

Acido netto escreto =

NH_4^+ escreto + Acido titolabile urinario - HCO_3^- escreto

Nell'acidosi si ha un'aggiunta netta di HCO_3^- che ritorna nel sangue e quantità crescenti di acidi titolabili e NH_4^+ nelle urine

Nell'alcalosi l'escrezione di acidi titolabili e NH_4^+ scende a 0, mentre aumenta l'escrezione di HCO_3^-

In base all'equazione di Henderson-Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

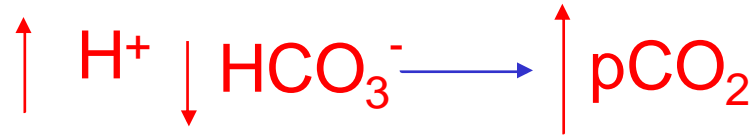
Si ha **acidosi** quando il rapporto $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$ diminuisce causando una diminuzione del pH.

Se il rapporto diminuisce per perdita di HCO_3^- l'acidosi è definita **metabolica (non-respiratoria)**, se per aumento di CO_2 l'acidosi è definita **respiratoria**

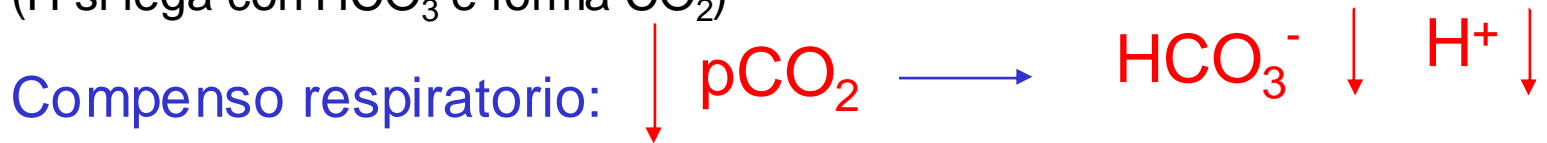
Si ha **alcalosi** quando il rapporto $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_2$ aumenta causando un aumento del pH.

Se il rapporto aumenta per aumento di HCO_3^- l'alcalosi è definita **metabolica (non-respiratoria)**, se per diminuzioni di CO_2 l'alcalosi è definita **respiratoria**

Acidosi metabolica:



(H si lega con HCO_3^- e forma CO_2)



- Iperventilazione (pCO_2 si riduce di 1.2 mmHg per 1 mEq/l di riduzione della $[\text{HCO}_3^-]$, risposta limitata dalla conseguente diminuzione di pCO_2 che inibisce la ventilazione)

Compenso renale:

- Maggiore secrezione di H^+
- Riassorbimento totale di HCO_3^-
- Maggiore escrezione di NH_4^+ (formazione nuovo HCO_3^-)

Eziologia dell'acidosi metabolica

Cause

**Eccessiva produzione
o ingestione di H⁺**

Chetoacidosi:

Diabete mellito
Alcolismo
Denutrizione

Acidosi lattica:

Ipossiemia
Anemia
Avvelenamento da CO
Esercizio intenso
Sindrome da distress respiratorio
dell'adulto

Ingestione farmaci o sostanze tossiche:

Metanolo (acido formico)
Etanolo
Salicilati
Glicole etilenico
Coruro di ammonio

Cause

Incapacità di eliminare H^+

Insufficienza renale cronica

Acidosi renale tubulare di tipo I

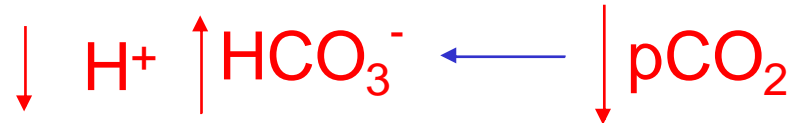
Acidosi renale di tipo 4 (ipoaldosteronismo, l'iperpotassiemia inibisce la sintesi di NH_3)

Perdita di HCO_3^-

Diarrea

Acidosi renale di tipo 2 (insufficiente riassorbimento renale di HCO_3^-)

Alcalosi metabolica:



Compenso respiratorio: $\uparrow \text{pCO}_2 \longrightarrow \uparrow \text{H}^+ \quad \uparrow \text{HCO}_3^-$

- Ipoventilazione (pCO_2 aumenta di 0.7 mmHg per 1 mEq/l di aumento della $[\text{HCO}_3^-]$)

Compenso renale:

- Minore secrezione di H^+
- Minor riassorbimento e maggiore escrezione di HCO_3^-

Eziologia dell'alcalosi metabolica

Cause

Perdita di H⁺

Vomito (Perdita di H⁺ gastrici, permanenza HCO₃⁻ nel sangue, sostenuta dalla riduzione del LEC, ipopotassiemia)

Iperaldosteronismo (aumentata secrezione di H⁺ dalle cellule intercalari, ipopotassiemia)

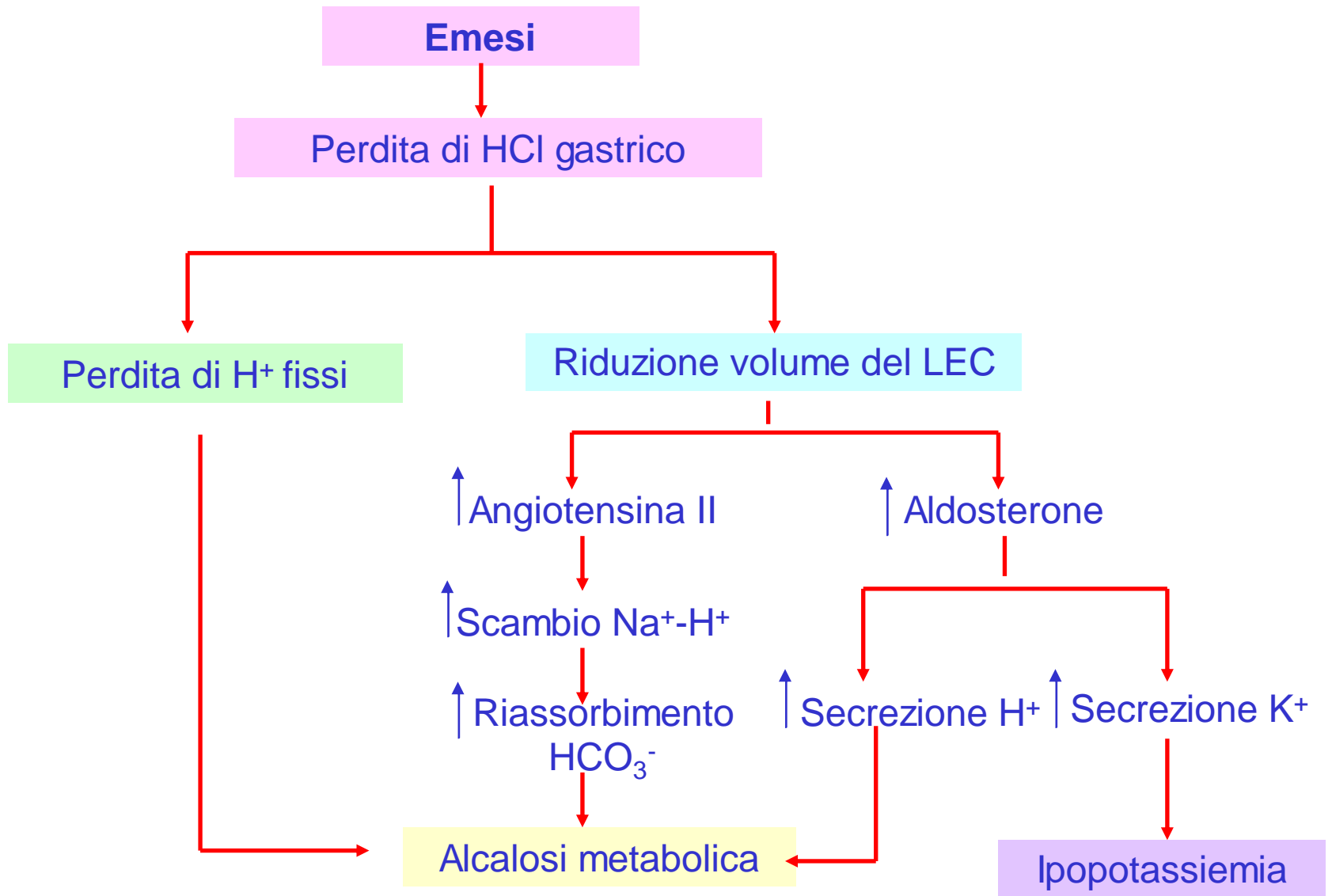
Alcalosi da riduzione del LEC

Diuretici che agiscono sull'ansa di Henle e diuretici tiazidici (aumentato riassorbimento di HCO₃⁻ per aumento di angiotensina II)

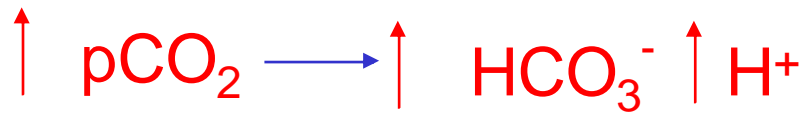
Ingestione o somministrazione eccessiva di HCO₃⁻

Ingestione di antiacidi

HCO₃⁻ endovenoso



Acidosi respiratoria:



Fase acuta:

- Tamponamento intracellulare

$[\text{HCO}_3^-]$ aumenta di 1 mEq/l per ogni 10 mmHg di incremento della $p\text{CO}_2$

Fase cronica
Compenso renale: $\uparrow \text{HCO}_3^- \downarrow \text{H}^+$

- Maggiore secrezione H^+
- Riassorbimento totale HCO_3^-
- Maggiore escrezione di NH_4^+ (formazione nuovo HCO_3^-)

$[\text{HCO}_3^-]$ aumenta di 3.5 mEq/l per ogni 10 mmHg di incremento della $p\text{CO}_2$

Eziologia dell'acidosi respiratoria

Cause

Inibizione centro respiratorio

Oppiacei, barbiturici, anestetici
Lesioni del sistema nervoso centrale
Apnea protratta di origine centrale
Terapia con ossigeno

Disordini neuromuscolari

Sindrome di Guillain-Barrè
Poliomelite
Sclerosi multipla
Lesioni del midollo spinale
Miastenia grave
Patologie muscoli respiratori

Ostruzione vie aeree

Broncopneumopatia ostruttiva

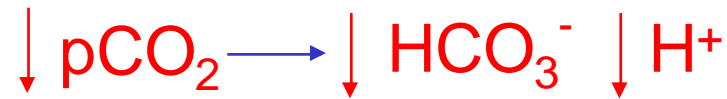
Restrizione toraco-polmonare

Cifoscoliosi
Fibrosi polmonare
Pneumotorace

Disordini degli scambi gassosi

Polmonite
Edema polmonare

Alcalosi respiratoria:



Fase acuta:

- Tamponamento intracellulare

$[\text{HCO}_3^-]$ si riduce di 2 mEq/l per ogni 10 mmHg di riduzione della $p\text{CO}_2$

Fase cronica
Compenso renale: $\downarrow \text{HCO}_3^- \quad \uparrow \text{H}^+$

- Minore secrezione H^+
- Minore riassorbimento e maggiore escrezione di HCO_3^-
- Minore escrezione di NH_4^+

$[\text{HCO}_3^-]$ si riduce di 5 mEq/l per ogni 10 mmHg di riduzione della $p\text{CO}_2$

Eziologia dell'alcalosi respiratoria

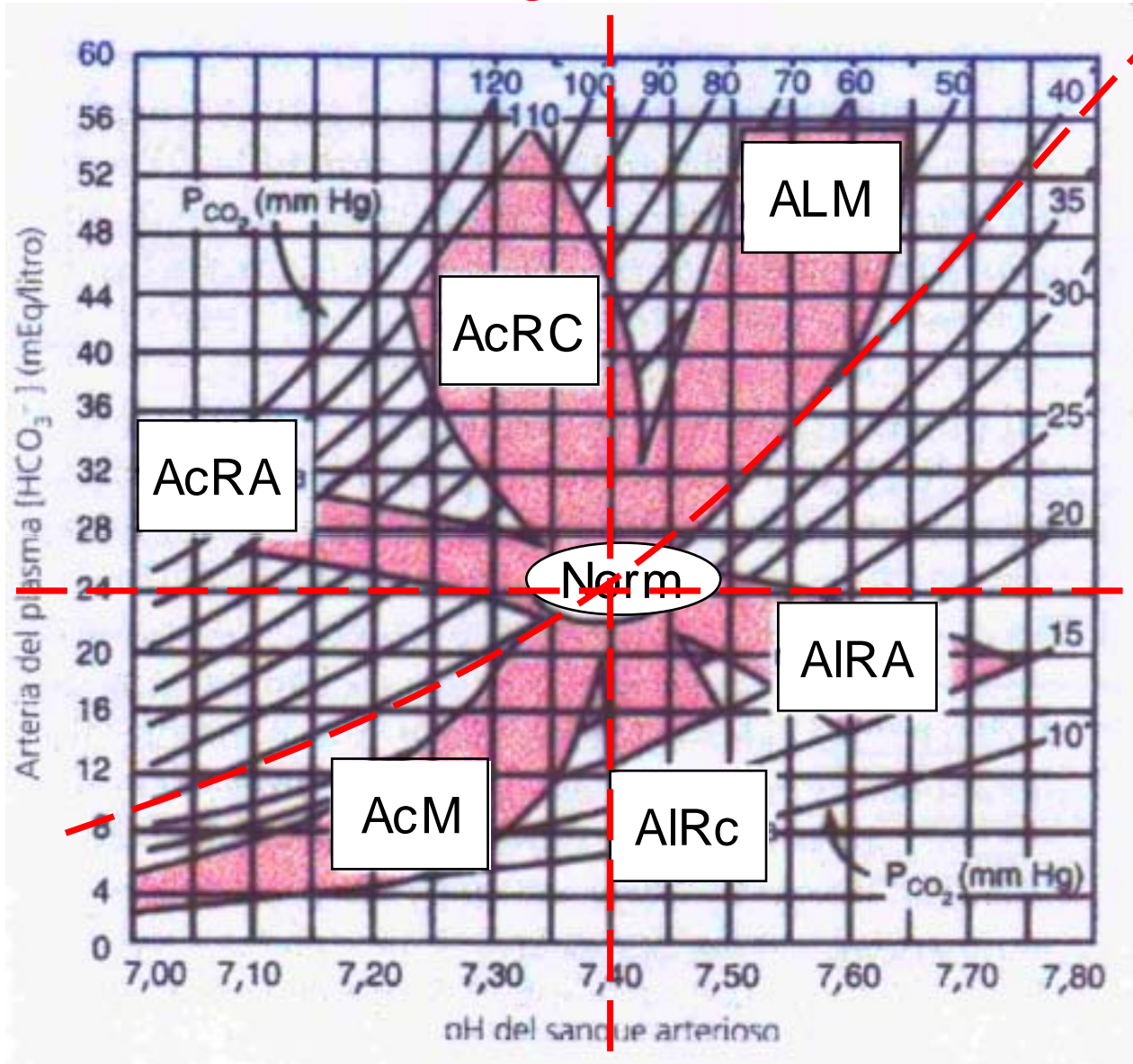
Cause

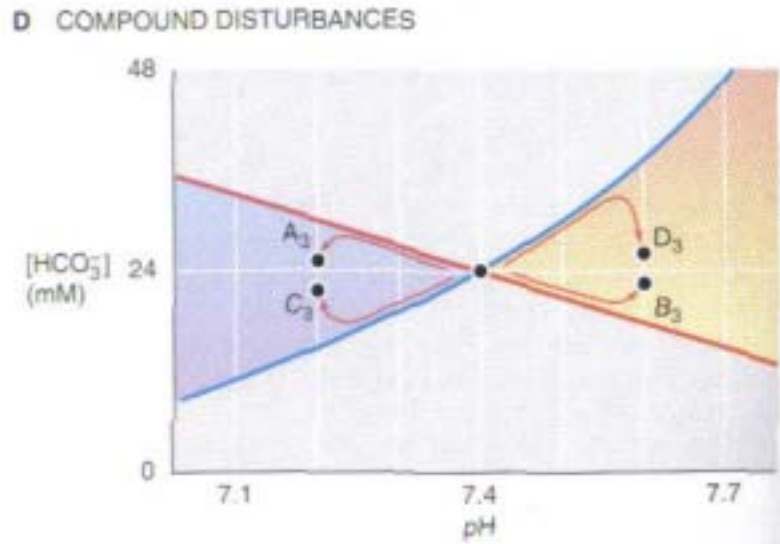
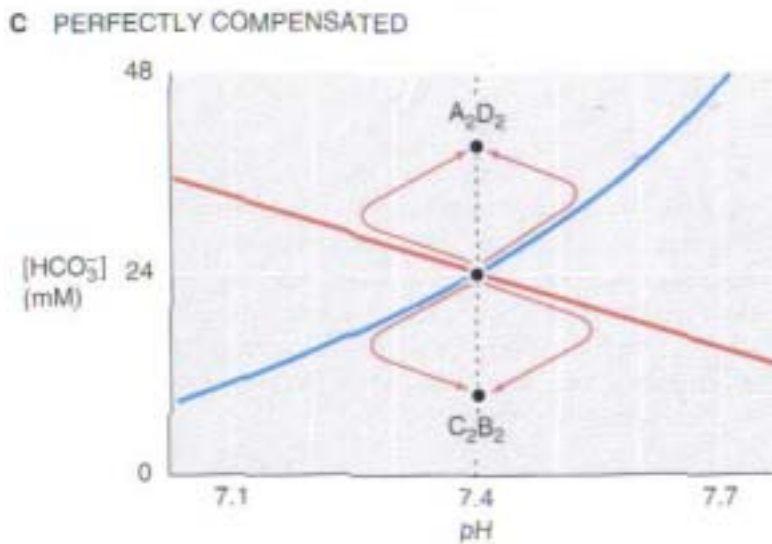
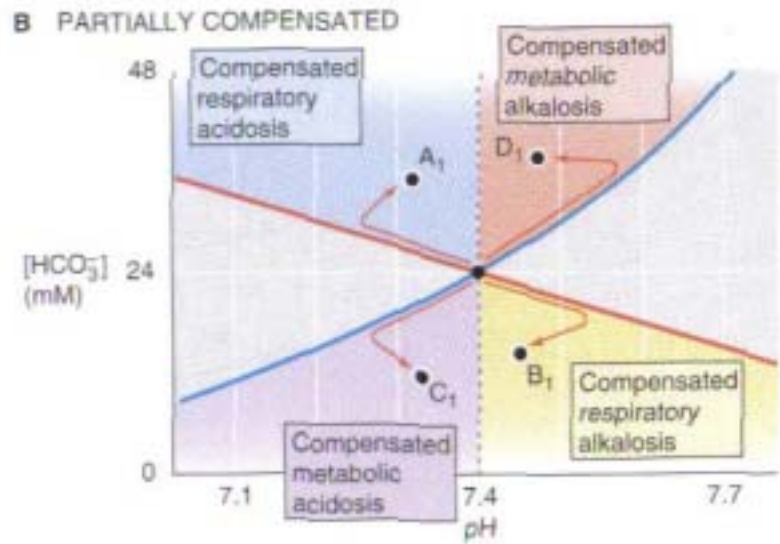
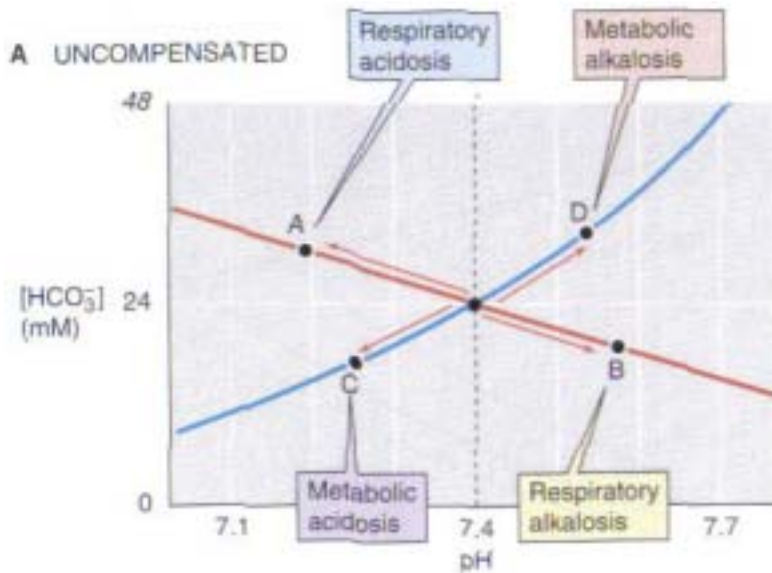
Stimolazione centro respiratorio	Iperventilazione psiconevrotica Setticemia da Gram negativi Intossicazione da salicilato Disordini neurologici (tumori, ictus)
Carenza di ossigeno	Altitudini elevate Polmonite, embolia polmonare Anemia grave
Ventilazione meccanica	Iperventilazione

Nomogramma acido-base

Vi sono riportati i valori di pH del sangue arterioso, di HCO_3^- e della pCO_2 che si intersecano secondo l'equazione di Henderson-Hasselbalch.

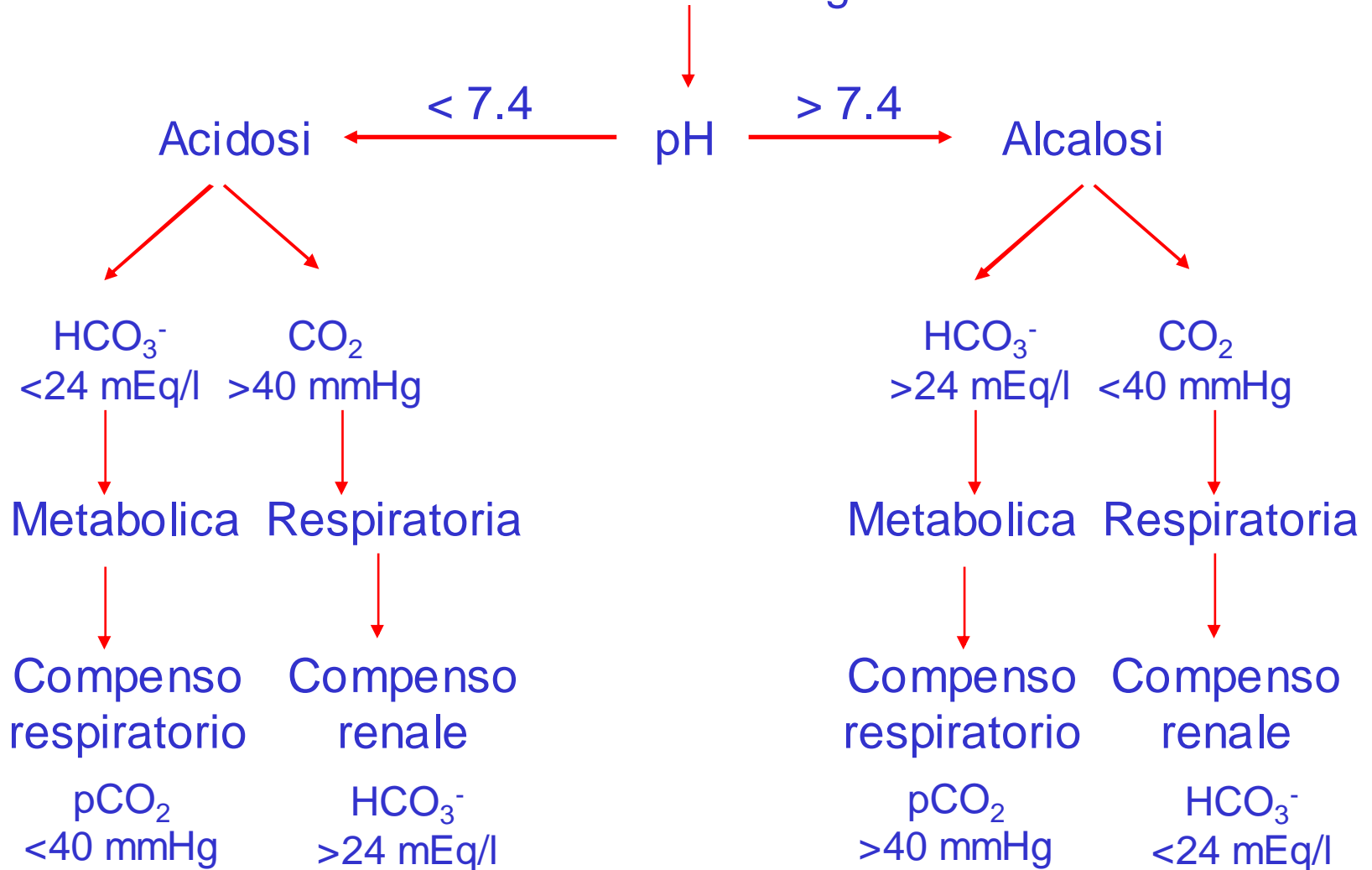
Nomogramma





Analisi dei disturbi acido-base semplici

Parametri misurati nel sangue arterioso



Sangue arterioso: $\text{pH} = 7.35$, $[\text{HCO}_3^-] = 16 \text{ mEq/l}$, $\text{pCO}_2 = 30 \text{ mmHg}$

Acidosi metabolica perché $\text{pH} < 7.4$, $[\text{HCO}_3^-] < 24 \text{ mEq/l}$, $\text{pCO}_2 < 40 \text{ mmHg}$

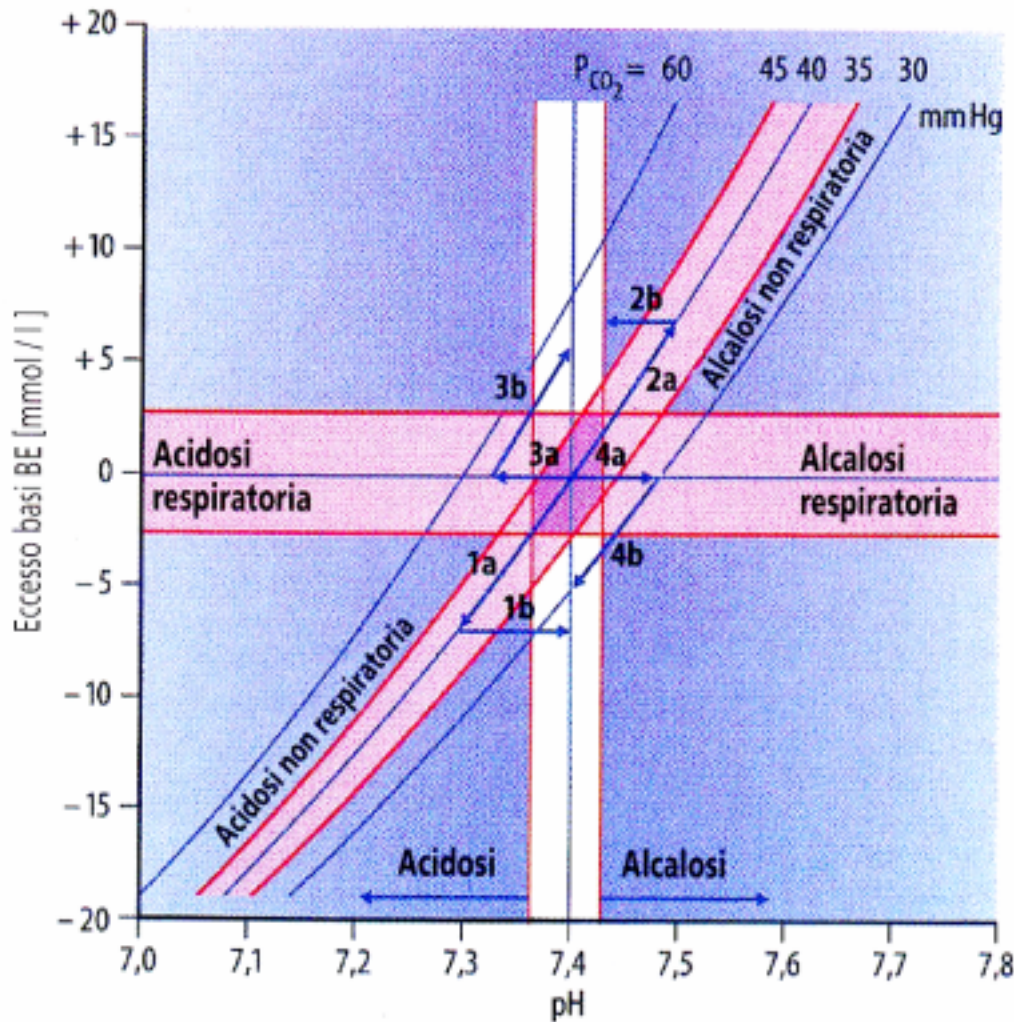
Analisi risposta compensatoria: Acidosi metabolica compensata perché $\text{pCO}_2 < 40 \text{ mmHg}$

Diagnosi: Acidosi metabolica semplice, con appropriata risposta compensatoria respiratoria in atto

Sangue arterioso: $\text{pH} = 6.96$, $[\text{HCO}_3^-] = 12 \text{ mEq/l}$, $\text{pCO}_2 = 55 \text{ mmHg}$

Acidosi metabolica e respiratoria perché $\text{pH} < 7.4$, $[\text{HCO}_3^-] < 24 \text{ mEq/l}$, $\text{pCO}_2 > 40 \text{ mmHg}$

Diagnosi: Alterazione mista, potrebbe essere presente in paziente con patologia respiratoria cronica (enfisema) e con una forma gastrointestinale acuta (diarrea)



Il diagramma riporta come parametro le curve di $p\text{CO}_2$ costante. I punti a sinistra e a destra della banda bianca indicano uno stato di acidosi e di alcalosi

1a: acidosi primaria non respiratoria

1b: compenso respiratorio (iperventilazione, $<p\text{CO}_2$). Si parla di acidosi non respiratoria completamente o parzialmente compensata se il pH torna o no al valore normale

2a: alcalosi primaria non respiratoria

2b: compenso respiratorio (ipoventilazione $> p\text{CO}_2$) sempre incompleta

3a: Acidosi respiratoria primaria

3b: compenso renale

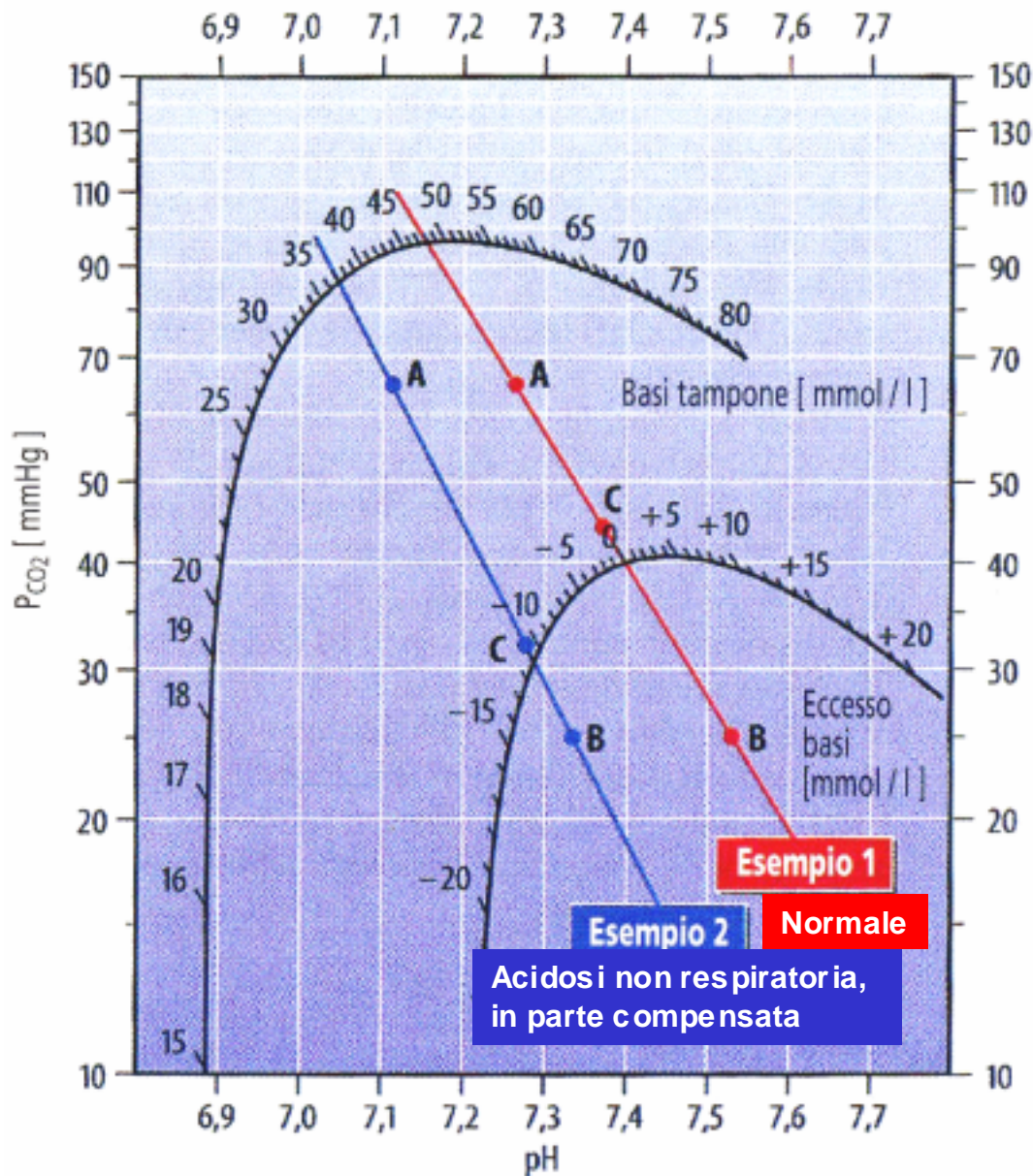
4a: alcalosi respiratoria primaria

4b: compenso renale

Criteri diagnostici:

Misurare su campioni di sangue arterioso le grandezze che permettono la distinzione fra **alcalosi-acidosi**, come fra **forme respiratorie e non-respiratorie**:

- pH, indica se è presente uno squilibrio acido-base
- $p\text{CO}_2$ permette di distinguere un'alterazione primaria di tipo respiratorio
- Variazioni dell'eccesso delle basi (BE) (ambito normale da -2.5 a +2.5 mmol/l), permette di riconoscere se si è in presenza di un'alterazione primaria di tipo respiratorio o non respiratorio



Il metodo di Astrup permette di determinare la pCO₂ e lo stato acido-base del sangue.

Si valutano, in due campioni del sangue in esame, i valori di pH ottenuti dopo equilibrio con miscele gassose a pCO₂ note.

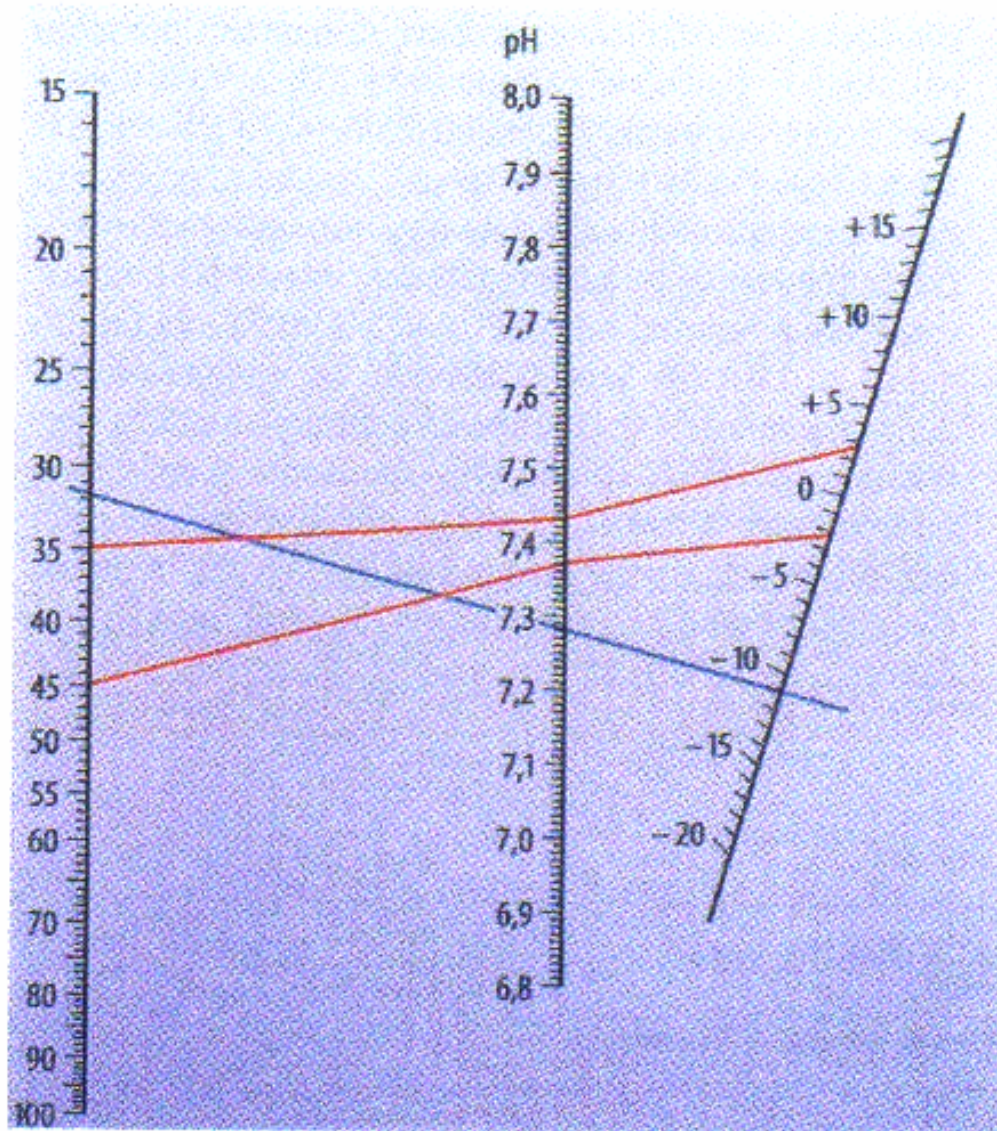
Le due coppie di valori pH-pCO₂ (A e B) vengono riportate sul diagramma.

Sulla retta AB si indica il valore di pCO₂ (C), corrispondente al pH reale del sangue in esame.

L'inserzione della retta con le opportune scale del diagramma permette inoltre di conoscere la concentrazione totale delle basi tampone e il BE

P_{CO_2} [mmol / l]

Eccesso basi [mmol / l]



Si può stabilire la condizione acido-base anche senza procedere all'equilibrio, misurando direttamente la pCO_2 e utilizzando il Nomogramma per la determinazione del BE dai valori di pCO_2 e di pH misurati.

La retta che unisce i valori di pCO_2 e di pH misurati, taglia la scala a destra in corrispondenza del valore di BE cercato.

Linee rosse indicano i valori corrispondenti ad un normale stato acido-base

Linea blu: pCO_2 32 mmHg e pH 7.28 BE -11 mmol/l diagnosi acidosi non-respiratoria parzialmente compensata