Acidobazická rovnováha

Klepnutím lze upravit styl předlohy podnadpisů.

MUDr. Jiří Dvorský, NMB

17.12.2009

Vnitřní prostředí

Pod pojmem **vnitřní prostředí** chápeme extracelulární tekutinu (včetně jejího složení) omývající buňky v těle.

Pod pojmem **homeostáza** rozumíme stálost tohoto vnitřního prostředí, tedy stálost složení této extracelulární tekutiny.

Vnitřní prostředí

Posuzovat stálost vnitřní prostředí lze z několika hledisek:

- **izohydrie** (= optimální koncentrace pH)
- **izoionie** (= elektroneutralita)
- **objem a izoosmolalita**

Základní pojmy

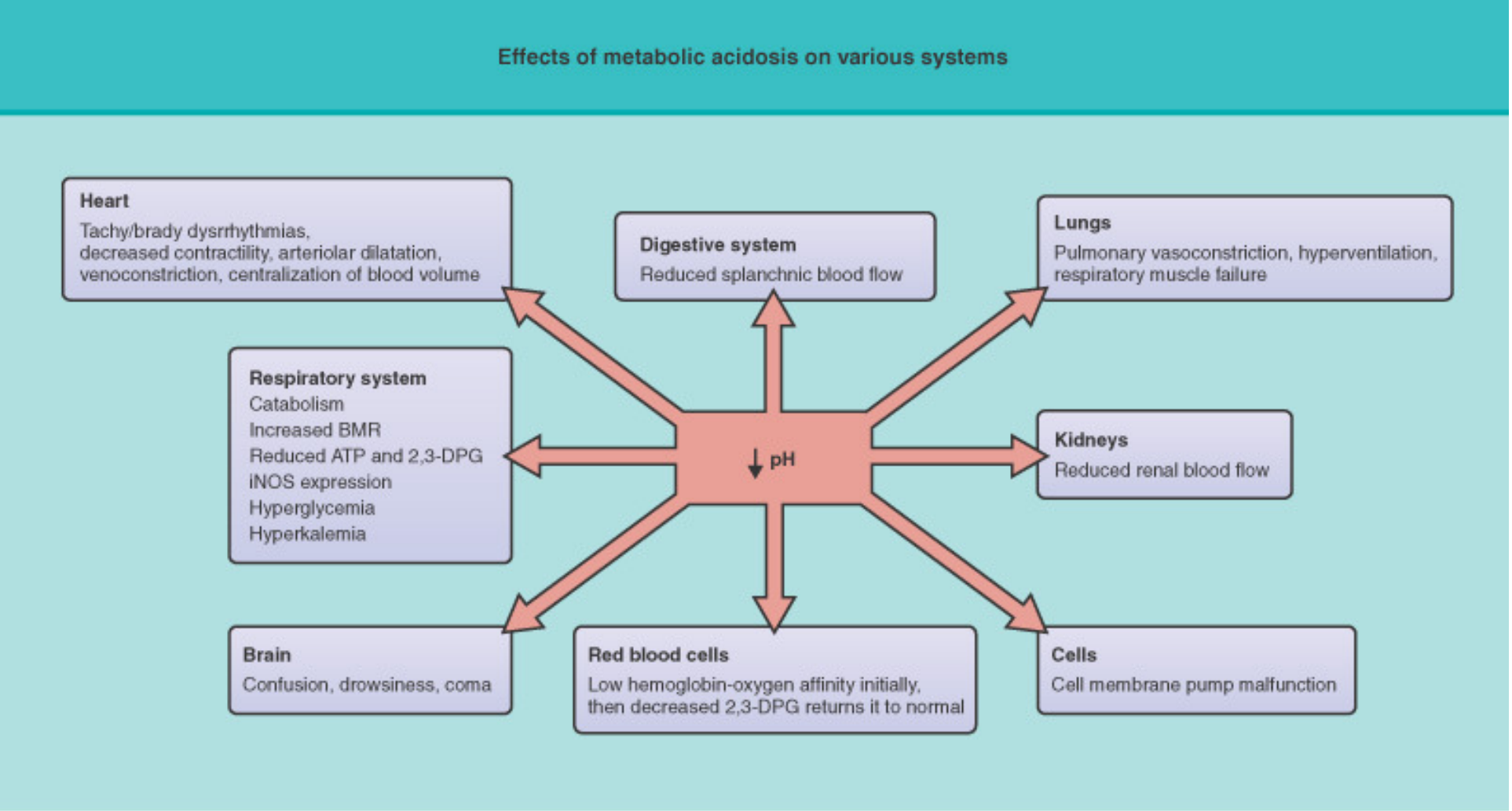
- **Kyselina** je látka, která je schopna uvolnit H+
- **Báze (zásada)** je látka, která je schopná vázat H+

- **pH** = -log [H+]
- Normální hodnoty
  - pH = 7.40
  - [H+] = 40 **nmol**/L

Význam pH

- všechny nízkomolekulární a ve vodě rozpustné sloučeniny jsou ionizovány při fyziologickém pH (pH-dependentní ionizace), tato ionizace ovlivňuje jejich funkci, difuzibilitu apod.

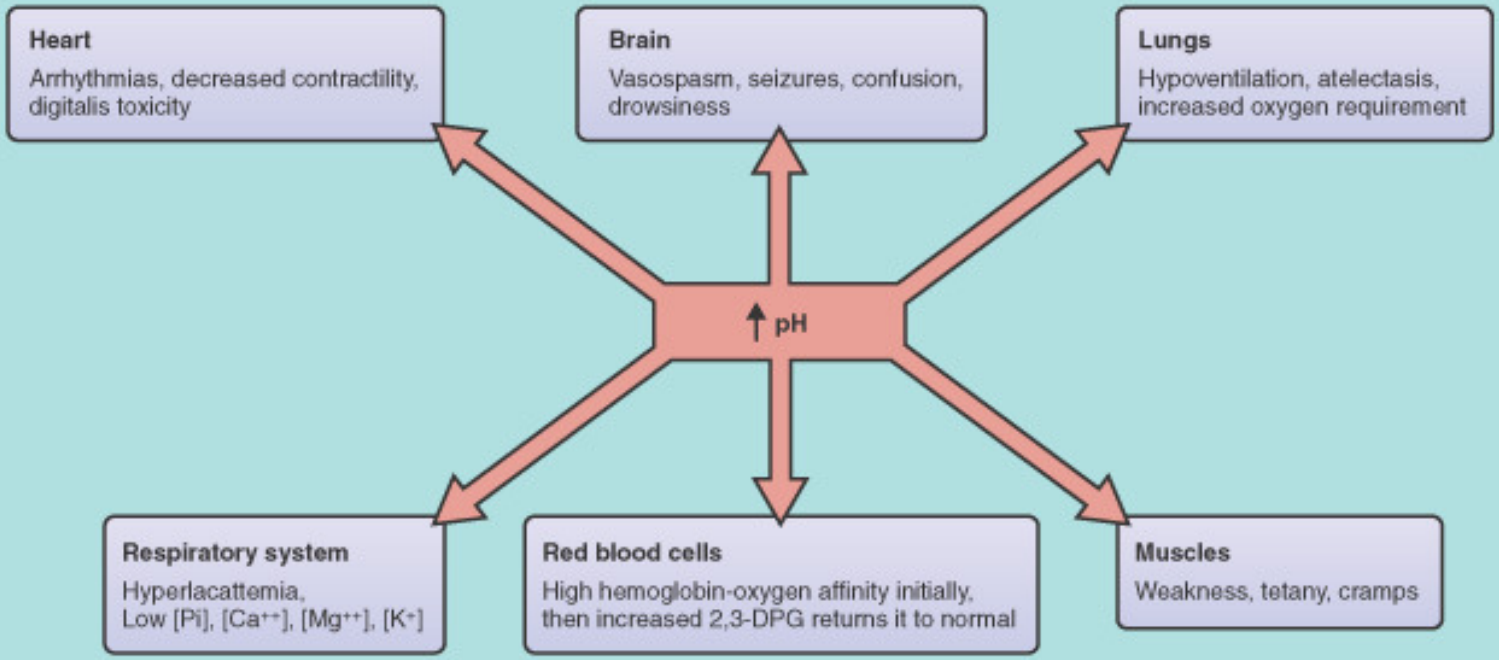
- neutrální vs. fyziologické pH plazmy
  - pH 7.4 (7.35-7.45) ⇒ fyziologické
  - pH 7.0 ⇒ neutrální ale fatální



Mosby items and derived items © 2006 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.

17.12.2009

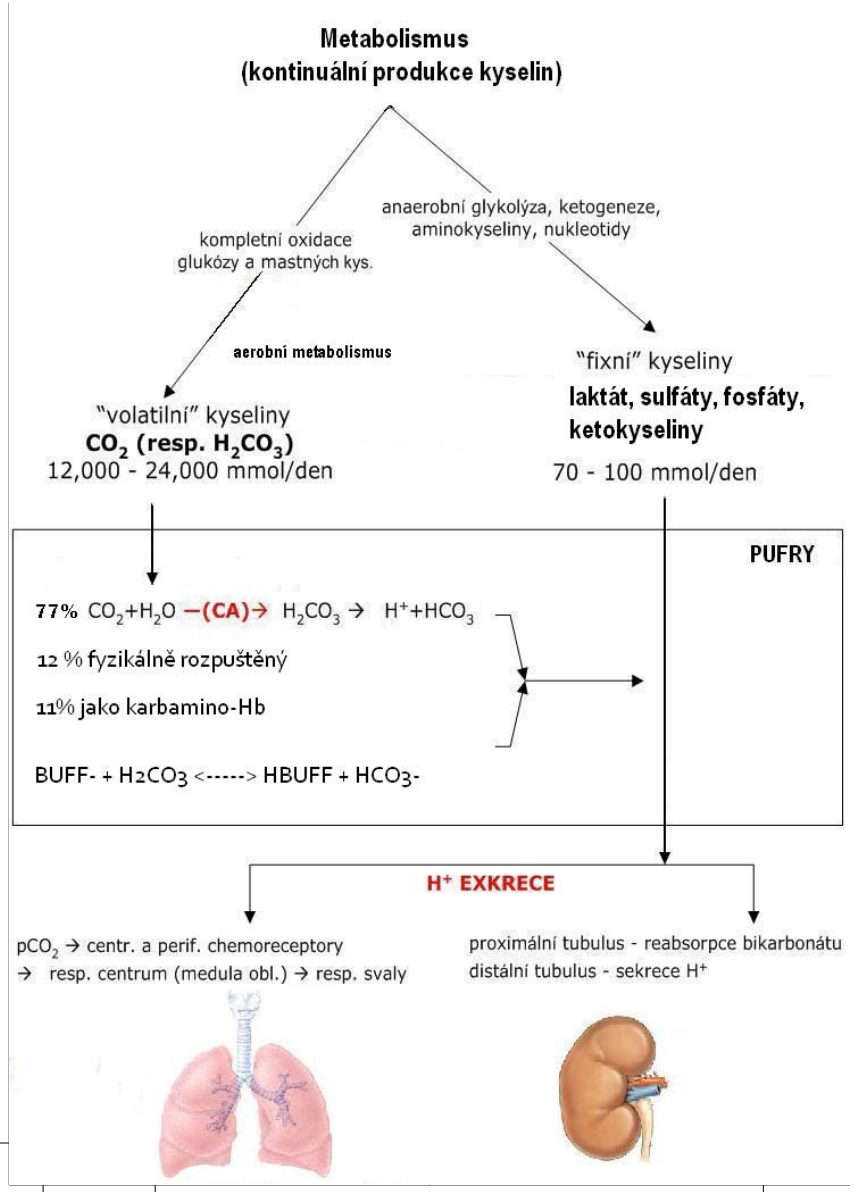
Effects of metabolic alkalosis on various systems



Mosby items and derived items © 2006 by Mosby, Inc., an affiliate of Elsevier Inc.

17.12.2009

pH je pod tlakem kont.produkce kyselin



17.12.2009

Pufry

- V extracelulární tekutině:
  - hydrogenuhličitanový pufr (51%)
  - hemoglobinový pufr (35%)
  - fosfáty, sulfáty, organické kyseliny (7%)
  - proteiny krevní plazmy (7%)

- V intracelulární tekutině:

  pH se velmi liší podle kompartmentu
  - proteiny a fosfáty

Henderson-Hasselbalchova rovnice

- pH pufru závisí na logaritmu podílu zásady a kyseliny
- za daného pH je pro pufr daný poměr těchto složek
- $pH = pKa + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$

Hemoglobin jako pufr

- **Ve tkáních** Hb váže CO_2 a navíc i H^+
- H^+ reaguje s HCO_3^-:

$$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$$

- CO_2 se vylučuje dýcháním, HCO_3^- se vyměňuje za Cl^- (chloridový shift)
- Bikarbonát se v erytrocytu vyměňuje za Cl^- v plazmě

Hemoglobin jako pufr

- V pracující tkáni pohlcuje protony a pomáhá zvládat kyselou nálož i produkcí HCO3-
- V plicích naopak protony uvolňuje a ty spolu s HCO3- přispívají k produkci CO2
- **Hamburgerův efekt** – zvětšení objemu erytrocytu ve venózní krvi

Bikarbonátový pufr

- $H_2O + CO_2 \underset{}{\overset{CA}{\rightleftharpoons}} H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

Složka metabolická

- $\mathbf{pH} = 6.1 + \log \dfrac{[HCO_3^-]}{0.03 \times pCO_2}$

pCO2 v mmHg

Složka respirační

Bikarbonátový pufr

- Je nejvýznamnější extracelulární pufr
- Je nejdůležitější pro regulaci ABR, protože organismus umí aktivně pracovat s koncentrací [HCO3-] i pCO2
- Pomocí stavu bikarbonátového pufru klinicky posuzujeme stav acidobáze u pacienta

Izoionie aneb zákon zachování elektroneutrality plasmy

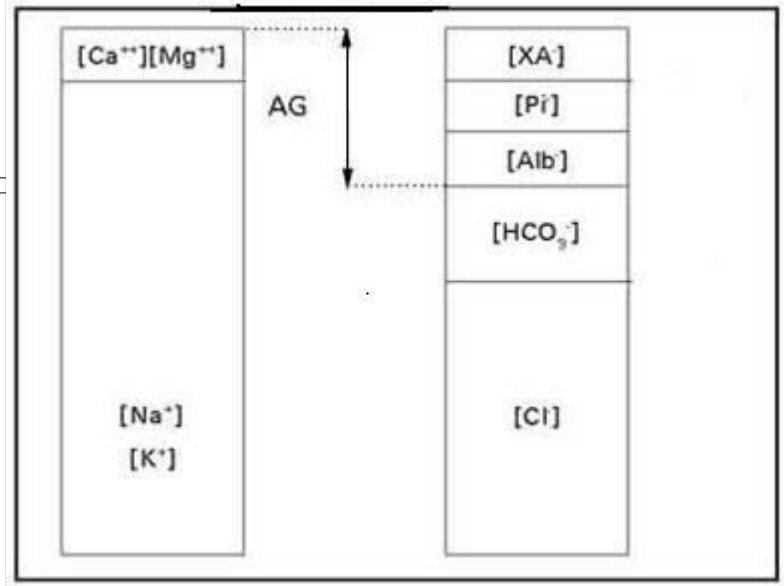
V daném kompartmentu musí být koncentrace kationtů (K+, Na+, Ca2+, Mg2+ atd.) stejná jako aniontů (HCO3-, Cl-, PO43-, albumin- atd.), jinak by se jevil vůči okolí jako nabitý elektrickým nábojem.

Platí: **Σ** kationty+ = **Σ** anionty-

„Klasické“ hodnocení poruch ABR

17.12.2009

Astrup



- **pH** (7.35 – 7.45)
- **pO2** (10 - 13 kPa)
- **pCO2** (4.6 – 6 kPa)
- **HCO3-ac** (22 – 26 mmol/l)
- **BE** (-2.5 až +2.5 mmol/l)
- **AG** (14 – 18 mmol/l)

$$\mathbf{pH} = = pK + \log \frac{[HCO3-]}{\alpha \times pCO2}$$

α = koeficient rozpustnosti oxidu uhličitého, 0,0306 mol-11-1torr-1, tj. 0,2295 mol-11-1kPa-1

[HCO3-ac]

- Vypočítaný parametr z HH-rovnice (**HCO3-ac**)
- Stoupne-li pCO2 (a tedy [H2CO3]), potom reakce H2CO3 → H+ + HCO3- běží doprava a zvýší se hodnota [HCO3-]
- HCO3-st – definovaný jako funkce pH při pCO2=5.3 kPa (plně oxyg.krev)
- Dnes obsoletní ukazatel

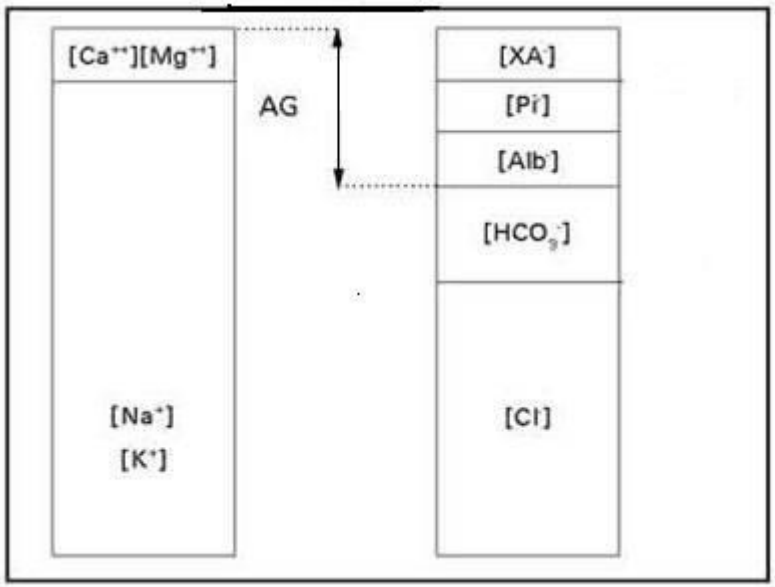
Base Excess (BE)

- takové množství kyseliny (mmol/l), které je nutno přidat do vyš.tekutiny, aby se pH upravilo k hodnotě 7.4 (pCO_2=5.33kPa, 37st)

$$BEECT = [HCO_3^-] – 24,2) + (1 – 0,023 \times Hb) \times [pH – 7,4])$$

- je to hlavní ukazatel metabolické komponenty
- užívá se pro výpočet dávek korekčních roztoků

Anion Gap



- **AG**=[Na+]+[K+]-[Cl-]-[HCO3-]
- ↑ - laktát, ketolátky, exogenní kyseliny (salicyláty, k.šťavelová apod.)
- při hypoalbuminémii mohou být zvýšené XA- a **AG** norm.
- Norma: 14-18 mmol/l

Nedostatky „klasického“

MAC/MAL se diagnostikuje podle 2 přístupů:

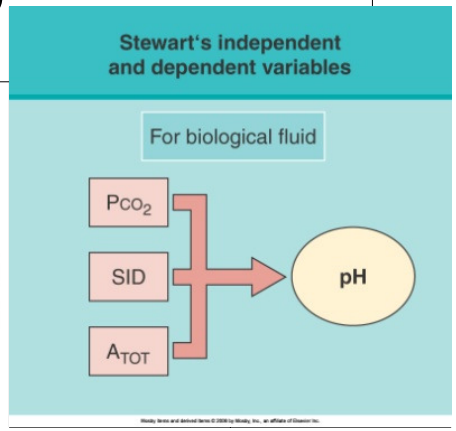
- **Δ [HCO3-]**
- **ΔBE**

- mohou probíhat souběžně acidifikující a alkalizující vlivy, jejichž efekt na [HCO3-] či BE se může vyrušit
- [HCO3-] či BE neposkytuje informaci o primární příčině metabolických poruch
- [HCO3-], pH, BE jsou určovány proměnnými,

Stewart - Fencl

17.12.2009

Co determinuje pH ?



(1) Water dissociation equilibrium: $[H^+] \times [OH^-] = K_W$

(2) Weak acid dissociation equilibrium: $[H^+] \times [A^-] = K_A \times [HA]$

(3) Conservation of mass for weak acids: $[HA] + [A^-] = [A_{TOT}]$

(4) Bicarbonate ion formation equilibrium: $[H^+] \times [HCO_3^-] = K_C \times PCO_2$

(5) Carbonate ion formation equilibrium: $[H^+] \times [CO_3^{2-}] = K_3 \times [HCO_3^-]$

(6) Electrical neutrality: $[SID] + [H^+] - [HCO_3^-] - [A^-] - [CO_3^{2-}] - [OH^-] = 0$

Solving the equations for $[H^+]$:

$$[SID] + [H^+] - K_C \times P_C / [H^+] - K_A \times [A_{TOT}] / (K_A + [H^+]) - K_3 \times K_C P_C / [H^+]^2 - K_W / [H^+] = 0$$

17.12.2009

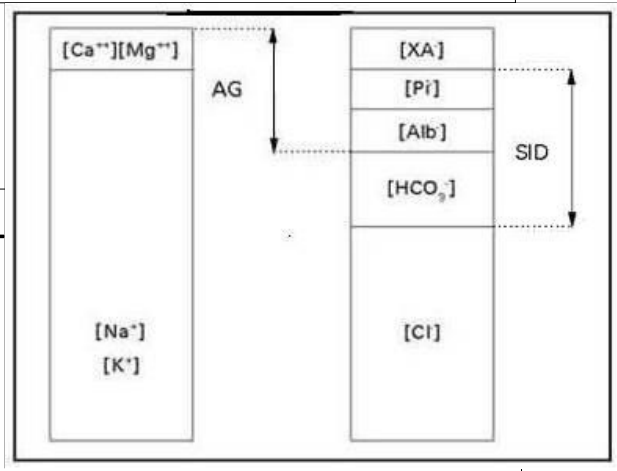
Stav ABR je určován třemi nezávislými veličinami

- **PCO2**

- **Diference silných iontů (SID).** Je to diference mezi sumou všech silných (plně disociovaných, chemicky nereagujících) kationů (Na+, K+, Ca2+, Mg2+) a všemi silnými aniony (Cl- a další silné aniony)

- **Koncentrace netěkavých slabých kyselin**

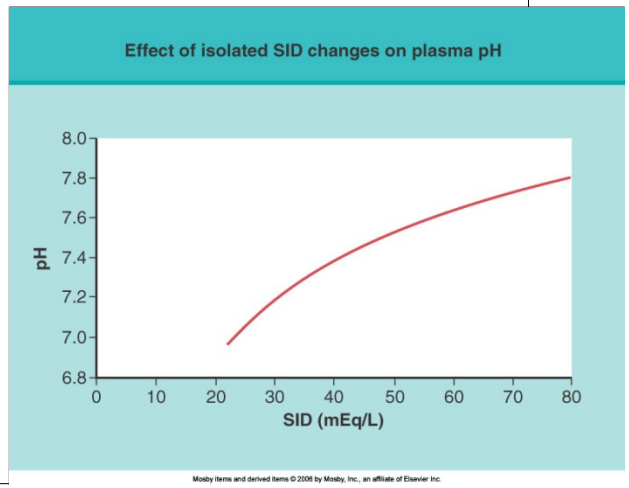
Strong Ion Difference



- SIDef = [Na+] + [K+] + [Ca2+] + [Mg2+] – ([Cl-] + [XA-
- SIDef = [HCO3-] + [Albx-] + [Piy-]
- SIDef ~[HCO3-] + 0,28[Alb] + 1,8[Pi]

- SIDapp= [Na+] + [K+] + [Ca2+] + [Mg2+] – [Cl-]
- SIG = SIDapp – SIDef norma: 6-10 mmol/l

- Základní ukazatel **metabolické** komponenty ABR



17.12.2009

Koncentrace netěkavých slabých kyselin (Atot)

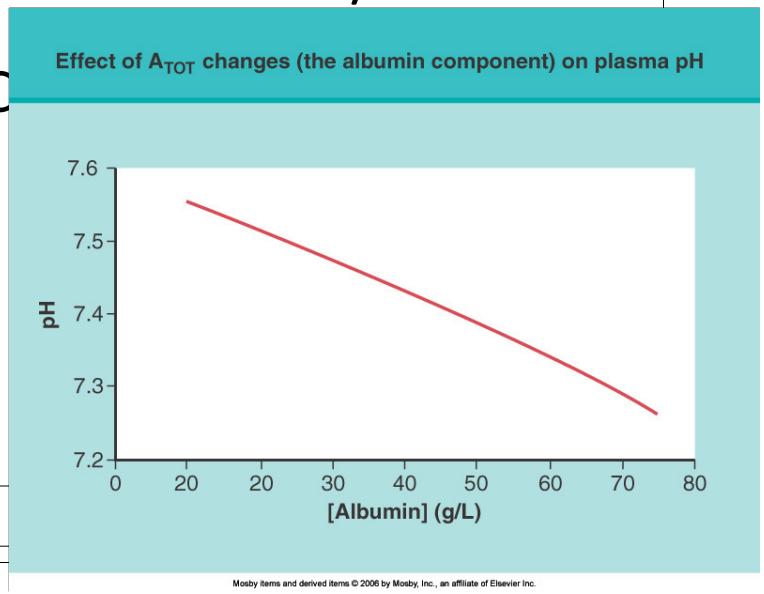
- Atot = [Albx-] + [Piy-]

- [Albx-] = [Alb] x (0,148 x pH – 0,818) ~ 11.2 mmol/l

  kvantifikace podílu MAL při hypoalbuminemii

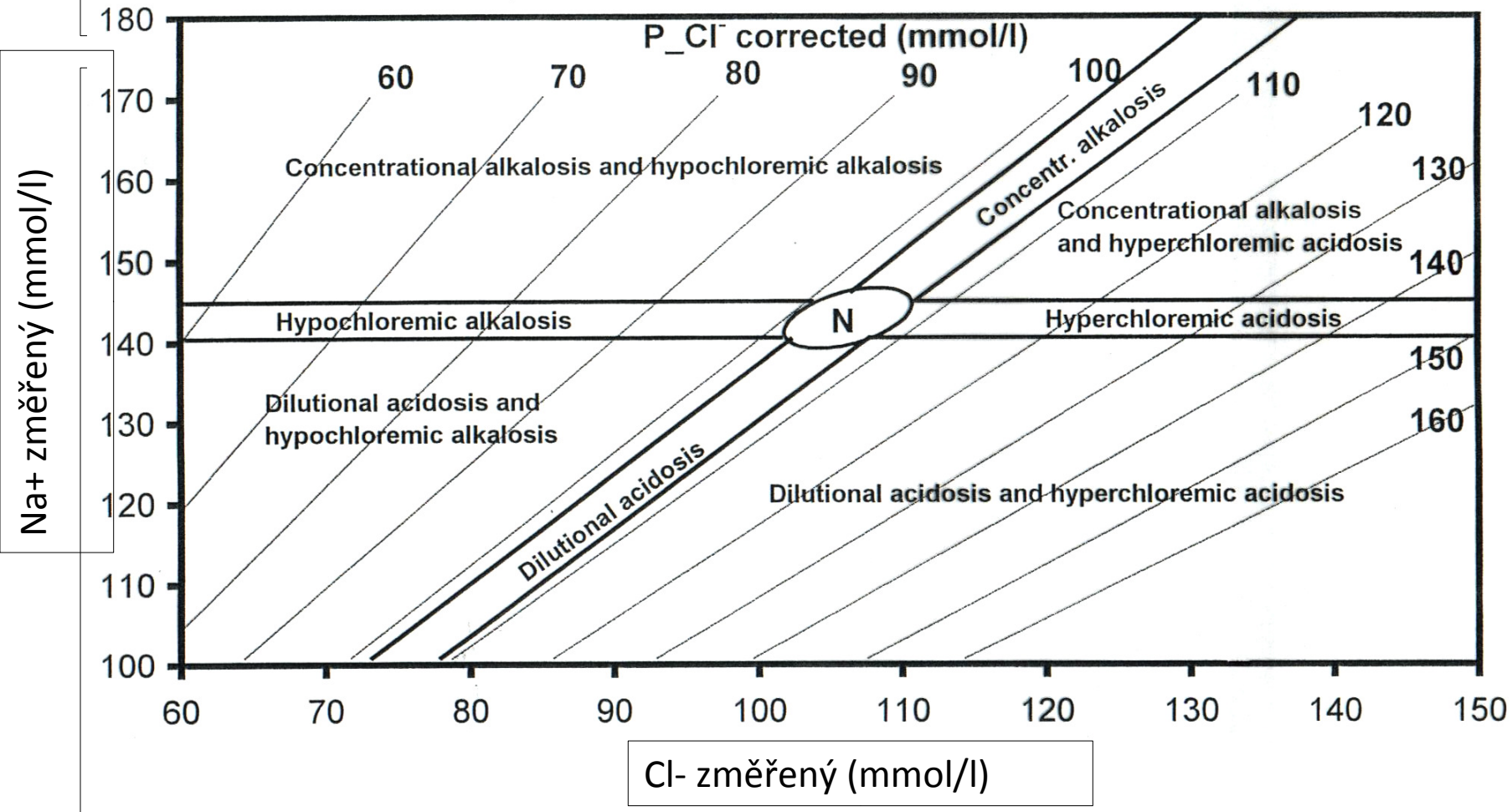
- [Piy-] = [Pi] x (0,309 x pH – 0,469) ~ 1.8 mmol/l

  kvantifikace podílu MAC



Korekce na cNA

- při aktuální dysbalanci natrémie je hodnota chloridů změněna více nebo méně, než odpovídá změně natrémie?
- **□Cl-□korig = □Cl-□zjišť x 140/□Na+□zjišť**
- Norma: 102-105 mmol/l
- **□XA-□korig = □XA-□ziišť x 140/□Na+□ziišť**


P_Cl⁻ corrected (mmol/l)
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
Concentrational alkalosis and hypochloremic alkalosis
Concentr. alkalosis
Concentrational alkalosis
and hyperchloremic acidosis
Hypochloremic alkalosis
N
Hyperchloremic acidosis
Dilutional acidosis and
hypochloremic alkalosis
Dilutional acidosis
Dilutional acidosis and hyperchloremic acidosis
180
170
160
150
140
130
120
110
100
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
Na+ změřený (mmol/l)
Cl- změřený (mmol/l)

17.12.2009

Klasifikace poruch podle Fencla

Nezávisle proměnná	Acidóza	Alkalóza
PCO_2	hyperkapnie (zvýšení PCO_2), respirační acidóza	hypokapnie (snížení PCO_2), respirační alkalóza
SID (snížení u acidóz, zvýšení u alkalóz)	hyperchloridemie (hyperchloridemická acidóza)	hypochloridemie renálního původu (hypochloridemická alkalóza renální)
		hypochloridemie extrarenálního původu (hypochloridemická alkalóza extrarenální)
		hypochloridemie při pozitivní zevní bilanci Na^+ (hypochloridemická alkalóza z absolutního nadbytku Na^+)
	nadbytek neměřených aniontů	není pravděpodobné
	hyponatremie, diluce vodou (diluční acidóza)	hypernatremie, ztráta vody (koncentrační alkalóza)
A_{tot}	hyperproteinemie nebo hyperalbuminemie (hyperproteinemická nebo hyperalbuminemická acidóza, teoretická)	hypoproteinemie nebo hypoalbuminemie (hypoproteinemická nebo hypoalbuminemická alkalóza)
	hyperfosfátemie (hyperfosfátemická acidóza)	hypofosfátemie (hypofosfátemická alkalóza, kvantitativně nevýznamná)

Pacient – 74 let, resekce RS

- ABR:
  - pH 7.4
  - pCO2 5,2 kPa
  - HCO3- 24 mmol/l
  - BE 0 mmol/l

Lab:
- Na+ 127 mmol/l
- K+ 5,1 mmol/l
- Cl- 99 mmol/l
- Pi 0,9 mmol/l
- Albumin 14 g/l

- SID 30 mmol/l
- Cl-cor. 115 mmol/l
- XA-cor. 4 mmol/l

- Nález v ABR je ve fyziologických mezích
- SID snížen
- Nadbytek chloridů demaskují až Cl-cor.
- Hypoalbuminémie

- Diluční acidóza
- Hyperchloremická acidóza
- Hypoalbuminemická alkalóza

17.12.2009