

Acidobazická rovnováha (ABR)

Acidobazická rovnováha (ABR) je dynamická rovnováha mezi **tvorbou a vylučováním kyselých a zásaditých látek** v organismu. Je velmi přesně regulována, což je nezbytné pro správný průběh celé řady metabolických drah a fyziologických procesů. Poruchy ABR jsou vždy komplexním problémem, při kterém se mění celé vnitřní prostředí pacienta.

ABR je určena poměrem koncentrace vodíkových iontů a hydroxidových aniontů v roztoku. V neutrálním roztoku je stejné zastoupení obou iontů, v kyselém převažují vodíkové kationty nad hydroxidovými anionty a v zásaditém je tomu naopak. **Aktivita** vodíkových iontů bývá vyjadřována jako **pH** (pH je záporný dekadický logaritmus molární koncentrace vodíkových iontů H^+), malá změna pH odpovídá velké změně koncentrace H^+ (při změně pH o 1 se mění koncentrace H^+ 10x). **Fyziologické pH** arteriální krve je v rozmezí **7,36 - 7,44**. pH krve je sumární parametr acidobazického stavu, který vyjadřuje souhrn všech acidifikujících a alkalizujících dějů v organismu, ať již jsou respiračního nebo metabolického původu. Závisí na poměru (nikoliv na absolutní hodnotě) zásad a kyselin, metabolických komponent (hydrogenuhličitanů HCO_3^-) a respiračních komponent vyjádřených parciálním tlakem oxidu uhličitého pCO_2 (pro pH 7,4 je jejich poměr 20:1).

Poruchy ABR souvisí se změnami **celého vnitřního prostředí** (extracelulární i intracelulární tekutiny) a dochází k nim u velmi těžkých stavů spojených s **celkovým metabolickým rozvrtem** (těžké úrazy, popáleniny, selhání funkce ledvin a jater, diabetická ketoacidóza, výrazná nezralost nedonošených dětí atd.). Významné změny pH vedou k poruše aktivity enzymů, hormonů, receptorů, transportních systémů, ke změně konformace a vlastností bílkovin, k poruše tvorby energie. Významný je i vliv na dechové centrum, oxygenaci tkání, změny cévního tonu, změny distribuce K^+ , Mg^{2+} a PO_3^- . Dochází ke změně ionizace Ca^{2+} a Mg^{2+} .

V rámci ABR se vyšetřují:

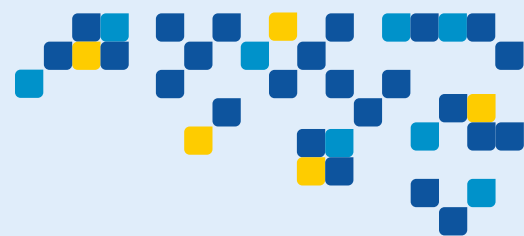
- **pH krve.**
- Parciální tlak oxidu uhličitého **pCO_2** oxid uhličitý patří mezi hlavní produkty aerobního metabolismu v mitochondriích. V krvi se nachází rozpuštěný, vázaný na proteiny, a to především na hemoglobin nebo ve formě HCO_3^- . Vypovídá o ventilační odpovědi na stav metabolismu a produkci oxidu uhličitého. Fyziologické rozmezí pCO_2 se pohybuje 4,26 – 6,38 kPa.
- Parciální tlak kyslíku **pO_2** (kyslík se vyskytuje v krvi v rozpuštěné formě nebo ve vazbě na hemoglobin) Parciální tlak kyslíku nás informuje o funkční schopnosti plic vychytávat kyslík v alveolách. Fyziologické meze se pohybují v rozmezí 11,04 – 14,36 kPa.
- **Výpočet** se získají standardní a aktuální hydrogenuhličitanu, celkové báze (**Buffer Base, BB**). Hodnota přebytku či nedostatku bází (**Base Excess, BE**) představuje určité množství kyseliny, které je zapotřebí, aby pH bylo upraveno k hodnotě 7,4 za předpokladu, že pCO_2 odpovídá hodnotě 5,33 kPa a teplotě 37 °C. Referenční meze se pohybují v rozmezí hodnot od - 2,5 do + 2,5 mmol/l.

Interpretaci výsledky ABR parametrů mohou výrazně ovlivnit deriváty hemoglobinu, které představují chemicky modifikované formy hemoglobinu. Deriváty hemoglobinu významně ovlivňují schopnost krve přenášet kyslík a tím i interpretaci oxymetrických a ABR parametrů. Mezi hlavní deriváty patří:

- **Oxyhemoglobin (HbO_2)** – fyziologická forma hemoglobinu nasycená kyslíkem.
- **Deoxyhemoglobin (Hb)** – hemoglobin bez navázaného kyslíku.
- **Karboxyhemoglobin ($COHb$)** – hemoglobin vázaný na oxid uhelnatý; má vyšší afinitu než kyslík a blokuje jeho přenos.
- **Methemoglobin ($MetHb$)** – hemoglobin s železem ve formě Fe^{3+} , který není schopen vázat kyslík.
- **Sulfhemoglobin ($SulfHb$)** – vzácná, nevratná forma vznikající při expozici sulfonamidům nebo toxickým látkám.

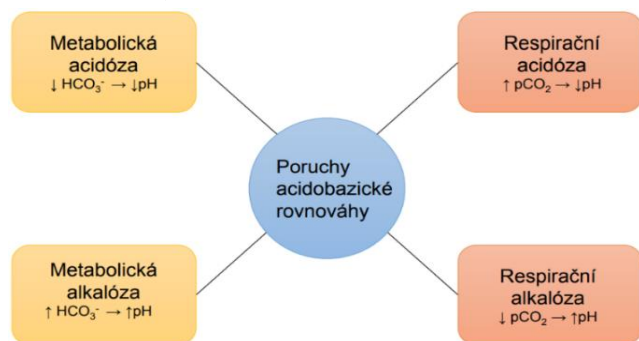
Pulzní oxymetrie nerozlišuje mezi HbO_2 a $COHb$ či $MetHb$ – může tedy poskytovat falešně normální hodnoty saturace. Při podezření na otravu oxidem uhelnatým nebo methemoglobinemii je nutné proto provést rozšířenou analýzu krevních plynů.

Na udržování ABR se nejvíce podílí **plicé, ledviny** a také **játra**. Při plicní kompenzaci dochází ke **změně intenzity dýchání**. Hyperventilací při acidóze dochází ke zvýšené eliminaci CO_2 , spotřebovávají se vodíkové ionty, kterých je přebytek. Při metabolické alkalóze je CO_2 v krvi hypoventilací zadržován a vodíkové ionty jsou doplňovány. U ledvinné kompenzace dochází k více mechanismům. Vylučování amonného iontu (při acidóze ke zvýšenému a při alkalóze ke sníženému), k vylučování fosfátu (při alkalóze dojde k vylučování HPO_4^{2-} a při acidóze dojde k vylučování $H_2PO_4^-$) a



nakonec ke změně syntézy hydrogenuhličitanu a k jeho přesunu do krve či do moči. Při acidóze nastane zvýšení jeho syntézy a přesunu do krve, při alkalóze dochází k omezení syntézy a vyloučení močí. Jaterní kompenzace se podílí především tvorbou protonů při vzniku močoviny (vznikající H^+ ion slouží k neutralizaci HCO_3^-). Stoupne-li pH krve, stoupne i syntéza močoviny.

Obrázek 1: Poruchy ABR



Poruchy ABR podle původu:

- metabolická (projevem je změna HCO_3^-),
- respirační (projevem je změna pCO_2),
- kombinované (nejčastější).

Poruchy ABR podle výsledku:

- metabolická acidóza (**MAC**) zahrnuje všechny stavy, u kterých dochází k nadměrné tvorbě kyselých iontů (hladovění, diabetická ketoacidóza, ztráta hydrogenuhličitanů průjmem a selhávání ledvin, intoxikace salicyláty).
- metabolická alkalóza (**MAL**) způsobená ztrátou kyselin při zvracení, zvýšeným příjmem hydrogenuhličitanů infuzemi nebo některými složkami potravin (sodné a draselné organické soli z ovoce a zeleniny).
- respirační acidóza (**RAC**) vzniká nedostatečnou funkcí dýchání a tím vylučování CO_2 (zánět plic, chronická bronchitida, slabost dýchacích svalů, zranění hrudníku).
- respirační alkalóza (**RAL**) např. u hlubokého dýchání (u citového rozrušení) a toxického dráždění dýchacího centra (např. salicyláty).

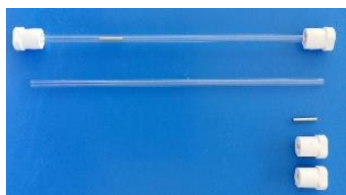
Výsledky ABR nutno vždy posuzovat s ostatními laboratorními nálezy, anamnézou a klinickým stavem.

Doporučeným odběrem pro měření acidobazické rovnováhy (ABR) je odběr kapilární nebo arteriální krve (venózní odběr je nejméně vhodný).

Správný postup **odběru** kapilární nebo arteriální krve pro stanovení ABR vyžaduje precizní techniku:

- Odebírá se anaerobně do kapilár určených pro odběr ABR (heparizované). Krev v kapiláře nesmí obsahovat bublinky vzduchu, jinak je náběr znehodnocen. Kapilára se nasazuje těsně k místu vpichu a krev se odebírá ze středu kapky, aby se zabránilo průniku vzduchu do kapiláry a vzniku bublin.

Obrázek 2: Kapilára pro odběr ABR



Obrázek 3: Stříkačky pro odběr ABR



- Místo vpichu musí být dostatečně prokrvené, není-li vzorek bude reprezentovat pouze místní tkáň, nikoli celkový stav pacienta.
- Dezinfekční prostředek se nechá zcela oschnout (zabránění hemolýzy).
- První kapka krve se otře (zředěná tkáňovým mokem).
- Krev by měla samovolně vytékat, místo odběru není vhodné mačkat ani masírovat (mísí se s tkáňovým mokem).
- Po naplnění kapiláry se vloží drátek, kapilára se uzavře na obou koncích a pomocí magnetu se důkladně promíchá.
- Přeprava do laboratoře musí být co nejdříve a kapilára se vzorkem se musí uchovávat v chladu.

Vypracoval: kolektiv biochemie

Literatura:

KOSTELNÍKOVÁ Elena, KOZIELOVÁ Daniela, KOZIEL Vlastimil, <https://www.akutne.cz/algorithm/cs/174-acidobazicka-rovnovaha/> ISSN 1803-179X
ŠOLCOVÁ Marie, *Poruchy ABR*, <https://postudium.lfpa.cuni.cz/course/view.php?id=441> ISSN 1803-8999
JABOR Antonín, *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1221-5
LEDVINA Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMÁN, *Biochemie pro studující medicíny*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1415-1
ROKYTA Richard, *Fyziologie*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1
MOUREK Jindřich, *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra. ISBN 978-80-247-3918-2
DASTYCH Milan, *Klinická biochemie: bakalářský obor Zdravotní laborant*. 3. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-7788-1
HOLIBKOVÁ Alžběta, LAICHMAN Stanislav, *Přehled anatomie člověka*. 5. vydání Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. Skripta ISBN 978-80-244-2615-0
KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.