



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 4

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Καθηγητής  
Κυριάκος Καρκούλιας, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Επιστημών Υγείας

Τμήμα Ιατρικής

# Ο πνεύμονας στη Ρύθμιση της Οξεοβασικής Ισορροπίας

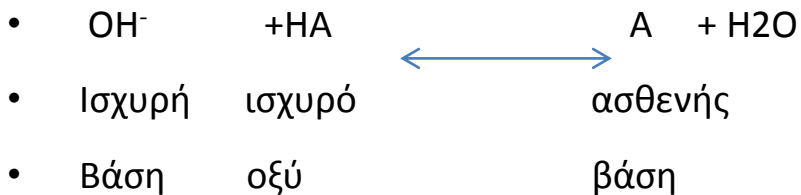
- Κατά την καταβολική φάση του μεταβολισμού των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών, μέσω του Ακετυλοσυνέζυμου Α δια του κύκλου του Krebs παράγεται  $\text{CO}_2$  το οποίο διαλύεται και παράγει  $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ . Επίσης λαμβάνονται έξωθεν τροφές που περιέχουν οξέα ή αλκάλια. Από ποικιλία άλλων χημικών αντιδράσεων παράγονται και άλλα μη πτητικά οξέα όπως το γαλακτικό, το  $\text{H}_2\text{SO}_4$  κ.α. Τα οξέα αυτά εξουδετερώνονται από το ρυθμιστικό διάλυμα του ανθρακικού οξέως  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$  που αποτελεί το κύριο ρυθμιστικό σύστημα του οργανισμού. Αυτό το σύστημα ευρίσκεται σε λειτουργική σχέση με τους πνεύμονες και τους νεφρούς και γίνεται ένα "ανοικτό" ρυθμιστικό διάλυμα με πολύ μεγάλη ισχύ διότι ο πνεύμονας διώχνει συνεχώς  $\text{CO}_2$  διά της αναπνοής και ο νεφρός απεκρίνει συνεχώς  $\text{H}^+$  και απορροφά  $\text{HCO}_3^-$ .
- Ο νεφρός σχηματίζει το  $\text{H}^+$  και το  $\text{HCO}_3^-$  εντός των κυττάρων του εγγύς εσπειραμένου σωληναρίου ως εξής :
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ . Κατ' ουσία δηλ. και ο νεφρός διαχειρίζεται το με τον μεταβολισμό παραγόμενο  $\text{CO}_2$  διαχειρίζεται όμως και το παραγόμενο  $\text{H}^+$  με άλλες μεταβολικές αντιδράσεις. Η μεταβολή της  $[\text{H}^+]$  του εξωκυττάρου χώρου ακολουθείται από διακίνηση ιόντων  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Cl}$  προς διατήρηση της ηλεκτροστατικής ισορροπίας. Τέσσερα είναι τα είδη της εκτροπής της οξεοβασικής ισορροπίας. Η μεταβολική οξέωση και αλκάλωση και η αναπνευστική οξέωση και αλκάλωση. Υπάρχουν όμως και οι μεικτές διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας. Στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων του ελέγχου της οξεοβασικής ισορροπίας σημαντικό ρόλο κατέχουν οι έννοιες της περίσσειας και ελλείμματος βάσεως καθώς και του χάσματος ανιόντων.



- Το αναπνευστικό σύστημα παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας για δύο λόγους: α) το αναπνευστικό σύστημα αποβάλλει το β) το μεγαλύτερο ποσό οξέως που μορφή παράγεται στον οργανισμό παράγεται υπό μορφή  $CO_2$ , άρα υπό μορφή  $H_2CO_3$ . Δυσλειτουργία του αναπνευστικού συστήματος δυνατόν να προκαλέσει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας. Όταν όμως λειτουργεί ικανοποιητικά, βοηθά στη ρύθμιση κάποιας διαταραχής της οξεοβασικής ισορροπίας που προκλήθηκε από δυσλειτουργία κάποιου άλλου οργάνου ή συστήματος



- **Ο σχηματισμός ενός ασθενούς οξέως από ένα ισχυρό οξύ είναι ο τρόπος που τα ρυθμιστικά συστήματα ελαχιστοποιούν τις μεταβολές της [ και όταν ακόμη μεταβάλλεται το ποσόν των σε μεγάλο βαθμό.**



- Η αποτελεσματικότητα του ρυθμιστικού διαλύματος εξαρτάται από την **τιμή του ρΚ**. Όπου ρΚ είναι το ρΗ στο οποίο το ρυθμιστικό διάλυμα υπάρχει κατά το ήμισυ σαν ασθενές οξύ και κατά το ήμισυ σαν ισχυρή βάση.
- Η ρυθμιστική ικανότητα είναι καλύτερη όταν το ρΗ= ρΚ στην κατάσταση ισορροπίας. Επίσης η αποτελεσματικότητα του ρυθμιστικού διαλύματος εξαρτάται και από το ποσό των ουσιών που περιέχει. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσό τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του ρυθμιστικού διαλύματος.
- **Εξίσωση των Henderson – Hasselbalch.**

$$pH = pK' + \log \frac{[A^-]}{[HA]} = pK' + \log \frac{[\text{ισχυρή βάση}]}{[\text{ασθενές οξύ}]}$$

- **Υπάρχουν δύο κατηγορίες οξέων που παράγονται στο σώμα.** Το πρώτο είδος είναι το ανθρακικό οξύ ( ) που διίσταται σε H<sup>+</sup> και <sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></sup>. Το ανθρακικό οξύ βρίσκεται σε ισορροπία με το CO<sub>2</sub> και το ύδωρ. Και ακολουθεί την πιο κάτω εξίσωση:
- CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Παραγόμενο κατά ανθρακικό διττανθρακικό
- το μεταβολισμό οξύ

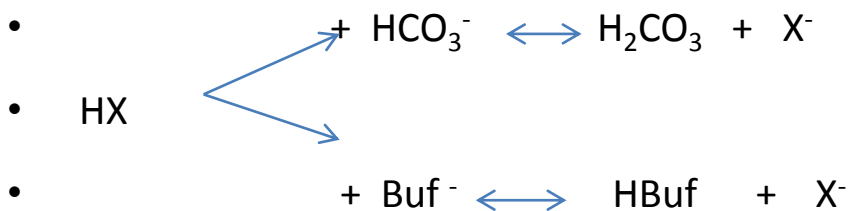


- Επειδή το  $\text{H}_2\text{CO}_3$  είναι ένα από τα συστατικά του ρυθμιστικού διαλύματος  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$  δεν δύναται να εξουδετερωθεί απ' αυτό το ίδιο το ρυθμιστικό σύστημα αλλά από άλλα, όχι διττανθρακικά, που περιγράφονται αργότερα.
- Η δεύτερη ομάδα οξέων είναι τα **σταθερά μη πτητικά οξέα** (συνήθως ισχυρά) (αντίθετα προς τα πτητικά οξέα). Τα οξέα αυτά παράγονται από ποικιλία μεταβολικών αντιδράσεων ή προσλαμβάνονται έξωθεν με την τροφή. Παραδείγματα μη πτητικών οξέων είναι τα εξής: α) γαλακτικό οξύ παραγόμενο από την αναερόβιο γλυκόλυση, β)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  που είναι δυνατόν να παραχθεί από τον καταβολισμό των πρωτεϊνών. Και άλλα οξέα δυνατόν να παραχθούν σαν προϊόντα του μεταβολισμού υπό ορισμένες συνθήκες.
- **Ρυθμιστικό διάλυμα του  $\text{H}_2\text{CO}_3$**
- $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
- Με άλλα λόγια η δεξαμενή του ανθρακικού οξέως που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για την εξουδετέρωση μεταβολών του pH είναι το άθροισμα  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$
- $\text{pH} = 6.1 + \log[\text{HCO}_3^-]/[0.03 \times \text{PCO}_2]$
- Για κάθε mmole  $\text{HCO}_3^-$  που χρησιμοποιείται για εξουδετέρωση του  $\text{H}^+$  παράγεται ένα mmole  $\text{CO}_2$ . Ένα ρυθμιστικό διάλυμα (αποτελούμενο από δύο συστατικά) δεν είναι δυνατόν να ρυθμίσει (να εξουδετερώσει) ένα συστατικό του ρυθμιστικού ζεύγους.
- Το γεγονός ότι η αύξηση του  $\text{CO}_2$  δεν εξουδετερώνεται από το σύστημα των διττανθρακικών είναι πολύ ενδιαφέρον διότι αρκετά διαμερίσματα του σώματος περιέχουν κυρίως ρυθμιστικά διαλύματα διττανθρακικών



## • Ρυθμιστικά διαλύματα μη διττανθρακικά

- Τα μη διττανθρακικά ρυθμιστικά διαλύματα είναι πολύ ενδιαφέροντα για τη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας επειδή μόνο αυτά έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν μεταβολές της  $\text{PCO}_2$  όταν το  $\text{CO}_2$  δεν αποβάλλεται ικανοποιητικά. Τα πιο ενδιαφέροντα διαλύματα είναι τα **πρωτεϊνικά** (κυρίως η αιμοσφαιρίνη) και το **ζεύγος  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$** . Τα ρυθμιστικά αυτά διαλύματα δυνατόν να ρυθμίζουν και το διττανθρακικό οξύ και τα ισχυρά οξέα.
- $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Buf} \leftrightarrow \text{H Buf} + \text{HCO}_3^-$
- $\text{HCl} + \text{Buf} \leftrightarrow \text{H Buf} + \text{Cl}^-$
- Και τα διττανθρακικά και τα μη διττανθρακικά ρυθμιστικά διαλύματα σχηματίζουν οξέα. Αν προσθέσουμε ένα οξύ,  $\text{HX}$ , εντός του σώματος τότε δυνατόν να γράψουμε



- **Αναπνευστική αντιρρόπηση**

- Η τιμή της  $[0.03 \times PCO_2]$  ελέγχεται από το αναπνευστικό σύστημα. Μεταβολές του κυψελιδικού αερισμού θα μεταβάλλουν την τιμή της  $PCO_2$ . Αύξηση του αερισμού μειώνει την  $PCO_2$ . Μεταβολές της  $[H^+]$  διεγείρουν και τους **χημειοϋποδοχείς των καρωτιδικών σωμάτων και των κεντρικών χημειοϋποδοχέων του προμήκους**. Πιθανώς η διέγερση των δύο αυτών ειδών υποδοχέων να δίνει διαφορετικές πληροφορίες για την κατάσταση της οξεοβασικής ισορροπίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι **οι καρωτιδικοί χημειοϋποδοχείς παίρνουν πληροφορίες απ' ευθείας από το αρτηριακό αίμα ενώ οι χημειοϋποδοχείς του προμήκους παίρνουν πληροφορίες από το ΕΝΥ**.
- Επειδή υπάρχει ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός η  $[HCO_3^-]$  και η  $[H^+]$  μεταβάλλονται αργότερα στο ΕΝΥ απ' ότι στο αίμα όταν υπάρχει διαταραχή οξεοβασικής ισορροπίας
- **Γι' αυτό οι κεντρικοί χημειοϋποδοχείς (που είναι και οι περισσότερο ισχυροί) μετρούν μικρότερες μεταβολές  $[H^+]$  και κατά συνέπεια δεν εκτιμούν σωστά την απαιτούμενη απάντηση που είναι απαραίτητη για να διορθωθεί το pH**
- Για τους πιο πάνω λόγους **το αναπνευστικό σύστημα σχεδόν ποτέ δεν αντιρροπεί εντελώς μία μεταβολική διαταραχή,**



## • Νεφρική αντιρρόπηση

- Οι νεφροί όπως και οι πνεύμονες διαχειρίζονται το  $\text{CO}_2$  που είναι το κοινό προϊόν του καταβολισμού των πρωτεϊνών των υδατανθράκων και των λιπών. **Το  $\text{CO}_2$  μετατρέπεται σε  $\text{H}^+$  που αποβάλλονται δια των ούρων και σε  $\text{HCO}_3^-$  που απορροφάται δια του αίματος του νεφρικού φλεβιδίου.**
- Κατ' αυτόν τον τρόπο οι νεφροί ρυθμίζουν την  $[\text{HCO}_3^-]$  που είναι το μεταβολικό συστατικό της εξίσωσης των Henderson-Hasselbalch. Κατ' αρχάς οι νεφροί ρυθμίζουν τις μεταβολές της  $[\text{HCO}_3^-]$  παράγοντας όξινα ή αλκαλικά ούρα. Όταν τα ούρα είναι όξινα  $[\text{H}^+]$  αποβάλλονται οπότε τα  $\text{HCO}_3^-$  απελευθερώνονται μέσα στις νεφρικές φλέβες προκαλώντας αύξηση της συγκέντρωσης του  $[\text{HCO}_3^-]$  εντός του αίματος (στην περίπτωση αυτή ο οργανισμός έχει ανάγκη κατακράτησης βάσεων). Όταν τα ούρα είναι αλκαλικά ( $\text{HCO}_3^-$  απελευθερώνονται) τότε η συγκέντρωση του  $[\text{HCO}_3^-]$  του αίματος μειώνεται (στην περίπτωση αυτή ο οργανισμός έχει ανάγκη αποβολής βάσεων).
- Η νεφρική αντιρρόπηση αρχίζει μερικές ώρες μετά την έναρξη της διαταραχής της οξεοβασικής ισορροπίας αλλά δεν ολοκληρώνεται αν δεν περάσουν μερικές ημέρες (συνήθως 5-7 ημέρες).
- Η εξωκυτταρική ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας από τα ρυθμιστικά συστήματα του υγρού των ιστών γίνεται αυτόματα. Η ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας ενδοκυτταρίως συνοδεύεται και από μετακίνηση ιόντων και γίνεται μέσα σε 2-4 ώρες. **Η ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας από το αναπνευστικό αρχίζει γρήγορα μέσα σε μερικά λεπτά αλλά απαιτεί 5-6 ώρες για να γίνει μέγιστη. Η ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας από τους νεφρούς αρχίζει μετά μερικές ώρες και ολοκληρώνεται μετά από 5-7 ώρες.**





- **ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ**

- Οι χαρακτηρισμοί των διαταραχών της οξεοβασικής ισορροπίας

**Οξέωση** είναι μια παθοφυσιολογική μεταβολή που χαρακτηρίζεται από συσσώρευση οξέων ή απώλεια βάσεων. **Η οξέωση δυνατόν να συνοδεύεται από χαμηλό pH (οξυαιμία) ή από φυσιολογικό ή ψηλό pH σε περίπτωση που και άλλη διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας είναι παρούσα.** Η κατάληξη –αιμία αντιπροσωπεύει μία εργαστηριακή μέτρηση. Η κατάληξη –ωση αντιπροσωπεύει μία παθοφυσιολογική διεργασία. Κάποιος ασθενής δυνατόν να έχει οξέωση δίχως οξυαιμία.

- **Κατ' αρχάς θα πρέπει να καθορίζεται η αιτία που ευθύνεται για την οξεοβασική διαταραχή.** Η αιτία δυνατόν να οφείλεται σε αναπνευστικό ή μεταβολικό πρόβλημα. Μερικές φορές το πρόβλημα είναι μικτό (δηλ. συνδυασμός και των δύο). **Υπ' αυτή την έννοια υπάρχουν τέσσερις πιθανές πρωταρχικές διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας:**
- **Μεταβολική οξέωση,**
- **Μεταβολική αλκάλωση,**
- **Αναπνευστική οξέωση,**
- **Αναπνευστική αλκάλωση**

## • Μεταβολική οξέωση

- **Ορισμός:** Η μεταβολική οξέωση είναι διαταραχή που προκαλείται λόγω μείωσης της  $[\text{HCO}_3^-]$ . Συνήθως αυξάνει η  $[\text{H}^+]$  και μειώνεται το pH. Για πτώση 1mEq/l της  $[\text{HCO}_3^-]$  η  $\text{PCO}_2$  πέφτει κατά 1.2mmHg.
- **Αίτια:** Μείωση της  $[\text{HCO}_3^-]$  γίνεται όταν υπάρχει στον οργανισμό κάποιο ισχυρό οξύ το οποίο εξουδετερώνεται με  $\text{HCO}_3^-$ . Επίσης μείωση της  $[\text{HCO}_3^-]$  γίνεται σε απώλεια  $\text{HCO}_3^-$  από τον οργανισμό
- **Ύπαρξη ισχυρών οξέων.** Ύπαρξη ισχυρών οξέων μέσα στον οργανισμό δυνατόν να πραγματοποιηθεί είτε με πρόσληψη από το περιβάλλον είτε με διαταραχές του μεταβολισμού
- **Απώλεια  $\text{HCO}_3^-$  από τον οργανισμό**
- **Ρυθμιστικά διαλύματα:** Αν εξετάσουμε το αποτέλεσμα που διαμορφώνεται από την προσθήκη ενός οξέως  $\text{H}^+\text{X}^-$  τότε θα έχουμε :
- $$\text{H}^+\text{X}^- + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{X}^- + \text{H}_2\text{CO}_3$$
- Για κάθε ιόν  $\text{HCO}_3^-$  που δεσμεύεται παράγεται ένα ιόν  $\text{X}^-$ . Τα ιόντα  $\text{X}^-$  συνήθως δεν μετρούνται. Έτσι αν προσθέσουμε όλα τα συνήθως μετρώμενα ιόντα τότε μερικά ανιόντα δεν έχουν μετρηθεί.
- **Τα ανιόντα που δεν μετρούνται αποτελούν το χάσμα ανιόντων. Το χάσμα ανιόντων υπολογίζεται αν αφαιρέσουμε όλα τα μετρηθέντα ανιόντα από τα μετρηθέντα κατιόντα  $\text{Na}^+$ .** Έτσι :
- **Χάσμα ανιόντων =  $[\text{Na}^+] - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$ .**

- Σε φυσιολογικές συνθήκες το χάσμα ανιόντων είναι 10-14 mEq/l. Πρακτικά θεωρείται ότι για αύξηση 1 mEq/l του χάσματος ανιόντων η  $[\text{HCO}_3^-]$  του αίματος μειώνεται κατά 1 mEq/l.
- Στην μεταβολική οξέωση υπάρχουν δύο κλινικές μορφές με βάση το χάσμα ανιόντων α) παθολογικό χάσμα ανιόντων
- β) φυσιολογικό χάσμα ανιόντων.
- Ελάττωση του ΧΑ προκύπτει από αύξηση μη μετρούμενων ανιόντων ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) ή μείωση μη μετρούμενων ανιόντων π.χ. πρωτεϊνών. Αντιθέτως αύξηση του ΧΑ προκύπτει από μείωση των μη μετρούμενων κατιόντων ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) ή αύξηση μη μετρούμενων ανιόντων όπως φωσφωρικά, θειικά (ουραιμία) γαλακτικό (γαλακτική οξέωση) ακετοξικό (διαβητική οξέωση) κετογλουταρικό οξύ (ηπατική ανεπάρκεια). Σε περιπτώσεις αύξησης της  $[\text{Cl}^-]$  μπορεί να υπάρξει παθολογικό χάσμα ανιόντων (μειωμένο) οπότε έχουμε υπερχλωραιμική μεταβολική οξέωση. Ο διαχωρισμός των αρρώστων σε πάσχοντες από υπερχλωραιμική μεταβολική οξέωση και αυτούς που πάσχουν από μεταβολική οξέωση με αυξημένη ΧΑ είναι κλινικά χρήσιμος.

## • **Μεταβολική αλκάλωση**

- **Ορισμός:** Η μεταβολική αλκάλωση είναι παθοφυσιολογική διεργασία κατά την οποία αυξάνει το pH (μειώνεται η  $[H^+]$ ) δια αύξησης της  $[HCO_3^-]$ . Για κάθε 1 mEq/l αύξηση της  $[HCO_3^-]$  η  $PCO_2$  θα αυξηθεί κατά 0.6 mmHg.
- **Αιτία:** Αύξηση της  $[HCO_3^-]$  δυνατόν να προκληθεί από κατακράτηση  $HCO_3^-$  από απώλεια  $H^+$  ή από απώλεια άλλων ανιόντων (χλωρίου)
- **Περίσσεια  $HCO_3^-$ :** Η περίσσεια  $HCO_3^-$  είναι σπάνια αιτία μεταβολικών αλκαλώσεων και παρατηρείται κυρίως όταν  $HCO_3^-$  ή άλλες ουσίες που μεταβολίζονται σε  $HCO_3^-$  (όπως το κιτρικό οξύ) δίδονται εξωγενώς σε μεγάλες ποσότητες. Ουσία που μεταβολίζεται σε  $HCO_3^-$  είναι το γαλακτικό που στο ήπαρ, μετατρέπεται σε  $HCO_3^-$ . Συνήθως οι νεφροί έχουν την ικανότητα να αποβάλλουν τα  $HCO_3^-$  τόσο γρήγορα όσο γρήγορα χορηγούνται ή παράγονται.
- **Απώλεια  $H^+$ .** Η απώλεια  $H^+$  αποτελεί την κυριότητα αιτία μεταβολικής αλκαλώσεως. Τα  $H^+$  δυνατόν να αποβληθούν μέσω του γαστρεντερικού ή μέσω των νεφρών. Όταν τα γαστρικά κύτταρα εκκρίνουν  $H^+$  μέσα στο στόμαχο τότε αντίστοιχη ποσότητα  $HCO_3^-$  παράγεται και εισέρχεται στο αίμα. Επιπλέον τα  $H^+$  που εκκρίνονται συνδέονται με τα εκκρινόμενα  $Cl^-$ . Κατά συνέπεια απώλεια γαστρικού περιεχομένου (έμετοι, εισρόφηση) οδηγούν στην απώλεια  $H^+$  και  $Cl^-$  και σε αύξηση της [Hτου αίματος. Επίσης ορισμένα είδη αδενώματος του παχέος εντέρου δυνατόν να εκκρίνουν  $H^+$  και να οδηγούν σε αλκάλωση.
- Οι νεφροί επίσης εκκρίνουν  $H^+$ . **Για κάθε  $H^+$  που εκκρίνεται παράγεται και ένα**
- **$HCO_3^-$ .**



- **Αναπνευστική Οξέωση**

- **Ορισμός:** Αναπνευστική οξέωση είναι διαταραχή που μειώνει το pH (αυξάνει  $[H^+]$ ) επειδή αρχικά προκαλείται αύξηση της  $PCO_2$  (υπερκαπνία). Για κάθε 1 mmHg αύξηση της  $PCO_2$  η  $[HCO_3^-]$  αυξάνει κατά 0.4 mEq/l.

**Αίτια:** Αναπνευστική οξέωση συμβαίνει όταν υπάρχει πρωτοπαθώς αύξηση της  $PCO_2$  (υπερκαπνία). Περιληπτικά δύναται να λεχθεί ότι οφείλεται σε υποαερισμό και εκτροπή της σχέσης αερισμού/ αιμάτωσης

- **Αναπνευστική αλκάλωση**

- **Ορισμός:** Αναπνευστική αλκάλωση είναι διαταραχή που αυξάνει το pH (μειώνεται η  $[H^+]$ ) λόγω πρωτογενούς μείωσης της  $PCO_2$  η οποία προκαλείται λόγω κυψελιδικού υπεραερισμού. Για κάθε 1mmHg πτώση της  $PCO_2$  η  $[HCO_3^-]$  μειώνεται κατά 0.4mEq/l.

- **Αίτια:** Κυψελιδικός υπεραερισμός υπάρχει όταν ο αερισμός είναι μεγαλύτερος από αυτόν που απαιτείται για την κανονική απελευθέρωση του  $CO_2$ . Αποτέλεσμα του υπεραερισμού είναι η μείωση της  $PCO_2$ .

- 

- **ΣΥΝΗΘΙΣΜΕΝΕΣ ΜΙΚΤΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΗΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ**

- **Μεταβολική οξέωση και αναπνευστική αλκάλωση**
- **Μεταβολική αλκάλωση και αναπνευστική οξέωση**
- **Μεταβολική αλκάλωση και μεταβολική οξέωση**
- **Οξεία επί χρόνιας αναπνευστική οξέωση.**



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.1.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Κυριάκος Καρκούλιας 2015. «Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 4. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.1. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/MED1040/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Δεν περιέχει.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Πίνακες**

Δεν περιέχει.

