



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 2

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Κωνσταντίνος Σπυρόπουλος, Καθηγητής  
Κυριάκος Καρκούλιας, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Επιστημών Υγείας

Τμήμα Ιατρικής

# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Η «αναπνευστική αντλία» αποτελείται από τον θωρακικό κλωβό, τον πνεύμονα και τους αεραγωγούς. Κινητήριος δύναμη είναι οι αναπνευστικοί μύες οι οποίοι προσφέρουν την ενέργεια που απαιτείται για την κίνηση του θώρακα κατά την εισπνοή.
- Οι εισπνευστικοί μύες είναι κυρίως το διάφραγμα αλλά και οι έξω μεσοπλεύριοι. Οι επικουρικοί εισπνευστικοί είναι οι σκαληνοί, και οι στερνοκλειδομοστοειδείς οι δραστηριότητες των οποίων κατά την ήρεμη εισπνοή είναι σχεδόν μηδαμινή αλλά γίνεται σημαντική κατά την άσκηση.
- Το διάφραγμα νευρώνεται από το φρενικό νεύρο που δέχεται νεύρωση από το Α3,4 και 5 νευροτόμιο. Όταν συσπάται μετακινείται προς τα κάτω, πιέζοντας το κοιλιακό περιεχόμενο, και αυξάνεται η κάθετη διάμετρος του θωρακικού κλωβού.
- Κατά την ήρεμη αναπνοή το διάφραγμα μετατοπίζεται περίπου κατά 1cm αλλά κατά την βίαιη εισπνοή και εκπνοή μετατοπίζεται κατά 10cm.



# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Οι έξω μεσοπλεύριοι μύες εκτείνονται μεταξύ των πλευρών με κατεύθυνση προς τα κάτω και εμπρός.
- Κατά την σύσπασή της οι πλευρές έλκονται προς τα πάνω και εμπρός. Νευρώνονται από τα μεσοπλεύρια νεύρα. Η εκπνοή είναι παθητική κατά την ήρεμη αναπνοή. Κατά την άσκηση η εκπνοή γίνεται ενεργητική διά της σύσπασης των εκπνευστικών μυών που είναι οι έσω μεσοπλεύριοι που ωθούν τις πλευρές προς τα κάτω και έσω(αντίθετη δράση με αυτή των εισπνευστικών).
- Η περιοδική κίνηση κατά τον αναπνευστικό κύκλο οφείλεται στις ελαστικές ιδιότητες του πνεύμονα και του θωρακικού κλωβού. Η αύξηση του όγκου του θωρακικού κλωβού δημιουργεί και συνακόλουθη αύξηση του όγκου του πνεύμονα οπότε μειώνεται η ενδοκυψελιδική πίεση που γίνεται μικρότερη της ατμοσφαιρικής και δημιουργείται διαφορά πίεσης που οδηγεί όγκο αέρα από το περιβάλλον προς τις κυψελίδες μέσω των αεραγωγών.



# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Η ενέργεια που παράγεται από τους αναπνευστικούς μύες καταναλώνεται για την υπερνίκηση των ελαστικών δυνάμεων του θώρακα και του πνεύμονα αλλά και της τριβής που αναπτύσσεται κατά την κίνηση του αέρος μέσω των αεραγωγών. Επίσης υπερνικάται και η αδράνεια που παρατηρείται κατά την αλλαγή της κινητικής κατάστασης του πνεύμονα και του θώρακος.
- Στο επίπεδο της λειτουργικής υπολειπόμενης χωρητικότητας η ισορροπία γίνεται δίχως σύσπαση των αναπνευστικών μυών διότι οι πιέσεις ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα και του θώρακα είναι ίσες και αντίθετες. Στα άλλα επίπεδα η ισορροπία επιτυγχάνεται με την σύσπαση των εισπνευστικών και εκπνευστικών μυών. Στο επίπεδο της TLC με την σύσπαση των εισπνευστικών μυών ενώ στο επίπεδο του RV με την σύσπαση των εκπνευστικών μυών.



# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Η **Ροή** χαρακτηρίζεται από τον όγκο αέρος που διέρχεται από συγκεκριμένη διατομή στην μονάδα του χρόνου:

- $$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

- Τρόπος μέτρησης ροής:

- Ροόμετρο
- Πνευμοταχογράφος

- Η μέγιστη εκπνευστική ροή επί φυσιολογικού ενήλικος μπορεί να φτάσει τα 10L/sec.

- Συνήθως ο **Όγκος** μετράται σε λίτρα.



# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Η **Πίεση** είναι μονόμετρο μέγεθος που εκφράζει την δύναμη που εφαρμόζεται ανά μονάδα επιφάνειας και στην πνευμονολογία εκφράζεται σε  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Ένα  $\text{cmH}_2\text{O}$  είναι η πίεση που ασκεί το βάρος στήλης νερού ύψους  $1\text{cm}$  ανά μονάδα επιφάνειας.
- Η ατμοσφαιρική πίεση θεωρείται αυθαιρέτως ότι είναι ίση με μηδέν και οι πιέσεις οι μεγαλύτερες απ' αυτήν είναι θετικές και οι μικρότερες αρνητικές
- οι τέσσερις βασικές πιέσεις είναι οι εξής:
  - α) Η ενδοϋπεζωκοτική  $P_{pl}$  που ισούται με την οισοφαγική  $P_{es}$
  - β) Η κυψελιδική  $P_{alv}$
  - γ) Η ενδοκοιλιακή πίεση  $P_{ab}$  και
  - δ) Η πίεση εντός του ανοικτού στόματος  $P_{ao}$



# Μηχανική του αναπνευστικού συστήματος

- Κατά την αναπνοή οι πιέσεις αυτές αλληλεπιδρούν και παράγονται άλλες.

Μερικές απ' αυτές είναι οι εξής:

- Η πίεση ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα (elastic recoil pressure)  $P_{el}$
- Η πίεση που υπάρχει εντός των αεραγωγών και υπερνικά τις αντιστάσεις των αεραγωγών  $P_{aw}$  η οποία ισούται με την πίεση στο στόμα μείον την κυψελιδική πίεση  $P_{aw} = P_{ao} - P_{alv}$
- Η διαπνευμονική πίεση  $P_L$  που ισούται με την πίεση στο στόμα μείον την ενδοϋπεζωκοτική πίεση ή κατ' άλλον τρόπο αποτελεί το άθροισμα της πίεσης ελαστικής επαναφοράς  $P_{el}$  και της πίεσης των αεραγωγών  $P_{aw}$
- Η διατοιχωματική πίεση του θώρακα  $P_w$ , που είναι η διαφορά μεταξύ της ενδοϋπεζωκοτικής πίεσης  $P_{pl}$  και της πίεσης που επικρατεί στην επιφάνεια του θωρακικού τοιχώματος  $P_{bs}$
- $P_w = P_{pl} - P_{bs}$
- Η διαδιαφραγματική πίεσης  $P_{di}$  αποτελεί την διαφορά μεταξύ της ενδοϋπεζωκοτικής  $P_{pl}$  και της ενδοκοιλιακής  $P_{ab}$
- Η πίεση που κινεί το αναπνευστικό σύστημα  $P_{RS}$  που ισούται με την διαφορά της πίεσης των ανοικτών αεραγωγών, όταν το στόμα είναι ανοικτό ( $P_{ao}$ ) και της πίεσης της επιφάνειας του θώρακος  $P_{bs}$  ή με άλλα λόγια η πίεση αυτή αποτελεί το άθροισμα της διαπνευμονικής πίεσης και της πίεσης των αεραγωγών  $P_{aw}$ .



# Κίνηση του θωρακικού κλωβού

- Ο πνεύμονας έχει ελαστικότητα. Η εισπνοή είναι «ενεργητική» διεργασία που επιτελείται διά της σύσπασης των εισπνευστικών μυών. Η εκπνοή είναι «παθητική» διεργασία διότι κατ' αυτήν οι αναπνευστικοί μύες ευρίσκονται σε χάλαση και η ενέργεια που απαιτείται για την εκκένωση των πνευμόνων προέρχεται από την απελευθέρωση της ελαστικής ενέργειας που έχει αποθηκευθεί στους πνεύμονες και το θώρακα κατά την προηγούμενη εισπνοή.
- Λειτουργικώς υπολειπομένη χωρητικότητα functional residual capacity (FRC) είναι ο όγκος που έχουν οι πνεύμονες στο τέλος της ήρεμης εκπνοή . (Ο όγκος του αέρος που ευρίσκεται εντός των πνευμόνων, όταν το αναπνευστικό σύστημα ευρίσκεται σε χάλαση). Ο όγκος του θωρακικού κλωβού είναι μεγαλύτερος απ' αυτόν της FRC.
- Η ισορροπία επιτυγχάνεται επειδή η πίεση ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα ( $P_{elL}$ ), που τείνει να τον μικρύνει περισσότερο, αντirroπείται από την πίεση ελαστικής επαναφοράς του θωρακικού κλωβού ( $P_{elTG}$ ) που τείνει να τον μεγαλώσει περισσότερο.





# Κίνηση του Θωρακικού κλωβού

- Οι πνεύμονες και ο θωρακικός κλωβός είναι λειτουργικά συνδεδεμένοι, από το λεπτό στρώμα πλευριτικού υγρού που βρίσκεται μεταξύ τους δηλ. εντός της υπεζωκοτικής κοιλότητας.
- Ο συνολικός όγκος του πνεύμονα αποτελείται από τον όγκο του πνευμονικού ιστού, τον όγκο του αίματος που υπάρχει εντός του αγγειακού δικτύου της πνευμονικής κυκλοφορίας και του όγκου του αέρος που υπάρχει εντός των κυψελίδων και των αεραγωγών.
- Ως όγκος του πνεύμονα θεωρείται ο όγκος του αέρος που βρίσκεται εντός των πνευμόνων, το 4% του οποίου ευρίσκεται εντός των αεραγωγών.
- Κατά την εισπνοή γίνεται σύσπαση των αναπνευστικών μυών και παράγεται ενέργεια η οποία δαπανάται για να υπερνικηθεί:
  - α) η ελαστικότητα των πνευμόνων και του θωρακικού κλωβού
  - β) η τριβή των μορίων αέρος στα τοιχώματα των αεραγωγών καθώς ο αναπνεόμενος αέρας διατρέχει του αεραγωγούς με κατεύθυνση από το στόμα προς τις κυψελίδες
  - γ) η τριβή που παράγεται μεταξύ των ιστών κατά την διάταση των πνευμόνων
  - δ) της καθόδου του διαφράγματος προς την κοιλιακή κοιλότητα.
- Η ενέργεια που παράγεται από τους αναπνευστικούς μύες υπερνικά και την αδράνεια των πιο πάνω αναφερθέντων δομών του αναπνευστικού συστήματος όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως.



# Κίνηση του θωρακικού κλωβού

- Κατά την εισπνοή γίνεται σύσπαση των αναπνευστικών μυών και παράγεται ενέργεια η οποία δαπανάται για να υπερνικηθεί α) η ελαστικότητα των πνευμόνων και του θωρακικού κλωβού, β) η τριβή των μορίων αέρος στα τοιχώματα των αεραγωγών καθώς ο αναπνεόμενος αέρας διατρέχει του αεραγωγούς με κατεύθυνση από το στόμα προς τις κυψελίδες, γ) η τριβή που παράγεται μεταξύ των ιστών κατά την διάταση των πνευμόνων, δ) της καθόδου του διαφράγματος προς την κοιλιακή κοιλότητα. Τέλος η ενέργεια που παράγεται από τους αναπνευστικούς μύες υπερνικά και την αδράνεια των πιο πάνω αναφερθέντων δομών του αναπνευστικού συστήματος όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως.
- Η ολική αντίσταση, λόγω τριβής, κατά 80% οφείλεται στην αντίσταση των αεραγωγών και κατά 20% σε αυτή των ιστών όπως περιεγράφηκαν πιο πάνω.
- Μετά από μία ήρεμη εισπνοή ο όγκος του αέρα, TV που εισέρχεται εντός του αναπνευστικού συστήματος κυμαίνεται μεταξύ 300 και 500ml και λέγεται αναπνεόμενος όγκος αέρος TV.
- Η διατασημότητα του αναπνευστικού συστήματος compliance (C) ισούται με το πηλίκο της μεταβολής του όγκου ( $\Delta V$ ) του συστήματος που προκαλείται από μεταβολή πίεσης ( $\Delta P$ ) δια της διαφοράς  $\Delta P$  και εκφράζεται ως εξής:
  - $Compliance(c) = \frac{\text{Μεταβολή όγκου}(\Delta V)}{\text{Μεταβολή πίεσης}(\Delta P)}$



# Κίνηση του θωρακικού κλωβού

- Έτσι για δεδομένο πνευμονικό όγκο, και όταν δεν υπάρχει ροή αέρος, η πίεση ελαστικής επαναφοράς είναι ίση με την πίεση που προκάλεσε την διάταση . Αν η πίεση ελαστικής επαναφοράς του αναπνευστικού συστήματος είναι PRS
- Compliance (CRS) =  $\Delta V / \Delta PRS$
- Μελετώντας την πιο πάνω εξίσωση διαπιστώνουμε ότι όταν η διατασιμότητα είναι μικρή τότε για δεδομένη αύξηση του όγκου η μεταβολή της απαιτούμενης πίεσης διατάσεως, και κατά συνέπεια η αναπτυσσόμενη πίεση ελαστικής επαναφοράς (PRS) θα είναι μεγάλη.



# Διατασιμότητα

- Αν οι πνεύμονες εξαχθούν του θωρακικού κλωβού ο όγκος τους θα γίνει μικρότερος και θα περιέχει μικρή ποσότητα αέρος. Εφ' όσον οι πνεύμονες διαταθούν, είτε μετά εφαρμογή θετικής πίεσης, δια των αεραγωγών, είτε με εφαρμογή αρνητικής πίεσης, γύρο από τους πνεύμονες, τότε η αύξηση του όγκου ως συνέπεια αύξησης της πίεσης που μπορούμε να την ονομάσουμε διαπνευμονική πίεση που ισούται με την πίεση διατάσεως ή την πίεση ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα, θα γίνεται μέχρι ενός ορίου. Για δεδομένο όγκο η πνευμονική διατασιμότητα (CL) είναι ανάλογη με την αύξηση του όγκου  $\Delta V$  και αντιστρόφως ανάλογη της διαπνευμονικής πίεσης, ή της πίεσης ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα (PL)
- $CL = \Delta V / PL$
- Όσο αυξάνει η διαπνευμονική πίεση και κατά συνέπεια η αναπτυσσόμενη πίεση ελαστικής επαναφοράς, ο όγκος του πνεύμονα αυξάνει σταθερά, μέχρι ένα ορισμένο σημείο, από το οποίο και μετά η ίδια αύξηση πίεσης προκαλεί όλο και μικρότερη αύξηση του όγκου. Όταν το μέγεθος του πνεύμονα δεν μπορεί να αυξηθεί περισσότερο, η αναπτυχθείσα πίεση ελαστικής επαναφοράς είναι η μέγιστη.



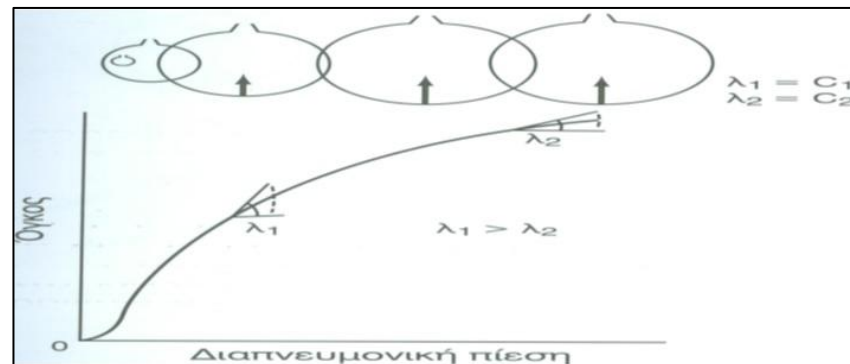
# Διατασιμότητα

- Η μεταβολή τις πίεσης που απαιτείται για την ίδια μεταβολή όγκου είναι μεγαλύτερη κατά την εισπνοή (φούσκωμα) παρά κατά την εκπνοή (ξεφούσκωμα).
- Hysteresis : Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο surfactant, το οποίο είναι γνωστόν ότι μειώνει την επιφανειακή τάση, των κυψελίδων. Η επιφανειακή τάση είναι μεγαλύτερη κατά την εισπνοή απ' ότι κατά την εκπνοή. Έτσι εξηγείται η μη σύμπτωση της καμπύλης πίεσης όγκου κατά την εισπνοή και την εκπνοή. Όσον αφορά την μεταβολή της καμπύλης πίεσης όγκου κατά το φούσκωμα του πνεύμονα με αέρα ή νερό το γεγονός αυτό εξηγείται από την καταστροφή της επιφανειοδραστικής ουσίας(surfactant ) από το ύδωρ.



# Διατασιμότητα

- Συνήθως η καμπύλη πίεσης όγκου του πνεύμονα καταγράφεται κατά την εκπνοή όπου η επίδραση του surfactant επί της επιφανειακής τάσεως των κυψελιδικών είναι μικρή.
- Η επιφανειοδραστική ουσία περιέχει ως δραστικό συστατικό το μόριο διπαλμιτυλο-φωσφατιδυλο-χολίνη (DPPC)
- Οι αναπτυσσόμενες απωθητικές δυνάμεις μειώνουν την επιφανειακή τάση των κυψελίδων. Η ελάττωση της επιφανειακής τάσης είναι μεγαλύτερη όταν η έκταση του υγρού είναι μικρότερη (όταν οι κυψελίδες είναι μικρότερες όπως γίνεται στην εκπνοή ) γιατί τα μόρια της DPPC έρχονται πιο κοντά κα απωθούνται ισχυρότερα. Η μείωση της επιφανειακής τάσης των κυψελίδων αυξάνει την διατασιμότητά τους άρα και την πνευμονική διατασιμότητα άρα μειώνει το έργο της αναπνοής. Επίσης οι κυψελίδες είναι πιο σταθερές και δεν συμπιέτουν ειδικά στο τέλος της εκπνοής που το μέγεθος τους είναι μικρό. Επιπλέον η μείωση της τάσης για σύμπτωση των κυψελίδων αυξάνει την υδροστατική πίεση του διαμέσου χώρου και μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η εξίδρωση υγρού εκ των πνευμονικών τριχοειδών προς τον διάμεσο χώρο και κατά συνέπεια και προς τις κυψελίδες.



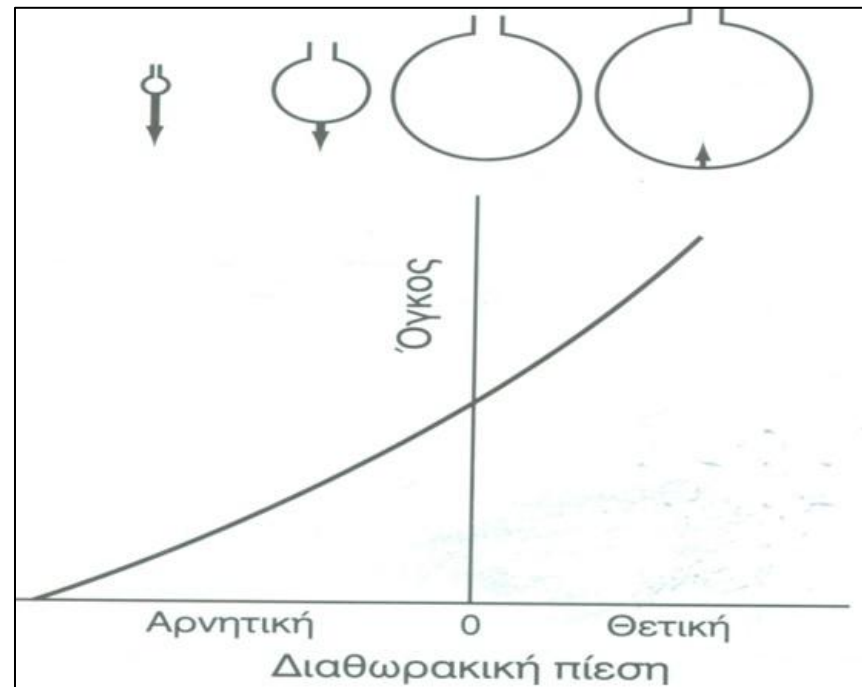
# Διατασιμότητα

- Η μεταβολή τις πίεσης που απαιτείται για την ίδια μεταβολή όγκου είναι μεγαλύτερη κατά την εισπνοή (φούσκωμα) παρά κατά την εκπνοή (ξεφούσκωμα).
- Hysteresis : Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο surfactant, το οποίο είναι γνωστόν ότι μειώνει την επιφανειακή τάση, των κυψελίδων. Η επιφανειακή τάση είναι μεγαλύτερη κατά την εισπνοή απ' ότι κατά την εκπνοή. Έτσι εξηγείται η μη σύμπτωση της καμπύλης πίεσης όγκου κατά την εισπνοή και την εκπνοή. Όσον αφορά την μεταβολή της καμπύλης πίεσης όγκου κατά το φούσκωμα του πνεύμονα με αέρα ή νερό το γεγονός αυτό εξηγείται από την καταστροφή της επιφανειοδραστικής ουσίας(surfactant ) από το ύδωρ.



# Διατασιμότητα θωρακικού κλωβού

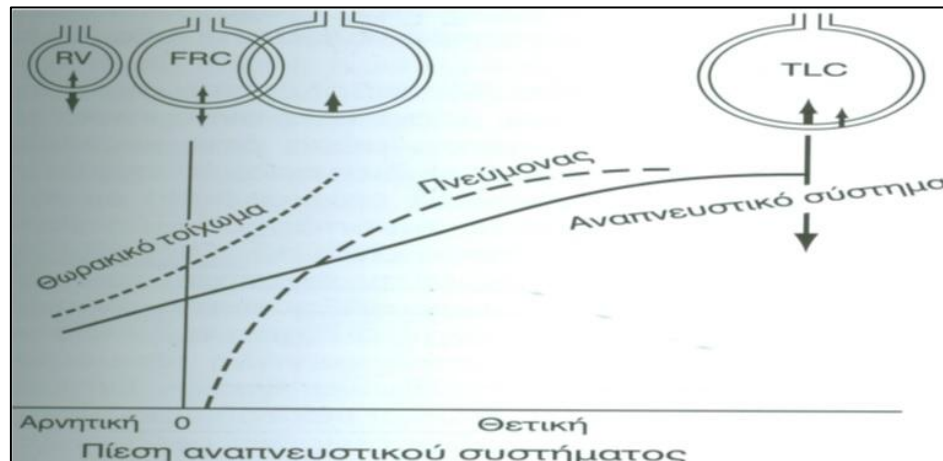
- Μπορούμε να παρομοιάσουμε τον θωρακικό κλωβό ως ένα ημισυμπιεζόμενο δοχείο που μπορεί να μειώσει και να αυξήσει τον όγκο του, μέχρι κάποιο σημείο. Το όριο όπου μπορεί να διαταθεί ο θωρακικός κλωβός συνήθως δεν πραγματοποιείται επί ζώντας δηλ. ο όγκος του θωρακικού κλωβού είναι πάντα μικρότερος απ' αυτόν που θα είχε αν δεν περιείχε τους πνεύμονες και στην περίπτωση ακόμα της βαθύτατης εισπνοής. Η κινητικότητά του επηρεάζεται από την διαδιαφραγματική πίεση (Pdi) που αποτελεί την διαφορά μεταξύ ενδοϋπεζωκοτικής και κοιλιακής πίεσης.





# Διατασιμότητα αναπνευστικού συστήματος

- Επί ζώντος, οι πνεύμονες και ο θωρακικός κλωβός κινούνται αρμονικά και όταν αυξάνει ο όγκος του θωρακικού κλωβού, σαν συνέπεια της δράσης των εισπνευστικών μυών, αυξάνει και ο όγκος του πνεύμονα και αντιθέτως. Αν καταγράψουμε την καμπύλη πίεσης – όγκου του αναπνευστικού συστήματος αυτή είναι η συνισταμένη της καμπύλης πίεσης – όγκου του πνεύμονα και του θωρακικού κλωβού. Για κάθε όγκο του αναπνευστικού συστήματος (σύστημα πνεύμονα – θωρακικός κλωβός) η αναπτυσσόμενη πίεση ελαστικής επαναφοράς του συστήματος ισούται με το άθροισμα της ελαστικής επαναφοράς του πνεύμονα και του θωρακικού κλωβού  $P_{eRS} = P_{eL} + P_{eTG}$ .



# Συνδετικός ιστός πνεύμονα

- Το πνευμονικό παρέγχυμα διαπερνάται από δίκτυο κυψελιδικών διαφραγμάτων το οποίον υποστηρίζει όλες τις δομές του και μεταφέρει τις μεταβολές πίεσης που δημιουργούνται ως συνέπεια της πνευμονικής έκπτυξης και σύμπτυξης από την υπεζωκοτική κοιλότητα προς τον πνεύμονα. Τα διαφράγματα αυτά αποτελούνται από συνδετικό ιστό και κυρίως παρεμβάλλονται μεταξύ των κυψελίδων.
- Κατά κύριο λόγο οι μεταβολές όγκου του πνεύμονος γίνονται στις κυψελίδες, γι' αυτό οι ελαστικές ιδιότητες, ολοκλήρου του πνεύμονος, χαρακτηρίζονται απ' τις ιδιότητες αυτού του δικτύου διαφραγμάτων των κυψελίδων. Τα ενδοκυψελιδικά αυτά διαφράγματα καταλήγουν στα ενδολοβιδιακά και μέσω αυτών επιτυγχάνεται επικοινωνία του υπεζωκότος με τις κυψελίδες. Εκτός αυτών και ο συνδετικός ιστός που περιβάλλει τους αεραγωγούς και τα αγγεία συμμετέχει στην ανάπτυξη δυνάμεων ελαστικής επαναφοράς, που δημιουργούνται όταν ο πνεύμονας αλλάζει όγκο.
- Τα κυψελιδικά διαφράγματα περιέχουν κολλαγόνες και ελαστικές ίνες οι οποίες ευρίσκονται σε άμεση συνέχεια με τις ανάλογες ίνες που περιβάλλουν του βρόγχους και τα αγγεία. Οι ελαστικές ίνες διατείνονται κατά 130% του αρχικού μήκους αλλά οι κολλαγόνες μόνον κατά 2%. Η κατανομή του αερισμού αλλά και της ροής αέρα και της ροής του αίματος αλλά και η ροή του υγρού στον διάμεσο χώρο παρουσιάζουν ανομοιογένεια.



# Συνδετικός ιστός πνεύμονα

- Το πνευμονικό παρέγχυμα διαπερνάται από δίκτυο κυψελιδικών διαφραγμάτων το οποίον υποστηρίζει όλες τις δομές του και μεταφέρει τις μεταβολές πίεσης που δημιουργούνται ως συνέπεια της πνευμονικής έκπτυξης και σύμπτυξης από την υπεζωκοτική κοιλότητα προς τον πνεύμονα. Τα διαφράγματα αυτά αποτελούνται από συνδετικό ιστό και κυρίως παρεμβάλλονται μεταξύ των κυψελίδων.
- Κατά κύριο λόγο οι μεταβολές όγκου του πνεύμονος γίνονται στις κυψελίδες, γι' αυτό οι ελαστικές ιδιότητες, ολοκλήρου του πνεύμονος, χαρακτηρίζονται απ' τις ιδιότητες αυτού του δικτύου διαφραγμάτων των κυψελίδων. Τα ενδοκυψελιδικά αυτά διαφράγματα καταλήγουν στα ενδολοβιδιακά και μέσω αυτών επιτυγχάνεται επικοινωνία του υπεζωκότος με τις κυψελίδες. Εκτός αυτών και ο συνδετικός ιστός που περιβάλλει τους αεραγωγούς και τα αγγεία συμμετέχει στην ανάπτυξη δυνάμεων ελαστικής επαναφοράς, που δημιουργούνται όταν ο πνεύμονας αλλάζει όγκο.
- Τα κυψελιδικά διαφράγματα περιέχουν κολλαγόνες και ελαστικές ίνες οι οποίες ευρίσκονται σε άμεση συνέχεια με τις ανάλογες ίνες που περιβάλλουν του βρόγχους και τα αγγεία. Οι ελαστικές ίνες διατείνονται κατά 130% του αρχικού μήκους αλλά οι κολλαγόνες μόνον κατά 2%. Η κατανομή του αερισμού αλλά και της ροής αέρα και της ροής του αίματος αλλά και η ροή του υγρού στον διάμεσο χώρο παρουσιάζουν ανομοιογένεια.



# 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. «Στοιχεία φυσιολογίας αναπνευστικού 2. Εισαγωγή». Έκδοση: 1.1. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/MED1040/>



# 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, 3: Πνευμονολογία (Παθοφυσιολογία των αναπνευστικών νόσων),  
Σπυρόπουλος, Κωνσταντίνος, Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, 1996  
(τροποποιημένες)



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

**Πίνακες**

Δεν περιέχει.

