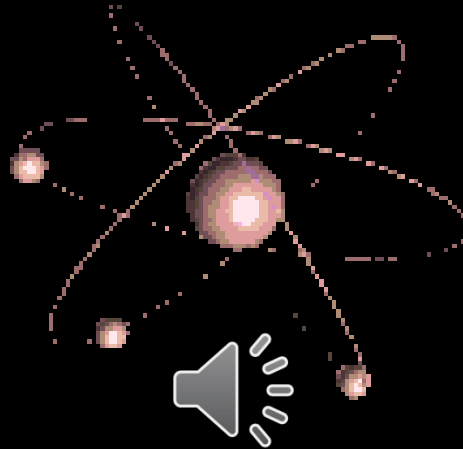


# ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ



Δημήτριος Β. Βλαχάκος

Καθηγητής Παθολογίας-Νεφρολογίας

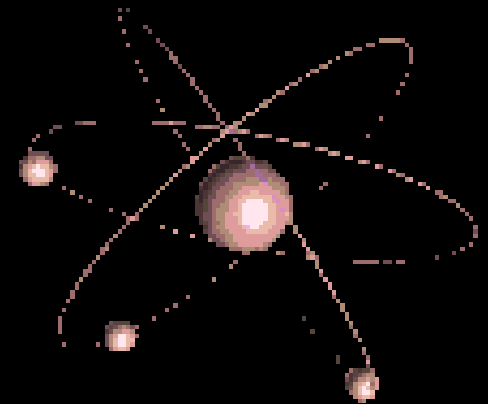
Υπεύθυνος της Νεφρολογικής Μονάδας

Β΄ Προπαιδευτική Παθολογική Κλινική

Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο «ΑΤΤΙΚΟΝ»

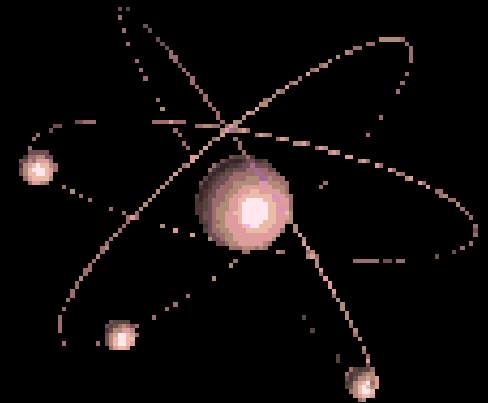
# Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Οξέα είναι οι δότες πρωτονίων (**H<sup>+</sup>**)
- Μόρια που σε υδατικό διάλυμα παράγουν πρωτόνια → H<sup>+</sup>
- Τα κύρια οξέα του οργανισμού είναι:
  - Ανθρακικό οξύ (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
  - Φωσφορικό οξύ (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)
  - Πυροσταφυλικό οξύ
  - Γαλακτικό οξύ



# Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

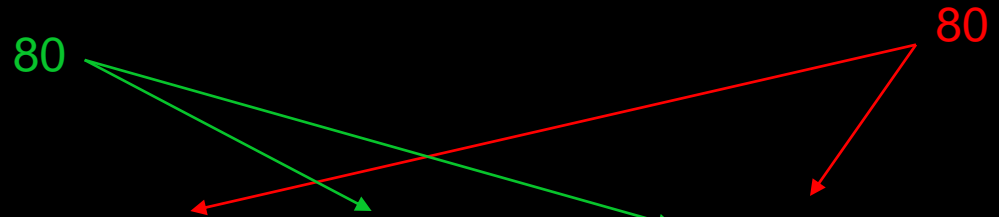
- Βάσεις είναι δέκτες πρωτονίων (**OH<sup>-</sup>**)
- Κύριες βάσεις του οργανισμού είναι :
  - Τα διττανθρακικά (**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**)
  - Τα διφωσφορικά (**HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup>**)



# Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

- Τα φυσιολογικά στενά όρια

80 80  
pH 7.35 to 7.45 => [H<sup>+</sup>] 35-45 nmol/L)



pH = Αλκαλαιμία (υψηλό pH)




pH = Οξαιμία (χαμηλό pH)

‘Όρια pH συμβατά με την ζωή 6.7 - 7.9

# Regulation of hydrogen ions

## 1. Buffer system

- a. bicarbonate buffer
- b. hemoglobin buffer
- c. protein buffer 
- d. phosphate buffer



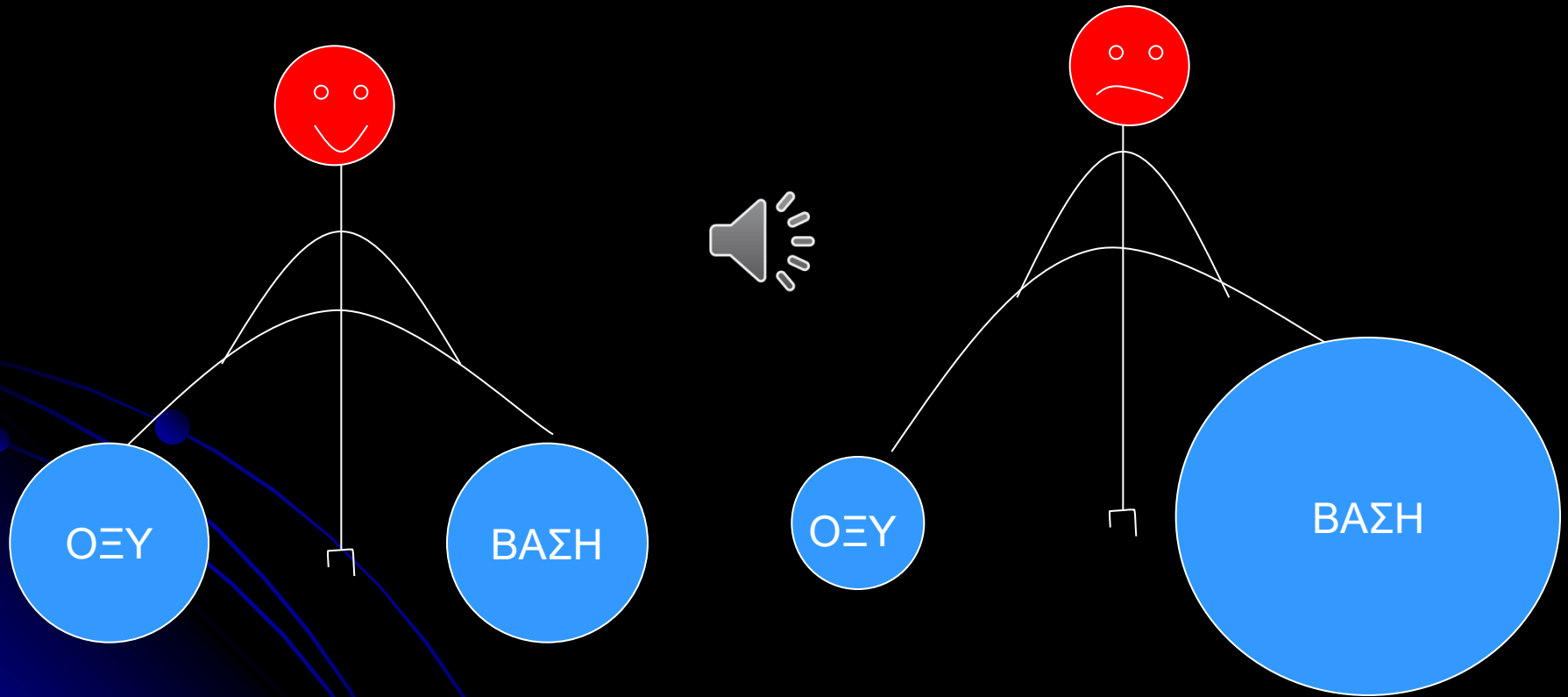
## 2. Ventilatory response



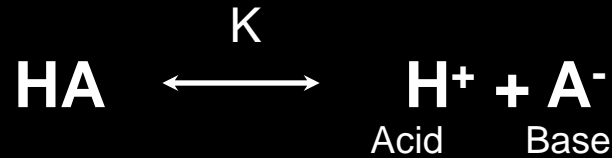
## 3. Renal response



# 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

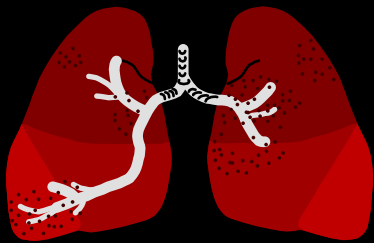


$$[\text{H}^+ \text{ nmol/L}] = 24 * P \text{ CO}_2 / \text{HCO}_3^-$$

Kassirer-Blake

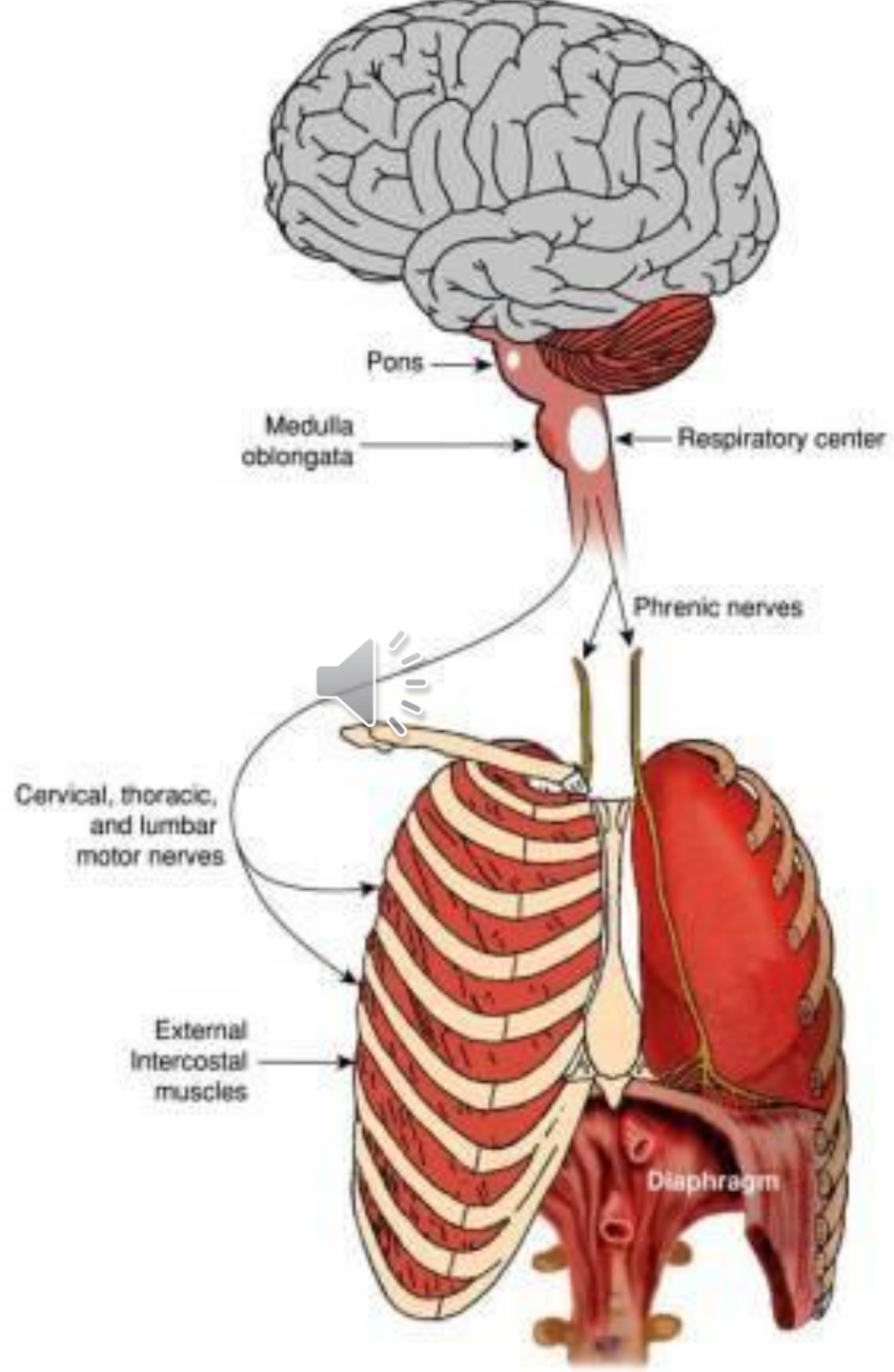
# Αρχές Οξεοβασικής Ισορροπίας

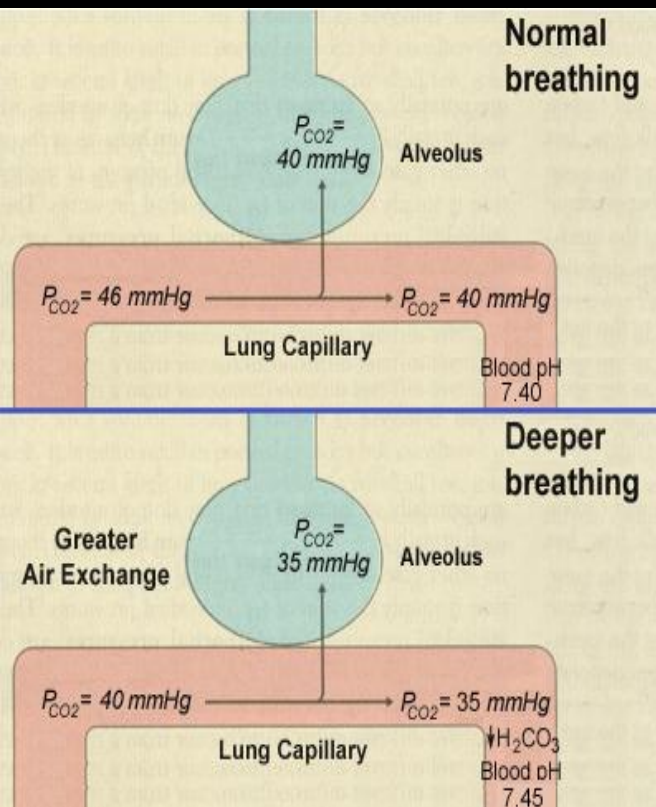
- **CO<sub>2</sub> 25 Mol / ημέρα**



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



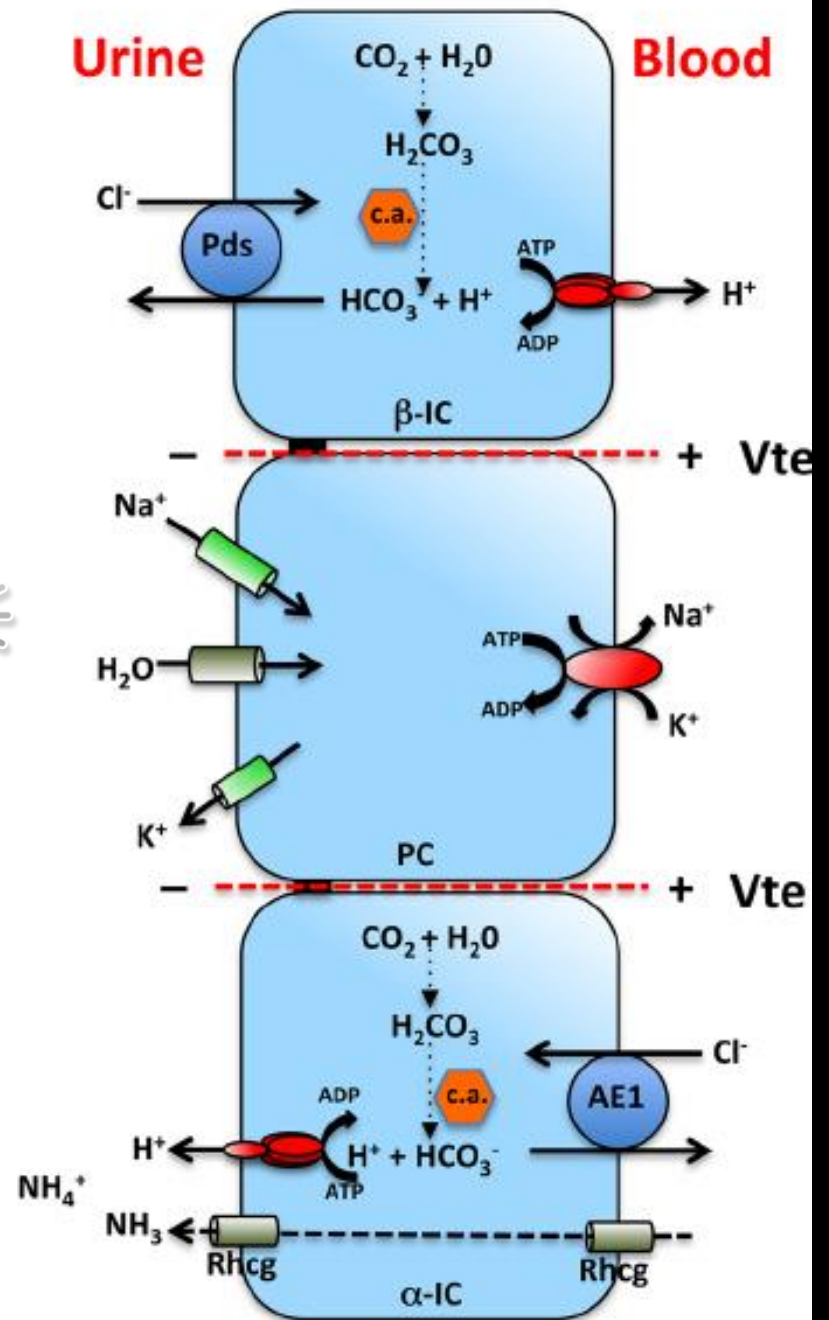
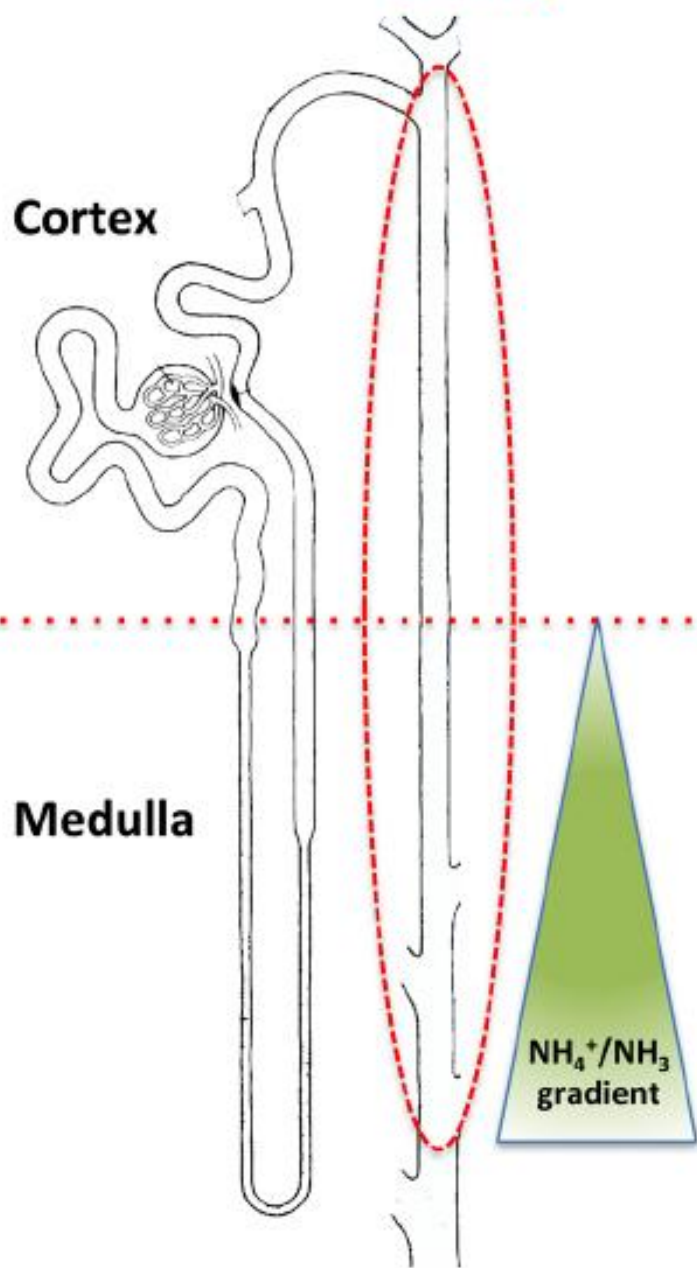


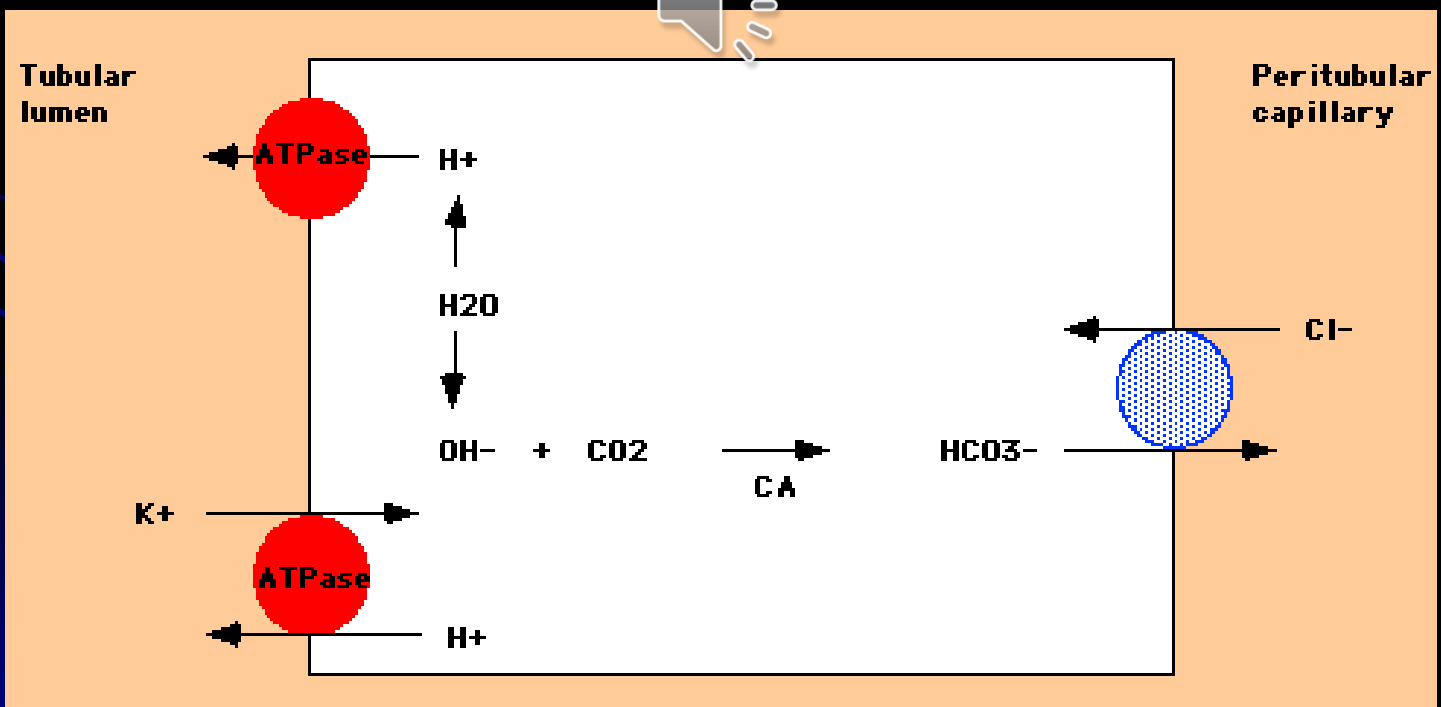
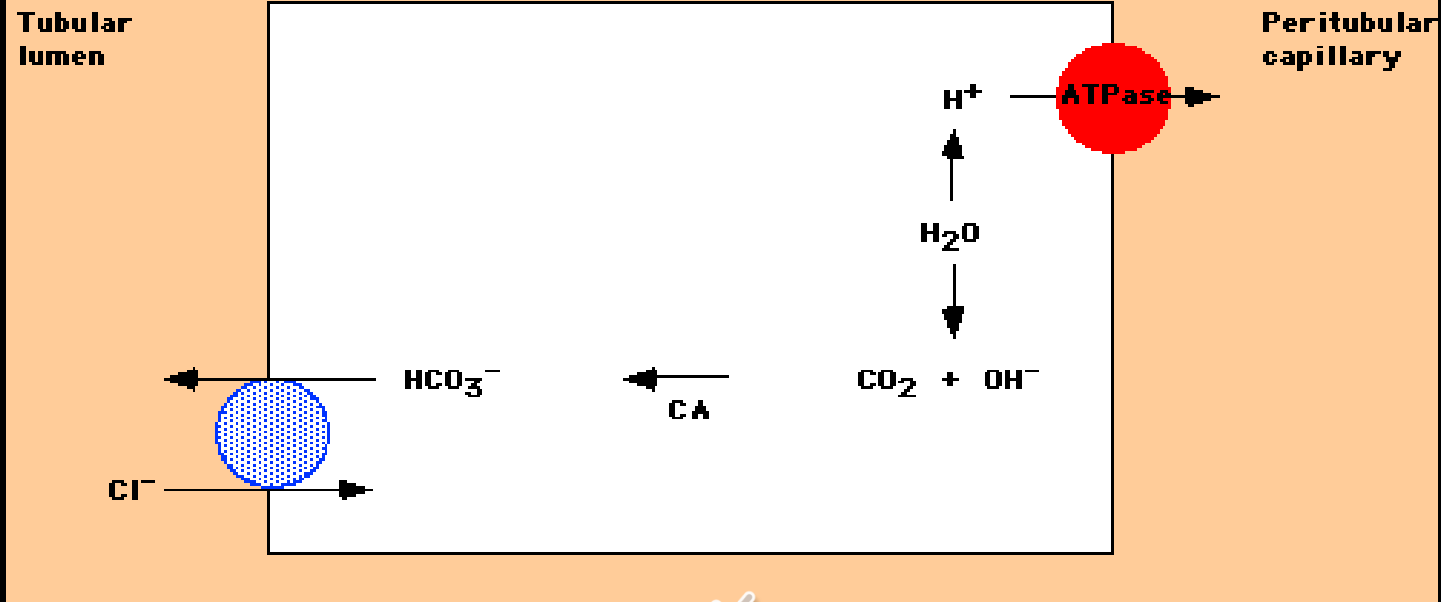


Αερισμός  $\uparrow \Rightarrow$   $pCO_2 \downarrow$

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

# Final secretion of $\text{NH}_4^+$

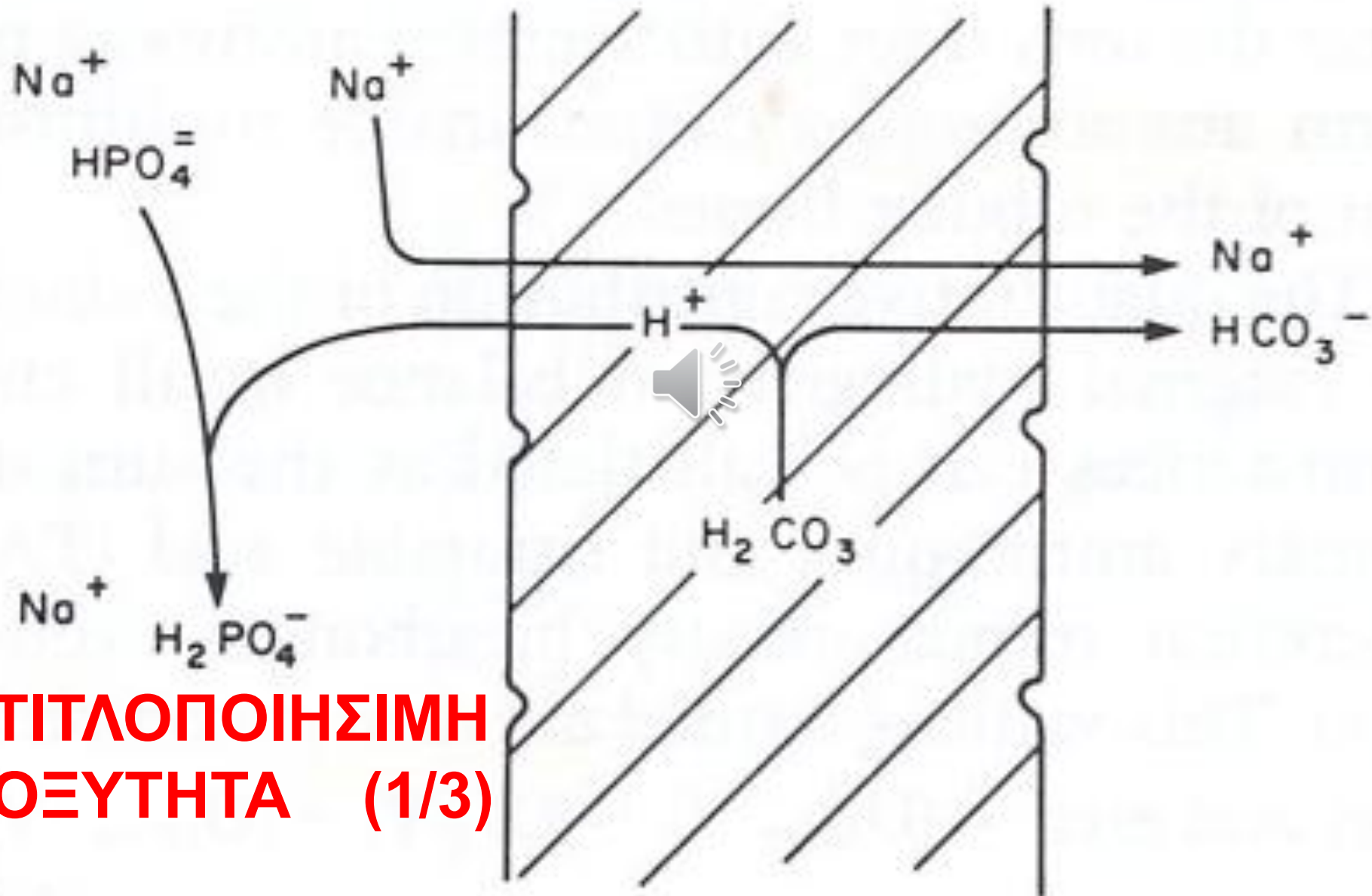




FILTRATE

TUBULE CELL

REABSORBATE



**ΤΙΤΛΟΠΟΙΗΣΙΜΗ  
ΟΞΥΤΗΤΑ (1/3)**

FILTRATE

TUBULE CELL

REABSORBATE

LIVER

Glutamine

Glutamate

mitochondria

$\text{NH}_3$

$\text{NH}_3$

$\text{Na}^+$

$\text{Na}^+$

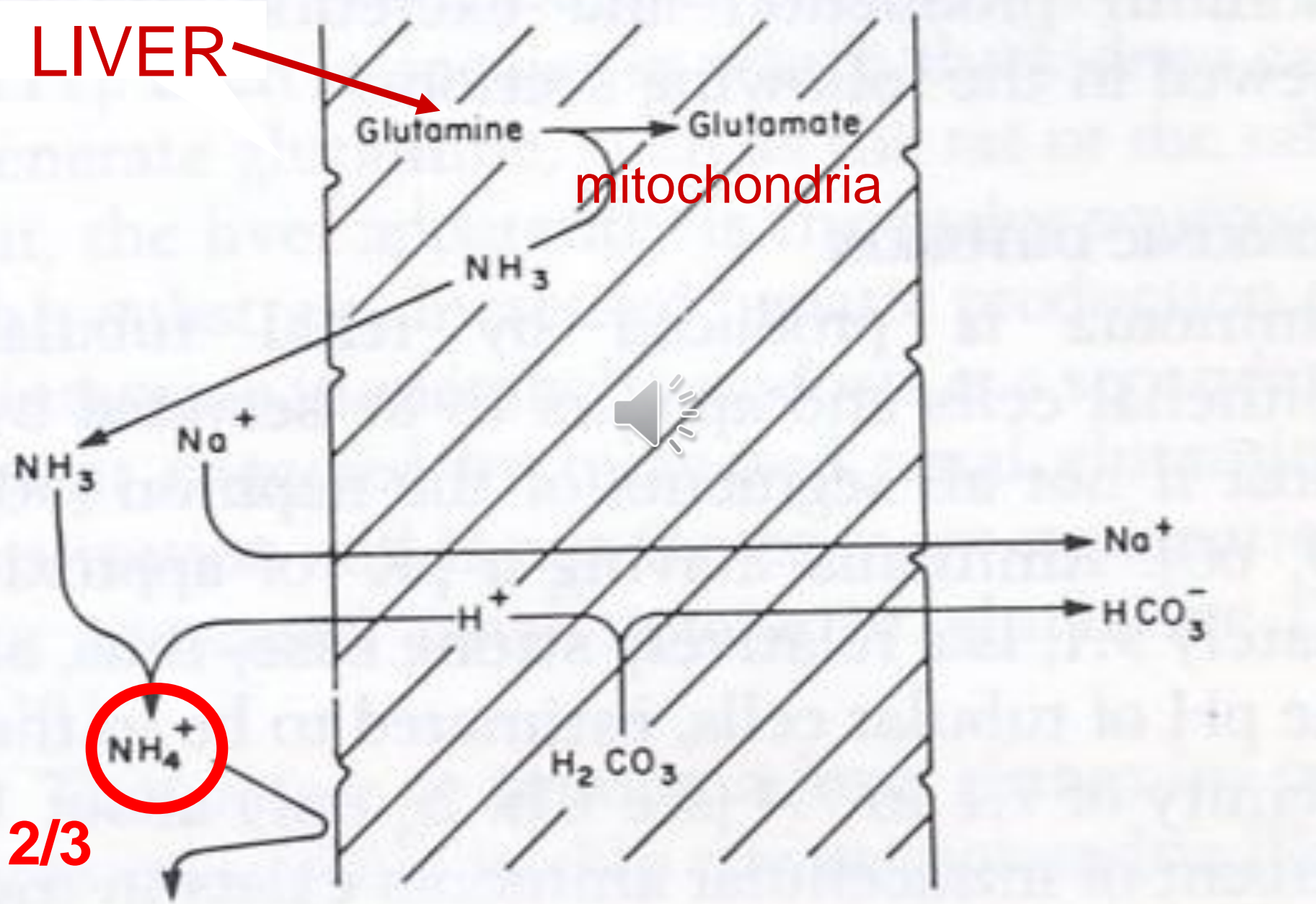
$\text{HCO}_3^-$

$\text{H}^+$

$\text{H}_2\text{CO}_3$

$\text{NH}_4^+$

2/3



Τροφές

Μεταβολισμός

Μεταβολισμός

Τροφές



+



Νεφροί

Νεφροί, Στόμαχος



Πνεύμονες

# Acid-Base Physiology

Cells

Buffers

$H^+$

Blood

$A^-$

$HCO_3^-$

$CO_2$

Kidney

Buffers

(< 1 sec)

Lungs

(min to hr)

$H^+$   $A^-$

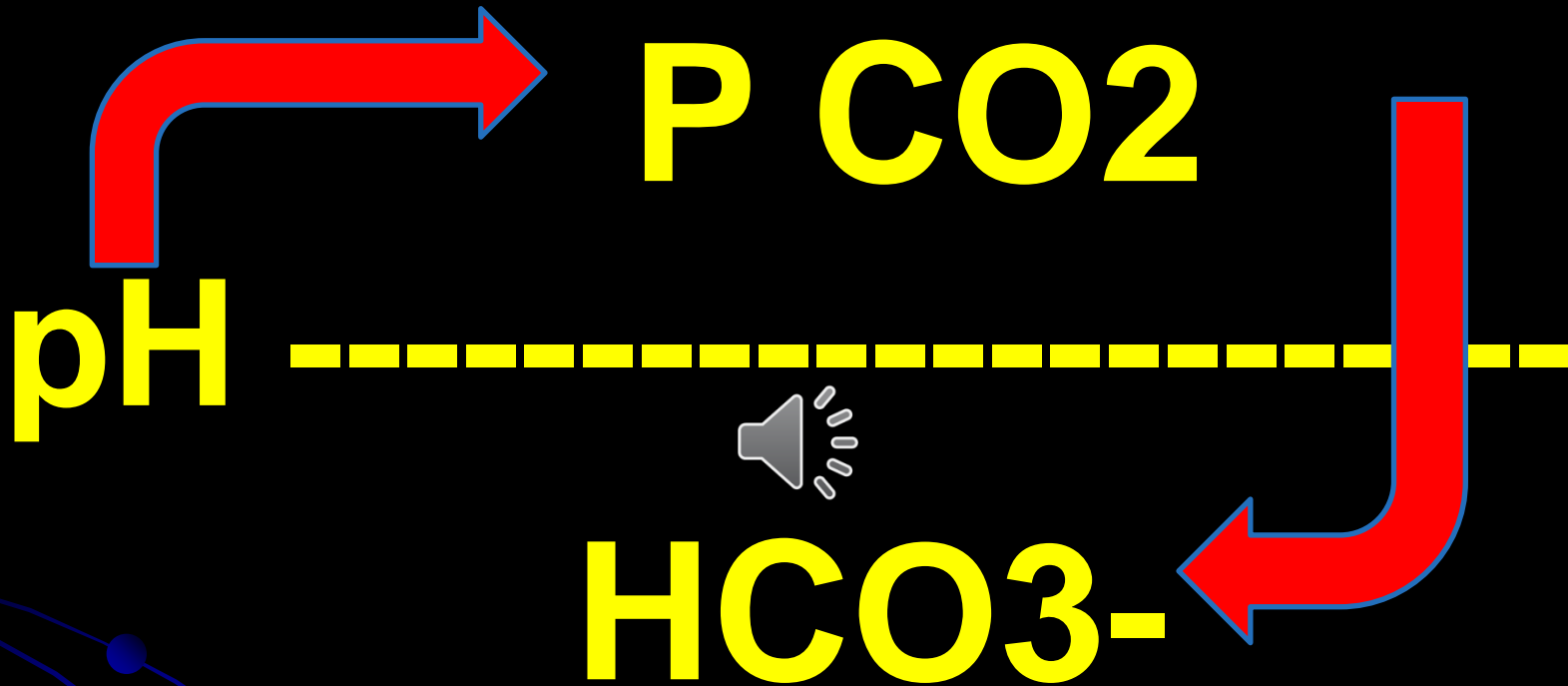
(sec to min)

$CO_2$




# ΤΥΠΟΙ ΑΠΛΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

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




Rome =  
respiratory opposite –  
metabolic equal

# Αίτια αναπνευστικής οξεώσεως .....σύνδρομα υποαερισμού

- **Υπαιρισμός Κεντρικής Αιτιολογίας** (φάρμακα, O<sub>2</sub> σε ΧΑΠ, διαταραχές ΚΝΣ, παχυσαρκία)
- **Υπαιρισμός 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 CO<sub>2</sub>** (Παρεντερική διατροφή)

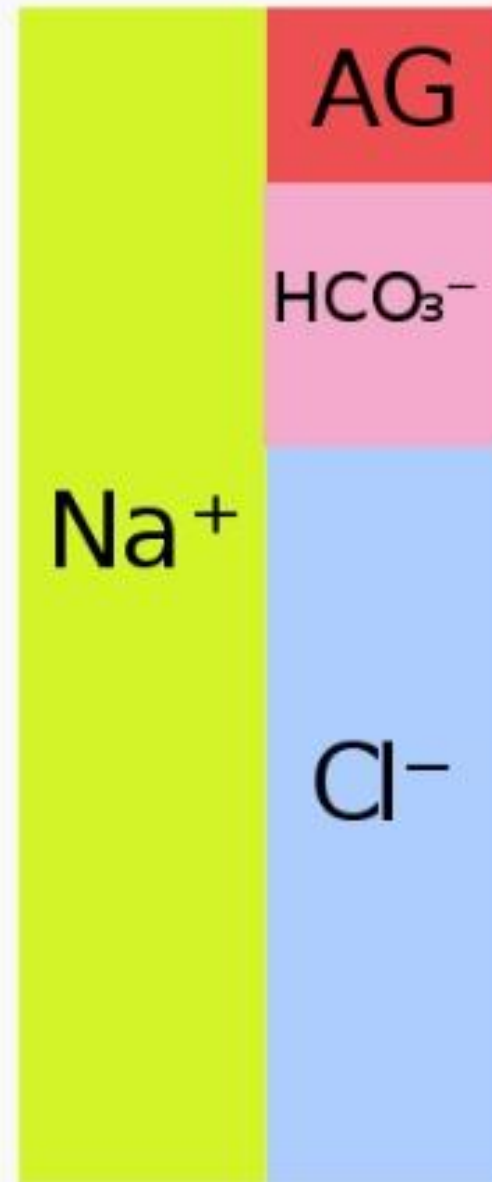
# Αίτια αναπνευστικής αλκαλώσεως .....σύνδρομα υπεραερισμού

- Υποξαιμία (υψηλό υψόμετρο, πνευμονική εμβολή)
- 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 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> for a 10 mm Hg change in PaCO<sub>2</sub>

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

Η μεταβολική  
οξέωση  
διακρίνεται με  
βάση το χάσμα  
ανιόντων



Anion Gap

# Διαγνωστική προσέγγιση ασθενών με μεταβολική οξέωση ανάλογα με το Χάσμα 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

**Figge's formula = AG + [0.25 x (44 – 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

# Μεταβολική οξέωση με φυσιολογικό ΧΑ

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

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

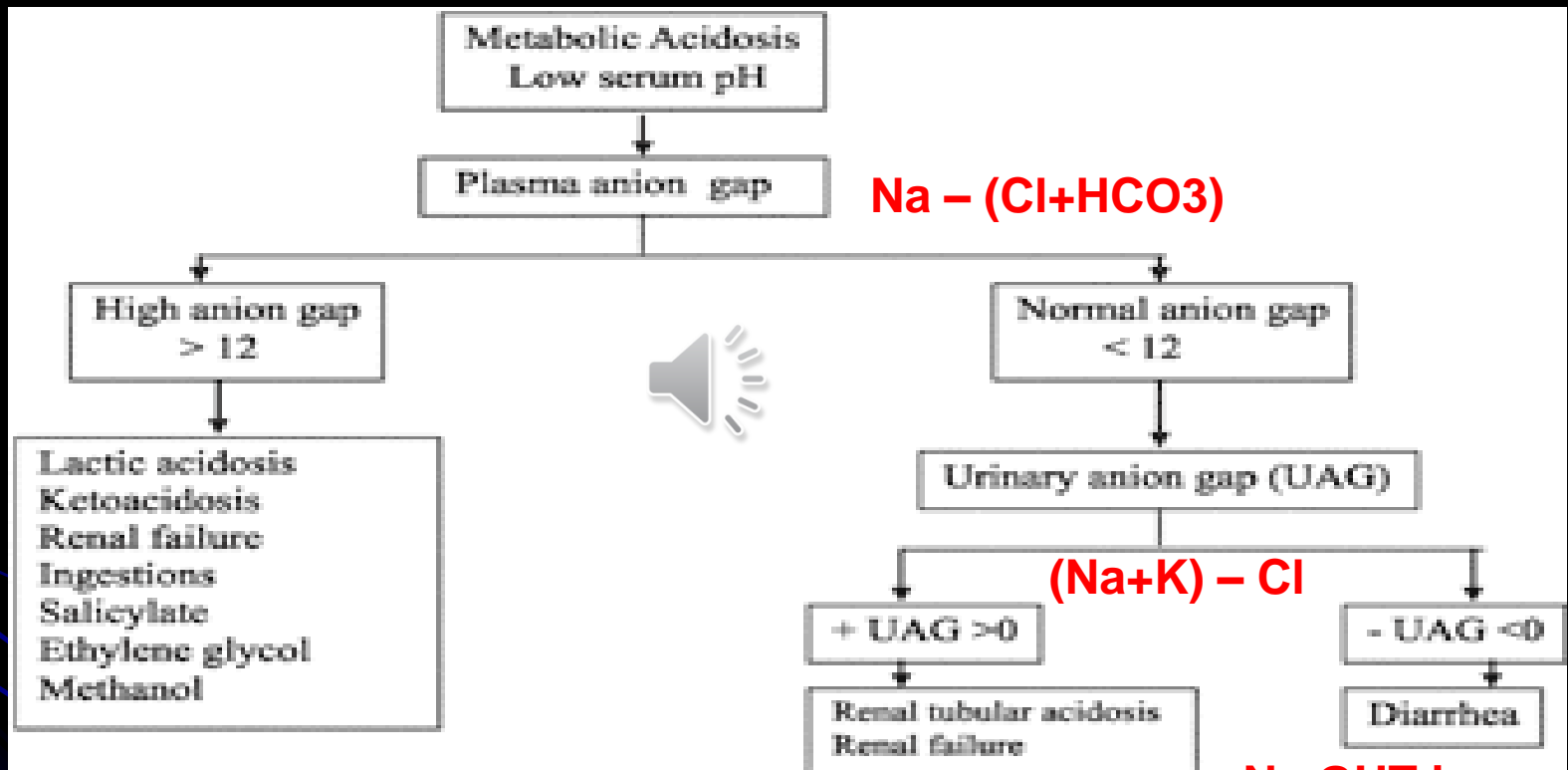



Fig. 1 : Approach to metabolic acidosis with low serum pH.

# ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

- Λόγω απώλειας  $\text{NaCl}^*$  (90%)
- (αλκάλωση με υποογκαιμία)
- Λόγω υπερέκκρισης  αλατοκορτικοειδών\*\*
- (αλκάλωση με υπερογκαιμία)

\* αλατοευαίσθητος

\*\* αλατοανθεκτική

# 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:

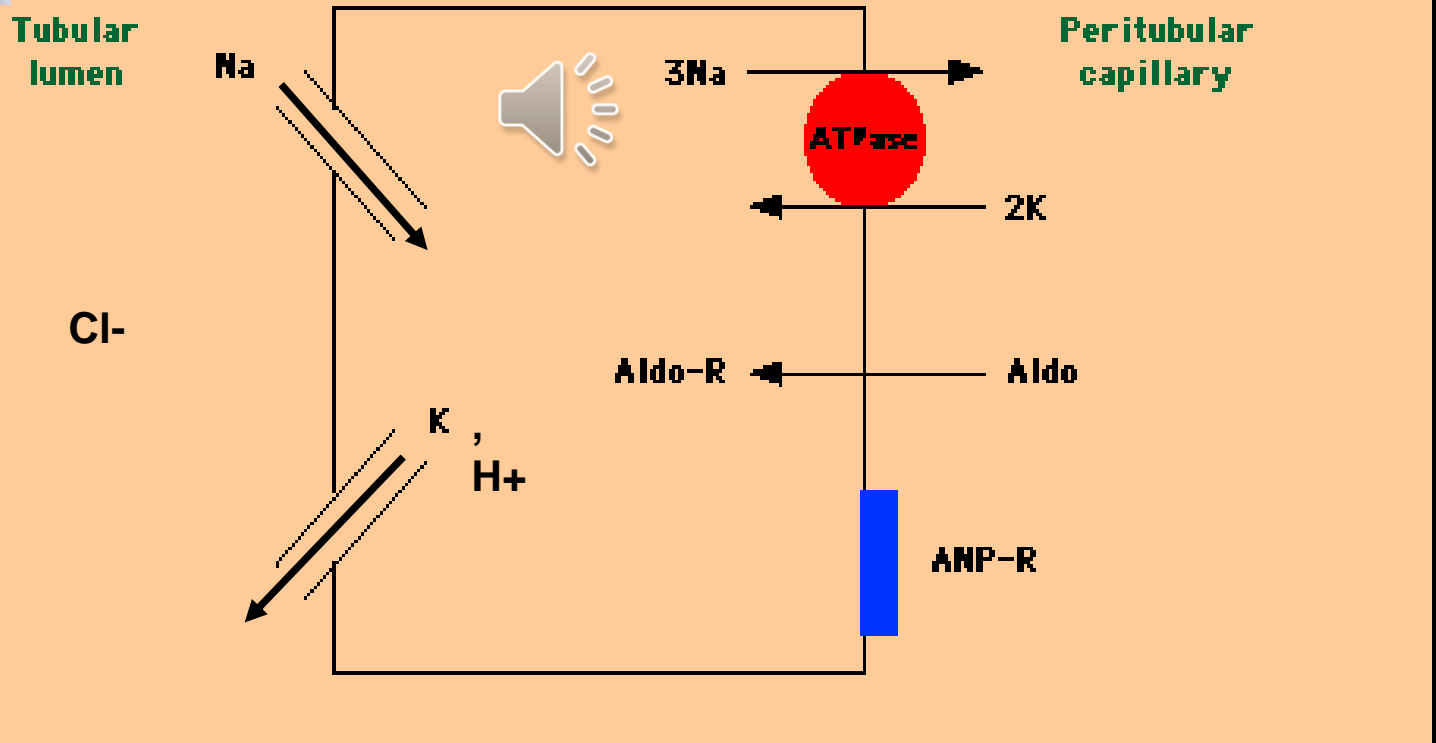
- διουρητικά, κυρίως της θειαζίδης\*
- υπερέκκριση αλατοκορτικοειδών\*\*

## - Είσοδος στα κύτταρα:

- Υποκαλιαιμία (όταν είναι βαριά)

\* τα συχνότερα

\*\* αλδοστερονισμός, συνδρομο Bartter, ρενινοπαραγωγοί  
όγκοι



**Ion transport in collecting tubule cell** Schematic representation of sodium and potassium transport in the sodium reabsorbing cells in the

# ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ (2)

## Κατακράτηση $\text{HCO}_3^-$

- Χορήγηση μεγάλης ποσότητας  $\text{HCO}_3^-$  συνήθως για θεραπεία διαβητικής ή γαλακτικής οξέωσης
- Μαζικές μεταγγίσεις αίματος (σπάνιο)
- 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 pCO<sub>2</sub> επί Μεταβολικών διαταραχών

## Μεταβολική οξέωση:

↓ των HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> κατά 1 mEq/L → ↓ PCO<sub>2</sub>  
κατά 1-1.2 mmHg

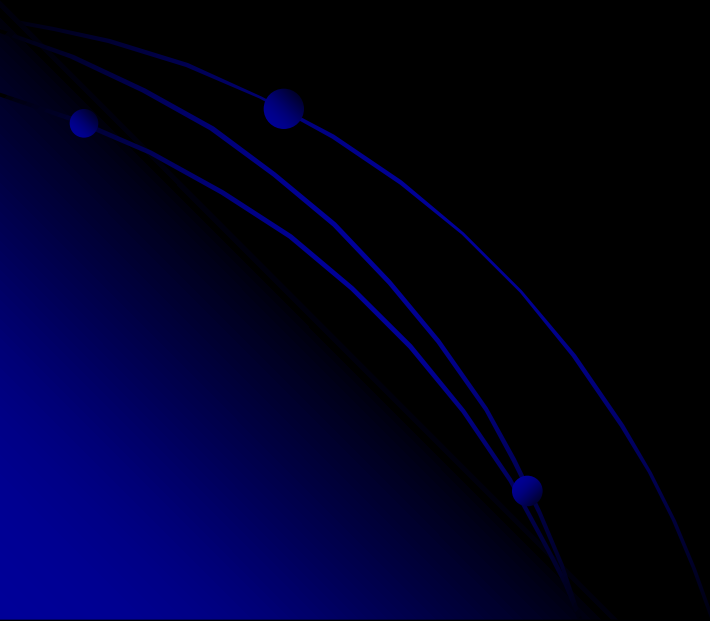
$$p\text{CO}_2 = [\text{HCO}_3^-] \times 1.5 + 8 (\pm 2)$$

## Μεταβολική αλκάλωση:


↑ των HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> κατά 1 mEq/L → ↑ PCO<sub>2</sub> κατά  
0.7 mmHg

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

# Παραδείγματα



Ερώτηση 1: Ασθενής 45 ετών με εμέτους εξαιτίας πυλωρικής στένωσης και  $\text{Na}^+$  ορού: 140 mEq/L,  $\text{K}^+$ : 2.2 mEq/L,  $\text{Cl}^-$ : 86 mEq/L, pH: 7.53,  $\text{PCO}_2$ : 52 mmHg,  $\text{HCO}_3^-$ : 40 mEq/L, ουρία: 90 mg/dl, κρεατινίνη: 1.8 mg/dl έχει:

1. Μεταβολική οξέωση με φυσιολογικό χάσμα ανιόντων 
2. Οξεία αναπνευστική οξέωση
3. Χρόνια αναπνευστική οξέωση
4. Μεταβολική υποχλωραιμική υποκαλιαιμική αλκάλωση

Η σωστή απάντηση είναι η 4

Ερώτηση 2: Ασθενής 45 ετών, βαρύς καπνιστής, εμφάνισε εμέτους.  $\text{pH} = 7.49$ ,  $\text{PO}_2 = 55 \text{ mmHg}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 40 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{PCO}_2 = 68 \text{ mmHg}$  και έχει:

1. Μεταβολική αλκάλωση
2. Χρόνια Αναπνευστική οξέωση
3. Μικτή διαταραχή με μεταβολική αλκάλωση και αναπνευστική οξέωση
4. Μικτή διαταραχή με μεταβολική και αναπνευστική αλκάλωση

Η σωστή απάντηση είναι η 3

Ερώτηση 3: Ασθενής με κίρρωση, υπό αγωγή με φουροσεμίδη και  $\text{pH} = 7.55$ ,  $\text{PCO}_2 = 44 \text{ mmHg}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 40 \text{ mEq/L}$  έχει:

1. Μεταβολική αλκάλωση
2. Αναπνευστική αλκάλωση
3. Μικτή διαταραχή με μεταβολική και αναπνευστική αλκάλωση
4. Χρόνια Αναπνευστική οξέωση

Η σωστή απάντηση είναι η 3

Ερώτηση 4: Ασθενής με χρόνια διαρροϊκό σύνδρομο εμφανίζει  $\text{pH} = 7.28$ ,  $\text{PCO}_2 = 28 \text{ mmHg}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 12 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{Na}^+ = 138 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{K}^+ = 3.5 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{Cl}^- = 108 \text{ mEq/L}$ , ουρία =  $102 \text{ mg/dl}$ , κρεατινίνη =  $1.6 \text{ mg/dl}$  και έχει:

1. Απλή Μεταβολική οξέωση
2. Μικτή μεταβολική οξέωση με φυσιολογικό και μεγάλο χάσμα ανιόντων
3. Μικτή μεταβολική οξέωση και μεταβολική αλκάλωση
4. Μικτή μεταβολική οξέωση και αναπνευστική αλκάλωση

Η σωστή απάντηση είναι η 2

Ερώτηση 5: Ασθενής με εμέτους από 5 ημέρες προσέρχεται με υπόταση, ταχυκαρδία,  $\text{pH} = 7.23$ ,  $\text{PCO}_2 = 22 \text{ mmHg}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 9 \text{ mEq/L}$ , κρεατινίνη =  $2.1 \text{ mg/dl}$ ,  $\text{Na}^+ = 140 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{Cl}^- = 77 \text{ mEq/L}$ ,  $\text{K}^+ = 3.4 \text{ mEq/L}$ , κετόνες = ίχνη στα ούρα και έχει:

1. Απλή Μεταβολική αλκάλωση
2. Μικτή μεταβολική οξέωση με φυσιολογικό και μεγάλο χάσμα ανιόντων
3. Μικτή μεταβολική οξέωση και μεταβολική αλκάλωση
4. Μικτή μεταβολική οξέωση και αναπνευστική αλκάλωση

Η σωστή απάντηση είναι η 3

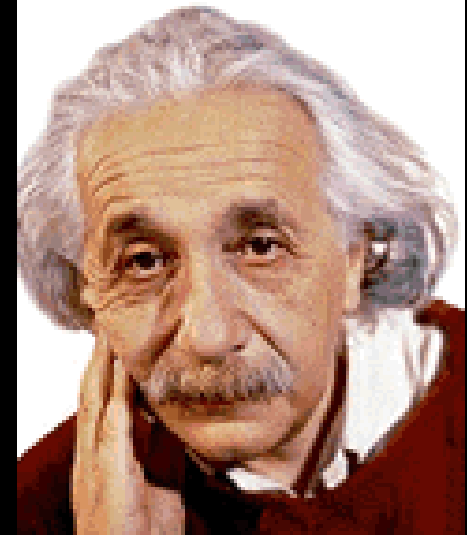
Computer Search



ευχαριστω

για την

προσοχή σας



**Tickle** Your Brain