



Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία

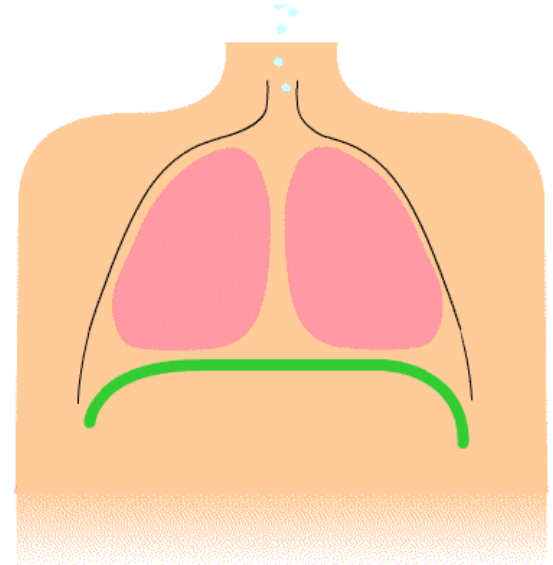
Ενότητα 1: Αναπνευστική αντλία – Οξεοβασική Ισορροπία

Ειρήνη Γραμματοπούλου,
Καθηγήτρια
Τμήμα Φυσικοθεραπείας Πα.Δ.Α.

Αναπνοή

- Είναι η διαδικασία με την οποία τα κύτταρα του σώματος χρησιμοποιούν O_2 και παράγουν CO_2 , ανταλλάσσοντας τα αέρια αυτά με την ατμόσφαιρα
- Προϋποθέτει καλή λειτουργία του καρδιαγγειακού και κεντρικού νευρικού συστήματος

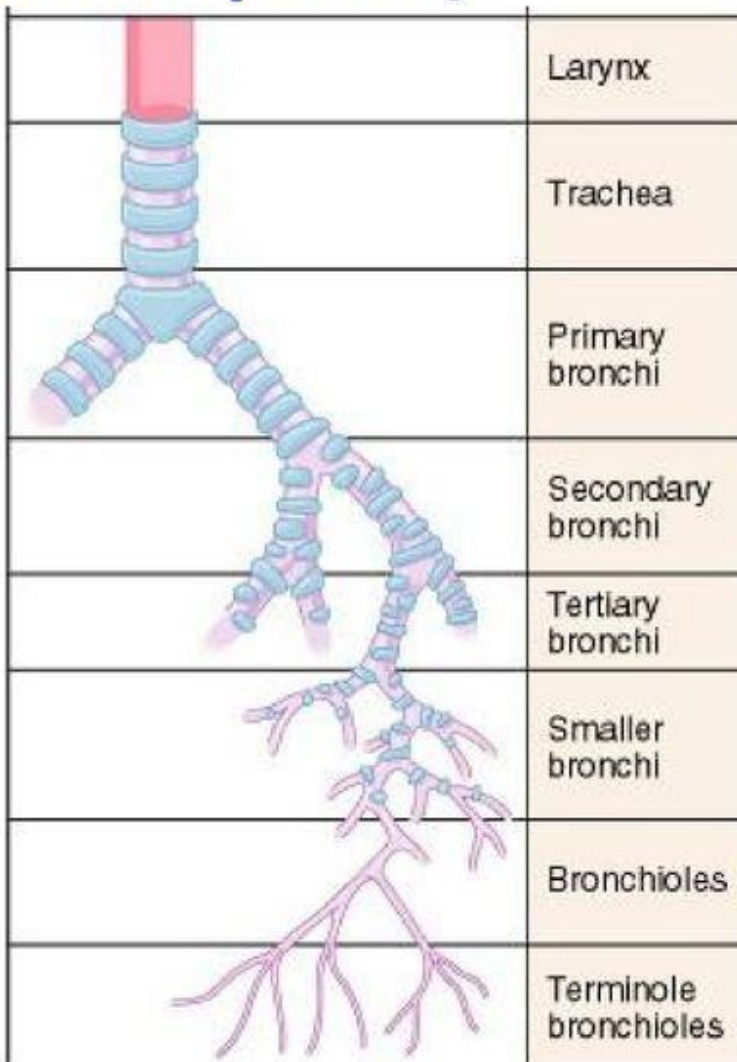
(Oxford reference, 2024; Wilson, 2016)



«Diaphragmatic breathing», από [Shelly Peyton](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 2.5](#)

Αναπνευστική οδός

Ζώνη Αγωγής



Διάμετρος (mm)

Διάμετρος & χόνδρος

% λείοι μύες

20-25

12-16

1-12

0.5-1

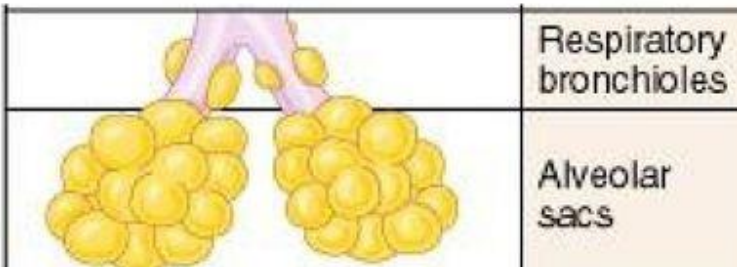
< 0.5

< 0.5

0.3

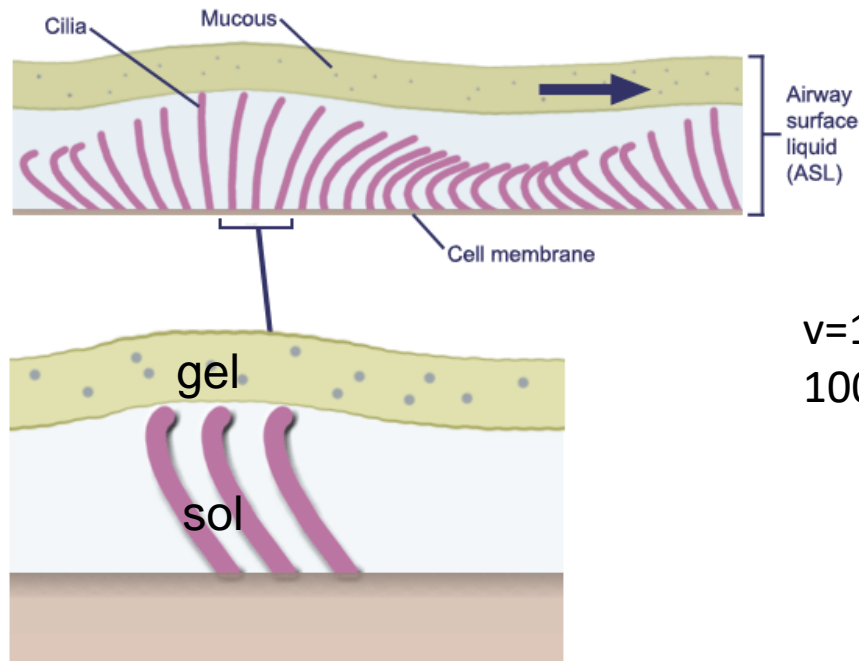
Fig. 16.3 Stanfield

Αναπνευστική Ζώνη



Αναπνευστικό Σύστημα

Αεραγωγοί: Πολύστιβο κροσσωτό επιθήλιο



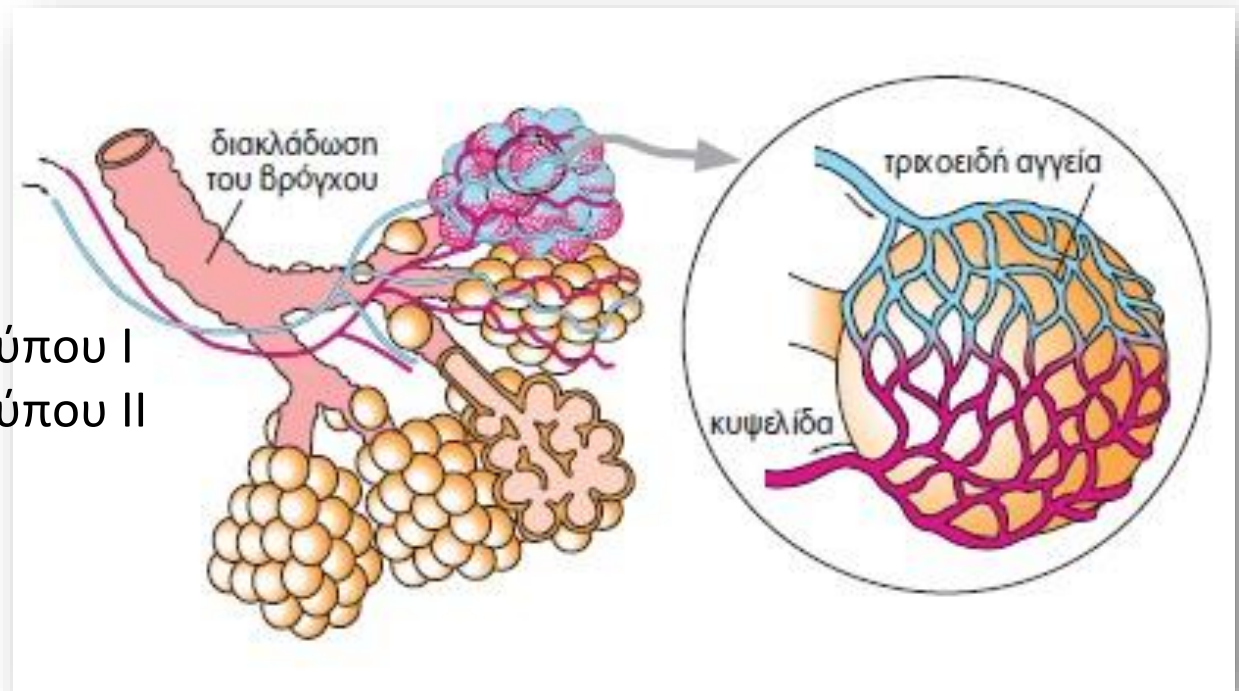
$v=1\text{mm}/\text{min}$
1000-1500 κινήσεις/ min

leavingbio.net

(Oxford reference, 2024; Wilson, 2016)

Κυψελίδες: Η λειτουργική μονάδα των πνευμόνων

➔ ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων



Πλακώδες επιθήλιο:

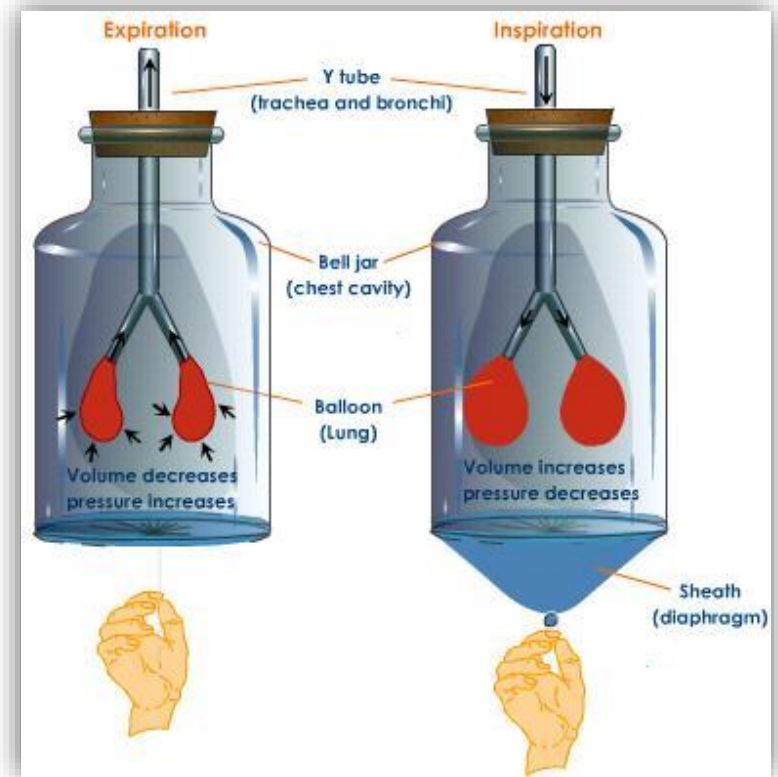
- Πνευμονοκύτταρα τύπου I
- Πνευμονοκύτταρα τύπου II

“Εικ. 4.7 Τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος του ανθρώπου”, Ψηφιακό Σχολείο, digitalschool.minedu.gov.gr

(Oxford reference, 2024; Wilson, 2016)

Αναπνευστική αντλία (1 από 3)

- Η αναπνευστική αντλία αποτελείται από:
 - το θωρακικό τοίχωμα,
 - τους αναπνευστικούς μυς,
 - το αναπνευστικό κέντρο και
 - τους νευρώνες σύνδεσης του αναπνευστικού κέντρου με τους αναπνευστικούς μυς
- Η επαρκής λειτουργία της αναπνευστικής αντλίας διασφαλίζει
 - φυσιολογικές P_{aO_2} , P_{aCO_2}
 - φυσιολογικό pH



Αναπνευστική αντλία (2 από 3)

Το φορτίο το οποίο καλείται να υπερνικήσει η αναπνευστική αντλία αποτελείται από:

- τις αναπνευστικές ανάγκες
- τις αντιστάσεις των αεραγωγών
- τις ελαστικές δυνάμεις επαναφοράς των πνευμόνων και του θωρακικού κλωβού.

Κύριο έργο της αναπνευστικής αντλίας είναι η διατήρηση φυσιολογικών τιμών P_aCO_2 με προσαρμογή του κυψελιδικού αερισμού στις αναπνευστικές ανάγκες ανεξαρτήτως φορτίου. **Η P_aCO_2 είναι η καταλληλότερη παράμετρος για την εκτίμηση της επάρκειας ή της ανεπάρκειας της αναπνευστικής αντλίας.**

(Oxford reference, 2024; Wilson, 2016)

Αναπνευστική αντλία (3 από 3)

Η αύξηση της P_aCO_2 αποτελεί τον πλέον αξιόπιστο δείκτη της ανεπάρκειας της αναπνευστικής αντλίας να αντιδράσει σε κάποια μεταβολή που επήλθε.

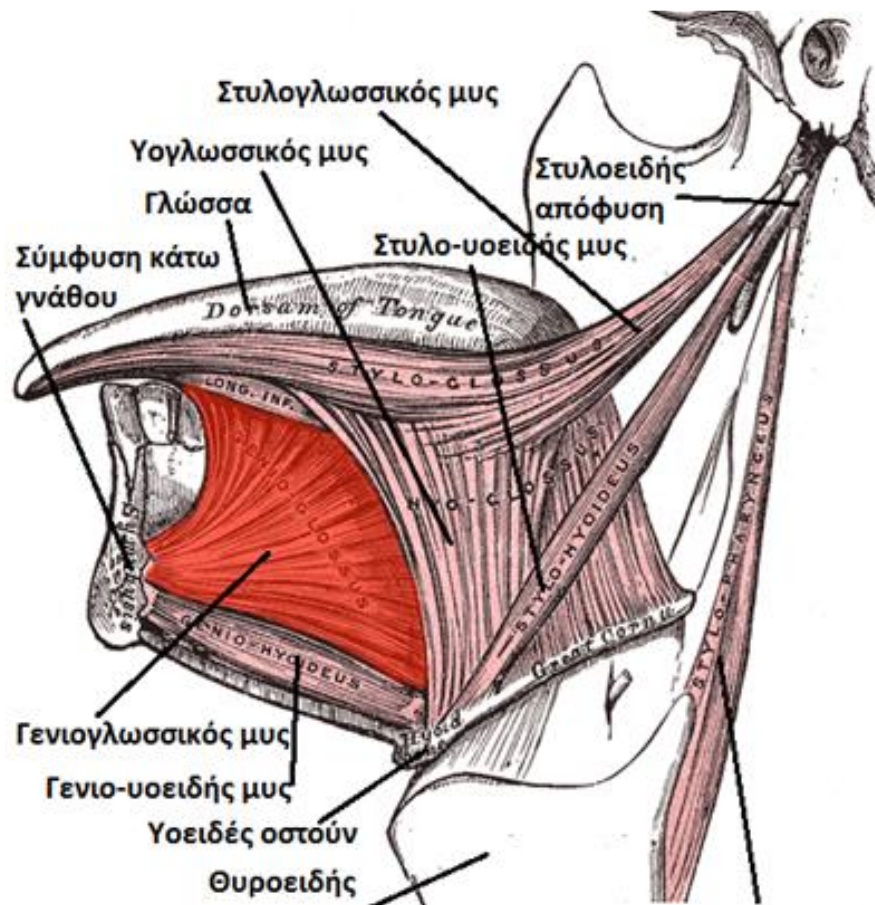
Εξίσωση που καθορίζει τη σχέση μεταξύ V_A και P_aCO_2 :

$$P_aCO_2 = k \times VCO_2 / V_A$$

$k = 0,863$, VCO_2 =η παραγωγή του CO_2 στη μονάδα του χρόνου και
 V_A = κυψελιδικός αερισμός.

Αναπνευστικοί μύες (1 από 5)

- **Μύες που συμβάλλουν στην ήρεμη αναπνοή:** γενειογλωσσικός, διάφραγμα, άνω έξω μεσοπλεύριοι, σκαληνοί, παραστερνικοί έσω μεσοπλεύριοι και κάτω έξω μεσοπλεύριοι
- **Κύριοι μύες της αναπνοής (ανεξαρτήτως βάθους):** Διάφραγμα, μεσοπλεύριοι, σκαληνοί
- **Δυναμικοί εκπνευστικοί μύες:** κοιλιακοί, μεσόστεοι έσω μεσοπλεύριοι και εγκάρσιος θωρακικός
- **Οι αναπνευστικοί μύες συμβάλλουν στη λειτουργία της αναπνευστικής αντλίας και στην κίνηση - στάση σώματος**
(Hodges et al., 2007)



Γενιογλωσσικός μυς

Είναι ο μεγαλύτερος διαστολέας της ανώτερης αναπνευστικής οδού

Έκφυση: γενειακή άκανθα της κάτω γνάθου

Κατάφυση: βάση της γλώσσας και υοειδές οστού

Συστολή: κατασπά την γλώσσα και την κινεί προς τα εμπρός αυξάνοντας την προσθιοπίσθια διάμετρο της στοματοφαρυγγικής περιοχής.

Αναπνευστικοί μύες (2 από 5)

Διάφραγμα:

α) **πλευρικό τμήμα:** 6 κατώτερες πλευρές,

β) **στερνικό τμήμα:** οπίσθια επιφάνεια της ξιφοειδούς απόφυσης και

γ) **σπονδυλικό τμήμα:** ανώτερους οσφυϊκούς σπονδύλους

- **Δ.ΗΔ:** 1.5 – 2.5 cm υψηλότερα από το Α.ΗΔ.
- **Πρόσθιο Δ.ΗΔ:** 5η - 6η πλευρά
- **Οπίσθιο Δ.ΗΔ:** 10η πλευρά
- **Νεύρωση:** Φρενικό, μεσοπλεύρια Θ_5 - Θ_{12}
- Έρεμη αναπνοή: 0.9 - 2 cm
- Βαθειά αναπνοή: 7 - 10 cm
- **Νόμος LaPlace:** όσο πιο κυρτό είναι το διάφραγμα (μικρή ακτίνα καμπυλότητας), τόσο μεγαλύτερη δύναμη θα αναπτύξει κατά την κάθοδό του (Bordoniet al., 2013)



Αναπνευστικοί μύες (3 από 5)

- **Διάφραγμα:**

- Ο πλέον ανθεκτικός μυς στην κόπωση
- Ανακάμπτει κατά 10 φορές ταχύτερα συγκριτικά με τους καμπτήρες του αγκώνα
- Η πυκνότητά του σε μιτοχόνδρια, η οξειδωτική χωρητικότητα των μυϊκών ινών και η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου είναι κατά 2 - 6 φορές μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτήν των μυών των άκρων
- Εκτελεί το 60% έως 80% της εισπνευστικής λειτουργίας
- Η συστολή του μειώνει την ενδοθωρακική πίεση αυξάνοντας τις τρεις διαμέτρους του θωρακικού κλωβού

(Bordoniet al., 2013)

Αναπνευστικοί μύες (4 από 5)

- Το **Διάφραγμα** στην ήρεμη αναπνοή:
 - Συμβάλει στη διατήρηση της σωστής στάσης σώματος
 - Συμβάλει στη σωστή λειτουργία των εσωτερικών οργάνων, του αυχένα, της λεκάνης κ.α.
 - Η συστολή του σταθεροποιεί τους σπονδύλους από τους οποίους προσφύεται και εκτείνει την Σ.Σ.
 - Συστέλλεται τονικά μαζί με τον εγκάρσιο κοιλιακό για τη σταθεροποίηση του κορμού όταν κινούνται γρήγορα τα άνω άκρα

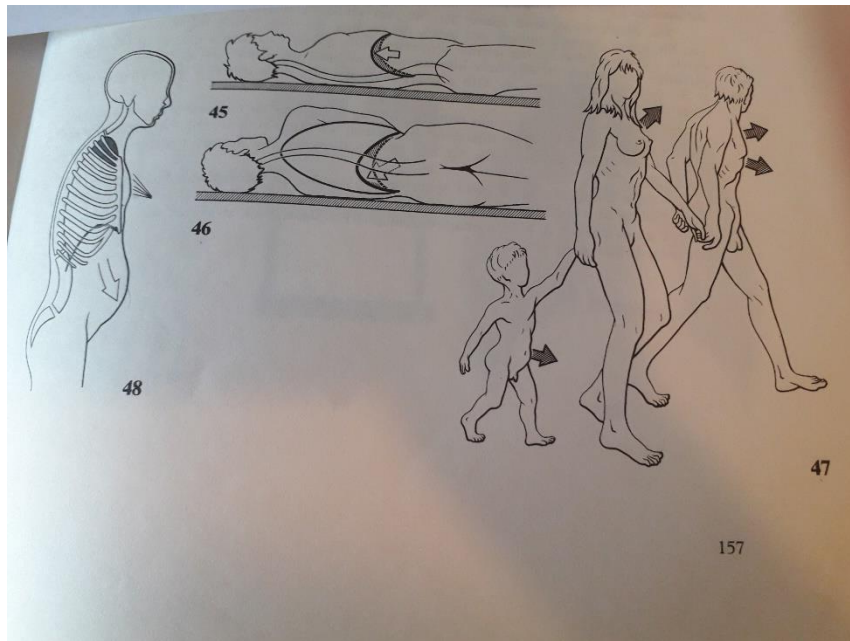
(Bordoniet al., 2013)

Αναπνευστικοί μύες (5 από 5)

- Η αποτελεσματικότητα του διαφράγματος εξαρτάται από την θέση σώματος και την κυρτότητά του
- Σε κάθε εισπνοή, με την \downarrow της ενδοθωρακικής πίεσης \downarrow η πίεση στον Δ κόλπο της καρδιάς \rightarrow **την αύξηση της ροής φλεβικού αίματος**
- Η κίνηση του διαφράγματος **διευκολύνει τη λεμφική ροή**
(ο θωρακικός λεμφικός πόρος διέρχεται από το αορτικό τρήμα)

(Bordoniet al., 2013)

Συσχέτιση της αναπνοής με το φύλο, και την ηλικία



Ηλικία - φύλο

Παιδιά: κατώτερη θωρακική-διαφραγματική

Γυναίκες: ανώτερη θωρακική

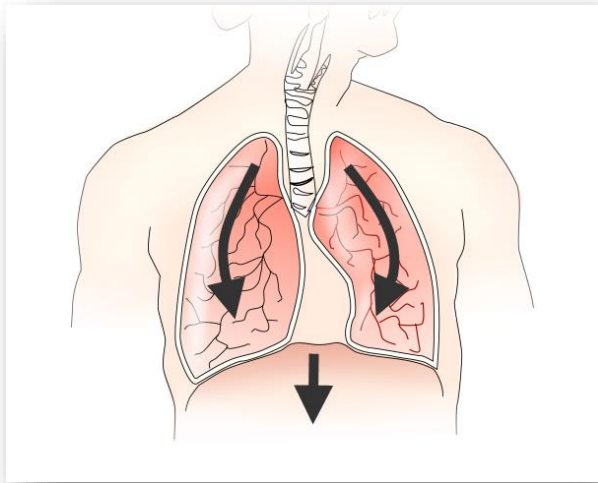
Άνδρες: μικτή αναπνοή

Ηλικιωμένα άτομα: κατώτερη θωρακική-διαφραγματική, λόγω της αύξησης του θωρακικού κυρτώματος, μείωσης της κίνησης των ανώτερων πλευρών και της μείωσης της δύναμης των κοιλιακών μυών

Τύποι Αναπνοής

Συχνότητα αναπνοών (RR): 12-16 /min

- **Ταχύπνοια:** ↑ Συχνότητα αναπνοής
- **Βραδύπνοια:** ↓ Συχνότητα αναπνοής
- **Υπέρπνοια:** ↑ Βάθος αναπνοής



Παράγωγο έργου “Respiratory system”, από [Theresa knott](#)
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](#).

Μορφές αναπνοής

- ✓ Ανώτερη θωρακική
- ✓ Διαφραγματική ή κατώτερη θωρακική
- ✓ Φτάρνισμα
- ✓ Χασμουρητό
- ✓ Βήχας
- ✓ Λόξυγκας
- ✓ Γέλιο
- ✓ Ροχαλητό
- ✓ Αναστεναγμοί

Σχέση μεταξύ της αναπνευστικής συχνότητας και πνευμονικών όγκων

ΑΝΑΠΝΟΗ	ΑΟΑ	ΑΣ	ΚΛΑ	ΑΝΧ	ΚΥΨ/ΚΟΣ ΑΕΡ.
Επιπόλαιη	150ml	40b/min	6000ml/min	150x40	0ml/min
Ήρεμη	500	12	6000	150x12	4200
Βαθιά	1000	6	6000	150x6	5100

- ΑΟΑ: Αναπνεόμενος όγκος αέρα
- ΑΣ: Αναπνευστική συχνότητα
- ΚΛΑ: Κατά λεπτό αερισμός
- ΑΝΧ: Ανατομικός νεκρός χώρος

Δοκιμασίες Επάρκειας του Πνευμονικού Αερισμού (1 από 2)

➔ Δυναμική εκπνοή

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ

(Διάγνωση, Εκτίμηση δραστηριότητας Βρογχοδιασταλτικών φαρμάκων)

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ

- Σταθερή κατάσταση του ασθενούς (min 6 εβδομάδες χωρίς παροξυσμό)
- Επιστόμιο πάνω από τη γλώσσα, κλειστά-σφιχτά χείλη γύρω από το επιστόμιο
- Χαλαρός θώρακας - κοιλιά
- Ρινοπίεστρο
- Πριν τη δοκιμασία απαγορεύεται η λήψη:
 - Βραχείας δράσης β2 αγωνιστές για 6 ώρες
 - Μακράς δράσης βρογχοδιασταλτικά για 12 ώρες
 - Θεοφυλλίνη για 24 ώρες

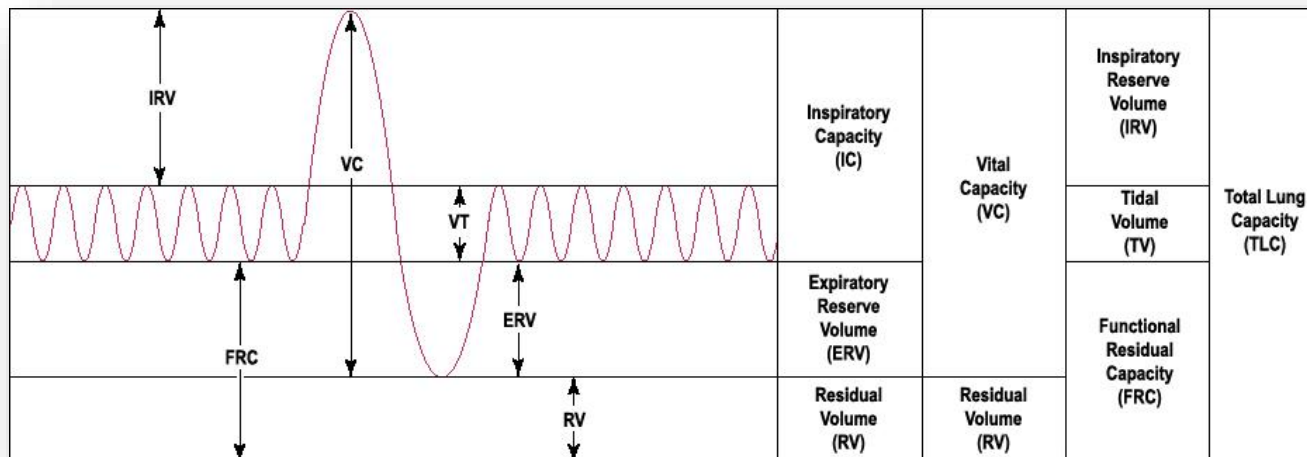


© 2013 Yale School of Medicine

Δοκιμασίες Επάρκειας του Πνευμονικού Αερισμού (2 από 2)

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ

- ✓ Ο ασθενής εκτελεί αρχικά μία βαθειά εισπνοή και στη συνέχεια εκπνέει δυναμικά όσο πιο γρήγορα μπορεί μέχρι να «αδειάσουν» τελείως οι πνεύμονες
- ✓ Καθιστή ή όρθια θέση
- ✓ Τρεις προσπάθειες διάρκειας 6 sec
- ✓ Αξιολογούμε την καλύτερη



“LungVolume”, από Vihadas
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

(Agnew,2010)

Πνευμονικοί όγκοι και χωρητικότητες (1 από 2)

- **Αναπνεόμενος όγκος (T.V.)**

Ο όγκος που εισπνέεται ή εκπνέεται σε μια ήρεμη αναπνοή (άνδρες= 0.6 L, γυναίκες= 0.5 L)

- **Εφεδρικός εισπνεόμενος όγκος (I.R.V.)**

Μέγιστη εισπνοή μετά από μια ήρεμη εισπνοή (άνδρες= 3.0 L, γυναίκες= 1.9 L)

Ολική Πνευμονική Χωρητικότητα (TLC) είναι ο όγκος αέρα που περιέχεται στο αναπνευστικό σύστημα στην μέγιστη εισπνευστική θέση (R.V. + E.R.V. + T.V. + I.R.V.)

- **Εφεδρικός εκπνεόμενος όγκος (E.R.V.)**

Μέγιστη εκπνοή μετά από μια ήρεμη εκπνοή (άνδρες= 1.2 L, γυναίκες= 0.8 L)

- **Υπολειπόμενος όγκος αέρα (R.V.)**

Ο όγκος που παραμένει στους πνεύμονες μετά από μια μέγιστη εκπνοή (άνδρες= 1.2 L, γυναίκες= 1 L)

Πνευμονικοί όγκοι και χωρητικότητες

(2 από 2)

✓ Ζωτική Χωρητικότητα (T.V. + I.R.V. + E.R.V.)

είναι ο όγκος αέρα που εκπνέεται από την μέγιστη εισπνευστική θέση προς την μέγιστη εκπνευστική θέση ή και αντιστρόφως (FIVC), δυναμικά (FEVC) ή αργά (SVC)

Δυναμικά Εκπνεόμενος Όγκος Αέρα στο πρώτο sec (F.E.V₁.)

Ο όγκος του αέρα ο οποίος μπορεί δυναμικά να εκπνευστεί από την ολική χωρητικότητα μέσα στο πρώτο sec

✓ Λειτουργική Υπολειπόμενη χωρητικότητα (F.R.C. = E.R.V. + R.V.)

είναι ο όγκος αέρα που παραμένει εντός του αναπνευστικού συστήματος στο τέλος μιας ήρεμης εκπνοής. Καλείται και **τελο-εκπνευστικός όγκος**

Πνευμονικές Χωρητικότητες

Εισπνευστική χωρητικότητα

- ✓ Αναπνεόμενος Όγκος Αέρα + Εισπνευστική Εφεδρεία

Λειτουργική Υπολειπόμενη χωρητικότητα

- ✓ Εκπνευστική Εφεδρεία + Υπολειπόμενος Όγκος Αέρα

Ζωτική Χωρητικότητα

- ✓ Εισπνευστική Εφεδρεία + Αναπνεόμενος Όγκος Αέρα + Εκπνευστική Εφεδρεία

Ολική χωρητικότητα

- ✓ Εισπνευστική + Εκπνευστική Εφεδρεία + Αναπνεόμενος Όγκος Αέρα + Υπολειπόμενος Όγκος Αέρα

Κατά λεπτό Αερισμός- Κυψελιδικός Αερισμός

Κατά λεπτόν αερισμός: Ο συνολικός αέρας εισπνέεται και εκπνέεται
κάθε λεπτό ($VT \times RR$)

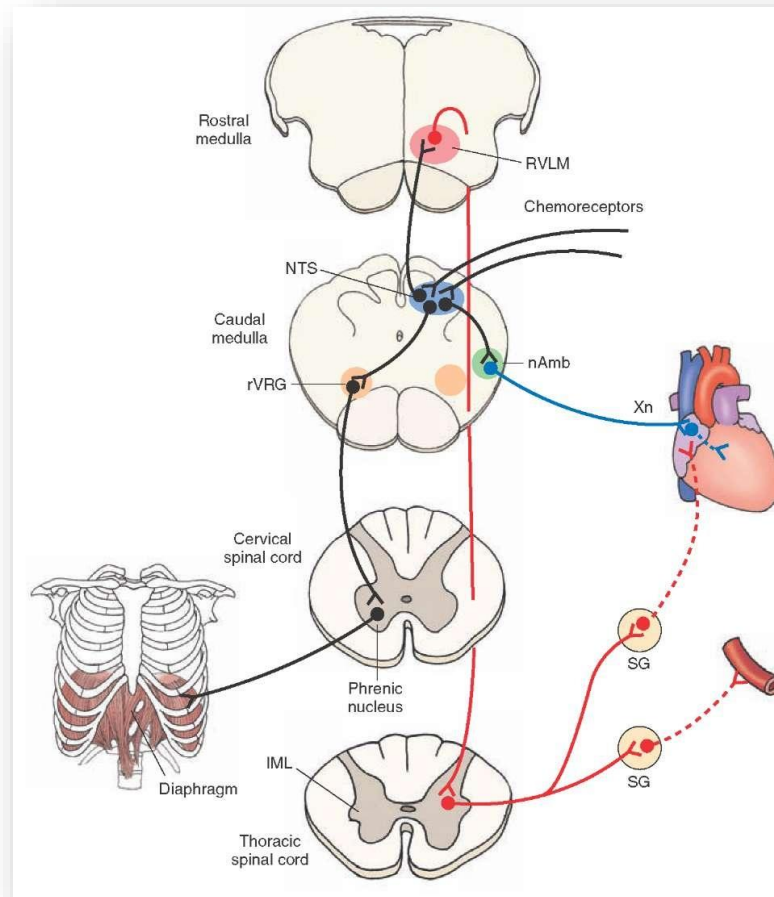
Στον μέσο ενήλικα: $\approx 5 \text{ lit/min}$

N.X. : Ο όγκος του VT που παραμένει στους αεραγωγούς και δεν
λαμβάνει μέρος στην ανταλλαγή των αερίων (VD)

Φυσιολογικός N.X.: περίπου 150 ml (2ml/kg)

Κυψελιδικός αερισμός: $(VT - VD) \times RR$

Νευρικός Έλεγχος της Αναπνοής (1 από 2)



“FIGURE 22-13”, The Autonomic Nervous System (Integrative Systems) Part 6, what-when-how.com

Νευρικός Έλεγχος της Αναπνοής (2 από 2)

ΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ

- Είναι μια ομάδα νευρώνων που βρίσκονται:
 - Στο δικτυωτό σχηματισμό
 - Στον προμήκη
 - Στη γέφυρα
-

Το νευρικό σύστημα ρυθμίζει τον κυψελιδικό αερισμό με βάση τις ανάγκες του οργανισμού, ώστε να μην μεταβάλλονται σημαντικά η PaO_2 & η PaCO_2 .

Τροποποίηση της Αναπνοής

- Ανώτερα κέντρα (λόγος, συναισθήματα, εκούσιος έλεγχος αναπνοής, κίνηση)
- Χημιοϋποδοχείς, \downarrow ΡΗ, \uparrow CO₂
- Χημιοϋποδοχείς καρωτιδικού & αορτικού σώματος \downarrow O₂
- Αντανακλασικό Hering-Breuer (διατακτικοί υποδοχείς στις κυψελίδες)
- Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς (μυς-αρθρώσεις)
- Υποδοχείς πίεσης, θερμοκρασίας, πόνου

Τα ερεθίσματα φτάνουν στον προμήκη μυελό και στη γέφυρα και προκαλούν **τροποποίηση της αναπνοής**

Ο Πνευμονικός Αερισμός στην Άσκηση

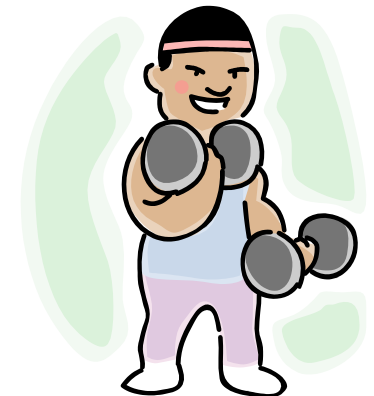
Απότομη αύξηση

- Στην έναρξη της άσκησης
- Σε κινήσεις των άκρων



Προοδευτική αύξηση

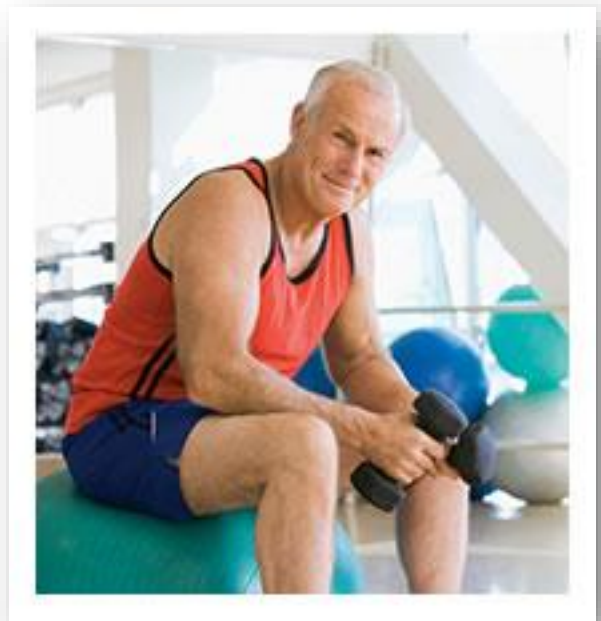
Σε 4-6 min μετά την έναρξη της άσκησης



Η επίδραση της Ηλικίας στον Πνευμονικό Αερισμό

Με την αύξηση της ηλικίας μειώνεται:

- Η Ζ.Χ. και ο Κ.Λ.Α.
- Ο Υ.Ο.Α.
- Ο μηχανισμός αυτοκάθαρσης των βρόγχων
- Η ανταλλαγή των αερίων



“Elderly exercise”, από [Sean.lewis29](#)
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα

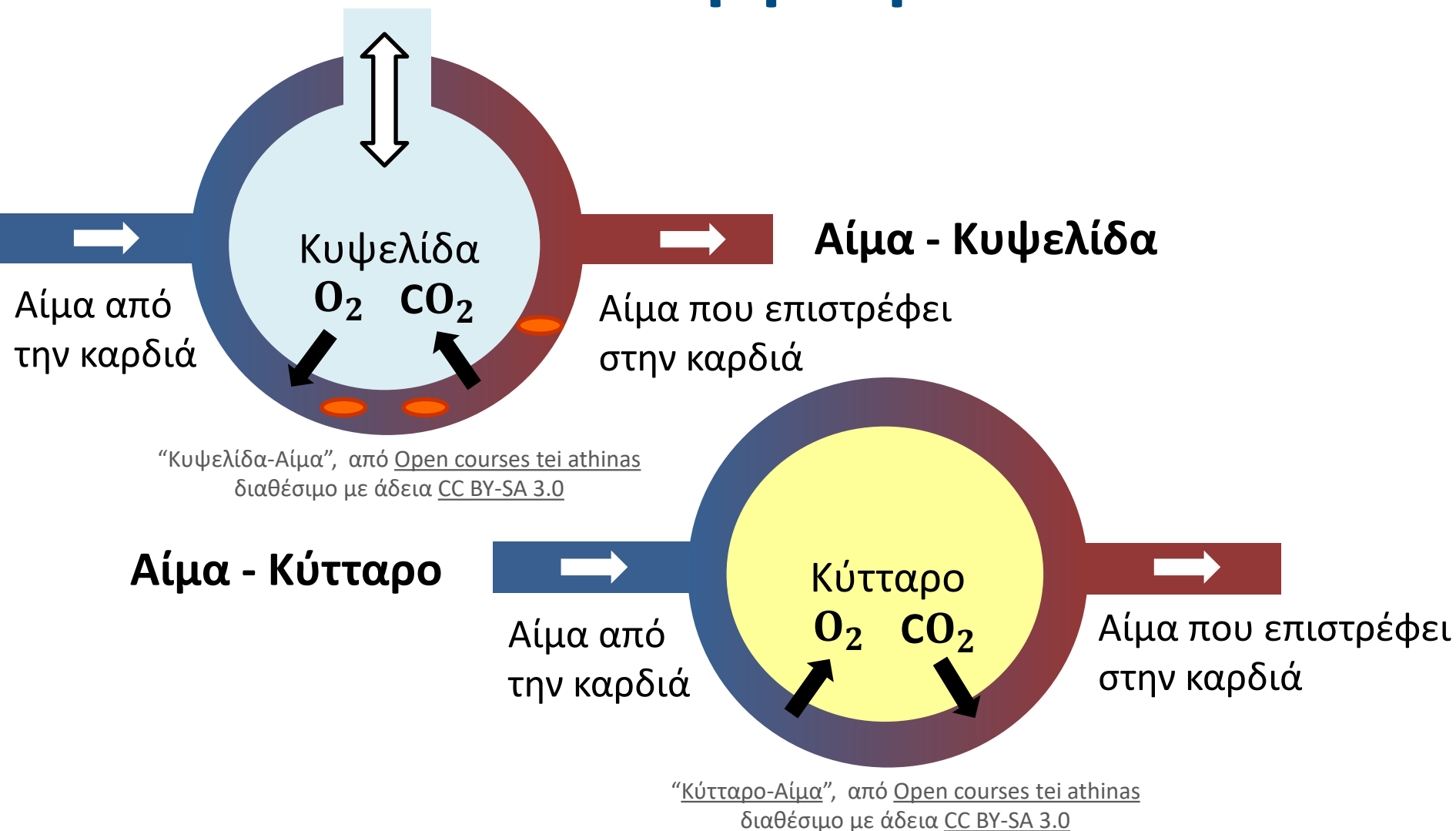


Αναπνευστική Φυσικοθεραπεία

Οξεοβασική ισορροπία

Ειρήνη Γραμματοπούλου,
Καθηγήτρια
Τμήμα Φυσικοθεραπείας Πα.Δ.Α.

Ανταλλαγή Αερίων



Λέξεις κλειδιά: Ανταλλαγή αερίων, PO_2 , PCO_2 , PH , Υποξυγοναιμία, Υπερκαπνία

Ατμοσφαιρικός Αέρας

Αέριο	Συγκέντρωση %	Ρμερική στα 760 mm Hg
Άζωτο	79.04	600 mm Hg
O ₂	20.93	159 mm Hg
CO ₂	0.03	0.2 mm Hg

Η σύσταση παραμένει σχετικά αμετάβλητη

Αέρας Τραχείας

Πλήρως κορεσμένος από υδρατμούς, που αραιώνουν το μίγμα των αερίων

Αέριο	Συγκέντρωση (%)	Ρμερική στα 760-47=713 mm Hg
Άζωτο	79.04	517 mm Hg
O ₂	20.93	149 mm Hg
CO ₂	0.03	0.2 mm Hg
H ₂ O		47 mm Hg

Κυψελιδικός Αέρας

Αέριο	Συγκέντρωση (%)	Ρμερική στα 760-47=713 mm Hg
Άζωτο	80.00	571 mm Hg
O ₂	14.50	103 mm Hg
CO ₂	5.50	39 mm Hg
H ₂ O		47 mm Hg

Η FRC συντελεί στην διατήρηση της σταθερής σύστασης του κυψελιδικού αέρα

Μεταφορά Στο Αίμα

O₂

- 3% διαλυμένο στο πλάσμα
- 97% συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων

CO₂

- 7% διαλυμένο στο πλάσμα
- 20% συνδεδεμένο με την αιμοσφαιρίνη των ερυθρών αιμοσφαιρίων
- 60-80% συνδεδεμένο με H₂O σε μεγάλη ποσότητα με τη μορφή HCO₃⁻

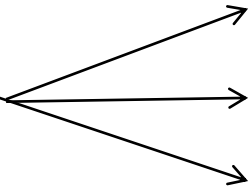
Saturation ή SaO₂

Τί εννοούμε;

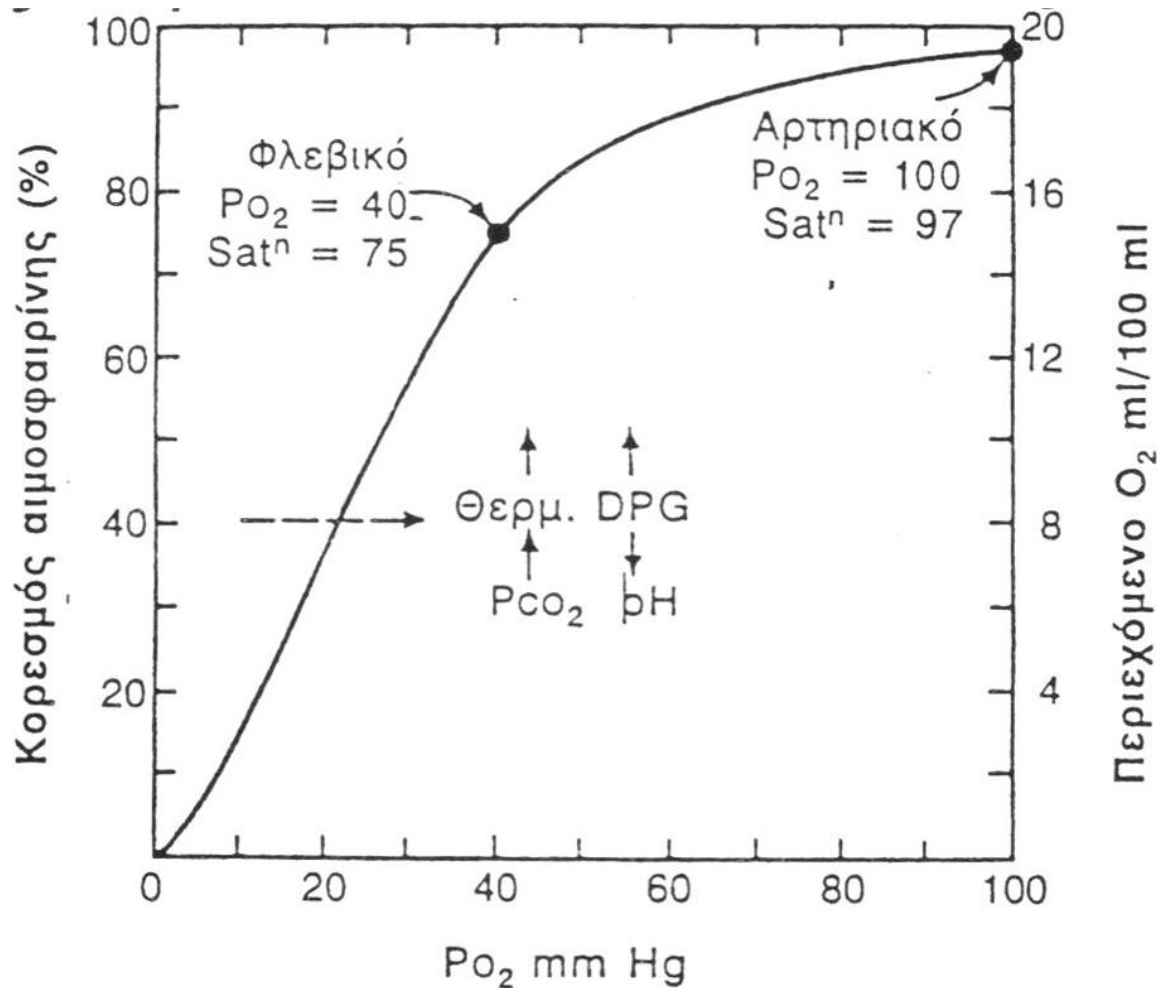
Ο βαθμός της σύνδεσης της αιμοσφαιρίνης με το οξυγόνο σε σχέση με τη χωρητικότητά της εκφράζεται ως **κορεσμός της αιμοσφαιρίνης σε οξυγόνο (SaO₂ ή Saturation)**

(Larsson, Update 2011)

Α. Μερική Πίεση O₂ Στο Αρτηριακό Αίμα (PaO₂)

- PaO₂ εξαρτάται 
 - PaO₂ στον κυψελιδικό αέρα
 - Θέση σώματος
 - Ηλικία
- $PaO_2 = 104 - (\eta\lambda\iota\kappa\iota\alpha \times 0.27)^2$ **Ύπτια Θέση**
- **Εύρος φυσιολογικών τιμών: 70-100mmHg**

Καμπύλη Διάστασης O_2



(McArdle, Katch & Katch, 2001; West, 1999 (σελ 23, εικόνα 2.2) ; Mangat, 1993; Morgan, 1996)

Αντιστοίχιση SaO₂ - PaO₂

☐ 97% 100mmHg

☐ 90% 60mmHg

☐ 80% 50mmHg

☐ 75% 40mmHg

Μέτρηση PaO₂

- Η πιο αξιόπιστη μέτρηση : Αέρα Αίματος
- 1960 πρώτη μέτρηση pH, SaO₂ στην Ελλάδα
- 1970 πρώτοι αναλυτές αερίων αίματος στην Ελλάδα



pcca.net

Κορεσμός Αιμοσφαιρίνης Σε O_2 (SaO_2)

- Κατά προσέγγιση εκτίμηση PaO_2
- Εύρος φυσιολογικών τιμών : 93-98%
- Μέτρηση: με παλμική οξυμετρία (SpO_2)

Αρτηριακή Υποξυγοναιμία

Ελάττωση PaO_2 σε επίπεδα χαμηλότερα των φυσ/κών με $SaO_2 < 90\%$

Αίτια

- Ελάττωση βαρομετρικής πίεσης
- Υποαερισμός
- Διαταραχή της διάχυσης του O_2
- Διαταραχή της σχέσης Αερισμού – Αιμάτωσης (V/Q)
- Παράκαμψη αίματος (Shunt)

Κλινικοί Χαρακτηρισμοί

- Αναπνευστική Ανεπάρκεια Τύπου I (υποξαιμία)
- Αναπνευστική Ανεπάρκεια Τύπου II (υποξαιμία & υπερκαπνία)

Υποαερισμός (1 από 4)

- Μειωμένος κυψελιδικός αερισμός
- Προκαλείται από εξωπνευμονικές παθήσεις (υγιής ο πνεύμων)

1. Προκαλεί πάντα αύξηση του PCO_2

$$P_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}}{V_A} \cdot k$$

- V_{CO_2} = παραγωγή CO_2
- V_A = κυψελιδικός αερισμός

Αν ο ασθενής δεν έχει αυξημένη PCO_2 , τότε δεν υποαερίζεται!

Υποαερισμός (2 από 4)

2. Προκαλεί υποξαιμία, η οποία εύκολα μπορεί να αναταχθεί αυξάνοντας την εισπνεόμενη PO_2 (μάσκα O_2)

$$P_{\text{κυψ}} \cdot O_2 = P_{\text{εισπνεόμενο}} - \frac{P_aCO_2}{R} + F$$

$$R = \text{αναπνευστικό πηλίκιο} \left[\frac{PCO_2 \text{ παραγόμενο}}{PO_2 \text{ προσλαμβανόμενο}} \right]$$

Το PO_2 δεν μπορεί εύκολα να πέσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα από καθαρό υποαερισμό

Υποαερισμός (3 από 4)

Σε σοβαρό υποαερισμό:

- PCO_2 : 40mmHg → 80mmHg
- PO_2 : 100 mmHg → 50mmHg
- $SaO_2 \cong 80\%$
- Ο ασθενής σε κρίσιμη κατάσταση με **σοβαρή κατακράτηση CO_2**
- **pH = 7.2 (αναπνευστική οξέωση)**

Υποαερισμός (4 από 4)

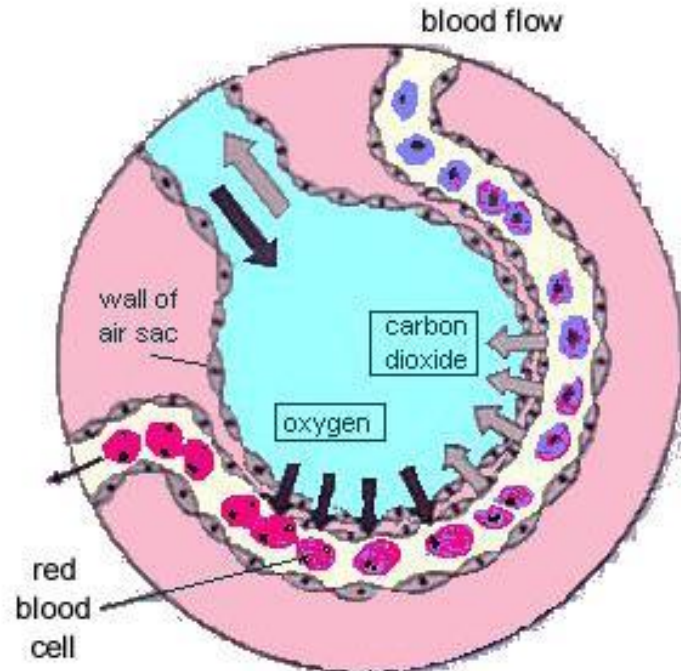
Αίτια

- Καταστολή αναπνευστικού κέντρου από φάρμακα
- Παθήσεις του προμήκη
- Παθήσεις των προσθίων κεράτων N.M. (πολυομυελίτιδα)
- Παθήσεις των νεύρων των αναπνευστικών μυών (Guillain Barre)
- Παθήσεις της νευρομυϊκής σύναψης (μυασθένεια Gravis)
- Παθήσεις αναπνευστικών μυών (μυϊκή δυστροφία)
- Ανωμαλίες θωρακικού τοιχώματος: σύνθλιψη θώρακα
- Απόφραξη ανώτερων αεραγωγών
- Υπερβολική Παχυσαρκία
- Υπνική άπνοια (κεντρική-αποφρακτική)

Κυψελιδοτριχοειδική Μεμβράνη (διαχωριστική μεμβράνη αερίων – αίματος)

❖ Το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα διακινούνται μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και του αίματος με **απλή διάχυση**

❖ Το **φαινόμενο της διάχυσης** περιγράφει τη μετακίνηση ενός αερίου από μία περιοχή με υψηλή μερική πίεση προς μία περιοχή με χαμηλότερη μερική πίεση



(Larsson, Update 2011)

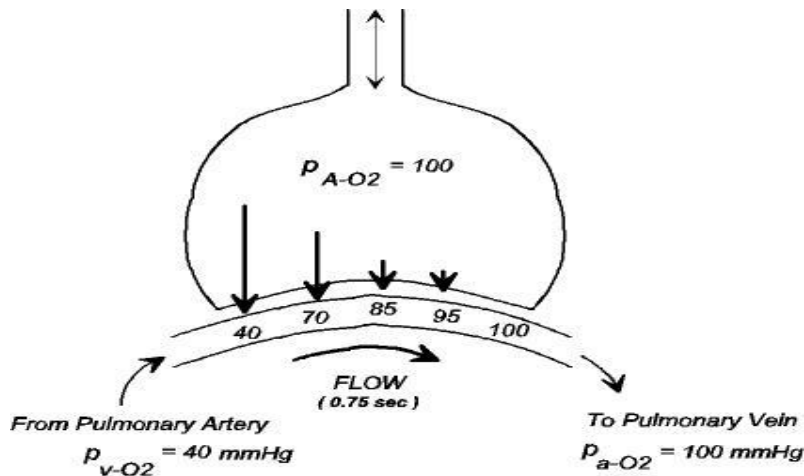
<https://www.google.gr/search?q=gas+exchange+pictures>

Ανεπάρκεια Διάχυσης (1/2)

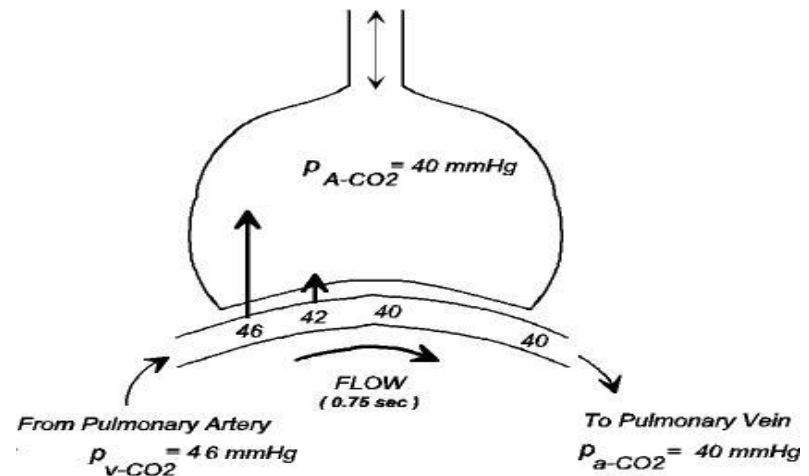
Δεν επέρχεται ισορροπία μεταξύ P_{O_2} στο πνευμονικό τριχοειδές & και τον κυψελιδικό αέρα

Στην ηρεμία, ένα ερυθρό αιμοσφαίριο για να μετακινηθεί από το ένα άκρο του τριχοειδούς στο άλλο, απαιτείται $t = 0.75$ (3/4) sec και οξυγονώνεται στο 1/3 του χρόνου αυτού, ενώ στην άσκηση: στο 1/4 αυτού.

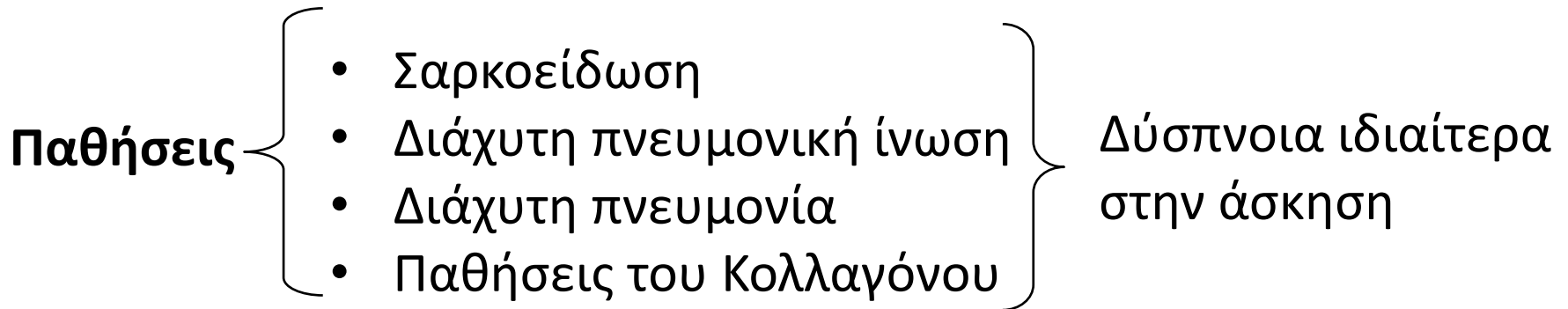
Πρόσληψη του O_2



Αποβολή του CO_2



Ανεπάρκεια Διάχυσης (2/2)



Η υποξυγοναιμία μπορεί αμέσως να διορθωθεί με 100% O₂

Παράκαμψη (Shunt)

Ορισμένη ποσότητα αίματος φτάνει στο αρτηριακό αίμα χωρίς να περνά από αεριζόμενες περιοχές του πνεύμονα

Παθήσεις

- Πνευμονία
- A.R.D.S.
- Συγγενείς καρδιοπάθειες
- κ.α.

Ακόμη και αν δοθεί 100% FiO_2 , το PO_2 δεν μπορεί να αυξηθεί στα φυσιολογικά επίπεδα

Ανισότητα Σχέσης Αερισμού - Αιμάτωσης(V/Q)

Ο αερισμός και η αιματική ροή είναι ανισότιμα σε διάφορες πνευμονικές περιοχές, με αποτέλεσμα την ανεπαρκή ανταλλαγή των αερίων.

Προκαλείται υποξυγοναιμία και υπερκαπνία.

Η υποξυγοναιμία σε ανισότητα V/Q είναι σοβαρότερη **vs** στον υποαερισμό.

Παθήσεις

- ΧΑΠ
- Διάμεση πνευμονία
- Αγγειακές παθήσεις (π.χ. πνευμονική εμβολή)

Β. Μερική Πίεση CO₂ Στο Αρτηριακό Αίμα (PaCO₂)

PaCO₂

- Φυσιολογικές τιμές PCO₂ = 35-45 mmHg
- Ανεπηρέαστες από την ηλικία
- Μειώνεται με τον υπεραερισμό

Αιτίες υπερκαπνίας

- Υποαερισμός
- Ανισότητα V/Q

Μέτρηση PaCO₂

- **Καπνογράφος:**

Αναλύει τον εκπνεόμενο αέρα μέσω ρινικού καθετήρα και μετράει τη συγκέντρωση του CO₂ (έγκυρη μέτρηση: 10 λεπτά σε ηρεμία)

- **Αέρια Αίματος**



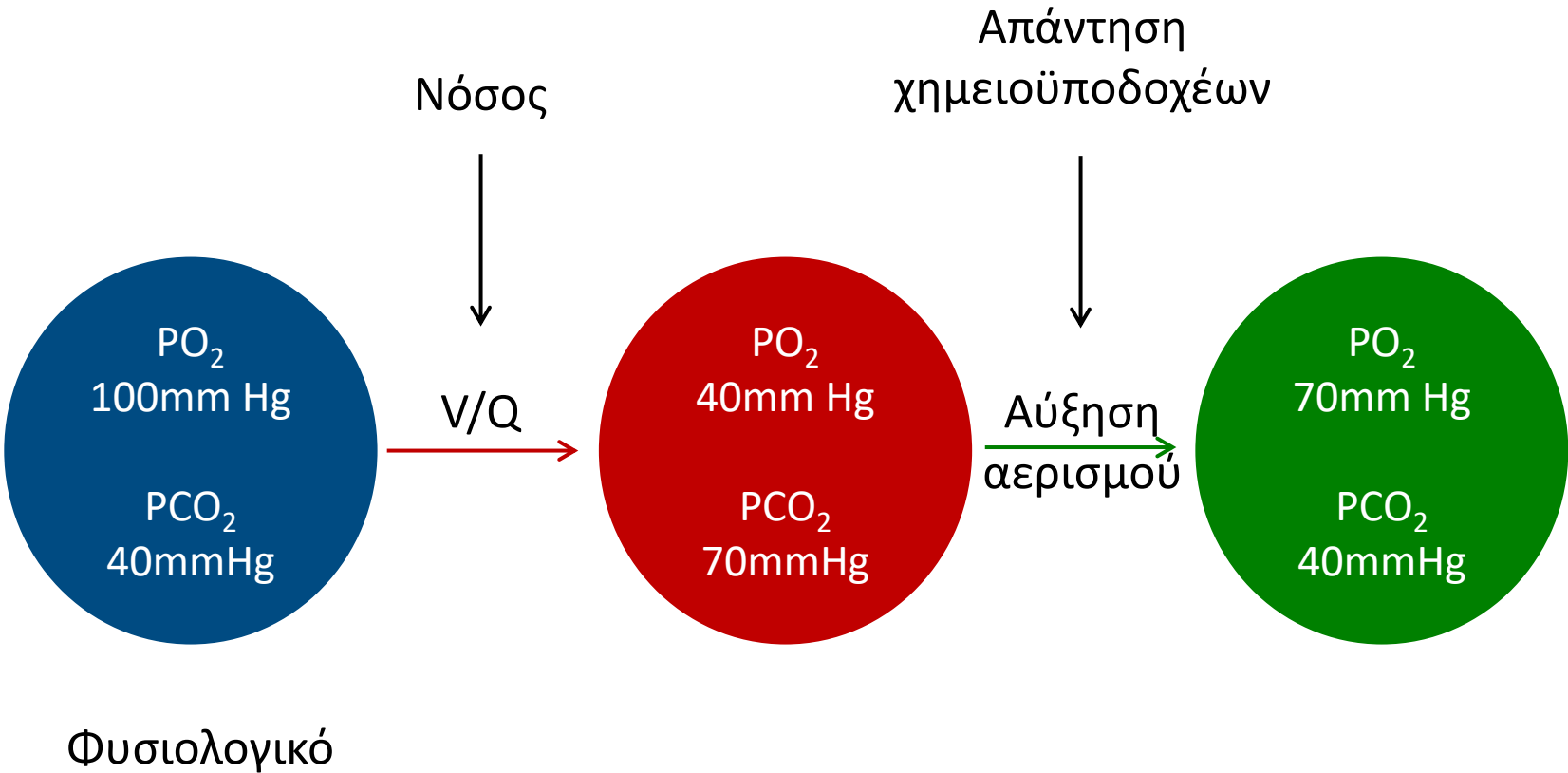
Υποαερισμός

Προκαλεί πάντα αύξηση του PCO_2

$$P_{CO_2} = \frac{v_{CO_2}}{v_A} \cdot k$$

Η κατακράτηση του CO_2 μπορεί να αντιμετωπισθεί μόνο με αύξηση του αερισμού

Ανισότητα Σχέσης Αερισμού - Αιμάτωσης (V/Q)



Αρτηριακό pH

Εξίσωση Henderson – Hasselbalch (1916)



[Harvard Business School, Baker Library, Historical Collections](#)

$$pH = 6.1 + \log_{10} \frac{HCO_3^-}{0.03 \times PCO_2}$$



[Acute Care](#)

- HCO_3^- = Η συγκέντρωση του όξινου ανθρακικού στο αίμα
- **HCO_3^- : 22 - 26 mEq/l**

Χρησιμοποιείται για να συσχετίσει το pH του αίματος με τη συγκέντρωση του HCO_3^- και την PCO_2

Αρτηριακό pH

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

PH: 7.35 – 7.45

Διατήρηση φυσιολογικού pH

- Ταχεία εξουδετέρωση των μη πτητικών οξέων (H^+) από τα ρυθμιστικά συστήματα (HCO_3^- , πρωτεΐνες, φωσφορικά οξέα) (έναρξη σε κλάσμα sec)
- Ταχεία αναπνευστική αντιρρόπηση (υπεραερισμός-υποαερισμός) (1-3 min)
- Βραδεία (2-6 ημέρες) νεφρική αντιρρόπηση (ένωση H^+ με τα ρυθμιστικά διαλύματα των ούρων)

Διαταραχές Οξεοβασικής Ισορροπίας και Μηχανισμοί Αντιρρόπησης

Πρωτοπαθής Διαταραχή	Πρωτοπαθής Μεταβολή	Μηχανισμός Αντιρρόπησης	Αντιρροπιστική Μεταβολή
Μεταβολική οξέωση pH <7.35 [HCO ₃ ⁻] <22 mEq/L	HCO ₃ ⁻ ↓	Υπεραερισμός	PaCO ₂ ↓
Μεταβολική αλκάλωση pH >7.45 [HCO ₃ ⁻] > 26 mEq/L	HCO ₃ ⁻ ↑	Υποαερισμός	PaCO ₂ ↑
Αναπνευστική οξέωση pH <7.35 PaCO ₂ >45 mmHg	PaCO ₂ ↑	Εξουδετέρωση οξέος από ρυθμιστικά διαλύματα. Αύξηση νεφρικής απέκκρισης οξέος και επαναρρόφησης HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻ ↑
Αναπνευστική αλκάλωση Ph >7.45 PaCO ₂ < 35 mmHg	PaCO ₂ ↓	Εξουδετέρωση βάσης από ρυθμιστικά διαλύματα. Ελάττωση νεφρικής απέκκρισης οξέος και επαναρρόφησης HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻ ↓

Αναπνευστική Ανεπάρκεια (1 από 5)

Η αναπνευστική ανεπάρκεια (Α.Α.) είναι μία κλινική κατάσταση η οποία προκύπτει όταν το αναπνευστικό σύστημα (πνεύμονες/αντλία) ανεπαρκεί ως όργανο ανταλλαγής αερίων, ώστε να διατηρείται φυσιολογική η οξεοβασική ισορροπία.

Η ανεπάρκεια των πνευμόνων προκαλεί Α.Α. τύπου I, η οποία χαρακτηρίζεται από υποξαιμία ($PaO_2 < 60$ mm Hg) με νορμοκαπνία ή υποκαπνία.

Η ανεπάρκεια της αναπνευστικής αντλίας προκαλεί τύπου Α.Α. II με χαρακτηριστικό την υπερκαπνία ($PaCO_2 > 50$ mm Hg). Οι δύο τύποι Α.Α. συχνά συνυπάρχουν.

Οι κλινικές εκδηλώσεις της Α.Α. αφορούν στα συμπτώματα της υποξαιμίας, της υπερκαπνίας, και του αυξημένου έργου αναπνοής.

Αναπνευστική Ανεπάρκεια (2 από 5)

Η υποξυγοναιμία στην Α. Α.

Αιτίες:

- Υποαερισμός
- Ανισότητα V/Q (η σημαντικότερη αιτία)
- Ανεπάρκεια διάχυσης
- Παράκαμψη

Αναγνώριση:

- Κυάνωση
- Ταχυκαρδία
- Θόλωση διάνοιας

Αναπνευστική Ανεπάρκεια (4 από 6)

Η υπερκαπνία στην Α. Α.

Αιτίες Υπερκαπνίας:

- Υποαερισμός
- Ανισότητα V/Q
- Μη ελεγχόμενη οξυγονοθεραπεία

Συμπτώματα:

- Κεφαλαλγία
- Αύξηση πίεσης εγκεφαλονωτιαίου υγρού
- Ανησυχία
- Τρόμος άκρων
- Κολλώδης ομιλία
- Διακυμάνσεις διάθεσης
- Ελάττωση επιπέδου συνείδησης

Αναπνευστική Ανεπάρκεια (5 από 6)

Η Α.Α. υποδιαιρείται σε **οξεία**, σε **χρόνια** ή σε **οξεία επί χρονίας**.

Η οξεία Α.Α. εμφανίζεται σε άτομα έως τότε υγιή, συχνά η εξέλιξη της είναι ταχεία και απρόβλεπτη και χαρακτηρίζεται από απειλητικές για τη ζωή διαταραχές των αερίων αίματος και της οξεοβασικής ισορροπίας και αποτελεί βασική ένδειξη για μηχανικό αερισμό.

Η χρόνια Α.Α. λόγω των αντιρροπιστικών μηχανισμών εξελίσσεται σταδιακά ως αποτέλεσμα χρόνιας νόσου.

Αναπνευστική Ανεπάρκεια (6 από 6)

Η οξεία επί χρόνιας Α.Α. (Ο.Χ.Α.Α.) αποτελεί οξεία επιδείνωση των ασθενών με χρόνια Α.Α., όπως σε χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (Χ.Α.Π.), νευρομυϊκές παθήσεις και διαταραχές του θωρακικού κλωβού.

Το συχνότερο αίτιο της Ο.Χ.Α.Α. είναι η παρόξυνση Χ.Α.Π., η οποία συνοδεύεται από αυξημένη ανάγκη για εισαγωγή στο νοσοκομείο και αυξημένη θνητότητα.

(Γραμματοπούλου, 2017)

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία (1 από 2)

- Agnew M. Spirometry in clinical use: Practical issues. *Breathe*, 2010; 6: 197-203.
- West J. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ, 2013, 8Η ΕΚΔΟΣΗ, ISBN 9789603947837.
- Bates DV. Respiratory function in disease. London: Saunders Co, 1989.
- Cotes JE, Lung Function. Assessment and applications in Medicine. Oxford: Blackwell, 1992.
- McArdle W, Katch F, Katch W. Essentials of physiology. New York: Lippincott, Williams & Wilkins, 2001.
- Murray JF. The normal lung. London: Saunders, 1986.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία (2 από 2)

- Spencer H. Pathology of the lung. Oxford: Pergamon. 1985.
- West JB. Respiratory Physiology: The Essentials. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
- West JB. Respiratory Physiology: The Essentials. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
- Weinberg SE, Cockrill BA, Mandel A. Principles of Pulmonary Medicine. Elsevier Health Sciences, 2008.
- Wilson T. Lung Mechanics. 2016. [SpringerBriefs in Bioengineering](#)



“Catavento”, από Breno Peck
διαθέσιμο με άδεια CC BY-NC-SA 2.0

Σας ευχαριστώ πολύ