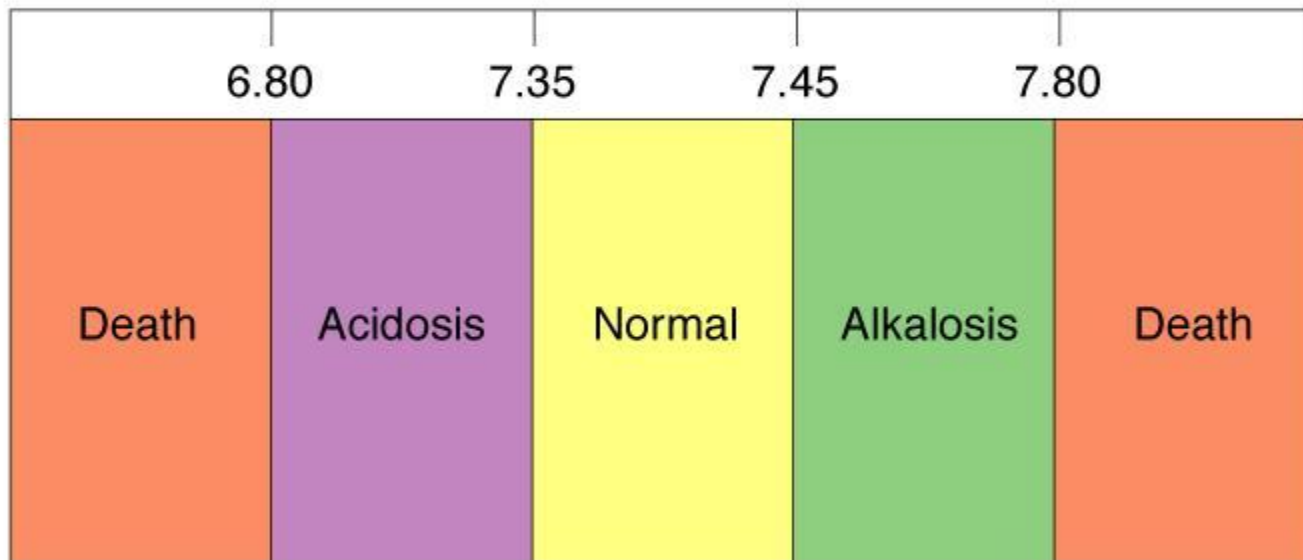


# Οξεοβασική ισορροπία

Αναστάσιος Ν. Μαχαίρας

pH level



# Οξεοβασική ισορροπία

$\text{pH} \sim 7,4$  αντιστοιχεί σε  $40 \text{ nmol H}^+ / \text{lt}$

# pH και συγκέντρωση ιόντων H<sup>+</sup>

pH

nmol/l

6.0	1000
7.0	100
8.0	10
9.0	1

# pH και συγκέντρωση ιόντων H<sup>+</sup>

pH

nmol/l

6.0	1000
7.0	100
8.0	10
9.0	1

6.8	160
7.0	100
7.1	80
7.2	50
<b>7.4</b>	<b>40</b>
7.5	31
7.7	20

# Οξεοβασική ισορροπία

- **Οξύ:** Ουσία που διίστάμενη σε υδατικό διάλυμα αποδίδει  $H^+$



# Οξεοβασική ισορροπία

Οξέωση/Οξυαιμία: \* Παραγωγή περίσσειας  $H^+$   
\* Υψηλή συγκέντρωση  $H^+$   
> 45nmol/l†  
Ph < 7,35

# Οξεοβασική ισορροπία

- **Άλκαλι:** Ουσία που διίστάμενη σε υδατικό διάλυμα αποδίδει **OH<sup>-</sup>**





# Οξεοβασική ισορροπία

- Αλκάλωση/λαιμία:
- \* Παραγωγή περίσσειας  $\text{OH}^-$
  - \* Χαμηλή συγκέντρωση  $\text{H}^+$   
< 35nmol/l†  
 $\text{pH} > 7,45$

# Οξεοβασική ισορροπία

- **Βάση:** Ουσία που μπορεί να δεσμεύσει  $H^+$

(Αλκάλια/ πρωτεΐνες)

# Οξεοβασική ισορροπία

- Συζυγής βάση οξέος: Είναι το ανιόν που παράγεται κατά την μερική διάσπασή του οξέος σε υδατικό διάλυμα (ασθενές οξύ)

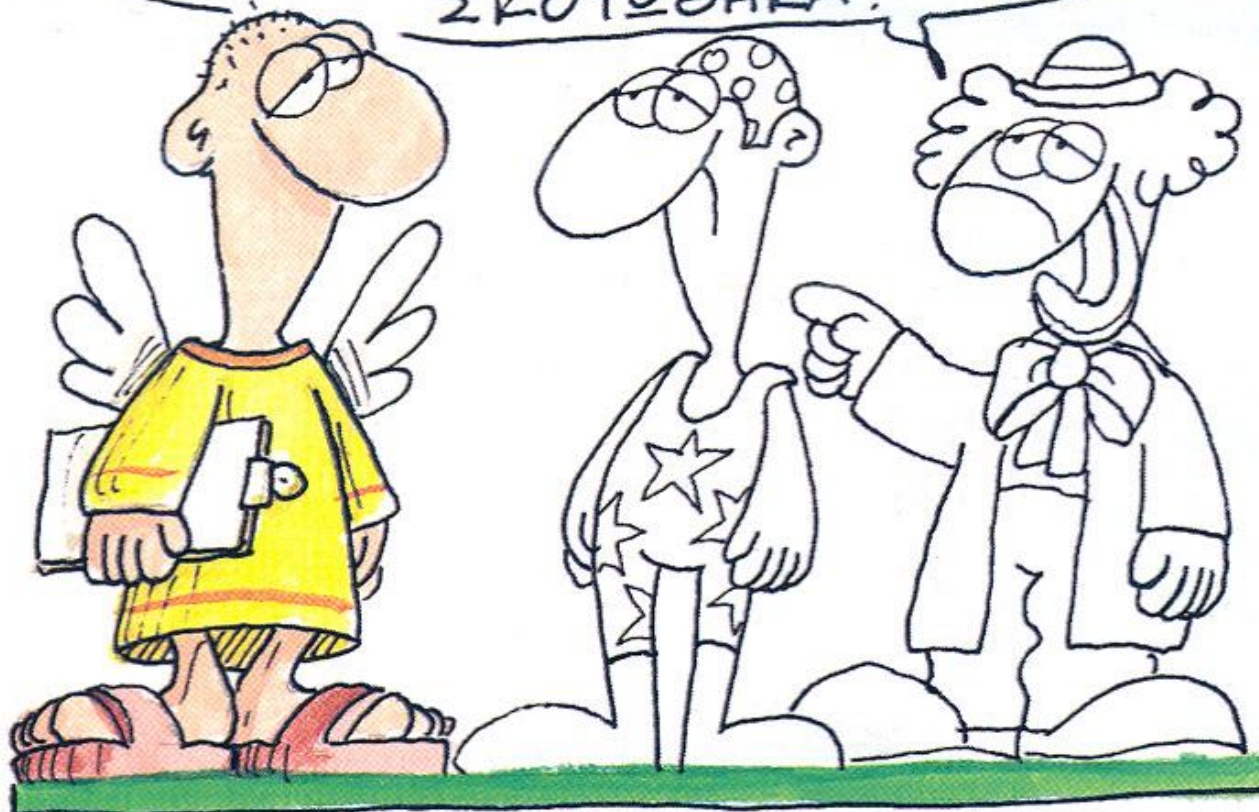


ΑΠΟ ΤΙ ΠΕΘΑΝΑΤΕ  
ΕΣΕΙΣ;

ΕΓΩ ΗΜΟΥΝ ΑΚΡΟΒΑΤΗΣ ΣΤΟ ΤΣΙΡΚΟ!.. ΕΣΠΑΣΕ  
ΤΟ ΣΧΟΙΝΙ ΠΟΥ ΚΡΕΜΟΜΟΥΝ, ΕΠΕΣΑ ΠΑΝΩ ΣΕ ΜΙΑ  
ΤΡΑΜΠΑΛΑ ΚΑΙ ΣΚΟΤΟΘΗΚΑ!..



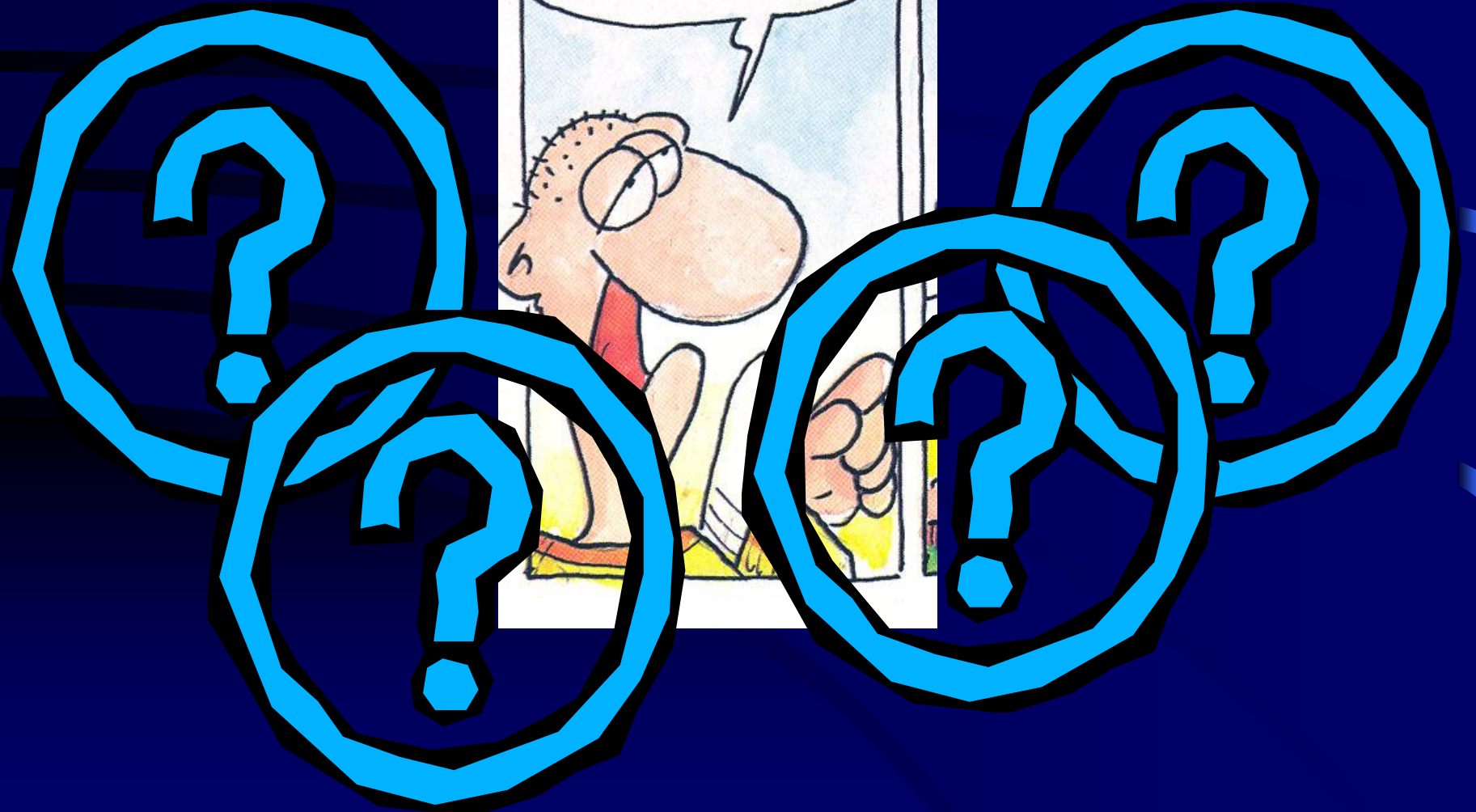
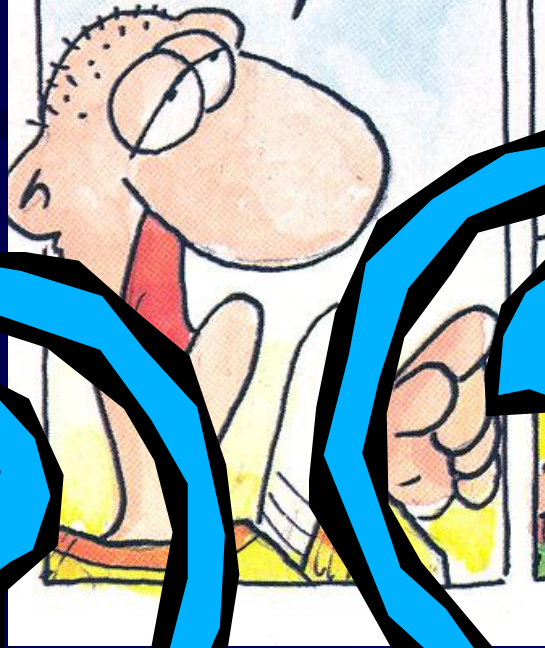
ΕΓΩ ΗΜΟΥΝ ΚΛΟΟΥΝ ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΤΣΙΡΚΟ!..  
ΚΑΘΟΜΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΜΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ  
ΤΡΑΜΠΑΛΑΣ ΚΑΙ ΟΤΑΝ ΕΠΕΣΕ ΑΥΤΟΣ ΜΕ  
ΤΙΝΑΞΕ ΨΗΛΑ ΚΑΙ ΠΕΦΤΟΝΤΑΣ  
ΣΚΟΤΩΘΗΚΑ!



ΕΓΩ ΗΜΟΥΝ ΘΗΡΙΟΔΑΜΑΣΤΗΣ!... ΚΑΘΟΜΟΥΝ  
ΣΤΗΝ ΑΚΡΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΣΑ, ΟΤΑΝ  
ΞΑΦΝΙΚΑ ΕΠΕΣΕ ΑΠΑΝΟ ΜΟΥ Ο ΚΛΟΟΥΝ  
ΚΑΙ ΣΚΟΤΩΘΗΚΑΜΕ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΟ!



ΚΑΙ ΤΟ  
ΛΙΟΝΤΑΡΙ ΑΠΟ  
ΤΙ ΠΕΘΑΝΕ;



ΑΠ' ΤΑ ΓΕΛΙΑ!

·Apkäs





# Οξεοβασική ισορροπία

\*\*\*  $\text{pH} \sim 7,4$  αντιστοιχεί σε  $40 \text{ nmol H}^+ / \text{lt}$

Όγκος Εξ.Χ:  $\sim 15 \text{ lt}$

Σύνολο οργανισμού:  $600 \text{ nmol H}^+$  [  $15 \times 40 = 600$  ]

Ημερησία παραγωγή  $\text{H}^+$ :  $60.000.000 \text{ nmol}$

**60 mmol**

# Οξεοβασική ισορροπία

## Κατιόντα meq/l

• Na <sup>+</sup>	140
• K <sup>+</sup>	4
• Ca <sup>++</sup>	2
• Mg <sup>++</sup>	2

Σύνολο 148

## Ανιόντα meq/l

• Cl <sup>-</sup>	104
• HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24
• Pr <sup>-</sup>	12-14
• PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	2
• SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1
• Οργ.Οξ <sup>-</sup>	4

Σύνολο 148

# Οξεοβασική ισορροπία

## Κατιόντα meq/l

• Na<sup>+</sup> 140

• K<sup>+</sup> 4

• Ca<sup>++</sup> 2

• Mg<sup>++</sup> 2

Σύνολο 148

## Ανιόντα meq/l

• Cl<sup>-</sup> 104

• HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 24

• Pr<sup>-</sup> 12-14

• PO<sub>4</sub><sup>---</sup> 2

• SO<sub>4</sub><sup>--</sup> 1

• Οργ.Οξ<sup>-</sup> 4

Σύνολο 148

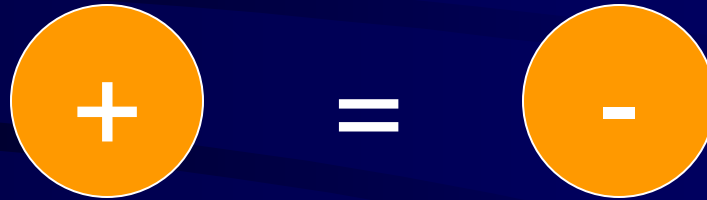
# Οξεοβασική ισορροπία

$\text{Na}^+$  + Μη μετρούμενα Κατιόντα

||

$\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-$  + Μη μετρούμενα Ανιόντα

# Αρχή ηλεκτρικής ουδετερότητας



$\text{Na}^+$  + μη μετρούμενα κατιόντα =

$\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-$  + μη μετρούμενα ανιόντα

# Οξεοβασική ισορροπία

- Χάσμα ανιόντων

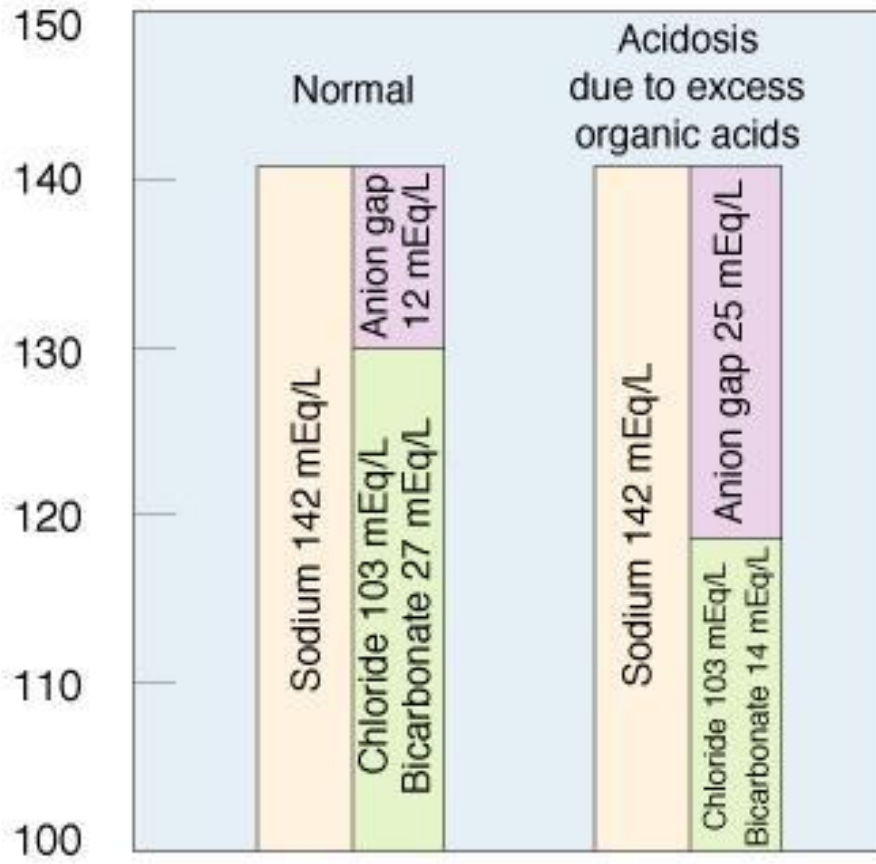
Αντιπροσωπεύει τα ανιόντα εκτός του  $\text{Cl}^-$  και  $\text{HCO}_3^-$  τα οποία είναι απαραίτητα για την εξουδετέρωση των κατιόντων  $\text{Na}^+$

$$\text{AG: Na}^+ - [\text{Cl} + \text{HCO}_3^-] \quad \Phi\text{T: 3-11mmol/l}$$

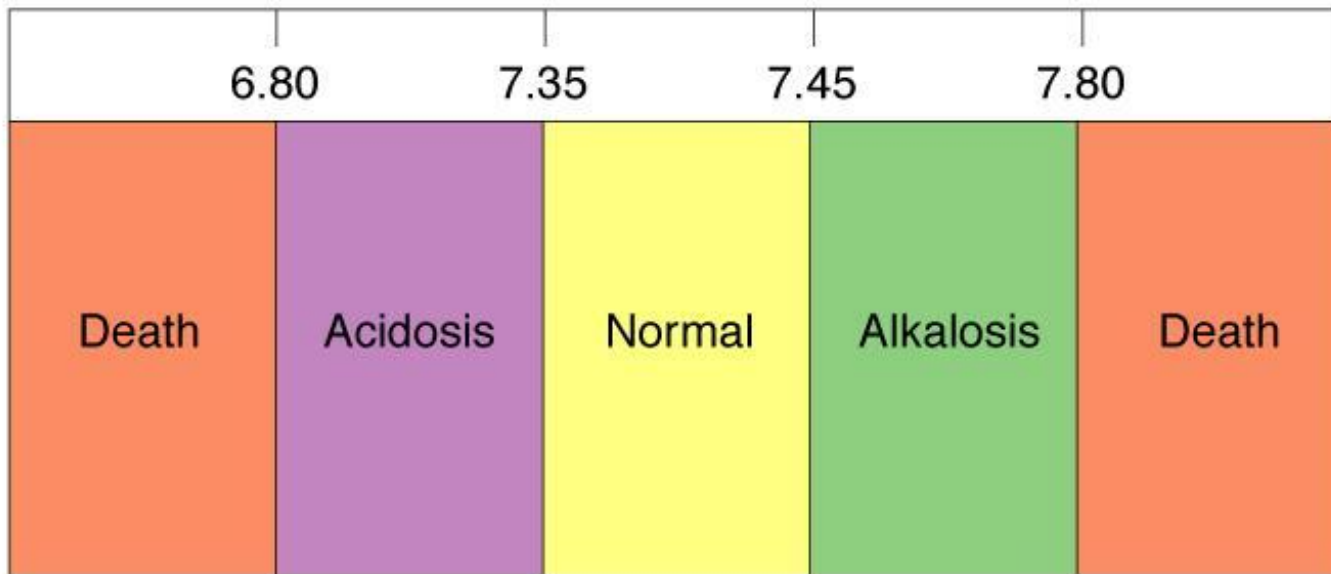
- Αύξηση AG

Αυξημένη παραγωγή οξέων - νεφρική ανεπάρκεια

mEq



pH level





# Οξεοβασική ισορροπία

- Οξύ
- Αλκαλι
- Βάση
- Συζυγής βάση

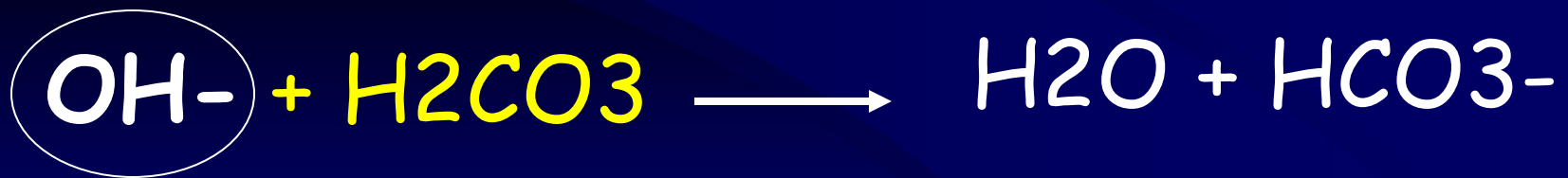
# Οξεοβασική ισορροπία

Ρυθμιστικό διάλυμα: Μείγμα ασθενούς οξέος και της συζυγούς βάσης του



# Οξεοβασική ισορροπία

Προσθήκη ισχυρού οξέος/βάσης



# Οξεοβασική ισορροπία

Προσθήκη ισχυρού οξέος/βάσης

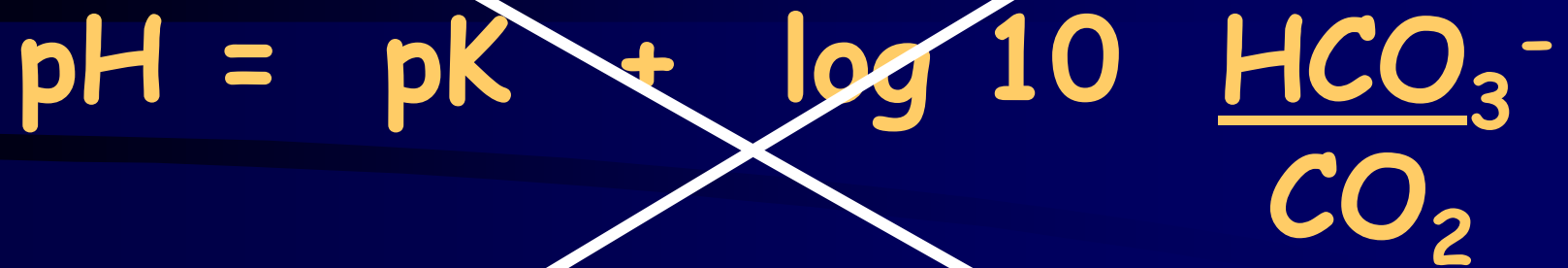


# Οξεοβασική ισορροπία

Προσθήκη ισχυρού οξέος/βάσης



Αναλογική σχέση  $\text{H}^+ / \text{CO}_2$



(Henderson-Hasselbalch)



H+



Ph



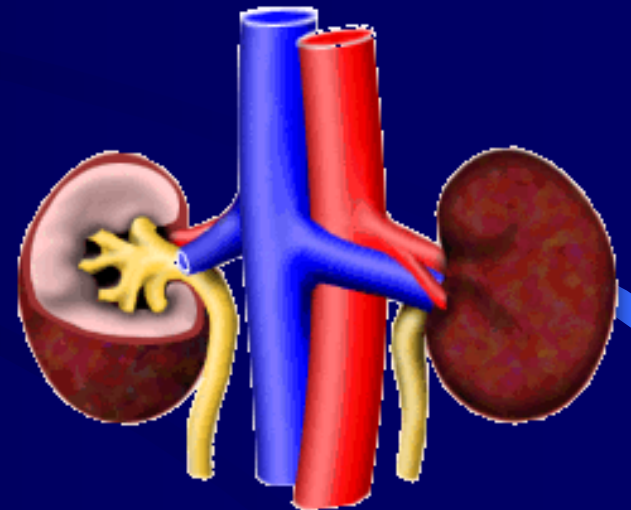
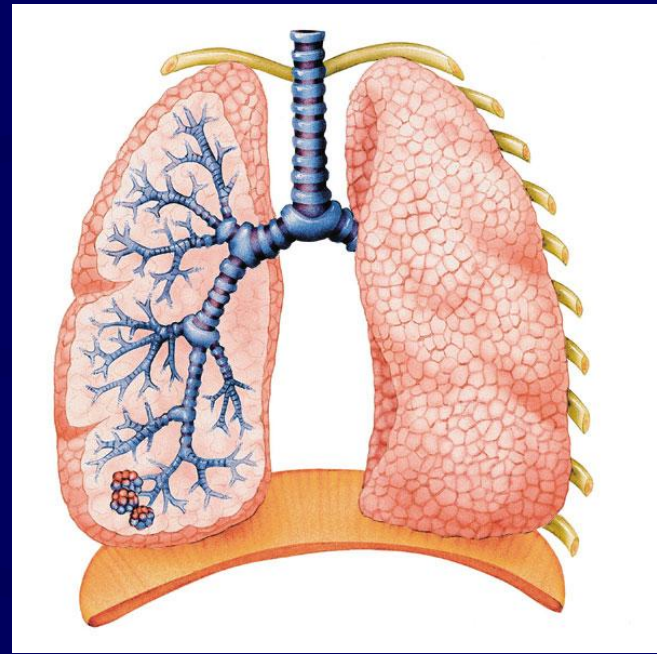
$H^+$



Ph



$H^+ = 24$





# Οξεοβασική ισορροπία

Μηχανισμοί αμύνης εκτροπής του ΡΗ



## \* Ενδοκυττάριοι

- Ενδοκυττάρια πρωτεΐνες
- Αιμοσφαιρίνη ερυθρών

# Οξεοβασική ισορροπία

## Μηχανισμοί αμύνης εκτροπής του ΡΗ

### \* Εξωκυττάριοι

- Σύστημα διττανθρακικών- φωσφορικών
- Πρωτεΐνες πλάσματος

### \* Πνεύμονες

### \* Νεφροί

# Παραγωγή-προσθήκη



Εξωκυττάρια ρύθμιση  
( $H_2CO_3/HCO_3^-$ )

1

Ενδοκυττάρια ρύθμιση  
(Pr-)

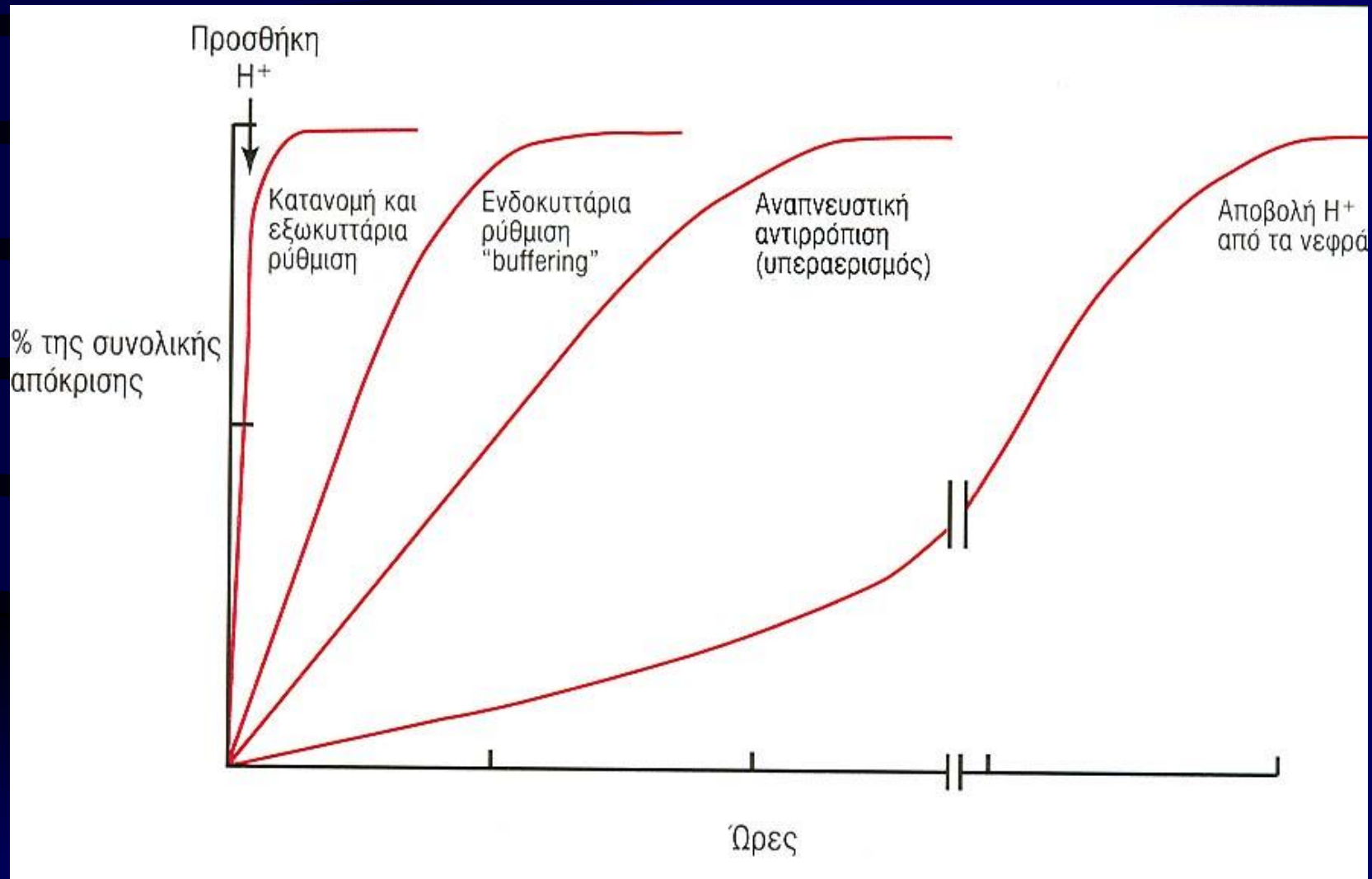
2

Πνεύμονες

3

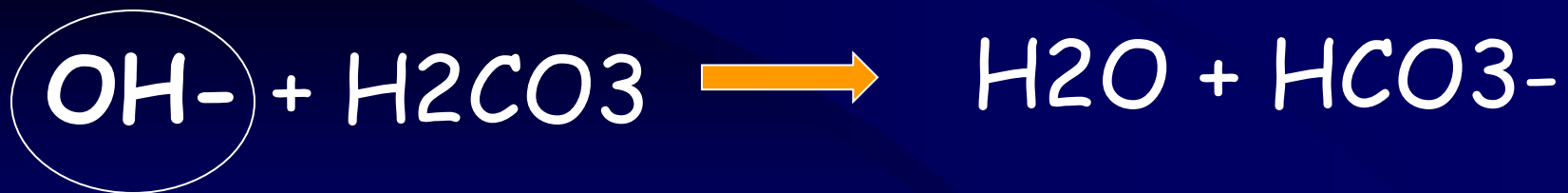
Νεφροί

4



# Εξωκυττάρια ρύθμιση-Ρυθμιστικά διαλύματα

Προσθήκη ισχυρού οξέος/βάσης



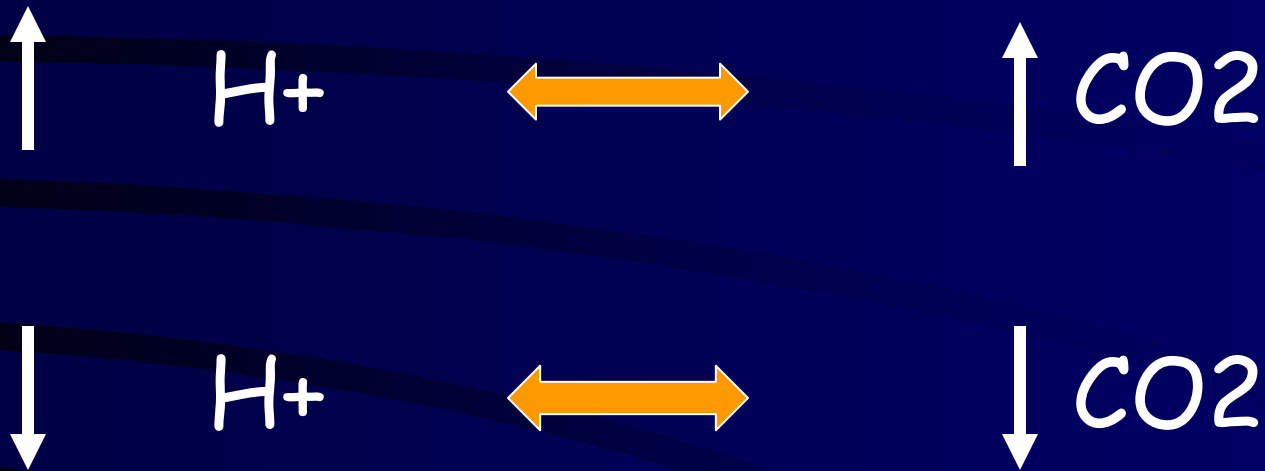
# Πνεύμονες (Αποβολή/κατακράτηση CO<sub>2</sub>)



Αναλογική σχέση H<sup>+</sup> & CO<sub>2</sub>



# Πνεύμονες (Αποβολή CO<sub>2</sub>)



Αναλογική σχέση H<sup>+</sup> & CO<sub>2</sub>

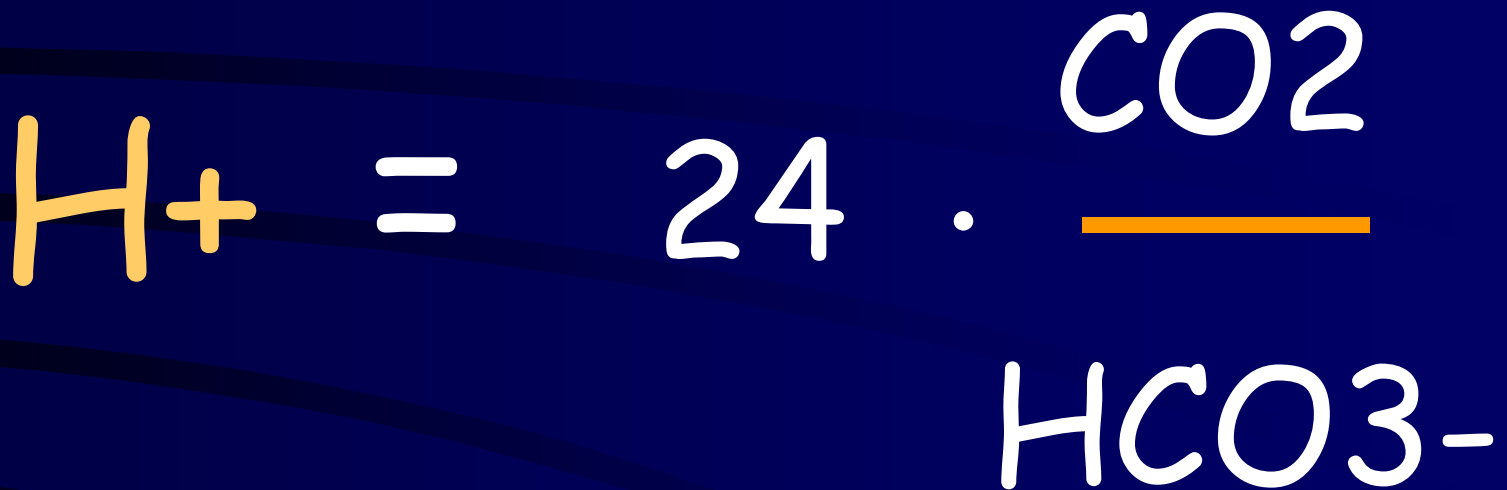
# Νεφροί

- \* Απέκκριση  $H^+$  (0.1mmol οξέος),
- \*\*\*  $NH_4$  (~50mmol οξέος)
- \* Απέκκριση  $Na_2HPO_4$  (~ 20mmol οξέος)
- \* Απορρόφηση  $Na^+$
- \* Μείωση αποβολής  $HCO_3^-$

# Οξεοβασικές διαταραχές



Αναπνευστικές  
διαταραχές



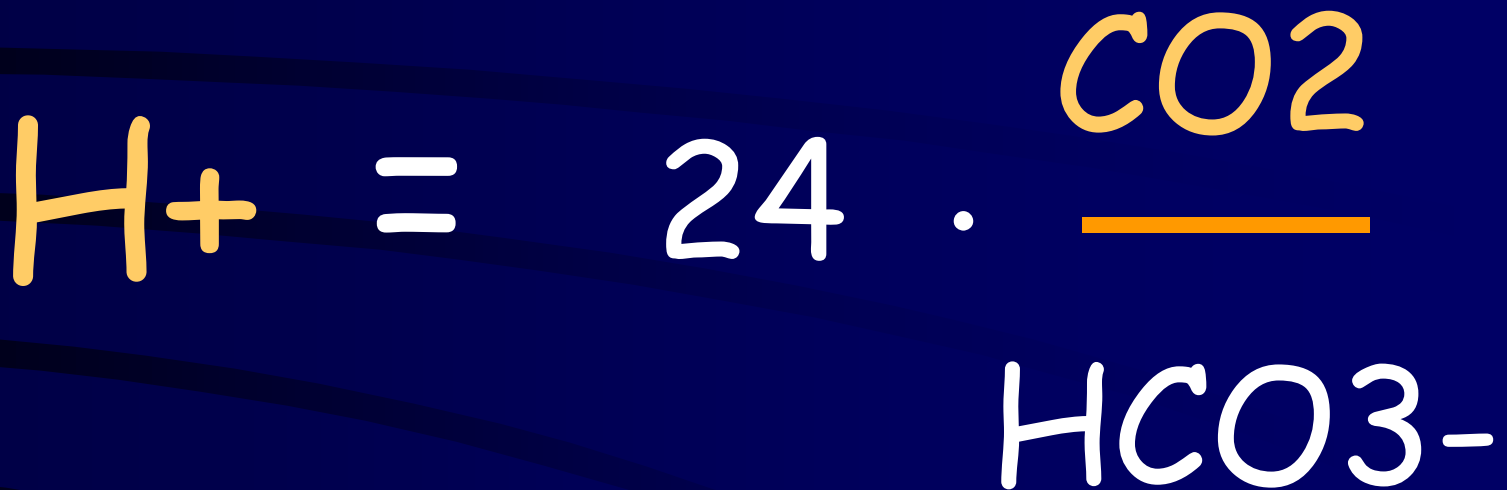
Μεταβολικές  
διαταραχές

Αναπνευστική  
Οξέωση και  
αλκάλωση



**"For Pete's sake! That's Intensive Care!"**

Πρωτογενής διαταραχή





# Αναπνευστική Οξέωση

# Αναπνευστική οξέωση

A.K

$P_aCO_2$   
ΧΥ.Καρwt.Σώμ  
Στέλεχος

Σωματ νευρα

Ανπν/κές κινήσεις

Οστεομυοδερματικός κλωβός

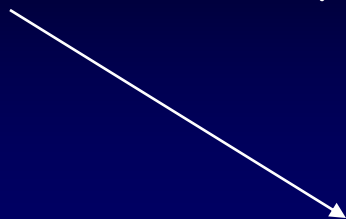
Επαρκής έκταση-ποιότητα

ΚΤρΜ

Φυσιολογική Ανπν. Λειτουργία

Επάρκεια  $O_2$

Αεραγωγοί



# Οξεία Αναπνευστική οξέωση

- \* Ανεπαρκής περιεκτικότητα O<sub>2</sub> (21%)
- \* Καταστολή ΑΚ - Κώμα  
(Φάρμακα αναισθησίας, οπιοειδή, Τραύμα, κ.α)
- \* Απόφραξη αεροφόρων οδών  
(Ξένα σώματα, εκκρίσεις, οίδημα)
- \* Βλάβες κλωβού  
(Τραύμα)
- \* ΝΜ διαταραχές
- \* Οξεία μείωση ΚΤΜ  
(Πνευμοθώρακας υπό ταση, Πνευμονικό οίδημα, Πνευμονία)
- \* Μεταβολικά αίτια  
(Υποθυρεοειδισμός)

# Χρόνια Αναπνευστική οξέωση

\* Χρόνια βρογχίτιδα (απόφραξη αεροφόρων οδών)

\* Εμφύσημα (καταστροφή- μείωση ΚΤΜ)

\* Κακός Αερισμός

Βλάβες σκελετού (Τραύμα, κυφοσκολίωση, εγχειρήσεις, κ.ά)

S. Pickwick



## Π.Φ - Εργ/κά

Οξεία:  $\text{CO}_2 > 45 \text{ mm Hg}$   
Μικρή αύξηση  $\text{HCO}_3^-$   
Μεγάλη πτώση Ph

Χρονία:  $\text{CO}_2 > 45 \text{ mm Hg}$   
Μεγάλη αύξηση  $\text{HCO}_3^-$   
Μικρή πτώση Ph

Κλινική εικόνα

Μεταβολή επιπέδου συνείδησης

Θεραπεία

Αιτιολογική  
Διασωλήνωση

# Αναπνευστική Αλκάλωση



# Αναπνευστική αλκάλωση

## \* Διέγερση ΑΚ

Αγχώδης αντίδραση

Σήψη (υπερδυναμική φάση)

Δηλητηρίαση με σαλικυλικά

Παθήσεις ΚΝΣ (Τραύμα, φλεγμονή, όγκος)

## \* Μηχανική αναπνοή

# Αναπνευστική αλκάλωση

## \* Οξεία υποξία

Αρχική φάση Πνευμονίας και Πνευμονικού οιδήματος

Μικρής έκτασης πνευμοθώρακας

Μικρής βαρύτητας ΤΕ

Βρογχόσπασμος

## \* Χρονία υποξία

Αναιμία

Κυανωτική καρδιοπάθεια



Π.Φ

Υπέρπνοια → Αποβολή/έκπλυση  $\text{CO}_2$



ελάττωση πυκνότητας  $\text{H}^+$   
αύξηση  $\text{P}_\text{H}$ ,  
αύξηση αποβολής  $\text{HCO}_3^-$

Εργ/κά

Μείωση  $\text{CO}_2$ , Μείωση  $\text{HCO}_3^-$   
υποκαλιαιμία, υποφασφαταιμία

## Κλινική εικόνα

- \* Υπέρπνοια
- \* Παραισθησίες άκρων, τετανία

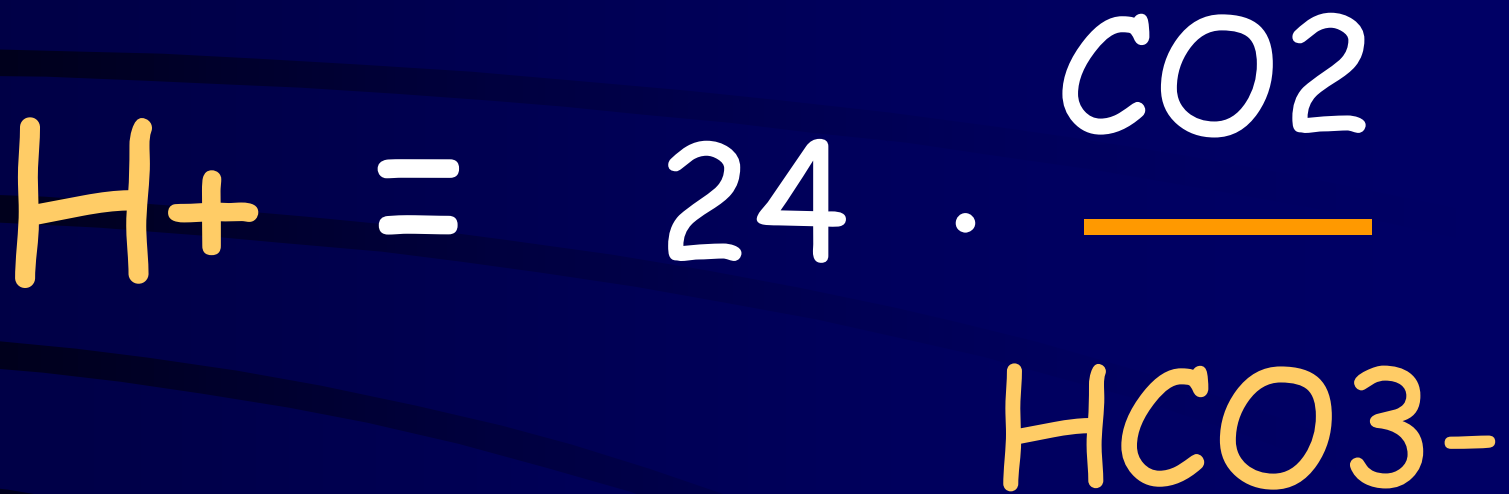
## Θεραπεία

- \* Αιτιολογική αντιμετώπιση
- \* Αναπνοή σε σάκκο

Μεταβολική

Οξέωση και

αλκάλωση



Πρωτογενής διαταραχή

# Μεταβολική οξέωση







# Μεταβολική οξέωση

## \* Αύξηση παραγωγής οξέων

Ιστική υποξία- Shock  
Κέτωση (ΣΔ, πυρετός, ασιτία)  
Σαλικυλικά, αλκοόλ

## \* Μείωση αποβολής οξέων

Νεφρική ανωριμότητα (Πρόωρα)  
Νεφρική ανεπάρκεια

## \* Απώλειες διττανθρακικών

Διάρροιες  
Παγκρεατικά-χοληφόρα συρίγγια  
Επινεφριδική ανεπάρκεια  
Φάρμακα (Diamox)



## Π.Φ - Εργ/κά

- \* Αύξηση  $H^+$  , Πτώση  $P_h$
- \* Μείωση  $HCO_3^-$
- \* Ενεργοποίηση μηχανισμών αντιρρόπησης

Διεύρυνση χάσματος ανιόντων (?)

# Π.Φ - Εργ/κά

## Αύξηση ΧΑ

- \* Αυξημένη παραγωγή σταθερών οξέων

Γαλακτική οξέωση (υποξία, Shock)

Κετοξέωση (Σ.Δ, Αλκοολισμός, ασιτία)

- \* Ιστική καταστροφή (αιμόλυση, ραβδομυόλυση)
- \* Τοξική δράση σαλικυλικών, αλκοόλης
- \* Νεφρική ανεπάρκεια

## Π.Φ - Εργ/κά

### Φυσιολογικό ΧΑ (Υπερχλωραιμία)

#### \* Νεφρική δυσλειτουργία

Καλιοσυντηρητικά διουρητικά

Υποαλδοστερονισμός

Νεφρική σωληναριακή οξέωση

#### \* Απώλεια αλκάλεως

Συρίγγια χοληφόρα, παγκρεατικά

Διάρροιες

Αναστολείς καρβονικής ανυδράσης (Diamox)

#### \* Χορήγηση HCl

## Κλινική εικόνα

- \* Όψη βαρέος πάσχοντος
- \* Υπέρπνοια
- \* Βύθιση επιπέδου συνείδησης

## Θεραπεία

- \* Αιτιολογική αντιμετώπιση
- \* Χορήγηση  $\text{NaHCO}_3$

$$(\text{HCO}_3^- = \text{ΣΒ} \times 0.4 \times \text{Ελλειμμα})$$

# Μεταβολική Αλκάλωση





# Μεταβολική αλκάλωση

## \* Απώλεια ιόντων $H^+$

Ρινογαστρικός καθετήρας - έμετοι  
Διουρητικά (Contraction alkalosis)

## \* Αυξημένη χορήγηση $HCO_3^-$

Υπερδιόρθωση οξέωσης  
Χορήγηση προδρόμων  $HCO_3^-$  (κιτρικά φιαλών)

## \* Ενδοκρινικά και μεταβολικά

Σωληναριακή αποβολή  $Cl$  (S. Barter's)  
Υποκαλιαιμία  
S. Cushing  
N. Cohn

## \* Φάρμακα

Αντιόξινα, κορτικοειδή





Vomiting

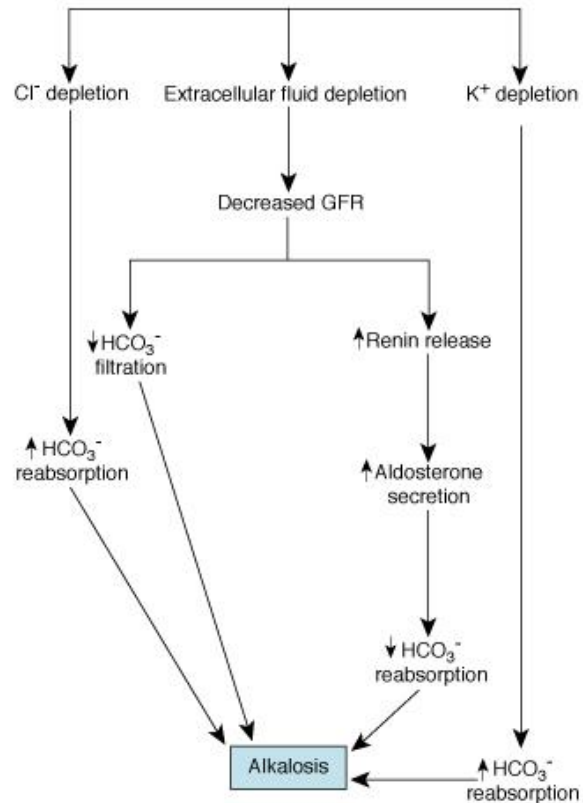


Figure 34-8 Renal mechanisms for generating and maintaining metabolic alkalosis following depletion of extracellular fluid volume, chloride ( $\text{Cl}^-$ ), and potassium ( $\text{K}^+$ ) due to vomiting.  $\text{HCO}_3^-$ , bicarbonate; GFR, glomerular filtration rate.

## Π.Φ - Εργ/κά

- \* Αύξηση  $\text{HCO}_3^-$
- \* Μείωση  $\text{H}^+$ , Αύξηση  $\text{P}_\text{H}$
- \* Αύξηση αποβολής  $\text{HCO}_3^-$  από τους νεφρούς,
- \* Αύξηση  $\text{CO}_2$

Μεταβολές αποβολής  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$

- \* Μείωση ιονισμένου  $\text{Ca}^{++}$
- \* Αύξηση ΝΜ διεγερσιμότητας
- \* Μείωση συσταλτικότητας μυοκαρδίου

## Κλινική εικόνα

Ανάλογη της υποκείμενης αιτίας

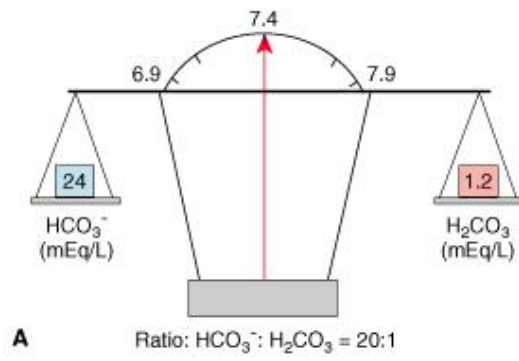
## Θεραπεία

Αιτιολογική αντιμετώπιση

Χορήγηση NaCl (υποογκαιμία)

HCl (?)

Γλυκονικού ασβεστίου



$$\text{pH} = 6.1 + \log_{10} (\text{ratio } \text{HCO}_3^- : \text{H}_2\text{CO}_3)$$

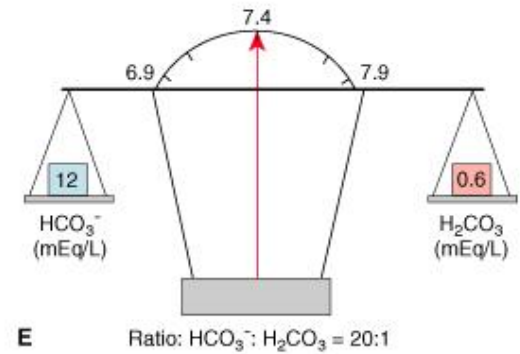
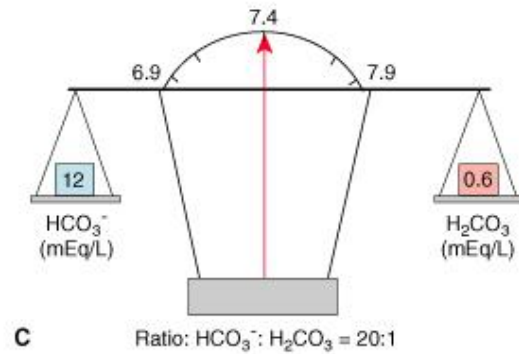
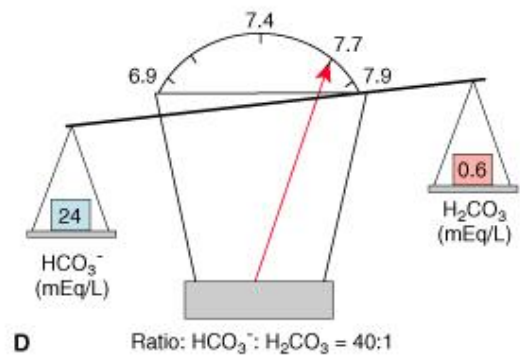
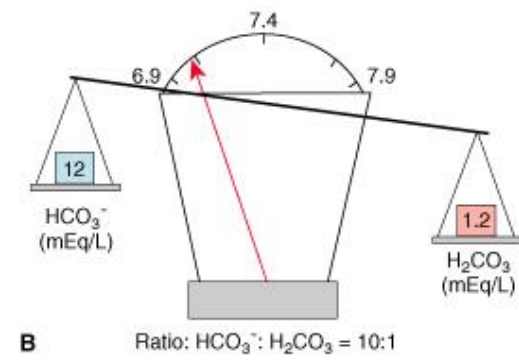
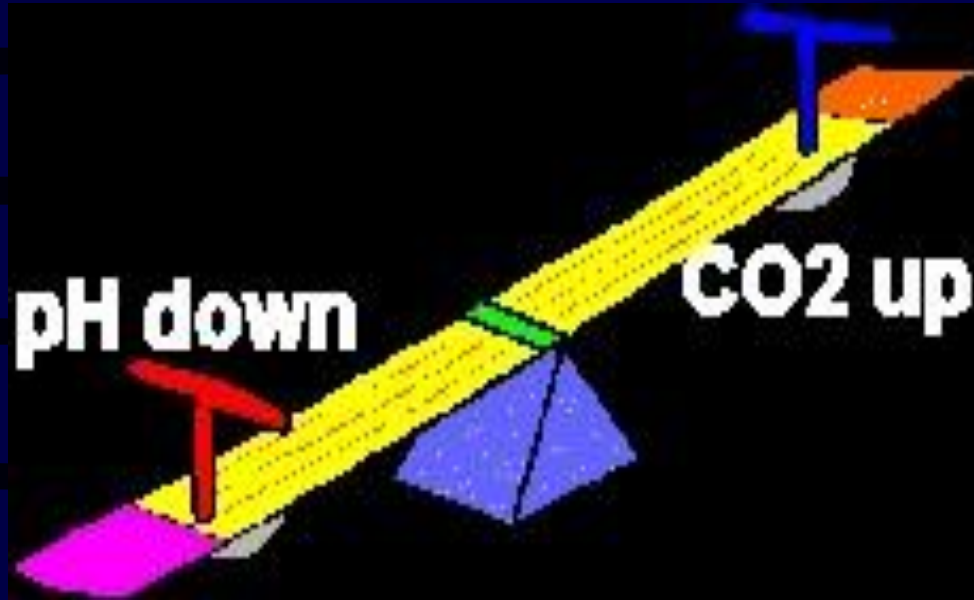
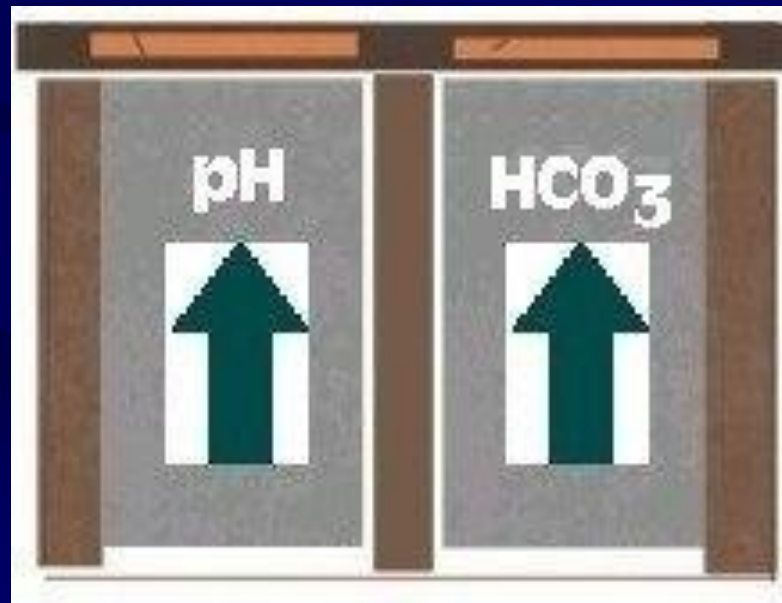
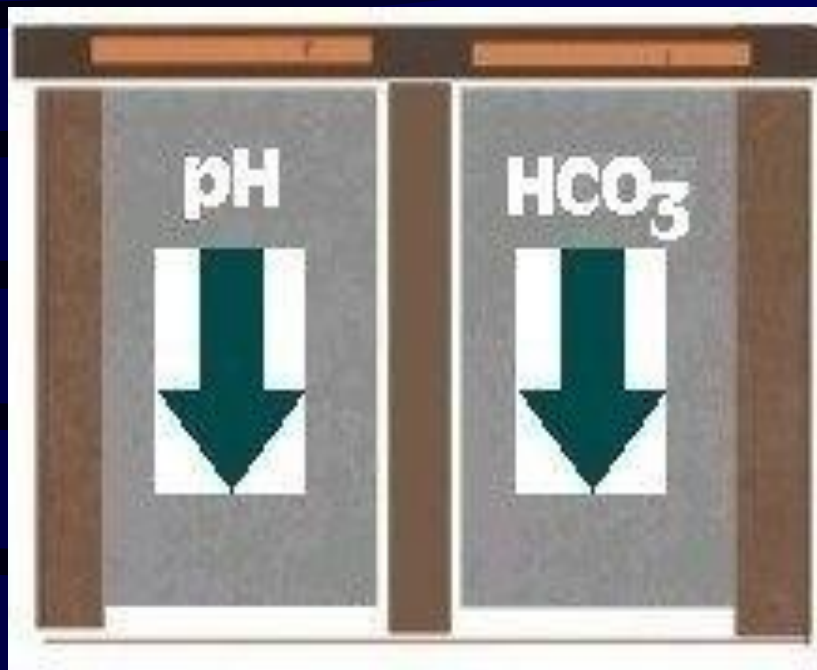


Figure 34-3 Normal and compensated states of pH and acid-base balance represented as a balance scale. (A) When the ratio of bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) to carbonic acid ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ , arterial  $\text{CO}_2 \propto .03$ ) = 20:1, the pH = 7.4. (B) Metabolic acidosis with an  $\text{HCO}_3^- : \text{H}_2\text{CO}_3$  ratio of 10:1 and a pH of 7.1. (C) Respiratory compensation lowers the  $\text{H}_2\text{CO}_3$  to 0.6 mEq/L and returns the  $\text{HCO}_3^- : \text{H}_2\text{CO}_3$  ratio to 20:1 and the pH to 7.4. (D) Respiratory alkalosis with an  $\text{HCO}_3^- : \text{H}_2\text{CO}_3$  ratio of 40:1 and a pH of 7.7. (E) Renal compensation eliminates  $\text{HCO}_3^-$ , reducing serum levels to 12 mEq/L, returning the  $\text{HCO}_3^- : \text{H}_2\text{CO}_3$  ratio to 20:1 and the pH to 7.4. Normally, these compensatory mechanisms are capable of buffering large changes in pH, but do not return the pH completely to normal, as illustrated here.









MD

PLEASE DON'T  
WASTE THE  
DOCTOR'S  
TIME WITH  
QUESTIONS



VOTKO

# Μεικτές διαταραχές

# Μεταβολική Οξέωση και Αναπνευστική Οξέωση

- \* Ανακοπή
- \* Νεφρική ανεπάρκεια + Βαρειά πνευμονοπάθεια
- \* Μεγάλη δόση σαλυκιλικών + Ηρεμιστικά

# Μεταβολική Οξέωση και Αναπνευστική Αλκάλωση

- \* Σήψη
- \* Νεφρική ανεπάρκεια + Ηπατική ανεπάρκεια
- \* Υπερβολική δόση σαλυκιλικών

# Μεταβολική Οξέωση και Μεταβολική Αλκάλωση

- \* Νεφρική ανεπάρκεια
  - \* Διαβητική κετοξέωση
  - \* Αλκοολική κετοξέωση
- + Εμετοι

# Μεταβολική Αλκάλωση και Αναπνευστική Αλκάλωση

\* Ηπατική ανεπάρκεια + Διουρητικά

\* Μετά ανακοπή → Χορήγηση διττανθρακικών  
Μηχανική αναπνοή

# Μεταβολική Αλκάλωση και Αναπνευστική Οξέωση

\* Στεροειδή

\* Εμετοι

\* Διουρητικά

} + Χρόνια πνευμονοπάθεια



