

# EMOGASANALISI ARTERIOSA

[www.fisiokinesiterapia.biz](http://www.fisiokinesiterapia.biz)

# Prelievo arterioso

- Il prelievo arterioso può essere eseguito nelle arterie RADIALE, BRACHIALE o FEMORALE.
- Attualmente viene eseguito più frequentemente il prelievo dall'arteria radiale per la convinzione diffusa che sia meno pericoloso per il paziente.
- In realtà il prelievo all'arteria brachiale è tecnicamente più semplice da eseguire e maggiormente tollerato dal paziente e costituisce pertanto la sede più indicata.

# Prelievo arterioso

- Dopo il prelievo deve essere applicata una pressione per almeno 3-5 minuti nella sede del prelievo per prevenire la formazione di ematomi.
- **Complicanze:** emboli, trombosi, dolore...
- **Controindicazioni relative:** vasculopatia periferica, assenza di circoli collaterali della mano attraverso l'arteria ulnare...

**Table 1—*Brachial Artery Punctures: Incidence of Complications***

Punctures/Complications	No. (%)
Arterial punctures	6,185
Total complications	127 (2.0)
Immediate pain/paresthesias	66 (1.1)
Delayed pain/paresthesias	57 (0.9)
Hematoma formation	4 (0.06)

# RADIOMETER SERIE ABL 700

ABL720 18.22.00 11/03/2009  
 REFERTO PAZIENTE Siringa - S 85uL Campione # 9579

## Identificazioni

ID Paziente 10  
 Cognome Paziente  
 Tipo campione Arterioso  
 temp 37,0 °C  
 $FO_2(I)$  21,0 %  
 Nota  
 Sesso Maschio  
 Età

## Valori Gas Ematici

pH 7,480 [ - ]  
 $pCO_2$  33,3 mmHg [ - ]  
 $pO_2$  83,7 mmHg [ - ]

## Valori Ossimetrici

ctHb 13,3 g/dL [ - ]  
 $FO_2Hb$  94,4 %  
 $sO_2$  96,8 %  
 $FCOHb$  1,7 %  
 $FMethb$  0,8 %  
 $FHHb$  3,1 %  
 $Hct_c$  40,8 %

## Valori Corretti con la Temperatura

pH(T) 7,480  
 $pCO_2(T)$  33,3 mmHg  
 $pO_2(T)$  83,7 mmHg

## Stato di Ossigenazione

$pO_2(A, T)_e$  111,2 mmHg  
 $pO_2(A-a, T)_e$  27,5 mmHg  
 $ctO_{2c}$  17,7 Vol%  
 $RI_e$  33 %  
 $RI(T)_e$  33 %  
 $p50_c$  24,15 mmHg  
 $p50(T)_c$  24,15 mmHg  
 $p50(st)_c$  27,18 mmHg

## Stato Acido Base

$ctCO_2(P)_c$  57,2 Vol%  
 $cBase(B,ox)_c$  1,8 mmol/L  
 $cHCO_3^-(P,st)_c$  26,0 mmol/L  
 $ABE_c$  1,9 mmol/L  
 $SBE_c$  1,3 mmol/L

## Note

c Valore/i calcolato/i  
 e Valore/i stimato/i

# RADIOMETER SERIE ABL 700

ABL720 18.22.00 11/03/2009  
 REFERTO PAZIENTE Siringa - S 85uL Campione # 9579

## Identificazioni

ID Paziente 10  
 Cognome Paziente  
 Tipo campione Arterioso  
 temp 37,0 °C  
 $FO_2(I)$  21,0 %  
 Nota  
 Sesso Maschio  
 Età

## Valori Gas Ematici

pH **7,480** [ - ]  
 $pCO_2$  33,3 mmHg [ - ]  
 $pO_2$  83,7 mmHg [ - ]

## Valori Ossimetrici

ctHb 13,3 g/dL [ - ]  
 $FO_2Hb$  94,4 %  
 $sO_2$  96,8 %  
 $FCOHb$  1,7 %  
 $FMethb$  0,8 %  
 $FHHb$  3,1 %  
 $Hct_c$  40,8 %

## Valori Corretti con la Temperatura

pH(T) 7,480  
 $pCO_2(T)$  33,3 mmHg  
 $pO_2(T)$  83,7 mmHg

## Stato di Ossigenazione

$pO_2(A, T)_e$  111,2 mmHg  
 $pO_2(A-a, T)_e$  27,5 mmHg  
 $ctO_{2c}$  17,7 Vol%  
 $RI_e$  33 %  
 $RI(T)_e$  33 %  
 $p50_c$  24,15 mmHg  
 $p50(T)_c$  24,15 mmHg  
 $p50(st)_c$  27,18 mmHg

## Stato Acido Base

$ctCO_2(P)_c$  57,2 Vol%  
 $cBase(B,ox)_c$  1,8 mmol/L  
 $cHCO_3^-(P,st)_c$  26,0 mmol/L  
 $ABE_c$  1,9 mmol/L  
 $SBE_c$  1,3 mmol/L

## Note

c Valore/i calcolato/i  
 e Valore/i stimato/i

# pH

- Il pH è l'inverso del logaritmo in base 10 della concentrazione di ioni idrogeno

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

- In condizioni normali il pH del sangue arterioso è tra 7,36 e 7,44 e quello del sangue venoso tra 7,32 e 7,40.

## Perché è importante mantenere il pH entro ristretti limiti della norma?

- 1) Variazioni del pH possono influenzare l'attività di alcune molecole, in grado di legare ioni  $H^+$ .
- 2) La cinetica di attivazione di alcuni enzimi diminuisce per valori maggiori o minori di 7,4.
- 3) Il pH influenza i flussi transmembrana del potassio e del calcio ionizzato, importanti per l'attività del muscolo, del sistema nervoso e del cuore.

# Principali sistemi di regolazione del pH

1) EMATICI

2) RESPIRATORI

3) RENALI

# 1. Compenso ematico

- I meccanismi ematici sono i primi ad essere attivati e sono costituiti dai cosiddetti SISTEMI TAMPONE:
  - Sistema bicarbonato/acido carbonico
  - Sistema H-proteina/Na-proteina
  - Sistema emoglobina ridotta/ossigenata
  - Sistema fosfato bisodico/monosodico
  - Sistema fosfato monopotassico/bipotassico

# Sistema bicarbonato/ acido carbonico

Il pH del sangue dipende in massima parte da questo sistema :



Da questa reazione si può ricavare l'equazione di Handerson-Hasselbach.

An acid A can dissociate into Base B<sup>-</sup> and H<sup>+</sup>



$$\frac{[H^+][B^-]}{[A]} = K^1 \rightarrow [H^+] = K^1 \frac{[A]}{[B^-]}$$

$$pX = -\log X = \log \frac{1}{X}$$

$$-pH = -\left( pK^1 + \log \frac{[A]}{[B^-]} \right)$$

$$pH = pK^1 + \log \frac{[B^-]}{[A]}$$

for the H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> system → pH =  $pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[0.03 \times PCO_2]}$

# pH del sangue

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \times \text{PaCO}_2}$$

Da ciò l'importanza dei valori di HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e PaCO<sub>2</sub> nella lettura dell'emogasanalisi arteriosa.

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{24}{0,03 \times 40} = 7,4$$

# RADIOMETER SERIE ABL 700

ABL720 18.22.00 11/03/2009  
 REFERTO PAZIENTE Siringa - S 85uL Campione # 9579

## Identificazioni

ID Paziente 10  
 Cognome Paziente  
 Tipo campione Arterioso  
 temp 37,0 °C  
 FO<sub>2</sub>(I) 21,0 %  
 Nota  
 Sesso Maschio  
 Età

## Valori Gas Ematici

pH 7,480 [ - ]  
 pCO<sub>2</sub> 33,3 mmHg [ - ]  
 pO<sub>2</sub> 83,7 mmHg [ - ]

## Valori Ossimetrici

ctHb 13,3 g/dL [ - ]  
 FO<sub>2</sub>Hb 94,4 %  
 sO<sub>2</sub> 96,8 %  
 FCOHb 1,7 %  
 FMetHb 0,8 %  
 FHHb 3,1 %  
 Hct<sub>c</sub> 40,8 %

## Valori Corretti con la Temperatura

pH(T) 7,480  
 pCO<sub>2</sub>(T) 33,3 mmHg  
 pO<sub>2</sub>(T) 83,7 mmHg

## Stato di Ossigenazione

pO<sub>2</sub>(A, T)<sub>e</sub> 111,2 mmHg  
 pO<sub>2</sub>(A-a, T)<sub>e</sub> 27,5 mmHg  
 ctO<sub>2c</sub> 17,7 Vol%  
 RI<sub>e</sub> 33 %  
 RI(T)<sub>e</sub> 33 %  
 p50<sub>c</sub> 24,15 mmHg  
 p50(T)<sub>c</sub> 24,15 mmHg  
 p50(st)<sub>c</sub> 27,18 mmHg

## Stato Acido Base

ctCO<sub>2</sub>(P)<sub>c</sub> 57,2 Vol%  
 cBase(B,ox)<sub>c</sub> 1,8 mmol/L  
 cHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(P,st)<sub>c</sub> 26,0 mmol/L  
 ABE<sub>c</sub> 1,9 mmol/L  
 SBE<sub>c</sub> 1,3 mmol/L

## Note

c Valore/i calcolato/i  
 e Valore/i stimato/i

Valori normali:  
 38-42 mmHg

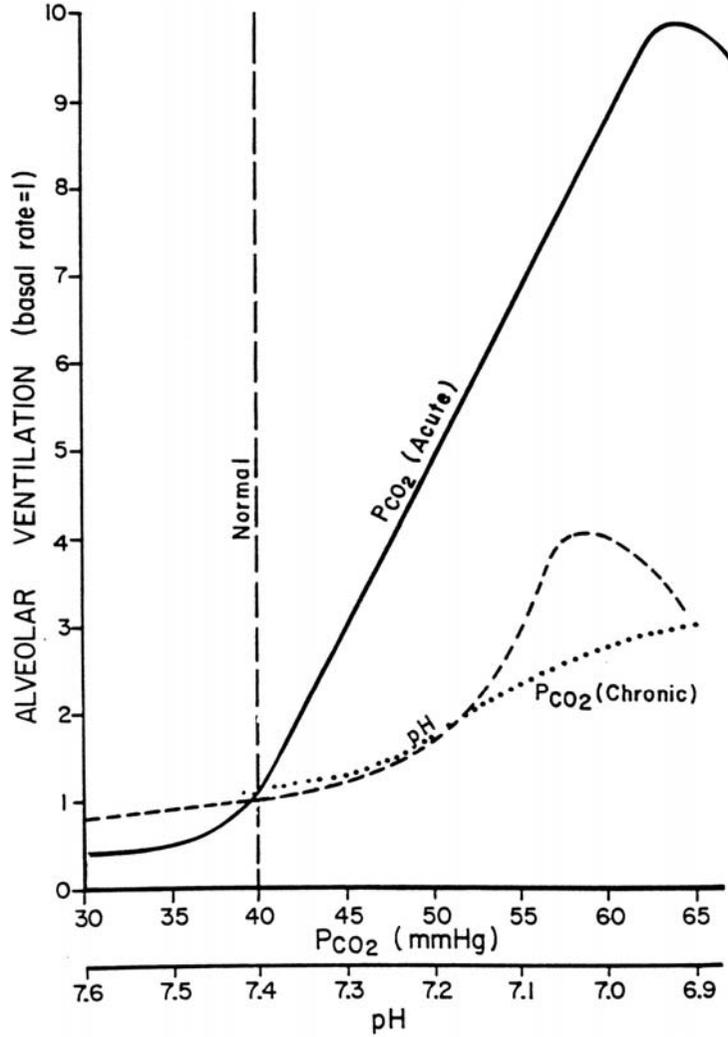
Valori normali:  
 23-25 mEq/L

## 2. Compenso polmonare

Il polmone varia l'eliminazione della CO<sub>2</sub> attraverso variazioni della ventilazione alveolare: l'acidosi stimola la ventilazione mentre l'alcalosi la deprime.

La capacità di compenso polmonare è rapida e efficace, ma non può comunque superare i limiti determinati dalla capacità di lavoro dell'apparato respiratorio.

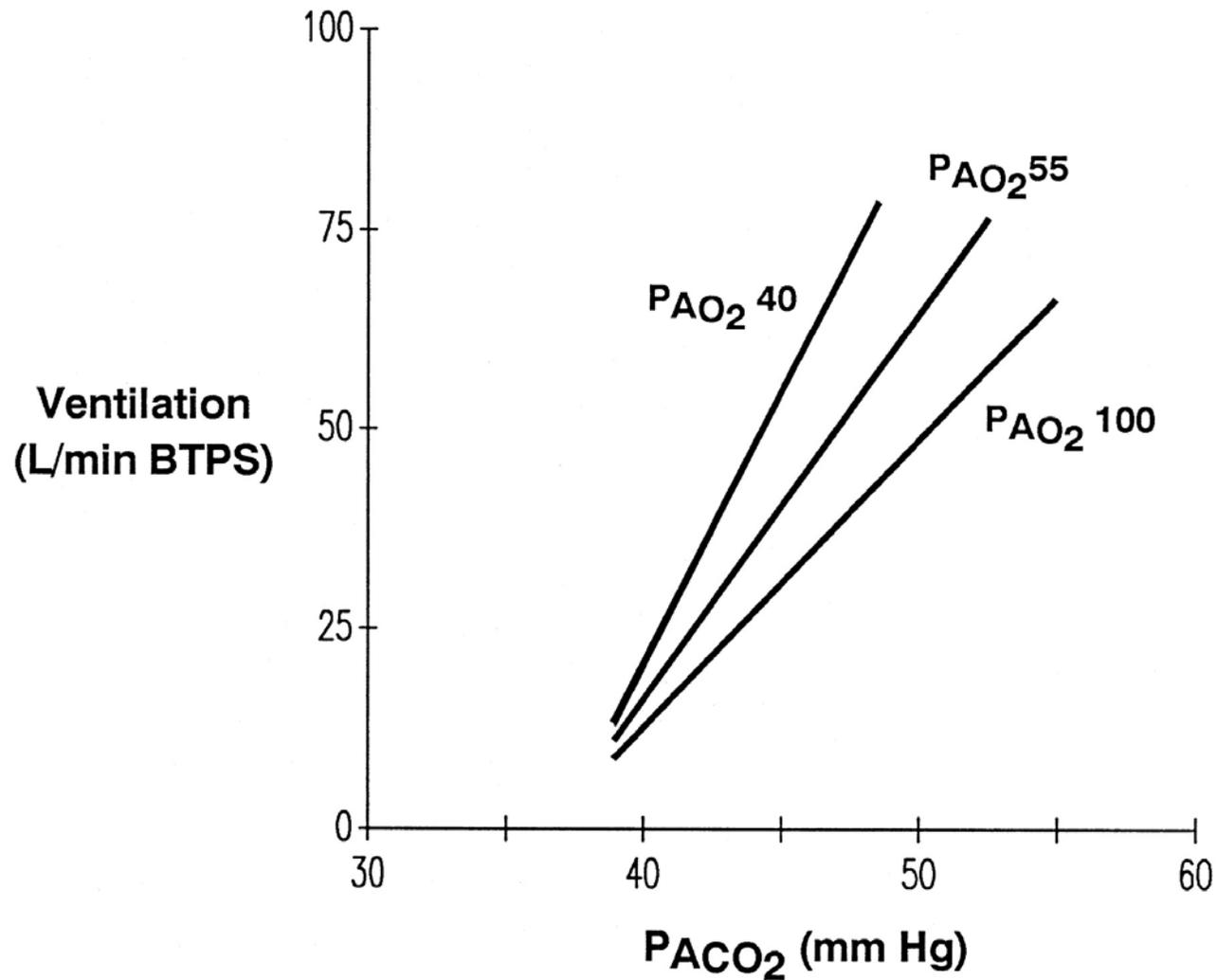
# Effects of increased arterial



Caruana-Montaldo, B. et al. Chest 2000;117:205-225



## Fan of lines showing the difference in ventilatory



Caruana-Montaldo, B. et al. Chest 2000;117:205-225

# 3. Compenso renale

- Il rene presenta minori limitazioni funzionali e risulta pertanto molto efficace, ma interviene più lentamente.
- La funzione renale nell'equilibrio acido-base si attua attraverso 3 meccanismi:
  - Escrezione di acidi
  - Riassorbimento di bicarbonato
  - Generazione di bicarbonato ex novo

# RADIOMETER SERIE ABL 700

ABL720 18.22.00 11/03/2009  
 REFERTO PAZIENTE Siringa - S 85uL Campione # 9579

## Identificazioni

ID Paziente 10  
 Cognome Paziente  
 Tipo campione Arterioso  
 temp 37,0 °C  
 $FO_2(I)$  21,0 %  
 Nota  
 Sesso Maschio  
 Età

## Valori Gas Ematici

pH 7,480 [ - ]  
 $pCO_2$  33,3 mmHg [ - ]  
 $pO_2$  83,7 mmHg [ - ]

## Valori Ossimetrici

ctHb 13,3 g/dL [ - ]  
 $FO_2Hb$  94,4 %  
 $sO_2$  96,8 %  
 $FCOHb$  1,7 %  
 $FMethb$  0,8 %  
 $FHHb$  3,1 %  
 $Hct_c$  40,8 %

## Valori Corretti con la Temperatura

pH(T) 7,480  
 $pCO_2(T)$  33,3 mmHg  
 $pO_2(T)$  83,7 mmHg

## Stato di Ossigenazione

$pO_2(A, T)_e$  111,2 mmHg  
 $pO_2(A-a, T)_e$  27,5 mmHg  
 $ctO_{2c}$  17,7 Vol%  
 $RI_e$  33 %  
 $RI(T)_e$  33 %  
 $p50_c$  24,15 mmHg  
 $p50(T)_c$  24,15 mmHg  
 $p50(st)_c$  27,18 mmHg

## Stato Acido Base

$ctCO_2(P)_c$  57,2 Vol%  
 $cBase(B,ox)_c$  1,8 mmol/L  
 $cHCO_3^-(P,st)_c$  26,0 mmol/L  
 $ABE_c$  1,9 mmol/L  
 $SBE_c$  1,5 mmol/L

## Note

c Valore/i calcolato/i  
 e Valore/i stimato/i

L'emogasanalisi arteriosa ci fornisce inoltre i valori di PaO<sub>2</sub> e SaO<sub>2</sub>, indispensabili per effettuare una diagnosi di insufficienza respiratoria.

# RADIOMETER SERIE ABL 700

ABL720 18.22.00 11/03/2009  
 REFERTO PAZIENTE Siringa - S 85uL Campione # 9579

## Identificazioni

ID Paziente 10  
 Cognome Paziente  
 Tipo campione Arterioso  
 temp 37,0 °C  
 $FO_2(I)$  21,0 %  
 Nota  
 Sesso Maschio  
 Età

## Valori Gas Ematici

pH 7,480 [ - ]  
 $pCO_2$  33,3 mmHg [ - ]  
 $pO_2$  83,7 mmHg [ - ]

## Valori Ossimetrici

ctHb 13,3 g/dL [ - ]  
 $FO_2Hb$  94,4 %  
 $sO_2$  96,8 %  
 $FCOHb$  1,7 %  
 $FMethb$  0,8 %  
 $FHHb$  3,1 %  
 $Hct_c$  40,8 %

## Valori Corretti con la Temperatura

pH(T) 7,480  
 $pCO_2(T)$  33,3 mmHg  
 $pO_2(T)$  83,7 mmHg

## Stato di Ossigenazione

$pO_2(A, T)_e$  111,2 mmHg  
 $pO_2(A-a, T)_e$  27,5 mmHg  
 $ctO_{2c}$  17,7 Vol%  
 $RI_e$  33 %  
 $RI(T)_e$  33 %  
 $p50_c$  24,15 mmHg  
 $p50(T)_c$  24,15 mmHg  
 $p50(st)_c$  27,18 mmHg

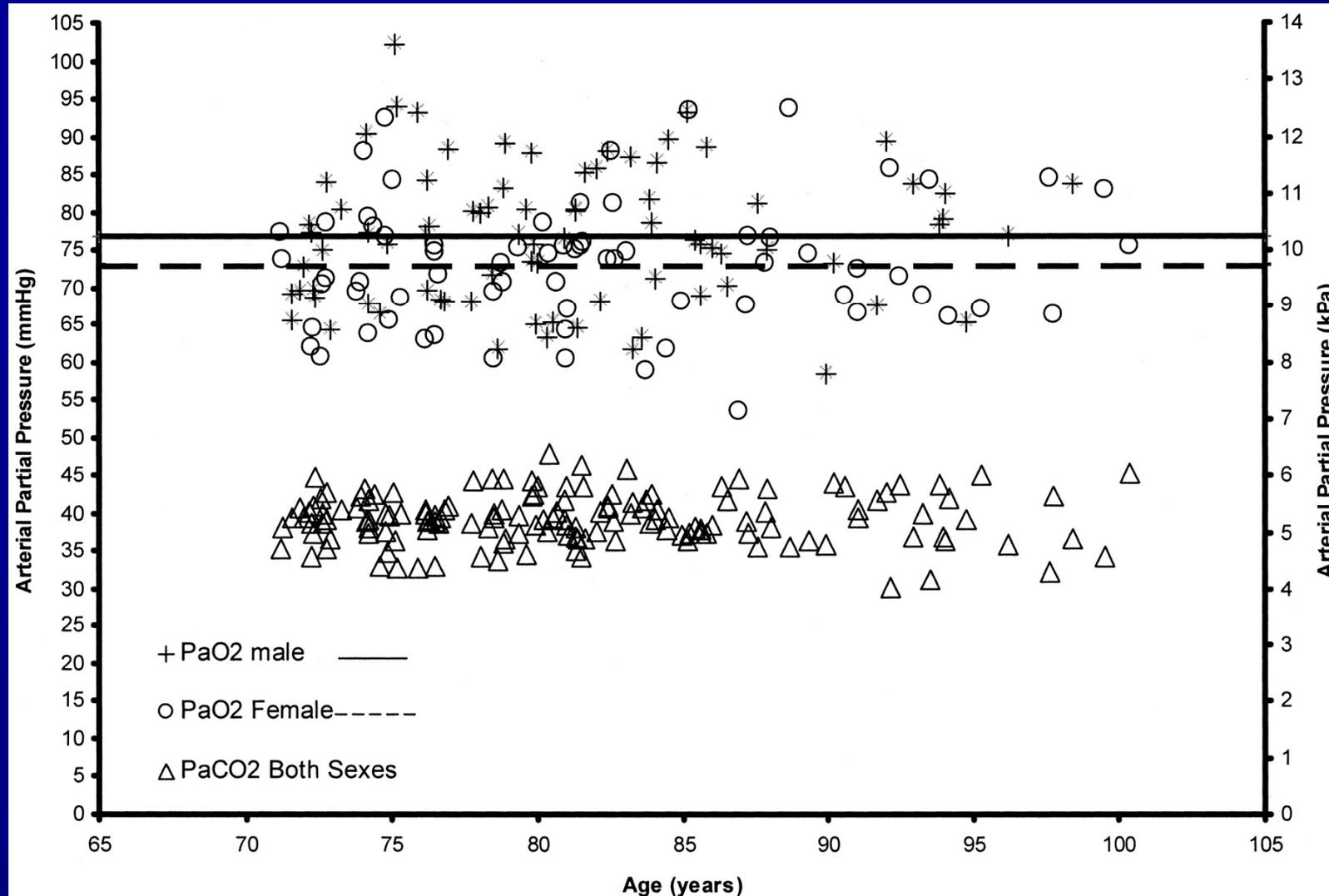
## Stato Acido Base

$ctCO_2(P)_c$  57,2 Vol%  
 $cBase(B,ox)_c$  1,8 mmol/L  
 $cHCO_3^-(P,st)_c$  26,0 mmol/L  
 $ABE_c$  1,9 mmol/L  
 $SBE_c$  1,3 mmol/L

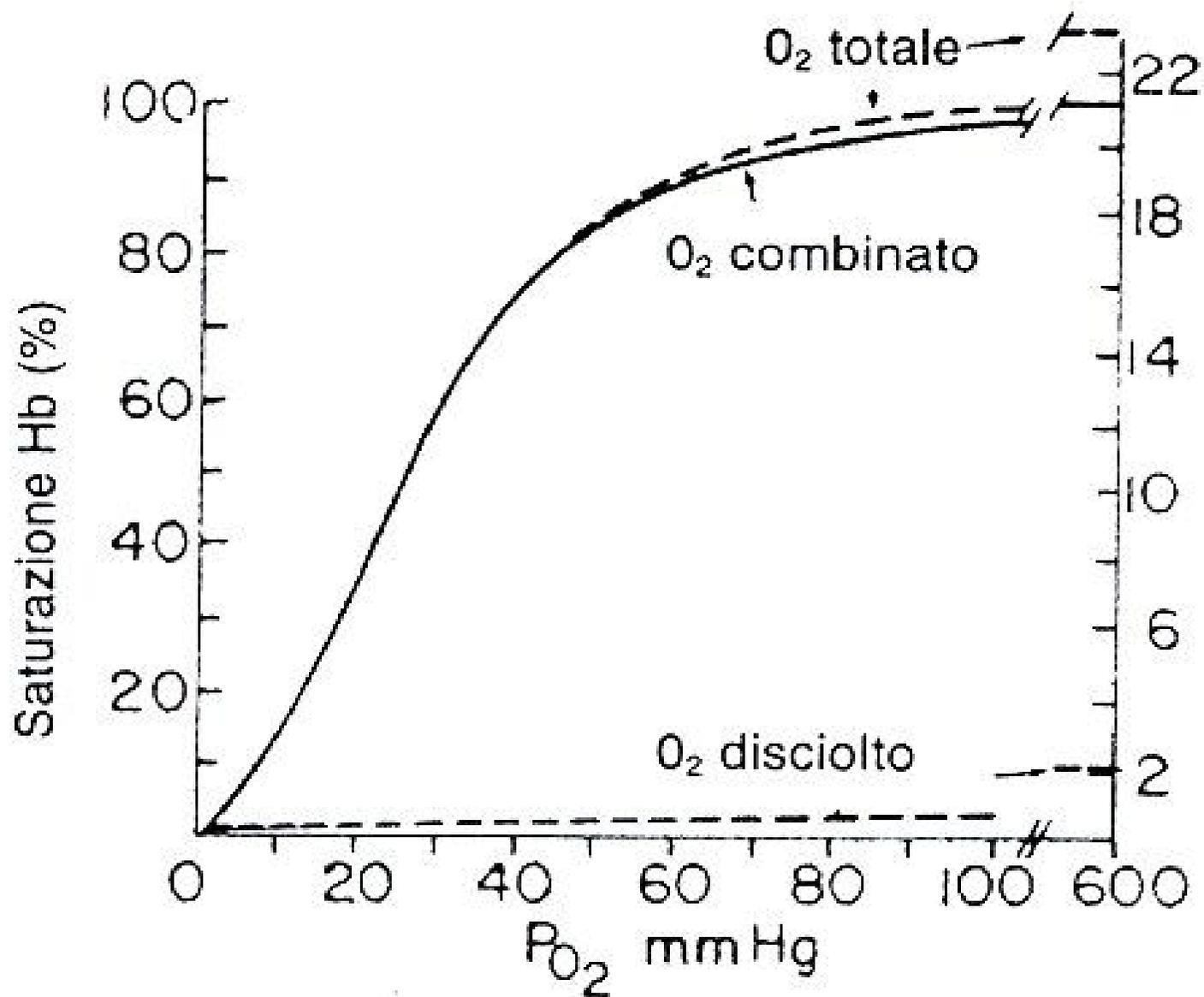
## Note

c Valore/i calcolato/i  
 e Valore/i stimato/i

# Arterial oxygen and carbon dioxide pressures by age and sex



Hardie, J. A. et al. Chest 2004;125:2053-2060



# Alterazioni dell'equilibrio acido-base

- Acidosi respiratoria
- Alcalosi respiratoria
- Acidosi metabolica
- Alcalosi metabolica

# Acidosi e alcalosi

- **Acidosi** = disturbo che tende ad aggiungere acido o rimuovere alcali dall'organismo.
- **Alcalosi** = disturbo che tende a rimuovere acidi o aggiungere alcali.
- Quando queste alterazioni comportano variazioni del pH nel sangue si avrà uno stato di acidemia ( $\text{pH} < 7,36$ ) o di alcalemia ( $\text{pH} > 7,44$ ).

# Metabolica/respiratoria

“Metabolica” = alterazione caratterizzata da una primitiva variazione nella concentrazione di bicarbonati.

“Respiratoria” = alterazione caratterizzata da una primitiva variazione a carico della  $CO_2$ .

# Acidosi respiratoria

- L'acidosi respiratoria è provocata da un aumento di anidride carbonica nel sangue arterioso (ipercapnia).

$$\downarrow \text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0,03 \times \text{PaCO}_2}$$

The diagram illustrates the Henderson-Hasselbalch equation for blood pH. A red arrow points down to the pH term, indicating a decrease. A green arrow points up to the bicarbonate concentration term, indicating an increase. A red arrow points up to the partial pressure of carbon dioxide term, indicating an increase. The PaCO<sub>2</sub> term is circled in red.

# Acidosi respiratoria

- pH diminuito ( $< 7,36$ ) o normale
- $\text{PaCO}_2$  aumentata ( $> 42$  mmHg)
- Bicarbonati aumentati ( $> 25$  mEq/L):  
per ogni aumento di 10 mmHg di  $\text{PaCO}_2$  l'aumento di bicarbonati è di 1 mEq/L in acuto e di 3-4 mEq/L in cronico
- Frequente iperkaliemia.

# ACIDOSI RESPIRATORIA ACUTA

- **Ipoventilazione**
  - BPCO riacutizzata
  - Edema polmonare
  - Polmonite
  - Dispnea acuta post-trauma
  - Emotorace, pneumotorace, versamento
  - Ostruzione vie aeree
  - Stato di male asmatico
- **Ipoperfusione**
  - Embolia polmonare
  - Arresto cardiaco, Shock, Cardiopatie congenite cianogene
- **Alterazione automatismi respiratori**
  - Anestesia, farmaci, traumi
  - Lesioni midollari, sindrome di Guillain Barrè, curaro
  - Neurotossine (tetano, botulismo)
  - Ventilazione meccanica inadeguata

# ACIDOSI RESPIRATORIA CRONICA

- **Ipoventilazione**
  - BPCO
  - Fibrosi interstiziale
  - Cifoscoliosi
  - Fibrotorace
  - Idrotorace
  - Distrofia muscolare
  - Poliomielite
  - SLA
- **Alterazione automatismi respiratori**
  - Sedativi, tranquillanti, obesità, mixedema, neoplasie cerebrali, infarti o emorragie del tronco cerebrale
  - Sclerosi multipla, sclerosi laterale amiotrofica, paralisi diaframmatica

# Alcalosi respiratoria

- L'acidosi respiratoria è provocata da un aumento della ventilazione alveolare con conseguente riduzione di anidride carbonica nel sangue arterioso (ipercapnia).



# Alcalosi respiratoria

- pH aumentato ( $> 7,44$ ) o normale
- $\text{PaCO}_2$  diminuita ( $< 38$  mmHg)
- Bicarbonati ridotti ( $< 23$  mEq/L):  
per ogni riduzione di 10 mmHg di  $\text{PaCO}_2$  la riduzione di bicarbonati è di 2 mEq/L in acuto e di 5 mEq/L in cronico
- Frequente ipokaliemia.

# CAUSE DI ALCALOSI RESPIRATORIA

- Iperventilazione associata ad ipossia
  - Ipovolemia
  - Anomalie del rapporto ventilazione/perfusione
  - Acclimatazione ad alte altitudini
- Febbre
- Alterazioni SNC (lesioni, infiammazioni, neoplasie, diminuito apporto ematico)
- Iperventilazione psicogena (ansia, dolore, volontaria)
- Anestesia
- Alterazioni irritative delle vie aeree (infiammazione, neoplasie, edema polmonare, fibrosi)

# Acidosi metabolica

- L'acidosi respiratoria è provocata da un aumento della ventilazione alveolare con conseguente riduzione di anidride carbonica nel sangue arterioso (ipercapnia).



# CAUSE DI ACIDOSI METABOLICA

- Aumentata produzione di acidi
  - Acidosi lattica
  - Chetoacidosi (alcolica, diabetica, da digiuno)
  - Assunzione di tossici esogeni (es. alcol)
- Riduzione escrezione renale acidi
  - Insufficienza renale
  - Acidosi tubulare distale
- Ridotto catabolismo di acidi: insufficienza epatica
- Perdita renale di bicarbonati: acidosi tubulare prossimale
- Perdita enterica di bicarbonati: diarrea, fistole enteriche

# Acidosi metabolica

- pH diminuito ( $< 7,36$ ) o normale
- Bicarbonati ridotti ( $< 23$  mEq/L)
- PaCO<sub>2</sub> diminuita ( $< 38$  mmHg)
- Frequente ipokaliemia.

# Gap anionico

In qualunque soluzione la somma dei cationi deve corrispondere alla somma degli anioni.

Il Gap anionico indica la quota di anioni presenti nell'organismo che non vengono routinariamente determinati.

$$\text{Gap anionico} = [\text{Na}^+] - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$$

Valori di riferimento:  $8 \pm 2 \text{ mEq/L}$

## Acidosi metaboliche con gap anionico aumentato

- Insufficienza renale
- Chetoacidosi diabetica
- Acidosi lattica
- Sostanze tossiche

## Acidosi metaboliche con gap anionico normale

- Acidosi tubulare prossimale
- Diarrea
- Deficit mineralcorticoidi
- Nefropatie interstiziali

# Alcalosi metabolica

- L'acidosi respiratoria è provocata da un aumento della ventilazione alveolare con conseguente riduzione di anidride carbonica nel sangue arterioso (ipercapnia).

$$\uparrow \text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-] \uparrow}{0,03 \times \text{PaCO}_2 \uparrow}$$

# Alcalosi metabolica

- pH aumentato ( $> 7,44$ ) o normale
- Bicarbonati aumentati ( $< 25$  mEq/L)
- PaCO<sub>2</sub> aumentata ( $> 42$  mmHg)
- Frequente ipokaliemia.

# CAUSE DI ALCALOSI METABOLICA

- Perdita gastrointestinale di acidi: vomito, aspirazione nasogastrica, gastrostomia...
- Aumentato apporto di basi: terapia con bicarbonati, carbonati (antiacidi), citrati (trasfusioni)
- Alcalosi da diuretici (tiazidici, furosemide, acido etacrinico)
- Alcalosi da aumentata attività mineralcorticoide