

# Ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας από τους νεφρούς



*Δημήτριος Σ. Γούμενος*

*Νεφρολογικό και Μεταμοσχευτικό Κέντρο*

*Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Πατρών*

*[www.nephrology-patra.gr](http://www.nephrology-patra.gr)*

# ACID-BASE BALANCE

*Life is a struggle,  
not against sin,  
not against  
Money Power . .  
But against  
hydrogen ions.*

**Dr. Mamta  
Khandelwal**

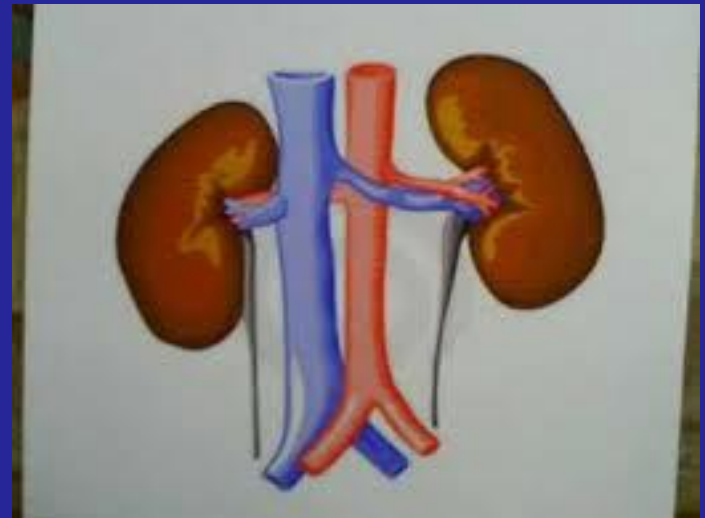
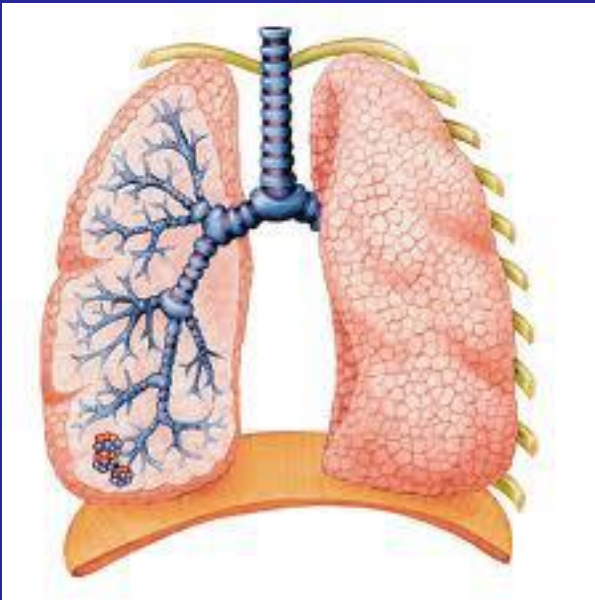


# Πηγές υδρογονοϊόντων $[H^+]$ Ημερήσιος μεταβολισμός

Ο κυτταρικός μεταβολισμός προκαλεί τη συνεχή παραγωγή  $[H^+]$

Πτητικά ( $CO_2$ ) :  
22.400 mEq/24ωρο)

Μη πτητικά οξέα:  
1-1.5 mEq $[H^+]$ /kgBΣ/24ωρο



# Πηγές υδρογονοϊόντων [H<sup>+</sup>]

Πτητικά και μη πτητικά οξέα παράγονται ενδοκυττάρια

## Πτητικά (CO<sub>2</sub>)



- ✓ Προέρχεται από την πλήρη οξείδωση υδατανθράκων και λιπών

## Μη πτητικά

Παράγονται κατά τις ατελείς και μη χημικές αντιδράσεις του οργανισμού:

- ✓ Καταβολισμός λευκωμάτων (αμινοξέα που περιέχουν θείο, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- ✓ Καταβολισμός φωσφολιπιδίων (παράγει H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)
- ✓ Αναερόβιος μεταβολισμός υδατανθράκων (γαλακτικό οξύ)
- ✓ β-οξείδωση λιπών (κετονικά σώματα)

## Επαναχρησιμοποιούμενα οξέα

- Επιπλέον, καθημερινά παράγονται τεράστιες ποσότητες  $[H^+]$ , που επαναχρησιμοποιούνται σε διάφορες χημικές αντιδράσεις και δεν συντρέχει λόγος αποβολής τους:
  - Γαλακτικό 1.500 mEq/24ωρο
  - ADP 80.000 mEq/24ωρο
  - ATP 120.000 mEq/24ωρο
  - Μιτοχόνδρια 360.000 mEq/24ωρο

**Σύνολο: 561.500 mEq/24ωρο**

## Σχέση $[H^+]$ και pH

pH	$[H^+]$ nEq/L
7.0	100
7.1	80
<b>7.3</b>	<b>50</b>
<b>7.4</b>	<b>40</b>
7.7	20
8.0	10

# Συγκέντρωση ιόντων πλάσματος

Ιόν	nEq/L	
[H <sup>+</sup> ]	40	Ο οργανισμός είναι 100.000 φορές πιο ευαίσθητος σε μεταβολές [H <sup>+</sup> ], σε σχέση με τις μεταβολές [K]
K	4.000.000	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24.000.000	
Na	140.000.000	

- Στον εξωκυττάριο χώρο η συγκέντρωση [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] είναι 600.000 φορές μεγαλύτερη από την [H<sup>+</sup>] (24.000.000/40 nEq/L)

- Για τον λόγο αυτό με την αντίδραση



επηρεάζεται πολύ περισσότερο η συγκέντρωση των [H<sup>+</sup>] από αυτή των [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]

# Σημασία της διατήρησης της συγκέντρωσης των $[H^+]$ και του pH

- **Φυσιολογική παραγωγή ATP στα κύτταρα**, που επιτρέπει την εκτέλεση των φυσιολογικών λειτουργιών (πχ αντλία  $Na^+ K^+$  ATPαση)
- **Διατήρηση του φυσιολογικού αρνητικού φορτίου των λευκωμάτων**  
Τα λευκώματα περιέχουν πολλές αρνητικά φορτισμένες ρίζες, οπότε η μεταβολή του pH μπορεί να αλλάξει το βαθμό ιονισμού τους, και να οδηγήσει σε μεταβολή της λειτουργίας τους (πχ μεταφορά ουσιών δια των μεμβρανών)
- **Διατήρηση της φυσιολογικής λειτουργίας των ενζύμων**  
Η μέγιστη απόδοση των ενζύμων διαπιστώνεται μέσα σ' ένα πολύ στενό εύρος pH και  $[H^+]$ , οπότε κάθε μεταβολή του pH επηρεάζει και την απόδοσή τους



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$$\text{Φυσιολογικό pH} = 7.40 \quad [\text{H}^+] = 40 \text{ nmol/L}$$

### Διατήρηση σταθερού pH

- Δέσμευση  $\text{H}^+$  από εξωκυττάρια και ενδοκυττάρια ρυθμιστικά συστήματα
- Έλεγχος της μερικής πίεσης του  $\text{CO}_2$  στο αίμα με μεταβολή του ρυθμού αναπνοής
- Έλεγχος της συγκέντρωσης των διττανθρακικών στο πλάσμα με μεταβολή του ρυθμού επαναρρόφησής τους και απέκκρισης των  $\text{H}^+$  από τους νεφρούς

$$\text{pH} = \text{pk} + \log \frac{\text{HCO}_3}{0.03 \times \text{PaCO}_2}$$

# Απάντηση του οργανισμού σε κάθε μεταβολή του pH

## Ρυθμιστικά συστήματα

η πρώτη γραμμή προστασίας του οργανισμού στις διακυμάνσεις του pH



## Ρυθμιστικά συστήματα

Εξουδετέρωση ποσότητας οξέος ή βάσης που προστίθεται στον οργανισμό



Έναρξη δράσης:  
σε κλάσματα του δευτερολέπτου

# Ρυθμιστικά συστήματα

- Η άμεσα διαθέσιμη αλκαλική παρακαταθήκη του οργανισμού είναι περίπου 15 mEq/kgΣΒ ή 1200 mEq και αρκεί για την εξουδετέρωση του ημερήσιου φορτίου οξέων (κανονικής δίαιτας) για 10-12 ημέρες
- Ρυθμιστικά συστήματα
  - ✓ Διττανθρακικών
  - ✓ Φωσφορικών
  - ✓ Λευκωμάτων (Hb, λευκώματα ορού)
  - ✓ Οστών

# Ρυθμιστικό σύστημα διττανθρακικών [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]

- Το σημαντικότερο όλων διότι:
  - ✓ βρίσκεται σε αφθονία
  - ✓ μπορεί να προσδιοριστεί
  - ✓ μπορεί να τροποποιηθεί / μεταβληθεί (από πνεύμονες και νεφρούς)
- Βρίσκεται κυρίως στον εξωκυττάριο χώρο
- Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό διότι το HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub>, το οποίο αποβάλλεται από τους πνεύμονες (ανοικτό σύστημα) κατά την αντίδραση



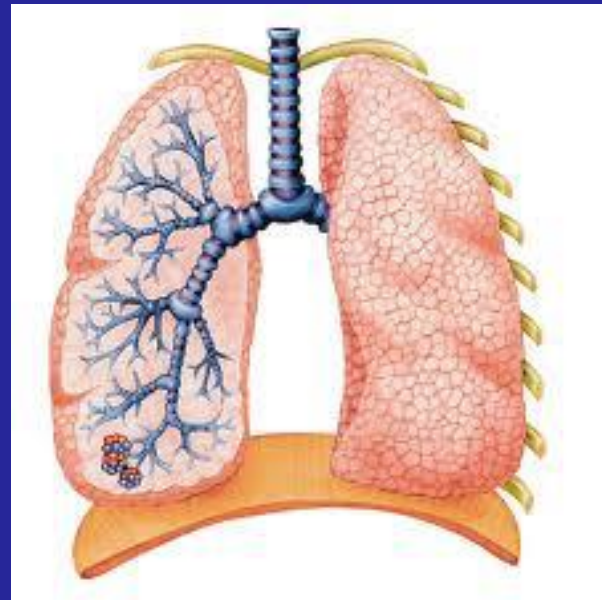
# Εξουδετέρωση ποσότητας οξέος ή βάσης που προστίθεται στον οργανισμό

## Πνεύμονες

Αναπνευστικό σύστημα

Έναρξη δράσης: **1-3 λεπτά**

Το αίμα μεταφέρει το  $\text{CO}_2$  στους πνεύμονες όπου και αποβάλλεται από τον οργανισμό



# Εξουδετέρωση ποσότητας οξέος ή βάσης που προστίθεται στον οργανισμό

## Νεφροί

Έναρξη δράσης: **ώρες**

Ο ισχυρότερος ρυθμιστής της οξεοβασικής ισορροπίας

Τα  $\text{HCO}_3$  αναπαράγονται από τους νεφρούς



# Ρόλος των νεφρών στη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας

**1.** Επαναρρόφηση των διηθούμενων  $\text{HCO}_3^-$

(κυρίως στο εγγύς σωληνάριο)

**2.** Αναγέννηση νέων μορίων  $\text{HCO}_3^-$

**3.** Αποβολή  $\text{H}^+$  (άπω και αθροιστικό σωληνάριο)

*α. Έκκριση  $\text{NH}_4^+$*

*β. Αποβολή τιτλοποιήσιμης οξύτητας*

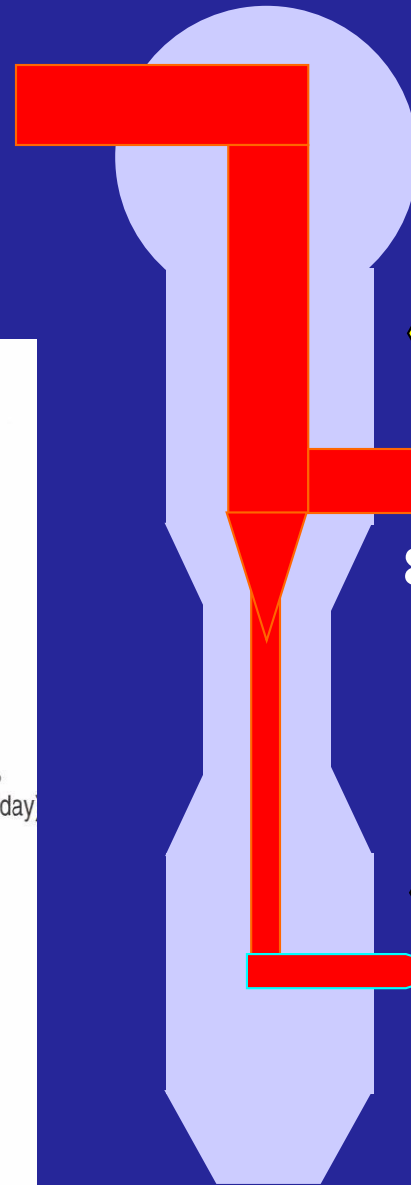
GFR = 180 L ημερησίως

$\text{HCO}_3^- = 24\text{-}26 \text{ mmol/L}$

$180 \times 24 = 4300 \text{ mmol HCO}_3^-$

Επαναρρόφηση  $\text{HCO}_3^-$

$\text{HCO}_3^-$



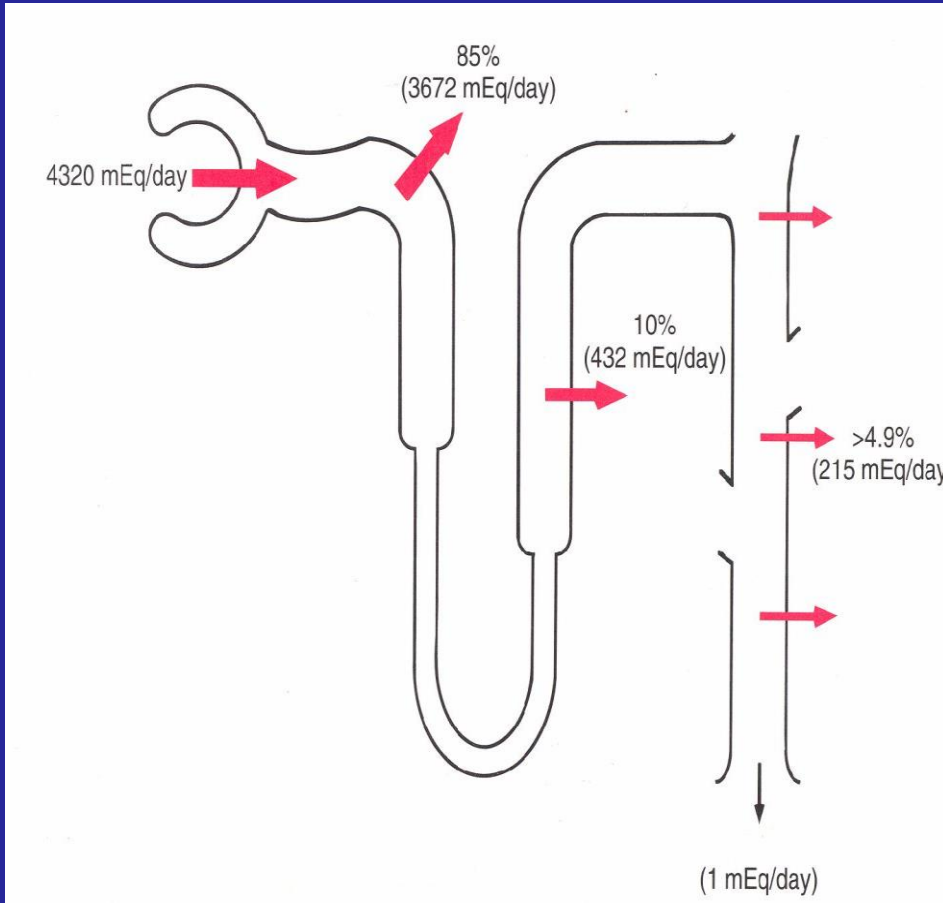
$\text{H}^+$

85%

$\text{H}^+$

15%

pH 5.5



85%  
(3672 mEq/day)

4320 mEq/day

10%  
(432 mEq/day)

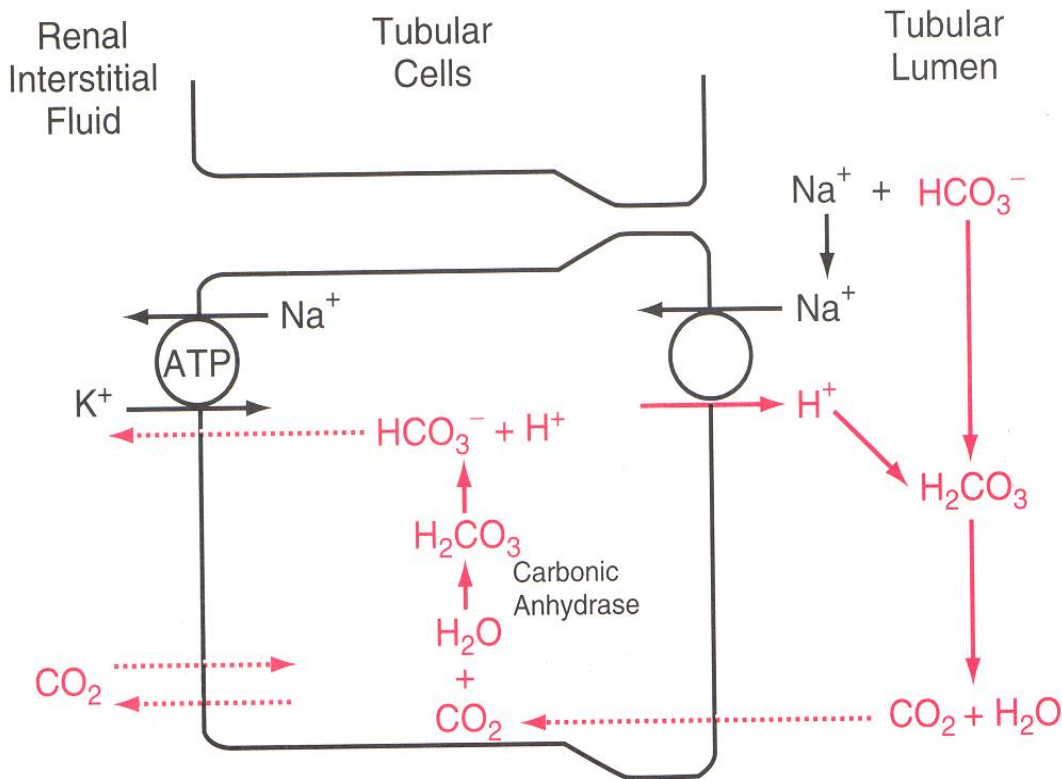
>4.9%  
(215 mEq/day)

(1 mEq/day)



# Παράγοντες που επηρεάζουν την επαναρρόφηση των $\text{HCO}_3^-$

1. Η συγκέντρωσή τους στο αίμα
2. Το ενδοκυττάριο pH
3. Ο εξωκυττάριος όγκος υγρών (σχέση με  $\text{Na}^+$ )
4. Η  $\text{PaCO}_2$
5. Η συγκέντρωση  $\text{Cl}^-$  του ορού
6. Ορμόνες
  - Κορτικοειδή
  - AG-II
  - Παραθορμόνη

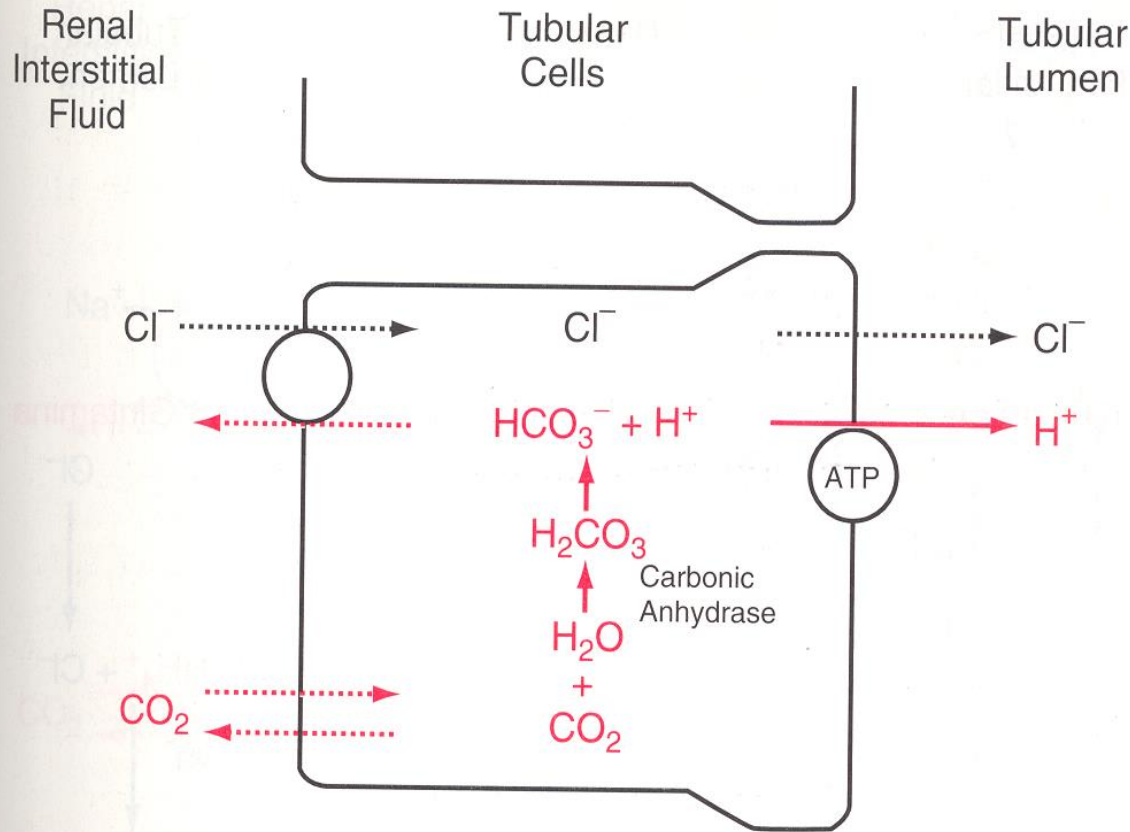


**Figure 30-5.** Cellular mechanisms for (1) active secretion of hydrogen ions into the renal tubule; (2) tubular reabsorption of bicarbonate by combination with hydrogen ions to form carbonic acid, which dissociates to form carbon dioxide and water; and (3) sodium ion reabsorption in exchange for the hydrogen ions secreted. This pattern of hydrogen ion secretion occurs in the proximal tubule.

## Εγγύς σωληνάριο

- $H^+$  απεκκρίνονται στον αυλό μέσω ανταλλαγής με Na [Na-H counter-transport process]
- Ενεργός μεταφορά Na επί τα εκτός μέσω Na-K ATPase
- Η επαναρρόφηση των  $HCO_3^-$  επιταχύνεται με τη δημιουργία  $H_2CO_3$  και  $CO_2$  με τη δράση της καρβονικής ανυδράσης

## Άπω σωληνάριο

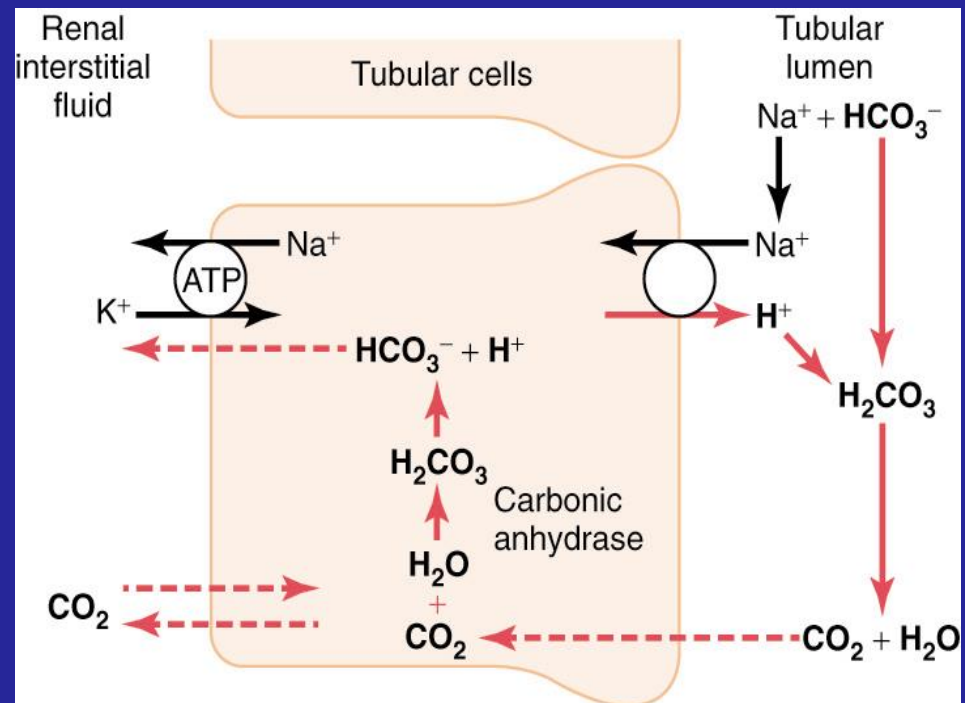


**Figure 30-6.** Primary active secretion of hydrogen ions through the luminal membrane of the epithelial cells of the distal and collecting tubules. Note that one bicarbonate is absorbed for each hydrogen ion secreted and a chloride ion is passively secreted along with the hydrogen ion. This pattern of hydrogen ion secretion occurs in the intercalated cells of the late distal tubules and collecting tubules.

- Έλλειψη καρβονικής ανυδράσης → μικρή επαναρρόφηση  $HCO_3^-$
- Σχηματισμός  $H^+$  εντός των κυττάρων → κλίση για απέκκριση  $H^+$  που συνδυάζεται με επαναρρόφηση περισσότερων  $HCO_3^-$
- Μέσω αυτής της οδού, απέκκριση του 5% της ποσότητας  $H^+$  που απεκκρίνεται
- Δημιουργία μεγάλης κλίσης [900X] και οξינוποίηση των ούρων (pH 4.5)

# Ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας στους νεφρούς

- Διττανθρακικά διηθούνται και εισέρχονται στο χώρο του Bowman
- **Εγγύς σωληνάριο**
  - επαναρρόφηση ακόμα και όλης της ποσότητας διττανθρακικών (εάν χρειάζεται για εξουδετέρωση περίσσειας οξέος)  
H
  - επαναρρόφηση μικρότερης ποσότητας εάν υπάρχει σοβαρή αλκάλωση

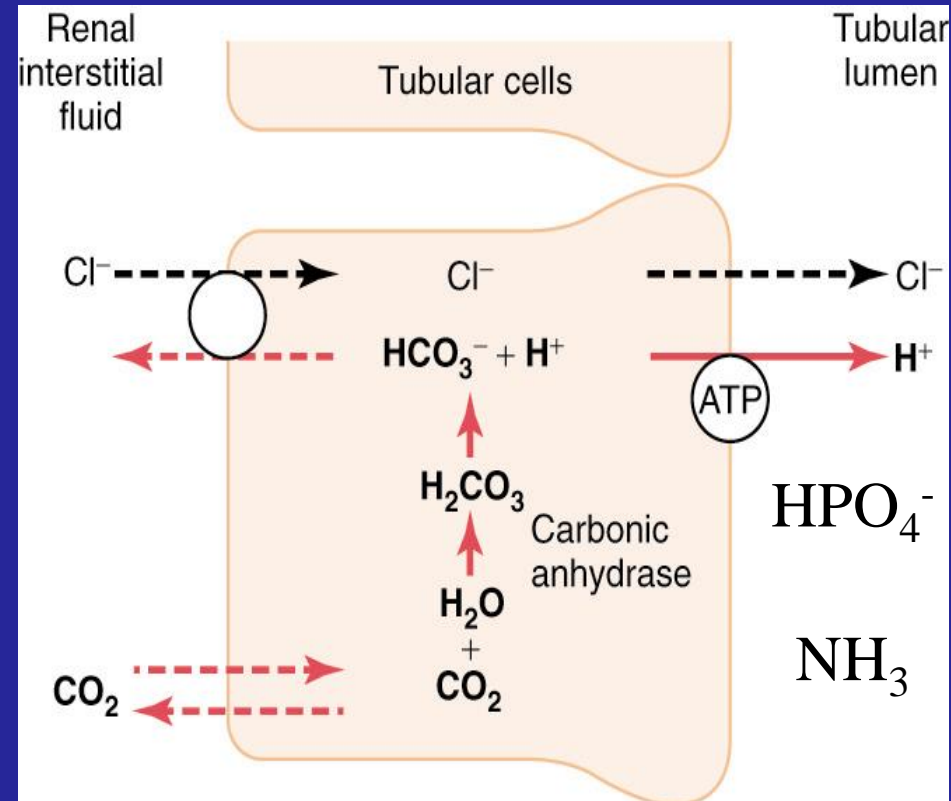


# Ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας στους νεφρούς

## Οξέωση

### ■ Εμβόλιμα κύτταρα

- Απεκκρίνουν μεγάλη ποσότητα  $H^+$
- Τα απεκκρινόμενα  $H^+$  δεσμεύονται στον αυλό από ρυθμιστικά συστήματα (αμμωνία και φωσφορικές βάσεις)
- Η απέκκριση των ιόντων  $H^+$  οδηγεί σε σχηματισμό  $HCO_3^-$



## Απομάκρυνση μη πτητικών οξέων ( $H^+$ )

- Οι νεφροί έχουν τη δυνατότητα να αποβάλουν τα μη πτητικά οξέα, όπως φαίνεται από τη διαφορά μεταξύ του pH του αίματος (pH=7.40) και των ούρων (pH=4.5)

- Αυτό επιτυγχάνεται με έκκριση:

*Τιτλοποιήσιμης οξύτητας (1/3)*

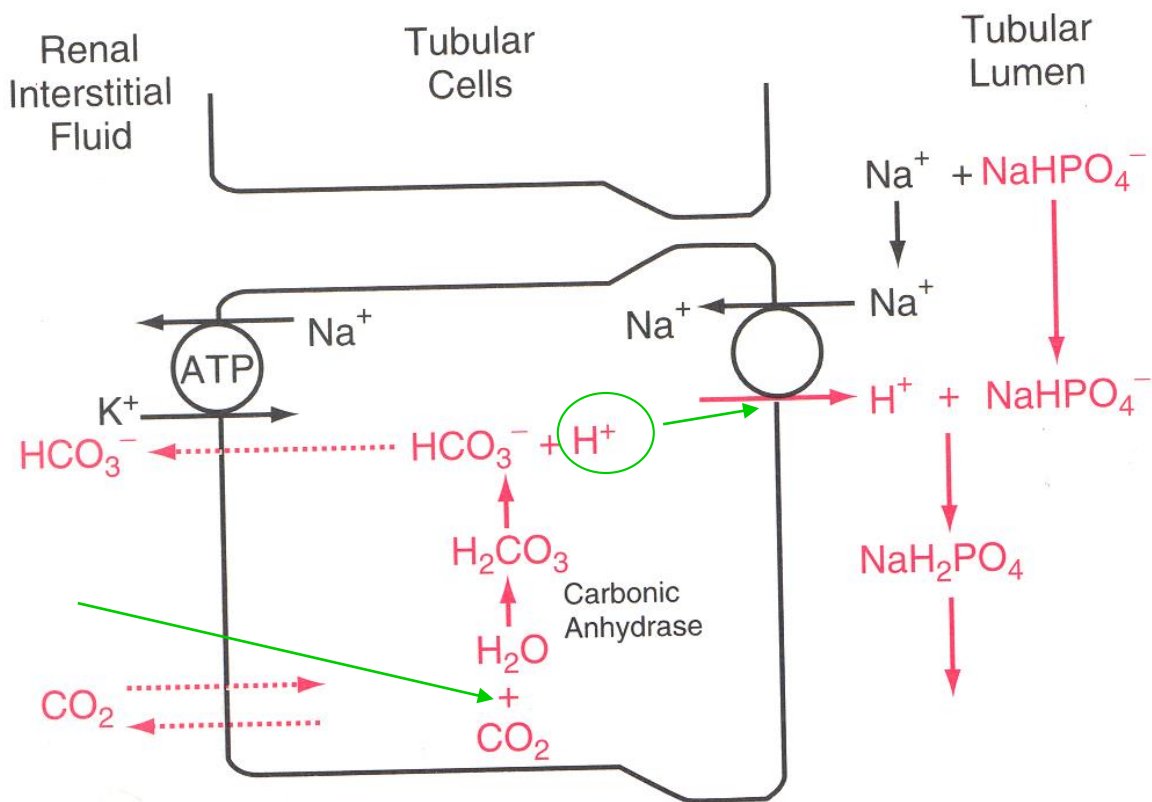
*Αμμωνίου ( $NH_4^+$ ) (2/3)*

- *Η ικανότητα των νεφρών να εκκρίνουν ελεύθερα [ $H^+$ ] στα ούρα είναι περιορισμένη, [ $<0.05 \text{ mEq}$ , ακόμα και όταν το pH των ούρων είναι 4.5)]*

# Τιτλοποιήσιμη οξύτητα

- Τα **φωσφορικά** αποτελούν σε φυσιολογικές καταστάσεις το κύριο ρυθμιστικό διάλυμα δια του οποίου αποβάλλεται τιτλοποιήσιμη οξύτητα

- Γίνονται σημαντικό ρυθμιστικό σύστημα στα ούρα επειδή εκεί η πυκνότητά τους αυξάνει (απορρόφηση  $H_2O$  χωρίς να επαναρροφάται  $PO_4^{3-}$ ) και επειδή το pH προοδευτικά μειώνεται



**Figure 30-7.** Buffering of secreted hydrogen ions by filtered phosphate ( $\text{NaHPO}_4^-$ ). Note that a new bicarbonate is returned to the blood for each  $\text{NaHPO}_4^-$  that reacts with a secreted hydrogen ion.

Ρυθμιστικό  
σύστημα  
φωσφορικών  
βάσεων στα ούρα  
και απέκκριση  $\text{H}^+$

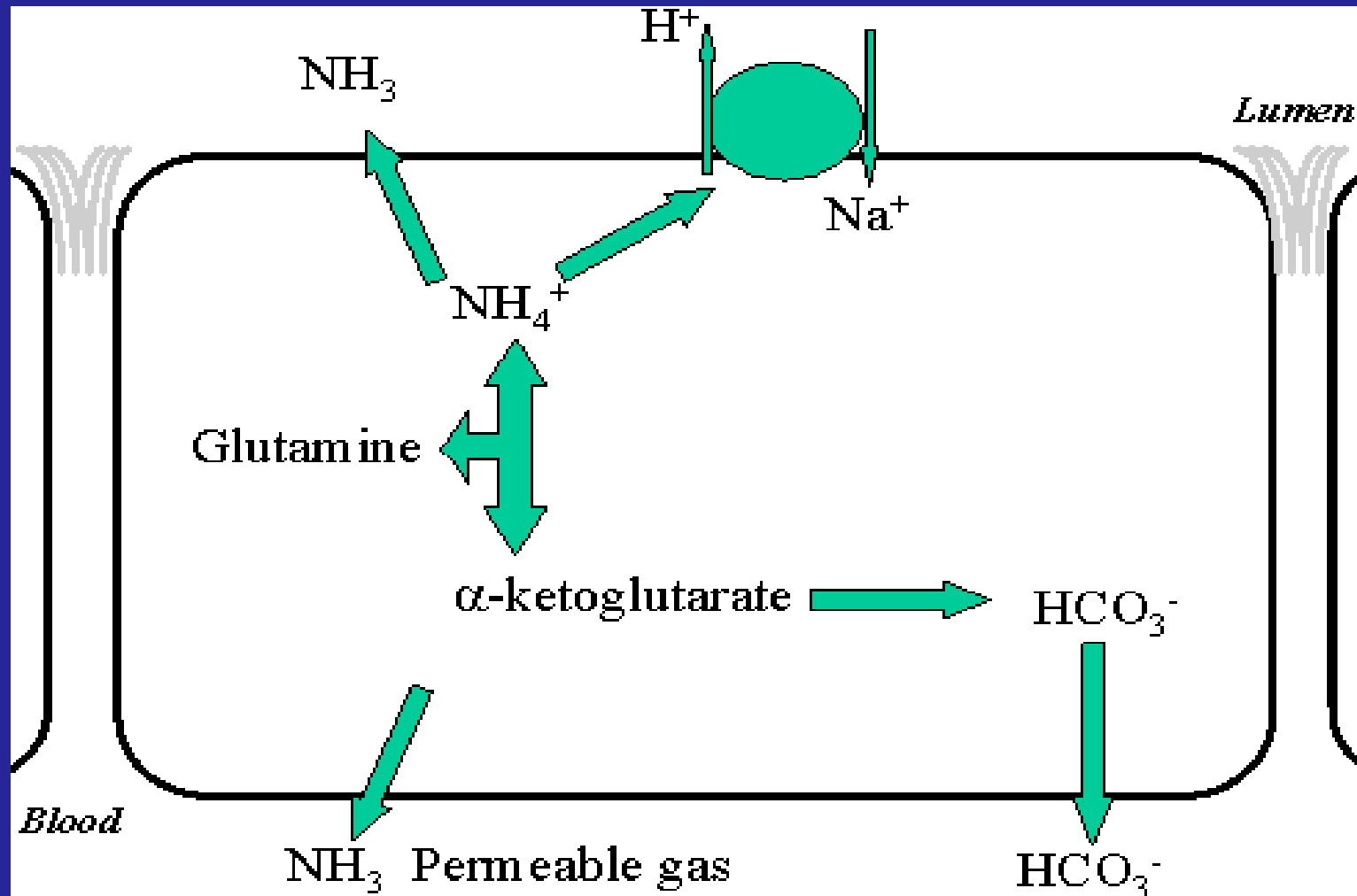
Η διαδικασία  
δημιουργίας  $\text{H}^+$   
από το  $\text{CO}_2$   
μέσα στα  
κύτταρα  
προάγει την de-  
νονο παραγωγή  
 $\text{HCO}_3$



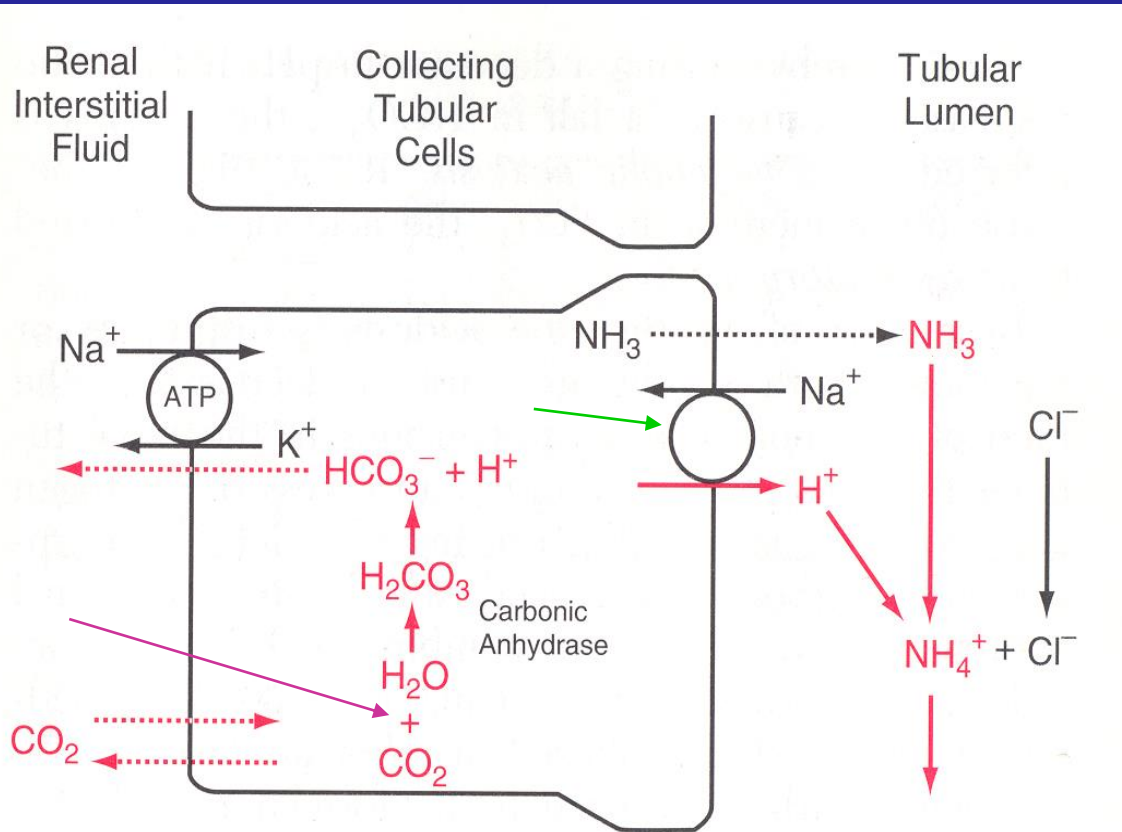
# Η αμμωνία ως ρυθμιστικό σύστημα στους νεφρούς

- Σημαντικό ρυθμιστικό σύστημα στα ουροφόρα σωληνάρια
- Η απεκκρινόμενη ποσότητα  $H^+$  προσλαμβάνεται από το σύστημα αμμωνίας με πολύπλοκη αλληλουχία αντιδράσεων
- Οι νεφροί δημιουργούν αμμωνία μέσω καταβολισμού του αμινοξέος γλουταμίνη
- Το αμμώνιο που δημιουργείται απεκκρίνεται στα ούρα και τα χρήσιμα προϊόντα επαναρροφώνται

# Ammonia as a Buffer



# Η αμμωνία προσλαμβάνει $H^+$ στο αθροιστικό σωληνάριο



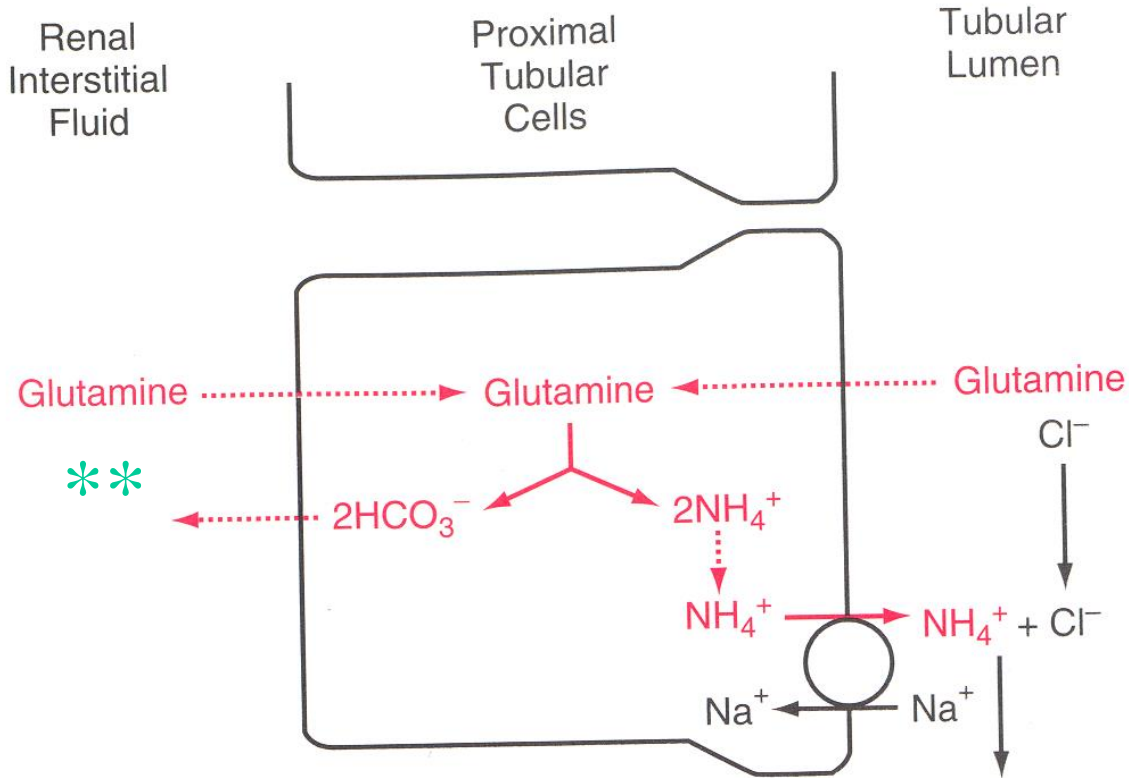
**Figure 30-9.** Buffering of hydrogen ion secretion by ammonia ( $NH_3$ ) in the collecting tubules. Ammonia diffuses into the tubular lumen, where it reacts with secreted hydrogen ions to form  $NH_4^+$ , which is then excreted. For each  $NH_4^+$  excreted, a new  $HCO_3^-$  is formed in the tubular cells and returned to the blood.

Τα απεκκρινόμενα  $H^+$  συνδέονται με  $NH_3$  η οποία διαχέεται στον αυλό από τα κύτταρα

↓  
δημιουργία  $NH_4^+$  που ως **λιποδιαλυτό** παγιδεύεται στον αυλό και απεκκρίνεται

■ Η απέκκριση  $H^+$  οδηγεί σε de-novo σύνθεση  $HCO_3^-$  που επαναρροφώνται

# Το αμμώνιο ( $\text{NH}_4^+$ ) δημιουργεί $\text{HCO}_3^-$



**Figure 30-8.** Production and secretion of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) by proximal tubular cells. Glutamine is metabolized in the cell, yielding  $\text{NH}_4^+$  and bicarbonate. The ammonium ion ( $\text{NH}_4^+$ ) is actively secreted into the lumen by means of a sodium- $\text{NH}_4^+$  pump. For each glutamine molecule metabolized, two  $\text{NH}_4^+$  are produced and secreted and two  $\text{HCO}_3^-$  are returned to the blood.

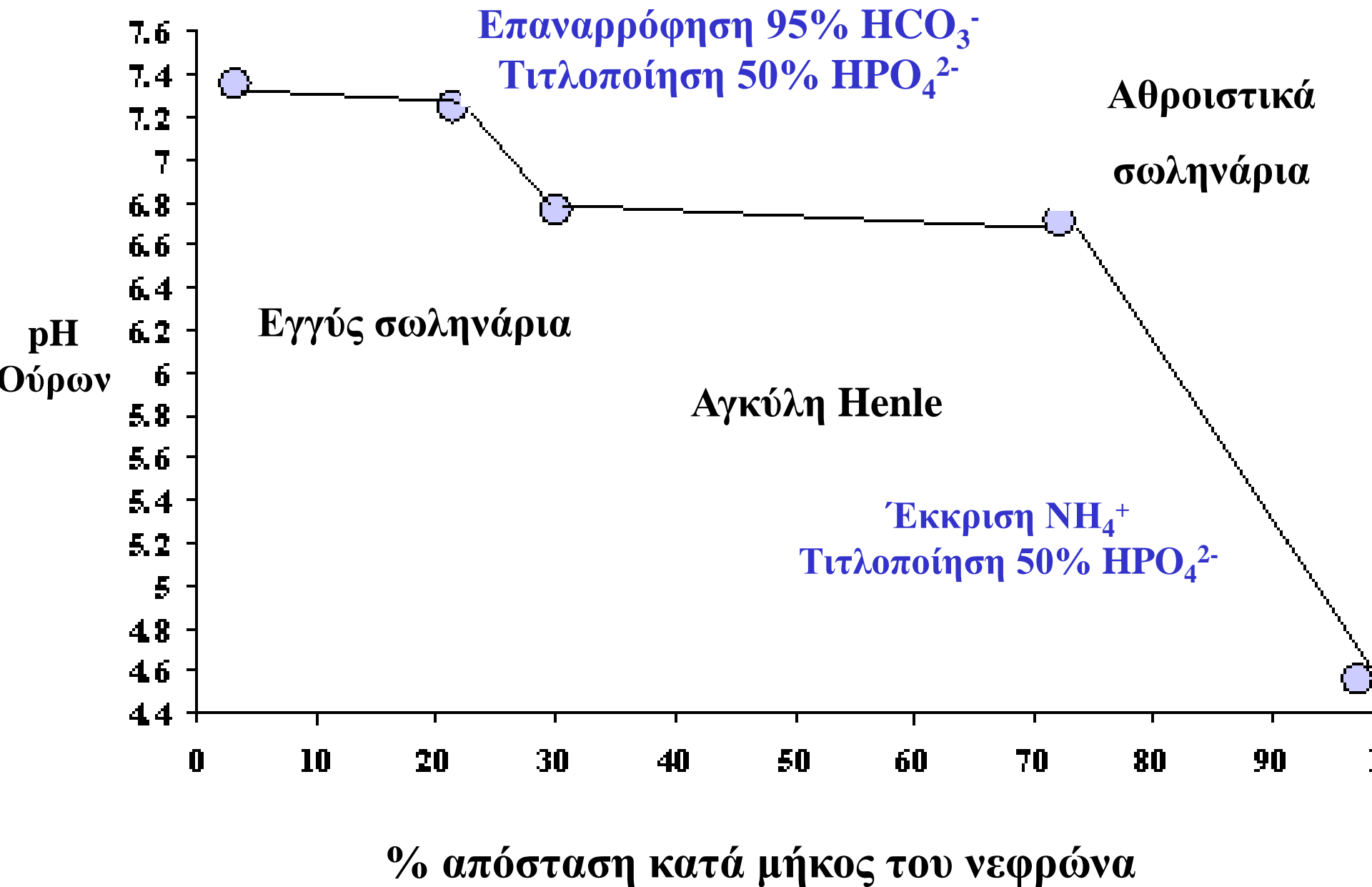
■ Το  $\text{NH}_4^+$  παράγεται από τον μεταβολισμό της γλουταμίνης σε όλα τα τμήματα του νεφρώνα

■ Η απέκκριση  $2\text{NH}_4^+$  στον αυλό συνοδεύεται από τη δημιουργία 2 ιόντων  $\text{HCO}_3^-$  που επανααρροφώνται

# Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και έκκριση $\text{NH}_4^+$

1. Η ποσότητα της γλουταμίνης που είναι διαθέσιμη
2. Το pH των ούρων
3. Η χρονιότητα της οξέωσης
4. Τα επίπεδα του K
5. Οι μεταβολές της  $\text{PaCO}_2$
6. Η μάζα των σωληναριακών κυττάρων (GFR)
7. Η ποσότητα των Na που προσφέρεται για επαναρρόφηση στα σωληνάρια (διέγερση άξονα PAA, AG-II σε υπογκαιμία)

# Οξינוποίηση των ούρων



## Επισημάνσεις

- Ο υγιής νεφρός επανααρροφά όλο το διηθούμενο ποσό  $\text{HCO}_3^-$ , δηλαδή  $24\text{-}26 \text{ mEq HCO}_3^- / \text{L} = 4300 \text{ mEq} / 24\text{ωρο}$
- Εκτός από την επανααρρόφηση, οι νεφροί παράγουν περίπου  $70\text{-}100 \text{ mEq}$  ή  $1 \text{ mEq/kgBΣ} / 24\text{ωρο}$  «νέα» μόρια  $\text{HCO}_3^-$
- Σε φυσιολογικές συνθήκες απεκκρίνονται στον αυλό  $3.50 \text{ mEq/min H}^+$ , ενώ διηθούνται  $3.49 \text{ mEq/min HCO}_3^-$
- Η μέγιστη πυκνότητα των ελευθέρων  $\text{H}^+$  στα ούρα δεν ξεπερνάει τα  $0.04 \text{ mEq/L}$

# Απέκκριση ιόντων υδρογόνου

## Φυσιολογική κατάσταση



## Διαβητική οξέωση



## XNA





# Διαταραχές οξεοβασικής ισορροπίας

	pH (7.40)	PCO <sub>2</sub> (40 mmHg)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (24 mEq/L)
Μεταβολική οξέωση	↓	↓	↓
Μεταβολική αλκάλωση	↑	↑	↑
Αναπνευστική οξέωση	↓	↑	↑
Αναπνευστική αλκάλωση	↑	↓	↓

# Διαταραχές οξεοβασικής ισορροπίας και αντιρρόπιση

Διαταραχή	Κύριο συμβάν	Αντιρρόπιση
Μεταβολική οξέωση	↓ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>1.0</b>	↓ PCO <sub>2</sub> <b>1.2</b> (1.0 -1.5)
Μεταβολική αλκάλωση	↑ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>1.0</b>	↑ PCO <sub>2</sub> <b>0.7</b> (0.25-1.0)
Αναπνευστική οξέωση		
οξεία	↑ PCO <sub>2</sub> <b>10</b>	↑ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>1.0</b>
χρόνια	↑ PCO <sub>2</sub> <b>10</b>	↑ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>4.0</b>
Αναπνευστική αλκάλωση		
οξεία	↓ PCO <sub>2</sub> <b>10</b>	↓ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>2.0</b> (1.0-3.0)
χρόνια	↓ PCO <sub>2</sub> <b>10</b>	↓ [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] <b>5.0</b> (3.0-5.0)

## Αέρια αίματος / Γενικοί κανόνες

- Φυσιολογικά αέρια αίματος δεν σημαίνουν υποχρεωτικά φυσιολογική κατάσταση
- - αιμία αναφέρεται στο pH (αλκαλαιμία, οξυαιμία)  
-ωση αναφέρεται στη διαταραχή (αλκάλωση, οξέωση)
- $\text{pH} < 7.35$  (οξυαιμία)  $\text{pH} > 7.45$  (αλκαλαιμία)
- Το pH συνήθως δείχνει και την πρωτοπαθή διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας

## Χάσμα ανιόντων

$\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+} = \text{HCO}_3 + \text{Cl} + \text{Λευκ.} + \text{Οργ.ανιόντα} + \text{SO}_4 + \text{PO}_4$

$(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg} + \text{Ca}) - (\text{HCO}_3 + \text{Cl}) = 25 \text{ mEq/L}$

$\text{Na} - (\text{HCO}_3 + \text{Cl}) = 10-12 \text{ mEq/L}$

Μη μετρούμενα ανιόντα και μη υπολογιζόμενα

Μη μετρούμενα κατιόντα και μη υπολογιζόμενα

	mEq/L		mEq/L
Λευκώματα (λευκωματίνη)	15		
Οργανικά οξέα	5	Ασβέστιο	5
Φωσφορικές ρίζες	2	Μαγνήσιο	2
Θεικές ρίζες	1	Κάλιο	4
<b>Σύνολο</b>	<b>23</b>	<b>Σύνολο</b>	<b>11</b>

## Χάσμα ανιόντων (ΧΑ)

- Χάσμα ανιόντων και λευκωματίνη

Για κάθε 1 g/dl μείωση της λευκωματίνης ορού <4.5 g/dl, διαπιστώνεται μείωση στο ΧΑ κατά 2.5 mEq/L

- Η αύξηση του ΧΑ συνοδεύεται από ίση μείωση  $\text{HCO}_3$

### Χρησιμότητα του Χάσματος (ΧΑ) ανιόντων στην πράξη

- Διαχωρισμός Μεταβολικής Οξέωσης με ή χωρίς ΧΑ

- Διάγνωση συγκαλυμμένης Μεταβολικής Οξέωσης

- Αναγνώριση μικτών διαταραχών

- Ανίχνευση κλινικών καταστάσεων

# Μεταβολική οξέωση

## Αυξημένο χάσμα ανιόντων

**A)** Διαβητική οξέωση

Αλκοολισμός

Παρατεταμένη νηστεία

↑ β-υδροξυβουτυρικό οξύ

↑ Ακετοξικό οξύ

**B)** Σηπτικό shock

Ηπατική ανεπάρκεια

↑ Γαλακτικό οξύ

**Γ)** Χρόνια νεφρική ανεπάρκεια

↑ Θεϊκά

↑ Φωσφορικά κλπ.

**Δ)** Δηλητηρίαση από λήψη:

Μεθανόλης, Αιθυλεν-γλυκόλης,

Σαλικυλικών

# Μεταβολική οξέωση

## Φυσιολογικό χάσμα ανιόντων

Αν υπάρχει ΜΟ και το ΧΑ είναι φυσιολογικό, το CI θα πρέπει να είναι αυξημένο

(Υπερχλωραιμική οξέωση)

Η συχνότερη αιτία είναι η διάρροια

**A.** Απώλεια  $\text{HCO}_3^-$  από το γαστρεντερικό σύστημα

- Διάρροιες
- Παροχέτευση παγκρεατικού ή εντερικού υγρού
- Ειλεοκύστη
- Ουρητηροσιγμοειδοστομία

**B.** Απώλεια  $\text{HCO}_3^-$  από τους νεφρούς

- Νεφρική σωληναριακή οξέωση (εγγύς και άπω)
- Αναστολείς καρβονικής ανυδράσης (ακεταζολαμίδη)

# Χάσμα Ανιόντων Ούρων

$\text{Na} + \text{K} + \text{Μη μετρούμενα κατιόντα} = \text{Cl} + \text{Μη μετρούμενα ανιόντα}$

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

Διάκριση μεταξύ απώλειας διττανθρακικών, ως αιτίου υπερχλωραιμικής οξέωσης από το ΓΣ ή από το ουροποιητικό

**Δηλαδή τελικά βοηθά στην εκτίμηση των επιπέδων του  $[\text{NH}_4^+]$  στα ούρα**

Αρνητικό UAG (-20 mEq/L) : π.χ. διάρροια

Θετικό UAG (+23 mEq/L) : π.χ. άπω νεφρική σωληναριακή οξέωση



## Συμπεράσματα (I)

■ Η ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας από τους νεφρούς περιλαμβάνει την εξουδετέρωση των οξέων και βάσεων που προσλαμβάνονται ή παράγονται κατά το μεταβολισμό μέσω:

α) επαναρρόφησης και δημιουργίας  $\text{HCO}_3^-$  δηλαδή μέσω διατήρησης της δεξαμενής των  $\text{HCO}_3^-$  του οργανισμού

β) απέκκρισης  $\text{H}^+$  είτε με τη μορφή της τιτλοποιήσιμης οξύτητας (δηλαδή φωσφορικών) είτε με τη μορφή  $\text{NH}_4^+$

Πολύ μικρή ποσότητα  $\text{H}^+$  εκκρίνεται ως ελεύθερα ιόντα.

Ακόμη κι αν τα ούρα έχουν  $\text{pH}=4.5$  περιέχουν  $<0.05 \text{ mEq/L H}^+$

## Συμπεράσματα (II)

- Η διατήρηση του pH του οργανισμού εντός πολύ στενού πλαισίου, παρά της μεταβολές της συγκέντρωσης  $[H^+]$ , είναι απαραίτητη για τη ζωή
- Η διατήρηση του pH επιτυγχάνεται με τη λειτουργία των ρυθμιστικών συστημάτων, των πνευμόνων και των νεφρών
- Η εκτίμηση των διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας γίνεται με βάση το ιστορικό και την κλινική εξέταση, συχνά συνυπάρχουν περισσότερες από μια διαταραχές
- Τα αέρια αίματος, ο προσδιορισμός του ΧΑ και των ηλεκτρολυτών στον ορό (K, Cl, P) συμβάλλουν στη διάγνωση των διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας.