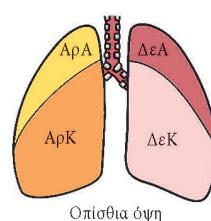
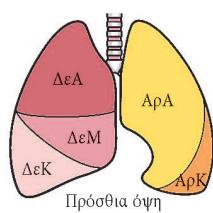
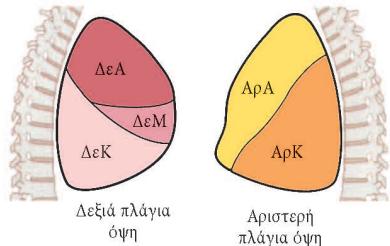


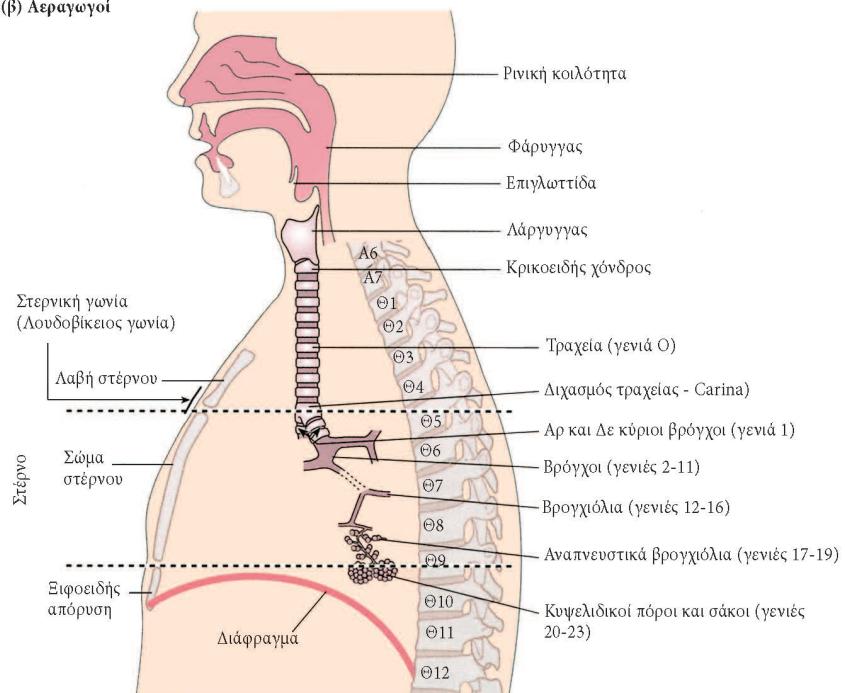
1 Δομή του αναπνευστικού συστήματος: πνεύμονες, αεραγωγοί και νεκρός ανατομικός χώρος

(a) Λοβοί των πνευμόνων

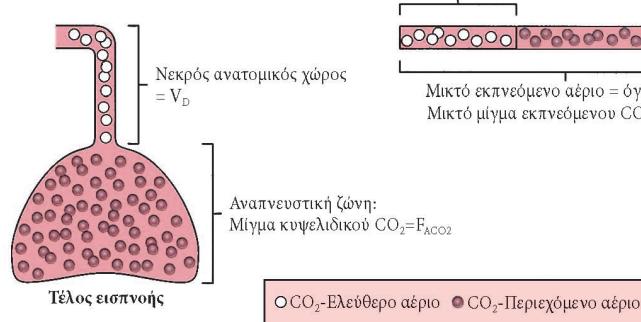


ΔεΑ=Δεξιός άνω
 ΔεΜ=Δεξιός μέσος
 ΔεΚ=Δεξιός κάτω
 ΑρΑ=Αριστερός άνω
 ΑρΚ=Αριστερός κάτω

(β) Αεραγωγοί



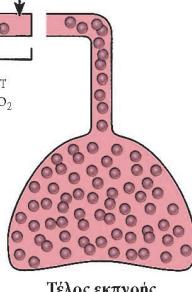
(γ) Εξισωση Bohr για τη μέτρηση του νεκρού χώρου



Νεκρός ανατομικός χώρος = V_D

Τέλος εκπνοής = κυψελιδικό αέριο

Μικτό εκπνεόμενο αέριο = ύγκος = V_T
Μικτό μίγμα εκπνεόμενου $CO_2 = F_E CO_2$



Σε μία εκπνοή κανένα από τα μόρια CO_2 δεν προέρχεται από τον νεκρό ανατομικό χώρο.

Άρα ποσότητα CO_2 στο μίγμα αέρα = ποσότητα CO_2 στην περιοχή των κυψελιδών

$$V_T \times F_E CO_2 = (V_T - V_D) \times F_A CO_2$$

$$\text{Άρα } V_D = V_T (F_A CO_2 - F_E CO_2) \times F_A CO_2$$

Πνεύμονες

Το αναπνευστικό σύστημα αποτελείται από τους δύο **πνεύμονες** που βρίσκονται εντός του **θωρακικού κλωβού** (Κεφάλαιο 2). Η κύρια λειτουργία του είναι η ανταλλαγή αερίων, αλλά επιπλέον και άλλες λειτουργίες, όπως η ομιλία, το φιλτράρισμα μικροθρόμβων που φθάνουν από την περιφέρεια καθώς και μεταβολικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη μετατροπή της αγγειοτενσίνης | σε αγγειοτενσίνη II, την απομάκρυνση και αδρανοποίηση της σεροτονίνης, της βραδυκινίνης, της νορεπινεφρίνης, της ακετυλοχολίνης και ορισμένων φαρμάκων όπως η προπρανόλη και η χλωροπρομαζίνη. Ο **δεξιός πνεύμονας** χωρίζεται από μία **οριζόντια** και μία **λοξή σχισμή** σε τρεις λοβούς: άνω, μέσος και κάτω. Ο αριστερός πνεύμονας χωρίζεται από μία λοξή σχισμή σε δύο λοβούς: άνω και κάτω (Εικ. 1a). Τα αγγεία, τα νεύρα και τα λεμφαγγεία εισέρχονται στους πνεύμονες από την **πύλη**. Κάθε λοβός χωρίζεται σε συγκεκριμένο αριθμό σφρηνειδών **βρογχοπνευμονικών τμημάτων**, που έχουν τις κορυφές τους προς το μέρος της πύλης και τη βάση τους προς την έξω επιφάνεια του πνεύμονα. Κάθε βρογχοπνευμονικό τμήμα έχει τον δικό του βρόγχο, καθώς και τη δική του αρτηρία και φλέβα, πράγμα που επιπρέπει τη χειρουργική του εξαίρεση με μικρή αιμορραγία και μικρή απώλεια αέρα από τον πνεύμονα που απομένει.

Το **πλέγμα νεύρων του πνεύμονα** βρίσκεται πίσω από την πύλη του κάθε πνεύμονα και φέρει νεύρωση τόσο από τους **κλάδους** του πνευμονογαστρικού όσο και από το **2o-4o γάγγλιο** του **συμπαθητικού νευρικού συστήματος**. Κάθε πνευμονογαστρικό νεύρο φέρει απαγωγές νευρικές ίνες από τους πνεύμονες και τους αεραγωγούς, καθώς και προσαργώγες ίνες του παρασυμαθητικού (βρογχοσυστακτικές) και σεροτονινεργικές, καθώς και μη χολινεργικά μη αδρενεργικά νεύρα (*non-cholinergic non-adrenergic, NANC*). Συμπαθητικές νευρικές ίνες που δρουν με έκριση νοραδρεναλίνης απευθείας στους αεραγωγούς είναι σπάνιες στον άνθρωπο και οι β-αδρενεργικοί υποδοχείς στον πνεύμονα ενεργοποιούνται μέσω των κατεχολαμινών που παράγονται στα επινεφρίδια (Κεφάλαιο 7).

Κάθε πνεύμονας καλύπτεται από τον **περισπλάγχνιο υπεζωκότα**, που αποτελεί συνέχεια του **τοιχωματικού υπεζωκότα**, ο οποίος επαλείφει το θωρακικό τοίχωμα, το διάφραγμα καθώς και το περικάρδιο και το μεσοθωράκιο. Ο χώρος μεταξύ των δύο πετάλων του υπεζωκότα είναι πολύ μικρός στο φυσιολογικό άτομο και πληρούται από υγρό. Η δεξιά και η αριστερή θωρακική κοιλότητα είναι ξεχωριστές μεταξύ τους και καθεμία εκτείνεται έως την **πλευροδιαφραγματική γωνία** κάτω από τους πνεύμονες, ακόμα και στην μέγιστη εισπνοή. Ο τοιχωματικός υπεζωκότας δέχεται τη μητρική νεύρωση από το **μεσοπλεύρια νεύρα** και το **φρενικό νεύρο**, με αποτέλεσμα ο πόνος που προέρχεται από φλεγμονώδη εξεργασία του υπεζωκότα (**πλευρίτιδα**) να γίνεται αντιληπτός ως πόνος στην εξωτερική επιφάνεια του θώρακα ή στην κορυφή του ώμου. Ο περισπλάγχνιος υπεζωκότας στερείται αισθητικής νεύρωσης.

Τα **λεμφαγγεία** είναι απόντα από την περιοχή των κυψελίδων, αλλά συνοδεύουν τα μικρά αγγεία, οδηγώντας τη λέμφο προς τους **πυλαίσιους λεμφαδένες** και προς τους **τραχειοβρογχικούς λεμφαδένες** στην περιοχή του διαχασμού της τραχείας. Η λέμφος από τους κατώτερους λοβούς παροχετεύεται προς τους λεμφαδένες του **οπίσθιου μεσοθωρακίου**.

Το **ανώτερο αναπνευστικό σύστημα** αποτελείται από τη μύτη, τον φάρυγγα και τον λάρυγγα. Το **κατώτερο αναπνευστικό σύστημα** (Εικ. 1b) ξεκινά με την τραχεία στο κατώτερο χείλος του **κρικοειδούς χόνδρου**, στο επίπεδο του δου αυχενικού σπονδύλου (A6). Η τραχεία διαχωρίζεται σε **δεξιό** και **αριστερό** κύριο βρόγχο στο επίπεδο της **στερνικής γωνίας** στο επίπεδο του 6/4 (ισως, και ακόμη χαμηλότερα σε όρθια θέση ή σε βαθιά εισπνοή). Η δεξιά κύριος βρόγχος είναι μεγαλύτερος σε διάμετρο, πιο κοντός και με προσ-ανατολισμό σχεδόν κάθετο, με αποτέλεσμα ξένα σώματα που εισφέρωνται να καταλήγουν σε αυτόν ευκολότερα.

Αεραγωγοί

Οι αεραγωγοί του πνεύμονα διχοτομούνται διαρκώς, με κάθε νέα **γενιά** να έχει περίπου διπλάσιο αριθμό. Η **τραχεία** και **οικύριοι βρόγχοι** έχουν χόνδρο που σχηματίζει σχήμα U, ο οποίος συνδέεται στην πίσω επιφάνεια με λείο μυϊκό ιστό. Οι λοβαίοι βρόγχοι μεταφέρουν αέρα προς τους αντίστοιχους λοβούς των πνευμόνων, τρεις στον δεξιό πνεύμονα και δύο στον αριστερό, και διακλαδίζονται περαιτέρω σε **τμηματικούς βρόγχους** (γενιές 3 και 4). Η συνολική διατομή κάθε γενιάς είναι η ελάχιστη σε αυτό το επίπεδο, αφού στη συνέχεια αυξάνεται με ταχύτατο ρυθμό, καθώς ο απίστευτα μεγάλος αριθμός των αεραγωγών δρα πολλαπλασιαστικά παρά την ολοένα μικρότερη διατομή

των αεραγωγών. Οι γενιές 5-11 είναι μικροί βρόγχοι, με τον μικρότερο να έχει διάμετρο 1 mm. Οι λοβαίοι, οι τμηματικοί και οι μικροί βρόγχοι υποστηρίζονται από χόνδρινα ημικρίκια και ο λείος μυς έχει ελικοειδή σχηματισμό. Τα **βρογχιόλια** ξεκινούν από τη 12η γενιά και από αυτό το σημείο και μετά ο χόνδρος είναι απών. Αυτοί οι αεραγωγοί είναι βυθισμένοι μέσα στο πνευμονικό παρέγχυμα, που τους κρατά ανοικτούς όπως κρατούν τη σκηνή ανοικτοί τα σχοινιά που τη στηρίζουν. Τα **τελικά βρογχιόλια** (γενιά 16) οδηγούν τον αέρα προς τα **αναπνευστικά βρογχιόλια**, τα οποία είναι τα πρώτα που έχουν κυψελίδες στην επιφάνεια τους (Κεφάλαιο 5). Αυτά σχηματίζουν τους **κυψελιδικούς πόρους** και τους **κυψελιδικούς σάκους** (γενιά 23), των οποίων τα τοιχώματα αποτελούνται αποκλειστικά από **κυψελίδες**.

Οι βρόγχοι και οι αεραγωγοί κάτω από το επίπεδο των τελικών βρογχιολών λαμβάνουν θρεπτικές ουσίες από τις **βρογχικές αρτηρίες** που εκφύονται από την κατιούσα αορτή. Τα αναπνευστικά βρογχιόλια, οι κυψελίδικοι πόροι και οι κυψελιδικοί σάκοι δέχονται αιμάτωση από την **πνευμονική κυκλοφορία** (Κεφάλαιο 13).

Οι αεραγωγοί από την τραχεία μέχρι τα αναπνευστικά βρογχιόλια φέρουν **κροσσώτα κυλινδρικά επιθηλιακά κύτταρα**. Τα **καλυκοειδή κύτταρα** (goblet cells) και οι **υποβλεννογονοί αδένες** εκκρίνουν **βλέννη**. Συγχρονίσμενές κινήσεις του συστήματος των κροσσών μετακινούν τη βλέννη μαζί με τα παγίσματα από την αντιθέτω πλευρά της πάροντας την **αναπνευστικού συστήματος** (βλέννοκροσσωτή κάθαρση) (Κεφάλαιο 18). Τα επιθηλιακά κύτταρα που σχηματίζουν τα τοιχώματα των κυψελίδων και τους κυψελιδικούς πόρους δεν φέρουν κροσσούς και είναι πολύ λεπτά **πνευμονοκύτταρα τύπου I** (κυψελιδικά κύτταρα, πλακώδες επιθηλίο). Αυτά σχηματίζουν την επιφάνεια ανταλλαγής των αερίων με το αγγειακό ενδοθήλιο (**κυψελιδο-τριχοειδική μεμβράνη**). Τα **πνευμονοκύτταρα τύπου II** αποτελούν μικρό μόνο τμήμα της κυψελιδικής επιφάνειας και συνήθως βρίσκονται στις συνδέσεις μεταξύ των κυψελίδων. Είναι αρχέγονα κύτταρα (stem cells), τα οποία μπορούν να διαφοροποιηθούν σε περίπτωση πνευμονικής βλάβης. Επίσης εκκρίνουν τον **επιφανειοδραστικό παράγοντα**, ο οποίος μειώνει την επιφανειακή τάση και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανοσολογική απόκριση του πνεύμονα (Κεφάλαια 6 και 18). Μία παρόμοια ουσία παράγεται από τα μη κροσσωτά κύτταρα Clara που βρίσκονται στο επιθηλίο των βρογχιολών, αρκετά κοντά στις κυψελίδες.

Νεκρός ανατομικός χώρος

Το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα και οι αεραγωγοί μέχρι τα τελικά βρογχιόλια δεν συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αερίων στον πνεύμονα. Αυτοί οι **αεραγωγοί** αποτελούν τον **νεκρό ανατομικό χώρο**, του οποίου ο όγκος (V_D) είναι φυσιολογικά περίπου 150 ml. Οι ανώτεροι αεραγωγοί παίζουν τον ρόλο του κλιματιστικού, καθώς θερμαίνουν, φιλτράρουν και υγραίνουν τον εισπνεόμενο αέρα.

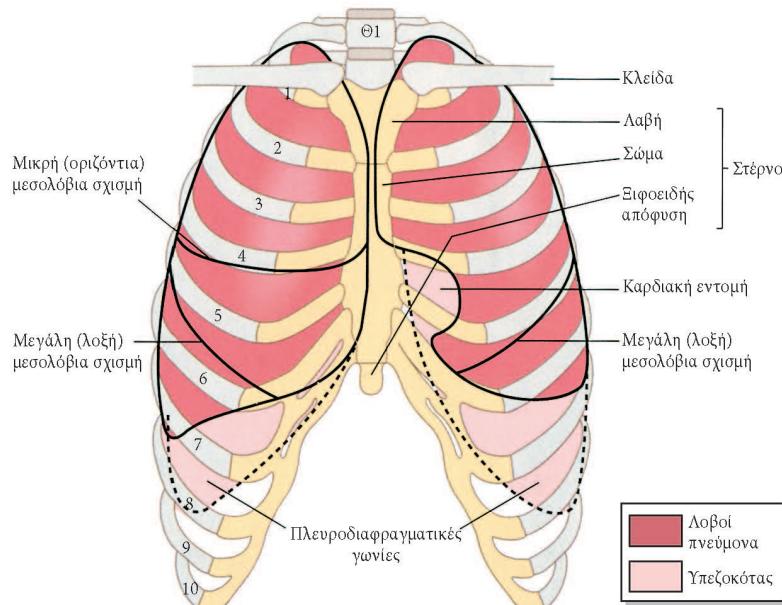
Οι κυψελίδες που δεν δέχονται αίμα – για παράδειγμα στην περίπτωση πνευμονικής εμβολής – δεν παρίσουν μέρος στην ανταλλαγή των αερίων και αποτελούν τον **κυψελιδικό νεκρό χώρο**. Το άθροισμα του νεκρού ανατομικού και του κυψελιδικού νεκρού χώρου είναι γνωστό ως **λειτουργικός νεκρός χώρος**, στον οποίο 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.

Ο όγκος μιας αναπνοής ή αναπνεόμενος όγκος (tidal volume, V_T) ισούται με 500 ml σε ηρεμία. Η **αναπνευστική συχνότητα** σε ηρεμία (f) είναι περίπου 15 αναπνοές/min, ο συνολικός αέρας που εισέρχεται στον πνεύμονα κάθε λεπτό, ο **κατά λεπτό αερισμός** (V_A), είναι περίπου 7.500 ml/min (= 500 x 15) σε ηρεμία. Ο **κυψελιδικός αερισμός** (V_{AL}) είναι ο κατά λεπτό όγκος αέρα που συμμετέχει στην ανταλλαγή αερίων. Επομένως, σε ηρεμία, με τον νεκρό χώρο να είναι 150 ml, ο κυψελιδικός αερισμός είναι 5.250 ml/min (= (500 - 150) x 15).

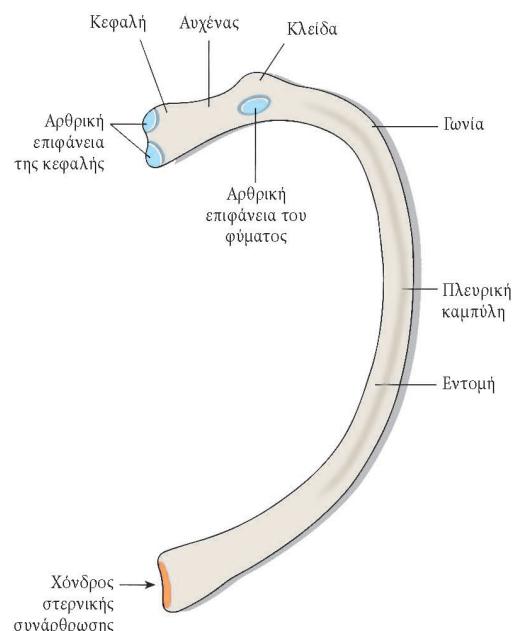
Η **μέθοδος του Bohr** για τον υπολογισμό του νεκρού ανατομικού χώρου βασίζεται στην αρχή ότι ο βαθμός στον οποίο το αέριο του νεκρού ανατομικού χώρου ($0\% CO_2$) διαλύει αέριο κυψελιδικό (~5% CO_2) για να δώσει αναμεμένο αέριο (~3,5% CO_2) εξαρτάται από τον όγκο του (Εικ. 1g). Τα **κυψελιδικά αέρια** ή εξισωση του Bohr μπορεί να μετασχηματίσει για να μετρήσει τον λειτουργικό νεκρό χώρο χρησιμοποιώντας την μερική τάση του CO_2 στο αρτηριακό αίμα Pco_2 για να υπολογίσει το CO_2 στην ανταλλαγή των αερίων στην **ιδανική κυψελίδα**.

2 Ο θωρακικός κλωβός και οι αναπνευστικοί μύες

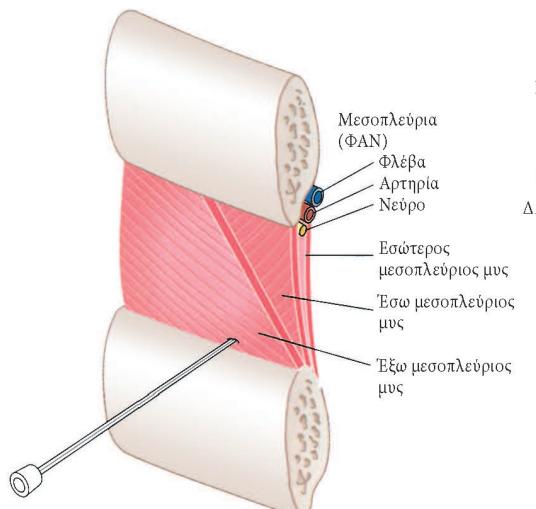
(α) Το στέρνο, οι πλευρές και οι σχέσεις τους με τους πνεύμονες και τις υπεζωκοτικές κοιλότητες



(β) Κάτω όψη πλευράς

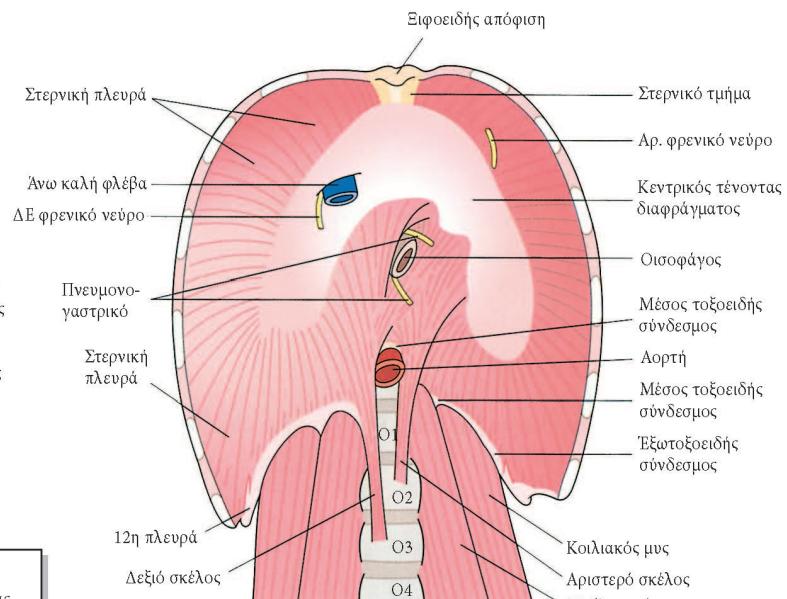


(γ) Μεσοπλεύριο διάστημα



Για να αποφύγουμε τράση των νευροαγγειακού δεματίου, η βελόνα πρέπει να διέρχεται κοντά στην κορυφή της πλευράς (π.χ. για παροχέτευση συλλογής πλευριτικού υγρού)

(δ) Κάτω όψη διαφράγματος



Ο Θωρακικός κλωβός

Ο Θωρακικός κλωβός αποτελείται από το στέρνο, τις πλευρές, τα μεσοπλεύρια διαστήματα και τη σπονδυλική στήλη, ενώ το διάφραγμα διαχωρίζει τη θωρακική από την κοιλιακή κοιλότητα.

Το στέρνο

Το στέρνο έχει τη μορφή ξίφους και αποτελείται από τρία τμήματα· τη λαβή του στέρνου, που μαζί με τα πρώτα και ανώτερα τμήματα του δεύτερου μεσοπλεύριου χόνδρου και την άρθρωση με την κλειδα (Εικ. 2α), βρίσκεται στο επίπεδο του τρίτου και τέταρτου θωρακικού σπονδύλου (Θ3–Θ4) (Βλ. Εικ. 1β). Τα κατώτερα τμήματα της δεύτερης και από την τρίτη έως και την έβδομη πλευρά αρθρώνονται με το σώμα του στέρνου (επίπεδο Θ5–Θ8). Η γνώνια μεταξύ της λαβής του στέρνου και του σώματος του στέρνου σχηματίζει τη στερνική γωνία (λουδοβίκειος γωνία), η οποία αποτελεί ένα σημαντικό οδηγό ανατομικού σημείου. Η μικρή ξιφοειδής απόφυση συνήθως παραμένει υμενώδης ακόμη και στην ενήλικο ζωή.

Οι πλευρές και τα μεσοπλεύρια διαστήματα

Τα πρώτα 7 από τα συνολικά 12 ζεύγη πλευρών συνδέονται με το στέρνο με τον αντίστοιχο θύλακο της άρθρωσης. Οι θύλακοι υαλίνης της όγδοης, ένατης και δέκατης πλευράς αρθρώνονται με τον παραπάνω θύλακο, ενώ η ενδέκατη και η δωδέκατη πλευρά είναι εντελώς ελεύθερες. Μια τυπική πλευρά (Εικ. 2β) έχει μία κεφαλή με δύο φύματα, ώστε να αρθρώνεται με την αντίστοιχη πλευρά, τον μεσοπλεύριο δίσκο και τον αμέσως προηγούμενο σπόνδυλο. Η πλευρά επίσης αρθρώνεται με την οπίσθια απόφυση του παραπάνω σπονδύλου. Τα δύο φύματα δρουν σαν άρθρωση, αναγκάζοντας την πλευρά να κινείται μόνο σε έναν άξονα μεταξύ των δύο αυτών σημείων. Το επίπεδο τμήμα της πλευράς είναι πιο αδύναμο στη γωνία της πλευράς, όπου είναι και πιο πιθανό να συμβεί κάποιο κάταγμα σε έναν ενήλικο. Οι δύο ανώτερες πλευρές προστατεύονται από την κλειδα και οι δύο ελεύθερες πλευρές είναι σχετικά απίθανο να πάθουν κάταγμα. Υπάρχει μία επιπλέον αυχενική πλευρά προσαρτημένη στο A7 στο 0,5% των ανθρώπων και η παρουσία της μπορεί να οδηγήσει σε συγκεκριμένη συμπτωματολογία, όπως παραισθησία ή αγγειακές διαταραχές, λόγω της πίεσης στο βραχιόνιο πλέγμα ή την υποκλειδίο αρτηρία.

Στα μεσοπλεύρια διαστήματα βρίσκονται οι έξω μεσοπλεύριοι μύες, των οποίων οι μυϊκές ίνες περνούν προς τα κάτω και εμπρός μεταξύ των πλευρών, και οι έσω μεσοπλεύριοι μύες, των οποίων οι μυϊκές ίνες περνούν προς τα κάτω και πίσω, καθώς και μια ατελής εσωτερικότερη μυϊκή στιβάδα (Εικ. 2γ). Οι μύες αυτοί νευρώνονται από τα μεσοπλεύρια νεύρα, που είναι κλάδοι των προσθίων κεράτων των θωρακικών νεύρων. Οι μεσοπλεύριες φλέβες, αρτηρίες και νεύρα βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια της αντίστοιχης πλευράς με την εξής σειρά Φλέβα–Αρτηρία–Νεύρο (ΦΑΝ).

Το διάφραγμα

Το διάφραγμα είναι ένας θολωτός σχηματισμός (Εικ. 2δ) που διαχωρίζει τον θώρακα από την κοιλιά και αποτελείται από ένα περιφερικό μυϊκό τμήμα και ένα κεντρικό υμενώδες, το οποίο βρίσκεται σε γενιτίση με το περικάρδιο. Το μυϊκό τμήμα του διαφράγματος προσφύται στη σπονδυλική στήλη και τους μεσοπονδύλιους δίσκους, τον θωρακικό κλωβό και το στέρνο. Η δεξιά μοιρά προσφύται στους ανώτερους τρεις οσφυϊκούς σπονδύλους και η αριστερή μοιρά προσφύται στους ανώτερους δύο οσφυϊκούς. Το μέσο ινώδες τμήμα των δύο μοιρών του διαφράγματος σχηματίζει τον μέσο τοξοειδή σύνδεσμο που περιβάλλει την αορτή. Ο μέσος και ο έξω τοξοειδής σύνδεσμος είναι αποπλατύνεις τις περιτονίας του μείζονος ψωίτη μυός και του τραπεζοειδούς μυός αντίστοιχα. Το άπω τμήμα του διαφράγματος είναι προσκολλημένο στις έσω πλευρές τις έβδομης έως δωδέκατης πλευράς και στους αντίστοιχους θύλακους. Το στερνικό τμήμα προσφύται στο οπίσθιο τμήμα της ξιφοειδούς απόφυσης. Τα φρενικά νεύρα (Α3, 4, 5) δίνουν κινητική νεύρωση στο διάφραγμα. Η αισθητική νεύρωση του κεντρικού τμήματος του διαφράγματος εξυπηρετείται επίσης από το φρενικό νεύρο· έτσι, ο πόνος

που προκύπτει από ερεθισμό του διαφράγματος έχει την κατανομή του δερμοτομίου, δηλαδή αντανακλάται στην κορυφή του ώμου. Τα κατώτερα μεσοπλεύρια νεύρα δίνουν αισθητικές ίνες στις περιφερικές περιοχές του διαφράγματος. Η αορτή, ο θωρακικός πόρος και η άζυγος φλέβα περνούν διαμέσου του διαφράγματος από το αορτικό τρήμα στο επίπεδο του Θ12. Ο οισοφάγος, κλάδοι της γαστρικής αρτηρίας και φλέβας καθώς και κλάδοι του πνευμονογαστρικού διέρχονται από το διάφραγμα διαμέσου του οισοφαγικού τρήματος στο επίπεδο του Θ10. Τέλος, η κάτω κοιλη φλέβα και το δεξιό φρενικό νεύρο περνούν από το τρήμα που βρίσκεται στο ύψος του Θ8 σπονδύλου.

Οι αναπνευστικοί μύες

Όλοι οι εισπνευστικοί μύες έχουν την τάση να αυξήσουν τον όγκο του πνεύμονα, οδηγώντας σε μείωση της διαπνευμονικής και της κυψελιδικής πίεσης, ώστε να δημιουργηθεί πίεση ανάμεσα στο στόμα και στις κυψελίδες και να οδηγηθεί ο αέρας εντός του πνεύμονα. Ο θωρακικός κλωβός και οι πνεύμονες μετά την εισπνοή επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση παθητικά, χωρίς τη χρήση εκπνευστικών μυών σε ήρεμη εκπνοή.

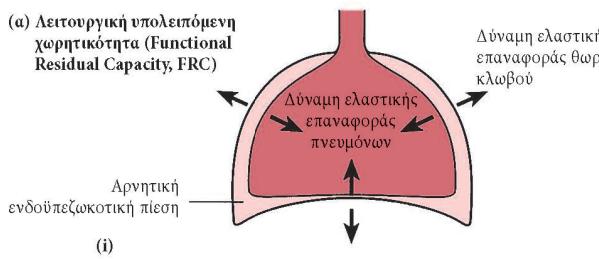
Ο κύριος εισπνευστικός μυς, μετακινείται προς τα κάτω όταν συστάπαι κατά 1,5 cm σε μία ήρεμη εισπνοή και κατά 6–7 cm στη βαθιά εισπνοή. Κατά την ήρεμη εισπνοή, η πρώτη πλευρά μένει ακίνητη και οι μεσοπλεύριοι μύες ανυψώνονται συμπαρασύροντας κατις αντίστοιχες πλευρές. Οι μεσοπλεύριοι μύες, επίσης, σταθεροποιούν και τα μεσοπλεύρια διαστήματα, διατηρώντας τις δομές αυτές κατά τις εισπνευστικές κινήσεις. Οι σκαληνοί μύες, οι οποίοι καλύπτουν τις δύο πρώτες πλευρές, εμπλέκονται επίσης σε μία ήρεμη εισπνοή. Η ανύψωση των ανώτερων πλευρών ανυψώνει το στέρνο (μηχανισμός αντλίας), αυξάνοντας την προσθιοπίσθια διάμετρο του θωρακικού κλωβού και, καθώς οι κατώτερες πλευρές ανυψώνονται, μετακινούνται προς τα έξω, οδηγώντας σε αύξηση της εγκάρσιας διαμέτρου του πνεύμονα.

Σε ενήλικες που εκτελούν ήρεμες αναπνευστικές κινήσεις, ο αερισμός των πνευμόνων γίνεται αποκλειστικά με τις κινήσεις του διαφράγματος. Καθώς το διάφραγμα συστάπαι, συμπιέζει το κοιλιακό τοίχωμα και αυξάνει την ενδοκοιλιακή πίεση, πιέζοντας το κοιλιακό τοίχωμα και τις κατώτερες πλευρές. Συνεπώς, κατά τη φυσιολογική αναπνοή το θωρακικό τοίχωμα και το κοιλιακό τοίχωμα μετακινούνται παράλληλα. Σε περίπτωση που έχουμε παράλυση του διαφράγματος, η αύξηση του πνευμονικού όγκου πραγματοποιείται μόνο μέσω της ανύψωσης των πλευρών· επομένως, καθώς η ενδοθωρακική πίεση πέφτει κατά τη διάρκεια της εισπνοής, το διάφραγμα μετακινείται προς τον θώρακα και η κοιλιά μετακινείται προς τα μέσα. Αυτή η παράδοξη κινητικότητα του θωρακικού και του κοιλιακού τοιχώματος είναι γνωστή ως παράδοξη αναπνοή. Σε περίπτωση που έχουμε παράλυση της εισπνοής του διαφράγματος, Στο νεογνό, οι πλευρές είναι οριζόντιες και παράλληλες μεταξύ τους· επομένως, οι κινήσεις των πλευρών δεν είναι δυνατόν να αυξήσουν τον όγκο του θωρακικού κλωβού, με αποτέλεσμα η αναπνοή να γίνεται αποκλειστικά και μόνο μέσω του διαφράγματος, κάτι που είναι γνωστό ως κοιλιακή αναπνοή. Σταδιακά, κατά την ανάπτυξη του παιδιού, η θωρακική αναπνοή αναπτύσσεται όλο και περισσότερο.

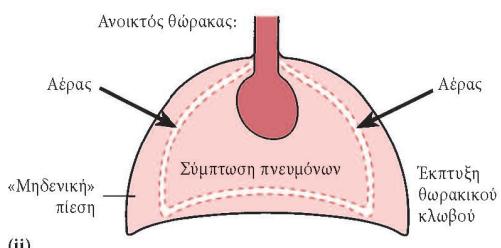
Όταν υπάρχει ανάγκη για αύξηση του αερισμού ή όταν υπάρχει αύξηση της αντίστασης, οι επικουρικοί εισπνευστικοί μύες ενεργοποιούνται. Αυτοί οι μύες περιλαμβάνουν τους σκαληνούς μύες, τους στερνοκλειδομαστοειδείς και τον οδοντωτό. Αν τα χέρια ακουμπούν σταθερά σε ένα αντικείμενο, όπως ένα τραπέζι, τότε η σύσπαση του μείζονος θωρακικού, που προσφύται στον βραχίονα, βοηθά στην έκπτυξη του θώρακα. Σε περίπτωση που ο αερισμός υπερβαίνει τα 40 l/min, υπάρχει ενεργοποίηση των εκπνευστικών μυών, κυρίως των κοιλιακών (ορθός, έξω λοξός, έσω λοξός και εγκάρσιος κοιλιακός), οι οποίοι επιταχύνουν την επαναφορά του διαφράγματος μέσω αύξησης της ενδοκοιλιακής πίεσης.

3 Πιέσεις και όγκοι κατά τη φυσιολογική αναπνοή

(a) Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (Functional Residual Capacity, FRC)

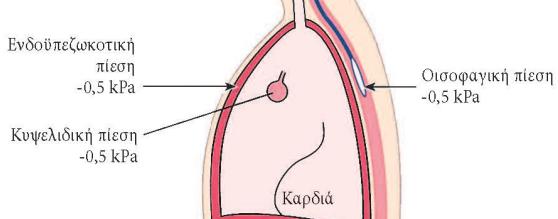


(i)

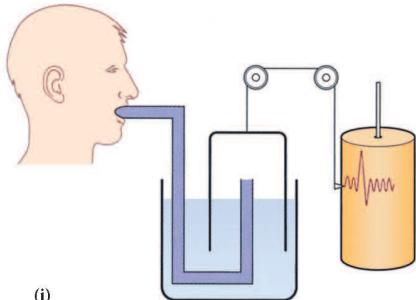


(ii)

(β)



(ε)



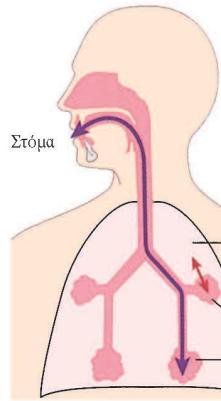
(i)

Πίνακας 1

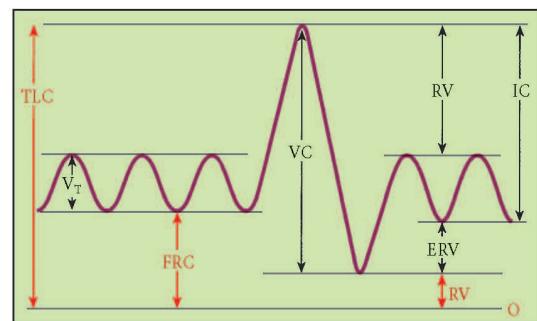
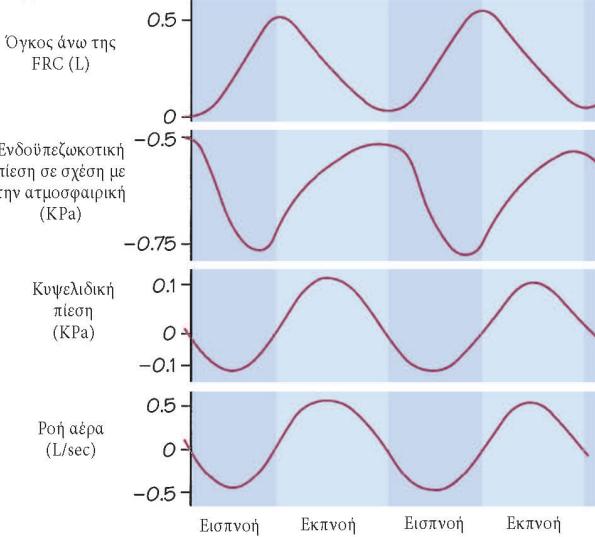
Όγκος αποπνοής (V_T) (σε ηρεμία) 500 mL
Ζωτική χωρητικότητα (VC) 5500 mL
Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος (IRV) 3300 mL
Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος (ERV) 1700 mL

↔ Κλίση πίεσης που εκπτύσσει τον πνεύμονα (διατοχματική = κυψελιδική – ενδοϋπεζωκοτική)

↔ Κλίση πίεσης οδηγεί τον αέρα στους αεραγωγούς (στόμα – κυψελίδες)



(δ)



Εισπνευστική χωρητικότητα (IC) 3800 mL
Ολική πνευμονική χωρητικότητα (IC) 7300 mL
Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC) 3500 mL
Υπολειπόμενος όγκος (RV) 1800 mL