

ΕΝΟΤΗΤΑ

I

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

- 1 Λειτουργικές Δοκιμασίες Πνευμόνων**
(Ε. Τσίγκου, Ε. Μπούτζουκα)
- 2 Αέρια Αίματος**
(Ε. Μπούτζουκα)
- 3 Κινησιολογία της Αναπνοής**
(Π. Καρακασίδου)

Λειτουργικές Δοκιμασίες Πνευμόνων

ΕΥΔΟΞΙΑ ΤΣΙΓΚΟΥ, ΕΛΕΝΗ ΜΠΟΥΤΖΟΥΚΑ

■ ΚΥΡΙΑ ΣΗΜΕΙΑ

- Η σπιρομετρία πραγματοποιείται με σπιρόμετρα όγκου ή σπιρόμετρα ροής και μετρά τις ροές στους αεραγωγούς και τους περισσότερους πνευμονικούς όγκους.
- Τα σπιρόμετρα καταγράφουν την καμπύλη ροής-χρόνου και την καμπύλη ροής-όγκου. οι σημαντικότερες παράμετροι που καταγράφουν είναι οι: PEF, FEV₁, FVC, FEV₁/FVC, IVC, SVC και FEF₂₅₋₇₅.
- Οι κύριες ενδείξεις της σπιρομετρίας αφορούν στην εκτίμηση αναπνευστικών συμπτωμάτων, στην ποσοτικοποίηση της σοβαρότητας των αναπνευστικών νοσημάτων, στην πρώιμη ανίχνευση πνευμονολογικών νόσων, στον προεγχειρητικό έλεγχο και στην πιστοποίηση της αναπνευστικής αναπηρίας.
- Η ερμηνεία των δεικτών της αναπνευστικής λειτουργίας γίνεται μέσω σύγκρισής τους με τιμές αναφοράς, κατάλληλες για την ηλικία, το ύψος, το φύλο και την εθνικότητα του εξεταζόμενου.
- Οι φυσιολογικές τιμές των FVC και FEV₁ αντιστοιχούν στο 80 - 120% της προβλεπόμενης, του λόγου FEV₁/FVC σε >0.70 και της FEF₂₅₋₇₅ σε >65% της προβλεπόμενης.
- Με βάση τους δείκτες FVC, FEV₁ και του λόγου FEV₁/FVC, η εξέταση ταξινομείται ως φυσιολογική, ή παθολογική, όπου με τον όρο παθολογική εννοείται το αποφρακτικό, το περιοριστικό ή το μικτό πρότυπο.
- Το αποφρακτικό σύνδρομο οφείλεται σε δυσανάλογη μείωση της μέγιστης ροής σε σχέση με το μέγιστο όγκο αέρα που μπορεί να αποβληθεί από τον πνεύμονα και εκφράζεται ως λόγος FEV₁/FVC <0.70.
- Οι περιοριστικές διαταραχές χαρακτηρίζονται από μείωση της TLC κάτω από το 5ου εκατοστημόριο της αναμενόμενης τιμής και από φυσιολογικό λόγο FEV₁/FVC.

- Η μικτή αναπνευστική διαταραχή χαρακτηρίζεται από τη συνύπαρξη απόφραξης και περιορισμού και ορίζεται ως συνύπαρξη χαμηλού λόγου FEV_1/FVC και χαμηλής TLC.
- Ο FEV1 αποτελεί δείκτη εκλογής για τη σταδιοποίηση των αποφρακτικών νοσημάτων, για την παρακολούθηση των ασθενών με βρογχικό άσθμα ή ΧΑΠ καθώς και για την εκτίμηση της ανταπόκρισής τους στη θεραπεία.
- Η μεταβολή του $FEV_1 >12\%$ ή >200 ml μετά από βρογχοδιαστολή είναι ενδεικτική ανταπόκρισης στο βρογχοδιασταλτικό.
- Η επισκόπηση της καμπύλης ροής-όγκου παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την ποιότητα της εξέτασης, ενώ η μορφολογία της είναι χαρακτηριστική σε αποφρακτικά και περιοριστικά σύνδρομα και σε απόφραξη ανώτερων αεραγωγών.
- Η PEF είναι κλασικά μειωμένη στα αποφρακτικά νοσήματα και αποτελεί πολύ χρήσιμο δείκτη για τη διάγνωση και κυρίως για την παρακολούθηση του άσθματος, με τη βοήθεια του ροομέτρου.
- Οι σημαντικότεροι πνευμονικοί όγκοι είναι ο υπολειπόμενος όγκος (RV), ο αναπνεόμενος όγκος (Vt) και οι σημαντικότερες χωρητικότητες είναι η ολική πνευμονική χωρητικότητα (TLC), η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (FRC) και η ζωτική χωρητικότητα (VC).
- Η μέτρηση των πνευμονικών όγκων πραγματοποιείται συμπληρωματικά της σπιρομέτρησης, συνήθως όταν η VC είναι παθολογική, για τη διάγνωση περιοριστικών αναπνευστικών νοσημάτων, μικτών διαταραχών και υπερδιάτασης.
- Η διαχυτική ικανότητα των πνευμόνων χρησιμοποιείται κυρίως για την πρόωπη διάγνωση των διάμεσων νοσημάτων και για την παρακολούθησή τους.

- Η μέτρηση της μέγιστης εισπνευστικής και εκπνευστικής πίεσης έχει ένδειξη όταν υπάρχει ανεξήγητη μείωση της ζωτικής χωρητικότητας ή όταν υπάρχει υποψία αδυναμίας αναπνευστικών μυών.

■ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την αναπνοή, με τη συνεργασία του αερισμού, της πνευμονικής κυκλοφορίας και της διάχυσης, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα ανταλλάσσονται μεταξύ ατμόσφαιρας και μικτού φλεβικού αίματος, ανάλογα με τις μεταβολικές ανάγκες του σώματος. Οι λειτουργικές δοκιμασίες των πνευμόνων αναγνωρίζουν τις διαταραχές που οφείλονται σε διαταραχές του αερισμού και της διάχυσης και επιτρέπουν τη διάκριση αποφρακτικού-περιοριστικού προτύπου, την πρόωπη διάγνωση και σταδιοποίηση των κυριότερων αναπνευστικών νοσημάτων, την παρακολούθησή τους και τον έλεγχο της ανταπόκρισής τους στη θεραπεία¹.

■ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΘΕΜΑΤΟΣ

Οι λειτουργικές πνευμονικές δοκιμασίες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: στη μέτρηση των ροών στους αεραγωγούς, στη μέτρηση των πνευμονικών όγκων και χωρητικοτήτων και στη μέτρηση της διάχυσης. Άλλες παράμετροι που μπορούν επίσης να εκτιμηθούν στα περισσότερα εργαστήρια πνευμονικής λειτουργίας περιλαμβάνουν τον μέγιστο εφεδρικό αερισμό και τη μέγιστη εισπνευστική και εκπνευστική πίεση¹.

Εκτιμώμενες παράμετροι

Οι συνήθεις παράμετροι που εκτιμώνται με τις λειτουργικές πνευμονικές δοκιμασίες είναι:

- **FVC** (Forced vital capacity – βίαιη ζωτική χωρητικότητα): ο συνολικός όγκος αέρα που εκπνέεται βίαια, από τη μέγιστη εισπνευστική θέση έως την μέγιστη εκπνευστική θέση (liters).
- **FEVt** (Forced expired volume) – βιαίως εκπνεόμενος όγκος αέρα σε διάφορες χρονικές στιγμές της δοκιμασίας FVC (π.χ. 1, 2, 3, 6 sec, με τον FEV1 να είναι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος) (liters).
- **VC ή SVC** (Slow Vital Capacity – αργή ζωτική χωρητικότητα): ο συνολικός όγκος αέρα που εκπνέεται αργά, από τη μέγιστη εισπνευστική θέση έως την μέγιστη εκπνευστική θέση (liters).
- **FEVt/FVC ή FEVt%**: ο λόγος του βιαίως εκπνεόμενου όγκου προς τη βίαια εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα (συνήθως ως λόγος FEV1/FVC).
- **FEF₂₅** (Forced expiratory flow): η βίαιη εκπνευστική ροή στο 25% του πνευμονικού όγκου, που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας FVC (liters/second ή liters/min).
- **FEF₅₀**: η βίαιη εκπνευστική ροή στο 50% του πνευμονικού όγκου που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας FVC (liters/second ή liters/min).
- **FEF₇₅**: η βίαιη εκπνευστική ροή στο 75% του πνευμονικού όγκου που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας FVC (liters/second ή liters/min).
- **FEF₂₅₋₇₅** (Forced expiratory flow): η βίαιη εκπνευστική ροή μεταξύ του 25% και 75% της δοκιμασίας FVC (μεσοεκπνευστική ροή) (liters/second).
- **PEF ή PEFr** (Peak expiratory flow rate): η μέγιστη ροή του εκπνεόμενου αέρα που επιτυγχάνεται κατά τη δοκιμασία FVC (liters/second or liters/min).
- **PIF ή PIFr** (Peak inspiratory flow rate): η μέγιστη ροή του εισπνεόμενου αέρα που επιτυγχάνεται κατά τη διαδικασία μέγιστης εισπνοής (liters/second or liters/min).
- **FRC** (Functional residual capacity, λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα): ο όγκος του αέρα που παραμένει στον πνεύμονα στο τέλος μιας φυσιολογικής εκπνοής (liters).
- **IC** (Inspiratory capacity-εισπνευστική χωρητικότητα): το μέγιστο ποσό του αέρα που μπορεί να εισπνευσθεί από το τέλος της εκπνοής (liters).
- **IRV** (Inspiratory reserve volume, εισπνεόμενος εφεδρικός όγκος): το μέγιστο ποσό του αέρα που μπορεί να εισπνευσθεί από το τέλος της ήρεμης εισπνοής (liters).
- **ERV** (Expiratory reserve volume, εκπνεόμενος εφεδρικός όγκος): το μέγιστο ποσό του αέρα που μπορεί να εκπνευσθεί από το τέλος της ήρεμης εκπνοής (liters).
- **RV** (Residual volume-υπολειπόμενος όγκος): ο όγκος του αέρα που παραμένει στον πνεύμονα μετά τη μέγιστη εκπνοή (liters).
- **TLC** (Total lung capacity-ολική πνευμονική χωρητικότητα): ο όγκος του αέρα που περιέχεται στους πνεύμονες μετά μέγιστη εισπνοή (liters).
- **DLCO** (Carbon monoxide diffusing capacity of the lung-διαχυτική ικανότητα του πνεύμονα για το μονοξείδιο του άνθρακα): ο ρυθμός διάχυσης του μονοξειδίου του άνθρακα κατά μήκος της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης (δηλαδή ο βαθμός μεταφοράς του αερίου κατά μήκος της μεμβράνης) (milliliters/min per millimeter of mercury).
- **CV** (Closing volume-όγκος σύγκλισης): ο όγκος στον οποίο οι κατωφερέστερες πνευμονικές ζώνες σταματούν να αερίζονται ως αποτέλεσμα σύγκλισης των

αεραγωγών (ως ποσοστό ζωτικής χωρητικότητας).

- MVV (Maximum voluntary ventilation, μέγιστος εφεδρικός αερισμός): το μέγιστο ποσό των λίτρων αέρα που το άτομο μπορεί να εισπνεύσει σε ανά min κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης αναπνευστικής προσπάθειας (liters/min)¹.

Σπιρομετρία

Η σπιρομετρία είναι η πιο διαδεδομένη εξέταση εκτίμησης της πνευμονικής λειτουργίας, που μετρά τις ροές στους αεραγωγούς και τους περισσότερους πνευμονικούς όγκους. Πραγματοποιείται με σπιρόμετρα όγκου ή σπιρόμετρα ροής. Τα σπιρόμετρα όγκου μετρούν άμεσα τον όγκο του εκπνεόμενου αέρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνήθως ως μια γραφική απεικόνιση του όγκου ως προς το χρόνο (σπιρογράφημα όγκου-χρόνου) και οι περισσότεροι δείκτες υπολογίζονται με αριθμητικές πράξεις από το σπιρογράφημα. Αν και τα σπιρόμετρα όγκου είναι απλά στη χρήση και αξιόπιστα, δεν είναι φορητά και χρησιμοποιούνται πλέον σε περιορισμένη κλίμακα. Τα σπιρόμετρα ροής (πνευμοταχογράφος τύπου Lilly ή Fleisch, με περιστρεφόμενη έλικα, ή υπερήχων) μετρούν τη ροή και υπολογίζουν τον όγκο με ηλεκτρονική (αναλογική) ή αριθμητική (ψηφιακή) αναγωγή του σήματος της ροής. Υπολογίζουν ένα ευρύ φάσμα δεικτών αερισμού, επιλέγοντας το καλύτερο αποτέλεσμα, αποθηκεύουν και συνήθως εκτυπώνουν τα αποτελέσματα, είναι φορητά και έχουν πρακτικά αντικαταστήσει τα σπιρόμετρα όγκου. Πλεονεκτήουν γιατί πέραν των μετρούμενων όγκων και ροών αποτυπώνουν την καμπύλη ροής-όγκου, η μορφολογία της οποίας παρέχει πολύτιμες διαγνωστικές πληροφορίες².

Οι ροές και οι όγκοι που έχουν μεγάλη κλινική αξία και μετρώνται κατά τη διάρκεια μιας συνηθισμένης σπιρομέτρησης είναι οι: PEF, FEV₁, FVC, IVC, SVC, FEF₂₅₋₇₅₂.

Ενδείξεις της σπιρομετρίας

Οι ενδείξεις της εξέτασης παρουσιάζονται στον **πίνακα 1**. Αν και δεν υπάρχουν απόλυτες αντενδείξεις για τη διενέργεια της, συνιστάται να μην πραγματοποιείται σε διάστημα συντομότερο του ενός μηνός μετά έμφραγμα του μυοκαρδίου, ενώ αναμένεται να μην έχει αξιόπιστο αποτέλεσμα σε ασθενείς με θωρακικό ή κοιλιακό άλγος οποιασδήποτε αιτίας, με άλγος στόματος ή προσώπου που επιδεινώνεται με το επιστόμιο, με άνοια ή σύγχυση και με μη διαχειρίσιμο stress³.

Τυποποίηση (standardization) σπιρομετρίας

Η αξιοπιστία της σπιρομέτρησης εξαρτάται από την ορθή λειτουργία και ακρίβεια του σπιρόμετρου, από την καλή συνεργασία του ασθενούς και από τη χρήση των σωστών προβλεπόμενων φυσιολογικών τιμών. Οι θέσεις της Αμερικανικής και της Ευρωπαϊκής Πνευμονολογικής Εταιρείας (ATS/ERS, αντίστοιχα) για τη σωστή διενέργεια της σπιρομέτρησης περιλαμβάνουν κριτήρια που έχουν να κάνουν με το σπιρόμετρο, τον τρόπο καταγραφής των ροών και όγκων, την ποιότητα, τη βαθμονόμηση και την αξιολόγηση των δοκιμασιών².

Το σπιρόμετρο θα πρέπει να μπορεί να συλλέξει όγκο αέρα τουλάχιστον για 15 s και να μετρήσει όγκους τουλάχιστον 8 L (BTPS) με ακρίβεια τουλάχιστον $\pm 3\%$ ή ± 0.050 L, όποιο είναι μεγαλύτερο, με ροές μεταξύ 0 και 14 L s⁻¹, ενώ η ολική αντίσταση στη ροή, στα 14.0 L s⁻¹, πρέπει να είναι <1.5 cmH₂O L⁻¹ s⁻¹. Η καταγραφή πρέ-

Πίνακας 1. Ενδείξεις σπιρομετρίας**Διαγνωστικές**

- Εκτίμηση συμπτωμάτων, σημείων ή παθολογικών εργαστηριακών ευρημάτων
- Ποσοτικοποίηση της επίδρασης μιας ασθένειας στην πνευμονική λειτουργία
- Screening ασθενών σε κίνδυνο για πνευμονική νόσο
- Εκτίμηση προεγχειρητικού κινδύνου
- Εκτίμηση πρόγνωσης
- Εκτίμηση φυσικής κατάστασης πριν την έναρξη προγραμμάτων έντονης φυσικής δραστηριότητας

Παρακολούθηση

- Εκτίμηση θεραπευτικής παρέμβασης
- Περιγραφή της πορείας νόσου που επηρεάζει την πνευμονική λειτουργία
- Παρακολούθηση ασθενών που έχουν εκτεθεί σε βλαπτικούς παράγοντες
- Παρακολούθηση για ανεπιθύμητες ενέργειες από φάρμακα με γνωστή τοξικότητα στους πνεύμονες

Εκτίμηση αναπηρίας

- Εκτίμηση ασθενών ως μέρος προγράμματος αποκατάστασης
- Εκτίμηση κινδύνου σε περιπτώσεις προγραμμάτων ασφαλιστικής κάλυψης
- Εκτίμηση ατόμων για νομικούς λόγους

Δημόσια υγεία

- Επιδημιολογικές μελέτες
- Διαμόρφωση εξισώσεων αναφοράς
- Κλινική έρευνα

πει να περιλαμβάνει τόσο καμπύλες όγκου-χρόνου όσο και καμπύλες ροής-όγκου, που θα πρέπει να επισκοπούνται κατά τη διάρκεια της εξέτασης. Πρέπει να γίνεται ποιοτικός έλεγχος και βαθμονόμηση (calibration) της συσκευής. Ως βαθμονόμηση ορίζεται η διαδικασία ελέγχου της σχέσης μεταξύ των όγκων ή ροών που μετρώνται από τον αισθητήρα της συσκευής ως προς τις αντίστοιχες τιμές που πραγματικά καταγράφονται. Η βαθμονόμηση πρέπει να γίνεται καθημερινά, ή και συχνότερα αν υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή, και πραγματοποιείται με σύριγγα 3 L που έχει ακρίβεια

$\pm 15 \text{ ml}$ ή $\pm 0.5\%$ της πλήρους κλίμακας (15 ml για σύριγγα 3 L). Όλοι οι δείκτες της αναπνευστικής λειτουργίας πρέπει να διορθώνονται σε θερμοκρασία και πίεση αέρα κορεσμένου με υδρατμούς (BTPS)².

Φυσιολογικές τιμές

Η ερμηνεία των δεικτών της αναπνευστικής λειτουργίας γίνεται μέσω σύγκρισής τους με τιμές αναφοράς, κατάλληλες για την ηλικία, το ύψος, το φύλο και την εθνικότητα του εξεταζόμενου. Οι τιμές αυτές αναφοράς, ή προβλεπόμενες φυσιολογικές τιμές, προέρχονται από πληθυσμιακές μελέτες σε υγιή - ασυμπτωματικά άτομα με τα ίδια ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (φύλο, ηλικία και ύψος) και με την ίδια εθνικότητα. Οι τιμές αναφοράς είναι ενσωματωμένες στο λογισμικό των σύγχρονων σπιρομετρών. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις για κάποια εθνικότητα, οι προβλεπόμενες τιμές προκύπτουν από ένα συντελεστή διόρθωσης (π.χ., 0.94 για Ασιάτες). Για τους ασθενείς με δυσμορφίες της σπονδυλικής στήλης και για εκείνους που δεν μπορούν να σταθούν όρθιοι, η μέτρηση του ανοίγματος των χεριών (armspan) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προσέγγιση του ύψους. Ο ασθενής τεντώνει τα χέρια του σε αντίθετες κατευθύνσεις για την επίτευξη της μέγιστης απόστασης μεταξύ των άκρων των μεσαίων δακτύλων. Χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τύπο, μπορεί να εκτιμηθεί το ύψος:

- Για καυκάσιους άνδρες:

$$\text{Ύψος} = \text{armspan}/1.03$$

- Για καυκάσιες γυναίκες:

$$\text{Ύψος} = \text{armspan}/1.01$$

Πρόσφατα, υιοθετήθηκε από τις ATS/ERS η έννοια του «κατώτερου ορίου του φυσιολογικού» (LLN-lower limit of normal), για την αναφορά των μετρούμενων τιμών. Η τυπική

υπόθεση είναι ότι για δεδομένα με κανονική κατανομή, οι τιμές μεταξύ 2 τυπικών αποκλίσεων (SD – standard deviation) της μέσης τιμής, αντιπροσωπεύουν το 95% του πληθυσμού και θεωρούνται φυσιολογικές. Οι τιμές οι οποίες είναι υψηλότερες από την τιμή αναφοράς δεν θεωρούνται παθολογικές. Το LLN ορίζεται ως το 5ο εκατοστημόριο, δηλαδή η τιμή που σηματοδοτεί το χαμηλότερο 5% του φυσιολογικού πληθυσμού. Με τη μεθοδολογία αυτή αποφεύγεται η υπερδιάγνωση και επομένως και η υπερ-θεραπεία ηλικιωμένων ατόμων και παράλληλα η υπο-διάγνωση νεότερων ατόμων.

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι φυσιολογικές τιμές των βασικών δεικτών αναπνευστικής λειτουργίας είναι²:

- FVC, FEV₁: 80 - 120% της προβλεπόμενης ή, σύμφωνα με τον ορισμό των ATS/ERS, >5ου εκατοστημρίου της αναμενόμενης τιμής
- FEV₁/VC (περιλαμβάνονται FVC, SVC, ή IVC) > 0.70 ή σύμφωνα με τον ορισμό των ATS/ERS >5ου εκατοστημρίου της αναμενόμενης τιμής
- FEF₂₅₋₇₅ >65% της προβλεπόμενης ή σύμφωνα με τον ορισμό των ATS/ERS >5ου εκατοστημρίου της αναμενόμενης τιμής

Διενέργεια σπιρομετρίας

Στον εξεταζόμενο θα πρέπει να έχουν δοθεί οδηγίες για αποφυγή καπνίσματος μία ώρα πριν την εξέταση, κατανάλωση αλκοόλ 4 ώρες προ της εξέτασης, διενέργεια έντονης άσκησης 30 min πριν, κατανάλωση μεγάλου γεύματος 2 ώρες πριν, και για αποφυγή ρούχων που πιέζουν το θώρακα και την κοιλιά. Αν ο εξεταζόμενος πρόκειται να υποβληθεί σε δοκιμασία πρόκλησης θα πρέπει να έχει διακόψει (εάν λαμβάνει) τα βραχεία δράσης βρογχοδιασταλτικά για 4 ώρες, τα

μακράς δράσης βρογχοδιασταλτικά για 8 ώρες, τα μακράς δράσης αντιχολινεργικά για 36 ώρες και την θεοφυλλίνη για 24 ώρες πριν την εξέταση, ενώ μπορεί να συνεχίσει να λαμβάνει τα εισπνεόμενα κορτικοστεροειδή⁴.

Κατά την εκτέλεση της σπιρομέτρησης διακρίνονται τρεις φάσεις της δοκιμασίας: μέγιστη εισπνοή, έντονη και βίαιη εκπνοή και συνεχιζόμενη και πλήρης εκπνοή μέχρι το τέλος της εξέτασης. Η σπιρομέτρηση κατά βήματα παρουσιάζεται στον **πίνακα 2**.

Πιο αναλυτικά, σε κάθε νέα εξέταση πρέπει να χρησιμοποιείται 1 νέο και καθαρό επιστόμιο και επί υποψίας λοίμωξης να προστίθεται αντιβακτηριδιακό φίλτρο. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης το επιστόμιο θα πρέπει να είναι πίσω από τα δόντια και στην κορυφή της γλώσσας, έτσι ώστε η τελευταία να μην παρεμβαίνει στην ελεύθερη είσοδο ή έξοδο του αέρα και τα χείλη πρέπει να είναι ερμητικά κλειστά γύρω από το επιστόμιο για την αποφυγή διαρροής αέρα. Η τεχνητή οδοντοστοιχία δεν πρέπει να αφαιρείται ως ρουτίνα, γιατί διασφαλίζει σωστή στοματοφαρυγγική γεωμετρία. Είναι σημαντικό η εισπνοή να είναι πλήρης και η εκπνοή να αρχίζει με μέγιστη προσπάθεια και χωρίς καθυστέρηση (μόνο για 1-2 sec σε θέση TLC, γιατί όταν η εισπνοή είναι αργή και υπάρχει κράτημα της αναπνοής για 4-6 sec σε θέση μέγιστης εισπνοής οι PEF και FEV1 υποεκτιμώνται). Ο ασθενής θα πρέπει να διδάσκεται να εκπνέει με όλη του την προσπάθεια και όχι απλά να φυσάει. Σημειωτέον ότι, οι ασθενείς με απόφραξη των αεραγωγών, μπορεί να χρειαστούν πολλά sec για να εκπνεύσουν πλήρως. Κατά τη διάρκεια της εξέτασης ο ασθενής επισκοπείται συνεχώς για να είναι σίγουρο ότι καταβάλει μέγιστη προσπάθεια και ότι δεν βρίσκεται σε δυσχέρεια. Αν αισθαν-

Πίνακας 2. Βήματα κατά την εκτέλεση της σπιρομέτρησης.

- Έλεγχος της βαθμονόμησης (calibration) του σπιρόμετρου
 - Εξήγηση της διαδικασίας στον ασθενή
 - Προετοιμασία ασθενούς
 - Ερώτηση για πρόσφατες ασθένειες, καπνιστική συνήθεια, χρήση φαρμάκων, κ.α.
 - Μέτρηση βάρους και ύψους (χωρίς παπούτσια)
 - Πλύσιμο χεριών
 - Εκπαίδευση του ασθενούς, η οποία περιλαμβάνει:
 - ⇒ Σωστή θέση με το κεφάλι ελαφρά ανυψωμένο
 - ⇒ Εισπνοή ταχεία και πλήρης
 - ⇒ Σωστή τοποθέτηση επιστόμιου (ανοικτό κύκλωμα)
 - ⇒ Εκπνοή με μέγιστη προσπάθεια
 - ⇒ Εκτέλεση δοκιμασίας (μέθοδος κλειστού κυκλώματος)
 - ⇒ Τοποθέτηση ασθενούς σε σωστή θέση
 - ⇒ Τοποθέτηση ρινοπίεστρου, τοποθέτηση επιστόμιου με τα χείλη του ασθενούς γύρω από αυτό
 - ⇒ Πλήρης και ταχεία εισπνοή με παύση διάρκειας 1 sec στη θέση TLC
 - ⇒ Μέγιστη εκπνοή έως ότου καθόλου αέρας να μην εξέρχεται και διατηρώντας σωστή θέση
 - ⇒ Επανάληψη οδηγιών όσες φορές χρειάζεται
 - ⇒ Επανάληψη για τουλάχιστον τρεις δοκιμασίες, συνήθως χωρίς να χρειάζονται άνω των οκτώ
 - ⇒ Έλεγχος αναπαραγωγιμότητας και εκτέλεση όσων παραπάνω δοκιμασιών χρειάζονται
 - ⇒ Εκτέλεση δοκιμασίας (μέθοδος ανοικτού κυκλώματος)
 - ⇒ Τοποθέτηση ασθενούς σε σωστή θέση
 - ⇒ Τοποθέτηση ρινοπίεστρου
 - ⇒ Πλήρης και ταχεία εισπνοή με παύση διάρκειας 1 sec στη θέση TLC
 - Τοποθέτηση επιστόμιου με τα χείλη του ασθενούς γύρω από αυτό
 - Μέγιστη εκπνοή έως ότου καθόλου αέρας να μην εξέρχεται και διατηρώντας σωστή θέση
- Επανάληψη οδηγιών όσες φορές χρειάζεται
Επανάληψη για τουλάχιστον τρεις δοκιμασίες, συνήθως χωρίς να χρειάζονται άνω των οκτώ
Έλεγχος αναπαραγωγιμότητας και εκτέλεση όσων παραπάνω δοκιμασιών χρειάζονται

θεί θαλάδα η δοκιμασία πρέπει να σταματά (μπορεί να ακολουθήσει συγκοπή λόγω της παρατεταμένης παρεμπόδισης της φλεβικής επιστροφής στο θώρακα, ειδικά σε ηλικιωμένα άτομα και σε ασθενείς με περιορισμό της ροής αέρα). Παράλληλα πρέπει να παρακολουθείται στην οθόνη του υπολογιστή η μορφολογία της καμπύλης της σπιρομέτρησης^{2,4}.

Κάθε δοκιμασία πρέπει να ελέγχεται για κριτήρια αποδοχής και αναπαραγωγιμότητας. Ένα σπιρογράφημα είναι “αποδεκτό” εάν:

- αρχίζει από πλήρη εισπνοή, έχει ταχεία έναρξη
- δεν υπάρχει βήκας, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια του πρώτου sec της εκπνοής

- δεν υπάρχει κλείσιμο της γλωττίδας, που να επηρεάζει τη μέτρηση
- η προσπάθεια είναι μέγιστη
- δεν υπάρχουν διαρροές αέρα από το στόμα ή από τον σωλήνα του σπιρόμετρου, δεν παρεμποδίζεται το επιστόμιο
- κριτήρια σωστού τερματισμού της δοκιμασίας είναι όταν υπάρχει συνεχής μέγιστη εκπνοή για ≥ 6 sec σε διάρκεια (δεν έχει πρόωρη λήξη) και υπάρχει plateau στην καμπύλη όγκου-χρόνου (δηλαδή, δεν υπάρχει αλλαγή στον όγκο ($<0.025L$) για περίοδο ίση ή μεγαλύτερη του ενός sec².

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω κριτήρια αποδοχής, μια σωστή εξέταση απαιτεί τουλάχιστον τρεις αποδεκτές δοκιμασίες FVC.

Αποδεκτή επαναληψιμότητα μεταξύ των δοκιμασιών υπάρχει όταν η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης και της αμέσως μεγαλύτερης FVC είναι ≤ 0.150 L και η διαφορά μεταξύ του μεγαλύτερου και του ακόμα μεγαλύτερου FEV₁ είναι ≤ 0.150 L (σε όσους έχουν τιμές FVC ≤ 1.0 L, και οι δύο τιμές γίνονται 0.100 L). Αν τα κριτήρια αυτά δεν ικανοποιούνται σε τρεις δοκιμασίες πρέπει να ακολουθούν επιπρόσθετες δοκιμασίες, αλλά συνήθως όχι παραπάνω από οκτώ. Από τις τρεις αποδεκτές δοκιμασίες επιλέγεται η μεγαλύτερη FVC και η μεγαλύτερη FEV₁, ακόμα κι αν δεν προέρχονται από την ίδια καμπύλη².

Είναι επιθυμητό το σύστημα να ενημερώνει τον τεχνικό για την ικανοποίηση ή όχι των παραπάνω κριτηρίων αποδοχής και αναπαραγωγιμότητας, χωρίς να υποκαθιστά βέβαια την επισκόπηση του ασθενούς και του σπироγραφήματος καθόλη τη διάρκεια της εξέτασης².

Ερμηνεία παραμέτρων

Οι δοκιμασίες πνευμονικής λειτουργίας δεν είναι παθολογικές συγκεκριμένου νοσήματος και η ερμηνεία τους βασίζεται στο κλινικό ερώτημα που έχει τεθεί.

Με βάση τους δείκτες FVC, FEV₁ και του λόγου FEV₁/FVC η εξέταση ταξινομείται ως φυσιολογική, ή παθολογική, όπου με τον όρο παθολογική εννοείται το αποφρακτικό, το περιοριστικό ή το μικτό πρότυπο. Τα εργαστήρια πνευμονικής λειτουργίας χρησιμοποιούν την SVC ή την IVC εναλλακτικά της FVC (χωρίς να αλλάζουν οι τιμές αναφοράς). Μάλιστα, επειδή η IVC επηρεάζεται λιγότερο από την απόφραξη των αεραγωγών σε σχέση με την FVC ή την SVC, αρκετά εργαστήρια που πραγματοποιούν δοκιμασίες μέγιστης εισπνοής, χρησιμοποιούν το δείκτη Tiffeneau (FEV₁/IVC) ως

την παράμετρο εκλογής για τη διάγνωση της απόφραξης των αεραγωγών. Σε κάποιες περιπτώσεις ο όγκος που εκπνέεται σε 6 sec (FEV₆) χρησιμοποιείται αντί της FVC. Έχει το πλεονέκτημα ότι είναι περισσότερο αναπαραγωγίμος και απαιτεί μικρότερη προσπάθεια από τον ασθενή. Σύμφωνα με τις θέσεις των ATS/ERS οι FVC, VC και IVC χρησιμοποιούνται αδιακρίτως και αναφέρονται από κοινού ως VC^{2,5}.

Η μέγιστη μεσοεκπνευστική ροή (FEF_{25-75%}) θεωρείται δείκτης απόφραξης των μικρών αεραγωγών αν και η τιμή της εξαρτάται από την εκπνευστική προσπάθεια.

Αίτια μειωμένης VC:

- Απόφραξη αεραγωγών
- Περιορισμός
- Συνδυασμός απόφραξης αεραγωγών και περιοριστικού συνδρόμου

Αίτια μειωμένου FEV₁:

- Απόφραξη αεραγωγών
- Περιορισμός

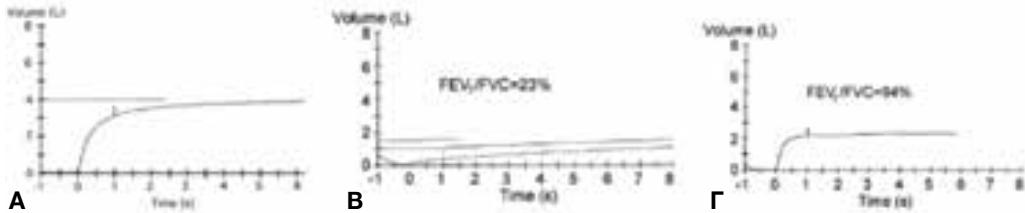
Αίτια παθολογικού λόγου FEV₁/VC:

- Μειωμένος: απόφραξη αεραγωγών
- Ελαφρά αυξημένος (μπορεί φυσιολογικός): περιοριστικό σύνδρομο

Αίτια μειωμένης FEF_{25-75%}

- Νόσος μικρών αεραγωγών

Όλες οι παραπάνω τιμές μπορούν να εξαχθούν από την καμπύλη όγκου-χρόνου. Σε ασθενή με φυσιολογική πνευμονική λειτουργία, η καμπύλη όγκου-χρόνου αυξάνεται γρήγορα και ομαλά και παρουσιάζει ένα plateau μέσα σε 3-4 δευτερόλεπτα. Με αυξανόμενους βαθμούς απόφραξης των αεραγωγών, ο ασθενής χρειάζεται όλο και περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσει την εκπνευστική του προσπάθεια -έως 15 δευτερόλεπτα- και η ανοδική κλίση της καμπύλης γίνεται όλο και λιγότερο απότομη. Αντίθετα, ο ασθενής με περιοριστικό σύνδρομο εκπνέει πολύ γρήγορα (σχήμα 1)⁴.



Σχήμα 1. Σπироγράφημα σε διάφορες καταστάσεις **A:** Φυσιολογικό, **B:** Σοβαρή απόφραξη, **Γ.** Περιορισμός.

Αποφρακτικές διαταραχές: οφείλονται σε δυσανάλογη μείωση της μέγιστης ροής σε σχέση με το μέγιστο όγκο αέρα που μπορεί να αποβληθεί από τον πνεύμονα. Αποδίδονται σε μείωση της διαμέτρου των αεραγωγών κατά την εκπνοή και ορίζονται ως λόγος $FEV_1/VC < 0.70$ ή < 50 εκατοστημόριου της αναμενόμενης τιμής⁶.

Στα αρχικά στάδια των αποφρακτικών νοσημάτων υπάρχει περιορισμός της ροής αέρα στους μικρούς αεραγωγούς, με αποτέλεσμα να παρατηρείται επιβράδυνση στο τελικό τμήμα του σπироγραφήματος και η καμπύλη ροής όγκου να λαμβάνει κοίλο σχήμα. Ποσοτικά αντικατοπτρίζεται ως μεγαλύτερη μείωση της $FEF_{75\%}$ ή της FEF_{25-75} (αν και οι διαταραχές στη μεσοεκπνευστική ροή κατά τη βίαιη εκπνοή δεν είναι ειδικές και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδιακρίτως για τη διάγνωση νόσου μικρών αεραγωγών)⁶.

Όσο η νόσος προχωρά και προσβάλλονται κεντρικότεροι αεραγωγοί θα επηρεασθεί και η FEV_1 , γενικά δυσανάλογα της VC . Μπορεί όμως να μειώνονται ταυτόχρονα οι FEV_1 και VC και ο λόγος FEV_1/VC να είναι φυσιολογικός ή σχεδόν φυσιολογικός. Το πρότυπο αυτό συνήθως αντικατοπτρίζει την ανεπάρκεια του ασθενούς να εισπνεύσει ή να εκπνεύσει πλήρως. Στην περίπτωση αυτή, θα χρειασθεί μέτρηση στατικών πνευμονικών όγκων για την επι-

βεβαίωση της διάγνωσης. Μπορεί επίσης να βοηθήσει η επανάληψη της δοκιμασίας μετά βρογχοδιαστολή, οπότε αν παρατηρηθεί βελτίωση των FEV_1 , FVC ή και των δύο, θα είναι δηλωτικό αναστρέψιμης απόφραξης αεραγωγών.

Εκτός από την παραπάνω περίπτωση η μέτρηση των πνευμονικών όγκων δεν είναι απαραίτητη για τη διάγνωση αποφρακτικού πρότυπου. Οι αντιστάσεις των αεραγωγών σπάνια επίσης χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση απόφραξης των αεραγωγών στην κλινική πράξη, εκτός από περιπτώσεις ασθενών που δεν μπορούν να εκτελέσουν τη σπιομετρία. Νοσήματα που προκαλούν αποφρακτικό πρότυπο είναι η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), το βρογχικό άσθμα ειδικά σε φάση παρόξυνσης, η κυστική ίνωση σε προχωρημένο στάδιο, οι βρογχεκτασίες και γενικά νοσήματα που συνεπάγονται μείωση της διαμέτρου των ενδοθωρακικών αεραγωγών⁷.

Περιοριστικές διαταραχές: χαρακτηρίζονται από μείωση της TLC κάτωθεν του 5ου εκατοστημόριου της αναμενόμενης τιμής και από φυσιολογικό λόγο FEV_1/VC . Η ύπαρξη περιορισμού είναι πιθανή όταν η VC είναι μειωμένη και ο λόγος FEV_1/VC είναι αυξημένος, ενώ η καμπύλη ροής-όγκου έχει κυρτή μορφή. Και σε αυτή την περίπτωση η μειωμένη VC , με φυσιολογικό ή λίγο αυξημένο λόγο FEV_1/VC , μπορεί να οφείλεται

σε υπομέγιστη αναπνευστική προσπάθεια ή/και σε ανομοιόμορφη απόφραξη περιφερικών αεραγωγών και από μόνη της δεν αποδεικνύει περιοριστικό αναπνευστικό πρότυπο. Η επιβεβαίωση του περιοριστικού συνδρόμου απαιτεί μέτρηση πνευμονικών όγκων ή/και DLCO⁶.

Νοσήματα που προκαλούν περιοριστικό σύνδρομο είναι οι διάμεσες πνευμονοπάθειες, με προεξάρχουσα την πνευμονική ίνωση, το πνευμονικό οίδημα και μη πνευμονικά αίτια, όπως μυοσκελετικές παθήσεις (π.χ., κυφοσκολίωση, αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα), νευρομυϊκές παθήσεις-αδυναμία των αναπνευστικών μυών, παχυσαρκία, εγκυμοσύνη και πνευμονεκτομή/λοβεκτομή⁷.

Μικτές διαταραχές: μια μικτή αναπνευστική διαταραχή χαρακτηρίζεται από τη συνύπαρξη απόφραξης και περιορισμού και ορίζεται ως συνύπαρξη χαμηλού λόγου FEV₁/VC και χαμηλής TLC (κάτωθεν του 5ου εκατοστημορίου της αναμενόμενης

τιμής). Εφόσον η VC μπορεί να είναι το ίδιο μειωμένη τόσο σε περιορισμό όσο και σε απόφραξη, η ύπαρξη περιοριστικού στοιχείου σε αποφρακτικό ασθενή δεν μπορεί να διαγνωσθεί από μία απλή μέτρηση των FEV₁ και VC. Αν ο λόγος FEV₁/VC είναι χαμηλός και η μεγαλύτερη μετρούμενη VC (προ- ή μετα- βρογχοδιαστολή ή στο DLCO test) είναι χαμηλή ή φυσιολογική, ενώ δεν υπάρχει μέτρηση της TLC σε πληθυσμογράφο, μπορεί κάποιος να υποθέσει ότι η VC είναι επίσης μειωμένη, πιθανά λόγω υπερδιάτασης, χωρίς όμως να μπορεί να αποκλεισθεί συνυπάρχον περιορισμός. Αντίστροφα, αν ο λόγος FEV₁/VC είναι χαμηλός και η VC φυσιολογική, δεν μπορεί να αποκλεισθεί συνυπάρχον περιοριστικό πρότυπο⁷.

Στον **πίνακα 3** παρουσιάζονται επιγραμματικά τα πρότυπα των αναπνευστικών διαταραχών.

Όταν διαγιγνώσκεται αποφρακτική διαταραχή πρέπει να εκτιμάται η σοβαρό-

Πίνακας 3. Τύποι αναπνευστικών διαταραχών και η διάγνυσή τους.

| Διαταραχή | Διάγνωση |
|------------------------|---|
| Απόφραξη | <ul style="list-style-type: none"> ➤ FEV₁/VC <5ου εκατοστημορίου αναμενόμενης τιμής ➤ Η μείωση της ροής σε χαμηλούς όγκους δεν είναι ειδική νόσου μικρών αεραγωγών και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τη διάγνυσή της ➤ Η ταυτόχρονη μείωση των FEV₁ και VC σχεδόν πάντα οφείλεται σε κακή προσπάθεια, αλλά σπάνια μπορεί να αντιπροσωπεύει απόφραξη των αεραγωγών. Στην περίπτωση αυτή η επιβεβαίωση της απόφραξης απαιτεί μέτρηση στατικών πνευμονικών όγκων ➤ Η μέτρηση των στατικών πνευμονικών όγκων μπορεί να βοηθήσει στη διάγνωση του εμφυσήματος, του βρογχικού άσθματος και της χρόνιας βρογχίτιδας και είναι χρήσιμη για την εκτίμηση της υπερδιάτασης ➤ Η μέτρηση της αντίστασης των αεραγωγών μπορεί να βοηθήσει σε ασθενείς που δεν μπορούν να εκτελέσουν τις δοκιμασίες αναπνευστικής λειτουργίας |
| Περιορισμός | <ul style="list-style-type: none"> ➤ TLC <5ου εκατοστημορίου αναμενόμενης τιμής ➤ Η χαμηλή VC δεν αποδεικνύει περιοριστική διαταραχή, μπορεί όμως να είναι ενδεικτική όταν ο λόγος FEV₁/VC είναι φυσιολογικός ή αυξημένος ➤ Η χαμηλή τιμή TLC από δοκιμασία διάχυσης δεν είναι αποδεικτική περιορισμού και απαιτείται μέτρηση στατικών πνευμονικών όγκων |
| Μικτή διαταραχή | <ul style="list-style-type: none"> ➤ FEV₁/VC και TLC <5ου εκατοστημορίου αναμενόμενης τιμής |

τητά της. Ο FEV_1 έχει άμεση και γραμμική συσχέτιση με το βαθμό απόφραξης των αεραγωγών και είναι ο δείκτης εκλογής για τη σταδιοποίηση των αποφρακτικών νοσημάτων, για την παρακολούθηση των ασθενών με βρογχικό άσθμα ή ΧΑΠ, και για την εκτίμηση της ανταπόκρισής τους στη θεραπεία. Η σοβαρότητα της απόφραξης βάσει του FEV_1 παρουσιάζεται στον **πίνακα 4**.

Ανταπόκριση στη βρογχοδιαστολή

Η ανταπόκριση στη χορήγηση βρογχοδιασταλτικού αποτελεί μια συνολική απάντηση, που περιλαμβάνει το επιθήλιο των αεραγωγών, νεύρα, μεσολαβητές και λείες μυϊκές ίνες. Εκτιμάται είτε μετά χορήγηση μιας δόσης βρογχοδιασταλτικού, είτε μετά θεραπεία για 2-8 εβδομάδες. Άλλωστε, η απάντηση στη βρογχοδιαστολή ποικίλει και η άποψη ότι με μια μόνο δοκιμασία μπορεί να κριθεί το αποτέλεσμα της θεραπείας, είναι μάλλον υπεραπλουστευμένη. Αν και δεν υπάρχει ομοφωνία για το φάρμακο που πρέπει να χορηγηθεί για τη δοκιμασία, για τη δόση του και για τον τρόπο χορήγησής του, συνήθως χορηγείται β2-αγωνιστής βραχείας δράσης, όπως η σαλβουταμόλη, και η δοκιμασία επαναλαμβάνεται 15 λεπτά μετά. Χορηγούνται δύο εισπνοές των 100 μg, ή 250 μg μέσω νεφελοποιητή. Αν το φάρμακο χορηγηθεί με spacer, θα πρέπει να χορηγη-

θούν 4 δόσεις των 100 mg. Αν επιθυμούμε να αξιολογήσουμε συγκεκριμένο βρογχοδιασταλτικό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ίδια δόση και η ίδια οδός που χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη, αν και ο χρόνος αναμονής μπορεί να χρειάζεται να αυξηθεί για κάποια σκευάσματα⁴.

Κατά την αξιολόγηση της δοκιμασίας θα πρέπει αρχικά να καθορισθεί αν παρατηρείται μεταβολή μεγαλύτερη της ταχείας διακύμανσης. Γενικά, φαίνεται να υπάρχει τάση επίτασης της επίδρασης της βρογχοδιαστολής όταν οι βασικές τιμές VC ή FEV_1 είναι χαμηλές. Δεν υπάρχει ομοφωνία ούτε για τον τρόπο εκτίμησης της ανταπόκρισης στη βρογχοδιαστολή. Οι βασικές μέθοδοι μέτρησης της μεταβολής είναι μέσω της ποσοστιαίας μεταβολής της αρχικής σπιρομετρικής εκτίμησης, μέσω αναφοράς στην προβλεπόμενη τιμή και μέσω απόλυτης μεταβολής. Όταν χρησιμοποιείται η μεταβολή από τη βασική τιμή ως κριτήριο, η αύξηση $FEV_1 > 12\%$ θεωρείται ισοδύναμη ανταπόκρισης και όταν χρησιμοποιείται η απόλυτη τιμή, η αύξηση κατά 200 mL θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει ανταπόκριση. Όταν δεν υπάρχει σημαντική μεταβολή του FEV_1 , η μείωση της πνευμονικής υπερδιάτασης μπορεί να αντιπροσωπεύει σημαντική ανταπόκριση. Άλλωστε, η μη ανταπόκριση στη βρογχοδιαστολή δεν αποκλείει την κλινική ανταπόκριση⁴.

Πίνακας 4. Καθορισμός σοβαρότητας αποφρακτικών συνδρόμων με βάση τον FEV_1 .

| Βαθμός σοβαρότητας | FEV_1 % επί της προβλεπόμενης τιμής αναφοράς |
|--------------------|--|
| Ήπια | >80 |
| Μέσης σοβαρότητας | 50-79 |
| Σοβαρή | 30-49 |
| Πολύ σοβαρή | <30 |

Μέγιστη καμπύλη ροής-όγκου (Maximal expiratory flow-volume loop-MFVL)

Η καμπύλη ροής όγκου είναι η απεικόνιση της εισπνευστικής και εκπνευστικής ροής (στον άξονα Y) έναντι του όγκου (στον άξονα X) κατά τη διάρκεια δοκιμασιών μέγιστης και βίαιης εισπνοής και εκπνοής. Το εκπνευστικό τμήμα της καμπύλης φυσιολογικά χαρακτηρίζεται από ταχεία άνοδο στη

μέγιστη εκπνευστική ροή που ακολουθείται από σχεδόν γραμμική πτώση, καθώς ο εξεταζόμενος εκπνέει προς τον υπολειπόμενο όγκο. Το εισπνευστικό τμήμα, αντίθετα, είναι σχετικά συμμετρικό, με σχήμα σέλλας. Η ροή του αέρα στο μέσο της εκπνοής (μεταξύ TLC και RV) φυσιολογικά είναι σχεδόν ίση με τη ροή στο μέσο της εισπνοής².

Η επισκόπηση της MFVL παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την ποιότητα της εξέτασης, ενώ η μορφολογία της είναι χαρακτηριστική σε αποφρακτικά και περιοριστικά σύνδρομα και σε απόφραξη ανώτερων αεραγωγών (*σχήμα 2*). Πάντως, οι μετρούμενοι δείκτες δεν πλεονεκτούν έναντι των δεικτών που μετρώνται στην καμπύλη όγκου-χρόνου².

Η κοίλη διαμόρφωση της εκπνευστικής καμπύλης σε αποφρακτικά νοσήματα, όπως η ΧΑΠ και το βρογχικό άσθμα οφείλεται στη διαταραχή των μηχανικών ιδιοτήτων των πνευμόνων. Συγκεκριμένα, η μέγιστη εκπνευστική ροή κατά τα τελευταία δύο τρίτα μιας εκπνευστικής δοκιμασίας είναι ανεξάρτητη της προσπάθειας (δηλαδή η ροή δεν μπορεί να αυξηθεί μέσω αύξησης της εισπνευστικής προσπάθειας) και καθορίζεται από τις ελαστικές ιδιότητες του παρεγχύματος και τις αντιστάσεις των αεραγωγών πέραν του σημείου ίσης πίεσης. Η κοίλη αυτή διαμόρφωση αποδίδεται σε δύο παράγοντες:

Στη συμπίεση των κεντρικών αεραγωγών, που είναι πιο έκδηλη στους ασθενείς με εμφύσημα λόγω της απώλειας των προσφύσεων των αεραγωγών

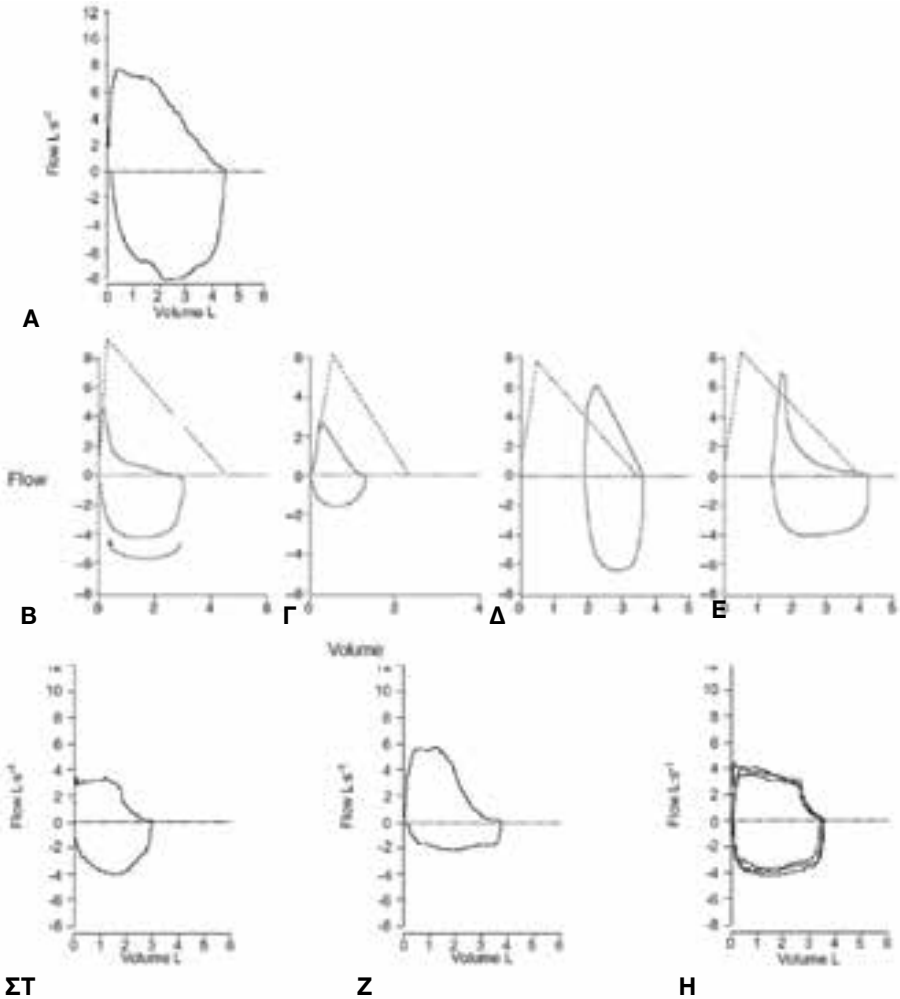
Στη δυσανάλογη μείωση της ροής στο τέλος της εκπνοής. Ειδικότερα, η ανομοιογένεια της πνευμονικής νόσου συνεπάγεται ταχύτερη και πιο πρόωπη εκπνοή των περιοχών με υψηλότερη ελαστική επαναφορά ή χαμηλότερες αντιστάσεις των αεραγωγών,

συγκριτικά με την καθυστερημένη εκπνοή των περιοχών που πάσχουν εντονότερα⁴.

Στα περιοριστικά νοσήματα των πνευμόνων και του θώρακα υπάρχει αύξηση της ελαστικής επαναφοράς του αναπνευστικού συστήματος. Το χαρακτηριστικό πρότυπο που συνήθως απαντάται σε διάμεσες πνευμονοπάθειες, είναι η μείωση της ζωτικής χωρητικότητας με υπερφυσιολογικές εκπνευστικές ροές, όταν διορθώνονται ως προς τον αναπνευστικό όγκο. Το σχήμα της καμπύλης ροής-όγκου περιγράφεται ως ψηλό, «καπέλο μάγισσας», με απότομο κατιόν σκέλος⁴.

Η απόφραξη των ανώτερων αεραγωγών (οι αεραγωγοί από το στόμα ως το κατώτερο τμήμα της τραχείας) ακολουθεί τρία πρότυπα: την κυμαινόμενη εξωθωρακική απόφραξη, την κυμαινόμενη ενδοθωρακική απόφραξη και τη σταθερή απόφραξη. Στην απόφραξη των ανώτερων αεραγωγών δεν επηρεάζεται συνήθως ο FEV₁ και η VC, αλλά μειώνεται η PEF, οπότε ένας αυξημένος λόγος FEV₁/PEF (ειδικά αν είναι άνω του 8) πρέπει να θέτει την υποψία ώστε να ακολουθεί δοκιμασία μέγιστης εισπνοής. Γενικά, η μέγιστη εισπνευστική ροή επηρεάζεται πολύ επί εξωθωρακικής απόφραξης των αεραγωγών, καθώς η πίεση που περιβάλλει τους αεραγωγούς (είναι σχεδόν ίση της ατμοσφαιρικής) δεν μπορεί να αντισταθμίσει την αρνητική ενδοαυλική πίεση που δημιουργείται κατά την εισπνευστική προσπάθεια. Αντίθετα, σε ενδοθωρακική απόφραξη η πίεση που περιβάλλει τους αεραγωγούς (παραπλήσια της υπεζωκοτικής) αντισταθμίζει την αρνητική ενδοαυλική πίεση κατά την εισπνοή και περιορίζει τις επιδράσεις της απόφραξης στη ροή⁸.

Άρα, στη μεταβλητή εξωθωρακική απόφραξη παρατηρείται plateau της βίαιης εισπνευστικής ροής, με ή χωρίς plateau της



Σχήμα 2. Καμπύλες ροής-όγκου, **A.** Φυσιολογική καμπύλη ροής-όγκου **B.** Απόφραξη **Γ, Δ.** Περιορισμός **E.** Μικτό σύνδρομο, **ΣΤ.** Μεταβλητή απόφραξη ενδοθωρακικών ανώτερων αεραγωγών **Z.** Μεταβλητή απόφραξη εξωθωρακικών ανώτερων αεραγωγών **H.** Σταθερή απόφραξη ανώτερων αεραγωγών που φαίνεται σε τρεις προσπάθειες.

βίαιης εκπνευστικής ροής. Χαρακτηριστικές βλάβες που προκαλούν αυτό το πρότυπο είναι η λαρυγγομαλακία, η τραχειομαλακία της εξωθωρακικής τραχείας και οι ανατομικές και λειτουργικές βλάβες των φωνητικών χορδών⁹.

Στη μεταβλητή ενδοθωρακική απόφραξη παρατηρείται plateau της βίαιης εκπνευστικής ροής χωρίς plateau της βίαιης εισπνευστικής ροής χωρίς plateau της βίαιης εισπνευστικής ροής Βλάβες που προκαλούν αυτό

το πρότυπο είναι η τραχειομαλακία της ενδοθωρακικής τραχείας, οι βρογχογενείς κύστες ή άλλες βλάβες της τραχείας, συνήθως κακοήθειες⁸.

Στη σταθερή απόφραξη παρατηρείται plateau τόσο της βίαιης εισπνευστικής όσο και της βίαιης εκπνευστικής ροής. Παραδείγματα σταθερής απόφραξης ανώτερων αεραγωγών είναι η στένωση της τραχείας ή η πίεση της τραχείας από βρογχοκλήη⁸.

Μέγιστη εκπνευστική ροή (Peak expiratory flow - PEF)

Η PEF (ή PEFR-peak expiratory flow rate) είναι η μέγιστη ροή με την οποία μπορεί να εκπνεύσει ένα άτομο κατά τη διάρκεια μέγιστης εκπνευστικής προσπάθειας μετά πλήρη εισπνοή. Μπορεί να εκτιμηθεί κατά τη διάρκεια της σπιρομέτρησης και ευχερέστερα με ένα απλό ροόμετρο.

Φυσιολογικές τιμές

Οι αναμενόμενες τιμές της PEF προκύπτουν από τιμές αναφοράς από άτομα ανάλογης ηλικίας, φύλου και ύψους, με διόρθωση ανάλογως της φυλής (το σπιρόμετρο υποεκτιμά τις τιμές της PEF συγκριτικά με το ροόμετρο). Η PEF εμφανίζει ημερήσια διακύμανση 10-20%, με τις μικρότερες τιμές νωρίς το πρωί.

Τρόπος μέτρησης

Εκτιμάται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας FVC. Η παρακλίβια μέτρησή της με το ροόμετρο παρουσιάζεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο.

Κλινική σημασία

- Η PEF είναι συνήθως μειωμένη στα αποφρακτικά νοσήματα, σε παρόξυνση άσθματος και σε απόφραξη ανώτερων αεραγωγών
- Η PEF είναι συνήθως φυσιολογική σε περιοριστικά αναπνευστικά νοσήματα, αν και μπορεί να βρίσκεται μειωμένη σε πολύ σοβαρό περιορισμό.
- Η σημασία της είναι μεγαλύτερη για τη διάγνωση και κυρίως παρακολούθηση του άσθματος, με τη βοήθεια του ροομέτρου.

Περιορισμοί

Εξαρτάται από την προσπάθεια του εξεταζόμενου σε μεγαλύτερο βαθμό από τους υπόλοιπους σπιρομετρικούς δείκτες⁴.

Μέτρηση Στατικών Πνευμονικών όγκων

Οι πνευμονικοί όγκοι περιλαμβάνουν τον υπολειπόμενο όγκο (residual volume-RV), τον εφεδρικό εκπνεόμενο όγκο (expiratory reserve volume-ERV), τον αναπνεόμενο όγκο (tidal volume-Vt) και τον εισπνευστικό εφεδρικό όγκο (inspiratory reserve volume-IRV). Οι χωρητικότητες (άθροισμα πνευμονικών όγκων) περιλαμβάνουν την ολική πνευμονική χωρητικότητα (total lung capacity-TLC), τη λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα (residual capacity-FRC), τη ζωτική χωρητικότητα (vital capacity-VC) και την εισπνευστική χωρητικότητα (inspiratory capacity-IC) (σχήμα 3)⁹.

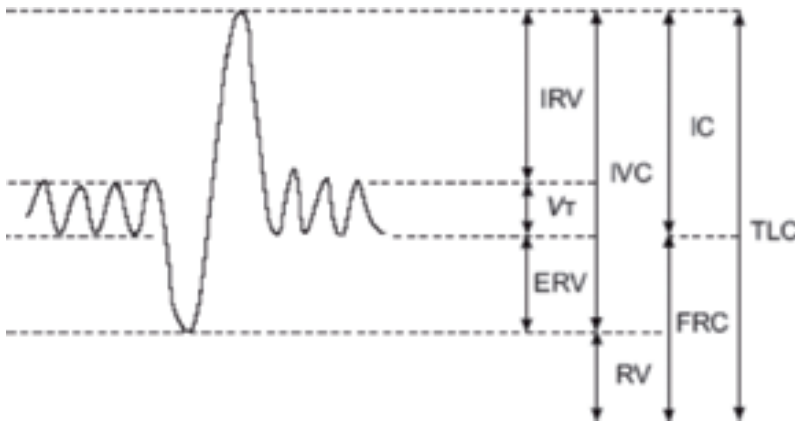
Φυσιολογικές τιμές

Οι προβλεπόμενες τιμές εξαρτώνται από την ηλικία, το φύλο και τη φυλή, αλλά κυρίως από το ύψος. Οι αναμενόμενες τιμές έχουν εξαχθεί από μελέτες σε υγιή πληθυσμό ανάλογων ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και έχουν ενσωματωθεί στο λογισμικό των συσκευών μέτρησης. Στα παιδιά η ανάπτυξη των πνευμόνων υπολείπεται σε σχέση με την αύξηση του ύψους και η σχέση αυτή αλλάζει κατά την εφηβεία. Για το ίδιο ύψος, οι νέοι άνδρες έχουν υψηλότερους πνευμονικούς όγκους από τις νέες γυναίκες και η λευκή φυλή επίσης μεγαλύτερους όγκους από τη μαύρη φυλή.

Ως γενικός κανόνας, οι τιμές θεωρούνται φυσιολογικές όταν είναι εντός του 75%-125% της προβλεπόμενης ή σύμφωνα με τις θέσεις των ATS/ERS πάνω από το 5ο εκατοστημόριο της προβλεπόμενης τιμής⁹.

Τρόπος μέτρησης FRC

Αν και κάποιοι όγκοι μπορούν να μετρηθούν με τη σπιρομετρία, η μέτρηση των RV, FRC και TLC (αναφέρονται και ως στατι-



Σχήμα 3. Πνευμονικοί όγκοι και χωρητικότητες.

κοί όγκοι) μπορεί να γίνει μόνο με ειδικές μεθόδους, συγκεκριμένα με έκπλυση με άζωτο, με αραίωση με ήλιο, με πληθυσμογράφο σώματος, ή ακτινολογικά. Αρχικά υπολογίζεται η FRC με μία από τις παραπάνω μεθόδους, με την πληθυσμογραφία να αποτελεί τη μέθοδο αναφοράς γιατί περιλαμβάνει όλες τις περιοχές του πνεύμονα, και αυτές με πτωχό αερισμό. Η ακτινολογική μέθοδος θεωρείται η λιγότερο ακριβής.

Πληθυσμογραφία: βασίζεται στο νόμο του Boyle, σύμφωνα με τον οποίο ο όγκος και η πίεση μιας σταθερής μάζας αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογα, όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή. Ο πληθυσμογράφος σώματος (body box) είναι ένας κλειστός θάλαμος που μετρά τις μεταβολές των πιέσεων και των όγκων κατά τη διάρκεια των αναπνευστικών χειρισμών του εξεταζόμενου. Ο εξεταζόμενος είναι καθιστός στο body box, φέρει ρινοπίεστρο και αναπνέει μέσω επιστόμιου που συνδέεται με μετατροπέα. Μετά περίοδο ήρεμης αναπνοής, ένα κλείστρο κοντά στο στόμα κλείνει το κύκλωμα σε θέση τελοεκπνευστική (FRC) και ο εξεταζόμενος αναγκάζεται να αναπνέψει έναντι του κλείστρου. Οι μεταβολές της πίεσης στον αεραγωγό μετρώνται από

μετατροπέα πίεσης και καταγράφονται έναντι των μεταβολών του θωρακικού όγκου, που είτε μετράται άμεσα ή λαμβάνεται από τις μεταβολές της πίεσης του θαλάμου¹⁰.

Σύμφωνα με το νόμο του Boyle:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

όπου το 1 και 2 αναφέρονται στην κατάσταση του περιεχόμενου αέρα προ και μετά συμπίεσης, αντίστοιχα. Χρησιμοποιώντας αυτή τη σχέση ο όγκος του συμπιεσμένου αέρα στο θώρακα, που αναφέρεται ως θωρακικός όγκος αέρα (thoracic gas volume - TGV), υπολογίζεται ως εξής:

$$TGV = - (\Delta V / \Delta P) \times P_B$$

όπου $\Delta V / \Delta P$ η κλίση της καμπύλης όγκου-πίεσης που καταγράφεται κατά τις αναπνευστικές προσπάθειες του ασθενή έναντι του κλείστρου και P_B η βαρομετρική πίεση. Η FRC που καταγράφεται με αυτή τη μέθοδο δηλώνεται ως FRC_{pleth} .

Έκπλυση αζώτου: βασίζεται στην άποψη ότι το αδρανές αέριο άζωτο (N_2) μπορεί να εκπλυθεί από τους πνεύμονες χορηγώντας στον εξεταζόμενο 100% οξυγόνο. Το άτομο λαμβάνει ήρεμες αναπνοές μέσω επιστόμιου και ενώ φέρει ρινοπίεστρο. Μετά περίπου 1 min, σε τελοεκπνευστική θέση (FRC), το χορηγούμενο αέριο μετατρέπεται

σε 100% οξυγόνο. Η συγκέντρωση του N₂ μετράται συνεχώς στον εκπνεόμενο αέρα και η δοκιμασία σταματά όταν το κλάσμα του N₂ είναι <1.5% για τρεις συνεχείς αναπνοές. Ο συνήθης χρόνος της δοκιμασίας είναι 7 λεπτά, αν και οι αποφρακτικοί ασθενείς μπορεί να χρειασθούν μεγαλύτερο διάστημα. Η FRC, που δηλώνεται ως FRC_{N₂} υπολογίζεται ως εξής¹⁰:

$$FRC_{N_2} = (\text{όγκος } N_2 \text{ που εκπλύεται}) - (\text{N}_2 \text{ που εκκρίνεται από τους ιστούς}) / (\text{αρχική-τελική συγκέντρωση } N_2 \text{ στον πνεύμονα})$$

Παλαιότερα, ο όγκος του N₂ που εκπλύεται υπολογιζόταν με συλλογή όλου του εκπνεόμενου αέρα και μέτρηση του ολικού όγκου και του κλάσματος του N₂. Οι νεώτερες συσκευές επιτρέπουν τη συνεχή μέτρηση του N₂. Η ιστική έκκριση N₂ υπολογίζεται με τη χρήση τυποποιημένης εξίσωσης.

Αραίωση αδρανών αερίων: η μέθοδος υπολογίζει την FRC με βάση την ισορροπία μεταξύ του όγκου του αέρα στους πνεύμονες και γνωστού όγκου αέρα που περιέχει γνωστό κλάσμα αδρανούς αερίου, όπως το ήλιο (He). Ο ασθενής λαμβάνει ήρεμες αναπνοές μέσω επιστόμιου και ενώ φέρει ρινοπίεστο. Μετά περίπου 1 min και σε θέση τελοεκπνευστική (FRC), το κύκλωμα γυρίζει προς το “αέριο δοκιμής,” που είναι γνωστός όγκος αέρα που περιέχει γνωστό κλάσμα He (συνήθως 10%) και γνωστό κλάσμα οξυγόνου (συνήθως 25%-30%). Η συγκέντρωση του He μετράται ανά 15 s, και η δοκιμασία είναι πλήρης όταν η μεταβολή της συγκέντρωσης είναι <0.02% σε περίοδο 30 s¹⁰.

Η FRC, που δηλώνεται ως FRC_{He} υπολογίζεται ως εξής:

$$FRC_{He} = V_{app} (F_{He1} - F_{He2}) / F_{He2}$$

Όπου V_{app} ο γνωστός όγκος του αερίου δοκιμής, F_{He1} η συγκέντρωση He του αερίου δοκιμής και F_{He2} συγκέντρωση του He στο τέλος της δοκιμασίας.

Μέτρηση RV και TLC

Μετά τη μέτρηση της FRC, πρέπει να μετρηθούν οι ERV και IC ώστε να υπολογισθούν οι RV και TLC. Σύμφωνα με τις θέσεις των ATS/ERS, αφού μετρηθεί η FRC, μετράται ο ERV, και τελευταία η (IVC). Αυτό επιτυγχάνεται παραγγέλλοντας στον ασθενή να εκπνεύσει πλήρως στο τέλος του καθορισμού της FRC (δοκιμασία ERV) και μετά να εισπνεύσει πλήρως (αργή δοκιμασία IVC). Ο RV υπολογίζεται αφαιρώντας τον ERV από την FRC. Η TLC υπολογίζεται προσθέτοντας τον RV στον IVC⁹.

Κλινική σημασία

Η μέτρηση των πνευμονικών όγκων δεν γίνεται ως ρουτίνα και συνιστάται να γίνεται συμπληρωματικά της σπιρομέτρησης, συνήθως όταν η VC είναι παθολογική, στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Για τη διάγνωση περιοριστικών αναπνευστικών νοσημάτων: οι VC και TLC θα είναι κάτωθεν του κατώτερου ορίου του φυσιολογικού
- Για τη διάγνωση μικτών διαταραχών: τόσο ο λόγος FEV₁/VC όσο και η TLC είναι κάτωθεν του κατώτερου ορίου του φυσιολογικού
- Για τη διάγνωση υπερδιάτασης: αύξηση ενός ή περισσοτέρων από τους στατικούς όγκους (TLC, FRC, RV), λόγος RV/TLC >120%. Στην περίπτωση αυτή, οι όγκοι που μετρώνται με πληθυσμογραφία θα είναι μεγαλύτεροι αυτών που μετρώνται με τις δύο άλλες μεθόδους^{9,10}.

Πέραν των παραπάνω διαγνωστικών σκοπών δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι η μέτρηση

των στατικών όγκων έχει χρησιμότητα στη σταδιοποίηση του αποφρακτικού ή του περιοριστικού συνδρόμου. Επίσης, η μέτρηση των στατικών πνευμονικών όγκων δεν συμβάλλει στη διαφοροδιάγνωση μεταξύ εμφυσήματος και χρόνιας βρογχίτιδας ή μεταξύ ΧΑΠ και άσθματος^{9,10}.

Περιορισμοί

Μείωση των πνευμονικών όγκων παρατηρείται σε διάφορες καταστάσεις, όπως η παχυσαρκία, το υπνοαπνοϊκό σύνδρομο, οι διαταραχές του υπεζωκότα και του θωρακικού τοιχώματος και ο μηχανικός αερισμός, και οι καταστάσεις αυτές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων¹⁰.

Διαχτυτική ικανότητα για το μονοξείδιο του άνθρακα (DLCO)

Η DLCO αντικατοπτρίζει τις ιδιότητες της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης, συγκεκριμένα την ευκολία με την οποία το οξυγόνο μετακινείται από τον εισπνεόμενο αέρα στα ερυθρά αιμοσφαίρια των πνευμονικών τριχοειδών. Η πρόσληψη περισσότερο διαλυτών αερίων, όπως του νιτρικού οξέος, περιορίζεται και κυμαίνεται αναλόγως της αιματικής πνευμονικής ροής. Αντίθετα, η μεγάλη συγγένεια της αιμοσφαιρίνης (Hb) για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (210 φορές μεγαλύτερη από αυτή με το O₂), σε συνδυασμό με την τεράστια χωρητικότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων για το CO, καθιστούν την πρόσληψη του CO λιγότερο εξαρτώμενη από την καρδιακή παροχή. Δύο κατηγορίες παραγόντων (φυσικοί και χημικοί) καθορίζουν τη μεταφορά του CO από την κυψελιδοτριχοειδική μεμβράνη. Οι φυσικοί παράγοντες είναι η οδηγός πίεση, η επιφάνεια της μεμβράνης,

το πάχος των κυψελιδικών τοιχωμάτων και ο συμπαράγοντας διάχυσης για το CO. Οι χημικοί παράγοντες είναι ο όγκος των ερυθρών αιμοσφαιρίων και ο ρυθμός αντίδρασης με την αιμοσφαιρίνη¹¹.

Φυσιολογικές τιμές

Κατά την παραδοσιακή ερμηνεία ο βαθμός της πνευμονικής δυσλειτουργίας καθορίζεται με βάση την τιμή της DLCO ως προς τις προβλεπόμενες τιμές, ως εξής:

| | |
|------------------|-----------------------|
| Υψηλή τιμή | >140% προβλεπόμενου |
| Φυσιολογική τιμή | 76-140% προβλεπόμενου |
| Ήπια μείωση | 61-75% προβλεπόμενου |
| Μέτρια μείωση | 40-60% προβλεπόμενου |
| Σοβαρή μείωση | <40% προβλεπόμενου |

Σύμφωνα με τις θέσεις των ATS/ERS το κατώτερο φυσιολογικό όριο είναι κάτωθεν του κατώτερου ορίου του φυσιολογικού, που ορίζεται ως το 5ο εκατοστημόριο της προβλεπόμενης τιμής. Αν ο ασθενής έχει προηγούμενη δοκιμασία καλής ποιότητας στο ίδιο εργαστήριο, η μεταβολή της DLCO από τη βασική ή την πιο πρόσφατη τιμή είναι ο καλύτερος δείκτης παρακολούθησης της προόδου της νόσου του¹¹.

Γενικά, μία μέση φυσιολογική τιμή είναι 20-30 ml/min/mm Hg, δηλαδή 20-30 ml CO μεταφέρονται ανά min ανά mm Hg διαφορά στην οδηγό πίεση του CO.

Οι τιμές της DLCO χρειάζονται διόρθωση ως προς την αιμοσφαιρίνη και την καρβοξυαιμοσφαιρίνη, ενώ η διόρθωση ως προς τον πνευμονικό όγκο (DLCO/VA, γνωστό ως KCO σταθερά διάστασης, όπου VA ο κυψελιδικός όγκος κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας) είναι αμφιλεγόμενη. Θεωρητικά, χαμηλή DLCO με υψηλό DLCO/VA μπορεί να είναι δηλωτική εξωπαραεγχυματικής βλάβης, όπως η πνευμονεκτομή ή περιοριστικές βλάβες του θώρακα, ενώ η χαμηλή DLCO

με χαμηλό DLCO/VA μπορεί να δηλώνει παρεγχυματικές βλάβες. Όμως, η σχέση μεταξύ DLCO και πνευμονικού όγκου δεν είναι γραμμική και η ερμηνεία του λόγου τους είναι δυσχερής¹¹.

Μέτρηση DLCO

Πρακτικά όλα τα εργαστήρια πνευμονικής λειτουργίας χρησιμοποιούν τη μέθοδο της μιας εισπνοής για την εκτίμηση της DLCO. Σύμφωνα με αυτή, ο εξεταζόμενος παίρνει γρήγορα μια βαθιά εισπνοή με 0.3% CO και 10% He, κρατάει την ανάσα του για 10 sec, και μετά εκπνέει γρήγορα. Κυψελιδικό δείγμα του εκπνεόμενου αέρα αναλύεται για υπολογισμό της αραίωσης του ηλίου και πρόσληψης του CO. Προϋποθέσεις είναι ο εισπνευστικός όγκος να είναι μεγαλύτερος του 85% της μεγαλύτερης VC και ο εισπνευστικός χρόνος μικρότερος από 4 sec. Τα πρώτα 0.75 ως 1.0 L απορρίπτονται ως ανατομικός νεκρός χώρος και ακολούθως 1 δείγμα 0.5 με 1 L συλλέγεται για ανάλυση. Μετά ελάχιστο 4 λεπτών η δοκιμασία επαναλαμβάνεται, ενώ σε ασθενείς με αποφρακτική πνευμονοπάθεια ο χρόνος αυτός πρέπει να είναι μακρότερος. Αν οι απαντήσεις από δυο αποδεκτές δοκιμασίες έχουν διαφορά μικρότερη από 2 mL/min per mmHg, αναφέρεται η μέση τιμή¹¹.

Ενδείξεις, κλινική σημασία

Οι κύριες ενδείξεις της δοκιμασίας είναι για:

- Διαφορική διάγνωση επί απόφραξης αεραγωγών
- Screening για ήπια (πρώιμη) διάχυτη διάμεση πνευμονοπάθεια (ΔΔΠ)
- Διαφορική διάγνωση επί περιοριστικού συνδρόμου
- Εκτίμηση αναπνευστικής σε περιπτώσεις ΧΑΠ, ΔΔΠ
- Παρακολούθηση σε ΔΔΠ

- Ανάγκη για οξυγονοθεραπεία

Αποφρακτικά νοσήματα: η DLCO είναι άριστος δείκτης του βαθμού του εμφυσήματος, ενώ ασθματικοί ασθενείς με απόφραξη των αεραγωγών έχουν φυσιολογική ή υψηλή τιμή DLCO, και ασθενείς με κυστική ίνωση έχουν φυσιολογική DLCO μέχρις ότου η νόσος τους γίνει πολύ σοβαρή. Όμως, σε αντίθεση με τον FEV1 η DLCO δεν σχετίζεται με το βαθμό της δύσπνοιας σε ασθενείς με ΧΑΠ και ο τακτικός έλεγχος της δεν έχει θέση στην παρακολούθησή τους.

Περιοριστική νόσος: Μια χαμηλή DLCO σε συνδυασμό με μειωμένους στατικούς όγκους υποδηλώνει ΔΔΠ. Μία φυσιολογική τιμή DLCO σε συνδυασμό με χαμηλούς όγκους υποδηλώνει εξωπνευμονικό αίτιο του περιορισμού, όπως παχυσαρκία, υπεζωκοτική συλλογή ή πάχυνση υπεζωκότα, νευρομυϊκή αδυναμία ή κυφοσκολίωση.

Άλλη συχνή ένδειξη της DLCO είναι για την ανίχνευση πρώιμης ή υποκλινικής ΔΔΠ σε ασθενείς υψηλού κινδύνου, όπως αυτοί με σαρκοειδωση σταδίου I, εξωγενή αλλεργική κυψελιδίτιδα, ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε ακτινοβολία στο θώρακα ή σε χημειοθεραπεία με φάρμακα που έχουν πνευμονική τοξικότητα (π.χ. αμιοδαρόνη, μπλεομυκίνη, νιτροφουραντοΐνη), λήπτες πνευμόνων ή νεφρών ή μυελού των οστών, με μόλυνση από HIV και σε υψηλό κίνδυνο για πνευμονία από *Pneumocystis*, και ασθενείς με σοβαρή γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση.

Πνευμονική αγγειακή νόσος: σε ασθενείς με χρόνια δύσπνοια και με φυσιολογική σπιρομέτρηση και πνευμονικούς όγκους, μια παθολογική DLCO μπορεί να υποδηλώνει πνευμονική αγγειακή νόσο. Συγκεκριμένα, η μείωσή της είναι ευαίσθη-

τος δείκτης υποτροπιάζουσας πνευμονικής εμβολής, πρωτοπαθούς πνευμονικής υπέρτασης, προσβολής των πνευμονικών αγγείων σε νόσους του συνδετικού ιστού και αγγειίτιδες, όπως ο σκληροδερμία, ο συστηματικός ερυθηματώδης λύκος, η ρευματοειδής αρθρίτιδα και η φλεγμονώδης νόσος του εντέρου.

Άλλες καταστάσεις: πριν από χειρουργείο εκτομής πνεύμονα: μια πολύ χαμηλή DLCO αυξάνει τον κίνδυνο νοσηρότητας και θνητότητας, αν και δεν υπάρχει ομοφωνία για την τιμή κάτωθεν της οποίας η επέμβαση αντενδείκνυται. Η χαμηλή DLCO έχει αναγνωρισθεί ως βασικός προγνωστικός παράγοντας μακροχρόνιας έκβασης σε ασθενείς με ΧΑΠ, που υποβάλλονται σε επεμβάσεις μείωσης του πνευμονικού όγκου.

Τιμή DLCO <30% της προβλεπόμενης (ή <9 mL/min per mmHg) αναγνωρίζει ασθενείς με ολική αναπηρία λόγω πνευμονικού νοσήματος.

Τέλος, μια χαμηλή DLCO είναι μείζον προγνωστικός παράγοντας αποκορεσμού κατά την άσκηση, άρα η δοκιμασία έχει ένδειξη σε ασθενείς με δύσπνοια στην κόπωση¹¹.

Τα αίτια παθολογικής DLCO φαίνονται στον **πίνακα 5**.

Δεν υπάρχουν αντενδείξεις ή ανεπιθύμητες ενέργειες της μεθόδου, αλλά οι περισσότερες συσκευές δεν μπορούν να μετρήσουν την DLCO όταν η ζωτική χωρητικότητα του ασθενούς είναι μικρότερη από 1.5 L. Επιπλέον, η οξυγονοθεραπεία πρέπει να διακόπτεται για περίπου 15 πριν και κατά τη διάρκεια του test¹¹.

Περιορισμοί

Όπως φαίνεται στον πίνακα 5 οι τιμές της DLCO επηρεάζονται σε διάφορες εξωπνευμονικές καταστάσεις, που πρέπει να

Πίνακας 5. Παθολογικές τιμές DLCO.

Αυξημένη DLCO

- Πολυκυτταραιμία
- Σοβαρή παχυσαρκία
- Άσθμα
- Πνευμονική αιμορραγία
- Shunt αριστερά προς τα δεξιά
- Ήπια αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια (αυξημένος όγκος αίματος)
- Άσκηση πριν τη δοκιμασία-αυξημένη καρδιακή παροχή

Χαμηλή DLCO με φυσιολογική σπιρομετρία

- Αναιμία-ήπια μείωση
- Πνευμονική αγγειακή νόσος-μέτρια προς σοβαρή μείωση
- Πρώιμη διάμεση πνευμονοπάθεια-ήπια προς μέτρια μείωση

Χαμηλή DLCO με απόφραξη

- Εμφύσημα
- Κυστική ίνωση
- Βρογχιολίτιδα
- Λεμφαγγειολιπομομάτωση

Χαμηλή DLCO με περιορισμό

- Διάχυτη διάμεση πνευμονοπάθεια
- Πνευμονίτιδα

Άλλα

- Αναιμία- μειώνει την DLCO
- Καρβοξαιμοσφαιρίνη- μειώνει την DLCO
- Υψόμετρο- αυξάνει την DLCO

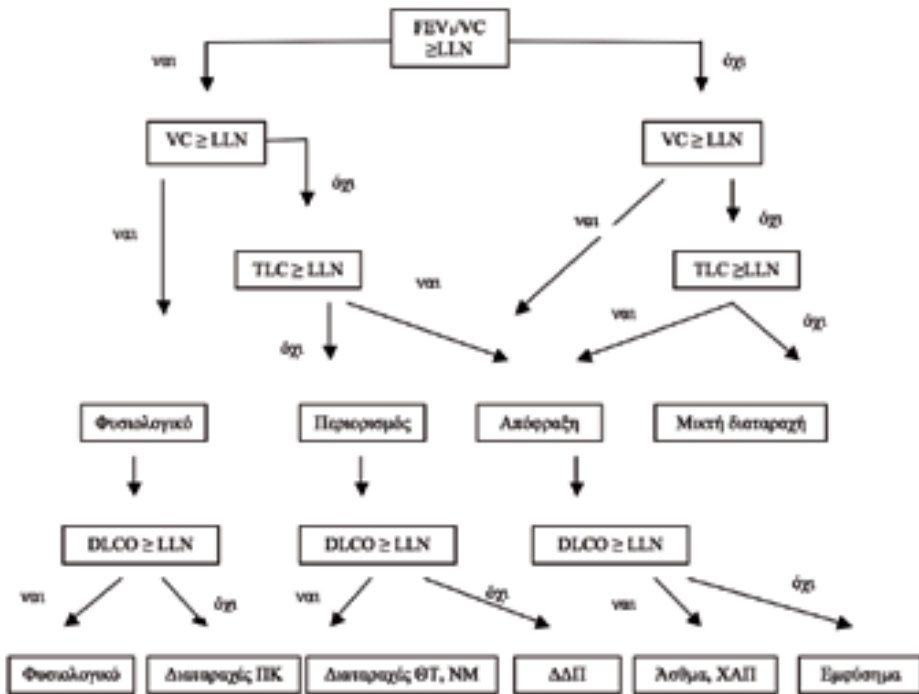
λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της. Επίσης οι τιμές της πρέπει να διορθώνονται για τιμές καρβοξαιμοσφαιρίνης >10% και αιμοσφαιρίνης <8 g/dL¹¹.

Ένας πρακτικός αλγόριθμος για την ερμηνεία των παραπάνω δεικτών και για την εφαρμογή τους στην κλινική πράξη παρουσιάζεται στο **σχήμα 4**.

Άλλοι δείκτες πνευμονικής λειτουργίας

Μέγιστος εφεδρικός αερισμός (MVV)

Ο MVV ορίζεται ως το ποσό του αέρα που



Σχήμα 4. Διαγνωστικός αλγόριθμος εκτίμησης πνευμονικής λειτουργίας (ΠΜ: πνευμονική κυκλοφορία, ΘΤ: θωρακικό τοίχωμα, ΝΜ: νευρομυϊκές, ΔΔΠ: διάχυτη διάμεση πνευμονοπάθεια).

μπορεί κανείς να αναπνεύσει σε 1 min καταβάλλοντας μέγιστη προσπάθεια. Για λόγους ευκολίας μετράται σε διάρκεια 15 sec και ανάγεται στο ένα min, εκφραζόμενος σε L/min. Ο MVV εκτιμά διάφορα φυσιολογικά φαινόμενα που συμμετέχουν στην αναπνοή και περιλαμβάνουν την compliance (ενδοτικότητα) του θωρακικού κλωβού και του πνεύμονα, την αντίσταση των αεραγωγών και τη μυϊκή ισχύ⁴.

Φυσιολογικές τιμές

- Μέση τιμή για άνδρες: 140-180 L/min
- Μέση τιμή για γυναίκες 80-120 L/min
- Οι προβλεπόμενες τιμές βασίζονται στο φύλο, την ηλικία και το ύψος του ατόμου, με μεγάλες διακυμάνσεις, ως και 25%, μεταξύ φυσιολογικών ατόμων

Τρόπος μέτρησης

Ο ασθενής είναι όρθιος ή καθιστός και φέρει ρινοπίεστρο. Αρχικά αναπνέει ήρεμα μέσω του επιστόμιου του σπυρόμετρου και ακολούθως αναπνέει όσο πιο βαθιά και γρήγορα μπορεί για 10-15 sec. Συνήθως η συχνότητα φτάνει τις 40-70 αναπνοές/min και ο αναπνεόμενος όγκος το 50% της VC. Οι τιμές που μετρώνται ανάγονται στο ένα min. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές και καταγράφεται η καλύτερη τιμή.

Ο MVV έχει καλή συσχέτιση με τον FEV1 (MVV = 35' FEV1) και η σχέση αυτή χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της δοκιμασίας. Τιμές χαμηλότερες αυτού του λόγου αποδίδονται σε υπομέγιστη προσπάθεια του εξεταζόμενου.

Κλινική σημασία

Ο MVV μειώνεται σε:

- αποφρακτικές διαταραχές μέσης και σοβαρής σοβαρότητας
- νευρομυϊκές διαταραχές που αφορούν τους αναπνευστικούς μύες
- κακή προσπάθεια του εξεταζόμενου
- στα περιοριστικά σύνδρομα συνήθως είναι φυσιολογικός, αν και μπορεί να είναι μειωμένος σε πολύ σοβαρές μορφές⁴.

Μέγιστη εισπνευστική και εκπνευστική πίεση (MIP – MEP)

Η μέγιστη εισπνευστική πίεση (MIP) είναι η πίεση που αναπτύσσει ο εξεταζόμενος όταν προσπαθεί να εισπνεύσει μέσω αποκλεισμένου επιστόμιου, μετά μέγιστη εκπνοή (από θέση RV). Η μέγιστη εκπνευστική πίεση (MEP) είναι η μέγιστη πίεση που αναπτύσσεται έναντι κλειστού επιστόμιου, μετρούμενη κατά τη διάρκεια βίαιης εκπνοής μετά πλήρη εισπνοή (από θέση TLC), με φουσκωμένα μάγουλα¹².

Φυσιολογικές τιμές

- MEP: περίπου 100 ως 250 cm H₂O [μέση τιμή 170cm H₂O (167 hPa) σε άνδρες και 110 cm H₂O (108 hPa) σε γυναίκες]
- MIP: περίπου -40 ως -125 cm H₂O [-100cm H₂O (-98 hPa) σε άνδρες και -70cm H₂O (69 hPa) σε γυναίκες (γενικά, το ήμισυ περίπου της MEP)]
- Οι προβλεπόμενες τιμές εξαρτώνται και από την ηλικία του ατόμου.

Τρόπος μέτρησης

Οι MIP και MEP μετρώνται εύκολα με απλό μανόμετρο που συνδέεται με επιστόμιο. Ο εξεταζόμενος είναι καθιστός και φέρει ρινοπίεστο. Του ζητάμε να πάρει μέγιστη εισπνοή και τοποθετούμε το επιστόμιο στο

στόμα του. Του λέμε να εκπνεύσει βίαια και η μέγιστη πίεση που καταγράφεται έναντι του εσωτερικού κλείστρου του μανόμετρου σε διάρκεια των 1-3 sec είναι η MEP. Η MIP μπορεί να μετρηθεί και στη μύτη εισάγοντας ένα ρινικό πώμα στον εξεταζόμενο και ζητώντας του να εισπνεύσει (sniffing) με τον άλλο ανοικτό ρώθωνα. Η διαδικασία ονομάζεται sniff nasal-inspiratory pressure (SNIP), και έχει τις ίδιες ενδείξεις με την MIP. Το πλεονέκτημά της είναι ότι μπορεί να μετρήσει την πίεση σε ασθενείς με νευρομυϊκά νοσήματα, που δεν μπορούν να κλείσουν το στόμα τους σωστά. Συνήθως μετρώνται τόσο η MIP όσο και η SNIP και επιλέγεται η καλύτερη από τις δύο ως πιο αντιπροσωπευτική, ώστε να χρησιμοποιείται και αργότερα για την παρακολούθηση. Παρομοίως με την MIP μετράται η MEP, τοποθετώντας το επιστόμιο μετά μέγιστη εκπνοή του εξεταζόμενου και ζητώντας του να πάρει μέγιστη εισπνοή. Για τη σωστή μέτρηση των πιέσεων η διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές και καταγράφεται η καλύτερη τιμή¹².

Κλινική σημασία

Η MIP-SNIP και η MEP είναι μεγέθη της ικανότητας για δημιουργία πίεσης από τους εισπνευστικούς και εκπνευστικούς μύες. Η μέτρησή τους έχει ένδειξη όταν υπάρχει ανεξήγητη μείωση της ζωτικής χωρητικότητας ή όταν υπάρχει υποψία αδυναμίας αναπνευστικών μυών. Χαρακτηριστικά σε αδυναμία των αναπνευστικών μυών παρατηρείται μειωμένη VC, μειωμένη TLC και διατηρημένος RV. Η DLCO είναι μειωμένη, αλλά όταν διορθώνεται ως προς τον όγκο βρίσκεται φυσιολογική ή και αυξημένη, εύρημα που βοηθά στη διαφορική διάγνωση από πνευμονικά περιοριστικά νοσήματα, όπως η πνευμονική ίνωση¹².

Επί φυσιολογικής VC πρακτικά αποκλεί-

εται η αδυναμία των αναπνευστικών μυών. Όταν η VC μειώνεται άνω του 25% σε ύπια θέση πρέπει να ακολουθεί έλεγχος των MIP και MEP. Μια τιμή MIP > - 80 cm H₂O πρακτικά αποκλείει την αδυναμία των εισπνευστικών μυών. Η παρακολούθηση των MIP και MEP έχει ένδειξη για την παρακολούθηση της πορείας αυτών των νευρομυϊκών νοσημάτων, σε συνδυασμό με τη VC¹².

Περιορισμοί

- Οι πιέσεις εξαρτώνται από την προσπάθεια του ατόμου και όταν υπάρχει αμφιβολία για την προσπάθεια του καταβάλλει ο εξεταζόμενος μπορεί να γίνει ηλεκτρική διέγερση του διαφράγματος. Αν δεν παρατηρηθεί επιπρόσθετη διαδιαφραγματική πίεσης θεωρείται ότι η προσπάθεια του εξεταζόμενου είναι μέγιστη.
- Σε ασθενείς με ΧΑΠ ή SNIP, αντίθετα με την MIP, υποεκτιμά τη δύναμη των αναπνευστικών μυών γιατί ο χειρισμός για τη μέτρησή της είναι βραχείας διάρκειας και η μετάδοση της μεταβολής της πίεσης από τον οισοφάγο στο στόμα και τη μύτη παρεμποδίζεται.
- Η MIP βρίσκεται μειωμένη και επί διαταραχών του θωρακικού τοιχώματος, όπως κυφοσκολίωση, καθώς και σε υπερδιάταση, όπως επί εμφυσήματος¹².

Παρακλίνια Σπυρομετρία - Ροομέτρηση

Ο δείκτης της πνευμονικής λειτουργίας που μπορεί εύκολα να μετρηθεί παρακλινίως είναι η μέγιστη εκπνευστική ροή (PEF). Η PEF, δηλαδή η υψηλότερη ροή που αναπτύσσεται σε μια μέγιστη εκπνευστική προσπάθεια, είναι δείκτης της συνολικής ικανότητας των αεραγωγών για παραγωγή ροής. Η PEF καταγράφεται στην αρχή της

εκπνοής όταν η ελαστική επαναφορά των πνευμόνων είναι μέγιστη και η διάμετρος των αεραγωγών επίσης³.

Φυσιολογικές τιμές

Οι αναμενόμενες τιμές της PEF προκύπτουν από τιμές αναφοράς σε άτομα ανάλογης ηλικίας, φύλου και ύψους, με διόρθωση αναλόγως της φυλής.

Τρόπος μέτρησης

Μετράται εύκολα με τη γνωστή συσκευή MiniWright peak flow meter, μια μικρή και ελαφριά συσκευή. Ο ασθενής αφού εισπνεύσει όσο πιο βαθιά μπορεί (σε επίπεδο TLC) εκπνέει όσο πιο βίαια μπορεί στο επιστόμιο της συσκευής. Η ροή του εκπνεόμενου αέρα μετακινεί ένα πιστόνι που συνδέεται με ελατήριο και ένας χάρακας που συνδέεται με το πιστόνι καταγράφει την μετακίνηση σε κλίμακα που βρίσκεται στην έξω επιφάνεια της συσκευής. Η κλίμακα καταγράφει την μετακίνηση του πιστονιού ως την PEF, σε Liters/min. Η δοκιμασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές και καταγράφεται η καλύτερη τιμή³.

Κλινική σημασία

Η PEF ανευρίσκεται μειωμένη σε:

- Κακή προσπάθεια
- Νευρομυϊκά νοσήματα
- Σε απόφραξη ανώτερων ή κατώτερων αεραγωγών

Η βασική της χρησιμότητα έγκειται στη διάγνωση και παρακολούθηση του βρογχικού άσθματος. Για διαγνωστικούς σκοπούς η PEF καταγράφεται τουλάχιστον το πρωί και το βράδυ για δύο εβδομάδες και συμβάλλει στη διάγνωση του άσθματος στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Σε επαγγελματικό άσθμα, όπου χαρακτηριστικά οι τιμές της βελτιώνονται τα Σαβ-

βατοκύριακα και τις αργίες, όταν το άτομο απέχει από την εργασία του

- Όταν υπάρχει ημερήσια διακύμανση > 20% των τιμών της (υπολογίζεται από το λόγο μέγιστη PEF– ελάχιστη PEF / μέσος όρος PEF (πτώση τις πρωινές ώρες)
- Όταν η βασική τιμή της PEF αυξάνεται >15% μετά τη χορήγηση βρογχοδιασταλτικού

Για σκοπούς παρακολούθησης προσδιορίζεται αρχικά η βασική της τιμή, με την οποία θα συγκρίνονται ακόλουθες μετρήσεις. Ιδανικά, η βασική τιμή πρέπει να λαμβάνεται όταν ο ασθενής είναι καλά, μετά από περίοδο μέγιστης αγωγής. Η τιμή της PEF παρακολουθείται δύο με τέσσερις φορές την ημέρα για δύο εβδομάδες και οι τιμές χρησιμεύουν για να προσδιορισθεί η «εξατομικευμένη βέλτιστη» τιμή PEF, που είναι η υψηλότερη τιμή που θα καταγραφεί στην περίοδο αυτή. Η φυσιολογική τιμή του ασθενούς προσδιορίζεται στο 80-100% της βέλτιστης αυτής τιμής. Τιμές κάτω από 80%

είναι δηλωτικές παρόξυνσης, και μπορεί να προηγούνται της έναρξης των συμπτωμάτων, ενώ τιμές κάτω από 40% δηλώνουν σοβαρή παρόξυνση. Η βέλτιστη τιμή κάθε ασθενούς πρέπει να αναθεωρείται ετησίως και ανά διαστήματα να συγκρίνεται με τα ευρήματα της σπιρομέτρησης, γιατί η PEF είναι γενικά λιγότερο ακριβής δείκτης για την ανίχνευση περιορισμού της ροής σε σχέση με τον FEV₁. Οι ασθενείς με άσθμα διδάσκονται για τον τρόπο πρώιμης διάγνωσης ενός ασθματικού παροξυσμού με τη βοήθεια της PEF και για τον τρόπο κλιμάκωσης της θεραπείας και με τον τρόπο αυτό αυτορυθμίζουν τη νόσο τους³.

Περιορισμοί

Η PEF είναι παράμετρος που εξαρτάται από την προσπάθεια και είναι αξιόπιστος δείκτης απόφραξης των αεραγωγών μόνο όταν η προσπάθεια του εξεταζόμενου είναι μέγιστη. Είναι άρα σημαντικά να επισκοπείται η προσπάθεια σε όλη τη διάρκειά της.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; 26:948–968.
2. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26:319–38.
3. Barreiro T, Perillo I. An Approach to Interpreting Spirometry. *Am Fam Physician*. 2004; 69:1107-1114.
4. Hayes D, Kraman S. The Physiologic Basis of Spirometry. *Respir Care*. 2009; 54:1717–1726.
5. Maestù LP, de Pedro JG. Lung Function Tests in Clinical Decision Making. *Arch Bronconeumol*. 2012; 48:161–169.
6. Wanger J, Clausen JL, Coates A, Pedersen OF, Brusasco V, Burgos F, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J*. 2005; 26:511–522.
7. Guntupalli KK, Bandi V, Sirgi C, et al. Usefulness of flow volume loops in emergency center and ICU settings. *Chest* 1997; 111:481-8.
8. Modrykamien AM, Gudavalli R, McCarthy K, Liu X, Stoller JK. Detection of upper airway obstruction with spirometry results and the flow-volume loop: a comparison of quantitative and visual inspection criteria. *Respir Care*. 2009; 54:474-479.
9. Flesch J, Dine J. Lung Volumes Measurement, Clinical Use, and Coding. *Chest*. 2012; 142:506-10.
10. Ruppel G. What Is the Clinical Value of Lung Volumes? *Respir Care*. 2012; 57:26–35.

11. MacIntyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, van der Grinten CP, Brusasco V, et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the

lung. *Eur Respir J.* 2005; 26:720-735.
12. Polkey MI, Green M, Moxham J. Measurement of respiratory muscle strength. *Thorax.* 1995; 50:1131-1135.

Ερωτήσεις Αυτοεκτίμησης Γνώσεων

1. Ποιος από τους παρακάτω δείκτες είναι ο καλύτερος για τη σταδιοποίηση της σοβαρότητας του αποφρακτικού συνδρόμου:

- a. Ο μέγιστος εφεδρικός αερισμός (MVV)
- b. Ο Βιαίως εκπνεόμενος όγκος κατά το 1ο sec της δοκιμασίας μέγιστης εκπνοής (FEV1)
- c. Ο λόγος FEV1/VC
- d. Τα a και c είναι σωστά

2. Σημειώστε τη λάθος διατύπωση:

- a. Η διάγνωση του αποφρακτικού συνδρόμου τυπικά τίθεται όταν FEV1/VC <0.70
- b. Το περιοριστικό σύνδρομο χαρακτηρίζεται από φυσιολογικό λόγο FEV1/VC και μείωση της TLC κάτωθεν του 5ου εκατοστημόριου της αναμενόμενης τιμής
- c. Η διάγνωση του μικτού συνδρόμου είναι πιθανή όταν διαπιστώνεται χαμηλός λόγος FEV1/VC και χαμηλή TLC
- d. Η μέτρηση της διαχυτικής ικανότητας για το μονοξείδιο του άνθρακα (DLCO) είναι απαραίτητη για τη διάγνωση του περιοριστικού και του μικτού συνδρόμου

3. Σημειώστε τη λάθος διατύπωση:

- a. Η μορφολογία της καμπύλης ροής-όγκου είναι χαρακτηριστική σε αποφρακτικά και περιοριστικά σύνδρομα
- b. Η κοίλη διαμόρφωση του εκπνευστικού τμήματος της καμπύλης ροής-όγκου

- απαντάται σε αποφρακτικό σύνδρομο
- c. Σε απόφραξη ανώτερων αεραγωγών το εισπνευστικό τμήμα της καμπύλης ροής-όγκου διατηρείται φυσιολογικό
- d. Σε περιοριστικό σύνδρομο το εκπνευστικό τμήμα της καμπύλης ροής-όγκου περιγράφεται ως καπέλο μάγισσας»

4. Σημειώστε τη λάθος διατύπωση:

- a. Η PEF είναι αντικειμενικός δείκτης διάγνωσης του αποφρακτικού συνδρόμου
- b. Η PEF είναι συνήθως μειωμένη στα αποφρακτικά νοσήματα, σε παρόξυνση άσθματος και σε απόφραξη ανώτερων αεραγωγών
- c. Η παρακολούθησή της Η PEF είναι πολύτιμη για την παρακολούθηση του άσθματος και την αυτορρύθμιση των ασθενών
- d. Η PEF μετράται κατά τη διάρκεια της σπυρομετρίας ή με απλό ροόμετρο τύπου Wright

5. Η διαχυτική ικανότητα του μονοξειδίου του άνθρακα (DLCO)

- a. Είναι αυξημένη στην άσκηση
- b. Είναι αυξημένη σε διάχυτη διάμεση πνευμονοπάθεια
- c. Είναι ελαττωμένη σε πνευμονική αιμορραγία
- d. Είναι φυσιολογική σε πολυκυτταραιμία

Σωστές απαντήσεις: 1b, 2d, 3c, 4a, 5a.