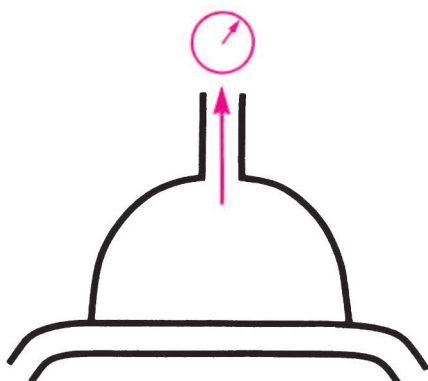


# 1



## Αερισμός

### Δοκιμασίες ικανότητας αερισμού

Δυναμικά εκπνεόμενος όγκος  
Δυναμική εκπνευστική ροή  
Εκπνευστική καμπύλη ροής-όγκου  
Επιμερισμός της αντίστασης ροής από την καμπύλη ροής-όγκου  
Μέγιστες ροές από την καμπύλη ροής-όγκου  
Μέγιστη εκπνευστική ροή  
Εισπνευστική καμπύλη ροής-όγκου

### Δοκιμασίες ανομοιογένειας αερισμού

Δοκιμασία αζώτου μιας αναπνοής  
Όγκος σύγκλεισης  
Άλλες δοκιμασίες ανομοιογένειας αερισμού  
Δοκιμασίες πρώιμης βλάβης των αεραγωγών

*Η απλούστερη δοκιμασία του αναπνευστικού συστήματος είναι η δυναμική εκπνοή. Είναι ακόμη η δοκιμασία που δίνει πολλές πληροφορίες και απαιτεί ελάχιστα μηχανήματα και μαθηματικές πράξεις. Το μεγαλύτερο ποσοστό των πνευμονοπαθών παρουσιάζει διαταραχές στη δοκιμασία της δυναμικής εκπνοής και, πολύ συχνά, οι πληροφορίες από αυτήν τη δοκιμασία είναι χρήσιμες για την αντιμετώπισή τους. Παρ' όλα αυτά, η δοκιμασία αυτή δεν χρησιμοποιείται όσο συχνά θα έπρεπε. Για παράδειγμα μπορεί να αξιοποιηθεί για την πρώιμη διάγνωση παθήσεων των αεραγωγών, μια πάρα πολύ συχνή και σοβαρή κατάσταση. Στο κεφάλαιο αυτό συζητείται επίσης μια απλή δοκιμασία ανομοιογένειας αερισμού.*

## ■ ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

### Δυναμικά εκπνεόμενος όγκος

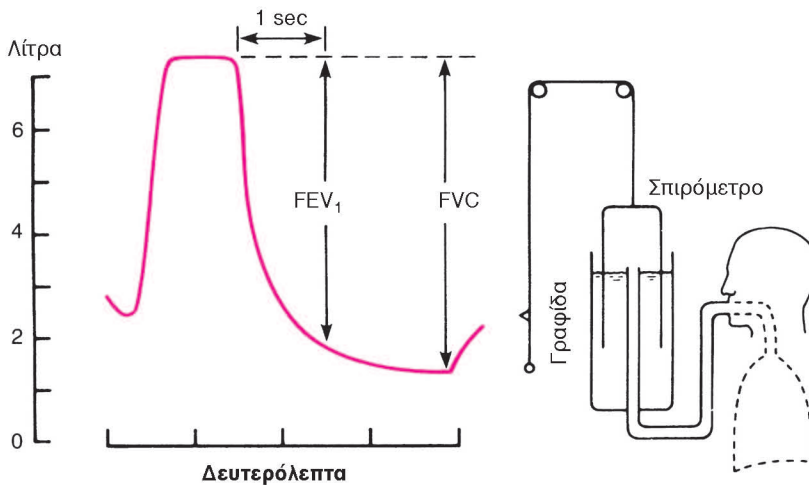
Ο δυναμικά εκπνεόμενος όγκος (Forced expiratory volume FEV) είναι ο όγκος του αέρα που εκπνέεται σε ένα δευτερόλεπτο με μια δυναμική εκπνοή από το σημείο της πλήρους εισπνοής. Η ζωτική χωρητικότητα (Vital capacity) είναι ο ολικός όγκος του αέρα που μπορεί να εκπνευστεί μετά μία πλήρη εισπνοή.

Ένας απλός τρόπος για να γίνουν οι μετρήσεις αυτές παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.1. Ο άρρωστος κάθεται αναπαυτικά μπροστά σε ένα σπιρόμετρο που έχει μικρή αντίσταση. Εισπνέει όσο μπορεί περισσότερο και στη συνέχεια εκπνέει όσο πιο δυνατά και όσο πιο πολύ μπορεί. Όταν ο κώδωνας του σπιρομέτρου κινείται προς τα επάνω, η γραφίδα του κυματογράφου κινείται προς τα κάτω και έτσι καταγράφεται ο εκπνεόμενος όγκος αέρα ως προς τον χρόνο.

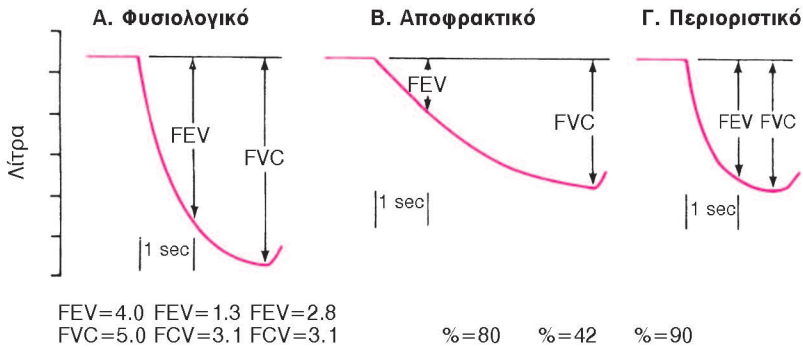
Η Εικόνα 1.2Α παρουσιάζει μια φυσιολογική καταγραφή. Ο όγκος που εκπνεύστηκε στο 1 sec ήταν 4,0 λίτρα και ο ολικός όγκος που εκπνεύστηκε ήταν 5,0 λίτρα. Επομένως, οι δύο αυτοί όγκοι είναι: ο δυναμικά εκπνεόμενος όγκος σε 1 sec ( $FEV_1$ ) και η ζωτική χωρητικότητα. Η ζωτική χωρητικότητα που μετρείται με τη δυναμική εκπνοή μπορεί να είναι μικρότερη από αυτήν που μετρείται με την ήρεμη, βραδεία εκπνοή και γι' αυτό γενικά χρησιμοποιείται ο όρος δυναμική ζωτική χωρητικότητα (forced vital capacity, FVC). Σημειώστε ότι ο φυσιολογικός λόγος της  $FEV_1$  διά της FVC είναι περίπου 80%, αλλά μειώνεται με την ηλικία (βλέπε Παράρτημα Α για φυσιολογικές τιμές).

Η FEV μπορεί να μετρηθεί και σε άλλους χρόνους, όπως στο 2ο ή 3ο sec, αλλά όμως η μέτρηση στο 1ο sec είναι η πιο χρήσιμη. Αν στο κείμενο, από εδώ και κάτω, δεν υπάρχει δείκτης, εννοείται στο 1ο δευτερόλεπτο.

Η Εικόνα 1.2Β δείχνει την καταγραφή ενός αρρώστου με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (COPD). Σημειώστε ότι ο τρόπος με τον οποίο ο αέρας εκπνέεται



**ΕΙΚΟΝΑ 1.1.** Μέτρηση του δυναμικά εκπνεόμενου όγκου στο πρώτο δευτερόλεπτο ( $FEV_1$ ) και της ζωτικής χωρητικότητας (FVC).



**ΕΙΚΟΝΑ 1.2.** Φυσιολογικής - Αποφρακτικής - Περιοριστικής μορφολογίας εκπνευστικό σπυρογράφημα.

είναι πολύ βραδύτερος, έτσι μόνο 1,3 λίτρα έχουν εκπνευστεί στο πρώτο δευτερόλεπτο. Επιπλέον, ο συνολικός όγκος που εκπνεύστηκε ήταν μόνο 3,1 λίτρα. Ο  $FEV_1/FVC$  ήταν μειωμένος στο 42%. Αυτές οι μετρήσεις είναι τυπικές *αποφρακτικού* (obstructive) συνδρόμου.

Κάνετε σύγκριση με την καμπύλη της εικόνας 1.2Γ, που παρουσιάζει τον τύπο καταγραφής που ελήφθη από έναν άρρωστο με πνευμονική ίνωση. Εδώ η ζωτική χωρητικότητα ήταν μειωμένη στα 1,3 λίτρα, αλλά το μεγαλύτερο ποσοστό της (90%) είχε εκπνευστεί στο πρώτο δευτερόλεπτο. Αυτές οι τιμές δείχνουν *περιοριστική* (restrictive) νόσο (σύνδρομο).

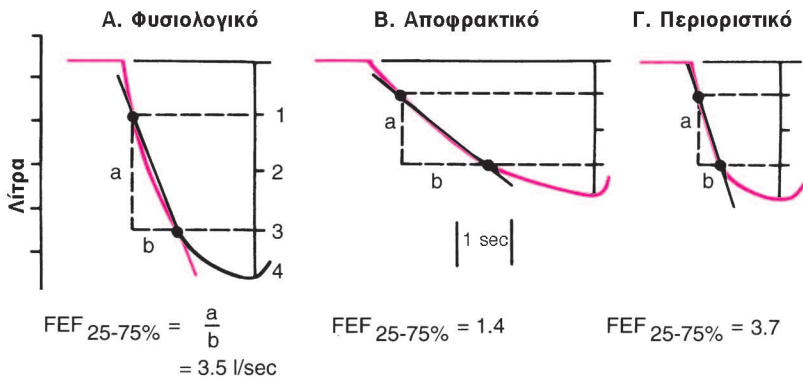
Το απλό υγρό σπιρόμετρο της Εικόνας 1.1 σπάνια χρησιμοποιείται σήμερα και έχει αντικατασταθεί με ηλεκτρονικά σπιρόμετρα που συνοδεύονται συχνά με καταγραφικό για τις μετρήσεις κάθε ασθενούς. Προσεκτική βαθμονόμηση (calibration) είναι απαραίτητη και τα κριτήρια καλής χρήσης έχουν δημοσιευθεί (1).

Ο ασθενής πρέπει να μην φορά πολύ στενά ρούχα και το επιστόμιο πρέπει να είναι στο βολικό ύψος. Μια σωστή διαδικασία είναι να γίνονται δύο δοκιμαστικές προσπάθειες και στη συνέχεια να καταγράφονται τρεις σωστές προσπάθειες. Οι μεγαλύτερες τιμές  $FEV_1$  και FVC από τις τρεις αυτές προσπάθειες θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Οι όγκοι θα πρέπει να αναχθούν στη θερμοκρασία του σώματος και την πίεση (βλέπε Παράρτημα Α). Περισσότερες πρακτικές λεπτομέρειες μπορούν να αναζητηθούν αλλού (1).

Η δοκιμασία πολύ συχνά χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η δραστηριότητα των βρογχοδιασταλτικών φαρμάκων. Εάν υποψιάζεστε μεταβλητή απόφραξη των αεραγωγών, τότε η δοκιμασία θα πρέπει να γίνει πριν και μετά τη χορήγηση του βρογχοδιασταλτικού φαρμάκου (για παράδειγμα 0,5% albuterol = salbutamol με νεφελοποιητή για 3 min). Αμφότεροι οι  $FEV_1$  και FVC συνήθως αυξάνονται στους αρρώστους με βρογχόσπασμο.

### Δυναμική εκπνευστική ροή (FEF 25-75%)

Η παράμετρος αυτή (Forced expiratory flow) υπολογίζεται από τη δυναμική εκπνοή, όπως δείχνει η Εικόνα 1.3. Το μέσο ήμισυ (του όγκου) του συνόλου της εκπνοής σημειώνεται και η διάρκειά του υπολογίζεται. Η  $FEF_{25-75\%}$  είναι ο όγκος σε λίτρα διαιρούμενος διά του χρόνου σε δευτερόλεπτα (1). Η συσχέτιση της



**ΕΙΚΟΝΑ 1.3.** Υπολογισμός της μέσης εκπνευστικής ροής ( $FEF_{25-75\%}$ ) από μια δυναμική εκπνοή.

$FEF_{25-75\%}$  με τη  $FEV_1$  είναι πολύ καλή σε αρρώστους με αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Οι μεταβολές της  $FEF_{25-75\%}$  είναι συχνά μεγαλύτερες, αλλά και το εύρος των φυσιολογικών τιμών είναι μεγαλύτερο.

### Ερμηνεία των δοκιμασιών της δυναμικής εκπνοής

Κατά κάποιον τρόπο, οι πνεύμονες και ο θώρακας μπορούν να παρομοιαστούν σαν μια απλή αντλία αέρα (Εικόνα 1.4). Η απόδοση μιας τέτοιας αντλίας εξαρτάται από τον όγκο εξώθησης, την αντίσταση των αεραγωγών και τη δύναμη που ασκείται στο πιστόνι. Ο τελευταίος παράγοντας είναι σχετικά ασήμαντος στη δυναμική εκπνοή, όπως θα συζητήσουμε παρακάτω.

Η **ζωτική χωρητικότητα** (ή η δυναμική ζωτική χωρητικότητα, FVC) είναι μια έκφραση του όγκου εξώθησης και κάθε μείωσή του επηρεάζει την αναπνευστική ικανότητα. Αίτια μείωσης του όγκου παλμού περιλαμβάνουν νοσήματα του θωρακικού τοιχώματος, όπως η κυφοσκλίωση, η αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα και οι οξείς τραυματισμοί· νοσήματα που επηρεάζουν τα νεύρα των αναπνευστικών μυών ή τους ίδιους τους μύες, όπως η πολιομυελίτιδα ή η μυϊκή δυστροφία· παθήσεις της υπεζωκοτικής κοιλότητας, όπως ο πνευμοθώρακας ή η πάχυνση του υπεζωκότα· παθολογικές καταστάσεις των πνευμόνων, όπως η ίνωση, η οποία μειώνει την ενδοτικότητα τους· χωροκατακτητικές εξεργασίες, όπως κύστεις· ή η αύξηση του όγκου αίματος στους πνεύμονες, όπως στην αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια.

#### FEV<sub>1</sub> και FVC

Ο δυναμικά εκπνεόμενος όγκος στο πρώτο δευτερόλεπτο σε συνδυασμό με τη δυναμική εκπνευστική χωρητικότητα:

είναι μια απλή δοκιμασία

συχνά αποδίδει χρήσιμες πληροφορίες

παθολογική δοκιμασία σε πολλούς ασθενείς με πνευμονοπάθεια

συχνά χρήσιμη δοκιμασία στην εκτίμηση της πορείας της νόσου

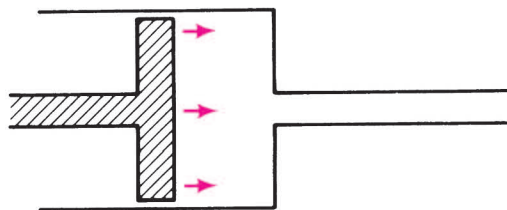
Επιπρόσθετα, υπάρχουν νοσήματα των αεραγωγών που προκαλούν πρόωμη σύγκλεισή τους στη διάρκεια της εκπνοής και επομένως μειώνουν τον όγκο που μπορεί να εκπνευστεί. Αυτό συμβαίνει στο άσθμα και τη βρογχίτιδα.

Ο *δυναμικά εκπνεόμενος όγκος* (και οι σχετικοί δείκτες όπως η  $FEF_{25-75\%}$ ) επηρεάζεται από την αντίσταση των αεραγωγών στη διάρκεια της δυναμικής εκπνοής. Κάθε αύξηση της αντίστασης μειώνει την αναπνευστική ικανότητα. Αίτια περιλαμβάνουν τη βρογχοσύσπαση, όπως στο άσθμα ή αυτήν που ακολουθεί την εισπνοή ερεθιστικών ουσιών, όπως ο καπνός του τσιγάρου· δομικές αλλοιώσεις των αεραγωγών, όπως στη χρόνια βρογχίτιδα· απόφραξη του αυλού των αεραγωγών, όπως στην εισπνοή ξένου σώματος· ή εκσεσημασμένη αύξηση βρογχικών εκκρίσεων· και καταστροφικές αλλοιώσεις του πνευμονικού παρεγχύματος, που επηρεάζουν την προς τα έξω έλξη τους, η οποία φυσιολογικά διατηρεί τους αεραγωγούς ανοικτούς.

Το απλό μοντέλο της Εικόνας 1.4 χρησιμοποιείται εισαγωγικά για την κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την αναπνευστική ικανότητα των παθήσεων του παθολογικού πνεύμονα, όμως χρειάζεται να επεκτείνουμε το μοντέλο για πληρέστερη κατανόηση. Για παράδειγμα, οι αεραγωγοί βρίσκονται πραγματικά μέσα στην αντλία και όχι απ' έξω, όπως δείχνει η Εικόνα 1.4. Χρήσιμες συμπληρωματικές πληροφορίες παρέχει η ανάλυση της καμπύλης ροής - όγκου.

### Η εκπνευστική καμπύλη ροής-όγκου

Αν καταγράψουμε τη ροή και τον όγκο στη διάρκεια της δυναμικής εκπνοής, λαμβάνουμε μία καμπύλη σαν αυτήν που παρουσιάζει η Εικόνα 1.5Α. Μία αξιοσημείωτη ιδιότητα της καμπύλης ροής - όγκου (flow - volume) είναι ότι είναι αδύνατον να βγει κανείς έξω από αυτήν. Για παράδειγμα, αν αρχίσουμε να εκπνέουμε σιγά και στη συνέχεια πραγματοποιήσουμε μέγιστη προσπάθεια, η ροή θα αυξηθεί μέχρι τα όρια της καμπύλης αλλά ποτέ έξω από αυτήν. Προφανώς, κάτι πολύ ισχυρό καθορίζει τη μέγιστη ροή για έναν δεδομένο όγκο. Αυτός ο παράγοντας είναι η *δυναμική συμπίεση των αεραγωγών*.



↓ Όγκος εξώθησης

Διάμεσοι όγκοι  
Πολιομυελίτιδα  
Μυϊκή δυστροφία  
Νοσήματα Υπεζωκότα  
Κυφωσκολίωση

↑ Αντίσταση Αεραγωγών

Άσθμα  
Βρογχίτιδα

**ΕΙΚΟΝΑ 1.4.** Απλό μοντέλο των παραγόντων που μπορούν να μειώσουν την αναπνευστική ικανότητα. Ο αναπνεόμενος όγκος αέρα (stroke volume) μειώνεται από παθήσεις του θωρακικού τοιχώματος, του πνευμονικού παρεγχύματος, του υπεζωκότα ή των αναπνευστικών μυών. Η αντίσταση των αεραγωγών αυξάνεται στο άσθμα και τη βρογχίτιδα.