

Vztah mezi pH a diferencí silných iontů (SID) ve vnitřním prostředí

Schück O.¹, Matoušovic, K.²

¹Institut klinické a experimentální medicíny, Praha

²Interní klinika UK 2. LF a FN Motol, Praha

SOUHRN

Hodnocení poruch acidobázické rovnováhy vycházející z Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice umožňuje posoudit, jak dalece se na změně pH vnitřního prostředí podílí složka respirační (podle $p\text{CO}_2$) a složka nerespirační, resp. metabolická (podle HCO_3^-). Novější přístup k hodnocení acidobázického stavu podle Stewarta a Fencla, který vychází z podrobnější fyzikálně-chemické analýzy, prokazuje, že metabolickou příčinou poruchy acidobázické rovnováhy nelze charakterizovat pouze $[\text{HCO}_3^-]$. Podle této novější koncepce je třeba uvážit působení tzv. nezávislých faktorů, tj. takových, které se navzájem neovlivňují a jejichž koncentrace ve vzájemné interakci určuje pH roztoku. Nezávislé faktory jsou následující: 1. diference koncentrací silných iontů (SID), 2. celková koncentrace netěkavých slabých kyselin $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ a 3. v souladu s koncepcí Hendersona a Hasselbalcha též $p\text{CO}_2$. Hodnocení poruch acidobázické rovnováhy v klinické praxi tradičně vychází z posuzování pH vnitřního prostředí (i když tato hodnota může zůstat v mezích normy při kombinaci několika poruch acidobázické rovnováhy). Ve snaze zachovat toto tradiční posuzování a přitom současně respektovat Stewartův-Fenclův princip, jsme se pokusili odvodit rovnici, která vyjadřuje pH vnitřního prostředí pouze na podkladě těchto tří nezávislých veličin. Tento rozbor ukazuje, že pH vnitřního prostředí je pro danou hodnotu $p\text{CO}_2$ určeno diferencí SID – $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$.

Zhodnocení jednotlivých členů rovnice umožňuje klinikovi posoudit, která změna nezávislé veličiny (nebo jejich kombinace) je příčinou poruchy acidobázické rovnováhy.

V závěru sdělení uvádíme příklady praktického užití této rovnice.

Klíčová slova: acidobázická rovnováha, Hendersonova-Hasselbalchova rovnice, Stewartův-Fenclův princip.

SUMMARY

Schück O., Matoušovic, K.: Relation between pH and Strong Ion Difference (SID) in Body Fluids

Acid-base balance evaluation according to the Henderson-Hasselbalch equation enables to assess what is a contribution of respiratory ($p\text{CO}_2$) and/or non-respiratory (metabolic, HCO_3^-) components to the acid-base balance status. A new approach to acid-base balance evaluation according to Stewart-Fencl, which is based on a detail physical-chemical analysis of body fluids, shows that metabolic acid-base balance disorders are characterized not only by $[\text{HCO}_3^-]$. According to this concept the independent variables (variables which can change primarily and independently of each other) must be taken into account. The abnormality of concentration of one or more independent variable(s) determines the pH of a solution. The independent variables are: (1) The strong ion difference (SID); (2) The total concentration of nonvolatile weak acids $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$; (3) In agreement with the Henderson-Hasselbalch concept it is also $p\text{CO}_2$. Traditional evaluation of acid-base balance disorders is based on the pH of body fluids (though pH may be within a normal range even if several acid-base balance disturbances are present). In order to maintain this traditional view and to simultaneously respect the Stewart-Fencl principle, we invented a new equation, which uses only the independent variables to define the pH of body fluids. This analysis shows that for a given value of $p\text{CO}_2$, the pH of body fluids is determined by a difference between SID and $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$.

An evaluation of the individual components of this equation enables to detect, which of the independent variables (or combination of the independent variables) is deviated from a normal range and therefore which one (or ones) is a cause of the acid-base balance disorder. At the end of this paper we give examples of a practical application of this equation.

Key words: acid-base balance, Henderson-Hasselbalch equation, Stewart-Fencl principle.

Stav acidobázické rovnováhy vnitřního prostředí je tradičně posuzován podle veličin obsažených v Hendersonově-Hasselbalchově rovnici, která je logaritmickým vyjádřením disociační konstanty kyseliny uhličitě.

Poruchy acidobázické rovnováhy v metabolické složce posuzujeme podle sérové koncentrace bikarbonátů a poruchy respirační podle $p\text{CO}_2$. Pro klinické potřeby byl tento postup propracován Astrupem (1).

Klinickým pracovníkům je však již delší dobu známo, že stav acidobázické rovnováhy může být ovlivněn chloridy, a o fyziologickém roztoku víme, že má acidifikační účinek, což z Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice nevyplývá.

Principy, které určují vliv silných iontů na stav acidobázické rovnováhy, podrobně propracoval začátkem 80. let minulého století Stewart (14) a pro klinické po-

třeby upřesnil Fencl (3, 4, 5). Na základě podrobného fyzikálně-chemického rozboru Stewart definoval dvě nezávisle proměnné veličiny, které podle jeho pojetí umožňují přesněji definovat metabolické změny acidobázické rovnováhy:

- diferenci silných iontů (SID – strong ion difference),
- celkovou koncentraci slabých neprchavých kyselin $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$, reprezentovaných albuminem a anorganickým fosfátem.

Respirační poruchy acidobázické rovnováhy jsou i v Stewartově pojetí posuzovány podle $p\text{CO}_2$. Podle Stewarta je výpočet SID následující:

$$\text{SID} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] - [\text{Cl}^-] - [\text{UA}^-] \quad \{1\}$$

V této rovnici $[\text{UA}^-]$ značí koncentraci neurčených silných aniontů (např. ketokyselin, laktátu, exogenních látek aj.).

Normální hodnota SID činí 39 ± 1 mmol/l (5). Hodnoty menší než 38 jsou vyjádřením metabolické acidózy a hodnoty větší než 40 jsou vyjádřením metabolické alkalózy.

Přesné měření SID není jednoduché (v důsledku obtíží při stanovení $[UA^-]$), proto bylo významným přínosem Fencla et al. (5), že odvodili rovnici, jejíž pomocí lze vypočítat hodnotu SID na podkladě vztahu vyplývajícího z principu elektroneutality tělesných tekutin:

$$SID = [HCO_3^-] + k_1[Alb] + k_2[P_i] \quad \{2\},$$

kde k_1 a k_2 jsou konstanty závislé na pH (viz níže) a určují, jaký náboj (v mmol/l) je nesen albuminem a anorganickým fosfátem.

Součet $k_1[Alb] + k_2[P_i]$ se značí jako $[A_{tot}^-]$, což je celková koncentrace disociované formy slabých neprchavých kyselin (viz dále).

Náboj nesený molekulami albuminu lze vypočítat podle vztahu:

$$[Alb^-] = [Alb] \times (0,123 \times pH - 0,631) \quad \{3\}$$

a náboj nesený anorganickým fosfátem

$$[P_i^-] = [P_i] \times (0,309 \times pH - 0,469) \quad \{4\}$$

Pro hodnotu pH 7,40 jsou $k_1 = 0,28$ a $k_2 = 1,8$.

Rozlišování acidózy a alkalózy na tradičním podkladě a podle Stewartova-Fenclova přístupu se může výrazně lišit. V praxi (viz též příklad 2, uvedený na konci této práce) může např. pH indikovat alkalózu, kdežto hodnota SID je dokladem metabolické acidózy (13). Je proto otázkou, které z obou hodnocení odchylky od normy je správné, či zda tento rozpor je pouze projevem nedostatečně upřesněné terminologie. Podrobnější informace o užití Stewartovy metody v klinické praxi byly již v naší literatuře podrobněji popsány v pracích Jabora et al. (8), Kazdy et al. (9), Matoušovice et al. (10, 11) a Večeře et al. (15).

Domníváme se, že z fyziologického hlediska a biochemického pohledu nelze pochybovat o tom, že máme-li např. hodnotit vliv acidobazického metabolismu na aktivitu enzymů, činíme tak na podkladě pH. Je otázkou, zda aktivitu enzymů lze hodnotit na podkladě SID (v komplexu s dalšími nezávislými veličinami, které určují pH roztoku). Nelze pochybovat o tom, že aktivita některých enzymů je významně závislá na některém silném iontu. Tato problematika bude zřejmě vyžadovat ještě další podrobnější výzkum na molekulární úrovni.

V této práci zaměřené na klinické potřeby se pokoušíme zjistit, v jakém vztahu jsou pH, SID a $[A_{tot}^-]$ ve vnitřním prostředí. Matematické vyjádření tohoto vztahu by mělo praktický význam, neboť by umožnilo definovat vliv silných iontů (a jak dále uvidíme i slabých neprchavých kyselin $[A_{tot}^-]$) na pH vnitřního prostředí (6, 7).

Tento problém jsme řešili následujícím způsobem: 1. Vycházíme ze známé Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice:

$$pH = 6,1 + \log \frac{[HCO_3^-]}{0,03 \times pCO_2} \quad \{5\}$$

2. Domníváme se, že je velkou výhodou, že SID je možno vypočítat dvojím způsobem, a to buď na podkladě Stewartovy rovnice {1}, nebo podle Fenclovy rovnice {2}. Z Fenclovy rovnice vyplývá pro výpočet $[HCO_3^-]$ vztah: $[HCO_3^-] = SID - (k_1[Alb] + k_2[P_i]) = SID - [A_{tot}^-]$ {6}

Kdyby se pH vnitřního prostředí pohybovalo poblíž 7,40, bylo by tuto rovnici možno vyjádřit jako:

$$[HCO_3^-] = SID - (0,28[Alb] + 1,8[P_i]) \quad \{7\}$$

3. Sérový albumin a fosfor jsou označovány jako slabé neprchavé kyseliny a jsou ve Stewartově-Fenclově koncepci považovány za třetí nezávislý faktor (další jsou pCO_2 a SID) ovlivňující acidobazickou rovnováhu. Součet koncentrací těchto látek se označuje jako $[A_{tot}^-]$ a součet nábojů jimi nesených se značí $[A_{tot}^-]$:

$$[A_{tot}^-] = k_1[Alb] + k_2[P_i] \quad \{8\}$$

Z rovnice {7} vyplývá prakticky důležitý závěr o významu $[A_{tot}^-]$: Dosadíme-li do rovnice {7} normální hodnoty hydrogenukarbonátu (24 mmol/l) a SID (39 mmol/l), snadno vypočteme, že $[A_{tot}^-]$ činí 15 mmol/l. $[A_{tot}^-]$ se tedy podílí na metabolické složce acidobazické rovnováhy významnou měrou, jak vyplývá ze srovnání s hodnotou SID (norma 39 mmol/l).

4. S ohledem na výše uvedené poznámky lze původní Hendersonovu-Hasselbalchovu rovnici upravit takto:

$$pH = 6,1 + \log \frac{SID - [A_{tot}^-]}{0,03 \times pCO_2} \quad \{9\}$$

nebo v rozepsané formě na základě rovnic 1 a 8:

$$pH = 6,1 + \log \frac{([Na^+] + [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] - [Cl^-] - [UA^-]) - (k_1[Alb] + k_2[P_i])}{0,03 \times pCO_2} \quad \{10\}$$

kde k_1 a k_2 jsou konstanty dané rovnicemi 3 a 4.

Z rovnice {9} je zřejmé, že pro danou hodnotu pCO_2 je hodnota pH určována diferencí mezi $SID - [A_{tot}^-]$ a na základě rovnice {10} je možno charakterizovat odchylky, které způsobily změnu pH.

Domníváme se, že v praxi by bylo možno užít korigovanou Hendersonovu-Hasselbalchovu rovnici následujícím způsobem:

1. Hodnotu SID vypočítáme podle Fenclovy rovnice {2}, avšak vypočítanou hodnotu budeme interpretovat podle Stewartovy teorie 1. Výpočet podle Fencla je snazší, protože nepočítá s těžko stanovitelnou hodnotou $[UA^-]$. Z rovnice pro výpočet SID podle Stewarta {1} je zřejmé, že z kvantitativního hlediska významnou roli mezi kationty má $[Na^+]$, nicméně ani nízké koncentrace ostatních kationtů (kalium, kalcium, magnézium) nelze zanedbat. Z aniontů má základní význam $[Cl^-]$, za patologických podmínek se ovšem mohou uplatnit zvýšené koncentrace $[UA^-]$. Na tuto hodnotu usuzujeme nepřímo na podkladě výpočtu aniontové mezery (anion gap – AG) podle vztahu:

$$AG = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-]) \quad \{11\}$$

U jedinců s odchýlnou sérovou koncentrací albuminu je třeba provést následující korekci:

$$AG_{korig.} = AG_{vypoč.} + 0,25 \times ([Alb]_{norm.} - [Alb]_{změř.}) \quad \{12\}$$

Normální hodnota AG je 16 ± 2 mmol/l.

2. Hodnota $[A_{tot}^-]$ je dána součtem nábojů nesených zejména albuminem a anorganickým fosfátem

$$[A_{tot}^-] = [Alb] \times (0,123pH - 0,631) + [P_i] \times (0,309 \times pH - 0,469) \quad \{13\}$$

Za normálních podmínek průměrná hodnota $[A_{tot}^-]$ činí 15 mmol/l. Změny koncentrace albuminu se uplatňují kvantitativně mnohem významněji než koncentrace $[P_i]$.

3. V korigované formě Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice $p\text{CO}_2$ zaujímá stejné postavení jako v její původní formě. To znamená, že je možno použít tradičního postupu při rozlišování změn $p\text{CO}_2$ na změny kompenzační a na změny podmíněné primární respirační poruchou (12).

Při respirační kompenzaci metabolické acidózy bude tedy poklesu $\text{SID} - [\text{A}_{\text{tot}}^-]$ o každý 1 mmol/l pod hodnotu 24 odpovídat pokles $p\text{CO}_2$ o 1 mm Hg pod hodnotu 40 mm Hg. Při respirační kompenzaci metabolické alkalózy bude každému vzestupu $\text{SID} - [\text{A}_{\text{tot}}^-]$ o 1 mmol/l nad 24 mmol/l odpovídat vzestup $p\text{CO}_2$ o 0,7 mm Hg nad 40 mm Hg.

Uvedený postup tedy sjednocuje konvenční a Stewartovo-Fenclovo pojetí poruch acidobazické rovnováhy. V Hendersonově-Hasselbalchově rovnici je $[\text{HCO}_3^-]$ nahrazeno výrazem $\text{SID} - [\text{A}_{\text{tot}}^-]$. Nová rovnice umožňuje lépe pochopit kaleidoskop příčin odchylky pH od normálu a kauzálně ji upravit tím, že se snažíme znormalizovat hodnoty jednotlivých složek nezávislých veličin, tj. SID , A_{tot}^- a $p\text{CO}_2$.

V následující části uvedeme dva praktické případy užití korigované formy Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice (tab. 1).

Table 1. Examples of acid-base dysbalances

Norm	Norm	Example 1	Example 2
Na^+ mmol/l	142 ± 2	117	159
K^+ mmol/l	4.1 ± 0.3	3.9	3.6
Ca^{2+} mmol/l	2.3 ± 0.1	3	4.2
Mg^{2+} mmol/l	0.8 ± 0.05	1.4	2.2
Cl^- mmol/l	106 ± 2	92	121
P_i mmol/l	1 ± 0.2	0.6	0.5
Alb g/l	44 ± 3	6	9
pH	7.422 ± 0.015	7.33	7.55
$p\text{CO}_2$ mmHg	38 ± 1.5	30	29
HCO_3^- mmol/l	24.5 ± 0.5	15	25.5
$\text{AG}_{\text{measurable}}$ mmol/l	16 ± 2	13	16
$\text{AG}_{\text{recount}}$ mmol/l	16 ± 2	23	25
BE mmol/l	0.3 ± 0.5	-10	2
SID mmol/l	39 ± 1	18	29
$\text{Cl}^-_{\text{corrective}}$ mmol/l	106 ± 2	112	108
UA^- mmol/l	8 ± 2	14.8	19
$\text{UA}^-_{\text{corrective}}$ mmol/l	8 ± 2	18	17
A_{tot}^- mmol/l	13	2.7	3.6

(Passed 5)

Komentář k příkladu 1:

- a) Na základě tradičního přístupu by bylo hodnocení stavu acidobazické rovnováhy následující: Hodnota pH je snižená, jedná se tedy o acidózu. Hodnota $p\text{CO}_2$ je rovněž snižená, takže se nejedná o acidózu respirační, ale metabolickou. Pro tento předpoklad svědčí významný pokles $[\text{HCO}_3^-]$. $\text{AG}_{\text{korig.}}$ (tj. korekce respektující sérovou hladinu albuminu) je významně zvýšený. Můžeme tedy soudit, že v daném případě se jedná o metabolickou acidózu, která je podmíněna retencí neznámého aniontu (kyseliny). Dále bychom mohli podle tradičního postupu posoudit, zda snížení $p\text{CO}_2$ má pouze kompenzační charakter či zda metabolická acidóza je spojena

s primární respirační poruchou ($p\text{CO}_2$ je snižen, mohlo by se jednat o respirační alkalózu). Diference $24 - [\text{HCO}_3^-]_{\text{zjiš.}}$ činí $24 - 15 = 9$ mmol/l. Diference zjištěné hodnoty $p\text{CO}_2$ od normálu činí $40 - 30 = 10$ mm Hg. S ohledem na tuto shodu můžeme soudit, že snížení $p\text{CO}_2$ je projevem respirační kompenzace.

- b) Nyní se pokusíme o rozbor tohoto příkladu z hlediska Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice korigované Stewartovou-Fenclovou koncepcí. Je zřejmé, že SID (vypočtená podle Fenclovy rovnice) je výrazně snižená. Diference mezi normální a zjištěnou hodnotou (ΔSID) činí: $39 - 18 = 21$ mmol/l. Toto snížení SID samo o sobě působí pokles pH, který je však v daném případě malý ($\text{pH} = 7,33$). Na podkladě rovnice {1} můžeme určit, které silné ionty se na snížení SID podílejí. Je to výrazný pokles $[\text{Na}^+]$, jehož koncentrace je 117 mmol/l. Koncentrace Ca^{2+} a Mg^{2+} jsou zvýšeny, avšak toto zvýšení pouze nepatrně koriguje vliv poklesu $[\text{Na}^+]$. Koncentrace chloridů je lehce snižená, avšak diference $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] = 25$ mmol/l (norma 36) se významně podílí na celkovém snížení SID. Zda se ve vnitřním prostředí hromadí $[\text{UA}^-]$, určíme podle výpočtu $\text{AG}_{\text{korig.}}$ stejným způsobem, jako při tradičním postupu. Dospíváme ke stejnému závěru: ve vnitřním prostředí se hromadí nestanovený silný anion. Snížení SID je tedy dáno několika faktory: snížením $[\text{Na}^+]$ a poklesem diference $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-]$ a retencí nestanovených silných aniontů $[\text{UA}^-]$; na retenci usuzujeme ze zvýšení $\text{AG}_{\text{korig.}}$. Pokles SID je v daném případě nepatrně tlumen vzestupem $[\text{Ca}^{2+}]$ a $[\text{Mg}^{2+}]$.

Jak vyplývá z modifikované Hendersonovy-Hasselbalchovy rovnice, zjištěná změna SID však sama o sobě nestačí určit výslednou hodnotu pH, protože se uplatňuje ještě hodnota $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$, kterou je vliv SID buď zvýrazněn, anebo tlumen. Hodnota $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ je v daném případě významně snižená. Toto snížení má alkalizující vliv. Diference mezi normální průměrnou hodnotou a hodnotou zjištěnou ($\Delta[\text{A}_{\text{tot}}^-]$) je $15 - 2,7 = 12,3$ mmol/l. Tato diference je výrazně menší než výše uvedená hodnota ΔSID ($= 21$ mmol/l) a proto výsledkem je metabolická acidóza. Na snížení $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ se kvantitativně uplatňuje především pokles sérové koncentrace albuminu.

Zjištěnou hodnotu $p\text{CO}_2$ interpretujeme tradičním způsobem, jak bylo již výše podrobněji rozvedeno. Celkový závěr při tomto způsobu hodnocení tedy je: jedná se o metabolickou acidózu, neboť $\text{SID} - [\text{A}_{\text{tot}}^-]$ v modifikované Hendersonově-Hasselbalchově rovnici je výrazně sniženo. $\Delta\text{SID} - \Delta[\text{A}_{\text{tot}}^-] = 21 - 12,3 = 8,7$ mmol/l, což je hodnota, která se velmi blíží deficitu hydrogenkarbonátů ($24 - 15 = 9$ mmol/l). Na této metabolické acidóze se významně podílí hromadění neurčených silných aniontů při výrazné hyponatrémii a relativně menším snížení koncentrace chloridů než natria. Rozvoj této metabolické acidózy je tlumen snížením $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ podmíněným především hypalbuminemií a nevelkým snížením P_i . Změny $p\text{CO}_2$ mají pouze kompenzační charakter. Vzhledem ke kombinaci všech uvedených faktorů se relativně výrazný pokles SID neprojevuje větším snížením pH.

Komentář k případu 2:

- a) Tradiční hodnocení by vycházelo z hodnoty pH, která svědčí pro alkalózu. Tuto alkalózu by však bylo obtížné vysvětlit jako metabolickou, protože $[\text{HCO}_3^-]$ je v mezích normy (25,5 mmol/l). Výrazně je sníženo pCO_2 (29 mm Hg), což by nasvědčovalo respirační alkalóze, která však není korigována kompenzačním snížením $[\text{HCO}_3^-]$. Pozoruhodné je, že v daném případě je výrazně zvýšena hodnota $\text{AG}_{\text{korig.}}$. Tradiční způsob interpretace by tedy svědčil o kombinaci respirační alkalózy spojené s metabolickou acidózou.
- b) Při interpretaci nálezů podle korigovaného přístupu je hodnota SID výrazně snížena (29 mmol/l), což přispívá k rozvoji metabolické acidózy. Na hodnotě SID se uplatňuje výrazná hypernatrémie (159 mmol/l). Hodnota $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-]$ se však prakticky nemění (činí 38 mmol/l, norma je 36) a je zřejmé, že dochází k retenci silných neurčených aniontů $[\text{UA}^-]$, což se projevuje zvýšením $\text{AG}_{\text{korig.}}$.
Diference $\text{SID}_{\text{norm.}} - \text{SID}_{\text{zjiš.}}$ činí $39 - 29 = 10$ mmol/l. Na snížení SID se nejvíce uplatňuje retence neurčených silných aniontů, protože diference $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-]$ je v mezích normy. Pokles SID je z malé části tlumený vzestupem $[\text{Ca}^{2+}]$ a $[\text{Mg}^{2+}]$. Hodnocení SID tedy jednoznačně svědčí pro metabolickou acidózu. Hodnota $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ je v daném případě snížena a činí 3,6 mmol/l, takže $\Delta[\text{A}_{\text{tot}}^-] = 15,0 - 3,6 = 11,4$ mmol/l. Tato diference je podmíněna především snížením sérové koncentrace albuminu a pouze z malé části poklesem $[\text{P}_i]$. Z hlediska interpretace těchto nálezů je pozoruhodné, že ΔSID je téměř shodné s $\Delta[\text{A}_{\text{tot}}^-]$, takže výsledné metabolické změny se „ruší“ a nemají vliv na hodnotu pH. Hodnota pCO_2 je tedy hlavním faktorem, který podmiňuje vzestup pH. Závěrem tedy je, že hodnota pH je dána především respirační alkalózou. Nový přístup interpretace však tento závěr dále rozšiřuje o zjištění, že na metabolické poruše se významně uplatňují snížení SID a hypoalbuminémie, přičemž se vliv těchto veličin na pH vzájemně ruší.
Tento příklad současně ukazuje zdánlivou diskrepanci mezi posuzováním acidobazické rovnováhy tradičním způsobem (podle kterého zjišťujeme alkalózu), zatímco detailnější analýza pomocí SID odhalí podstatu a vzájemný vztah metabolických změn. Korigovaná Hendersonova-Hasselbalchova rovnice umožňuje překlenout tuto zdánlivou diskrepanci tím, že definuje pH vnitřního prostředí jako funkci SID, $[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ a pCO_2 .

Použité zkratky:

$[\text{Na}^+]$, $[\text{K}^+]$, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Mg}^{2+}]$, $[\text{Cl}^-]$, $[\text{UA}^-]$ – koncentrace iontů, UA^- jsou ionty běžně nestanovované (laktáty, ketokyseliny, exogenní látky); SID (strong ion difference) – rozdíl náboje mezi silnými kationty a anionty;

$[\text{Alb}]$, $[\text{P}_i]$ – celková koncentrace albuminu (g/l) a anorganického fosfátu (mmol/l);

$[\text{Alb}^-]$, $[\text{P}_i^-]$ – náboj nesený albuminem a anorganickým fosfátem (mmol/l);

$[\text{A}_{\text{tot}}^-]$ – celková koncentrace slabých neprchavých kyselin (tj. albumin a anorganický fosfát);

$[\text{Alb}^-]$ – náboj nesený slabými neprchavými kyselinami (tj. $[\text{Alb}^-] + [\text{P}_i^-]$) (mmol/l)

$\text{AG}_{\text{korig.}}$ – AG korigovaný

$\text{AG}_{\text{vyp.}}$ – AG vypočtený

$\text{Alb}_{\text{norm.}}$ – Alb normální

$\text{Alb}_{\text{změř.}}$ – Alb změřený

$\text{SID}_{\text{norm.}}$ – SID normální

$\text{SID}_{\text{zjiš.}}$ – SID zjištěná

Literatura

1. **Astrup, P., Jorgensen, K., Andersen, O. S., Engwl, K.** The acid-base metabolism. A new approach. *Lancet*, 1969, 1, p. 1035–1039.
2. **Corey, H. E.** Stewart and beyond: New models of acid-base balance. *Kidney int.*, 2003, 64, p. 777–787.
3. **Fencel, V., Rossing, T. H.** Acid-base disorders in critical care medicine. *Ann. Rev. Med.*, 40, 1989, p. 17–29.
4. **Fencel, V., Leith, D. E.** Stewart's quantitative acid-base chemistry: applications in biology and medicine. *Respir. Physiol.*, 1993, 91, p. 1–16.
5. **Fencel, V., Jabor, A., Kazda, A., Figge, J.** Diagnosis of acid-base disturbances in critically ill patients. *Am. J. Crit. Care*, 162, 2000, p. 2246–2251.
6. **Figge J., Rossing, T. H., Fencel, V.** The role of serum proteins in acid-base equilibria. *J. lab. clin. Med.*, 1991, 17, p. 453–467.
7. **Figge, J., Jabor, A., Kazda, A., Fencel, V.** Anion gap and hypoproteinemia. *Crit. Care Med.*, 1998, 26, p. 1807–1810.
8. **Jabor, A., Kazda, A., Hendl, J.** Vhodné veličiny při hodnocení kombinovaných acidobazických poruch: reziduální anionty, nárazníková báze séra, proteiny a delta báze. *Čas. Lék. čes.*, 1990, 129, s. 1615–1620.
9. **Kazda, A., Jabor, A.** Smíšené poruchy acidobazické rovnováhy a jejich diagnóza. *Klin. Biochem. Metab.*, 2000, 8, s. 161–171.
10. **Matoušovic, K., Martínek, V., Kvapil, M.** Acidobazická rovnováha tělesných tekutin a její kvantitativní, fyzikálně-chemické hodnocení. *Aktual. Nefrol.*, 2002, 8, p. 150–156.
11. **Matoušovic, K., Martínek, V.** Analýza a korekce poruch acidobazické rovnováhy na základě Stewartova-Fenclova principu. *Vnitř. Lék.*, 2004, 50, p. 526–530.
12. **Schück, O.** *Poruchy metabolismu vody a elektrolytů v klinické praxi.* Praha: Grada Publishing 2000, 222 s.
13. **Schlichtig, R.** [Base excess] vs [strong ion difference]: which is more helpful? *Adv. Exp. Med. Biol.*, 1997, 411, p. 91–95.
14. **Stewart, P. A.** Modern quantitative acid-base chemistry. *Canad. J. Physiol. Pharmacol.*, 1983, 61, s. 1444–1461.
15. **Večeř, J., Kubátová, H., Charvát, J., Šprongl, L.** Hodnocení acidobazické rovnováhy metodou kvantitativní analýzy. *DMEV*, 2002, 1, s. 23–26.

Do redakce došlo 19. 10. 2004.

Prof. MUDr. Otto Schück, DrSc.
Klinika nefrologie IKEM
Václavská 1958/9
140 21 Praha-Krč