



ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

Μάλλη Φωτεινή

Καθηγήτρια Πανεπ. Θεσσαλίας

Επιστ. Υπεύθ. Ιατρείου Πνευμονικής Εμβολής ΠΠΓΝΑ

Επιστημονικός συνεργάτης Πνευμονολογικής Κλινικής ΠΠΓΝΑ





ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- Απλή Σπυρομέτρηση (FEV_1 , FVC, FEV_1/FVC , SVC)
 - Καμπύλη Ροής - Όγκου
 - Δοκιμασία Βρογχοδιαστολής
- Ροομετρία Μέγιστη Εκπνευστική Ροή (PEFR)
- Στατικοί Όγκοι (RV, TLC, FRC, ERV, IC)
- Διαχυτική Ικανότητα (DL_{CO} , DL_{CO}/V_A)
- Αντιστάσεις Αεραγωγών
- Διατασιμότητα (Compliance)
- Έλεγχος Αναπνευστικών Μυών ($P_{I,max}$, $P_{E,max}$, SNIP, Twitch P_{di})
- Οξυμετρία - Μέτρηση Αερίων Αρτηριακού Αίματος

- Εξετάσεις/δοκιμασίες που δίνουν μια εικόνα της λειτουργικότητας των πνευμόνων.
- Ο λειτουργικός έλεγχος της αναπνοής πραγματοποιείται για την **ανίχνευση** και **παρακολούθηση** διαταραχών του αναπνευστικού συστήματος



ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

- **Απλή Σπιρομέτρηση** (FEV_{1} , FVC, FEV_{1}/FVC , SVC)
 - Καμπύλη Ροής - Όγκου
 - Δοκιμασία Βρογχοδιαστολής
- **Ροομετρία** Μέγιστη Εκπνευστική Ροή (PEFR)
- **Στατικοί Όγκοι** (RV, TLC, FRC, ERV, IC)
- **Διαχυτική Ικανότητα** (DL_{CO} , DL_{CO}/V_A)
- Αντιστάσεις Αεραγωγών
- Διατασιμότητα (Compliance)
- Έλεγχος Αναπνευστικών Μυών ($P_{I,max}$, $P_{E,max}$, SNIP, Twitch P_{di})
- **Οξυμετρία** - Μέτρηση Αερίων Αρτηριακού Αίματος

- Εξετάσεις/δοκιμασίες που δίνουν μια εικόνα της λειτουργικότητας των πνευμόνων.
- Ο λειτουργικός έλεγχος της αναπνοής πραγματοποιείται για την **ανίχνευση** και **παρακολούθηση** διαταραχών του αναπνευστικού συστήματος

Παλμική οξυμετρία



Παλμική οξυμετρία

Το οξυγόνο στο αίμα κυκλοφορεί σε δύο μορφές:

-Ελεύθερο

-Προσδεδεμένο στην αιμοσφαιρίνη

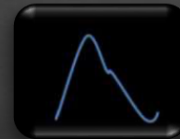
- Η παλμική οξυμετρία είναι η απλούστερη εξέταση για την **εκτίμηση της οξυγόνωσης** ή καλύτερα τον **κορεσμό** σε οξυγόνο στο αίμα (το ποσοστό της αιμοσφαιρίνης που μεταφέρει οξυγόνο).
- Πρόκειται για μια σύντομη διαδικασία, απλή, μη επεμβατική και ανώδυνη.
- Το αποτέλεσμα της χρησιμοποιείται σαν γενικός δείκτης της μεταφοράς του οξυγόνου στους περιφερικούς ιστούς.

Παλμική οξυμετρία

- Μέτρηση σφύξεων/λεπτό
- Δίνει στοιχεία για την άρδευση των ιστών (κυματομορφή)



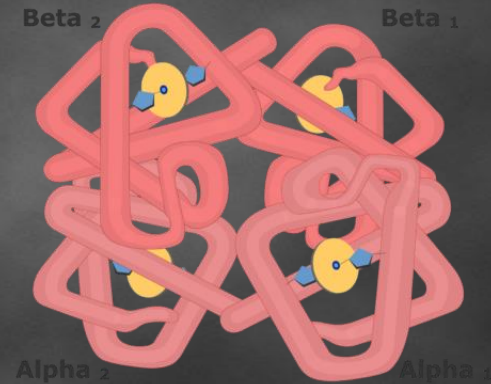
Αύξηση του κύματος μπορεί να υποδηλώνει αγγειοδιαστολή



Μείωση του κύματος μπορεί να υποδηλώνει αγγειοσυστολή

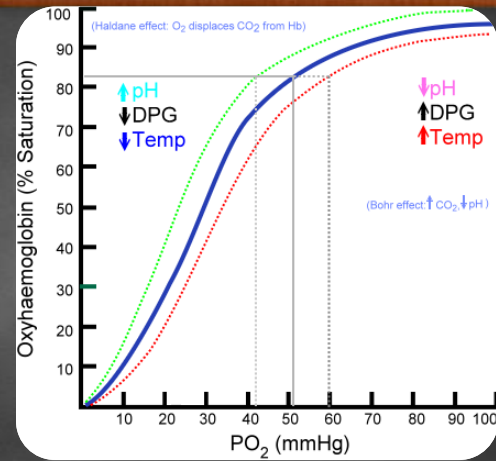
Βασικές αρχές

- Η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από 4 υπομονάδες, καθεμία από τις οποίες αποτελείται από μια αλυσίδα και μία ομάδα αίμης
- Η ομάδα της αίμης συνδέεται στις αλυσίδες με ένα άτομο Fe, στο οποίο προσδένεται το οξυγόνο
- Κάθε μόριο αιμοσφαιρίνης μπορεί να προσδέσει ως και **4 άτομα οξυγόνου**



Βασικές αρχές

- Όταν ένα μόριο οξυγόνου προσδένεται στην αιμοσφαιρίνη η τεταρτοταγής δομή της αλλάζει και η συγγένεια των θέσεων που απομένουν γίνεται μεγαλύτερη για το οξυγόνο
- Αυτή η συνεργική δράση της πρόσδεσης του οξυγόνου αντικατοπτρίζεται στην **καμπύλη κορεσμού της αιμοσφαιρίνης**



Extrapolations	
Hb Saturation (SaO ₂)	Arterial Tension (PaO ₂)
95	80
90	60
80	50
70	40

Παλμικό οξύμετρο

Αποτελείται από:

- Περιφερική κεφαλή-**probe** (σε άμεση επαφή με τον ασθενή)
- **Επεξεργαστή** που λαμβάνει το σήμα και δίνει το αποτέλεσμα

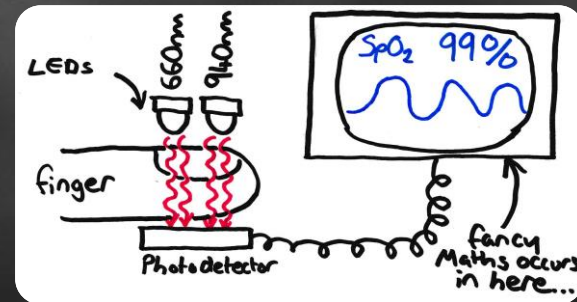


Παλμικό οξύμετρο

Η κεφαλή αποτελείται από 2
διόδους που εκπέμπουν φως και
έναν ανιχνευτή

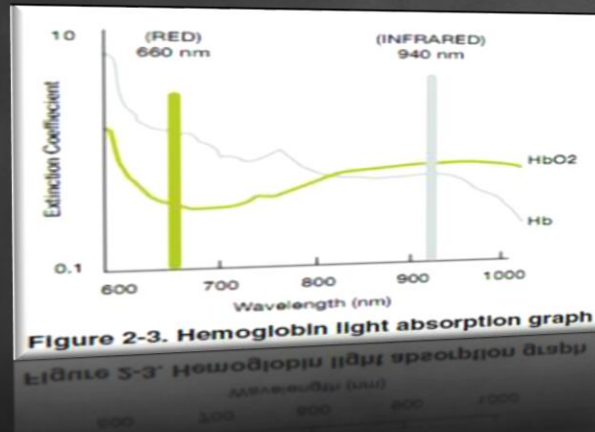
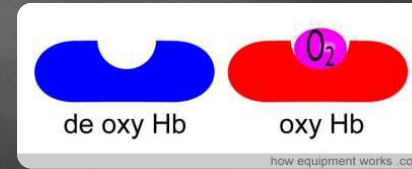


- Οι δίοδοι εκπέμπουν φως διαφορετικού μήκους κύματος
- Το φως απορροφάται από τους ιστούς
- Το ποσό της απορρόφησης εκτιμάται από τον ανιχνευτή



Παλμικό οξύμετρο

- Η HbO₂ και η Hb απορροφούν το ερυθρό και το υπέρυθρο φως με διαφορετικό τρόπο



- Η μία δίοδος εκπέμπει φως στο φάσμα του ερυθρού, όπου η δεοξυαιμοσφαιρίνη απορροφά περισσότερο
- Η δεύτερη δίοδος εκπέμπει φως στο φάσμα του υπέρυθρου, όπου η οξυαιμοσφαιρίνη απορροφά περισσότερο

$$SpO_2 = \frac{HbO_2}{(HbO_2 + Hb)}$$

Τρόπος χρήσης

Ορθή χρήση

- Η κεφαλή (probe) πρέπει να τοποθετείται σε ιστό με καλή αιμάτωση, σχετικά ακίνητο άκρο
- Η κεφαλή εφαρμόζεται σε:

1.



2.



3.



Κοινά λάθη

Η μέτρηση μπορεί να είναι λάθος σε:

- Περιφερική αγγειοσύσπαση
- Μειωμένη παροχή αίματος (shock)
- Υποθερμία
- Αναιμία
- Ρίγος ή μεγάλη κινητικότητα άκρου
- Βαφή νυχιών
- Καρβοξυαιμοσφαιρίνη ($HbCO$) (δηλητηρίαση με μονοξείδιο άνθρακα, ψευδώς φυσιολογική τιμή)
- Πολύ έντονο φως





POOMETPO (PEAK FLOW METER)



Ροόμετρο

- Μετράει τη μέγιστη ροή αέρα που μπορείς να πετύχεις σε μια δυναμική εκπνοή
- Υπάρχουν αναλογικά και ηλεκτρονικά ροόμετρα
- Χρησιμεύει κυρίως για την παρακολούθηση της αναπνευστικής λειτουργίας στο σπίτι, ιδιαίτερα σε ασθενείς με δύσκολα αντιμετωπιζόμενο άσθμα

Set Peak up

Number to
write down



ΡΟΟΜΕΤΡΟ (PEAK FLOW METER)

- Μετράει τη μέγιστη εκπνευστική ροή
 - ◆ **Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)**
- Είναι εύχρηστη μέθοδος
 - ◆ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ενήλικες και παιδιά >5 ετών
- **Ενδείξεις**
 - ◆ Διάγνωση άσθματος
 - Διακύμανση >20%
 - Ανταπόκριση στη βρογχοδιαστολή >15%
 - ◆ Διάγνωση επαγγελματικού βρογχικού άσθματος
 - ◆ Παρακολούθηση πορείας άσθματος
 - ◆ Αξιολόγηση νυκτερινών συμπτωμάτων άσθματος

<https://www.youtube.com/watch?v=055fSYXgNKU>

ΠΙΝΑΚΑΣ 9

ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΑΣΘΜΑΤΟΣ

Ημερήσια καταγραφή των ροών και των συμπτωμάτων του ασθενούς

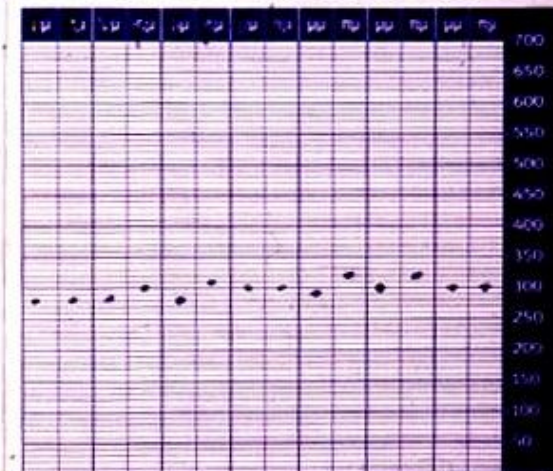
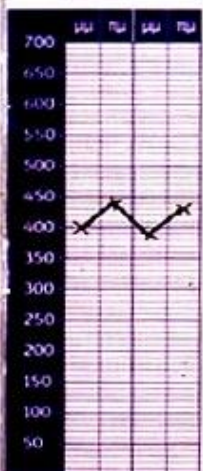
Συμπτώματα: (τοεκάρτε 1' αντίστοιχο κουτάκι)

A.	Έχετε βήχα σήμερα.
B.	Έχετε αναγνώ σήμερα.
Γ.	Έχετε φθισμένα σήμερα.
Δ.	Συμπήσατε το βράδυ από βήχα ή ουρλιαχτό.
Ε.	Αποκρίνασθε από το σπυρίδιο.
Στ.	Έχετε παρατηρήσει τις φυσικές δραστηριότητες, τάση / παρόμοιο σήμερα.

wk 1

	ΔΕΥ	ΤΡΙ
A.		
B.	✓	
Γ.		✓
Δ.		
Ε.	✓	
Στ.		

	11/12	16/12	21/12	26/12	31/12	1/12	2/12	wk 1
	ΔΕΥ	ΤΡΙ	ΤΕΤ	ΠΕΜ	ΠΑΡ	ΣΑΒ	ΚΥΡ	
A.	0	0	0	0	0	0	0	A.
B.	✓	0	0	0	0	0	0	B.
Γ.	0	0	0	0	0	0	0	Γ.
Δ.	✓	0	0	0	0	0	0	Δ.
Ε.	0	0	0	0	0	0	0	Ε.
Στ.	0	0	0	0	0	0	0	Στ.



Θεραπεία: Ζητείστε από το γιατρό σας να καταγράψει τη θεραπεία που σας χορηγήθηκε

Δοσολογία / Ημέρα

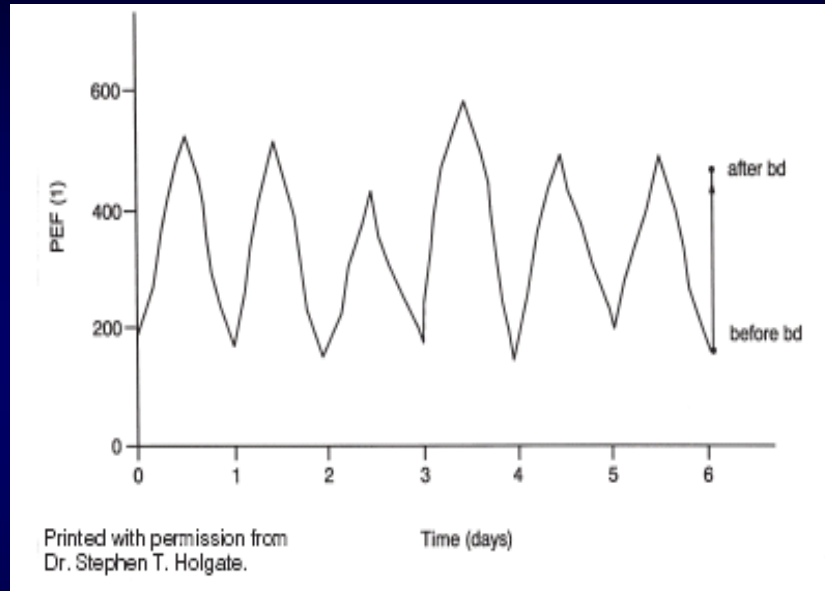
1	Αετολιμ (βροκοσπασμικό)	
2	Βιολιτρίνη (στεροειδές φάρμακο)	2+1
3	(βροχολυτικό)	
4		
5		

1	2	2
2	2	2
3		
4		
5		

2x3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1



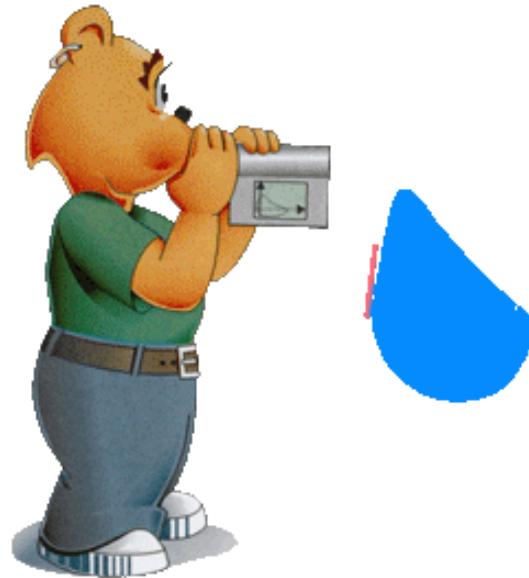
ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ PEFR



Διακύμανση >20% =
διαγνωστική άσθματος

$$\text{PEFR variability (ημερήσια)} = \frac{\text{Μέγιστη PEFR} - \text{Ελάχιστη PEFR}}{\text{Μέσος Όρος PEFR}}$$

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ



Τι είναι Σπιρομέτρηση;

- Είναι μέθοδος για την εκτίμηση της πνευμονικής λειτουργίας με τη μέτρηση του όγκου του αέρα που ο ασθενής μπορεί να εκπνεύσει μετά από μια μέγιστη εισπνοή.
- Είναι αξιόπιστη μέθοδος για τη διαφοροδιάγνωση ανάμεσα σε διαταραχές που χαρακτηρίζονται από απόφραξη των αεραγωγών (πχ. ΧΑΠ, άσθμα) και σε περιοριστικά νοσήματα (όπου το μέγεθος των πνευμόνων είναι μειωμένο πχ. πνευμονική ίνωση).
- Είναι αποτελεσματική για τον καθορισμό της σοβαρότητας της ΧΑΠ.
- Στα παιδιά συμβάλλει στην ανίχνευση αναπνευστικών διαταραχών αποφρακτικού τύπου.

Η σπυρομέτρηση δίνει 3 σημαντικές μετρήσεις

- **FEV₁**: Ο όγκος του αέρα που ο ασθενής εκπνέει στο **1ο sec** κατά τη δυναμική εκπνοή.
 - **FVC**: Ο συνολικός όγκος αέρα που ο ασθενής μπορεί δυναμικά να εκπνεύσει μετά από μια μέγιστη εισπνοή.
 - **FEV₁/FVC**: Ο λόγος FEV₁/FVC που εκφράζεται με ποσοστό επί τοις εκατό.
- * Οι τιμές FEV₁ και FVC εκφράζονται ως ποσοστό των προβλεπόμενων φυσιολογικών τιμών για άτομο του ίδιου φύλου, ηλικίας και ύψους.

Ενδείξεις σπιρομέτρησης

- Διάγνωση
- Θεραπεία
- Παρακολούθηση

TABLE 1 Indications for spirometry

Diagnostic

- To evaluate symptoms, signs or abnormal laboratory tests
- To measure the effect of disease on pulmonary function
- To screen individuals at risk of having pulmonary disease
- To assess pre-operative risk
- To assess prognosis
- To assess health status before beginning strenuous physical activity programmes

Monitoring

- To assess therapeutic intervention
- To describe the course of diseases that affect lung function
- To monitor people exposed to injurious agents
- To monitor for adverse reactions to drugs with known pulmonary toxicity

Disability/impairment evaluations

- To assess patients as part of a rehabilitation programme
- To assess risks as part of an insurance evaluation
- To assess individuals for legal reasons

Public health

- Epidemiological surveys
- Derivation of reference equations
- Clinical research

TABLE 1

Conditions where suboptimal lung function results are likely

Chest or abdominal pain of any cause

Oral or facial pain exacerbated by a mouthpiece

Stress incontinence

Dementia or confusional state

TABLE 2

Activities that should preferably be avoided prior to lung function testing

Smoking within at least 1 h of testing

Consuming alcohol within 4 h of testing

Performing vigorous exercise within 30 min of testing

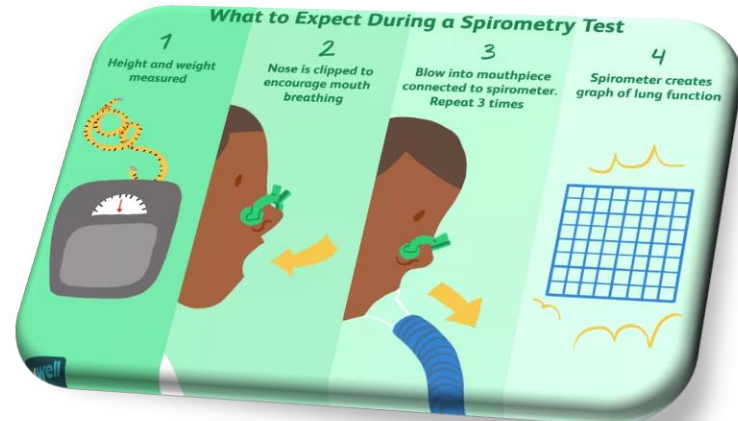
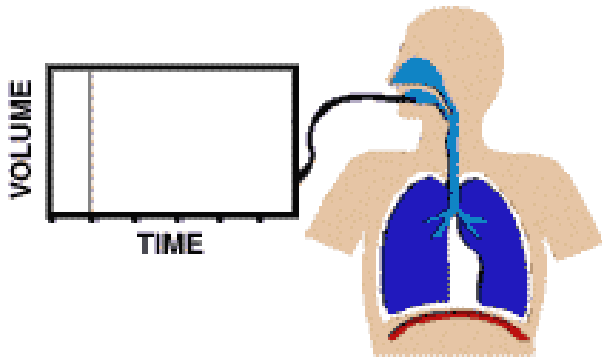
Wearing clothing that substantially restricts full chest and abdominal expansion

Eating a large meal within 2 h of testing

Τεχνική

Ο εξεταζόμενος πραγματοποιεί:

- Μέγιστη εισπνοή,
- Βίαιη εκπνοή,
- Συνέχιση της εκπνοής μέχρι το τέλος της εξέτασης (πλήρης εκπνοή).



Προετοιμασία

Απαραίτητες πληροφορίες:

- **Φύλο, ηλικία, ύψος.** Χρειάζονται ώστε οι τιμές FEV_1 & FVC να συγκριθούν με τις προβλεπόμενες φυσιολογικές τιμές.
- Θα πρέπει να σημειωθεί κάθε επιπλέον πληροφορία που μπορεί να βοηθήσει στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων (πχ. αν ο ασθενής παρουσιάζει **έξαρση της νόσου** ή έχει πάρει πρόσφατα **βρογχοδιασταλτικά**).

Τεχνική

- Προσαρμόζουμε ένα καθαρό μιας χρήσης **επιστόμιο**.
- Ο ασθενής **εισπνέει** όσο πιο βαθιά μπορεί.
- Έχει σφραγίσει καλά τα **χείλη του γύρω από το επιστόμιο**, η γλώσσα του δεν αποφράσσει τον αυλό του σωλήνα και, προηγουμένως έχουμε κλείσει τη μύτη του με ένα **ρινοπίεστρο**.
- Ο ασθενής **εκπνέει δυναμικά** (δυνατά και γρήγορα όσο είναι δυνατό) μέχρι να μην έχει άλλο αέρα να εκπνεύσει.
ενθαρρύνουμε τον ασθενή να συνεχίσει να εκπνέει.

Τεχνική

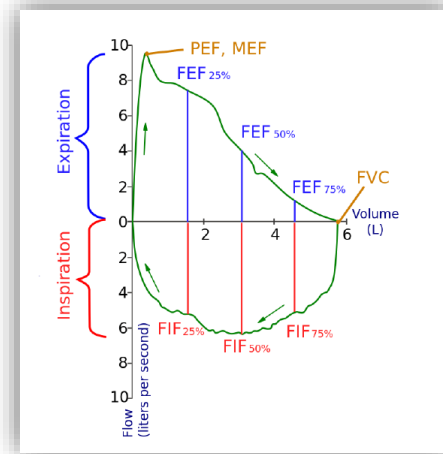
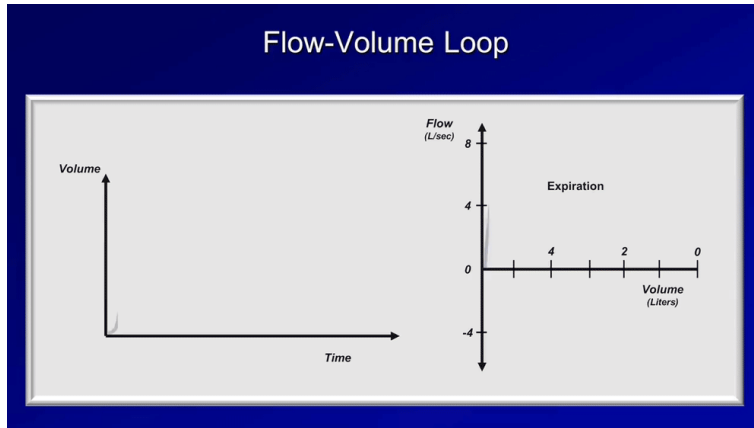
- Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία, και πάλι.
- Πρέπει να έχουμε 3 μετρήσεις από τις οποίες οι 2 καλύτερες είναι με διαφορά 5% ή μια με την άλλη.
- Ο συνολικός αριθμός των προσπαθειών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 8.
- Τα αποτελέσματα προβάλλονται, αποθηκεύονται ή εκτυπώνονται.

Αποτέλεσμα

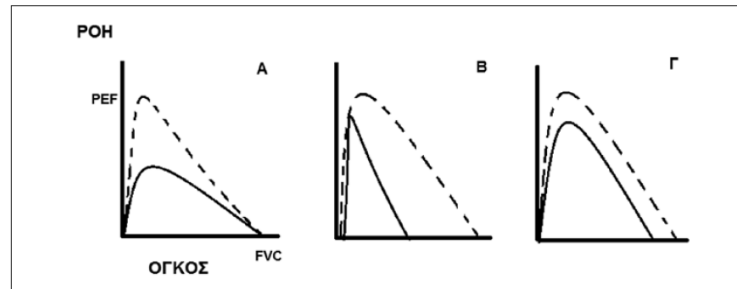
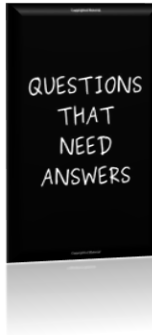
Με βάση τα δεδομένα της σπυρομέτρησης, αλλά και την καμπύλη ροής-όγκου διακρίνονται 3 λειτουργικά σύνδρομα:

- Το **αποφρακτικό** σύνδρομο → μείωση της μέγιστης εκπνευστικής ροής, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η γρήγορη εκκένωση του πνεύμονα
- Το **περιοριστικό** σύνδρομο → Κυρίαρχο χαρακτηριστικό είναι η ελάττωση των αναπνευστικών όγκων
- Το **μικτό** σύνδρομο

- Για την ερμηνεία των στοιχείων μιας σπυρομέτρησης αρχικά εκτιμούμε τη μορφολογία της **καμπύλης ροής-όγκου**.
- Η καμπύλη αυτή απεικονίζεται από τον υπολογιστή του σπυρομέτρου μαζί με την **προβλεπόμενη καμπύλη**, εκείνη δηλαδή που αναμένεται για το φύλο, την ηλικία και το ύψος του εξεταζόμενου

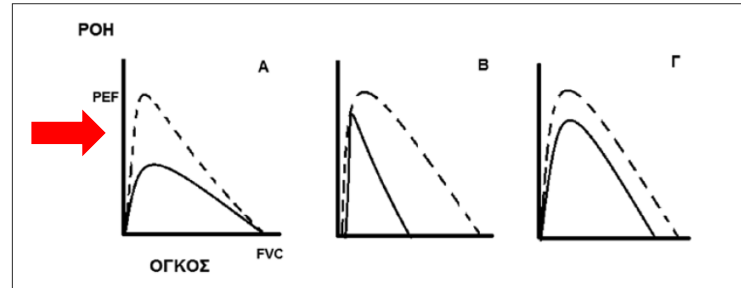
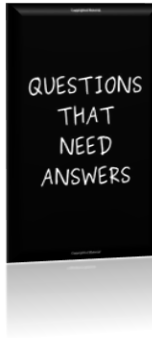


- Είναι η καταγραφείσα καμπύλη εκτός, επί ή εντός της προβλεπομένης;
- Εάν είναι επί ή εκτός της προβλεπομένης, χαρακτηρίζεται ως φυσιολογική, ενώ εάν είναι εντός, θεωρείται ως **παθολογική**



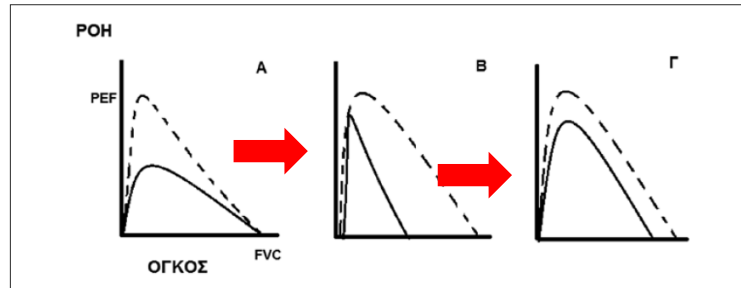
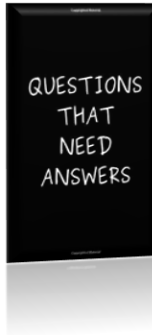
ΕΙΚΟΝΑ 3. Α: Καμπύλη εντός της προβλεπομένης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *ελαττωμένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης οφειλόμενη σε απόφραξη ενδοθωρακικών αεραγωγών, π.χ. άσθμα. **Β:** Καμπύλη εντός της προβλεπομένης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *αυξημένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπομένης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος). **Γ:** Καμπύλη εντός της προβλεπομένης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου ίση με εκείνη της προβλεπομένης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του θωρακικού κλωβού, π.χ. παχυσαρκία ή αδυναμία των αναπνευστικών μυών).

- Εφόσον η καμπύλη ροής-όγκου είναι παθολογική, η γωνία που σχηματίζει το κατίον σκέλος της καμπύλης με τον άξονα όγκου είναι ίση, μικρότερη ή μεγαλύτερη συγκριτικά με την αντίστοιχη γωνία της προβλεπόμενης καμπύλης;
- Εάν η γωνία του κατίοντος σκέλους είναι ελαττωμένη συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης, το εύρημα είναι ενδεικτικό **απόφραξης ενδοθωρακικών αεραγωγών, π.χ. άσθμα.**



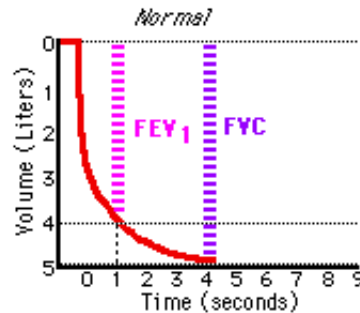
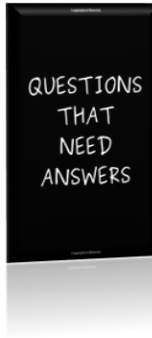
ΕΙΚΟΝΑ 3. Α: Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατίοντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *ελαττωμένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης οφειλόμενη σε απόφραξη ενδοθωρακικών αεραγωγών, π.χ. άσθμα. **Β:** Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατίοντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *αυξημένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος). **Γ:** Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατίοντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *ίση* με εκείνη της προβλεπόμενης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του θωρακικού κλωβού, π.χ. παχυσαρκία ή αδυναμία των αναπνευστικών μυών).

- Εάν η γωνία του κατιόντος σκέλους είναι αυξημένη συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης, είναι πιθανή η ύπαρξη αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου, οφειλόμενη σε παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος, π.χ. διάμεση πνευμονοπάθεια.
- Τέλος, εάν η γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου είναι ίση με την προβλεπόμενη, το εύρημα είναι συμβατό με αναπνευστική διαταραχή περιοριστικού τύπου, οφειλόμενη σε παθολογία του θωρακικού κλωβού, π.χ. παχυσαρκία ή αδυναμία των αναπνευστικών μυών

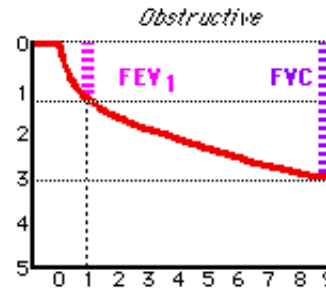


ΕΙΚΟΝΑ 3. Α: Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *ελαττωμένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης οφειλόμενη σε απόφραξη ενδοθωρακικών αεραγωγών, π.χ. άσθμα. **Β:** Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου *αυξημένη* συγκριτικά με εκείνη της προβλεπόμενης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος). **Γ:** Καμπύλη εντός της προβλεπόμενης και γωνία του κατιόντος σκέλους με τον άξονα του όγκου ίση με εκείνη της προβλεπόμενης (εικόνα αναπνευστικής διαταραχής περιοριστικού τύπου οφειλόμενη σε παθολογία του θωρακικού κλωβού, π.χ. παχυσαρκία ή αδυναμία των αναπνευστικών μυών).

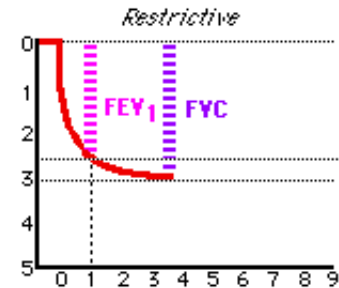
- Επιβεβαιώνουν οι τιμές των παραμέτρων FVC, FEV₁ και ο λόγος FEV₁/FVC, τα ευρήματα από την καμπύλη ροής-όγκου;
- Σε αναπνευστική διαταραχή **αποφρακτικού τύπου**, η FVC είναι φυσιολογική ή μειωμένη (<80%) εξαιτίας παγίδευσης αέρα εντός των πνευμόνων και αύξησης του RV. Η FEV₁ είναι **ελαττωμένη (<80%)** καθώς και ο λόγος FEV₁/FVC (<0,70).



FEV₁ = 4.0 L FVC = 5.0 L
 $4.0/5.0 = 80\%$

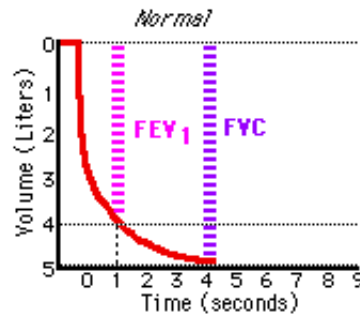
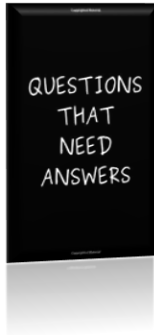


FEV₁ = 1.2 L FVC = 3.0 L
 $1.2/3.0 = 40\%$

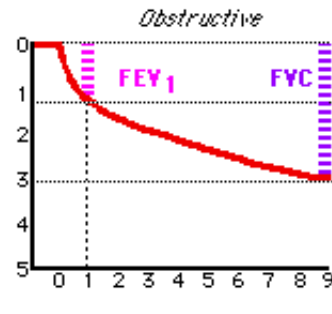


FEV₁ = 2.7 L FVC = 3.0 L
 $2.7/3.0 = 90\%$

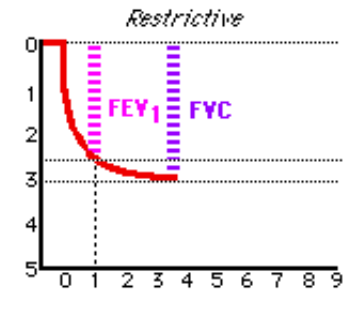
- Σε αναπνευστική διαταραχή περιοριστικού τύπου που οφείλεται σε παθολογία του πνευμονικού παρεγχύματος (π.χ. διάμεση πνευμονοπάθεια) τόσο η τιμή της FEV1 όσο και της FVC είναι **μειωμένες**, περισσότερο όμως η δεύτερη σε σχέση με την πρώτη με αποτέλεσμα ο λόγος **FEV1/FVC να είναι αυξημένος**. Σε αναπνευστική διαταραχή περιοριστικού τύπου, οφειλόμενη σε παθολογία του θωρακικού κλωβού, όπως παχυσαρκία ή αδυναμία των αναπνευστικών μυών, οι τιμές **FEV1 και FVC είναι ομότιμα ελαττωμένες και ο λόγος τους παραμένει φυσιολογικός (>0,80)**.



FEV₁ = 4.0 L FVC = 5.0 L
 $4.0/5.0 = 80\%$



FEV₁ = 1.2 L FVC = 3.0 L
 $1.2/3.0 = 40\%$



FEV₁ = 2.7 L FVC = 3.0 L
 $2.7/3.0 = 90\%$

- Εάν η καμπύλη ροής-όγκου έχει μορφολογία διαταραχής αποφρακτικού τύπου, μετά τη χορήγηση βρογχοδιασταλτικού φαρμάκου και την επανάληψη της σπιρομέτρησης παρατηρείται **αύξηση** της τιμής του **FEV1** (ή/και της PEF) κατά τουλάχιστον 12% και 200ml?
- Η αύξηση των εκπνευστικών ροών μετά τη χορήγηση βρογχοδιασταλτικού δείχνει αναστρέψιμη απόφραξη των ενδοθωρακικών αεραγωγών, δηλαδή **βρογχόσπασμο (αναστρεψιμότητα)**

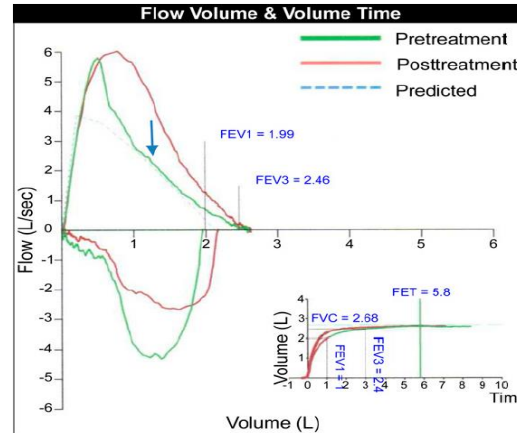
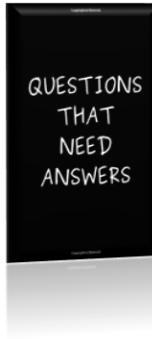


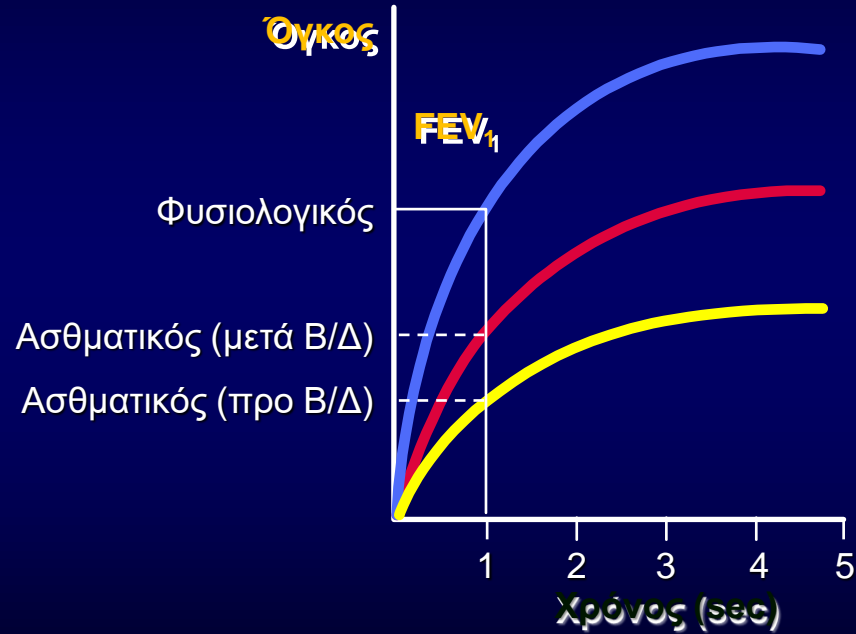
Figure 4. Flow-volume curve for the results seen in Figure 3. Obstructive lung disease is present, as indicated by the scooped-out appearance of the expiratory curve (arrow indicates decreased airflow). Postbronchodilator curve reveals improved airflow with similar vital capacity. FET indicates forced expiratory time; FEV₁, forced expiratory volume in 1 second; FEV₃, forced expiratory volume in 3 seconds; and FVC, forced vital capacity.

Δοκιμασία βρογχοδιαστολής

- Διενέργεια σπιρομέτρησης μετά τη χρήση βρογχοδιασταλτικών φαρμάκων → εκτίμηση της αναστρεψιμότητας της απόφραξης των αεραγωγών → **διάγνωση του άσθματος**
- Ο ασθενής δεν πρέπει να έχει λάβει αγωγή πριν την πραγματοποίηση της εξέτασης
- Εισπνέει βρογχοδιασταλτικό φάρμακο (β2-αγωνιστής)
 - Εκτελεί μία μικρή εκπνοή και στη συνέχεια πραγματοποιεί μία μέγιστη εισπνοή με το χορηγούμενο βρογχοδιασταλτικό φάρμακο.
 - Στη συνέχεια κρατάει την ανάσα του για 5-10 δευτερόλεπτα και κατόπιν εκπνέει ήρεμα.



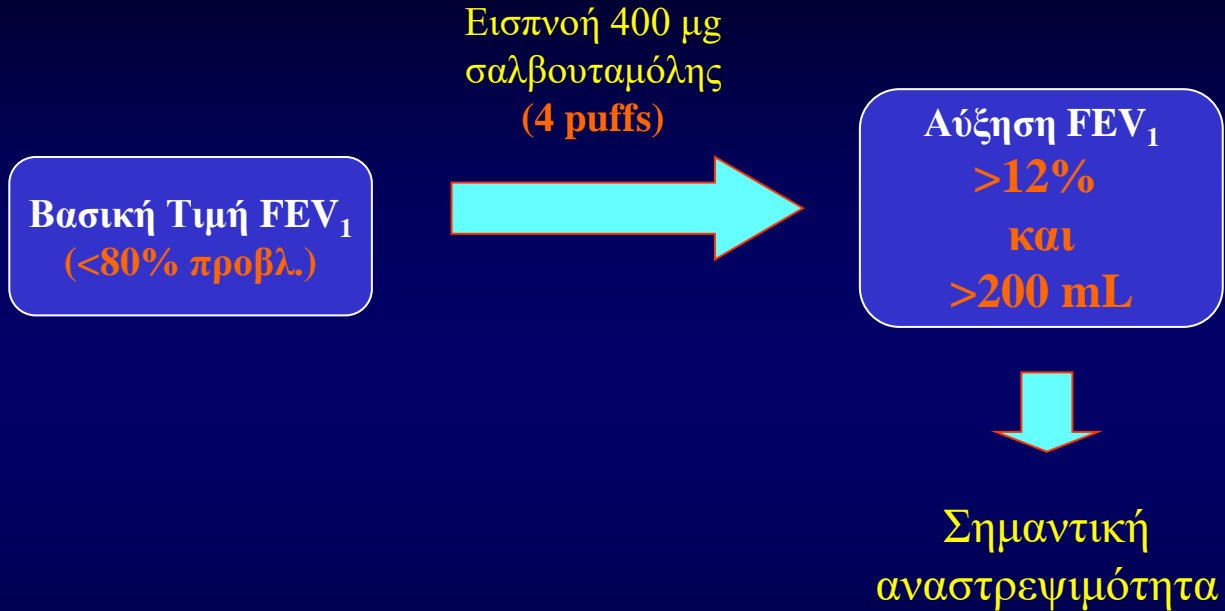
ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ



Σημείωση: Η κάθε καμπύλη αντιπροσωπεύει την καλύτερη από 3 διαδοχικές μετρήσεις

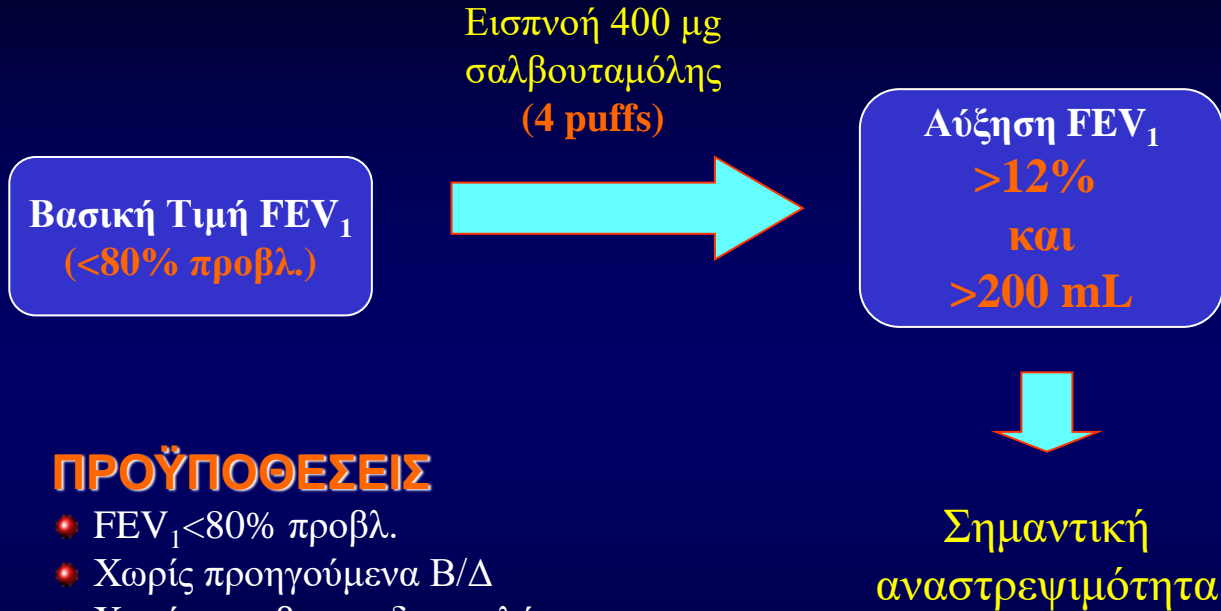


ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ





ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ



ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ

- FEV₁ < 80% προβλ.
- Χωρίς προηγούμενα Β/Δ
- Χορήγηση βρογχοδιαστολής με MDI και spacer ή νεφελοποιητή
- 20 min στο άσθμα
- 30-45 min στη ΧΑΠ



ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

ΕΡΜΗΝΕΙΑ

- Σε ασθενείς με ιστορικό συμβατό με βρογχικό άσθμα (ατοπία, εποχιακή κατανομή, νυκτερινά συμπτώματα), η θετική δοκιμασία βρογχοδιαστολής θέτει τη διάγνωση της νόσου
- Σε ασθενείς καπνιστές με ΧΑΠ, η θετική δοκιμασία εκφράζει αυξημένη πιθανότητα για καλύτερη ανταπόκριση στα βρογχοδιασταλτικά



Δοκιμασίες πρόκλησης

Πραγματοποιούνται όταν υπάρχει:

1. Ιστορικό συμβατό με άσθμα με φυσιολογική σπιρομέτρηση και ανταπόκριση στη βρογχοδιαστολή
2. Χρόνιος βήχας κυρίως τις νυκτερινές ώρες ο οποίος δεν σχετίζεται με συριγμό.
3. Επεισόδια συσφιγκτικού αισθήματος στο θώρακα συχνά συνοδευόμενα από βήχα.
4. Ανεξήγητα επεισόδια δύσπνοιας
5. Επαναλαμβανόμενα επεισόδια βρογχίτιδας ή πνευμονίας με διηθήματα τα οποία δεν εμφανίζονται στα ίδια πνευμονικά πεδία
6. Δύσπνοια η οποία εμφανίζεται μετά το πέρας της άσκησης ή κατά την έξοδο στο ψύχος.



Δοκιμασίες πρόκλησης

- Ελέγχουν τη μη ειδική βρογχική υπεραντιδραστικότητα
- **Φαρμακευτικές (ισταμίνη, μεταχολίνη)**
 - ◆ Απαραίτητα $FEV_1 > 80\%$ προβλ.
 - ◆ $\downarrow FEV_1 > 20\%$ της βασικής τιμής (PD_{20} , PC_{20})
 - ◆ Παράδειγμα θετικής: $PC_{20} < 8$ mg/mL μεταχολίνης
- **Άσκηση**
 - ◆ $\downarrow FEV_1 > 15\%$ της βασικής τιμής
- **Ισοκαπνικός ψυχρός αέρας**
 - ◆ Εκούσιος υπεραερισμός ($> 75\%$ MVV)
 - ◆ $\downarrow FEV_1 > 9\%$ της βασικής τιμής

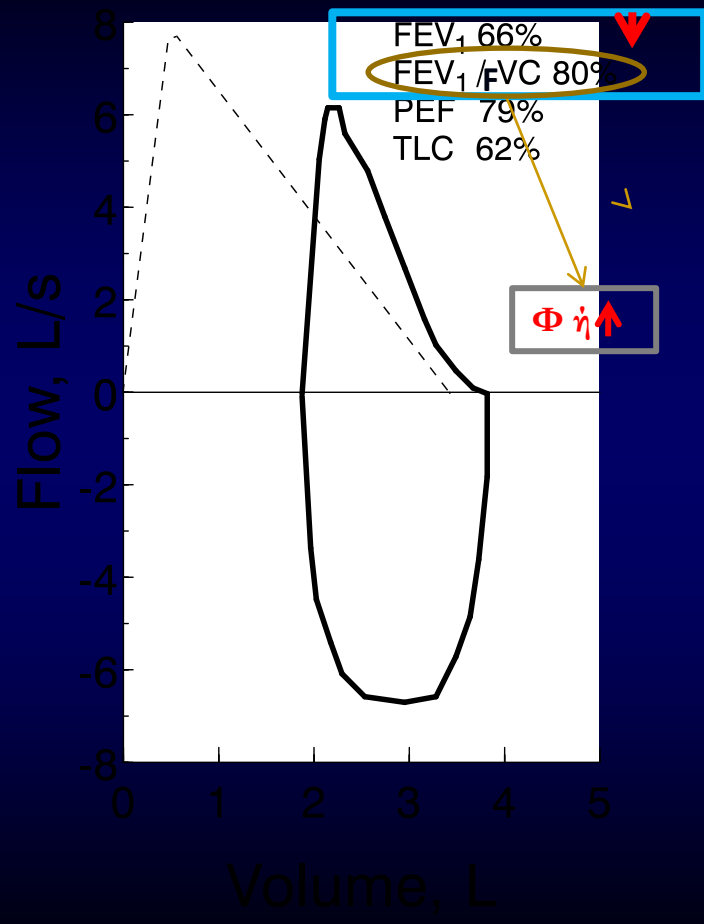
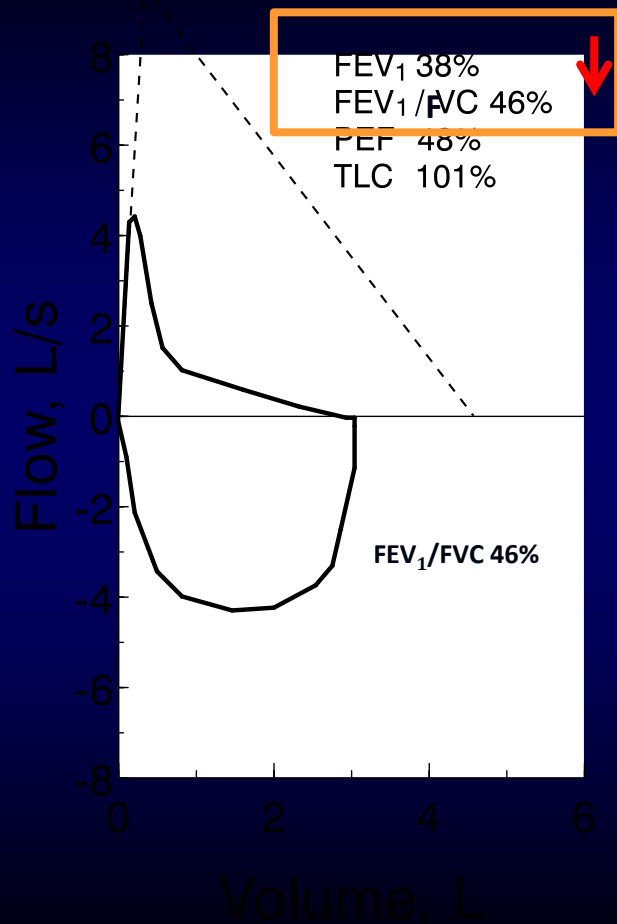


Παθήσεις στις οποίες η δοκιμασία πρόκλησης είναι θετική

1. Άσθμα
2. Αλλεργική ρινίτιδα
3. Σαρκοείδωση (50%)
4. ΧΑΠ
5. Κυστική ίνωση

OBSTRUCTION - ΑΠΟΦΡΑΞΗ

RESTRICTION - ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ





Ορισμός αποφρακτικού συνδρόμου

- Απόφραξη ονομάζεται η παρακώλυση της φυσιολογικής ροής του αέρα στον αεραγωγό.
- Το αίτιο της απόφραξης μπορεί να εντοπίζεται οπουδήποτε από το λάρυγγα έως τα τελικά βρογχιόλια



Αίτια αποφρακτικού συνδρόμου

- 1. Άσθμα
- 2. Χρόνια βρογχίτιδα
- 3. Εμφύσημα
- 4. Όγκοι με ενδοαυλική εντόπιση
- 5. Βρογχεκτασίες
- 6. Ξένα σώματα

Τυπικά αποτελέσματα αποφρακτικής διαταραχής



Δοκιμασία

FVC

N ή ↓

FEV₁

↓

FEV₁/FVC

↓

FEF_{25-75%}

↓

PEF

↓

Slope of FV curve

↓

FEF₅₀

↓

MVV

↓

RV

↑

RV/TLC(%)

↑



Περιοριστικά νοσήματα του πνεύμονα

Χαρακτηρίζονται από διαταραχές του αερισμού περιοριστικού τύπου και προσβάλλουν είτε:

- νευρομυϊκή συσκευή
- θωρακικό τοίχωμα
- τον υπεζωκότα
- το πνευμονικό παρέγχυμα
- παθήσεις που καταλαμβάνουν πνευμονικό παρέγχυμα
- εξωθωρακικές βλάβες

προκαλώντας μειωμένη έκπτυξη του πνεύμονα

ΑΙΤΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ



ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ

- **Διάμεσα νοσήματα του πνεύμονα** (Interstitial lung disease)
- **Νεοπλάσματα**
- **Πνευμονία**
- **Εκτομή τμήματος πνεύμονα**
- **Ατελεκτασία**

ΕΞΩΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ

- **Υπεζωκοτική κοιλότητα**
 - Υπεζωκοτική συλλογή
 - Πνευμοθώρακας
 - Ινοθώρακας
 - Μεγαλοκαρδία
- **Νευρομυικά**
 - Παράλυση διαφράγματος
 - Νευρομυικά νοσήματα
 - Πλάγια μυατροφική σκλήρυνση
 - Μυασθένεια gravis
 - Πολυμυοσίτιδα
- **Θωρακικό τοίχωμα**
 - Κυφοσκολίωση
 - Αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα
 - Θωρακοπλαστική
- **Διάφορα**
 - Ασκίτης
 - Εγκυμοσύνη



ΑΙΤΙΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΥ ΣΥΝΔΡΟΜΟΥ

ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ

- Διάχυτες παρεγχυματικές παθήσεις των πνευμόνων (DPLDs)
- Σαρκοείδωση
- Επαγγελματικά νοσήματα

ΙΔΙΟΠΑΘΗΣ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΙΝΩΣΗ (IPF)

- Πνευμονίτιδα εξ' υπερευαισθησίας
- Κυψελιδική πρωτεΐνωση
- Ιστιοκύττωση από κύτταρα Langerhans
- Εκτομή τμήματος πνεύμονα
- Ατελεκτασία

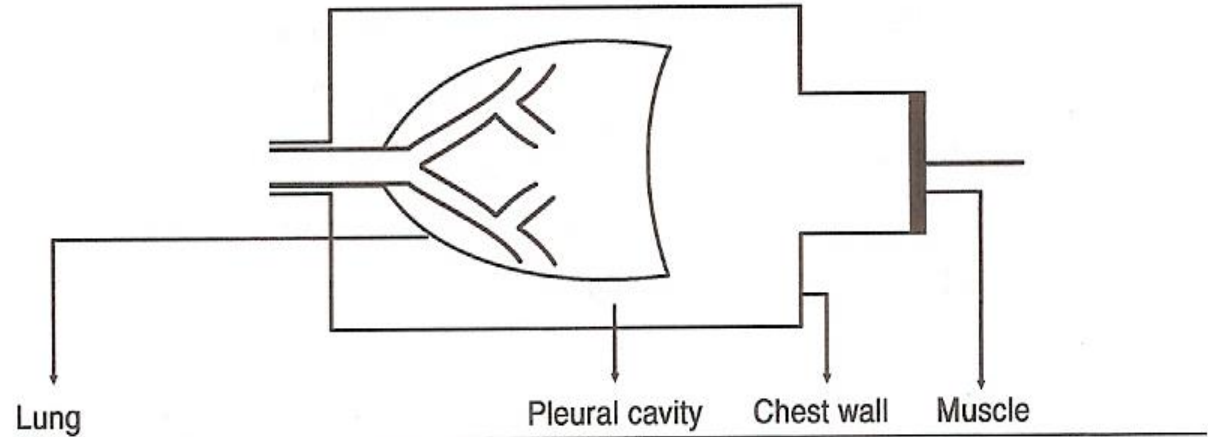
ΕΞΩΠΝΕΥΜΟΝΙΚΑ

- Υπεζωκοτική κοιλότητα
 - Υπεζωκοτική συλλογή
 - Πνευμοθώρακας
 - Ινοθώρακας

ΚΥΦΟΣΚΟΛΙΩΣΗ (ΚΣ)

ΝΕΥΡΟΜΥΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ (NM)

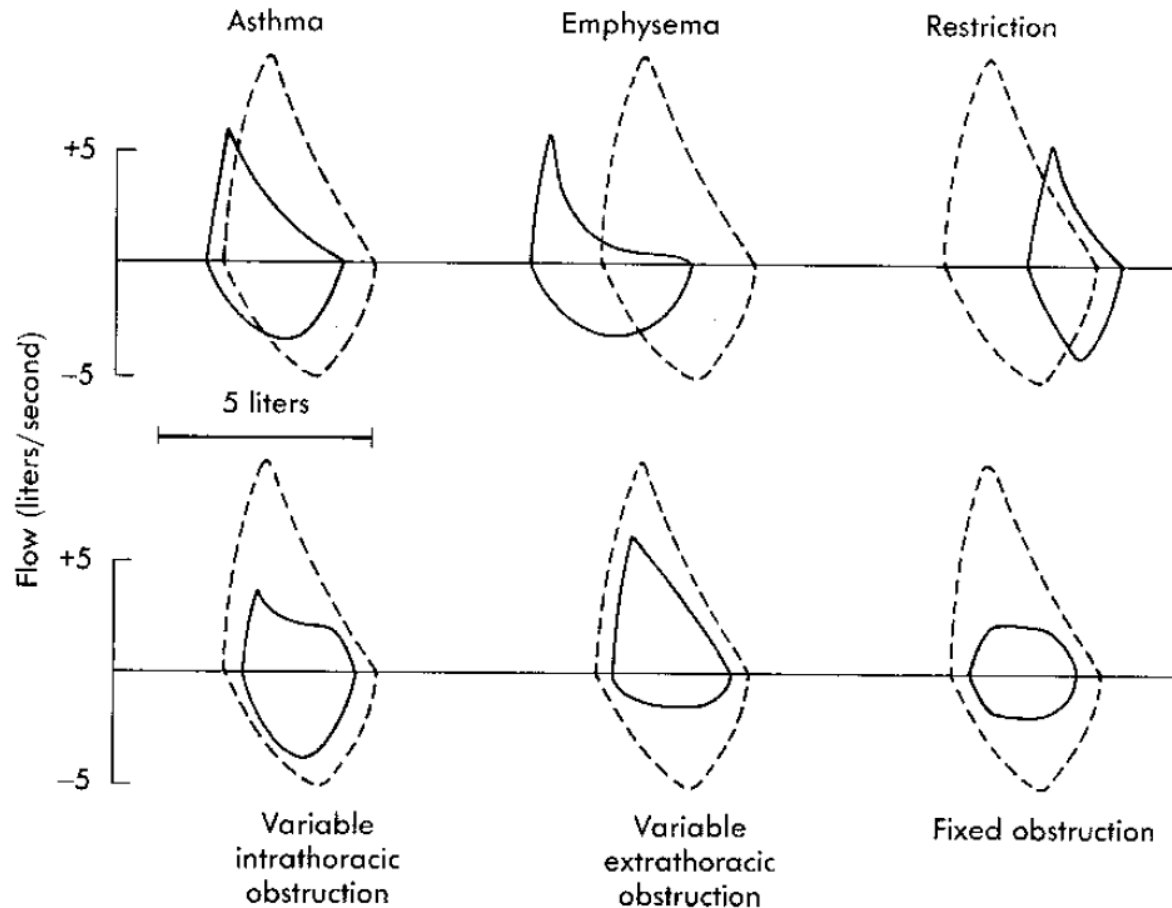
- Αγκυλοποιητική σπονδυλίτιδα
- Θωρακοπλαστική
- Ασκίτης
- Εγκυμοσύνη



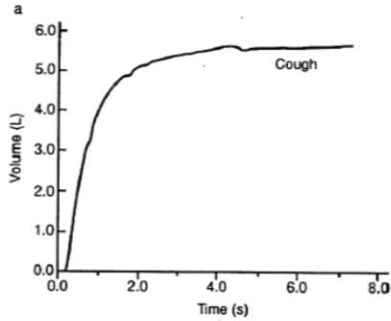
Lung	Pleural cavity	Chest wall	Muscle
Resection (lobectomy, pneumonectomy)	Effusion	Scleroderma	Neuromuscular disease
Atelectasis	Enlarged heart	Ascites	Old polio
Stiff lung – eg, fibrosis	Tumor	Pregnancy	Paralyzed diaphragm
CHF – engorged vessels, edema		Obesity	
Thickened pleura		Kyphoscoliosis	
Tumor		Splinting due to pain	



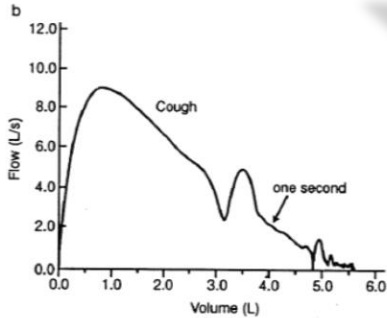
Pulmonary mechanics



4. Βήχας

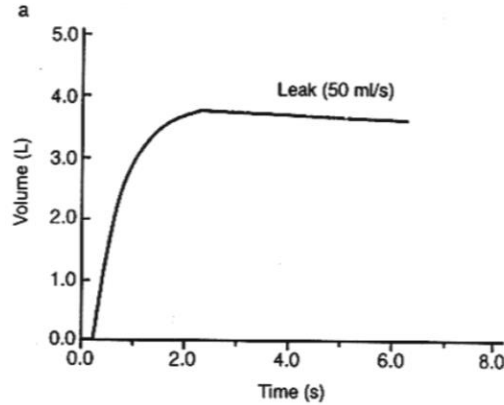


Εικόνα 4α. Σπυρογράφημα όγκου - χρόνου με βήχα που συμβαίνει κατά το 1ο δευτερόλεπτο της εκπνοής.

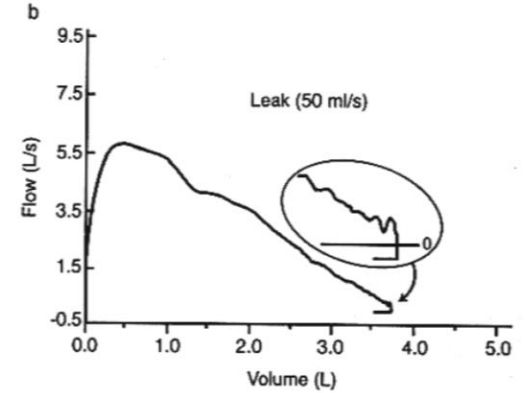


Εικόνα 4β. Σπυρογράφημα ροής - όγκου με βήχα που συμβαί-

7. Διαφυγή αέρα



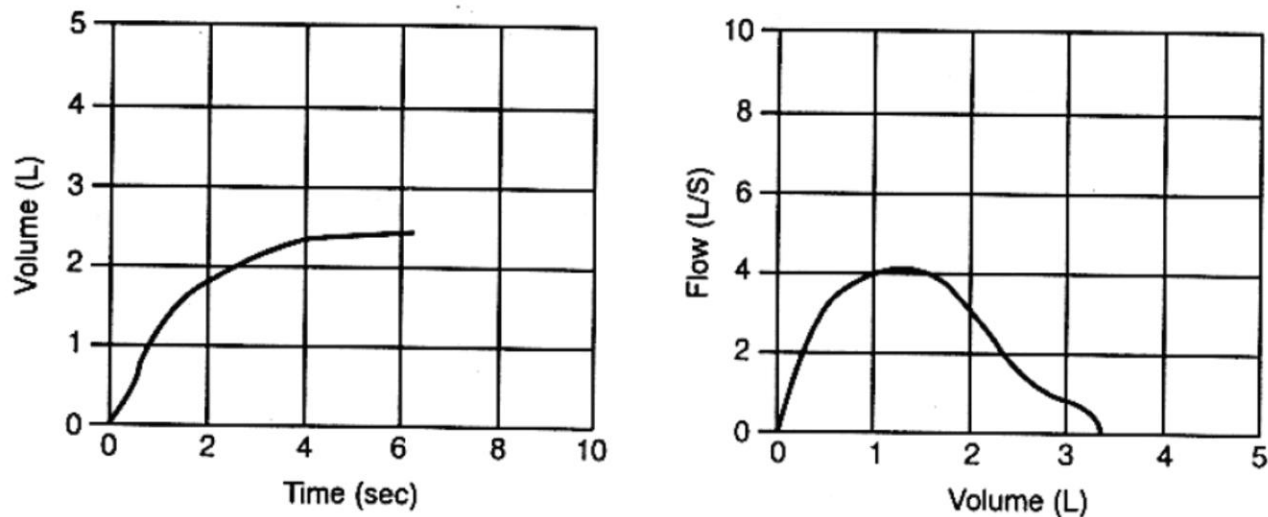
Εικόνα 7α. Μη αποδεκτό σπυρογράφημα όγκου - χρόνου λόγω διαφυγής αέρος κατά την βίαιη εκπνοή.



Εικόνα 7β. Μη αποδεκτό σπυρογράφημα ροής - όγκου λόγω διαφυγής αέρος κατά την βίαιη εκπνοή.



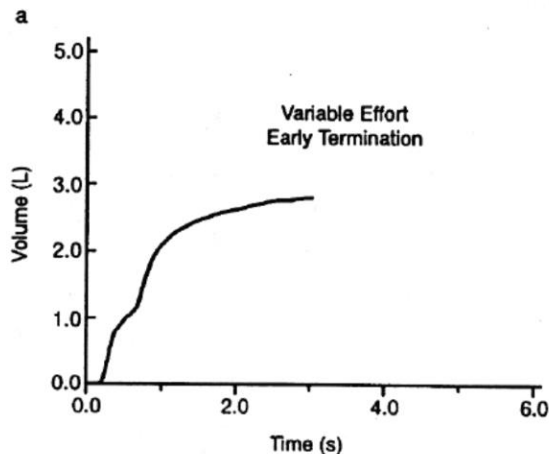
8. Αργή έναρξη



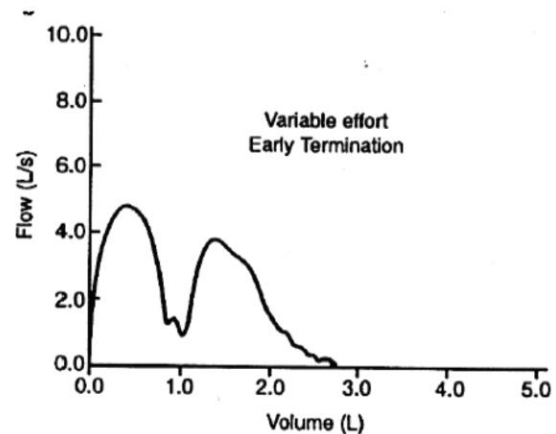
Εικόνα 8. Μη αποδεκτό σπυρογράφημα λόγω αργής και διστακτικής έναρξης. Προσέξτε την αποστραγγυλομένη μορφολογία της αιχμής ροής (PEF) και τον όγκο που αντιστοιχεί (μετά το 25% της FVC) στην καμπύλη ροής - όγκου.



5. Μεταβαλλόμενη Προσπάθεια - Πρώιμος Τερματισμός

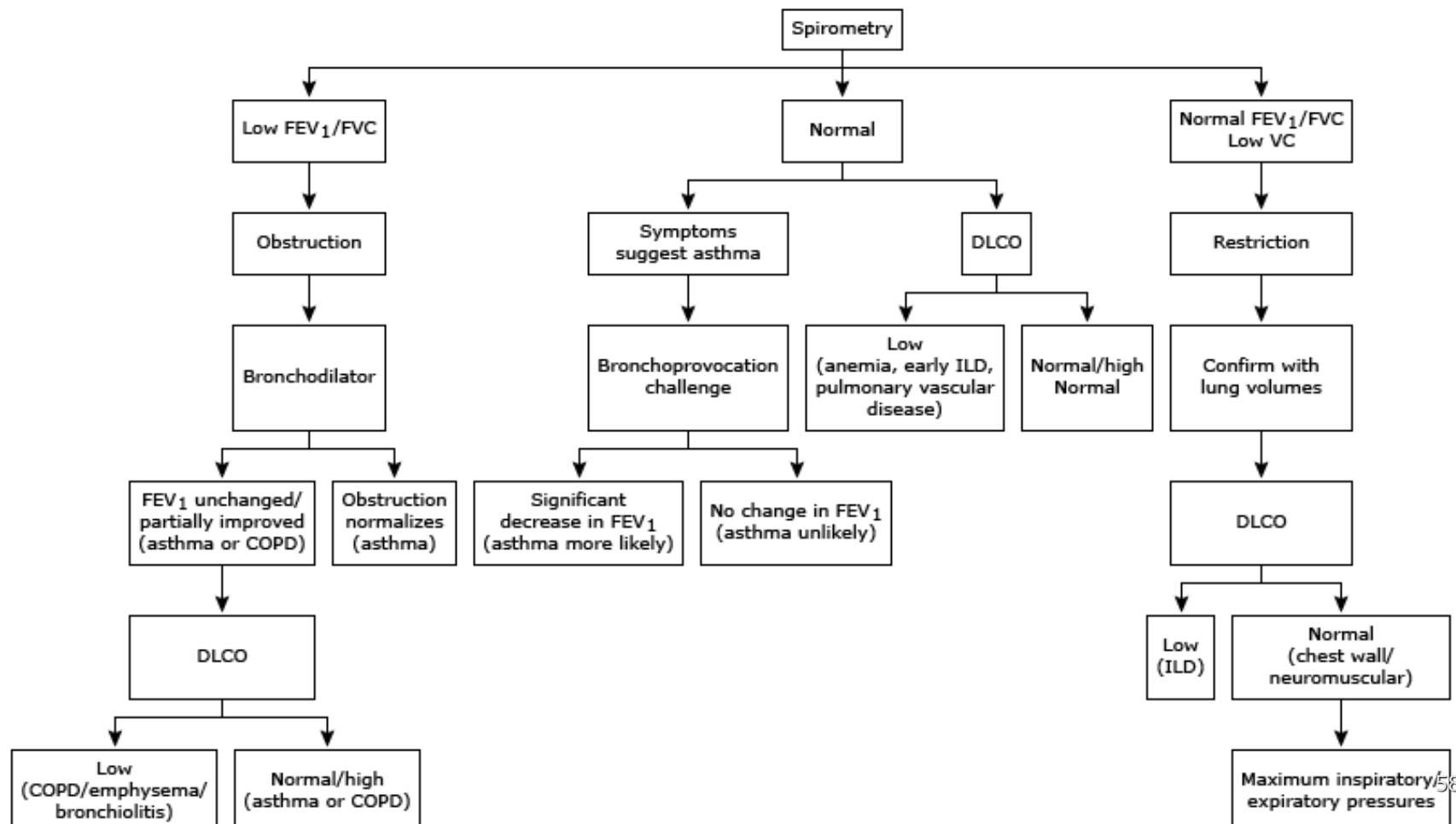


Εικόνα 5a. Μη αποδεκτό σπυρογράφημα όγκου - χρόνου ϵ ρειλόμενο σε μεταβαλλόμενη προσπάθεια κατά την διάρκεια της εκπνοής και πρώιμο τερματισμό της.

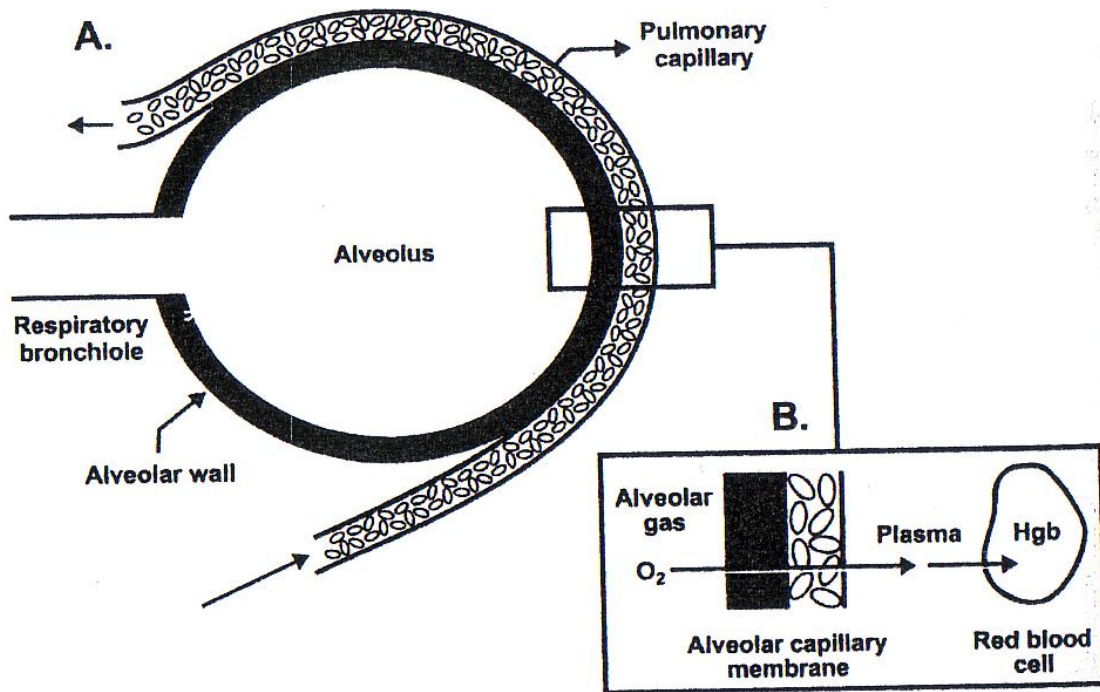


Εικόνα 5b. Μη αποδεκτό σπυρογράφημα όγκου - χρόνου σ ρειλόμενο σε μεταβαλλόμενη προσπάθεια κατά την διάρκεια της εκπνοής και πρώιμο τερματισμό της.

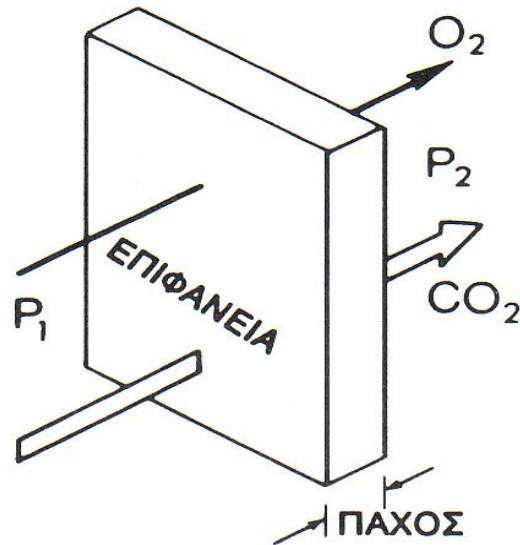
Algorithm for pulmonary function test interpretation



Διάχυση



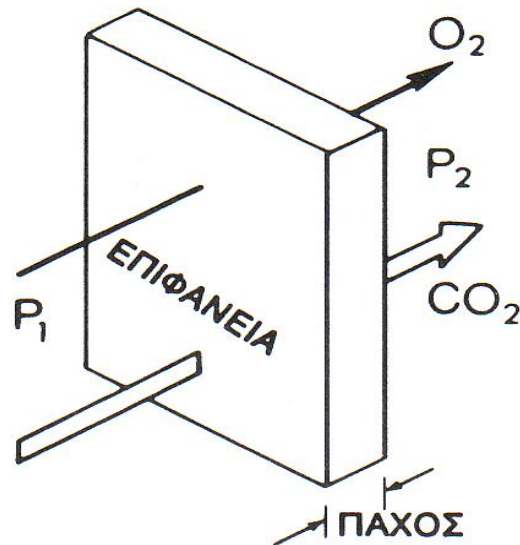
Η διάχυση των αερίων σύμφωνα με το νόμο του Fick



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

$$D \propto \frac{\text{Sol}}{\sqrt{M.W.}}$$

Διαχυτική Ικανότητα



$$V_{\text{gas}} = D_L (P_1 - P_2)$$

$$D_{L_{CO}} = V_{CO} / (P_1 - P_2)$$

$$D_{L_{CO}} = V_{CO} / P_{A_{CO}}$$

Τεχνικές μέτρησης της διαχυτικής ικανότητας

A- μέθοδος σταθερής κατάστασης (steady state)

B- μέθοδος επανεισπνοής (rebreathing)

Γ- μέθοδος μιας αναπνοής (single breath)

https://www.youtube.com/watch?v=5eET_dRV284

Τεχνικές μέτρησης της διαχυτικής ικανότητας

A- μέθοδος σταθερής κατάστασης (steady state)

B- μέθοδος επανεισπνοής (rebreathing)

Γ- μέθοδος μιας αναπνοής (single breath)



<https://www.youtube.com/watch?v=fQOk84DHAis>



Φυσιολογικές τιμές $D_{L_{CO}}$: 20-30 mL/min/mmHg

Εξαρτώνται από: ηλικία, φύλο, ύψος

$D_{L_{CO}}/V_A$ ή K_{CO} : διόρθωση της τιμής ως προς V_A

Ενδείξεις μέτρησης της διαχυτικής ικανότητας

- ✓ ενδείξεις διαταραχής λειτουργίας της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης
- ✓ παρακολούθηση ήδη επιβεβαιωμένων διαταραχών

Αίτια μειωμένης διαχυτικής ικανότητας

1. Μείωση επιφάνειας διάχυσης

- Εμφύσημα
- Εκτομή πνεύμονα/λοβού
- Ενδοβρογχική απόφραξη (πχ μάζα)
- Πολλαπλά πνευμονικά έμβολα, Πρωτοπαθής πνευμονική υπέρταση
- Αναιμία

$$D_{LCo}/V_A = K\phi$$


2. Αύξηση πάχους κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης

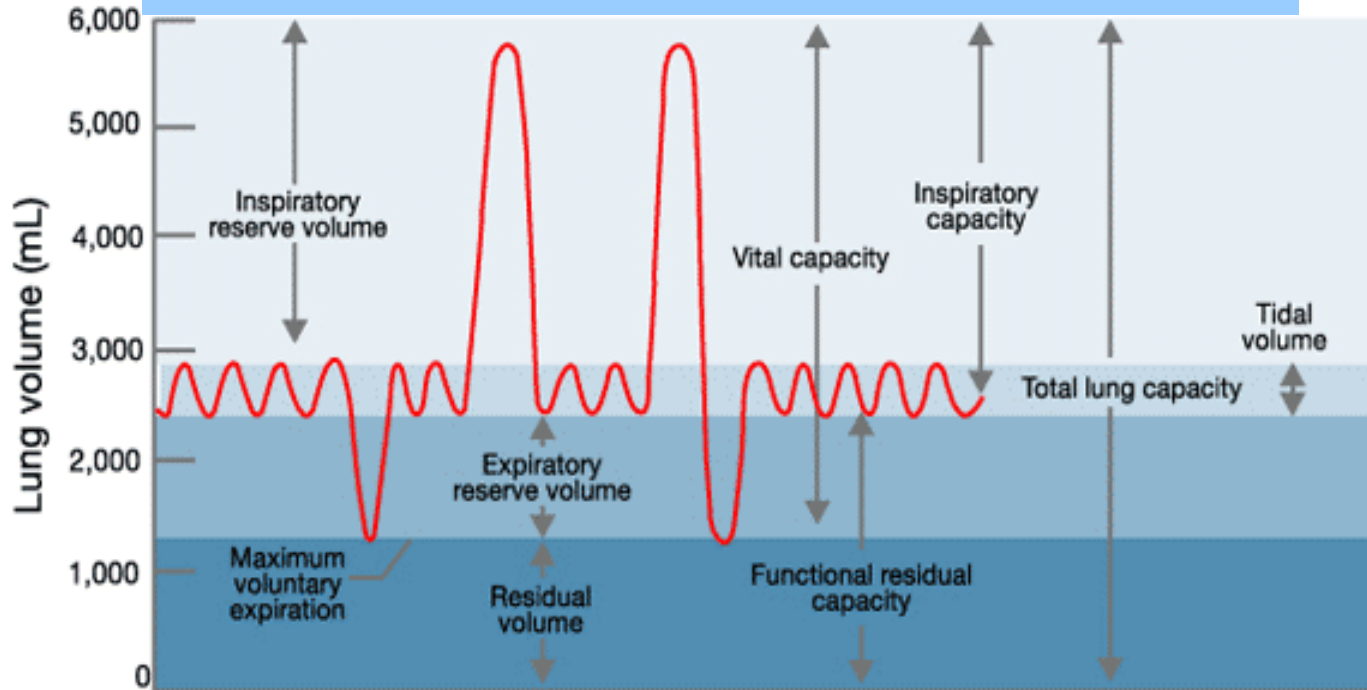
- Ιδιοπαθής Πνευμονική Ίνωση
- Συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια
- Αμιάντωση
- Σαρκοείδωση (με προσβολή του παρεγχύματος)
- Νόσοι του κολλαγόνου (σκληρόδερμα, ΣΕΛ)
- Φαρμακευτική βρογχιολίτιδα ή ίνωση (μπλεομυκίνη, νιτροφουραντοΐνη, αμιοδαρόνη, μεθοτρεξάτη)
- Ηωσινόφιλο κοκκίωμα
- Κυψελιδική πρωτεΐνωση

Αίτια αυξημένης διαχυτικής ικανότητας

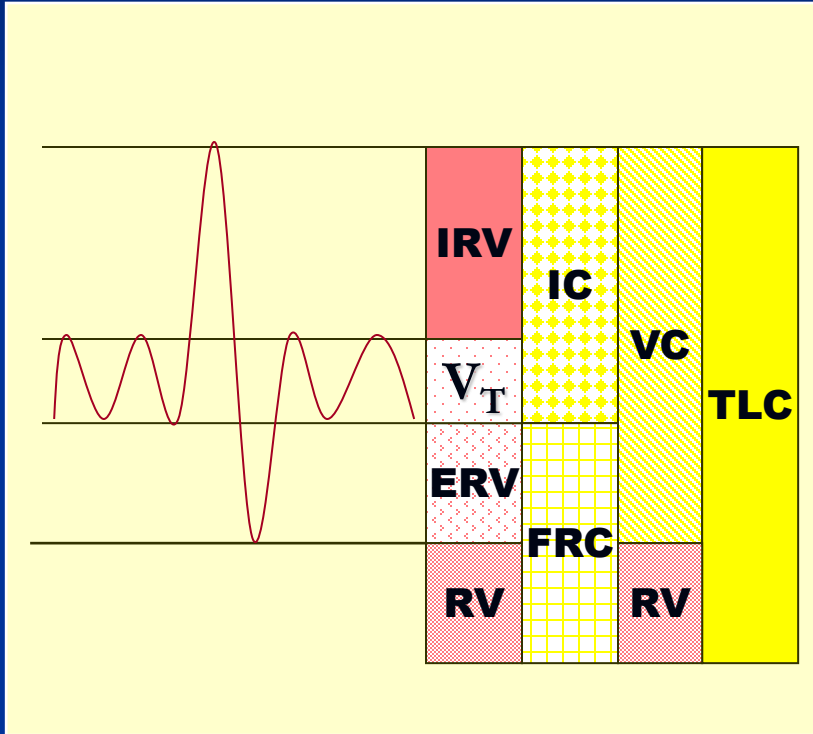
1. Ύπτια θέση (αυξημένη αιμάτωση στους άνω λοβούς)
2. Άσκηση (αυξημένος όγκος αίματος στους πνεύμονες)
3. Άσθμα (ασυμπτωματικοί-πιο ενιαία κατανομή αιματικής ροής στους πνεύμονες)
4. Παχυσαρκία (αυξημένος όγκος αίματος στους πνεύμονες)
5. Πολυκυτταραιμία (αύξηση ερυθροκυττάρων→αύξηση επιφάνειας)
6. Ενδοπνευμονική αιμορραγία (πλασματική η αύξηση!!)
7. Ενδοκαρδιακό shunt (αριστερά→δεξιά) (αύξηση όγκου πνευμονικών τριχοειδών)

Static Lung Volumes and Capacities

(Στατικοί όγκοι και Χωρητικότητες)



Lung Volumes (Πνευμονικοί όγκοι)



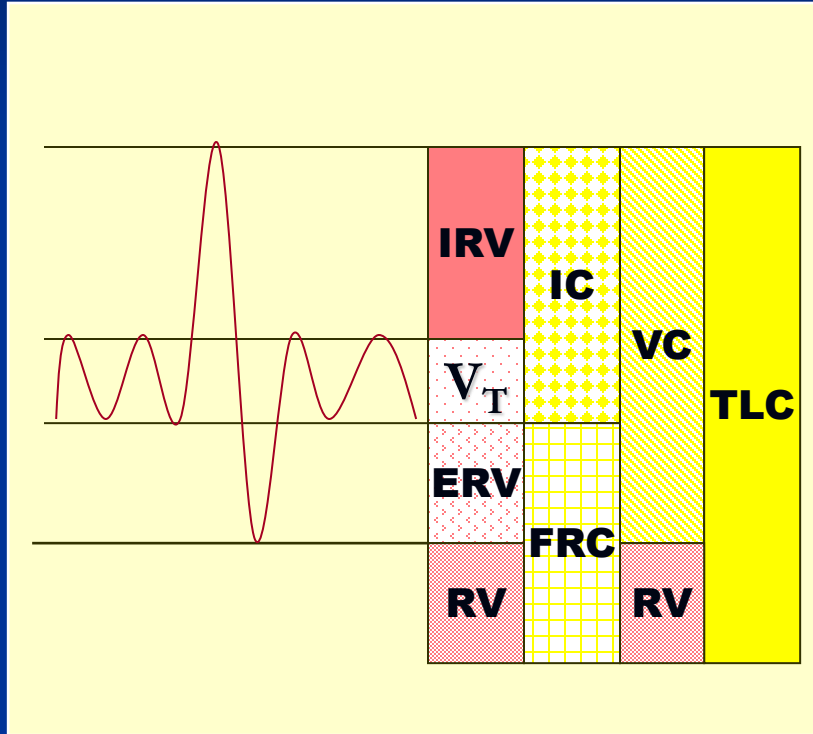
- 4 Volumes

(Όγκοι)

- 4 Capacities

(Χωρητικότητες: το άθροισμα 2 ή περισσότερων όγκων)

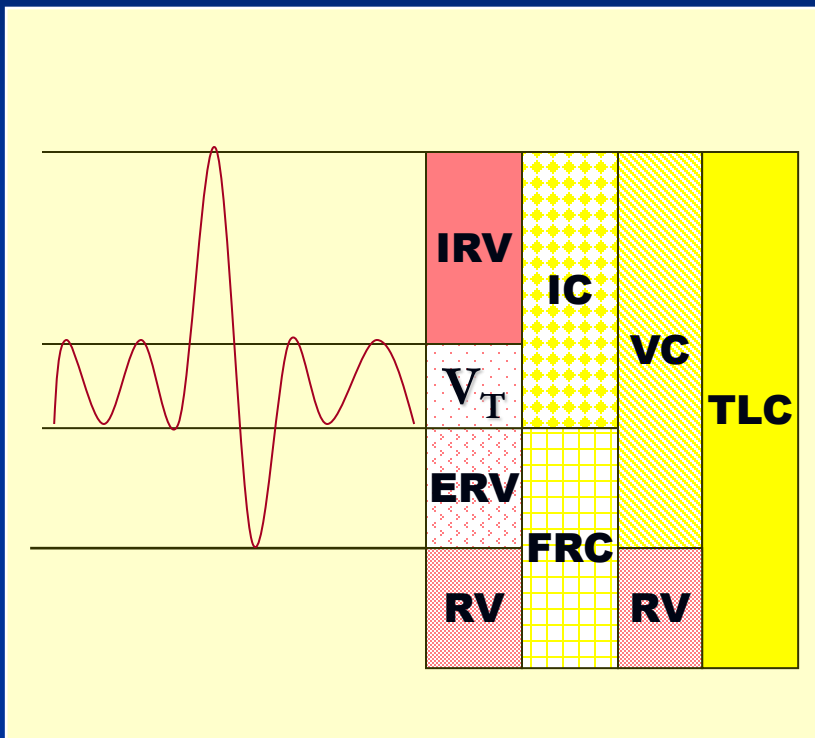
Tidal Volume (V_T) (Αναπνεόμενος όγκος αέρα)



- Ο όγκος αέρα που εισπνέεται και εκπνέεται κατά τη φυσιολογική και ήρεμη αναπνοή

Residual Volume (RV)

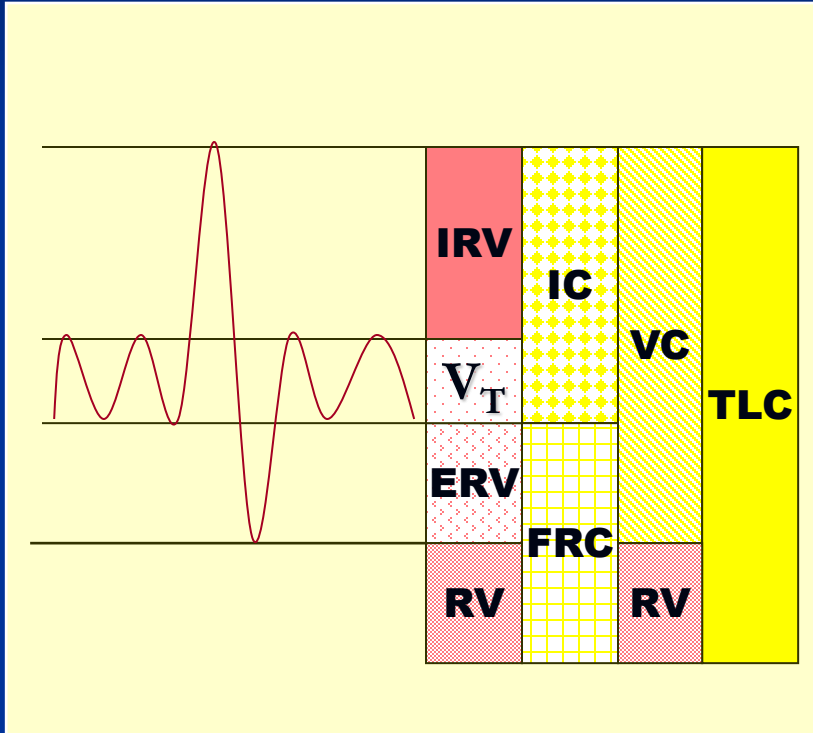
(Υπολειπόμενος όγκος αέρα)



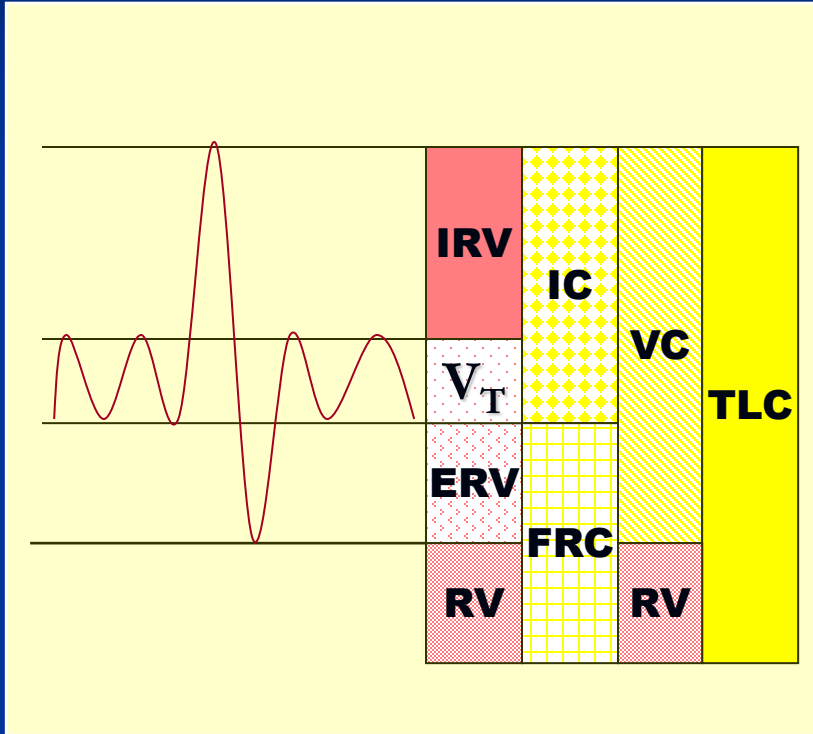
- Ο όγκος αέρα που παραμένει στους πνεύμονες στο τέλος της μέγιστης εκπνοής (Volume of air remaining in the lungs at the end of maximum expiration)

Vital Capacity (VC)

(Ζωτική χωρητικότητα)



- Ο όγκος αέρα που μπορεί να εκπνευστεί από τους πνεύμονες μετά μία μέγιστη εισπνοή
(Volume of air that can be exhaled from the lungs after a maximum inspiration)
- FVC (Forced Vital Capacity)/ Βιαιώς εκπνεόμενη Ζωτική Χωρητικότητα: when VC exhaled forcefully
- SVC (Slow Vital Capacity): when VC is exhaled slowly
- $VC = IRV + V_T + ERV$



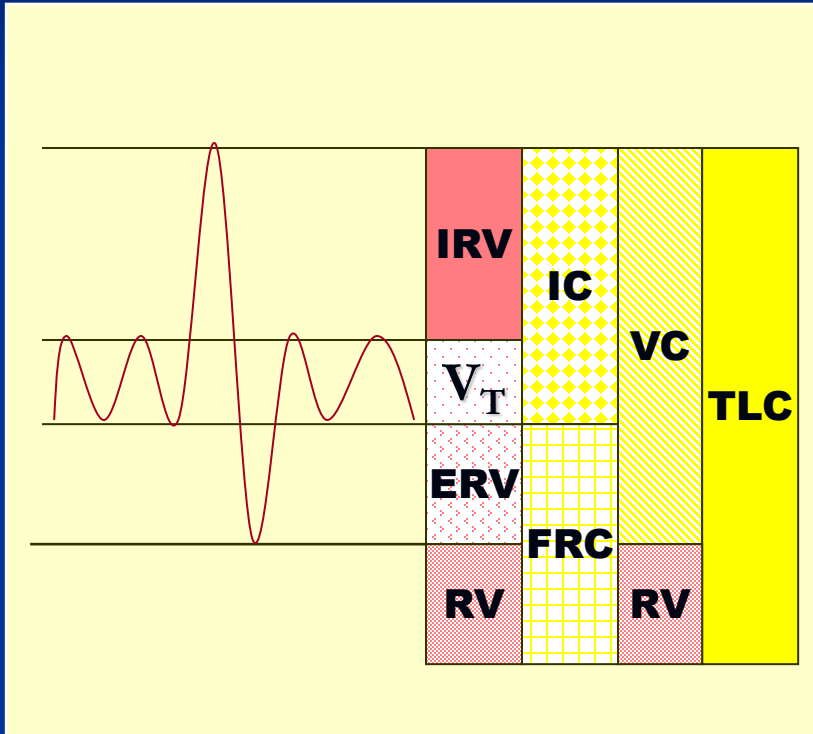
IRV: Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος

ERV: Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος

IC: Εισπνευστική χωρητικότητα

Functional Residual Capacity (FRC)

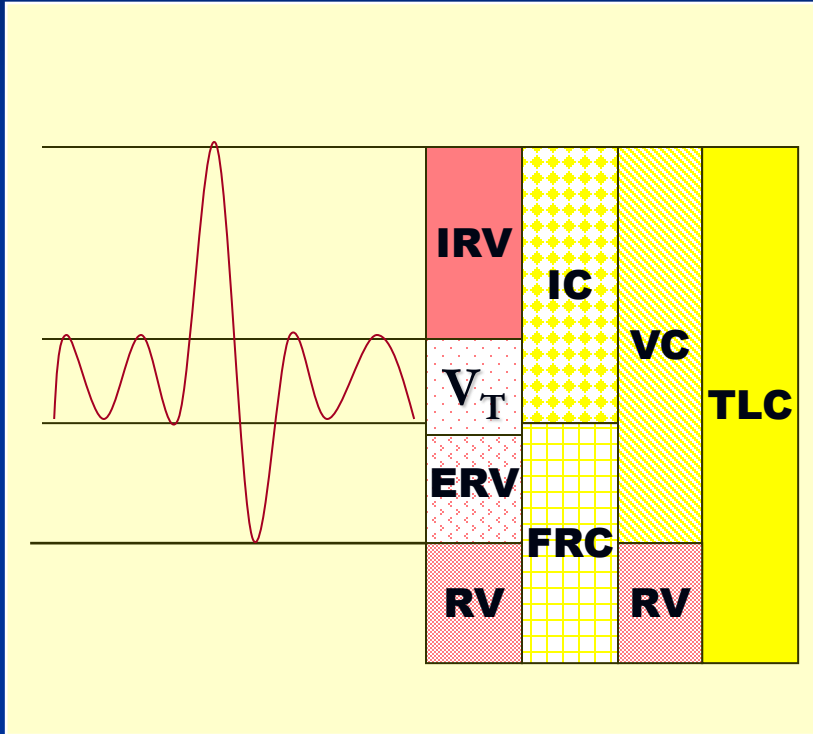
(Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα)



- Ο όγκος αέρα που παραμένει στους πνεύμονες στο τέλος της εκπνοής του V_T
(Volume of air remaining in the lungs at the end of a V_T expiration)
- Η ελαστική δύναμη του θωρακικού τοιχώματος εξισορροπείται ακριβώς από την ελαστική δύναμη των πνευμόνων
- **FRC = ERV + RV**

Total Lung Capacity (TLC)

(Ολική πνευμονική χωρητικότητα)



- Ο όγκος του αέρα στους πνεύμονες μετά μία μέγιστη εισπνοή

(Volume of air in the lungs after a maximum inspiration)

- $TLC = IRV + V_T + ERV + RV$

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΟΓΚΩΝ ΠΝΕΥΜΟΝΑ

1. Μέθοδος έκπλυσης αζώτου,
2. Μέθοδος διάλυσης αδρανούς αερίου,
3. Ακτινολογική μέθοδος
4. Σωματική πληθυσμογραφία

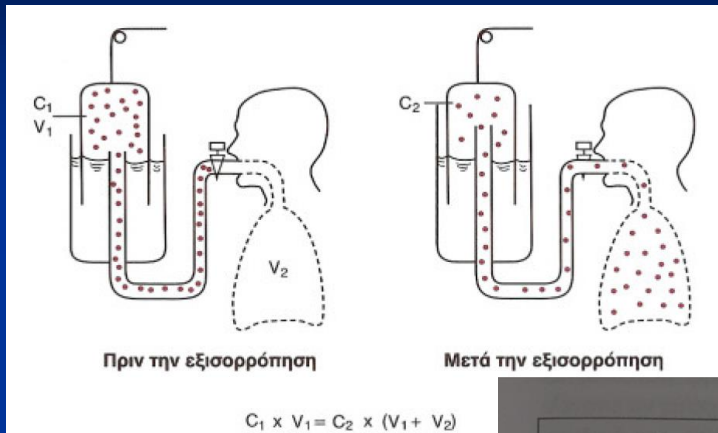
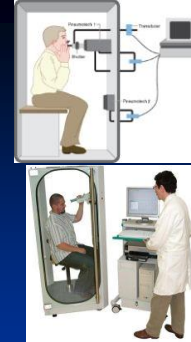
ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΑΖΩΤΟΥ

- Οι πνεύμονες του εξεταζόμενου(με άγνωστο όγκο V_x), πριν την έναρξη της εξέτασης, στο τέλος μίας ήρεμης εκπνοής περιέχουν αέρα με 80% άζωτο.
- Ο εξεταζόμενος συνδέεται με ένα σύστημα από το οποίο εισπνέει 100% οξυγόνο → Με την εισπνοή καθαρού οξυγόνου και εκπνοή σε ξεχωριστό ασκό, μπορεί να πραγματοποιηθεί έκπλυση όλου του αζώτου από τους πνεύμονες → Ο όγκος του ασκού εκπνοής και η συγκέντρωση του αζώτου σε αυτόν προσδιορίζονται και ο άγνωστος όγκος V_x μπορεί να υπολογιστεί με μία απλή εξίσωση διατήρησης της μάζας(αναλύεται αργότερα)
- Συνολική διάρκεια εξέτασης: 7 λεπτά.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΛΥΣΗΣ ΑΔΡΑΝΟΥΣ ΑΕΡΙΟΥ

- Για την πραγματοποίηση της εξέτασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αέριο όπως το ήλιο, το αργό ή το νέον.
- Το σύστημα σπιρομέτρησης περιλαμβάνει γνωστό όγκο αερίου, (V_1) (πχ ήλιο) σε γνωστή συγκέντρωση (C_1) → Στο επίπεδο της FRC, ο εξεταζόμενος συνδέεται με το σύστημα και πραγματοποιεί διαδοχικούς αναπνευστικούς κύκλους μέχρις ότου η συγκέντρωση του ηλίου να φτάσει σε ένα σταθερό επίπεδο (plateau), στο οποίο ίσες συγκεντρώσεις ηλίου (C_2) θα περιέχονται στο σπιρόμετρο και στο τον πνεύμονα → Επειδή ουσιαστικά καμία ποσότητα ηλίου δεν απορροφάται, ο όγκος του ηλίου παραμένει σταθερός.

Τεχνική Αραίωσης He



1. Πριν την εξισορρόπηση:
Όγκος He = $C_1 \cdot V_1$ (Eq 1)

2. Μετά την εξισορρόπηση:
Όγκος He = $C_2 \cdot (V_1 + V_x)$ (Eq 2)

Δεν υπάρχει απώλεια He, οπότε

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot (V_1 + V_x)$$

$$V_x = V_1 \frac{(C_1 - C_2)}{C_2}$$

ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

- Η TLC μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά ικανοποιητικά με τη βοήθεια ακτινολογικών μεθόδων.
- Για το σκοπό αυτό πραγματοποιούνται οπισθοπρόσθιες και πλάγιες ακτινογραφίες με τον εξεταζόμενο να κρατάει την αναπνοή του στο επίπεδο της TLC.
- Η τιμή της TLC στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται είτε με πλανημετρία είτε με τη λεγόμενη ελλειπτική μέθοδο

ΣΩΜΑΤΙΚΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΓΡΑΦΙΑ

- Ο εξεταζόμενος εισέρχεται στο θάλαμο του πληθυσμογράφου και συνδέεται με το σύστημα. → Στο τέλος μίας ήρεμης εκπνοής (FRC), ενεργοποιείται μία βαλβίδα, με αποτέλεσμα να κλείσει το επιστόμιο το οποίο επικοινωνεί με ένα μανόμετρο. → Ο εξεταζόμενος πραγματοποιεί μικρές και γρήγορες αναπνευστικές προσπάθειες ("λαχάνιασμα") και ,καθώς προσπαθεί να εισπνεύσει και να εκπνεύσει, ο όγκος του πνεύμονα μεταβάλλεται λίγο κατά ΔV και αναλόγως μεταβάλλεται και η πίεση που καταγράφει το μανόμετρο. – Εφαρμόζοντας το νόμο του Boyle (υπό σταθερή θερμοκρασία, ο όγκος συγκεκριμένης ποσότητας (αριθμός μορίων) οποιουδήποτε αερίου, μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την πίεση): $FRC * P1 = (FRC + \Delta V) * P2$
- Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να μετρηθεί και ο TLC καθώς και ο RV, αρκεί η ενεργοποίηση της βαλβίδας να γίνει όταν ο εξεταζόμενος αναπνέει σε αυτούς τους όγκους.

Πληθυσμογράφος (Body Box)



Νόμος του Boyle: $PV = P^1V^1$ (Εξίσωση 1)

Αρχικά: $P = P_B$ βαρομετρική πίεση (cm H_2O)
 $V = V_F$ άγνωστος πνευμονικός όγκος (FRC)

Κατά τη συμπίεση: $P^1 + P_B + \Delta P$ όπου ΔP η αύξηση της κυψελικής πίεσης που μετράται στο στόμα
 $V^1 = V_F - \Delta V$ όπου ΔV η μείωση του όγκου εξαιτίας της συμπίεσης

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση 1 προκύπτει: $P_B V_F = (P_B + \Delta P) (V_F - \Delta V)$
και: $V_F = \frac{\Delta V}{\Delta P} (P_B + \Delta P)$
Ή απλούστερα: $V_F = \frac{\Delta V}{\Delta P} (P_B)$

Βαλβίδα

Πληθυσμογράφος

Πιστόνι

<https://www.youtube.com/watch?v=zac7OBsTNdE>

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΛΗΘΥΣΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Για τη διάγνωση **περιοριστικών** αναπνευστικών νοσημάτων.
- Για τη **διάκριση μεταξύ αποφρακτικού από περιοριστικού** λειτουργικού συνδρόμου σε διάφορα νοσήματα του αναπνευστικού.
- Για την εκτίμηση εκείνων των αποφρακτικών πνευμονικών νοσημάτων που μπορούν να δώσουν χαμηλές τιμές όταν οι μετρήσεις γίνονται με τις άλλες μεθόδους (π.χ. κυστική ίνωση).
- Για τη παρακολούθηση είτε της φυσικής πορείας της νόσου είτε της πορείας και της ανταπόκρισής της σε θεραπεία.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Για τη διάγνωση των περιοριστικών νοσημάτων, απαραίτητο είναι να διαπιστωθεί μειωμένη τιμή της TLC, δηλαδή η μετρούμενη να είναι κατώτερη του 80% της προβλεπόμενης τιμής για το άτομο.
- Οι αυξημένες τιμές των RV, RV/TLC, FRC θέτουν τη διάγνωση της παγίδευσης αέρα στο θώρακα, δηλαδή αποφρακτικού τύπου διαταραχής.

ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ

- Χαρακτηριστικά αυξάνει ο RV και μάλιστα πρώιμα. • Η TLC είναι αρχικά φυσιολογική, αλλά σταδιακά αρχίζει να αυξάνεται.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ

- Με την πρόοδο της νόσου, οι στατικοί όγκοι και οι χωρητικότητες μειώνονται.
- $TLC < 80\%$ της προβλεπόμενης. Όμως δεν ακολουθούν όλες οι περιοριστικές νόσοι το ίδιο πρότυπο.
- Μπορεί να συνυπάρχει απόφραξη των αεραγωγών.