Acidobazická rovnováha vývoj interpretace nálezů

A. Kazda

Vyšetřování acidobazické rovnováhy před r. 1956

- Bylo měřeno pH krve a vyšetřen celkový CO_2 (Total CO_2) např. van Slykeovým manometrickým přístrojem.
- Celkový CO_2 zahrnuje jak CO_2 uvolnitelný z HCO_3- tak rozpuštěný v krvi.
- Metoda byla pracná, zdlouhavá, přesná jen v rukou zkušených pracovníků.
- Další parametry byly počítány dle Henderson – Hasselbalchovy rovnice.

Po roce 1956 ovládla vyšetření acidobazické rovnováhy Astrupova metoda.

Astrupova ekvilibrační metoda

Celé měření bylo prováděno pouze jedinou pH elektrodou.

Princip: saturace krve stoupající koncentraci CO_2 je vyjádřitelná typickou křivkou.

Jsou-li základnou grafického znázornění hodnoty pH a svislou osu tvoří logaritmická stupnice pCO2 získáme ekvilibrací vzorku krve (plazmy, séra) přímku.

Provedení: Krev byla v AB analyzátoru ekvilibrována ve dvou komůrkách 3 min profukováním směsí O_2 a CO_2 o přesně zjištěné koncentraci CO_2. Ta musela být kolem 4% a 8%.

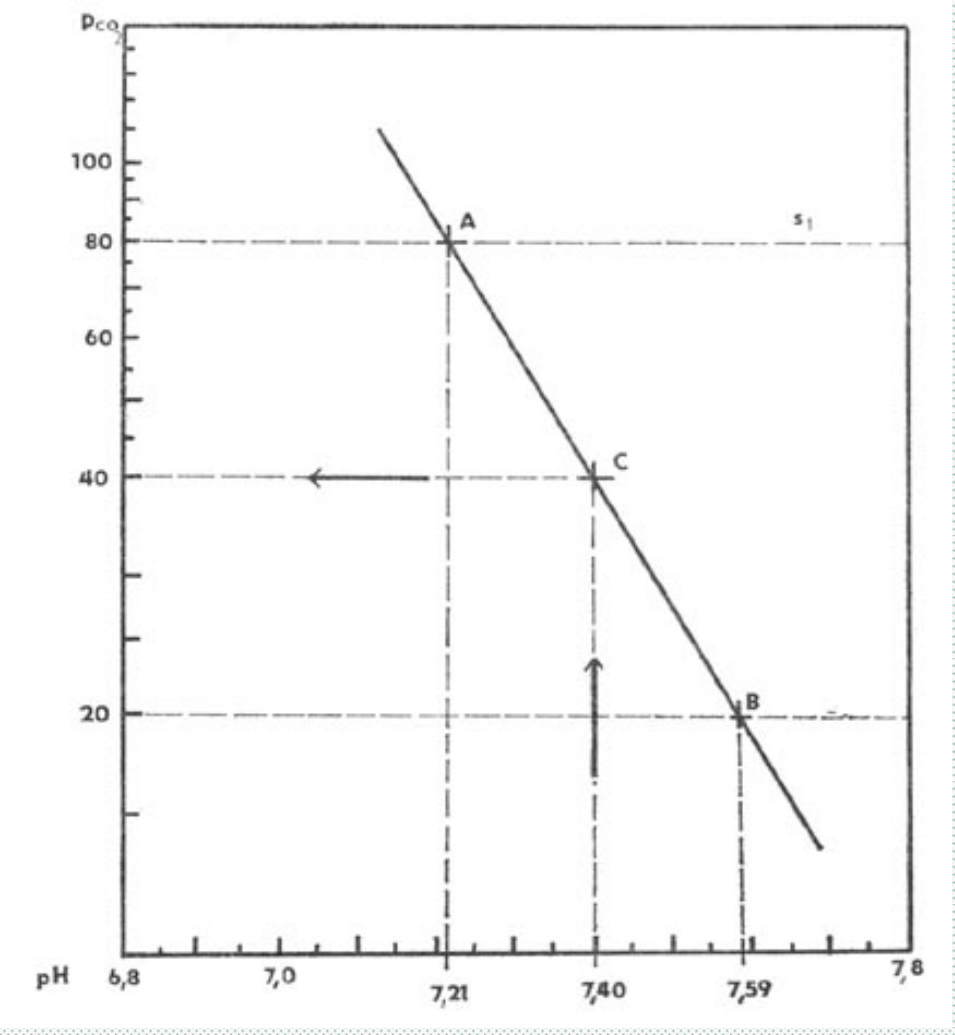
pH krve bylo měřeno ve třech vzorcích:

v anaerobně udržovaném vzorku krve;

ve vzorku ekvilibrovaném nižší koncentrací CO_2;

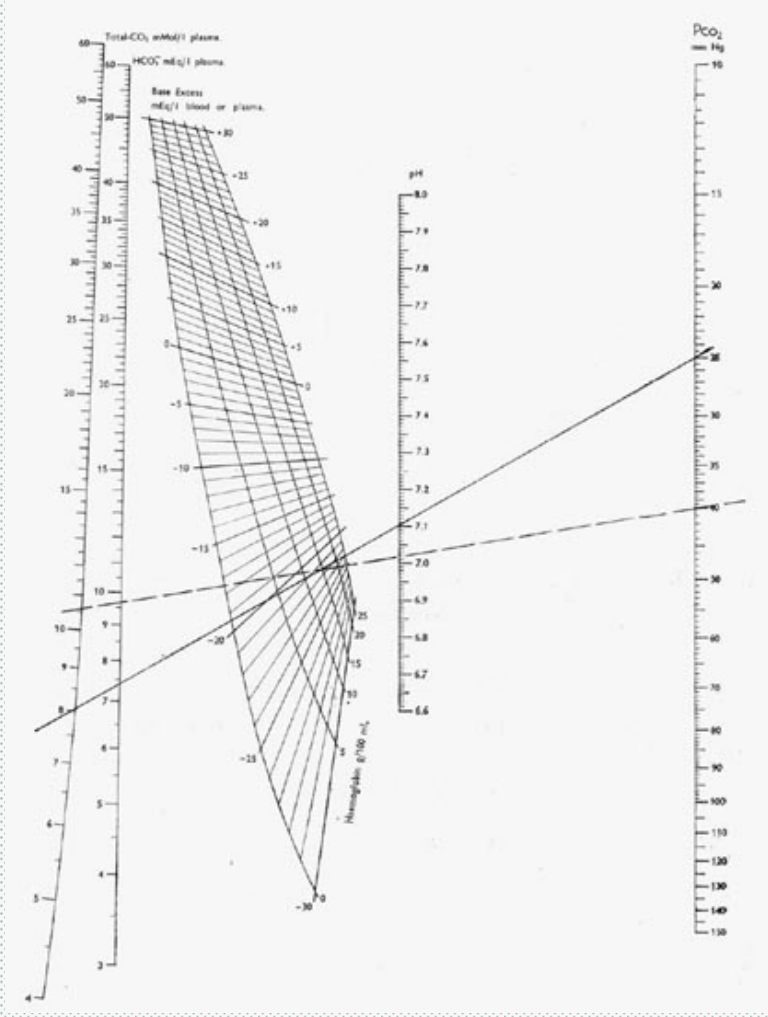
ve vzorku ekvilibrovaném vyšší koncentrací CO_2.

Příklad: při ekvibraci směsí plynů bylo při koncetraci
pCO2 80 torrů naměřeno pH 7,21 (bod A)
pCO2 20 torrů naměřeno pH 7,59 (bod B)



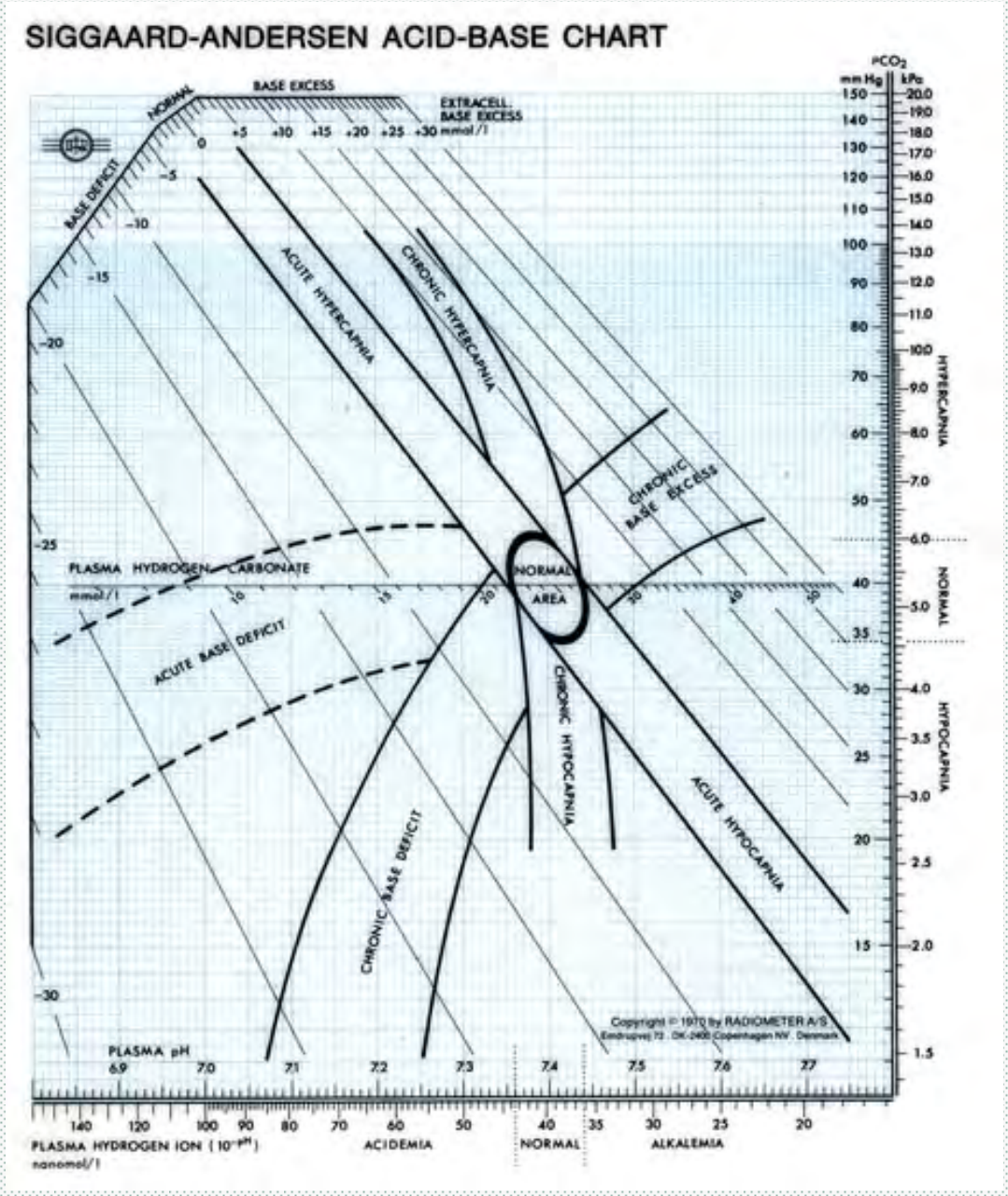
Astrupova metoda a Siggaard-Andersenův nomogram.

Nejedlý 1972



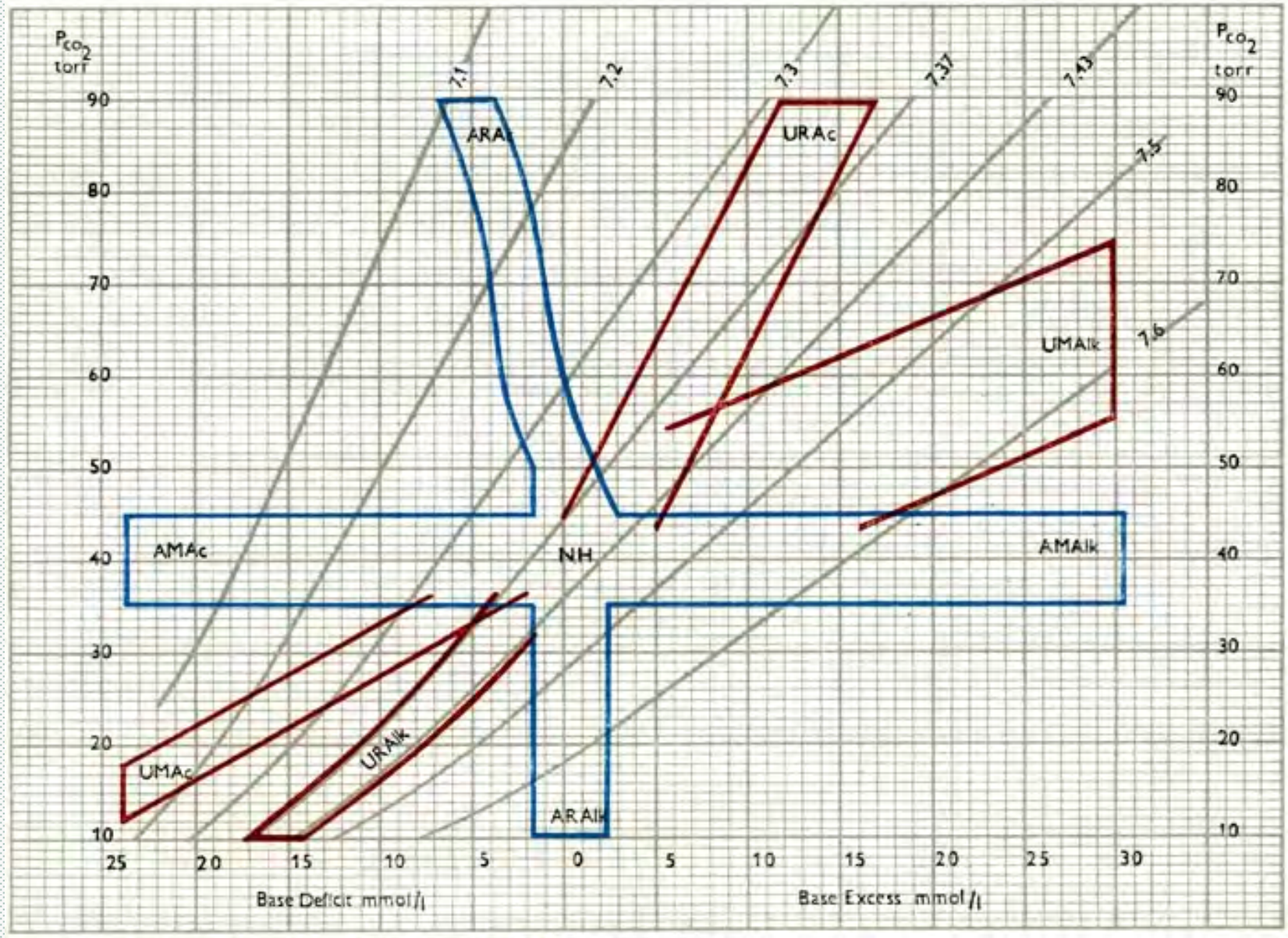
Siggaard-Andersenův alignment nomogram.
Změřené hodnoty: pH 7,1, pCO2 25 torrů, Hb 15g%
aktuální HCO3-: Spojnice obou hodnot protne stupnici HCO3- = 7,3 mEq/l
BE: odečteme na průsečíku spojnice s naměřenou hodnotou Hb = -21.5 mEq/l
Standardní HCO3-: pomocná spojnice BE s hodnotu pCO2 40 torrů = 9,7 mEq/l

Nejedlý 1972

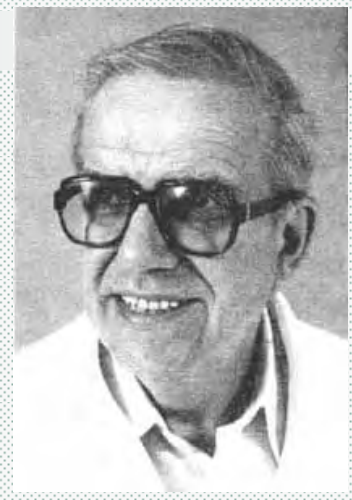


Siggaard – Andersen 1971

Záznamový list acidobazické regulace



Graf acidobazické regulace (M. Engliš, Prakt. lék. 1972)



B. Nejedlý:

Vnitřní prostředí, klinická biochemie a praxe. Avicenum, Praha.

1. vydání 1972, 247 stran
2. vydání 1980, 587 stran

Prim. MUDr. B. Nejedlý nás učil posuzovat acidobazický nález komplexně a diagnostikovat nebo vyloučit smíšené poruchy pomocí anamnézy, klinického stavu i dalších biochemických parametrů:
laktátu, kyslíkových parametrů, poměru Na^+: Cl^-, vztahu K^+ : pH, chemického vyšetření moče (pH, ketonurie) a renálních funkcí.

Stav acidobazické rovnováhy v tělesných tekutinách je určován nezávisle proměnnými veličinami

P. A. Stewart, V. Fencl

Stav acidobazické rovnováhy v tělesných tekutinách je určován nezávisle proměnnými veličinami.

V plazmě in vivo patří mezi tyto nezávislé veličiny:

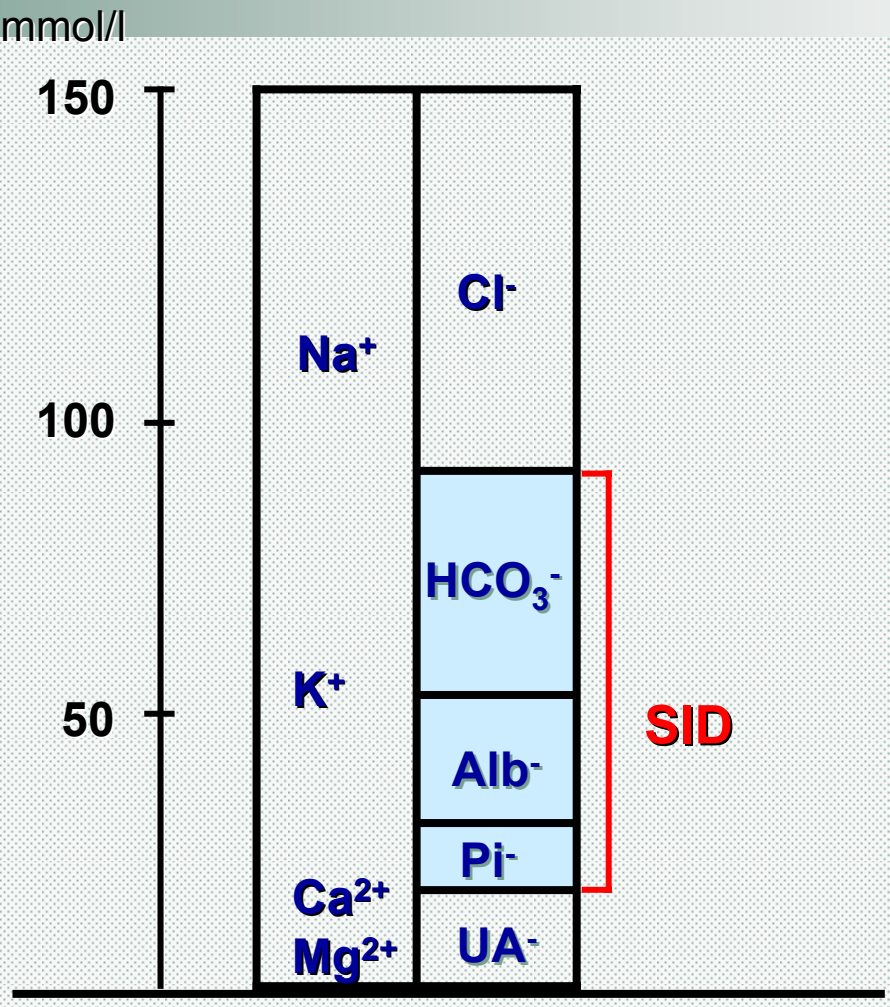
1. **PCO_2**
2. **Diference silných iontů (SID).** Je to diference mezi sumou všech silných (plně disociovaných, chemicky nereagujících) kationů (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) a všemi silnými aniony (Cl^- a další silné aniony)
3. **Koncentrace netěkavých slabých kyselin (A_{tot}),** tj. suma látkových koncentrací negativních nábojů albuminu a anorganického fosforu.

Žádná z dalších acidobazických proměnných (tj. **pH,[HCO_3^-], BE**) se nemůže změnit primárně. Jsou to **závislé hodnoty**, které se mění jen v závislosti na změně nezávisle proměnných veličin.

Dělení acidobazických poruch dle Stewarta modifikováno Fenclem

Porucha	ACIDÓZA	ALKALÓZA
I. **Respirační**	⬆PCO_2	⬇PCO_2
II. **Nerespirační - metabolická** 1. Abnormální SID a. Voda nadbytek/deficit	⬇SID ⬇$[Na^+]$	⬆SID ⬆$[Na^+]$
b. Dysbalance silných aniontů - Chloridy nadbytek/deficit - Neměřené anionty nadbytek	⬆$[Cl^-]$ ⬆$[UA^-]$	⬇$[Cl^-]$ -
III. 2. Netěkavé slabé kyseliny a. Sérový albumin b. Anorganické fosfáty	- ⬆[Pi]	⬇[Alb] -

Fencl et al. Am. JRespir Crit Care 2000;162(6):2246-2251
Funk. Wien Clin Wschr 2007;119(13-14):390-403

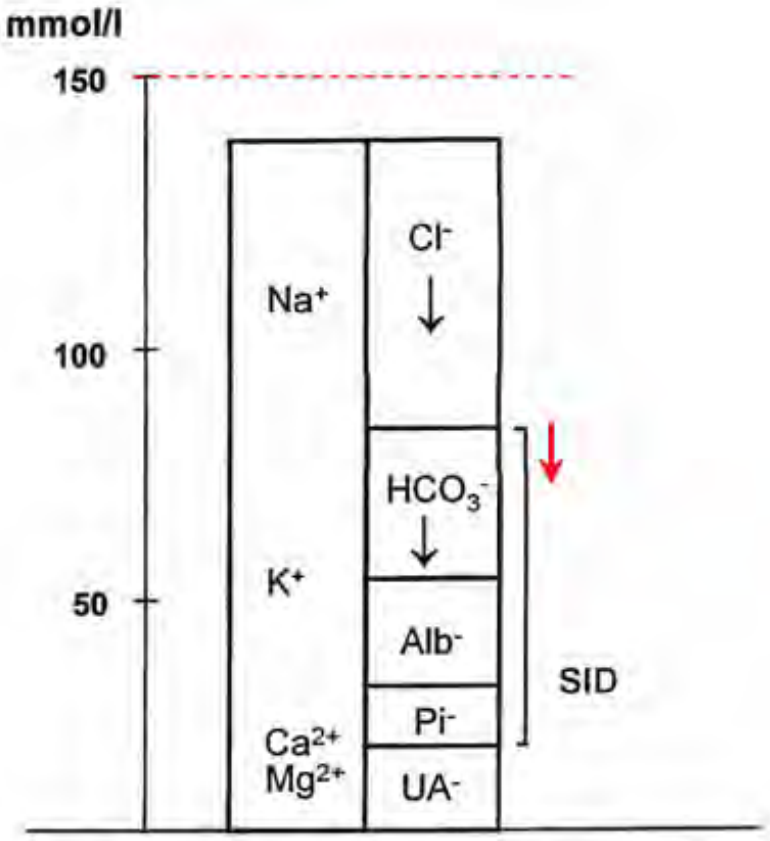


Diference silných iontů - SID

vše mmol/l jen albumin g/l

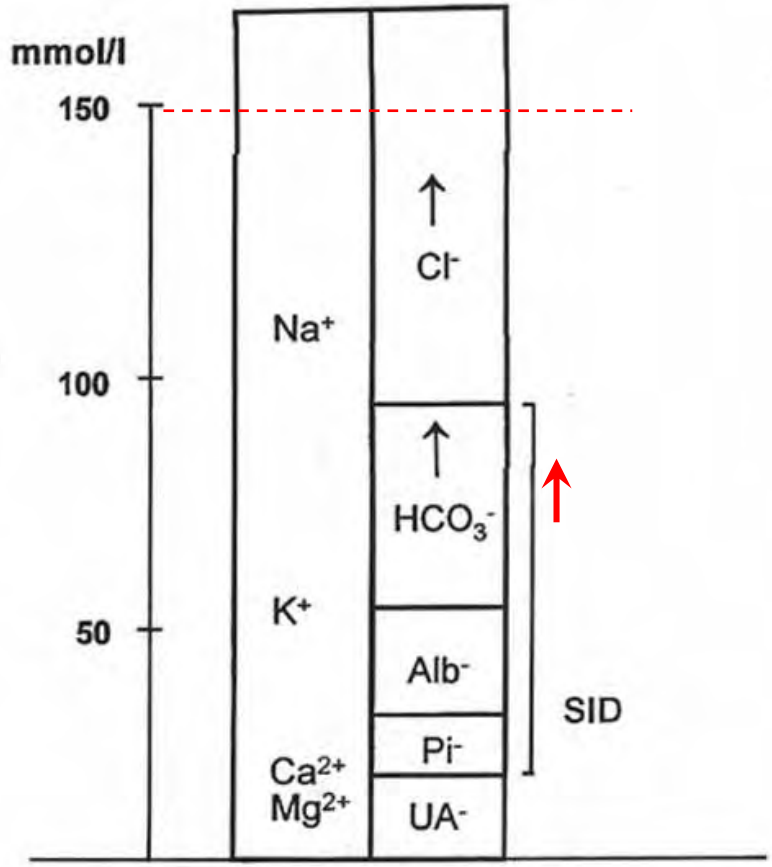
$SID = [Na^+] + [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] - ([Cl^-] + [UA^-])$

$SID = [HCO_3\text{-}] + 0.28 \times [Alb] + 1.8 \times [Pi]$



Diluční acidóza

Při hyponatrémii se snižuje prostor pro HCO^-_3 i pro Cl^-. Pokles S_Na^+ o 10 mmol/l způsobí snížení BE o cca 3 mmol/l. Hodnota SID klesá.



Koncentrační alkalóza

Při hypernatrémii se zvyšuje prostor pro HCO^-_3 i pro Cl^-. Zvýšení S_Na^+ o 10 mmol/l způsobí zvýšení BE o cca 3 mmol/l. Hodnota SID stoupá.

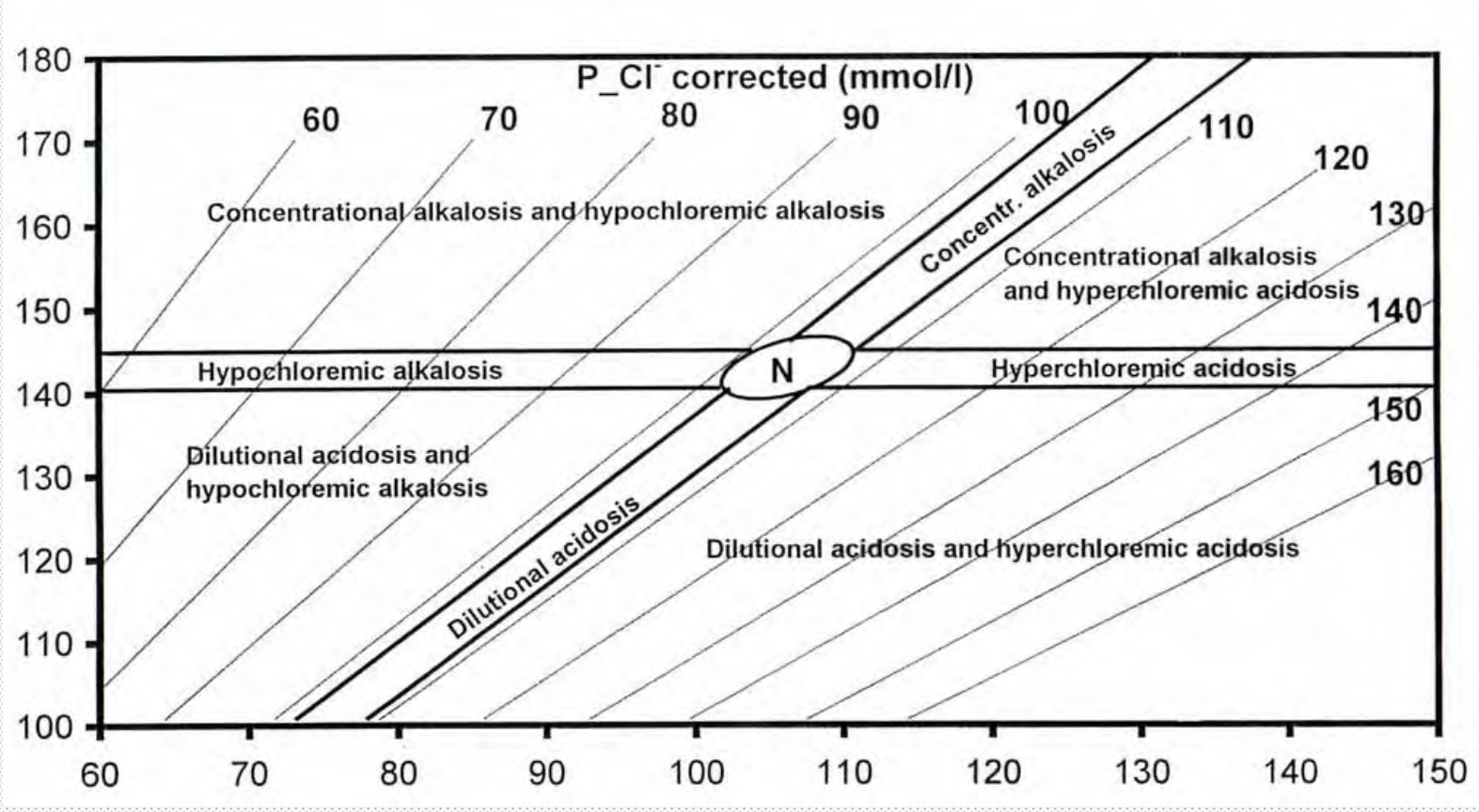
Chloridový anion korigovaný

Výpočet určuje, jak by se při aktuální hypo-, resp. hypernatrémii, změnila hodnota plazmatických (sérových) chloridů, kdyby došlo k normalizaci natrémie.

Výpočtem se tedy zjišťuje, zda při aktuální dysbalanci natrémie je hodnota chloridů změněna více nebo méně, než odpovídá změně natrémie.

$$[Cl^-]_{korig} = [Cl^-]_{zjišť} \times [Na^+]_{norm} / [Na^+]_{zjišť}$$

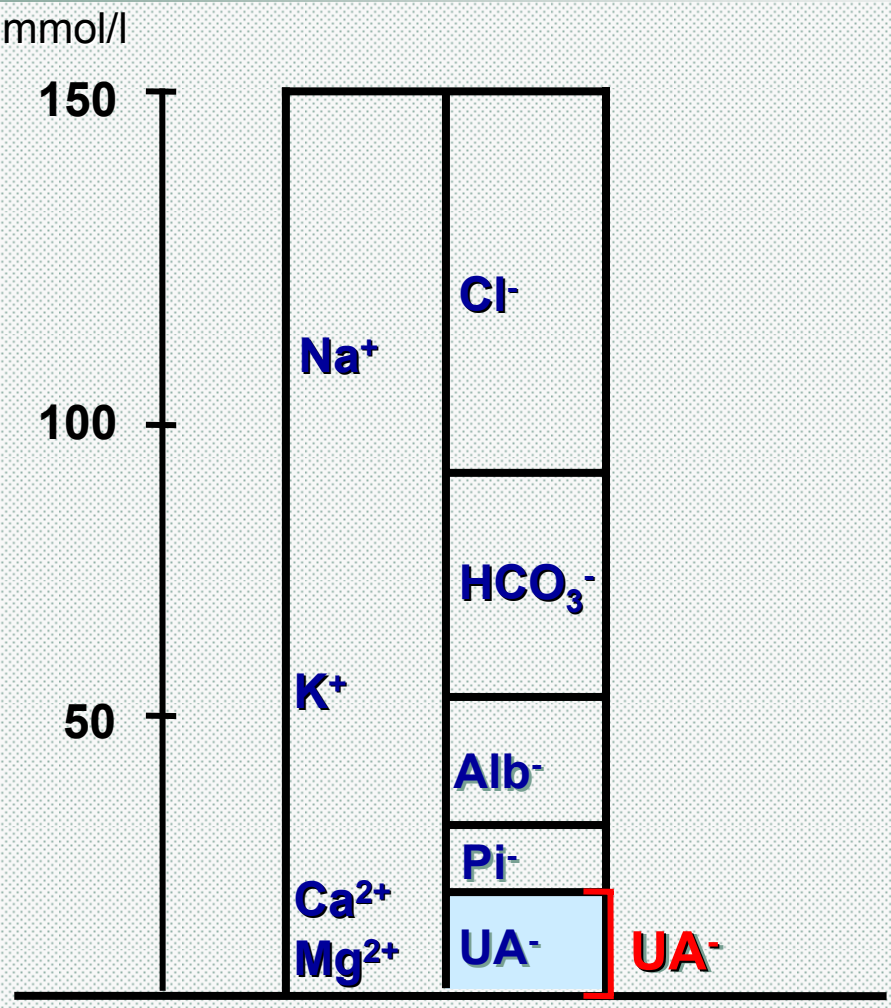
Klasifikace poruch natriového a chloridového iontu



P_Na⁺ measured (mmol/l)

P_Cl⁻ measured (mmol/)

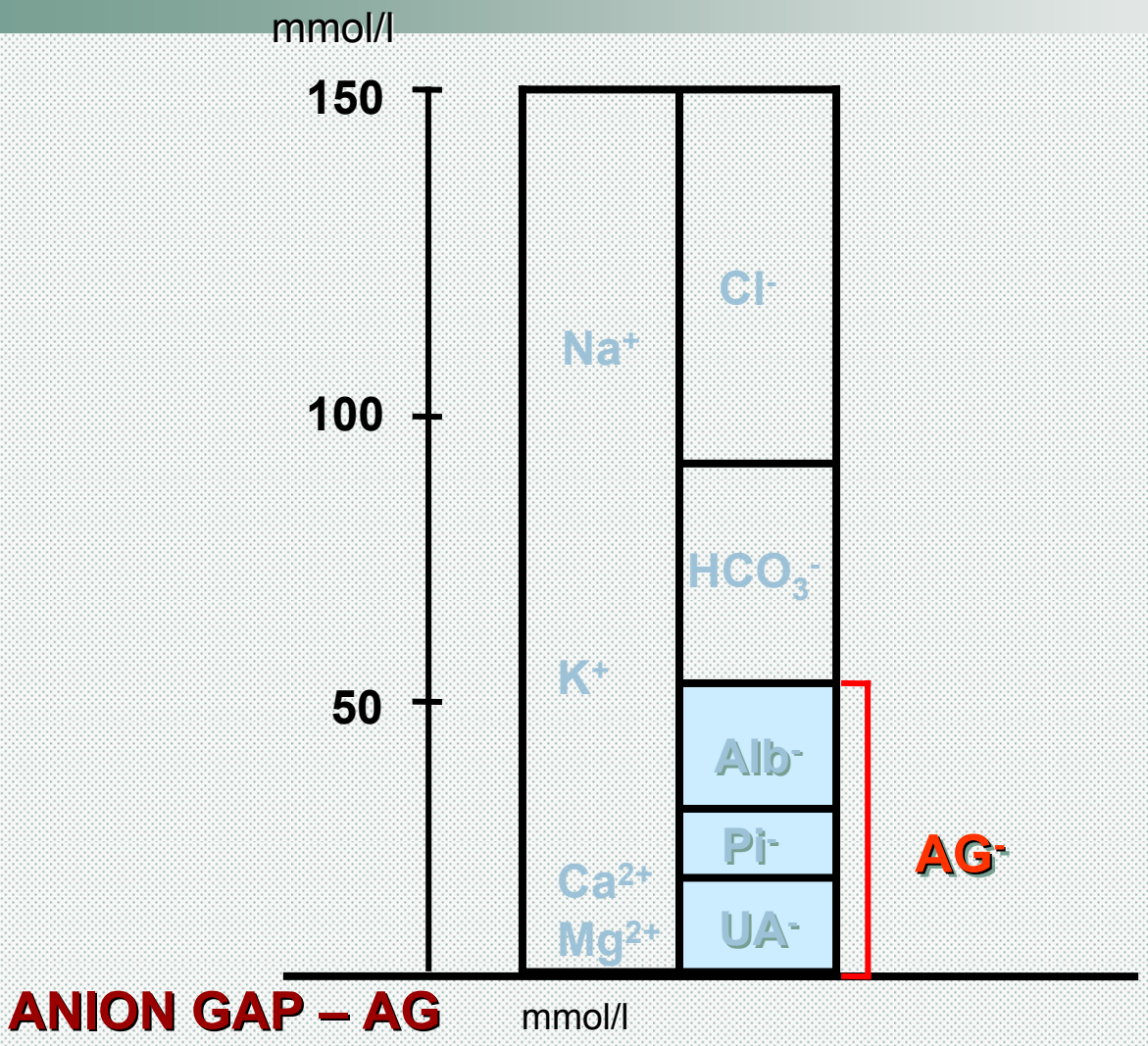
Kazda, Jabor, 2002



Neměřené anionty - UA^-

mmol/l

$$[UA^-] = [Na^+] + [K^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] - ([Cl^-] + SID)$$



AG = $[Na^+] + [K^+] – ([Cl^-] + [HCO_3^-])$

AG = $[Na^+] – ([Cl^-] + [HCO_3^-])$

$AG_{korig} = AG + 0.25 \times ([Alb]_{norm} – [Alb]_{zjišť})$

(kde $[Alb]_{norm} – [Alb]_{zjišť}$ představují normální a zjištěný plazmatický albumin v g/l)

Biochemické parametry potřebné při hodnocení acidobazického nálezu

1. **Acidobazické:**

   pH, pCO_2, BE, HCO_3- aktuální

2. **Pro výpočty nezávisle proměnných veličin hodnoty v séru (plazmě):**

   Na+, K+, Cl-, P, Ca, Mg, albumin

3. **K doplnění informací:**

   laktát, kyslíkové parametry, pH moče, ketonurie, urea, kreatinin

parametr	**referenční meze mmol/l**
anion gap (AG, aniontové okno)	**14 - 18**
strong ion difference (SID)	**37 - 41**
korigované chloridy	**102 - 105**
neměřené anionty	**6 - 10**
náboj albuminu	**11,2** (pro pH 7,4 a P_alb 40 g/l)
náboj na fosfátech	**1,8** (pro pH 7,4 a P_fosfáty 1,0 mmol/l)

Jabor 2008

Příklad nemocného s diagnózou:

Stav po operaci pro ulcus pylori penetrans ad vesicam felleam.

V dvoutýdenním pooperačním období průjmy, dehydratace, zmatenost, spavost.

Vyšetření v 3. týdnu, dosud několik řidších stolic denně, diuréza kolem 1500 ml/den.

Měřené parametry				Vypočítané parametry	
$[Na^+]$	159 mmol/l	[urea]	29 mmol/l	$[HCO^-_3]$	25,5 mmol/l
$[K^+]$	4,6 mmol/l	[kreat]	390 mmol/l	$Ag_{zjišť}$	26,1 mmol/l
[Ca]	2,1 mmol/l	[lakt]	2,2 mmol/l	Ag_{korig}	28,6 mmol/l
[Mg]	0,87 mmol/l			BE_b	+1 mmol/l
$[Cl^-]$	112 mmol/l			BE_{ect}	+ 1,3 mmol/l
[Pi]	2,5 mmol/l			SID	38,7 mmol/l
[Alb]	30 g/l			$[Cl^-]_{korig}$	98,6 mmol/l
pCO_2	5,13 kPa			$[UA^-]_{korig}$	14 mmol/l
pH	7,410				

Hodnocení: **Nález ABR je v mezích fyziologických hodnot.**

- hodnoty AG a UA jsou zvýšeny – složka MAC
- hypernatrémie, hypoalbuminémie – složka MAL
- protikladné vlivy na SID se vyrovnávají

Závěr: **Smíšená porucha. MAC při renální insuficienci, hyperfosfatémie, MAL při hypernatrémii a hypoalbuminémii.**

ID nemocného (zdravotní zařízení, pracoviště, jméno, příjmení, RČ, datum, doba odběru, materiál ....)

Vyšetření acidobazického stavu

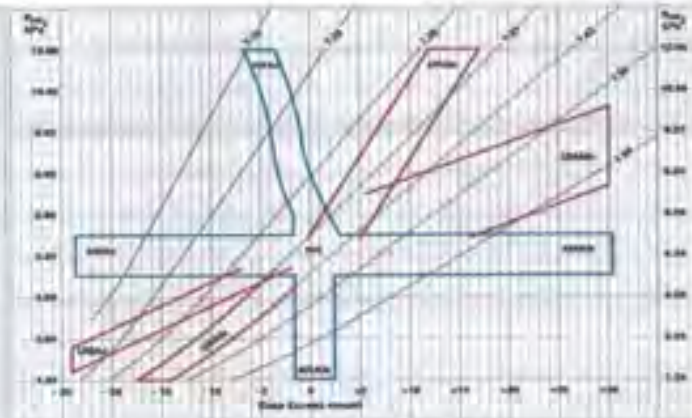
1. Sumární hodnocení podle Astrupa a Siggaarda-Andersena (typ poruchy, stav kompenzace)

ASTRUP

pH	–	
pCO2	kPa	
HCO3	mmol/l	
BE	mmol/l	

Elektrolyty

Na	mmol/l	
K	mmol/l	
Cl	mmol/l	
P	mmol/l	
Albumin	g/l	



Englíš, M.: PL 1972, 52, 558

Vysvětlivky: A-akutní; U-urešená; M-metabolická; R-respirační; Ar-acidóza; Al-alkalóza; MM-obsah fosfolipických hodnot

Albumin (g/l)	pH			
	1,00	1,20	1,40	1,60
	Náboj na albumin (mmol/l)			
20	3,0	3,5	3,8	3,4
25	4,0	5,1	5,9	6,1
30	5,0	7,0	8,4	8,1
35	6,2	10,0	11,0	10,1
40	11,4	13,7	15,8	15,2
Fosfát (mmol/l)	Náboj na fosfátech (mmol/l)			
0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
0,6	1,7	1,6	1,6	1,6
0,7	2,6	2,5	2,7	2,6
0,8	3,4	3,4	3,9	3,8
0,9	4,2	4,4	4,5	4,7
1,0	5,1	5,2	5,6	5,6
1,1	6,0	6,1	6,4	6,8
1,2	6,8	7,4	7,5	7,9

2. Úprava vstupních laboratorních údajů
(Fencl a spol. 2000)

a) přepočet koncentrací albuminu a anorganického fosforu na náboje (tabulka)

b) výpočet koncentrace neměřených aniontů:
$(S\text{-}Na^+ + S\text{-}K^+ + 3) - (S\text{-}Cl^- + S\text{-}Alb^- + S\text{-}Pi^- + HCO_3^-) = UA$

c) korekce UA^- na aktuální obsah vody:
$(UA^-_{(mmol/l)} \times S\text{-}Na^+_{(mol/l)}) : S\text{-}Na^+_{(mmol/l)} = UA^-_{(kor)}$

d) korekce $S\text{-}Cl^-$ na aktuální obsah vody:
$(S\text{-}Cl^-_{(mmol/l)} \times S\text{-}Na^+_{(mol/l)}) : (S\text{-}Na^+_{(mmol/l)}) = S\text{-}Cl^-_{(kor)}$

3. Kvantitativní vyhodnocení metabolických komponent ABS podle Stewarta a Fencla:

Analyt		Referenční hodnota	Hodnota pacienta		Acidóza		Alkalóza
Na	mmol/l	140		–		+	
Cl_kor	mmol/l	102,0		+		-	
UA_kor	mmol/l	8,0		+		-	
Pi-	mmol/l	2,0		+		-	
Alb-	mmol/l	12,0		+		-	

Englíš, M., Jabor, A., Kubáč, P., Červinka, J.: KBM 2006, 4, 225

Zjednodušený Fencl-Stewartův přístup k interpretaci acidobazických nálezů

- Vychází se z hodnocení Fencl-Stewartova, ale výpočty jsou zjednodušeny. K hodnocení přítomnosti a podílů metabolických poruch dospívá tak, že dekomponuje vypočítanou hodnotu BE.

- Nejprve zhodnotí podíl změn silných iontů (Na+ a Cl-) i slabých kyselin (albumin) na hodnotě BE.

- Odečtení těchto podílů na BE umožňuje vyhodnotit, zda jsou či nejsou zvýšeny neměřené anionty (UA-).

- Při tomto postupu jsou do UA- zahrnuty i komponenty, které jsou často známé, tj. laktát a fosfáty. Jsou-li jejich koncentrace vyšetřeny a jsou zvýšené, lze je v dalším kroku odečíst rovněž, a tím zpřesnit hodnocení podílu UA-.

Zjednodušený Fencl-Stewartův přístup k interpretaci acidobazických nálezů

- Hodnocení publikováno nejdříve pomocí pěti rovnic, k jejichž výpočtům byl třeba kalkulátor (Gilfix, 1993).
- Později postup přepracován do jednodušší podoby.
- Používá 4 rovnic snadno řešených bez výpočetní techniky (Story, 2004; Story, 2005):

1. Výpočet BE prováděný acidobazickým analyzátorem.

2. Vliv silných iontů, tj. Na+ a Cl- na BE (electrolyte effect, EEBE)
   EEBE mmol/l = [Na+] - [Cl-] - 38

3. Vliv albuminu na BE (albumin effect, AlbBE)
   AlbBE mmol/l = (42 – albumin g/l)/4

4. Vliv neměřených aniontů (unmeasured anions effect, UA-BE)
   UA-BE = BE – EEBE - AlbBE

Zjednodušený Fencl-Stewartův přístup k interpretaci acidobazických nálezů

Příklad:

Měřené parametry	**Vypočítané parametry**
Na^+ 133 mmol/l K^+ 5,5 mmol/l Cl^- 105 mmol/l laktát$^-$ 3 mmol/l albumin 26 g/l pH 7,12 pCO_2 4,6 kPa	BE -17 mmol/l EE_{BE} 133-105-38 = -10 mmol/l Alb_{BE} (42 – 26)/4 = +4 mmol/l $laktát_{BE}$ 1-3= -2 mmol/l
Složky ovlivňující BE	
podíl hypoalbuminemické alkalózy vliv silných iontů vliv laktátu vliv zbývajících UA^- (bez laktátu)	-17-4= -21 mmol -21-(-10)= -11 mmol/l -11-(-2)= - 9 mmol/l -9 mmol/l

Děkuji za pozornost