



ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Διατήρηση μεταβολικών λειτουργιών

- ▶ Η διατήρηση των μεταβολικών λειτουργιών του οργανισμού επιτυγχάνεται με τη συνεχή προσφορά θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου στα κύτταρα, καθώς και με τη συνεχή απομάκρυνση των προϊόντων του μεταβολισμού από τον οργανισμό. Άλλωστε, όπως είναι γνωστό, οι οξειδωτικές διασπάσεις των θρεπτικών ουσιών γίνονται μόνο με την παρουσία οξυγόνου και δίνουν ως τελικά προϊόντα CO_2 και H_2O .

Διατήρηση μεταβολικών λειτουργιών


- ▶ Τις συνθήκες ισορροπίας του συστήματος παραγωγής ενέργειας εξασφαλίζουν:
 - Η ανταλλαγή, ουσιών ανάμεσα στα κύτταρα και στο μεσοκυττάριο υγρό (που αποτελεί και το φυσικό τους περιβάλλον).
 - Η ανταλλαγή ουσιών ανάμεσα στο μεσοκυττάριο υγρό και στο αίμα.
 - Η πρόσληψη θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου από το αίμα (που είναι ο τόπος παραγωγής ή απορροφήσεως τους) και η αποβολή άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού από αυτό (που είναι ο τόπος απεκκρίσεώς τους).

Εσωτερική και εξωτερική αναπνοή

- Το τμήμα διεργασίας της ανταλλαγής της ύλης, που σχετίζεται με την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων O_2 και CO_2 μεταξύ περιβάλλοντος και του οργανισμού, αποτελεί τη λειτουργία της αναπνοής, η οποία διακρίνεται στην εσωτερική και την εξωτερική αναπνοή.
- **Η εσωτερική αναπνοή.** Πρόκειται την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ των κυττάρων και του εξωκυττάριου υγρού καθώς και των μεταβολικών αντιδράσεων που συμβαίνουν μέσα στα κύτταρα και που σχετίζονται με το O_2 και το CO_2 .
- **Η εξωτερική αναπνοή.** Αφορά την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ του σώματος και του εξωτερικού περιβάλλοντος του οργανισμού, η οποία γίνεται στους πνεύμονες.



Μεταφορά των αναπνευστικών αερίων

- ▶ Η μεταφορά των αναπνευστικών αερίων από τον τόπο της προσλήψεως τους στον τόπο της αποδόσεως τους γίνεται με το αίμα που είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής αναπνοής.
 - ▶ Το αναπνευστικό σύστημα εξυπηρετεί την εξωτερική αναπνοή.
- 

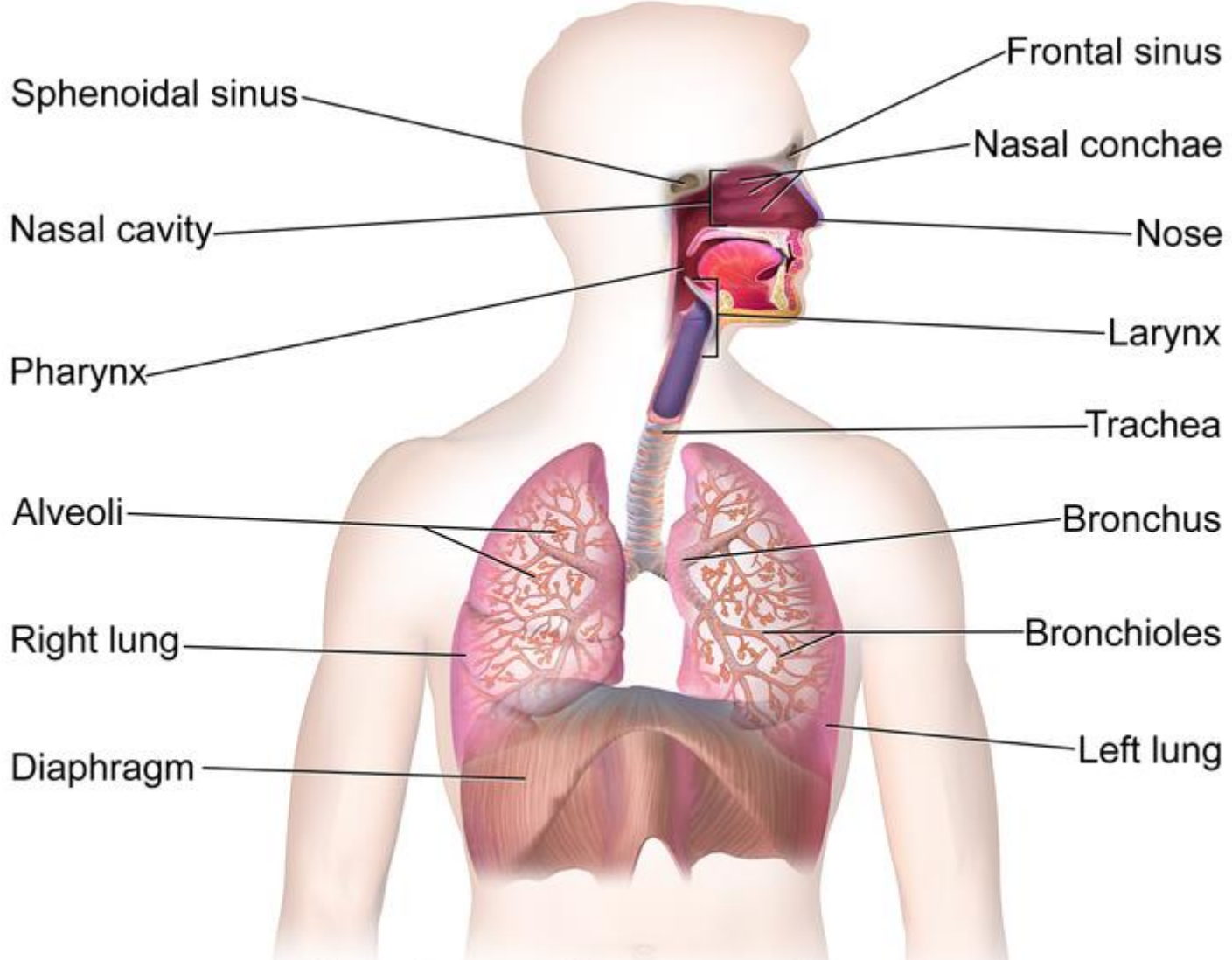
Ανατομική του αναπνευστικού συστήματος

- Το αναπνευστικό σύστημα αρχίζει από τη ρινική και τη στοματική κοιλότητα και υποδιαιρείται από λειτουργική άποψη σε τμήματα, τους αεραγωγούς και την περιοχή ανταλλαγής των αερίων.
- **Οι αεραγωγοί.**
Στο τμήμα των αεραγωγών ανήκουν: **Η ρινική και η στοματική κοιλότητα ένα τμήμα του φάρυγγα, ο λάρυγγας, η τραχεία και οι βρόγχοι.** Ο αέρας που βρίσκεται μέσα στους αεραγωγούς δεν συμμετέχει στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.
- **Η περιοχή της ανταλλαγής των αερίων.**
Οι πνεύμονες, τα κύρια αναπνευστικά όργανα, αντιστοιχούν στην περιοχή αυτή και αποτελούνται από το βρογχικό δέντρο και το πνευμονικό παρέγχυμα.

Πνεύμονες

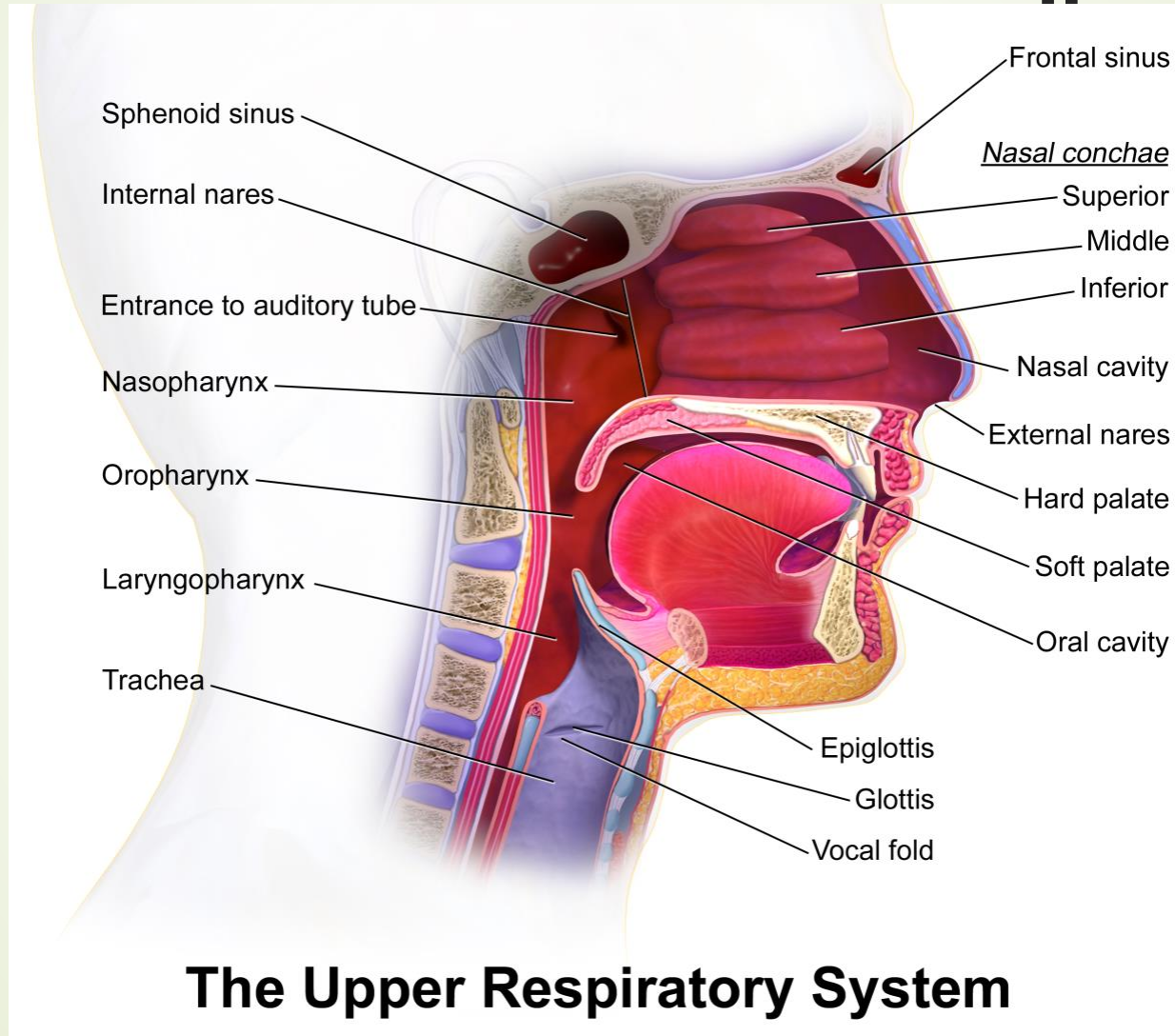
- **Οι πνεύμονες** βρίσκονται μέσα στη θωρακική κοιλότητα και η επιφάνεια τους έρχεται σε στενή επαφή με το θωρακικό τοίχωμα. Ανάμεσα στους πνεύμονες και στο θωρακικό τοίχωμα παρεμβάλλεται **ο υπεζωκότας** ένας ορογόνος υμένας με δύο πέταλα τα οποία φυσιολογικά δεν παρουσιάζουν καμία σύνδεση μεταξύ τους. Τα πέταλα αυτά είναι:
 - **Το περισπλάγγνιο πέταλο**, που περιβάλλει εξωτερικά τους πνεύμονες.
 - **Το περίτονο πέταλο**, που επενδύει εσωτερικά τη θωρακική κοιλότητα.
- Ανάμεσα στα δύο πέταλα του υπεζωκότα δημιουργείται μία κοιλότητα, η ενδοθωρακική κοιλότητα, η οποία είναι γεμάτη από ένα λεπτό στρώμα ορώδους διακυτταρικού υγρού.

Ανατομία του αναπνευστικού συστήματος



The Respiratory System

Άνω αναπνευστικό σύστημα



Υγρό των πετάλων του υπεζωκότα

Η λειτουργική αποστολή του υγρού αυτού είναι:

- ▶ Να ελαττώνει την τριβή ανάμεσα στα δύο πέταλα του υπεζωκότα και να ολισθαίνει εύκολα το ένα πέταλο επάνω στο άλλο.
- ▶ Να δημιουργεί ισχυρές δυνάμεις συνάφειας (ώστε να βρίσκονται συνεχώς τα δύο πέταλα σε στενή επαφή μεταξύ τους). Οι δυνάμεις αυτές μοιάζουν με τις δυνάμεις που δημιουργούνται ανάμεσα σε δύο γυάλινες πλάκες με τη μεσολάβηση ενός υγρού.
- ▶ Η ύπαρξη του υγρού, ενώ διευκολύνει την ολίσθηση της μίας πλάκας προς την άλλη, συγχρόνως δεν επιτρέπει τη μεταξύ τους απομάκρυνση.
- ▶ Κάτω από τις συνθήκες αυτές οι πνεύμονες αναγκάζονται να ακολουθούν παθητικά τις κινήσεις του θωρακικού τοιχώματος.



Πέταλα του υπεζωκότα

- ▶ Τα δύο πέταλα του υπεζωκότα απομακρύνονται μεταξύ τους μόνο σε παθολογικές καταστάσεις.
- ▶ Όπως, στην περίπτωση που η υπεζωκοτική κοιλότητα επικοινωνεί με την ατμόσφαιρα και εισέρχεται αέρας μέσα στην κοιλότητα (πνευμοθώρακας) ή όταν σε άλλες περιπτώσεις συλλέγεται υγρό μέσα στην κοιλότητα (υδροθώρακας, αιμοθώρακας, πυοθώρακας κ.ά.).

Βρογχικό δένδρο

- Το βρογχικό δένδρο αρχίζει από την τραχεία και συνεχίζει με τις διάφορες υποδιαίρέσεις του.
- **Η τραχεία.** Αποτελεί τη συνέχεια του λάρυγγα και διαιρείται στους δύο κύριους βρόγχους, τον αριστερό και το δεξιό, οι οποίοι παρουσιάζουν στη συνέχεια 23 αλληλοδιάδοχες υποδιαίρέσεις.
- **Οι λοβιακοί βρόγχοι.** Οι δύο κύριοι βρόγχοι διαιρούνται στους λοβιακούς βρόγχους (τρεις δεξιά και δύο αριστερά), που αντιστοιχούν ένας σε κάθε πνευμονικό λοβό. Οι λοβιακοί βρόγχοι, μέσα στους πνευμονικούς λοβούς, υποδιαίρονται σε όλο και μικρότερους βρόγχους, οι οποίοι φέρουν στο τοίχωμα τους στοιχεία χόνδρου και καταλήγουν στα βρογχιόλια.

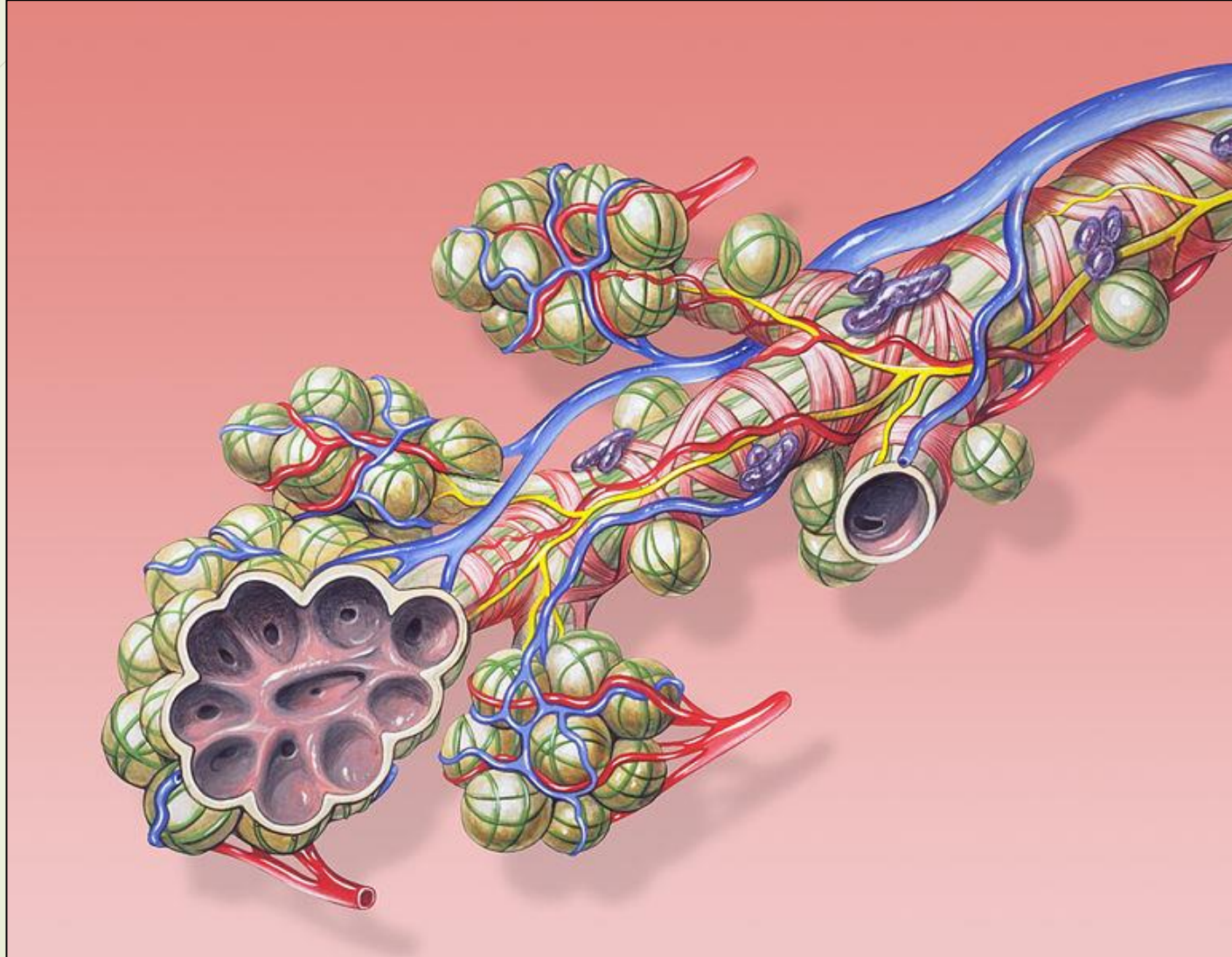
Βρογχιόλια

- Το τοίχωμα του τμήματος αυτού του βρογχικού δένδρου δεν έχει χόνδρους, έχει όμως αρκετές ελαστικές και λείες μυϊκές ίνες και ο βλεννογόνος φέρει κροσσωτά κύτταρα (μέχρι τη 16η υποδιαίρεση). Τα βρογχιόλια της 16ης υποδιαίρεσεως αποτελούν τα τελικά βρογχιόλια, από εκεί και πέρα τα βρογχιόλια συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αερίων και ονομάζονται αναπνευστικά βρογχιόλια.
- Ο τόνος των λείων μυϊκών ινών ελέγχεται από το Α.Ν.Σ. Η διέγερση του παρασυμπαθητικού συστήματος προκαλεί βρογχόσπασμο, ενώ η διέγερση του συμπαθητικού συστήματος οδηγεί σε βρογχοδιαστολή.
- Η αιμάτωση του βρογχικού δένδρου γίνεται από τις βρογχικές αρτηρίες.

Πνευμονικό παρέγχυμα

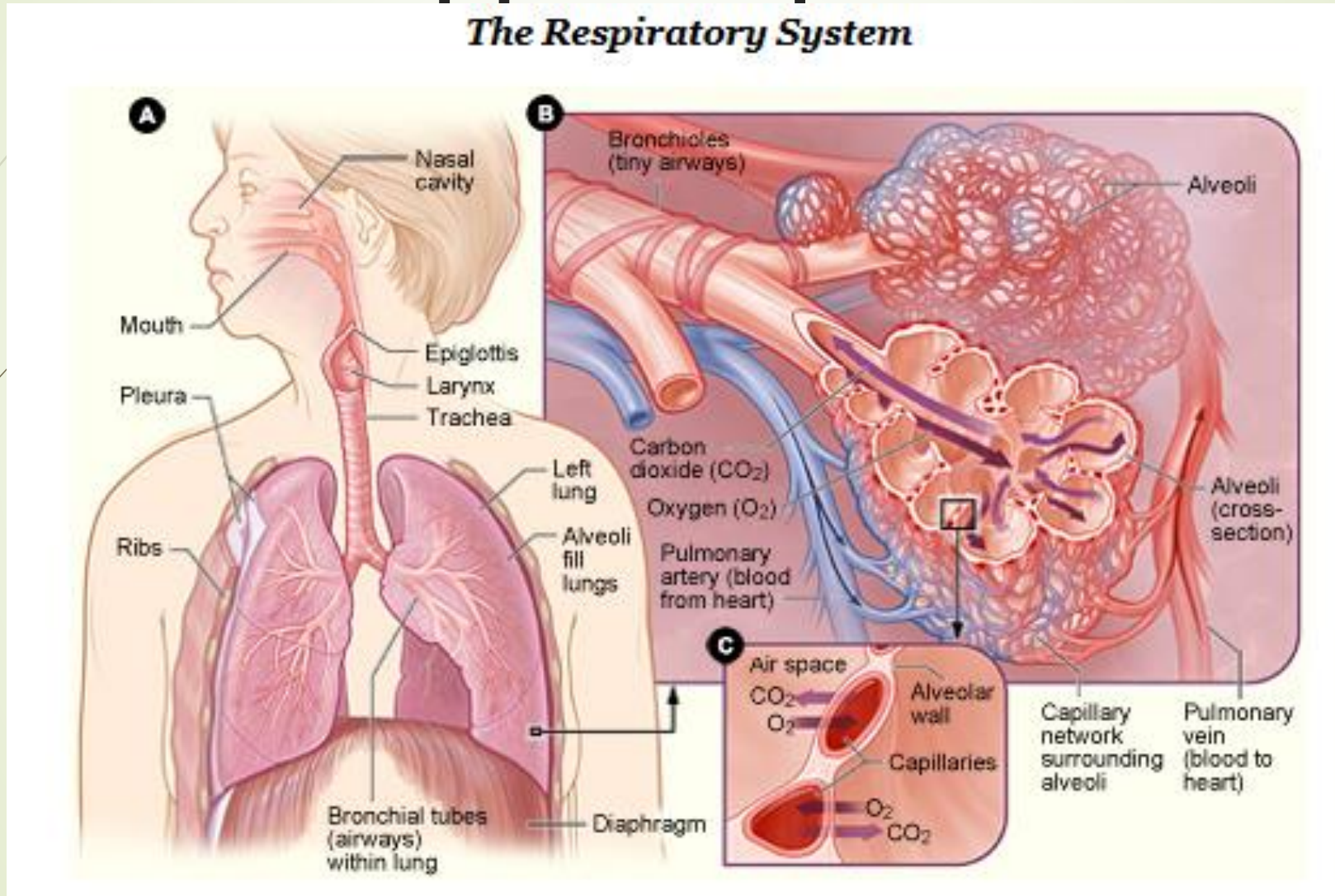
- Ο **κυψελιδικός χώρος** των πνευμόνων ονομάζεται επίσης και αναπνευστική ζώνη γιατί η περιοχή αυτή συμμετέχει στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.
- Κάθε τελικό αναπνευστικό βρογχιόλιο χορηγεί 2 – 11 κυψελιδικούς πόρους, οι οποίοι καταλήγουν στους κυψελιδικούς σάκους, ο καθένας από τους οποίους αποτελείται από δυο ή περισσότερες κυψελίδες.
- Τα τοιχώματα των κυψελίδων αποτελούν την κύρια αναπνευστική επιφάνεια.
- Η αιμάτωση της αναπνευστικής ζώνης γίνεται από κλάδους της πνευμονικής αρτηρίας και η απαγωγή του αίματος από τις πνευμονικές φλέβες.

Βρόγχοι, βρογχιόλια, κυψελίδες



"[Bronchial anatomy](#)", από [Dcoetzee](#) διαθέσιμο με άδεια [CC BY 2.5](#)

Ανταλλαγή των αερίων



Αναπνευστικές κινήσεις

- Για την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μέσα από την αναπνευστική επιφάνεια, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συνεχής ανανέωση του κυψελιδικού αέρα.
- Η ανανέωση αυτή γίνεται **με τις αναπνευστικές κινήσεις**, οι οποίες μετακινούν συνεχώς τον ατμοσφαιρικό αέρα προς τις κυψελίδες και τον κυψελιδικό αέρα προς την ατμόσφαιρα. Για τη μετακίνηση αυτή του αέρα κινητήριοις δύναμη είναι **η διαφορά πιέσεως** που δημιουργείται από τις αναπνευστικές κινήσεις.
- Η αναπνοή γίνεται σε δύο αλληλοδιάδοχες φάσεις, την **εισπνοή και την εκπνοή**.

Εισπνοή

- ▶ Είναι μία ενεργητική λειτουργία, η οποία επιτελείται με τη δράση των εισπνευστικών μυών.
- ▶ Κατά την εισπνοή παρατηρείται αύξηση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας και έκπτυξη των πνευμόνων, η οποία γίνεται εξαιτίας της καθόδου του διαφράγματος και της μετακινήσεως των πλευρών προς τα έξω και επάνω, λόγω της συστολής των εισπνευστικών μυών. Τελικό αποτέλεσμα της ενέργειας αυτής είναι η μετακίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα προς τον κυψελιδικό χώρο.
- ▶ Κατά την εισπνοή τα κάτω χείλη των πνευμόνων εκπτύσσονται μέσα στους σφηνοειδείς πλευροδιαφραγματικούς χώρους. Η έκπτυξη αυτή των πνευμόνων παρεμποδίζεται σε διάφορες παθολογικές περιπτώσεις π.χ, όταν υπάρχουν συμφύσεις μεταξύ των δύο πετάλων του υπεζωκότα κ. ά.

Εκπνοή

- Η ήρεμη εκπνοή γίνεται παθητικά με την επίδραση της ελαστικότητας των πνευμόνων και του βάρους των πλευρών, μετά το τέλος της δραστηριότητας (χάλαση) των εισπνευστικών μυών.
- Κατά την εκπνοή παρατηρείται ελάττωση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας και σύμπτυξη των πνευμόνων, διότι γίνονται κινήσεις αντίθετες προς εκείνες της εισπνοής, με αποτέλεσμα τη μετακίνηση του κυψελιδικού αέρα προς την ατμόσφαιρα.
- Η έντονη εκπνοή γίνεται ενεργητικά, με τη δράση (συστολή) των εκπνευστικών μυών.



Εισπνευστικοί μύες (διάφραγμα)

- Οι αναπνευστικοί μύες διακρίνονται **σε εισπνευστικούς και εκπνευστικούς.**
- **Οι εισπνευστικοί μύες** προκαλούν άνοδο των πλευρών και διακρίνονται σε δύο ομάδες, **τους κύριους και το τους επικουρικούς.**
- **Οι κύριοι εισπνευστικοί μύες** είναι το **διάφραγμα** και οι **έξω μεσοπλεύριοι μύες.**

Εισπνευστικοί μύες (διάφραγμα)

- **Το διάφραγμα.** Είναι ένας θολωτός μυς που φράζει το κάτω στόμιο τις θωρακικής κοιλότητας και έχει επιφάνεια περίπου 250cm^2 . Το διάφραγμα νευρώνεται από τα δύο φρενικά νεύρα του αυχενικού πλέγματος.
- Η δράση του διαφράγματος ομοιάζει με τη δράση «εμβόλου» που ανεβοκατεβαίνει και αυξομειώνει την κατακόρυφη διάμετρο της θωρακικής κοιλότητας.
- Όταν συσπάζεται το διάφραγμα αποπλατύνεται και ανάλογα με την ένταση της αναπνοής, κατεβαίνει κατά $1 - 7\text{cm}$ αυξάνοντας τον όγκο του θώρακα (και των πνευμόνων) περίπου κατά 300ml . Όταν το διάφραγμα χαλάται κυρτώνεται έντονα προς τα επάνω και μικραίνει η κατακόρυφη διάμετρος του θώρακα.



Έξω μεσοπλευριοί μύες

- ▶ Φυσιολογικά, η διαφραγματική αναπνοή εκπροσωπεί το μεγαλύτερο μέρος της ήρεμης αναπνοής (60 – 70%). Περιορισμός της διαφραγματικής αναπνοής παρατηρείται όταν υπάρχει δυσχέρεια στην κάθοδο του διαφράγματος, π.χ. στην κύηση, σε υποδιαφραγματικούς όγκους κ.ά.



Έξω μεσοπλευριοί μύες

- ▶ **Οι έξω μεσοπλευριοί μύες.** Οι μύες αυτοί εκφύονται από το κάτω χείλος κάθε πλευράς και καταφύονται στο άνω χείλος της αμέσως κατώτερης πλευράς, παρουσιάζοντας φορά προς τα κάτω και εμπρός. Κάθε κίνηση των πλευρών προς τα επάνω προκαλεί αύξηση κυρίως της προσθιοπίσθιας διαμέτρου καθώς και μία μικρότερη αύξηση της εγκάρσιας διαμέτρου της θωρακικής κοιλότητας με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας.

ΕΚΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

- **Οι έσω μεσοπλεύριοι μύες.** Οι μύες της κατηγορίας αυτής εκφύονται από το άνω χείλος κάθε πλευράς και καταφύονται στην αμέσως ανώτερη, έχοντας φορά προς τα επάνω και εμπρός. Με τη δράση των μυών αυτών οι πλευρές πλησιάζουν πιο πολύ μεταξύ τους και φέρονται λοξά και προς τα κάτω.
- **Οι κοιλιακοί μύες.** Με τη σύσπασση των κοιλιακών μυών αυξάνει η ενδοκοιλιακή πίεση και πιέζεται το διάφραγμα προς τα επάνω.

Αναπνοή-μεταβολές πιέσεων

- Κατά τη διάρκεια ενός κύκλου ήρεμης αναπνοής συμβαίνουν διάφορες μεταβολές τόσο κατά τη φάση της εισπνοής όσο και κατά τη φάση της εκπνοής.
- **Μεταβολές κατά τη φάση της εισπνοής**
- Η εισπνοή γίνεται ενεργητικά με τη δράση των εισπνευστικών μυών και στο τέλος της ήρεμης εισπνοής, η ελαστική τάση των πνευμόνων έχει αυξηθεί. Οι εισπνευστικοί μύες με τη δράση τους έλκουν το θωρακικό τοίχωμα προς τα έξω έχοντας ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση της θωρακικής κοιλότητας και την πτώση της ενδοθωρακικής πίεσεως Στο τέλος μίας ήρεμης εισπνοής η ενδοθωρακική πίεση, από τα -3mmHg , πέφτει στα -6mmHg .

Αναπνοή-μεταβολές πιέσεων

- **Μεταβολές κατά τη φάση της εισπνοής** (συνέχεια)
- Τη διεύρυνση της θωρακικής κοιλότητας ακολουθούν οι πνεύμονες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη έκπτυξη των κυψελίδων, την αύξηση του κυψελιδικού χώρου και την αντίστοιχη πτώση της ενδοπνευμονικής πίεσεως, η οποία από τα 0mmHg φθάνει μέχρι τα -3mmHg στη φάση της εισπνοής.
- Η δημιουργούμενη διαφορά στην πίεση μεταξύ ατμοσφαιρικού και κυψελιδικού χώρου προκαλεί μετακίνηση του αέρα από την ατμόσφαιρα προς τις κυψελίδες.

Αναπνοή-μεταβολές πιέσεων

- **Μεταβολές κατά τη φάση της εκπνοής**
- Η εκπνοή γίνεται παθητικά κάτω από την επίδραση των ελαστικών δυνάμεων που αναπτύχθηκαν στο σύστημα πνεύμονες – θωρακικό τοίχωμα, από την παραμόρφωση του στην προηγούμενη εισπνευστική φάση. Η ενδοθωρακική πίεση κατά την εκπνοή αρχίζει να αυξάνεται και φτάνει στην τιμή ηρεμίας (στα -3mmHg τέλος της εκπνευστικής φάσεως).

Αναπνοή-μεταβολές πιέσεων

- **Μεταβολές κατά τη φάση της εκπνοής** (συνέχεια)
- Με τον τρόπο αυτό οι ελαστικές δυνάμεις των πνευμόνων, καθώς τείνουν να συμπύξουν τον πνεύμονα στις πύλες πιέζουν τον κυψελιδικό αέρα και προκαλούν αύξηση της ενδοπνευμονικής πίεσεως (από τα 0mmHg που βρισκόταν στο τέλος της ήρεμης εισπνοής, στα +3mmHg στην εκπνοή).
- Η διαφορά στην πίεση, που δημιουργείται μεταξύ ατμοσφαιρικού και κυψελιδικού χώρου, είναι αντίθετη από εκείνη που είχε δημιουργηθεί κατά τη φάση της εισπνοής (η ενδοπνευμονική πίεση είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική) και προκαλεί μετακίνηση του αέρα από τον κυψελιδικό χώρο προς την ατμόσφαιρα.

Αύξηση και ελάττωση πιέσεων

- Η ενδοθωρακική πίεση σε ακραίες περιπτώσεις (πολύ βαθιά εισπνοή) είναι δυνατό να φθάσει μέχρι το -25mmHg ή ακόμη και μέχρι -30mmHg ενώ η ενδοπνευμονική πίεση παρόμοιες ακραίες μεταβολές είναι δυνατό να παρουσιάσει μόνο μετά από διακοπή της επικοινωνίας του ενδοπνευμονικού με τον ατμοσφαιρικό χώρο (κλειστή γλωττίδα).
- Στην τελευταία αυτή περίπτωση, η ενδοπνευμονική πίεση μπορεί να φτάσει, κατά τη μέγιστη εισπνευστική προσπάθεια τα 80mmHg και κατά τη μέγιστη εκπνευστική προσπάθεια μέχρι τα $+100\text{mmHg}$.

Όγκοι αερισμού

- Στους όγκους των πνευμόνων συγκαταλέγονται ο αναπνεόμενος όγκος αέρα, ο εισπνευστικός εφεδρικός όγκος, ο εκπνευστικός εφεδρικός όγκος και ο υπολοιπόμενος όγκος αέρα.
- **Ο αναπνεόμενος όγκος αέρα (Tidal Volume-VT)**. Είναι ο όγκος του αέρα που εισπνέεται στους πνεύμονες ή εκπνέεται από αυτούς. Η φυσιολογική τιμή του αναπνεόμενου όγκου αέρα είναι 350ml στη γυναίκα και 500ml στον άντρα.
- **Ο εισπνευστικός εφεδρικός όγκος αέρα (Inspiratory Reserve Volume - IRV)**, είναι ο όγκος του αέρα που είναι δυνατό να εισπνευστεί (επιπλέον από τον αναπνεόμενο αέρα), με μια μέγιστη εισπνευστική προσπάθεια, μετά τη λήξη μιας ήρεμης εισπνοής. Η φυσιολογική του τιμή είναι 2000-3500ml.

Όγκοι αερισμού

- **Ο εκπνευστικός εφεδρικός όγκος αέρα (Expiratory Reserve Volume-ERV).** Είναι ο όγκος του αέρα, που είναι δυνατό να εκπνευσθεί από τους πνεύμονες με μία μέγιστη εκπνευστική προσπάθεια, μετά τη λήξη μίας ήρεμης εκπνοής. Η φυσιολογική τιμή του είναι 600 – 1400ml.
- **Ο υπολειπόμενος όγκος αέρα (Residual Volume-RV).** Είναι ο όγκος του αέρα, που εξακολουθεί να παραμένει στους πνεύμονες μετά τη λήξη μίας μέγιστης εκπνοής. Η άμεση μέτρηση του RV δεν είναι δυνατή. Η φυσιολογική τιμή του κυμαίνεται από 800ml μέχρι 2400ml.

Όγκοι αερισμού

- ▶ **Ο κατά λεπτό αναπνεόμενος αέρας (Κ.Λ.Α.Α.).** Η μέτρηση του Κ.Λ.Α.Α., δηλαδή του όγκου του αέρα που αναπνέεται σε κάθε πρώτο λεπτό, γίνεται με σπιρόμετρα. Ο Κ.Λ.Α.Α. αντιστοιχεί στο γινόμενο του αναπνεόμενου όγκου αέρα (V) επί την αναπνευστική συχνότητα/min.

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ

- Το σπιρόμετρο είναι ένα όργανο με το οποίο έχουμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε (σπιρομέτρηση) και να καταγράψουμε (σπιρογράφημα) μεγέθη αναπνευστικών όγκων και τον ρυθμό με τον οποίο αυτοί αλλάζουν.
- **Φάση 1 του σπιρογραφήματος:** Αναπνοή σε κατάσταση ηρεμίας.
- **Φάση 2 του σπιρογραφήματος:** Μέγιστη εισπνοή ξεκινώντας από το επίπεδο της ήρεμης εκπνοής.
- **Φάση 3 του σπιρογραφήματος:** Μέγιστη εκπνοή ξεκινώντας από το επίπεδο της μέγιστης εισπνοής.

• Σε κατάσταση **ηρεμίας** ένας φυσιολογικός ενήλικας άνδρας κάνει 16-18 αναπνοές το λεπτό. Σε κάθε αναπνοή εισέρχεται και εξέρχεται αέρας που έχει όγκο περίπου 500mL και ονομάζεται **αναπνεόμενος όγκος**. Η ποσότητα του αναπνεόμενου αέρα σε 1 λεπτό ανέρχεται σε 8000 mL (500 mL x 16) ή 8 Lt (λίτρα). Αυτό το γινόμενο του αναπνεόμενου όγκου αέρα επί τη συχνότητα των αναπνοών (δηλαδή τον αριθμό των αναπνοών ανά λεπτό) ονομάζεται **μέγεθος της αναπνοής**. Η τιμή αυτή αυξάνεται κατά πολύ σε περίπτωση έντονης μυϊκής άσκησης.

- Οι απόλυτες τιμές των πνευμονικών όγκων ποικίλλουν ανάλογα με το φύλο, την ηλικία, τη σωματική άθληση (το ύψος, τον όγκο του σώματος), τυχόν άθληση του εξεταζόμενου ατόμου. Το μέγεθος όλων των πνευμονικών όγκων είναι 20-25% περίπου μικρότερο στις γυναίκες από ό,τι στους άνδρες.

ΣΠΕΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ





Διαδικασία αναπνοής


Διαιρείται σε 4 φάσεις:


- 1) Στον κυψελιδικό αερισμό των πνευμόνων, (είσοδο και έξοδο ατμοσφαιρικού αέρα στις πνευμονικές κυψελίδες).
- 2) Στην διάχυση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ κυψελίδων και αίματος.
- 3) Στη μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα με το αίμα προς και από τα κύτταρα.
- 4) Στη ρύθμιση του αερισμού.



Μηχανική πνευμονικού αερισμού


- Οι πνεύμονες μπορούν να εκπτύσσονται και να συμπτύσσονται με κίνηση του διαφράγματος προς τα κάτω και προς τα πάνω.
- Και με ανύψωση και κατάσπαση των πλευρών.
- Η φυσιολογική ήρεμη αναπνοή γίνεται με την εισπνευστική κίνηση του διαφράγματος.
- Κατά την διάρκεια της εισπνοής το διάφραγμα έλκει τις κάτω επιφάνειες των πνευμόνων προς τα κάτω.

- 
- Η διάχυση συμβαίνει όταν μια συγκέντρωση αερίου έρχεται σε επαφή με μια ασθενή συγκέντρωση του ίδιου αερίου.
 - Τα διαλυμένα μόρια αερίου κινούνται από την ισχυρή στην ασθενή συγκέντρωση μέχρις ότου η συγκέντρωση να είναι ίση και στις 2 πλευρές.
 - Στην περίπτωση οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα αυτό γίνεται μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών και κυψελίδων.
 - Το οξυγόνο στις κυψελίδες είναι κάτω από μεγαλύτερη πίεση από ότι το φλεβικό αποξυγονωμένο αίμα στα τριχοειδή έτσι το οξυγόνο περνά από τις κυψελίδες στα τριχοειδή.
 - Όταν η πίεση και στα 2 εξισωθεί η ανταλλαγή σταματά.

- 
- Το διοξείδιο του άνθρακα στο αίμα είναι κάτω από μεγαλύτερη πίεση από ότι το διοξείδιο του άνθρακα στις κυψελίδες, έτσι διαχέεται μέσω των τοιχωμάτων των τριχοειδών στις κυψελίδες.
 - Με αυτό τον τρόπο το αίμα οξυγονώνεται και τα άχρηστα του απομακρύνονται
 - Στην συνέχεια πηγαίνει πίσω στην καρδιά έτοιμο να αντληθεί σε όλο το σώμα.
 - Τότε οι πνεύμονες διώχνουν το διοξείδιο του άνθρακα μέσω της διαδικασίας της εκπνοής.



Ρυθμιση Αναπνοης

- Το νευρικό σύστημα ρυθμίζει την ταχύτητα του κυψελιδικού αερισμού σύμφωνα με τις ανάγκες του οργανισμού και έτσι οι πιέσεις του οξυγονού (PO_2) και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στο αίμα ελαχίστα μεταβαλλονται.
- 

Νεκρός χώρος

- Αφορά το χώρο των αεροφόρων οδών μέχρι τα βρογχιόλια, δηλαδή το τμήμα εκείνο του αναπνευστικού συστήματος όπου δε γίνεται ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων.
- Ο νεκρός χώρος, αν και δε συμμετέχει στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων, παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία της αναπνοής, διότι προετοιμάζει τον εισπνεόμενο αέρα για να έρθει σε επαφή με την επιφάνεια ανταλλαγής των πνευμόνων. Ο εισπνεόμενος αέρας περνώντας μέσα από τις κοιλότητες του νεκρού χώρου υγραίνεται, θερμαίνεται και καθαρίζεται από τα αιωρούμενα σωματίδια, ώστε η επαφή του με τα τοιχώματα των κυψελίδων να μην έχει βλαπτική επίδραση στην αναπνευστική μεμβράνη.

Υποδιαίρέσεις νεκρού χώρου

Ο νεκρός χώρος υποδιαιρείται σε δύο τμήματα, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- 1. Ο ανατομικός νεκρός χώρος.** Ο χώρος αυτός αντιστοιχεί στον αέρα που βρίσκεται μέσα στους αεραγωγούς και φυσιολογικά είναι 150ml περίπου. Σε κάθε εισπνοή, από τον εισπνεόμενο αέρα παραμένουν μέσα στο νεκρό χώρο 150ml, χωρίς να έχουν τη δυνατότητα να πάρουν μέρος στην ανταλλαγή των αερίων. Σε κάθε εκπνοή, από τον εκπνεόμενο αέρα 150ml δεν εξέρχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα αλλά παραμένουν μέσα στο νεκρό χώρο για να εισέλθουν και πάλι μέσα στις κυψελίδες με την επόμενη εισπνοή.



Υποδιαϊρέσεις νεκρού χώρου

- 2. Ο λειτουργικός νεκρός χώρος.** Ο χώρος αυτός αντιστοιχεί στο συνολικό όγκο του αέρα, που δεν έρχεται σε λειτουργική επαφή με το αίμα της μικρής κυκλοφορίας, ώστε να συμμετέχει στην ανταλλαγή των αερίων.
- Φυσιολογικά, οι δύο αυτές, υποδιαϊρέσεις του νεκρού χώρου συμπίπτουν.

Χωρητικότητες πνευμόνων

- ▶ Οι χωρητικότητες των πνευμόνων αποτελούν αθροίσματα δύο ή περισσότερων όγκων και χρησιμεύουν για την εκτίμηση της λειτουργικής καταστάσεως των πνευμόνων.
- ▶ **Η ζωτική χωρητικότητα (Vital Capacity -VT).** Αντιστοιχεί στο άθροισμα τριών όγκων αέρα, δηλαδή του αναπνεόμενου, του εισπνευστικού εφεδρικού και του εκπνευστικού εφεδρικού όγκου αέρα. Η ζωτική χωρητικότητα είναι ο μέγιστος όγκος αέρα, που είναι δυνατό να εκπνευστεί από τους πνεύμονες με μία μέγιστη εκπνοή, μετά από μία μέγιστη εισπνοή.



Ζωτική χωρητικότητα

- ▶ Η ζωτική χωρητικότητα αποτελεί ένα καλό δείκτη για την εκτίμηση της λειτουργικής καταστάσεως των πνευμόνων. Η φυσιολογική τιμή της δεν είναι σταθερή (κυμαίνεται μεταξύ 3000 – 5000ml και εκπροσωπεί το 75% της ολικής πνευμονικής χωρητικότητας) αλλά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι το φύλο, η σωματική διάπλαση και η ηλικία του ατόμου. Για το λόγο αυτό, η τιμή της ζωτικής χωρητικότητας δίνεται από ειδικά νομογράμματα, σε σχέση με τους παραπάνω παράγοντες.



Ζωτική χωρητικότητα

- ▶ Με την πρόοδο της ηλικίας, καθώς ελαττώνεται η ελαστικότητα των πνευμόνων και του θωρακικού τοιχώματος, η ζωτική χωρητικότητα παρουσιάζει ελάττωση. Το ίδιο συμβαίνει και σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις, που περιορίζουν τον όγκο του πνευμονικού παρεγχύματος ή περιορίζουν τις αναπνευστικές κινήσεις.

Ολική χωρητικότητα, λειτουργική υπολειπομένη χωρητικότητα, εισπνευστική χωρητικότητα

➤ Η ολική χωρητικότητα (Total Lung Capacity – TLC)

Είναι το άθροισμα και των τεσσάρων όγκων των πνευμόνων. Η φυσιολογική τιμή της είναι περίπου 6000ml.

➤ Η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (Functional Residual Capacity – FRC). Είναι το άθροισμα του εκπνευστικού εφεδρικού όγκου και του υπολειπόμενου όγκου αέρα, δηλαδή του όγκου του αέρα που παραμένει στους πνεύμονες μετά το τέλος μίας ήρεμης εκπνοής. Η φυσιολογική τιμή της λειτουργικής υπολειπόμενης χωρητικότητας είναι περίπου 2200ml και αντιστοιχεί φυσιολογικά στο 40% της ολικής πνευμονικής χωρητικότητας.

Ολική χωρητικότητα, λειτουργική υπολειπομένη χωρητικότητα, εισπνευστική χωρητικότητα

- ▶ Η εισπνευστική χωρητικότητα (**Inspiratory Capacity – IC**). Είναι το άθροισμα του αναπνεόμενου όγκου και του εισπνευστικού εφεδρικού όγκου αέρα, δηλαδή του όγκου του αέρα, που μπορεί να εισπνευσθεί, μετά το τέλος μίας ήρεμης εκπνοής. Η φυσιολογική τιμή της είναι περίπου 4000ml και αντιστοιχεί 60% της ολικής πνευμονικής χωρητικότητας.

Αναπνευστικά κέντρα (εκούσια και ακούσια αναπνοή)

- Στη ρύθμιση της αναπνοής παίρνουν μέρος τα αναπνευστικά κέντρα, τα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα, τα περιφερικά κέντρα (ιδιοδεκτικού κυρίως τύπου), οι χημειούποδοχοί και διάφοροι χημικοί παράγοντες.
- Οι αναπνευστικοί μύες, και επομένως η εξωτερική μηχανική αναπνοή, ελέγχονται από δύο διαφορετικούς νευρικούς μηχανισμούς, από τους οποίους ο ένας είναι υπεύθυνος για την εκούσια αναπνοή και ο άλλος για την ακούσια.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΝΑΠΝΟΗΣ

- Το κέντρο της αναπνοής βρίσκεται στον προμήκη μυελό και ξεχωρίζει σε εισπνευστικό και εκπνευστικό.
- Η διέγερση του κέντρου είναι αυτόματη και γίνεται ανάλογα με το ποσόν O_2 και CO_2 που περιέχεται στο αίμα.
- Όταν δηλαδή το ποσόν του O_2 αυξηθεί πολύ, το CO_2 του αίματος ελαττωθεί, το κέντρο δεν διεγείρεται και δεν γίνονται αναπνευστικές κινήσεις.
- Το κύριο ερέθισμα για τη διέγερση του αναπνευστικού είναι η περιεκτικότητα CO_2 στο αίμα.
- Το κέντρο αναπνοής διεγείρεται και από άλλα ερεθίσματα, όπως :
 1. Συναισθηματικά ερεθίσματα (άγχος, υστερία).
 2. Μηχανικά ερεθίσματα (από το και τους βλεννογόνους).
 3. Αύξηση του pH (οξέωση).
 4. Διάφορα φάρμακα.

Αναπνευστικά κέντρα (εκούσια και ακούσια αναπνοή)

- **Έλεγχος εκούσιας αναπνοής.** Ο μηχανισμός που ελέγχει την εκούσια αναπνοή ξεκινάει από τον κινητικό φλοιό του εγκεφάλου και με νευρικές ώσεις, που μεταβιβάζονται με τα φλοιονωτιαία δεμάτια στους αναπνευστικούς μυς, προκαλεί εκούσιες αναπνευστικές κινήσεις,.
- **Έλεγχος ακούσιας αναπνοής.** Ο μηχανισμός που ελέγχει την ακούσια αναπνοή στηρίζεται στη δραστηριότητα των γεφυροπρομηκικών αναπνευστικών κέντρων και αποτελεί τον κύριο αναπνευστικό μηχανισμό αφού, φυσιολογικά, η αναπνοή γίνεται ακούσια.

Δράση ανωτέρων εγκεφαλικών κέντρων

Ο ενδογενής αναπνευστικός ρυθμός των αναπνευστικών κέντρων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι:

- Η δράση των ανώτερων εγκεφαλικών κέντρων.
- Οι νευρικές ώσεις από την περιφέρεια.
- Οι χημικές μεταβολές του αίματος.
- Ο μηχανισμός της αναπνοής είναι δυνατό να επηρεασθεί (μέχρι ενός σημείου), από τη βούληση (εκούσια) και με τον τρόπο αυτό (συνειδητά) ο Κ.Λ.Α.Α. να αυξηθεί (μέχρι τα 150L) ή να ελαττωθεί. Τα αναπνευστικά κέντρα συνδέονται με το φλοιό του εγκεφάλου (με την κινητική και την προκινητική περιοχή) και διαμέσου αυτών των διασυνδέσεων εξασκείται η δράση της βουλήσεως στα κέντρα αυτά.

Αντανακλαστικά από αναπνευστικούς βλεννογόνους

- Η ύπαρξη των αντανακλαστικών αυτών έχει ως σκοπό την απομάκρυνση των διαφόρων ερεθιστικών ή βλαπτικών παραγόντων από τους αεραγωγούς. Στα αντανακλαστικά του ερεθισμού των αναπνευστικών βλεννογόνων υπάγεται ο βήχας και ο πταρμός, ενώ στην ίδια κατηγορία ανήκουν και το χάσμημα, ο στεναγμός και ο λόξυγκας.

Αντανακλαστικά από αναπνευστικούς βλεννογόνους

- **Ο βήχας.** Εκλύεται από μηχανικό ή χημικό ερεθισμό του βλεννογόνου των κατώτερων αεροφόρων οδών (X συζυγία). Ο λάρυγγας και η τραχεία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στα μηχανικά ερεθίσματα (σκόνη, ξένα σώματα), ενώ οι μικροί βρόγχοι είναι πιο ευαίσθητοι στα χημικά ερεθίσματα. Ο βήχας αρχίζει με μία βαθιά εισπνοή (περίπου 2,5L αέρα) και συνεχίζει (με τη γλωττίδα αρχικά κλειστή και κατόπιν ανοικτή) με μία έντονη εκπνευστική κίνηση (με σύγχρονη σύσπασση των κοιλιακών και των εκπνευστικών μυών). Το ρεύμα του αέρα που εξέρχεται έχει ιδιαίτερα μεγάλη ταχύτητα, διασπάει το φραγμό της γλωττίδας και παρασύρει τον ερεθιστικό παράγοντα, που προκάλεσε το αντανακλαστικό και με τον τρόπο αυτόν προφυλάσσεται το αναπνευστικό σύστημα.

Αντανακλαστικά από αναπνευστικούς βλεννογόνους

- **Ο πταρμός.** Πρόκειται για ένα αντανακλαστικό ανάλογο με αυτό του βήχα, το οποίο εκλύεται όμως από τον ερεθισμό των βλεννογόνων των ανώτερων αεροφόρων οδών (ρινοφάρυγγα) καθώς διεγείρονται οι αισθητικές απολήξεις της V συζυγίας. Ο πταρμός αρχίζει με μία βαθιά εισπνοή και συνεχίζει με μία ιδιαίτερα έντονη εκπνοή, η οποία διασπάει την ανυψωμένη υπερώα και το κλειστό στόμα και συμπαρασύρει τον ερεθιστικό παράγοντα που προκάλεσε το αντανακλαστικό.

Αντανακλαστικά από αναπνευστικούς βλεννογόνους

- **Το χάσμημα.** Πρόκειται για μία βαθιά εισπνοή που ακολουθείται από διάφορες κινήσεις των άκρων και των πτερυγίων της ρινός. Το αντανακλαστικό αυτό βοηθάει στην έκπτυξη των υποαεριζόμενων κυψελιδικών περιοχών.
- **Ο λόξυγκας.** Πρόκειται για μία σύσπαση του διαφράγματος, η οποία επαναλαμβάνεται περιοδικά. Ο ήχος που χαρακτηρίζει το λόξυγκα παράγεται από την εισπνοή η οποία διακόπτεται απότομα από τη σύγκλειση της γλωττίδας.



Γιατί η αναπνοή με τη μύτη είναι πιο υγιεινή απ' ό τι η αναπνοή με το στόμα;

- Οι μικρές τριχούλες που υπάρχουν στη μύτη συγκρατούν τους μικροοργανισμούς και τη σκόνη κι έτσι καθαρίζεται ο αέρας. Επίσης όταν εισπνέουμε από τη μύτη, ο αέρας υγραίνεται και ζεσταίνεται, πριν φτάσει στους πνεύμονες.



Σημειώματα



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Μαρία Βενετίκου 2014. Μαρία Βενετίκου. «Φυσιολογία. Ενότητα 14: Αναπνευστικό σύστημα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

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. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται 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.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

61

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με
άδεια CC-BY

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια
CC-BY-SA

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια

διαθέσιμο με άδεια
CC-BY-ND

άδεια. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια
CC-BY-NC

Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού.

διαθέσιμο με άδεια
CC-BY-NC-SA

Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.

διαθέσιμο με
άδεια CC-BY-

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.

NC-ND
διαθέσιμο με άδεια
CC0 Public

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

Domain
διαθέσιμο ως κοινό
κτήμα

Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.

χωρίς σήμανση

Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.



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.