

Σπυρομετρία στην προσχολική ηλικία

Μ. Ανθρακόπουλος

Παιδιατρική Κλινική Πανεπιστημίου Πατρών

Σημαντικές ιδιαιτερότητες της προσχολικής ηλικίας (2-6 έτη)

- Ωριμότητα νηπίου (↓ προσοχή, εύκολη κόπωση)
- Ιστορικό νόσου (νοσηλείες κλπ)
- Προσωπικότητα εκείνου που επιλαμβάνεται της δοκιμασίας (αγάπη για τα παιδιά, υπομονή, αντοχή, προσαρμοστικότητα, αίσθηση χιούμορ, προσοχή στις λεπτομέρειες, γνώση της μεθόδου και της φυσιολογίας)
- Διαθέσιμος χρόνος και χώρος / άνετο περιβάλλον
- Απασχόληση του παιδιού μεταξύ δοκιμασιών
- Ενσωμάτωση παιχνιδιών-κινήτρων στο λογισμικό των δοκιμασιών

Τεχνικές εκτίμησης πνευμονικής λειτουργίας στην προσχολική ηλικία

- Δυναμικοί όγκοι (FEV_1 , $FEV_{0.75}$, $FEV_{0.5}$)
- Πληθυσμογραφική αντίσταση ($R_{pleth} \rightarrow sR_{aw}$)
- Τεχνική «διακοπής» της αναπνοής ($R_{rs} \rightarrow R_{int}$)
- Ταλαντωσιμετρία (FOT, IOS $\rightarrow Z_{rs}$, R_{rs} , X_{rs})
- Μετρήσεις ήρεμης αναπνοής (Tidal Breathing)
- Μέτρηση όγκων με διάχυση (FRC)
- Έκπλυση αδρανούς αερίου πολλαπλών αναπνοών
- Δοκιμασία βρογχοδιαστολής (BD tests)
- Δοκιμασίες πρόκλησης (BC tests)

Τεχνικές εκτίμησης πνευμονικής λειτουργίας στην προσχολική ηλικία

- Δυναμικοί όγκοι (FEV_1 , $FEV_{0.75}$, $FEV_{0.5}$)
- Πληθυσμογραφική αντίσταση ($R_{pleth} \rightarrow sR_{aw}$)
- Τεχνική «διακοπής» της αναπνοής ($R_{rs} \rightarrow R_{int}$)
- Ταλαντωσιμετρία (FOT, IOS $\rightarrow Z_{rs}$, R_{rs} , X_{rs})
- Μετρήσεις ήρεμης αναπνοής (Tidal Breathing)
- Μέτρηση όγκων με διάχυση (FRC)
- Έκπλυση αδρανούς αερίου πολλαπλών αναπνοών
- Δοκιμασία βρογχοδιαστολής (BD tests)
- Δοκιμασίες πρόκλησης (BC tests)

Δυναμικοί όγκοι

«Κίνητρα» για σπιρομετρία σε **παιδιά 2-5** ετών

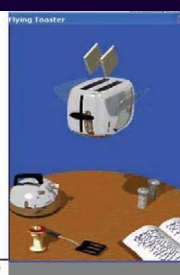
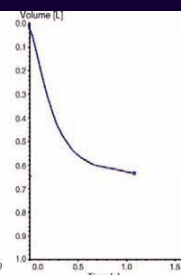
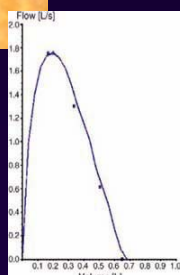


Δυνατή και γρήγορη
εκπνοή



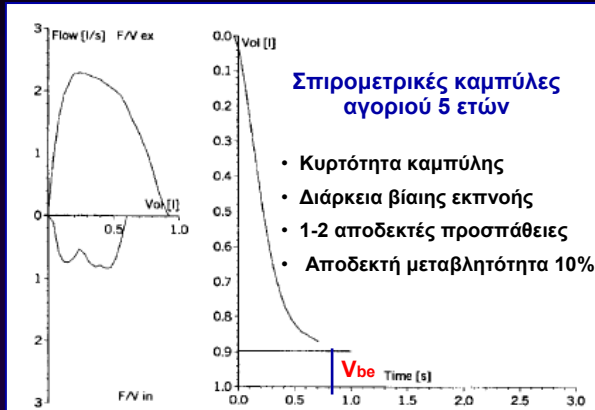
Επίτευξη διάρκειας εκπνοής

Αποδεκτή σπιρομετρική καμπύλη με
χρήση λογισμικού με «κίνητρα»



Vilonzi D, Chest 2005

Σπυρομετρία σε παιδιά 2-5 ετών



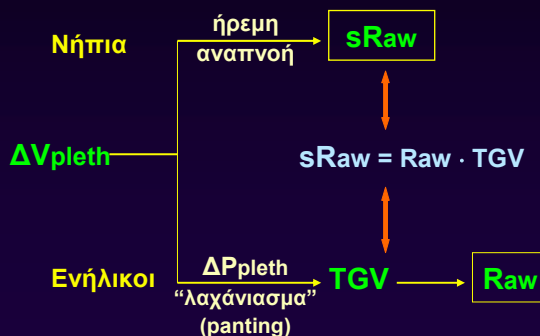
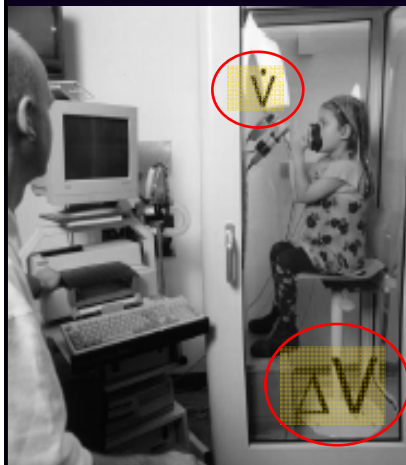
- $n = 79$ (171)
- $FEV_{0.5} \rightarrow 75\%$ (93%)
- $FEV_1 \rightarrow 58\%$ (85%)
- Επαναληψιμότητα 90%
- $V_{be} \leq 80$ (75) ml
- $V_{be}/FVC \leq 12.5\%$
- $\Delta FVC, \Delta FEV_t \leq 100$ (110) ml ή 10%

Zapletal A, *Pediatr Pulmonol* 2003

Aurora P, *AJRCCM* 2004 και Nève V, *Pediatr Pulmonol* 2006

Πληθυσμογραφική αντίσταση (*Rpleth, sRaw*)

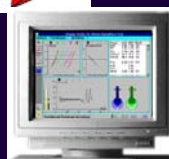
Μέτρηση αντίστασης αεραγωγών με **πληθυσμογραφία (Raw)**



Μέτρηση αντίστασης αεραγωγών με **πληθυσμογραφία (sRaw)**



Δυνατότητα μέτρησης της P_{alv}



$$C_g = \frac{\Delta V_{pleth}}{P_{alv} - P_{ao}} \text{ και}$$

$$C_g = \frac{TGV}{P_{bar}} \text{ και}$$

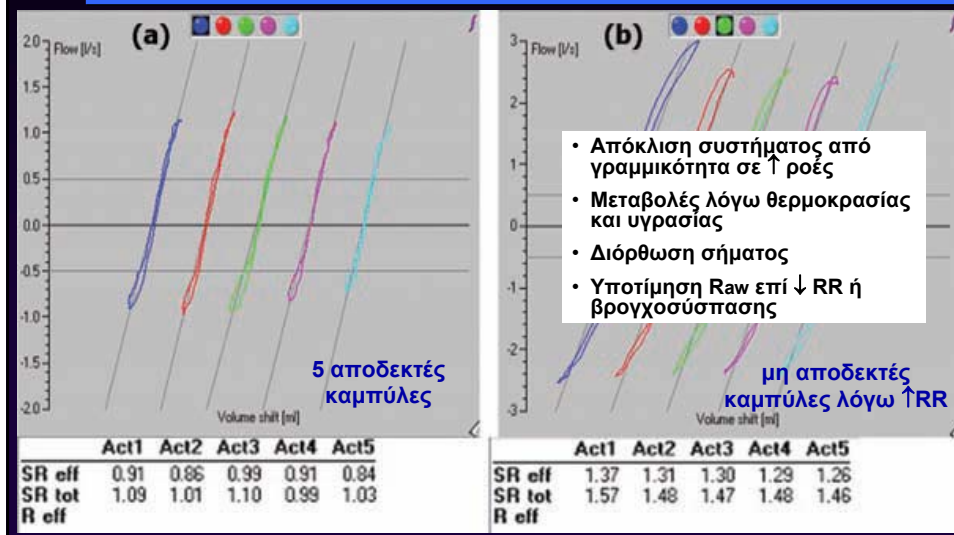
$$R_{aw} = \frac{P_{alv} - P_{ao}}{V'}$$



$$\underbrace{R_{aw} \cdot TGV}_{sRaw} = P_{bar} \cdot \frac{\Delta V_{pleth}}{V'}$$

Μέτρηση αντίστασης αεραγωγών με **sRaw**

(συνέχεια)



Κλινικές εφαρμογές **sRaw**

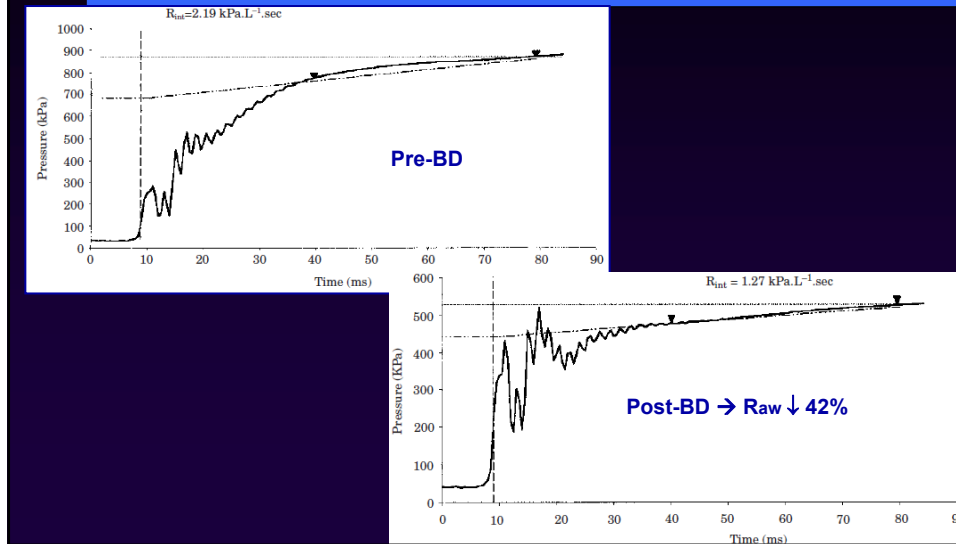
- Αποδοχή 17-93% (CV ≤11%)
- Απαιτεί χώρο, ακριβό εξοπλισμό και την αποδοχή του νηπίου να μπει στον πληθυσμογράφο (ίσως με συνοδό)
- Απαιτεί αναπνευστική συχνότητα 30-45 αναπνοές / min
- Δοκιμασία βρογχοδιαστολής: ΔRaw 25% (Se 66%, Sp 81%) → ↑ Se σε σχέση με Rint και παρόμοια με Rrs FOT (πρώιμη προσβολή σε KI)
- Δοκιμασία πρόκλησης: υψηλότερη ευαισθησία από Rint
 - Se 68%, Sp 93%, ίσως υποτιμά τη βρογχοσύσπαση

Τεχνική διακοπής της ροής (*Rint*)

Μέτρηση αντίστασης αεραγωγών με *Rint* (*Rrs, int*)



Rint προ και μετά βρογχοδιαστολή



Κλινικές εφαρμογές **Rint**

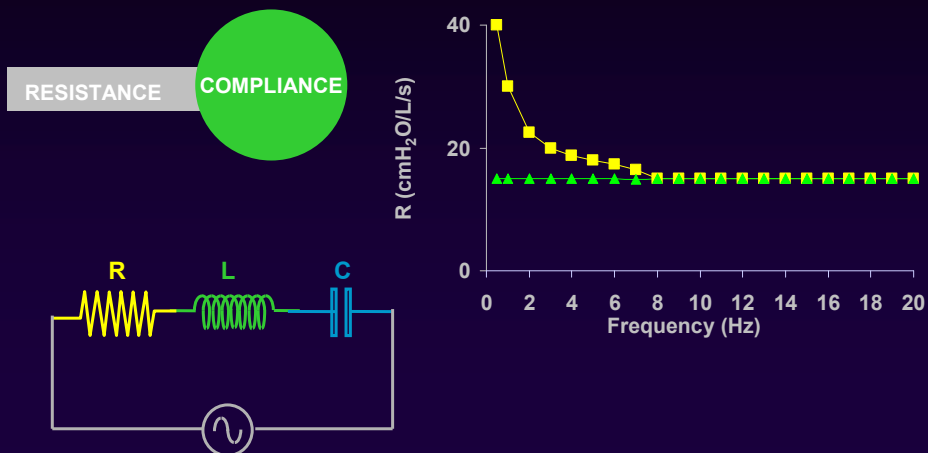
- Πρόσφατη δημοσίευση τιμών αναφοράς
(Merkus PJ, ERJ – Erub 2009)
- **Δοκιμασία βρογχοδιαστολής:** ΔR_{int} 35% → Sp 92% και Se 24% για διάγνωση άσθματος (20% μεταβλητότητα μεταξύ κοντινών προσπαθειών) ή 0.21 kPa · L⁻¹ ή σχέση pre/post 1.22
- **Δοκιμασία πρόκλησης:** ↓ Se από Rpleth και PtcO₂ (μπορεί να υποτιμά τη βρογχοσύσπωση)
- Είναι δύσκολη τεχνικά μετά από άσκηση
- R_{int} σε συριγμό > R_{int} βήχα > R_{int} nl / CVA / ICS
(McKenzie SA, ERJ 2000 & 2001, AJRCCM 2002)

Ταλαντωσιμετρία (FOT, IOS)

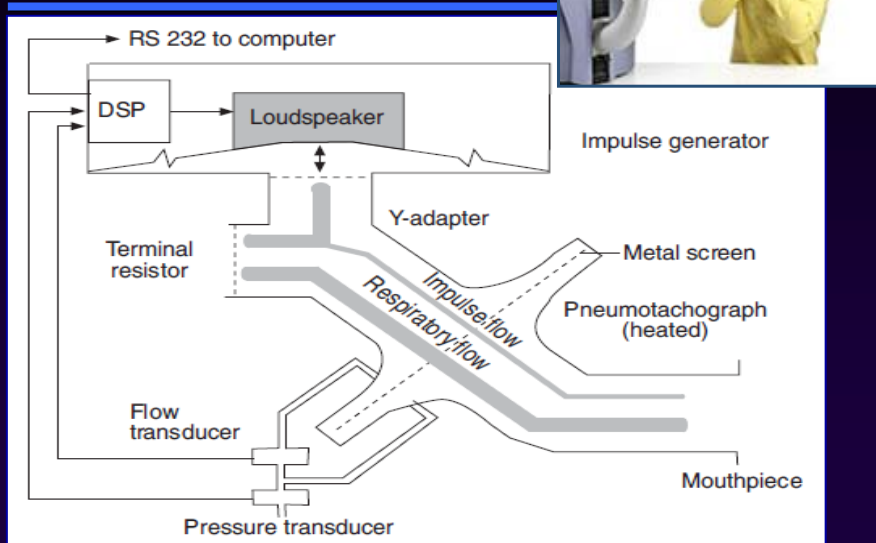
Προς τι η μελέτη της μηχανικής των ιστών;

- Οι πνευμονικοί ιστοί βρίσκονται **περιφερικά** και είναι λιγότερο προσβάσιμοι από τους αεραγωγούς
- Οι **διαταραχές** του πνεύμονα μπορεί να αφορούν στους αεραγωγούς και / ή στο παρέγχυμα και μπορεί να καθορίσουν τη **μελλοντική συμπεριφορά** του συστήματος
- Οι **συμβατικές δοκιμασίες** πνευμονικής λειτουργίας αντανακλούν κυρίως τη συμπεριφορά των αεραγωγών

Το αναπνευστικό δεν αποτελεί γραμμικό (*linear*) σύστημα



Το ταλαντωσίμετρο



Η μαθηματική αποτύπωση

Εμπέδηση ή Σύνθετη αντίσταση
(Impedance, complex numbers)

Αντίσταση ή Πραγματική αντίσταση
(Resistance, real numbers)
Εκφράζει τις R_{aw} και R_{tis}

$$Z_{rs} = R_{rs} + j \cdot X_{rs}$$

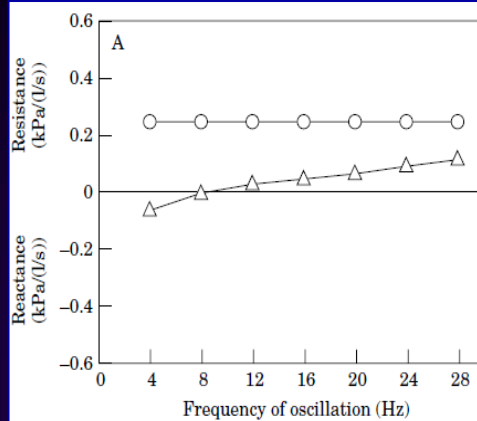
Φανταστικός αριθμός ($\sqrt{-1}$)
(εκφράζει τη διαφορά φάσης στις σχέσεις
όγκου, ροής και επιτάχυνσης)

Επαγωγίμη αντίσταση
(Reactance, imaginary numbers)
Αποτελείται από την ελαστικότητα των
ιστών (Elastance = $1/C$) και τον
συντελεστή αδράνειας (Inertance) στην
επιτάχυνση των ροών στους
αεραγωγούς

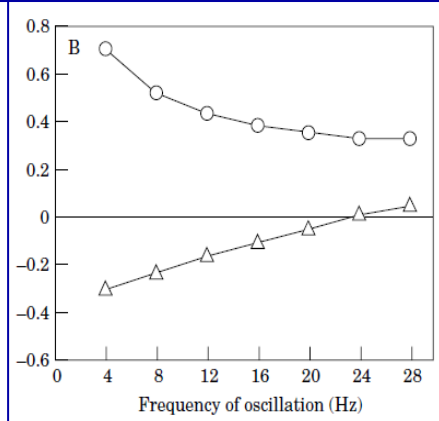
Η (πραγματική) αντίσταση (R_{rs})

- Μετρείται σε συχνότητες **5-30 (4-48) Hz** και η συμβολή της R_{tis} είναι αμελητέα
- Στους **υγιείς** ενήλικους η R_{rs} είναι πρακτικά ανεξάρτητη από τη συχνότητα της ταλάντωσης
- **Επί απόφραξης** η εξάρτηση (ή μη) από τη συχνότητα σηματοδοτεί το επίπεδο της απόφραξης
 - απόφραξη κεντρικών αεραγωγών → ομοιόμορφα $\uparrow R_{rs}$
 - απόφραξη περιφερικών αεραγωγών → αρνητική εξάρτηση από τη συχνότητα
 - η εξάρτηση από τη συχνότητα → φυσιολογική στα μικρά παιδιά

Φυσιολογική και αποφρακτική καμπύλη



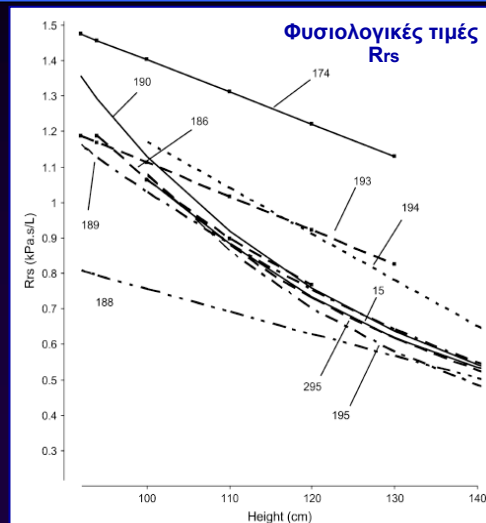
Φυσιολογική ταλαντωσιμετρία



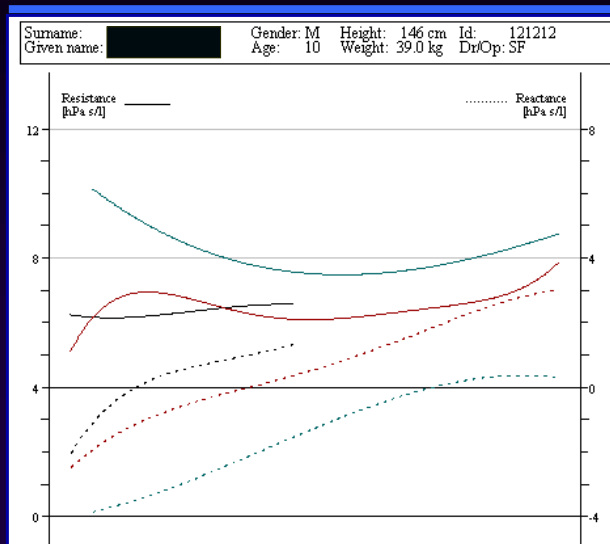
Περιφερική απόφραξη

Τιμές ταλαντωσιμετρίας

- Η μεταβλητότητα των Z_{rs} και R_{rs} υπολογίζεται με τον CV ($\leq 10\%$)
- Η μεταβλητότητα της X_{rs} είναι μεγαλύτερη και υπολογίζεται με το εύρος (range) τιμών
- Η $R_{rs} \downarrow$ με την \uparrow του Ht
- Δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ φύλων



Απάντηση ασθματικού παιδιού στη βρογχοδιαστολή

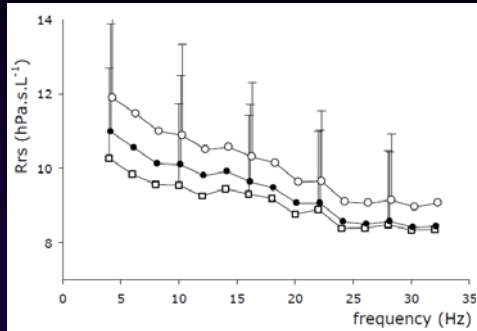


Κλινικές εφαρμογές **FOT**

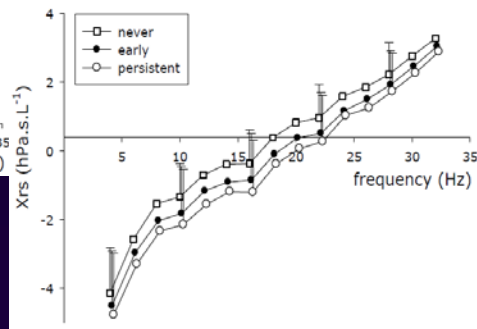
- Δεν υπάρχει συγχώνευση τιμών αναφοράς από πολλές μελέτες όπως σε Rint
- **Δοκιμασία βρογχοδιαστολής: $\Delta R_{rs \text{ FOT } 5 \text{ Hz}} \geq 40\%$**
 - Sp 80% και Se 76% για διάγνωση άσθματος
- **Δοκιμασία πρόκλησης: $\Delta R_{rs \text{ FOT } 5 \text{ Hz}} > 35-40\%$** ως προς τη μέση προβλεπόμενη τιμή για (+) δοκιμασία
 - **Se:** sRaw, Xrs > PtcO₂, FEV₁, Rrs (Rint, Rrs FOT)
- Παθολογικές τιμές σε νήπια με **άσθμα, κυστική ίνωση, χρόνια αναπνευστική νόσο της προωρότητας και βρογχολίτιδα**

Beydon N et al, ATS/ERS Consensus Statement AJRCCM 2007

Φαινότυποι άσματος και **FOT**



n = 325 νήπια 4 ετών



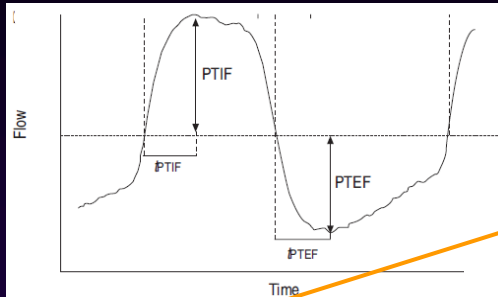
3 ομάδες νηπίων

- ποτέ συριγμός
- πρώιμος (παροδικός) συριγμός
- επίμονος συριγμός

Oovensteen E, ERJ 2010 [Epub]

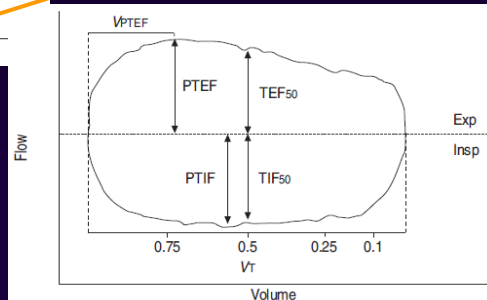
Ήρεμη αναπνοή
(**Tidal breathing**)

Μετρήσεις ήρεμης αναπνοής



↓ t_{PTEF} και V_{PTEF} επί απόφραξης

Ίσως, ο αποφρακτικός ασθενής να «αντιλαμβάνεται» ότι δε χρειάζεται η πύεση που παρέχεται από τη δραστηριότητα των εισπνευστικών μυών στην αρχή της εκπνοής και να τη διακόπτει νωρίτερα



Κλινικές εφαρμογές

- Εμπειρία κυρίως σε **βρέφη**
- **Χαμηλή ευαισθησία** στην εκτίμηση της απόφραξης
- **↑ μεταβλητότητα** και **επικάλυψη** φυσιολογικών και παθολογικών τιμών
- **↓ t_{PTEF}/t_E και V_{PTEF}/V_E** χαρακτηρίζουν βρέφη με διαλείποντα **συριγμό** και είναι **προγνωστικά** μελλοντικού συριγμού
- Φτωχή συσχέτιση με R_{aw} , $sGaw$ και R_L , όμως καλύτερη με **δείκτες δυναμικών όγκων** (V'_{maxFRC} , FEV_1 , FEF_{50})
- Αμφιλεγόμενη χρησιμότητα σε δοκιμασίες πρόκλησης
- Βελτίωση βρεφών με **οξεία βρογχιολίτιδα** μετά από χορήγηση εισπνεόμενης αδρεναλίνης

Ηλικία και δυνατότητα εφαρμογής των διαφόρων τεχνικών

Δοκιμασία	2-3 έτη	3-6 έτη
Δυναμικοί όγκοι	–	✓
PEF	–	(✓)
sRaw (πληθυσμογραφία)	✓	✓
R _{int}	(✓)	✓
FOT	(✓)	✓
Ήρεμη αναπνοή	✓	✓
Έκπλυση αδρανούς αερίου πολλαπλών αναπνοών	(✓)	✓
FRC (ήλιο)	(✓)	✓