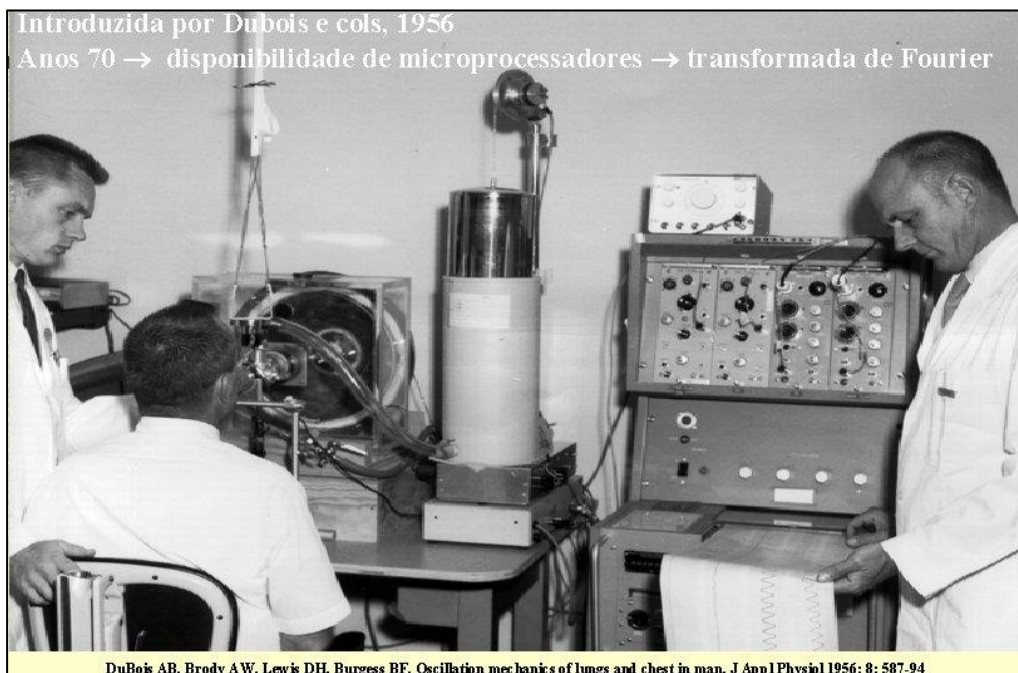


Oscilometrie v roce 2022 – je něco nového?



Stanislava Kacrová

Plicní ambulance Uherské Hradiště
Plicní oddělení Nemocnice T. Bati Zlín

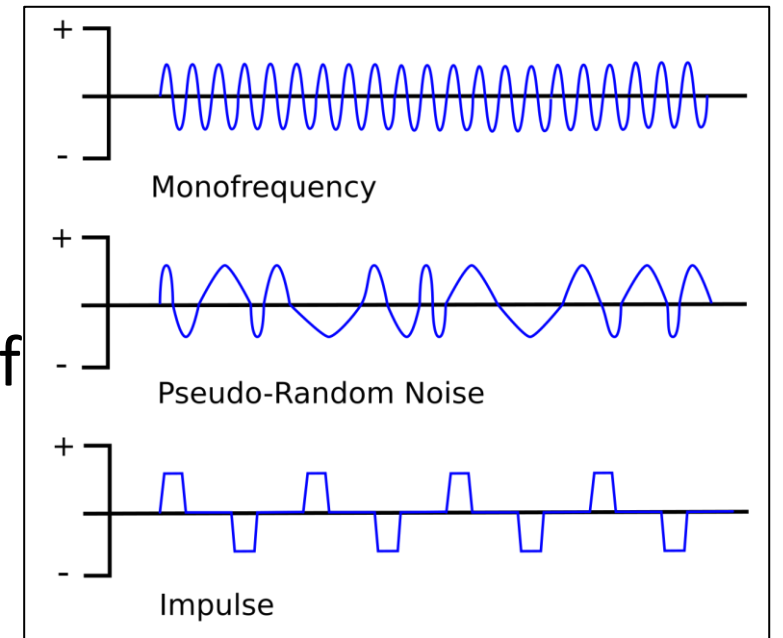


Něco z historie

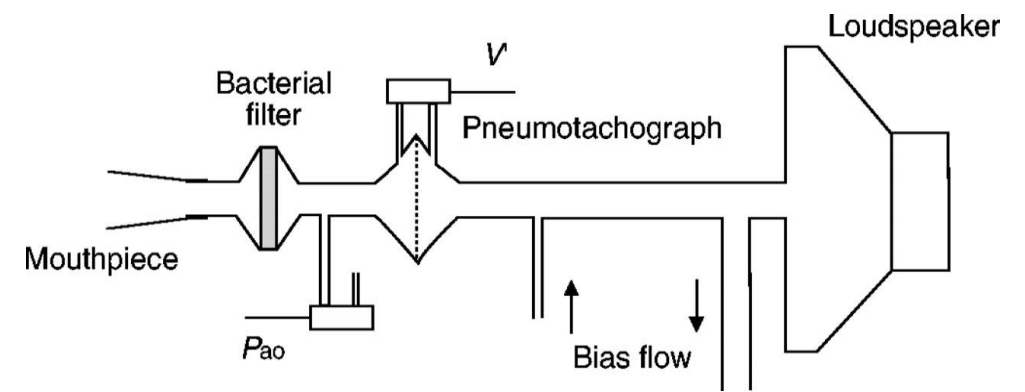
- A.DuBois 1956 1.použití v medicíně

Postupně úpravy konfigurace, typu oscilace, použité f parametrů

- **Monofrekvenční** metody – použití jedné frekvence signálu a časového posunu
- **Multifrekvenční** metody- použití směsi frekvencí elektr.generovaných
 - **Náhodný** zvukový signál- směs frekvencí mezi horním a dolním limitem
 - **Pseudonáhodný** zvukový signál- zvukové vlny o stejné amplitudě všech frekvencí v náhodně určeném rozsahu
- **Impulzní oscilometrie** 1981(Müller Vogel)- pravoúhlý elektrický impulz obsahující všechny frekvence



Něco z teorie (IOS)



Impulzní generátor → zvukové vlny = tlakové impulzy (5-20Hz) k pacientovi klidovému dýchání

- Posun s deformace impulzů v hrudníku a plicích
- Měření změny průtoku a změny tlaku v pneumotachografu

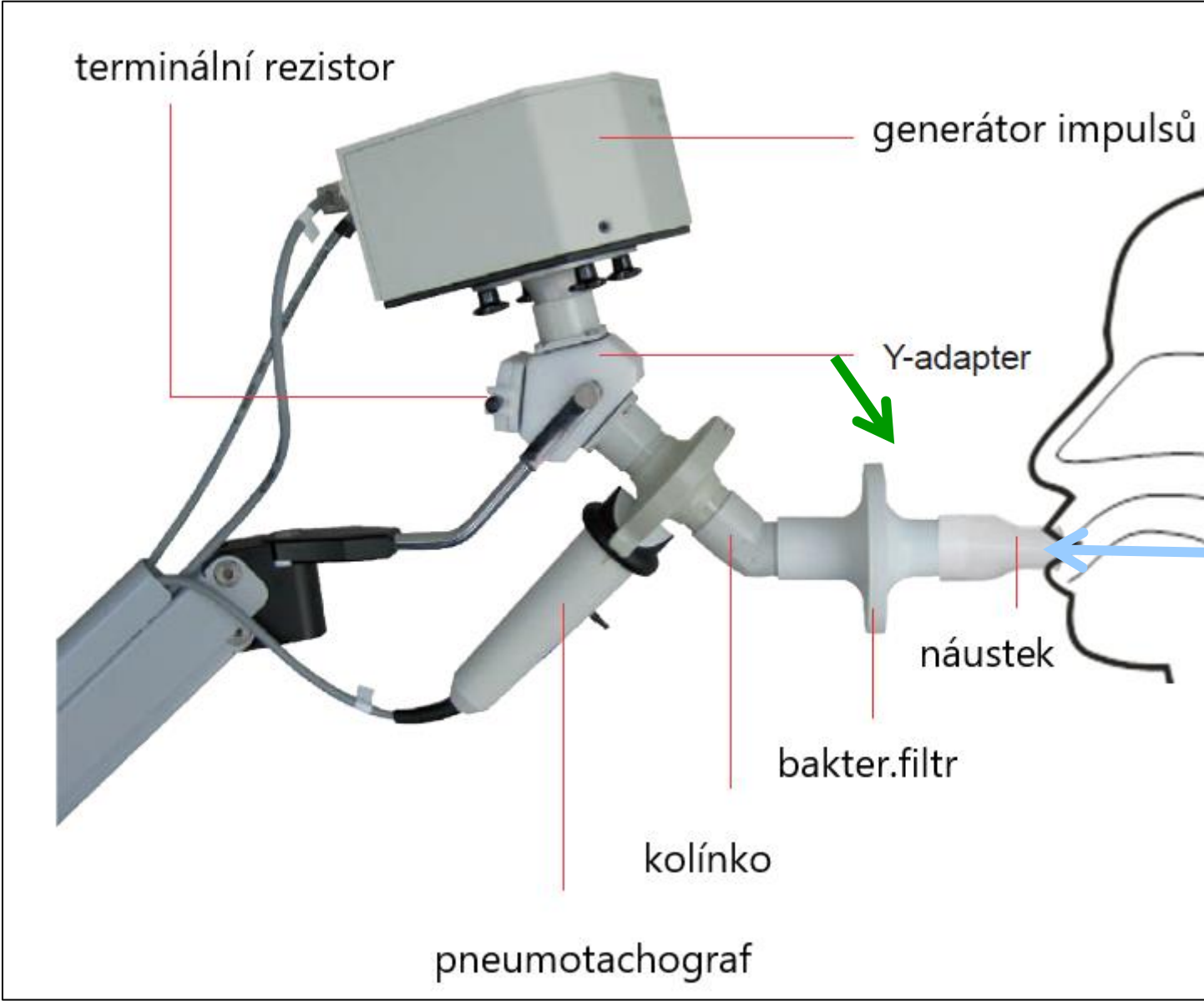
Respirační impedance Z_{rs} = $\frac{P}{V'} = R_{rs} + j \cdot X_{rs}$

R_{rs} - rezistence dých.systému- ekvivalent odporu proudění v DC, odpovídá kalibru DC. Užší a delší dých.cesty mají vyšší odpory v důsledku větší tlakové ztráty třením proudícího vzduchu

X_{rs} - reaktance

- **Elastance E_{rs}** - míra tuhosti celého systému (hrudní stěna-plíce a dých.cesty), zahrnuje stlačitelnost plynu v DC a alveolech (recipročně compliance)
- **Inertance I_{rs}** - odráží tlakové ztráty způsobené zrychlením vzduchového sloupce.

Excitační signál
Frekvence
..5 – 20.. Hz
Multifrekvenční
spektrum

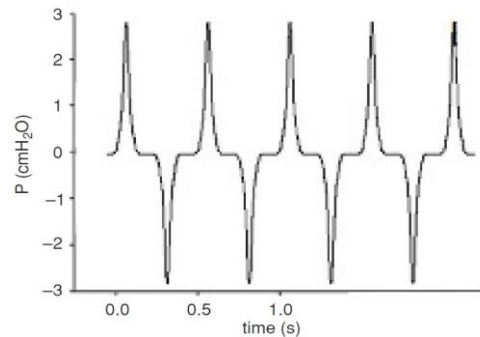


Klidové dýchání
0.25 – 0.35 Hz
Jednoduché
frekvence

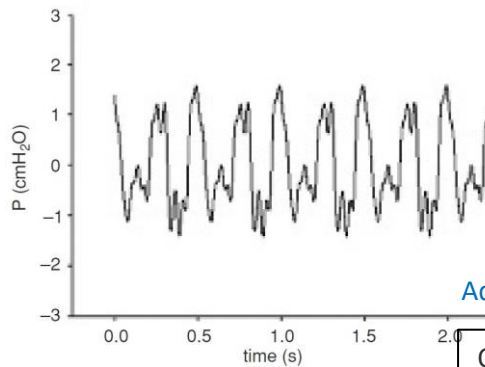
Oscillometry – misconceptions

“The impulse oscillometry system (IOS) is different from the forced oscillation technique (FOT).”

Impulse



Pseudorandom Signal



Adapted from Bates 2011

In fact:

IOS is a subclass of the FOT. Its historical driving signal is a train of impulses rather than a designed mixture of sinusoids (pseudorandom signal) employed typically in most of oscillometry devices.

Comparison between Impulse oscillometry and Resmon Pro and the use of inspiratory parameters

Linnea Jarenbäck, Jaro Ankerst, Ulf Nihlén, Ellen Tufvesson, Leif Bjermer, Respiratory medicine and allergology, Lund University, Lund, Sweden

1. Aim

To validate the Resmon Pro system against IOS by Jaeger, and to define the uses of inspiratory and expiratory measurements in obstructive diseases.

2. Material and Methods

- 46 subjects (9 allergic rhinitis, 17 healthy, 9 COPD, 11 asthma)
- Performed FOT and IOS
- Data analyzed based on
 - 1) correlation between methods,
 - 2) ability to detect changes in resistance/reactance and
 - 3) confidence interval and the spread of measurements to evaluate inspiratory and expiratory parameters

3. Background and purpose

- JAEGER IOS has been used for a long time at our clinic.
- A new machine, Resmon Pro, is supposed to have advantages:
 - Separating inspiratory and expiratory resistance and reactance
 - Using uneven wavelength as 11 and 19 instead of 20 to avoid back resonance.
 - Every breath is calculated as a single measurement
 - The machine checks every breath and removes inaccurate breaths
 - Resmon Pro can be combined with spirometry and FENO machines in a simple, cheap fashion

3.1 Impulse Oscillometry System IOS

- 30-40 seconds of stable breathing. Repeated 3 times.
- Periodic repetitive pulses of pressure at the mouth.
- Generating oscillations in the flow with frequencies between 5-35Hz.
- Measure the impedance of the airways.
 - Resistance at low frequencies penetrate the airways deepest and reflects the total airways (R5) while the higher frequencies reflects the central airways (R20).
 - By subtracting the central resistance from the total resistance (R5-R20) the peripheral resistance (R5-R20) can be estimated.
 - Reactance (elastic properties; X5)



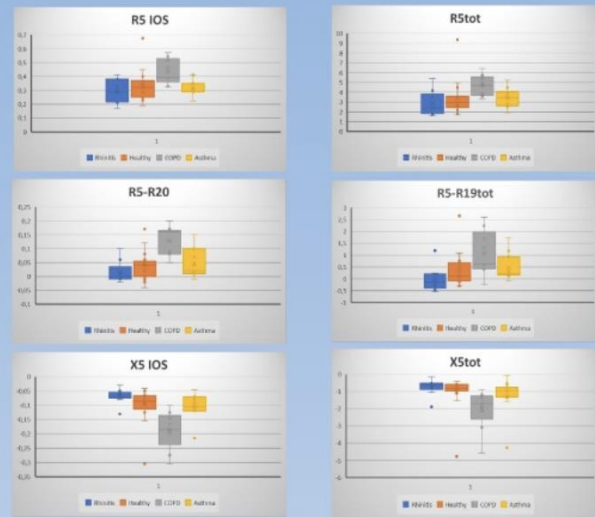
3.2 Forced Oscillation technique FOT

- 10 valid breaths (automatic exclusion of inaccurate breaths)
- Pulses of pressure at the mouth.
- Generating oscillations in the flow with frequencies of 5, 11, 19 Hz
- Measures same parameters as IOS.
 - Total resistance (R5)
 - Central resistance (R19)
 - Peripheral resistance (R5-R19)
 - Reactance (elastic properties; X5)



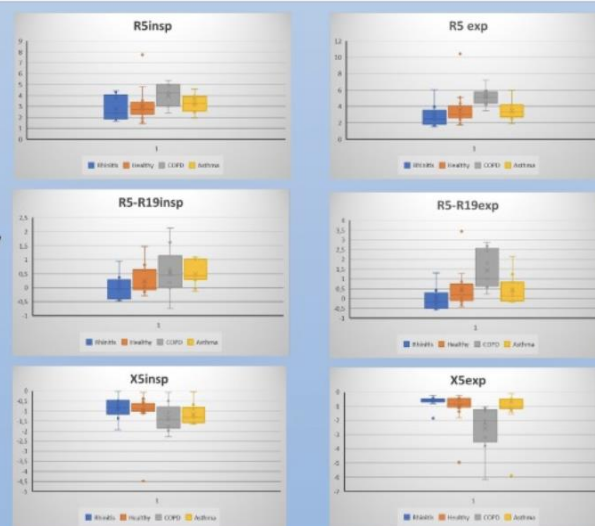
4.2 Detect pathological changes

- R5 elevated in COPD, detected by both methods.
- Asthma showed normal values
- R5-R20 elevated in COPD, detected by both methods.
- Slightly more defined increase with less variation using IOS.
- Asthma slightly elevated.
- X5 more negative in COPD, detected by both methods.
- Slightly less variation using FOT method.
- Asthma showed normal values.

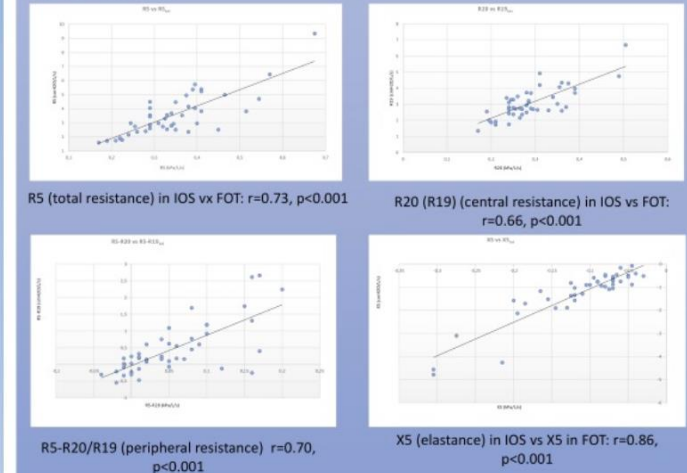


4.1 Inspiratory and expiratory parameters

- Inspiratory total resistance (R5insp) could not detect the increases in COPD as well as the expiratory resistance could.
- R5insp showed a slightly less variation within each group
- Expiratory peripheral resistance was largely increased in COPD compared to other groups. This increase was not detected by the inspiratory peripheral resistance.
- Variations in each group was similar in both inspiratory and expiratory portion of the breath.
- Inspiratory reactance (elastance) showed significantly less variation within each group, compared to expiratory portion.
- Only expiratory reactance showed a more negative value in COPD patients.



4.3 Correlations



5. Conclusion

Both systems showed similar results, but with different abilities to detect airway obstruction. Although less variation, the use of inspiratory resistance and reactance needs to be further investigated.

Acknowledgment

We would like to thank our students for helping us performing this validation. Also, we would like to thank the nurses at our clinic for their valuable help.



Linnea Jarenbäck, linnea.jarenback@med.lu.se
+46 (0)46 17 52 77



LUND UNIVERSITY
Faculty of Medicine



OPEN

Comparison of Forced and Impulse Oscillometry Measurements: A Clinical Population and Printed Airway Model Study

Marcia Soares¹, Matthew Richardson¹, James Thorpe², John Owers-Bradley² & Salman Siddiqui¹

The use of commercialised forced oscillation (FOT) devices to assess impedance in obstructive diseases such as asthma has gained popularity. However, it has yet to be fully established whether resistance and reactance measurements are comparable across different FOT devices, particularly in disease. We compared two commercially available FOT devices: Impulse Oscillometry (IOS) and TremoFlo FOT (Thorasys) in a) clinical adult population of healthy controls (n = 14), asymptomatic smokers (n = 17) and individuals with asthma (n = 73) and b) a 3D printed CT-derived airway tree model resistance, as well as a 3 L standardised volume reactance. Bland-Altman Plots and linear regressions were used to evaluate bias between the devices. Resistance measurements at both 5 and 20 Hz were numerically higher with IOS compared to FOT, with evidence of small and statistically significant proportional systematic bias and a positive Bland-Altman regression slope at both 5 and 20 Hz. In contrast, the IOS device recorded reactances that were less negative at both 5 Hz and 20 Hz and significantly smaller reactance areas when compared to TremoFlo. Larger statistically significant proportional systematic biases were demonstrated with both reactance at 5 Hz and reactance area (AX) between the devices with a negative Bland-Altman regression slope. The printed airway resistance and standardised volume reactance confirmed the observations seen in patients. We have demonstrated that the impulse oscillation system and TremoFlo FOT demonstrate comparative bias, particularly when comparing airway reactance in patients. Our results highlight the need for further standardisation across FOT measurement devices, specifically using variable test loads for reactance standardisation.

Received: 1 March 2018

Accepted: 26 November 2018

Published online: 14 February 2019

Rozšíření oscilometrických metod ve výzkumném používání i klinické praxi v posledních letech



Potřeba **aktualizace norem** pracovní skupinou (ATS)/ERS

- Technická doporučení- hardware, software, technické protokoly, kontroly kvality
 - Klinická doporučení




Cíl

- Zpřesnit oscilometrická měření
- zprůhlednit testovací protokoly a porovnat různé technické metodiky- standardizace a porovnávání měření, klinických studií...



CrossMark

Technical standards for respiratory oscillometry

Gregory G. King¹, Jason Bates², Kenneth I. Berger³, Peter Calverley⁴, Pedro L. de Melo ⁵, Raffaele L. Dellacà ⁶, Ramon Farré^{7,8}, Graham L. Hall⁹, Iulia Ioan ^{10,11}, Charles G. Irvin², David W. Kaczka ¹², David A. Kaminsky², Hajime Kurosawa¹³, Enrico Lombardi¹⁴, Geoffrey N. Maksym ¹⁵, François Marchal^{10,11}, Beno W. Oppenheimer³, Shannon J. Simpson⁹, Cindy Thamrin ¹, Maarten van den Berge¹⁶ and Ellie Oostveen¹⁷

ERS TASK FORCE

The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments

E. Oostveen*, D. MacLeod[#], H. Lorino[†], R. Farré[‡], Z. Hantos[§],
on behalf of the ERS Task Force on Respiratory Impedance Measurements

The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. E. Oostveen, D. MacLeod, H. Lorino, R. Farré, Z. Hantos, K. Desager, F. Marchal, on behalf of the ERS Task Force on Respiratory Impedance Measurements. ©ERS Journals Ltd 2003.

ABSTRACT: The forced oscillation technique (FOT) is a noninvasive method with which to measure respiratory mechanics. FOT employs small-amplitude pressure oscillations superimposed on the normal breathing and therefore has the advantage over conventional lung function techniques that it does not require the performance of respiratory manoeuvres.

The present European Respiratory Society Task Force Report describes the basic principle of the technique and gives guidelines for the application and interpretation of FOT as a routine lung function test in the clinical setting, for both adult and paediatric populations.

FOT data, especially those measured at the lower frequencies, are sensitive to airway obstruction, but do not discriminate between obstructive and restrictive lung disorders. There is no consensus regarding the sensitivity of FOT for bronchodilation testing in adults. Values of respiratory resistance have proved sensitive to bronchodilation in children, although the reported cutoff levels remain to be confirmed in future studies.

Forced oscillation technique is a reliable method in the assessment of bronchial hyper-responsiveness in adults and children. Moreover, in contrast with spirometry where a deep inspiration is needed, forced oscillation technique does not modify the airway smooth muscle tone. Forced oscillation technique has been shown to be as sensitive as spirometry in detecting impairments of lung function due to smoking or exposure to occupational hazards. Together with the minimal requirement for the subject's cooperation, this makes forced oscillation technique an ideal lung function test for epidemiological and field studies. Novel applications of forced oscillation technique in the clinical setting include the monitoring of respiratory mechanics during mechanical ventilation and sleep.

Eur Respir J 2003; 22: 1026–1041.



@ERSpublications

With increasing clinical and research use of oscillometric measurements of respiratory system resistance and reactance, an update to the 2003 technical standards has been developed by an ERS task force of international experts <http://bit.ly/2XBJ7PF>

Cite this article as: King GG, Bates J, Berger KI, *et al.* Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur Respir J* 2020; 55: 1900753 [<https://doi.org/10.1183/13993003.00753-2019>].

ABSTRACT Oscillometry (also known as the forced oscillation technique) measures the mechanical properties of the respiratory system (upper and intrathoracic airways, lung tissue and chest wall) during quiet tidal breathing, by the application of an oscillating pressure signal (input or forcing signal), most commonly at the mouth. With increased clinical and research use, it is critical that all technical details of the hardware design, signal processing and analyses, and testing protocols are transparent and clearly reported to allow standardisation, comparison and replication of clinical and research studies. Because of this need, an update of the 2003 European Respiratory Society (ERS) technical standards document was produced by an ERS task force of experts who are active in clinical oscillometry research.

The aim of the task force was to provide technical recommendations regarding oscillometry measurement including hardware, software, testing protocols and quality control.

The main changes in this update, compared with the 2003 ERS task force document are 1) new quality control procedures which reflect use of “within-breath” analysis, and methods of handling artefacts; 2) recommendation to disclose signal processing, quality control, artefact handling and breathing protocols (*e.g.* number and duration of acquisitions) in reports and publications to allow comparability and replication between devices and laboratories; 3) a summary review of new data to support threshold values for bronchodilator and bronchial challenge tests; and 4) updated list of predicted impedance values in adults and children.

Main differences between current and previous standards

Main differences between current and previous European Respiratory Society technical standards for oscillometry [1]

New/updated technical recommendations and standards
The ideal forcing frequency when applied to spontaneous breathing is ≥ 4 Hz (changed from ≥ 2 Hz)
Not using coherence function for quality control and use of CoV $\leq 10\%$ in adults and $\leq 15\%$ in children
The data supporting the thresholds that define bronchodilator responsiveness by oscillometry have been updated (not defined in 2003). The recommended thresholds for both children and adults is -40% in R_{rs_5} , $+50\%$ in X_{rs_5} and -80% in AX. z-scores are recommended for future definition of a significant response
For manufacturers (commercial and non-commercial) to report device accuracy for measuring test loads
Test loads would ideally include inertive and elastic components
Report testing procedures and protocols, and quality control parameters in clinical laboratory reports and in research papers
Oscillometry should be performed before tests which require a deep breath, e.g. spirometry, exhaled nitric oxide, and after a standardised period during which deep breaths are withheld. The order of tests and period of withholding deep breaths should be reported
Modern analysis tools allow removal of entire breaths affected by artefact, so that an acquisition may remain technically acceptable, as long as there are at least three breaths remaining in that acquisition
Reference articles (supplementary table E1) have been updated. In adults, two out of six were retained and five newer reference papers were added. In children, two out of nine were retained and 10 newer reference papers for school-aged children and one for preschool-aged children were added
Threshold values for bronchial challenge testing, which would be device-specific, should be developed for local populations

Recommendations that were not included in the current document

Input peak pressure upper limit (still valid)

Use of 4–30 Hz frequency range to explore frequency dependence of Z_{rs} (still valid)

Clinical application in respiratory diseases and potential for differentiating disease from non-disease (not within the scope of the current task force)

CoV: coefficient of variability; R_{rs_5} : resistance of respiratory system at 5 Hz; X_{rs_5} : reactance of respiratory system at 5 Hz; AX: area of reactance; Z_{rs} : respiratory system impedance.

Změny v novém doporučení:

Nová technická doporučení a normy

Ideální aplikovaná frekvence ke spontánnímu dýchání je ≥ 4 Hz (změněno z ≥ 2 Hz).

Nepoužívání funkce koherence ale koeficientu variability pro kontrolu kvality, dospělí CoV 10%, děti CoV 15%

Odstranění dechů ovlivněných artefakty; technicky přijatelné 3 dechové cykly, pro dospělé 30s akvizice, pro děti < 12 let 16s.

Udávat přesnost měření přístroje výrobcem

Uvádět postupy a parametry kvality ve výstupných protokolech i ve výzkumných pracích

Provádění před testy vyžadujícími hluboký nádech - spirometrie, FeNO, difuze

Aktualizované prahové hodnoty pro BD odpověď - -40% pro R_{rs5} , + 50% pro X_{rs5} -80% pro A_x . Vhodné používat Z score.

Aktualizované referenční články, pro dospělé doporučeno 7 článků, u dětí 13

Měli by být vypracovány nové prahové hodnoty pro bronchoprovokační testy, specifické pro dané zařízení a místní populaci.

Doporučení, která nebyla zahrnuta v novém standardu, a zůstávají stále platná

Horní limit vstupního vrcholového tlaku

Použití frekvenčního rozsahu 4-30 Hz

Klinické využití u respiračních nemocí a potenciál pro dif.diagnostiku

Technická doporučení

Dynamická (klidné dýchání) a statická testovací zátěž (zahrnuje elastické a inertní vlastnosti)

Podrobnosti o zpracování signálů pro generování impedančních indexů by měli být dostupné od výrobců

Metody kontroly kvality by měly být publikovány výrobcí

Nepoužívání funkce koherence ale koeficientu variability pro kontrolu kvality, dospělí CoV 10%, děti CoV 15%

Kalibrace denně, doporučena tolerance odchylky $\leq 10\%$ nebo $\pm 0.1 \text{ hPa.s.l}^{-1}$. Biologické kontroly 1x týdně. Testovací zátěže by měly pokrývat rozsah $Z_{rs} \sim 15 \text{ hPa.s.l}^{-1}$ u dospělých a $\sim 40 \text{ hPa.s.l}^{-1}$ u dětí.

Klinické testování

Oscilometrické měření by mělo předcházet měřením vyžadujícím hluboký nádech
/FeNO, spiro, TLCO/

Zajištění dostatečného počtu dechových cyklů bez artefaktů, pro dospělé 30s akvizice se záznamem alespoň 3 dechů, pro děti < 12 let 16s. Variační koeficient mezi měřeními 10% pro dospělé, 15% pro děti.

Protokoly měření, délka a průběh měření by měly být uvedeny ve zprávě

Doporučené prahové hodnoty pro bronchodilatační testy jsou -40% pro R_{rs5} , $+50\%$ pro X_{rs5} -80% pro Ax. Z score

Referenční hodnoty pro bronchoprovokační testy by měly být posuzovány podle místní populace a typu zařízení

TABLE 4 Minimum instructions to be provided to subjects prior to oscillometry acquisition

Jak instruovat pacienta

Vysvětlit průběh měření, dobu trvání a počty měření, které budou pro zaznamenány

Popsat charakter vnímaných generovaných tlakovými oscilacemi, (bě „vibrace“ nebo „chvění“ v ústech a na hrudi)

Povzbudit k uvolnění a „dýchání jako obvykle“

Sledovat spirogram k dosažení pravidelného dýchání

Vysvětlit, že po počátečním zklidnění dýchání se spustí oscilace...

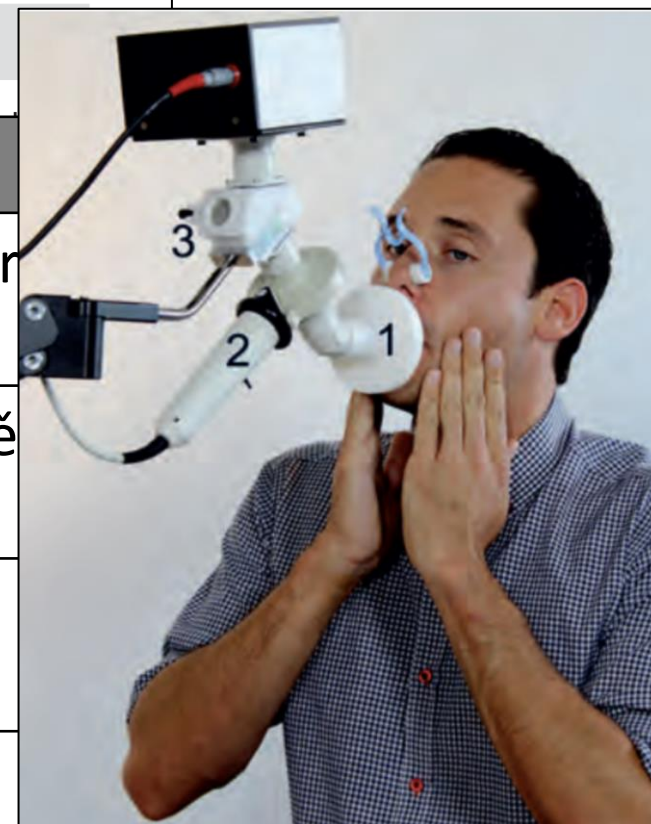
Vyšetřovaný je sedící, hlava vzpřímená, nosní klip..nohy volně...

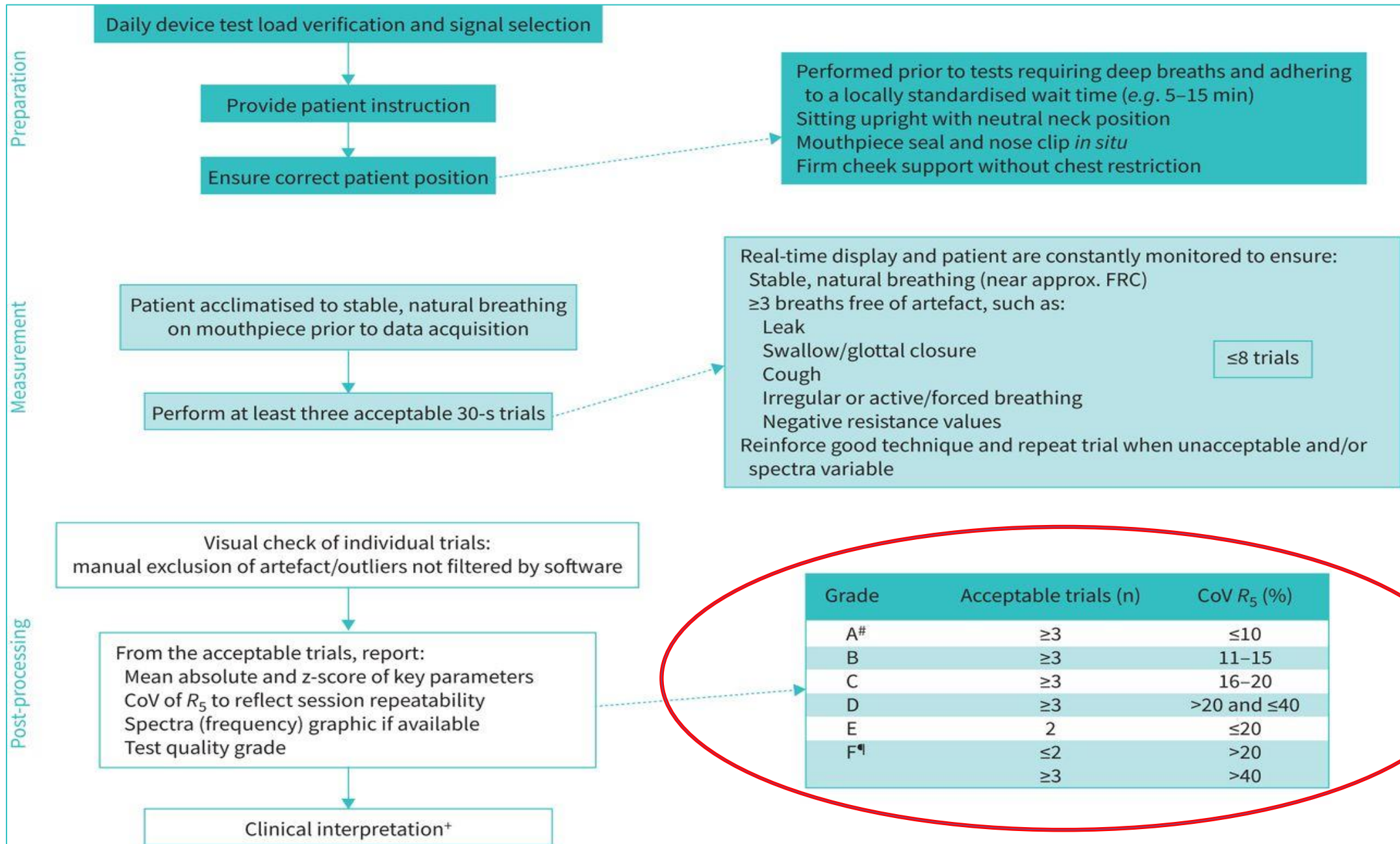
Zamezit polykání

Poučit- ukázat, jak zuby a rty svírají pevně náustek a zabránit tak únikům

Poučit, aby držel jazyk uvolněný a pod náustkem a neblokoval tím otvor

Instruovat - předvést nebo pomoci s podporou tváří pomocí dlaní a prstů (pomůžou rodiče..)





Referenční hodnoty

Table E1. Published reference values for Rrs and Zrs for children and adults.

Authors	year	n	ethnicity	age range (yrs)	setup
<i>Children</i>					
<i>preschool</i>					
Hellinckx [33]	1998	247	Cau	2-6	IOS
Malmberg [34]	2002	109	Cau	2-7	IOS
Shackleton [35]	2013	584	Mex	3-5	i2M
<i>school</i>					
Frei [36]	2005	222	Cau	2-10	IOS
Ducharme [37]	2005	197	Cau	3-17	Custovit
Dencker [38]	2006	360	Cau	2-11	IOS
Amra [39]	2008	509	Iranian	5-19	IOS
Vu [40]	2008	175	Viet	6-11	In-house
Nowowiejska [41]	2008	626	Cau	3-18	IOS
Hagiwara [42]	2013	537	Jpn	6-15	IOS
Calogero [43]	2013	760	Cau	2-13	i2M
Gochiocoa-Rangel [44]	2015	283	Mex	2-15	IOS
Kanokporn [45]	2017	233	Thai	3-7	i2M
AlBlooshi	2018	291	UAE	4-12	tremeFlo
<i>Adults</i>					
Landser [46]	1982	407	Cau	-	In-house
Pasker [47]	1996	140	Cau	21-81	In-house
Guo [48]	2005	223	Cau	65-100	Oscilink
Brown [49]	2007	904	Cau	18-92	In-house
Oostveen [50]	2013	368	Cau	18-84	multi*
Schulz [51]	2013	397	Cau	45-91	IOS
Ribeiro [52]	2018	288	Braz	20-86	In-house

Table 1 Summary of regression equations for impulse oscillometry (IOS) variables.

Regression equation	RSD
$Fr = 11.749 + 4.373 h^{-3} + 0.103 w$	3.829
$Zrs \text{ at } 5 \text{ Hz} = 0.282 + 0.801 h^{-3} + 0.004 w$	0.193
$Rrs \text{ at } 5 \text{ Hz} = 0.266 + 0.759 h^{-3} + 0.004 w$	0.188
$Rrs \text{ at } 10 \text{ Hz} = 0.187 + 0.751 h^{-3} + 0.003 w$	0.162
$Rrs \text{ at } 15 \text{ Hz} = 0.290 + 0.647 h^{-3}$	0.161
$Rrs \text{ at } 20 \text{ Hz} = 0.259 + 0.630 h^{-3}$	0.159
$Xrs \text{ at } 5 \text{ Hz} = -0.123 - 0.225 h^{-3}$	0.090
$Xrs \text{ at } 10 \text{ Hz} = 0.012 - 0.107 h^{-3} - 0.002 w$	0.067
$Xrs \text{ at } 15 \text{ Hz} = -0.049 - 0.077 h^{-3} - 0.001 w$	0.065
$Xrs \text{ at } 20 \text{ Hz} = 0.113 - 0.062 h^{-3} - 0.001 w$	0.056

Body height (h) in metres and body weight (w) in kilograms.

Dencker M, Malmberg LP, Valind S, et al. Reference values for respiratory system impedance by using impulse oscillometry in children aged 2–11 years. Clin Physiol Funct Imaging 2006

Table E2. Threshold va

Study
Helinckx 1998 [33]
Nielsen 2001 [53]
Malmberg 2002 [34]
Thamrin 2007 [54]
Oostveen 2010 [55]
Calogero 2013 [43]

Table E3. Threshold values for bronchodilator response derived from healthy adults.

Study	n*	Drug (dose)	Cut-off
Houghton 2004 (salbutamol 800µg) [56]	12	Salbutamol (800 µg)	Rrs5: -16%, Xrs5: +27%
Houghton 2005 (ipratropium) [57]	12	Ipratropium (200 µg)	Rrs5: -23%, Xrs5: +19%
Oostveen 2013 [50]	368	Salbutamol (400 µg)	Rrs5: -32%, Xrs: +44%, AX: -65%

* n: the number of healthy adults who received bronchodilator

Bronchodilator response is defined as ((post-pre)/pre)*100.

Clinical evaluation of test results

Contra indication

R5 Airways resistance - abnormal if $\geq 140\%$ of predicted

X5 Lung reactance - abnormal if $(\text{predicted} - X5) > 0,15 \text{ kPa}\cdot\text{s}\cdot\text{L}^{-1}$

Contra indication as soon as **R5 and/or X5** in abnormal range

Bronchi

Reversibi

Provocati

Small airw

Parameter	Normbereich	Bronchodilatation	Provokation
R5	< 140% Soll	Abfall $\geq 40\%$	$\geq 40\%$ (Lauftest) PD ₋₄₀ R5 (Methacholin)
X5	Differenz (Soll - X5) < 0,15 kPa·s·L ⁻¹		
Di5-20		-0,23 kPa·s·L ⁻¹ bzw. -0,65 Z-Score	
AX		-2,14 kPa·s·L ⁻¹ bzw. -1,4 Z-Score	
Fres			PD ₋₃₅ Fres (Methacholin)
FEV ₁	$\geq 80\%$ Soll bzw. $\geq -1,64$ Z-Score	$\geq 12\%$ & ≥ 200 ml	Abfall $\geq 10\%$ (Lauftest) PD ₋₂₀ FEV ₁ (Methacholin)

Závěrečný protokol

DEPARTMENT:

HOSPITAL:

PATIENT DETAILS:

Name:

Sex:

Date of birth:

Age:

Date of testing:

Height (cm)

Weight (kg)

BMI:

Ethnicity:

Time of testing:

Physician:

Technician:

Smoking history:

Forced oscillatory mechanics (hPa·s·L⁻¹ or cmH₂O·s·L⁻¹)

	Predicted	LLN	ULN	% of predicted	Baseline	Z Score	Post BD	Z Score	Absolute change	% Change
Rrs5										
Rrs5(insp)										
Rrs11										
Rrs19										
Rrs5-19										
Xrs5										
Xrs5(insp)										
Xrs11										
Xrs19										
AX										
Fres										
Tidal vol: pre-BD:							post-BD:			
								Resp rate: pre-BD:		
									post-BD:	

Reference values are those of XX et al and of YY et al.

Bronchodilator: (Drug and dose)

A significant change in Rrs with bronchodilator is XX hPa·s·L⁻¹ or cmH₂O·s·L⁻¹ or XX% of baseline (reference)

A significant change in Xrs with bronchodilator is XX hPa·s·L⁻¹ or cmH₂O·s·L⁻¹ or XX% of baseline (reference)

Respiratory scientist's/technician's/therapist's comments: including number of acquisitions made, how many were used and the coefficient of variation of Rrs5. Any difficulties with testing can be noted here, e.g. difficulty with mouth seal, tongue position, cheek support, etc.

Graphs of Rrs and Xrs. Graphs should show Rrs and Xrs versus oscillation frequency. 95% confidence intervals would also ideally be shown on the graphs

Clinical details: reason for test

Physician's report:

Technical notes: (this section could be made available offline)

Device manufacturer, model, firmware release number:

Filter model:

Acquisition and Quality Control: (1) minimum number of acquisition - XX of Xs, (2) artefact identification by XXX, (3) artefacts were handled by XXXX.

Parameter calculation: average of at least 3 acquisitions of coefficient of variation $\leq 10\%$ (adults) and 15% (children).

Verification: daily impedance verification ($\leq \pm 10\%$ or $\pm 0.1 \text{ hPa}\cdot\text{s}\cdot\text{L}^{-1}$, whichever is greater). Loads used and date and time of last verification.

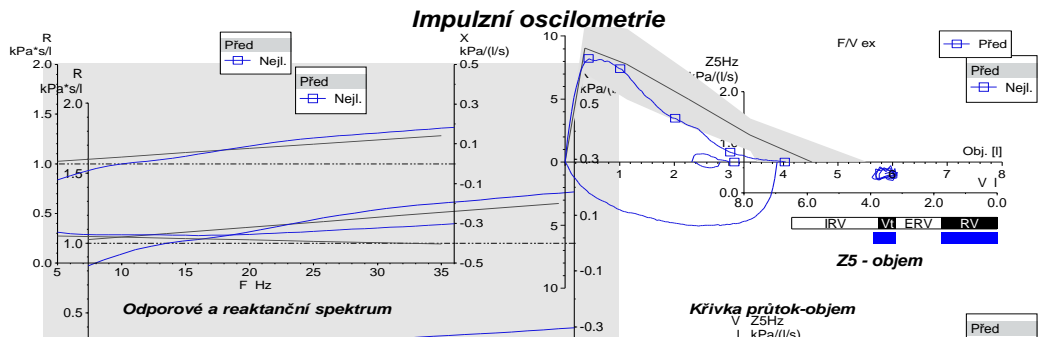
Signal processing: (method of impedance calculation, window length, overlap, filtering, ensemble averaging, breath detection method, method of AX calculation.)

Serial values:

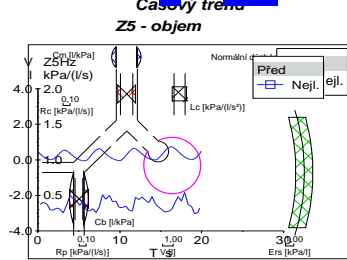
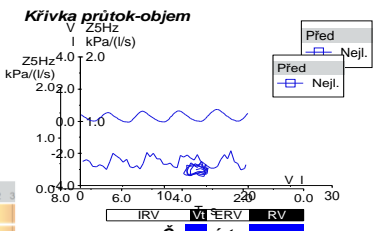
Date:										
	Rrs5	Z-score	Rrs5	Z-score	Xrs5	Z-score	Xrs5	Z-score		
	(pre-BD)		(post-BD)		(pre-BD)		(post-BD)			

Příjmení: Novák Identifikace: 8512021452
 Křestní jméno: Ladislav Identifikace: 8512021452
 Datum narození: 02.12.1985 Výška: 170 cm
 Pohlaví: muž Hmotnost: 75.0 kg
 Datum narození: 02.12.1985 Hmotnost: 75.0 kg
 Pohlaví: muž BMI: 26 kg/m²

Impulzní oscilometrie / Spirometrie



	Nál.	Nál. LL	Nejl.	%Nejl.	Z-skóre	
IOS						
R5Hz	kPa/(l/s)	0.27	0.13	0.31	115 %	0.44
X5Hz	kPa/(l/s)	0.01	-0.13	-0.08	-630 %	-1.05
R20Hz	kPa/(l/s)	0.23	0.11	0.29	124 %	0.78
VT	l	0.54	0.54	0.71	133 %	
Fres	1/s			10.16		
AX	kPa/l			0.18		
D5-20%	%			7.47		
DI5-20	kPa/(l/s)			0.02		
CO5Hz				0.8		
CO20Hz				0.8		
Dstage				0		
Spirometrie						
FVC IN	l	4.71	3.79	3.85	82 %	-1.53
A FVC	l	4.52	3.51	4.03	89 %	-0.80
L FEV1	l	3.78	2.94	3.10	82 %	-1.33
D FEV1%M	%	80.73	68.94	76.97	95 %	-0.52
C PEF	l/s	9.04	7.05	8.22	91 %	-0.68
C MEF75	l/s	7.77	4.96	7.39	95 %	-0.22
C MEF50	l/s	4.98	2.81	3.48	70 %	-1.14
C MEF25	l/s	2.16	0.88	0.79	37 %	-1.75
C MMEF	l/s	4.45	2.74	2.63	59 %	-1.75
Datum						27.09.22
Čas						22:16



Interpretací graf časový trend

Komparátor

CLINICAL REPORT FOR PFT LAB

RESMONPRO20000003 21.3.0 —report generated on 19/04/2022 07:25 by ADULT

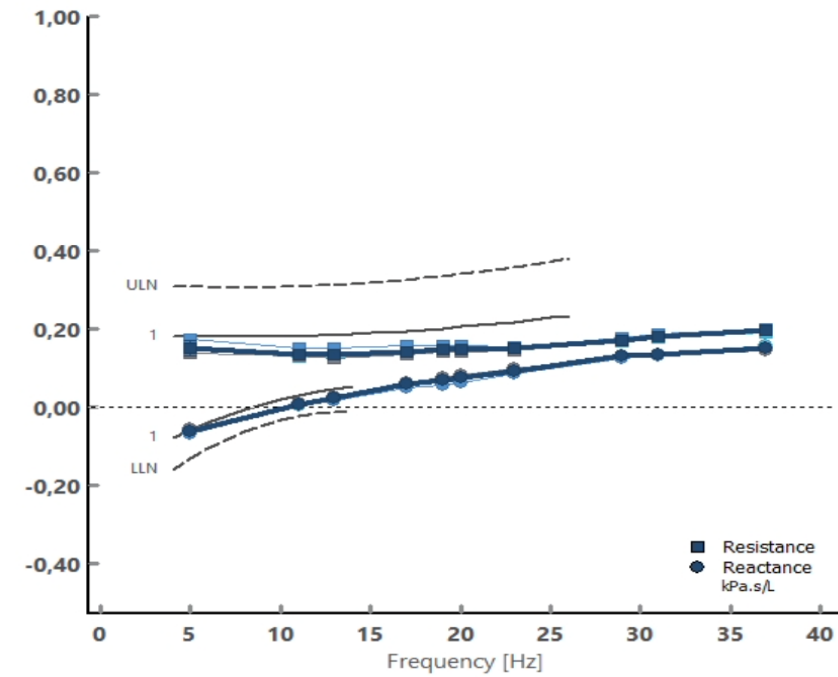
Surname: 452 Name: 0 ID: 452
 Birthdate: 11/06/1962 Birth sex: F Ethnicity: CAUCASIAN

Spectral parameters	PRE				BD—POST				CHG
	M(CV%)	Zscore	%pred(pred)	M(CV%)	Zscore	%pred(pred)			
Fres insp [Hz]	31.37 ^J	28.01	3.19 ^H	225.70%	16.20	13.97	0.46	112.58%	-50.12% ^G
	26.44 ^J	(10.41%)		(12.41)	11.37	(17.42%)		(12.41)	(-14.04)
	26.22 ^J				14.34				
AX insp [cmH ₂ O/L]	34.21 ^J	29.44	3.01 ^H	839.84%	8.05	6.01	0.76	171.54%	-79.57% ^G
	26.09 ^J	(14.43%)		(3.51)	3.25	(41.24%)		(3.51)	(-23.42)
	28.01 ^J				6.73				
R5-19 insp [cmH ₂ O/L/s]	2.10	2.04	-	-	0.54	0.41	-	-	-79.96% ^G
	1.76	(12.43%)			0.21	(43.83%)			(-1.63)
	2.26				0.48				
Rrs 11 Hz [cmH ₂ O/(L/s)]	5.62	5.22	1.87 ^H	164.31%	4.10	3.68	0.56	115.88%	-29.48% ^G
	4.74	(8.54%)		(3.18)	3.39	(10.03%)		(3.18)	(-1.54)
	5.30				3.56				
Rexp	5.25	5.25	1.89 ^H	165.29%	3.94	3.96	0.83	124.62%	-24.60% ^G
	4.96	(5.57%)		(3.18)	3.52	(11.34%)		(3.18)	(-1.29)
	5.55				4.42				
Rtot	5.42	5.24	1.88 ^H	164.88%	4.01	3.81	0.69	120.01%	-27.21% ^G
	4.87	(6.16%)		(3.18)	3.44	(8.49%)		(3.18)	(-1.43)
	5.43				3.99				
Xrs 11 Hz [cmH ₂ O/(L/s)]	-1.77	-1.66	-3.27 ^H	999.99%	-0.54	-0.34	-0.46	219.80%	79.71% ^G
	-1.53	(-0.15)		(-0.15)	-0.05	(-0.15)		(-0.15)	(1.32)
	-1.68				-0.42				
Xexp	-1.58	-1.70	-3.33 ^H	999.99%	-0.52	-0.43	-0.69	283.57%	74.35% ^G
	-1.61	(-0.15)		(-0.15)	0.01	(-0.15)		(-0.15)	(1.26)
	-1.90				-0.80				
Xtot	-1.66	-1.68	-3.30 ^H	999.99%	-0.53	-0.38	-0.56	246.86%	77.42% ^G
	-1.57	(-0.15)		(-0.15)	0.00	(-0.15)		(-0.15)	(1.30)
	-1.80				-0.61				
Rrs 19 Hz [cmH ₂ O/(L/s)]	4.59	4.34	1.03	129.45%	3.69	3.49	0.16	104.11%	-19.58% ^G
	3.95	(7.85%)		(3.35)	3.37	(5.15%)		(3.35)	(-0.85)
	4.47				3.40				
Rexp	4.27	4.22	0.93	125.97%	3.58	3.61	0.30	107.78%	-14.44% ^G
	4.03	(4.07%)		(3.35)	3.36	(7.28%)		(3.35)	(-0.61)
	4.36				3.89				
Rtot	4.42	4.28	0.98	127.66%	3.63	3.54	0.22	105.75%	-17.16% ^G
	4.00	(5.68%)		(3.35)	3.35	(4.69%)		(3.35)	(-0.73)
	4.42				3.64				
Xrs 19 Hz [cmH ₂ O/(L/s)]	-1.08	-0.87	-	-	0.29	0.61	-	-	170.13% ^G
	-0.74	(-0.87)		(-0.87)	0.95	(-0.87)		(-0.87)	(1.48)
	-0.80				0.59				
Xexp	-0.95	-	-	-	0.06	-	-	-	124.14% ^G
	-0.90	(-1.02)		(-1.02)	0.79	(-1.02)		(-1.02)	(1.26)
	-1.20				-0.11				
Xtot	-1.01	-0.95	-	-	0.16	0.42	-	-	144.73% ^G
	-0.83	(-0.95)		(-0.95)	0.87	(-0.95)		(-0.95)	(1.37)
	-1.01				0.24				

H Value out of predicted range according to selected prediction equation
 G No data about normal between—session variability at this frequency are available
 J Resonant frequency calculated by linear extrapolation of the values of Xrs at 11 Hz and 19 Hz. AX calculation limited to 37 Hz.

Notes:
 - Patient referred with a previous diagnosis of ASTHMA. Breathing pattern (Ve <15 L/s) and within-session repeatability OK.
 - PRE session results: R5; X5, Fres and Ax outside normal ranges during the entire breathing cycle, suggestive of mixed (peripheral + central) impairment.
 - CONCLUSION: mixed airway obstruction with significant and complete response to bronchodilator.

PATIENT Test, Test SMOKER No TITLE Standard Test
 SEX Male HOW LONG 0 years TEMPLATE Airwave Oscillometry
 AGE 31,5 yrs HEIGHT 185 cm WAVEFORM AOS 5-37
 DOB 08.02.1991 WEIGHT 72 kg PHYSICIAN
 PRIOR MED. ETHNICITY Unspecified OPERATOR holinka



R₅ 0,15
 kPa.s/L Ref.: 0,18, Z: -0,6, CV: 12,8

R₁₉ 0,15
 kPa.s/L Ref.: 0,20, Z: -1,2, CV: 7,0

R₅₋₁₉ 0,01
 kPa.s/L Ref.: -0,02, Z: 0,7

X₅ -0,06
 kPa.s/L Ref.: -0,05, Z: -0,2

X₁₉ 0,07
 kPa.s/L

f_{res} 10,39
 Hz Ref.: 8,76, CV: 3,5

AX 0,16
 kPa/L Ref.: 0,10, Z: 0,7, CV: 15,6

V_T 0,56
 L CV: 5,2

COH₅ 1

	Reference	Test Average	SD	CV %	Z Score	Abs. Diff.	% Pred.	M1	M2	M3
COH37		0,995						0,997	0,991	0,997
f _{res} Hz	8,755	10,392	0,3586	3,451		1,637	118,7	10,622	10,575	9,979
AX kPa/L	0,980	0,164	0,02553	15,6	0,7335	0,06763	170,4	0,188	0,166	0,137
VT L		0,561	0,02941	5,239				0,534	0,592	0,558
R5-19 kPa.s/L	-0,020	0,005			0,6669			0,016	0,005	-0,004
R5-20 kPa.s/L	-0,020	0,005			0,6347			0,017	0,003	-0,006
X5 Difference kPa.s/L		-0,006						-0,012	-0,005	-0,001



tremoFlo



iOS



Quark i2m



MostGraph-02



Resmon Pro



Pulmoscan



Wave-tube

	Resmon Pro Full V3 (FOT)	Thorasys	IOS Vyaire
Výrobce	Restech, Italia – prodej přes zastoupení MGC Diagnostics, USA	THORASYS Thoracic Medical Systems Inc.	Vyaire Medical GmbH, Německo (dříve Carefusion, Jaeger)
Princip metody	Technologie „True Forced Oscillation Technique“ (Forsírovaná oscilační technika), je založená na překrytí normálního klidového dýchání oscilací generovanou v reproduktoru. K měření stačí 10 klidových dechů. Vyřazení nefyziologických dechů v reálném čase pomocí vizuální kontroly po testu podle doporučených technických norem 2020. Sinusový průběh vln s automatickým nastavením síly stimulů během testu, které vyhovují poslední standardům..	Oscillometry (Forced Oscillation Technique) kontinuální sinusové vlny o různých frekvencích od 5-41 Hz	Impulse Oscillometry (IOS) Pravoúhlý tlakový impuls obsahující sinusové vlny o všech frekvencích od 5 Hz do 50 Hz. <ul style="list-style-type: none"> • automatizovaná kontrola kvality měření • automatické odmítnutí artefaktů • automatický výběr nejlepšího měření • lze i manuálně, vizuální kontrolou
Použité frekvence	3 režimy : - 5-11-19 Hz, - jedna frekvence 5 Hz (dospělí s vysokou obstrukcí) - jedna frekvence 8 Hz (děti, dle nových Ped Pulm 2022 nyní také 5-11-19 Hz,) + tradiční pseudonáhodný šum 10 frekvencí (ideální poměr signálu k šumu)	AOS 5-37 Hz (dospělé) AOS 7-41 Hz (dětské)	Poskytuje intra-dechovou analýzu pro všechny spektrální frekvence v rozsahu 5 - 35 Hz, kompletní spojité spektrum při zobrazení R, X
Denní kontrola zařízení	ANO. Jak pro Xrs, tak i pro Rrs se speciálně dodávanou, kalibrovanou TESTOVACÍ Sondou		Kalibrace průtoku a kontrola Rrs a Xrs referenční impedancí
Speciální unikátní vlastnosti	<ul style="list-style-type: none"> • Přístroj může být používán jako samostatné zařízení bez počítače (Stand alone device), obsahuje USB port • Přehledné znázornění výsledkových grafů • Snadno přenositelný, použitelný i u lůžka těžkých pacientů • Vhodný pro dětské pacienty od 2 let věku • Snadné vyšetření pomocí 10 klidových dechů • Automatické vyloučení neakceptovatelných dechů • Automatické nastavení stimulu před každým měřením podle impedance pacienta • Možnost spojení s modulem FeNO+SPIRO do systému Astma COMBO • Velký dotykový monitor • Možnost měření pomalé vitální kapacity a inspirační kapacity pro detekci a sledování HYPERINFLACE. • Patentovaný index „Tidal Expiratory Flow Limitation „(EFL) • Unikátní měření „Closing volume“ a Xcrit • NEOMEZENÝ výstup dat pro výzkumné účely v CSV/XLS, výsledky a nezpracovaná data. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uživatelská jednoduchost • Graficky využití zobrazení výsledků • Náhodně generovaný signál ve tvaru sinusových křivek (příjemný pro pacienta) • Úplná spektrální analýza a žádné harmonické zkreslení • Technologie oscilátoru na principu vibrujícího Mash systému • Nízká váha přístroje pro jednodušší manipulaci a možnosti měření i u ležícího pacienta • Kompatibilita se SW BlueCherry (Geratherm respiratory) pro lepší zhodnocení pacienta 	<ul style="list-style-type: none"> • Graf impedance-objem - detekce zachyceného plynu v dýchacím traktu (closing volume) • interpretační graf IOS je celosvětově prvním grafem řízený interpretačním algoritmem. • automatická klasifikace stupně postižení/obstrukce • automatická textová interpretace • možnost doplnit spirometrii pro kompletní diagnostiku • možnost připojit IOS ke všem přístrojům Jaeger

	Resmon Pro Full V3 (FOT)	Thorasys	IOS Vyaire
Hodnocené parametry	Všechny měřené parametry v rámci dechu INSP, EXP a TOT Rrs a Xrs (5, 11, 19 Hz), R5- 19, Ax, Fres, UNIKÁTNÍ „Expiratory Flow Limitation Index (Δ Xrs)“ a všechny parametry dýchacího vzorce.	R5, R7, R19, R20, R5-20, X5, Fres, Ax, Vt, RR a další.	R5, R20, Δ R5-20%, DiffR5-R20, Ax, Fres, VT, X5 Rrs / Xrs v 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 Hz, IN/EX a další (spirometrické VC, FEV1, FVC, MMEF, MEF25,50,75, AEX...atd.)
Hodnocení centrální obstrukce	Prostřednictvím parametrů Rrs, Rrs 5 Hz (měřeno během dechu INSP, EXP a TOT) atd.	Vysoké R5, normální AX, R5-R20 blízko k nule	Vysoké R5, R20
Hodnocení periferní obstrukce	Prostřednictvím parametrů Xrs, Xrs 5Hz (měřeno během dechu INSP, EXP a TOT) + R 5-19,Ax	Ax vysoké, R5-R20 vysoké, křivky rezistence a reaktance jdou nad limity normy	R5 vyšší nebo normální, patologické X5 Δ R5-20% > 30-35%, DiffR5-R20 > 0.08 kPa.s.l ⁻¹
Normální hodnoty	Podle technických standardů oscilometrie 2020 (tzn. Xrs a Rrs při 5Hz)	R5 normál, R5-R20 blízko nule, Ax normál, křivky jsou v oblastech normy	R < 140%, X5nál
Použití Z score	ANO. Pro Rrs a Xrs podle technických standardů publikovaných v roce 2020	Ano, u většiny parametrů	Ano, Z-score pro parametry R, X dle Oscillometry 2020 včetně spirometrie
Hodnocené parametry pro bronchodilataci	Podle technických standardů oscilometrie z roku 2020, Rrs a Xrs při 5 Hz (insp, exp a TOT).	Výsledek je na lékaři, ale doporučení je R5 klesne o 35%, AX klesne > 65%	Doporučené: (R5-R20) -25%, Fres -20%, Ax -40%, DiffR5-R20 -0,04 kPa.s.l ⁻¹ FEV1 +12% a 200ml
“ pro provokaci	Jakýkoli parametr, doporučeno Rrs INSP při 5hz		Doporučené: FEV1 -20%, R5 +40%, Fres +35%
Použité náležité hodnoty	2013 ERS, 2013 Ped Pulm, 2022 Ped Pulm, etc.	Pro dospělé: Oostveen 2013, Brown 2010 Pro děti: Calogero 2012, Nowowiejska 2008	Náležité hodnoty pro subjekty od 2 let do 98 let (Vogel/Smidt, Dencken/Malmberk, Berder/Lechtenboerger....)
Počty přístrojů v ČR	3		36
Počty přístrojů v Evropě	Cca 500 ve světě	Velké využití TremoFlo pro studie po celém světě	více jak 4000 ve světě

Děkuji za pozornost

