

Human Respiratory System

Φυσιολογία του αναπνευστικού συστήματος



ΑΝΑΠΝΟΗ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ



- Ο όρος **αναπνοή** αναφέρεται στην ανταλλαγή O_2 και CO_2 μεταξύ ενός οργανισμού και του περιβάλλοντος
 - τα ανθρώπινα κύτταρα εξασφαλίζουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρειάζονται για να διατηρηθούν στη ζωή μέσα από χημικές αντιδράσεις που απαιτούν την **παρουσία O_2**
 - τα κύτταρα πρέπει να μπορούν να **απομακρύνουν το CO_2** που παράγεται σαν κύριο τελικό προϊόν του οξειδωτικού μεταβολισμού

ΑΝΑΠΝΟΗ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

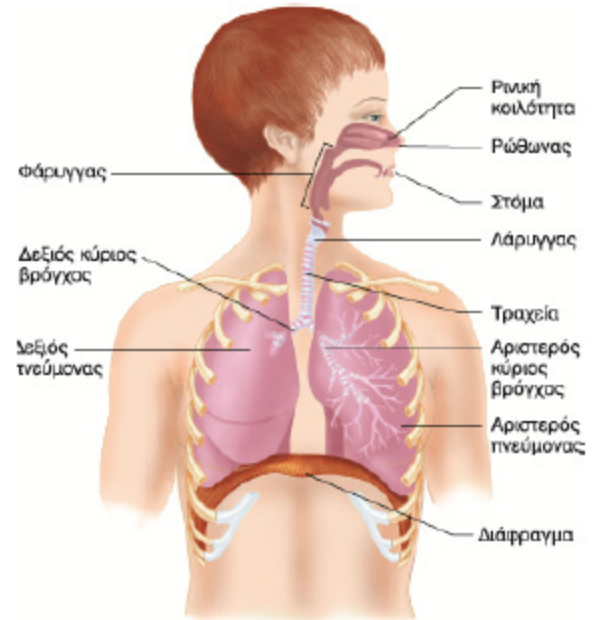
- Το αναπνευστικό σύστημα περιλαμβάνει:
 - τους **πνεύμονες**
 - το σύνολο των **αεραγωγών** που οδηγούν στους πνεύμονες
 - τις **δομές του θώρακα** που απαιτούνται για τη μετακίνηση του αέρα μέσα και έξω από τους πνεύμονες κατά τη διάρκεια της αναπνοής

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Πνεύμονες: **αριστερός-δεξιός**

- αποτελούνται κατά κύριο λόγο από **κυψελίδες**

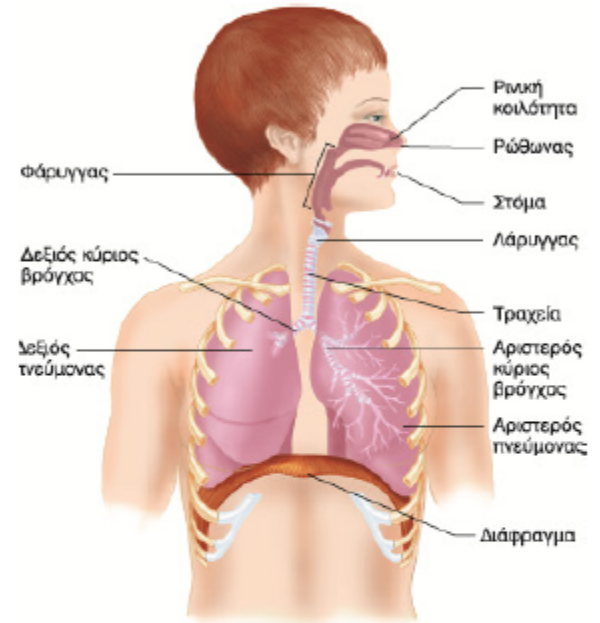
- μικροί σάκοι που περιέχουν αέρα
 - ~300 εκατ. σε ένα ενήλικα
 - το μέρος στο οποίο διεξάγεται η ανταλλαγή αερίων με το αίμα



- Οι **αεραγωγοί** είναι σωλήνες μέσα από τους οποίους ο αέρας διακινείται μεταξύ του περιβάλλοντος και των κυψελίδων

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- **Εισπνοή** είναι η μετακίνηση αέρα διαμέσου των αεραγωγών από το περιβάλλον μέχρι τις κυψελίδες κατά τη διάρκεια της αναπνοής
- **Εκπνοή** είναι η κίνηση κατά την αντίθετη κατεύθυνση
- Μια εισπνοή και μια εκπνοή αποτελούν ένα **αναπνευστικό κύκλο**



ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Κατά τη διάρκεια ενός αναπνευστικού κύκλου προωθείται αίμα από τη δεξιά κοιλία της καρδιάς προς τα τριχοειδή που περιβάλλουν κάθε κυψελίδα (πνευμονική κυκλοφορία)
 - σε ένα φυσιολογικό ενήλικα σε ηρεμία κάθε λεπτό εισέρχονται και απομακρύνονται από τις κυψελίδες περίπου **4 L αέρα** ενώ ολόκληρη η καρδιακή παροχή (**5 L αίματος**) διέρχεται από τα πνευμονικά τριχοειδή
 - κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης η ροή αέρα μπορεί να αυξηθεί μέχρι τα **80 L** και η αιματική ροή μέχρι τα **28 L**

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Κατά την αναπνοή εισέρχεται αέρας (είτε μέσω της μύτης είτε μέσω του στόματος) στο

φάρυγγα

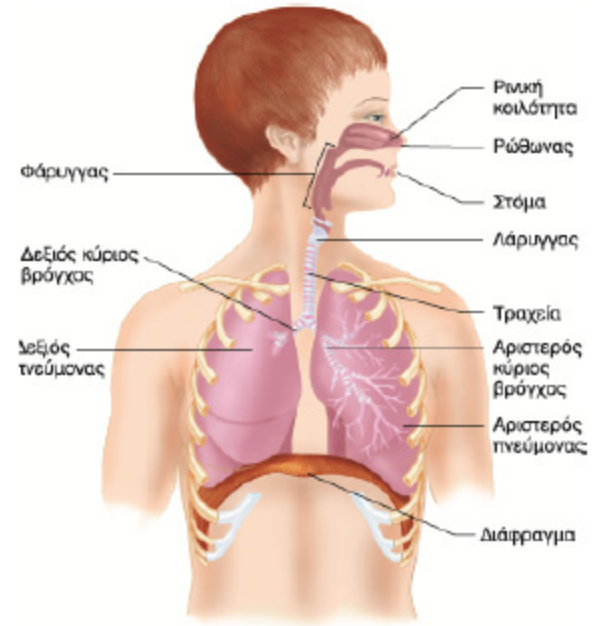
- αποτελεί κοινή οδό διέλευσης του αέρα και της τροφής

- Ο φάρυγγας συνεχίζεται με δύο οδούς:

- τον οισοφάγο
 - μέσω του οποίου η τροφή καταλήγει στο στομάχι

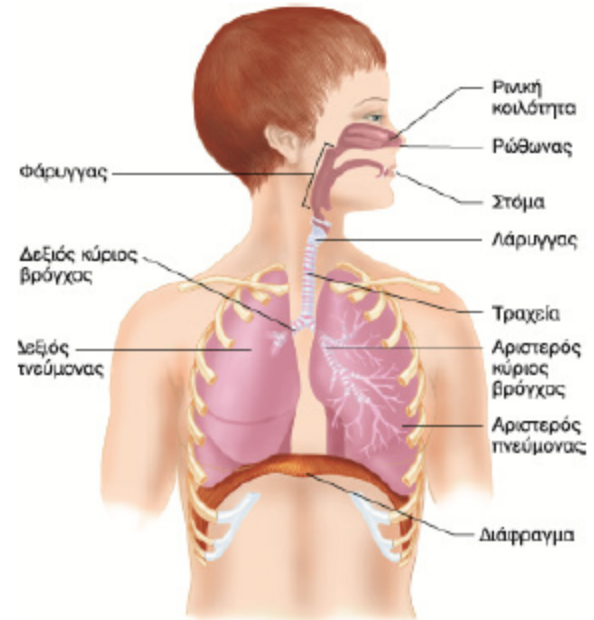
- το **λάρυγγα**

- αποτελεί τμήμα των αεραγωγών

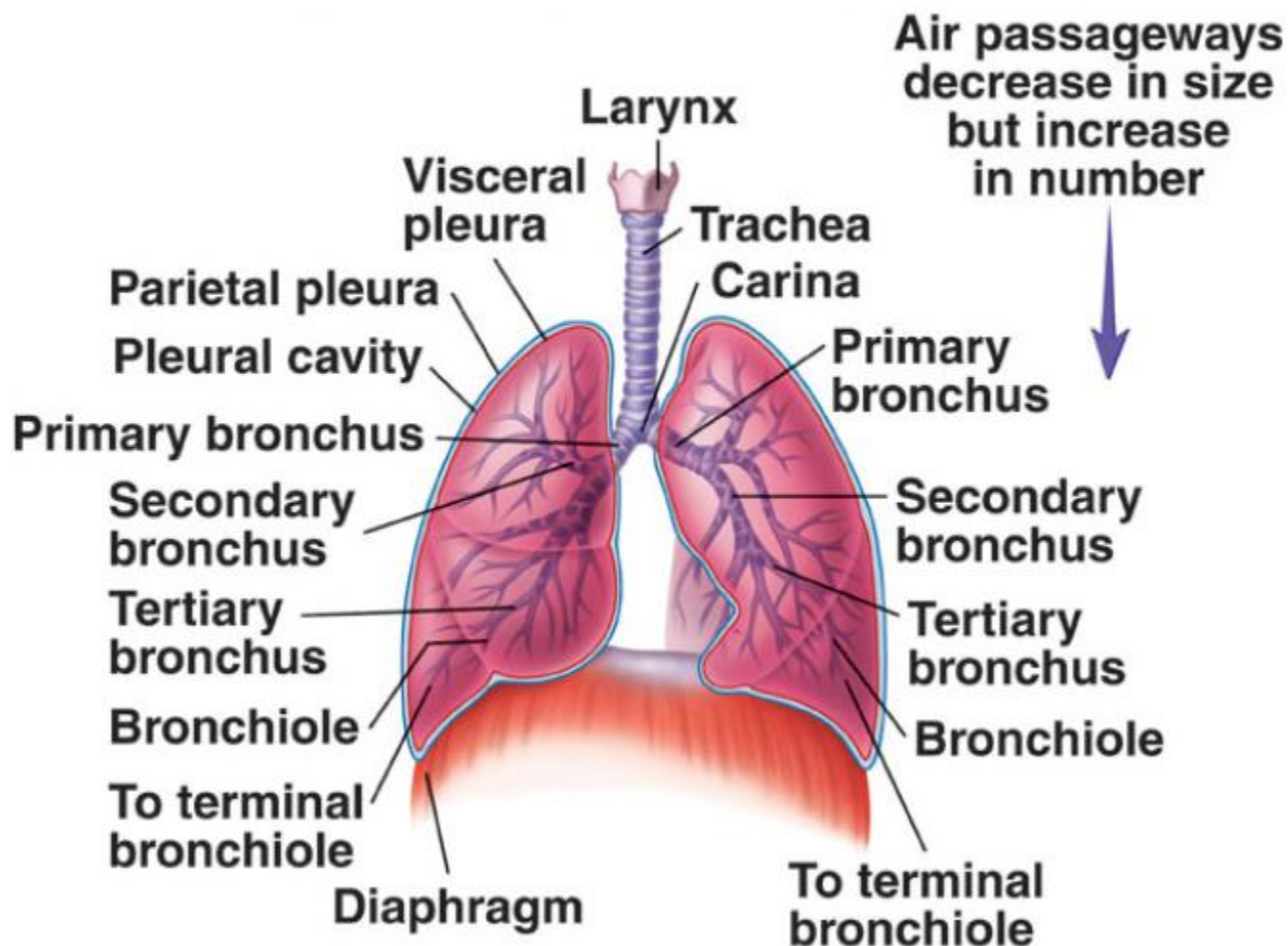


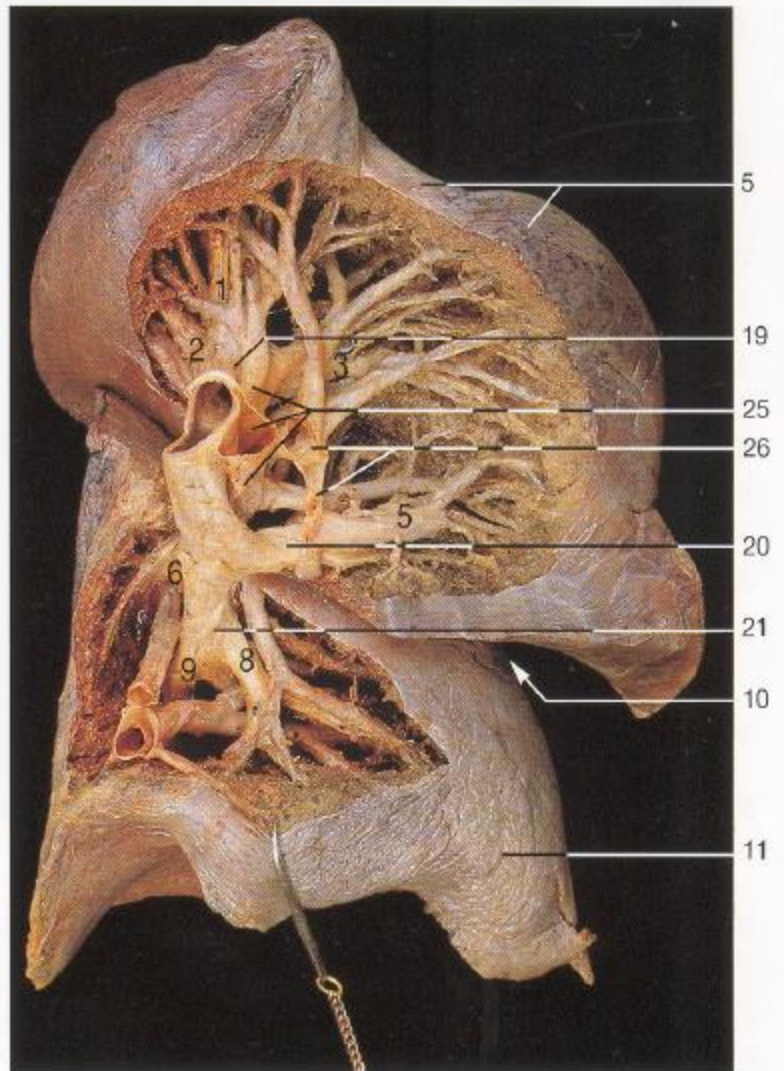
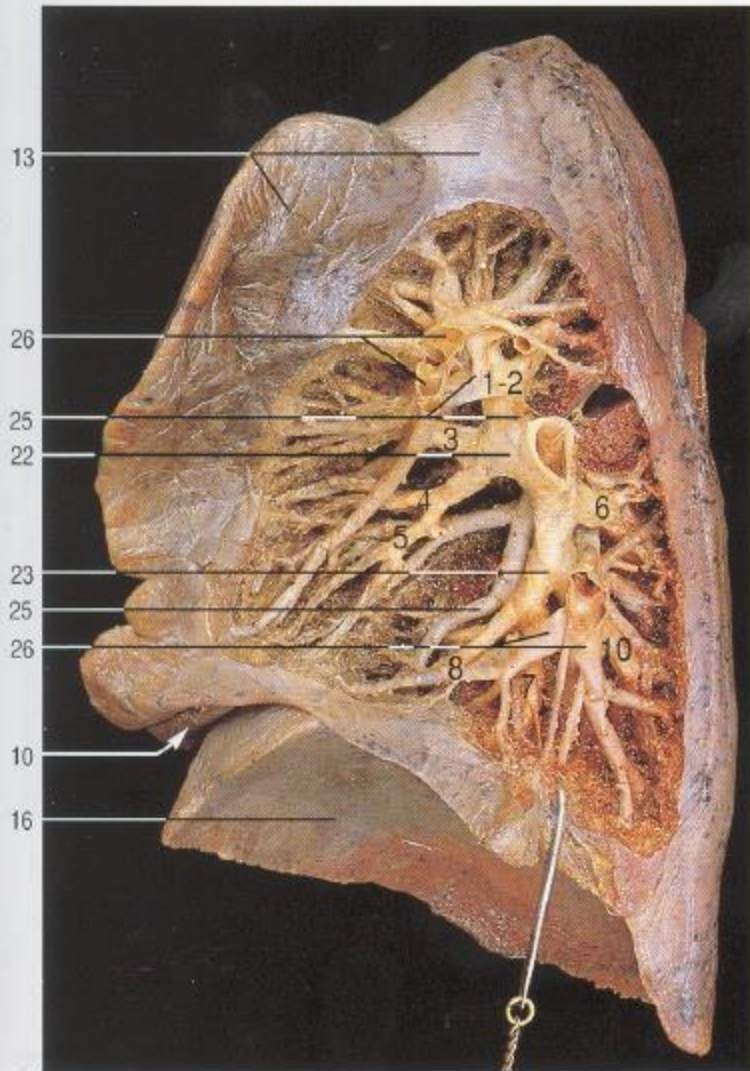
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Ο λάρυγγας καταλήγει σε ένα επιμήκη σωλήνα, την **τραχεία** η οποία διακλαδίζεται σε δύο **βρόγχους** ο καθένας από τους οποίους εισέρχεται στον αντίστοιχο πνεύμονα



ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ



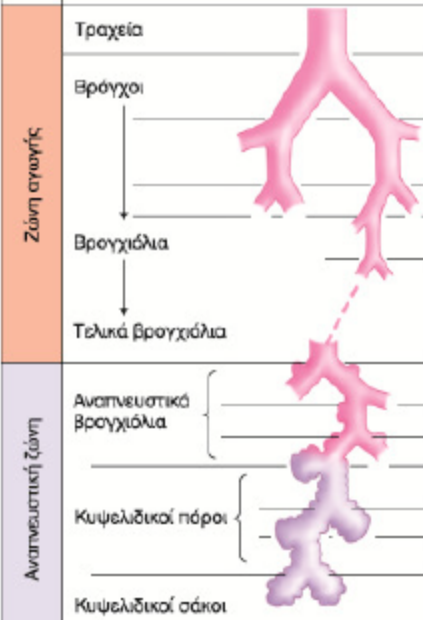


Παρασκευάσματα του βρογχικού δένδρου, πνευμονικών φλεβών και πνευμονικών αρτηριών του δεξιού πνεύμονα (αριστερά) και του αριστερού πνεύμονα (δεξιά), εκ των έσω. Οι τμηματικοί βρόγχοι αριθμούνται 1-10.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Μέσα στους πνεύμονες εντοπίζονται περισσότερες από **20 σειρές διακλαδώσεων** του βρογχικού δέντρου
 - η καθεμιά καταλήγει σε στενότερους, βραχύτερους και πολυπληθέστερους αεραγωγούς

	Ονόματα κλάδων	Αριθμός σωληνώσεων ανά διακλάδωση
Ζώνη αγωγής	Τραχεία	1
	Βρόγχοι	2
		4
		8
	Βρογχιόλια	16
	Τελικά βρογχιόλια	32 ↓ 6×10^4
Αναπνευστική ζώνη	Αναπνευστικά βρογχιόλια	↓ 5×10^5
	Κυψελιδικοί πόροι	↓
	Κυψελιδικοί σάκοι	8×10^8

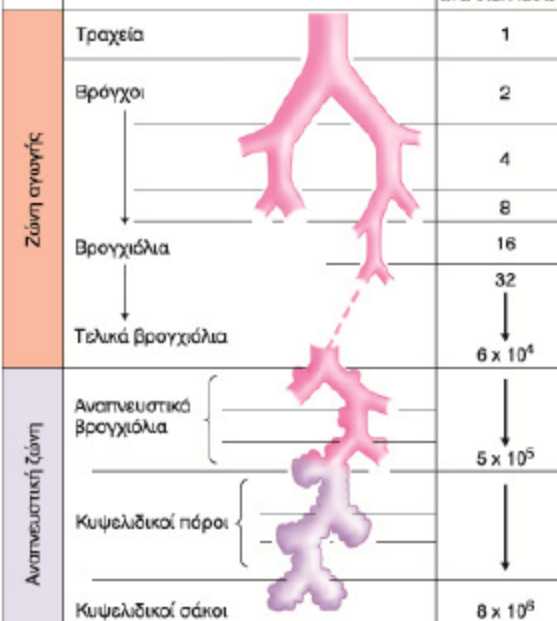


- Τα τοιχώματα της τραχείας και των βρόγχων περιέχουν χόνδρο που τους παρέχει το κυλινδρικό τους σχήμα και στήριξη

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

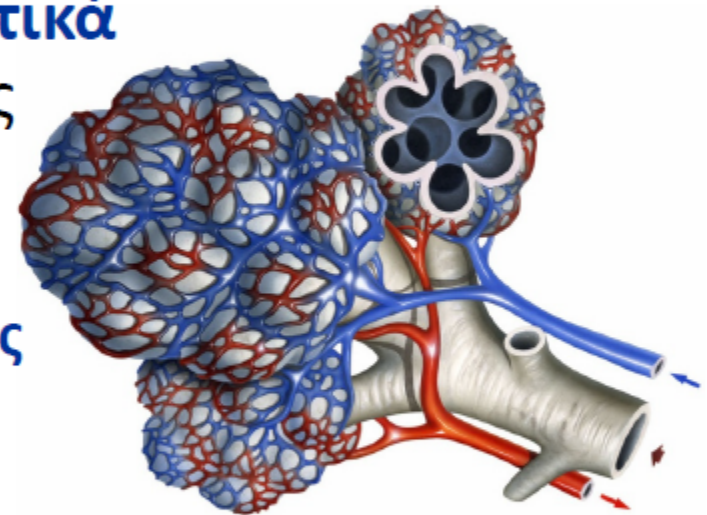
- Μέχρι την 11^η υποδιαίρεση στο τοίχωμα των βρόγχων περιέχονται χόνδρινα στοιχεία
- Από την 12^η υποδιαίρεση τα τοιχώματα δεν περιέχουν πλέον χόνδρο και οι αεραγωγοί αυτοί ονομάζονται **βρογχιόλια**

	Ονόματα κλάδων	Αριθμός σωληνώσεων ανά διακλάδωση
Ζώνη αγωγής	Τραχεία	1
	Βρόγχοι	2
		4
		8
	Βρογχιόλια	16
	Τελικά βρογχιόλια	32 ↓ 6×10^4
Αναπνευστική ζώνη	Αναπνευστικά βρογχιόλια	↓ 5×10^5
	Κυψελιδικοί πόροι	↓
	Κυψελιδικοί σάκοι	8×10^8



ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

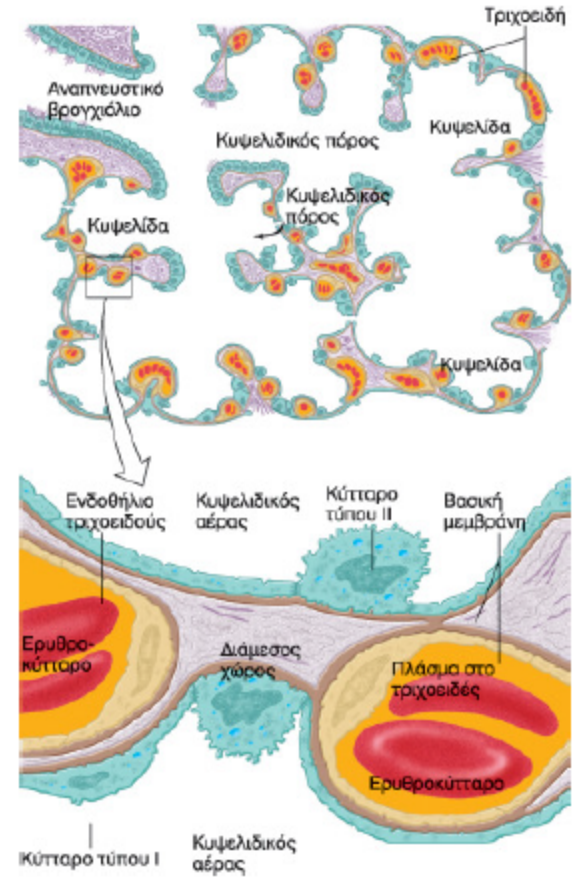
- Οι κυψελίδες αρχίζουν να εμφανίζονται στα **αναπνευστικά βρογχιόλια**, προσκολλημένες στα τοιχώματά τους
 - ο αριθμός των κυψελίδων αυξάνεται στους **κυψελιδικούς πόρους** και οι αεραγωγοί καταλήγουν τελικά σε συναθροίσεις που μοιάζουν με τσαμπί σταφυλιού και αποτελούνται αποκλειστικά από κυψελίδες (**κυψελιδικοί σάκοι**)



ΟΙ ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ

Η ΘΕΣΗ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

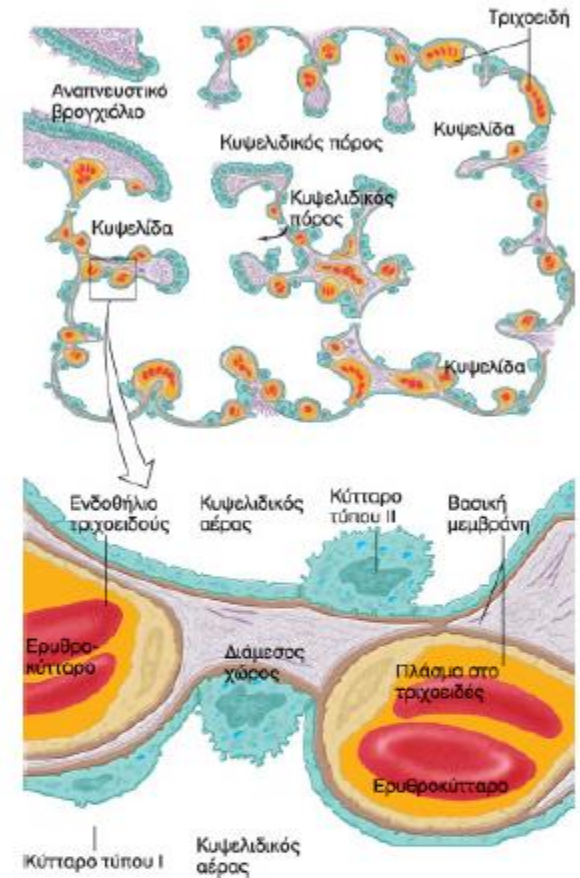
- Οι κυψελίδες είναι μικροί κοίλοι σάκοι που επικοινωνούν με τους αυλούς των αεραγωγών
 - ο αέρας μέσα σε δύο γειτονικές κυψελίδες διαχωρίζεται από ένα λεπτό κυψελιδικό τοίχωμα
 - το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του τοιχώματος που έρχεται σε επαφή με τον αέρα καλύπτεται με μια συνεχή στιβάδα επίπεδων επιθηλιακών κυττάρων πάχους **ενός κυττάρου**
 - αυτά τα κύτταρα λέγονται **κυψελιδικά κύτταρα τύπου I**
 - το μικρό πάχος του τοιχώματος (0.2 μm) και η μεγάλη του επιφάνεια (συνολικά ίση με ένα γήπεδο τένις) επιτρέπουν τη **γρήγορη ανταλλαγή μεγάλων ποσοτήτων O_2 και CO_2 μέσω διάχυσης**



ΟΙ ΚΥΨΕΛΙΔΕΣ

Η ΘΕΣΗ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

- Οι κυψελίδες είναι μικροί κοίλοι σάκοι που επικοινωνούν με τους αυλούς των αεραγωγών
 - ανάμεσα στα κυψελιδικά κύτταρα τύπου I υπάρχουν διάσπαρτα κάποια μεγαλύτερα κύτταρα που λέγονται **κυψελιδικά κύτταρα τύπου II**
 - παράγουν μια ουσία με απορρυπαντικές ιδιότητες που λέγεται **επιφανειοδραστικός παράγοντας**

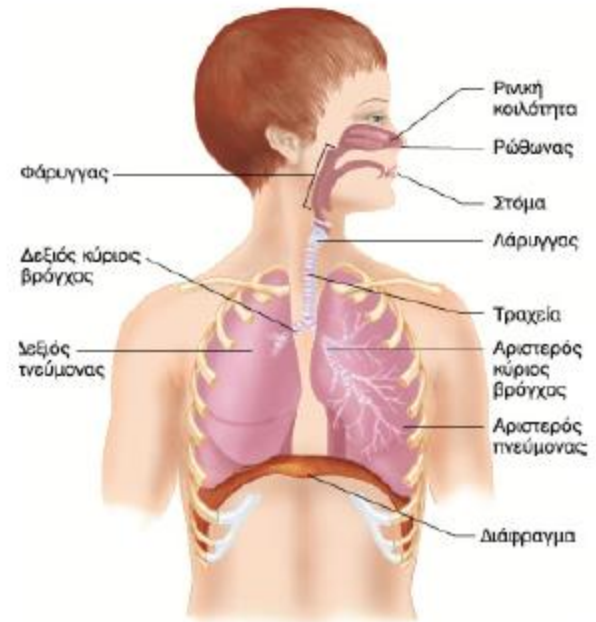


ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

- Η επιφάνεια του επιθηλίου των αεραγωγών μέχρι και τα αναπνευστικά βρογχιόλια περιέχει αδένες και επιθηλιακά κύτταρα που εκκρίνουν **βλέννα**
 - σωματίδια στον εισπνεόμενο αέρα (π.χ., σκόνη) προσκολλώνται στη βλέννα η οποία μεταφέρεται αργά και σταθερά προς το φάρυγγα όπου στη συνέχεια καταπίνεται
 - ο μηχανισμός αυτός είναι σημαντικός για τη **διατήρηση καθαρών πνευμόνων** από σωματίδια και βακτήρια που εισέρχονται στους πνεύμονες
 - μπορεί να ανασταλεί από βλαπτικούς παράγοντες
 - π.χ., το **κάπνισμα** 1 τσιγάρου ακινητοποιεί το μηχανισμό αυτό για αρκετές ώρες

ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ

- Οι πνεύμονες, όπως και η καρδιά, βρίσκονται στο **θώρακα**
 - κλειστό διαμέρισμα που συνδέεται με τον τράχηλο (λαιμό) με μυς και συνδετικό ιστό και διαχωρίζεται πλήρως από την κοιλία με ένα σκελετικό μυ που έχει σχήμα θόλου, το **διάφραγμα**



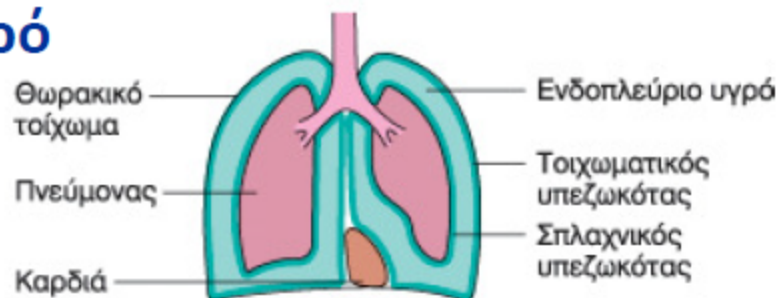
ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ

- Ο κάθε πνεύμονας περιβάλλεται από ένα κλειστό σάκο, τον **υπεζωκοτικό σάκο**, που αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα κυττάρων που λέγεται **υπεζωκότας**

- οι δύο υπεζωκοτικοί σάκοι είναι πλήρως ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλο
- περιέχουν **ενδοπλεύριο υγρό**

- λιπαίνει τις επιφάνειες του υπεζωκότα ώστε να μπορούν να ολισθαίνουν η μια πάνω στην άλλη κατά την αναπνοή

- η υδροστατική πίεση που ενδοπλεύριου υγρού λέγεται **υπερζωκοτική πίεση** και έχει θεμελιώδη ρόλο στην αναπνοή



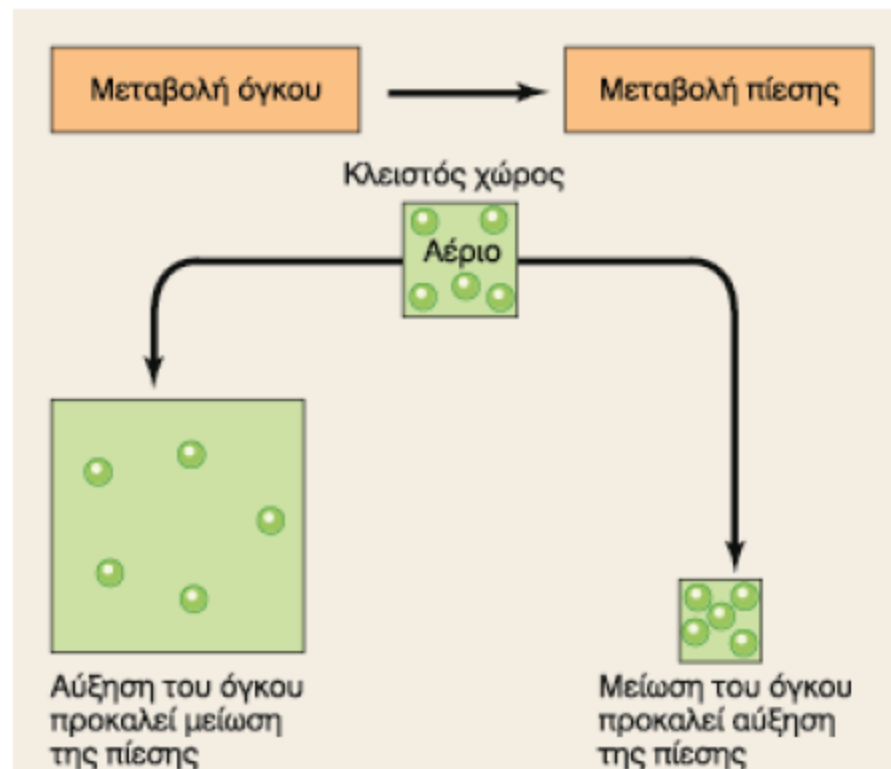
ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

- Αερισμό ονομάζουμε την **ανταλλαγή αέρα** μεταξύ της ατμόσφαιρας και των κυψελίδων
 - ο αέρας μετακινείται από μια περιοχή υψηλής πίεσης προς μια περιοχή χαμηλής πίεσης
 - η ροή αέρα από ένα σημείο σε ένα άλλο είναι ανάλογη προς τη **διαφορά πίεσης** μεταξύ των δύο σημείων και αντιστρόφως ανάλογη προς την **αντίσταση** που μπορεί να υπάρχει στην κίνηση του αέρα
 - η αντίσταση εξαρτάται από το μήκος και την ακτίνα του αυλού αλλά και από αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μορίων του αέρα

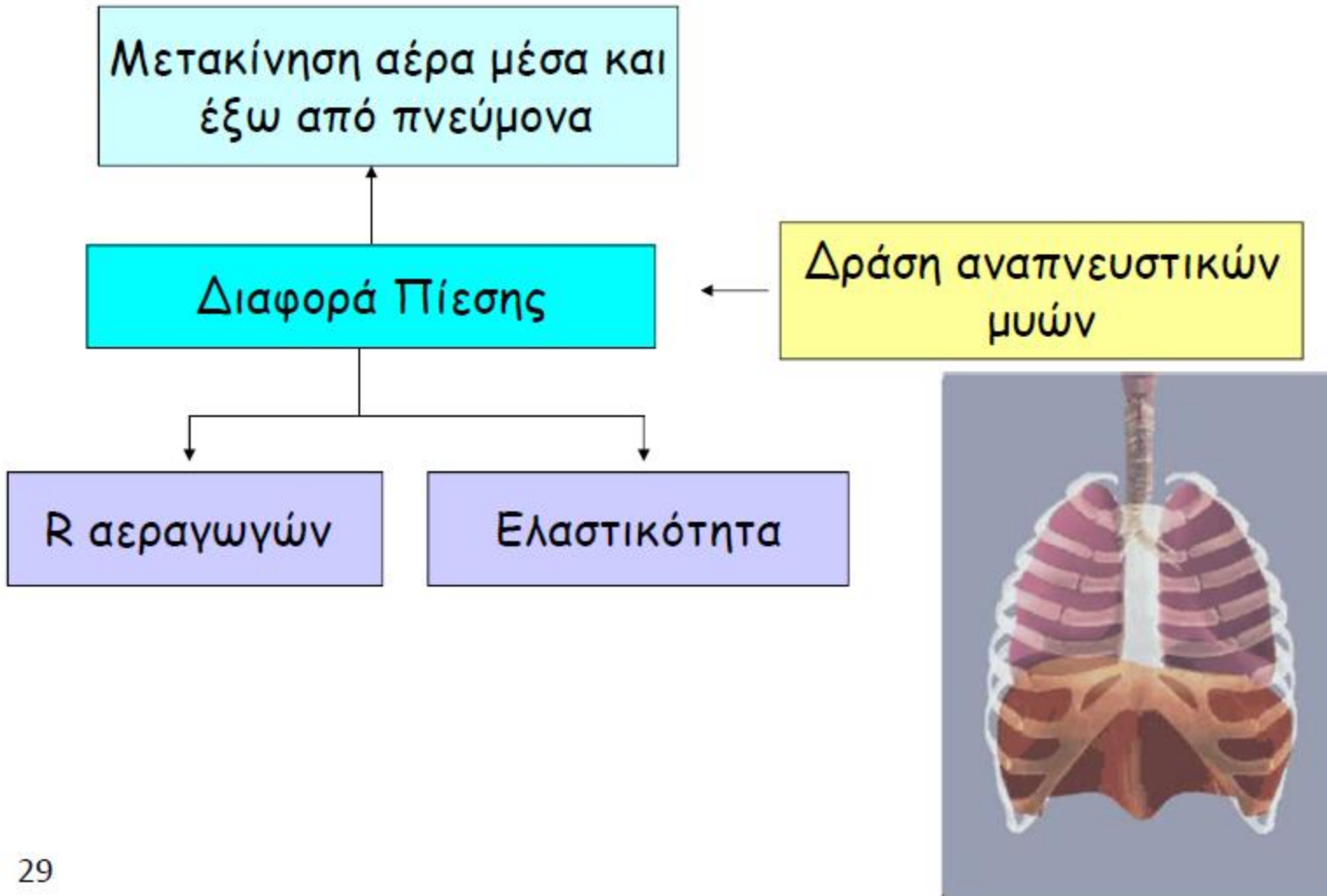
ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BOYLE

- Σε σταθερή θερμοκρασία, ο **όγκος** ενός αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος της **πίεσής** του



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

■ Διαφορά πίεσης

- Εισπνοή: πίεση κυψελίδων < πίεση ατμοσφαιρικού αέρα
- Εκπνοή: πίεση κυψελίδων > πίεση ατμοσφαιρικού αέρα
 - η μεταβολή πίεσης είναι η κινητήρια δύναμη για τη ροή αέρα ανεξάρτητα από τον τρόπο που επιτεύχθηκε

■ Διαπνευμονική πίεση

- διαπνευμονική πίεση = πίεση κυψελίδας - υπεζωκοτική πίεση

■ Υπεζωκοτική πίεση

- ελαστικότητα πνεύμονα
- ελαστικότητα θωρακικού τοιχώματος

Ενδοθωρακική πίεση (ενδο-υπεζωκοτική)

Πίεση ανάμεσα στα δύο πέταλα υπεζωκότα
(σπλαγχνικός, τοιχωματικός)

Φυσιολογικά είναι ελαφρώς αρνητική λόγω
της συνεχούς άντλησης υγρού από
λεμφαγγεία

Ενδοθωρακική πίεση (ενδο-υπεζωκοτική)

Κατά την έναρξη εισπνοής είναι $-5 \text{ cm H}_2\text{O}$

Κατά την διάρκεια της εισπνοής ο
θωρακικός κλωβός έλκει τους πνεύμονες
με αποτέλεσμα η ενδοθωρακική πίεση να
γίνεται ακόμα πιο αρνητική ($-8 \text{ cm H}_2\text{O}$)

Κατά την εκπνοή οι μεταβολές
αναστρέφονται

ΕΝΔΟΚΥΨΕΛΙΔΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (ενδο-πνευμονική)

Πίεση αέρα μέσα στις κυψελίδες

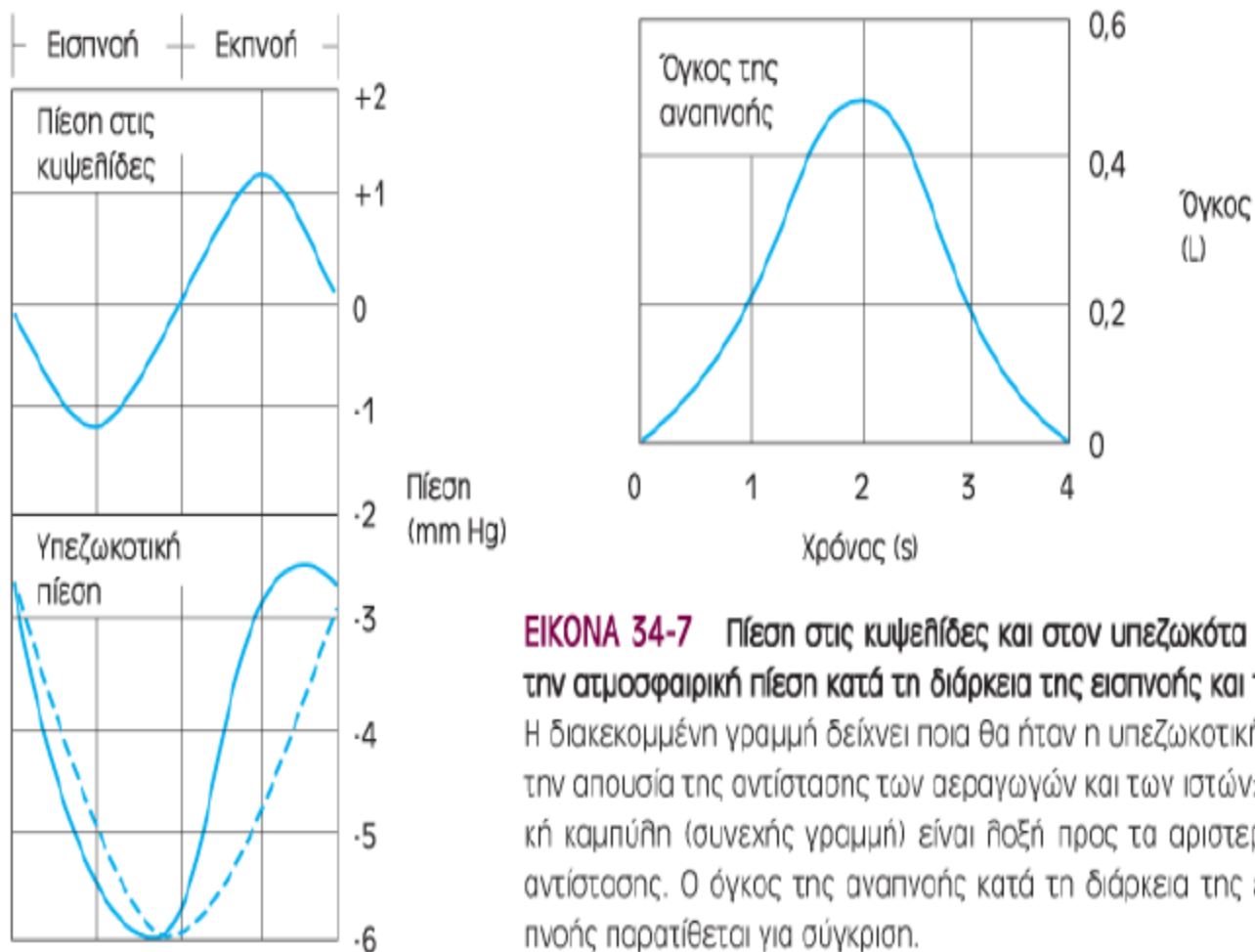
Όταν γλωττίδα ανοιχτή χωρίς διακίνηση αέρα οι πιέσεις είναι παντού ίδιες σε όλο το αναπνευστικό ίσες με ατμοσφαιρική (0 cm H₂O)

Κατά την εισπνοή και για να προκληθεί ροή αέρα μέσα στους πνεύμονες, η πίεση γίνεται μικρότερη της ατμοσφαιρικής (-1 cm H₂O)

ΕΝΔΟΚΥΨΕΛΙΔΙΚΗ ΠΙΕΣΗ (ενδο-πνευμονική)

Αυτή η μικρή αρνητική πίεση επαρκεί για την μετακίνηση 0.5 lt αέρα

Κατά την εκπνοή, η ενδοκυψελιδική πίεση αυξάνεται στο + 1 cm H₂O και έτσι 0.5 lt αέρα αποβάλλεται από πνεύμονες

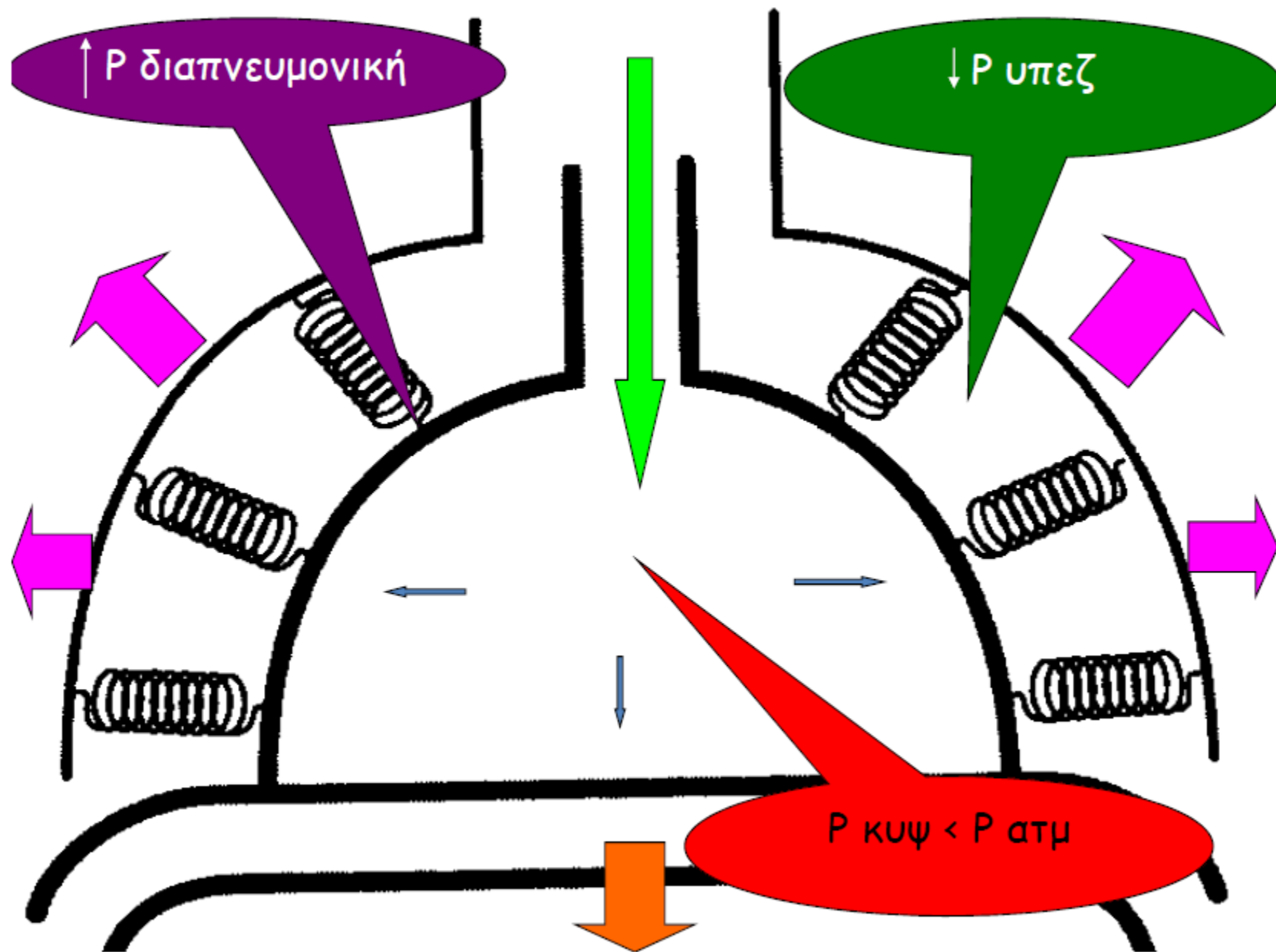


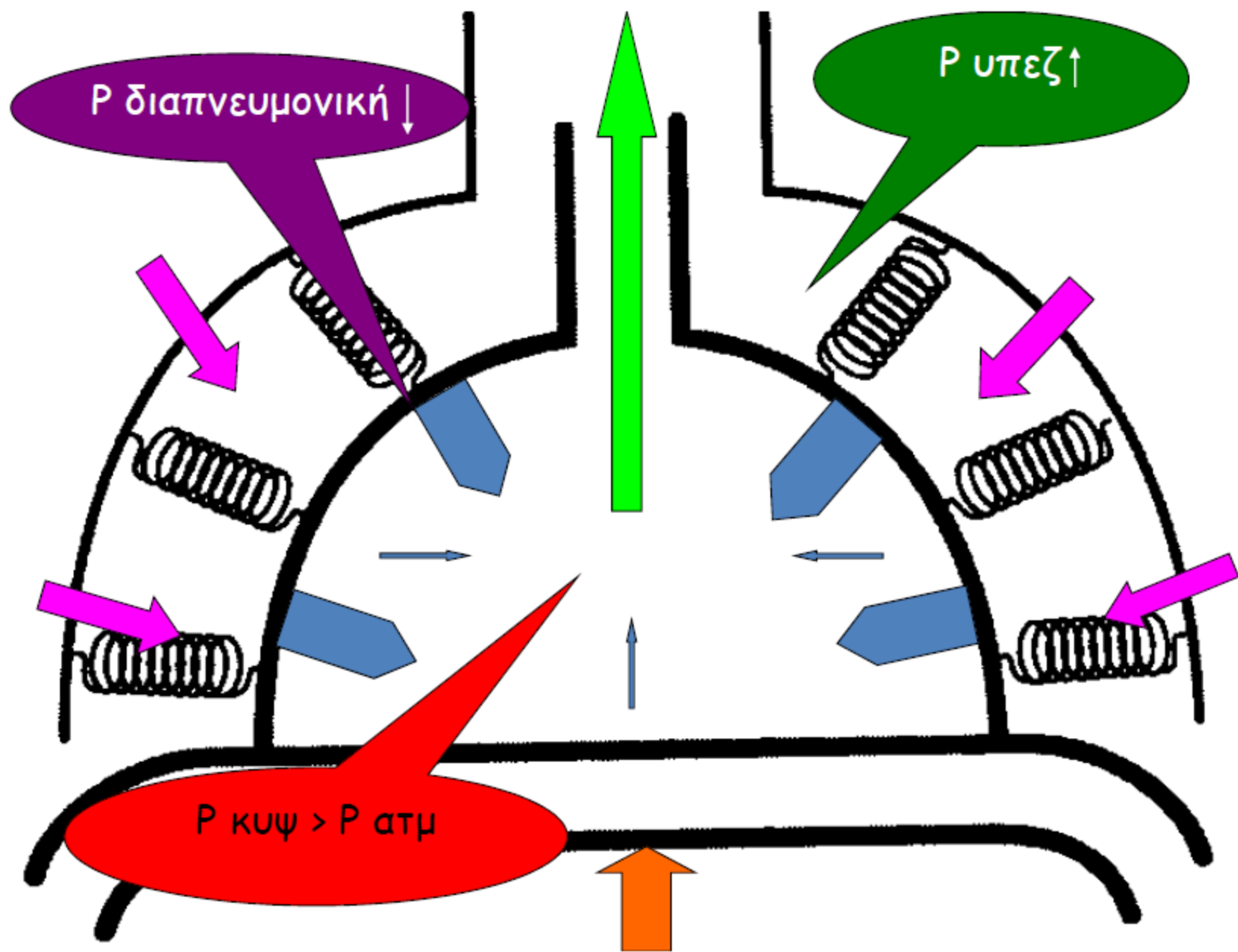
ΕΙΚΟΝΑ 34-7 Πίεση στις κυψελίδες και στον υπεζωκότα σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση κατά τη διάρκεια της εισπνοής και της εκπνοής. Η διακεκομμένη γραμμή δείχνει ποια θα ήταν η υπεζωκοτική πίεση, κατά την απουσία της αντίστασης των αεραγωγών και των ιστών: η πραγματική καμπύλη (συνεχής γραμμή) είναι ριζή προς τα αριστερά λόγω της αντίστασης. Ο όγκος της αναπνοής κατά τη διάρκεια της εισπνοής-εκπνοής παρατίθεται για σύγκριση.

ΔΙΑΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

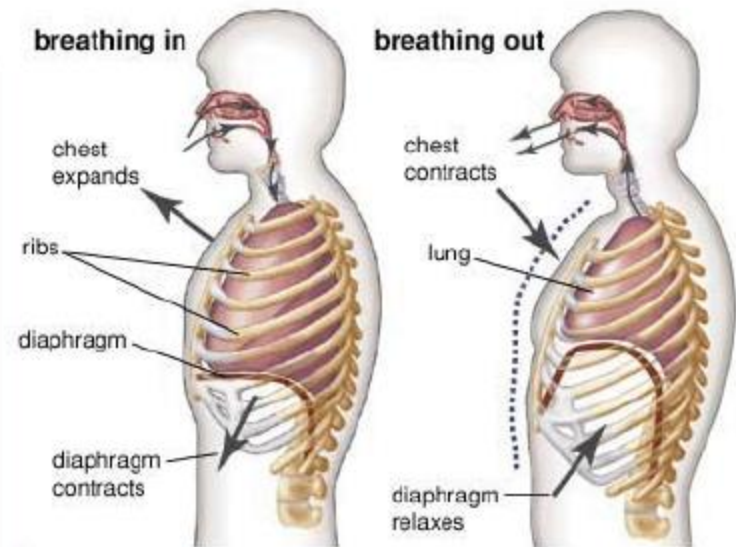
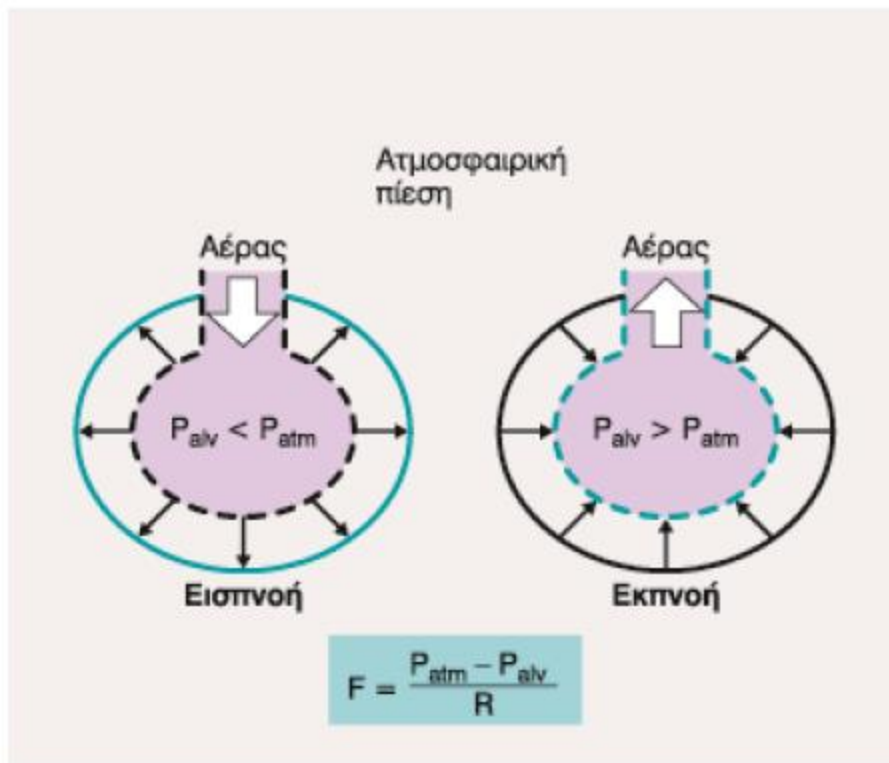
Η διαφορά ενδοκυψελιδικής και ενδοθωρακικής πίεσης

Μέτρο ελαστικών δυνάμεων πνευμόνων, τείνει να προκαλέσει σύμπτυξη πνευμόνων για κάθε βαθμό έκπτυξης, είναι δηλ. *πίεση επαναφοράς*





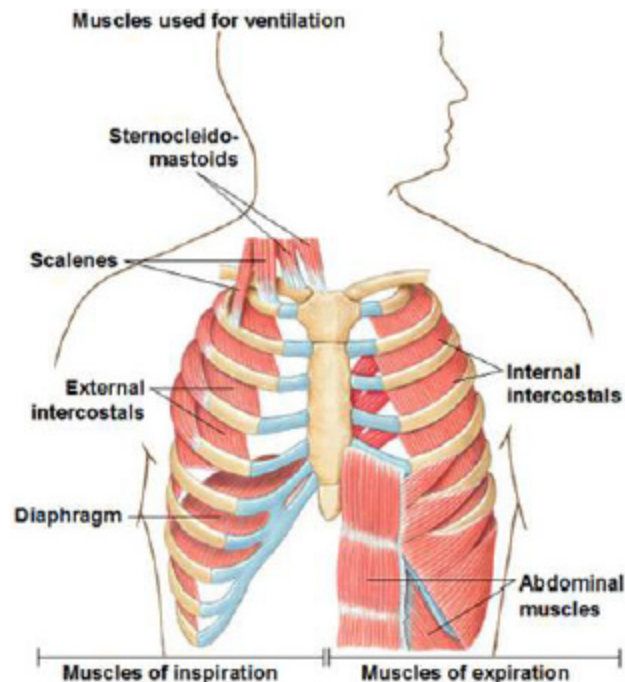
ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΕΙΣΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

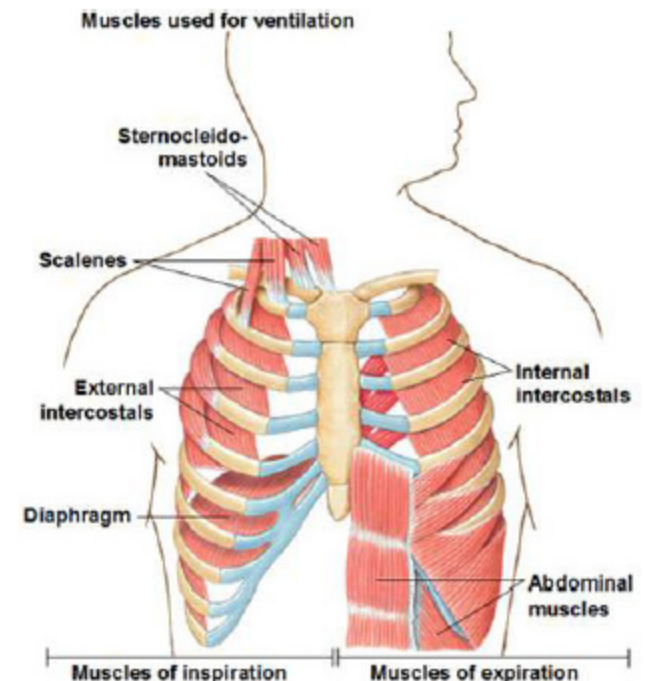
- Έξω μεσοπλεύριοι
 - έλκουν την κάτω πλευρά προς τα πάνω και έξω
- Επικουρικοί εισπνευστικοί μύες
 - σκαληνοί: (πρόσθιος, μέσος, οπίσθιος)
 - ανυψώνουν την 1^η και 2^η πλευρά
 - στερνοκλειδομαστοειδής
 - ανυψώνει το στήνο
 - ανελκτήρες πτερυγίων ρινός
 - μικροί μύες κεφαλής και τραχήλου



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΕΚΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

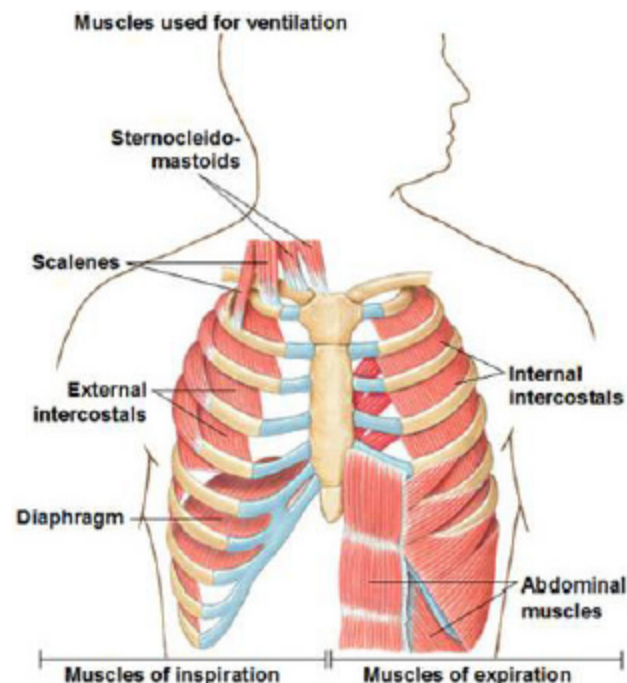
- Η εκπνοή είναι **παθητική** εξαιτίας της ελαστικότητας των πνευμόνων
- Ενεργητική εκπνοή: άσκηση, ομιλία, βήχας, φτέρνισμα
 - **κοιλιακοί μύες**: ορθός, έσω-έξω λοξοί, εγκάρσιος κοιλιακός
 - αυξάνουν την ενδοκοιλιακή πίεση και ανεβάζουν το διάφραγμα οδηγώντας σε μείωση της κάθετης διαμέτρου του θώρακα
 - ωθούν τις κατώτερες πλευρές προς τα κάτω



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΕΚΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

- Η εκπνοή είναι **παθητική** εξαιτίας της ελαστικότητας των πνευμόνων
- Ενεργητική εκπνοή: άσκηση, ομιλία, βήχας, φτέρνισμα
 - **έσω μεσοπλεύριοι**
 - έλκουν την άνω πλευρά προς τα κάτω και έσω οδηγώντας σε μείωση της κάθετης διαμέτρου του θώρακα
 - διατηρούν τη σταθερότητα του μεσοπλεύριου διαστήματος



ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΕΙΔΗ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

- Διαφραγματική ή κοιλιακή αναπνοή
 - υπερισχύει το διάφραγμα σε σχέση με τους μεσοπλεύριους μύες
 - μεγαλύτερη συχνότητα στους άνδρες
- Θωρακική αναπνοή
 - υπερισχύουν οι έξω μεσοπλεύριοι μύες έναντι του διαφράγματος
 - μεγαλύτερη συχνότητα στις γυναίκες

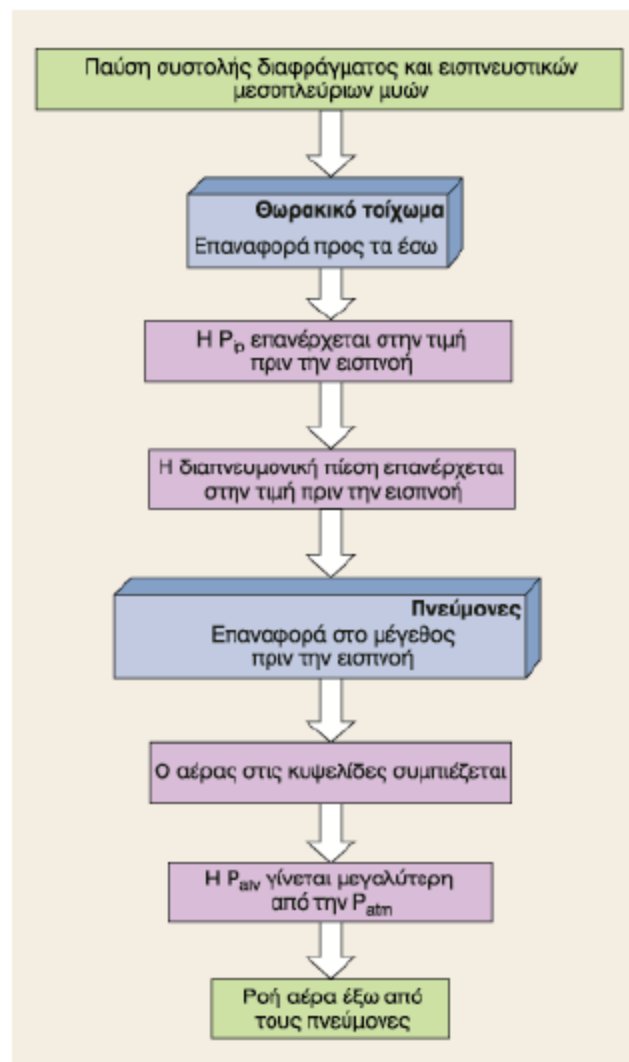
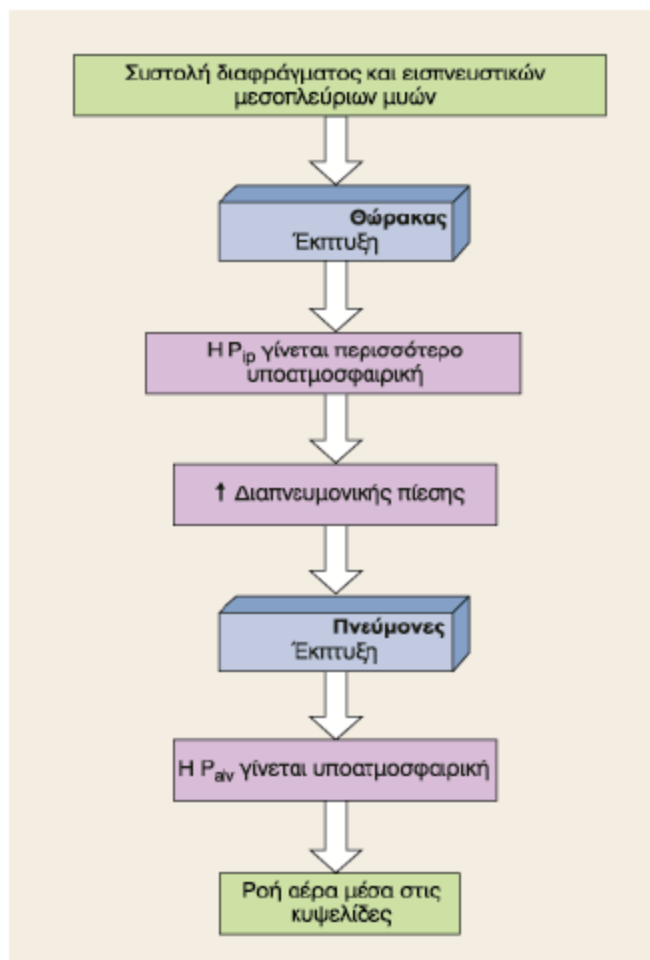


ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΕΙΔΗ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

- Γενικότερα, υπάρχουν αρκετές ατομικές διαφορές ως προς τη σχετική αναλογία συμβολής της κοιλιακής και της θωρακικής αναπνοής στη συνολική αναπνευστική λειτουργία
 - κατά τη φυσιολογική ήρεμη αναπνοή τον κύριο ρόλο παίζει η **κίνηση του διαφράγματος**
 - η μεγαλύτερη συχνότητα θωρακικής αναπνοής στις γυναίκες οφείλεται πιθανώς σε **ανατομικές διαφορές** (9% μικρότερος θώρακας και μεγαλύτερη γωνία στις πλευρές) που κάνουν αυτό το είδος αναπνοής πιο αποδοτικό για εκείνες

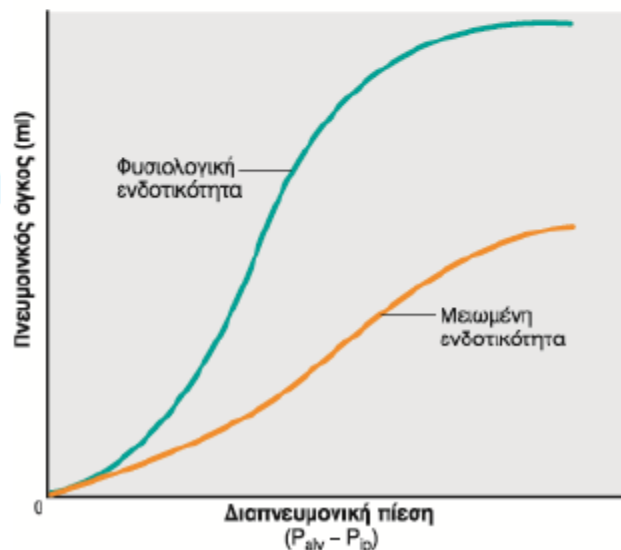
ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ



ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

- Η έκπτυξη των πνευμόνων είναι ανάλογη της διαπνευμονικής πίεσης
 - όμως ο βαθμός στον οποίο μια συγκεκριμένη διαπνευμονική πίεση εκπτύσσει τους πνεύμονες εξαρτάται από την ενδοτικότητα τους (δηλαδή την ικανότητά τους να διαταθούν)
- **ενδοτικότητα των πνευμόνων**
ονομάζουμε το μέγεθος της μεταβολής του πνευμονικού όγκου που προκαλείται από μια δεδομένη μεταβολή της διαπνευμονικής πίεσης
 - όσο μεγαλύτερη είναι η πνευμονική ενδοτικότητα, τόσο ευκολότερο είναι να εκπτυχθούν οι πνεύμονες σε μια δεδομένη διαπνευμονική πίεση

$$\text{Ενδοτικότητα} = \frac{\Delta \text{ Πνευμονικού όγκου}}{\Delta (P_{\text{alv}} - P_{\text{ip}})}$$



ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

Βαθμός έκπτυξης πνευμόνων ανά μονάδα αύξησης της διαπνευμονικής πίεσης

Φυσιολογικά, η ενδοτικότητα των δύο πνευμόνων είναι **200 ml/cmH₂O**

ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

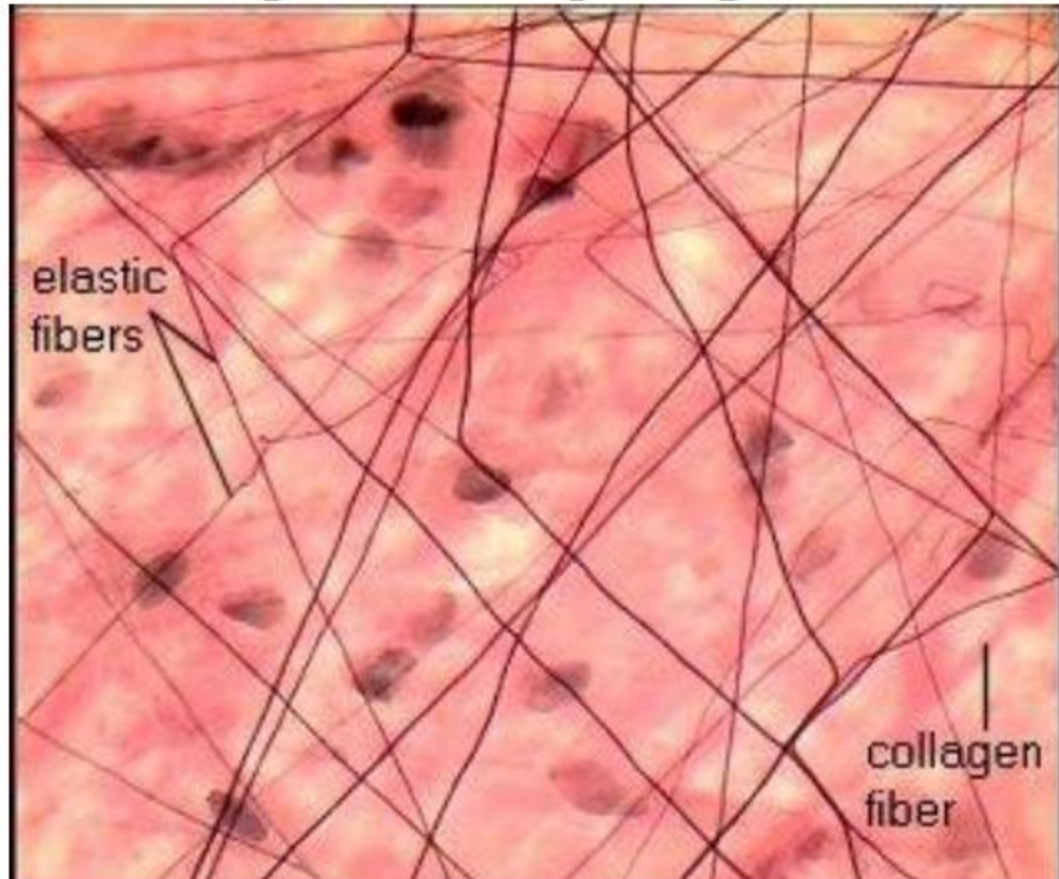
Εξαρτάται από

(1) τις ελαστικές δυνάμεις του πνευμονικού ιστού (κολλαγόνο παρεγχύματος)

(2) τις ελαστικές δυνάμεις που οφείλονται στην επιφανειακή τάση του υγρού που επαλείφει την έσω επιφάνεια κυψελίδων

ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

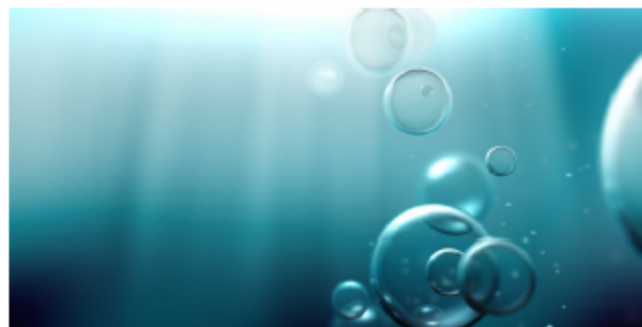
ελαστικές δυνάμεις πν. ιστού



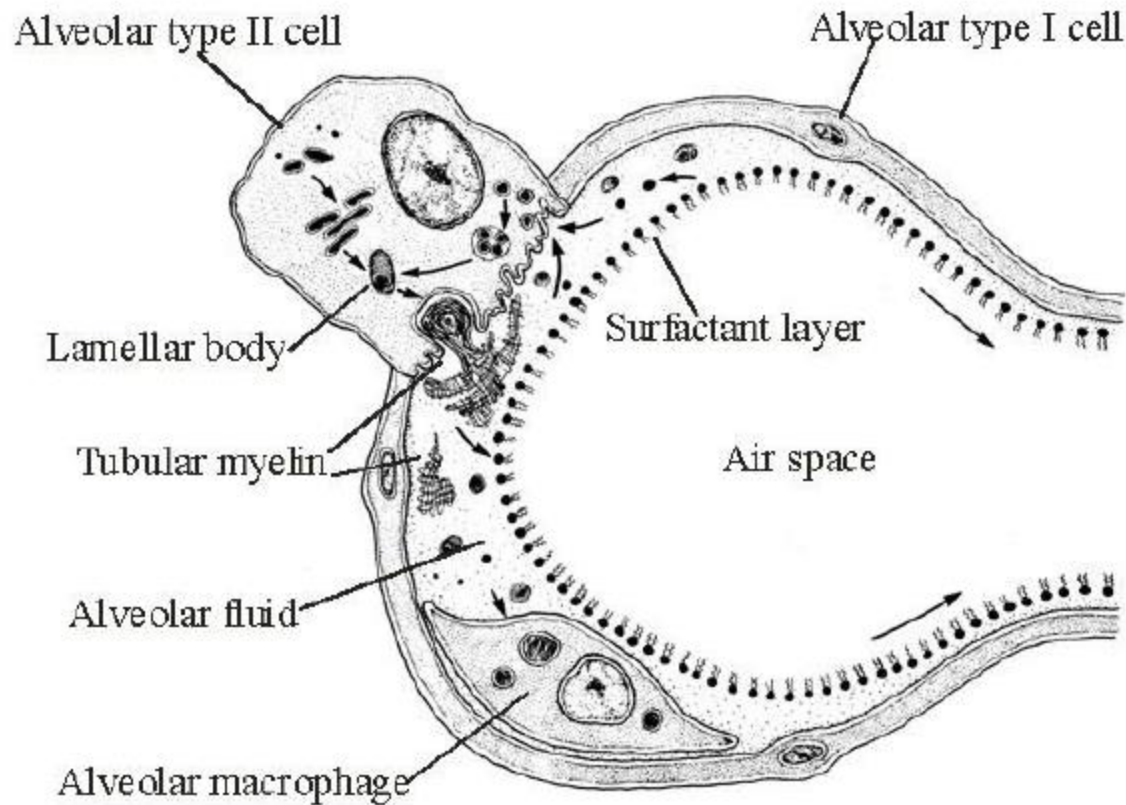
ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ

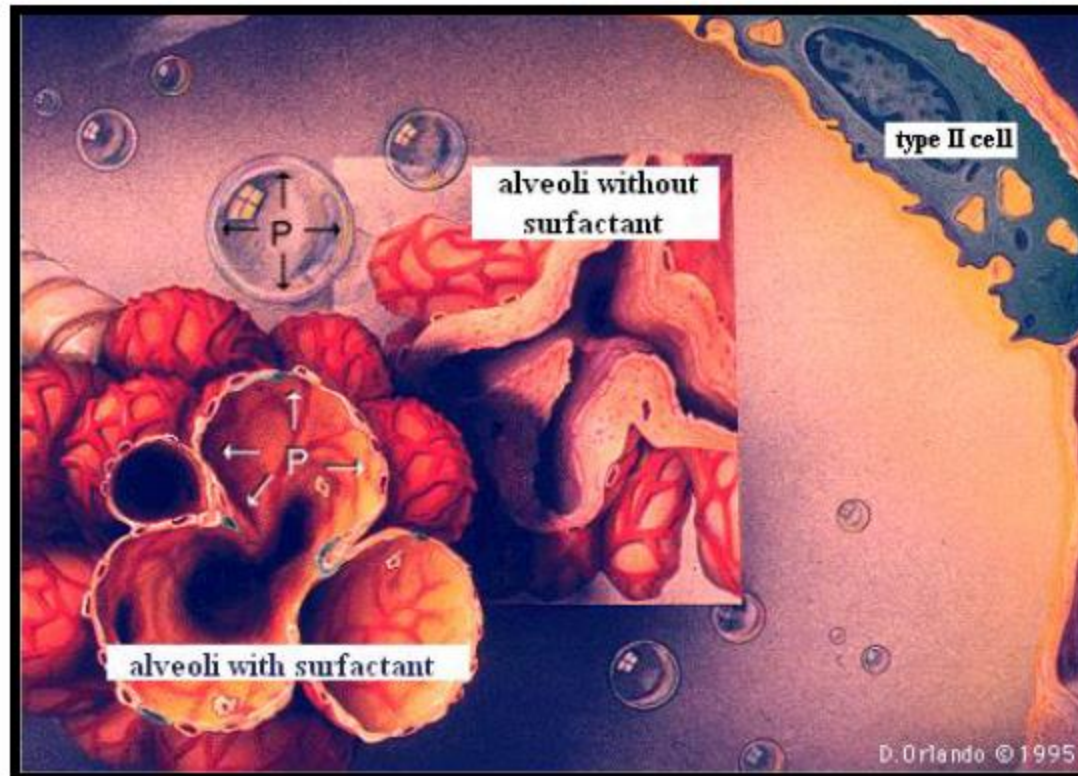
- Οι κυψελίδες περιέχουν αέρα, αλλά η επιφάνειά τους είναι υγρή (περιβάλλεται με αίμα)
 - παρομοιάζονται με φυσαλίδες αέρα μέσα σε νερό
 - η επιφάνεια των φυσαλίδων (άρα και των κυψελίδων) δέχεται μεγάλη πίεση από το νερό η οποία τείνει να τις συρρικνώσει
 - στους πνεύμονες η πίεση αυτή λέγεται **επιφανειακή τάση** και είναι τόσο μεγάλη που φυσιολογικά θα χρειαζόταν τεράστια μυϊκή προσπάθεια για να εκπτυχθούν οι πνεύμονες και να αναπνεύσουμε αφού οι πνεύμονες θα είχαν την τάση να συμπυκνωθούν
 - τα κυψελιδικά κύτταρα τύπου II εκκρίνουν τον **επιφανειοδραστικό παράγοντα**, μια ουσία με απορρυπαντικές ιδιότητες, που μειώνει σημαντικά την επιφανειακή τάση αυξάνοντας την ενδοτικότητα των πνευμόνων



ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΩΝ



ΕΝΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΔΡΑΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΩΝ



ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ (ΔΙΑΧΥΣΗ)

ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

- Η μετακίνηση τόσο του O_2 όσο και του CO_2 μέσω του κυψελιδικού φραγμού προς την κυκλοφορία πραγματοποιείται με απλή διάχυση.

ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

- Η τυχαία κίνηση των μορίων προκαλεί τη μετακίνησή τους από μία περιοχή **υψηλής συγκέντρωσης προς μία περιοχή χαμηλής συγκέντρωσης.**
- Η διαδικασία αυτή είναι ένα παθητικό φαινόμενο και επομένως **δεν απαιτεί την κατανάλωση ενέργειας.**

ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

- Οι πνεύμονες έχουν μεγάλη σε έκταση και με ελάχιστο πάχος αναπνευστική μεμβράνη.

ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

- Ο σχηματισμός αυτός αποτελεί εργαλείο που διευκολύνει τη μετακίνηση των αναπνευστικών αερίων εκατέρωθεν αυτού.
- Πάχος μεμβράνης: **0,3μm.**
- Εκταση μεμβράνης: **80-100m².**

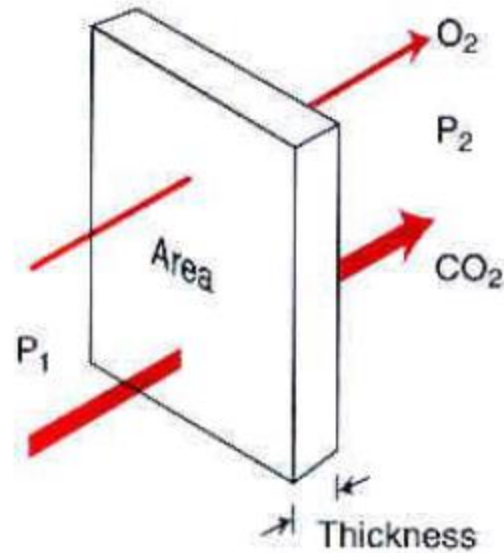
ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

- Η διάχυση του O_2 και του CO_2 εκατέρωθεν της αναπνευστικής μεμβράνης υπόκεινται στο **νόμο του Fick**:

NΟΜΟΣ ΤΟΥ FICK

- Το ποσό του αερίου που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου, μέσω διάχυσης, μέσω λεπτής μεμβράνης, είναι ανάλογο της έκτασης της μεμβράνης και της διαφοράς μερικής πίεσης του αερίου εκατέρωθεν αυτής και αντιστρόφως ανάλογο του πάχους της μεμβράνης.

NΟΜΟΣ ΤΟΥ FICK



$$\dot{V}_{\text{gas}} \propto \frac{A}{l} \cdot D \cdot (P_1 - P_2)$$

$$D \propto \frac{\text{Sol}}{\sqrt{\text{MW}}}$$

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ FICK

$$V = A/T \times d \times (P1 - P2)$$

V=όγκος αερίου που περνά από μεμβρανή
στη μονάδα χρόνου

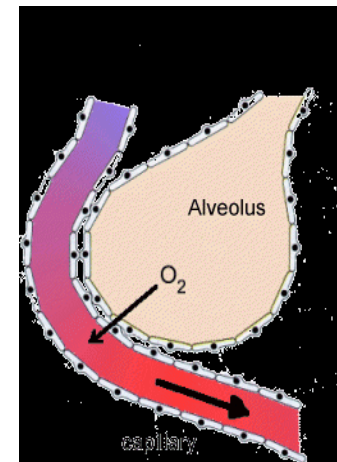
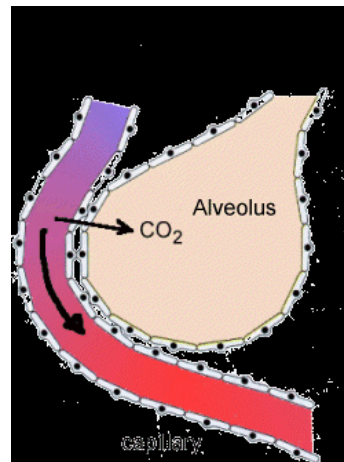
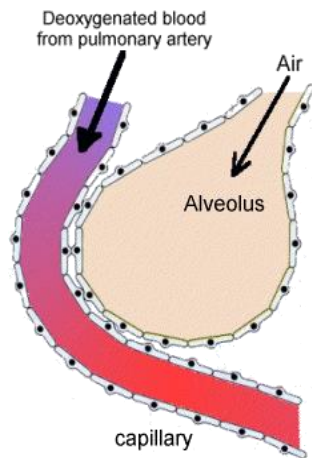
A=εκταση μεμβρανης

T=παχος μεμβρανης

d=συντελεστης διαλυτοτητας

ΠΡΟΣΛΗΨΗ O₂ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ

Η μεταφορά του O₂ από τον κυψελιδικό αέρα στην κυκλοφορία απαιτεί τη διάχυση του O₂ κατά μήκος ή μέσω:



ΠΡΟΣΛΗΨΗ O₂ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ

1. Των δύο μεμβρανών και του κυτταροπλάσματος των κυψελιδικών πνευμονοκυττάρων τύπου I,
2. Του διάμεσου ιστού (συμπεριλαμβανομένων των βασικών μεμβρανών κυψελίδων και τριχοειδών),
3. Των δύο μεμβρανών και του κυτταροπλάσματος των τριχοειδικών ενδοθηλιακών κυττάρων,
4. Του πλάσματος και
5. Της μεμβράνης και του κυτταροπλάσματος του ερυθροκυττάρου και τέλος
6. Τη σύνδεση με την αιμοσφαιρίνη.

ΠΡΟΣΛΗΨΗ O₂ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΥ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ

- Ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθούν οι παραπάνω διεργασίες είναι **0,25 δευτερόλεπτα**.
- Αναλυτικότερα, ο χρόνος που απαιτείται για τη δίοδο του O₂ δια της τριχοειδικής μεμβράνης είναι 0,05 δευτερόλεπτα, ενώ απαιτούνται 0,20 δευτερόλεπτα για την ένωση του O₂ με την αιμοσφαιρίνη.

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ - ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ

Αναπνεόμενος όγκος

όγκος εισπνεόμενου / εκπνεόμενου αέρα
σε κάθε αναπνευστική κίνηση κατά την
ήρεμη αναπνοή

500 ml

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ

Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος

Ο μέγιστος επιπλέον όγκος αέρα που μπορεί να εισπνευστεί, πέραν του αναπνεόμενου όγκου αέρα

3.000 ml

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ

ΕΚΤΠΝΕΥΣΤΙΚΟΣ ΕΦΕΔΡΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ

Ο μέγιστος επιπλέον όγκος αέρα που μπορεί να εκπνευστεί με τη μέγιστη βίαιη εκπνευστική κίνηση, πέραν της φυσιολογικής εκπνοής

1.000 ml

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ

Υπολειπόμενος όγκος

Όγκος του αέρα που παραμένει στους πνεύμονες και μετά την εκτέλεση της μέγιστης δυνατής εκπνοής

1.200 ml

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΔΥΟ Η ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ
ΟΓΚΩΝ

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Εισπνευστική χωρητικότητα

Αναπνεόμενος όγκος + εισπνευστικός
εφεδρικός όγκος

Ποσό αέρα που κάτομο μπορεί να
εισπνεύσει από το τέλος ήρεμης εκπνοής
μέχρι τη μέγιστη δυνατή εισπνοή

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα

Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος + εφεδρικός
όγκος **Υπολειπόμενος**

Είναι ο όγκος του αέρα που παραμένει
στους πνεύμονες μετά την εκπνοή κατά
την ήρεμη αναπνοή

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Ζωτική χωρητικότητα

Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος +
αναπνεόμενος όγκος + εκπνευστικός
εφεδρικός όγκος

Είναι η μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορεί
να εκπνευστεί μετά από πλήρη διάταση
του πνεύμονα ή μετά από μια μέγιστη
εκπνευστική προσπάθεια

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Ολική πνευμονική χωρητικότητα

Ζωτική χωρητικότητα + υπολειπόμενος όγκος

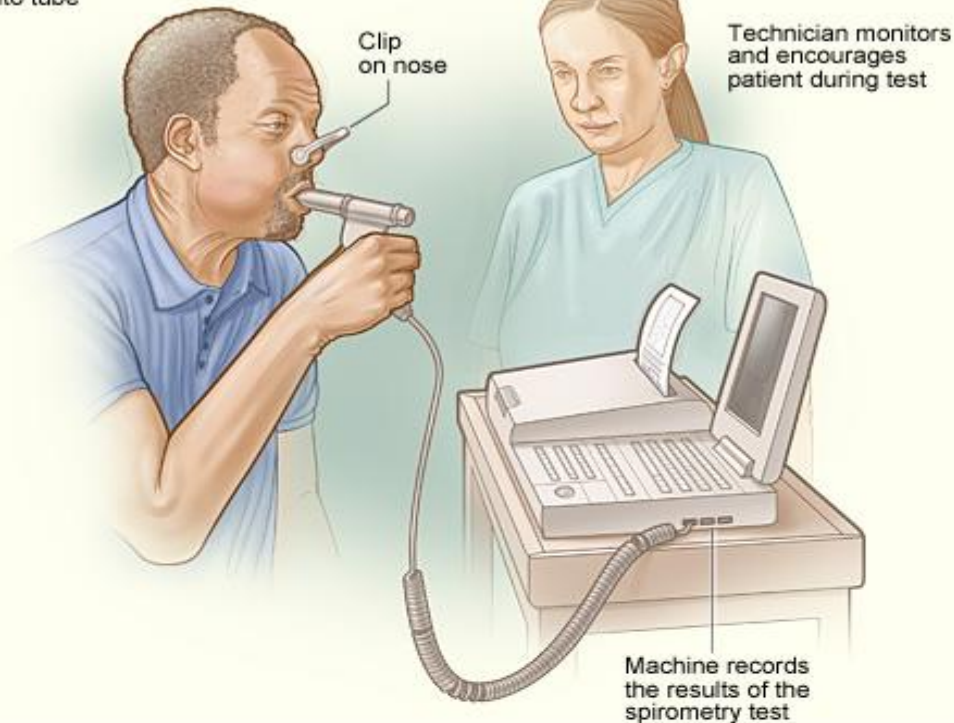
Ο μέγιστος βαθμός έκπτυξης των πνευμόνων ύστερα από μια έντονη εισπνευστική προσπάθεια

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ





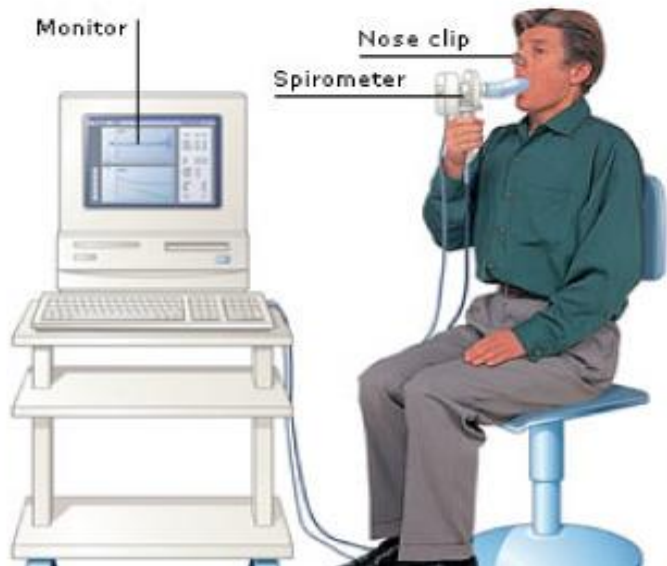
Patient takes a deep breath and blows as hard as possible into tube



Clip on nose

Technician monitors and encourages patient during test

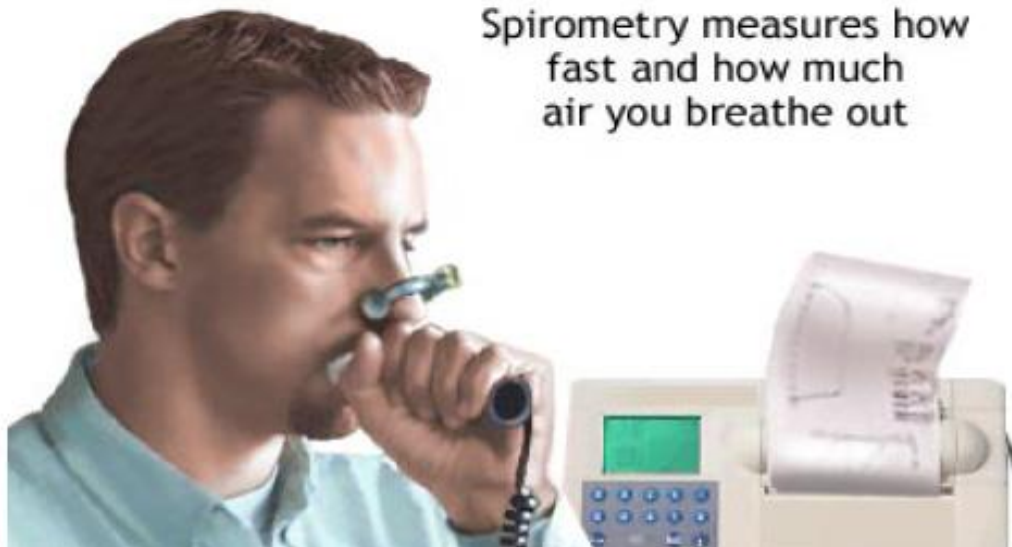
Machine records the results of the spirometry test



Monitor

Nose clip

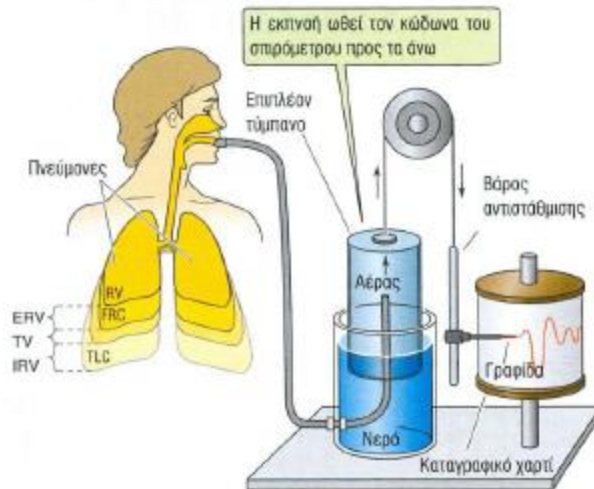
Spirometer



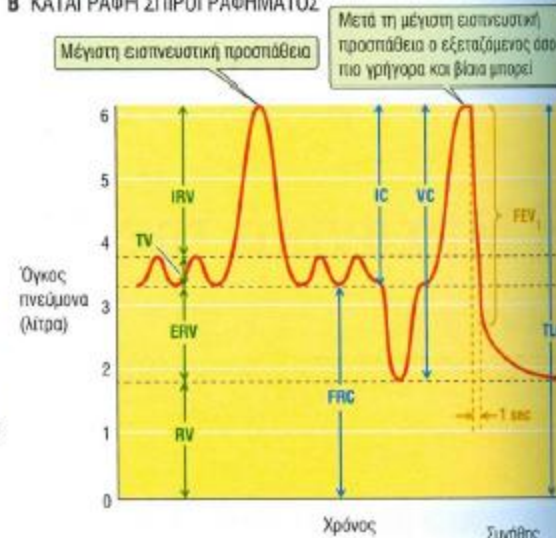
Spirometry measures how fast and how much air you breathe out

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΕΣ

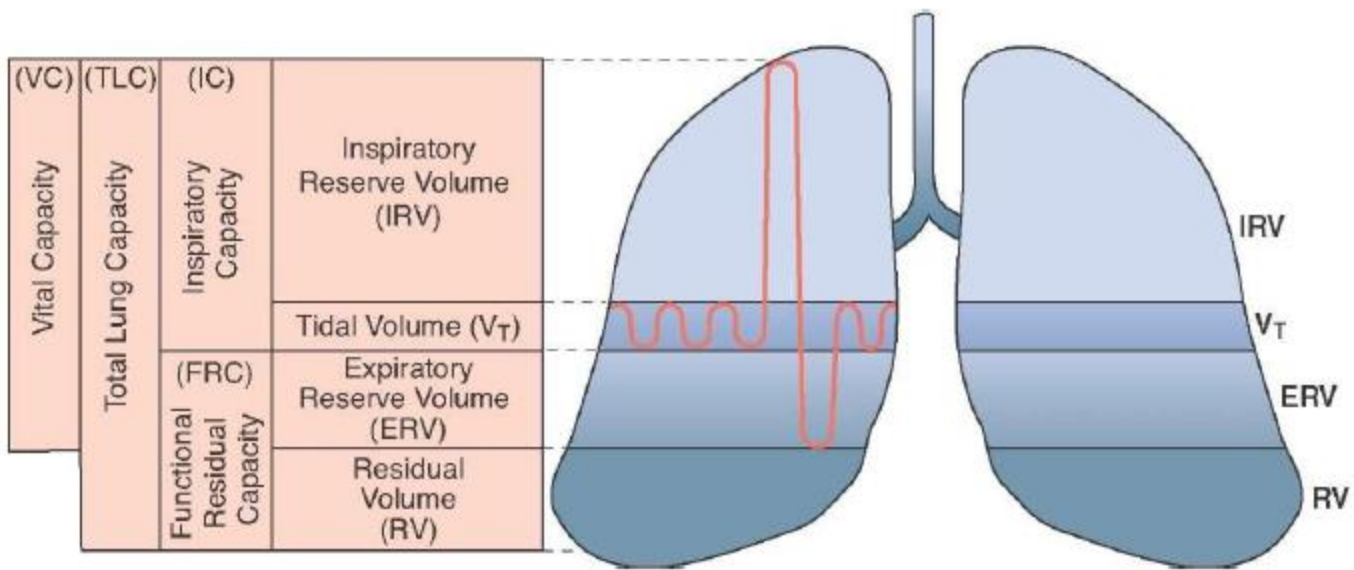
Α ΑΠΛΟ ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΟ



Β ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΠΙΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ



Όγκοι και χωρητικότητας	Συνήθης διακύμανση (λίτρα)
IRV = Εφεδρικός εισπνεόμενος όγκος	1,9-2,5
TV = Ήρεμα αναπνεόμενος όγκος	0,4-0,5
ERV = Εφεδρικός εκπνεόμενος όγκος	1,1-1,5
RV = Υπολειπόμενος όγκος	1,5-1,9
VC = Υπολειπόμενος όγκος	4,9-6,4
TLC = Ολική πνευμονική χωρητικότητα	2,3-3,0
IC = Εισπνευστική χωρητικότητα	3,4-4,5



ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΟΙ ΟΓΚΟΙ

Σπιρομέτρηση

Καταγραφή όγκου αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται από τους πνεύμονες

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ

Κρατώντας το σπιρόμετρο θα πρέπει:

1. Να εισπνεύσετε όσο πιο βαθιά γίνεται,
2. Να φυσήξετε δυνατά τον αέρα όσο πιο γρήγορα γίνεται,
3. Να συνεχίσετε το φύσημα μέχρι να αδειάσουν οι πνεύμονες σας και ο γιατρός σας πει να σταματήσετε, συνήθως μετά από 6 δευτερόλεπτα. Στο διάστημα αυτό δεν πρέπει να εισπνεύσετε.

Για να είναι σωστή η εξέταση πρέπει να την επαναλάβετε δύο-τρεις φορές ώστε να έχουμε ακριβή αποτελέσματα.

FORCED VITAL CAPACITY (FVC) = Βίαιη ζωτική χωρητικότητα. Είναι ο μέγιστος όγκος αέρα που μπορεί να εκπνευστεί μετά από μια μέγιστη εισπνευστική προσπάθεια. Χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη ως δείκτης της πνευμονικής λειτουργίας.

FORCED EXPIRATORY VOLUME IN 1 SECOND (FEV1) = Βιαίως εκπνεόμενος όγκος σε ένα δευτερόλεπτο. Είναι το ποσοστό της ζωτικής χωρητικότητας που εκπνέεται κατά το πρώτο δευτερόλεπτο μιας βίαιης εκπνοής. Ο λόγος FEV1/FVC είναι χρήσιμο εργαλείο για την για την αναγνώριση των παθήσεων των αεραγωγών.

The Volume–Time Curve (The Spirogram)

