



Φωτεινή Μάλλη

Πνευμονολόγος

Εκλ. Αναπλ. Καθηγήτρια ΤΕΙ Νοσηλευτικής

Επιστημονικός Συνεργάτης Πνευμονολογικής Κλινικής ΠΘ

Καθηγητής-Σύμβουλος Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου



WELCOME



- >1900
- 1970: τεχνικές υποβοήθησης των αεραγωγών (ιατρικό προσωπικό)
- Σήμερα: ξεχωριστή και εξειδικευμένη μορφή θεραπείας που θα πρέπει να παρέχεται μόνο από φυσιοθεραπευτές



- Βασικές αρχές φυσιολογίας-παθοφυσιολογίας
- Κυρία νοσηματα αναπνευστικού
- Βασικες αρχες φυσιοθεραπειας
- Πρακτικη ασκηση (Πνευμονολογικη Κλινικη Γ κτιριο 1^{ος} οροφος)

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ - ΑΣΚΗΣΗ



- ✓ Κοπέλα 23 ετών, με ελεύθερο ατομικό αναμνηστικό, μη καπνίστρια, που ασχολείται με την αγωνιστική ποδηλασία
 - ✓ Ro Θώρακος : χωρίς παθολογικά ευρήματα
 - ✓ Εργαστηριακός έλεγχος : Hb : 14 gr/dl
- ✓ Μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης O₂ (VO₂ max) με εργομετρικό ποδήλατο

••• 20.11.2002 • Παγκόσμια Ημέρα για τη Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια •••

Κι όμως, μπορείτε να προλάβετε...

- Κοπιάτε ή είναι πρώην καπνιστές;
- Είστε άνω των 40 ετών;
- Έχετε βήχα με πύρετρο πολλές τα πρωινά όρες;
- Έχετε συχνά κροταλίσματα;
- Λακωνιάτε εκκολάρα από άλλους συγγενείς σας;

Εάν απαντήσατε ΝΑΙ σε τρεις ή περισσότερες από τα παραπάνω ερωτήματα:

Συμβουλευθείτε τον γιατρό σου ΣΗΜΕΡΑ!

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ - ΟΜΑΔΑ ΧΑΪΤ

24

ΠΡΩΤΟ-ΣΤΑΔΙΟΥ ΠΝΕΥΜΟΝΟΠΑΘΕΙΑ ΚΑΤΩ

Τα σημάδια δεν έχουν αλλάξει... οι πνεύμονές σου όμως, μπορεί.

Παγκόσμια Ημέρα κατά της Χρόνιας Αποφρακτικής Πνευμονοπάθειας

The workstation features two Dell monitors. The left monitor displays a multi-lead ECG waveform. The right monitor shows a dashboard with the following data:

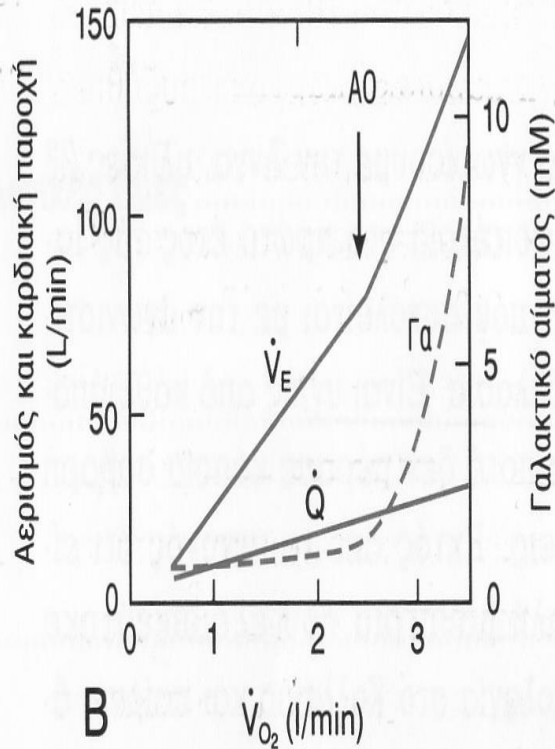
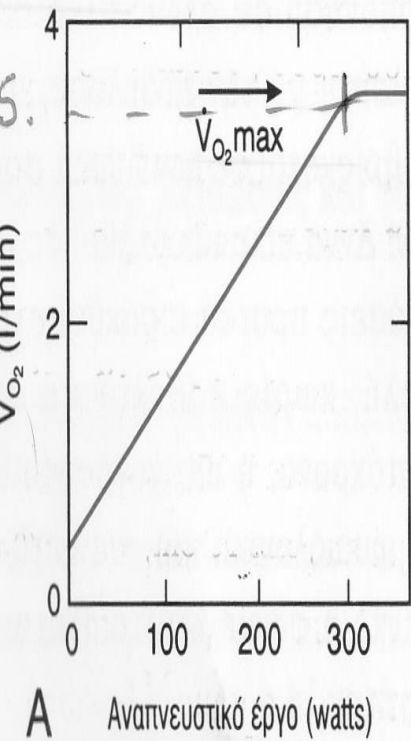
HR	HR12	SpO2	SpO2a	SpO2b
120	76	7.0	14.8	100

Below the main data, there are smaller graphs and numerical values:

845	125	0
980	80	00:19
1.16	38	21:37

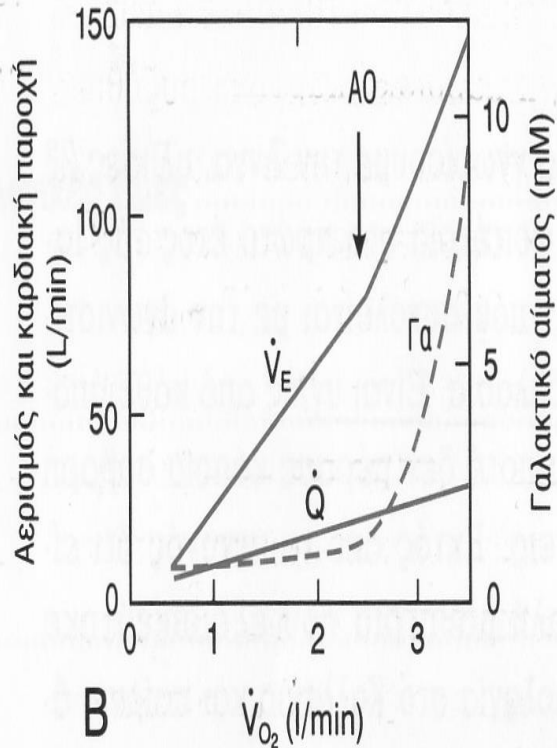
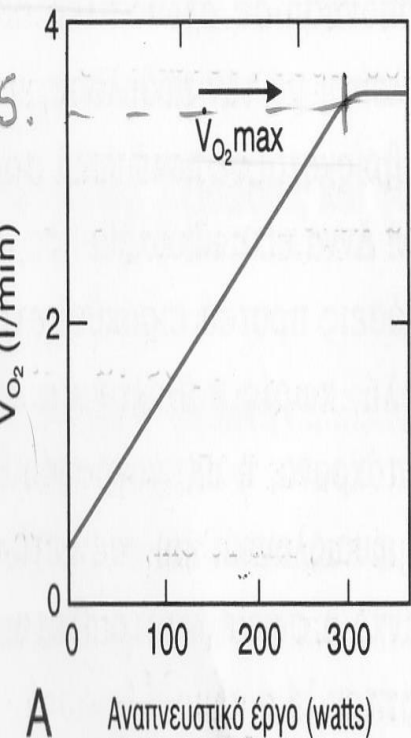
A woman in a purple athletic top and black leggings is performing a cycle ergometer test. She is wearing a black respiratory mask connected to a circuit. A man in a blue polo shirt is standing by her side, holding the bike's handlebars and monitoring her. The bike is a white and grey ergometer with a digital display.

Φυσιολογία - άσκηση



Ο ρυθμός παραγωγής του έργου αυξήθηκε σταδιακά και φαίνεται ότι η \dot{V}_{O_2} εμφάνιζε με το ρυθμό παραγωγής έργου

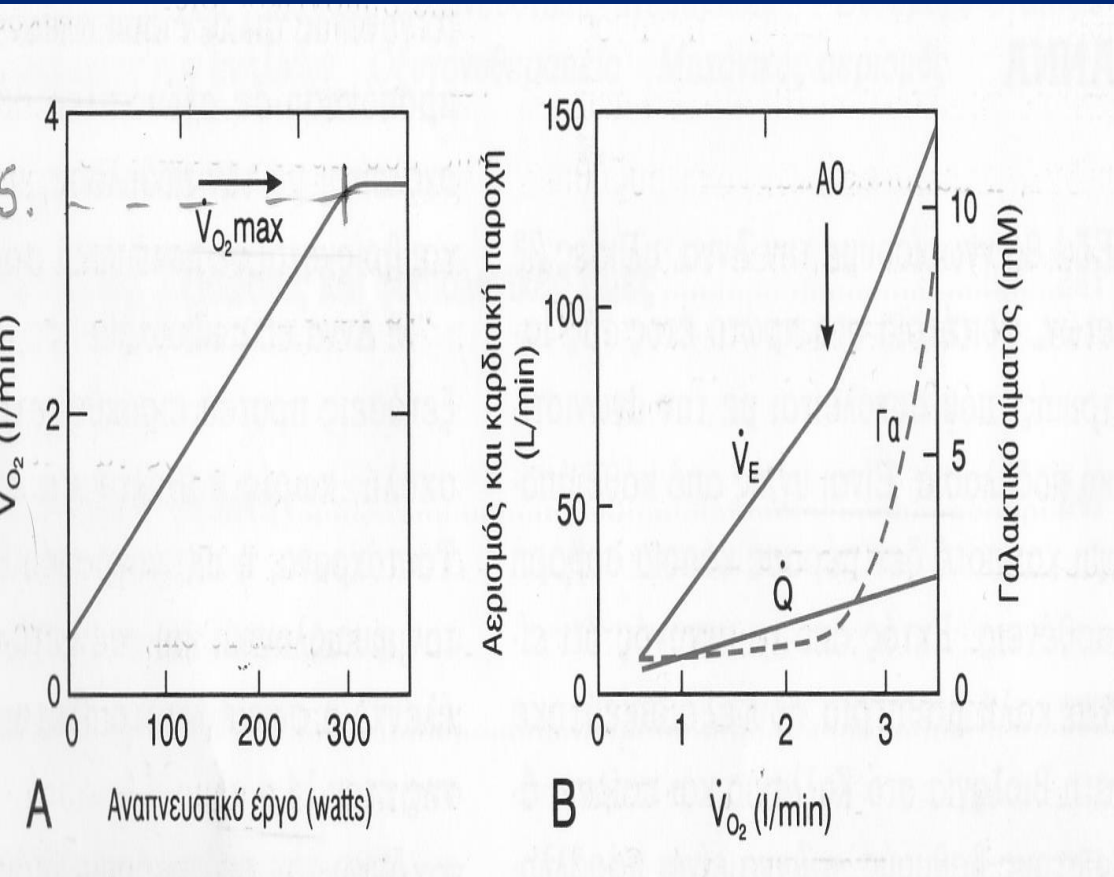
Φυσιολογία - άσκηση



Ο ρυθμός παραγωγής του έργου αυξήθηκε σταδιακά και φαίνεται ότι η \dot{V}_{O_2} εμφάνισε **γραμμική συσχέτιση** με το ρυθμό παραγωγής έργου

Η τιμή πέραν της οποίας η \dot{V}_{O_2} εμφανίζει **επιπέδωση** ορίζεται ως

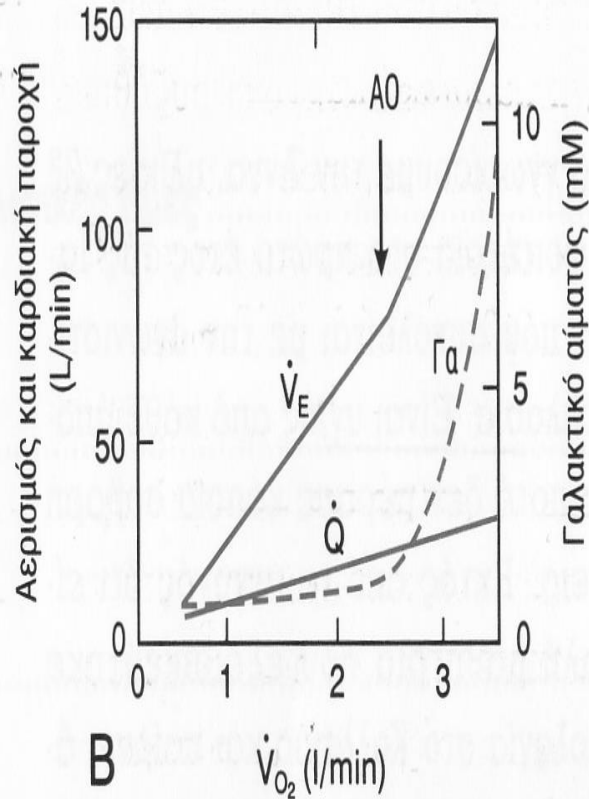
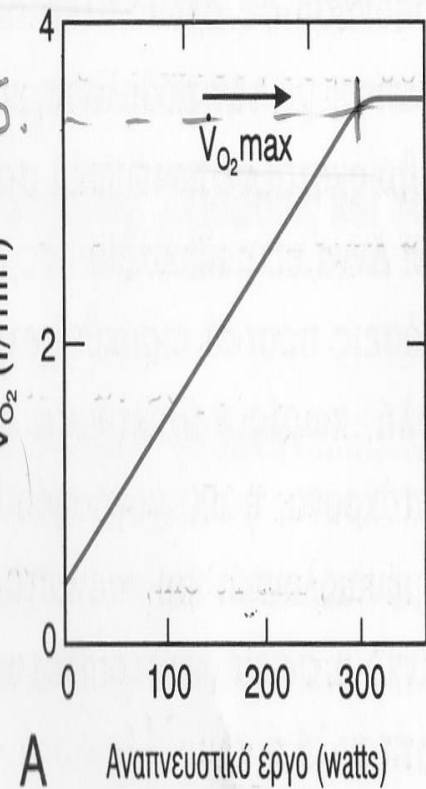
Φυσιολογία - άσκηση



Ο ρυθμός παραγωγής του έργου αυξήθηκε σταδιακά και φαίνεται ότι η \dot{V}_{O_2} εμφάνισε **γραμμική συσχέτιση** με το ρυθμό παραγωγής έργου

Η τιμή πέραν της οποίας η \dot{V}_{O_2} εμφανίζει **επιπέδωση** ορίζεται ως **$\dot{V}_{O_2 \max}$**

Φυσιολογία - άσκηση



Ο αερισμός (\dot{V}_E) αρχικά αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με την κατανάλωση O_2 , αλλά αυξάνεται ταχύτερα όταν δημιουργηθούν σημαντικά ποσά γαλακτικού στο αίμα

Αναερόβιος ουδός

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

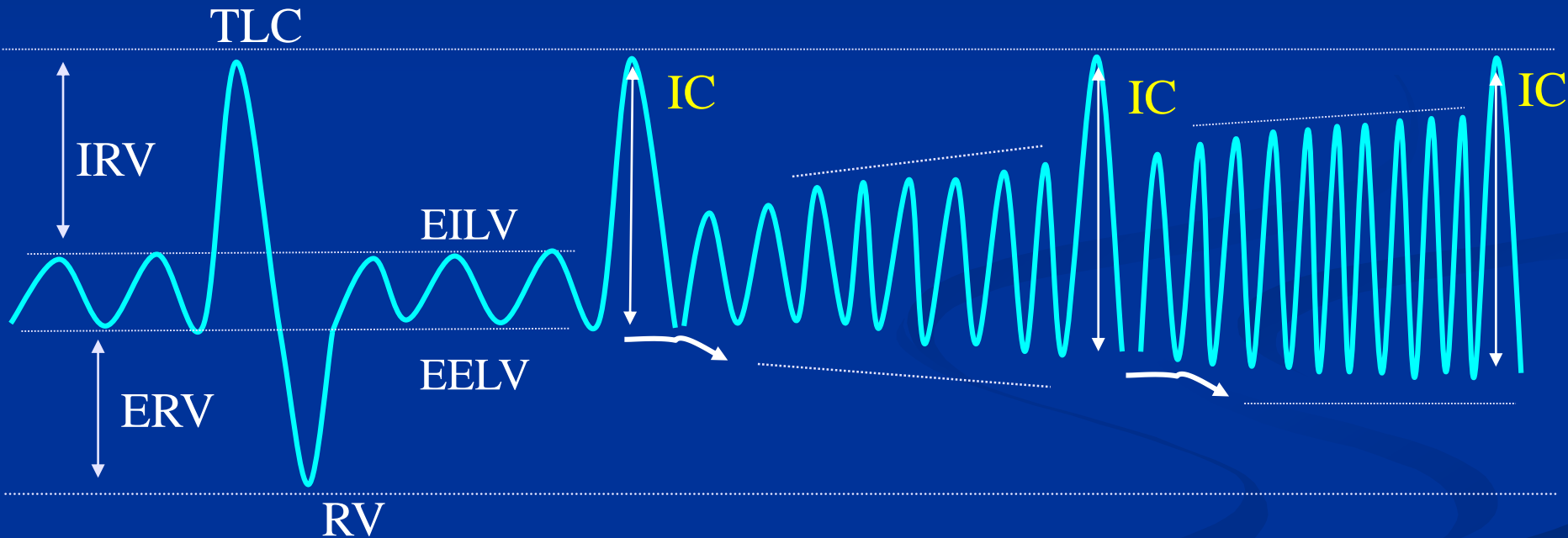
Μεταβολή των πνευμονικών όγκων στην άσκηση σε υγιές άτομο

PFT

Rest

Submaximal exercise

Peak exercise



VT αυξάνεται 2-5 φορές (\uparrow EILV)
έως 45-60%VC
έως 80% IC

RR: αυξάνεται 1-3 φορές
αθλητές: 6-7 φορές

Φυσιολογία - άσκηση

ΕΙΣΠΝΟΗ - ΕΚΠΝΟΗ

```
graph TD; A(ΕΙΣΠΝΟΗ - ΕΚΠΝΟΗ) --> B[ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ]; A --> C[ΜΥΕΣ ΚΟΙΛΙΑΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ]; B --> D[ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ]; B --> E[ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΟΙ ΜΥΕΣ]; B --> F[ΕΞΩ ΜΕΣΟΠΛΕΥΡΙΟΙ ΜΥΕΣ]; C --> G[ΕΣΩ ΜΕΣΟΠΛΕΥΡΙΟΙ ΜΥΕΣ];
```

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ
ΜΥΕΣ

ΜΥΕΣ ΚΟΙΛΙΑΚΟΥ
ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ

ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΟΙ
ΜΥΕΣ

ΕΣΩ
ΜΕΣΟΠΛΕΥΡΙΟΙ
ΜΥΕΣ

ΕΞΩ ΜΕΣΟΠΛΕΥΡΙΟΙ
ΜΥΕΣ

Αναπνοή

→ **Ειπνοή** :

-παθητική διαδικασία

-FRC (θέση ισορροπίας μέσω ελαστικών δυνάμεων)

→ **Εισπνοή** :

-ενεργητική διαδικασία

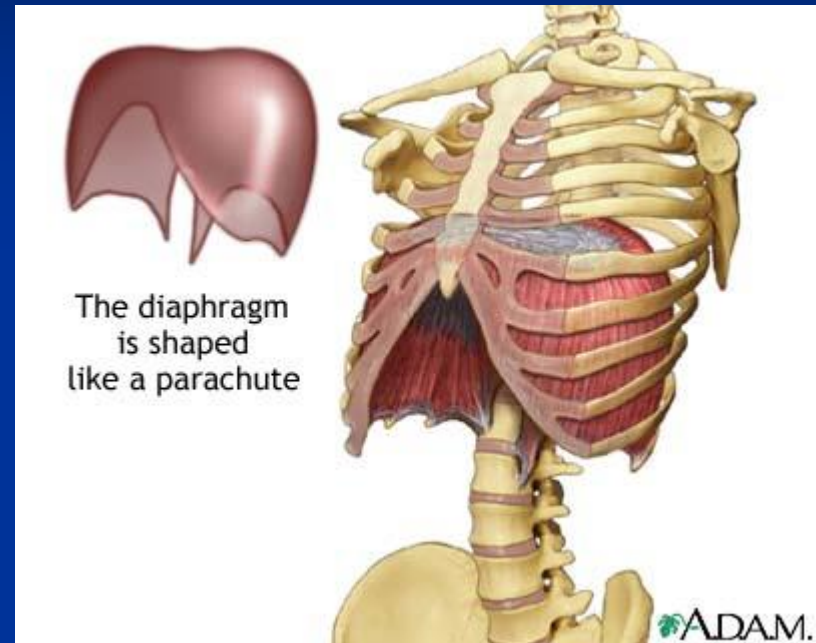
-συνέργεια αναπνευστικών μυών

Φυσιολογία – άσκηση : Εισπνοή

■ Αναπνευστικοί μύες

1) Διάφραγμα

- ✓ Κατά τη σύσπαση μετακινείται προς τα κάτω σαν πιστόνι με μία συνολική διαδρομή έως και 10 cm
- ✓ Αυξάνεται η κατακόρυφη διάσταση της θωρακικής κοιλότητας και το κοιλιακό περιεχόμενο ωθείται προς τα κάτω και εμπρός
- ✓ Τα πλευρικά τόξα μετατοπίζονται προς τα πάνω και έξω αυξάνοντας την εγκάρσια διάμετρο



Νευρώνεται από τα δύο φρενικά νεύρα που προέρχονται από το 3, 4, 5 αυχενικό νευροτόμιο ψηλά στον τράχηλο

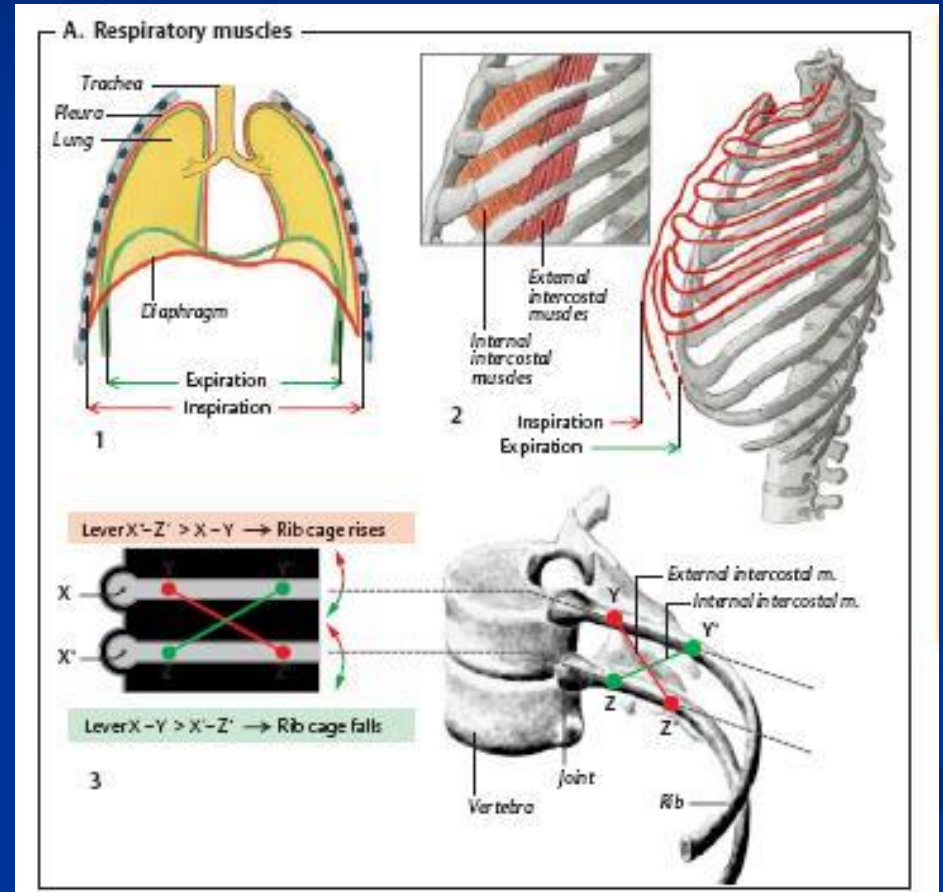
<https://www.youtube.com/watch?v=hp-gCvW8PRY>

Φυσιολογία – άσκηση : Εισπνοή

2) Έξω μεσοπλεύριοι μύες

Όταν συστέλλονται οι πλευρές μετατοπίζονται προς τα πάνω και εμπρός αυξάνοντας την πλάγια όσο και την προσθιοπίσθια διάμετρο του θώρακα

Νευρώνονται από μεσοπλεύρια νεύρα που εκφύονται από το νωτιαίο μυελό στο ίδιο επίπεδο



Φυσιολογία – άσκηση : Εισπνοή

3) Επιουρινοί αναπνευστικοί μύες

- Σκαληνοί: (πρόσθιος, μέσος, οπίσθιος)
Δράση: ανύψωση 1^{ης}, 2^{ης} πλευράς.
- Στερνοκλειδομαστοειδής: ανύψωση στέρνου
- Ανελκτήρες πτερυγίων ρινός
- Μικροί μύες κεφαλής και τραχήλου

Φυσιολογία – άσκηση :Εικπνοή

□ Μύες κοιλιακού τοιχώματος

- Ορθός κοιλιακός
- Οι έσω και έξω λοξοί
- Εγκάρσιος κοιλιακός
 - Όταν *συστέλλονται* ↑ η ενδοκοιλιακή πίεση και το διάφραγμα μετατοπίζεται προς τα πάνω
 - Επίσης εμφανίζουν ισχυρή σύσπαση κατά το βήχα, τον έμετο και την αφόδευση

□ Έσω μεσοπλεύριοι μύες (ενεργητική εικπνοή)

- Έλκουν τις πλευρές προς τα κάτω και έσω
- Σταθεροποιούν τα μεσοπλεύρια διαστήματα εμποδίζοντας την προβολή τους προς τα έξω κατά την προσπάθεια

Επίδραση θέσης σώματος στους αναπνευστικούς μύες

○ Όρθια ή καθιστή θέση

-μεγαλύτερη έκπτυξη θώρακα

αυξημένη ΗΜΓ δραστηριότητα σκαληνών και παραστερνικών μεσοπλεύριων μυών \

○ Ύπτια θέση

- ενδοκοιλιακό περιεχόμενο πιέζει το διάφραγμα προς τα πάνω (4ει)→μείωση FRC

διάταση μυικών ινών →αποδοτικότερη συσπαστικότητα
διαφράγματος →αντιρρόπηση μείωσης FRC

Ενεργοποίηση χημειούποδοχέων

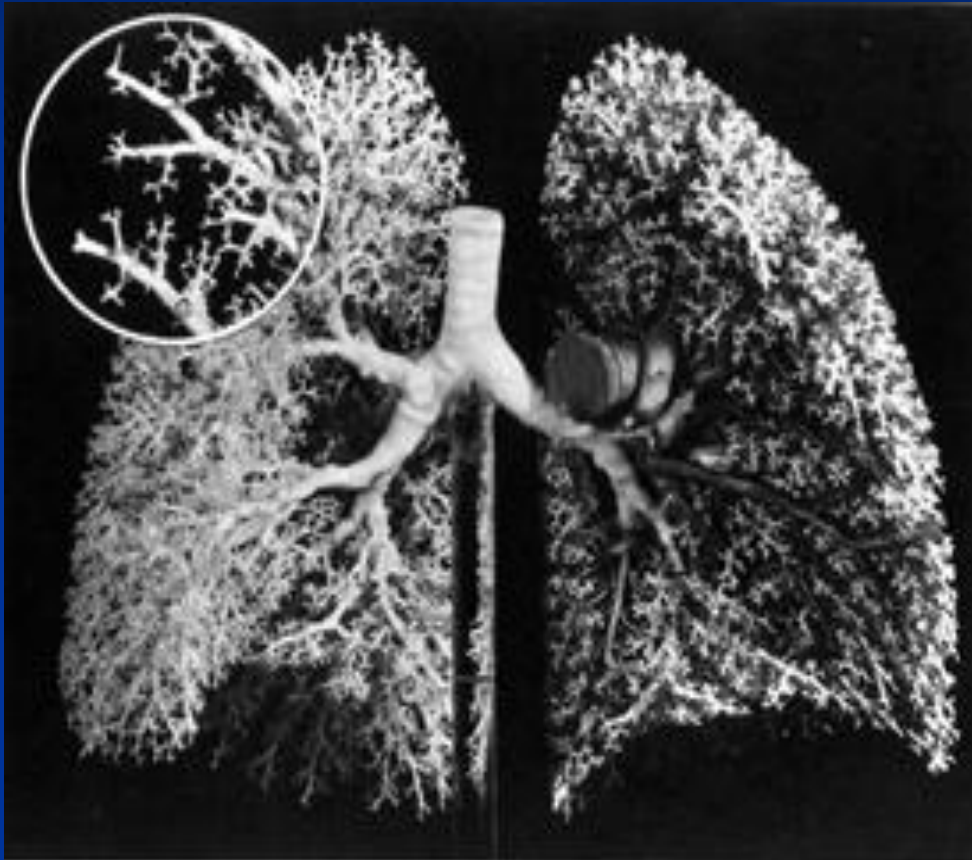
■ Πειραματικά μοντέλα ζώων

- υποξία ενεργοποιεί τους εισπνευστικούς μύες
- υπεριαπνία ενεργοποιεί εισπνευστικούς και εκπνευστικούς μύες

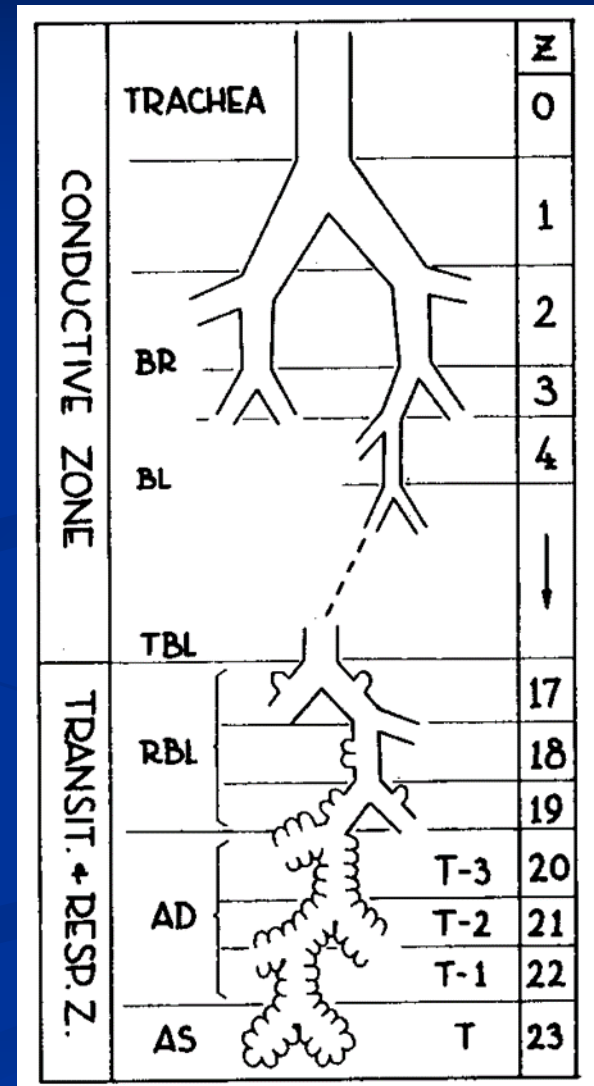
■ Παρόμοια ειχόνα στους ανθρώπους

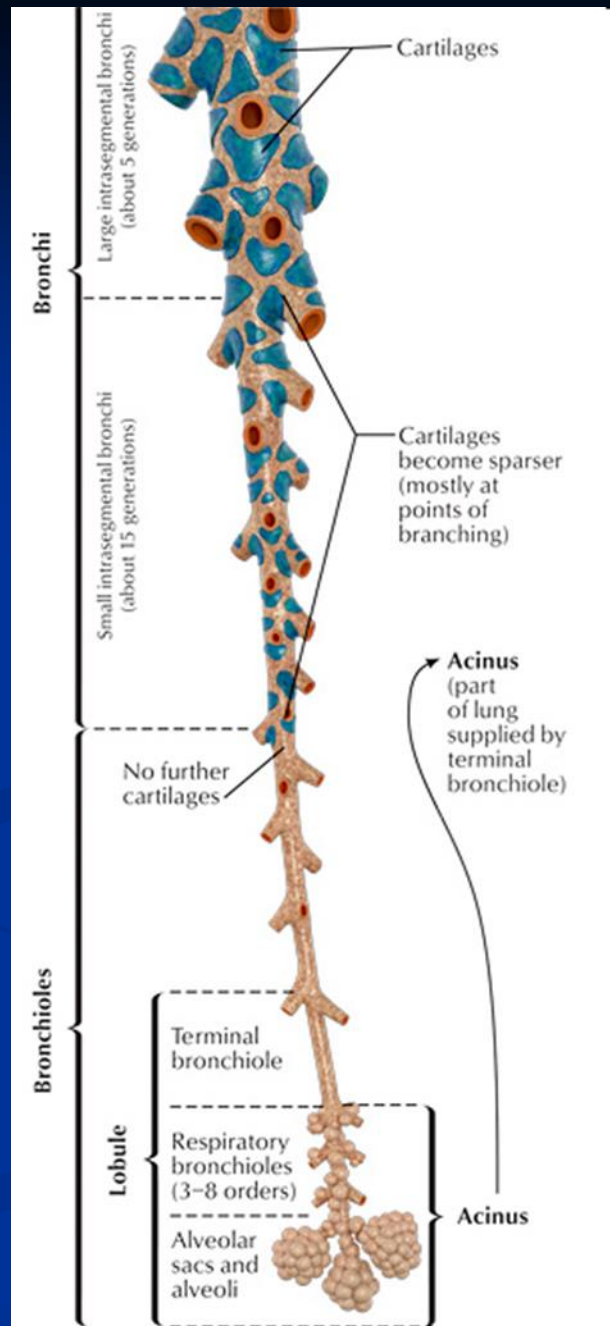
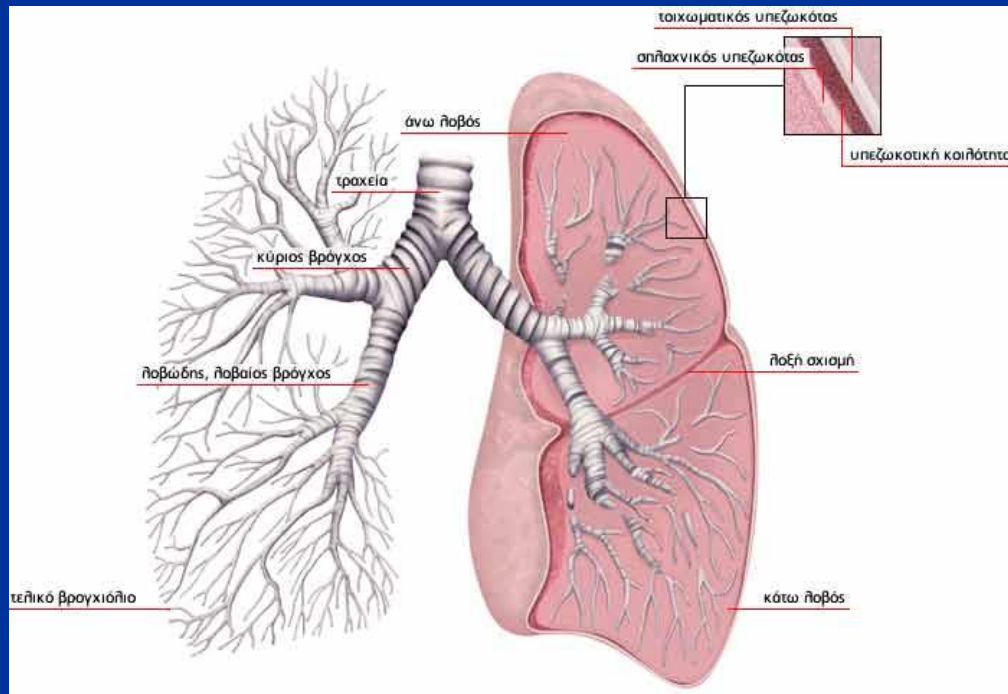
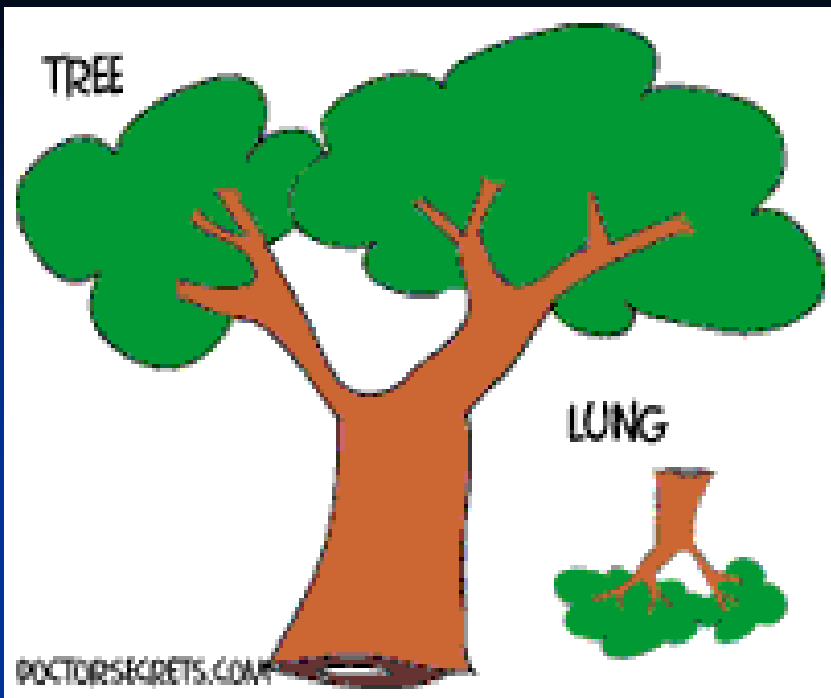
- διάφραγμα :↑ σε υποξία (πιο γρήγορη αντίδραση) και υπεριαπνία
- εκπνευστικοί μύες :↑ δραστηριότητας σχεδόν αποκλειστικά σε υπεριαπνία

Πνεύμονες



Weibel 1984





Subdivisions of intrapulmonary airways

Φυσιολογία – άσκηση : Αεραγωγοί

■ Ανατομικός νεκρός χώρος

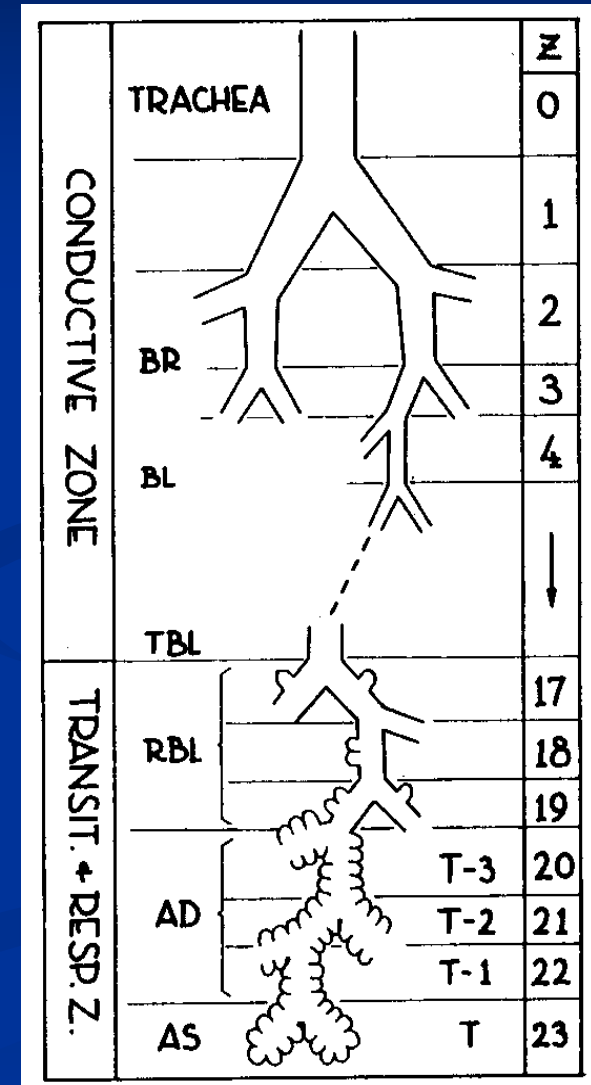
Οι αεραγωγοί που δεν περιέχουν κυψελίδες και δεν λαμβάνουν μέρος στην ανταλλαγή των αερίων (~ 150 ml)

■ Αναπνευστική ζώνη

Η περιοχή του πνεύμονα που περιλαμβάνει τις κυψελίδες όπου λαμβάνει χώρα η ανταλλαγή των αερίων (~ 2-3 lt)

■ Κυψελιδικός αερισμός

Το ποσό του φρέσκου αέρα που φτάνει στις κυψελίδες / min

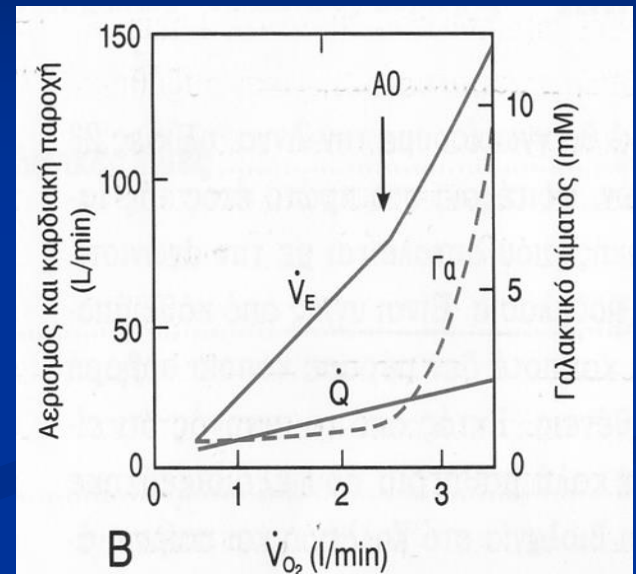


■ Ολικός αερισμός (\dot{V}_E)

■ Κυψελιδικός αερισμός (\dot{V}_A) =



(αναπν. όγκος- ανατομ. νεκρός χώρος) x συχν. αναπνοών



Ο αερισμός σε σχέση με την αιμάτωση

ο V/Q

σε ηρεμία

- ✓ 4 l/min κυψελιδικού αερισμού
- ✓ 5 l/min πνευμονική αιματική ροή

✓ $V/Q = 0,8$

- ✓ Λόγω ανομοιογένειας κατανομής, μπορεί να υπάρχουν μη αεριζόμενες κυψελίδες ($V/Q \sim 0$) καθώς και κυψελίδες χωρίς αιμάτωση ($V/Q \rightarrow \infty$)

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

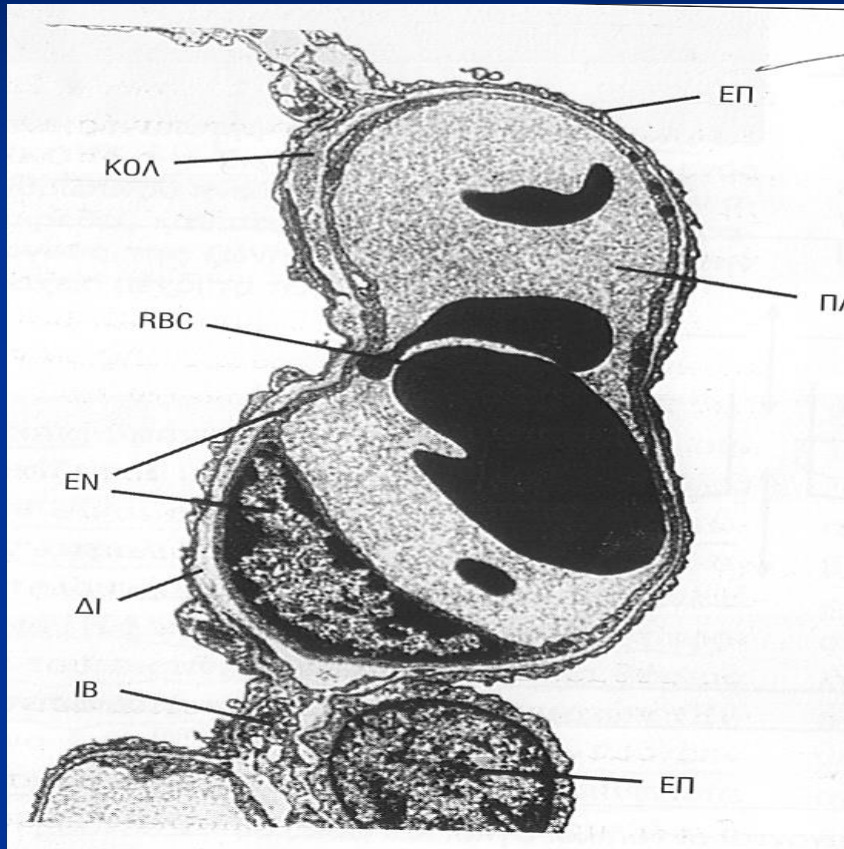
- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ → πως διαπερνά ο αέρας την κυψελιδοτριχοειδική μεμβράνη
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία – άσκηση :Κυψελιδοτριχοειδική μεμβράνη



3 στρώματα :

- Το κυψελιδικό επιθήλιο (ΕΠ)
- Το τριχοειδικό ενδοθήλιο (ΕΝ)
- διάμεσος ιστός (ΔΙ)

✓ Πάχος 0.2-0.3
μm

✓ Συνολική
επιφάνεια:

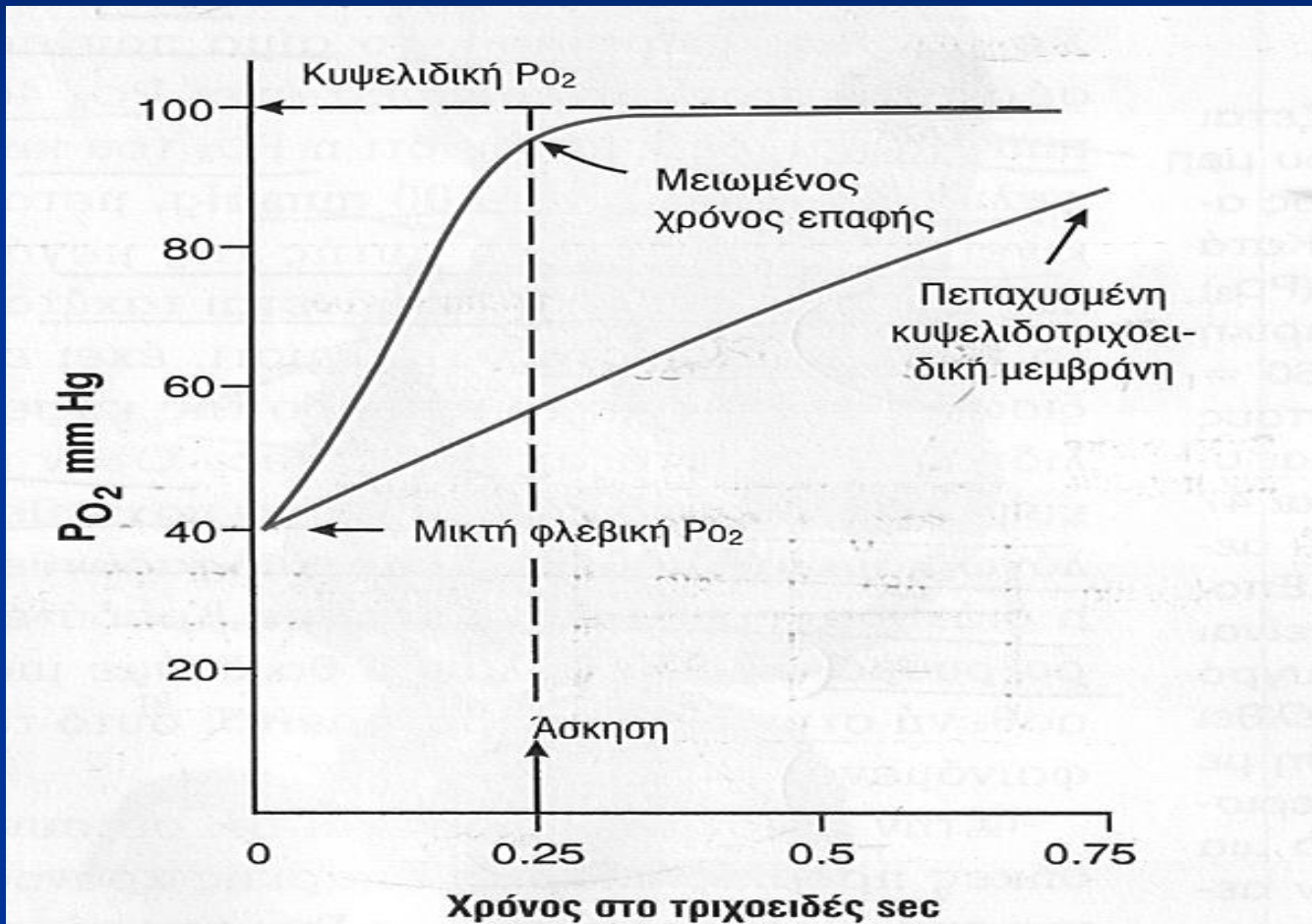
50 – 100 m²

Μεγάλο μέρος της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης είναι τόσο λεπτό που όταν η πίεση μέσα στα τριχοειδή αυξηθεί ή η τάση στο κυψελιδικό τοίχωμα αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό, η μεμβράνη μπορεί να καταστραφεί

Φυσιολογία – άσκηση : Αρχές Διάχυσης

- Νόμος Fick
- Ο ρυθμός μεταφοράς ενός αερίου από ένα στρώμα ιστού είναι ανάλογος με την επιφάνεια του ιστού, τη διαφορά μερικής πίεσης του αερίου μεταξύ των δύο πλευρών και αντιστρόφως ανάλογος με το πάχος του ιστού
- Ο ρυθμός μεταφοράς είναι ανάλογος με μια σταθερά διάχυσης που εξαρτάται από τις ιδιότητες του αερίου → το CO₂ διαχέεται περίπου 20 φορές ταχύτερα από το οξυγόνο επειδή έχει πολύ μεγαλύτερη διαλυτότητα χωρίς να διαφέρει σημαντικά το MB

Φυσιολογία – άσκηση : Αρχές Διάχυσης



Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

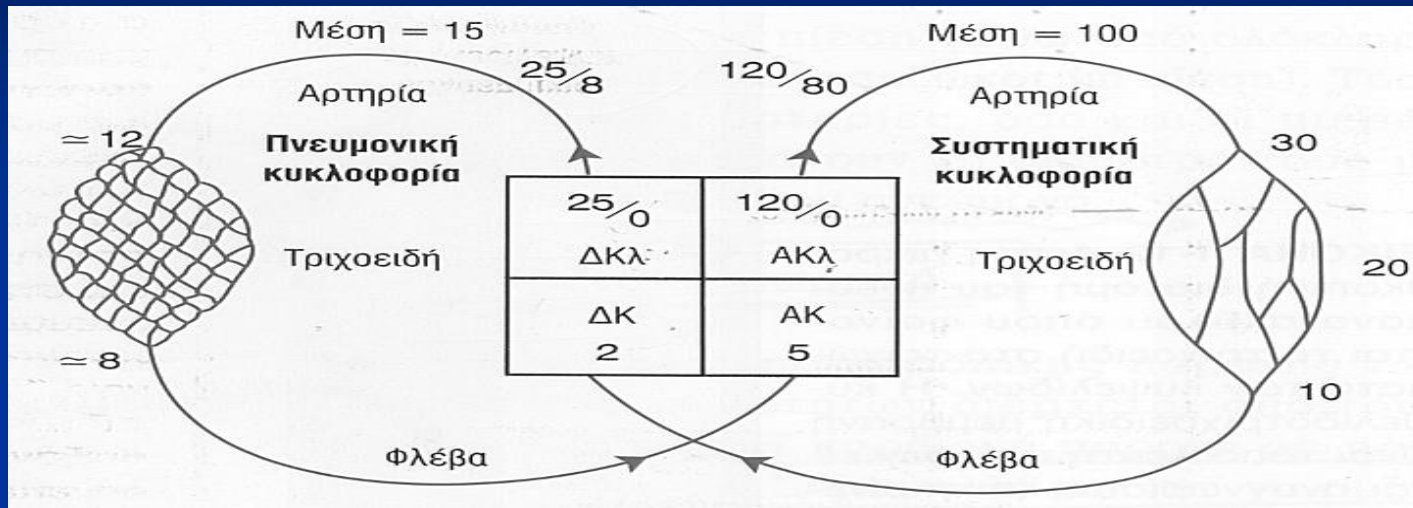
- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ → πώς μεταφέρεται το O₂ από τους πνευμονες
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία - άσκηση



- Η πνευμονική κυκλοφορία αρχίζει με το στέλεχος της πνευμονικής αρτηρίας, στο οποίο φτάνει το μικτό φλεβικό αίμα που εξωθείται από την δεξιά κοιλία
- Σύστημα χαμηλών πιέσεων

Φυσιολογία - άσκηση

- Η μέση Π στο στέλεχος της πνευμονικής είναι μόλις 15 mmHg
- Συστολική: 25 mmHg, Διαστολική: 8 mmHg
- Η μέση πίεση στην αορτή είναι 100 mmHg

ΓΙΑΤΙ?

Η συστηματική κυκλοφορία ρυθμίζει την παροχή αίματος στα διάφορα όργανα, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που βρίσκονται πολύ ψηλότερα από το επίπεδο της καρδιάς

Αντίθετα οι πνεύμονες πρέπει να δέχονται σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή το σύνολο της καρδιακής παροχής

Φυσιολογία - άσκηση

- Το συνολο της καρδιακής παροχής των δεξιών κοιλοτητων διερχεται από τους πνευμονες (σε ηρεμια 5-6L/min, σε εντονη ασκηση ως και 25l/min)

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ

Φυσιολογία – άσκηση: Μεταφορά των αερίων στο αίμα

■ Οξυγόνο

Πώς επιτυγχάνεται η μεταφορά $3,5 \text{ l O}_2/\text{min}$ στους περιφερικούς ιστούς ιδιαίτερα στους μυς των ποδιών ;

Η καρδιακή παροχή της Άννας κατά την έντονη άσκηση είναι $25 \text{ lt}/\text{min}$

Κάθε 1 lt αίματος πρέπει να μπορεί να αποδώσει $3500/25$
ή $140 \text{ ml O}_2/\text{L}$ ή $14 \text{ ml O}_2/\text{dl}$

Φυσιολογία – άσκηση: Μεταφορά των αερίων στο αίμα

- ✿ Το αίμα που διέρχεται από τα τριχοειδή των μυών δεν μπορεί να αποδώσει όλο το O_2 , γιατί πρέπει να διατηρήσει μία συγκεκριμένη μερική πίεση για να διασφαλιστεί η διάχυση του O_2 στα μιτοχόνδρια των μυϊκών κυττάρων σύμφωνα με τον νόμο του Fick
- ✿ Το οξυγόνο υποκειται στο Νόμο του Henry : Το ποσό του O_2 που διαλύεται είναι ανάλογο προς την μερική πίεση

Για κάθε mmHg της PO_2 υπάρχουν 0.003 ml/dl O_2 στο αίμα

Φυσιολογία – άσκηση: Μεταφορά των αερίων στο αίμα

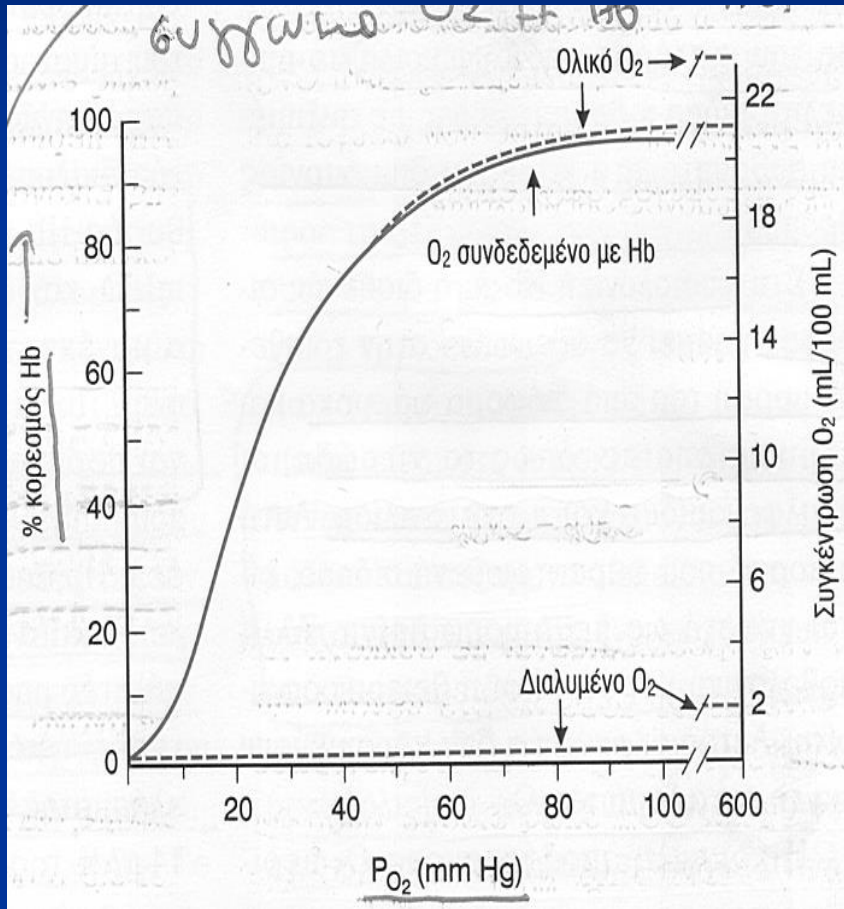
- Αρτηριακό αίμα της Άννας : $PO_2 \sim 100 \text{ mmHg}$
περιέχει 0.3 ml/dl O_2 σε διαλυμένη μορφή
- Χρειάζεται τουλάχιστον 14 ml/dl !
- Επομένως το αίμα πρέπει να περιέχει μία ουσία που να μπορεί να ενωθεί με μεγάλα ποσά O_2

Αιμοσφαιρίνη

Φυσιολογία – άσκηση: Μεταφορά των αερίων στο αίμα

- ✓ Σύμπλεγμα σιδήρου πορφυρίνης που συνδέεται με την σφαιρίνη, η οποία αποτελείται από 4 αλυσίδες (δύο ειδών α και β με διαφορές στην αλληλουχία των αμινοξέων)
 - ✓ Φυσιολογικά HbA
 - HbF
 - **HbS**: αντικατάσταση του γλουταμικού οξέος στις β αλυσίδες με βαλίνη (μειωση συγγενειας με O₂, δρεπανοκυτταρική αναιμία)
η αναχθείσα μορφή της Hb είναι λιγότερο διαλυτή και τείνει σε κρυσταλλοποίηση
- Αμφίκωιλο → ημισεληνοειδές ή δρεπανοειδές με αυξημένη ευθρυπτότητα και τάση δημιουργίας θρόμβου

Φυσιολογία – άσκηση: Μεταφορά των αερίων στο αίμα



➤ Το μέγιστο ποσό O_2 που μπορεί να συνδεθεί με την Hb λέγεται **δεσμευτική ικανότητα O_2**

➤ 1 gr καθαρής Hb μπορεί να συνδεθεί με 1,39 ml O_2 και δεδομένου ότι το φυσιολογικό αίμα έχει περίπου 15 gr/dl, η δεσμευτική ικανότητα είναι 20.8 ml/dl

Φυσιολογία – άσκηση: Καμπύλη αποδέσμευσης O₂

Κορεσμός της Hb σε O₂

$\frac{\text{O}_2 \text{ συνδεδεμένο με Hb}}{\text{Δεσμευτική ικανότητα O}_2} \times 100$

Αρτηριακό αίμα με PO₂
100 mmHg έχει SatO₂ :
98 %

Μικτό φλεβικό αίμα με PO₂
40 mmHg είναι περίπου 75 %

Φυσιολογία – άσκηση: Καμπύλη αποδέσμευσης O₂

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το CO₂ μεταφέρεται στο αίμα με **τρεις** μορφές :

1) *Διαλυμένο*

Το 10 % του αερίου που μεταφέρεται στον κυψελιδικό αέρα από το αίμα βρίσκεται στη διαλυμένη μορφή

2) *Διτανθρακικά*



Φυσιολογία – άσκηση: Καμπύλη αποδέσμευσης O₂



3) *Καρβαμινοενώσεις*

Σύνδεση του CO₂ με τελικές αμινομάδες πρωτεϊνών του αίματος

Φυσιολογία – άσκηση: Καμπύλη αποδέσμευσης O₂

- ❖ Το μεγαλύτερο μέρος του CO₂ που μεταφέρεται στο αίμα είναι με την μορφή *διττανθρακικών*
- ❖ Το 60 % του CO₂ που προσλαμβάνεται ή αποδίδεται από το αίμα προέρχεται από τα *διττανθρακικά*, το 30 % από την *καρβαμινο-αιμοσφαιρίνη* και το 10 % από το *διαλυμένο CO₂*

Φυσιολογία - άσκηση

⇒ Πώς κατορθώνει να αυξήσει το ρυθμό του μεταβολισμού της και να έχει τόσο μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου;

- ΑΕΡΙΣΜΟΣ
- ΔΙΑΧΥΣΗ
- ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ
- ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟ ΑΙΜΑ
- ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΙΣΤΩΝ → πως φτάνει το O_2 στα κυτταρα

Φυσιολογία – άσκηση: ανταλλαγή αερίων μεταξύ αίματος και ιστών

- ο Παθητική διάχυση
- ο Το πάχος της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης είναι $< 0.3 \mu\text{m}$ αλλά η απόσταση μεταξύ των ανοικτών τριχοειδών σε ένα μυ που βρίσκεται σε ηρεμία είναι $50 \mu\text{m}$
- ο Όταν η Άννα ασκείται έντονα η ροή αίματος στους μυς αυξάνεται και διανοίγονται επιπλέον τριχοειδή αυξάνοντας έτσι την επιφάνεια διάχυσης

Φυσιολογία – άσκηση: ανταλλαγή αερίων μεταξύ αίματος και ιστών

- Καθώς το O_2 διαχέεται μακριά από το τριχοειδές, καταναλώνεται από τον ιστό και η PO_2 μειώνεται
- Μεγάλο μέρος της πτώσης του PO_2 σε μερικούς περιφερικούς ιστούς παρατηρείται στο χώρο που περιβάλλει άμεσα το τοίχωμα των τριχοειδών και η PO_2 στο εσωτερικό των μυικών κυττάρων για παράδειγμα είναι πολύ χαμηλή και σχεδόν ομοιόμορφη

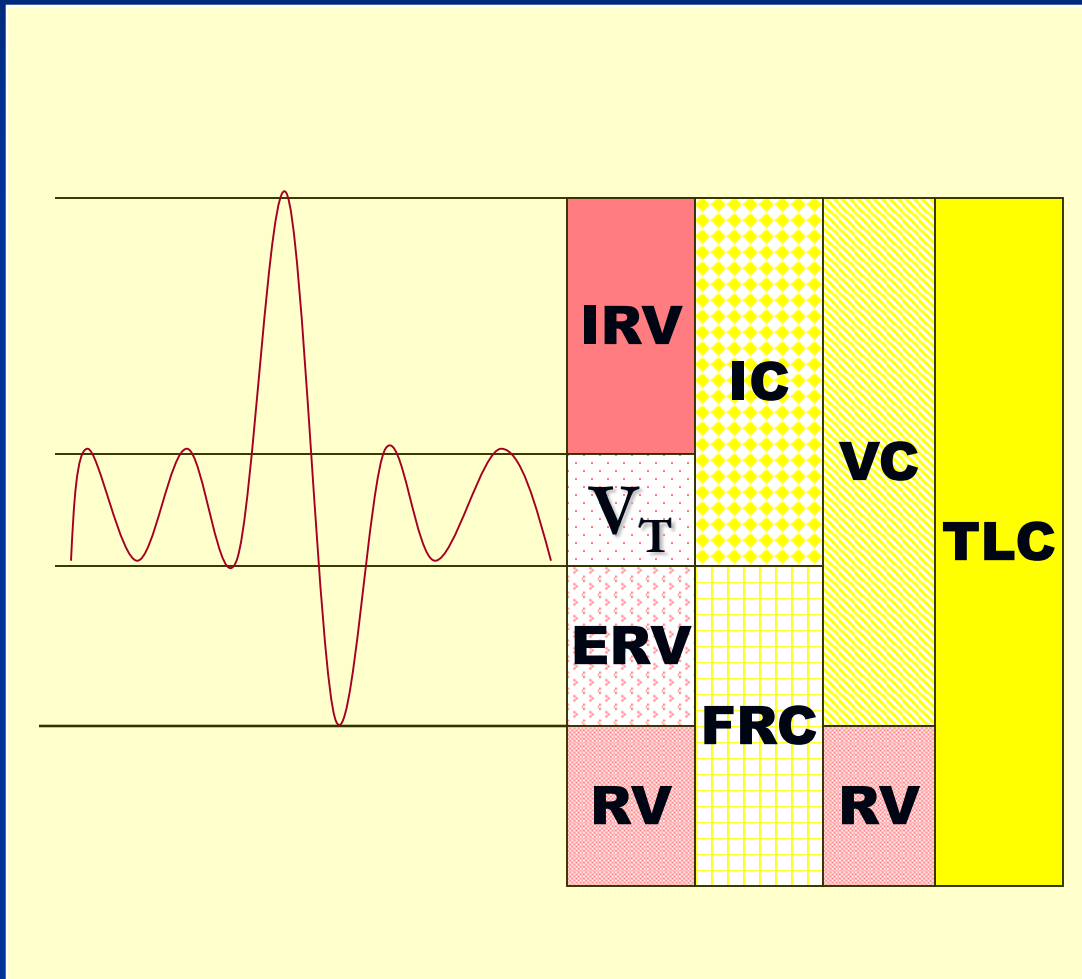
Φυσιολογία – άσκηση: ανταλλαγή αερίων μεταξύ αίματος και ιστών

Σε ποιο επίπεδο μπορεί να μειωθεί η ιστική PO_2 προτού σταματήσει η χρησιμοποίηση του O_2 ;

Η κατανάλωση του O_2 συνεχίζεται με τον ίδιο ρυθμό έως ότου η PO_2 μειωθεί σε επίπεδα μέχρι τα **5 mmHg**

Ο ρόλος επομένως της πολύ υψηλότερης PO_2 στο τριχοειδικό αίμα είναι η διασφάλιση επαρκούς πίεσης για τη διάχυση του O_2 στα μιτοχόνδρια

Lung Volumes (Πνευμονικοί όγκοι)



- 4 Volumes

(Όγκοι)

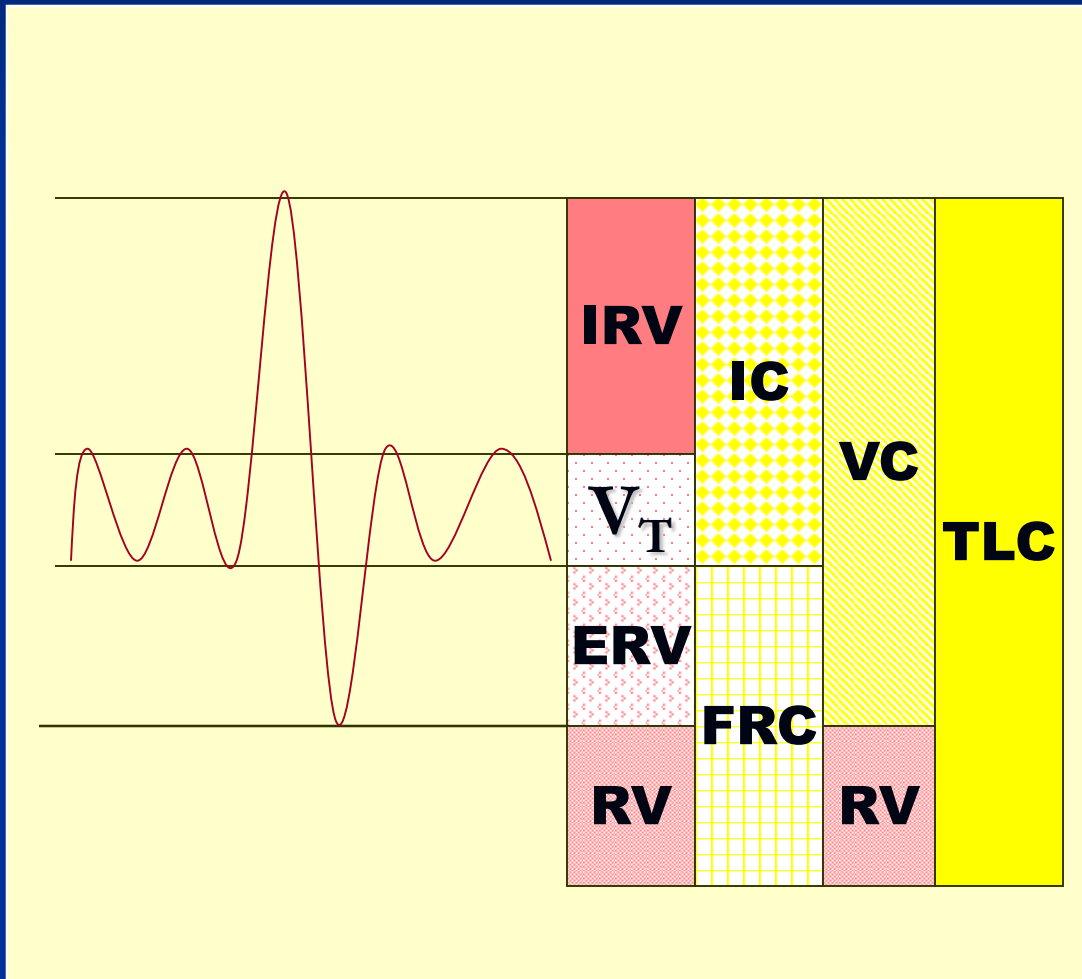
- 4 Capacities

(Χωρητικότητες: το

άθροισμα 2 ή

περισσότερων όγκων)

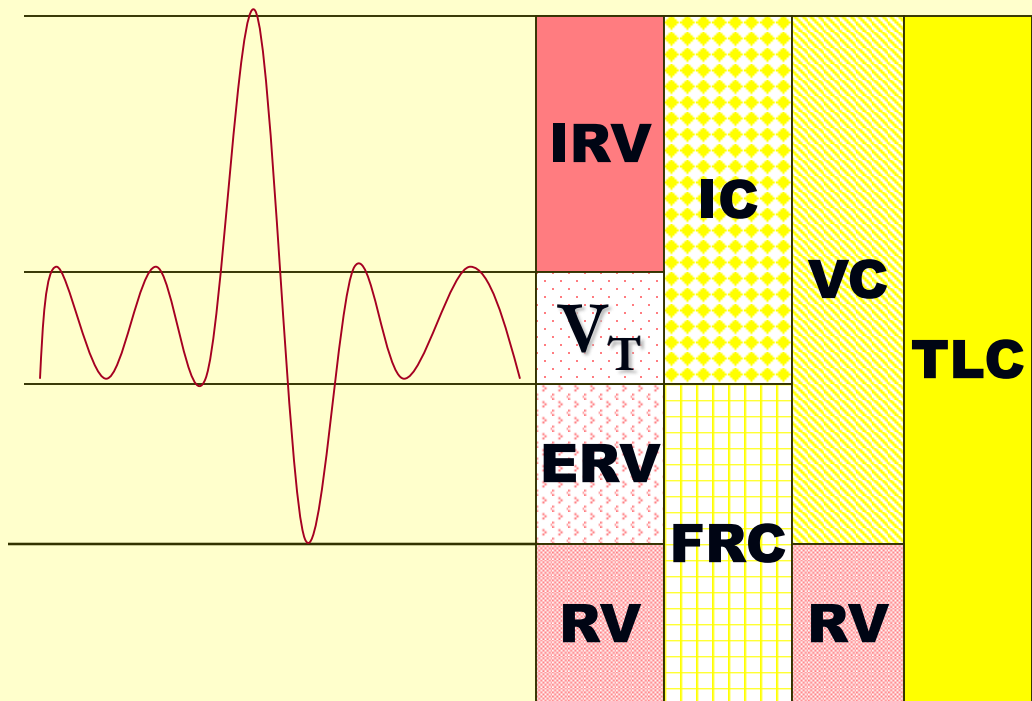
Tidal Volume (V_T) (Αναπνεόμενος όγκος αέρα)



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

Residual Volume (RV)

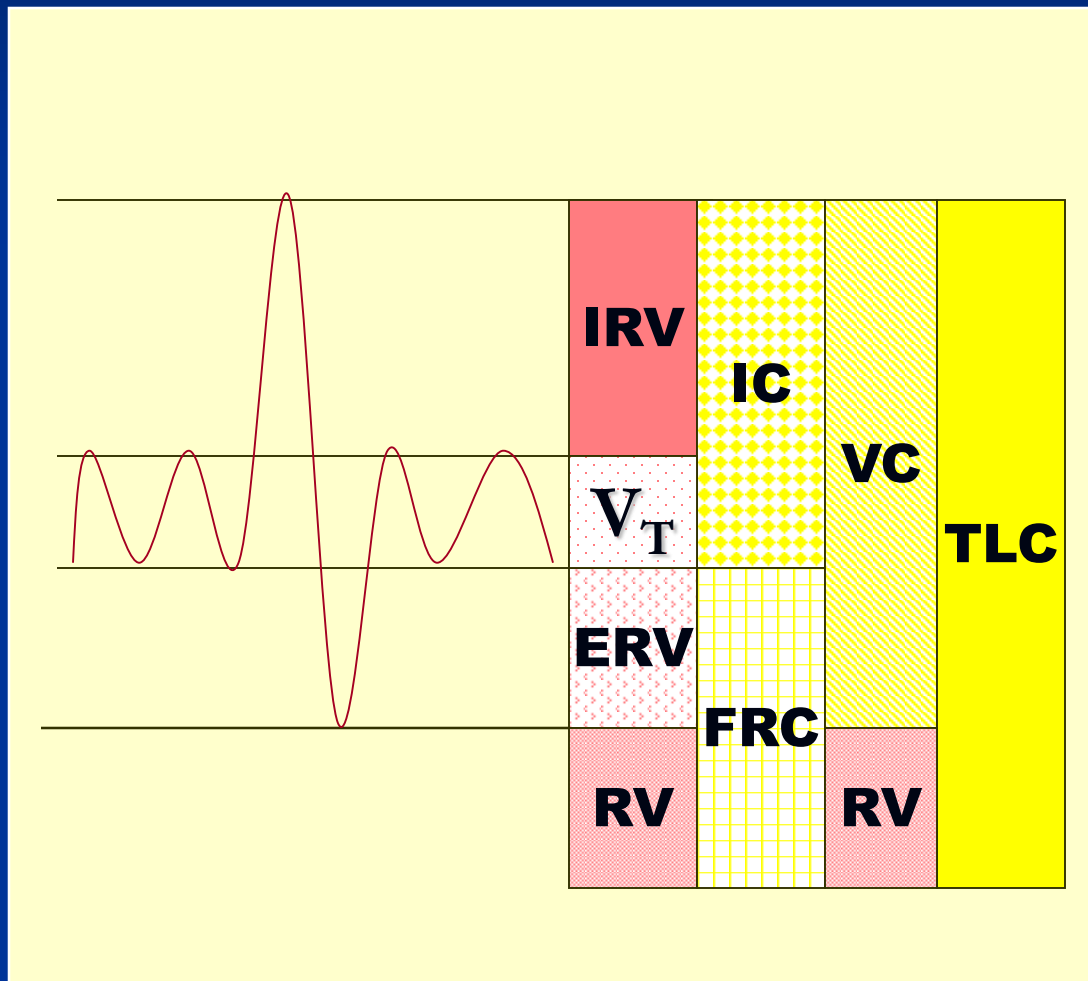
(Υπολειπόμενος όγκος αέρα)



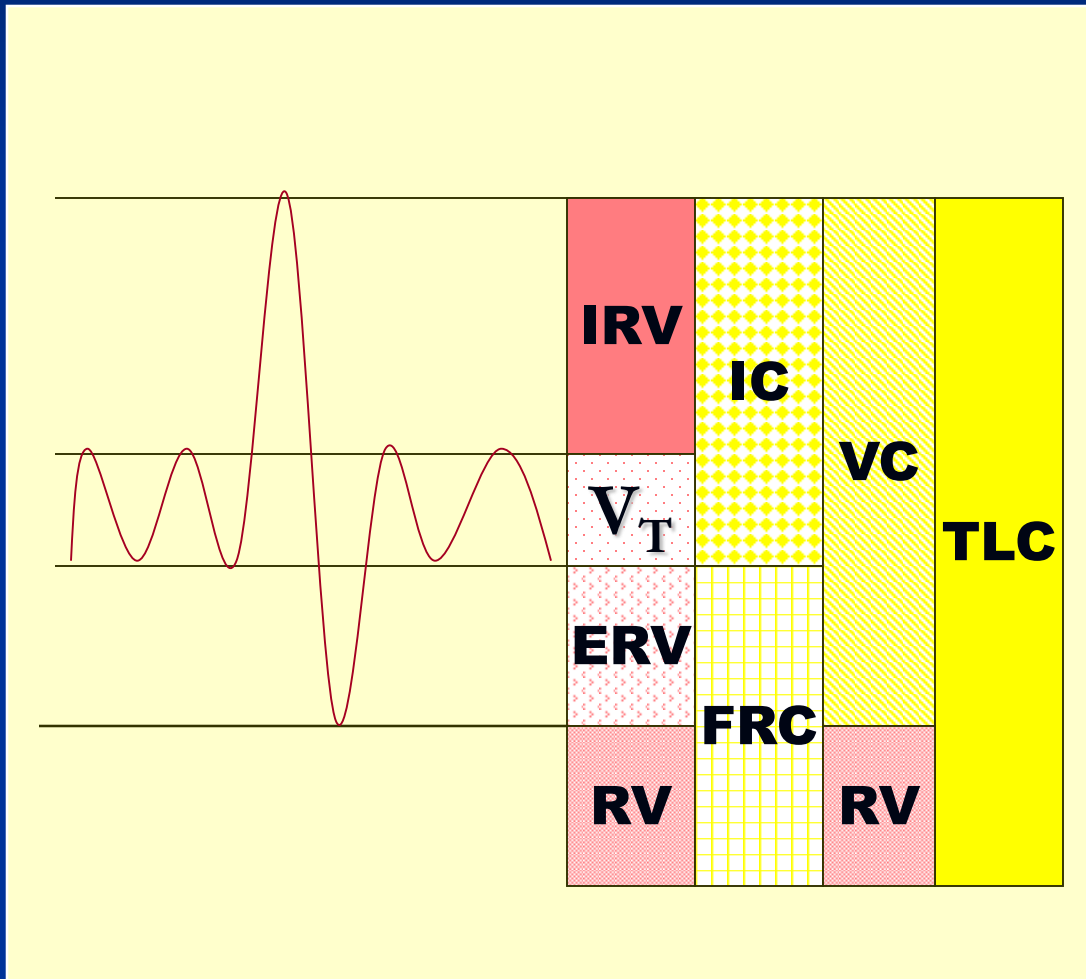
- Ο όγκος αέρα που παραμένει στους πνεύμονες στο τέλος της μέγιστης εκπνοής (Volume of air remaining in the lungs at the end of maximum expiration)

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)/ Βιάως εκπνεόμενη Ζωτική Χωρητικότητα: when VC exhaled forcefully
- SVC (Slow Vital Capacity): when VC is exhaled slowly
- $VC = IRV + V_T + ERV$



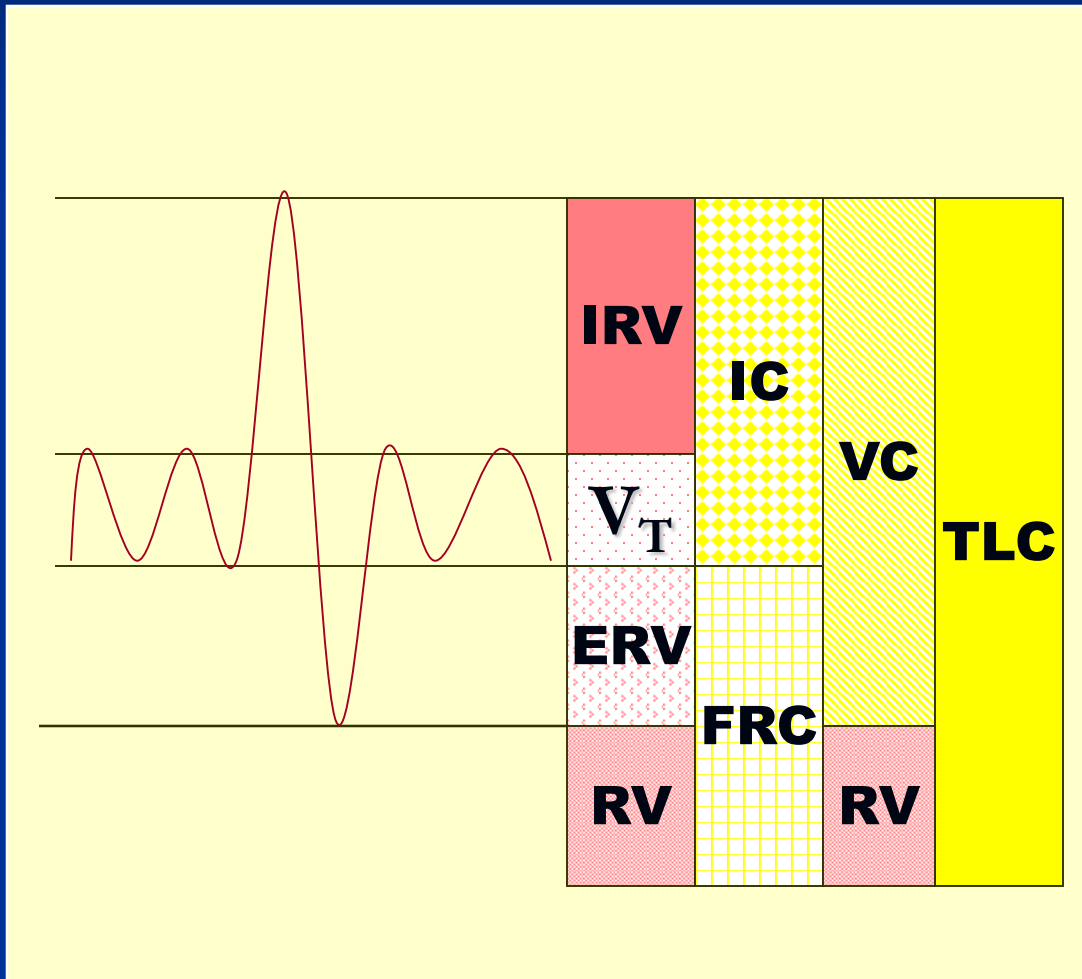
IRV: Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος

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

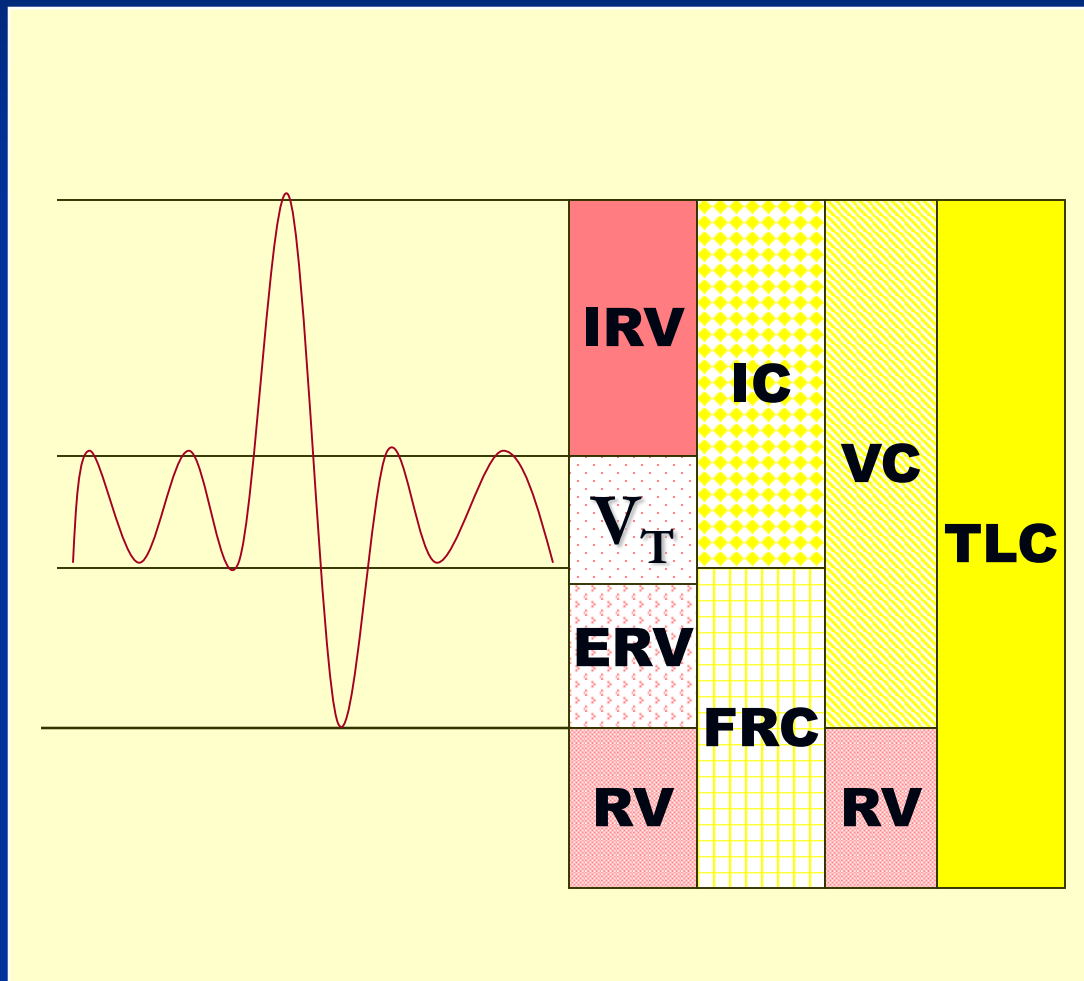
(Volume of air remaining in the lungs at the end of a V_T expiration)

- Η ελαστική δύναμη του θωρακικού τοιχώματος εξισορροπείται ακριβώς από την ελαστική δύναμη των πνευμόνων

- **$FRC = ERV + RV$**

Total Lung Capacity (TLC)

(Ολική πνευμονική χωρητικότητα)

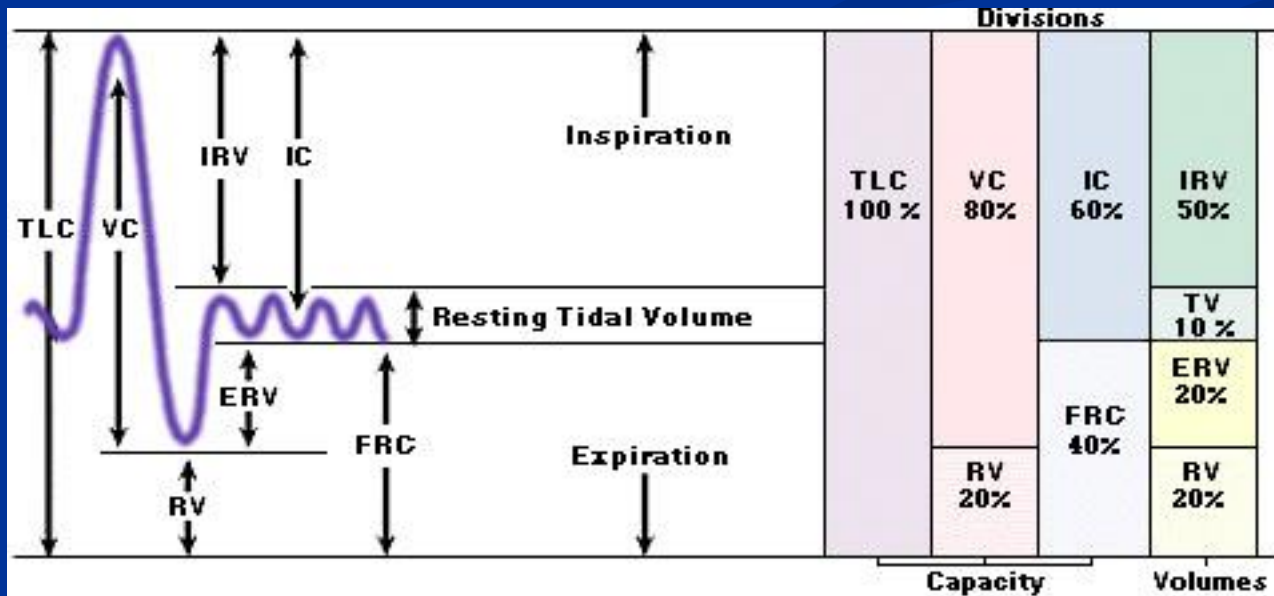


- Ο όγκος του αέρα στους πνεύμονες μετά μία μέγιστη εισπνοή
(Volume of air in the lungs after a maximum inspiration)

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

Πνευμονικοί Όγκοι

- Ολική πνευμονική χωρητικότητα (TLC): Όγκος στο τέλος της μέγιστης εισπνοής
- Υπολειπόμενος όγκος (RV): Όγκος μετά την μέγιστη εκπνοή
- Υπολειπόμενη λειτουργική χωρητικότητα (FRC): Όγκος μετά την ήρεμη εκπνοή



Παράγοντες που επηρεάζουν την FRC

- Φύλο: Γυναίκες 10% μικρότερη
- Ηλικία: Αυξάνεται
- Μέγεθος του σώματος: σχετίζεται γραμμικά με το ύψος

$$FRC = (5.95 \times \text{ύψος}) + (0.019 \times \text{ηλικία}) - (0.086 \times \text{BMI}) - 5.3$$

- Μυϊκός τόνος του διαφράγματος
- Στάση
- Πνευμονική νόσος

Υπερδιάταση

- Παγίδευση αέρα
- Αυξημένοι όγκοι: ανοιχτοί αεραγωγοί, μείωση της ελαστικής δύναμης επαναφοράς

Figure 1. Schematic to illustrate how peripheral airway obstruction traps air during expiration in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) resulting in hyperinflation. P_L =translung pressure, V =ventilation. Reproduced from O'Donnell and Laveneziana⁵⁶ with permission

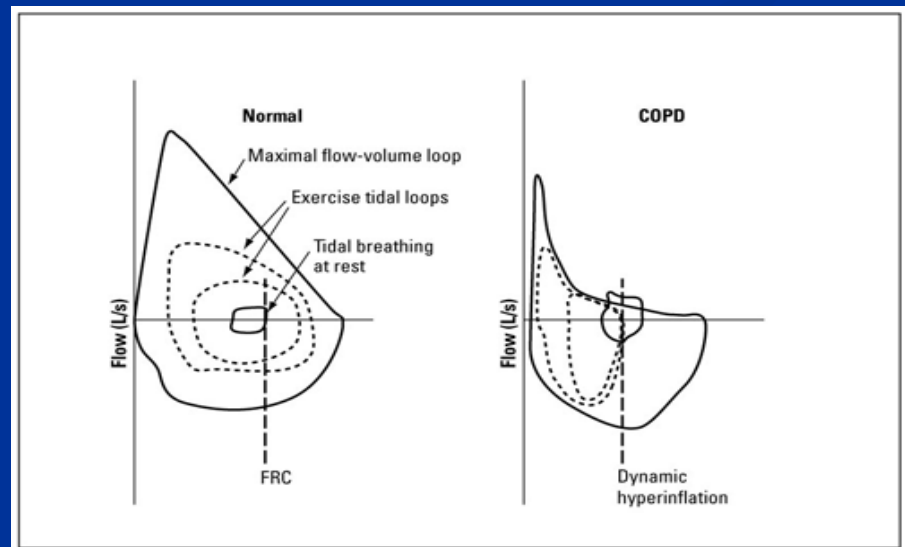
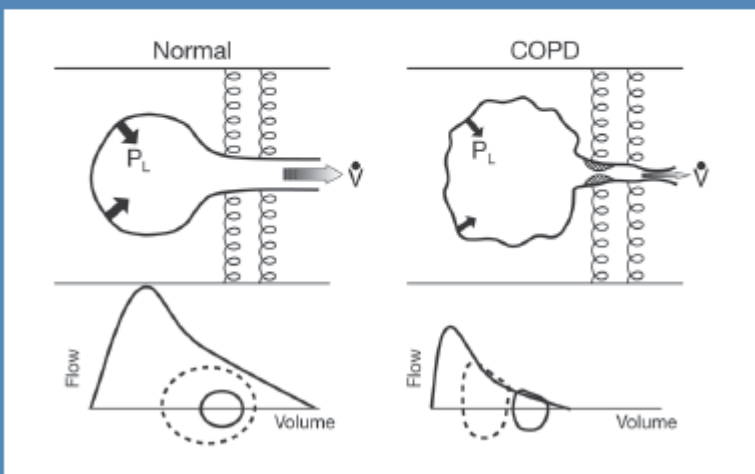


Figure 5. The relation between the exercise tidal flow-volume loops and the baseline maximal flow-volume loop. Normally (left), tidal flow-volume loops expand in both directions during exercise. In emphysema (right), the decreased expiratory time (because of increased respiratory rate during exercise) results in more air-trapping and increases the FRC, shifting the tidal flow-volume loop curves to the left, a phenomenon called dynamic hyperinflation.

FRC: functional residual capacity

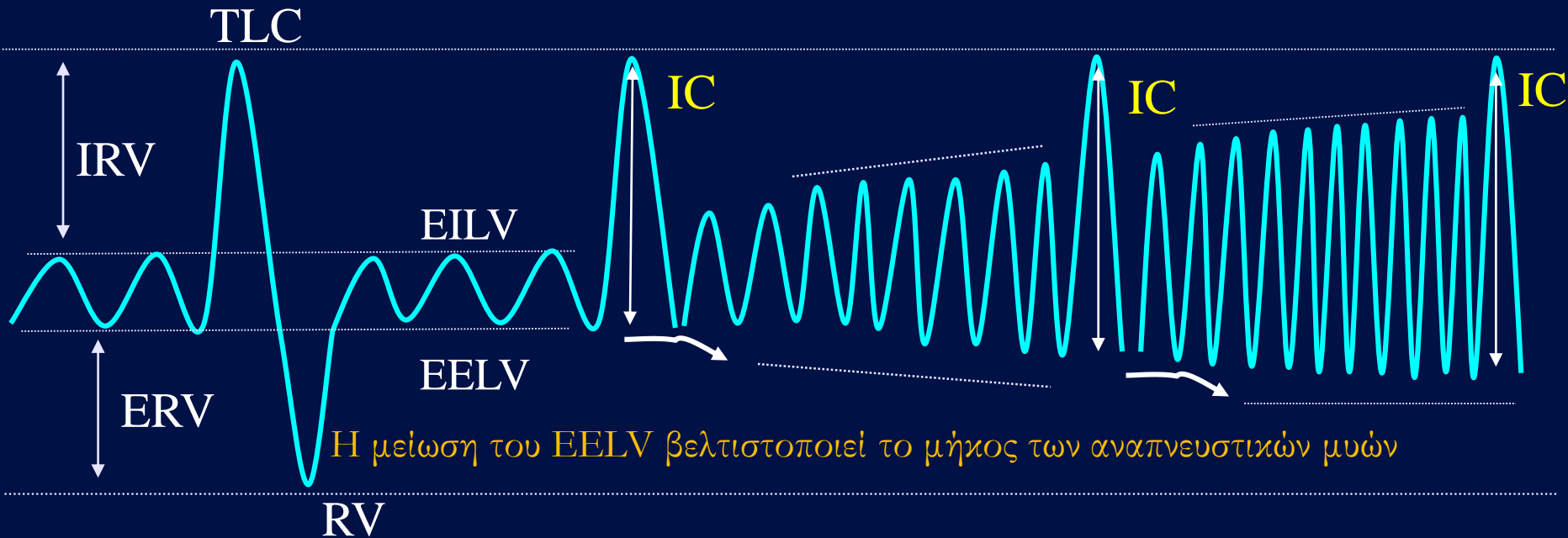
Μεταβολή των πνευμονικών όγκων στην άσκηση σε υγιές άτομο

PFT

Rest

Submaximal exercise

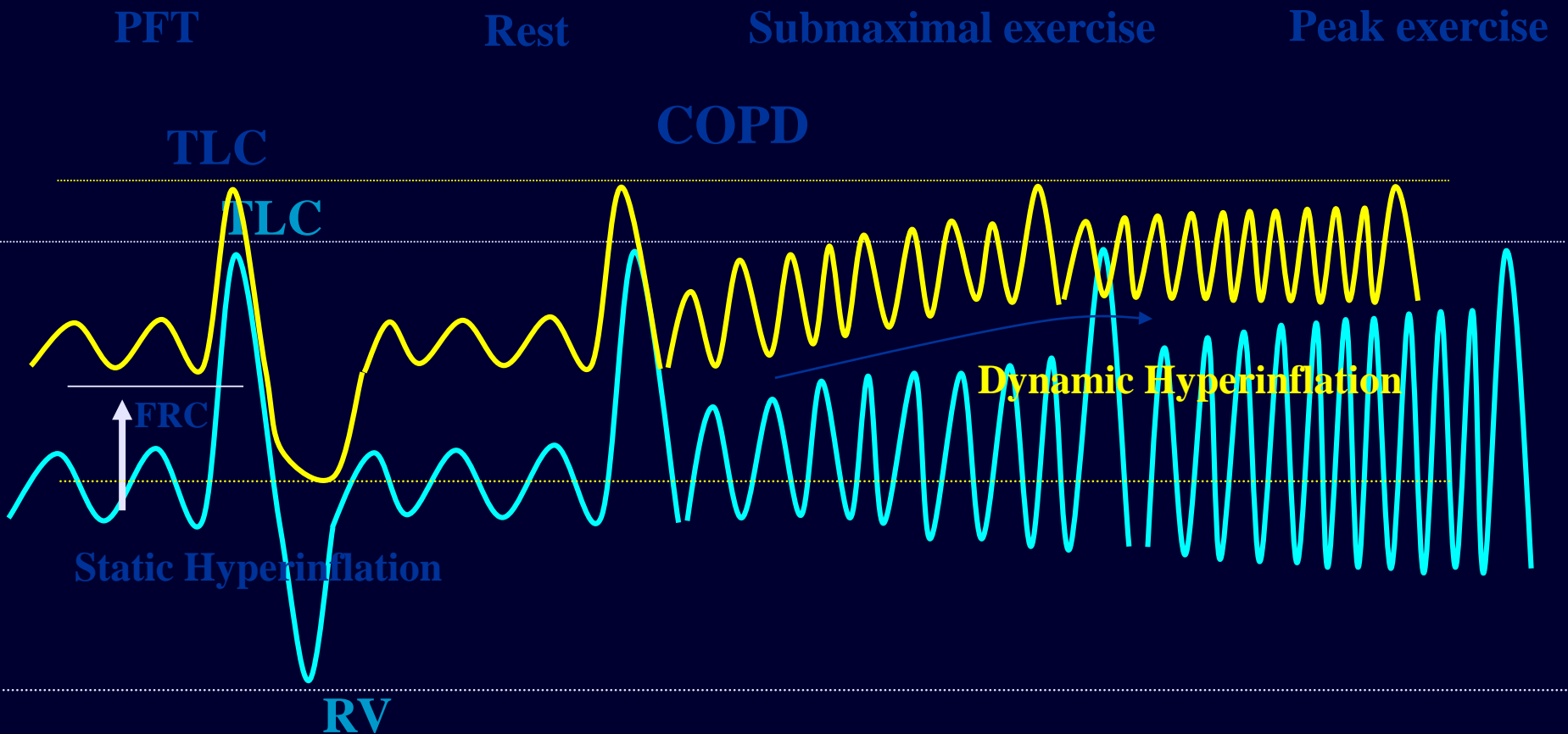
Peak exercise



VT: αυξάνεται 2-5 φορές (\uparrow EILV)
έως 45-60%VC
έως 80% IC

RR: αυξάνεται 1-3 φορές
αθλητές: 6-7 φορές

Μεταβολή των πνευμονικών όγκων στην άσκηση σε ασθενή με ΧΑΠ



Υπερδιάταση-Αναπνευστικοί μύες

- Αναπνευστικοί μύες λειτουργούν από μη αποδοτική θέση
- Το μήκος των αναπνευστικών μυών ελαττώνεται-μείωση της ικανότητας να παράγουν δύναμη

Μέτρηση αναπνευστικής ικανότητας

Μέγιστη αναπνευστική ικανότητα

(Maximal Voluntary Ventilation / Maximal Breathing Capacity)

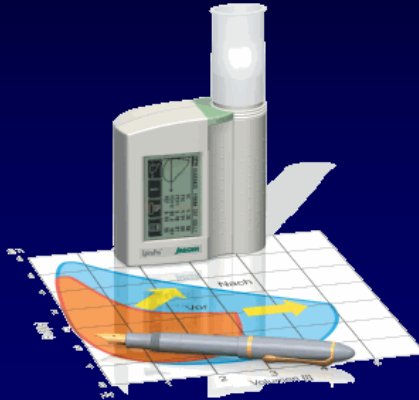
- ορίζεται ως ο μέγιστος όγκος αέρα που ένα άτομο μπορεί να εισπνεύσει και να εκπνεύσει στη διάρκεια ενός λεπτού, κάνοντας τις βαθύτερες εισπνοές με όση μεγαλύτερη ταχύτητα μπορεί.
- σε φυσιολογικά άτομα ~15-20 φορές ο ανά λεπτό αναπνεόμενος όγκος , σε ηρεμία
- 170 l/min
- f (διαστάσεις σώματος, ηλικία, φύλο)

ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ





ΤΥΠΟΙ ΣΠΥΡΟΜΕΤΡΩΝ





ΑΠΛΗ ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ

- FEV_1 : forced expiratory volume 1 sec
- FVC: forced vital capacity
- FEV_1/FVC ratio
- SVC: slow vital capacity
- $FEF_{25-75\%}$: average forced expiratory flow over the 25-75% of FVC
- PEF: peak expiratory flow



TEKNIKH



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.

Η σπιρομέτρηση δίνει 3 σημαντικές μετρήσεις

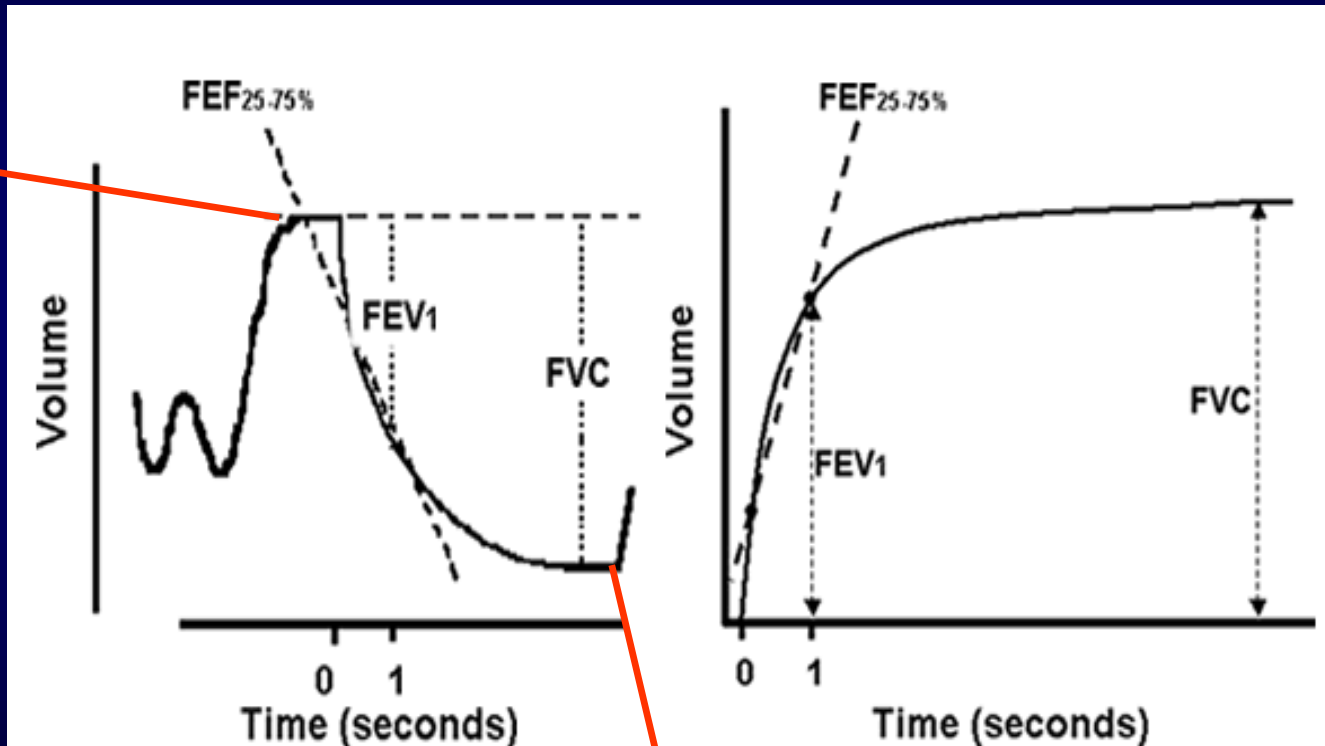


- **FEV₁**: Ο όγκος του αέρα που ο ασθενής εκπνέει στο 1ο sec κατά τη δυναμική εκπνοή.
 - **FVC**: Ο συνολικός όγκος αέρα που ο ασθενής μπορεί δυναμικά να εκπνεύσει μετά από μια μέγιστη εισπνοή.
 - **FEV₁/FVC**: Ο λόγος FEV₁/FVC που εκφράζεται με ποσοστό επί τοις εκατό.
- * Οι τιμές FEV₁ και FVC εκφράζονται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



ΚΑΜΠΥΛΗ ΟΓΚΟΥ - ΧΡΟΝΟΥ

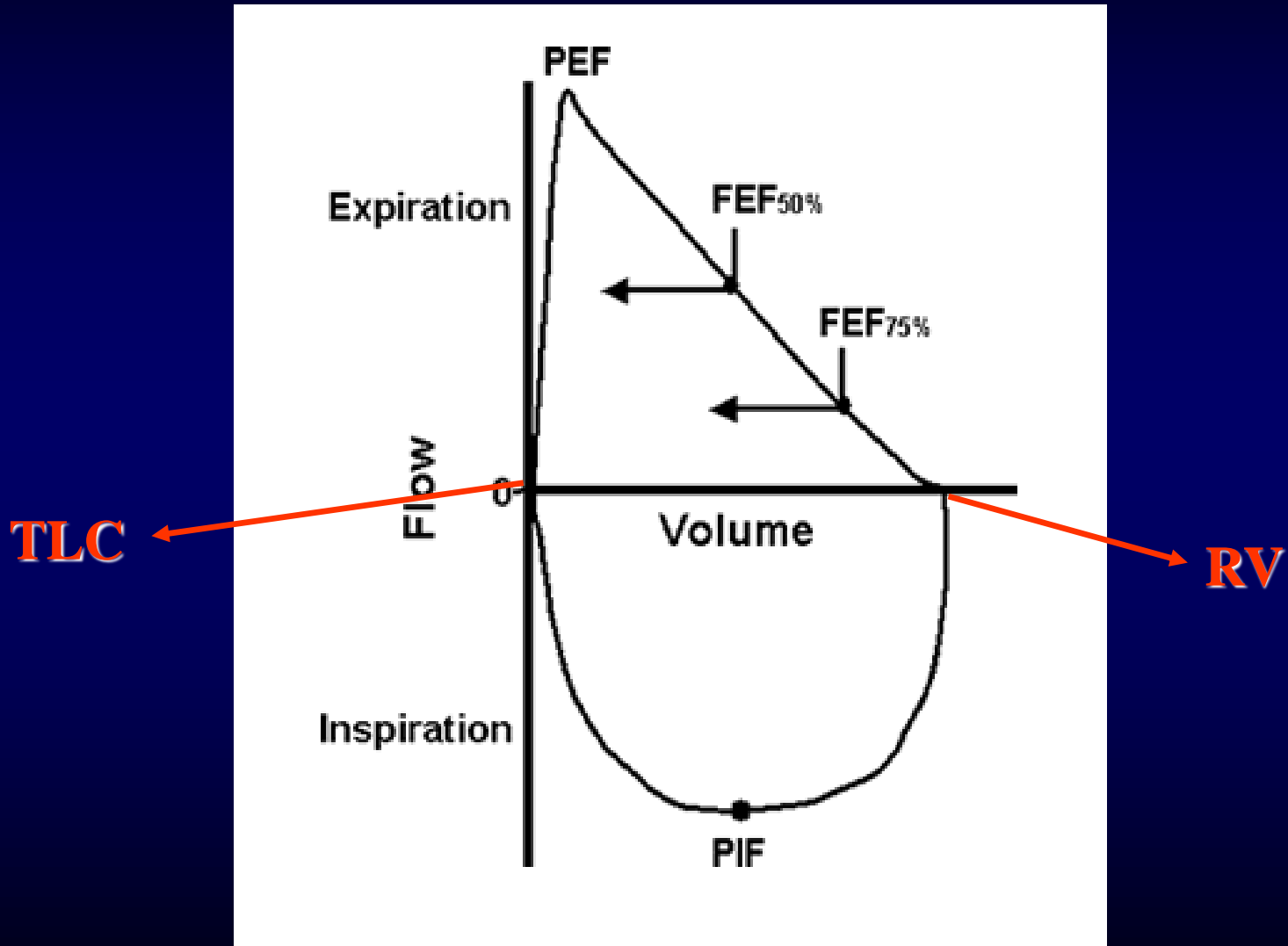
TLC



RV



ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ - ΟΓΚΟΥ



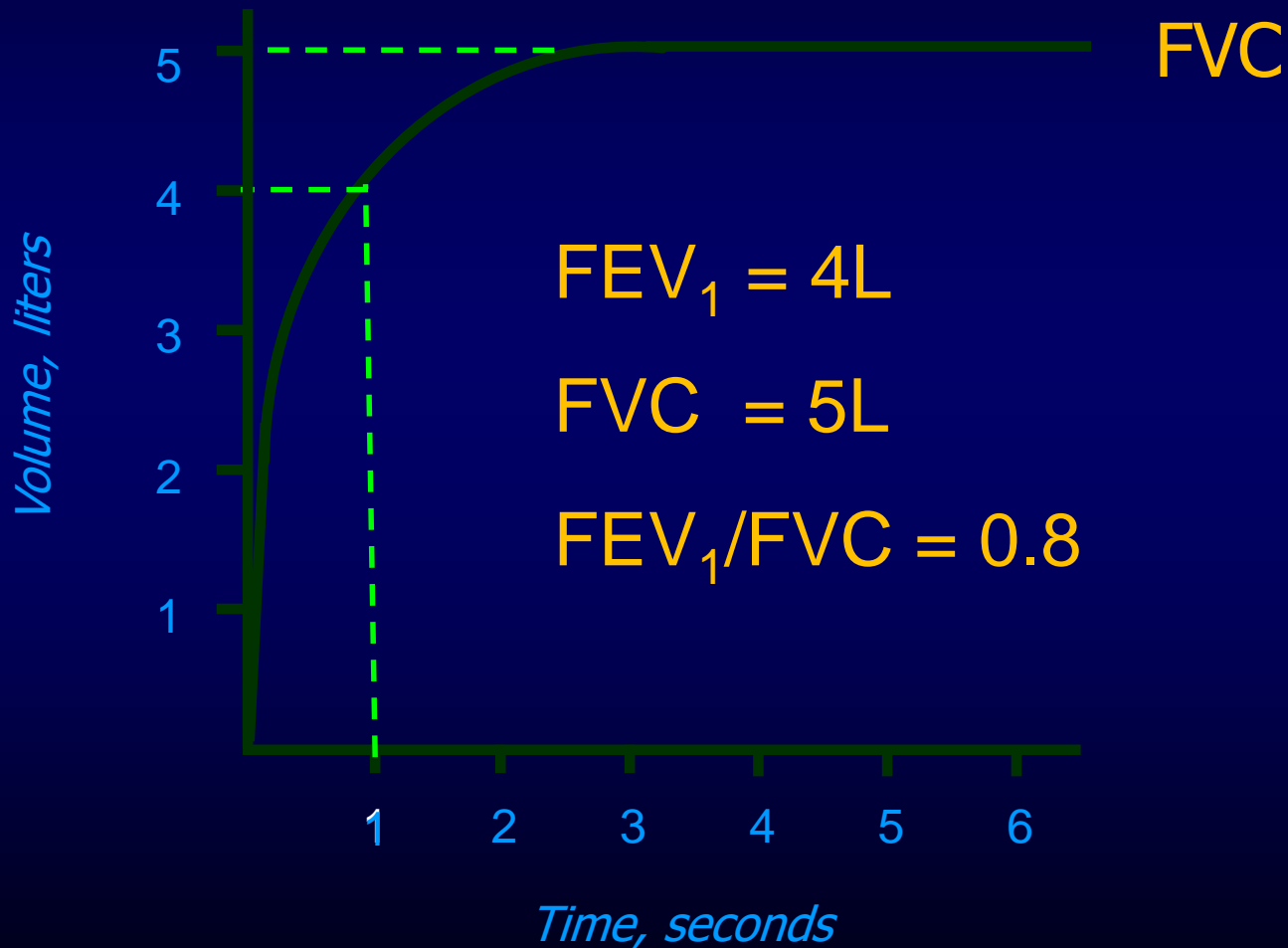


Forced Expiratory Volume in 1 sec

- Μέγιστος εκπνεόμενος όγκος στο 1^ο sec , ξεκινώντας από την μέγιστη εισπνοή.
- $MVV \sim 35 \times FEV1$
- FEV 0,5sec ή 0,75 sec

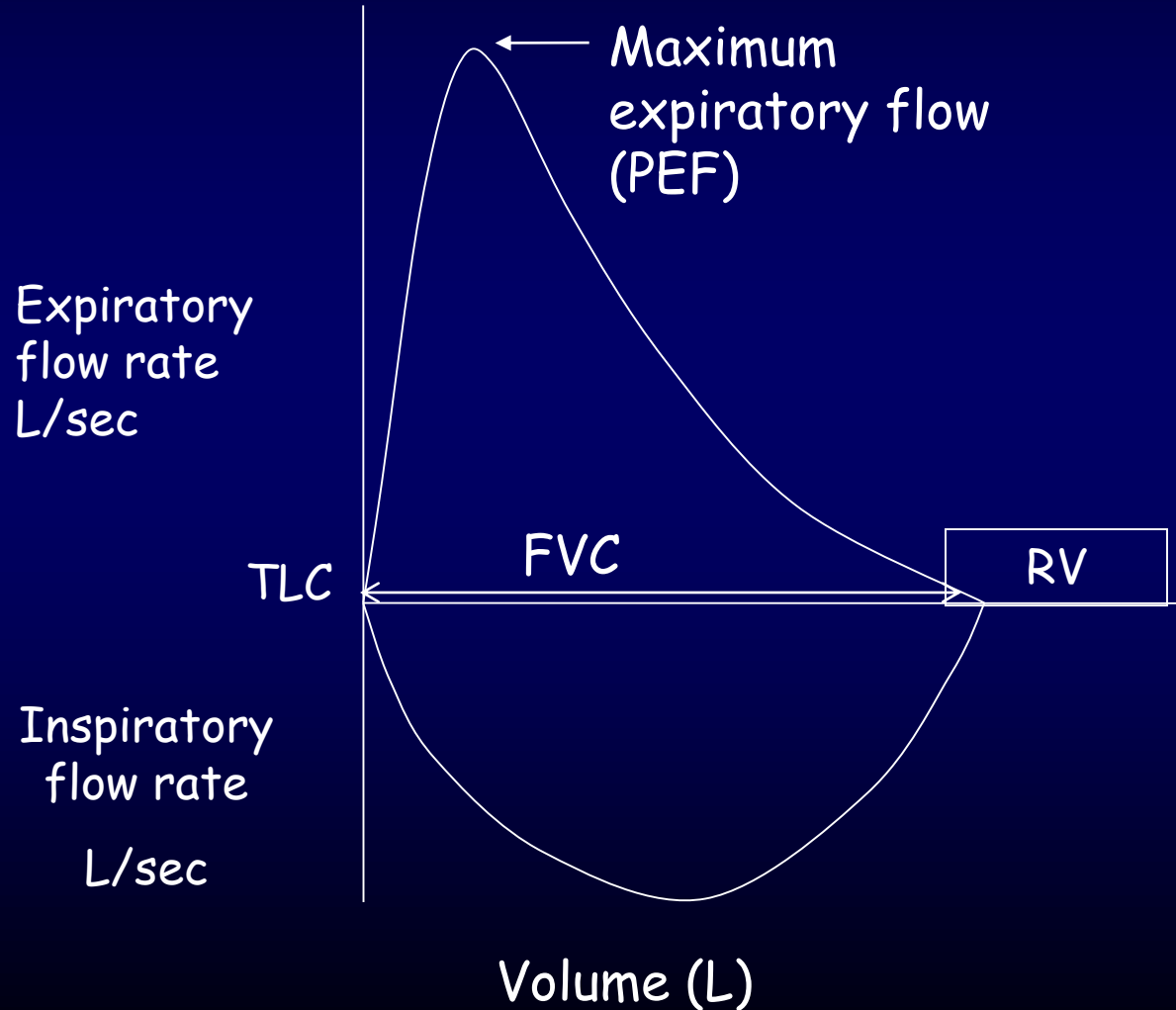


Normal Trace Showing FEV₁ and FVC





Flow Volume Curve





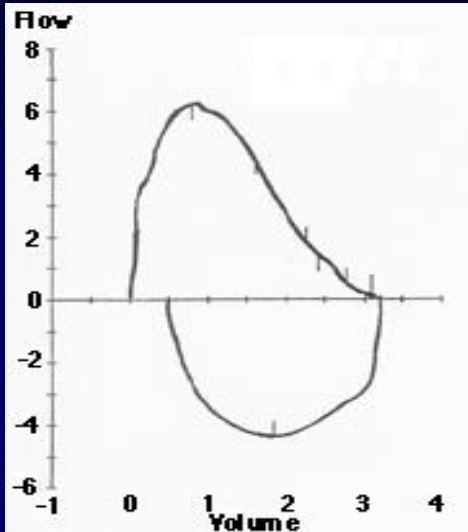
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

- Οι φυσιολογικές τιμές των σπυρομετρικών μεγεθών βασίζονται σε πληθυσμιακές μελέτες και εξαρτώνται από:

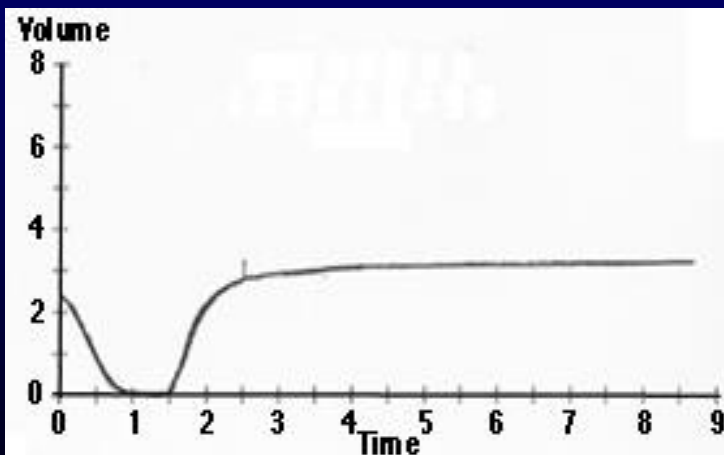
- ◆ Φύλο
- ◆ Φυλή
- ◆ Ηλικία
- ◆ Ύψος



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗ



- $FEV_1 > 80\%$ προβλ.
- $FVC > 80\%$ προβλ.
- $FEV_1/FVC > 70\%$



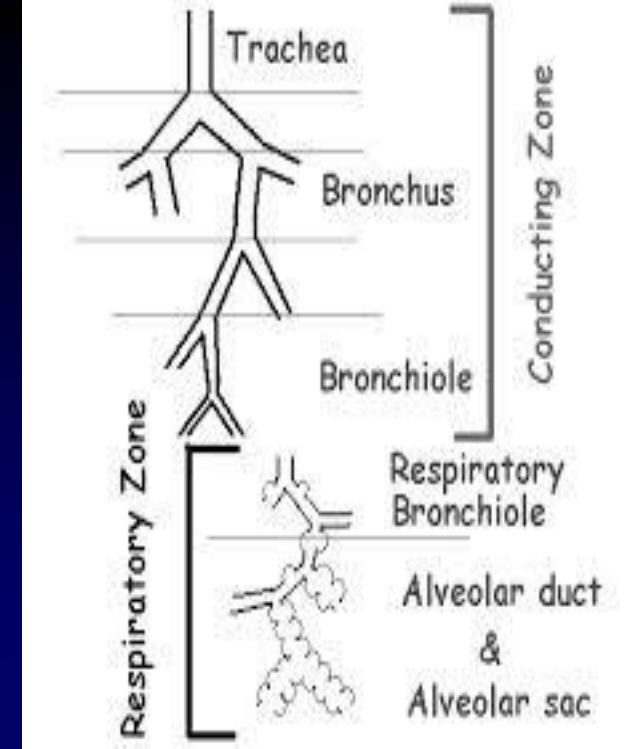


ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΠΙΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ορισμός

Αποφρακτικά νοσήματα –
Ομάδα παθήσεων

- Απόφραξη των αεραγωγών
(Μείωση της φυσιολογικής ροής του αέρα στον αεραγωγό)

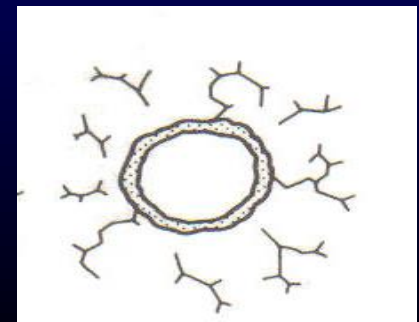
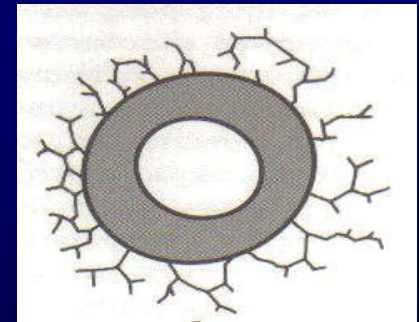
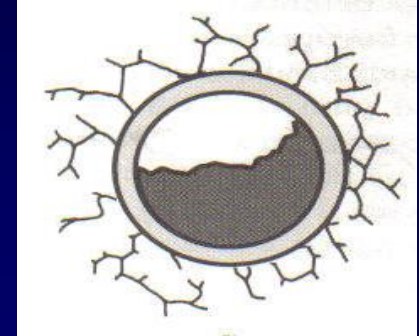


Το αίτιο της απόφραξης μπορεί να εντοπίζεται οπουδήποτε από το λάρυγγα έως τα τελικά βρογχιόλια



Μηχανισμοί απόφραξης των αεραγωγών

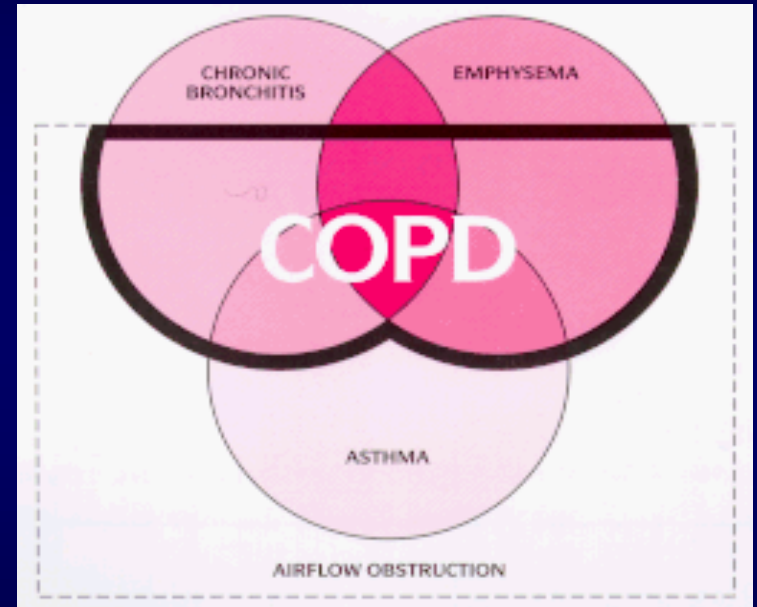
- **Αυλός**
 - ✓ Εκκρίσεις (χρόνια βρογχίτιδα, πνευμονικό οίδημα, μετεγχειρητικά)
 - ✓ Ξένο σώμα
 - ✓ Μάζα
- **Τοίχωμα**
 - ✓ Βρογχόσπασμο (βρογχ. Άσθμα)
 - ✓ Υπερτροφία βλεννογονίων αδένων (χρόνια βρογχίτιδα)
 - ✓ Φλεγμονή
 - ✓ Οίδημα
- **Περιβρογχική περιοχή**
 - ✓ Καταστροφή του παρεγχύματος (απώλεια ακτινωτής έλξης, εμφύσημα)
 - ✓ Πίεση από έξω (λεμφαδένας, όγκος)
 - ✓ Περιβρογχικό οίδημα





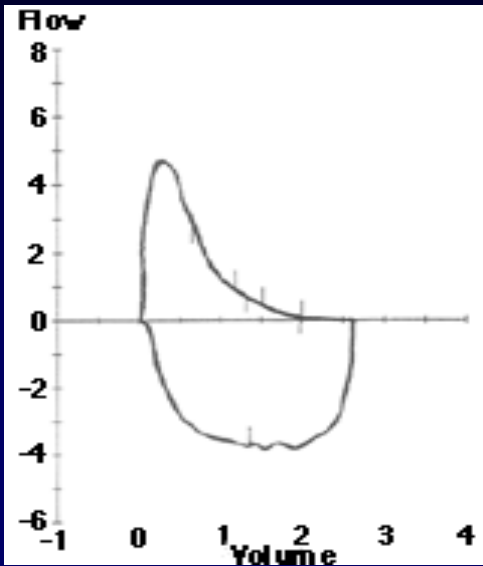
Αποφρακτικές Παθήσεις

- Χρόνια βρογχίτιδα
- Εμφύσημα
- Άσθμα

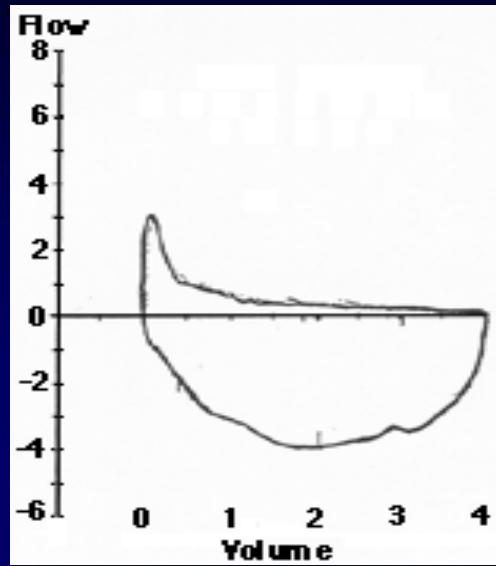




ΑΠΟΦΡΑΚΤΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

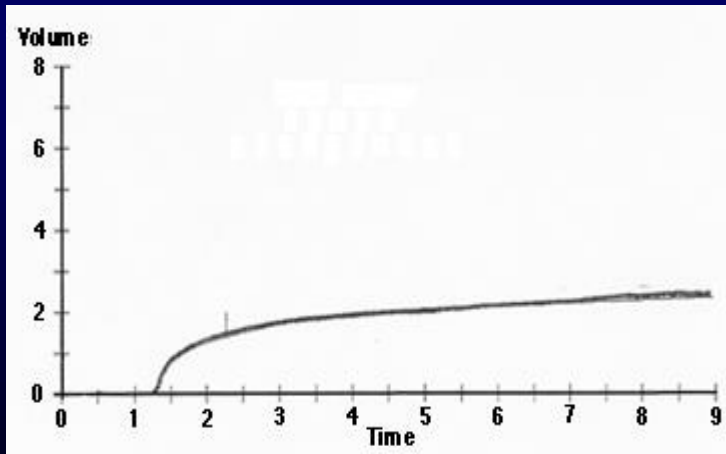


Ήπια - Μέτρια



Σοβαρή

- $FEV_1 < 80\%$ προβλ.
- FVC κ.φ. ή $> 80\%$ προβλ.
- $FEV_1/FVC < 70\%$

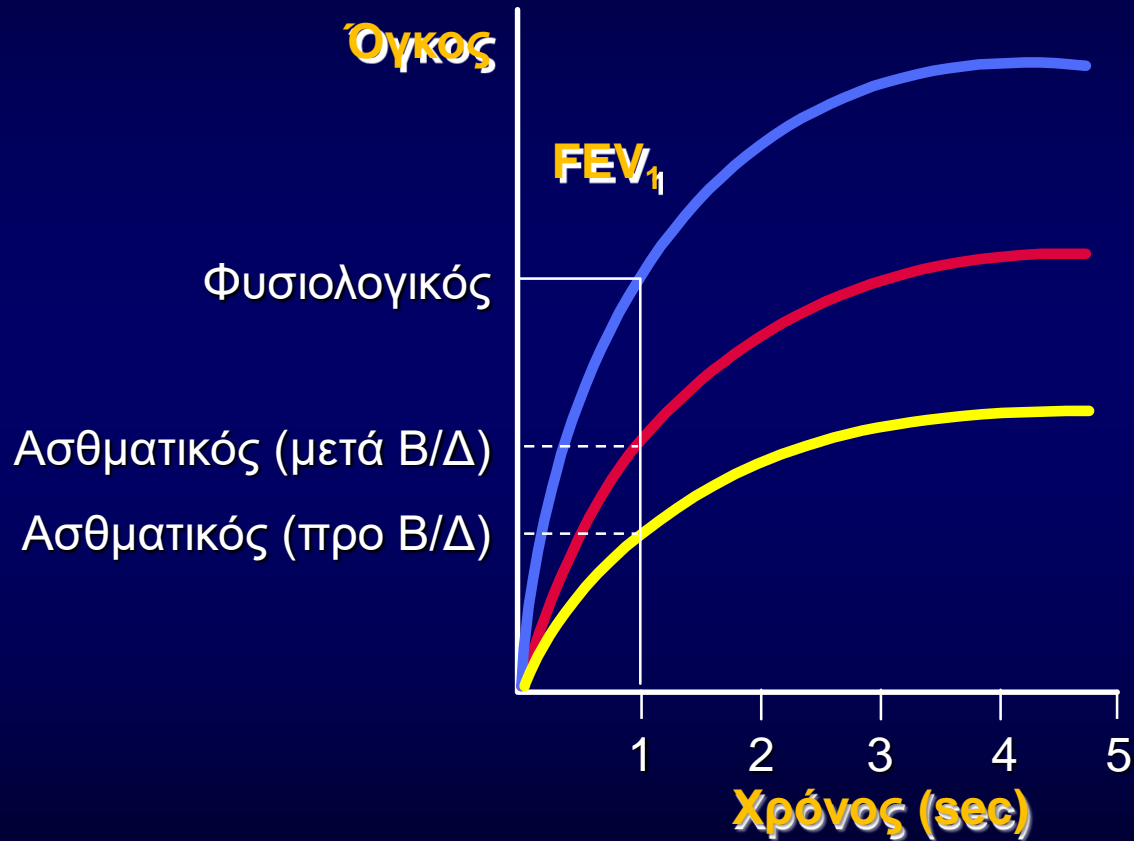


ΣΥΝΗΘΗ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

- ΧΑΠ
- Άσθμα
- Κυστική Ίνωση
- Βρογχεκτασίες



ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ



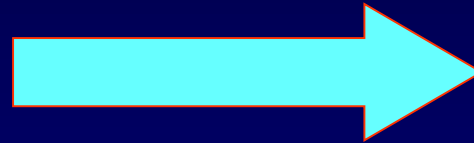
Σημείωση: Η κάθε καμπύλη αντιπροσωπεύει την καλύτερη από 3 διαδοχικές μετρήσεις

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

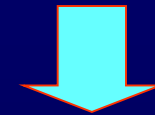


Βασική Τιμή FEV₁
(<80% προβλ.)

Εισπνοή 400 μg
σαλβουταμόλης
(4 puffs)



Αύξηση FEV₁
>12%
και
>200 mL



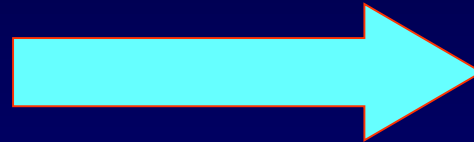
Σημαντική
αναστρεψιμότητα

ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΒΡΟΓΧΟΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

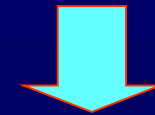


Βασική Τιμή FEV₁
(<80% προβλ.)

Εισπνοή 400 μg
σαλβουταμόλης
(4 puffs)



Αύξηση FEV₁
>12%
και
>200 mL



Σημαντική
αναστρεψιμότητα

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

POOMETPO (PEAK FLOW METER)





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

**Ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή σας....**

