



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Αερισμός

Ενότητα 1: Αερισμός και αιμάτωση

Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Καθηγητής  
Σχολή Επιστημών Υγείας  
Τμήμα Ιατρικής

# Ολικός και κυψελιδικός αερισμός

- Η κύρια λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι η ανταλλαγή αερίων μέσω της αναπνευστικής μεμβράνης, που για να επιτευχθεί, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ανανέωση του αέρος του κυψελιδικού χώρου, δηλαδή ο αερισμός του.
- Διακρίνεται σε ολικό κυψελιδικό αερισμό και αερισμό του ανατομικού νεκρού χώρου.

# Ολικός αερισμός

- Ο Ολικός αερισμός (Total Ventilation,  $\dot{V}_E$ ) είναι ο όγκος του αέρος που εκπνέεται στη μονάδα του χρόνου.
- Ισούται με το γινόμενο του αναπνεόμενου όγκου αέρος (TV) επί την αναπνευστική συχνότητα (n). Total Ventilation =  $\dot{V}_E = TV \times n$
- Επίσης, για τον ολικό αερισμό ισχύει ότι:  
$$\dot{V}_E = \dot{V}_D + \dot{V}_A$$



# Κυψελιδικός αερισμός

- Κυψελιδικός αερισμός (Alveolar Ventilation,  $\dot{V}_A$ ) είναι ο όγκος του αέρος που εισέρχεται εντός το κυψελιδικού χώρου στη μονάδα του χρόνου και, ως εκ τούτου, προσφέρεται για ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.
- $\dot{V}_A = \frac{\dot{V}_{CO_2}}{P_{ACO_2}} \times k$ , με  $\dot{V}_{CO_2}$  είναι ο όγκος του  $CO_2$  που εκπνέεται στη μονάδα του χρόνου,  $P_{ACO_2}$  είναι η κυψελιδική  $P_{CO_2}$  και  $k$  είναι σταθερά.
- Ο κυψελιδικός αερισμός είναι ανάλογος με τον κατά λεπτό εκπνεόμενο όγκο  $CO_2$  και αντιστρόφως ανάλογος με τη μερική τάση του  $CO_2$  στον κυψελιδικό χώρο, δηλαδή την  $P_{ACO_2}$ .

# Αερισμός του ανατομικού νεκρού χώρου

- Το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα, καθώς και οι αεραγωγοί μέχρι τα τελικά βρογχιόλια δεν συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αερίων στον πνεύμονα. Αυτοί οι αεραγωγοί αποτελούν το νεκρό ανατομικό χώρο, του οποίου ο όγκος  $\dot{V}_D$  είναι φυσιολογικά περίπου 150ml.
- Οι ανώτεροι αεραγωγοί παίζουν ρόλο κλιματιστικού, καθώς θερμαίνουν, φιλτράρουν και υγραίνουν τον εισπνεόμενο αέρα.
- Ο ανατομικός νεκρός χώρος, και κατά συνέπεια ο αερισμός του  $\dot{V}_D$ , προσδιορίζεται με τη μέθοδο κατά την οποία γίνεται εισπνοή 100%  $O_2$  και κατόπιν μετράται η συγκέντρωση του  $N_2$  στον εκπνεόμενο αέρα.



# Λειτουργικός νεκρός χώρος (1)

- Κυψελίδες που δεν δέχονται αίμα – για παράδειγμα στην περίπτωση πνευμονικής εμβολής – δεν παίρνουν μέρος στην ανταλλαγή των αερίων και αποτελούν τον κυψελιδικό νεκρό χώρο.
- Το άθροισμα του νεκρού ανατομικού και του κυψελιδικού νεκρού χώρου είναι γνωστό ως λειτουργικός νεκρός χώρος, στον οποίο ο αέρας που καταλήγει δεν μπορεί να συμμετάσχει στην ανταλλαγή των αερίων.
- Σε υγιή άτομα όλες οι κυψελίδες συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αερίων, έτσι ο λειτουργικός νεκρός χώρος ισοδυναμεί με τον νεκρό ανατομικό χώρο.



## Λειτουργικός νεκρός χώρος (2)

- Ο λειτουργικός νεκρός χώρος είναι μικρός όταν η σχέση  $\dot{V}/\dot{Q}$  είναι ιδανική και ίση με ένα, δηλαδή όταν για κάθε κυψελίδα θεωρητικώς αντιστοιχεί ένα τριχοειδές.
- Όταν υπάρχουν περιοχές με  $\dot{V}/\dot{Q}$  μεγάλο, δηλαδή όταν υπάρχουν κυψελίδες που αερίζονται, αλλά δεν συνοδεύονται από το αντίστοιχο τριχοειδές, τότε ο λειτουργικός νεκρός χώρος αυξάνεται και, κατά συνέπεια, το ποσό του  $CO_2$  που αποβάλλεται δια του εκπνεόμενου αέρα μειώνεται.



# Ανομοιογένεια αερισμού (1)

- Επί όρθιας στάσης, η ενδοϋπεζωκοτική πίεση στην κορυφή του πνεύμονα στο επίπεδο της FRC είναι  $-10 \text{ cmH}_2\text{O}$ , ενώ στη βάση είναι  $-2,5 \text{ cm cmH}_2\text{O}$ , δηλαδή η ενδοϋπεζωκοτική πίεση είναι τέσσερεις φορές μεγαλύτερη στη βάση απ' ότι στην κορυφή.
- Το μέγεθος των κυψελίδων είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την ενδοϋπεζωκοτική πίεση. Γι' αυτό, οι κυψελίδες της βάσης στο επίπεδο της FRC έχουν μικρότερο μέγεθος απ' ότι οι κυψελίδες της κορυφής.
- Ο αερισμός που γίνεται από το επίπεδο της FRC είναι μεγαλύτερος στη βάση απ' ότι στην κορυφή των πνευμόνων.





# Ανομοιογένεια αερισμού (2)

- Το μέγεθος των κυψελίδων στο επίπεδο της TLC είναι το ίδιο.
- Επί όρθιας στάσης, κατά την ήρεμη μικρή εισπνοή που αρχίζει από το επίπεδο της RV, ο αερισμός των κορυφών είναι μεγαλύτερος απ' ότι των βάσεων. Αυτό γίνεται, γιατί στο επίπεδο του RV η ενδοθωρακική πίεση των κορυφών είναι  $-4 \text{ cmH}_2\text{O}$ , ενώ των βάσεων είναι  $+3,5 \text{ cmH}_2\text{O}$ , δηλαδή η πίεση των κυψελίδων των βάσεων είναι  $3,5 \text{ cmH}_2\text{O}$  μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.
- Γι' αυτό, κατά την μικρή εισπνοή που αρχίζει από το επίπεδο του RV, ο εισπνεόμενος αέρας οδεύει στις περιοχές με τη μικρότερη πίεση, δηλαδή στις κορυφές των πνευμόνων.



# Ανομοιογένεια αερισμού (3)

- Όταν ένα υγιές άτομο εκπνεύσει βαθιά μέχρι το επίπεδο του RV, τότε, όπως προαναφέρθηκε, η ενδοϋπεζωκοτική πίεση στην βάση φθάνει τα  $+3,5 \text{ cmH}_2\text{O}$ .
- Γι'αυτό γίνεται σύγκλιση των βρογχιολίων των βάσεων. Ο όγκος του πνεύμονα, που βρίσκεται **μεταξύ FRC και RV**, που γίνεται η σύγκλιση των βρογχιολίων των βάσεων, λέγεται **όγκος σύγκλισης** (closing volume, CV).
- Ο όγκος αυτός γίνεται μεγαλύτερος όσο περνά η ηλικία και μπορεί να γίνει μεγαλύτερος της FRC σε ηλικιωμένα άτομα.
- Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με την *πάροδο της ηλικίας οι δυνάμεις ελαστικής επαναφοράς των πνευμόνων μειώνονται*, κατά συνέπεια, η σύγκλιση των βρογχιολίων γίνεται πιο εύκολα. Αυτό συμβαίνει και σε νοσήματα του πνεύμονα, όπως το εμφύσημα και η ΧΑΠ.



# Ανομοιογένεια αερισμού (4)

- Η σταθερά χρόνου (time constant) είναι το γινόμενο της αντίστασης των αεραγωγών (R) επί τη διατασιμότητα (C).
- Αναπνευστικές μονάδες χρόνου γεμίζουν και αδειάζουν με διαφορετική ταχύτητα.
- Όταν μια αναπνευστική μονάδα έχει μεγάλη σταθερά χρόνου, γεμίζει με αέρα αργά, οπότε μπορεί να αρχίσει η εκπνοή, πριν πληρωθεί πλήρως από φρέσκο αέρα. Το φαινόμενο αυτό επιτείνεται όταν η αναπνευστική συχνότητα γίνεται μεγαλύτερη.
- Όσον αφορά στις αναπνευστικές μονάδες με μικρή σταθερά χρόνου, αυτές γεμίζουν με αέρα πολύ γρήγορα, κυρίως όμως με αέρα που προέρχεται από τον ανατομικό νεκρό χώρο.



# 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. «Αερισμός. Αερισμός και αιμάτωση». 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**

Δεν περιέχει.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Πίνακες**

Δεν περιέχει.

