

Několik poznámek k historii interpretace acidobazické rovnováhy

Jabor A.

V dnešní době je interpretace acidobazických poruch ustálená, nevede se již spor mezi „dánskou, klasickou“ koncepcí a postupem, v literatuře označovaným jako „Stewart-Fencel approach“. Naopak, využívá se syntéza obou postupů, která jejich výhody spojuje do jednoho interpretačního přístupu. V dánském modelu (je spojen se jmény Poula Astrupa a Ole Siggaard-Andersena) se při hodnocení vychází ze základních relevantních parametrů - pH, $p\text{CO}_2$, base excess, $p\text{O}_2$ (a dalších ukazatelů oxygenace), prosazuje se používání grafů acidobazické regulace s interpretačními oblastmi, klade se důraz na časový vývoj poruch, jejich kompenzaci a korekci. Nejsou ale dále rozebírány jednotlivé dílčí poruchy, které především v kombinovaných situacích mohou mít opačný a vzájemně se rušící vliv na výchylky pH (např. současný výskyt metabolické acidózy a alkalózy). „Stewartovská“ škola vychází z prací Petera Stewarta a Vladimíra Fencela, je soustředěna na změny v jediném kompartmentu (plazmě), acidobazickou situaci hodnotí jen v daném časovém okamžiku, ale identifikuje jednotlivé dílčí poruchy a dává základ pro logickou terapii. Kombinace obou přístupů společně se zhodnocením anamnézy a stavu pacienta je proto logickým nástrojem pro interpretaci.

Dříve než se obě zmíněné acidobazické školy v klinické medicíně etablovaly, přispěla řada vědců k poznání dílčích souvislostí. Je otázkou, co lze označit za počátek acidobazické historie (podrobnosti uvádí Poul Astrup ve své monografii *The history of blood gases, acids and bases, Copenhagen, Muksgaard 1986*), ale v dnešních pojmech se medicína začala vyjadřovat již před více než 150 lety. Roku 1851 byla Johannem Josephem von Schererem popsána zvýšená koncentrace laktátu v krvi u pacientů s leukémií, souvislost s nedostatkem kyslíku byla popsána až o čtyřicet let později, v roce 1891, Felixem Hoppe-Seylerem u anémie. Roku 1884 byl popsán podklad diabetické acidózy u pacientů v kómatu (nezávisle Eduardem Külzem a Oskarem Minkowským, jako příčina byla odhalena kyselina 3-hydroxymáselná), roku 1887 byla Rudolfem von Jakschem poprvé popsána uremická acidóza. Naši medicíni a lékaři měli k dispozici moderní pohled na acidobazickou problematiku již v učebnici Thomayerové, který

například referuje u diabetického kómatu o „otravě kyselinami (acidosis), zvláště beta-oxymáslovou, které v těle samém se vyvíjejí“ (Josef Thomayer: *Pathologie a terapie nemocí vnitřních, Praha, Bursík a Kohout, 1909*). V roce 1909 byla odvozena Hendersonova rovnice a ve stejném roce navrhl Sørensen pH terminologii. V roce 1916 Hasselbalch převedl Hendersonovu rovnici do logaritmické formy. Jedním z velikánů acidobazické historie byl Donald van Slyke, který v roce 1921 publikoval diagram s osami $\log(\text{H}^+):\log(p\text{CO}_2)$ a v roce 1924 navrhl mnoho let používaný manometrický přístroj pro měření alkalické rezervy. V roce 1929 zdokonalili MacInnes a Dole sklo pro pH elektrody (dále se toto sklo označuje jako 015 pH glass – Corning), komerční pH elektroda byla vyvinuta MacInnesem a Belcherem v roce 1933. Válečné období nepřineslo v oblasti acidobazické rovnováhy nic podstatného, vyvíjely se zřejmě technologie jiného zaměření. Chyby měření byly v té době poměrně velké a na hranici použitelnosti (v roce 1949 uvádí Jaroslav Hořejší ve svých *Základech chemického vyšetřování ve vnitřním lékařství* jako normální rozmezí pH krve interval 7,3 – 7,5, v dnešní době nepřijatelně široké).

V roce 1952 Poul Astrup řešil potřebu měřit $p\text{CO}_2$ při epidemii poliomyelitidy, problém řešil graficky interpolací z grafu $\log(p\text{CO}_2; \text{pH})$. Když v roce 1954 vyvinul v USA Stow $p\text{CO}_2$ elektrodu, byl zklamán nestabilitou odezvy a přenechal další vývoj Johnovi Severinghausovi. Ten přes skeptický Stowův postoj použil hydrogenuhličitanový pufr, elektrodu zdokonalil a dovedl do klinicky použitelného stavu (dnes se tato elektroda označuje jako Severinghausova). Jinou cestou se vydal Astrup, který v roce 1956 navrhl termostatizovanou skleněnou elektrodu v komůrce ekvilibrované oxidem uhličitým (dnes se tento princip nepoužívá). První acidobazický analyzátor obsahující $p\text{CO}_2$ a $p\text{O}_2$ elektrodu předvedli Severinghaus a Bradley v roce 1958, ve stejném roce Astrup a Siggaard-Andersen zavedli kapilární pH mikroelektrodu a koncept base excess (koncept nahradil používání standardního hydrogenuhličitanu, který uvedli Astrup a Jorgensen o rok dříve). Severinghaus ve svém shrnutí základních pilířů pokroku v oblasti acidobazické teorie a praxe označil zavedení ekvilibrační metody s měřením pH a výpočtem $p\text{CO}_2$ a uvedení konceptu base excess za hlavní přínos Poula Astrupa k rozvoji rutinního používání acidobazických vyšetření. V konceptu base excess je promítnuta práce Ole Siggaard-Andersena, jehož medicínské i matematické vzdělání unikátním způsobem změnilo nejen složku posuzování acidobazických nálezů, ale v další práci

i hodnocení kyslíkových parametrů v programu Deep Picture. Přínos Johna Severinghause je hlavně v aplikaci Stowova vynálezu (koncepte oddělení elektrodového systému od krve pomocí izolační, ale plyn propouštějící membrány) a v konstrukci úplně prvního analyzátoru krevních plynů s elektrodami $p\text{CO}_2$ a $p\text{O}_2$ v roce 1957. V následujícím roce 1958 již Severinghaus uvedl první acidobazický analyzátor se třemi elektrodami (pH – navíc optimalizované spojená s referenční elektrodou podle Severinghausova patentu, Stowova a Severinghausova $p\text{CO}_2$ a Clarkova $p\text{O}_2$ elektroda). Bylo to v době, kdy se Astrupova ekvilibrační metoda zdála být v Evropě metodou první volby.

Podrobnější interpretační nástroje na sebe nenechaly dlouho čekat: v roce 1962 publikoval Siggaard-Andersen nomogram s osami $\log(p\text{CO}_2)$:pH pro výpočet $p\text{CO}_2$, hydrogenuhlíčitanu, standardního hydrogenuhlíčitanu a base excess interpolací, v roce 1963 popsal Siggaard-Andersen dlouho používaný spojnícový nomogram (aligment nomogram). Interpretační graf oblastí acidobazické regulace publikoval Siggaard-Andersen v roce 1971, nezávisle na něm vznikl obdobný nomogram u nás (tzv. Englišův nomogram z roku 1972). Významnou změnu v pohledu na interpretaci acidobazické rovnováhy přinesla práce Petera Stewarta, kanadského chemika a farmaceuta. Ten v roce 1983 publikoval koncept nezávisle proměnných acidobazických veličin

a koncept SID (Strong Ion Difference). Na základě tohoto konceptu předložil Vladimír Fencel, pražský rodák pracující v Krči a žijící od 60. let v Bostonu, ucelený a klinicky založený interpretační model (Fencel, 2000). Z našich klinických biochemiků se o prosazování měření acidobazického stavu a monitorování vnitřního prostředí zasloužili především Bedřich Nejedlý, Miroslav Engliš a Antonín Kazda, na Slovensku Rastislav Dzurík a Viktor Rozsival.

Pro mou generaci byla rozhodující kniha Bedřicha Nejedlého (1927 – 2003) vydaná ve dvou vydáních v letech 1974 a 1980. Především druhé rozšířené vydání s názvem *Vnitřní prostředí, klinická biochemie a praxe (Praha, Avicenum 1980)* shrnula přístupy k monitorování vnitřního prostředí unikátním způsobem. Protože se od doby vydání knihy principy měření pH, $p\text{CO}_2$ a $p\text{O}_2$ nezměnily (zvýšila se pochopitelně kvalita a osazení různými elektrodami ve vícekanálových analyzátoch a zdokonalila se především oxymetrie a počítačové zpracování výsledků), je dnešní interpretace acidobazické rovnováhy postavena na stejných základech, jako byly k dispozici v době vzniku Nejedlého monografie. Přesto je jeho kniha v dnešní době inspirující hlubokým propojením kliniky a laboratoře a lze v ní najít mnoho nesmírně důležitých myšlenek a principů. Protože v letošním roce uplynulo 10 let od Nejedlého smrti, je dobré si jeho práci a význam pro klinickou biochemii připomenout.