



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Οξεοβασική ισορροπία

Ενότητα 8: Οξεοβασική ισορροπία

Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Καθηγητής
Σχολή Επιστημών Υγείας
Τμήμα Ιατρικής

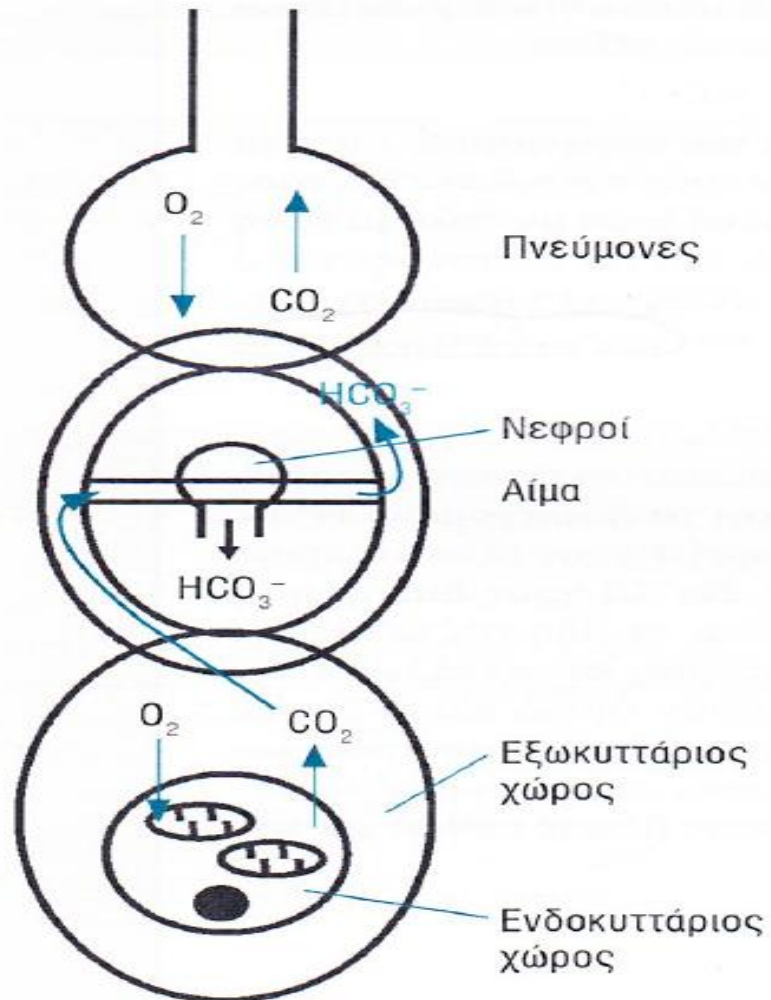
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ pH

- Ο οργανισμός διαθέτει μηχανισμούς που ρυθμίζουν τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου ($[H^+]$) εντός πολύ στενών ορίων.
- Η κατάσταση της οξεοβασικής ισορροπίας εκφράζεται ικανοποιητικά από τη $[H^+]$ και από το pH.
- Το pH είναι ο αρνητικός λογάριθμος της $[H^+]$.
- Σε φυσιολογικές καταστάσεις λαμβάνει τιμές γύρω στο 7,40 ($[H^+]=40\text{nEq/L}$).
- Η φυσιολογική του διακύμανση είναι μεταξύ 7,36-7,44 ($[H^+]=45-35\text{nEq/L}$).

Οι ακραίες τιμές του pH που είναι συμβατές με τη ζωή είναι



ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ pH



ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

- Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με τις συγκεντρώσεις των άλλων ιόντων.
- Η $[H^+]$ μετράται σε $nEq/L = 10^{-9}$ χιλιοστοϊσοδύναμα.
- Η συγκέντρωση των άλλων ιόντων μετράται σε $mEq/L = 10^{-3}$ χιλιοστοϊσοδύναμα.
- Π.χ. η συγκέντρωση του Na^+ είναι περίπου 3,000,000 φορές μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του υδρογόνου.



ΡΥΘΜΙΣΗ pH

- Δύο συστήματα συμμετέχουν στη ρύθμιση του pH:
 - Τα ρυθμιστικά διαλύματα που υπάρχουν στο αίμα και τα άλλα υγρά του οργανισμού και
 - Οι φυσιολογικές αποκρίσεις που εκδηλώνονται από τα νεφρά και τους πνεύμονες.
- Σκοπός: Η επαναφορά του pH στο φυσιολογικό, όταν αυτό τείνει να εκτραπεί.



ΝΕΦΡΟΙ-ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ

- Το αναπνευστικό σύστημα ενεργοποιείται για να διορθώσει μεταβολές του pH που γίνονται κυρίως λόγω μεταβολικών διαταραχών.
- Οι νεφροί ενεργοποιούνται για να διορθώσουν διαταραχές του pH λόγω αναπνευστικών διαταραχών.
- Οι παθοφυσιολογικές αυτές απαντήσεις των νεφρών και των πνευμόνων είναι βραδύτερες αλλά πιο αποτελεσματικές για τη διόρθωση του pH από ότι αυτές των ρυθμιστικών συστημάτων των υγρών του οργανισμού.



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Οξύ: Χαρακτηρίζεται κάθε ουσία η οποία μπορεί να δώσει ένα πρωτόνιο, δηλαδή ένα H^+ .
- Βάση: Χαρακτηρίζεται κάθε μόριο το οποίο μπορεί να δεχθεί ένα πρωτόνιο.
- Σύμφωνα με τη θεωρία των Bronsted and Lowry το οξύ είναι «δότης κατιόντων υδρογόνου», ενώ βάση είναι κάθε ουσία που είναι «δέκτης κατιόντων υδρογόνου».



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Τα ρυθμιστικά διαλύματα αποτελούνται από ένα ασθενές οξύ μετά της αντίστοιχης βάσης του (η οποία είναι ισχυρή).
- Έστω HA το ασθενές οξύ και A⁻ η αντίστοιχη βάση. Σε αυτό το ρυθμιστικό διάλυμα προστίθεται ένα ισχυρό οξύ, π.χ. HCl.



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Τα περισσότερα H^+ που θα απελευθερωθούν από το ισχυρό οξύ θα **αντιδράσουν** με την αντίστοιχη βάση (A^-) προς σχηματισμό HA που είναι ασθενές οξύ και δεν διασπάται εύκολα.
- Έτσι μόνο λίγα H^+ μένουν ελεύθερα μέσα στο διάλυμα. Με αυτόν τον τρόπο **ελαχιστοποιούνται** οι μεταβολές της $[H^+]$.



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Ο σχηματισμός ενός ασθενούς οξέος από ένα ισχυρό οξύ είναι ο τρόπος που τα ρυθμιστικά διαλύματα ελαχιστοποιούν τις μεταβολές της $[H^+]$ ακόμη και όταν μεταβάλλεται το ποσό το ποσόν των H^+ σε μεγάλο βαθμό.



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Η αποτελεσματικότητα ενός ρυθμιστικού διαλύματος εξαρτάται από την τιμή του **pK**.
- Όπου pK είναι το pH στο οποίο το ρυθμιστικό διάλυμα υπάρχει κατά το ήμισυ ως ασθενές οξύ και κατά το ήμισυ ως ισχυρή βάση.



ΤΑ ΟΞΕΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

- Υπάρχουν δύο κατηγορίες οξέων που παράγονται στο σώμα:
- Το πρώτο είδος είναι το ανθρακικό οξύ (H_2CO_3) που διίσταται σε H^+ και HCO_3^- .
 - $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
 - Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται συνεχώς και συνεχώς αποβάλλεται από τους πνεύμονες και γι' αυτό το ανθρακικό οξύ θεωρείται πτητικό ή εξαερούμενο οξύ.
 - Επειδή το H_2CO_3 είναι ένα από τα συστατικά του ρυθμιστικού διαλύματος $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$, δε δύναται να εξουδετερωθεί από αυτό το ίδιο ρυθμιστικό σύστημα.



ΤΑ ΟΞΕΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

- Η δεύτερη ομάδα οξέων είναι τα σταθερά, μη πτητικά οξέα (συνήθως ισχυρά).
- Παραδείγματα είναι το γαλακτικό οξύ και το θειικό οξύ.



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

- Στον οργανισμό υπάρχουν τα εξής ρυθμιστικά διαλύματα:
 1. Το διττανθρακικό ρυθμιστικό διάλυμα ($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$),
 2. Τα μη διττανθρακικά διαλύματα
 - Μόνο αυτά έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν τις μεταβολές της Pa_{CO_2} , όταν το CO_2 δεν αποβάλλεται ικανοποιητικά.
 - Τα πιο ενδιαφέροντα είναι τα πρωτεϊνικά (κυρίως η αιμοσφαιρίνη) και το ζεύγος $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$.



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Τα ερυθρά αιμοσφαίρια περιέχουν διττανθρακικά και μη διττανθρακικά διαλύματα(κυρίως αιμοσφαιρίνη).
- Το πλάσμα περιέχει ρυθμιστικά διαλύματα **διττανθρακικών**, φωσφορικών και πρωτεϊνών.
- Το ρυθμιστικό διάλυμα των διττανθρακικών είναι σχεδόν το μόνο που υπάρχει μέσα στο υγρό των ιστών, δεδομένου του ότι ο διάμεσος χώρος είναι φτωχός σε πρωτεΐνες.
- Το ενδοκυττάριο υγρό είναι πλούσιο σε **πρωτεΐνες** και φωσφορικά.



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

ΠΛΑΣΜΑ

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ
 $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$

ΕΡΥΘΡΑ ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΑ

$\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$
ΑΙΜΟΣΦΑΙΡΙΝΗ

ΔΙΑΜΕΣΟΣ ΧΩΡΟΣ

$\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$

ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ

ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ
 $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$



ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

- Όταν υπάρχει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας, τότε κινητοποιούνται οι μηχανισμοί των ρυθμιστικών διαλυμάτων των υγρών του σώματος.
- Αν και βοηθούν στην πρόληψη σημαντικών εκτροπών του pH δεν είναι ιδανικοί και το pH εξακολουθεί να μην είναι εντελώς φυσιολογικό.



ΕΞΙΣΩΣΗ HENDERSON- HASSELBALCH

- $\text{pH} = 6,1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[0,03 * P_{\text{CO}_2}]}$



ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

- Όταν υπάρχει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας, τότε ο λόγος $[\text{HCO}_3^-]/[0,03 * P_{\text{CO}_2}]$ δεν είναι φυσιολογικός.
- Ο οργανισμός προσπαθεί να κινητοποιήσει παθοφυσιολογικούς μηχανισμούς, με σκοπό ο λόγος να ξαναγίνει φυσιολογικός και έτσι να ξαναγίνει φυσιολογικό το pH.
- Είναι προφανές ότι αν η $[\text{HCO}_3^-]$ μειωθεί στο μισό τότε και η μείωση του $[0,03 * P_{\text{CO}_2}]$ στο μισό θα διατηρήσει το λόγο σταθερό.



ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

- Η HCO_3^- ελέγχεται και ρυθμίζεται από τους **νεφρούς**.
- Η P_{CO_2} ελέγχεται και ρυθμίζεται από τους **πνεύμονες**.
- Η αντιρρόπηση μπορεί να είναι πλήρης ή μερική.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Μεταβολές του κυψελιδικού αερισμού θα μεταβάλλουν την τιμή της P_{CO_2} .
- Αύξηση του αερισμού θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του P_{CO_2} .
- Μεταβολές της $[H^+]$ διεγείρουν και τους χημειοϋποδοχείς των καρωτιδικών σωματίων και των κεντρικών χημειοϋποδοχέων του προμήκους.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Πιθανώς η διέγερση αυτών των δύο ειδών υποδοχέων να δίνει διαφορετικές πληροφορίες για την κατάσταση της οξεοβασικής ισορροπίας.
- Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καρωτιδικοί χημειοϋποδοχείς παίρνουν πληροφορίες απευθείας από το αρτηριακό αίμα, ενώ οι χημειοϋποδοχείς του προμήκους παίρνουν πληροφορίες από το εγκεφαλονωτιαίο υγρό (ΕΝΥ).



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Επειδή υπάρχει ο αιματοεγκεφαλικός φραγμός η $[\text{HCO}_3^-]$ και η $[\text{H}^+]$ μεταβάλλονται αργότερα στο ΕΝΥ από ότι στο αίμα όταν υπάρχει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας.
- Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μετακίνηση των ιόντων επηρεάζεται όχι μόνο από τη συγκέντρωσή τους αλλά και από το ηλεκτρικό τους φορτίο.
- Τα ιόντα $[\text{HCO}_3^-]$ δεν είναι ελεύθερα διαβατά από τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Για παράδειγμα, σε οξεία μεταβολική οξέωση:
 1. Η $[\text{HCO}_3^-]$ πέφτει γρήγορα στο αίμα
 2. Το pH πέφτει γρήγορα στο αίμα
 3. Στο ΕΝΥ όμως η $[\text{HCO}_3^-]$ και το pH δε μεταβάλλονται αρκετά, τουλάχιστον στην αρχή της μεταβολής.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- 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.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Το αναπνευστικό σύστημα σχεδόν ποτέ δεν αντιρροπεί εντελώς μία μεταβολική διαταραχή, αν και έχει την ικανότητα να κάνει μία τέτοια λειτουργία.
- Αν και η αναπνευστική αντιρρόπηση αρχίζει μέσα σε λεπτά, η μέγιστη απόκριση απαιτεί 5 έως 6 ώρες προκειμένου να συμβεί.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

Οξύ μη πτητικό σταθερό



$\text{HCO}_3^- / \text{P}_{\text{CO}_2}$



pH



Διέγερση καρωτιδικού
σωματίου



Διέγερση αναπνοής



Υπεραερισμός



Πτώση pH και P_{CO_2}

Ελεύθερη διάβαση

Πτώση P_{CO_2}

Αιματοεγκεφαλικός φραγμός

HCO_3^-

$\text{HCO}_3^- / \text{P}_{\text{CO}_2} \rightarrow \text{pH}$

Ατελής αντιρρόπηση



Μικρότερη της αναμενόμενης
διέγερση αναπνευστικού κέντρου



Καταστολή
αναπνευστικού κέντρου

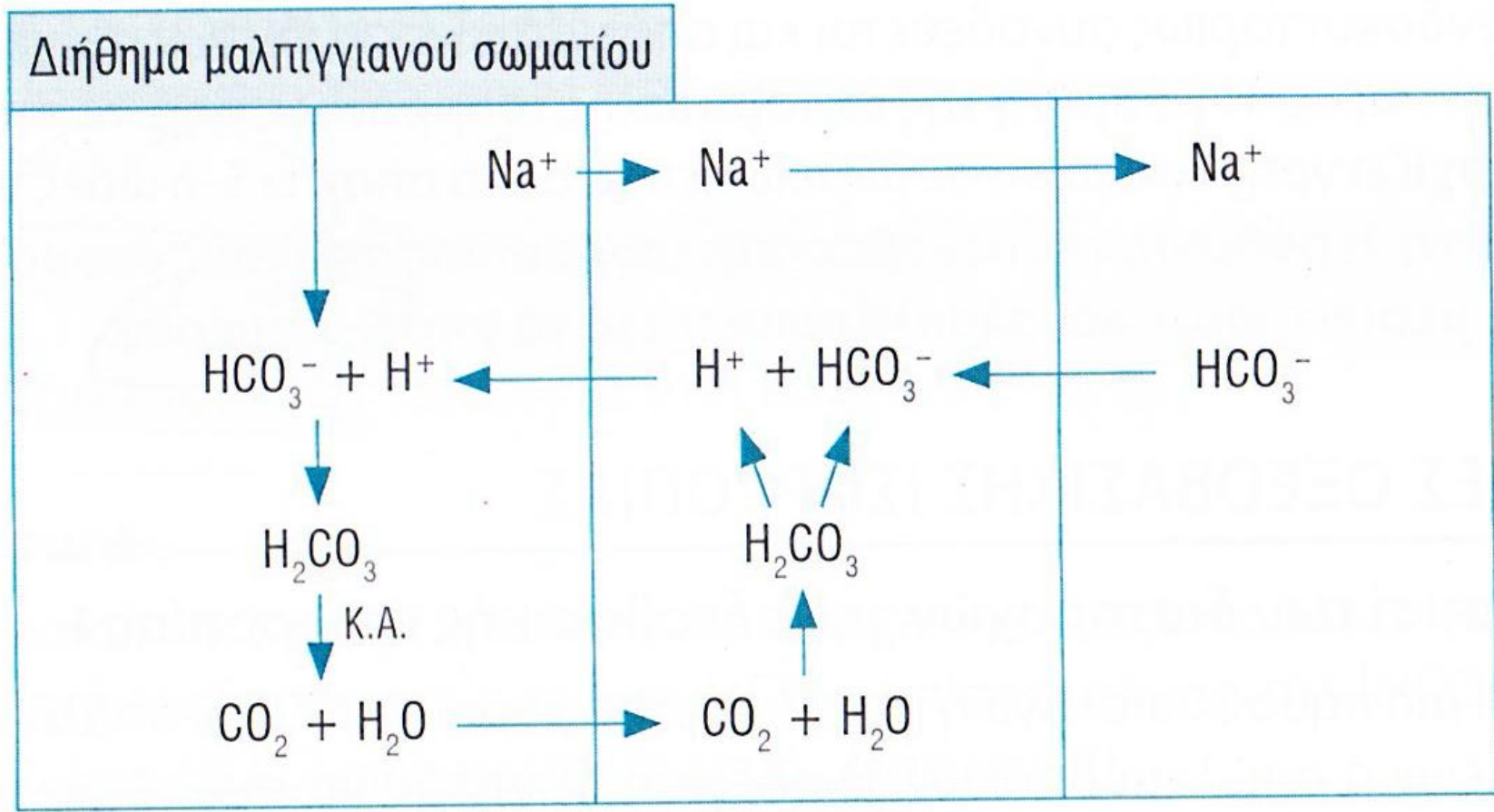


ΝΕΦΡΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Οι νεφροί, όπως και οι πνεύμονες, διαχειρίζονται το CO_2 που αποτελεί κοινό προϊόν καταβολισμού πρωτεϊνών, υδατανθράκων και λιπών.
- Το CO_2 μετατρέπεται σε H^+ που αποβάλλεται δια των ούρων και σε HCO_3^- που απορροφάται δια του αίματος του



ΝΕΦΡΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ



ΝΕΦΡΙΚΗ ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Αρχικά οι νεφροί ρυθμίζουν τις μεταβολές της $[\text{HCO}_3^-]$ παράγοντας όξινα ή αλκαλικά ούρα.
- Όταν τα ούρα είναι όξινα, H^+ αποβάλλονται οπότε τα HCO_3^- απελευθερώνονται μέσα στις νεφρικές φλέβες προκαλώντας αύξηση της συγκέντρωσης των $[\text{HCO}_3^-]$ εντός του αίματος.
- Όταν τα ούρα είναι αλκαλικά, τότε η συγκέντρωση των $[\text{HCO}_3^-]$ του αίματος μειώνεται.
- Η νεφρική ανταπόκριση αρχίζει μερικές ώρες μετά την έναρξη της διαταραχής της οξεοβασικής ισορροπίας, αλλά δεν ολοκληρώνεται αν δε μεσολαβήσουν μερικές μέρες (συνήθως 5 έως 7 ημέρες).



ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- Οξέωση είναι μία παθοφυσιολογική μεταβολή που χαρακτηρίζεται από αύξηση της $[H^+]$.
- Αλκάλωση είναι μία παθοφυσιολογική μεταβολή που χαρακτηρίζεται από μείωση της $[H^+]$.



ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- Τέσσερις πιθανές πρωταρχικές διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας:
 - 1) Μεταβολική οξέωση,
 - 2) Μεταβολική αλκάλωση,
 - 3) Αναπνευστική οξέωση και
 - 4) Αναπνευστική αλκάλωση.

- Αν συνυπάρχουν δύο διαταραχές τότε ο χαρακτηρισμός τους γίνεται συνδυασμένα, δηλ. μικτή μεταβολική αλκάλωση και αναπνευστική οξέωση.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

- Είναι η διαταραχή που προκαλείται λόγω μείωσης της $[\text{HCO}_3^-]$.
- Συνήθως αυξάνεται η $[\text{H}^+]$ και μειώνεται το pH.
- Για πτώση 1 mEq/L της $[\text{HCO}_3^-]$, η P_{CO_2} πέφτει κατά 1,2 mmHg.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ - ΑΙΤΙΑ

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΙΣΧΥΡΟΥ ΟΞΕΟΣ

- **Κετοξέωση**
 - Σακχαρώδης διαβήτης
 - Λήψη αιθανόλης
- **Γαλακτική οξέωση**
 - Πτωχή αιμάτωση ιστών
 - Σοκ (υποογκαινικό, σηπτικό, καρδιογενές)
 - ARDS
 - Φάρμακα (π.χ. αιθανόλη, μεθανόλη, σαλικυλικά)
- **Ουραιμία**
- **Διάφορα τοξικά ανιόντα**
 - Διαιθυλο-γλυκόζη
 - Μεθανόλη
 - Παραλδεΐδη
 - Σαλικυλικά
- **Μαζική ραβδομύλυση**

ΑΠΩΛΕΙΑ ΔΙΤΤΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ

- **Απώλεια από το γαστρεντερικό σωλήνα**
 - Διάρροια
 - Απώλεια παγκρεατικού υγρού
- **Απώλεια από τους νεφρούς**
 - Φάρμακα που αναστέλλουν τη δράση της καρβονικής ανυδράσης
 - Σωληναριακή οξέωση



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

- Όταν προστίθεται στον οργανισμό ένα οξύ, τότε αυξάνεται το χάσμα ανιόντων.
- Το χάσμα ανιόντων υπολογίζεται αν αφαιρέσουμε από όλα τα μετρηθέντα ανιόντα από τα μετρηθέντα κατιόντα.
- Έτσι:
 - Χάσμα ανιόντων = $[Na^+] - ([Cl^-] + [HCO_3^-])$



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

- Σε φυσιολογικές συνθήκες, το χάσμα ανιόντων είναι 10-14 mEq/L.
- Στη μεταβολική οξέωση υπάρχουν δύο κλινικές μορφές με βάση το χάσμα ανιόντων:
 - 1) Αυξημένο χάσμα ανιόντων (προσθήκη οξέος) και
 - 2) Φυσιολογικό χάσμα ανιόντων (απώλεια βάσεων).



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ- ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Αν ο αριθμητής της εξίσωσης Henderson-Hasselbalch μειωθεί, τότε αν μειωθεί και ο παρονομαστής (P_{CO_2}) θα επανέλθει η τιμή του pH σε φυσιολογικές τιμές.
- Για το σκοπό αυτό παρατηρείται αύξηση του κυψελιδικού αερισμού που προκαλεί πτώση της P_{CO_2} .
- Η αντιρρόπηση αυτή δεν είναι πλήρης διότι ο κεντρικός χημειοϋποδοχέας αντιλαμβάνεται μικρότερου βαθμού οξέωση από ότι ο χημειοϋποδοχέας του καρωτιδικού σωματίου.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

- Η αναπνοή **Kussmaul** παρατηρείται σε μεταβολική οξέωση.
- Χαρακτηρίζεται από βαθιές αραιές αναπνοές.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ-ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Η θεραπεία της υποκείμενης νόσου είναι απαραίτητη.
 - Π.χ. η διαβητική οξέωση θεραπεύεται με ινσουλίνη και χορήγηση υγρών.
- Συνήθως το υπεύθυνο για την οξέωση οξύ μεταβολίζεται σε ασθενέστερο οξύ.
- Αν το ισχυρό οξύ δεν μπορεί να μεταβολισθεί τότε πρέπει να αποβληθεί.
 - Μόνο οι νεφροί μπορούν να αποβάλλουν οξέα.
 - Αν οι νεφροί δεν μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτή τη διαδικασία τότε χρησιμοποιείται η αιμοκάθαρση.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

- Η μεταβολική αλκάλωση είναι η παθοφυσιολογική διεργασία, κατά την οποία αυξάνεται το pH (μειώνεται η $[H^+]$ δια της αύξησης της $[HCO_3^-]$).
- Για κάθε 1mEq/L αύξησης της $[HCO_3^-]$, η P_{CO_2} αυξάνεται κατά 0,6mmHg.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

- Αύξηση της $[\text{HCO}_3^-]$ είναι δυνατόν να προκληθεί από την κατακράτηση HCO_3^- από απώλεια H^+ ή από απώλεια άλλων ανιόντων (π.χ. χλωρίου)



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

Αίτια μη υποχλωραιμικής μεταβολικής αλκάλωσης:

- **Απώλεια εξωκυττάρων υγρών:**
 - Νεφροί
 - Διουρητικά, σύνδρομο Bartter, έλλειψη Mg^{2+}
 - Γαστρεντερικό
 - Έμετοι, απώλεια Cl^- λόγω διάρροιας
- **Αύξηση εξωκυττάρων υγρών:**
 - Αύξηση ρενίνης και αλδοστερόνης
 - Μείωση ρενίνης και αύξηση αλδοστερόνης (όγκοι επινεφριδίων)
 - Μείωση ρενίνης και αλδοστερόνης με αύξηση υδροκορτιζόνης (σύνδρομο Cushing, χορήγηση εξωγενών αλατοκορτικοειδών)

Αίτια υποχλωραιμικής μεταβολικής αλκάλωσης:

- **Νεφρική σωληναριακή οξέωση:**
 - *Τύπος I:* συγγενής διαταραχή με ή χωρίς συστηματική νόσο, υπεργαμμασφαιριναιμία (συστηματική νόσος, ιδιοπαθής πνευμονική ίνωση, σύνδρομο Sjogren), τοξικότητα φαρμάκων, νεφρασβέστωση, πυελονεφρίτιδα.
 - *Τύπος II:* μη συνοδευόμενη με άλλη σωληναριακή βλάβη, συνοδευόμενη από απώλεια γλυκόζης, φωσφόρου, αμινοξέων, πρωτεϊνών μικρού μοριακού βάρους (δυσπρωτεϊναιμία, δευτεροπαθής υπερπαραθυρεοειδισμός, νόσος διάμεσου ιστού των νεφρών)
 - *Τύπος I και II*
 - *Τύπος IV:* υπερκαλιαιμική έλλειψη αλατοκορτικοειδών
- **Μη νεφρική υπερχλωραιμική οξέωση:**
 - Διάρροια
 - Ουρητηροσιγμοειδοστομία



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

- Η απώλεια H^+ αποτελεί την κυριότερη αιτία της μεταβολικής αλκάλωσης.
- Τα H^+ μπορούν να αποβληθούν μέσω του γαστρεντερικού ή μέσω των νεφρών.
- Γαστρεντερικό:
- Όταν τα γαστρικά κύτταρα εκκρίνουν H^+ μέσα στο στόμαχο(συνοδευόμενα από Cl^-), τότε αντίστοιχη ποσότητα HCO_3^- παράγεται και εισέρχεται στο αίμα.
- Κατά συνέπεια, απώλεια γαστρικού περιεχομένου (έμετοι, εισρόφηση) οδηγούν σε απώλεια H^+ και Cl^- και σε αύξηση της $[HCO_3^-]$ του αίματος.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

Νεφροί:

- Οι νεφροί εκκρίνουν H^+ . Συγκεκριμένα, για κάθε H^+ που εκκρίνεται, παράγεται και ένα HCO_3^- .
- Αν η παραγωγή H^+ είναι μεγάλη, τότε η $[HCO_3^-]$ αυξάνεται.
- Αιτίες που οδηγούν σε μεγάλη απώλεια H^+ δια των ούρων περιλαμβάνουν:
 - Την επίδραση των αδρενοκορτικοειδών στους νεφρούς και
 - Τη μεγάλη απώλεια K^+ με ή χωρίς μείωση του ενδαγγειακού όγκου.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ- ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Όταν ο αριθμητής $[\text{HCO}_3^-]$ της εξίσωσης Henderson-Hasselbalch αυξάνεται, τότε αύξηση και του παρονομαστή (P_{CO_2}) θα είχε ως αποτέλεσμα την επαναφορά του pH σε φυσιολογικά επίπεδα.
- Πολλοί παράγοντες φαίνεται πως παίζουν ρόλο στην αντιρρόπηση του αναπνευστικού:
 1. Η αλκάλωση αμβλύνει τα χημικά ερεθίσματα της αναπνοής και οι ασθενείς που υποαερίζουν και έχουν αλκάλωση έχουν αμβλυμένα υπερκαπνικά ερεθίσματα.
 2. Ο υποαερισμός πάντα προκαλεί υποξαιμία. Όταν η υποξαιμία είναι αρκετά βαριά, προκαλεί διέγερση της αναπνοής με αποτέλεσμα να αναστέλλει την καταστολή της αναπνοής που έχει προκληθεί από την αλκάλωση.
- Αποτέλεσμα: Μερική και όχι πλήρης αντιρρόπηση.



ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ- ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Διόρθωση της υποκείμενης αιτίας.
- Σε μερικές περιπτώσεις άλλοι παράγοντες σχετίζονται με τη μεταβολική αλκάλωση και παρατείνουν την ύπαρξή της, όπως απώλεια όγκου υγρών, χλωρίου, καλίου κ.λπ.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ

- Η αναπνευστική οξέωση είναι διαταραχή που μειώνει το pH (αυξάνει $[H^+]$) επειδή αρχικά προκαλείται αύξηση της P_{CO_2} (υπερκαπνία).
- Για κάθε 1mmHg αύξηση της P_{CO_2} , αυξάνεται κατά 0,4 mEq/L επί χρόνιας αντιρρόπησης και κατά 0,1 mEq/L επί οξείας αντιρρόπησης.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

- **Καταστολή ΚΝΣ:**
 - Φάρμακα (οπιούζα, αναισθητικά, ηρεμιστικά)
 - Οξυγονοθεραπεία επί ΧΑΠ
 - Σύνδρομο υποαερισμού επί παχυσαρκίας
 - Νόσοι του ΚΝΣ
- **Νευρομυϊκές διαταραχές:**
 - Νευρολογικές (σκλήρυνση κατά πλάκας, πολιομυελίτιδα, βλάβη φρενικού νεύρου, σύνδρομο Guillain-Barree, τέτανος)
 - Νευρομυϊκές συνάψεις (μυασθένεια Gravis)
 - Μυϊκές (υποκαλιαιμία, υποφωσφαταιμία, μυϊκή δυστροφία)
- **Απόφραξη αεραγωγών:**
 - ΧΑΠ
 - Εισρόφηση – Λαρυγγόσπασμος
- **Περιορισμός θωρακικού τοιχώματος:**
 - Υπεζωκοτική κοιλότητα (πλευρίτιδα κ.λπ.)
 - Θωρακικό τοίχωμα (κυφοσκλίωση κ.λπ.)
- **Βαρειά περιοριστική πνευμονική νόσος:**
 - Πνευμονική ίνωση
 - Πνευμονικό οίδημα



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ- ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Αφού ο παρονομαστής (P_{CO_2}) της εξίσωσης Henderson-Hasselbalch αυξάνεται, μία συνοδός αύξηση του αριθμητή, δηλαδή της $[HCO_3^-]$ θα αυξήσει το pH και το φθάσει σε φυσιολογικά περίπου επίπεδα.
- Οι νεφροί διαθέτουν πολλούς διαφορετικούς τρόπους για να αυξήσουν την $[HCO_3^-]$. Αρχικά οι νεφροί επαναρροφούν όλη την ποσότητα του διηθούμενου HCO_3^- .
- Εκτός αυτού, οι νεφροί παράγουν νέες ρίζες HCO_3^- . Η διεργασία αυτή της παραγωγής HCO_3^- απαιτεί την έκκριση H^+ .



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ- ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Το σύστημα ελέγχου της αναπνοής, όταν είναι φυσιολογικό, αυξάνει τη δραστηριότητά του όταν τείνει να αυξηθεί η P_{CO_2} .
- Σε ασθενείς ακόμη και όταν υπάρχει υπερκαπνία, το σύστημα ελέγχου της αναπνοής είναι δυνατόν να μην υπερλειτουργεί και η υπερκαπνία να παραμένει.
- Η υπερκαπνία δημιουργείται και ως συνέπεια υποαερισμού και ως συνέπεια εκτροπής της σχέσης αερισμού/αιμάτωσης.
- Άρα, η διόρθωση της αναπνευστικής οξέωσης θα γίνει μετά από διόρθωση του υποαερισμού.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

- Η αναπνευστική αλκάλωση είναι η διαταραχή που αυξάνει το pH (μειώνεται η $[H^+]$) λόγω πρωτογενούς μείωσης της P_{CO_2} , η οποία προκαλείται λόγω κυψελιδικού υπεραερισμού.
- Για κάθε 1 mmHg πτώσης της P_{CO_2} , η $[HCO_3^-]$ μειώνεται κατά 0,4 mEq/L χρονίως και κατά 0,1 mEq/L οξέως.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

- 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 P_{CO_2} .
- Υπεραερισμός παρατηρείται όταν η δραστηριότητα του αναπνευστικού κέντρου αυξάνεται.
- Η δραστηριότητα ρυθμίζεται με 3 διαφορετικά είδη πληροφοριών:
 1. Πληροφορίες από το φλοιό,
 2. Πληροφορίες από το αίμα (P_{aO_2} , P_{aCO_2} και pH) και
 3. Πληροφορίες από το πνευμονικό παρέγχυμα, τα διαφράγματα και το θωρακικό τοίχωμα.



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-ΑΙΤΙΑ

- **Νόσοι ΚΝΣ:**
 - Σύνδρομο υπεραερισμού, αγωνία
 - Νόσοι εγκεφαλικών αγγείων
 - Μηνιγγίτιδα, εγκεφαλίτιδα
- **Υποξία:**
 - Πνευμονικές νόσοι (διάμεση ίνωση, πνευμονία, πνευμονική εμβολή, πνευμονικό οίδημα)
 - Νευρομυϊκές συνάψεις (μυασθένεια Gravis)
 - Μυϊκές (υποκαλιαιμία, υποφωσφαταιμία, μυϊκή δυστροφία)
- **Υπόταση**
- **Ηπατική ανεπάρκεια**
- **Φάρμακα:**
 - Σαλικυλικά
 - Νικοτίνη
 - Ξανθίνη
- **Μεγάλο υψόμετρο**
- **Αναπνευστήρες**



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ- ΑΝΤΙΡΡΟΠΗΣΗ

- Ο παρονομαστής $[P_{CO_2}]$ της εξίσωσης Henderson-Hasselbalch μειώνεται. Οπότε μείωση και του αριθμητή $[HCO_3^-]$ θα προκαλέσει πτώση του pH σε φυσιολογικές τιμές.
- Οι νεφροί έχουν την ικανότητα να μειώνουν τη $[HCO_3^-]$ αφήνοντας τα διηθούμενα HCO_3^- να αποβάλλονται με τα ούρα.
- Αν αποβληθούν πολλά HCO_3^- , τότε θα συνοδεύονται και από κατιόντα Na^+ ή K^+ . Κατά συνέπεια, ένδεια των κατιόντων αυτών είναι δυνατόν να αναστείλει την απέκκριση των HCO_3^- .

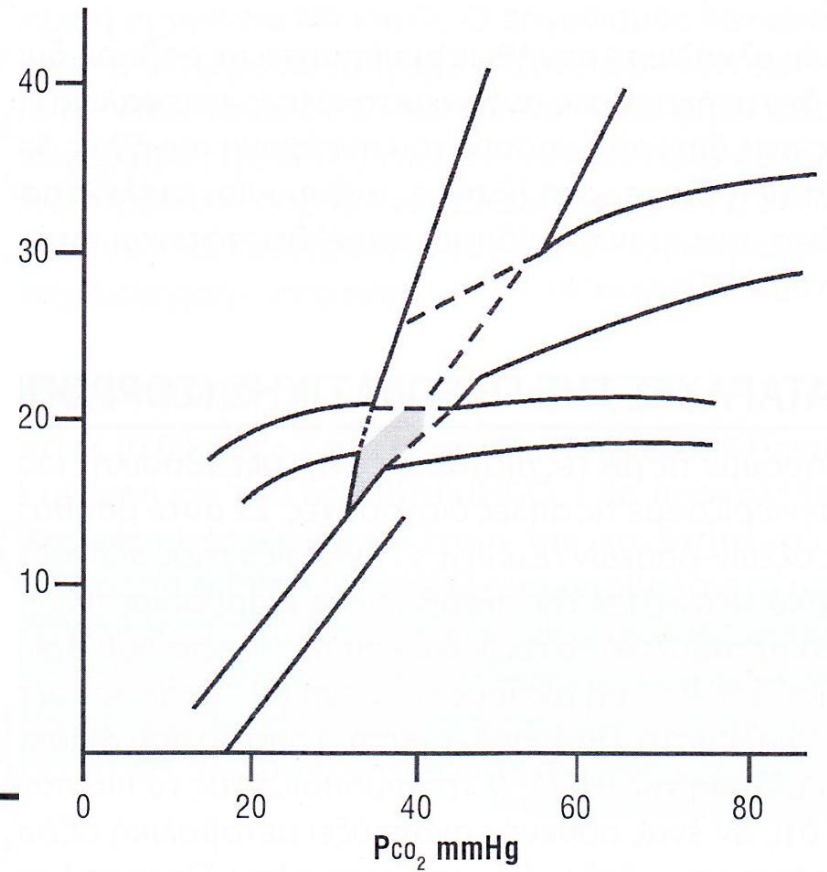
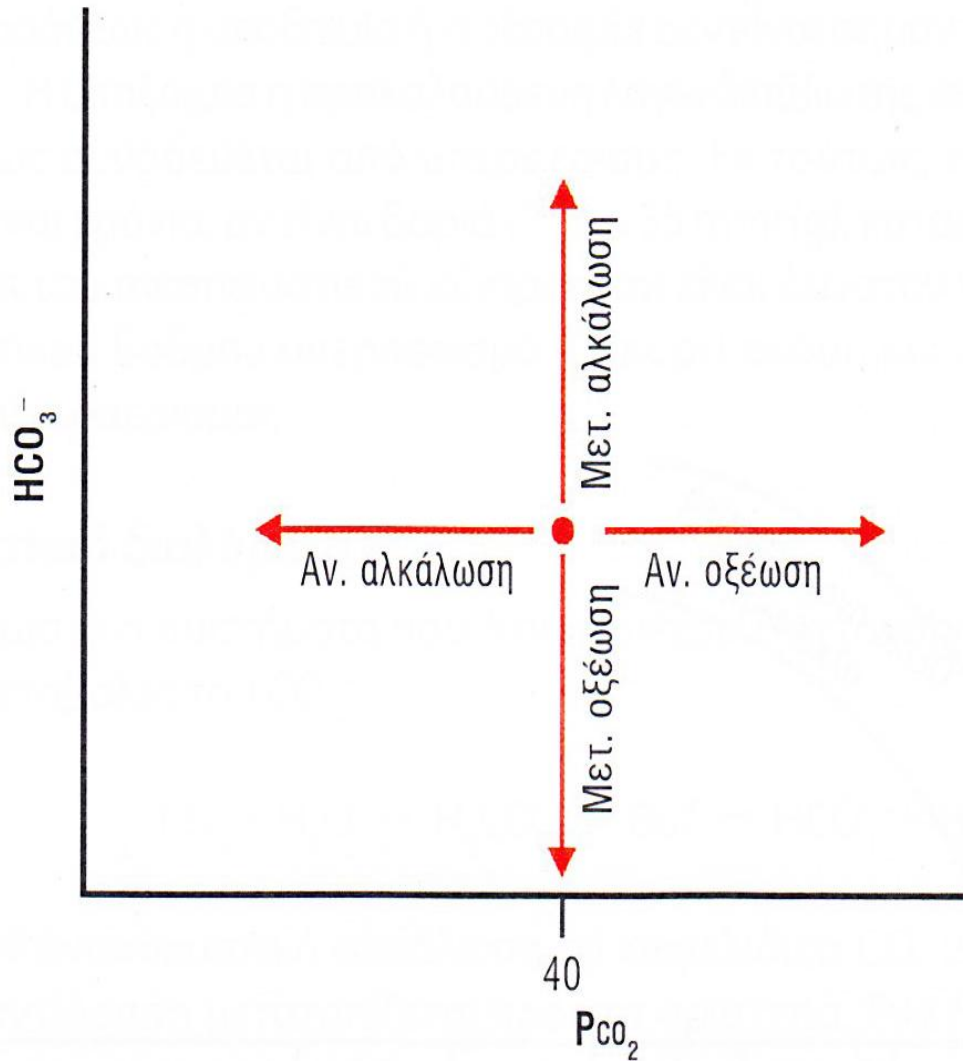


ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ- ΘΕΡΑΠΕΙΑ

- Η αναπνευστική αλκάλωση συνήθως συνυπάρχει με σοβαρή δυσλειτουργία οργάνων που δεν ανήκουν στο αναπνευστικό (π.χ. εγκεφαλικά επεισόδια).
- Ο υπεραερισμός στις διάμεσες νόσους του πνεύμονα συνήθως δεν είναι αναστρέψιμος.
- Όταν η διαταραχή (κύηση, πνευμονία, ατελεκτασία, ηπατική εγκεφαλοπάθεια, πνευμονικό οίδημα) παρέλθει, τότε και ο υπεραερισμός σταματά.



ΜΙΚΤΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ



ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

- 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.



ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΕΡΓΟΥ

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.1.



ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Κυριάκος Καρκούλιας. «Οξεοβασική ισορροπία. Οξεοβασική ισορροπία». Έκδοση: 1.1. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/MED1041/>



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

Εικόνες 1, 2: Εισαγωγή στη φυσιολογία του αναπνευστικού συστήματος, Σπυρόπουλος, Κωνσταντίνος, Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου, 2013 (τροποποιημένο).



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Δεν περιέχει.

