

Γεώργιος Δ. Μπαμπλέκος MD, MSc, PhD



Χειρουργός Θώρακος

Φυσιολογία της Αναπνοής

Εισαγωγικές Έννοιες

Τα slides προέρχονται  
από το e-Class,  
Τμήμα Ιατρικής,  
Εργαστήριο Πειραματικής Φυσιολογίας,  
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

# ΑΝΑΠΝΟΗ



Αναπνοή καλείται το σύνολο των λειτουργιών δια των οποίων επιτελείται η ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.  
Δηλαδή: Η πρόσληψη του  $O_2$  και η αποβολή του  $CO_2$

# ΑΝΑΠΝΟΗ

- Σε φυσιολογικές συνθήκες ηρεμίας : 12-14 αναπνοές/min ( 45 στα νεογνά, 25 5 ετών)
- ΚΛΑΑ (κατά λεπτό αναπνεόμενος αέρας): 5-8 lt
- Σε κάθε αναπνοή διακινούνται στους άνδρες: 500ml και στις γυναίκες 340ml αέρα.

# ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

● Το αναπνευστικό σύστημα αρχίζει από τη ρινική και τη στοματική κοιλότητα και υποδιαιρείται σε:

1) ΑΕΡΑΓΩΓΟΥΣ

2) ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΤΩΝ  
ΑΕΡΙΩΝ

# ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

## 1) ΑΕΡΑΓΩΓΟΙ

- Ρινική κοιλότητα, στοματική κοιλότητα, μέρος του φάρυγγα (θέρμανση, προσθήκη υγρασίας, διήθηση αέρα, καθαρισμός)
- Λάρυγγας, φάρυγγας, τραχεία, βρόγχοι (10η-12η υποδιαίρεση).
- Ο αέρας αυτός δεν συμμετέχει στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων και για τον λόγο αυτόν ο αντίστοιχος χώρος χαρακτηρίζεται σαν νεκρός χώρος.



**ΝΕΚΡΟΣ ΧΩΡΟΣ:** Το τμήμα των αεροφόρων οδών όπου δεν πραγματοποιείται ανταλλαγή αερίων:

*Ρινική/στοματική κοιλότητα, φάρυγγας, λάρυγγας, τραχεία, βρόγχοι, βρογχιόλια 12<sup>ης</sup> διαίρεσης.) Διακρίνεται σε ανατομικό και λειτουργικό νεκρό χώρο και αντιστοιχεί στα 150ml αέρα που βρίσκονται ανατομικά στους αεραγωγούς και που λειτουργικά δεν συμμετέχουν στην ανταλλαγή αερίων.*

Προετοιμάζει τον εισπνεόμενο αέρα ώστε η επαφή του με τα τοιχώματα των κυψελίδων να μην έχει βλαπτική επίδραση.

# ΥΠΕΖΩΚΟΤΑΣ

- Ορογόνος υμένας με δύο πέταλα (γυάλινες πλάκες):
  - **Περίτονο** - επενδύει εσωτερικά την θωρακική κοιλότητα
  - **Περίσπλαγχο** - περιβάλλει εξωτερικά τους πνεύμονες.
- **Ενδοθωρακική κοιλότητα**: σχισμοειδής κοιλότητα μεταξύ των δύο πετάλων με ορώδες διακυτταρικό υγρό (υπεζωκοτικό/πλευριτικό).
- **Λειτουργία του υγρού**:
  - Ελαττώνει την τριβή ανάμεσα στα δύο πέταλα – εύκολη ολίσθηση
  - Δημιουργεί δυνάμεις συνάφειας - στενή επαφή μεταξύ τους
- Πνευμοθώρακας/αιμοθώρακας/πλευρίτιδα/υπεζωκοτική συλλογή.

# ΒΡΟΓΧΙΚΟ ΔΕΝΔΡΟ

## ● Τραχεία

- Διαιρείται στους δύο κύριους βρόγχους: αριστερό και δεξιό, οι οποίοι παρουσιάζουν 23 αλληλοδιάδοχες υποδιαίρέσεις.

## ● Λοβιακοί βρόγχοι

- 3 δεξιά, 2 αριστερά
- 12η υποδιαίρεση καταλήγουν στα βρογχιόλια


## ● Βρογχιόλια

- Δεν φέρουν χόνδρους. Έχουν ελαστικές και λείες μυϊκές ίνες. Ο βλεννογόνος τους φέρει κροσσωτά κύτταρα (μέχρι την 16 υποδιαίρεση)



# ΒΡΟΓΧΙΟΛΙΑ

- **ΤΕΛΙΚΑ ΒΡΟΓΧΙΟΛΙΑ:** της 16ης υποδιαίρεσης
- **ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΑ ΒΡΟΓΧΙΟΛΙΑ:** συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αερίων



Στην έσω επιφάνεια υπάρχουν οι πύλες του πνεύμονα από τις οποίες περνούν:

- Ο αντίστοιχος βρόγχος
- Ο κλάδος της πνευμονικής αρτηρίας
- Οι πνευμονικές φλέβες
- Οι βρογχικές αρτηρίες και φλέβες
- Λεμφαγγεία και νεύρα



# ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟ ΠΑΡΕΓΧΥΜΑ

- Κάθε τελικό αναπνευστικό βρογχιόλιο χορηγεί 2 – 11 κυψελιδικούς πόρους οι οποίοι καταλήγουν στους κυψελιδικούς σάκους.
- Κάθε σάκος αποτελείται από 2 ή περισσότερες κυψελίδες
- **ΟΙ ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ:** αποτελούν την ΚΥΡΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (300.000  $\delta=0.3\text{mm}$   $70\text{m}^2$ ).

# Κυψελίδες

- Λεπτοί σάκοι αέρα, αποτελούν την ΚΥΡΙΑ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ  $70-100\text{m}^2$  ( $300.000$   $\delta=0.3\mu\text{m}$ )
- Περιβάλλονται από πυκνό δίκτυο πνευμονικών τριχοειδών=**ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΚΥΨΕΛΙΔΙΚΗ / ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΜΕΜΒΡΑΝΗ.**
- Αποτελείται από: Κυψελιδικά κύτταρα I, II, κυψελιδικό επιθήλιο τοίχωμα, Επιθηλιακή & Τριχοειδή βασική μεμβράνη, ενδοθηλικά κύτταρα τριχοειδούς
- Λόγω μικρών αποστάσεων, μικρής  $\delta$ , σύστασης μεμβράνης διευκολύνουν διάχυση  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  μεταξύ κυκλοφορίας κυψελιδικού τοιχώματος.

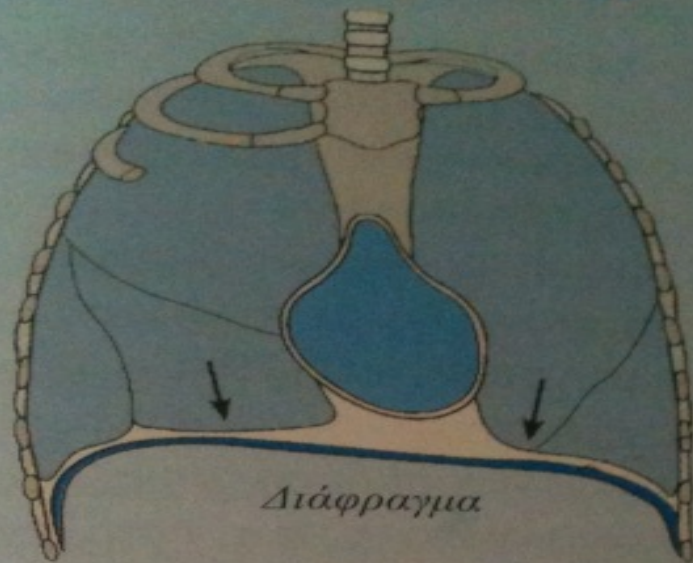


Σχ. 21-10: Κυψελιδικός σάκκος με τα αιμοφόρα αγγεία του.

# ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

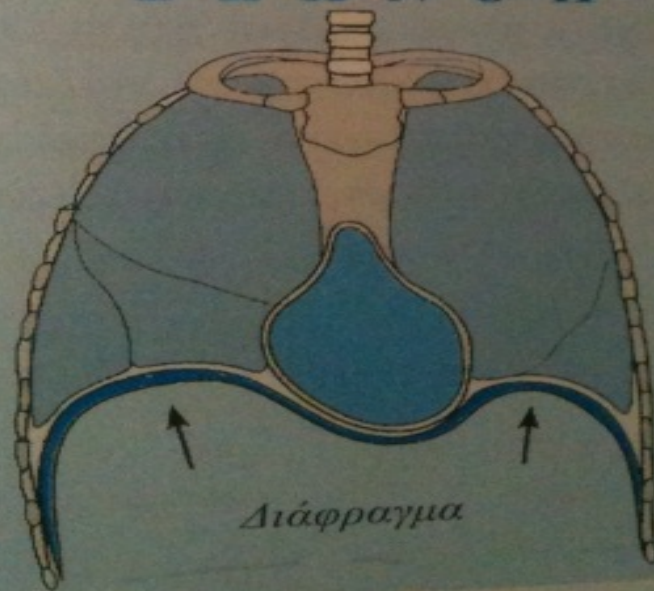
- Για την ανταλλαγή αερίων απαραίτητη προϋπόθεση: συνεχής ανανέωση του κυψελιδικού αέρα, η οποία γίνεται με τις αναπνευστικές κινήσεις.
- **ΚΙΝΟΥΣΑ ΔΥΝΑΜΗ:** διαφορά πίεσης που δημιουργείται από τις αναπνευστικές κινήσεις. Σαν διαφορά πίεσης εννοούμε την διαφορά μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και του αέρα που βρίσκεται στο πνευμονικό παρέγχυμα

ΕΙΣΠΝΟΗ



1/3  
αναπνευστικής  
κίνησης

ΕΚΠΝΟΗ



2/3  
αναπνευστικής  
κίνησης

Σχ. 21-11: Οι φάσεις της αναπνοής σχηματικά.

Κατά τη  
του όγκο  
21-11) κ  
τι γίνον  
νες της  
σμα τη  
προς τη  
γίνεται  
21.3.2.  
Οι  
εισπνε  
Οι  
άνοδο  
δύο ορ  
ρικούσ  
I.  
Στ  
φραγμ  
i. T

# ΦΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

## ● (1) ΕΙΣΠΝΟΗ

- Ενεργητική λειτουργία –επιτελείται με την δράση των εισπνευστικών μυών.
- Αύξηση όγκου θωρακικής κοιλότητας
- Έκπτυξη πνευμόνων (Εξαιτίας καθόδου του διαφράγματος και μετακίνησης των πλευρών προς τα έξω και επάνω λόγω της συστολής των εισπνευστικών μυών)

## (2) ΕΚΠΝΟΗ

- Η ήρεμη εκπνοή γίνεται παθητικά λόγω της ελαστικότητας των πνευμόνων/ενδογενούς ελαστικής επαναφοράς, και του βάρους των πλευρών, μετά το τέλος της δραστηριότητας των εισπνευστικών μυών επέρχεται χάλαση..
- Κατά την εκπνοή παρατηρείται ελάττωση της θωρακικής κοιλότητας και σύμπτυξη πνευμόνων με αποτέλεσμα τη μετακίνηση του κυψελιδικού αέρα προς την ατμόσφαιρα. Η έντονη εκπνοή γίνεται ενεργητικά με τη δράση των εκπνευστικών μυών

# ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

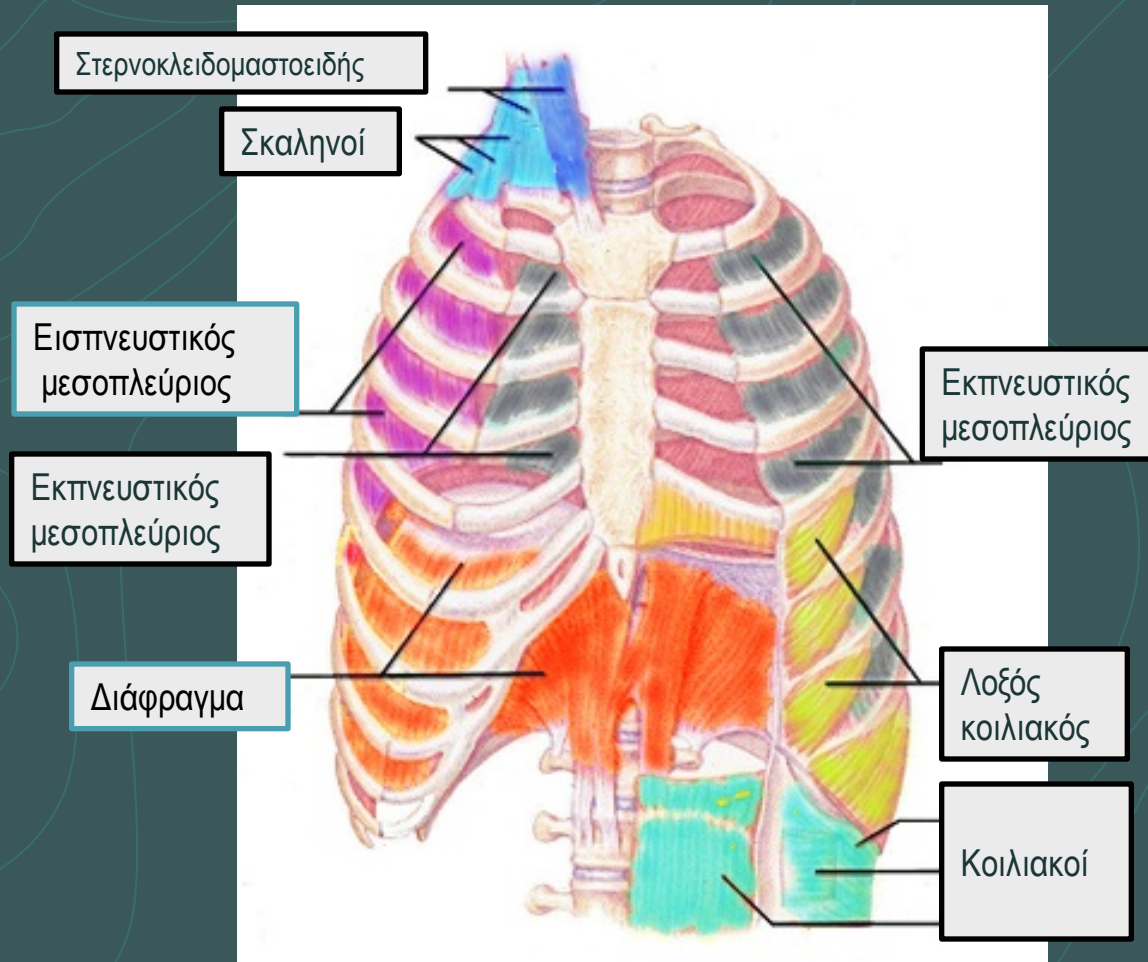
Οι μύες που μετέχουν στην αναπνοή μπορούν να χωριστούν σε δυο ομάδες.

❖ **Αναπνευστικοί μύες είναι οι μύες της ήρεμης αναπνοής :**

- οι εισπνευστικοί - εξωτερικοί μεσοπλεύριοι
- το διάφραγμα

**Επικουρικοί αναπνευστικοί είναι οι μύες της έντονης- βαθιάς αναπνοής** που γίνεται κάτω από φυσική ένταση. Σε αυτήν εκτός από τους μύες της ήρεμης αναπνοής συμμετέχουν και:

- ο στερνοκλειδομαστοειδής
- οι σκαληνοί
- οι εκπνευστικοί μεσοπλεύριοι
- οι κοιλιακοί



# ΤΥΠΟΙ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

- ❖ **Ήρεμη και έντονη:** Ανάλογα με την έντασή της η αναπνοή διακρίνεται σε ήρεμη και σε βαθιά- έντονη. Στην ήρεμη αναπνοή η εισπνοή γίνεται ενεργά, ενώ κατά την εκπνοή τα πλευρά επιστρέφουν στην αρχική τους θέση παθητικά λόγω της ελαστικότητας του θώρακα. Συγχρόνως επιστρέφει και το διάφραγμα. Αντίθετα, στη βαθιά- έντονη αναπνοή οι αναπνευστικοί μύες μεταβάλλουν ενεργά τη διάμετρο του θώρακα, τόσο κατά την εκπνοή όσο και κατά την εισπνοή.
- ❖ **Ρινική και στοματική:** Ανάλογα με την είσοδο του αέρα η αναπνοή διακρίνεται σε ρινική και στοματική.
- ❖ **Θωρακική και κοιλιακή:** Ανάλογα με τις μυϊκές ομάδες που χρησιμοποιούνται, η αναπνοή χωρίζεται σε θωρακική και κοιλιακή. Στη θωρακική εργάζονται περισσότερο οι μεσοπλεύριοι μύες και στην κοιλιακή το διάφραγμα και οι κοιλιακοί.

# Χαρακτηρισμός αναπνοής

✘ **Υπερπνοια/υπόπνοια:** παθολογική αύξηση/μείωση βάθους & συχνότητας των αναπνευστικών κινήσεων.

✘ **Ταχύπνοια/βραδύπνοια:** παθολογικές μεταβολές συχνότητας

✘ **Υπεραερισμός/υπόαερισμος:** Δηλώνουν ότι ο όγκος του εκπνεόμενου  $\text{CO}_2$  είναι μεγαλύτερος ή μικρότερος συγκριτικά με τον αντίστοιχο ρυθμό παραγωγής του  $\text{CO}_2$  συνεπώς η αρτηριακή πίεση του  $\text{CO}_2$  μειώνεται η αυξάνεται αντίστοιχα.

✘ **Δύσπνοια:** Δυσκολία στην αναπνοή.

✘ **Ορθόπνοια:** Δύσπνοια πλήν της όρθιας θέσης.

# ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΩΡΑΚΑΣ - ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ

**ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΗ ΘΩΡΑΚΙΚΗ  
ΚΟΙΛΟΤΗΤΑ**

# ΠΩΣ ΑΝΑΠΝΕΟΥΜΕ

- Η διαφορά των πιέσεων μεταξύ των κυψελίδων και του περιβάλλοντος αποτελούν τις οδηγούς δυνάμεις ανταλλαγής αερίων .
- Ο αέρας κινείται εντός των πνευμόνων όταν η πίεση εντός των πνευμόνων είναι χαμηλότερη από την βαρομετρική, και εκτός των πνευμόνων όταν η πίεση των πνευμόνων είναι υψηλότερη από τη βαρομετρική.
- **Διέπεται από τον νόμο του Boyle-Mariotte:** Η πίεση του αερίου σε ένα κλειστό δοχείο είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου του δοχείου. Εάν ο όγκος του δοχείου αυξηθεί η πίεση ελαττώνεται και αν ο όγκος μειωθεί, η πίεση αυξάνεται.

ΕΙΚΟΝΑ 18.12 Νόμος του Boyle.

Ο όγκος του αέρα κυμαίνεται αντιστρόφως ανάλογα με την πίεση.



...ελαττώνεται στο 1/4 του λίτρου, πώς θα

# ΠΟΙΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΙΣΟΡΡΟΠΟΥΝ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΩΡΑΚΑ - ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

- ◉ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΘΩΡΑΚΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ
- ◉ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ
  - > Ελαστική τάση πνευμόνων
  - > Επιφανειακή τάση κυψελίδων

# ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΘΩΡΑΚΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

- **Τείνει να διευρύνει τη θωρακική κοιλότητα.**
- Έλκει τον υπεζωκότα προς τα έξω.
- Σε θέση ισορροπίας, εξισορροπεί την ελαστική τάση των πνευμόνων & την επιφανειακή τάση των κυψελίδων (με τη βοήθεια του επιφανειοδραστικού παράγοντα & του παράγοντα αλληλεξαρτήσεως).

# ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

- ◎ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ-ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ
  - > οφείλεται στα ελαστικά στοιχεία των πνευμόνων (ελαστικές & κολλαγόνες ίνες)
  - > αυτά τα στοιχεία τείνουν να έχουν όσο το δυνατό μικρότερο όγκο & μήκος
  - > άρα: **τείνουν να συγκλίνουν/συμπύσσουν τους πνεύμονες.**

# ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ ΚΥΨΕΛΙΔΩΝ

- > -**Είναι** η πίεση που ασκεί το κυψελιδικό υγρό που εξαπλώνεται παράπλευρα του αέρα στο τοίχωμα των κυψελίδων.
- > -**Αναπτύσσεται** στις μεσοφάσεις υγρών-αερίων δηλ. στη κυψελιδική επιφάνεια ανταλλαγής αερίων  $70-100\text{m}^2$ .
- > **Οφείλεται** στην επαφή δύο φάσεων μέσα στις κυψελίδες: του υγρού που τις επαλείφει & του αέρα που πληρεί τις κυψελίδες
- > **Γιατί:** Πάντοτε η επαφή αυτών των δύο ρευστών τάσεων δημιουργεί δυνάμεις που τείνουν να μειώσουν την κοινή επιφάνεια. (τα μόρια του νερού στον αέρα έλκονται πολύ δυνατά σε σχέση με του αέρα
- > άρα: **στις κυψελίδες, η επιφανειακή τάση, τείνει να τις συγκλίνει.**
- > -Πρέπει να υπερνικηθεί στη εισπνοή, **συμβάλλει στην εκπνοή.**
- > -Είναι ο κυριότερος παράγοντας που **καθορίζει την ενδοτικότητα**

# Πότε & Πώς δημιουργείται;

- ◉ Πρώτη εισπνευστική κίνηση (15-20 Χ μεγαλύτερη προσπάθεια. Αέρας γεμίζει τους πνεύμονες και οι κυψελίδες εκπτύσσονται.
- ◉ Ερεθίσματα: Ώσεις από ιδιοδεκτικούς υποδοχείς αρθρώσεων, μυών, αισθητικές ώσεις από το δέρμα (T),  $\downarrow PO_2 + \uparrow PCO_2$  διακοπή πλακουντιακής κυκλοφορίας.
- ◉ Πρώτη εκπνοή η ποσότητα αέρα μικρότερη από της εισπνοής= Παραμένει στους πνεύμονες ο υπολείπόμενος όγκος αέρα → δημιουργία επιφανειακής τάσης.

# Η πίεση συγκλείσεως

- Η πίεση συγκλείσεως που ασκείται από τα τοιχώματα των κυψελίδων στον αέρα που περιέχουν δίνεται από τον νόμο του Laplace  $P=2T/r$  όπου « $T$ » η επιφανειακή τάση και « $r$ » η ακτίνα της κυψελίδας.

# Ο επιφανειοδραστικός παράγων (I)

- Η επιφανειακή τάση δεν είναι μεγάλη όπως του νερού. Λόγω του επιφανειοδραστικού παράγοντα: **Μειώνει την επιφανειακή τάση, βοηθά στην αναπνοή.**  
Surfactant/Σουρφακτάνης/αντιατελεκτασικό

# Ο επιφανειοδραστικός παράγων (II)

- Η επιφανειακή τάση δεν είναι μεγάλη όπως του νερού. Λόγω του επιφανειοδραστικού παράγοντα: **Surfactant/Σουρφακτάνης/αντιατελ εκτασικό**
- **Είναι:** Λιποπρωτεΐνη, με κύριο συστατικό τη διπαλμιτουλική λεκιθίνη.
- Αρχίζει να **παράγεται** την 24η εβδομάδα της ενδομήτριας ζωής, στις κυψελίδες, από τα κοκκώδη πνευμονοκύτταρα τύπου II & **επενδύει** την εσωτερική επιφάνεια των κυψελίδων.
- Ο ρυθμός παραγωγής της αυξάνεται από τα κορτικοειδή & τις θυρεοειδικές ορμόνες.

# Ο επιφανειοδραστικός παράγων (III)

- Σχηματίζει μια λεπτή, αδιάλυτη στοιβάδα, πάχους 5nm, που καλύπτει τα τοιχώματα των κυψελίδων.
- Έτσι, παρεμβάλλεται μεταξύ υγρής & αέριας φάσης.

# Ο επιφανειοδραστικός παράγων (IV)

## ● Δύο λειτουργίες:

- > ελάττωση της επιφανειακής τάσης (2-14 φορές)
- > παρεμπόδιση εξόδου υγρού από το μεσοκυττάριο χώρο προς τον κυψελιδικό χώρο.

# Ο επιφανειοδραστικός παράγων (VI)

- Έλλειψη του παράγοντα= ελάττωση ενδοτικότητας=σύμπτωση κυψελίδων=ανάπτυξη πνευμονικού οιδήματος & πνευμονικών διαταραχών.
- Σε ορισμένα νεογνά που η παραγωγή του είναι ανεπαρκής πολλές κυψελίδες συμπίπτουν και η πίεση διάνοιξης κατά την πρώτη εισπνοή είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί=Σύνδρομο αναπνευστικής δυσχέρειας νεογνών.

# Παράγων αλληλεξαρτήσεως

- Οφείλεται στη σύνδεση που παρουσιάζουν μεταξύ τους τα τοιχώματα των παρακείμενων κυψελίδων.
- Έτσι, η τάση συγκλίσεως κάθε μιας κυψελίδας, αναπτύσσει έλξη στα τοιχώματα της παρακείμενης & την εμποδίζει να συγκληθεί πέρα από κάποιο όριο.
- Τελικό αποτέλεσμα: η **σύγκλιση δεν είναι υπέρμετρη & η έκπτυξη γίνεται συμμετρικά.**

# Τι καλείται ατελεκτασία, τι πνευμονικό εμφύσημα, και τι βρογχικό άσθμα;

•**Ατελεκτασία:** Η κατάσταση κατά την οποία υπάρχει σύμπτωση των τοιχωμάτων των πνευμόνων ή απουσία αέρα στους πνεύμονες.  
2. Η κατάσταση κατά την οποία οι πνεύμονες ενός εμβρύου δεν εκπτύσσονται μερικώς ή και καθόλου κατά την γέννηση.

•**Πνευμονικό εμφύσημα:** παθολογική διάταση τμημάτων του βρογχικού δένδρου μετά τα τελικά βρογχιόλια και ιδίως η διάταση των κυψελίδων. Επί χρόνιας μορφής: αντικατάστασης των κυψελίδων από αεροφόρους σάκους που δεν εξυπηρετούν την ανταλλαγή αερίων. Ο πνεύμονας χάνει την ελαστικότητα του και αυξάνει σε όγκο και εμφανίζεται αναπνευστική ανεπάρκεια.

•**Βρογχικό άσθμα:** Κατάσταση δύσπνοιας ιδίως κατά την εκπνευστική φάση λόγω απόφραξης των αεροφόρων οδών οφειλόμενης: σε οίδημα ή υπερτροφία του βρογχικού τοιχώματος, ή σε σπασμό των λείων μυϊκών ινών των βρόγχων.

# Ο ΕΝΔΟΓΕΝΗΣ ΑΝΑΠΝ. ΡΥΘΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ :

- Δράση ανώτερων εγκεφ.  
Κέντρων
- Νευρικές ώσεις προερχόμενες  
από την περιφέρεια
- **Μεταβολές χημισμού του  
αίματος**

Η ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ  
ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΜΕ ΑΡΝΗΤΙΚΗ  
ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΠΌ:

● Την στάθμη τριών  
παραγόντων στο  
αίμα:

●  $p\text{CO}_2$ ,  $p\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+$

# Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΕΙΝΑΙ ΑΡΚΕΤΑ ΔΥΣΚΟΛΗ

## ΔΙΟΤΙ:

- Ο κάθε παράγοντας μπορεί να δράσει με ξεχωριστό τρόπο σε διάφορα σημεία του οργανισμού
- Η μέγιστη ένταση δράσης του καθένα από αυτούς είναι διαφορετική
- Ο ένας παράγοντας μπορεί να επηρεάσει την αντίδραση του οργανισμού έναντι των άλλων δύο
- Η μεταβολή της αναπν. λειτουργίας επιδρά στην στάθμη όχι μόνο του παράγοντα που προκάλεσε την μεταβολή αυτή αλλά και στους άλλους δύο

# ΣΤΟΧΟΣ

- Η  $p\text{CO}_2$  και η  $p\text{O}_2$  μεταβάλλονται ανάλογα με τον μεταβολικό ρυθμό (κατανάλωση  $\text{O}_2$  και παραγωγή  $\text{CO}_2$ )
- Οι διακυμάνσεις του  $\text{pH}$  σχετίζονται τόσο με την παραγωγή οξέων όσο και με την  $p\text{CO}_2$
- Στόχος των ρυθμιστικών συστημάτων είναι η προσαρμογή της αναπνευστικής λειτουργίας στις μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού
- Η χημική ρύθμιση πραγματοποιείται μέσω των **χημειοϋποδοχέων** που ανιχνεύουν τα επίπεδα στο αίμα  $p\text{CO}_2$   $p\text{O}_2$   $\text{pH}$ .

# ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΧΗΜΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ

- ΣΤΟΧΟΣ:
- (1) Διατήρηση της κυψελιδικής  $pCO_2$  σε σταθερό επίπεδο.
- (2) αποφυγή πτώσης της αρτηριακής  $PO_2$  σε χαμηλά επίπεδα.
- (3) αποφυγή μεταβολής συγκέντρωσης των υδρογονοκατιόντων.

# ΧΗΜΕΙΟΥΠΟΔΟΧΕΙΣ

⦿ Α) ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ

⦿ Β) ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ

# ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ(1)

- Στην κοιλιακή έξω επιφάνεια του προμήκη: χημιοευαίσθητες περιοχές μεταξύ των πυραμίδων προς τα μέσα και των σημείων έκφυσης VII-XI συζυγίων προς τα έξω.
- Αυτοί διεγείρονται όταν παρουσιασθεί στο διάμεσο εγκεφαλικό υγρό αύξηση της  $pCO_2$  ή της συγκέντρωσης των υδρογονοκατιόντων.

# ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΧΗΜΕΙΟΪΠΟΔΟΧΕΙΣ (1)

- (1) ΚΑΡΩΤΙΔΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΑ: ΣΤΟΝ διχασμό της κοινής καρωτίδας-αιματώνονται από την έξω καρωτίδα. Νευρώνονται από τα νεύρα Hering.
- Αποτελούνται από επιθηλιοειδή και νευρογλοιακά κύτταρα.

# ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΙ ΧΗΜΕΙΟΥΠΟΔΟΧΕΙΣ (2)

- (2) ΑΟΡΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΙΑ
- Βρίσκονται ανάμεσα στο αορτικό τόξο και την πνευμονική αρτηρία. Έχουν την ίδια υφή με τα καρωτιδικά. Νευρώνονται από τα πνευμονογαστρικά νεύρα.

● ΤΗ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ  
ΕΜΦΑΝΙΖΕΙ Ο ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ  
ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ  
ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ  
ΤΟΥ CO<sub>2</sub>

## ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$ (ΦΤ αρτηριακής: 40mmHg

- Οι μεταβολές της  $p\text{CO}_2$  επενεργούν κυρίως στους κεντρικούς και λιγότερο στους περιφερικούς χημειοϋποδοχείς μέσω των μεταβολών που επιφέρει στο pH του διαμέσου υγρού.

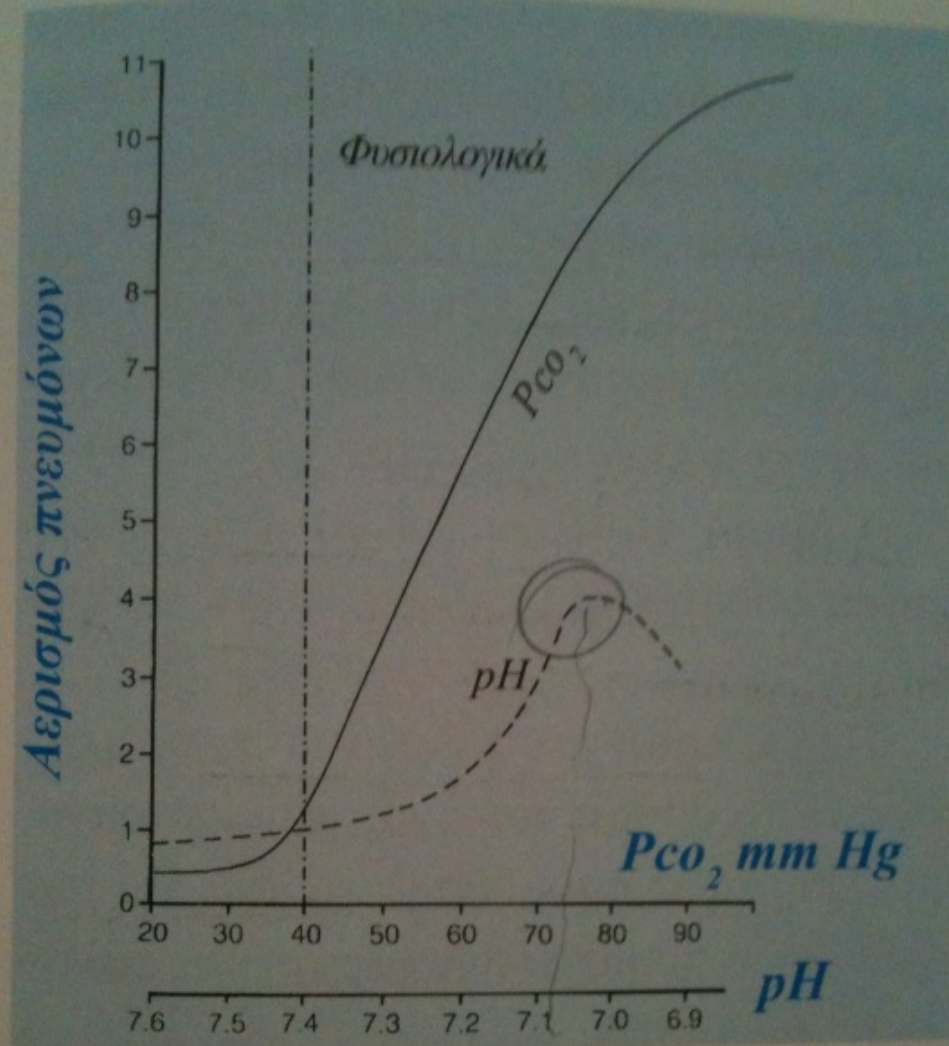
## ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ (2)

- Η διέγερση του αναπν.κέντρου από μια παρατεταμένη άνοδο του CO<sub>2</sub> είναι πολύ μεγάλη τις πρώτες ώρες αλλά βαθμιαία εξασθενίζει τις επόμενες ημέρες και πέφτει στο 15-25% της αρχικής, παρουσιάζεται δηλ.ένα είδος προσαρμογής.

## ΚΕΝΤΡΙΚΟΙ(3)

- ΤΕΛΙΚΑ το 60-80% της επίδρασης των μεταβολών της  $p\text{CO}_2$  στην αναπν. λειτουργία εξασκείται διαμέσου των κεντρικών χημειοϋποδοχέων, χάρη στην είσοδο του  $\text{CO}_2$  στο διάμεσο υγρό του εγκεφάλου και την παράλληλη μεταβολή του  $\text{pH}$ .

- Γραμμική συσχέτιση του  $p\text{CO}_2$  και του ΚΛΑΑ:καμπύλη ανταπόκρισης προς το  $\text{CO}_2$ .
- Μέση κλίση καμπύλης (όταν  $p\text{CO}_2 > 40\text{mmHg}$ ):  $2,5\text{l/min}$  για κάθε  $\text{mmHg}$  μεταβολής της αρτ.  $p\text{CO}_2$ .
- Σε  $p\text{CO}_2 > 70\text{mmHg}$ : προκειλείται επίταση της αναπνοής (βάθος/συχνότητα) και αύξηση αερισμού=αυξημένη αποβολή  $\text{CO}_2$ =ελάττωση  $p\text{CO}_2$



Σχ. 28-4: Η επίδραση της ανόδου της  $P\text{CO}_2$  και της αυξήσεως της συγκεντρώσεως των ιόντων  $\text{H}^+$  (πτώση του  $\text{pH}$ ) στον αερισμό των πνευμόνων.

## ΔΡΑΣΗ pH

Οι μεταβολές του pH επενεργούν τόσο στους κεντρικούς όσο και στους περιφερικούς χημιοϋποδοχείς.

# ΠΤΩΣΗ ΤΟΥ pH ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΧΗΜΕΙΟΥΠΟΔΟΧΕΩΝ

- Παρουσιάζει έντονη κεντρική δράση με αποτέλεσμα την αύξηση του αερισμού των πνευμόνων.
- Ο αιματεγκεφαλικός φραγμός εμποδίζει την ελεύθερη διόδο των διτανθρακικών και των υδρογονοκατιόντων, έτσι δεν επηρεάζουν άμεσα τους κεντρικούς υποδοχείς. Όμως επιτρέπει την ελεύθερη διόδο του CO<sub>2</sub> στο διάμεσο υγρό του εγκεφάλου το οποίο ενυδατώνεται προς ανθρακικό οξύ που διίστανται σε υδρογονοκατιόντα και διτανθρακικά ιόντα μέσω των οποίων πραγματοποιείται πτώση pH.
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow^{(\text{CA})} \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
- **Τα άλατα** που προέρχονται από τη μερική αντικατάσταση του ενός ατόμου υδρογόνου του ανθρακικού οξέος από κάποιο μέταλλο ή ηλεκτροθετική ρίζα (ρίζα αμμωνίας NH<sub>4</sub>). Το σπουδαιότερο από αυτά είναι το διτανθρακικό νάτριο ή όξινο ανθρακικό νάτριο NaHCO<sub>3</sub>. Τα διτανθρακικά άλατα ονομάζονται **αλκαλική εφεδρεία** για έχουν τη δυνατότητα να εξουδετερώσουν ισχυρά οξέα.
- Μεταβολές pCO<sub>2</sub> και κατ'επέκταση του H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> εκφράζουν ανανπνευστικές μεταβολές χημισμού.
- Μεταβολές NaHCO<sub>3</sub> εκφράζουν μεταβολικές μεταβολές χημισμού

# ΠΤΩΣΗ ΤΟΥ pH ΣΤΟ ΑΡΤΗΡΙΑΚΟ ΑΙΜΑ

- Όταν πέσει κάτω από 7,4 (εξαιτίας της παραγωγής μεταβολικών οξέων) διεγείρονται κυρίως οι περιφερικοί και προκαλείται αύξηση του ΚΛΑΑ.

# ΔΡΑΣΗ ΡΟ<sub>2</sub>

- Επενεργεί μόνο στους περιφερικούς χημειοϋποδοχείς.
- Πτώση ΡΟ<sub>2</sub> στο αναπν.αέρα-κυψελιδικό-αρτηριακό αίμα οδηγεί: σχετική αύξηση του ΚΛΑΑ (μέχρι 20 lt)
- Η αύξηση του ΚΛΑΑ αρχίζει όταν ΡΟ<sub>2</sub> πέσει κάτω από 60mmHg (υψόμετρο 3000m)

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

- Ο καθένας από τους παράγοντες ( $p\text{CO}_2$ ,  $p\text{H}$ ,  $P\text{O}_2$ ) εκτός από την απευθείας δράση του, επηρεάζει και την ευαισθησία του οργανισμού στις μεταβολές των άλλων. **Ο ένας ενισχύει τη δράση του άλλου.**
- Η αύξηση του ΚΛΑΑ από τη δράση ενός παράγοντα μειώνει τα επίπεδα των άλλων. **Αρνητική παλίνδρομη ρύθμιση**
- Έτσι έχει αποδειχθεί:

- Η άνοδος της  $p\text{CO}_2$  (**υπερκαπνία**) αυξάνει την ευαισθησία του αναπνευστικού στις μεταβολές της  $p\text{O}_2$  και εμφανίζει αθροιστική δράση με την πτώση του  $p\text{H}$
- Η πτώση του  $p\text{H}$  (**οξέωση**) αυξάνει την ευαισθησία του συστήματος στις μεταβολές της  $p\text{CO}_2$  και  $p\text{O}_2$
- Η πτώση της  $p\text{O}_2$  στο αρτηριακό αίμα αυξάνει την ευαισθησία του ΚΛΑΑ στις μεταβολές της  $p\text{CO}_2$

Η πτώση της  $P_{O_2}$  στο αρτ.αίμα προκαλεί αυξημένη ευαισθησία του ΚΛΑΑ έναντι μεταβολών της  $pCO_2$

● Σε σταθερή  $P_{O_2} = 100$  η άνοδος του  $pCO_2$  από 40 σε 45mmHg: αυξάνει τον ΚΛΑΑ από 6 σε 18lt.

● Σε πτώση  $P_{O_2} = 80$  η άνοδος του  $pCO_2$  από 40 σε 45mmHg: αυξάνει τον ΚΛΑΑ από 9 σε 27lt.

# Η ΕΛΛΑΤΩΣΗ ΤΟΥ pH (οξέωση):

- Αυξάνει την ευαισθησία της αντίδρασης της αναπνευστικής λειτουργίας σε μεταβολές των  $p\text{CO}_2$  και  $P\text{O}_2$ .

# Η ΣΤΑΘΜΗ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$

(υπερκαπνία/υποκαπνία) ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ:

- Την ευαισθησία της αντίδρασης του οργανισμού σε μεταβολές της  $P\text{O}_2$ .
- 1. Έτσι σε χαμηλή  $p\text{CO}_2$  η πτώση του  $P\text{O}_2$  προκαλεί μόνο μικρή αύξηση του ΚΛΑΑ
- 2. Σε αυξημένη  $p\text{CO}_2$  (υπερκαπνία) η πτώση του  $P\text{O}_2$  προκαλεί μεγάλη αύξηση του ΚΛΑΑ.



# Η ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ $p\text{CO}_2$

## ◎ Υπερκαπνία

- > Ασφυξία (παθολογική κατάσταση υπερκαπνίας & ανοξαιμίας)
- > Πνιγμός

## ◎ Υποκαπνία (Υπέρπνοια)

- > Cheyne-Stokes, Biot (σε ασθενείς με αναπνευστική αλκάλωση-αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια, εγκεφαλικές κακώσεις, φυσιολογικά)

# ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$ (1)

## ◎ ΥΠΕΡΚΑΠΝΙΑ:

αύξηση του  $\text{CO}_2$  του αίματος πέρα από το φυσιολογικό επίπεδο.

(1) εξωγενή αίτια: αναπνοή αέρα πλούσιου σε  $\text{CO}_2$ .

(2) ενδογενή αίτια: κατακράτηση ενδογενούς  $\text{CO}_2$ , π.χ. αναπν. ή κυκλοφορική ανεπάρκεια, φαρμακευτική καταστολή των αναπν. κέντρων.

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2(2)$ ΚΛΙΝΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

ΑΝΑΠΝΟΗ ΑΕΡΑ ΜΕ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

2-3%: δεν προκαλεί συμπτώματα.

4-7%: διέγερση των αναπνευστικών κέντρων και επίταση της αναπνοής.

7-10%: ζάλη, πονοκέφαλο, διανοητική σύγχυση.

15-20%: απώλεια συνείδησης, σπασμοί, κώμα, θάνατος.

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$ (3)

## ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- ◉ **Α/ΑΣΦΥΞΙΑ:**
- ◉ Αναπτύσσεται σε κατάσταση πλήρους διακοπής της αναπνοής. Τα συμπτώματα οφείλονται σε υπερκαπνία και έλλειψη οξυγόνου.
- ◉ Αρχικά έντονες αναπν. κινήσεις, αύξηση της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας
- ◉ Στη συνέχεια η αναπν. προσπάθεια διακόπτεται, ελάττωση της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας, απώλεια συνείδησης και θάνατος από κοιλιακή μαρμαρυγή σε 4-5 λεπτά

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2(4)$ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

- **B/ΠΝΙΓΜΟΣ:**
- Ειδική περίπτωση ασφυξίας κατά τη οποία οι πνεύμονες γεμίζουν με νερό. Προκαλείται αρχικά λαρυγγόσπασμος από το ύδωρ και θάνατος από ασφυξία. ο λαρυγγόσπασμος συνήθως παρέρχεται, οπότε εκτός από την ασφυξία δημιουργούνται προβλήματα και από την παρουσία του ύδατος στους πνεύμονες.

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$ (5)

- ◎ **ΥΠΟΚΑΠΝΙΑ:**
- ◎ Πτώση της  $p\text{CO}_2$  κάτω από το φυσιολογικό 40mmHg και προκαλείται από την αύξηση της διαπνοής των πνευμόνων. Υπέρπνοια

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2$ (6)

- (1) Αναπνοή **Cheyne-Stokes**: εναλλαγή άπνοιας και ομάδας αναπνοών με χαρακτηριστική «προοδευτική» έναρξη και λήξη.
- Η άπνοια οφείλεται στην χαμηλή  $p\text{CO}_2$  (17-19) και στη μη διέγερση των κεντρικών χημειουποδοχέων. Εξαιτίας της άπνοιας αυξάνεται η  $p\text{CO}_2$  μέχρι τα 38 ενώ πέφτει η  $\text{PO}_2$ .
- Οι μεταβολές αυτές διεγείρουν τους περιφερικούς υποδοχείς και αρχίζουν οι αναπν. κινήσεις οπότε ανεβαίνει  $\text{PO}_2$  και πέφτει η  $p\text{CO}_2$ , για να αρχίσει νέα περίοδος άπνοιας κ.ο.κ.

# ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ $p\text{CO}_2(7)$

- (2) Αναπνοή Βιοτ: αποτελείται από εναλλασσόμενες περιόδους άπνοιας και ακανόνιστης αναπνοής.
- Εμφανίζεται σε εγκεφαλικές βλάβες ή σε μηνιγγίτιδα.

# ΕΛΛΕΙΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ(1)

◉ Η ελαττωμένη και ανεπαρκής προσφορά οξυγόνου στους ιστούς ονομάζεται υποξία ή ανοξία ≠ ανοξαιμία.

- > **Υποξική υποξία** ( $\downarrow pO_2$ , Κυάνωση & υπέρπνοια)
- > **Αναιμική υποξία** (Σταθερή  $pO_2$ ,  $\downarrow HbO_2$ ,  $\uparrow HbCO$ , όχι κυάνωση ή υπέρπνοια)
- > **Ιστοτοξική υποξία** (αδυναμία των ιστών να χρησ.  $O_2$ )
- > **Υποξία εκ στάσεως** ( $\downarrow$  ταχύτητας ροής του αίματος)
  - **Ισχαιμική μορφή** ( $\downarrow$  τροφοδότησης μίας περιοχής=ωχρή)
  - **Υπεραιμική μορφή** ( $\downarrow$  φλεβικής παροχέτευσης περιοχής=κυανωτική)

# ΕΛΛΕΙΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ(2)Ι

- **ΥΠΟΞΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ**: χαμηλή αρτηριακή  $PO_2$ , η οποία δεν επαρκεί να κορέσει την αιμοσφαιρίνη και οφείλεται:
  - Ελάττωση της  $PO_2$  στον αναπνεόμενο αέρα
  - Διαταραχές λειτουργίας των αναπν. μυών ή κέντρων.
  - Πνευμονικές παθήσεις
  - Σε συγγενείς καρδιοπάθειες

# ΥΠΟΞΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ

- Τα δύο χαρακτηριστικά είναι:
- **ΥΠΕΡΠΝΟΙΑ** (χαμηλή αρτηριακή  $PO_2$ )
- **ΚΥΑΝΩΣΗ** (αύξηση του απόλυτου ποσού της αναχθείσας αιμοσφαιρίνης).

# ΥΠΟΞΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ

- **ΚΥΑΝΩΣΗ**: Μεταβολή του φυσιολογικού χρώματος του δέρματος και των βλεννογόνων σε κυανοϊώδες. Οφείλεται στην αύξηση της απόλυτης τιμής της αναχθείσας αιμοσφαιρίνης πάνω από 5g/100ml αίματος.

# ΚΥΑΝΩΣΗ

## ◎ ΚΕΝΤΡΙΚΗ

εμφανίζεται όταν  $PO_2$  είναι χαμηλή και ο κορεσμός της αιμοσφαιρίνης μειωμένος

## ◎ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ

- ◎  $PO_2$  φυσιολογική
- ◎ Εμφανίζεται στην πολυκυτταραιμία και στην ελάττωση της παροχής αίματος στα τριχοειδή αγγεία του δέρματος.

# ΕΛΛΕΙΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (3)

- **ΑΝΑΙΜΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ**: ΡΟ<sub>2</sub> είναι φυσιολογική, είναι ανεπαρκής η μεταφορά του οξυγόνου είτε γιατί είναι ελαττωμένο το ποσό της αιμοσφαιρίνης, είτε γιατί κυκλοφορούν μεγάλες ποσότητες μεθαιμοσφαιρίνης ή ανθρακυλαιμοσφαιρίνης.

# ΕΛΛΕΙΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ(4)

- **ΙΣΤΟΤΟΞΙΚΗ ΥΠΟΞΙΑ**: Αδυναμία των ιστών να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο λόγω διαταραχής ή και πλήρους αναστολής λειτουργίας ενζυμικών συστημάτων απαραίτητων για την φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων.

# ΕΛΛΕΙΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ(5)

- ◎ **ΥΠΟΞΙΑ ΕΚ ΣΤΑΣΕΩΣ**: Οφείλεται σε ελάττωση της ταχύτητας ροής του αίματος σε διάφορα τμήματα του οργανισμού.
- ◎ Διακρίνεται σε: (1) ισχαιμική: ελαττώνεται η τροφοδότηση μιας περιοχής με αίμα, οπότε η περιοχή εμφανίζεται ωχρή.  
(2) υπεραιμική: ελαττώνεται η φλεβική παροχέτευση (στάση), οπότε η περιοχή εμφανίζεται κυανωτική.

# ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ:

Η κατάσταση που αναπτύσσεται όταν μετατοπιστεί το pH προς την όξινη πλευρά (οξέωση) ή προς την αλκαλική (αλκάλωση)

• Οι μεταβολές του pH είναι:

- **Αναπνευστικές** ( $\text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$  διττανθρακικό οξύ)
  - Αυξημένη αποβολή  $\downarrow \text{CO}_2$  = αλκάλωση (Cheyne-Stokes)
  - Κατακράτηση  $\uparrow \text{CO}_2$  = οξέωση
- **Μεταβολικές** ( $\text{H}^+ / \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{NaHCO}_3$  διττανθρακικό νάτριο)
  - Αυξημένα επίπεδα  $\uparrow \text{H}^+ / \downarrow \text{HCO}_3^-$  = οξέωση = Περίσσεια οξέων / Απώλεια βάσεων (Kussmaul)
  - Μειωμένα επίπεδα  $\downarrow \text{H}^+ / \uparrow \text{HCO}_3^-$  = αλκάλωση = Περίσσεια βάσεων / Απώλεια οξέων

(τετανία/σπασμοί)

Επί οξέωσης ή αλκάλωσης τα πρόδρομα συμπτώματα είναι τα ίδια: κεφαλαλγία, ναυτία, αίσθημα κόπωσης. Επί μη αντισταθμιζόμενης κατάστασης υπάρχει διαφορά

- Η οξέωση ΜΕΙΩΝΕΙ τη διεγερσιμότητα του ΚΝΣ και τελικώς προκαλεί κώμα
- Επί αναπνευστικής οξέωσης εμφανίζεται μείωση του εύρους των αναπνευστικών κινήσεων
- Επί μεταβολικής οξέωσης εμφανίζεται υπέρπνοια μέχρι αναπνοής Kussmaul
- Η αλκάλωση αυξάνει τη διεγερσιμότητα του ΚΝΣ και του ΠΝΣ .
- Εξαιτίας της αύξησης της διεγερσιμότητας των νευρών προκύπτουν σπασμοί μέχρι τετανίας.

# ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ (2)

- ◎ **ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ:** αύξηση κατιόντων υδρογόνου και ελάττωση της ποσότητας των διττανθρακικών ιόντων.
- ◎ Αιτίες:
  - > αυξημένη παραγωγή οξέων.
  - > Αυξημένη απώλεια διττανθρακικών.
  - > μειωμένη νεφρική αποβολή κατιόντων υδρογόνου.

# ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ(3)

- ◉ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ:
- ◉ Μείωση του pH
- ◉ αύξηση pCO<sub>2</sub> (ελαττωμένη αποβολή από πνεύμονες) και αντιρροπτική αύξηση των διττανθρακικών του αίματος (λόγω αυξημένης παραγωγής τους)
- ◉ Συνώνυμος όρος :ΥΠΕΡΚΑΠΝΙΑ

# ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΟΞΕΩΣΗ(1)

- ΑΙΤΙΕΣ:
- υπάρχει πάντα κυψελιδικός υποαερισμός.
- Προσβολή αναπν. μυών (μυασθένεια, μυοπάθεια, όγκοι νωτ. μυελού)
- Προσβολή αναπν. κέντρων (όγκοι, λοιμώξεις, βαρβιτουρικά)
- Απόφραξη αναπν. οδών
- Περιοριστικές πνευμονοπάθειες
- Αναισθησία

# Οξέωση

## Μεταβολική & Αναπνευστική

- ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ:
- Αντιρροπιστικά: Ταχύπνοια – υπέρπνοια - αναπνοή Kussmaul
- Νευρολογικά: βυθιότητα – κώμα - σπασμοί
- ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ:
- $\text{pH} < 7,35$
- $\text{HCO}_3^- < 20 \text{mEq/l}$
- $\text{pCO}_2 < 30 \text{mmHg}$

- ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ:
- εξαρτώνται από τον βαθμό της υπερκαπνίας, την ταχύτητα με την οποία εγκαταστάθηκε, σοβαρότητα της οξέωσης, συνοδό υποξαιμία.
- Ταχυκαρδία, υπέρταση
- Κεφαλαλγία, ευερεθιστότητα, ελάττωση ακοής-όρασης, υπνηλία-κώμα.
- ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ:
- $\text{pH} < 7,35$
- $\text{pCO}_2 > 40-45 \text{mmHg}$
- $\text{HCO}_3^- > 27 \text{mEq/l}$

# Θεραπεία Οξέωσης Μεταβολικής & Αναπνευστικής

- ΘΕΡΑΠΕΙΑ:
- Αντιμετώπιση πρωτοπαθούς νόσου (πχ διαβήτη)
- Χορήγηση διττανθρακικών ως έλλειμμα βάσεων
- ΘΕΡΑΠΕΙΑ: στις οξείες καταστάσεις επιβάλλεται η γρήγορη διασωλήνωση και εφαρμογή μηχανικού αερισμού.
- Μετά την αποκατάσταση της οξυγόνωσης αναζητείται ο αιτιολογικός παράγοντας.

# ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ(4)

- ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ  
ΑΛΚΑΛΩΣΗ: αύξηση  
διττανθρακικών και του  
pH αίματος  
(αλκαλαιμία).

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-1

- ΑΙΤΙΑ: απώλεια υδρογονοκατιόντων (εμετοί, διάρροιες, διουρητικά)
- Εξωγενής υπερφόρτωση με αλκάλια (χορήγηση διττανθρακικών)

# ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-2

- ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ: Είναι ελάχιστα. Μπορεί να παραπονιέται για μυϊκή αδυναμία, κράμπες, ναυτία, εμετούς.
- Για να υπάρχουν σημαντικές νευρολογικές εκδηλώσεις πρέπει το pH του αίματος να ανέβει πάνω από 7,55. Τετανία, σπασμοί.

# ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ (5)

- ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ
- Αυξημένη αποβολή CO<sub>2</sub> από κυψελιδικό υπεραερισμό.
- ΑΙΤΙΑ: υπεραερισμός κεντρικής αιτιολογίας (όγκοι εγκεφάλου, αγγειακά)
- Υποξυγοναιμία (μεγάλο υψόμετρο, πνευμονική εμβολή)
- Φάρμακα (σαλικυλικά)

# ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΗ ΑΛΚΑΛΩΣΗ-1

- ΚΛΙΝΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ: όταν  $p\text{CO}_2$  κάτω από 20-25mmHg σχετίζεται με σοβαρή νόσο του ασθενή και αποτελεί κακό προγνωστικό σημείο
- ζάλη, σύγχυση, ευερεθιστότητα, μυϊκή αδυναμία, σπασμοί.
- Αρρυθμίες, ιδιαίτερα σε ασθενείς με υποκείμενη καρδιακή νόσο.

# Αλκάλωση

## Μεταβολική & Αναπνευστική

- ◉ ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ:
- ◉ pH > 7,45
- ◉ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > 27 mEq/l
- ◉ pCO<sub>2</sub> : αύξηση (αντιρρόπηση)
- ◉ ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ:
- ◉ pH > 7,45
- ◉ pCO<sub>2</sub> < 25-30 mmHg
- ◉ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : ελαττωμένα

# Θεραπεία Αλκάλωσης Μεταβολικής & Αναπνευστικής

## ● ΘΕΡΑΠΕΙΑ:

- αντιμετώπιση πρωτοπαθούς νόσου

## ● ΘΕΡΑΠΕΙΑ:

- Αντιμετώπιση υποκείμενης νόσου
- Επανεισπνοή του εκπνεόμενου αέρα
- Ακεταζολαμίδη (για να ελαττωθούν  $\text{HCO}_3$ )
- Μηχανικός αερισμός

# ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΥΪΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

- Η έντονη μυϊκή άσκηση αυξάνει την κατανάλωση του οξυγόνου και την παραγωγή του  $\text{CO}_2$  από τον οργανισμό και μεταθέτει το pH προς την όξινη πλευρά.

# ΕΛΑΦΡΑ ΜΥΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

- Η  $P_{O_2}$  του αρτηρ. αίματος δεν μεταβάλλεται, ενώ υπάρχουν μικρές μεταβολές της αρτηρ.  $pCO_2$

# ΜΕΤΡΙΑ ΜΥΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

- Αύξηση του ΚΛΑΑ η οποία οφείλεται σε αύξηση του βάθους των αναπνοών.

# ΕΝΤΟΝΗ ΜΥΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

- Αύξηση του ΚΛΑΑ ,η οποία είναι ανάλογη προς την αύξηση της κατανάλωσης του O<sub>2</sub> από τον οργανισμό.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ