

Funkce ledvin v udržování acidobazické rovnováhy

Udržování stálého pH těsně souvisí s **udržováním** poměru koncentrací konjugovaných **kyselin** a **zásad** plazmatických pufrů, především **hydrogenuhličitanového pufru**. Plazmatická koncentrace konjugované kyseliny (H_2CO_3 , potažmo CO_2) je regulovaná kontrolou pCO_2 změnami plicní ventilace. Úlohou ledvin je tedy **udržení koncentrace konjugované zásady HCO_3^-** .

Za normálních okolností se z ledvin vrací více hydrogenuhličitanu, než kolik je ho do nich přiváděno *a. renalis*. To je dáno schopností ledvin vytvářet moč s nízkým pH (4,5-5,0).

Toto množství navíc slouží k neutralizaci neuhlikatých kyselin, které vznikly metabolismem nebo jsou z potravy. Dodáním bikarbonátu navíc brání ledviny poklesu pufrovací bází.

Bikarbonát je v glomerulech **volně pufrvatelný** – pokud by byl vylučován močí, jeho zásoby by se brzy vyčerpaly. Proto je intenzivně **resorbován**.

Ledviny tedy udržují acidobazickou rovnováhu (dále jen ABR) *dvěma mechanismy*:

1. **regulací zpětné resorpce bikarbonátu;**
2. **vyloučením 40-80 mmol H^+ za den** – není vylučován volně (tomu by neodpovídalo pH moči) – pufrovaný močovými nárazníky a vázaný na NH_3 .

- Ledviny tyto dva děje uskutečňují sekrecí H^+ do tubulární tekutiny, kde v tubulárních buňkách z CO_2 a vody vzniká bikarbonát.

Resorpce bikarbonátu

Mechanismus tubulárního transportu

- Resorpce bikarbonátu je spřažená s reakcí (katalyzuje karboanhydráza) :



- **Tvorba H^+** : buďto podle výše zmíněné reakce, a nebo molekula vody se rozdělí na:



Přičemž OH^- reaguje s CO_2 za vzniku bikarbonátu (karboanhydráza). Z obou možností vyplývá, že velikost tvorby a i sekrece H^+ závisí na aktivitě karboanhydrázy a pCO_2 .

- Proximální tubulus reabsorbuje až 90 % bikarbonátu a redukuje pH tubulární tekutiny. H^+ jdou do lumen proti elektrochemickému gradientu **sekundárně aktivním transportem** Na^+ - H^+ transportérem (sodík z lumen do buňky, výměnou za H^+).
- Bikarbonát difunduje do peritubulární tekutiny.
- Bilance celého procesu: sekrece H^+ do lumen – okyselení tubulární tekutiny, návrat iontů Na^+ a HCO_3^- do krve a tím i do ECT.
- Bikarbonát je navíc resorbovaný v **ascendentním raménku** Henleovy kličky, v distálním tubulu a sběracím kanálku.
- Co z toho vyplývá? V důsledku resorpce v moči postupně klesá koncentrace bikarbonátu a v důsledku sekrece stoupá koncentrace H^+ .

Regulace resorpce bikarbonátu

- **Resorpce není stálá** – při nedostatku bikarbonátu v těle stoupá a naopak.
- Resorpci ovlivňují:
 - **Množství HCO_3^- v tubulech a tím lumenární pH:**
 - se změnou koncentrace se mění resorpce (stejným směrem),
 - se stoupajícím pH tubulární tekutiny stoupá sekrece H^+ ,
 - **pH peritubulární krve:**
 - resorbovaný podíl bikarbonátu stoupá při poklesu a klesá při vzestupu pH peritubulární krve (opačný směr).
 - **Změny v objemu ECT:**
 - **Hypovolémie** (snížený obsah ECT) vyvolá v ledvinách snahu o zadržení Na^+ (Klesá jeho koncentrace v moči a v zájmu zachování elektroneutality se musí resorbovat stejné množství Cl^- jako hlavního aniontu glomerulárního filtrátu. Jakmile je koncentrace Na^+ ve filtrátu např. 140 mmol/l a Cl^- 115 mmol/l, může se resorbovat jen 115 mmol/l Na^+ . Ostatní moly musí být resorbované spolu se sekrecí H^+ a nebo K^+ .)
 - **Změny plazmatické koncentrace K^+ :**

- **Reciproký vztah** mezi plazmatickou koncentrací K^+ a resorpcí bikarbonátu.
- **Aldosteron:**
 - stimuluje distální sekreci H^+ + stimuluje protonovou pumpu.

Sekrece kyseliny

- Secernovaný H^+ je zodpovědný za resorpci bikarbonátu – když do moči přibude více H^+ , v tubulárních buňkách vznikne více bikarbonátu, který se přesune do krve (za každý 1 mmol H^+ , který v tubulární tekutině reaguje s **nebikarbonátovým pufrem**, se v tubulární buňce vytvoří 1 mmol bikarbonátu).
- Nejdůležitější **nebikarbonátové nárazníky** v tubulární tekutině: fosfátový puf, NH_3 , kreatinin.
- Významným mechanismem pro vylučování H^+ je **produkce NH_3** (schopnost tubulárních buněk zvyšovat produkci amoniaku je **hlavní adaptační odpověď na acidózu**).
 - NH_3 snadno difunduje skrze membránu, je rozpustný v tucích, ionizovaná forma také ve vodě (avšak přes membrány difunduje méně – když vznikne v lumen, nemůže ven).
 - Vzniká v tubulární buňce hlavně z glutaminu.
 - Hlavním činitelem usměrňujícím pohyb NH_3 do lumen je pH tubulární tekutiny.

Odkazy

Související články

- Ledvina (histologický preparát)
- Ledviny
- Nefron
- Průtok krve ledvinami a jeho autoregulace
- Acidobazická rovnováha
- Acidóza
- Alkalóza

Použitá literatura

- GANONG, Wiliam F.. *Přehled lékařské fyziologie*. 20. vydání. Praha 5 : Galén, 2005. sv. 1. ISBN 80-7262-311-7.
- TROJAN, Stanislav a Miloš LANGMEIER. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2003. 722 s. sv. 1. ISBN 80-247-0512-5.