

Poruchy acidobázickej rovnováhy

Úvod

Udržiavanie rovnováhy vnútorného prostredia a zachovanie acidobázickej rovnováhy (ABR) je dôležitou podmienkou a predpokladom pre správny priebeh metabolických procesov v organizme. Denne vzniká v bunkách počas metabolizmu približne 20 mol tzv. „prchavých“ kyselín (kyselina uhličitá) a asi 40 – 80 mmol tzv. fixných alebo „neprchavých“ kyselín (kyselina octoťová, kyselina mliečna a iné). Výkyvy rovnováhy medzi kyselinami a zásadami, vznikajúce počas metabolizmu sú neustále regulované a acidobázická rovnováha je udržiavaná vzájomnou spoluprácou viacerých regulačných mechanizmov: intracelulárnych a extracelulárnych pufrovacích systémov (bikarbonátový, fosfátový, bielkovinový, hemoglobínový), pľúc a obličiek (vylučovanie CO₂, H⁺, hospodárenie s bikarbonátom HCO₃⁻), ale aj súčinnosťou ďalších orgánov (pečeň, orgány gastrointestinálneho traktu, kosti).

Poruchy ABR delíme na štyri základné formy (Tab. 1): **metabolická acidóza (MAC), metabolická alkalóza (MAL), respiračná acidóza (RAC), respiračná alkalóza (RAL)**. Môžu sa vyskytovať ako *jednoduché poruchy ABR*, ale u jedného pacienta sa súčasne môžu kombinovať dve aj viac porúch ABR (*kombinované poruchy ABR*). Príčina môže byť spoločná, napríklad pri obštrukčnej chorobe pľúc sa môže vyvinúť RAC spolu s laktátovou MAC. Alebo príčiny môžu byť rôzne napr. u pacienta s chronickou obštrukčnou chorobou pľúc pri súčasnom vracaní môže byť kombinácia RAC, MAC a MAL.

Každá výchyľka ABR, acidóza alebo alkalóza, vyvoláva odpoveď organizmu, ktorou sa snaží vychýlenú hodnotu pH vrátiť do normálu. *Kompenzácia* je proces, pri ktorom vychýlenú hodnotu pH spôsobenú poruchou jednej zložky sa snaží druhá zložka vrátiť do normálu. Respiračný systém tak zmenou ventilácie kompenzuje metabolicky podmienenú poruchu a naopak poruchy respiračnej zložky sú kompenzované zásahom obličiek (metabolická zložka) (Tab. 1).

Tab. 1. Prehľad porúch ABR			
Porucha ABR	Charakteristické zmeny	Najčastejšie príčiny	Kompenzácia
MAC	pH < 7,36 HCO ₃ ⁻ < 22 mmol/l	Ketoacidóza (diabetes mellitus), laktátová acidóza (kardiopulmonálne poruchy, šok), intoxikácia látkami pri metabolizme ktorých kyseliny vznikajú (etanol → kyselina octová), renálna insuficiencia, renálna tubulárna acidóza typ I a II...	Zvýšené vylučovanie CO ₂ pľúcami - hyperventilácia
MAL	pH > 7,44 HCO ₃ ⁻ > 26 mmol/l	Nadmerné straty HCl vracaním, predávkovanie antacidami, straty chloridov (hnačky), straty draslíka (hyperaldosteronizmus)...	Znížené vylučovanie CO ₂ pľúcami - hypoventilácia
RAC	pH < 7,36 pCO ₂ > 5,8 kPa	Poruchy ventilácie (hypoventilácia) v dôsledku útlmu dýchacieho centra (sedatíva, hypnotiká), poškodenia svalov alebo nervov (svalové dystrofie), ochorenie dýchacieho systému (chronická obštrukcia), nevhodnej umelej ventilácie...	Znížené vylučovanie (zvýšené štetenie) HCO ₃ ⁻ obličkami
RAL	pH > 7,44 pCO ₂ < 4,8 kPa	Hyperventilácia v dôsledku strachu, hystérie, horúčky, sepsy, anémie, výškovej choroby...	Zvýšené vylučovanie HCO ₃ ⁻ obličkami

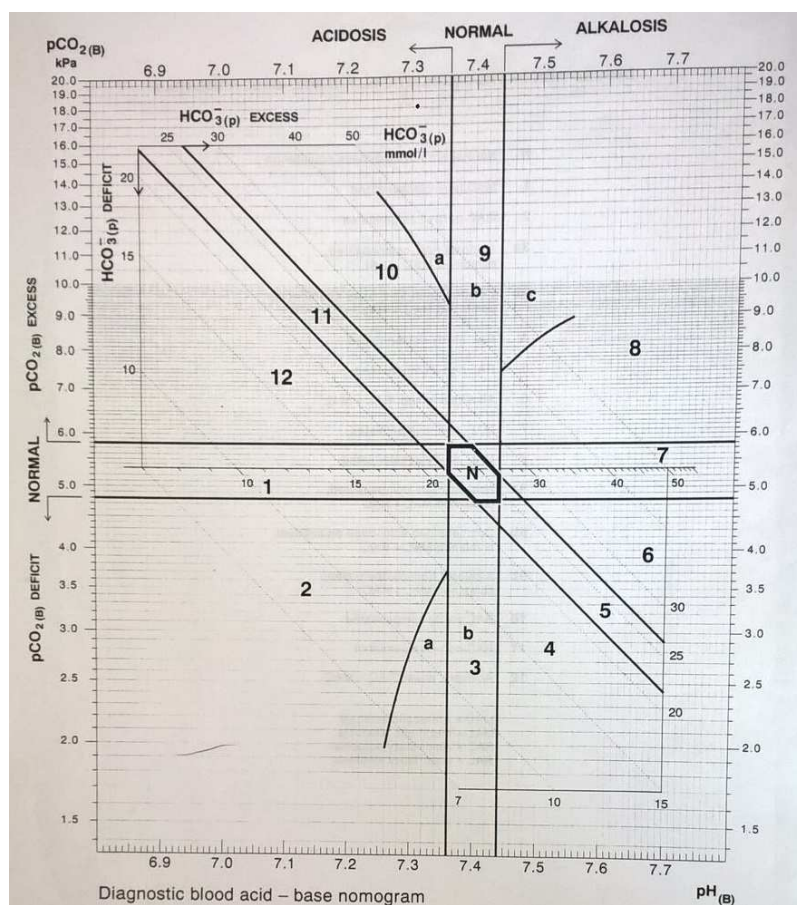
Hodnotenie porúch ABR

Parametre ABR stanovujeme z krvi odobratej buď z kapiláry (ušný lalôčik, bruško prsta), alebo z artérie (a. radialis) na analyzátoroch.

Klasický spôsob hodnotenia acidobázickej rovnováhy vychádza z Hendersonovej-Hasselbalchovej rovnice pre hydrogénuhličitanový pufrovací systém a opiera sa o hodnotenie najmä troch základných ukazovateľov: pH, pCO₂ a koncentrácie HCO₃⁻.

Hendersonova-Hasselbalchova rovnica:
$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

Tab. 2. Prehľad základných ukazovateľov ABR a ich interpretácia		
Parameter	Fyziologická hodnota	Interpretácia
pH	7,4 ± 0,04	pH krvi nižšie ako 7,36 je acidémia , pH vyššie ako 7,44 je alkalémia . Rozmedzie hodnôt pH krvi zlučiteľné so životom je od 6,8 do 7,7.
pCO ₂	5,3 ± 0,5 kPa	pCO ₂ nižšie ako 4,8 kPa je hypokapnia , pCO ₂ vyššie ako 5,8 je hyperkapnia .
HCO ₃ ⁻	24,0 ± 2,0 mmol/l	Tzv. aktuálne bikarbonáty sa vypočítavajú z nameraných hodnôt pH a pCO ₂ podľa Hendersonovej-Hasselbalchovej rovnice. Koncentrácia HCO ₃ ⁻ v krvi nižšia ako 22 mmol/l je hypobazémia , koncentrácia vyššia ako 26 mmol/l je hyperbazémia .
pO ₂	10,0 ± 13,3 kPa	Znížený parciálny tlak kyslíka v krvi sa nazýva hypoxémia , zvýšený hyperoxémia .
BE	0 ± 2,0 mmol/l	Odchýlka báz (base excess) je množstvo báz, ktorých je nadbytok (+BE), alebo nedostatok (-BE, niekedy sa udáva aj ako base deficit BD) v 1 l krvi nasýtenej O ₂ pri 37°C a pri pCO ₂ = 5,3 kPa, ktoré treba ubrať alebo pridať aby sa pH vrátilo k norme 7,4.
AG	15,2 ± 1,6 mmol/l	Aniónová medzera (aniónový deficit, anion gap) je parameter, ktorý nám pomáha odhaliť zmeny v koncentrácii aniónov plazmy, ktorých množstvo je obvyčajne veľmi malé (laktát, ketokyseliny, sulfáty, fosfáty). Keďže stanovenie týchto aniónov v bežných laboratóriách nepatrí medzi rutinné merania, ich množstvo sa vypočíta za pomoci bežne stanovovaných parametrov, ako je koncentrácia sodíka, draslíka, chloridov a HCO ₃ ⁻ . Vzorec pre výpočet: AG = (Na ⁺ + K ⁺) - (Cl ⁻ + HCO ₃ ⁻).
BB	42 ± 2 mmol/l	Pufrovacie bázy séra (buffer base) je súčet silných báz v 1 l krvi.



Normogram ABR

- N ABR v rovnováhe
- 1 nekompenzovaná MAC
- 2 čiastočne kompenzovaná MAC
- 3a nekompenzovaná acidóza
- 3b kombinovaná porucha MAC + RAL
- 3b kompenzovaná ABR
- 4 čiastočne kompenzovaná RAL
- 5 nekompenzovaná RAL
- 6 kombinovaná alkalóza RAL + MAL
- 7 nekompenzovaná MAL
- 8 čiastočne kompenzovaná MAL
- 9a nekompenzovaná acidóza
- 9b kombinovaná porucha MAL + RAC
- 9b kompenzovaná ABR
- 9c kombinovaná porucha MAL + RAC
- 9c nekompenzovaná alkalóza
- 10 kombinovaná porucha MAL + RAC
- 10 čiastočne kompenzovaná RAC
- 11 nekompenzovaná RAC
- 12 kombinovaná acidóza RAC + MAC

Empirické vzorce pre poruchy acidobázickej rovnováhy:

Metabolická acidóza:

$$\Delta p\text{CO}_2 = 0,16 \times \Delta[\text{HCO}_3^-] \pm 0,2$$

Δ = odchýlka nameranej hodnoty od priemeru

Metabolická alkalóza:

$$\Delta p\text{CO}_2 = 0,093 \times \Delta[\text{HCO}_3^-] \pm 0,2$$

Δ = odchýlka nameranej hodnoty od priemeru

Respiračná acidóza:

$$\Delta[\text{HCO}_3^-] = 2,63 \times \Delta p\text{CO}_2 \pm 2,0$$

Δ = odchýlka nameranej hodnoty od priemeru

Respiračná alkalóza:

$$\Delta[\text{HCO}_3^-] = 3,76 \times \Delta p\text{CO}_2 \pm 2,0$$

Δ = odchýlka nameranej hodnoty od priemeru

Metabolické poruchy:

Vzťah pH a $[\text{HCO}_3^-]$ vyjadruje rovnica:

$$[\text{HCO}_3^-] + 15 = \text{posledné dvojčíslo pH}$$

Respiračné poruchy:

Odhad výkyvu pH pri respiračných poruchách

$$\text{pH} = 0,056 \times \Delta p\text{CO}_2 \pm 0,02$$

Δ = odchýlka nameranej hodnoty od priemeru

Kazuistiky:

Jednoduché poruchy ABR:

Kazuistika 1

Tehotná pacientka vo veku 19 rokov bola prijatá s anamnézou polyúrie a pocitom smädu. Cíti sa zle a bola prijatá do nemocnice.

Biochémia: Na^+ 136 mmol/l, K^+ 4.8 mmol/l, glukóza 19.0 mmol/l,

Arteriálne krvné plyny: pH 7.26, $p\text{CO}_2$ 3.13 kPa, $p\text{O}_2$ 17 kPa, HCO_3^- 9.1 mmol/l.

Charakterizuj uvedenú poruchu acidobázy. Aký typ dýchania je charakteristický pre tieto stavy? Aká je predpokladaná diagnóza pacientky?

Porucha acidobázy:

Typ dýchania:

Diagnóza:

Kazuistika 2

Pacient s vredovou chorobou dvanástnika užíval nekontrolované NaHCO_3 . Pri vyšetrení mal tieto hodnoty:

Arteriálne krvné plyny: pH 7.50, $p\text{CO}_2$ 6.13 kPa, HCO_3^- 36.0 mmol/l.

Charakterizuj uvedenú poruchu acidobázy. Aká je predpokladaná diagnóza pacientky?

Porucha acidobázy:

Diagnóza:

Kazuistika 3

Do nemocnice bol prijatý pacient s nádorovým ochorením a rozsiahlym pleurálnym výpotkom. Pri prijatí boli namerané nasledovné hodnoty: pH 7.35, $p\text{CO}_2$ 6.99 kPa, HCO_3^- 27.0 mmol/l.

Charakterizuj uvedenú poruchu acidobázy. Aká je predpokladaná diagnóza pacienta?

Porucha acidobázy:

Diagnóza:

Kazuistika 4

U 20-ročného muža sa objavila náhla svalová slabosť horných a dolných končastín. Neboli prítomné žiadne ďalšie neurologické abnormality, stav vedomia bol normálny.

Biochémia: Na^+ 143 mmol/l, K^+ 2.0 mmol/l, Cl^- 101 mmol/l, glukóza 4.89 mmol/l.

Arteriálne krvné plyny: pH 7.49, $p\text{CO}_2$ 6.9 kPa, $p\text{O}_2$ 13 kPa, HCO_3^- 39 mmol/l.

Charakterizuj uvedenú poruchu acidobázy. Ako je zvyčajne kompenzovaná táto porucha ABR? Čo mohlo spôsobiť svalovú slabosť, ktoré zo spomenutých parametrov ju charakterizujú?

Porucha acidobázy:

Kompenzácia:

Príčina:

Kazuistika 5

65 ročná žena bola prijatá s anamnézou chronického obštrukčného ochorenia respiračného systému. Teraz sa sťažuje na sťažené dýchanie, hemodynamicky je stabilná, orientovaná.

Biochémia: Na^+ 135mmol/l, K^+ 4.1mmol/l, Cl^- 94mmol/l, glukóza 5.8mmol/l.

Arteriálne krvné plyny: pH 7.28, pCO_2 8.94 kPa, pO_2 7.03 kPa, HCO_3^- 34mmol/l.

Charakterizuj uvedenú poruchu acidobázy. Ako je zvyčajne kompenzovaná táto porucha ABR?

Porucha acidobázy:

Kompenzácia:

Kombinované poruchy ABR

Kazuistika 1

Žena, 68 rokov, s chronickou obštrukčnou chorobou pľúc bola prijatá do nemocnice. Dva dni pred prijatím mala bolesti v epigastriu s opakovaným silným vracaním. Pri prijatí prítomné výrazné dyspnoe.

Laboratórne hodnoty: pH = 7.38, pCO_2 = 9.3 kPa, HCO_3^- = 43 mmol/l, pO_2 = 6.8 kPa, BE = + 19 mmol/l, Na^+ = 136 mmol/l, K^+ = 2.8 mmol/l, Cl^- = 71 mmol/l

O akú poruchu ABR ide?

Vysvetlite, prečo usudzujete, že ide o túto poruchu.

Vypočítajte aký je anión gap (AG) u tejto pacientky. O čom tento výsledok svedčí?

Kazuistika 2

Chlapec, 15 rokov, bol privezený do nemocnice v komatóznom stave. V dychu cítiť ovocný pach. Stav pacienta je komplikovaný ťažkou pneumóniou.

Laboratórne hodnoty:

pH = 7.10, pCO_2 = 7.7 kPa, HCO_3^- = 17.5 mmol/l, BE = - 13.5 mmol/l, glykémia = 19.6 mmol/l, ketolátky v moči = +++.

O akú poruchu ABR ide?

Vysvetlite, prečo usudzujete, že ide o túto poruchu.

Aká je základná diagnóza tohto pacienta?

Kazuistika 3

Žena, 43 rokov, bola prijatá na chirurgickú kliniku s diagnózou akútnej pankreatitídy, stav po biliárnej kolike.

Opakovane vracala. Výrazná nechúť k jedlu, dlhšie nejedla. Na pľúcach je obojstranne diseminované zatienie, pacientka je dušná.

Laboratórne hodnoty:

pH = 7.43, pCO_2 = 4.9 kPa, pO_2 = 8.9 kPa, HCO_3^- = 24.5 mmol/l, BE = + 0.5 mmol/l

Sú hodnoty ABR u tejto pacientky mimo referenčného rozmedzia? Má poruchu ABR?

Ak áno, o akú poruchu ABR ide?

Vysvetlite, prečo usudzujete, že ide o túto poruchu.