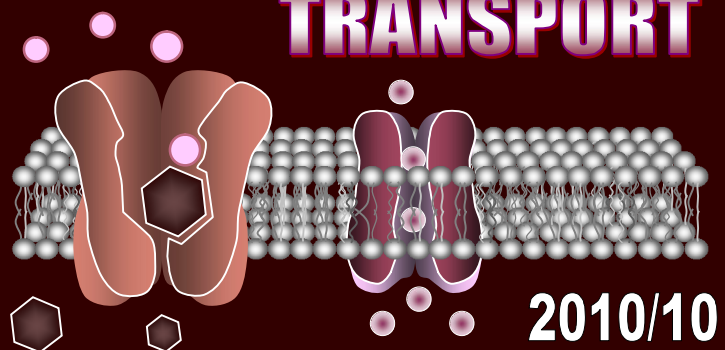


RNDr. Ivana Fellnerová, Ph.D.  
Katedra zoologie, Přírodovědecká fakulta UP

## 2. Biomembrány: TRANSPORT



### Prezentace navazuje na základní znalosti Biochemie a stavby membrány

Doplňující prezentace: Proteiny, Lipidy Sacharidy,  
Stavba membrán,



Symbols označující animaci resp. video (dynamická prezentace daného fyziologického procesu). Plnohodnotné animace (video) spolu s podrobným výkladem studenti uvidí na přednáškách popř. praktických cvičeníh. Varianta pro tisk, která je k dispozici na internetu obsahuje jen statické popisy těchto procesů.



Symbol označující odkaz na animaci z internetu, kterou studenti mohou sami kdykoli otevřít



Odkaz na doplňující prezentaci, z které byl snímek převzat

\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

### Funkce cytoplazmatické membrány

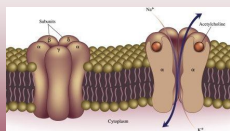
#### Fyzikální bariéra

Cytoplazmatická 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, PFF UP Olomouc\*

## Klasifikace transportů

### A: Klasifikace transportu podle způsobu přenosu

- Transport přímo přes membránu**
  - Difúze
  - Osmóza
- Transport prostřednictvím specializovaných membránových proteinů**
  - Kanály
  - Přenašeče
- Transport prostřednictvím membránových váčků**
  - Fagocytóza
  - Endocytóza
  - Exocytóza

### B: Klasifikace transportu podle nároků na energii

- Pasivní transport**
  - Osmosa
  - Prostá difúze
  - Usnadněná difúze
- Aktivní transport**
  - Primární aktivní transport
    - Uniport
    - Spřážený transport
      - Symport
      - Antiport
  - Sekundární aktivní transport
  - Transport prostřednictvím membránových váčků
    - Fagocytóza
    - Endocytóza
    - Exocytóza

\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

## Transport podle způsobu překonání membrány

### 1. Přimo přes membránu

difúze / osmóza

### 2. Pomocí transportních proteinů

KANÁL  
usnadněná difúze

PŘENAŠEČ  
přenašečový transport

### 3. Prostřednictvím membránových váčků

Fagocytóza  
Endo-/Exocytóza

<http://www.blackwellpublishing.com/journalDefaults/author.asp?toc=/author.htm>

\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

## Transport podle nároku na energii

### 1. Pasivní transport ~~ATP~~

### 2. Aktivní transport ~~ATP~~

\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

# Transport přímo přes membránu

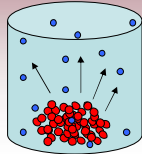
\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

# DIFÚZE



= pohyb molekul z místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace

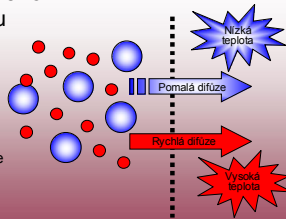
Molekuly se pohybují z místa vyšší koncentrace do místa nižší koncentrace. Rozdíl mezi koncentracemi obou složek nazýváme **koncentrační spád (gradient)**. Molekuly obou složek se mísí dokud nenastane **rovnováha**. Čím větší je rozdíl v koncentracích dvou složek větší, tím rychleji se molekuly pohybují.



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.



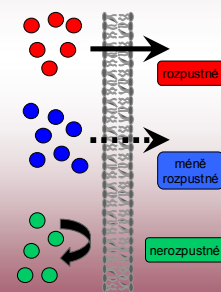
\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

# PRAVIDLA specifická pro PROSTOU DIFÚZI

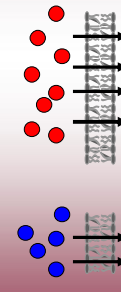


Rychlost difúze...

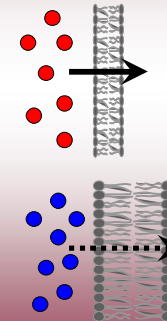
...závisí na rozpustnosti molekul v membránových lipidech



...je přímo úměrná ploše membrány



...je nepřímo úměrná tloušťce membrány



\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

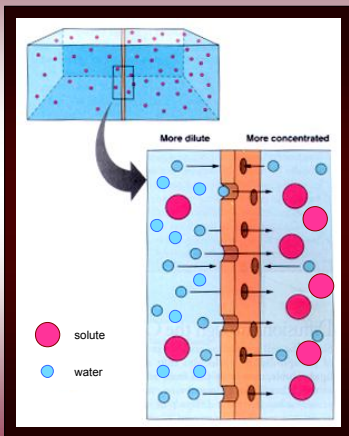
# OSMÓZA

Difúze molekul vody přes semipermeabilní membránu nazýváme...



**Semipermeabilní membrána**

je propustná pro vodu ale ne pro rozpuštěnou látku.

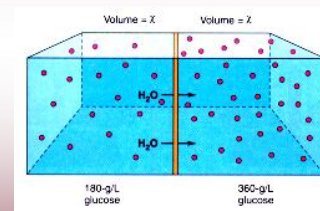


\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

# Směr osmózy

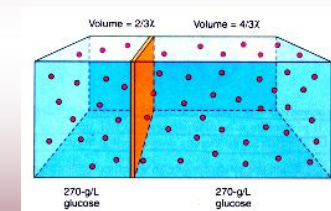
Jak poznáme, že mezi dvěma roztoky probíhá osmóza? Co určuje směr pohybu molekul vody?

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



Nižší koncentrace Vyšší koncentrace

Osmóza



Stejná koncentrace

Osmóza neprobíhá

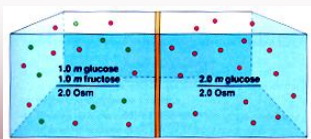
\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

# OSMOLARITA

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

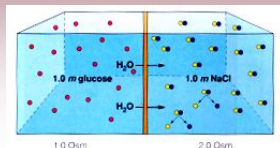


= počet osmoticky aktivních částic (molekul, resp. iontů) v 1 litru roztoku



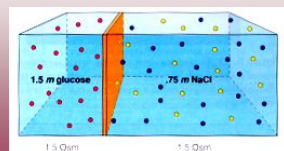
U nedisociujících látek: 1 OsM = 1 M

1 mol =  $6.02 \times 10^{23}$  molekul ( Avogadrova konstanta)



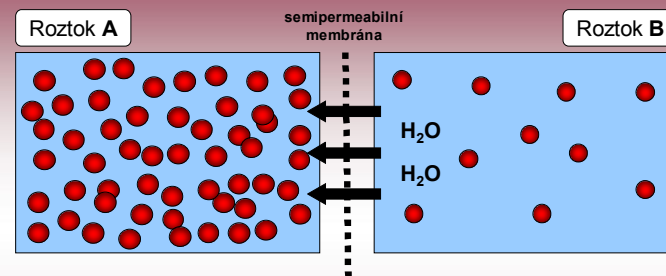
U disociujících látek:

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



\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf 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

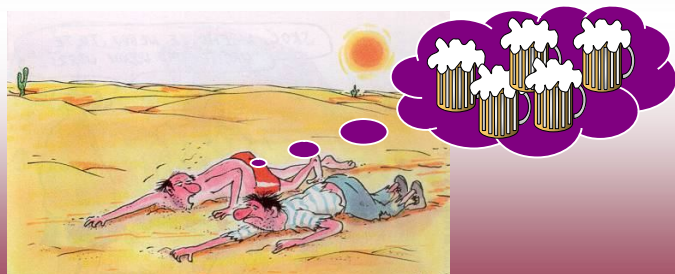
**Hypoosmotický**  
k roztoku A

\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*

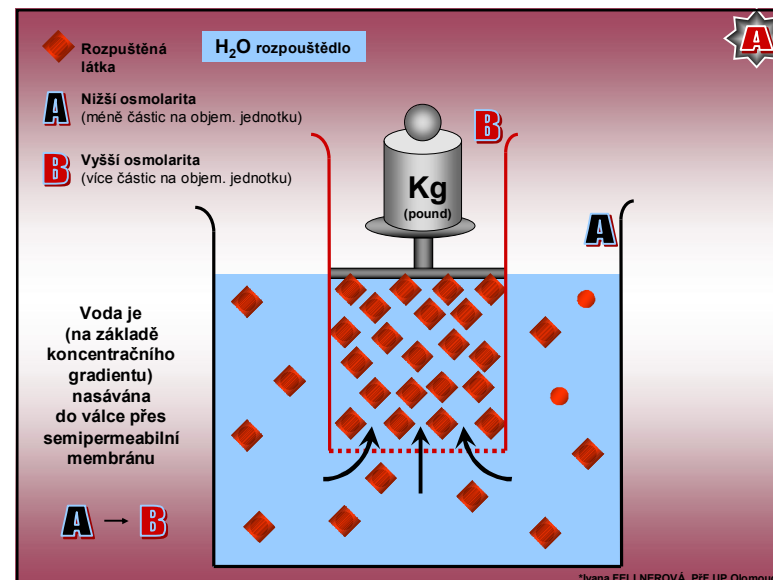
# Osmotický tlak



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



\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*



Rozpuštěná látka

H<sub>2</sub>O rozpouštědlo

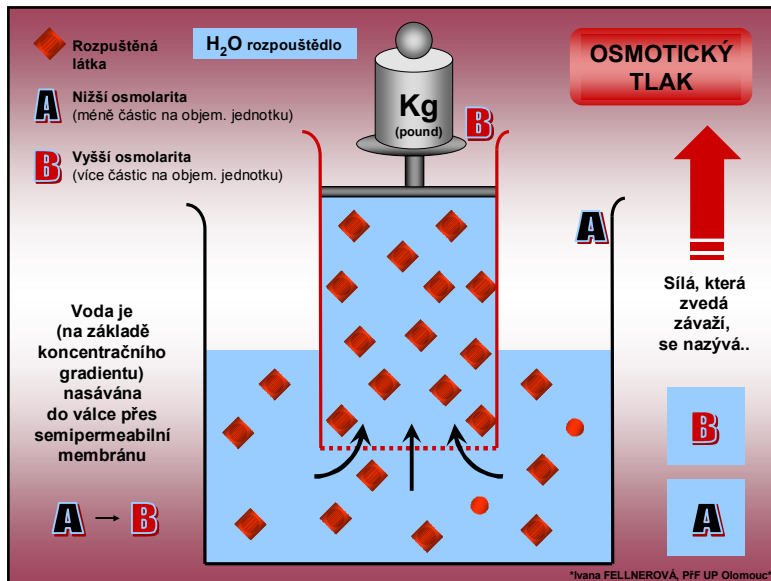
**A** Nižší osmolarita (méně částic na objem. jednotku)

**B** Vyšší osmolarita (více částic na objem. jednotku)

Voda je (na základě koncentračního gradientu) nasávána do válce přes semipermeabilní membránu

**A** → **B**

\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*



## Erythrocyty 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 erythrocytu 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, Pf UP Olomouc\*

## Osmotická hemolýza erythrocytů: video **A**

**NaCl (0.9%) KREV**

**izotonický roztok**

**NaCl (3%) KREV**

**hypertonický roztok**

\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf 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 .

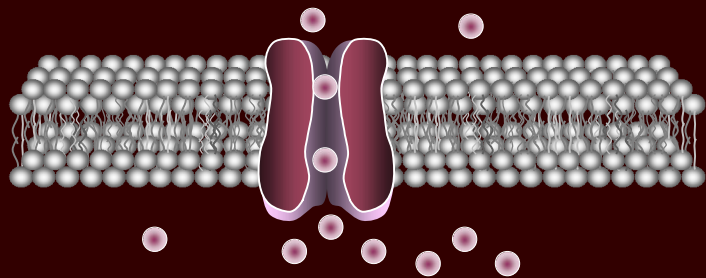
**Nepolární, hydrofóbní látky:**  
Látky rozpustné v tucích - glycerol, mastné kyseliny(nepolární, hydrofóbní) procházejí přes membrány snadno

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

\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*



# Transport prostřednictvím membránových proteinů



\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

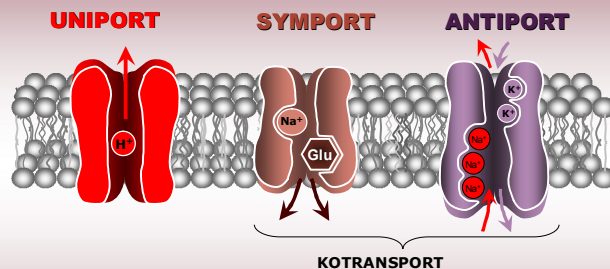
## Membránové proteiny s transportní funkcí

- ➔ 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, PFF 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)

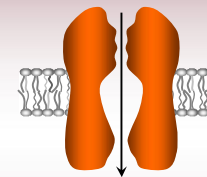
\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

## KANÁLY x PŘENAŠEČE: srovnání

### Kanály:



Prostá difúze



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

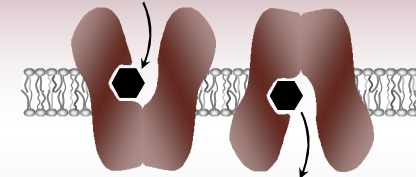
### Přenašeče:



Prostá difúze



Aktivní transport



- ❑ 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, PFF 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, PfF 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, PfF UP Olomouc\*

### Morfologie kanálu

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

**Iontový kanál** **Akvaporin**

[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2003/fellnerova.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2003/fellnerova.html)

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF 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, CO<sub>2</sub>, amoniak, močovina aj.)-tzv. **aquaglyceroporiny**
- Buňky mají zpravidla více typů vodních kanálů

AQP-0	oko, buňky čočky	regulace vlhkosti
AQP-1	erythrocyty ledviny-proximální tubul oko-fasinkový epitel mozek pílece-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 pílece-epitel průdušek	zpětná absorpce vody rovnováha CSF tekutiny ?monitorování osmotického tlaku sekrece tekutiny
AQP-5	Slinné žlázy	produkce slin
AQP-6	Slzné žlázy	sekrece slz
AQP-7*	Lečviny	nízká prozornost vody-funkce?
AQP-8	Tukové buňky	transport glycerolu z adipocytů
AQP-9	varlata a spermie	?
AQP-10	varlata, pankreas, játra a další	?
AQP-11	leukocyty	?

\* aquaglyceroporin

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

**!!! Více PPT: Dynamika membrán**

## 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, PfF UP Olomouc\*

## VRÁTKOVÉ KANÁLY: regulace

Otvírání vrátek je regulováno následujícími mechanismy:

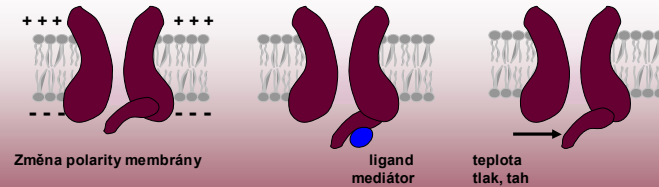
~~ATP~~ Simple diffusion

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

A. Elektricky regulován

B. Chemicky regulován

C. Mechanicky regulován



\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

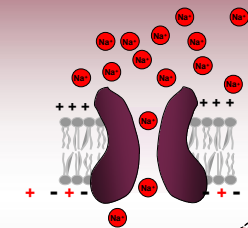
## Iontové kanály

- ➔ Představují většinu kanálů v membránách buněk
- ➔ Transportují výhradně anorganické ionty, především Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> a Ca<sup>2+</sup>
- ➔ 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

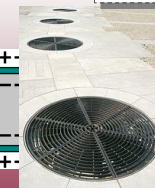
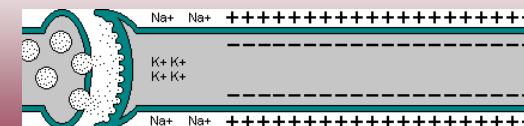
\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

## Iontové kanály a nervový vzruch

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



... a tím šíření nervového vzruchu...



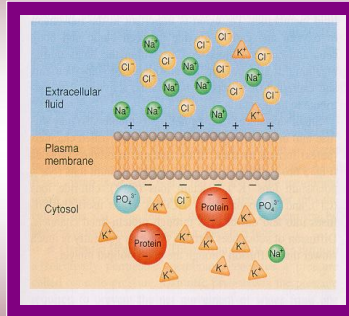
Vice PPT: Dynamika membrán

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*



## Distribuce iontů na membráně

Hlavním kationtem vně buňky je sodíkový iont Na<sup>+</sup>.



Vysoká koncentrace Na<sup>+</sup> vně buňky a K<sup>+</sup> uvnitř buňky je v buňce zajišťován tzv. sodno-draselnou pumpou

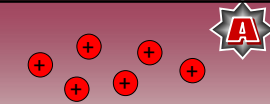
Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> pumpa neustále transportuje Na<sup>+</sup> ven z buňky a K<sup>+</sup> dovnitř buňky.

K činnosti pumpy je potřeba energie

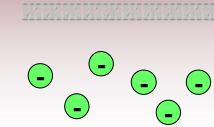
Uvnitř buňky je náboj mírně negativní: většina organických molekul [bílkoviny] uvnitř buňky má negativní náboj; ten je vyrovnán draslíkovými kationty K<sup>+</sup>, hlavním intracelulárním kationtem

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

⊕ kationty vně buňky a ⊖ anionty uvnitř buňky jsou vzájemně přitahovány, ale jsou oděleny 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 hráze: 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.

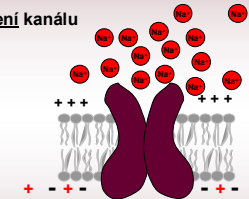
\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

## 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

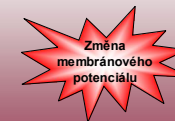
Otevřený kanál umožní rychlý průtok iontů membránou.  
Tok iontů je zaznamenán jako elektrický proud, který náhle změní polaritu membrány.



Tento elektrický signál na membráně neuronů je nazýván nervový impuls nebo

**akční potenciál [AP]**

- > AP je obvykle vyvolán elektricky řízenými Na<sup>+</sup> 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\*



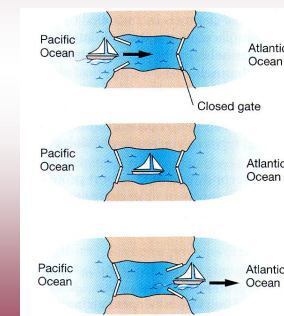
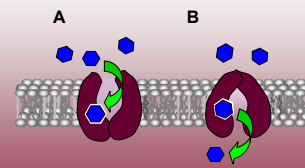
## Přenašeče

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



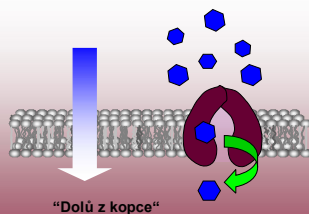
\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

## Přenašeče PASIVNÍ a AKTIVNÍ



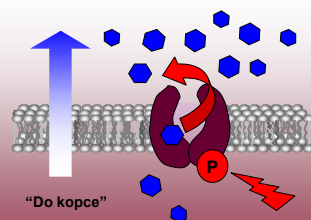
### Usnadněná difúze

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



### Aktivní transport

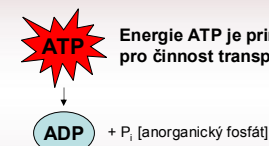
Přenašečový transport, který **vyžaduje energii**  
Probíhá **proti koncentračnímu spádu** (z místa nižší koncentrace do místa vyšší koncentrace).  
Takové přenašeče nazýváme **pumpy**.



\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF UP Olomouc\*

## AKTIVNÍ transport: PRIMÁRNÍ

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



!!! **Více PPT: Dynamika membrán**

### Příklady:

**Antiport:** Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> pumpa  
**Uniport:** H<sup>+</sup> pumpa  
 Ca<sup>2+</sup> pumpa

\*Ivana FELLNEROVÁ, PFF 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 obě částice stejným směrem

**Antiport:** transportované částice jdou na opačnou stranu membrány



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



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

Více PPT:  
Dynamika  
membrán

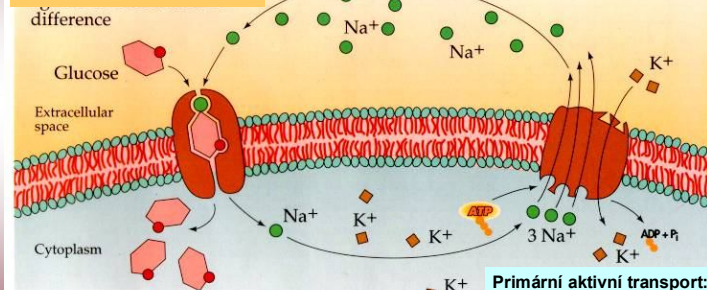
**Příklady:** Symport: SGLT = Na<sup>+</sup>Glu transportér

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*

## SGLT: Sekundární aktivní transport

### Sekundární aktivní transport:

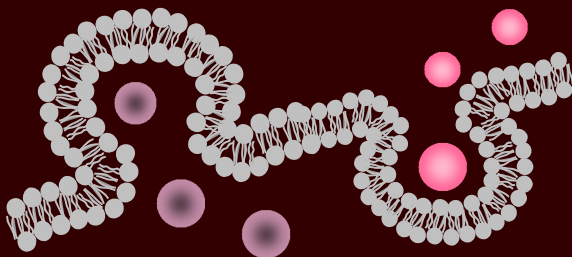
Na<sup>+</sup> jsou transportovány po směru koncentračního spádu a s sebou „strhnou“ glukózu proti směru koncentračního spádu



### Primární aktivní transport:

Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup> jsou aktivně pumpovány Proti směru koncentračního spádu A vytváří tak trvalý gradient V koncentraci Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup>

## Membránové váčky



## Membránové váčky

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

\*Ivana FELLNEROVÁ, PfF UP Olomouc\*








# LIPOPROTEINY

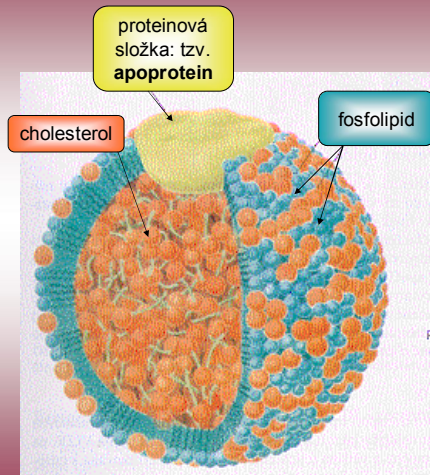
= částice z nekovalentně vázaných proteinů a lipidů (~ 5-1000 nm)

## Funkce v organismu:

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

## Skupiny lipoproteinů:

-  > Chylomikrony
-  > LDL (VLDL, IDL)
-  > HDL

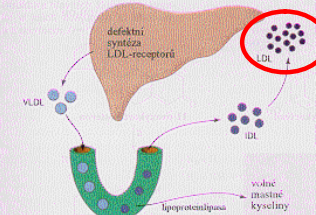


\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*

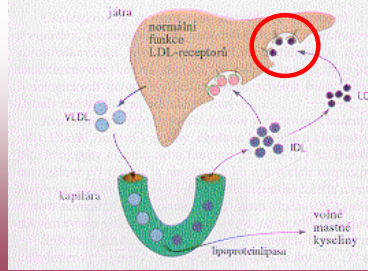
# HOMEOSTÁZA CHOLESTEROLU

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

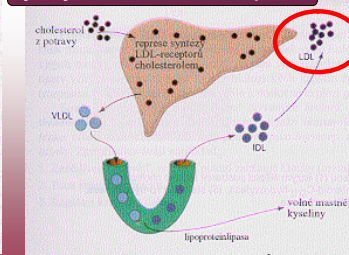
## Absence LDL-receptorů



## Normální stav

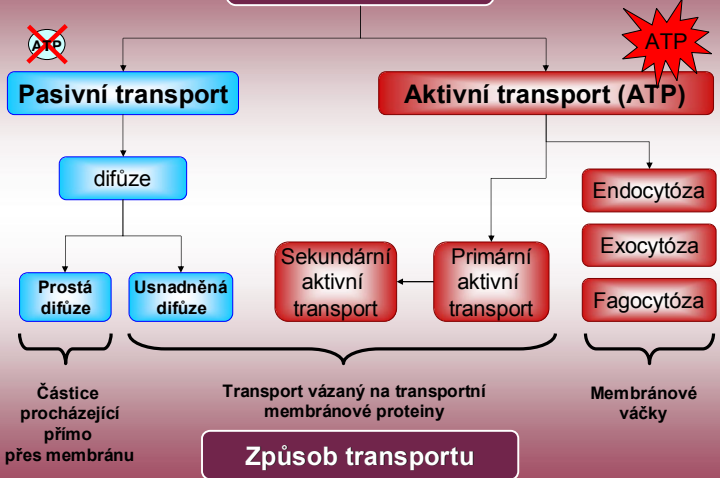


## Vysoký obsah cholesterolu v plazmě



\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*

# Energetické nároky



\*Ivana FELLNEROVÁ, Pf UP Olomouc\*