

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

ΒΑΣΙΛΗΣ ΦΙΛΙΟΠΟΥΛΟΣ
ΝΕΦΡΟΛΟΓΟΣ

Νεφρολογική Κλινική και Μονάδα Μεταμόσχευσης Νεφρού,
Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ, Λαϊκό Νοσοκομείο, Αθήνα

Το πρόβλημα της διατήρησης της οξεοβασικής ισορροπίας

Η άμυνα της φυσιολογικής αλκαλικότητας των υγρών του σώματος ενάντια στη σταθερή έφοδο των οξέων



pH: σταθερό (7,35- 7,45)

[H⁺]: σταθερή (0,000035- 0,000045 mEq/L ή 35-45 nmEq/L)

Φυσιολογική συγκέντρωση H⁺ / pH στο πλάσμα

- χαμηλή συγκέντρωση στο φυσιολογικό πλάσμα
0,00004 mEq/l (40 nEq/l) ή 0,00000004 Eq/l
- συνήθης διακύμανση 3-5 nEq/l

pH : λογαριθμική κλίμακα

- $\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = -\log 0,00000004 \rightarrow \text{pH} = 7,4$

- **pH αίματος** → αντιστρόφως ανάλογο των H⁺
Στενό εύρος

αρτηριακό → **pH = 7.4**

φλεβικό → **pH = 7.35**

(όρια επιβίωσης 6.8 – 8.0)

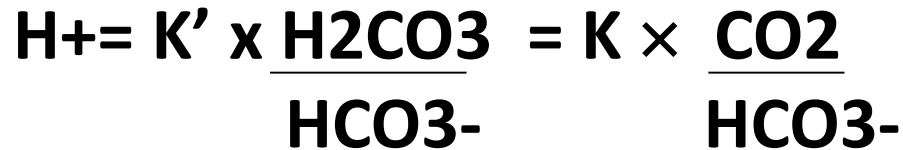
pH ενδοκυττάριο υγρό < pH στο εξωκυττάριο

- **pH ούρων** → **4.5 – 8.0 συνήθως 6-6.5**

(διακύμανση ανάλογα με την οξεοβασική κατάσταση του οργανισμού)

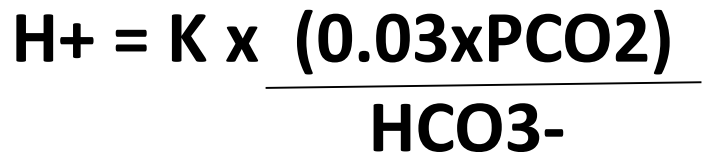
(!) pH στομάχου → 0.8

Για οποιοδήποτε οξύ, η συγκέντρωσή του σε σχέση με τα ιόντα του καθορίζεται από τη σταθερά διάστασης K



Ανθρακικό οξύ σε ισορροπία με το CO₂
400 μόρια διαλυμένου CO₂ για κάθε μόριο H₂CO₃

Ποσό CO₂ = PCO₂ x συντελεστή διαλυτότητας = PCO₂ x 0,03



$$pK = -\log K$$

$$pH = pK - \log \frac{(0.03 \times PCO_2)}{HCO_3^-}$$

Εξίσωση Henderson – Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{pk} + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{(0,03 \times \text{PCO}_2)} \quad \longrightarrow \quad \text{pH} = 6,1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{(0,03 \times \text{PCO}_2)}$$

Καθορίζει τους συντελεστές της φυσιολογικής ρύθμισης του pH και κατά συνέπεια και των διαταραχών του

Μπορούμε να υπολογίσουμε το pH ενός διαλύματος αν είναι γνωστή η συγκέντρωση των διττανθρακικών και η pCO₂

Συσχέτιση [H⁺] και pH

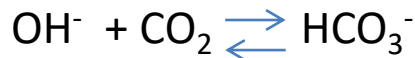
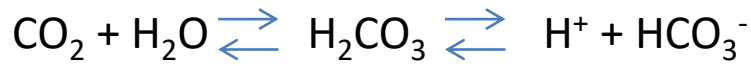
$$[\text{H}^+] \text{nmol/l} = 24 \frac{\text{Pco}_2 \text{ mmHg}}{[\text{HCO}_3^-] \text{mmol/l}}$$

pH	[H] nmol/l
7.80	16
7.70	20
7.60	26
7.50	32
7.40	40
7.30	50
7.20	63
7.10	80
7.00	100
6.90	125
6.80	160

Πηγές οξέων

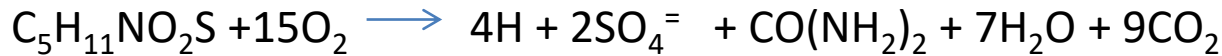
- **Πτητικό οξύ H_2CO_3**

- Αερόβιος μεταβολισμός $\rightarrow \text{CO}_2$ (τελικό προϊόν)



- **Μη πτητικά οξέα (προϊόντα μεταβολισμού τροφών)**

- Πρωτεΐνες \rightarrow αμινοξέα \rightarrow θειικό οξύ



Μεθειονίνη

Ουρία

- Φωσφορολιπίδια \rightarrow φωσφορικό οξύ

- Υδατάνθρακες και λίπη \rightarrow οργανικά οξέα

- **Αποβολή αλκαλικών στα κόπρανα**

Ημερήσια προσθήκη οξέων

- Πτητικά οξέα
 - 13.000 – 20.000 mmoles CO₂
- Μη πτητικά οξέα
 - 40 – 100 mmoles οργανικών και ανόργανων οξέων
(1 mmol H⁺ per kilogram of body weight)
- Αποβολή αλκαλικών με τα κόπρανα
 - 20 – 40 mmoles

ΑΜΥΝΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΣΤΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΩΝ H⁺

- ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ (ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΑ) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
- ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ
- ΝΕΦΡΟΙ

Γραμμές (μηχανισμοί) άμυνας

- Φυσικοχημική εξουδετέρωση
 - ❖ Ταχύτατη
- Αναπνευστική συμμετοχή
 - ❖ Ταχύτατη
- Νεφρική συμμετοχή
 - ❖ Βραδεία

- **ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ**

Ρύθμιση → αυξομειώσεις PCO_2

Απομάκρυνση H_2CO_3 από εξωκυττάριο υγρό

Ταχύ σύστημα αντιρρόπησης

- **ΝΕΦΡΟΣ**

Η βραδύτερη / η πιο ολοκληρωμένη αντιρρόπηση

αυξομειώσεις pH ούρων

απέκκριση όξινων ή αλκαλικών ούρων

ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

$$\text{pH} = 6,1 + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{(0,03 \times \text{PCO}_2)}$$

$\uparrow \text{HCO}_3^- \longrightarrow \uparrow \uparrow \text{pH} \longrightarrow \text{ΑΛΚΑΛΩΣΗ}$

$\uparrow \uparrow \text{PCO}_2 \longrightarrow \downarrow \text{pH} \longrightarrow \text{ΟΞΕΩΣΗ}$

Ρυθμιστικό σύστημα διττανθρακικών \rightarrow το ισχυρότερο
εξωκυττάριο σύστημα στον οργανισμό

Οι δύο συνιστώσες του ρυθμίζονται από νεφρό / πνεύμονα

Ορισμοί (II)

Οξυαιμία

↑[H⁺] / ↓pH στο πλάσμα (< 7.35)

Οξέωση

Υποκείμενη παθολογική κατάσταση

Αλκαλαιμία

↓[H⁺] / ↑pH στο πλάσμα (> 7.45)

Αλκάλωση

Υποκείμενη παθολογική κατάσταση

Οξέωση / Αλκάλωση

Δεν συνοδεύονται πάντοτε από οξυαιμία / αλκαλαιμία

Διαταραχή ΟΒ ισορροπίας

Μπορεί να υπάρχει ακόμα και επί φυσιολογικού pH

ΚΛΙΝΙΚΑ ΑΙΤΙΑ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Οι 4 κύριες διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας

Μεταβολική οξέωση

Αναπνευστική οξέωση

Μεταβολική αλκάλωση

Αναπνευστική αλκάλωση

Διαταραχές οξεοβασικής ισορροπίας

$$pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$$[H^+] = 24 \frac{P_{CO_2}}{[HCO_3^-]}$$

Απλές διαταραχές

- Οξέωση: ↓ pH
 - Μεταβολική: ↓ $[HCO_3^-]$
 - Αναπνευστική: ↑ P_{CO_2}
- Αλκάλωση: ↑ pH
 - Μεταβολική: ↑ $[HCO_3^-]$
 - Αναπνευστική: ↓ P_{CO_2}

Μεικτές διαταραχές

Περισσότερες από μία πρωτοπαθείς διαταραχές

Προσδιορισμός του είδους της διαταραχής

!Σε πραγματικές συνθήκες, το ένα σύστημα προσπαθεί να αντιρροπήσει τη βλάβη του άλλου

3 βήματα

Πρόκειται για οξέωση ή για αλκάλωση?

Κοίτα pH

Πρόκειται για αναπνευστική ή μεταβολική διαταραχή?

κοίτα $p\text{CO}_2$

αν είναι παθολογικό και εξηγεί το παθολογικό pH → αναπνευστική

Κοίτα HCO_3

αν είναι παθολογικό και εξηγεί το παθολογικό pH → μεταβολική

Ερμηνεία των αερίων αίματος

Test	Φυσιολογική Τιμή	Σημασία της αλλαγής
pH	7.36 - 7.44	Χαμηλό
		Υψηλό
PaCO ₂	36 - 44 mmHg	Χαμηλό
		Υψηλό
HCO ₃	21 - 27 mmol/L	Χαμηλό
		Υψηλό
PaO ₂	90-95 mmHg	Χαμηλό
Κορεσμός O ₂	95% -100%	Χαμηλό

Είναι απαραίτητο αρτηριακό αίμα για την εκτίμηση των διαταραχών οξεοβασικής ισορροπίας?

- Γενικά ΟΧΙ
- **Απαραίτητο** για να καθοριστεί με ακρίβεια η παρουσία πρωτοπαθών αναπνευστικών διαταραχών ή ο βαθμός της αναπνευστικής αντιρρόπησης σε μεταβολικές διαταραχές

Πνευμονική αντιρρόπηση: Προσπάθεια διατήρησης του pH μέσω αυξομειώσεων του PaCO₂

Φυσιολογικά

PaCO₂ → ερέθισμα στο αναπνευστικό κέντρο για ρύθμιση του
εύρους και της συχνότητας της αναπνοής

Αντιρρόπηση πνεύμονα σε οξέωση

↑ εύρους και συχνότητας αναπνοής για
την αποβολή της περίσσειας CO₂ →
↓ PaCO₂ (υποκαπνία)

Αντιρρόπηση πνεύμονα σε αλκάλωση

↓ εύρους και συχνότητας αναπνοής → ↑ PaCO₂ (υπερκαπνία)

Όχι ιδιαίτερα αποτελεσματική

Αναπνευστική αντιρρόπηση



Ταχεία (λεπτά μέχρι ώρες)

Νεφρική αντιρρόπηση: Προσπάθεια διατήρησης του pH μέσω κατακράτησης ή απέκκρισης HCO_3^- και H^+

Νεφρική αντιρρόπηση



Βραδεία (ώρες μέχρι ημέρες)

Νεφρική αντιρρόπηση

$\downarrow \text{HCO}_3^-$ ή $\uparrow \text{H}^+$ \rightarrow μεταβολική οξέωση

$\uparrow \text{HCO}_3^-$ ή $\downarrow \text{H}^+$ \rightarrow μεταβολική αλκάλωση

Όχι σε οξείες αναπνευστικές διαταραχές αλλά σε χρόνιες καταστάσεις (ΧΑΠ)

Αντιστάθμιση κύριας οξεοβασικής διαταραχής

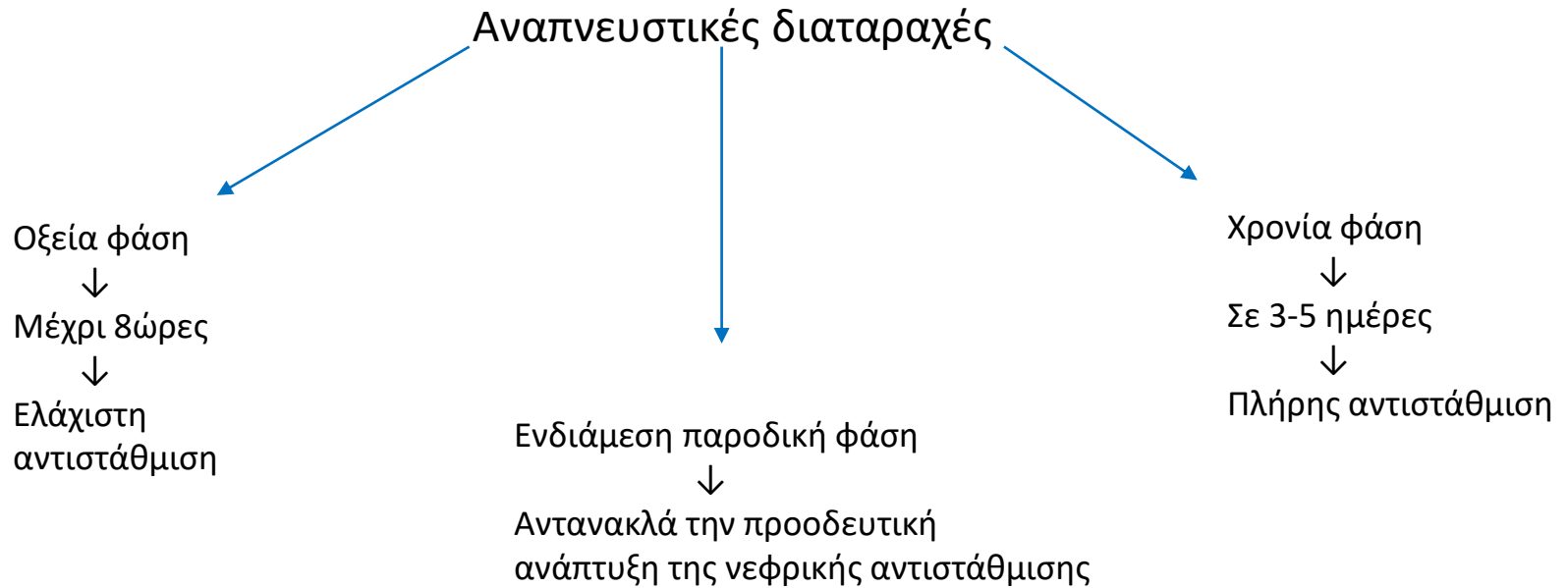
$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{Pco}_2}$$

- Μεταβολική οξέωση → Κυψελιδικός υπεραερισμός
 - ↓ (HCO_3^-), ↓ Pco_2
- Μεταβολική αλκάλωση → Κυψελιδικός υποαερισμός
 - ↑ (HCO_3^-), ↑ Pco_2
- Αναπνευστική οξέωση → ↑ επαναρ HCO_3^- ↑ αποβολής H^+
 - ↑ Pco_2 , ↑ (HCO_3^-)
- Αναπνευστική αλκάλωση → ↓ επαναρ HCO_3^- , ↓ αποβολής H^+
 - ↓ Pco_2 , ↓ (HCO_3^-)

Μερική και ποτέ πλήρης
διόρθωση του pH

Χρόνος ολοκλήρωσης της αντιστάθμισης

Μεταβολικές διαταραχές → Άμεσα
Αναπνευστικές διαταραχές → Μερικές ημέρες



Συμπέρασμα

- Στις χρόνιες αναπνευστικές διαταραχές η μεταβολή της $[\text{HCO}_3^-]$ του πλάσματος είναι πολύ μεγαλύτερη, γιατί οι νεφροί αντισταθμίζουν πλήρως
- Στις αναπνευστικές διαταραχές, η $[\text{HCO}_3^-]$ του πλάσματος προσδιορίζει τον χρόνο έναρξης της διαταραχής (οξεία ή χρόνια)

Αντιρρόπηση: το ένα ρυθμιστικό σύστημα προσπαθεί να αντισταθμίσει τη βλάβη του άλλου

Αντιρροπούμενη αναπνευστική οξέωση

Πλήρης αντιρρόπηση → φυσιολογικό pH

pH 7.36

CO₂ 52

HCO₃ 33

Μη αντιρροπούμενη αναπνευστική οξέωση

Μερική αντιρρόπηση

pH 7.32

CO₂ 67

HCO₃ 28

Πάντα το pH είναι προς την κατεύθυνση της πρωτογενούς διαταραχής

!!! ΠΟΤΕ δεν γίνεται υπεραντιρρόπηση

Αυτή είναι και η διαφορά από τη μικτή διαταραχή

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση pH με HCO_3 ή Pco_2

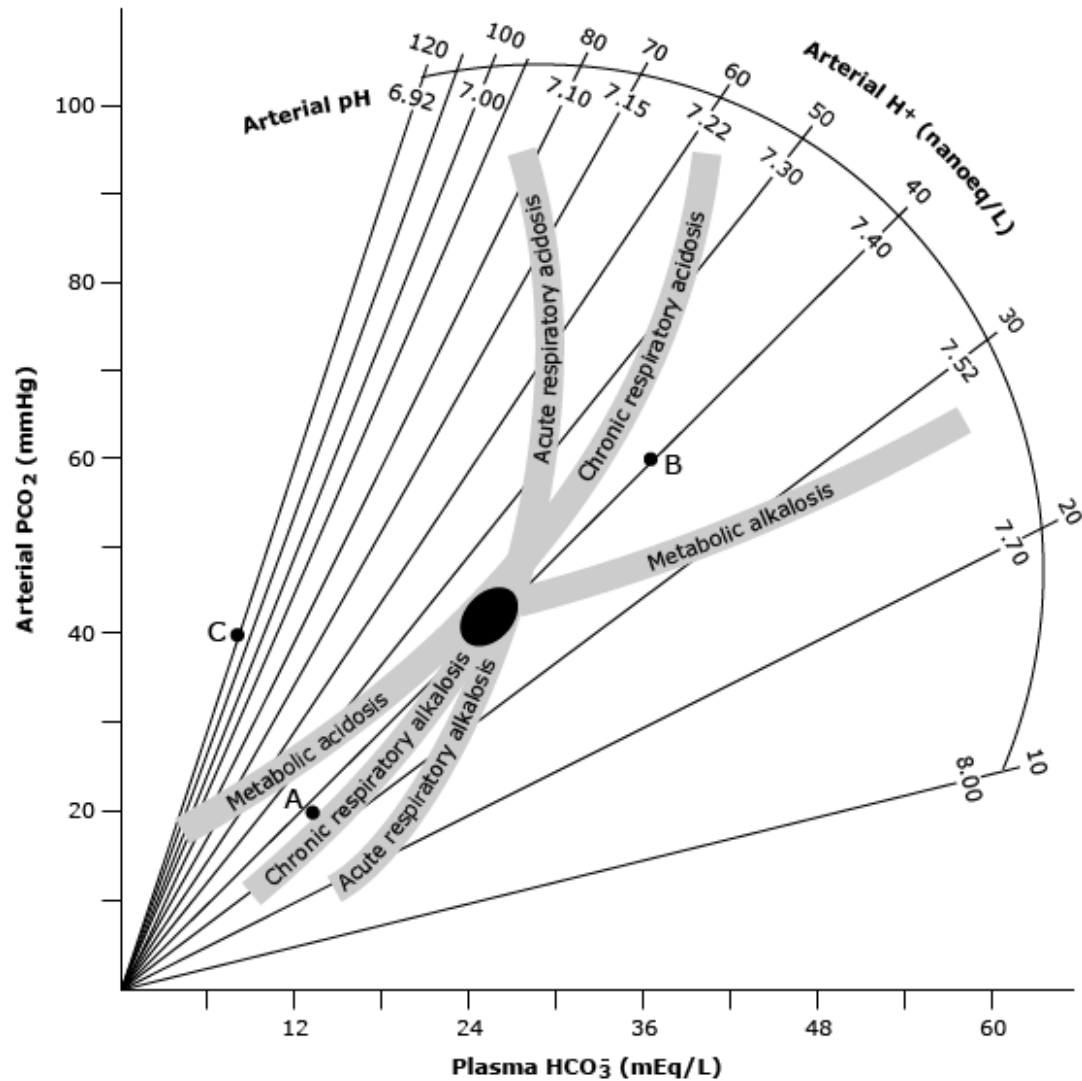
	Μεταβολή pH	Μεταβολή HCO_3 (mmol/l)
Μεταβολική οξέωση	↓ 0.010	↓ 1
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 0.015	↑ 1
Αναπνευστική οξέωση		Μεταβολή Pco_2 (mmHg)
Οξεία	↓ 0.08	↑ 10
Χρόνια	↓ 0.03	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↑ 0.08	↓ 10
Χρόνια	↑ 0.03	↓ 10

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Expected compensation ranges for simple acid-base disorders



Reproduced with permission from: Harrington JT, Cohen JJ, Kassirer JP. Mixed acid-base disturbances. In: Acid/Base, Cohen JJ, Kassirer JP (Eds), Little, Brown, Boston: 1982. Copyright © 1982 Lippincott Williams & Wilkins. www.lww.com.

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Αναπνευστική αντιρρόπηση σε μεταβολική οξέωση

- Arterial $PCO_2 = 1.5 \times \text{serum } HCO_3 + 8 \pm 2$ (Winters' equation)
- Arterial $PCO_2 = \text{Serum } HCO_3 + 15$
- $pCO_2 =$ περίπου με τα δεκαδικά ψηφία του αρτηριακού pH

Μικτή διαταραχή: διαταραχή και στα δύο ρυθμιστικά συστήματα

Αναπνευστική + μεταβολική διαταραχή **προς την ίδια** κατεύθυνση
Πολύ μεγάλη διαταραχή του pH

Παράδειγμα (ασθενής με ΧΑΠ+ΧΝΝ)

pH 7.12

CO₂ 55

HCO₃ 14

Αναπνευστική+ μεταβολική οξέωση

Μικτή διαταραχή: διαταραχή και στα δύο ρυθμιστικά συστήματα

Αναπνευστική + μεταβολική διαταραχή **προς αντίθετη** κατεύθυνση

Το pH μπορεί να είναι ελαφρά επηρεασμένο ή και φυσιολογικό

Παράδειγμα

pH 7.32

pCO₂ 20

HCO₃⁻ 10

Μεταβολική οξέωση + αναπνευστική αλκάλωση

Προσέλαση ασθενούς με διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας

- Το φυσιολογικό pH δεν αποκλείει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας
- Ορθή ή λανθασμένη εργαστηριακή ανάλυση
- Επικρατούσα διαταραχή
 - pH
- Απλή ή μεικτή διαταραχή
 - Συσχέτιση pH με HCO_3^- ή PCO_2
 - Συσχέτιση HCO_3^- με PCO_2
- Υπολογισμός του ΧΑ
 - Αν ΧΑ αυξημένο, Δέλτα χάσμα
- Αιτία διαταραχής
 - Ιστορικό, κλινική εξέταση
 - Εργαστηριακός έλεγχος
- Αντιμετώπιση

Μεταβολική οξέωση

Διάγνωση
(↓pH), ↓HCO₃⁻ (< 22 mEq/L)

αναπνευστική αλκάλωση
↓pCO₂ (αντιρροπιστικά)

Μεταβολική οξέωση (↓pH, ↓HCO₃⁻)

ΑΙΤΙΑ-ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ

- Ανεπάρκεια των νεφρών να απεκκρίνουν οξέα που παράγονται φυσιολογικά (χρόνια νεφρική νόσος)
- Διαταραχές οξινοποίησης των ούρων στο εγγύς ή στο άπω σωληνάριο (νεφρική σωληναριακή οξέωση, ΝΣΟ)
- Υπέρμετρη παραγωγή οξέων που ξεπερνά την απεκκριτική ικανότητα του νεφρού
- Απώλεια βάσεων από τα σωματικά υγρά
- Οξέωση από αραίωση (Dilution Acidosis)

Μεταβολική οξέωση

Διαγνωστική προσπέλαση



Κατιόντα = Ανιόντα



Υπολογισμός του χάσματος ανιόντων στον ορό

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

$\text{Χάσμα ανιόντων} = (\text{Na}^+) - (\text{Cl}^-) - (\text{HCO}_3^-)$

Χ.Α. = μη μετρούμενα ανιόντα – μη μετρούμενα κατιόντα

Μεταβολική οξέωση

Χάσμα ανιόντων ορού

Το χάσμα ανιόντων χρησιμοποιείται στη διαφοροδιάγνωση της μεταβολικής οξέωσης

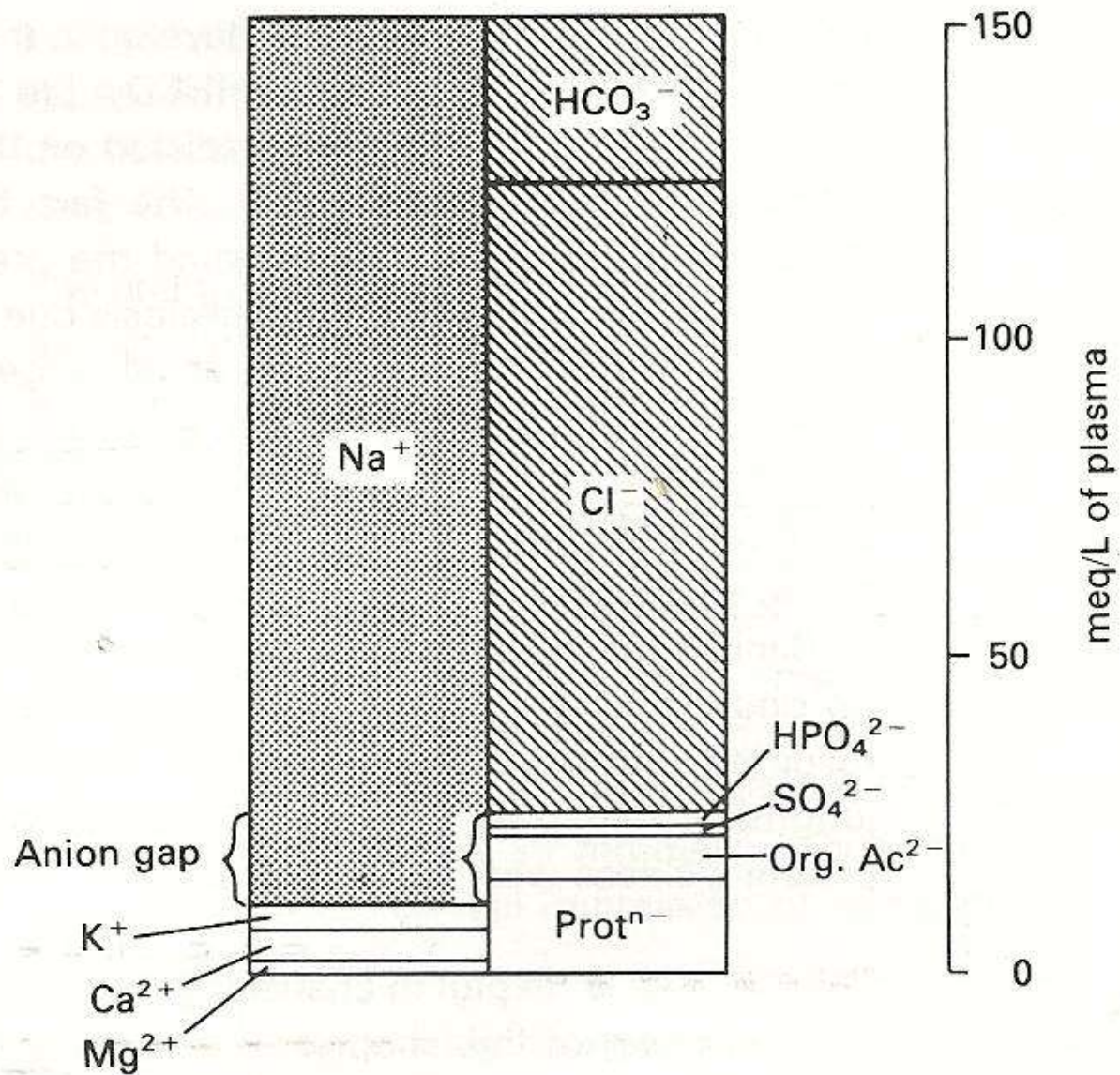
Μεταβολική οξέωση

Με φυσιολογικό χάσμα ανιόντων στον ορό (υπερχλωραιμική)

$$\begin{aligned}\text{Χάσμα ανιόντων} &= (\text{Na}^+) - [(\text{Cl}^-) + (\text{HCO}_3^-)] \\ &= 144 - (108 + 24) = 12\end{aligned}$$

Παλαιότερα ΧΑ 12 ± 4

Τώρα **ΧΑ 3-10 (6 ± 3) mEq/L**



Μεταβολική οξέωση

- Με φυσιολογικό ΧΑ (υπερχλωραιμική)
- Με αυξημένο ΧΑ

Μεταβολική Οξέωση

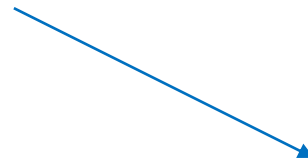


ΧΑ



Υψηλό

- Κετοξέωση
- Διαβητική
- Αλκοολική
- Γαλακτική οξέωση
- Δηλητηριάσεις
- Αιθυλενογλυκόλη
- Μεθανόλη
- Σαλικυλικά



Φυσιολογικό

- Απώλεια HCO_3 από το πεπτικό
- Διάρροια
- Παροχτεύσεις
- Ουρητηροσιγμοειδοστομία
- Ειλεοκύστη

- Νεφροσωληναριακή οξέωση
- Εγγύς
- Άπω
- Διάφορα
- NH_4Cl

Νεφρική
ανεπάρκεια

Μεταβολική οξέωση

Με φυσιολογικό χάσμα ανιόντων στον ορό (υπερχλωραιμική)

1. Απώλεια HCO_3^- (διάρροιες, ουρητηροσιγμοειδοστομία, ειλεοκύστη)
2. Διαταραχή στη νεφρική απέκκριση οξέος (νεφρική σωληναριακή οξέωση [ΝΣΟ], ΧΝΝ, ΟΝΒ)

Σε **σοβαρά διααρροϊκά σύνδρομα** η συνακόλουθη υποογκαιμία μπορεί να οδηγήσει σε γαλακτική οξέωση και νεφρική ανεπάρκεια με **υψηλό ΧΑ**

Μεταβολική οξέωση

Με αυξημένο χάσμα ανιόντων στον ορό (↑ μη μετρούμενο οξύ)

Το χάσμα ανιόντων θα αυξηθεί, αν αυξηθούν τα μη μετρούμενα ανιόντα

Μη μετρούμενα ανιόντα = φωσφορικά, θειικά, οργανικά οξέα

Μεταβολική οξέωση

Με αυξημένο χάσμα ανιόντων στον ορό (\uparrow μη μετρούμενο οξύ)

Διαβητική κετοξέωση (ακετοξεϊκό οξύ, β -ΟΗβουτυρικό)

Γαλακτική οξέωση (γαλακτικό)

Ασιτία (ακετοξεϊκό)

Αλκοολική (ακετοξεϊκό)

Δηλητηρίαση: μεθανόλη \rightarrow γλυκολικό, οξαλικά, φορμικό

Δηλητηρίαση με αιθυλενογλυκόλη \rightarrow γλυκολικό

Δηλητηρίαση με σαλικυλικά (σαλικυλικό οξύ)

Νεφρική ανεπάρκεια (οργανικά οξέα)

Αίτια γαλακτικής οξέωσης



↑ παραγωγή

- Βαρεία υποξαιμία
- Καταπληξία
- Γεν. σπασμοί
- Διάχυτα νεοπλάσματα
- Λευχαιμίες, λεμφώματα
- Φάρμακα
 - Μετφορμίνη
 - Αιθανόλη
- Σήψη
- Ιδιοπαθής

↓ Απομάκρυνση

- Βαρεία ηπατική ανεπάρκεια

Διαβητική και Γαλακτική οξέωση

- Τα μη μετρούμενα ανιόντα που συσσωρεύονται μεταβολίζονται σε διττανθρακικά όταν αποκαθίσταται η υποκείμενη διαταραχή
- Οι περισσότεροι ασθενείς με **διαβητική κετοξέωση** εμφανίζουν μεταβολική οξέωση **με φυσιολογικό ΧΑ** μετά από επιτυχή ινσουλινοθεραπεία καθώς τα κετοξέα που αποτελούν δυνητικά διττανθρακικά αποβάλλονται με τα ούρα
- Αυτό δεν συμβαίνει πάντα στη γαλακτική οξέωση καθώς τα γαλακτικά ανιόντα δεν αποβάλλονται με τα ούρα αφού υπάρχει συνήθως σοβαρή έκπτωση της νεφρικής λειτουργίας

ΜΟ σε νεφρική ανεπάρκεια

- Σε ΟΝΒ και ΧΝΝ συσσώρευση ανιόντων κυρίως θειικά και φωσφορικά → ΜΟ με αυξημένο ΧΑ
- Σε αρχικά στάδια ΜΟ με φυσιολογικό ΧΑ καθώς υπάρχει κυρίως διαταραχή στη λειτουργία του άπω σωληναρίου (ΝΣΟ τύπου 4) και λιγότερο στο ΡΣΔ

Χάσμα HCO_3^- ή Δέλτα Χάσμα

$$\text{Δέλτα Χάσμα} = \frac{\Delta\text{ΧΑ}}{\Delta\text{HCO}_3^-}$$

Ερμηνεία

- Θεωρητικά πρέπει να είναι 1
- Εάν Δέλτα Χάσμα < 1
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΜΟ χωρίς ΧΑ ή
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΑΑ
- Εάν Δέλτα Χάσμα μεταξύ 1 και 2
 - ΜΟ με ΧΑ (κυρίως στη γαλακτική οξέωση)
- Εάν Δέλτα Χάσμα > 2
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΜΑ ή με χρόνια ΑΟ

Ωσμωτικό χάσμα στο πλάσμα

(PosmG)

$$\text{PosmG} = (\text{Μετρούμενη} - \text{Υπολογιζόμενη}) \text{Posm}$$

Υπολογιζόμενη Posm

$$\text{Posm} = 2\text{Na}^+ + \text{PGlu (mmol/L)} + \text{Purea (mmol/L)}$$

Χρησιμότητα PosmG

Παρουσία μη μετρούμενης ουδέτερης ουσίας



Αλκοόλες

Μεταβολική οξέωση-Θεραπεία

- Σε οξεία μεταβολική οξέωση άμεση έναρξη θεραπείας όταν $pH < 7.1$ και $[HCO_3^-]$ στο πλάσμα πολύ χαμηλά
- Σε χρόνια μεταβολική οξέωση γενικώς συστήνεται διόρθωση της μεταβολικής οξέωσης
 - μείωση ή και κατάργηση αντιρροπιστικού υπεραερισμού
 - Αναστέλλει τις βλαπτικές συνέπειες της ΜΟ στην μυϊκή, σκελετική και ορμονική λειτουργία
 - Σε ασθενείς με ΧΝΝ η παρουσία ΜΟ συμβάλλει στην επιτάχυνση της εξέλιξης της νεφρικής βλάβης

Χορήγηση HCO_3^- σε μεταβολική οξέωση

- Έλλειμα HCO_3^- = όγκος κατανομής \times (επιθυμητή – πραγματική συγκέντρωση HCO_3^-)
- Κατανομή HCO_3^-
 - 1/2 ΣΒ σε λίτρα (30 L)
- Ο όγκος κατανομής μπορεί να αυξηθεί στο 80% σε βαριά ΜΟ
- Όγκος κατανομής = $0.5-0.8 \times \text{ΣΒ (kg)}$

vials of hypertonic NaHCO_3 : 8.4 percent (50 mEq/50 mL) or 7.2 percent (44.6 mEq/50 mL)

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ ΔΙΤΤΑΝΘΡΑΚΙΚΑ

- ΌΧΙ σε γαλακτική ούτε σε διαβητική κετοξέωση
- Τα μη μετρούμενα ανιόντα σε γαλακτική οξέωση και διαβητική κετοξέωση μεταβολίζονται σε διττανθρακικά όταν αποκαθίσταται η υποκείμενη δτρχ
- Μετά από επιτυχή ινσουλινοθεραπεία οι ασθενείς με διαβητική κετοξέωση εμφανίζουν ΜΟ με φυσιολογικό ΧΑ
- Σε διαβητική κετοξέωση κίνδυνος overshooting όταν χορηγούμε εξωγενώς διττανθρακικά

Μεταβολική οξέωση

Με φυσιολογικό ή χαμηλό χάσμα ανιόντων στον ορό

Μέτρηση NH_4^+ ούρων

Εξωνεφρική (π.χ. απώλεια HCO_3^-)

↑ NH_4^+ ούρων σε εξωνεφρικά αίτια (προσπάθεια αντιρρόπησης από νεφρό)
Οι νεφροί προσπαθούν να αποβάλλουν την περίσσεια οξέος, αλλά οι αντιρροπιστικοί μηχανισμοί δεν επαρκούν

Νεφρική σωληναριακή οξέωση

↓ NH_4^+ ούρων σε νεφρικά αίτια (αδυναμία αντιρρόπησης από νεφρό)
Μη επαρκής οξινοποίηση ούρων
Δυσανάλογα υψηλό pH ούρων σε σχέση με το βαθμό οξέωσης

	Τύπου 1 ΝΣΟ (άπω)	Τύπου 2 ΝΣΟ (εγγύς)	Τύπου 4 ΝΣΟ (υπερκαλιαιμική)
Βασική διαταραχή	Μειωμένη απέκκριση H ⁺ στο άπω σωληνάριο	Μειωμένη επαναρρόφηση HCO ₃ ⁻ στο εγγύς	Έλλειψη αλδοστερόνης ή αντίσταση στη δράση
pH ούρων	> 5.3	Ποικίλλει	Συνήθως < 5.3
HCO ₃ ⁻ πλάσματος	< 10 mEq/l	14-20 mEq/l	> 15 mEq/l
K ⁺ ορού	υποΚ	Συνήθως υποΚ	υπερΚ
Διάγνωση	Ανταπόκριση στη χορήγηση NaHCO ₃	Ανταπόκριση στη χορήγηση NaHCO ₃	Μέτρηση αλδοστερόνης
Αίτια	Σ. Sjogren, υπερασβεστιαμία, φάρμακα	Πολλαπλό μύελωμα, αμυλοείδωση, κληρονομικές παθήσεις	ΣΔ, αποφρακτική ουροπάθεια, ΣΕΛ, κυκλοσπορίνη
Συνοπάρχουσες ανωμαλίες	Νεφρασβέστωση, νεφρολιθίαση, ραχίτιδα	Οστεομαλακία, διαταραχές ανάπτυξης σε παιδιά	

Μεταβολική αλκάλωση

Διάγνωση

↑pH, ↑HCO₃⁻

αναπνευστική οξέωση

↑PCO₂ (αντιρροπιστικά)

Διαφοροδιάγνωση

Συνήθως απλή

95% εμφανείς απώλειες από ΓΕ (συνοδός υποκαλιαιμία)

Διουρητικά

Αν συνυπάρχει και ΑΥ → Υπεραλδοστερονισμός

Μεταβολική αλκάλωση

- Καθαρή απώλεια H^+
- Προσθήκη HCO_3^-
- Απώλεια υγρών που περιέχουν χλώριο (contraction alkalosis)

Μεταβολική αλκάλωση

- Για να συντηρηθεί η μεταβολική αλκάλωση πρέπει να υπάρχει διαταραχή στην ικανότητα των νεφρών να απεκκρίνουν HCO_3^-
 - Μειωμένος δραστικός όγκος αίματος
 - Υπεραλδοστερονισμός
 - Υποκαλιαιμία
 - Εξάντληση χλωρίου
 - χρόνια υπερκαπνία

Μεταβολική αλκάλωση

Χλωριοευαίσθητη
(χλώριο ούρων <25 mEq/L)

Απώλειες HCl από ΓΕ (χρόνια
διάρροια, λαχνωτό αδένωμα)

Έμετοι, Levin

Διουρητικά

Θειαζίδες

Διουρητικά αγκύλης

Χλωριοανθεκτική
(χλώριο ούρων >40mEq/L)

Υπεραλδοστερονισμός (AY)

Βαριά υποκαλιαιμία

Σ.Bartter

Σ.Gitelman

Μεταβολική αλκάλωση-ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Σε χλωριοευαίσθητες περιπτώσεις
 - NaCl 0.9% και Κάλιο
 - H2 blockers/PPIs
 - Καλιοσυντηρητικά διουρητικά
- Σε χλωριοανθεκτικές περιπτώσεις
 - Διόρθωση της υποκείμενης δτρχ
 - Ακεταζολαμίδη
 - Εξωνεφρική κάθαρση

Κύριες οξεοβασικές διαταραχές και τα αίτιά τους

Αναπνευστική οξέωση

Διάγνωση

\downarrow pH, \uparrow PCO₂ \uparrow HCO₃ (μεταβολική αλκάλωση)
αντιρροπιστικά σε χρόνιες καταστάσεις

Καταστολή αναπνευστικού κέντρου / υποαερισμός

Χρόνια πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ)

Κύριες οξεοβασικές διαταραχές και τα αίτιά τους

Αναπνευστική αλκάλωση

Διάγνωση

\uparrow pH, \downarrow pCO₂ \downarrow HCO₃ (μεταβολική οξέωση)

αντιρροπιστικά σε χρόνιες καταστάσεις

- Υπεραερισμός οποιασδήποτε αιτιολογίας
- Πνευμονία, πνευμονική εμβολή
- Αγχώδης διαταραχή
- Υπερθερμία
- Θυρεοτοξική κρίση
- Υπεραερισμός σε αναπνευστήρα (ιατρογενής)
- Κύηση
- Σήψη



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

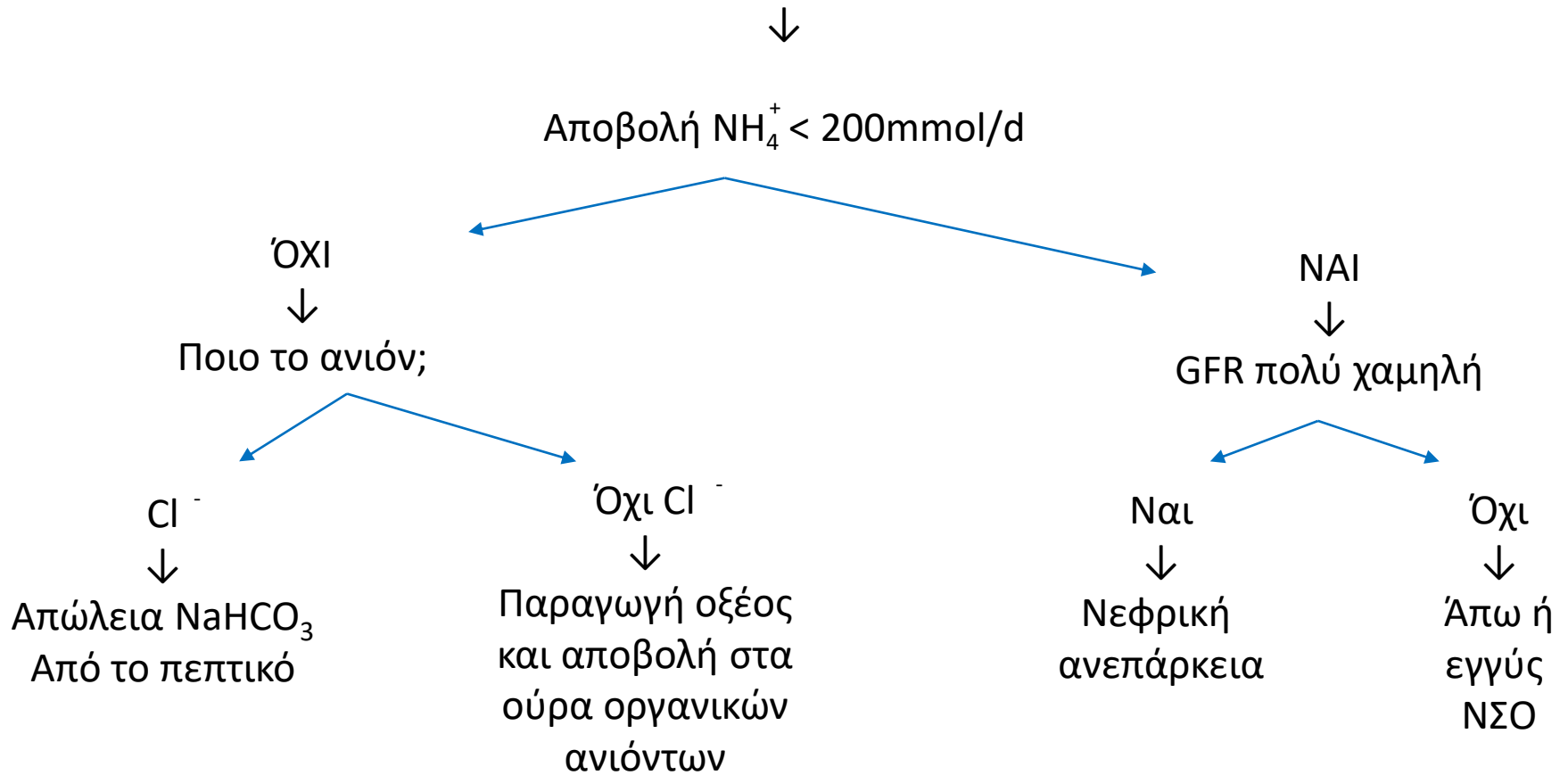
Ρυθμός αποβολής NH_4^+

- Φυσιολογικές τιμές
 - 20 -40 mmol/d
- Φόρτιση με οξύ για μερικές ημέρες
 - > 200 mmol/d

Άρα

- Χρόνια μεταβολική οξέωση και φυσιολογική νεφρική λειτουργία
 - Αναμενόμενη τιμή >200 mmol/d
- Μεταβολική οξέωση και $\text{NH}_4^+ < 100$ mmol/d
 - Νεφρική συμμετοχή

Μεταβολική οξέωση με φυσιολογικό ΡΑG



Υπολογισμός αποβολής NH_4^+ στα ούρα

- Χάσμα ανιόντων ούρων
 - UAG

Χάσμα ανιόντων ούρων

- Ηλεκτρική ουδετερότητα
 - $\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = \text{Cl}^- + \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{=} + \text{PO}_4 + \text{οργανικά ανιόντα}$
- Φυσιολογική δίαιτα
 - Ποσότητα Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, PO_4 , οργανικών ανιόντων
 - Σταθερή
 - Ποσότητα στα ούρα
 - Σταθερή
- Διαφορά μη μετρήσιμων ανιόντων και κατιόντων *
 - Φυσιολογικά 0-80
- Το κύριο μη μετρήσιμο κατιόν είναι το NH_4^+

* Συμπεριλαμβανομένου και του NH_4^+

$\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+ + \text{Μη μετρήσιμα κατιόντα} = \text{Cl}^- + \text{Μη μετρήσιμα ανιόντα}$



$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+) - \text{Cl}^- = 80$$

$$\text{NH}_4^+ = 80 - (\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-)$$

$$\text{NH}_4^+ = 80 - (\text{UAG})$$

UAG → Ποσότητα NH_4 στα ούρα

$$\text{UAG} = \text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$$

- **Εάν UAG : αρνητικό, $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ + \text{K}^+$**
 - Μεγάλη ποσότητα NH_4^+ στα ούρα
 - Διάρροια (συνήθως μεταξύ -20 και -50)
- **Εάν UAG : θετικό, $\text{Cl}^- < \text{Na}^+ + \text{K}^+$**
 - Μικρή ποσότητα NH_4^+ στα ούρα
 - ΝΣΟ (συνήθως μεταξύ 20-90)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ασθενής 25 ετών με ΣΔ εισάγεται στη ΜΕΘ λόγω βαριάς κετοξέωσης. Αρχίζει άμεσα θεραπεία με ενδοφλέβια ενυδάτωση με φυσιολογικό ορό και συνεχή έγχυση ινσουλίνης.

Στον πίνακα φαίνονται τα αρτηριακά αέρια αίματος κατά την εισαγωγή καθώς και αυτά που μετρήθηκαν μερικές ώρες μετά την έναρξη της θεραπείας.

	εισαγωγή	Μετά θεραπεία
pH	7.10	7.28
PCO ₂	22	27
HCO ₃ ⁻	11	13
AG	25	18

Χάσμα HCO_3^- ή Δέλτα Χάσμα

$$\text{Δέλτα Χάσμα} = \frac{\Delta\text{ΧΑ}}{\Delta\text{HCO}_3^-}$$

Ερμηνεία

- Θεωρητικά πρέπει να είναι 1
- Εάν Δέλτα Χάσμα < 1
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΜΟ χωρίς ΧΑ ή
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΑΑ
- Εάν Δέλτα Χάσμα μεταξύ 1 και 2
 - ΜΟ με ΧΑ (κυρίως στη γαλακτική οξέωση)
- Εάν Δέλτα Χάσμα > 2
 - ΜΟ με ΧΑ μαζί με ΜΑ ή με χρόνια ΑΟ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Γυναίκα 51 ετών με ΣΔ υπό ινσουλίνη, ΣΒ 60 kg
(πυρετός από 4ημέρου, κοιλιακό άλγος, συχνουρία, έμετοι,
ταχύπνοια)

	Εισαγωγή	12 ώρες αργότερα
pH	7.15	7.43
Pco ₂	13	23
HCO ₃	4	15
Na	130	142
Cl	94	112
K	3.7	3.5
P _{AG}	31	14
Γλυκόζη *	762	156

*Ούρα : Γλυκόζη, οξόνη

Αντιμετώπιση

- 3 L N/S
- 250 U Κρυστ. Ινσουλίνης IV
- 120 mmol K⁺ IV
- 200 mmol HCO₃ IV
- Λήψη υγρών πλούσιων σε K⁺

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Σωματικό βάρος ασθενούς 60 kg

- Κατανομή HCO_3
 - 1/2 ΣΒ σε λίτρα (30 L)
- Έλαβε 200 mmol NaHCO_3 ή $200/30 = 6.66$ mmol/L

Άρα

$$[\text{HCO}_3]: 4 + 6.66 = 10.66 \text{ mmol/L}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Άνδρας 55 ετών Σ.Β. kg

(12 – 20 διάρροιες το 24ώρο, ορθοστατική υπόταση, ξηρότητα
δέρματος και βλεννογόνων)

	Εισαγωγή	6 ώρες αργότερα
pH	7.25	7.32
PCO ₂	24	29
HCO ₃	10	15.5
Na	132	139
K	2.3	3
Cl	111	112
PAG	9	12

Αντιμετώπιση

- HCO_3^-
- NaCl
- K^+

Σε διάστημα 6 ωρών

Έλαβε 200 mmol HCO_3^-



$[\text{HCO}_3^-]$



10 → 15.5 mmol/L

$$V \text{ κατανομής} = \Sigma.B. \times 0.5 = 68 \times 0.5 = 34 \text{ L}$$



$$P_{\text{HCO}_3^-} = 200/34 + 10 = 6 + 10 = 16 \text{ mmol/L}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4

Γυναίκα 71 ετών, ΣΒ 55 kg

(θερμ : 39.5, σύγχυση, διατ. προσανατολισμού, ΑΠ 100/60, Σφ 110/1', διαχ
λεμφαδενοπάθεια, ↑ ηπατ. ενζύμων, ↑ χρ. Προθομβίνης)

	Εισαγωγή	24ωρ	30ώρ	42ώρ
pH	7.15	7.14	7.16	7.18
PCO ₂	20	18	20	22
HCO ₃ ⁻	5	6	7	8
PO ₂	75	90	92	85
PAG	28	29	29	29
Γλυκόζη	85	90	93	98
Κρεατινίνη	1.5	1.2	1.2	1.2

Μεταξύ 24 – 30 ωρών

Έλαβε 300 mmol NaHCO_3^-

↓

PHCO_3^-

↓

6 → 7 mmol/L

$V_{\text{κατανομής HCO}_3^-} = \Sigma.B. \times 0.5 = 27.5 \text{ L}$

↓

$\text{P}\text{HCO}_3 = 300/27.5 + 6 = 10.9 + 6 = 16.9 \text{ mmol/L}$

Παράδειγμα

Γυναίκα ηλικίας 60 ετών εισάγεται στο νοσοκομείο για οξεία πυελονεφρίτιδα. Κατά την εισαγωγή της τα αέρια αίματος είναι φυσιολογικά. Την 3^η ημέρα η ασθενής εμφανίζει ταχύπνοια με την ακόλουθη εικόνα αερίων αρτηριακού αίματος

pH	7.48
pCO ₂	29
HCO ₃ ⁻	20
pO ₂	100

1. pH → αλκαλαιμία
2. PCO₂ χαμηλό και εξηγεί το υψηλό pH → αναπνευστική αλκάλωση
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → απλή δτρχ
4. Συμπέρασμα: **οξεία αναπνευστική αλκάλωση**

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6

Ασθενής με ΧΑΠ και μέτρια καρδιακή ανεπάρκεια λαμβάνει από εβδομάδος διουρητικά λόγω απορρύθμισης καρδιακής ανεπάρκειας. Προσέρχεται στα επείγοντα με αδυναμία, αίσθημα ζάλης και χαμηλή ΑΠ.

Στον πίνακα φαίνονται τα αρτηριακά αέρια αίματος κατά την εξέταση του ασθενούς στα επείγοντα καθώς και αυτά που μετρήθηκαν προ εβδομάδος κατά την επίσκεψη του σε ιδιώτη παθολόγο.

	ΤΕΠ	1 εβδ. πριν
pH	7.46	7.38
PCO ₂	56	50
HCO ₃ ⁻	39	29

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Παραδείγματα

	Φυσιολογικό	Ασθενής
pH	7.40	7.30
PCO ₂	40	28
HCO ₃ ⁻	24	14

- Ορθή ή λανθασμένη εργαστηριακή ανάλυση

$$[\text{H}^+] \text{ mmol} = 24 \frac{\text{Pco}_2 \text{ mmHg}}{[\text{HCO}_3^-] \text{ mmol/l}} = 48$$

- Οξέωση
- Μεταβολική
 - ↓ HCO₃⁻ , ↓ PCO₂
- Απλή
 - ↓ 1mmol [HCO₃⁻] → ↓ 1.3mmHg PCO₂
 - ↓ 0.01 pH → ↓ 1mmol/l [HCO₃⁻]

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8

	Φυσιολογικό	Ασθενής
pH	7.40	7.32
Pco ₂	40	80
HCO ₃ ⁻	24	40

- Ορθή ή λανθασμένη εργαστηριακή ανάλυση

$$[\text{H}^+] = 24 \frac{80}{40} = 48 \text{ mmol/l (pH 7.32)}$$

- Οξέωση
 - ↓ pH
- Αναπνευστικό
 - ↑ Pco₂, ↑ HCO₃⁻
- Απλή – Χρονία
 - ↑ 1mmHgPco₂ → ↑ 0.4mmol/l HCO₃⁻

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 9

	Φυσιολογικό	Ασθενής	Ασθενής
pH	7.40	7.32	7.10 → ($H^+ \approx 80 \text{ nmol/l}$)
PCO_2	40	80	80
HCO_3^-	24	40	24



Μεικτή διαταραχή



Χρόνια αναπνευστική οξέωση

+

Μεταβολική οξέωση



- Εμφύσημα + ΧΝΑ
- Εμφύσημα + ΝΣΟ
- Εμφύσημα + διάρροιες

Συσχέτιση [H⁺] και pH

$$[\text{H}^+] \text{nmol/l} = 24 \frac{\text{Pco}_2 \text{ mmHg}}{[\text{HCO}_3^-] \text{mmol/l}}$$

pH	[H] nmol/l
7.80	16
7.70	20
7.60	26
7.50	32
7.40	40
7.30	50
7.20	63
7.10	80
7.00	100
6.90	125
6.80	160

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 10

Άνδρας 44 ετών

(έμετοι από εβδομάδας, υπόταση, ξηροί βλενογόνοι)

	Εισαγωγή	48 ώρες αργότερα
pH	7.53	7.45
P _{CO₂}	56	45
HCO ₃ ⁻	45	30
Na ⁺	135	141
K ⁺	2.7	3.4
Cl ⁻	70	97
P _{AG}	18	12

Αντιμετώπιση

- Υποογκαιμία – Υποχλωραιμία
 - NaCl
- Υποκαλιαιμία
 - K⁺
- Αναστολείς αντλίας πρωτονίων

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11

Παράδειγμα :

Ασθενής με ΧΑΠ+ΧΝΝ

pH 7.12

CO₂ 55

HCO₃ 14

1. pH → οξυαιμία
2. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ →

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11

Παράδειγμα :

Ασθενής με ΧΑΠ+ΧΝΝ

pH 7.12

CO₂ 55

HCO₃ 14

1. pH → οξυαιμία
2. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → μεικτή δτρχ
3. Συμπέρασμα: **Αναπνευστική+ μεταβολική οξέωση**

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Παράδειγμα :

pH	7.02
CO ₂	60
HCO ₃	15
pO ₂	40

1. pH → οξυαιμία
2. PCO₂ υψηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → αναπνευστική οξέωση
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ →
4. Σε οξεία ΑΟ, [HCO₃] 24+2=26
5. Σε χρόνια ΑΟ, [HCO₃] 24+8=32
6. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → μεικτή διαταραχή
7. **Αναπνευστική+ μεταβολική οξέωση**

Παράδειγμα

pH 7.32

pCO₂ 15

HCO₃⁻ 10

1. pH → οξυαιμία
2. HCO₃⁻ χαμηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → μεταβολική οξέωση
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ →

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Παράδειγμα

pH 7.32

pCO₂ 15

HCO₃⁻ 10

1. pH → οξυαιμία
2. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → μεικτή δτρχ
3. Συμπέρασμα: **Μεταβολική οξέωση + αναπνευστική αλκάλωση**

Παράδειγμα

Ασθενής με άγνωστο ιατρικό ιστορικό εμφανίζεται στα ΤΕΠ με διάρροια

pH 7.24

pCO₂ 24

HCO₃⁻ 10

1. pH → οξυαιμία
2. HCO₃⁻ χαμηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → μεταβολική οξέωση
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ →

Παράδειγμα

Ασθενής με άγνωστο ιατρικό ιστορικό εμφανίζεται στα ΤΕΠ με διάρροια

pH 7.24

pCO₂ 24

HCO₃⁻ 10

1. pH → οξυαιμία
2. HCO₃⁻ χαμηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → **μεταβολική οξέωση**
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → **απλή διαταραχή**

Παράδειγμα

Ασθενής με ιστορικό χρόνιας βρογχίτιδας εμφανίζεται στα ΤΕΠ με συχνές διαρροϊκές κενώσεις από ημερών

pH 6.97

pCO₂ 32

HCO₃⁻ 9

1. pH → οξυαιμία
2. HCO₃⁻ χαμηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → **μεταβολική οξέωση**
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ →

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Παράδειγμα

Ασθενής με ιστορικό χρόνιας βρογχίτιδας εμφανίζεται στα ΤΕΠ με συχνές διαρροϊκές κενώσεις από ημερών

pH 6.97

pCO₂ 32

HCO₃⁻ 9

1. pH → οξυαιμία
2. HCO₃⁻ χαμηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → **μεταβολική οξέωση**
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → μεικτή διαταραχή
4. **Μεταβολική οξέωση και αναπνευστική οξέωση**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 16

Παράδειγμα

Ασθενής με άγνωστο ιατρικό ιστορικό εμφανίζεται στα ΤΕΠ με αναπνευστική δυσχέρεια

pH 7.32

pCO₂ 70

HCO₃⁻ 35

Απλή ή μεικτή διαταραχή

Συσχέτιση $[HCO_3^-]$ με P_{CO_2}

	Μεταβολή $[HCO_3^-]$ mmol/l	Μεταβολή P_{CO_2} mmHg
Μεταβολική οξέωση	↓ 1	↓ 1.2
Μεταβολική αλκάλωση	↑ 1	↑ 0.7
Αναπνευστική οξέωση		
Οξεία	↑ 1	↑ 10
Χρόνια	↑ 4-5	↑ 10
Αναπνευστική αλκάλωση		
Οξεία	↓ 2	↓ 10
Χρόνια	↓ 4-5	↓ 10

Παράδειγμα

Ασθενής με άγνωστο ιατρικό ιστορικό εμφανίζεται στα ΤΕΠ με αναπνευστική δυσχέρεια

pH 7.32

pCO₂ 70

HCO₃⁻ 35

1. pH → οξυαιμία
2. PCO₂ υψηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → αναπνευστική οξέωση
3. Συσχέτιση HCO₃ με PCO₂ → απλή δτρχ
4. Συμπέρασμα: **Χρόνια αναπνευστική οξέωση**

Άλλο πιθανό σενάριο: μεικτή δτρχ

Οξεία αναπνευστική οξέωση + μεταβολική αλκάλωση

Παράδειγμα

Ασθενής με άγνωστο ιατρικό ιστορικό εμφανίζεται στα ΤΕΠ με αναπνευστική δυσχέρεια

pH 7.27

pCO₂ 70

HCO₃⁻ 31

1. pH → οξυαιμία
2. PCO₂ υψηλό και εξηγεί το χαμηλό pH → αναπνευστική οξέωση
3. Συσχέτιση HCO₃⁻ με PCO₂ → ? Απλή ή μεικτή δτρχ

Σε οξεία υπερκαπνία → HCO₃⁻ περί τα 27 mEq/L

Σε χρόνια υπερκαπνία → HCO₃⁻ περί τα 35 mEq/L

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 18

Γυναίκα ηλικίας 60 ετών εισάγεται στο νοσοκομείο για οξεία πυελονεφρίτιδα. Κατά την εισαγωγή της τα αέρια αίματος είναι φυσιολογικά. Την 3^η ημέρα η ασθενής εμφανίζει ταχύπνοια με την ακόλουθη εικόνα αερίων αρτηριακού αίματος

pH	7.48
pCO ₂	29
HCO ₃ ⁻	20
pO ₂	100

Ποιο είναι το πιθανότερο κλινικό σενάριο?

1. Λοίμωξη κατωτέρου αναπνευστικού
2. Οξεία νεφρική βλάβη
3. Αρχόμενη σηψαιμία

Γυναίκα 61 ετών

(Συγχυτική, μη δυνάμενη να δώσει ιστορικό, μυϊκή αδυναμία)

pH	7.51	7.48
PCO ₂	34	55
HCO ₃ ⁻	50	42
Na ⁺	152	
K ⁺	3.6	
Cl ⁻	98	
Ca ⁺⁺	12	
Κρεατινίνη	3.1	

Εργαστηριακό λάθος ?

$$\text{pH } 7.51 \rightarrow [\text{H}^+] = 29 \text{ mmol/ L}$$

Εξίσωση Henderson - Hasselbalch

$$[\text{H}^+] = 24 \frac{P_{\text{CO}_2}}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$29 = 24 \frac{34}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{24 \times 34}{29} = 28.13 \text{ mmol/L}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{29 \times 50}{24} = 60.41 \text{ mmHg}$$

Συσχέτιση [H⁺] και pH

$$[\text{H}^+] \text{nmol/l} = 24 \frac{\text{Pco}_2 \text{ mmHg}}{[\text{HCO}_3^-] \text{mmol/l}}$$

pH	[H] nmol/l
7.80	16
7.70	20
7.60	26
7.50	32
7.40	40
7.30	50
7.20	63
7.10	80
7.00	100
6.90	125
6.80	160