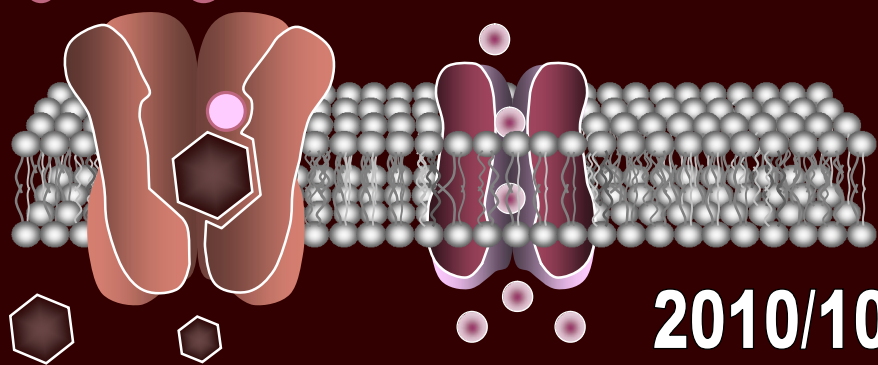


RNDr. Ivana Fellnerová, Ph.D.
Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta UP

2. Biomembrány: TRANSPORT



2010/10

Funkce cytoplasmatické membrány

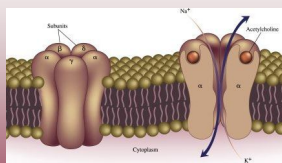
Fyzikální bariéra

Cytoplasmatická membrána odděluje vnitřní obsah buňky od vnějšího prostředí.

Pro většinu látek je membrána volně nepropustná

Specifické funkce membrány

Díky přítomnosti specializovaných molekul (především proteinů) plní membrána řadu specifických funkcí, např.:



RECEPTORY:

rozpoznávají změny v okolním prostředí a reaguje na ně.

TRANSPORTNÍ PROTEINY:

zajišťují selektivní transport látek přes membránu

<http://www.blackwellpublishing.com/matthews/neurotrans.html>

ENZYMY:

Snižují energii potřebnou pro buněčné reakce

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Faktory ovlivňující transport látek přes membránu

Velikost molekul:

Malé molekuly jako voda, kyslík, kysličník uhličitý mohou volně procházet přes membrány, na rozdíl od většiny větších molekul.

Rozpustnost v tucích:

Látky rozpustné v tucích (nepolární, hydrofóbní) procházejí přes membrány snadno – glycerol, mastné kyseliny

Náboj:

Fosfolipidová dvojvrstva je pro veškeré nabitě částice (ionty) nepropustná.

Existence kanálů a přenašečů

Tyto proteinové přenašeče transportují jsou nezbytné pro přenos polárních nabitých a v tucích nerozpustných molekul přes membránu

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Klasifikace transportů

A: **Klasifikace transportu podle způsobu přenosu**

1. Transport přímo přes membránu
 - Difúze
 - Osmóza
2. Transport prostřednictvím specializovaných membránových proteinů
 - Kanály
 - Přenašeče
3. Transport prostřednictvím membránových váčků
 - Fagocytóza
 - Endocytóza
 - Exocytóza

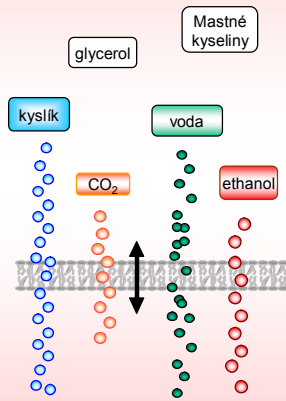
B: **Klasifikace transportu podle nároků na energii**

1. Pasivní transport
 - Osmosa
 - Prostá difúze
 - Usnadněná difúze
2. Aktivní transport
 - Primární aktivní transport
 - Uniport
 - Spřažený transport
 - Symport
 - Antiport
 - Sekundární aktivní transport
 - Transport prostřednictvím membránových váčků
 - Fagocytóza
 - Endocytóza
 - Exocytóza

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

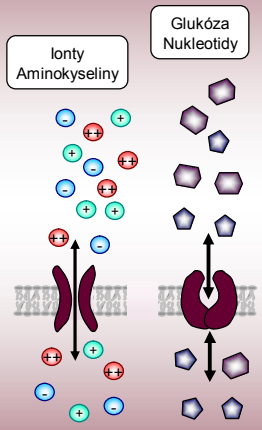
Transport podle způsobu překonání membrány

1. Přímě přes membránu



difúze / osmóza

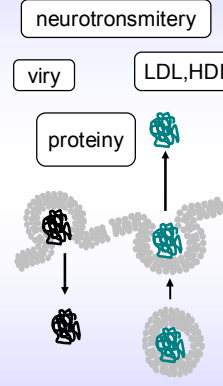
2. Pomocí transportních proteinů



KANÁL
usnadněná
difúze

PŘENAŠEČ
přenašecový
transport

3. Prostřednictvím membránových váček



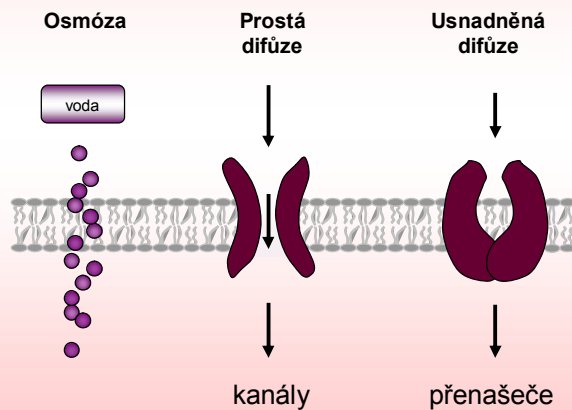
Fagocytóza
Endo-/Exocytóza

Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

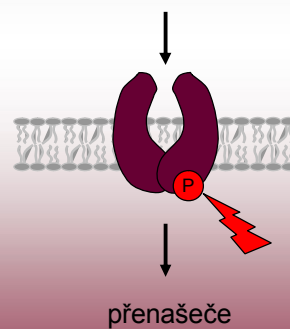
<http://www.blackwellpublishing.com/matthews/neurotrans.html>

A: Membrane transport categorized according energy requirements

1. Pasivní transport

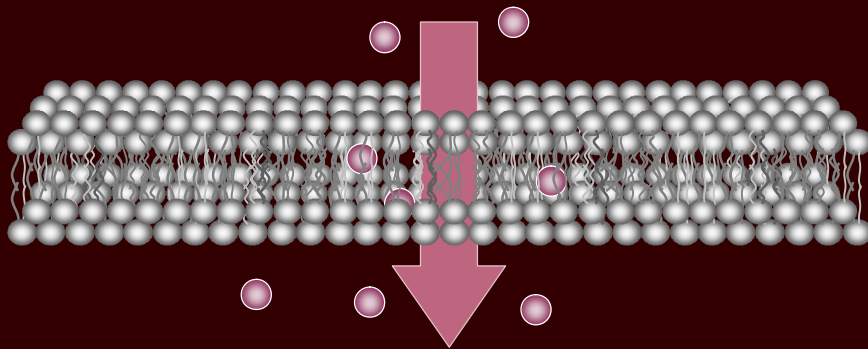


2. Aktivní transport



Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc

Transport přímo přes membránu

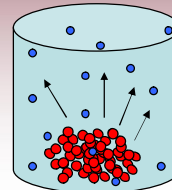


Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

DIFÚZE

= pohyb molekul z místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace

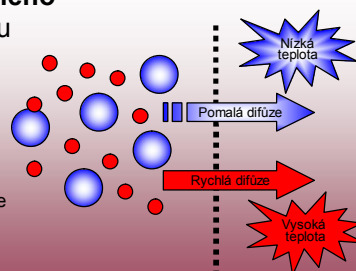
Molekuly se pohybují z místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace. Rozdíl mezi koncentracemi obou složek nazýváme **koncentrační spád (gradient)**. Molekuly obou složek se mísí dokud nenastane **rovnováha**. Čím větší je rozdíl v koncentracích dvou složek větší, tím rychleji se molekuly pohybují



Difúze je **samovolný proces – nevyžaduje přísun energie z jiného zdroje**, využívá pouze kinetickou energii mísících se molekul

Difúze je **nepřímě úměrná velikosti molekul**. Větší molekuly difundují pomaleji.

Difúze je **přímě úměrná teplotě**. Při vyšší teplotě je difúze rychlejší

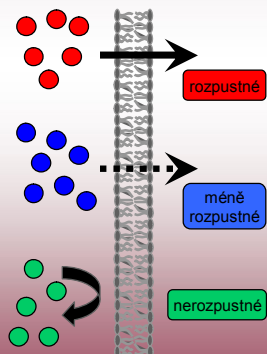


Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

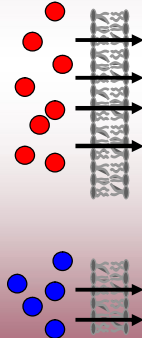
PRAVIDLA specifická pro PROSTOU DIFÚZI

Rychlost difúze...

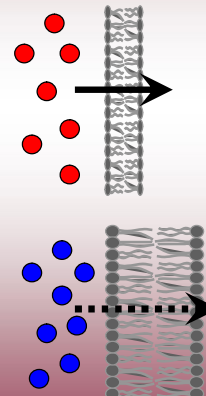
...závisí na rozpustnosti molekul v membránových lipidech



...je přímo úměrná ploše membrány



...je nepřímo úměrná tloušťce membrány



Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

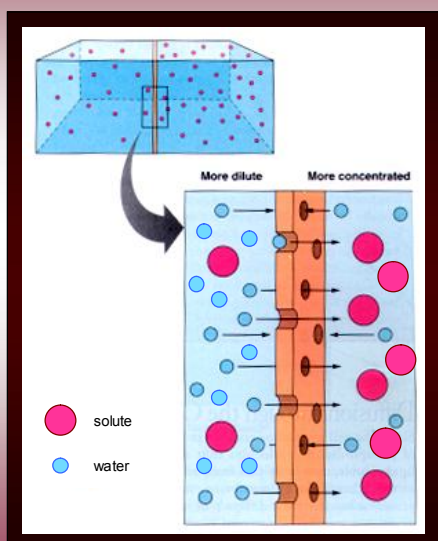
OSMÓZA

Difúze molekul vody přes semipermeabilní membránu nazýváme...



Semipermeabilní membrána

je propustná pro vodu ale ne pro rozpuštěnou látku.

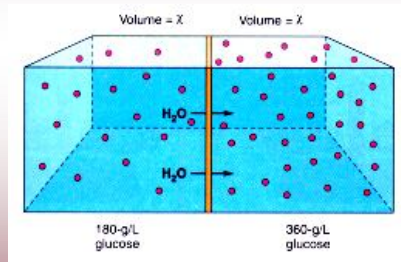


Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Směr osmózy

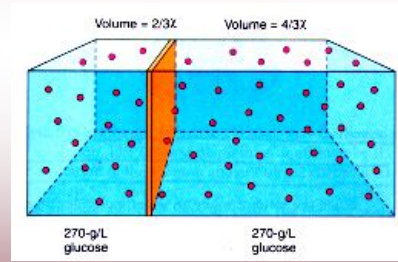
Jak poznáme, že mezi dvěma roztoky probíhá osmóza?
Co určuje směr pohybu molekul vody?

Srovnáním koncentrace obou biologických roztoků (% , g/L)



Nižší koncentrace Vyšší koncentrace

Osmóza



Stejná koncentrace

Osmóza neprobíhá

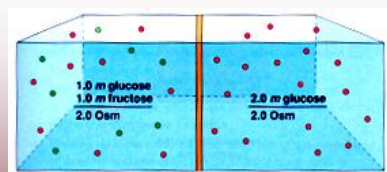
Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

OSMOLARITA

Pokud srovnáváme koncentraci dvou roztoků s rozdílnými rozpuštěnými látkami, je v souvislosti s osmotickými ději správné používat termín

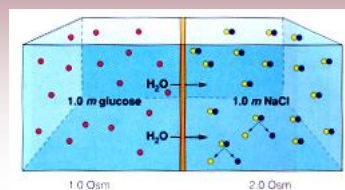


= počet osmoticky aktivních částic (molekul, resp. iontů) v 1 litru roztoku



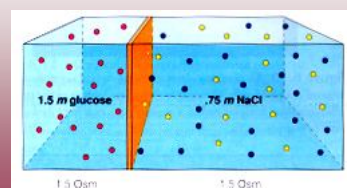
U nedisociujících látek: 1 OsM = 1 M

1 mol = 6.02×10^{23} molekul (Avogadrova konstanta)



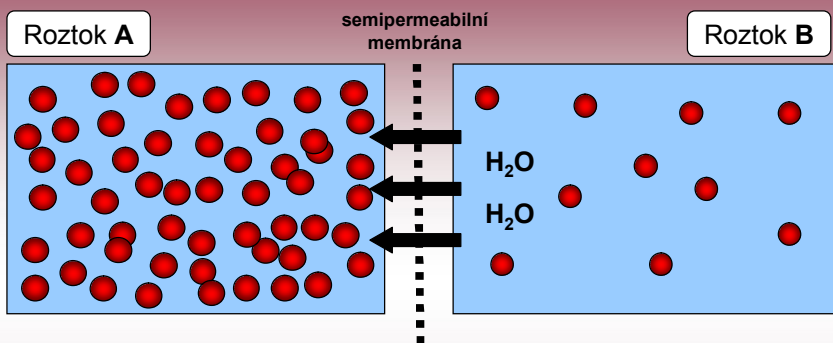
U disociujících látek:

$$1 \text{ OsM} = \frac{1 \text{ M} \times \text{počet iontů}}{\text{počet molekul}}$$



Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Hyperosmotický a hypoosmotický roztok



50 Částic v 1 litru roztoku

Vyšší osmolarita
(více částic v litru roztoku)

10 Částic v 1 litru roztoku

Nižší osmolarita
(méně částic v litru roztoku)

Voda se vždy bude pohybovat z roztoku B do roztoku A

Hyperosmotický
k roztoku B

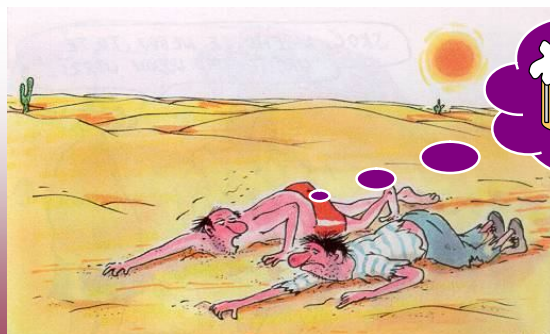
Hypoosmotický
k roztoku A

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

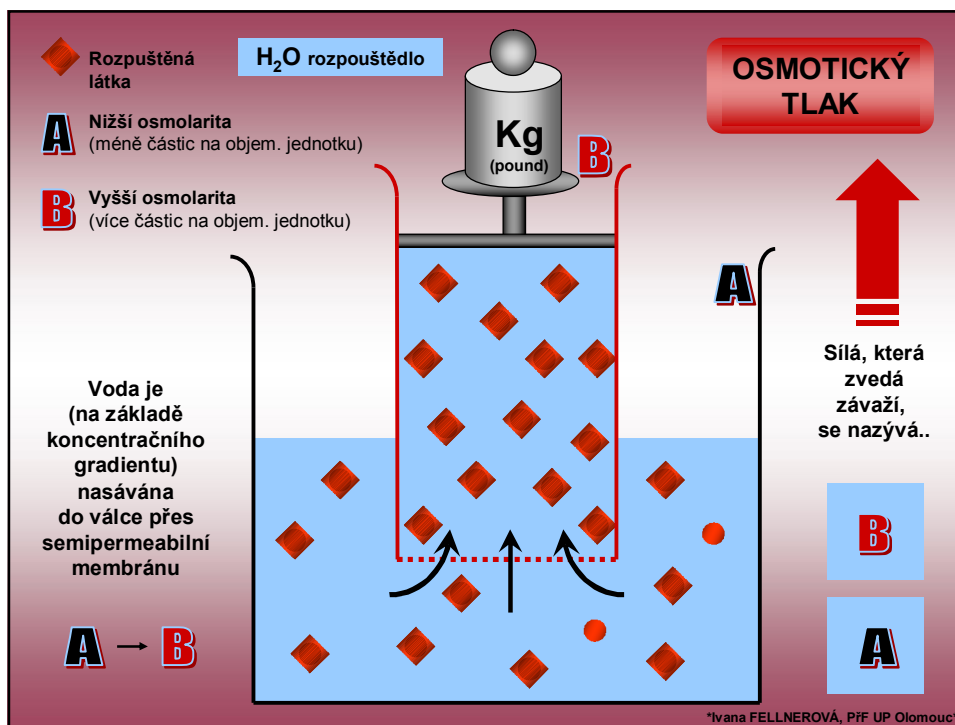
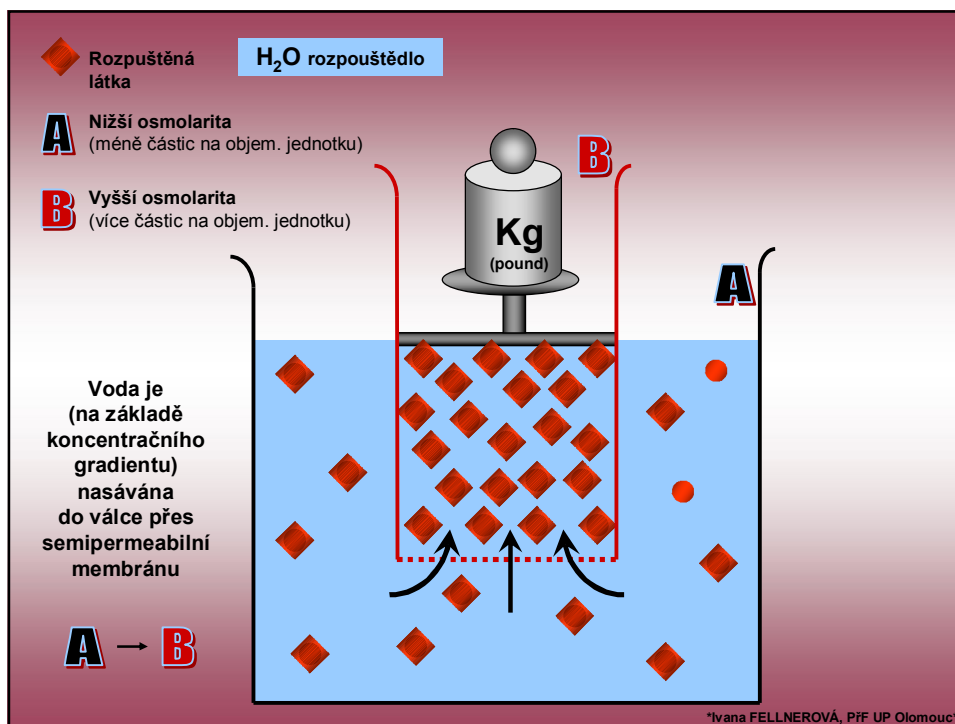
Osmotický tlak

„žiznivost roztoku“

- ☐ Přímě **úměrný osmolaritě** roztoku
- ☐ Vyjadřuje **sací sílu roztoku** s jakou roztok přijímá vodu osmózou
- ☐ Odpovídá tlaku, který je potřebný k zabránění osmózy
- ☐ Vyjadřuje „**žízeň**“ roztoku



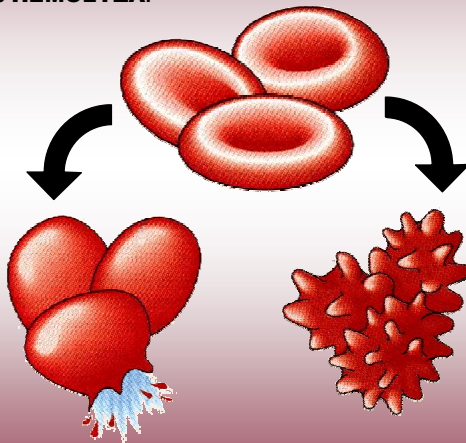
Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc



Erytrocyty a osmotický tlak

Červené krvinky jsou přes značnou **pružnost a deformovatelnost** citlivé vůči různým vlivům. Jejich membrána může být porušena některými fyzikálními a chemickými činiteli. Po **narušení membrány** vytéká obsah erytrocytu ven z buňky. Tento jev nazýváme **HEMOLÝZA**.

Buňka v **hypotonickém**, zředěnějším roztoku nasává vodu, zvětšuje svůj objem až **praskne**

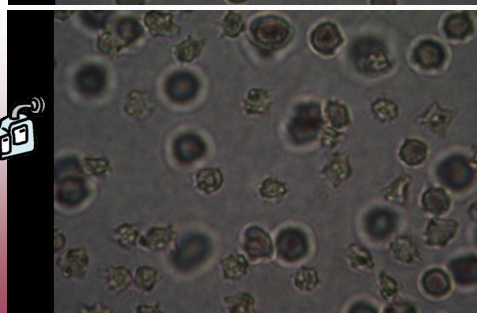
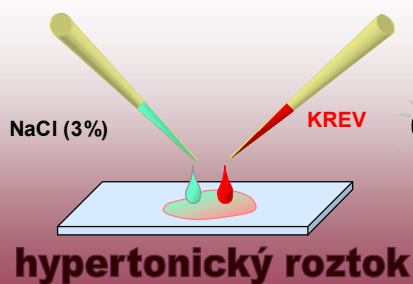
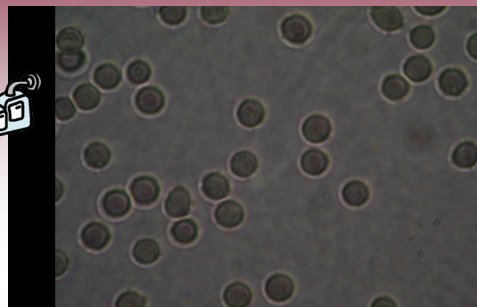
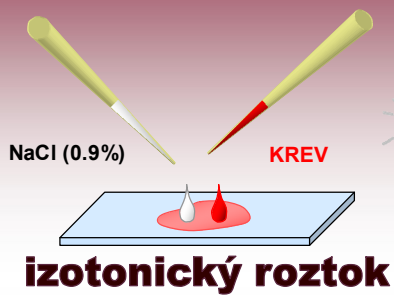


Buňka v **hypertonickém**, koncentrovanějším roztoku **ztrácí vodu** a zmenšuje svůj objem

V hypotonickém i hypertonickém roztoku dochází k poškození buněk, k tzv. **osmotické hemolýze**

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Osmotická hemolýza erytrocytů: video



Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Látky transportované přímo přes membránu

Voda

Plyny:

Dýchací plyny kyslík a kysličník uhličitý mohou volně procházet přes membrány, na rozdíl od většiny větších molekul .

Nepolární, hydrofóbní látky:

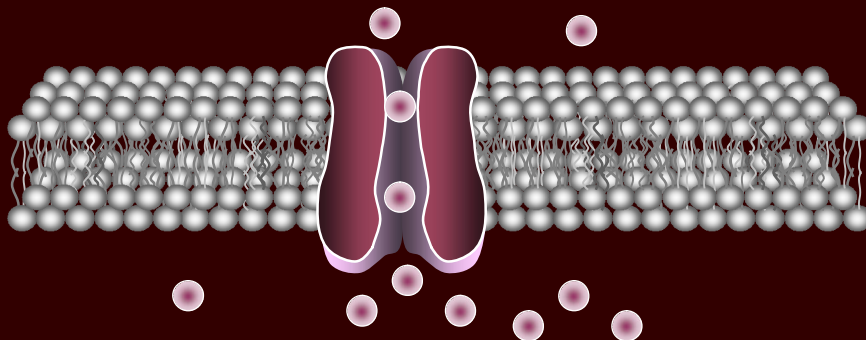
Látky rozpustné v tucích - glycerol, mastné kyseliny(nepolární, hydrofóbní) procházejí přes membrány snadno

Steroidní hormony:

Testosteron, progesteron, hormony štítné žlázy (T3-trijodothyronin, T4-thyroxin) atd. prochází přes membránu bez pomoci transportních proteinů

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Transport prostřednictvím membránových proteinů



Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

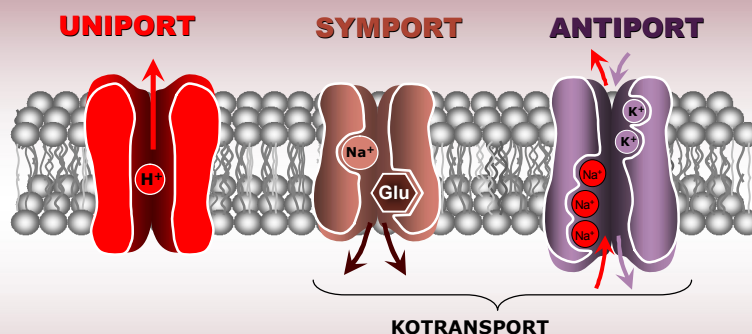
Membránové proteiny s transportní funkcí

- Transmembránové proteiny specificky transportují různé ionty a molekuly pasivně nebo aktivně
- Dva základní typy: kanály a přenašeče
- Umožňují transportovat přes membránu částice, které vzhledem k chemické povaze nebo velikosti přes membránu samy neprojdou
- Počet a typ transportních proteinů je charakteristický pro různé typy buněk
- Počet a poloha transportních proteinů v membráně se dynamicky mění
- Průchodnost přes transportní proteiny je řízena různými vnějšími i vnitřními vlivy (rozdíl koncentrací, elektrické, chemické a fyzikální vlivy)

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Klasifikace transportních proteinů:

1. Z hlediska směru a počtu transportovaných molekul



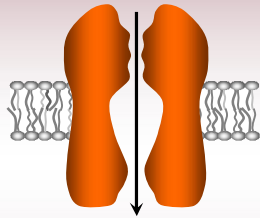
2. Z hlediska nároků na energii

- ❑ Pasivní transport (nevyžaduje energii)- transport částic z místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace (po směru koncentračního spádu)
- ❑ Aktivní transport: Transportní proteiny přenášejí částice z místa nižší koncentrace do místa vyšší koncentrace: proti koncentračnímu spádu
 - Primární aktivní transport: vyžaduje přímo energii ATP (pumpy, ATP-ázy)
 - Sekundární aktivní transport: spotřebovává energii nepřímo (vždy kotransport)

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

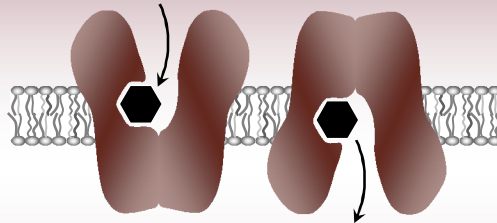
KANÁLY x PŘENAŠEČE: srovnání

Kanály:



- ☐ Spojují **přímo** vnější a vnitřní prostředí buňky
- ☐ Tvoří **vodou vyplněný pór**
- ☐ **Transportují** malé molekuly, především **ionty a vodu**
- ☐ Transport probíhá **velmi rychle**

Přenašeče:



- ☐ Nikdy **přímo nespojují** vnější prostředí s vnitřním
- ☐ Vyskytují se ve **dvou konformacích** – jsou otevřeny buď **ven** z buňky nebo **dovnitř** buňky
- ☐ **Transportují větší molekuly** [glukóza, nukleotidy]
- ☐ **Transport** je pomalejší ale vysoce selektivní

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Kanály jsou transportní membránové proteiny

Hrají klíčovou roli při vzájemné komunikaci buněk

Kanály

**Spouští kaskádu reakcí,
které kontrolují veškeré procesy v těle**

(vznik a šíření akčního potenciálu,
regulace a koordinace činnosti dalších membránových proteinů, např. v
endokrinních buňkách aj.)

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

KANÁLY: charakteristika

Selektivita

Kanály jsou vysoce specializované proteiny transportující jeden nebo několik částic shodujících se velikostí a nábojem

Selektivita kanálu je dána:

- průměrem středního póru kanálu
- elektrickým nábojem aminokyselin tvořící vnitřní oblast kanálu

Iontové kanály: transportují jeden nebo více podobných iontů

Aquaporiny: kanály transportující molekuly vody

Pasivní transport

Transport nevyžaduje energii – jde o tzv. **pasivní transport**.

Částice jsou vždy transportovány po směru koncentračního gradientu, tzn. z **místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace**.

Otevřené kanály (leaking channels) – většinu času jsou otevřené

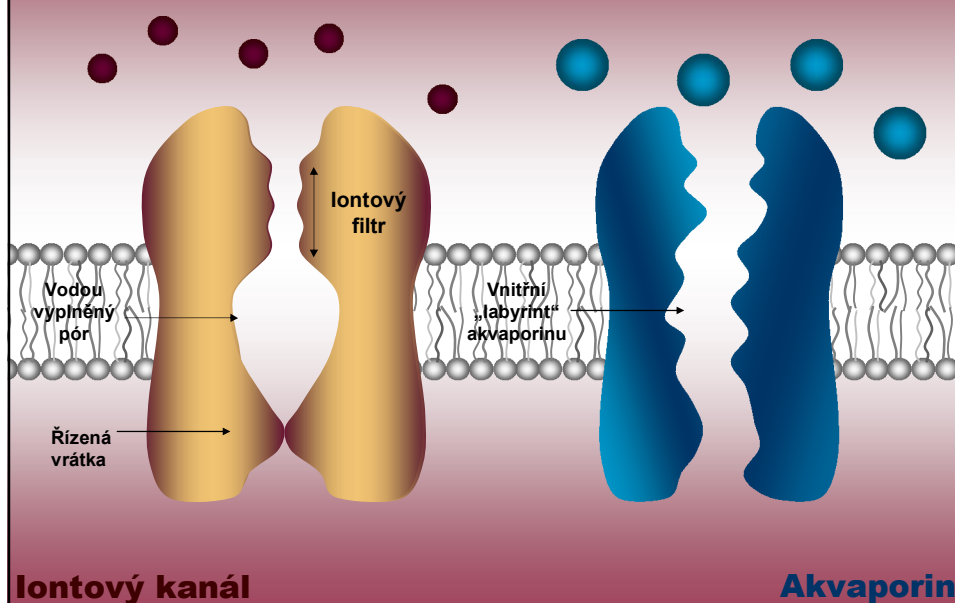
Vrátkové kanály: většinu času uzavřené, průchodnost regulována vrátky, prostřednictvím elektrických, chemických nebo mechanických vlivů.

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Morfologie kanálu

http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2003/public.html

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc



Akvaporiny – vodní kanály

- Skupina specializovaných kanálů volně propouštějících vodu (vyskytují se u nižších i vyšších živočichů, ale i u rostlin)
- U savčích buněk je známo nejméně 10 druhů vodních kanálů
- Některé kanály transportují spolu s vodou i některé další nepolární molekuly (hl. glycerol, CO₂, amoniak, močovina aj.)-tzv. **aquaglyceroporiny**
- Buňky mají zpravidla více typů vodních kanálů

AQP-0	oko, buňky čočky	regulace vlhkosti
AQP-1	erytrocyty ledviny-proximální tubul oko-fasinkový epitel mozek plíce-alveolární epitel	regulace osmotického tlaku koncentrace moči produkce vodního protředí produkce cerebrospinální tekutiny hydratace alveol
AQP-2	ledviny-sběrný kanálek	zprostředkování účinku antidiuretického hormonu
AQP-3*	ledviny-sběrný kanálek trachea-epitelové buňky	zpětná absorpce vody do krve sekrece vody do tracheje
AQP-4	ledviny-sběrný kanálek Mozek-ependymové buňky mozek-hypotalamus plíce-epitel průdušek	zpětná absorpce vody rovnováha CSF tekutiny ?monitorování osmotického tlaku sekrece tekutiny
AQP-5	Slinné žlázy Slzné žlázy	produkce slin sekrece slz
AQP-6	Ledviny	nízká prozítost vody-funkce?
AQP-7*	Tukové buňky varlata a spermie	transport glycerolu z adipocytů ?
AQP-8	varlata, pankreas, játra a další	?
AQP-9	leukocyty	?

* aquaglyceroporin

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

VRÁTKOVÉ KANÁLY: klasifikace

Buňka má mechanismy, kterými otvírá resp. uzavírá vrátka kanálu a tím reguluje jeho průchodnost

Regulace probíhá prostřednictvím **senzoru** uloženého v blízkosti vrátek. Senzor konkrétního kanálu reaguje vždy ke konkrétnímu signálu. Následkem jeho stimulace dochází ke konformační změně proteinu a otevření kanálu.

Podle typu regulačního signálu kanály klasifikujeme:

1. NAPĚTÍM ŘÍZENÉ KANÁLY:

Stimulace senzoru: změna distribuce iontů na membráně (změna elektrického potenciálu, depolarizace)

2. CHEMICKY ŘÍZENÉ KANÁLY:

Stimulace senzoru: vazbou signální molekuly na receptor, který je buď přímo součástí kanálu nebo leží mimo něj a přenos signálu probíhá přes tzv. druhého posla

3. MECHANICKY ŘÍZENÉ KANÁLY:

Stimulace senzoru: mechanicky – tahem, tlakem atp.

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

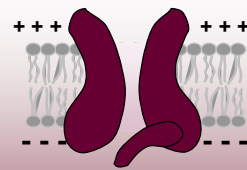
VRÁTKOVÉ KANÁLY: regulace

Otvírání vrátek je regulováno následujícími mechanismy:

~~ATP~~ Simple diffusion

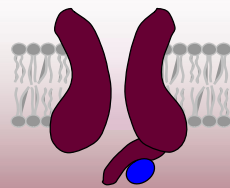
- A. Elektrickým signálem
- B. Vazbou chemického mediátoru (Intracelulárně nebo extracelulárně)
- C. Fyzikálními vlivy [teplota, tlak]

A. Elektricky regulován



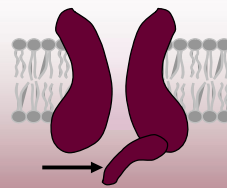
Změna polarity membrány

B. Chemicky regulován



ligand
mediátor

C. Mechanicky regulován



teplota
tlak, tah

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

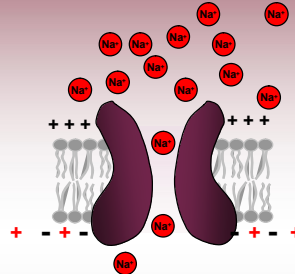
Iontové kanály

- ➔ Představují většinu kanálů v membránách buněk
- ➔ Transportují výhradně anorganické ionty, především Na^+ , K^+ , Cl^- a Ca^{2+}
- ➔ Na zlomky sekund se otvírají a umožní tak transport iontů, pro které je jinak membrána nepropustná
- ➔ Kanálem mohou být transportovány pouze ionty, pro které je daný kanál specifický.
- ➔ Selektivita závisí na průměru, tvaru a typu aminokyselin ve vnitřní části kanálu
- ➔ Iontové kanály se otvírají pouze na krátkou dobu, většinu času jsou uzavřeny

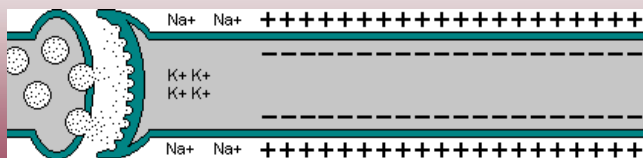
Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Iontové kanály a nervový vzruch

Iontové kanály
jsou zodpovědné za vznik
elektrického impulzu
(AP – akční potenciál)



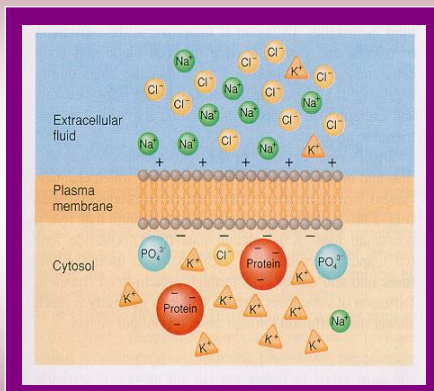
... a tím šíření nervového vzruchu...



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Distribuce iontů na membráně

Hlavním kationtem vně buňky je sodíkový iont Na^+ .



Vysoká koncentrace
 Na^+ vně buňky a
 K^+ uvnitř buňky
je v buňce zajišťován tzv.
sodno-draselnou pumpou

$\text{Na}^+ \text{K}^+$ pumpa neustále
transportuje Na^+ ven z
buňky a K^+ dovnitř buňky.

K činnosti pumpy je potřeba
energie

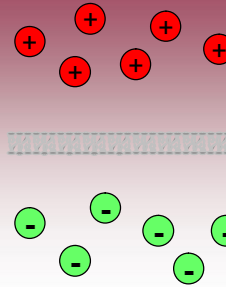
Uvnitř buňky je náboj mírně negativní: většina organických molekul
[bílkoviny] uvnitř buňky má negativní náboj; ten je vyrovnán draslíkovými
kationty K^+ , hlavním intracelulárním kationtem

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

⊕ kationty vně buňky a ⊖ anionty uvnitř buňky
jsou vzájemně přitahovány, ale jsou odděleny membránou



Pokud by se membrána stala pro tyto ionty dočasně propustná, ionty by se rychle pohybovaly směrem po koncentračním spádu.



Buněčná membrána plní funkci

přehradní hráz:

Membrána odolává elektrochemickým silám, které navzájem ionty přitahují

Ionty [podobně jako voda za přehradní hrází] mají potenciální energii.

Separaci ⊕ a ⊖ nabitých částic je na membráně vytvořen
elektrický potenciál

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Klidový membránový potenciál



Vyjadřuje rozdíl mezi:

- ⊕ nábojem vně buňky
- ⊖ nábojem uvnitř buňky

Buňka v klidovém stavu [transport iontů přes membránu je v rovnováze], má tzv. **klidový membránový potenciál**.

Membránový potenciál...

- ☐ je vyjádřen rozdílem napětí (volty, milivolty) vně a uvnitř membrány
- ☐ uvádí se v záporných hodnotách vzhledem k zápornému náboji uvnitř buňky.
- ☐ pohybuje se v rozpětí -20mV až -200 mV, v závislosti na organismu a typu buňky.

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Akční membránový potenciál

Elektricky řízené kanály mají speciální proteinovou doménu, která je mimořádně citlivá na změny elektrického membránového potenciálu.

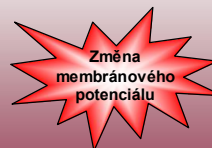
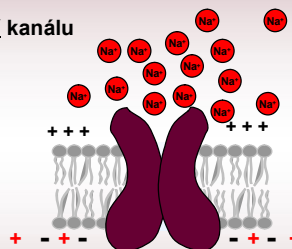
Elektrické změny nad prahem citlivosti způsobí otevření kanálu

Otevřený kanál umožní rychlý průtok iontů membránou.
Tok iontů je zaznamenán jako elektrický proud, který náhle změní polaritu membrány.

Tento elektrický signál na membráně neuronů je nazýván nervový impulz nebo

akční potenciál [AP]

- AP je obvykle vyvolán elektricky řízenými Na^+ kanály
- AP umožňuje rychlý přenos nervového signálu mezi vzdálenějšími místy.



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Přenašeče

- Transportní membránové proteiny
- Specificky vážou a změnou svojí konformace přenášejí částice přes membránu
- Transportují jednu nebo více částic současně
- Transport pasivní (bez energie) nebo aktivní (vyžaduje energii)

Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc



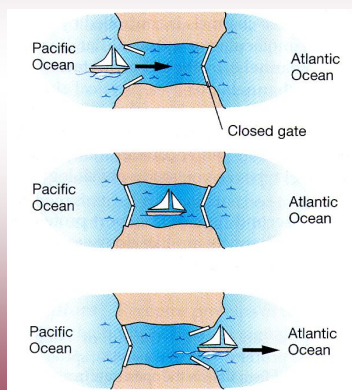
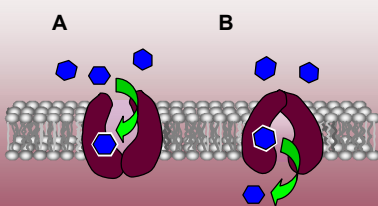
Přenašeče

Přenašeče mají jedno nebo více **specifických vazebných míst** pro přenášenou částici. Vazebné místo se střídavě otevírá na jednu stranu membrány a následně na druhou stranu membrány.

- ❑ **Nikdy netvoří přímé spojení** mezi extracelulárním a intracelulárním buněčným prostorem

Přenašeče se vyskytují ve **dvou prostorových formách (konformacích):**

- ❑ Forma "A" : vazebné místo pro přenášenou částici je otevřeno ven z buňky
- ❑ Forma "B" : vazebné místo pro přenášenou částici je otevřeno dovnitř buňky



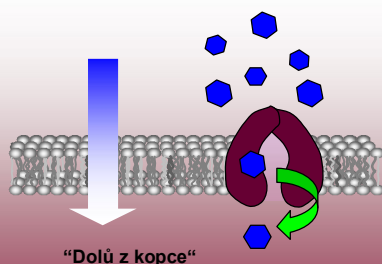
Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

Přenašeče PASIVNÍ a AKTIVNÍ



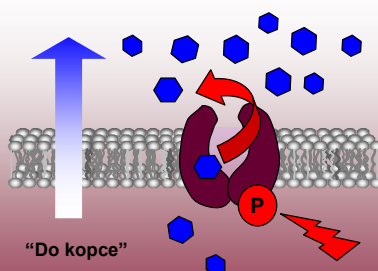
Usnadněná difúze

Transport nevyžaduje energii
Probíhá po koncentračním spádu (z místa nižší koncentrace do místa vyšší koncentrace).



Aktivní transport

Přenašečový transport, který **vyžaduje energii**
Probíhá **proti koncentračnímu spádu** (z místa nižší koncentrace do místa vyšší koncentrace).
Takové přenašeče nazýváme **pumpy**.



Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc

AKTIVNÍ transport: PRIMÁRNÍ

Transport (aktivita transportního proteinu) je přímo vázána na dodání energie ATP (hydrolýza ATP na ADP)



Příklady:

Antiport: Na⁺ K⁺ pumpa

Uniport: H⁺ pumpa
Ca⁺ pumpa

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

AKTIVNÍ transport: SEKUNDÁRNÍ

Tzv. **spřažený transport**

Kinetická energie jedné částice (transportované po koncentračním spádu) je využívána pro transport druhé částice proti směru koncentračního spádu

Symport: transportuje dvě částice stejným směrem

Antiport: transportované částice jdou na opačnou stranu membrány



Energie ATP je primárně využita k transportu částic proti koncentračnímu spádu (nejčastěji Na⁺ ven z buňky)



Energie částice pohybující se po směru koncentračního spádu je využívána k transportu druhé částice proti koncentračnímu spádu

Příklady:

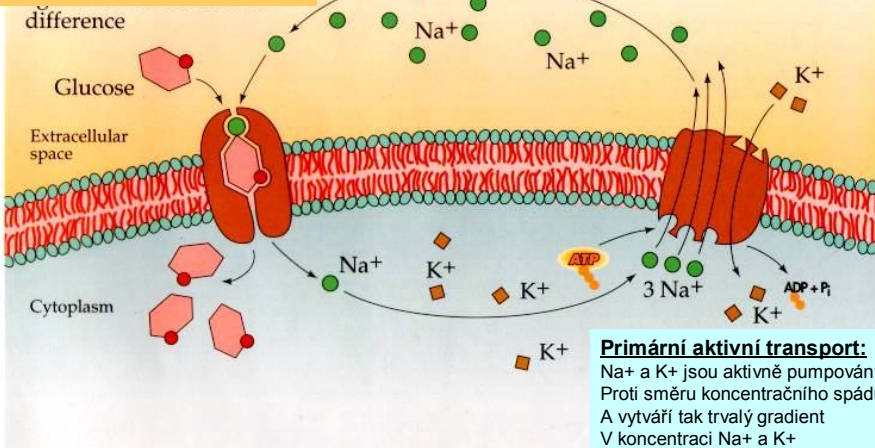
Symport: SGLT = Na⁺Glu transportér

Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

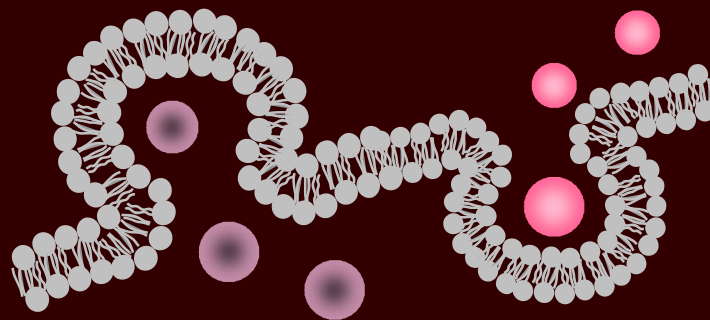
SGLT: Sekundární aktivní transport

Sekundární aktivní transport:

Na⁺ jsou transportovány po směru koncentračního spádu a s sebou „strhnou“ glukózu proti směru koncentračního spádu



Membránové váčky



Membránové váčky

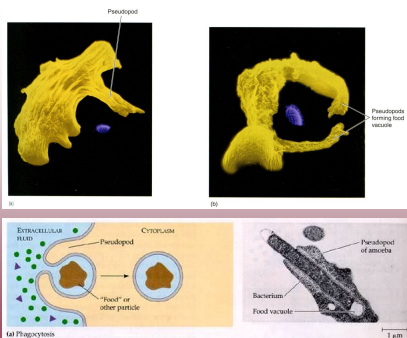
- Transport větších molekul
- Vždy aktivní transport vyžadující přímo energii
- Doprovází důležité fyziologické děje:
 - fagocytóza,
 - receptorová endocytóza,
 - transport váčků s neurotransmitery

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

FAGOCYTÓZA x ENDOCYTÓZA

Fagocytóza

- Výskyt jen u specializovaných buněk, tzv. **fagocytů** (neutrofily, monocyty resp. makrofágy, dendritické buňky)
- Proces kdy **buňky pohlcují** cizorodou nebo nežádoucí částici do váčku s části membrány.
- **Účast receptorů:** TLR, manozový r., scavengerové r., Fc receptory (pro Ig)
- Váčky(vesikuly) splynou s lyzozómy které obsah váčku rozloží



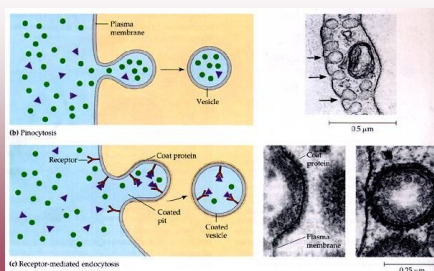
Endocytóza

Proces, probíhající u všech buněk. Přes membránu jsou transportovány větší částice nebo tekutina

Transport může být:

1. **pinocytóza** – nespecifický transport tekutiny spolu s rozpuštěnými látkami
2. **Receptorová endocytóza** - vysoce specifický proces, kterým jsou transportovány selektivně částice

Exocytóza – opak endocytózy. Je využíván buňkou k transportu nově syntetizovaných proteinů a vylučování buněčného odpadu z lyzozómů



Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

SNAREs proteiny



SNAREs jsou transmembránové proteiny, které pomáhají nasměrovat transportní vezikul na správné místo k membráně

v-SNAREs

Proteinové markery na povrchu vezikuly

t-SNAREs

proteinový marker na cílovém místě membrány

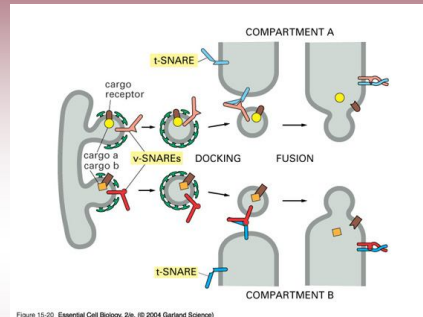
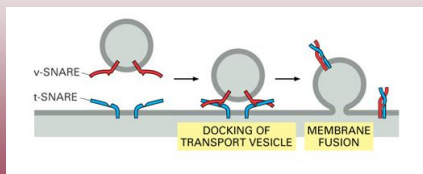


Figure 15-20 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

v-SNAREs se komplementárně váže k t-SNAREs na povrchu membrány

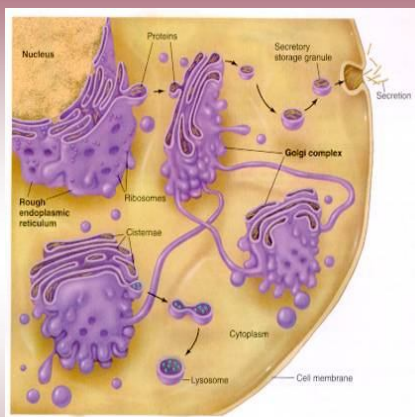


SNAREs proteiny hrají klíčovou roli při fúzi vezikuly a membrány

Vazba (párování) v-SNAREs a t-SNAREs iniciuje splnutí dvou fofolipidových dvojvrstev

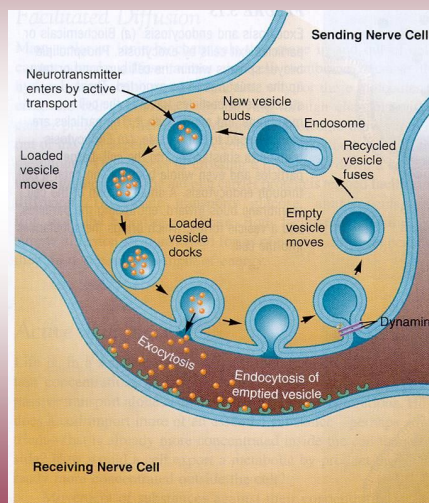
Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Endocytóza - exocytóza



Exocytóza/endocytóza na synapsích

Exocytóza proteinů

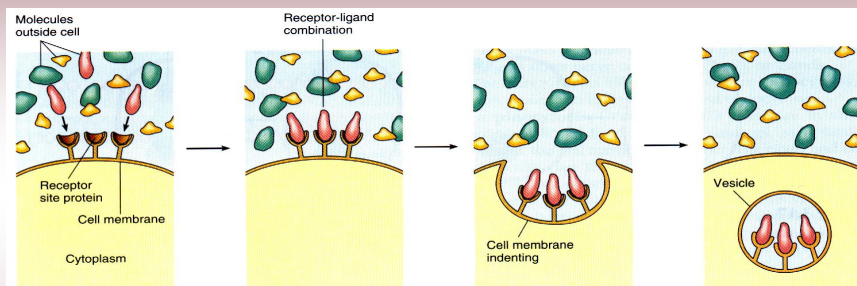


Ivana FELLNEROVÁ, PřF UP Olomouc

Receptorová endocytóza



Receptorovou endocytózou jsou transportovány proteiny, růstové faktory, protilátky, cholesterol, lipoproteiny, ale i viry.



Na povrchu membrány jsou receptory
Které váží ligand

Membrána
se vchlípí...

...a nakonec se oddělí
membránový váček

Poruchy transportu (receptorové endocytózy) cholesterolu

- Cholesterol je v krvi transportován ve vazbě na LDL lipoproteiny.
- Cholesterol je buňkami přijímán endocytózou prostřednictvím LDL receptoru
- Genetická porucha [**hypercholesterolemie**] snižuje počet LDL –receptorů.
- Cholesterol není přijímán buňkami a zůstává v plazmě
- Vysoká hladina LDL-cholesterolu se podílí na rozvoji **aterosklerózy**

Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

LIPOPROTEINY

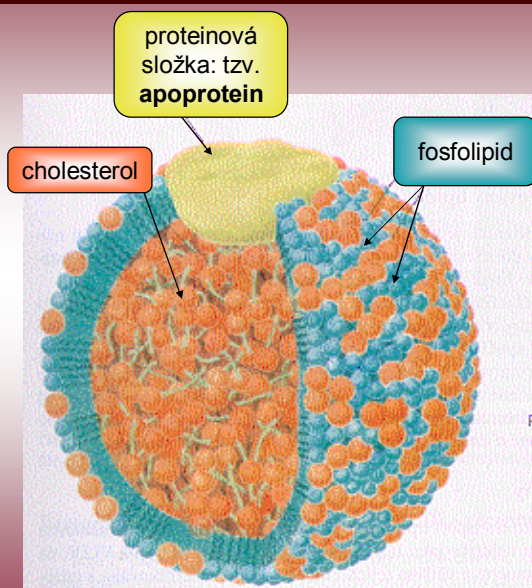
= částice z nekovalentně
vázaných proteinů a
lipidů (~ 5-1000 nm)

Funkce v organismu:

V plazmě fungují jako
přenašeči triacylglycerolů
a cholesterolu, jež jsou
ve vodním prostředí
nerozpustné

Skupiny lipoproteinů:

- Chylomikrony
- LDL (VLDL, IDL)
- HDL

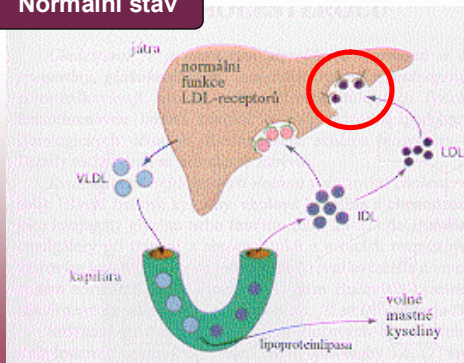


Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

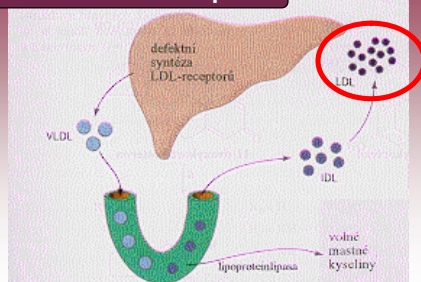
HOMEOSTÁZA CHOLESTEROLU

Receptory LDL hrají zásadní roli v udržování hladiny cholesterolu v plazmě.

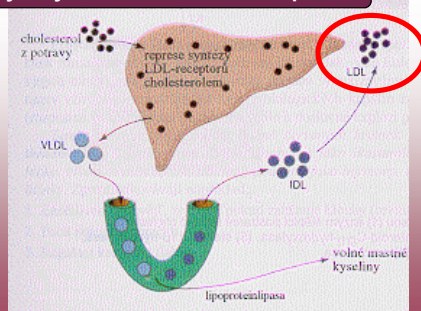
Normální stav



Absence LDL-receptorů

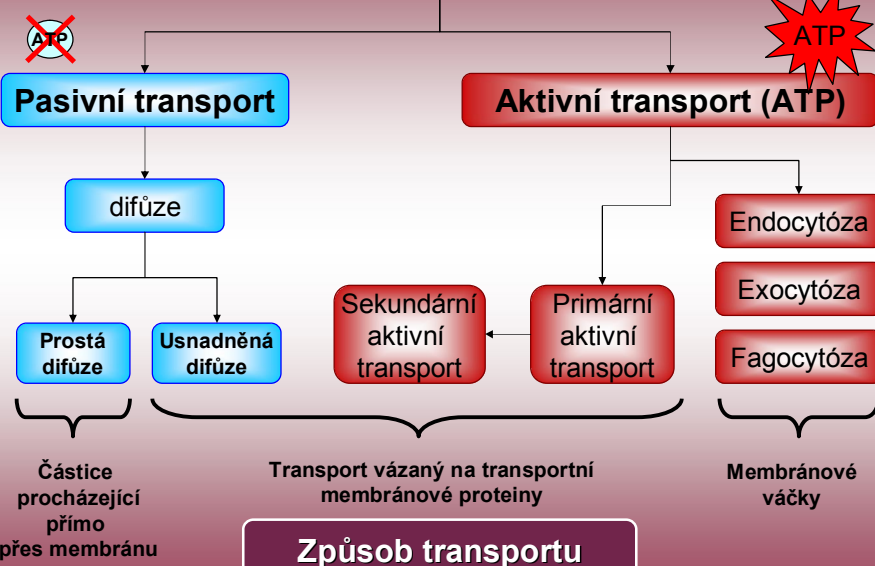


Vysoký obsah cholesterolu v plazmě



Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc

Energetické nároky



Ivana FELLNEROVÁ, PŘF UP Olomouc