

ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



Δημήτριος Β. Βλαχάκος

Καθηγητής Παθολογίας-Νεφρολογίας

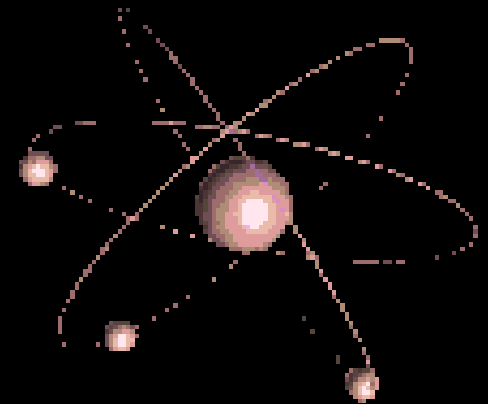
Μονάδα Νεφρολογίας και Υπερτάσεως

Β΄ Προπαιδευτική Παθολογική Κλινική

Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο «ΑΤΤΙΚΟΝ»

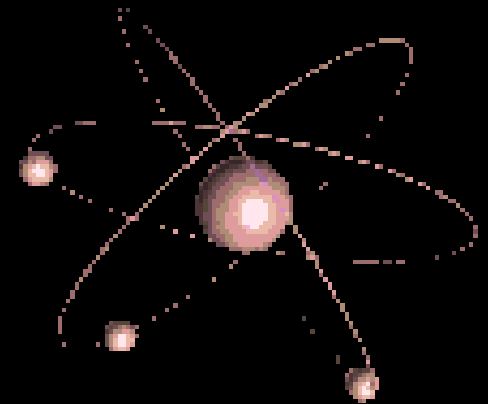
Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Οξέα είναι οι δότες πρωτονίων (**H⁺**)
- Μόρια που σε υδατικό διάλυμα παράγουν πρωτόνια → H⁺
- Τα κύρια οξέα του οργανισμού είναι:
 - Ανθρακικό οξύ (H₂CO₃)
 - Φωσφορικό οξύ (H₃PO₄)
 - Πυροσταφυλικό οξύ
 - Γαλακτικό οξύ



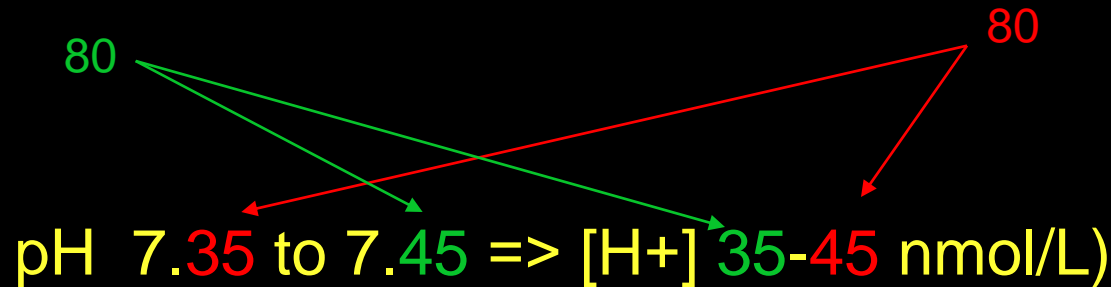
Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Βάσεις είναι δέκτες πρωτονίων (**OH⁻**)
- Κύριες βάσεις του οργανισμού είναι :
 - Τα διττανθρακικά (HCO_3^-)
 - Τα διφωσφορικά (HPO_4^{2-})



Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Τα φυσιολογικά στενά όρια



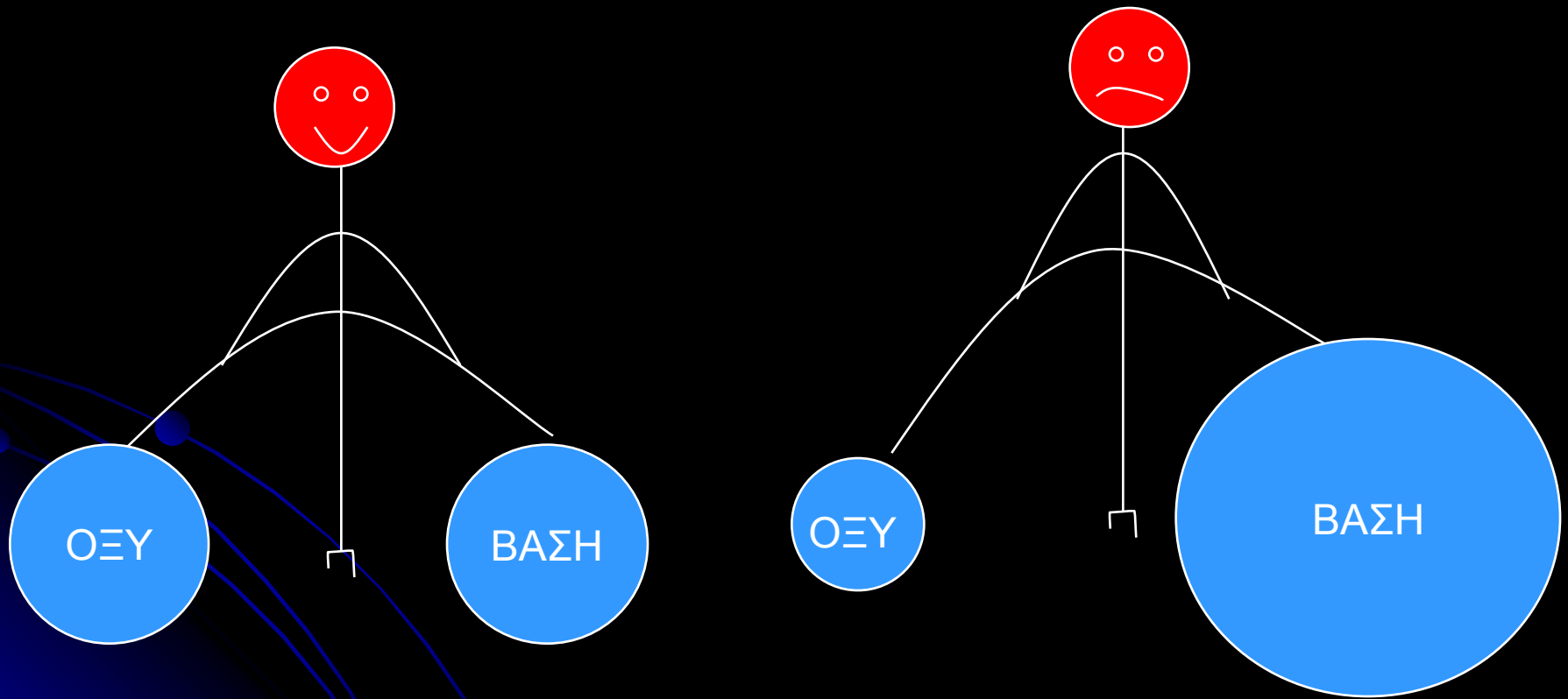
pH = Αλκαλαιμία (υψηλό pH)



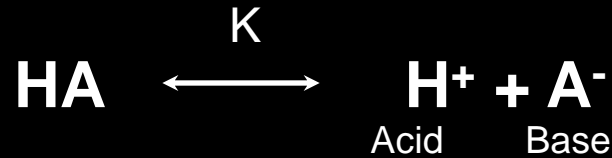
pH = Οξαιμία (χαμηλό pH)

‘Όρια pH συμβατά με την ζωή 6.7 - 7.9

ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ: η έννοια του ρυθμιστικού διαλύματος



Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας



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

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

Henderson
Hasselbalch

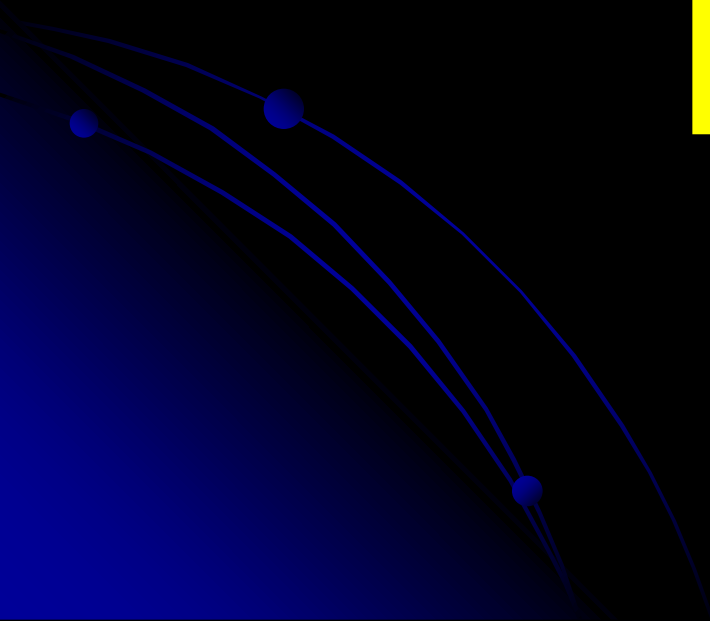
$$[\text{H}^+ \text{ nmol/L}] = 24 * P \text{ CO}_2 / \text{HCO}_3^-$$

Kassirer-Blake

P CO₂

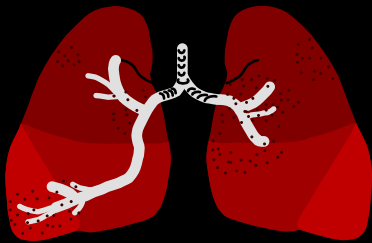


HCO₃⁻

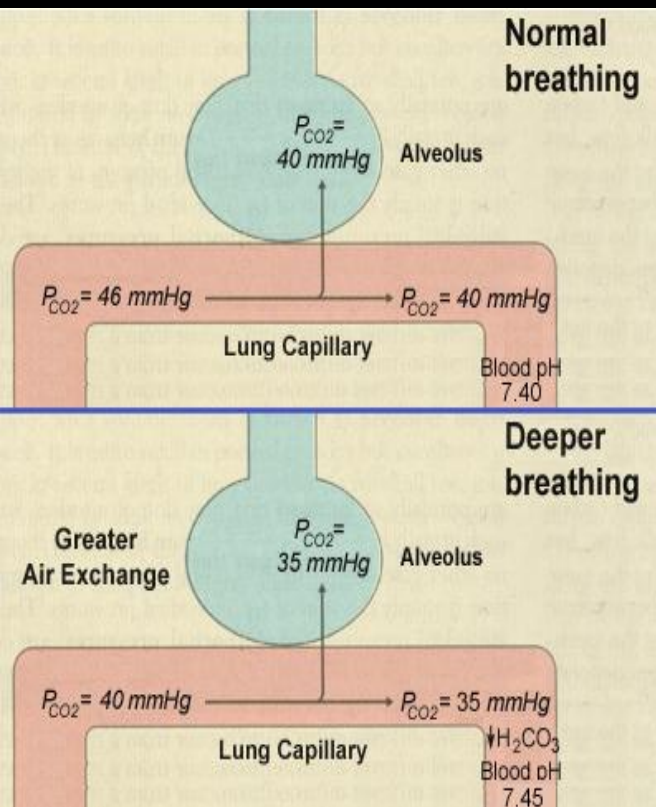


Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- **CO₂ 25 Mol / ημέρα**



- **Μή-καρβονικά οξέα 60-70 mmol / ημέρα**
Τροφή, Φάρμακα, Υποπροϊόντα του Μεταβολισμού
(Γαλακτικό οξύ, Πυροσταφυλικό οξύ, Ακετοοξικό οξύ)



Αερισμός $\uparrow \Rightarrow$ $pCO_2 \downarrow$

Αερισμός $\downarrow \Rightarrow$ $pCO_2 \uparrow$

Τροφές

Μεταβολισμός

Μεταβολισμός

Τροφές



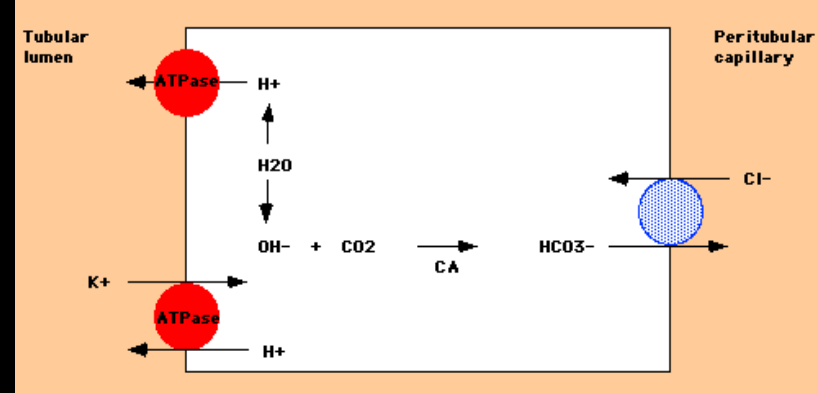
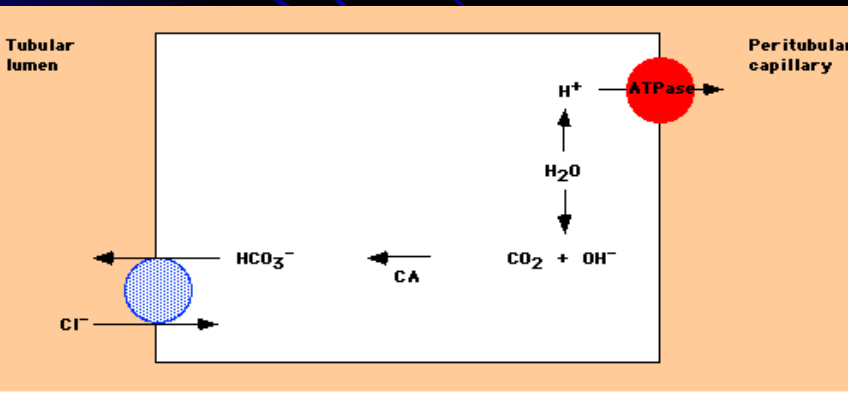
+

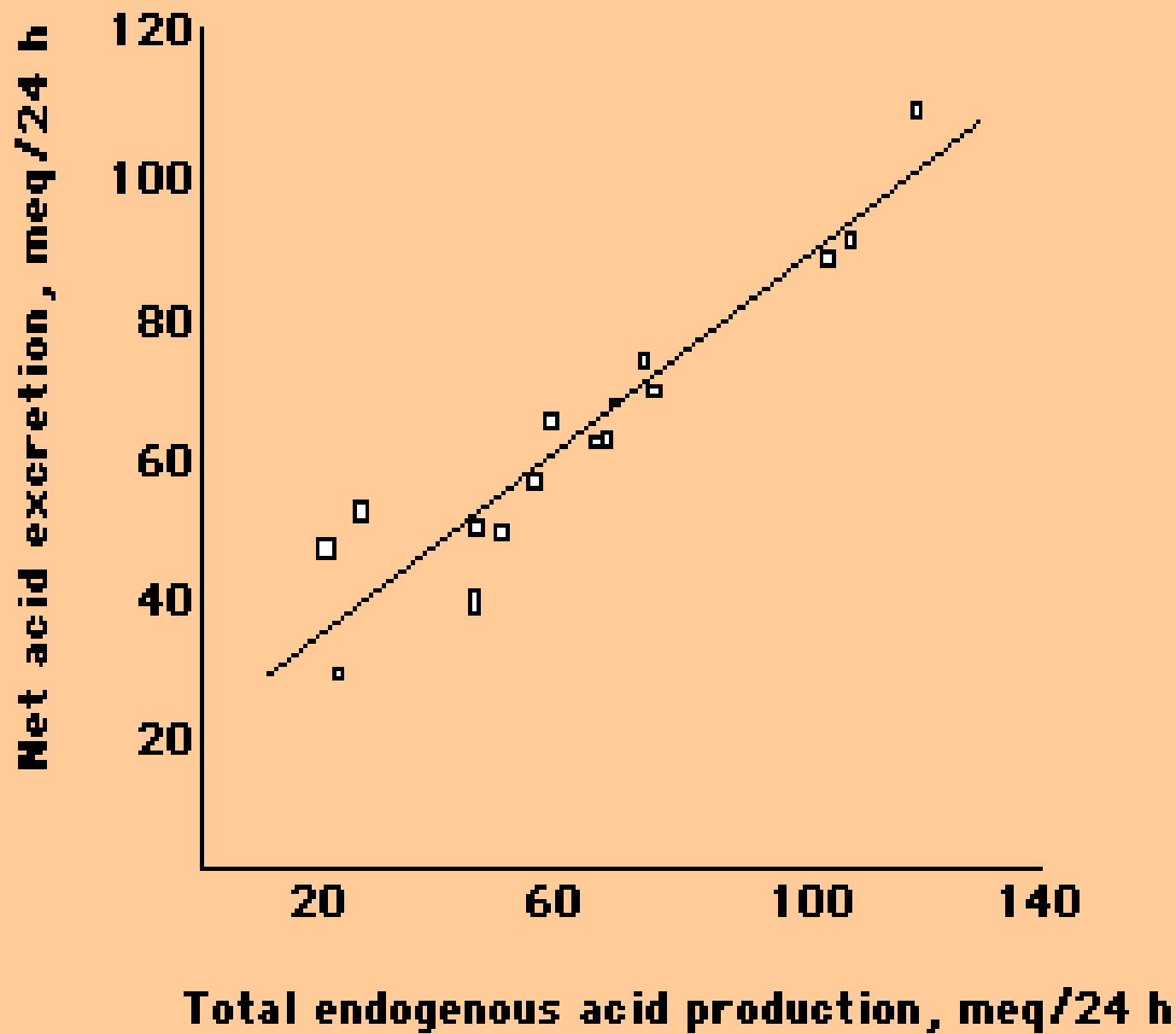


Νεφροί

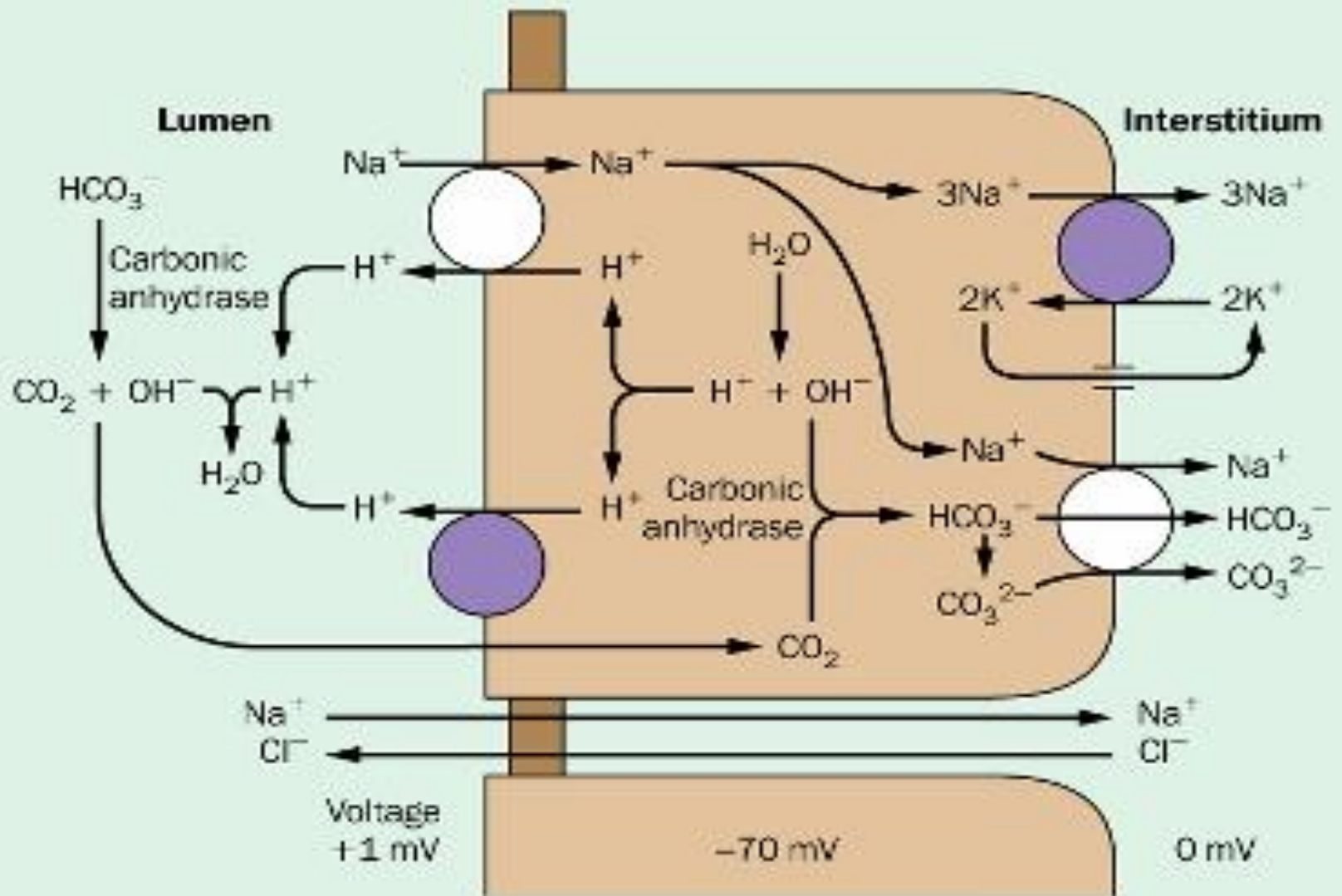
Νεφροί, Στόμαχος

Πνεύμονες



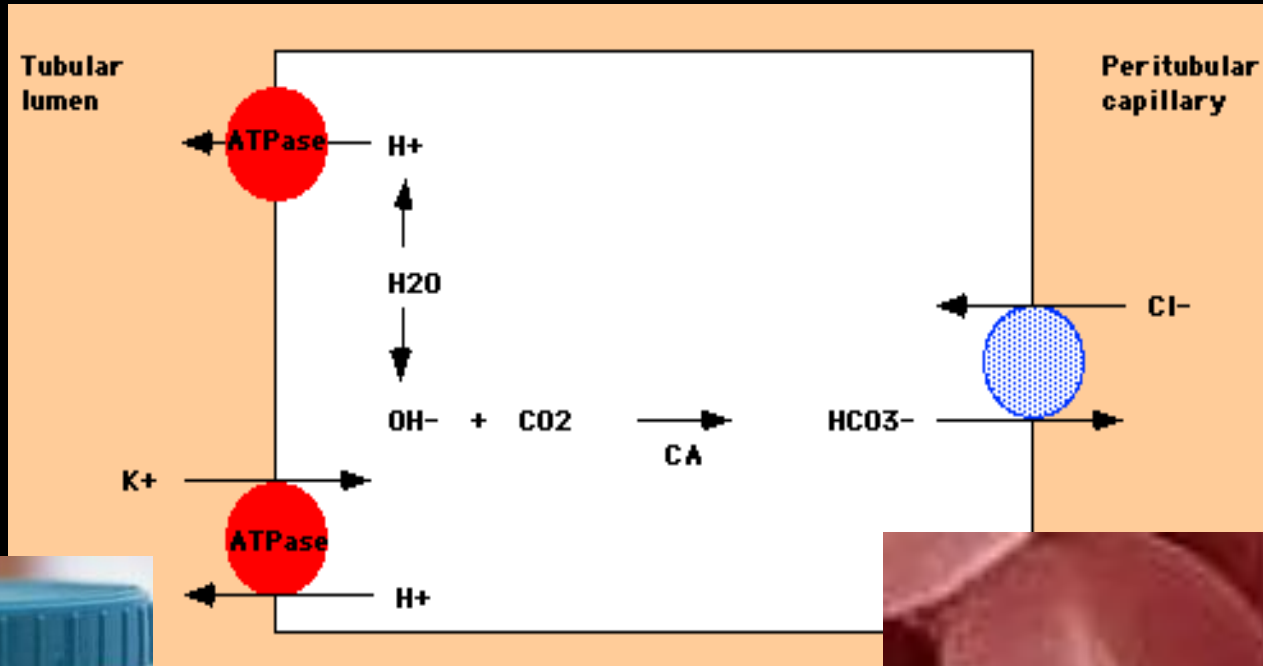


Proximal tubule NaHCO_3 reabsorption

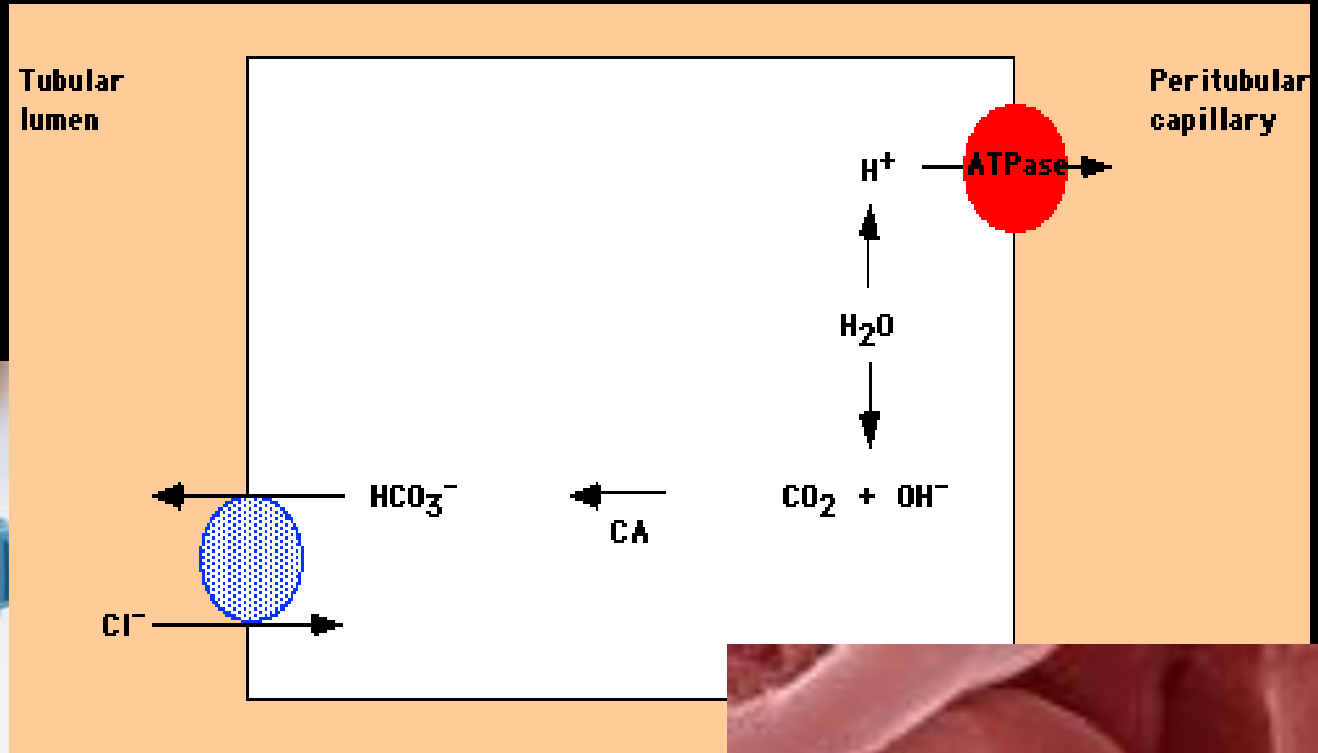


● Active transport = Channel ○ Passive transport

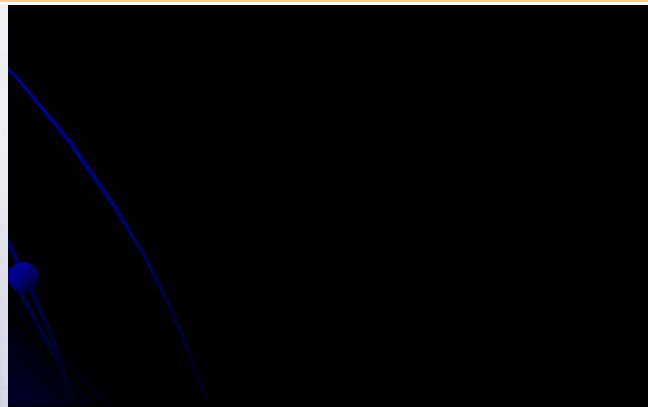
Type A intercalated

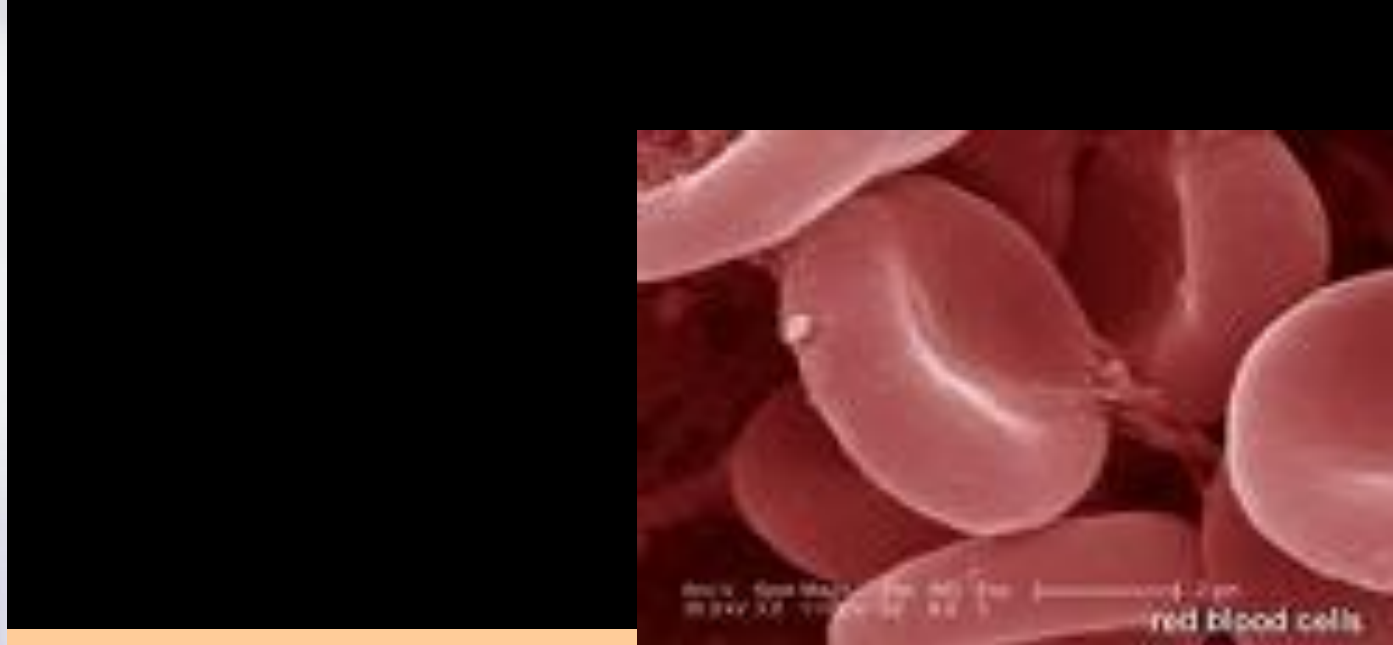


Type B intercalated



INMAGINE™
Imagine the Difference





Tubular lumen

Na

3Na

Peritubular capillary

ATPase

2K

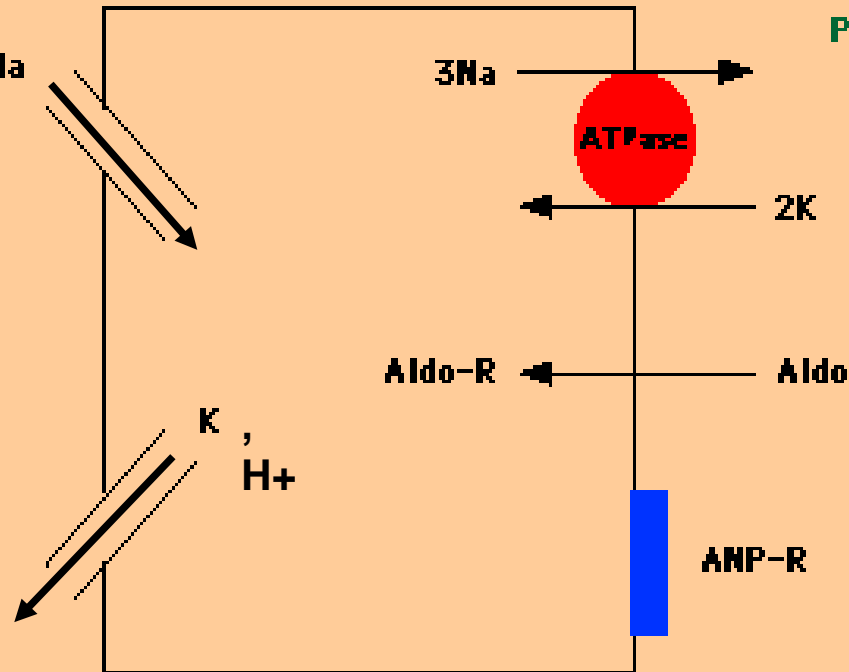
Cl⁻

Aldo-R

Aldo

K⁺, H⁺

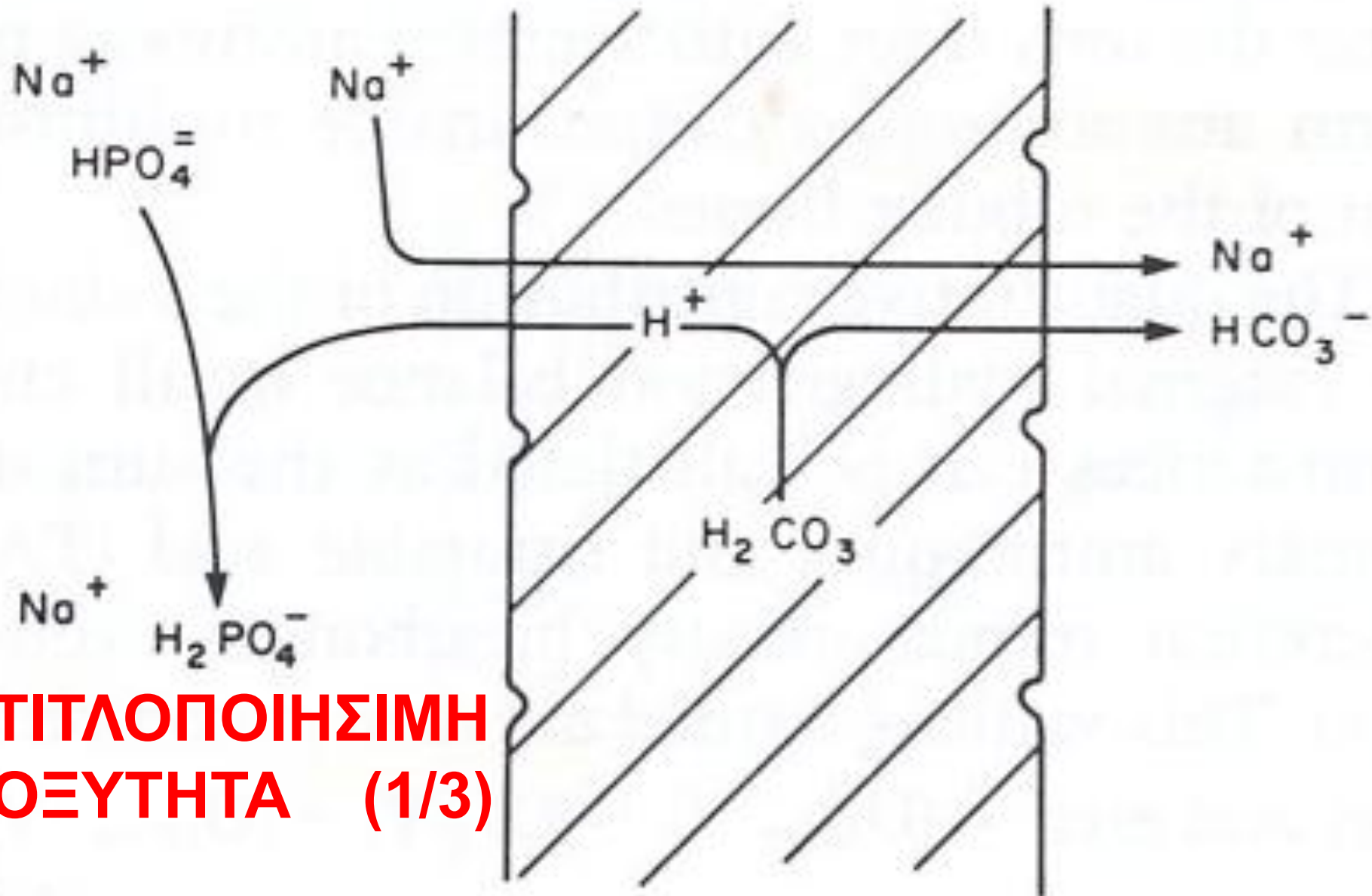
ANP-R



FILTRATE

TUBULE CELL

REABSORBATE



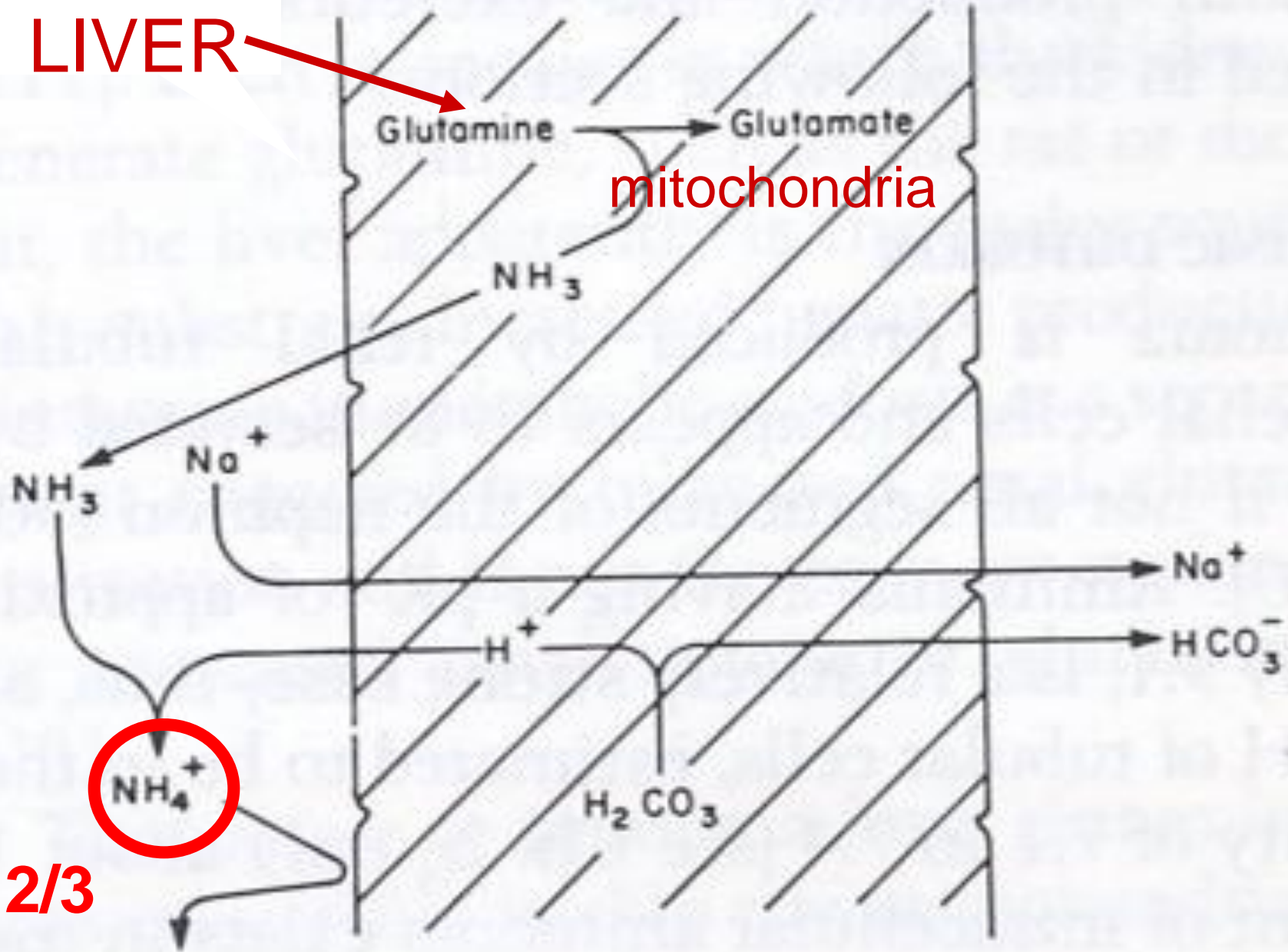
**ΤΙΤΛΟΠΟΙΗΣΙΜΗ
ΟΞΥΤΗΤΑ (1/3)**

FILTRATE

TUBULE CELL

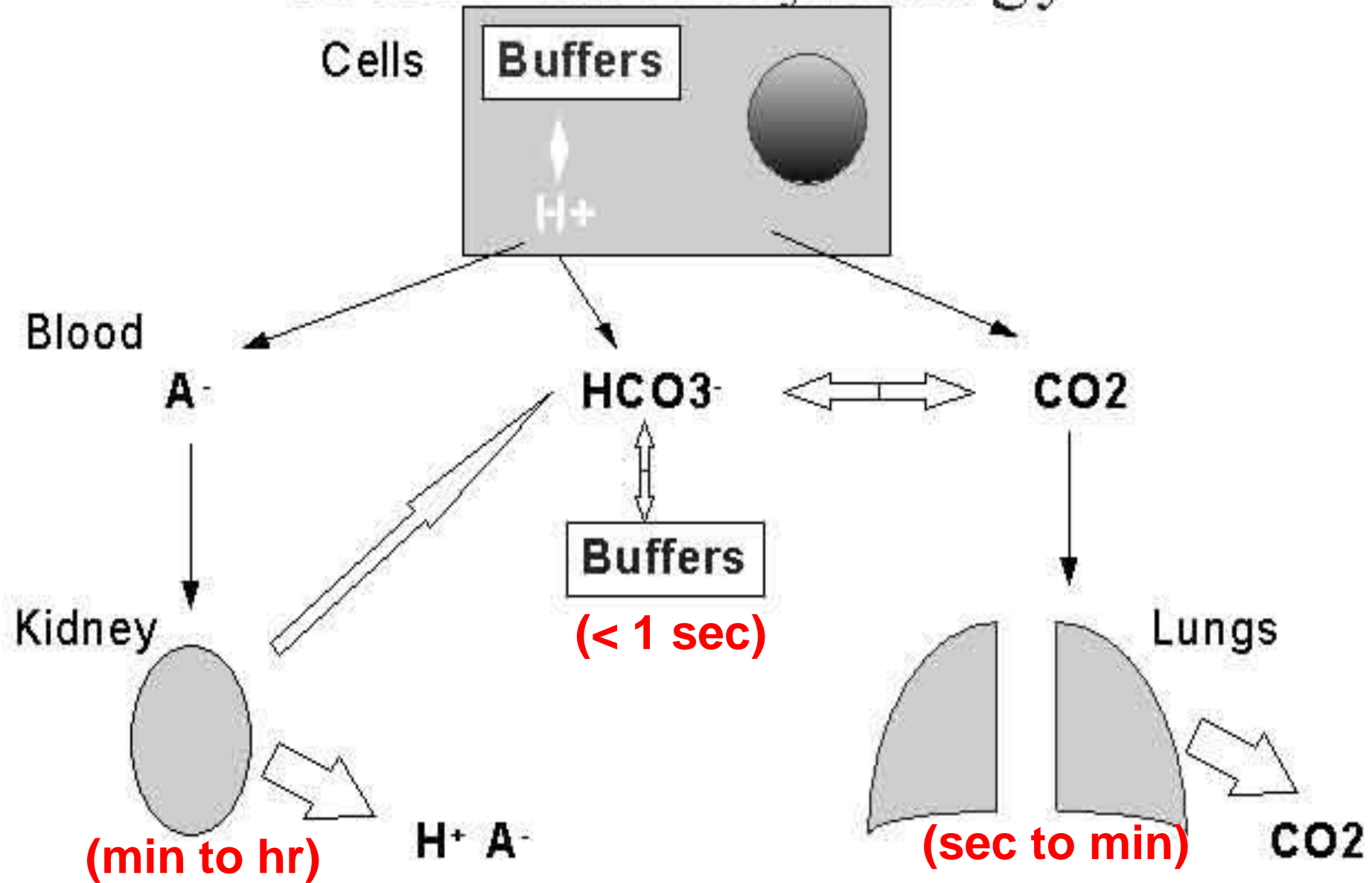
REABSORBATE

LIVER



2/3

Acid-Base Physiology



ΤΥΠΟΙ ΑΠΛΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

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

STEPS TO TAKE

- What is the pH--normal, acidotic, or alkalotic?
- What is the pCO₂--high, normal, or low?
- What is the bicarbonate--high, normal, or low?
- Is the primary problem respiratory or metabolic?
- Is the problem acute, partially compensated, or compensated?

Αίτια αναπνευστικής οξεώσεωςσύνδρομα υποαερισμού

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

Αίτια αναπνευστικής αλκαλώσεωςσύνδρομα υπεραερισμού

- 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)

Changes in pH and HCO₃⁻ for a 10 mm Hg change in PaCO₂

	ACUTE CHANGE	CHRONIC CHANGE
Resp Acidosis (for PaCO ₂ up to 70)	pH down by 0.07 HCO ₃ ⁻ up by <u>1</u>	pH down by 0.03 HCO ₃ ⁻ up by 3- <u>4</u>
Resp Alkalosis (for PaCO ₂ down to 20)	pH up by 0.08 HCO ₃ ⁻ down by <u>2</u>	pH up by 0.03 HCO ₃ ⁻ down by <u>5</u>

Διαγνωστική προσέγγιση ασθενών

με μεταβολική οξέωση

Προσδιορισμός του χάσματος ανιόντων (ΧΑ)

$$\text{ΧΑ} = \text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) \quad \text{Φ.Τ.: } 12 \pm 2 \text{ mEq/L}$$

Διόρθωση για τα επίπεδα της αλβουμίνης :

↓ΧΑ κατά 2.5 mEq/L για κάθε μείωση κατά

↓1 g/dl της αλβουμίνης ή

$$\text{Figge's formula} = \text{AG} + [0.25 \times (44 - \text{albumin g/L})]$$



High anion gap metabolic acidosis KUSSMAL

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

$\Delta\text{AG}/\Delta\text{bicarb}$

- $\Delta\text{AG} = \text{AG} - 11$
- $\Delta\text{bicarb} = 24 - \text{HCO}_3$
- $\Delta\text{AG}/\Delta\text{bicarb} = 1-2$
a simple high AG metabolic acidosis
- $\Delta\text{AG}/\Delta\text{bicarb} > 2$
high AG metabolic acidosis & metabolic alkalosis
- $\Delta\text{AG}/\Delta\text{bicarb} < 1$
high AG metabolic acidosis & normal AG metabolic acidosis

Non-anion gap metabolic acidosis

- Διάρροια
- Συρρίγια
 - παγκρεατικά
 - χοληφόρα
 - εντερικά
- Νεφροσωληνιακή 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

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

- Στο 90% λόγω απώλειας NaCl
- (αλατοευαίσθητη αλκάλωση με υποογκαιμία, δευτεροπαθής υπεραλδοστερονισμός)

- Στο 10% λόγω υπερέκκρισης αλατοκορτικοειδών
- (αλατοανθεκτική αλκάλωση με υπερογκαιμία, πρωτοπαθής υπεραλδοστερονισμός)

*

**

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ (1)

Απώλεια H^+ και Cl^- 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^- συνήθως για θεραπεία διαβητικής ή γαλακτικής οξέωσης
- Μαζικές μεταγγίσεις αίματος, αφού για κάθε κιτρική ρίζα σχηματίζονται 3 διττανθρακικά (σπάνιο αίτιο)
- Σύνδρομο γάλακτος - αλκαλικών (σπάνιο)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

Χλώριο ούρων

< 20 meq/L

- Υποογκαιμία

> 20 meq/L

- ↑ αλατοκορτικοειδή

- Διουρητικά*

- Υποκαλιαιμία (< 2 meq/L)

- Σύνδρομο Bartter

Αντιρρόπηση διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Μεταβολική οξέωση:

↓ των HCO_3^- κατά 1 mEq/L → ↓ PCO_2 κατά 1-1.2 mmHg

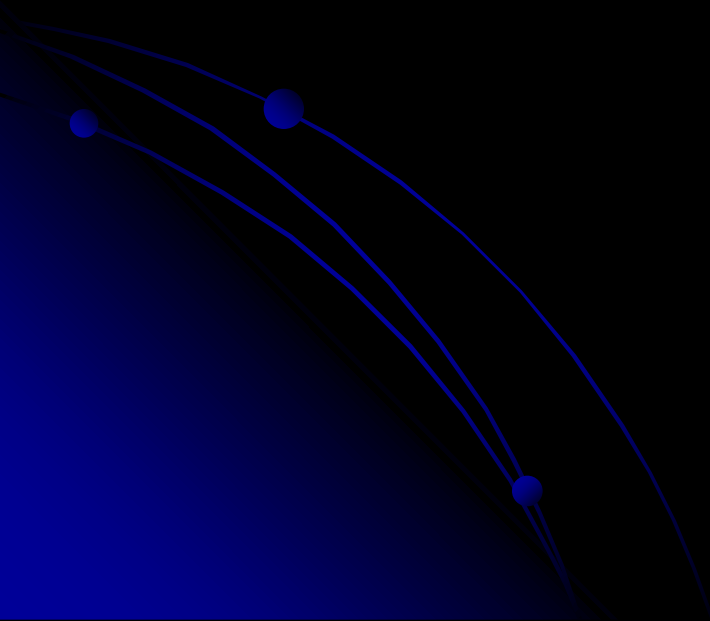
$$p\text{CO}_2 = [\text{HCO}_3] \times 1.5 + 8 (\pm 2)$$

Μεταβολική αλκάλωση:

↑ των HCO_3^- κατά 1 mEq/L → ↑ PCO_2 κατά 0.7 mmHg

$$p\text{CO}_2 = [\text{HCO}_3] + 15 (\pm ?)$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



**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**

Μεταβολική αλκάλωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Ασθενής 45 ετών, βαρύς καπνιστής,
εμφάνισε εμέτους:

pH= 7.49, PO₂= 55 mmHg,

HCO₃⁻= 40 mEq/L, PCO₂= 68 mmHg

Μεταβολική αλκάλωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

Ασθενής με κίρρωση, υπό αγωγή με φουροσεμίδη:

pH= 7.55, PCO₂= 44 mmHg,

HCO₃⁻ = 40 mEq/L

Ασθενής με χρόνια διαρροϊκό σύνδρομο εμφανίζει:

pH= 7.24, PCO₂= 25 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

Μεταβολική οξέωση στα πλαίσια μικτών διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

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

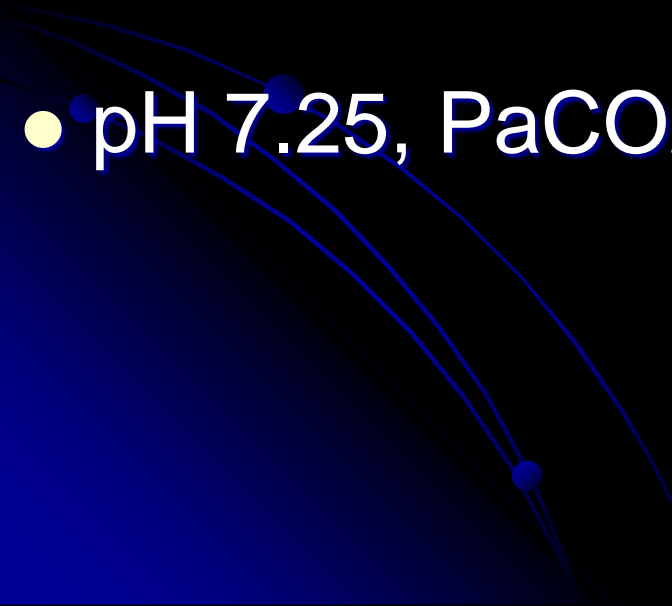
pH= 7.23, PCO₂= 22 mmHg,

HCO₃⁻= 9 mEq/L, κρεατινίνη= 2.1 mg/dl,

Na⁺= 140 mEq/L, Cl⁻= 77 mEq/L,

K⁺= 3.4 mEq/L, κετόνες= ίχνη στα ούρα

what is (are) the likely acid-base disorder(s)?

- pH 7.28, PaCO₂ 50 mm Hg, HCO₃⁻ 23 mEq/L
 - pH 7.50, PaCO₂ 33 mm Hg, HCO₃⁻ 25 mEq/L
 - pH 7.25, PaCO₂ 30 mm Hg, HCO₃⁻ 14 mEq/L
- 

65-year-old patient

- pH 7.51, PaCO₂ 50 mm, HCO₃⁻ 39 mEq/L
- Na⁺ 155 mEq/L, K⁺ 5.5 mEq/L, Cl⁻ 90 mEq/L, Urea 242 mg/dl, Glucose 77 mg/dl

Ερώτηση 1:

Ποια η πιθανή διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας με τα εξής αέρια: pH 7.28; PaCO₂ 50 mmHg; HCO₃ 23 meq/L

1. Υστερική υπέρπνοια λόγω φόβου κατά την παρακέντηση
2. Χρόνια αναπνευστική οξέωση σε ένα παχύσαρκο βαρύ καπνιστή με ΧΑΠ
3. Χορήγηση ΕΦ μορφίνης
4. Αντιδραστική κατακράτηση CO₂ σε μεταβολική αλκάλωση

Σωστή απάντηση η 3

Ερώτηση 2:

Ποια η πιθανή διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας με τα εξής αέρια: $\text{pH } 7.28$; $\text{PaCO}_2 \text{ } 50 \text{ mmHg}$; $\text{HCO}_3 \text{ } 23 \text{ meq/L}$

1. Υστερική υπέρπνοια λόγω φόβου κατά την παρακέντηση
2. Καρδιακή ανεπάρκεια με υποογκαιμία λόγω υπερδιούρησης
3. Εγκυμοσύνη
4. Ενσφήνωση κουμπιού στην τραχεία ενός μικρού παιδιού

Σωστή απάντηση η 4

Ερώτηση 3:

Ασθενής με εμέτους από ημερών προσέρχεται με υπόταση και ταχυκαρδία. Τα εργαστηριακά του δείχνουν : pH 7.23; PaCO₂ 22 mmHg; HCO₃ 9 meq/; Cl 77 meq/L; Na 140 meq/L; K 3.4 meq/L; Κετονουρία. Ποια από τις κάτωθι προτάσεις είναι σωστή απάντηση:

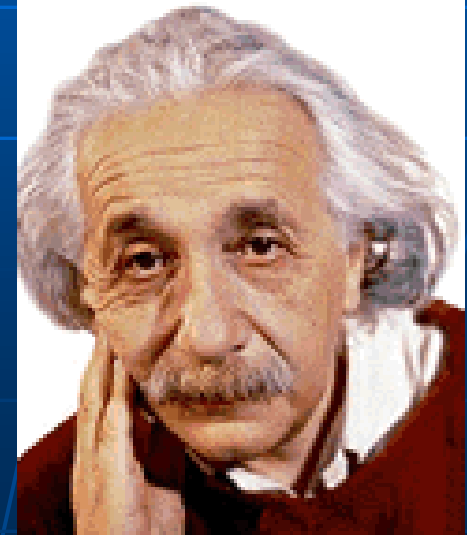
1. Μεταβολική οξέωση με την αναμενόμενη αντιρρόπηση του CO₂
2. Μεταβολική οξέωση με μεγάλο χάσμα ανιόντων
3. Υποκαλιαιμική υποχλωραιμική μεταβολική αλκάλωση
4. Όλα τα ανωτέρω
5. Κανένα από τα ανωτέρω

Σωστή απάντηση η 4

Computer Search



ευχαριστω
για την
προσοχή σας



Tickle Your Brain