

# Iontové pumpy

Iontové pumpy jsou **penetrující integrální proteiny v buněčné membráně**:

- obsahují enzym ATPázu;
- zprostředkují aktivní transport látek.

## Aktivní transport

Vytváří koncentrační gradient.<sup>[1]</sup>

Existují 2 typy aktivního transportu

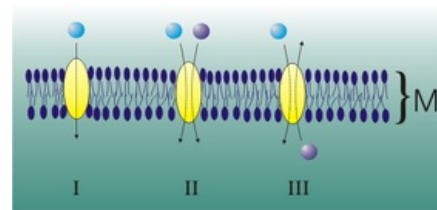
### 1. Primární aktivní transport:

- Slouží pro přenos látek proti jejich gradientu, spotřebována energie z ATP, nebo jiné vysoko energetické fosfátové vazby (kreatinfosfát CP – ve svalu; deriváty pyrimidinových a purinových bází – guanosintrifosfát GTP, cytidintrifosfát CTP...).
- Mezi látky přenášené tímto způsobem patří sodné, draselné, vápenné, vodíkové a další ionty.

### 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. (Např. transport  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPázou vytváří silný gradient  $\text{Na}^+$ , který umožňuje sekundární aktivní transport mnohých molekul, např. glukózy.)

- Další informace naleznete v samostatném článku.



I – uniport, II – symport, III – antiport

## Typy pump

### Sodno-draselná pumpa

Sodno-draselná pumpa (také  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPáza,  $\text{Na}^+-\text{K}^+$ -ATPáza, sodíko-draselná pumpa atp.) je nejrozšířenějším typem aktivního přenašeče. Nachází se v buněčné membráně většiny buněk lidského těla.

### Funkce

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

Přenos iontů probíhá proti koncentračnímu gradientu. Pumpa pracuje elektrogeně, protože přenáší 3  $\text{Na}^+$  proti 2  $\text{K}^+$ , čímž udržuje nerovnoměrné rozložení sodíku a draslíku po obou stranách buněčné membrány. Tato skutečnost má zásadní význam pro vznik a šíření elektrického signálu v nervových a svalových buňkách. Pumpa navíc reguluje objem buňky – bez její funkce by buňky otekly a mohlo by dojít až k jejich prasknutí:

- Uvnitř buňky jsou makromolekulární látky, které nemohou projít membránou (např. proteiny a jiné organické sloučeniny). Většina z těchto látek má negativní náboj, a proto k sobě přitahují kladné ionty jako  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  – to by v nepřítomnosti sodno-draselné pumpy vyvolávalo přesun vody do buňky po osmotickém gradientu.  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPáza vyčerpává z buňky 3  $\text{Na}^+$  ionty a dovnitř čerpá 2  $\text{K}^+$  ionty. Membrána je málo permeabilní pro  $\text{Na}^+$  ionty, které mají tendenci zůstat vně buňky. Tento mechanismus vede ke ztrátě iontů z buňky a k vyvážení osmotických sil, čímž brání zvětšování objemu buňky. Případný otok buňky aktivuje  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPázu.<sup>[2]</sup>

### Stavba

Pumpa se skládá z dvou podjednotek – alfa a beta. Obě podjednotky jsou látky bílkovinné povahy, které procházejí napříč buněčnou membránou. Alfa podjednotka transportuje ionty a má ATPázovou aktivitu, funkcí beta podjednotky je pravděpodobně kotvit pumpu v buněčné membráně. Na intracelulární straně alfa podjednotky jsou vazebná místa pro  $\text{Na}^+$  a ATP, na extracelulární straně se nacházejí vazebná místa pro  $\text{K}^+$ .

### Mechanismus transportu

Po navázání 3  $\text{Na}^+$  a 2  $\text{K}^+$  se aktivuje ATPáza – uvolněná energie z rozštěpení ATP způsobí změnu struktury proteinu a přenos sodných iontů vně buňky a draselných dovnitř buňky.

U nervových buněk může být až 70 % jejich energie spotřebována touto pumpou.

## Kalciová pumpa

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

1. na buněčné membráně – transportuje vápenaté kationy ven z buňky;
  2. na membránách buněčných **organel** (mitochondrie a sarkoplazmatické retikulum) ve svalové tkáni – transportuje  $\text{Ca}^{2+}$  kationty do organel (tyto organely jsou poté významným zdrojem  $\text{Ca}^{2+}$  kationtů pro činnost svalů).
- Pracuje na stejném principu jako Na-K pumpa, má receptor pro  $\text{Ca}^{2+}$  a místo aktivní ATPázy.

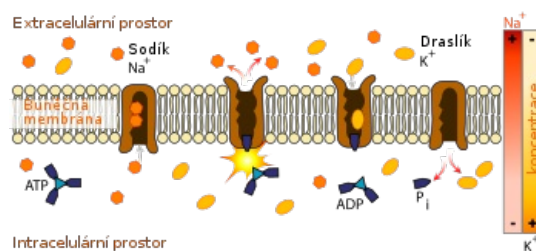


Schéma funkce sodno-draselné pumpy

## Vodíková/Protonová pumpa

Důležitou funkci vykonává zejména:

- **V žludečních žlázách:**
  - Zde jsou pumpy nejaktivnější v celém těle, díky nim je do žaludku vylučována HCl a to tak, že na sekrečním konci parietálních buněk v žludečních žlázách je koncentrace  $\text{H}^+$  díky těmto pumpám zvýšena asi milionkrát a poté jsou tyto ionty uvolněny do žaludku společně s chloridovými anionty – vytvoření HCl.
- **V distálních tubulech a korových sběrných kanálcích ledvin:**
  - Přebytečné **vodíkové kationty** jsou z krve transportovány do lumen kanálku (do moči) – tímto také udržují acidobazickou rovnováhu organismu (okyselují moč).

## Poznámky

1. Jinými slovy, aktivní transport probíhá ve směru gradientu. (Vektor gradientu směřuje do místa s vyšší koncentrací, tj. jak koncentrace *gradu*je.) Rozšířený omyl tvrdí opak pramení ze záměny pojmů *koncentrační gradient* a *koncentrační spád* – oba míří proti sobě. Jistější je proto tvrdit, že aktivní transport probíhá *proti směru koncentračního spádu* – to většina lidí chápe intuitivně správně, na rozdíl od pojmu *gradient*, což je fyzikální termín definovaný na základě parciálních derivací v prostoru – operátorem *nabla* ∇. Viz gradient. Aktivní transport míří proti pasivnímu transportu, působeního difuzí, která právě probíhá *proti* směru gradientu (to je to znaménko minus ve Fickově zákoně).
2. E. HALL, John. *Textbook of Medical Physiology*. 12. vydání. Saunders, 2010. 1120 s. ISBN 978-1-4160-4574-8.

## Odkazy

### Použité zdroje

- 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.