



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

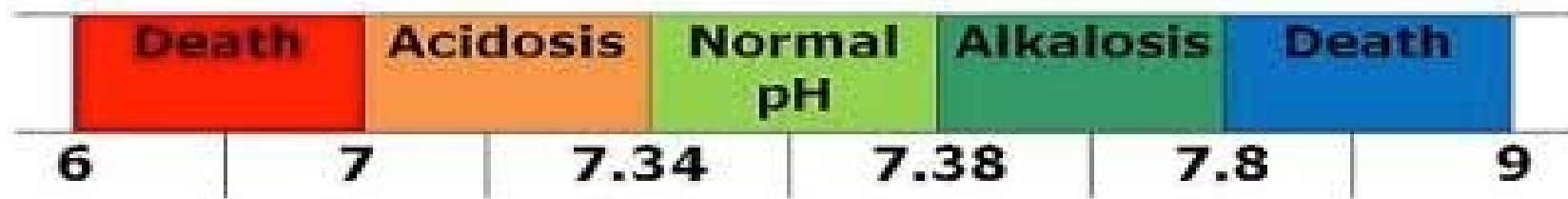
Βασίλης Βλαχάκος

Ειδικευόμενος Πνευμονολογίας – Φυματιολογίας

ΚΕΘ Πνευμονολογική κλινική

ΓΝΑ «Ο Ευαγγελισμός»

Blood pH Levels



- Το εξωκυττάριο pH, επηρεάζει τη λειτουργία των πρωτεϊνών/ενζύμων μέσα στα κύτταρα
- Σημαντικές αλλαγές στο εξωκυττάριο pH επηρεάζουν την εύρυθμη κυτταρική λειτουργία και είναι δυνατόν να απειλήσουν τη ζωή.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ pH

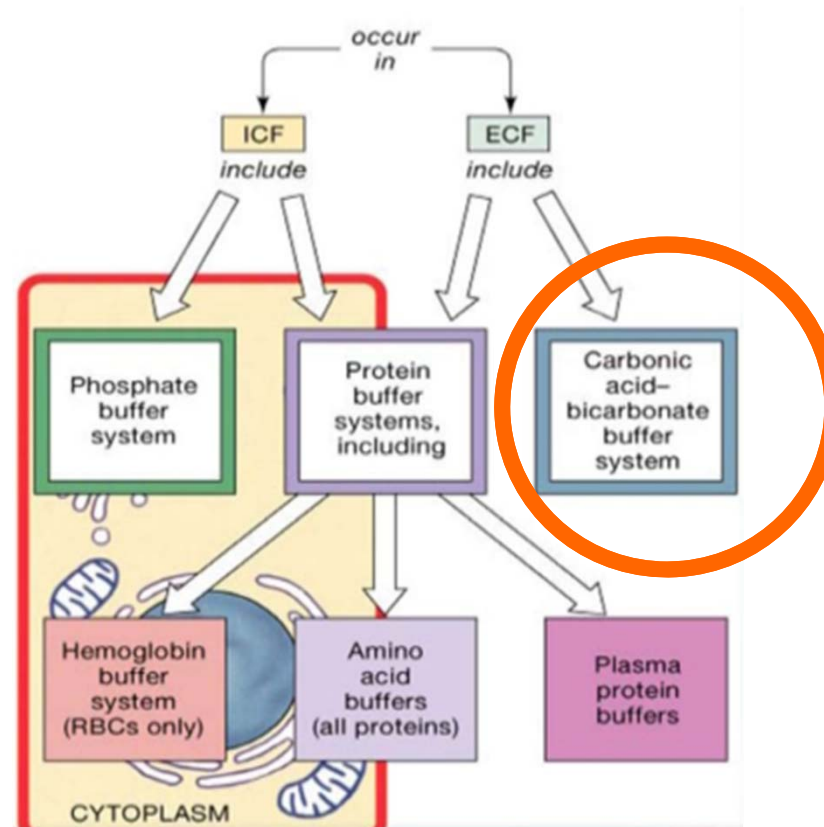
Τα ρυθμιστικά διαλύματα, τα οποία δρουν άμεσα (1^η γραμμή προστασίας του οργανισμού)

Το αναπνευστικό σύστημα, το οποίο δρα διαμέσου της αποβολής του CO₂ και αρχίζει τη δράση του μέσα σε λίγα λεπτά

Οι νεφροί (ο ισχυρότερος ρυθμιστής), οι οποίοι δρουν μέσα σε ώρες έως και ημέρες

ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Ενώσεις οι οποίες δεσμεύουν H^+ όταν αυξάνεται η $[H^+]$ και απελευθερώνουν H^+ όταν μειώνεται η $[H^+]$



ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

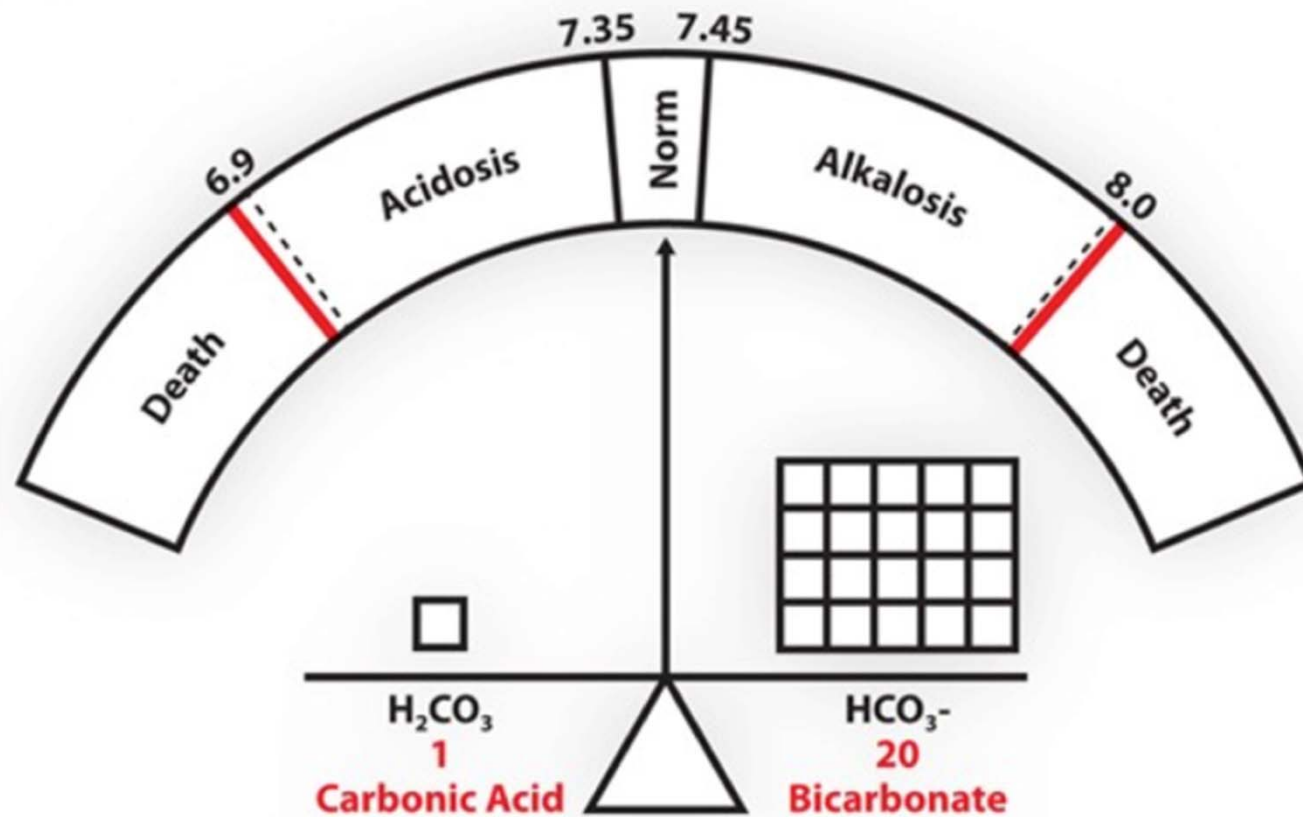
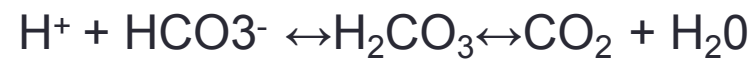


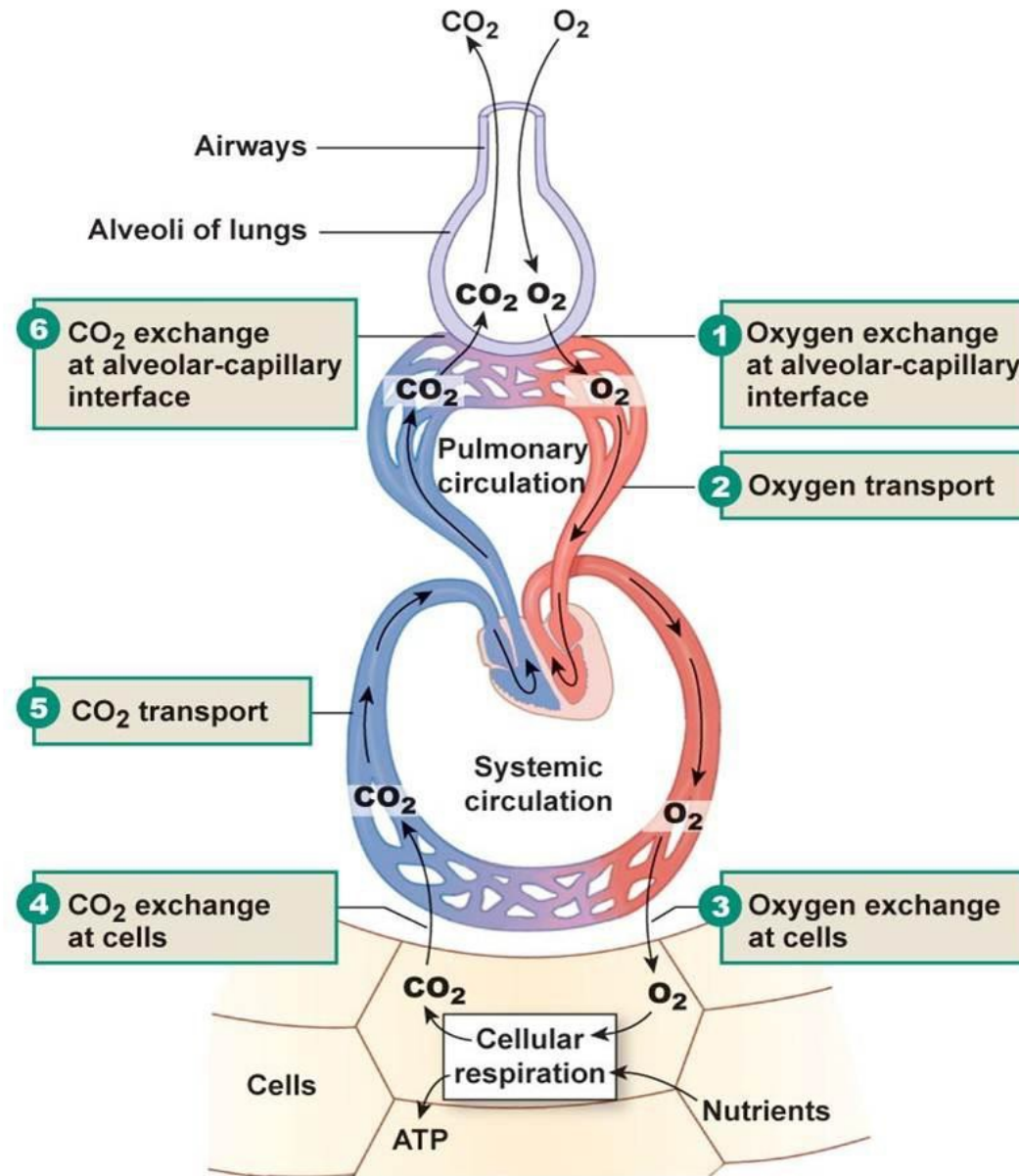
Figure adapted from Caroline NL: *Emergency care in the streets*, 2nd ed. Little, Brown and Company: Boston, 1979.

ΕΞΙΣΩΣΗ HENDESRON HASSELBALCH


$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$


ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

- Το CO₂ παράγεται συνεχώς κατά τον μεταβολισμό στο κύτταρο με ρυθμό περίπου 10mmol/min
- Εξέρχεται από τα κύτταρα και εισέρχεται στη φλεβική κυκλοφορία
- Με το μεικτό φλεβικό αίμα φτάνει στους πνεύμονες (PvCO₂ 45-47mmHg)
- Πνευμονικά τριχοειδή: Ένα μέρος διαχέεται στις κυψελίδες, ενώ το υπόλοιπο απομακρύνεται από τους πνεύμονες με τις πνευμονικές φλέβες (PaCO₂ 40mmHg)



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Επειδή ο εισπνεόμενος αέρας δεν περιέχει CO_2 , το ποσό του CO_2 που αποβάλλεται είναι ίσο με το γινόμενο ...

**Του εκπνεόμενου από τις κυψελίδες αέρα
(κυψελιδικός αερισμός)**

Επί

τη συγκέντρωση του CO_2 στις κυψελίδες

ΕΞΙΣΩΣΗ ΚΥΨΕΛΙΔΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

$$VCO_2 = VA \times FCO_2$$

Όπου

VCO_2 : Ρυθμός παραγωγής CO_2 από τους ιστούς = Ρυθμός αποβολής CO_2 από τους πνεύμονες

VA : Κυψελιδικός αερισμός, ο εκπνεόμενος, από τις κυψελίδες, αέρας

FCO_2 : Κλασμ. συγκέντρωση CO_2 , δηλαδή συγκέντρωση CO_2 στις κυψελίδες

αφού όμως ... $FCO_2 = PaCO_2 / K$

επομένως....

$$PaCO_2 = (VCO_2 \times K) / VA$$

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

pH > 7.40 και PCO₂ < 40 mmHg

Αναπνευστική αλκάλωση = υπεραερισμός



ΑΛΛΟΙ ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ



Ταχύπνοια :

Αυξημένη συχνότητα αναπνοών ($RR > 20$ brpm). Το $PaCO_2$ δεν μπορεί να προβλεφθεί.



Υπέρπνοια :

Αύξηση του βάθους και του ρυθμού της αναπνοής που οδηγεί σε αύξηση του κατά λεπτό αερισμού ($V_t \times f$). Μπορεί να συνοδεύει αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα και παραγωγή CO_2 (πχ στην άσκηση)

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ

pH > 7.40 και PCO₂ < 40 mmHg

Αναπνευστική αλκάλωση = υπεραερισμός



ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΟΚΑΠΝΙΑ

Ενδοκυττάρια και εξωκυττάρια ρύθμιση (εντός λεπτών):

Ενδοκυττάρια ρυθμιστικά συστήματα των πρωτεϊνών, ρυθμιστικό σύστημα H_2PO_4

Στην οξεία αναπνευστική αλκάλωση, η $[HCO_3]$ μειώνεται κατά 2 mEq/L περίπου για κάθε 10mmHg πτώσης της PCO_2

Νεφρική απόκριση (ώρες έως μέρες)

Μείωση έκκρισης H^+ από τα ουροφόρα σωληνάρια, άρα μείωση επαναρρόφησης HCO_3 από το εγγύς σωληνάριο, άρα πτώση $[HCO_3]$

Μείωση αποβολής NH_4 , κατακράτηση H^+ , εξουδετέρωση από HCO_3 , άρα πτώση $[HCO_3]$

Στη χρόνια αναπνευστική αλκάλωση, η $[HCO_3]$ μειώνεται κατά 4 mEq/L περίπου για κάθε 10 mmHg πτώση της PCO_2 .

ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΟΚΑΠΝΙΑ

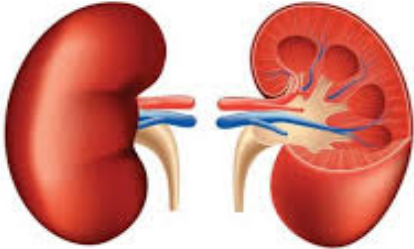
-Έχουμε $pH > 7.4$ και $pCO_2 < 40 \text{ mmHg}$;

-Ναι.

-Άρα έχουμε αναπνευστική αλκάλωση.

Κατά πόσα mEq/L έχει μειωθεί η $[HCO_3]$ για κάθε 10 mmHg πτώσης pCO_2 ;

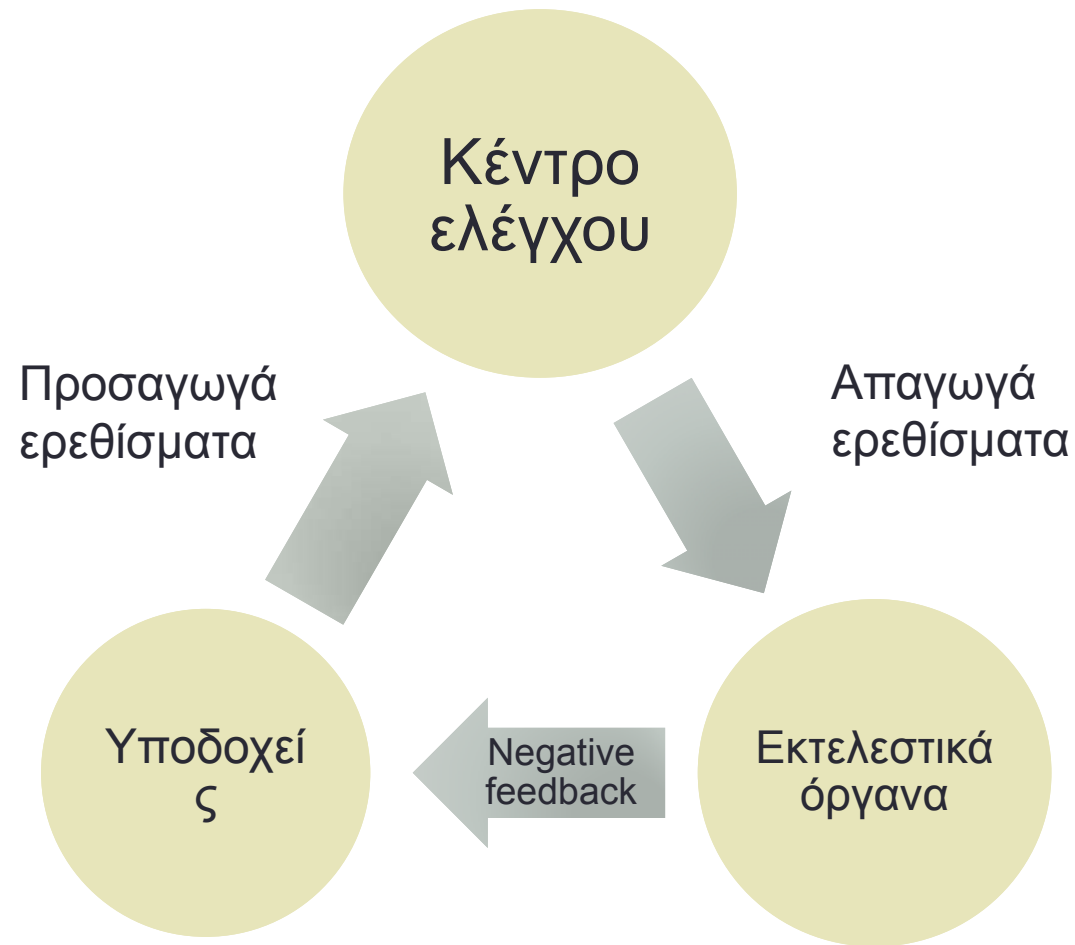
< 2	Συνυπάρχει μεταβολική αλκάλωση
2	Οξεία αναπνευστική αλκάλωση
2-4	Περίοδος μετάβασης ή μικτή διαταραχή
4	Χρόνια αναπνευστική αλκάλωση
> 4	Συνυπάρχει μεταβολική οξέωση


$$\text{pH} = \frac{\quad}{\quad}$$




ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ



ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΕΓΧΟΥ

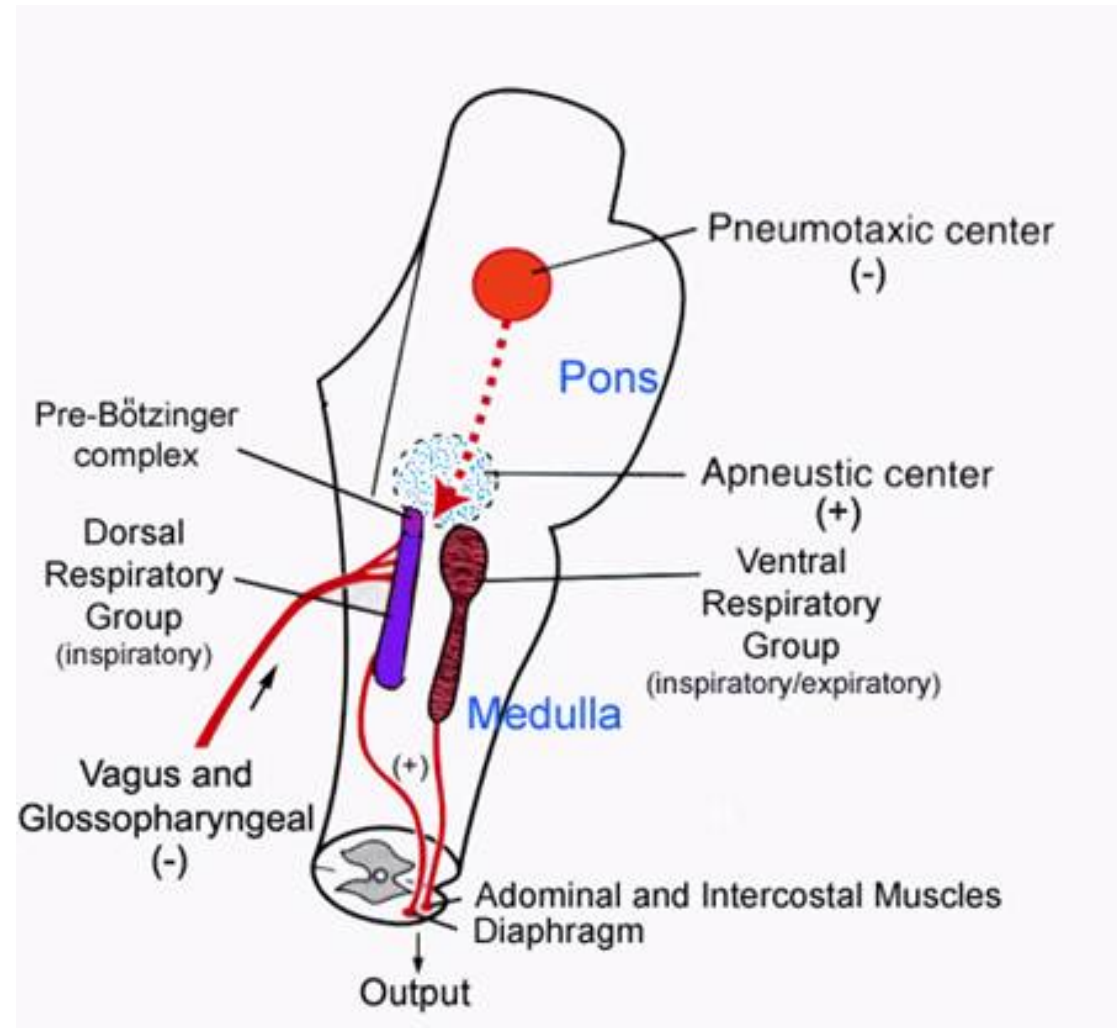
Στέλεχος

Προμηκικό
κέντρο

Απνευστικό
κέντρο της
γέφυρας

Πνευμοταξικό
κέντρο της
γέφυρας

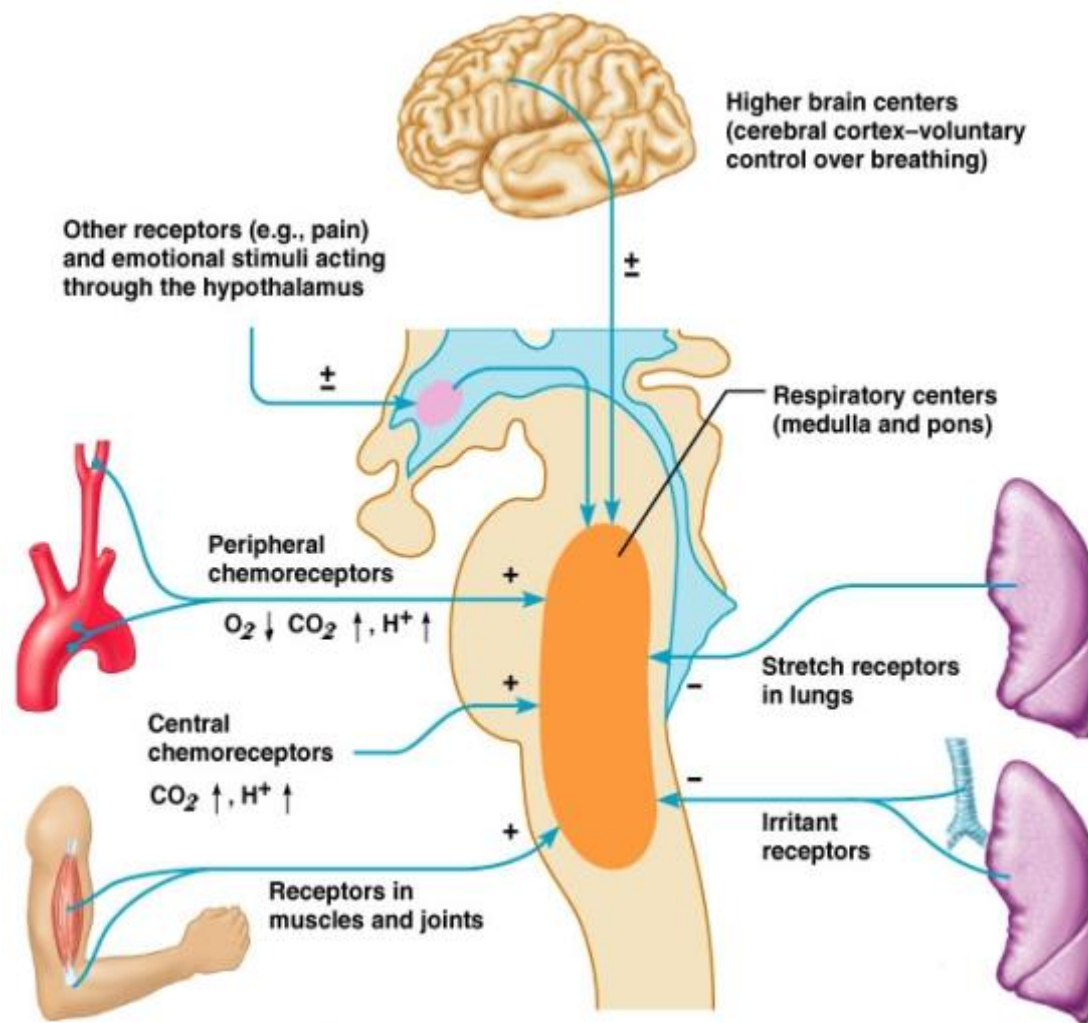
Φλοιός



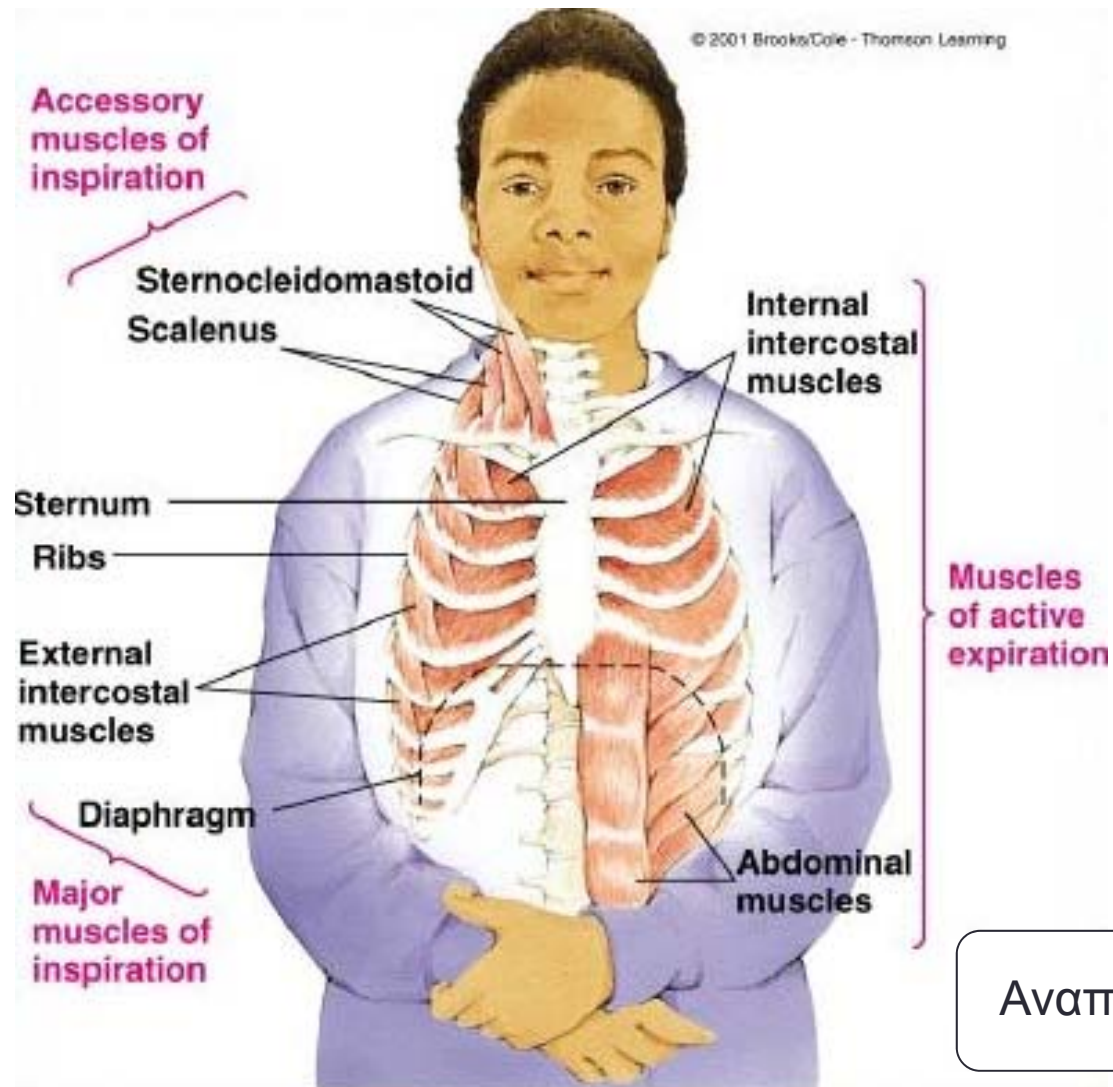
ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

- Κεντρικοί χημειουποδοχείς:
Κοιλιακή επιφάνεια του προμήκη
- Περιφερικοί χημειουποδοχείς:
Καρωτιδικά σωμάτια, αορτικά σωμάτια
- Πνευμονικοί τασεουποδοχείς: Ερεθιστικοί και παρατριχοειδικοί (Juxtacapillary receptors)
- Άλλοι υποδοχείς: Μύες, αρθρώσεις, υποδοχείς πόνου/θερμοκρασίας

ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ



ΕΚΤΕΛΕΣΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ



Αναπνευστικοί μύες



ΑΙΤΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

ΑΙΤΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

1. Κεντρικής αιτιολογίας (απ ευθείας δράση στο αναπνευστικό κέντρο)

Εγκεφαλική βλάβη (λοιμώξεις, νεοπλασμα, τραύμα)

ΑΕΕ

Σύνδρομο αγχώδους υπεραερισμού (ψυχογενές)

Άλλα «υπερσκηνιδιακά» αίτια (πόνος, φόβος, stress, εθελοντικός υπεραερισμός)

Φάρμακα (πχ αναληπτικά, μεθυλξανθίνες, νικοτίνη, κατεχολαμίνες, τοξικότητα από σαλικυλικά)

Διάφορες ενδογενείς ουσίες (πχ. προγεστερόνη στην εγκυμοσύνη, κυττοκίνες στη σήψη, τοξίνες σε ασθενείς με χρόνια ηπατική νόσο, υπερθυρεοειδισμός)

2. Υποξαιμία (δράση μέσω περιφερικών υποδοχέων)

Αναπνευστική διέγερση μέσω περιφερικών χημειοϋποδοχέων (υψόμετρο, R-L shunt)

3. Πνευμονικά αίτια (δράση μέσω ενδοπνευμονικών υποδοχέων)

Πνευμονική εμβολή

Πνευμονία

Άσθμα

Πνευμονικό οίδημα

Διάμεση πνευμονοπάθεια

Εμφύσημα, χρόνια βρογχίτις

Πνευμοθώρακας, αιμοθώρακας

4. Ιατρογενή (απ ευθείας δράση στον αερισμό)

Μηχανικός αερισμός



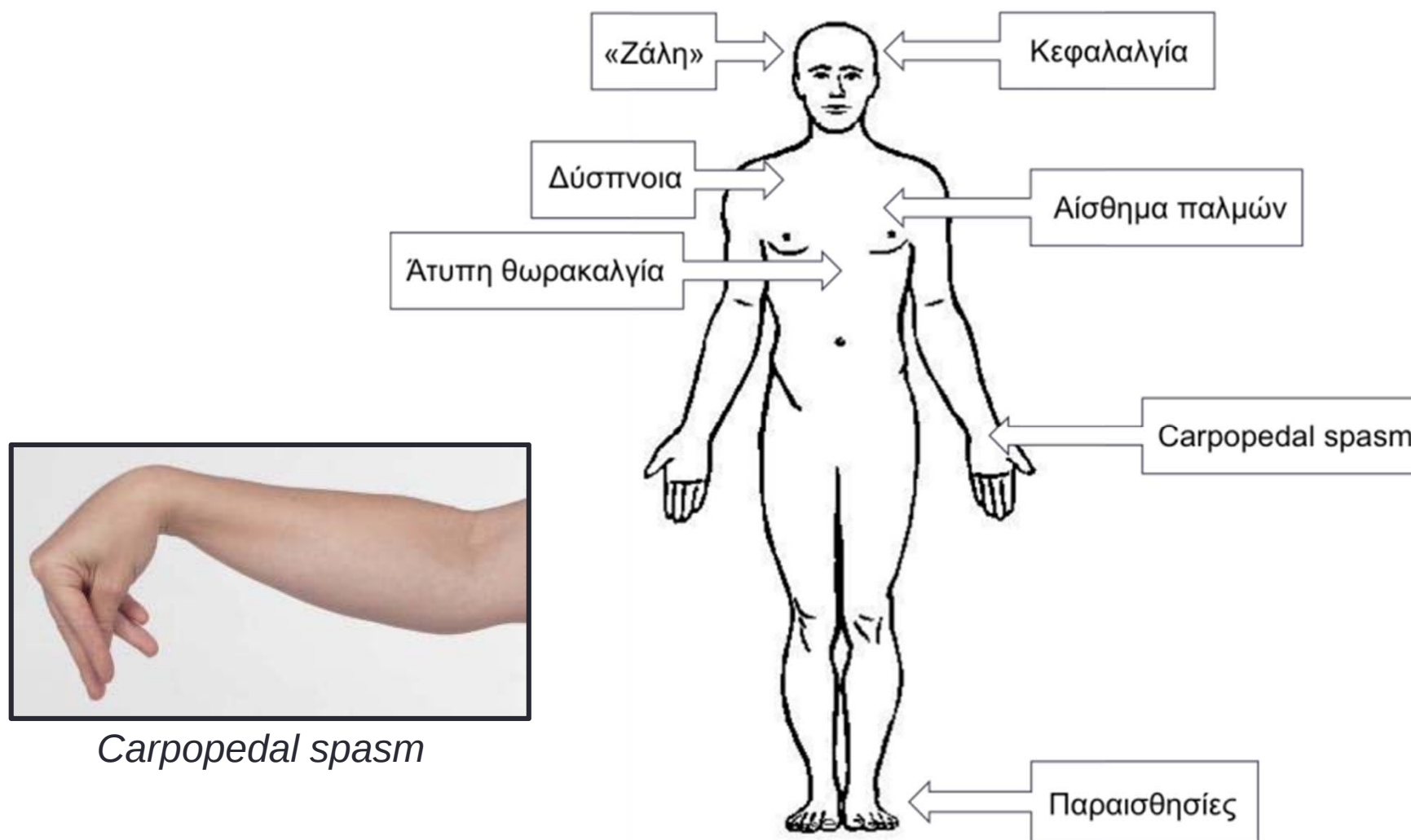
ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ

- Αναλόγως της υποκείμενης νόσου, τη διάρκεια εγκατάστασης της υποκαπνίας
- Είναι μη ειδικές
- Χαρακτηριστικό εύρημα η ταχύπνοια



ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ





ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

WORK-UP

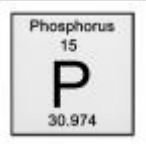
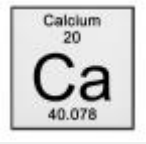
- **WBC:** αύξηση μπορεί να υποδεικνύει «κρυμμένη» σηπτική εστία
- **Κ/ες αίματος, πτυέλων, ούρων** και άλλων υλικών: πραγματοποιούνται όταν υπάρχει υπόνοια σήψης ή βακτηριαιμίας
- **Hct:** Για αποκλεισμό σοβαρής αναιμίας
- **Ηπατικά ένζυμα:** μπορεί να είναι αυξημένα όταν η αιτία της αναπνευστικής αλκάλωσης είναι η ηπατική ανεπάρκεια
- **Θυρεοειδικός έλεγχος:** πραγματοποιείται για τον αποκλεισμό υπερθυρεοειδισμού
- **β- ανθρώπινη χοριακή γοναδοτροπίνη:** αποκλεισμός ή επιβεβαίωση πιθανής κύησης
- **Επίπεδα φαρμάκων** (θεοφυλλίνης, σαλικυλικών κ.ά) και ουσιών

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

- **K⁺:** μικρές αλλαγές
Οξεία ΑΑ: υποκαλιαιμία (μετακίνηση K⁺ ενδοκυττάρια, μειωμένη νεφρική επαναρρόφηση και νεφρική απέκκριση HCO₃⁻)
Χρόνια ΑΑ: υποκαλιαιμία (καλιουρία, είσοδος των ιόντων K⁺ στα κύτταρα)
- **Na⁺:** υπονατριαιμία - ενδοκυττάρια μετακίνηση
- **Cl⁻:** υπερχλωραιμία – Διατήρηση της ηλεκτραρνητικότητας του εξωκυττάριου χώρου) - διατηρείται λόγω αυξημένης νεφρικής επαναρρόφησης

ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΙΑ Ca – P

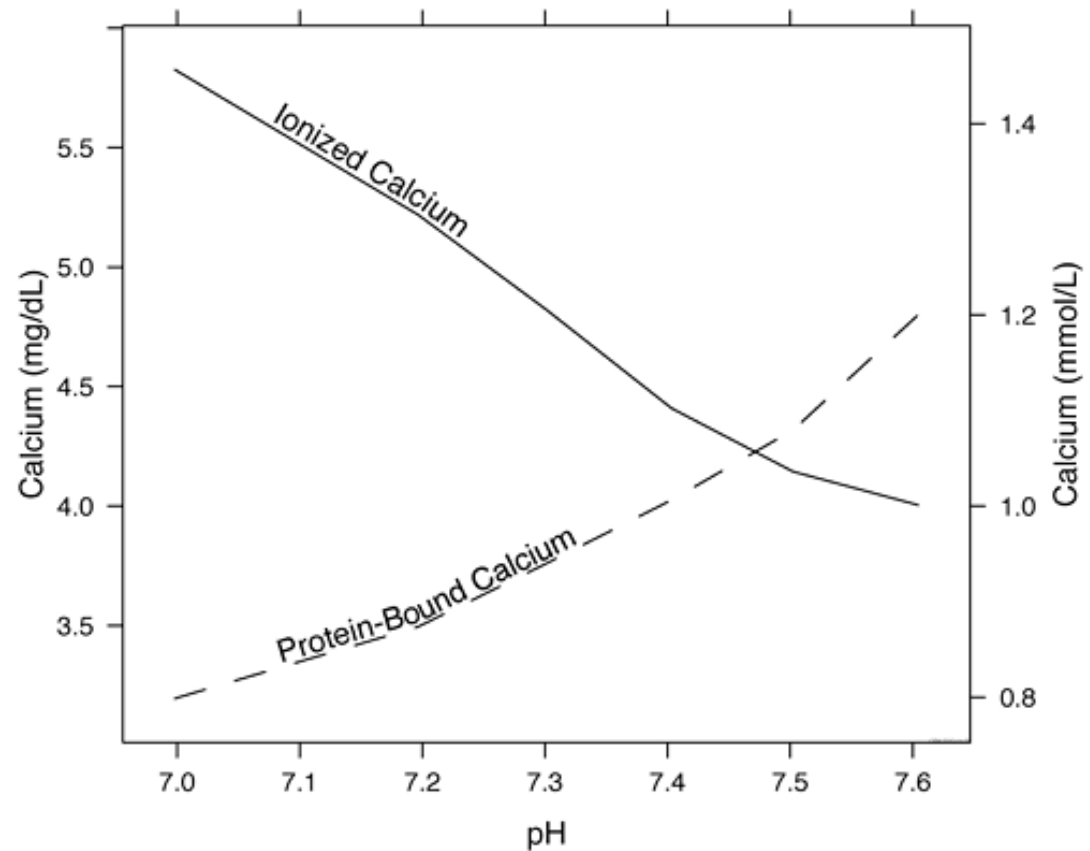
ΕΠΙ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗΣ ΑΛΚΑΛΩΣΗΣ

Τιμές στο αίμα	Μεταβολή	Μηχανισμός
Φωσφόρος 	Μείωση	Ενεργοποίηση φωσφοφρουκτοκινάσης και γλυκόλυσης επί αύξησης ενδοκυττάριου pH
Ασβέστιο 	Μείωση	Απώλεια ασβεστίου από την κυκλοφορία: Αύξηση συνδεδεμένου με πρωτεΐνη ασβεστίου Μείωση ιονισμένου ασβεστίου

ΟΞΕΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ ΚΑΙ ΥΠΑΣΒΕΣΤΙΑΙΜΙΑ

Για κάθε 0.1 αύξηση του pH:

το ιονισμένο Ca
ελαττώνεται κατά 0.16
mg/dl ή 0.04 mmol/L



McCudden CR, 2013

Oberleithner H et al. Eur J Clin Invest. 1982;12(6):451.



ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΑΙΤΙΟΥ

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗ

- Ανάλυση των αερίων του αρτηριακού αίματος
 - Λήψη ιστορικού
 - Κλινική εξέταση
- Πλήρης βιοχημικός και παρακλινικός έλεγχος
 - Απεικονιστικός έλεγχος



ΚΛΙΝΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Γυναίκα 36 ετών προσέρχεται στο ΤΕΠ Πνευμονολογικό αιτιώμενη δύσπνοια από ωρών, δεκατική πυρετική κίνηση και συνοδό πλευριτικού τύπου άλγος δεξιά

Ατομικό αναμνηστικό: Πρώην καπνίστρια, Δυσλιπιδαιμία

Κλινική εξέταση: Ταχυπνοική ασθενής, Μείωση αναπνευστικού ψιθυρίσματος δεξιά

Εργ. έλεγχος: CRP 4.0mg/dl, WBC 8050

Ακτινογραφία: Ασαφοποίηση δεξιάς πλευροδιαφραγματικής

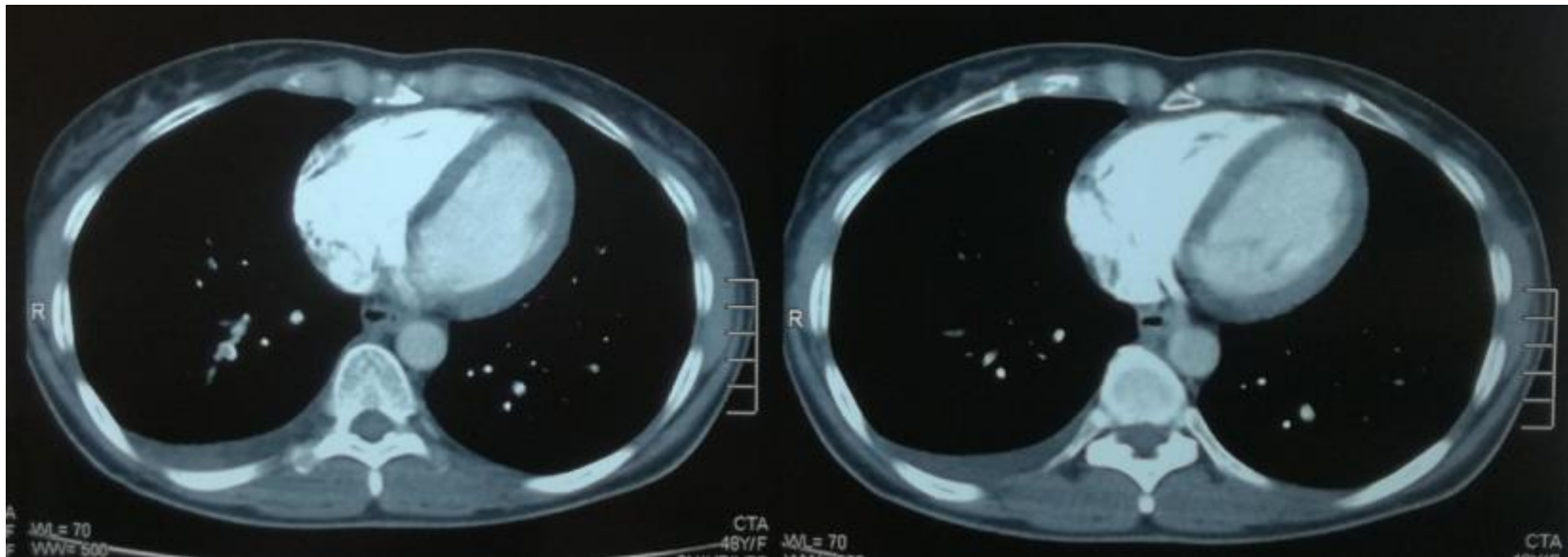
ABG: pH 7.53 / pCO₂ 25 / pO₂ 79 / HCO₃ 21

ABG: pH 7.53 / pCO₂ 25 / pO₂ 79 / HCO₃ 21

Έχουμε pH > 7.4 και pCO₂ < 40 mmHg, άρα έχουμε αναπνευστική αλκάλωση.

ΜΕΙΩΣΗ PCO2 ΚΑΤΑ 15 ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ PCO2 ΚΑΤΑ 10;		ΜΕΙΩΣΗ HCO3 ΚΑΤΑ 3 ΜΕΙΩΣΗ HCO3 ΚΑΤΑ.....	
< 2	Συνυπάρχει μεταβολική αλκάλωση		
2	Οξεία αναπνευστική αλκάλωση		
2-4	Περίοδος μετάβασης ή μικτή διαταραχή		
4	Χρόνια αναπνευστική αλκάλωση		
> 4	Συνυπάρχει μεταβολική οξέωση		

Η ασθενής εμφανίζει **αμιγή οξεία** αναπνευστική αλκάλωση.



(Επί υποψίας πνευμονικής εμβολής έγινε CTPA που ανέδειξε πνευμονική εμβολή δεξιά και μικρή υπεζωκοτική συλλογή σύστοιχα)

ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η θεραπεία της αναπνευστικής αλκάλωσης είναι η αντιμετώπιση του αιτίου που την προκαλεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αναπνευστική αλκάλωση χαρακτηρίζεται από $pH > 7.40$ και $PCO_2 < 40 \text{ mmHg}$ και εμφανίζεται σε καταστάσεις που προκαλούν υπεραερισμό.
- Η κλινική εικόνα πέρα από τα συμπτώματα και σημεία της υποκείμενης νόσου μπορεί να εμφανίσει διαταραχές του ΚΝΣ και τετανία λόγω μείωσης του ιονισμένου ασβεστίου
- Στην οξεία ΑΑ για κάθε 10 mmHg πτώση του PCO_2 από το 40 το HCO_3 μειώνεται άμεσα κατά 2 mEq/L
- Στην χρόνια ΑΑ (μετά πάροδο ωρών/ημερών), επειδή ο νεφρός αντιρροπεί με αύξηση της αποβολής HCO_3 , για κάθε 10 mmHg πτώση του PCO_2 από το 40 , το HCO_3 μειώνεται κατά 4 mmol/L
- Για την θεραπεία της ΑΑ πρέπει να αντιμετωπισθεί το πρωταρχικό αίτιο.

