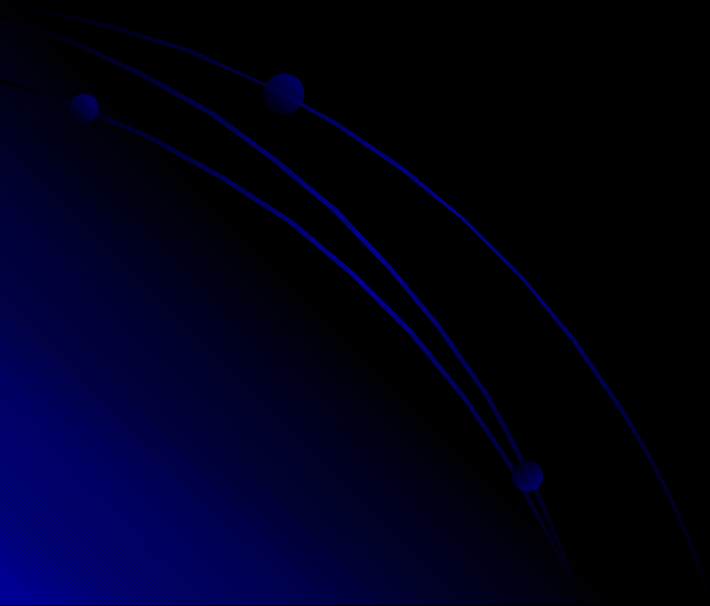


ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

Τα φυσιολογικά στενά όρια

pH 7.35 - 7.45



pH = Αλκαλαιμία (υψηλό pH)

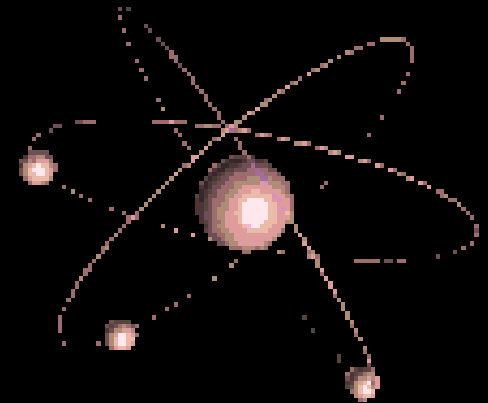


pH = Οξυαιμία (χαμηλό pH)

Όρια pH συμβατά με την ζωή 6.7 - 7.9

Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

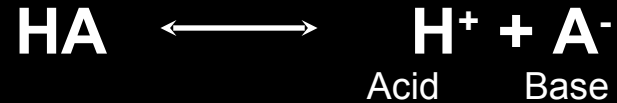
- Οξέα είναι οι δότες πρωτονίων (H^+)
- Μόρια που σε υδατικό διάλυμα παράγουν πρωτόνια $\rightarrow H^+$
- Τα κύρια οξέα του οργανισμού είναι:
 - Ανθρακικό οξύ (H_2CO_3)
 - Φωσφορικό οξύ (H_3PO_4)
 - Πυροσταφυλικό οξύ
 - Γαλακτικό οξύ



Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Βάσεις είναι τα μόρια που δέχονται πρωτόνια (H^+)
- Κύριες βάσεις του οργανισμού είναι :
 - Τα διττανθρακικά (HCO_3^-)
 - Τα διφωσφορικά (HPO_4^{2-})

Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας



$$-\log[\text{H}^+] = -\log K - \log[\text{HA}] / [\text{A}^-]$$

$$(1) \text{ pH} = \text{pK} + \log [\text{A}^-] / [\text{HA}]$$

Henderson
Hasselbalch

$$[\text{H}^+ \text{ nmol/L}] = 24 * \text{Pco}_2 / \text{HCO}_3^-$$

Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Το pH του εξωκυτταρίου χώρου προστατεύεται από τρία συστήματα :
- 1) Χημικά buffers
δρούν τάχιστα (< 1 sec)
- 2) Αναπνευστική λειτουργία
δρά ταχέως (sec to min)
- 3) Νεφρική λειτουργία
δρά αργά (hr to 2-3 d)

Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

Ενδοκυττάρια Buffers

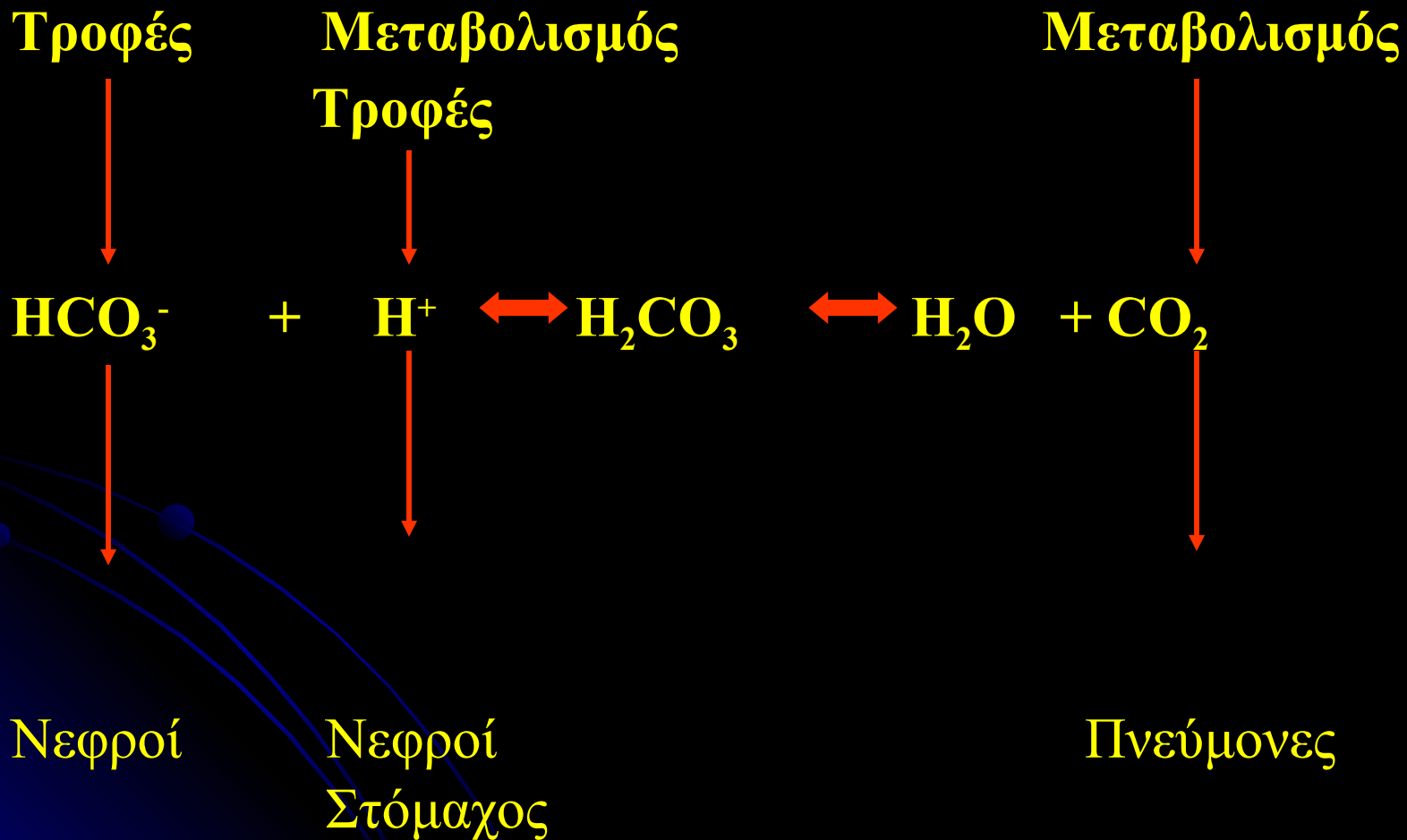
- Πρωτεΐνες
- Αιμοσφαιρίνη
- Φωσφορικά

Οστικά buffers

Εξωκυττάρια Buffers

- Πρωτεΐνες
- Φωσφορικά
- Διττανθρακικά

Οδοί απομάκρυνσης H^+ , HCO_3^- και CO_2





Προσέγγιση ΟΒΔ

1. Εκτίμηση του pH = οξυαιμία ή αλκαλαιμία
2. Καθορισμός αιτίου = αναπνευστική ($p\text{CO}_2$) ή μεταβολική διαταραχή (HCO_3)
3. Έλεγχος αντιρρόπησης = επαρκής ή όχι
4. Διερεύνηση μικτής διαταραχής



1. Εκτίμηση του pH

- pH φυσιολογικό (7.35-7.45)
- **αλκαλαιμία** >7.45
- **οξυαιμία** <7.35

- Οι όροι **οξυαιμία** και **αλκαλαιμία** υποδηλώνουν μόνο την τιμή του pH και επισημαίνουν την ανάγκη διερεύνησης της υποκείμενης διαταραχής που τείνει να το εκτρέψει από το φυσιολογικό.



2. Καθορισμός αιτίου

Μεταβολική

Αναπνευστική

Οξέωση $\text{HCO}_3 < 24$

$\text{PCO}_2 > 40$

Αλκάλωση $\text{HCO}_3 > 24$

$\text{PCO}_2 < 40$

- Απλή
- Πρωτοπαθής
- Δευτεροπαθής
- Μικτή

3. Έλεγχος Αντιρρόπησης

	pH	CO ₂	HCO ₃	2ο Responses
RAc	< 7.4	>40	>24	increased renal acid excretion (increased HCO ₃ , rarely > 32 mEq/L)
R Alk	> 7.4	<40	<24	Decreased renal acid excretion (decreased HCO ₃ , rarely <16 mEq/L)
MAc	< 7.4	<40	<24	Hyperventilate
M Alk	> 7.4	>40	>24	Hypoventilate (pCO ₂ usually < 55 mmHg)

ΤΥΠΟΙ ΑΠΛΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- ΟΞΕΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ
- ΧΡΟΝΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ
- ΟΞΕΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ
- ΧΡΟΝΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

pH ↓ PCO₂ ↑ HCO₃ ↑

pH ↑ PCO₂ ↓ HCO₃ ↓

- ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

pH ↓ PCO₂ ↓ HCO₃ ↓

- ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

pH ↑ PCO₂ ↑ HCO₃ ↑

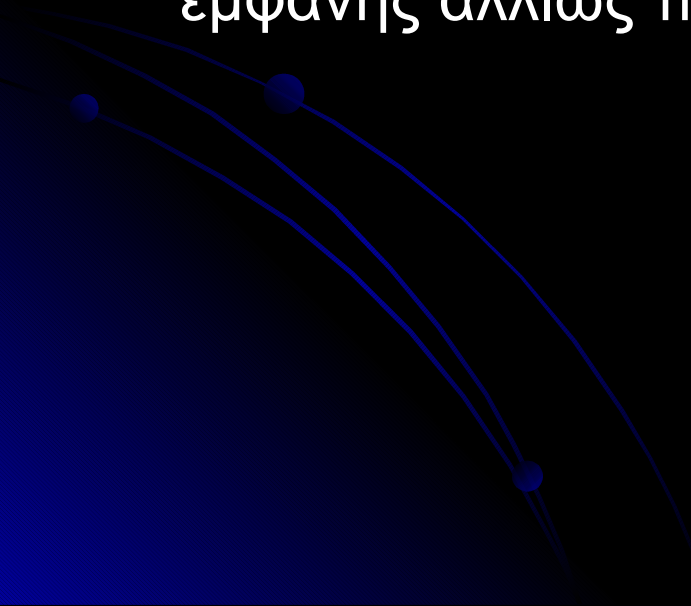
$$\text{pH} = 24 \cdot \text{PCO}_2 / \text{HCO}_3$$

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΘΥΜΟΜΑΣΤΕ

Ο αντιρροπιστικός μηχανισμός δεν μπορεί ποτέ να υπερδιορθώσει το pH προς την αντίθετη κατεύθυνση

Στις απλές διαταραχές το PCO_2 και τα HCO_3 μεταβάλλονται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση αλλιώς πρόκειται για μικτή διαταραχή

Στις απλές διαταραχές η αντιρρόπηση είναι πάντα εμφανής αλλιώς πρόκειται για μικτή διαταραχή



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ – ΑΛΚΑΛΩΣΗ

(Αντιρρόπηση εφόσον)



ΟΞΕΩΣΗ

Για κάθε 10 mmHg αύξηση της $PaCO_2$ πάνω από 40 :

• Οξεία $\uparrow\uparrow\uparrow \quad \uparrow$ Τα HCO_3^- αυξάνονται κατά 1 mEq/L

• Χρόνια $\uparrow\uparrow\uparrow \quad \uparrow\uparrow$ Τα HCO_3^- αυξάνονται κατά 3,5 mEq/L

ΑΛΚΑΛΩΣΗ

Για κάθε 10 mmHg μείωση της $PaCO_2$ κάτω από 40 :

• Οξεία $\downarrow\downarrow\downarrow \quad \downarrow$ Τα HCO_3^- μειώνονται κατά 2 mEq/L

• Χρόνια $\downarrow\downarrow\downarrow \quad \downarrow\downarrow$ Τα HCO_3^- μειώνονται κατά 5 mEq/L

Αίτια αναπνευστικής οξεώσεως

- **Υποαερισμός Κεντρικής Αιτιολογίας** (φάρμακα, O₂ σε ΧΑΠ, διαταραχές ΚΝΣ, παχυσαρκία)
- **Υποαερισμός νευρομυϊκής αιτιολογίας** (Σκλήρυνση κατά πλάκας, Πολυομυελίτιδα, Βλάβη φρενικού νεύρου, Guillain-Barré, Μυασθένεια, Κουράριο, Αμινογλυκοσίδες, Υποκαλιαιμία, κλπ)
- **Απόφραξη μεγάλων αεραγωγών** (ξένο σώμα) **ή μικρών αεραγωγών** (ΧΑΠ, άσθμα)
- **Περιοριστικά σύνδρομα** (Πλευριτική συλλογή, πνευμονοθώρακας, Κυφοσκολίωση, Αγκυλοποιητική σπονδυλίτις, Κακοήθης παχυσαρκία, Πνευμονική Ίνωση, Πνευμονία, Πνευμονικό Οίδημα)
- **Αυξημένη παραγωγή CO₂** (Παρεντερική διατροφή)

ΣΥΝΔΡΟΜΑ ΥΠΕΡΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ)

- Υποξαιμία (υψηλό υψόμετρο)
- Μεταβολικές διαταραχές (Οξέωση διαβητική, νεφρική, γαλακτική), Ηπατική ανεπάρκεια
- Νευρολογικά νοσήματα (Ψυχογενείς διαταραχές, Λοιμώξεις ΚΝΣ, Όγκοι, Ψυχογενής υπεραερισμός)
- Φάρμακα (Σαλικυλικά, Ξανθίνες, Προγεστερόνη)
- Διάφορα (Πυρετός - Σήψη, Πόνος, Εγκυμοσύνη)

Αντιρρόπηση μεταβολικών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Μεταβολική οξέωση:

↓ των HCO_3^- κατά 1 mEq/L από 24 →

↓ PCO_2 κατά 1-1.2 mmHg

$$\text{H } \text{pCO}_2 = [\text{HCO}_3^-] \times 1.5 + 8$$

Μεταβολική αλκάλωση:

↑ των HCO_3^- κατά 1 mEq/L από 24 →

↑ PCO_2 κατά 0.7 mmHg

$$\text{H } \text{pCO}_2 = [\text{HCO}_3^-] + 15$$

Διαγνωστική προσέγγιση ασθενών με μεταβολική οξέωση

Προσδιορισμός του χάσματος ανιόντων (ΧΑ)

$\text{ΧΑ} = \text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) = \text{μετρούμενα}$
 $\text{κατιόντα} - \text{μετρούμενα ανιόντα}$
 $= \text{μη μετρούμενα ανιόντα} -$
 $\text{μη μετρούμενα κατιόντα}$

Φ.Τ.: $12 \pm 2 \text{ mEq/L}$

Διόρθωση για τα επίπεδα της αλβουμίνης :
↓ ΧΑ κατά 2.5 mEq/L για κάθε μείωση κατά
↓ 1 g/dl της αλβουμίνης



High anion gap metabolic acidosis KUSSMAL

- **K**etoacidosis Diabetic
- **U**remia
- **S**alicylates
- **S**tarvation
- **M**ethanol
- **A**lcoholic ketoacidosis , paraldehyde, ethylene glycol
- **L**actic acidosis (shock, sepsis, seizures, toxins - phenformin and ethanol)

Non-anion gap metabolic acidosis

- Διάρροια
- Συρρίγια
 - παγκρεατικά
 - χοληφόρα
 - εντερικά
- Νεφροσωληναριακή οξέωση
 - αναστολείς καρβονικής ανυδράσης
 - τύπου II αδυναμία απέκκρισης H^+ στα αθροιστικά σωληνάρια (διαταραχή αντλίας H^+ -ATPάσης)
 - τύπου I στα πλαίσια του συνδρόμου Fanconi
 - τύπου IV (low-renin, low-aldo)
pH ούρων < 5.3 , K^+ ορού ↑↑

Urine Anion Gap ($Na+K-Cl$) if neGUTive -> enteric losses

Θεραπεία Μεταβολικής Οξέωσης

Ελλειμα HCO_3 (mmol) =

(Φυσιολογικό HCO_3 – μετρούμενο HCO_3 σε mmol/L) $\times \frac{1}{2}$ του ΣΒ

Κράτησε pH > 7,20



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

- Λόγω απώλειας NaCl^* (90%)
- Λόγω υπερέκκρισης
αλατοκορτικοειδών**

* αλατοευαίσθητος

** αλατοανθεκτική

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

Χλώριο ούρων

< 20 meq/L

- Υποογκαιμία
(saline responsive)

> 20 meq/L

- ↑ αλατοκορτικοειδή
- Διουρητικά*
- Υποκαλιαιμία (< 2 meq/L)
- Σύνδρομο Bartter
(saline resistant)

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ (1)

Απώλεια H^+ από το εξωκυττάριο υγρό

- Από το γαστρεντερικό σωλήνα:

- έμετοι, αναρροφήσεις, συρίγγια*
- θηλώδη αδενώματα παχέος εντέρου (σπάνια)

- Από τους νεφρούς:

- διουρητικά, κυρίως της θειαζίδης*
- υπερέκκριση αλατοκορτικοειδών**

- Είσοδος στα κύτταρα:

- Υποκαλιαιμία (όταν είναι βαριά)

* τα συχνότερα

** αλδοστερονισμός, συνδρομο Bartter, ρενινοπαραγωγοί
όγκοι

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ (2)

Κατακράτηση HCO_3^-

- Χορήγηση μεγάλης ποσότητας HCO_3^- *
- Μαζικές μεταγγίσεις αίματος (σπάνιο)
- Σύνδρομο γάλακτος - αλκαλικών (σπάνιο)

* συνήθως για θεραπεία διαβητικής ή γαλακτικής οξέωσης

Ασθενής με χρόνια διαρροϊκό σύνδρομο εμφανίζει:

pH= 7.24, PCO₂= 23 mmHg,

HCO₃⁻= 10 mEq/L, Na⁺= 135 mEq/L,

K⁺= 3.5 mEq/L, Cl⁻= 108 mEq/L,

ουρία= 102 mg/dl, κρεατινίνη= 1.6 mg/dl,

ΑΠ= 100/60 mmHg, σφύξεις= 120/min,

λευκώματα= 9.5 g/dl, αλβουμίνη= 5.2 g/dl,

PO₄³⁻= 5 mEq/L

Ερμηνεία των ευρημάτων

pH= 7.24 οξέωση

HCO₃⁻= 10 mEq/L μεταβολική οξέωση

ΧΑ= Na-(Cl+HCO₃)=135- 108-10= 17

ΑΡΑ προκειται για μεταβολική οξέωση με ΧΑ

Αναμενόμενο PCO₂=1.5 x HCO₃ +8=23 (23)

- Ketoacidosis Diabetic
- Uremia
- Salicylates
- Starvation
- Methanol
- Alcoholic ketoacidosis , paraldehyde, ethylene glycol
- Lactic acidosis (shock, sepsis, seizures, toxins - phenformin and ethanol)

ΑΠ= 100/60 mmHg, σφύξεις= 120/min, αλβουμίνη= 5.2 g/dl

Μεταβολική οξέωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Ασθενής με εμέτους από 5 ημέρες
προσέρχεται με υπόταση και
ταχυκαρδία:

• $\text{pH} = 7.23$, $\text{PCO}_2 = 22 \text{ mmHg}$,

$\text{HCO}_3^- = 9 \text{ mEq/L}$, κρεατινίνη = 2.1 mg/dl ,

$\text{Na}^+ = 140 \text{ mEq/L}$, $\text{Cl}^- = 77 \text{ mEq/L}$,

$\text{K}^+ = 3.4 \text{ mEq/L}$, κετόνες = ίχνη στα ούρα

Ερμηνεία των ευρημάτων

pH= 7.23 οξέωση

$\text{HCO}_3^- = 9 \text{ mEq/L}$ μεταβολική οξέωση

$\text{XA} = \text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) = 140 - 77 - 9 = 54$

ΑΡΑ Μεταβολική οξέωση με χάσμα ανιόντων

• **Αναμενόμενο $\text{PCO}_2 = 1.5 \times \text{HCO}_3^- + 8 = 21.5$ (22)**

Ketoacidosis Diabetic

- Uremia
- Salicylates
- Starvation
- Methanol
- Alcoholic ketoacidosis , paraldehyde, ethylene glycol
- Lactic acidosis (shock, sepsis, seizures, toxins - phenformin and ethanol)

κετόνες= ίχνη στα ούρα, κρεατινίνη= 2.1 mg/dl

**Ασθενής 45 ετών με εμέτους
εξαιτίας πυλωρικής στένωσης:**

**ΑΠ: 100/60 mmHg, Na⁺ ορού: 140
mEq/L, K⁺: 2.2 mEq/L, Cl⁻: 86
mEq/L, pH: 7.53, PCO₂: 52 mmHg,
HCO₃⁻: 42 mEq/L, ουρία: 90 mg/dl,
κρεατινίνη: 1.8 mg/dl**

pH: 7.53 **αλκάλωση**
HCO₃⁻: 42 mEq/L **μεταβολική αλκάλωση**
PCO₂=HCO₃+15=42+15=57
PCO₂ = 57

**ΑΡΑ ΑΝΤΙΡΡΟΠΟΥΜΕΝΗ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ
ΑΛΚΑΛΩΣΗ ΛΟΓΩ ΥΠΟΟΓΚΑΙΜΙΑΣ,
ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΓΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΚΑΛΙΑΙΜΙΑΣ**

Μεταβολική αλκάλωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Ασθενής 45 ετών, βαρύς καπνιστής,
εμφάνισε εμέτους:

pH= 7.49, PO₂= 55 mmHg,

HCO₃⁻= 41 mEq/L, PCO₂= 68 mmHg

Ερμηνεία των ευρημάτων

pH= 7.49 → ΑΛΚΑΛΩΣΗ

HCO₃⁻ = 41 mEq/L → ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ

ΑΛΚΑΛΩΣΗ

Αναμενόμενη αντιρρόπηση

PCO₂=HCO₃+15=41+15=56mmHg,

όμως PCO₂=68mmHg→συνυπάρχει

αναπνευστική οξέωση

Μεταβολική αλκάλωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Ασθενής με κίρρωση, υπό αγωγή με φουροσεμίδη:

• pH= 7.55, PCO₂= 44 mmHg,

• HCO₃⁻ = 41 mEq/L

Ερμηνεία των ευρημάτων

pH= 7.55 → ΑΛΚΑΛΩΣΗ

**HCO₃⁻ = 41 mEq/L → ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ
ΑΛΚΑΛΩΣΗ (φουροσεμίδη)**

Αναμενόμενη αντιρρόπηση

PCO₂ = HCO₃ + 15 = 41 + 15 = 56 mmHg,

**όμως PCO₂ = 44 mmHg → συνύπαρξη
αναπνευστικής αλκάλωσης (ηπατική
ανεπάρκεια)**

Ασθενής με ΧΑΠ προσέρχεται λόγω δύσπνοιας και πυρετού

Αέρια αίματος: (FiO_2 :0,21) pH :7,27, pO_2 :42mmHg,
 pCO_2 :68mmHg, HCO_3 :29mmol/L

Ερμηνεία

- Υποξυγοναιμία, Αναπνευστική οξέωση , οξεία (αύξηση των HCO_3 κατά 4 και όχι κατά 10)