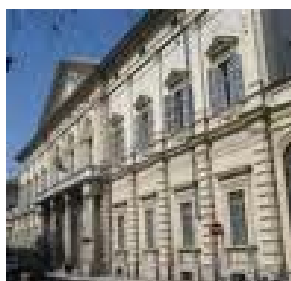




ACQUA E SALE
Milano, 9 giugno 2012

***Quale approccio ai disordini
acido-base?***

Ernesto Cristiano Lauritano



**Dipartimento di Emergenza e Accettazione
Azienda Ospedaliera Nazionale
SS. Antonio e Biagio e Cesare Arrigo**



Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**
- **Casi clinici**
- **La nostra esperienza**

Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**

1. **Il modello di Boston**

2. **L'approccio di Stewart**

Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**

- 1. Il modello di Boston**

- 2. L'approccio di Stewart**

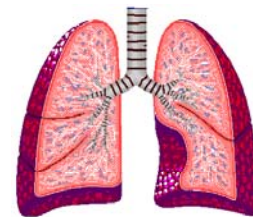
Modello di Boston

L'equazione di Henderson-Hasselbach

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{pCO_2}$$



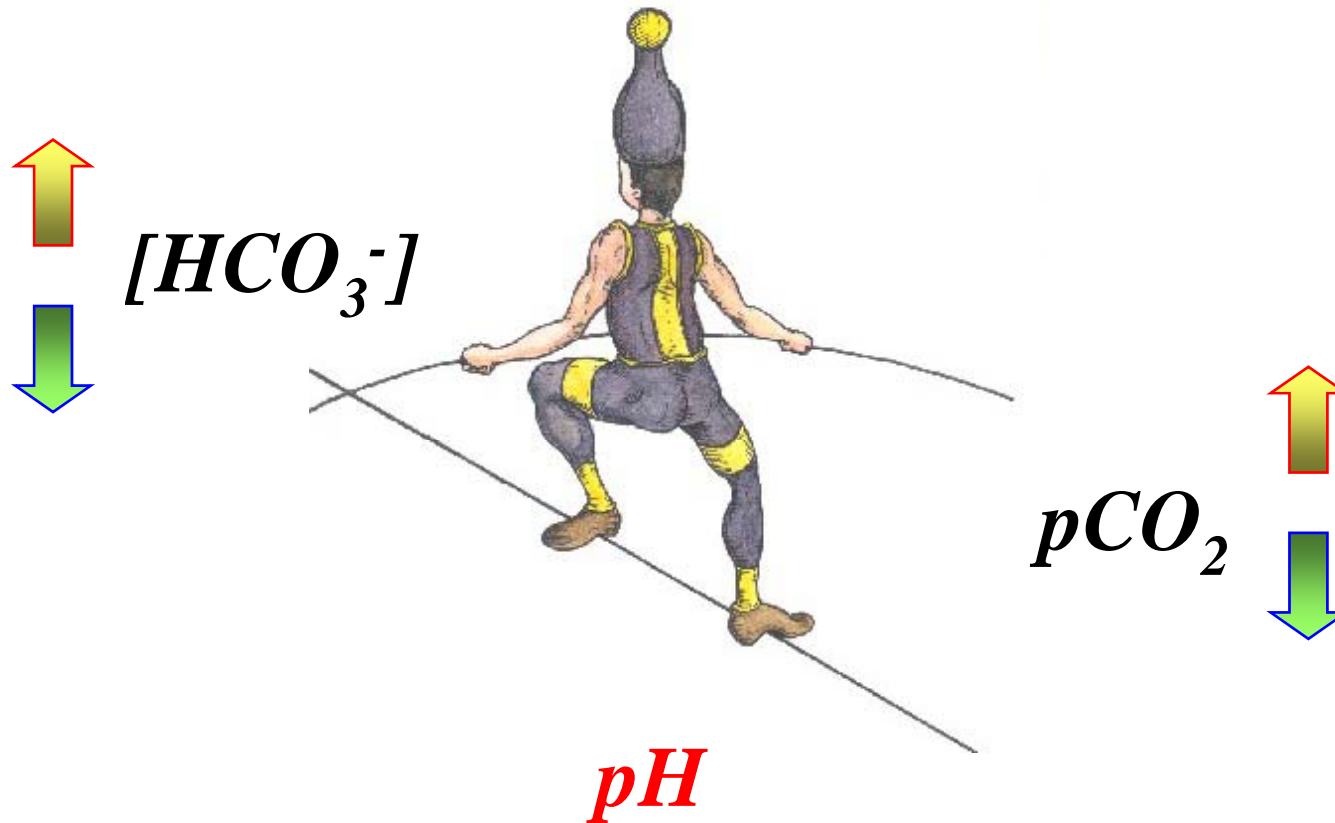
Marker disturbi metabolici



Marker disturbi respiratori

Modello di Boston

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{pCO_2}$$



Modello di Boston

Le regole del compenso

- *L'organismo tende a riportare entro i limiti fisiologici il pH attivando i meccanismi di compenso*
- *Il compenso prevede precisi rapporti matematici tra HCO_3^- e pCO_2 (compenso atteso)*
- *Il rispetto del compenso atteso è espressione della presenza di un disturbo semplice*
- *Il mancato rispetto del compenso atteso è espressione di un disturbo misto*

Modello di Boston

Tipo di disturbo

Compenso atteso

Acidosi respiratoria acuta

$$\Delta [\text{HCO}_3^-] = 0.1 \times \Delta \text{pCO}_2$$

Alcalosi respiratoria acuta

$$\Delta [\text{HCO}_3^-] = - 0.2 \times \Delta \text{pCO}_2$$

Acidosi respiratoria cronica

$$\Delta [\text{HCO}_3^-] = 0.35 \times \Delta \text{pCO}_2$$

Alcalosi respiratoria cronica

$$\Delta [\text{HCO}_3^-] = - 0.4 \times \Delta \text{pCO}_2$$

Acidosi metabolica

$$\Delta \text{pCO}_2 = 1.2 \times \Delta [\text{HCO}_3^-]$$

Alcalosi metabolica

$$\Delta \text{pCO}_2 = 0.7 \times \Delta [\text{HCO}_3^-]$$

Modello di Boston

I limiti delle regole del compenso

- *Il compenso non è mai completo, nel senso che il pH non si normalizza mai del tutto*
- *Unica eccezione è l'alcalosi respiratoria cronica, dove il pH può rientrare nei valori normali*
- *Un pH normale, quindi, in presenza di una alterazione dei valori di HCO_3^- e pCO_2 , sta in genere a significare non che ci troviamo di fronte ad un disordine compensato, ma ad un disordine misto e contrapposto*

Modello di Boston

L'anion gap e le acidosi metaboliche

$$([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{HCO}_3^-] + [\text{Cl}^-]) = 16 \text{ mEq/l}$$

- 1. Acidosi metaboliche da consumo di bicarbonato:
anion gap aumentato, normocloremiche*
- 2. Acidosi metaboliche da perdite di bicarbonato:
anion gap normale, ipercloremiche*

Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**

- 1. Il modello di Boston**

- 2. L'approccio di Stewart**

Approccio di Stewart

Tre fondamentali principi fondamentali

- *Principio dell'elettroneutralità: in soluzione acquosa, la somma delle cariche positive deve essere uguale alla somma delle cariche negative*
- *Principio della conservazione della massa: la quantità di una sostanza rimane uguale a meno che non sia aggiunta o rimossa*
- *Tutti gli idrogenioni e gli idrossilioni derivano dalla dissociazione dell'acqua*

Approccio di Stewart

Tre variabili indipendenti del pH

Approccio di Stewart

Tre variabili indipendenti del pH

✓ pCO_2

Approccio di Stewart

Tre variabili indipendenti del pH

✓ pCO_2

✓ *Strong Ion Difference (SID)*

(Cationi forti) – (Anioni forti)

Approccio di Stewart

Tre variabili indipendenti del pH

✓ pCO_2

✓ *Strong Ion Difference (SID)*

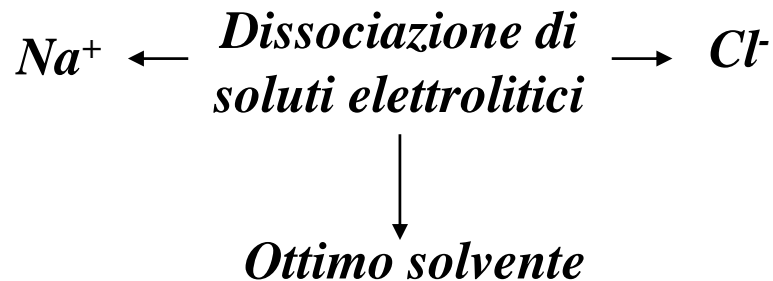
(Cationi forti) – (Anioni forti)

✓ *A tot*

(Acidi deboli totali: proteine plasmatiche)

Proprietà dell'acqua

1. Elevata costante dielettrica



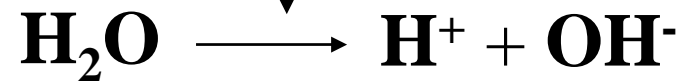
2. Elevata concentrazione

55 Mol/l

↓

Sorgente inesauribile di H^+ e OH^-

3. Scarsa ma importante dissociazione



$$K'_w = [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$$

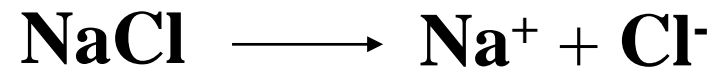
$$[H^+] - [OH^-] = 0$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Aggiungiamo ioni forti all'acqua



Ioni forti: ioni completamente dissociati in soluzione acquosa



$$([\cancel{\text{Na}^+}] + [\text{H}^+]) - ([\text{OH}^-] + [\cancel{\text{Cl}^-}]) = 0$$

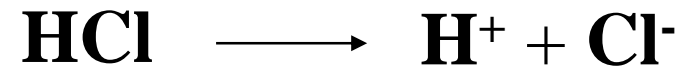
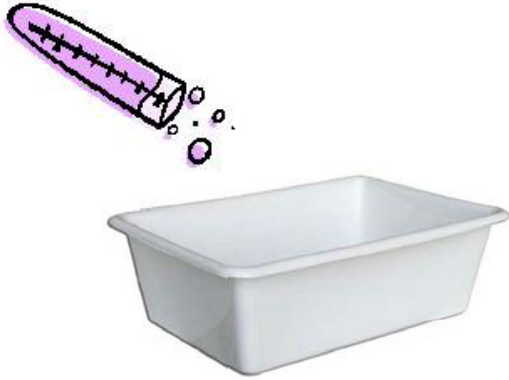
$$\text{SID (Strong ion difference)} = [\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] = 0$$

$$[\text{H}^+] - [\text{OH}^-] = 0$$

$$K'_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \longrightarrow \text{pH} = 7$$

Aggiungiamo un acido all'acqua



$$[\text{H}^+] - ([\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-]) = 0$$

$$\textit{SID (Strong ion difference)} = 0 - [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{H}^+] - ([\text{OH}^-] \downarrow + [\text{Cl}^-]) = 0$$

$$K'_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\uparrow [\text{H}^+] - ([\text{OH}^-] \downarrow + [\text{Cl}^-]) = 0 \longrightarrow \text{pH} < 7$$

Avviciniamoci al plasma...

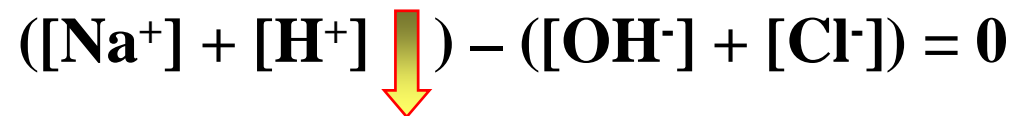


140 mEq Na⁺

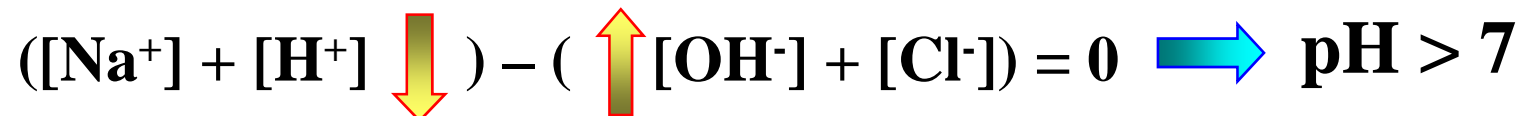
100 mEq Cl⁻



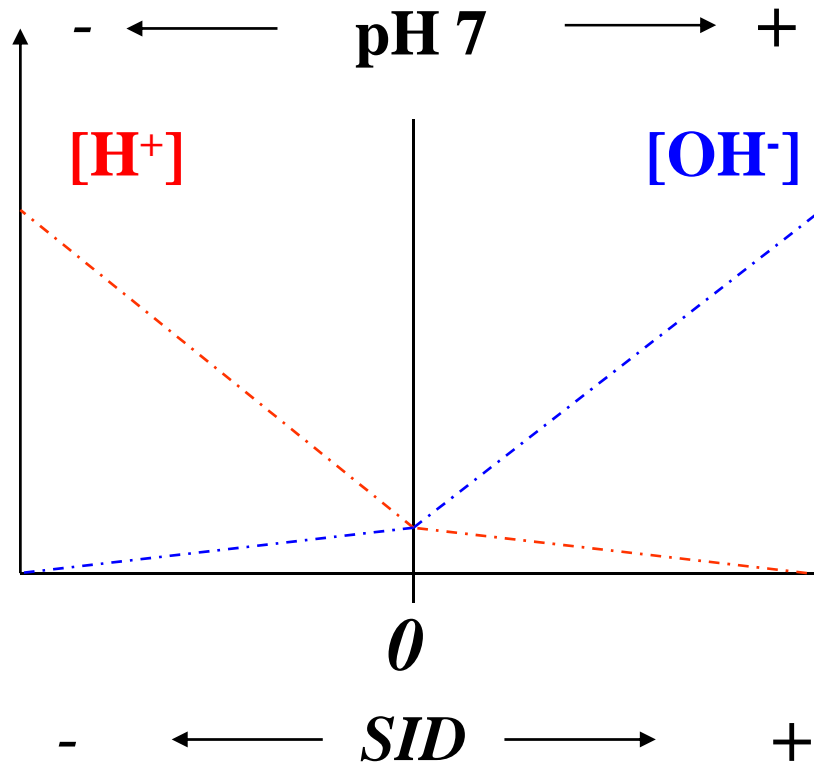
SID (Strong ion difference) = $[\text{Na}^+] - [\text{Cl}^-] = 40 \text{ mEq/l}$



$$K'_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$



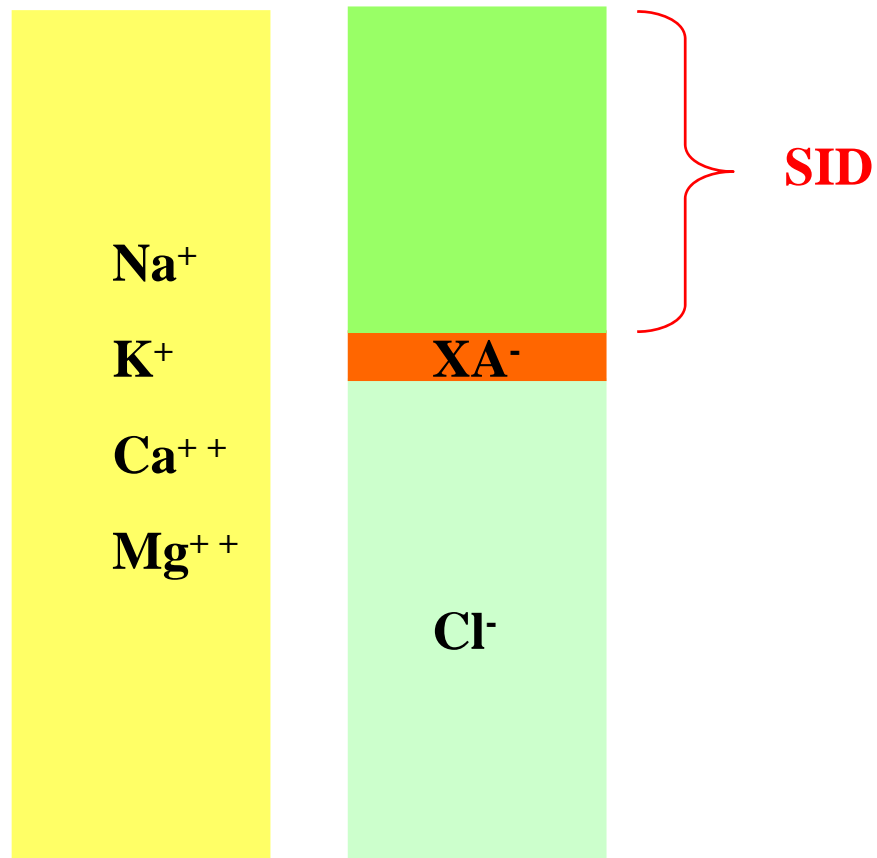
In pratica



$SID > 0$ $[H^+]$ ↓ $[OH^-]$ ↑ → pH > 7

$SID < 0$ $[H^+]$ ↑ $[OH^-]$ ↓ → pH < 7

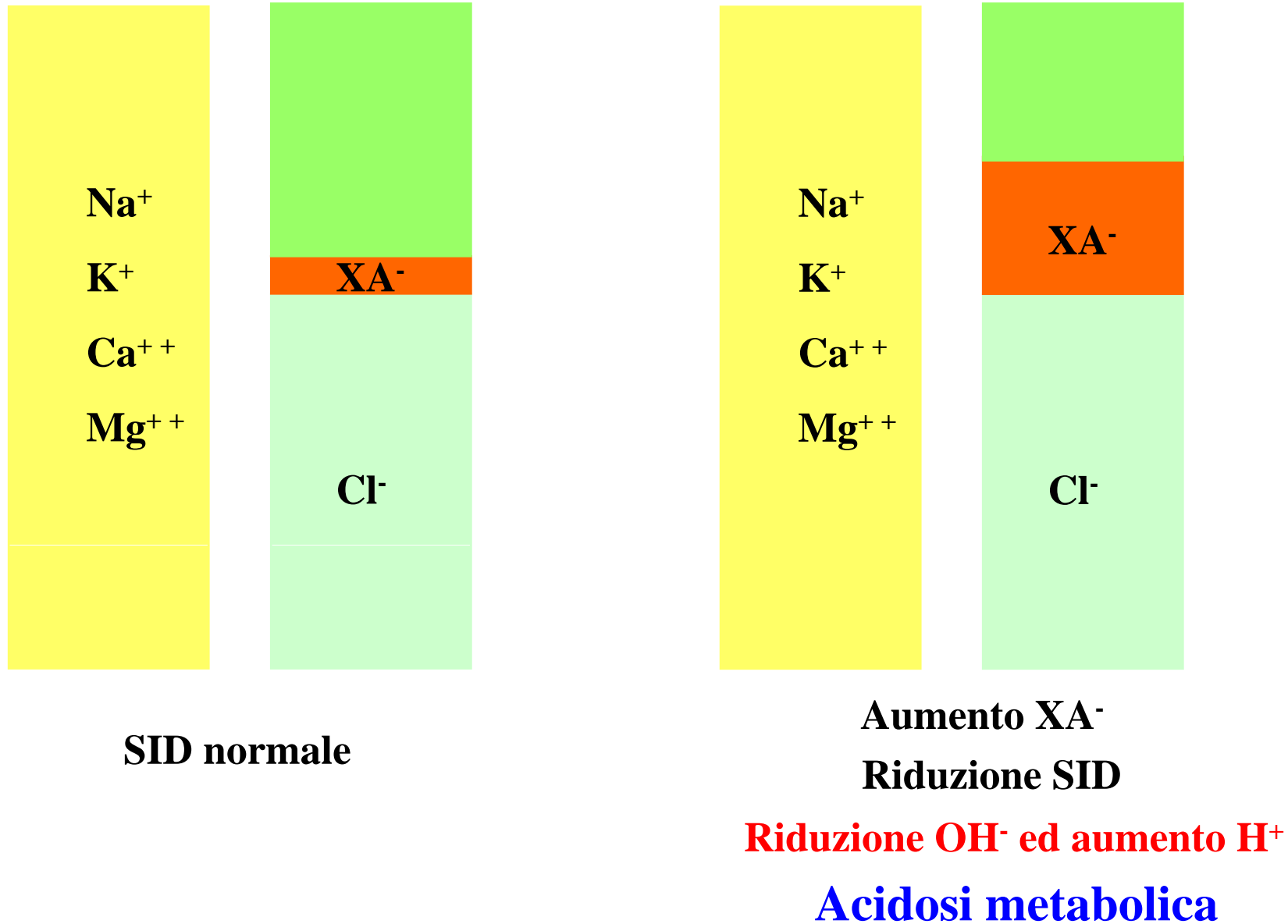
... e nel plasma?



$$\text{SID} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) - (\text{Cl}^- - \text{XA}^-) = 42 \text{ mEq/l}$$

$\text{XA}^- = \text{lattati} + \text{chetoacidi} + \text{solfati}$

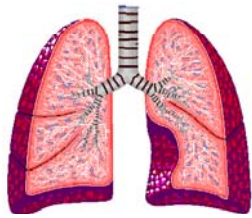
SID e pH plasmatico



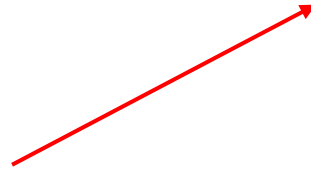
Approccio di Stewart

Tre variabili indipendenti del pH

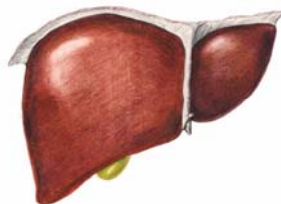
- pCO_2



- *Strong Ion Difference (SID)*



- *Atot*



Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**
- **Casi clinici**
- **La nostra esperienza**

Esempio 1 : embolia polmonare

Approccio di Boston

Alcalemia ←

Alc. Respiratoria ←

$\Delta [\text{HCO}_3^-]: -0.2 \times \Delta \text{pCO}_2$ ←

pH	7.67
pCO ₂	14 mmHg
HCO ₃ ⁻	18 mEq/l
K ⁺	3.5 mEq/l
Na ⁺	139 mEq/l
Ca ⁺⁺	2.1 mEq/l
Mg ⁺⁺	2.1 mEq/l
Cl ⁻	109 mEq/l
A tot	6.5 g/dl
Lattato	0.6 mEq/l
SID	42.3 mEq/l

Approccio di Stewart

→ Alcalosi respiratoria

→ Nessun disturbo

Disturbo semplice

Disturbo semplice

Esempio 2 : shock settico

Approccio di Boston

Acidemia ←

$\Delta p\text{CO}_2: 1.2 \times \Delta [\text{HCO}_3^-]$ ←

Ac. Metabolica ←

Approccio di Stewart

pH	7.18
pCO ₂	23 mmHg
HCO ₃ ⁻	10 mEq/l
K ⁺	7.5 mEq/l
Na ⁺	145 mEq/l
Ca ⁺⁺	2.3 mEq/l
Mg ⁺⁺	2.6 mEq/l
Cl ⁻	118 mEq/l
A tot	6.7 g/dl
Lattato	11.8 mEq/l
SID	20.6 mEq/l

→ **Alcalosi respiratoria**

→ **Acidosi metabolica**

Disturbo semplice

Disturbo doppio

Esempio 3 : chetoacidosi diabetica

Approccio di Boston

Acidemia ←

Ac. Respiratoria ←

Ac. Metabolica ←

pH	6.8
pCO ₂	40 mmHg
HCO ₃ ⁻	6 mEq/l
K ⁺	4.6 mEq/l
Na ⁺	150 mEq/l
Ca ⁺⁺	2.7 mEq/l
Mg ⁺⁺	2.6 mEq/l
Cl ⁻	113 mEq/l
A tot	6.7 g/dl
Lattato	2.9 mEq/l
SID	27.9 mEq/l

Approccio di Stewart

→ Nessun disturbo

→ Acidosi metabolica

Disturbo doppio

Disturbo singolo

Clinica:

Respiro di Kussmaul

Crepitazioni bilaterali

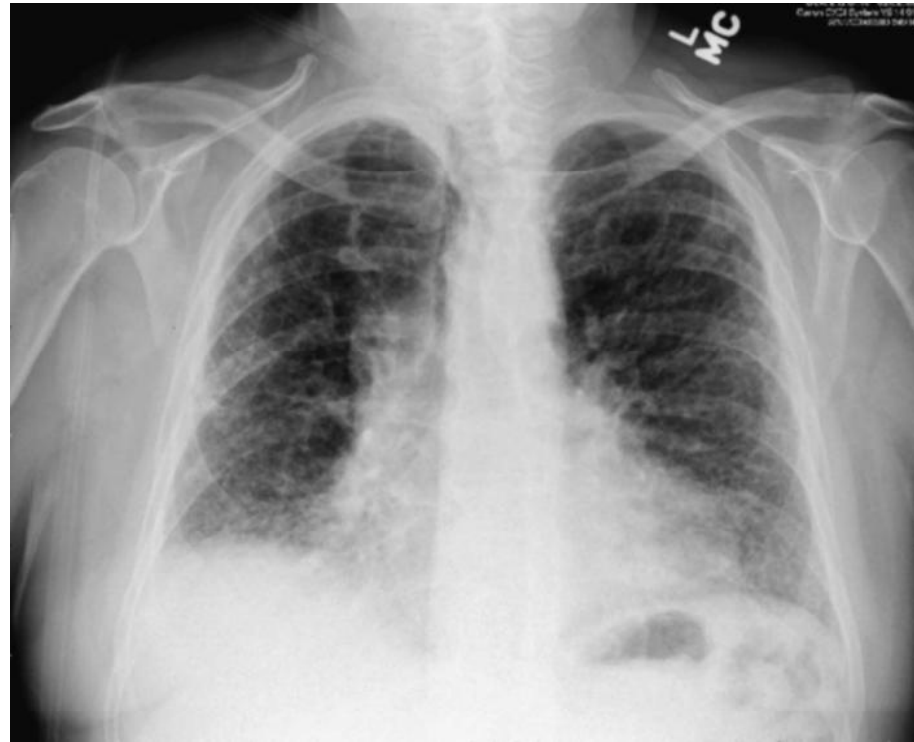
Parametri:

Sat O₂ 84%

PaO₂ 56 mmHg

Esami strumentali:

Rx torace



Esempio 4 : crampi muscolari

Approccio di Boston

Alcalemia ←

$\Delta p\text{CO}_2: 0.7 \times \Delta [\text{HCO}_3^-]$ ←

Alc. Metabolica ←

pH	7.54
pCO ₂	52 mmHg
HCO ₃ ⁻	40 mEq/l
K ⁺	2.2 mEq/l
Na ⁺	145 mEq/l
Ca ⁺⁺	2.1 mEq/l
Mg ⁺⁺	2.0 mEq/l
Cl ⁻	95 mEq/l
A tot	6.0 g/dl
Lattato	1.0 mEq/l
SID	56.3 mEq/l

Approccio di Stewart

→ **Acidosi respiratoria**

→ **Alcalosi metabolica**

Disturbo singolo

Disturbo doppio

Esempio 5 : vomito in anoressia

Approccio di Boston

Alcalemia ←

Alc. Respiratoria ←

$$\Delta p\text{CO}_2: 0.7 \times \Delta [\text{HCO}_3^-]$$

Alc. Metabolica ←

pH	7.57
pCO ₂	48 mmHg
HCO ₃ ⁻	44 mEq/l
K ⁺	2.3 mEq/l
Na ⁺	147 mEq/l
Ca ⁺⁺	2.1 mEq/l
Mg ⁺⁺	2.0 mEq/l
Cl ⁻	96 mEq/l
A tot	5.0 g/dl
Lattato	1.1 mEq/l
SID	56.6 mEq/l

Approccio di Stewart

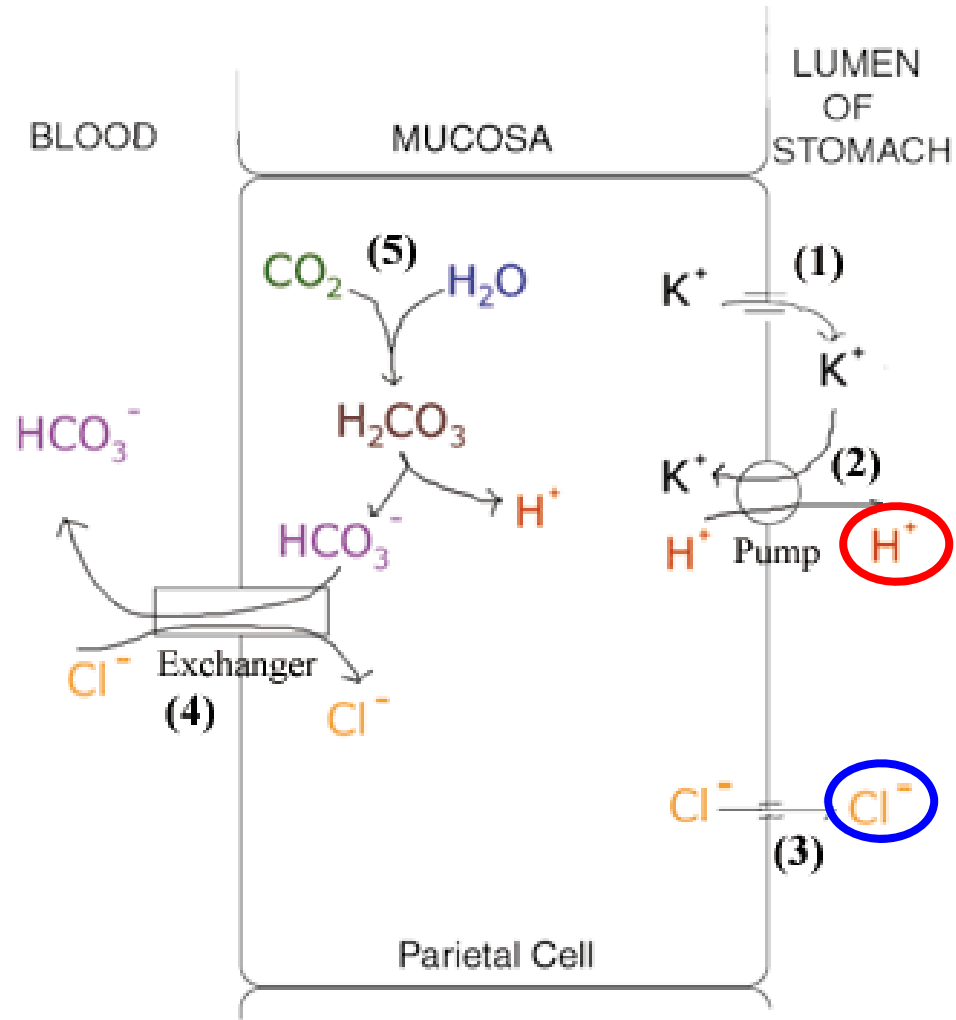
→ **Acidosi respiratoria**

→ **Alcalosi metabolica**

Disturbo doppio

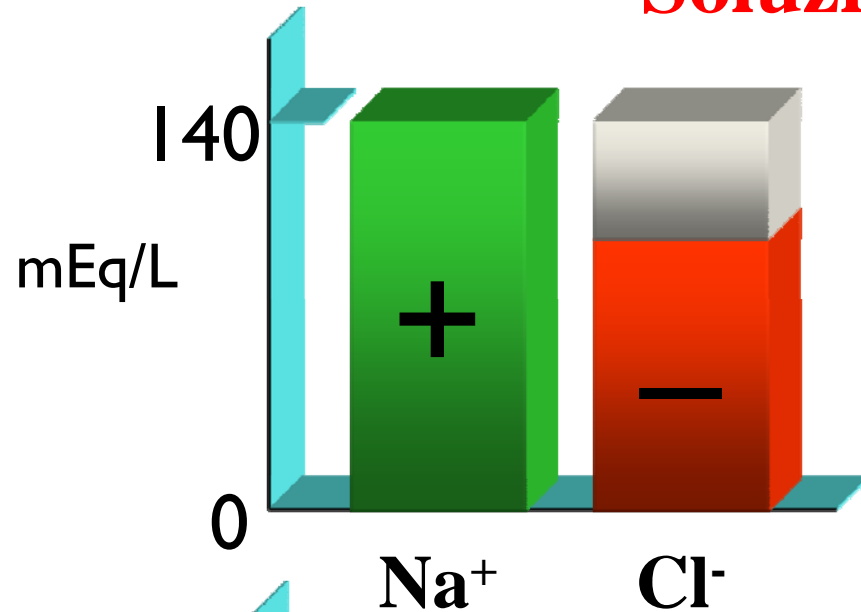
Disturbo doppio

Boston vs Stewart

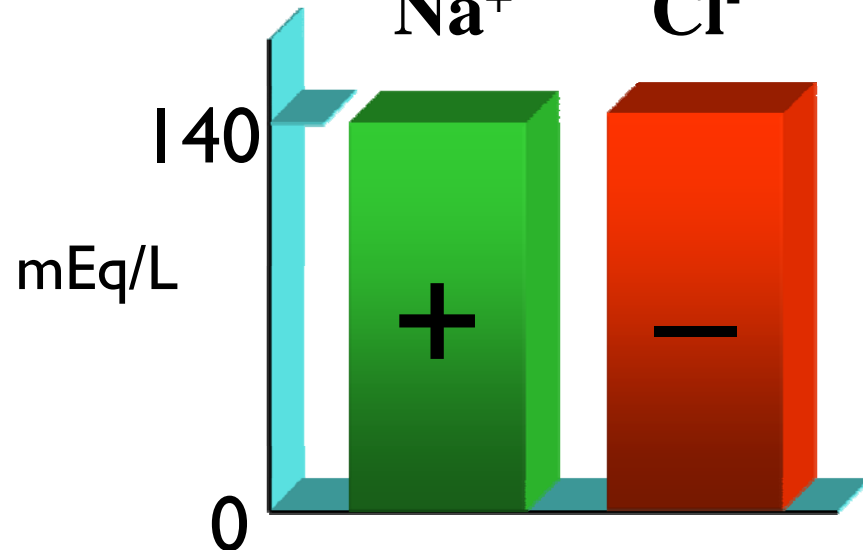


Quale trattamento?

“Soluzione fisiologica”



SID plasma = 40 mEq/l



SID sol. fis. = 0 mEq/l

**Sol. fis. è acida ed
iperclorémica rispetto al
plasma**

Programma

- **Confronto tra modelli interpretativi**
- **Casi clinici**
- **La nostra esperienza**

Metodi

- **100 pazienti giunti presso il Dipartimento di Emergenza ed Accettazione dell'A.S.O. "SS. Antonio e Biagio e Cesare Arrigo", Alessandria**
- **Scheda anamnestica contenente dati anagrafici, principali patologie, motivo di accesso presso il DEA e terapie praticate**
- **Emogasanalisi**

Dati demografici

Popolazione	100
Sesso Maschi Femmine	61 (61%) 39 (39%)
Età media (anni)	62.0 ± 10
Comorbidità	72 (72%)
Razza Bianca Nera Asiatica	75 (71%) 17 (16%) 8 (9%)

Dati demografici

Pazienti	Numero (%)
Morbilità	
BPCO riacutizzata/polmonite	45 (45%)
Scompenso cardiaco	53 (53%)
Embolia polmonare	14 (14%)
Sespsi/shock settico	34 (34%)
Insufficienza renale	43 (43%)
Diabete mellito	40 (40%)
Diarrea/vomito	32 (32%)
Ansia/agitazione	25 (25%)
Epatopatia	27 (27%)
Farmaci	
Diuretici	55 (55%)
Steroidi	21 (21%)
Insulina	25 (25%)
Antibiotici	24 (24%)

Risultati 1

Tipo di disturbo	Modello Boston	Modello Stewart
Semplice	43%	31%
Doppio	55%	64%
Triplo	2%	4%
Nessun disturbo	0%	1%

Classificazione dei disturbi emogasanalitici

Risultati 2

Distubo semplice respiratorio	Modello Boston	Modello Stewart
Alcalosi respiratoria	19 (44.2%)	19 (61.3%)
Acidosi respiratoria	8 (18.6%)	7 (22.6%)
Totale	27 (62.8%)	26 (83.9%)

Classificazione dei disturbi emogasanalitici respiratori semplici

Risultati 3

Distubo semplice metabolico	Modello Boston	Modello Stewart
Alcalosi metabolica	4 (9.2%)	1 (3.2%)
Acidosi metabolica	12 (28.0%)	4 (12.9%)
Totale	16 (37.2%)	5 (16.1%)

Classificazione dei disturbi emogasanalitici metabolici semplici

Risultati 4

Disturbo doppio primariamente respiratorio	Modello Boston	Modello Stewart
Ac. Res. + Ac. Met.	7 (12.7%)	7 (10.9%)
Ac. Res. + Alc. Met.	9 (16.4%)	10 (15.7%)
Alc. Resp. + Ac. Met.	8 (14.6%)	9 (14.1%)
Alc. Resp. + Alc. Met.	6 (10.9%)	6 (9.4%)
Totale	30 (54.6%)	32 (50.1%)

Classificazione dei disturbi doppi primariamente respiratori

Risultati 5

Disturbo doppio primariamente metabolico	Modello Boston	Modello Stewart
Ac. Met. + Ac. Resp.	4 (7.2%)	1 (1.6%)
Ac. Met. + Alc. Resp.	11 (20.0%)	19 (29.6%)
Alc. Met. + Ac. Resp.	1 (1.8%)	5 (7.8%)
Alc. Met. + Alc. Resp.	8 (14.6%)	7 (10.9%)
Ac. Met. + Alc. Met.	1 (1.8%)	0 (0%)
Totale	25 (45.4%)	32 (49.9%)

Classificazione dei disturbi doppi primariamente metabolici

Risultati 6

Disturbo semplice	Modello Boston	Modello Stewart	% corrispondenza
Alcalosi respiratoria	19	19	100%
Acidosi respiratoria	8	7	87.5%
Alcalosi metabolica	4	0	0%
Alcalosi metabolica	12	3	25.0%

Corrispondenza tra i due modelli nei disturbi semplici

Risultati 7

Disturbo doppio	Modello Boston	Modello Stewart	% corrispondenza
Ac. Resp. + Ac. Met.	7	7	100%
Ac. Resp. + Alc. Met.	9	9	100%
Alc. Resp. + Ac. Met.	8	7	87.5%
Alc. Resp. + Alc. Met.	6	6	100%

Corrispondenza tra i due modelli nei disturbi doppi primariamente respiratori

Risultati 8

Disturbo doppio	Modello Boston	Modello Stewart	% corrispondenza
Ac. Met. + Ac. Resp.	4	0	0%
Ac. Met. + Alc. Resp.	11	7	63.6%
Alc. Met. + Ac. Resp.	1	1	100%
Alc. Met. + Alc. Resp.	8	6	75%
Ac. Met. + Alc. Met.	1	0	0%

Corrispondenza tra i due modelli nei disturbi doppi primariamente metabolici

Conclusioni

- **Ad oggi, non esiste un *gold standard* per l'interpretazione dell'equilibrio acido-base ed idroelettrolitico**
- **La scuola di Boston e la teoria di Stewart sono sovrapponibili per quanto riguarda l'inquadramento dei disturbi respiratori, non per i disturbi metabolici**
- **Il *management* del paziente, nella pratica clinica, può essere in alcuni casi significativamente diverso a seconda del modello interpretativo utilizzato**
- **L'emogasanalisi, del resto, pur fornendo una serie preziosa di informazioni, è solo uno dei tasselli dell'inquadramento clinico del paziente**
- **Ricordarsi sempre...**

© 2000 Randy Glasbergen.

www.carloneworld.it



**"I RAGGI X MOSTRAVANO UNA COSTOLA ROTTA,
MA L'ABBIAMO SISTEMATA CON PHOTOSHOP."**

**Curare il paziente, non curare gli esami
(e tanto meno l'emogas!!!)**

...ZZZ...

**Basta papà,
ci hai fatto addormentare...**



Lorenzo Gregorio Lauritano

Alessandria, 31 maggio 2012