

Membránový transport

Membránový transport je přenos látek skrze:

1. biologickou membránu

- selektivně propouští molekuly, které mohou procházet skrze *fosfolipidovou dvojvrstvu* přes *proteinové přenašeče* nebo přes *membránové kontinuum*

- přenos látek se uskutečňuje mezi buňkou a extracelulárním prostorem nebo mezi organelami

- rozlišujeme:

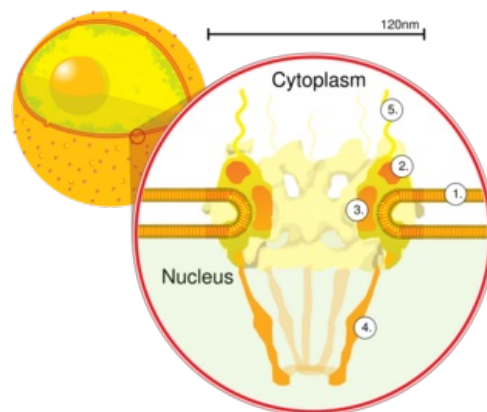
Pasivní transport

Aktivní Transport

2. jaderný obal

- uskutečňuje se přes otvory, jaderné póry, které mají průměr 70nm, jsou vystlány 8 proteiny tzv. *nukleoporiny*, ze kterých na cytoplazmatické straně vybíhají *fibrily jaderného póru*, které mají funkci receptorů. Na vnitřní straně je *jaderný koš*, který selektivně propouští molekuly do *karyoplazmy*.

- přes jaderné póry takto přechází makromolekuly RNA a bílkoviny



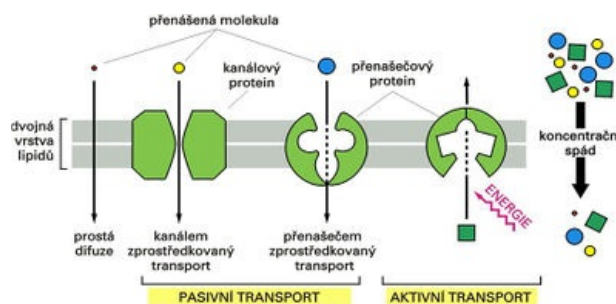
1. jaderný obal, 2. vnější prstenec, 3. nukleoporin, 4. jaderný koš, 5. fibrily jaderného póru

Pasivní transport

Umožňuje průnik látek buněčnou membránou bez spotřeby energie ve směru koncentračního gradientu z míst s vyšší koncentrací na místa s koncentrací nižší. Rychlost průniku je ovlivněna velikostí gradientu, teplotou, velikostí povrchu - buňka zvětšuje svůj povrch výběžky (mikrokly, stereocilie...) a záhyby (invaginace)

1. difuze

- **jednoduchá** - průnik látek přímo přes lipidovou dvojvrstvu (hlavně nepolární molekuly, pro které fosfolipidová membrána není překážkou a malé molekuly plynů např. O_2 , CO_2)
- **facilitovaná** - přes transportní proteiny, které jsou charakteristické svou selektivitou a schopností uzavěru (kanály ovládané napětím, ligandem, mechanicky nebo náhodně).



2. osmóza - průnik molekul vody přes plazmatickou membránu v závislosti na prostředí, ve kterém se buňka nachází (hypertonické, izotonické, hypotonické).

- voda prochází přes lipidovou dvojvrstvu pomalu, rychleji prochází pomocí speciálních proteinových přenašečů - akvaporinů

Aktivní transport

Energeticky náročný přenos látek za spotřeby ATP přes:

1. membránové kontinuum

▪ endocytóza

1. **pinocytóza** - příjem látek ve formě roztoku (cell drinking). Drobné výběžky cytoplazmy buňky obklopi malé množství extracelulární tekutiny a vytvoří

pinocytární váčky. Na tvorbě pinocytárních vezikul se podílejí aktinová mikrofilamenta. Tyto vezikuly mohou splývat s časnými endosomy a s lysozomálními transportními vezikulami (obsah pinocytárních vezikul se takto dále zpracovává) nebo jsou využité k transcytóze.

1. **fagocytóza** - příjem větších pevných partikulí (cell eating). Partikule je zachycena na povrchu buněčné membrány pomocí cytoplazmatických výběžků. Vzniká tak **fagocytární vakuola**, která dále splývá s časnými endosomy a lysozomálními transportními vezikulami. Buňka může pohlcovat cizorodý materiál - **heterofagie**

nebo organizmu vlastní poškozené buňky nebo jejich části – **autofagie**. Některé vlastní buňky (hlavně T lymfocyty) jsou schopné přejít přes membránové kontinuum jiné buňky bez toho, aby došlo k vzájemnému poškození – označuje se to jako *peripolesis* nebo *emperipolesis*. Cytoplazmatická membrána buněk imunitního systému neobsahuje pouze vlastní produkty. Buňky přicházejí do kontaktu a často dochází k odnesení části membrány sousední buňky. To se nazývá *trogocytóza*.

- **exocytóza** – opak endocytózy, vylučování škodlivých a odpadních látek, výdej proteinů, které jsou součástí extracelulárního prostoru nebo látek ovlivňujících rozličné funkce v organismu např. hormony

2. iontové kanály vybavené ATPázou – iontové pumpy – vytváří koncentrační gradient.

Aktivní transport iontovými pumpami

1. Primární aktivní transport

Slouží k přenosu látek proti jejich gradientu, spotřebovává energii z ATP nebo jiné vysoko energetické fosfátové vazby (kreatinfosfát CP – ve svazech; deriváty pyrimidinových a purinových bazí – guanosintrifosfát GTP, cytidintrifosfát CTP, ...).

Mezi látky přenášené tímto způsobem patří sodné, draselné, vápenaté, vodíkové a další ionty. Například obnovení klidového potenciálu po nervovém vzruchu zabezpečuje $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPáza}$.

Primární aktivní transport využívá různé typy ATP-áz:

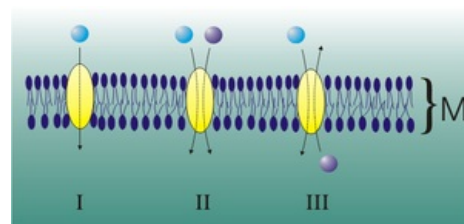
- P-typ ATP-áza: sodno-draselná pumpa, vápníková pumpa, protonová pumpa
- F-ATP-áza: mitochondriální ATP syntáza, chloroplastová ATP syntáza
- V-ATPáza: vakuolární ATPáza
- ABC (ATP binding cassette) transportér: MDR, CFTR, ...

2. Sekundární aktivní transport

- **Spojuje pohyb několika molekul**

1. **kotransport** – přenáší dvě nebo více molekul stejným směrem = **symport**;
2. **opačný (counter) transport** – přenáší molekuly opačným směrem = **antiport**.

Další možností je, že gradient vzniklý přenosem jedné molekuly umožní přenos jiné molekuly proti jejímu gradientu. Příkladem je transport glukózy v tubulech ledvin. Sodné kationty jsou $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPázou}$ přečerpávány z vnitra buňky extracelulárně do intersticia (spotřeba energie). Dochází tím k relativnímu zvýšení jejich koncentrace v moči v porovnání s cytosolem buněk. Tím pádem sodné kationty mohou samovolným exergonickým procesem (během kterého dochází ke konformační změně zabezpečující jednodušší navázání glukózy) pronikat zpět do buňky.



1. Uniport 2. Symport 3. Antiport

Typy pump

Sodno-draselná pumpa

(též $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{-ATPáza}$) je integrální membránový enzym z třídy hydroláz zajišťující protisměrný primární aktivní transport iontů Na^+ , K^+ . Na úkor hydrolýzy 1 molekuly ATP transportuje 3 ionty Na^+ z buňky a 2 ionty K^+ do buňky. Je přítomna ve všech plazmatických membránách. Významnou fyziologickou roli hraje zejména v buňkách ledvin a nervových buňkách, kde svou funkcí během refrakterní fáze neuronu (doba, po kterou je buňka nedrážditelná) obnovuje klidový potenciál (-70 mV) po průchodu akčního potenciálu ($+40\text{ mV}$).

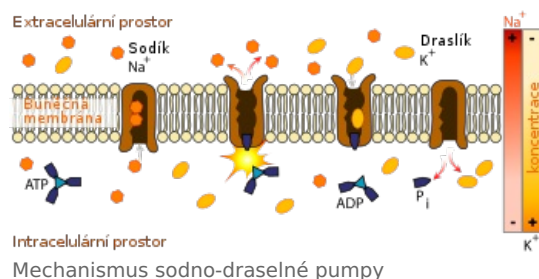
Funkce

- Čerpá sodík z intracelulárního prostoru do extracelulárního.
- Čerpá draslík z extracelulárního prostoru do intracelulárního.

Stavba

Pumpa se skládá ze dvou podjednotek – alfa a beta. Obě podjednotky jsou látky bílkovinné povahy, které procházejí buněčnou membránou. Alfa podjednotka transportuje ionty a má aktivitu ATPázy. Na intracelulární straně jsou vazebná místa pro Na^+ a ATP, na extracelulární straně se nachází vazebná místa pro K^+ . Beta podjednotka pravděpodobně kotví pumpu v buněčné membráně.

Mechanismus transportu

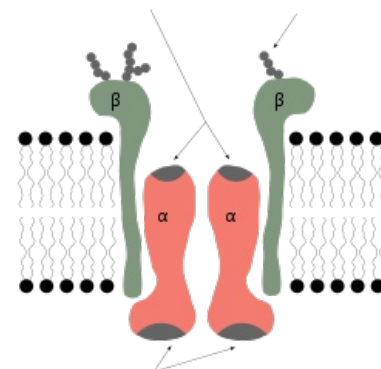


Na vazebná místa alfa podjednotky se uvnitř buňky navážou 3 kationty sodíku a jedna molekula ATP, jejíž rozštěpení umožní změnu konformace pumpy. Sodík se uvolní extracelulárně. Nový tvar má vysokou afinitu k iontům draslíku. 2 navázané draslíkové kationty a jejich následné uvolnění intracelulárně způsobí obnovu původní konformace. U nervových buněk může být až 70 % jejich energie spotřebováno touto pumpou.

Kalciová pumpa

V normální situaci jsou vápenaté ionty mimo buňky v asi 10 000 krát vyšší koncentraci, tato hladina uvnitř buňky je zajištěna kalciovými pumpami na dvou místech:

1. na buněčné membráně – transportuje vápenaté kationty ven z buňky;
 2. na membránách buněčných **organel** (hlavně sarkoplazmatické retikulum) ve svalové tkáni– transportuje Ca^{2+} kationty zpět do sarkoplazmatického retikula-pumpa se označuje jako SERCA 1 u kosterních svalů (**S**arcoplasmatic or **E**ndoplasmatic reticulum Ca^{2+} ATP-ase **1**). SR je potom významným zdrojem Ca^{2+} pro zahájení kontrakce svalu.
- Pracuje na stejném principu jako Na-K pumpa, má receptor pro Ca^{2+} a místo aktivní ATPázy.



Alfa a Beta podjednotka sodno-draselné pumpy

Vodíková/Protonová pumpa

Vyskytuje se:

- **Na vnitřní membráně mitochondrií;**
 - udržuje protonový gradient mezi interkristálním a intrakristálním prostorem;
 - při přechodu H^+ zpět do matrix se energie využije na tvorbu ATP (viz dýchací řetězec).
- **V časných endosomech** – dochází činností protonových pump ke snížení pH, což se využije při receptorem zprostředkované endocytóze, kdy se po splynutí vezikuly s časným endosomem při nízkém pH (okolo 5) uvolní vazba mezi receptorem a ligandem. Receptory se koncentrují v té části vezikuly, která je nejdříve odstraněna a transportována zpět k cytoplazmatické membráně. Zbytková část vezikuly se nazývá *pozdní endosom (late endosome)*;
- **V žaludečních žlázách:**
 - Tady jsou pumpy nejaktivnější v celém těle, díky nim je do žaludku vylučována HCl, a to tak, že je na sekrečním konci parietálních buněk v žaludečních žlázkách koncentrace H^+ v důsledku práce těchto pump zvýšená asi milionkrát a poté jsou tyto ionty uvolněny do žaludku společně s chloridovými anionty – vznik HCl.
- **V distálních tubulech a korových sběrných kanálcích ledvin:**
 - Přebytečné **vodíkové kationty** jsou z krve transportovány do lumen kanálků (do moči) – tímto též udržují acidobazickou rovnováhu organismu (okyselují moč).

Související články

- Gradient
- ATP
- Elektrochemický potenciál

Odkazy

- How the sodium potassium pump works (http://highered.mheducation.com/sites/0072495855/student_view0/capter2/animation_how_the_sodium_potassium_pump_works.html)

Použité zdroje

- KODÍČEK, Milan a Vladimír KARPENKO. *Biofyzikální chemie*. 1. vydání. Vydavatelství VŠCHT, 1997. ISBN 80-7880-273-1.
- KONRÁDOVÁ, Václava, et al. *Funkční histologie*. 2. vydání. H + H, 2000. 291 s. ISBN 978-80-86022-80-2.
- HALL, J.E a A.C GUYTON. *Textbook of Medical Physiology*. 12. vydání. Philadelphia : Saunders Elsevier, 2011. ISBN 978-1-4160-4574-8.
- BALOUNOVÁ, Z. *Fyziologie rostlin* [online]. [cit. 2010-11-16].

<<http://kdb2.zf.jcu.cz/text/lidi/balounova/fros/FYZR0712.ppt>>.

- ALBERTS, B, et al. *Molecular Biology of the Cell* [online] . 4. vydání. New York : Garland Science, 2002. Dostupné také z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26896/>>. ISBN 0-8153-3218-1.
- VAJNER, Luděk, Jiří UHLÍK a Václava KONRÁDOVÁ. Lékařská histologie. 1, Cytologie a obecná histologie. 1. vydání. Praha : Karolinum, 2010. 110 s. ISBN 978-80-246-1860-9 (<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Speciální%3AZdroje+knih&isbn=9788024618609>)
- 