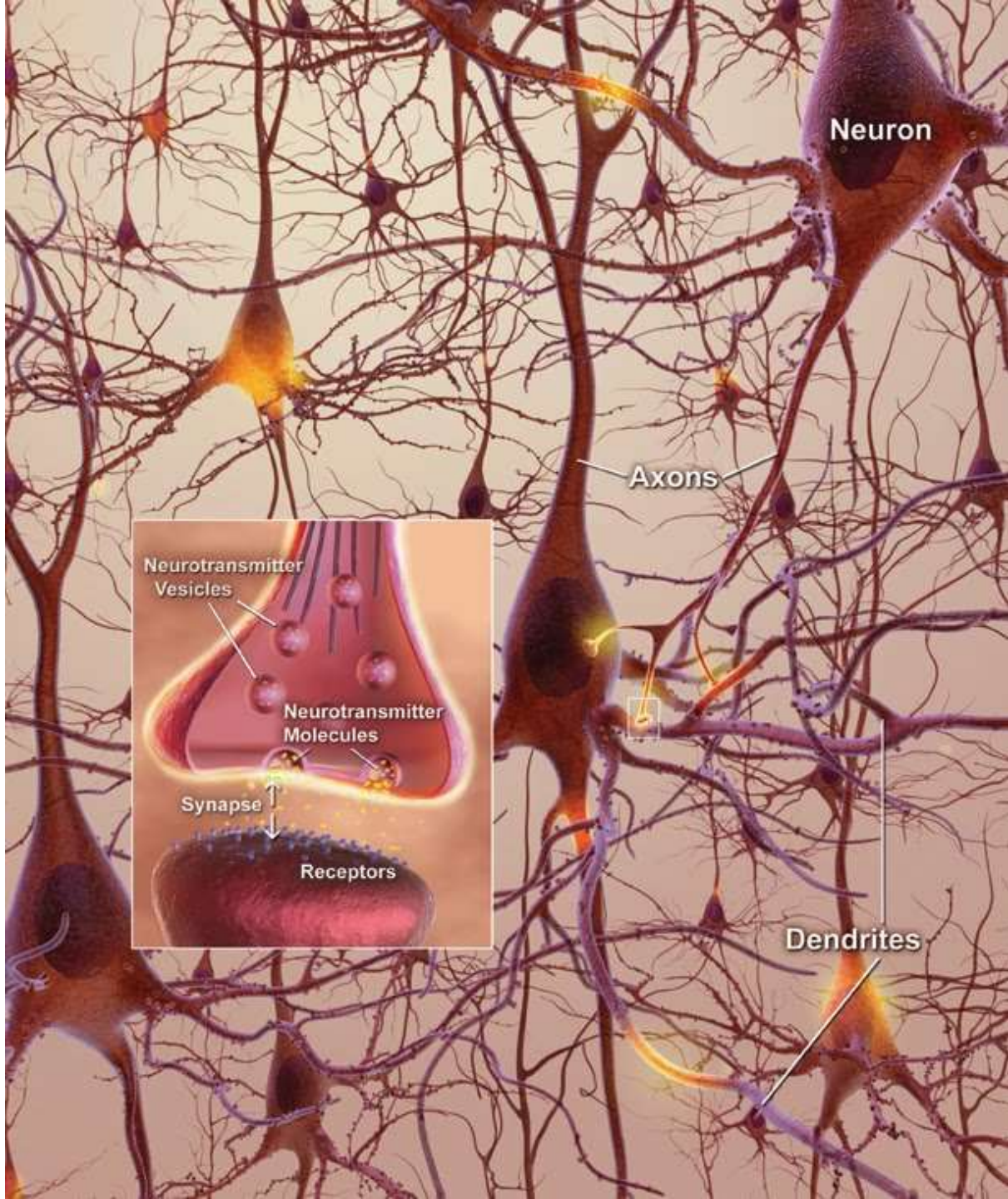


Vzácně i  
elektrická synapse.



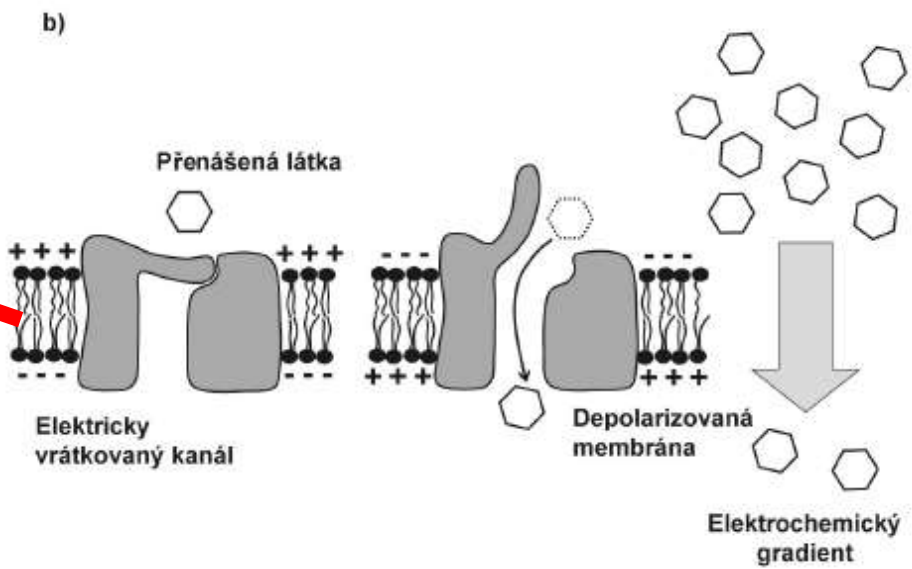
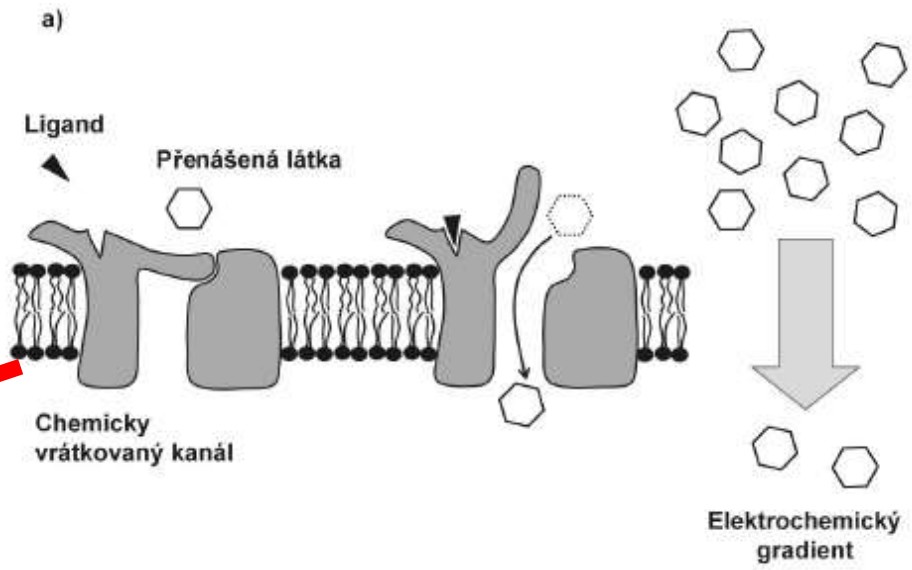
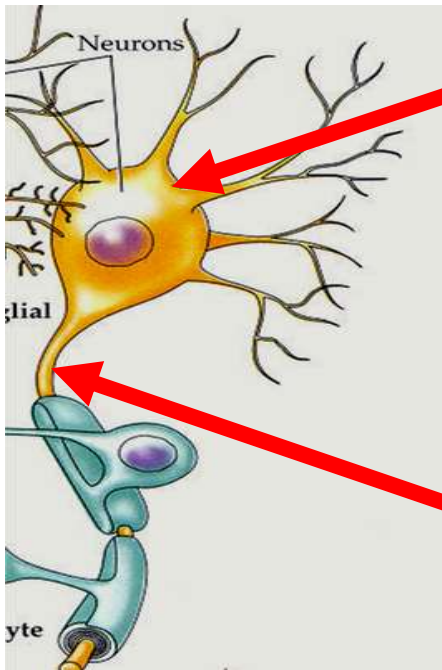


Jak spolu neurony komunikují.

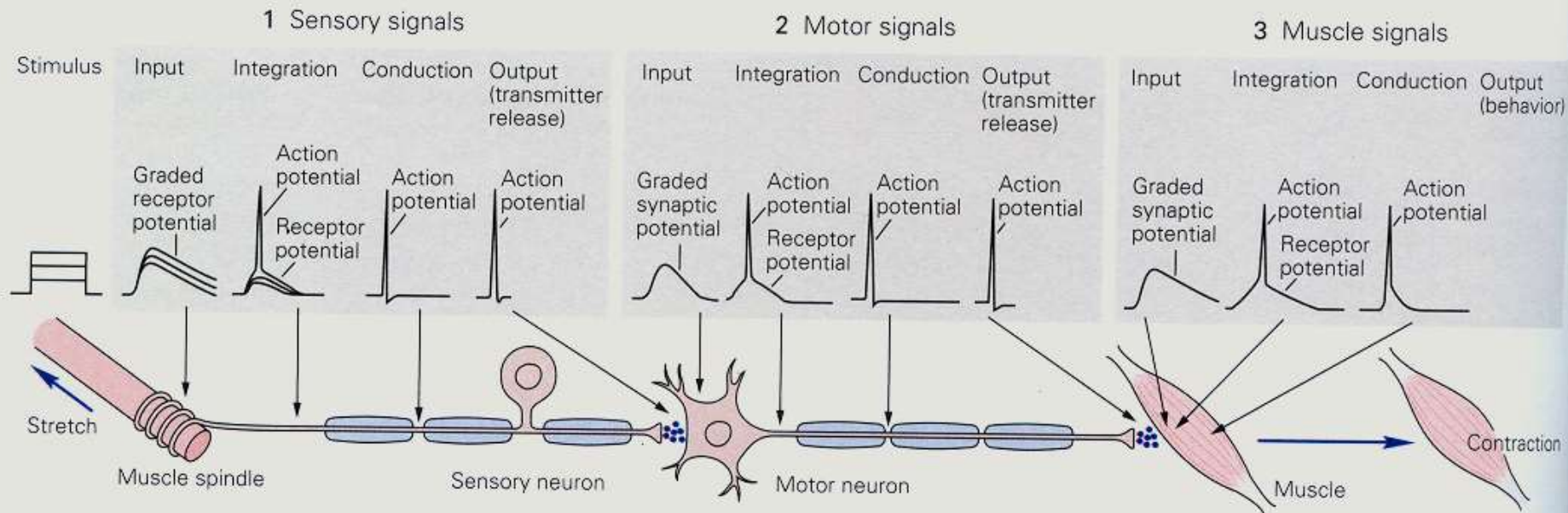
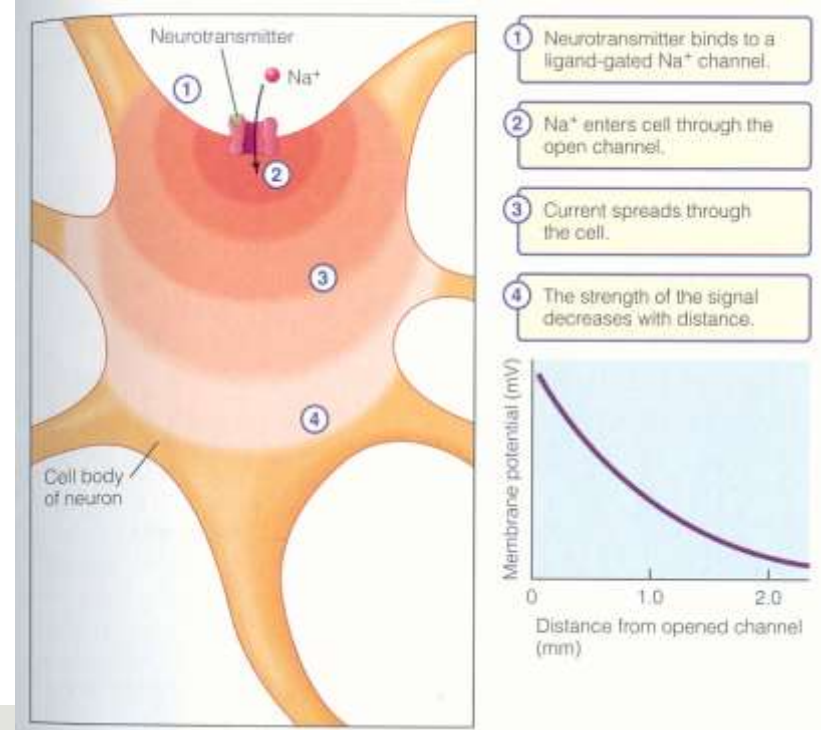


# Dva druhy kanálů – dva druhy kódování

## Elektricky a chemicky



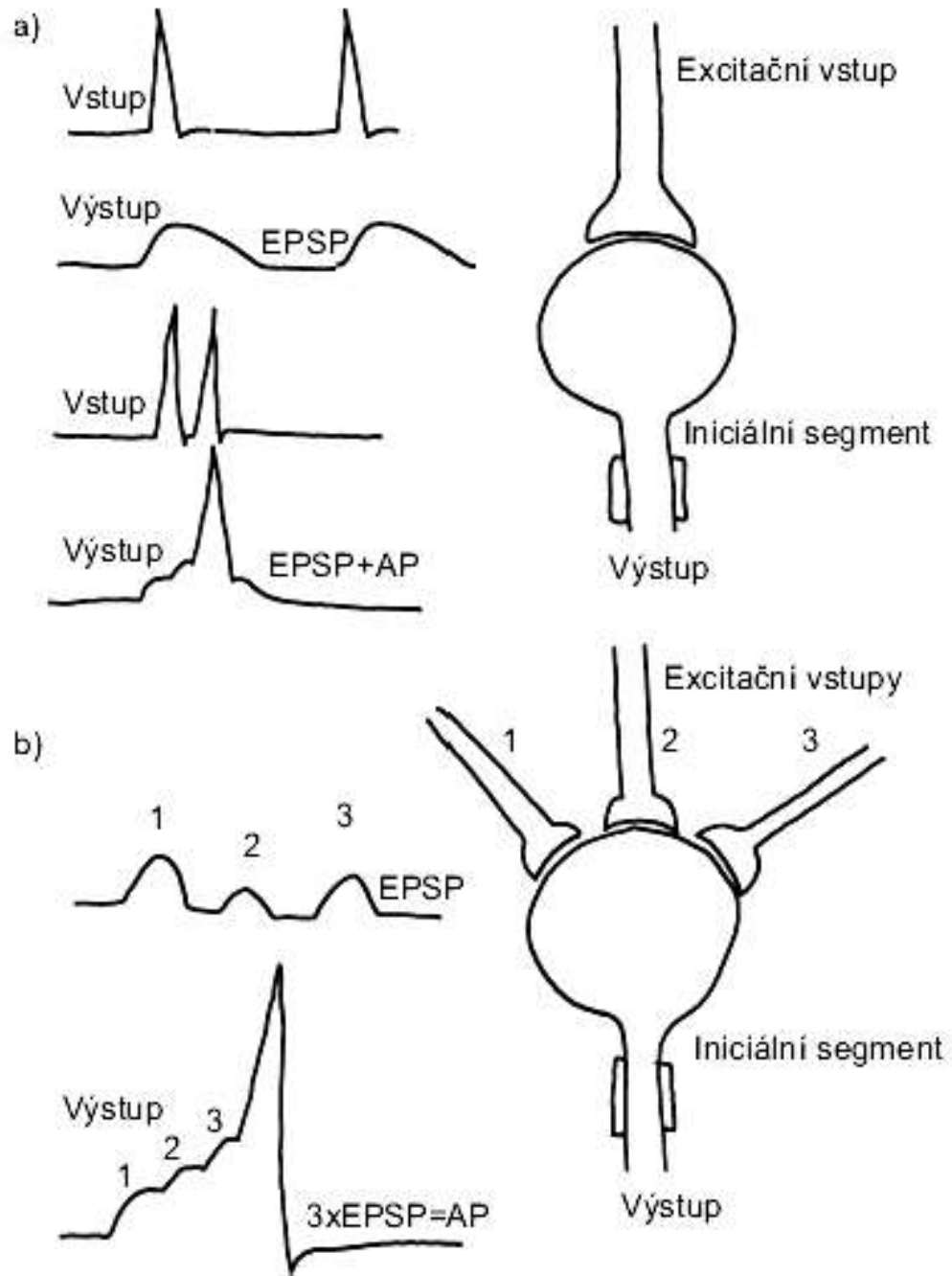
Dva druhy kódování informace  
 Dálkové šíření – digitálně  
 Zpracování - analogově



## Smysl:

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

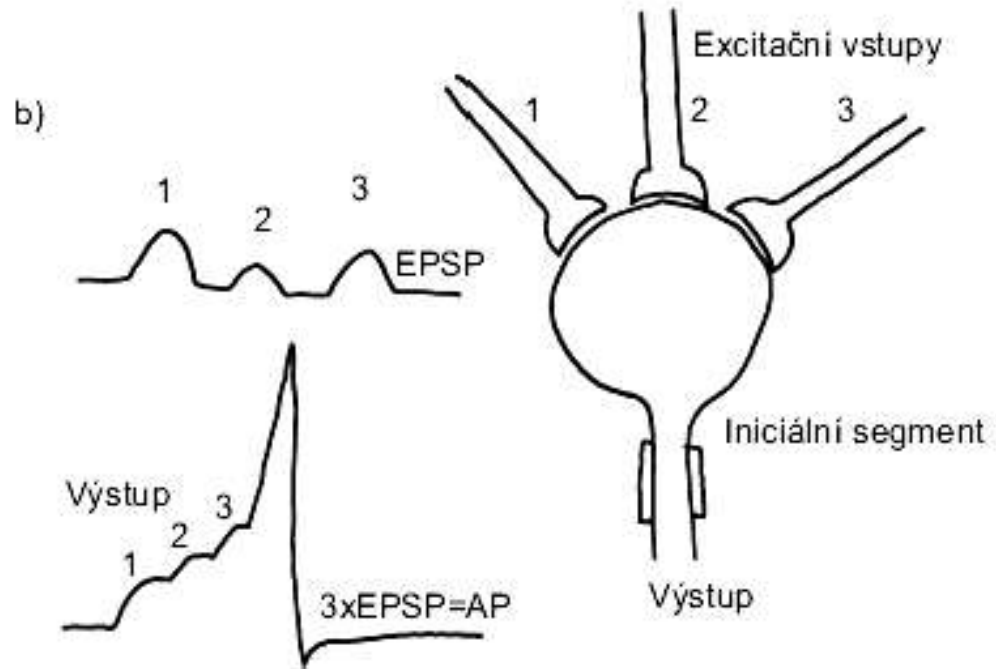
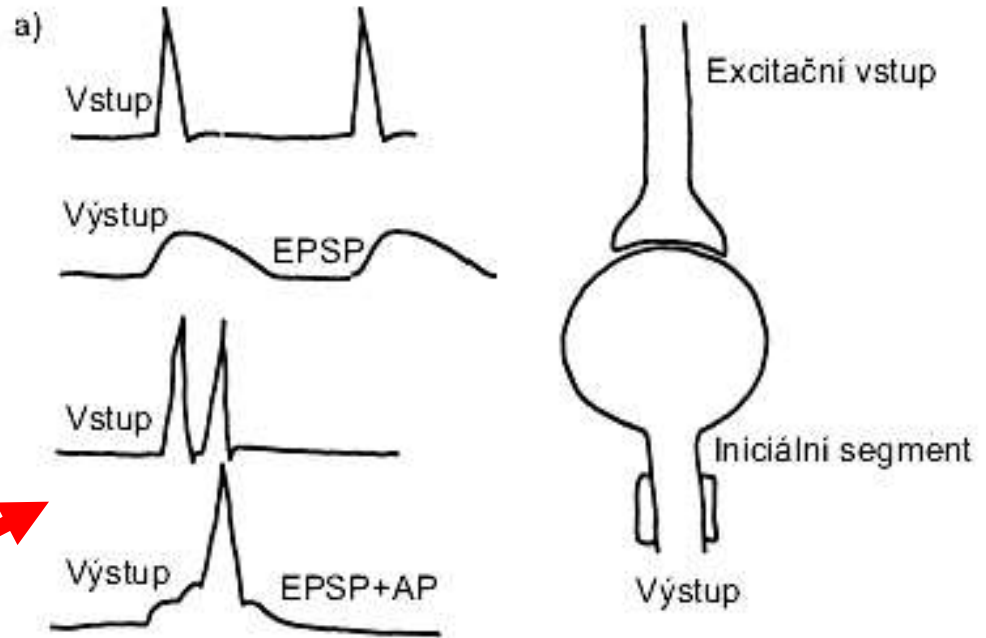
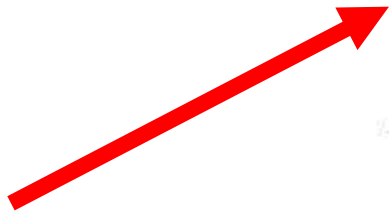
B) Plasticita NS – základ paměti



Smysl:

Zpracování - analogově

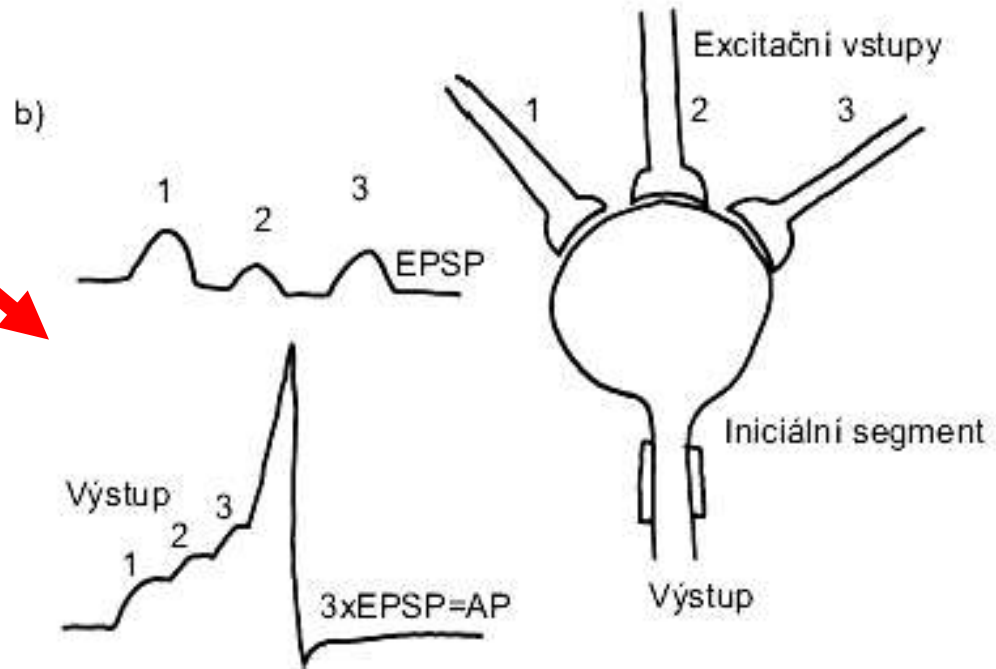
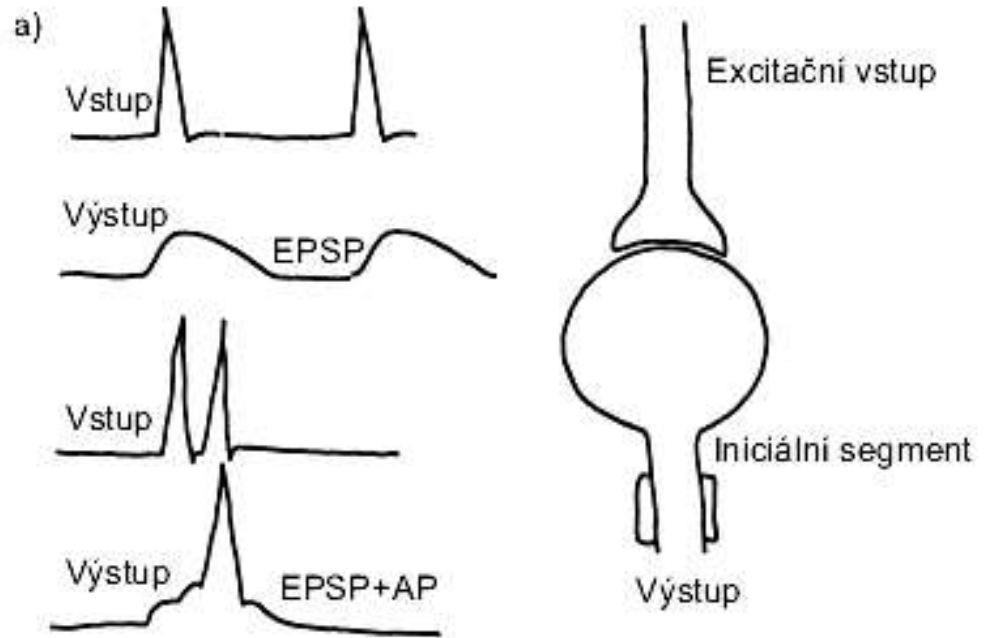
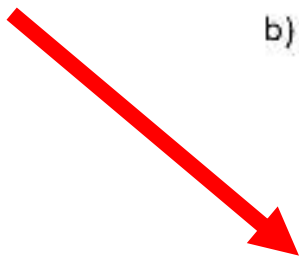
Časová sumace



Smysl:

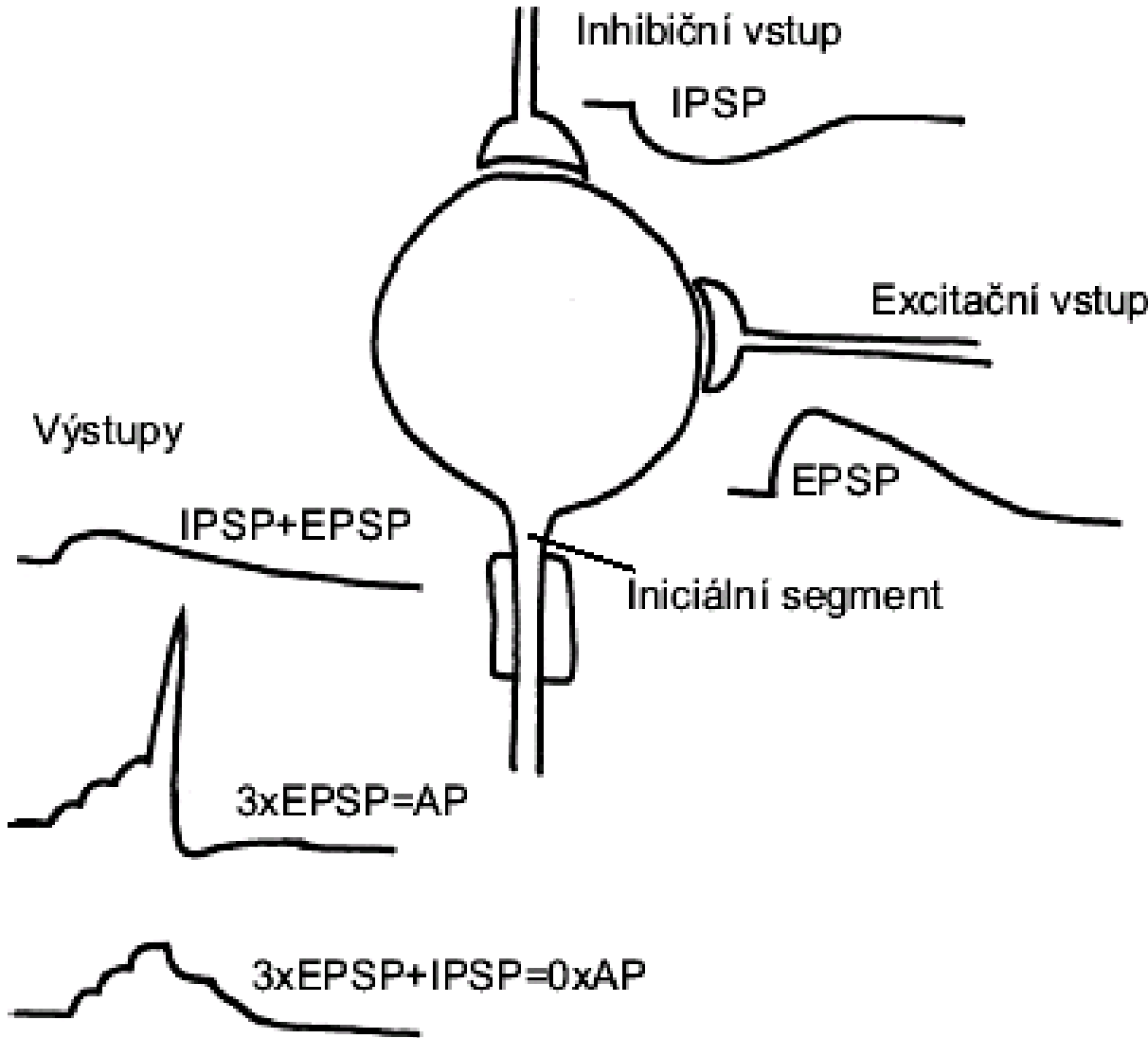
Zpracování - analogově

Časová sumace  
Prostorová sumace

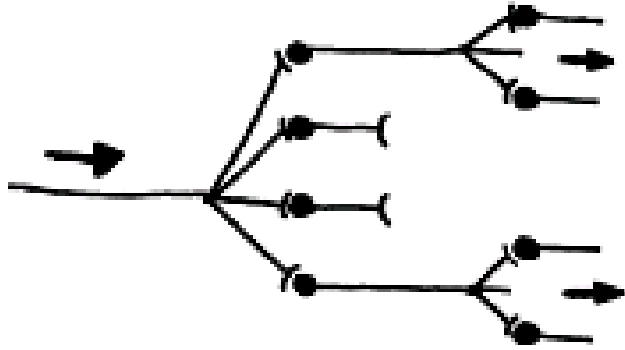


Některé synapse inhibiční  
Některé excitační

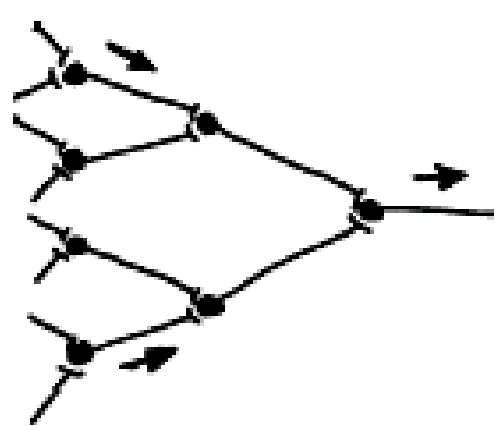
Facilitace  
Inhibice



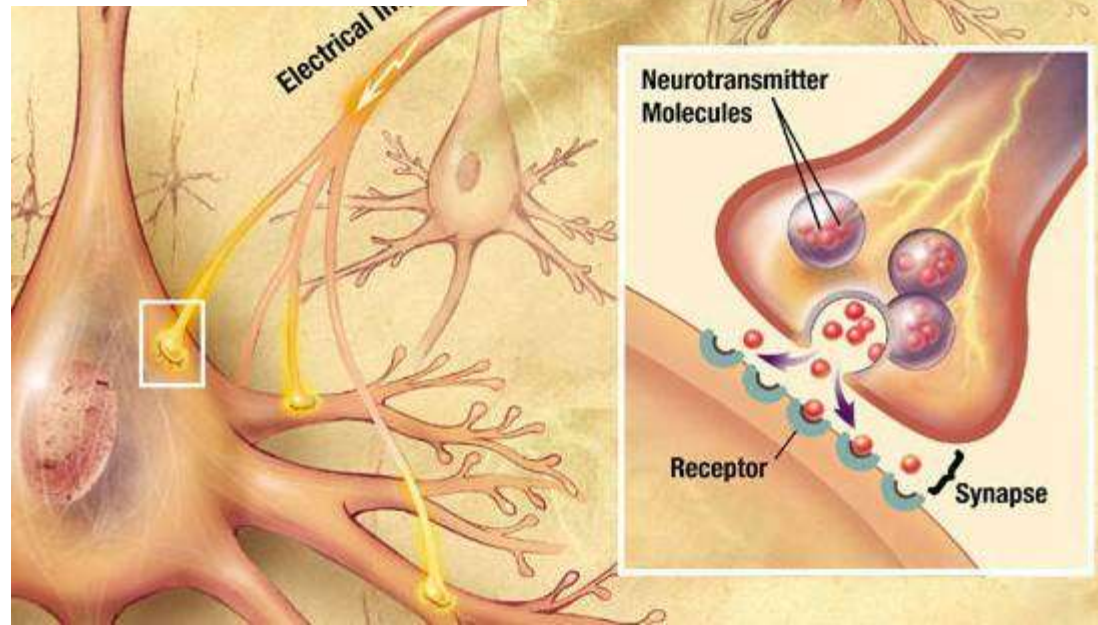
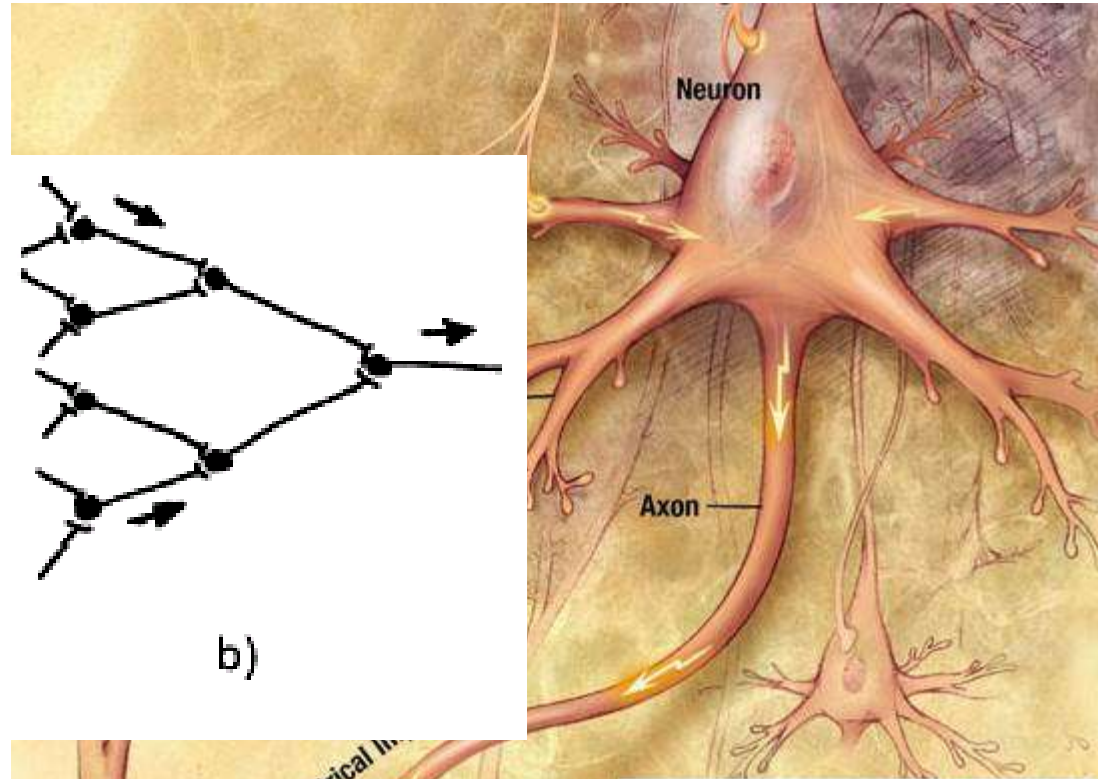
# Divergence, konvergence



a)

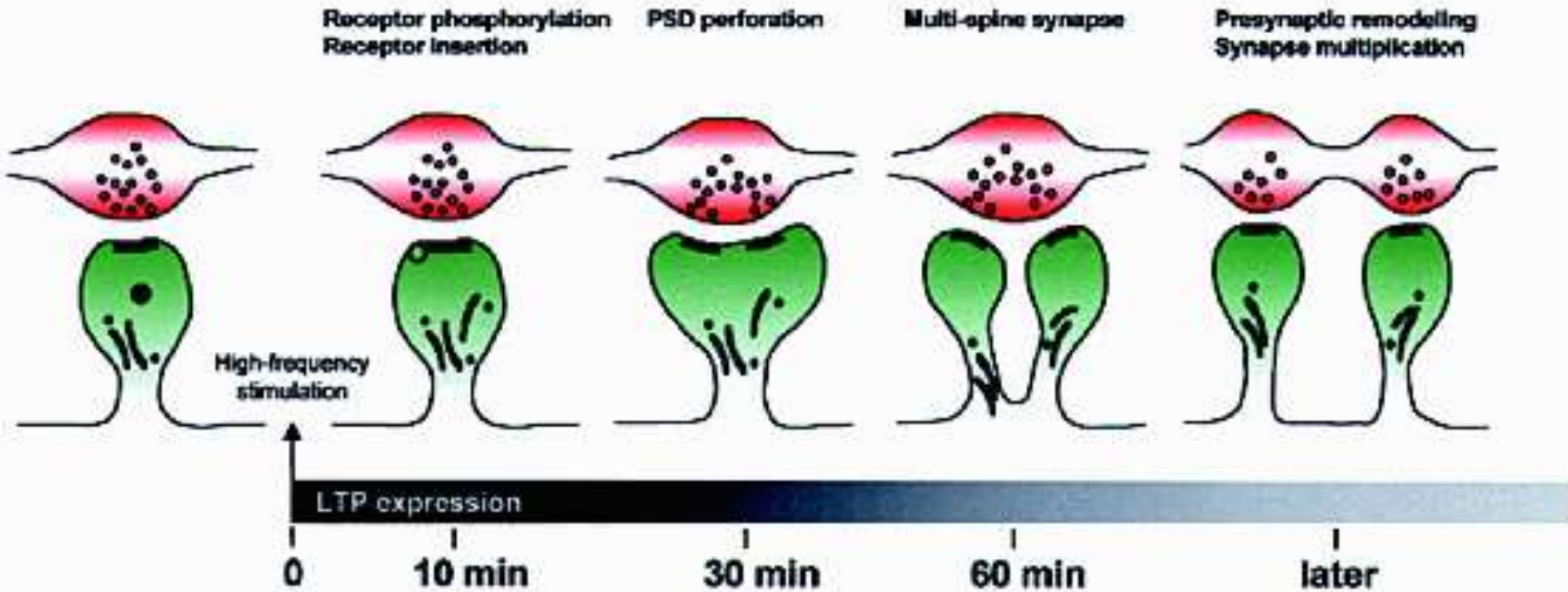


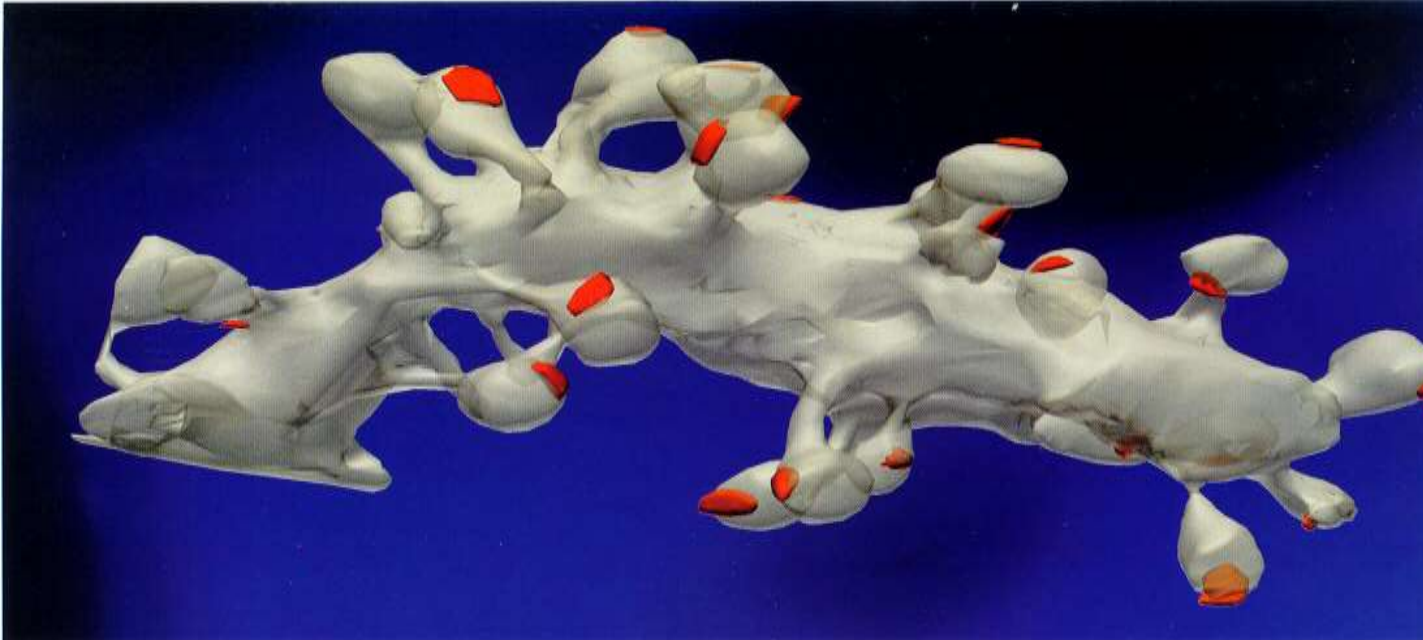
b)





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





Přestavba dentritických trnů



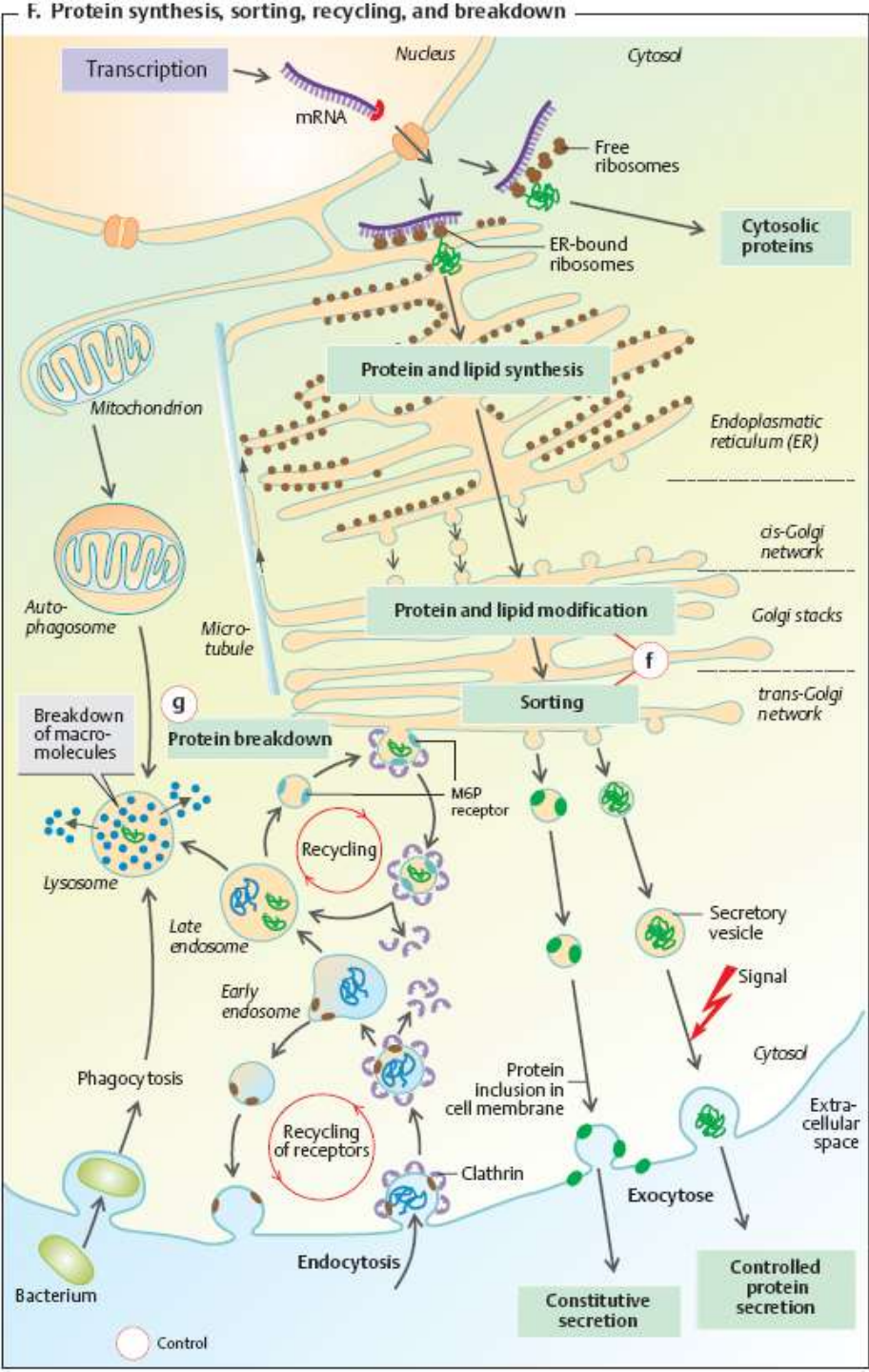
## Shrnutí

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 na membránách.

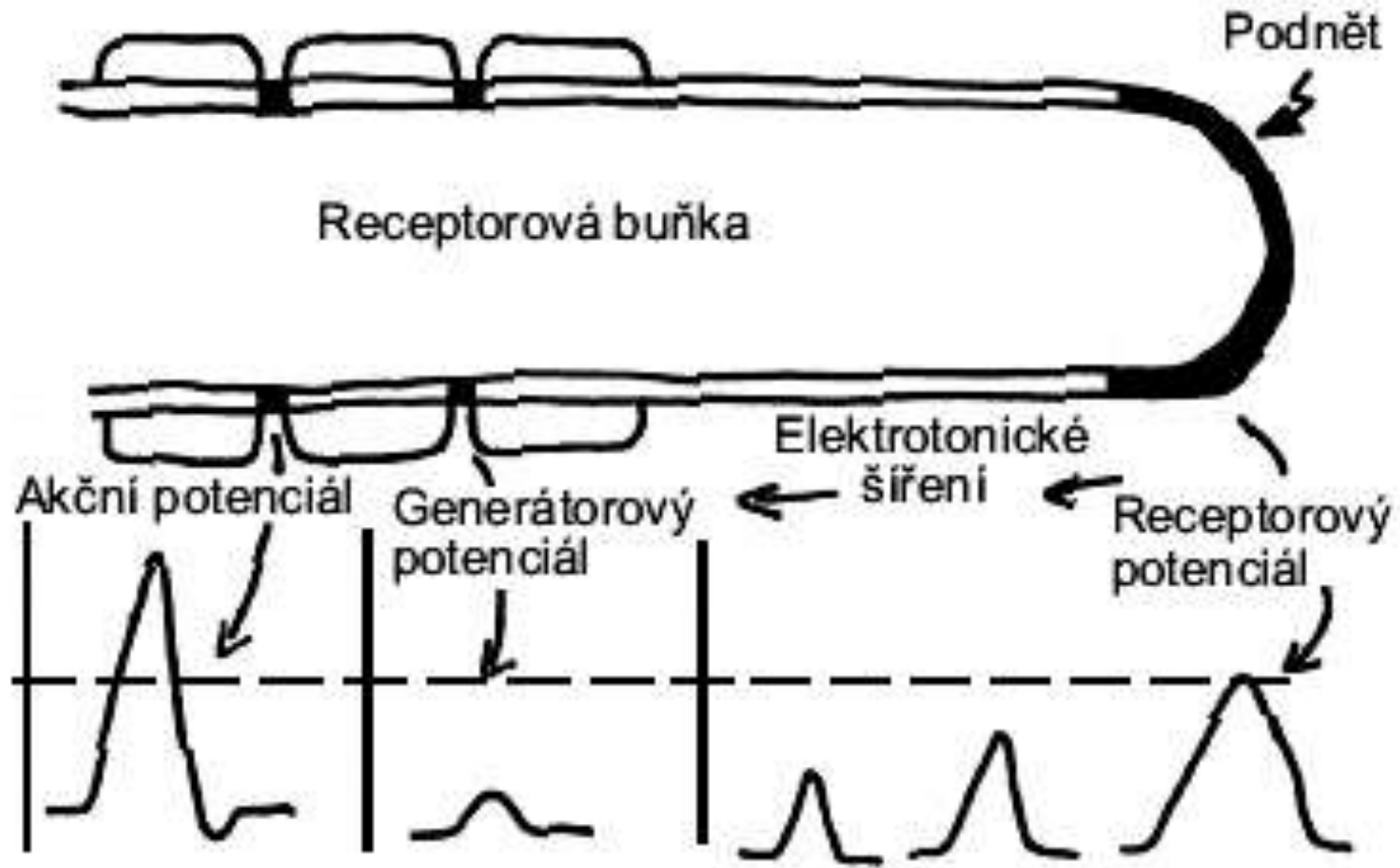
Receptorové buňky jsou brány,  
kterými vstupují signály do NS

Exteroreceptory x interoreceptory

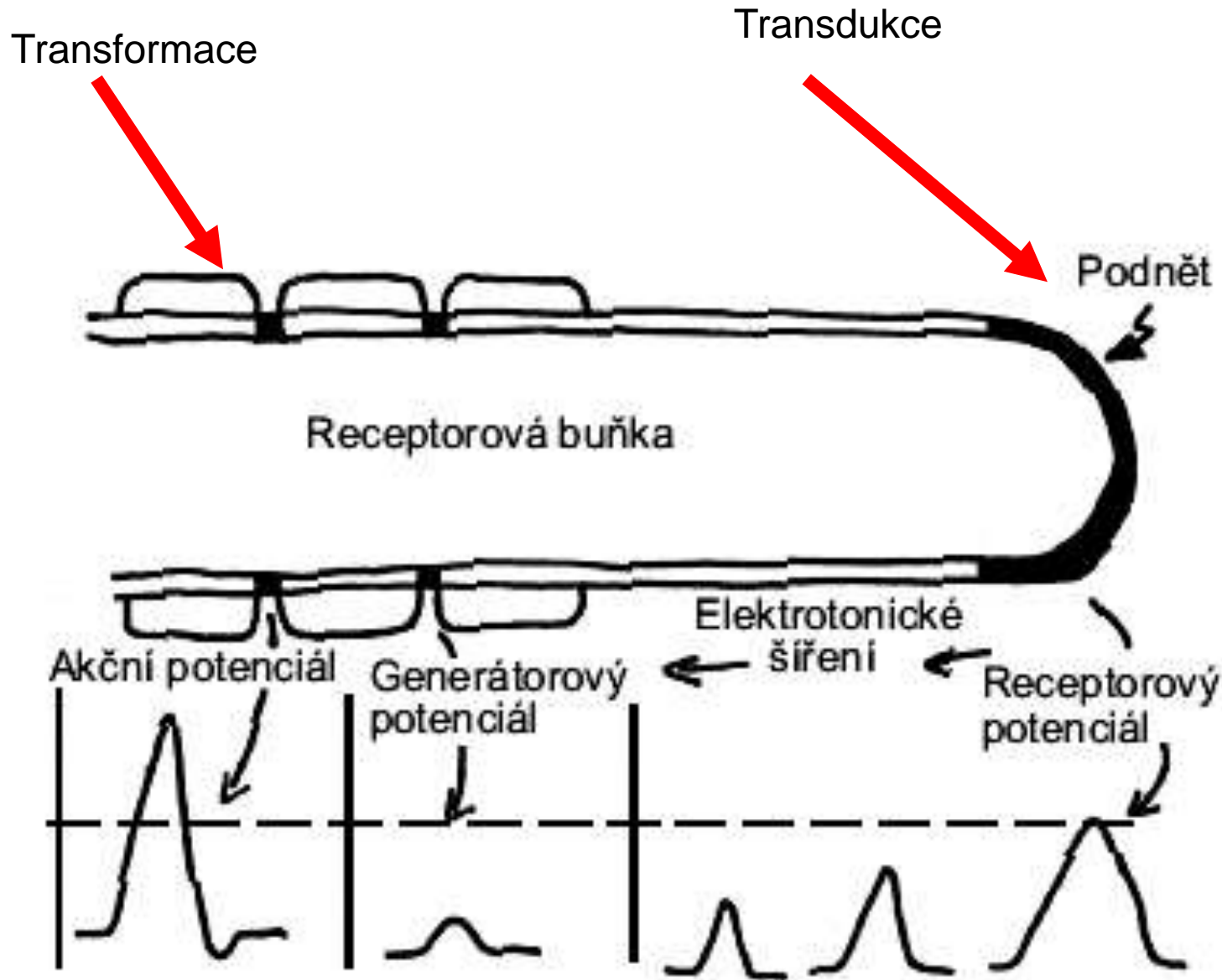


Svět smyslů – úloha mozku.

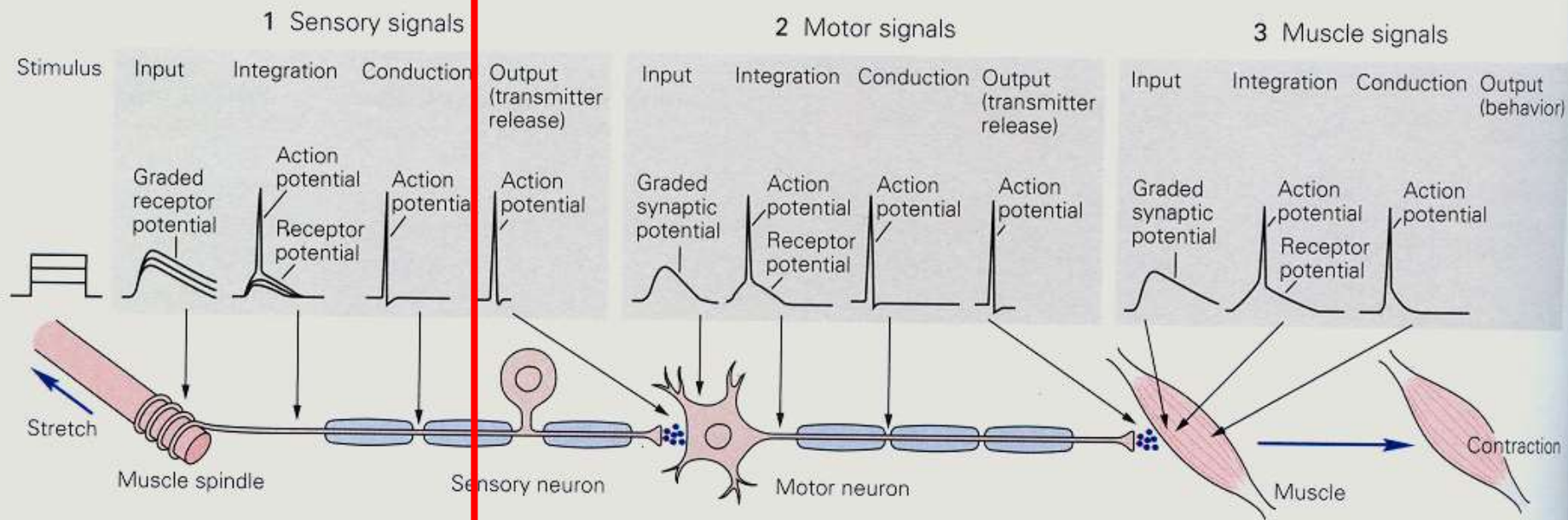
Paralelní dráhy specializované na určitou vlastnost (kvalitu – pohyb odděleně od tvaru).  
V rámci dráhy ještě specializace na konkrétní hodnotu (výšku tónu, chuť) .



Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.

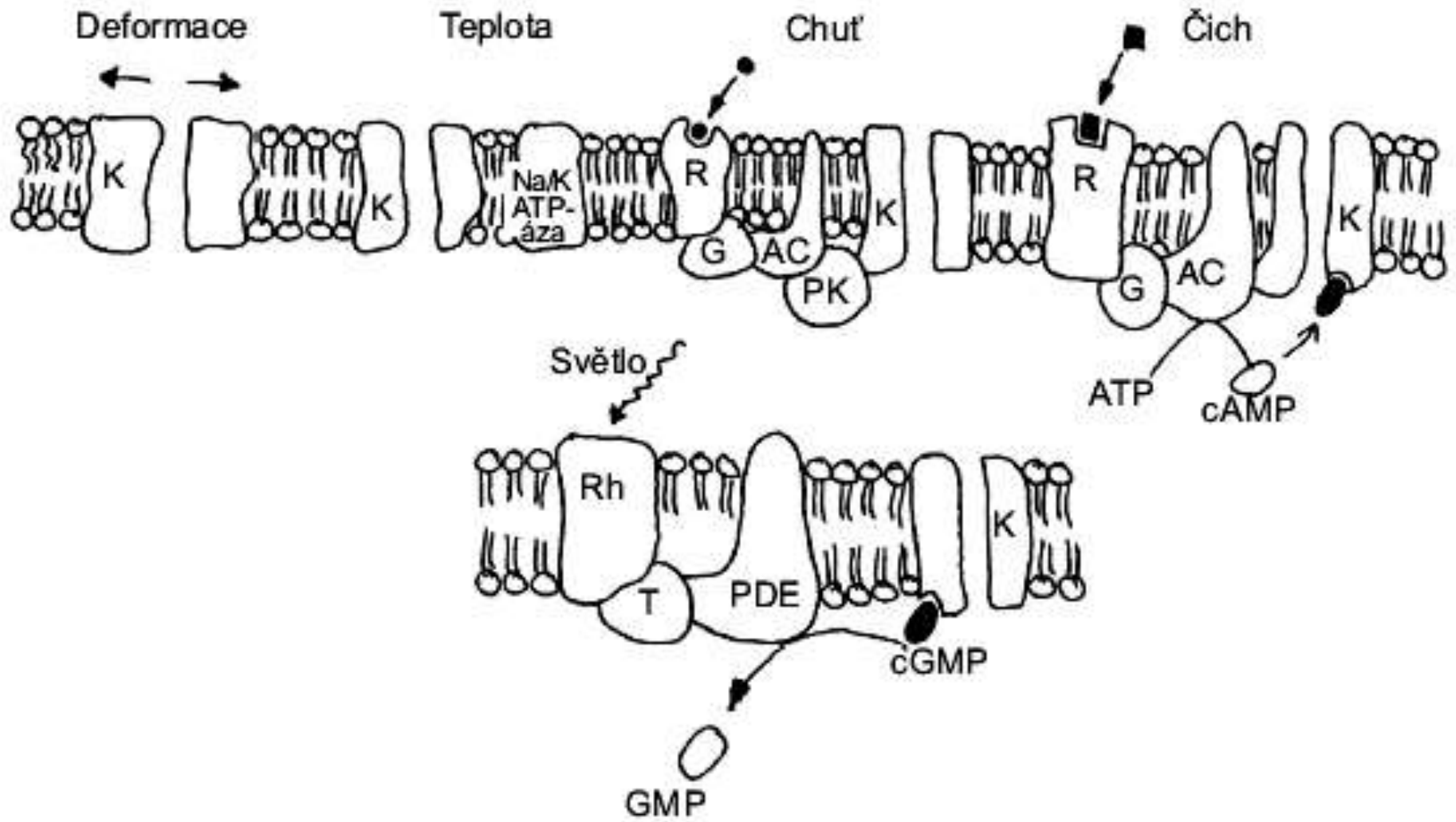


Receptorová buňka převádí energii podnětu na změnu iontové propustnosti.





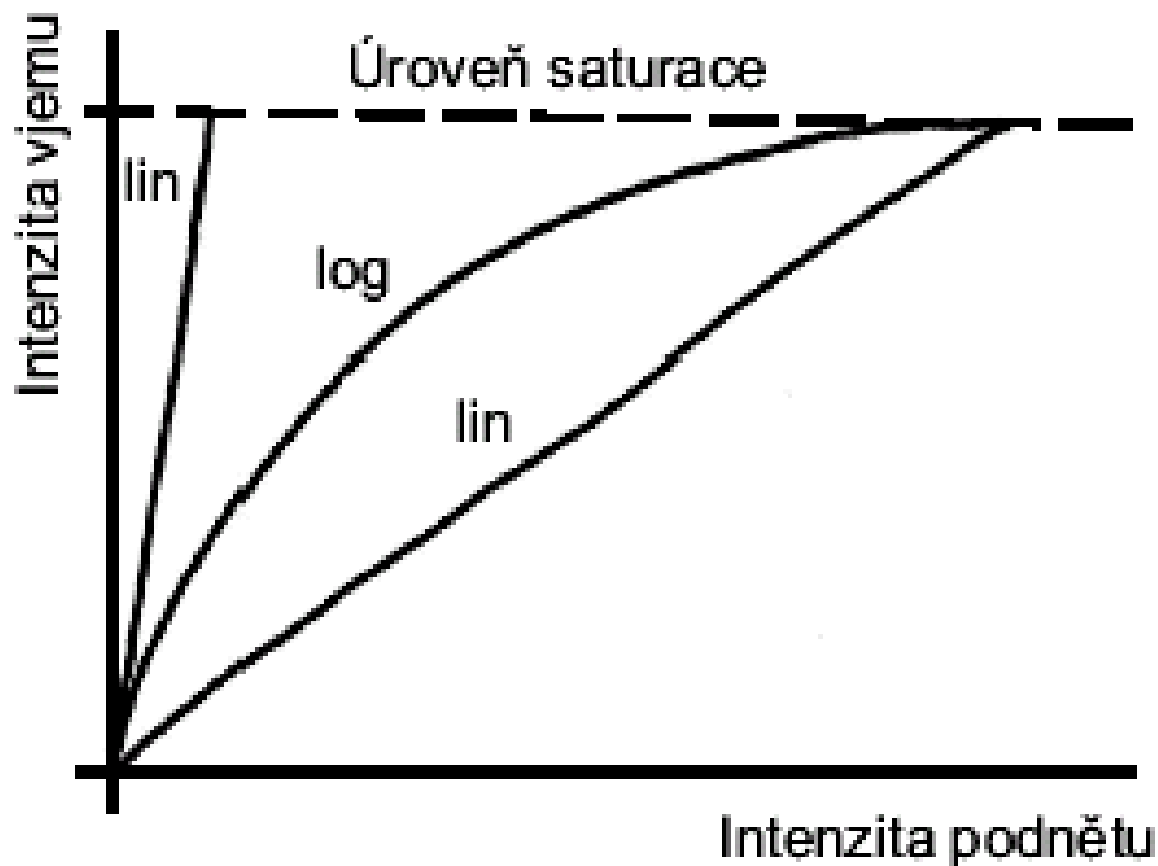
Vlastnosti membrány jsou klíčem pro transdukcí.



Intenzita podnětu a intenzita odpovědi.

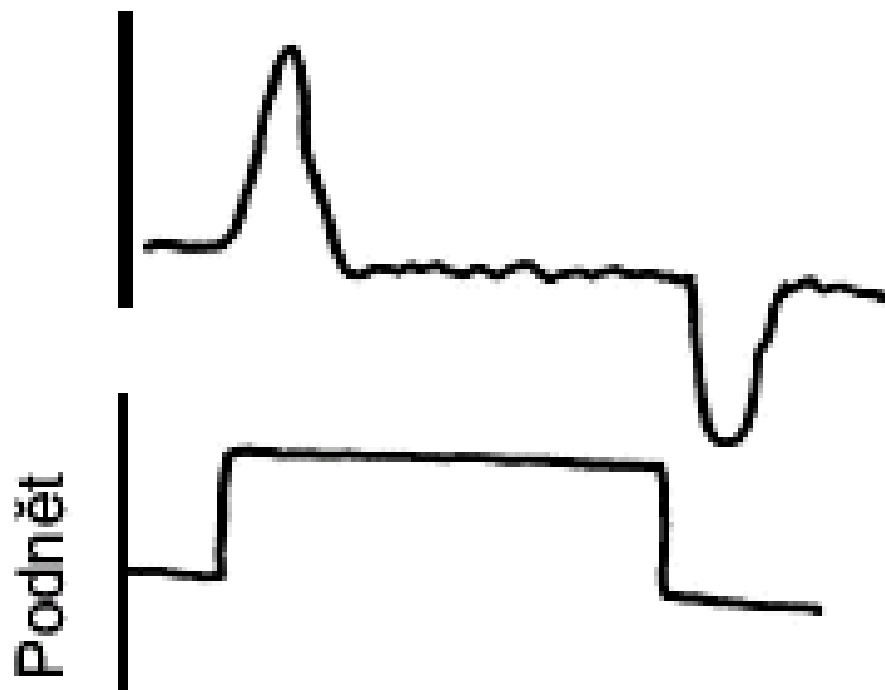
Weber-Fechnerův zákon

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

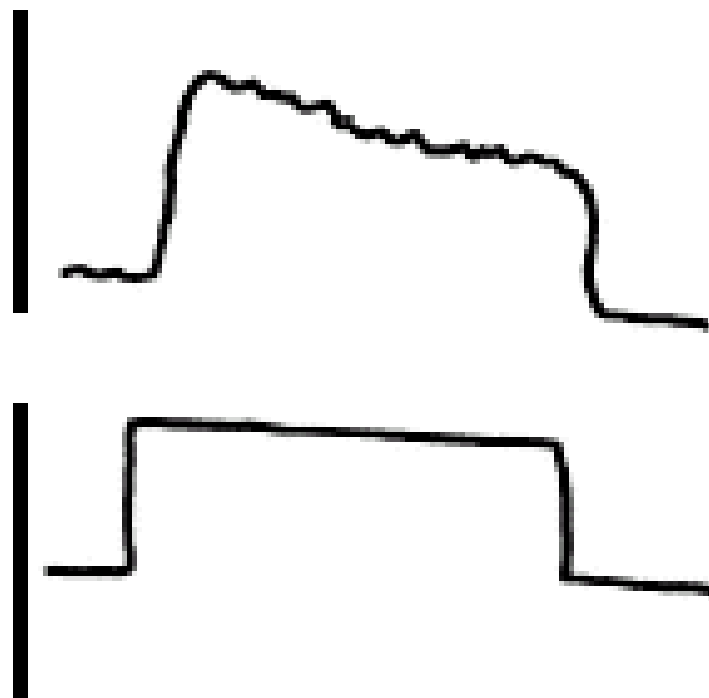


Trvání podnětu a trvání odpovědi.  
Většina receptorů pracuje jako diferenční

Diferenční receptor



Proporcionální receptor



# Laterální inhibice: vyšší rozlišovací schopnost zesílení kontrastů

