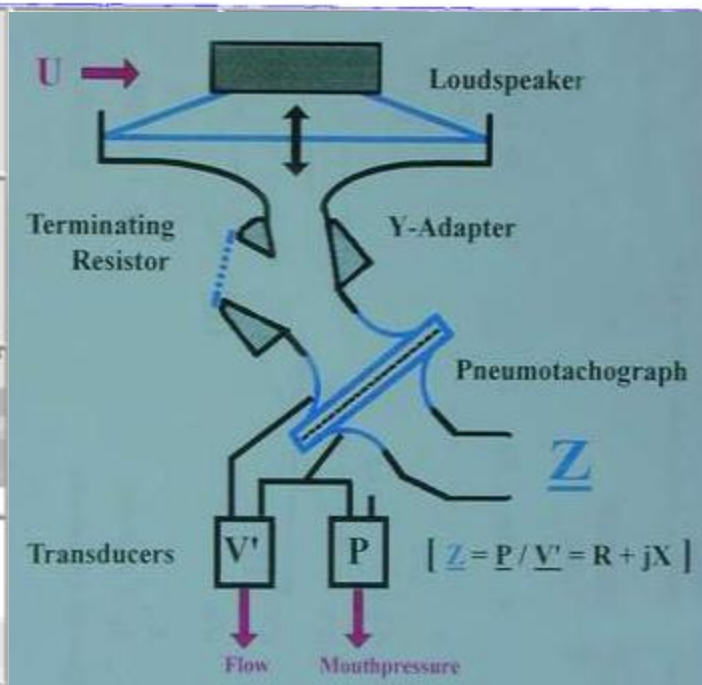


**IOS je** přínosná pro  
diagnostiku a léčbu  
bronchiálních obstrukcí-  
**PRO**

**S.KACROVÁ**

Praha, Tyršův dům  
15. 11. 2013



spontánné dýchání



Y adaptér

pneumotachograf

snímače průtoku  $V'$  a tlaku  $P$

náustek

$$Z = P / V' = R + jX$$

# Historie metody

- Oscilační metody poprvé použity v 60.letech 20.století, zpočátku monofrekvenční
- r.1981 Müller a Vogel použili impulsní signál-  
pravoúhlý elektrický impuls obsahující  
všechny frekvence
- Nárůst významu v souvislosti s rozvojem  
počítačové techniky
- První zkušenosti u nás od konce 90 let  
(Čáp a kol- První zkušenosti s měřením plicních funkcí metodou impulsní  
oscilometrie, Luhačovické dny 2000)

# Princip metody

Pacient dýchá volně přes pneumotachograf a Y článek.

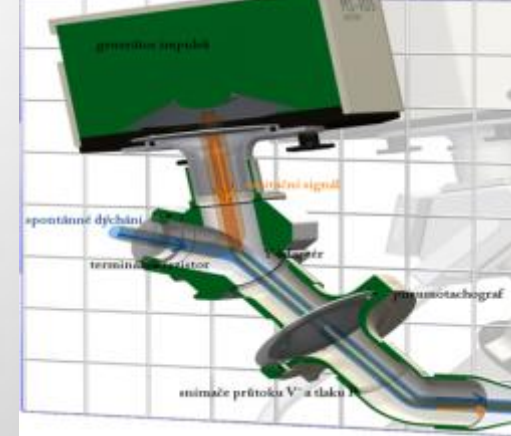
Jedna větev je ukončena rezistorem

druhá větev je připojena ke generátoru impulsů → generuje akustické impulsy- excitační signál.

Excitační signál je v Y článku přidáván do proudícího vzduchu pacientova klidového dýchání.

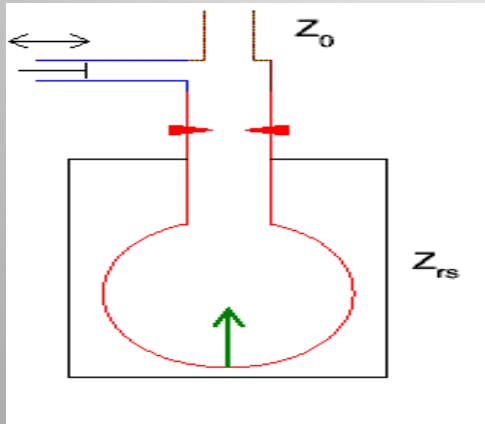
Vlivem odporu- impedance DC dochází k posunu a deformaci impulsů.

Snímače v pneumotachografu sledují průběhy tlaku  $P$  a průtoku  $V'$ . Oba parametry obsahují jak složku složku odpovídající spontánnímu dýchání, tak přidaný excitační signál. Lze je od sebe oddělit filtrací pásmovou propustí. Impedance dýchacích cest  $Z$  se určí jako poměr Fourierových obrazů změřených časových průběhů  $P$  a  $V'$ .



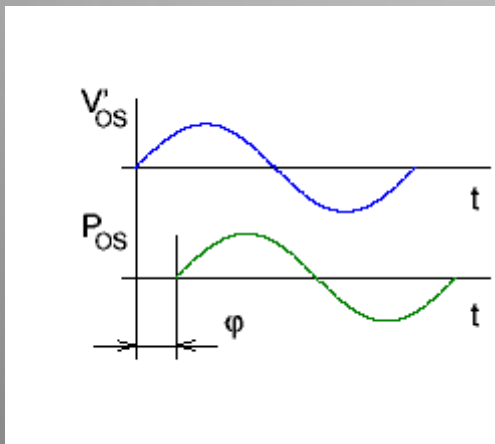
# Princip metody

- Proud vzduchu se dělí na dvě větve. Je to způsobeno paralelní kombinací referenční impedance  $Z_0$  a impedance dýchací soustavy  $Z_{rs}$ . Pro celkovou impedanci  $Z$  pak platí vztah



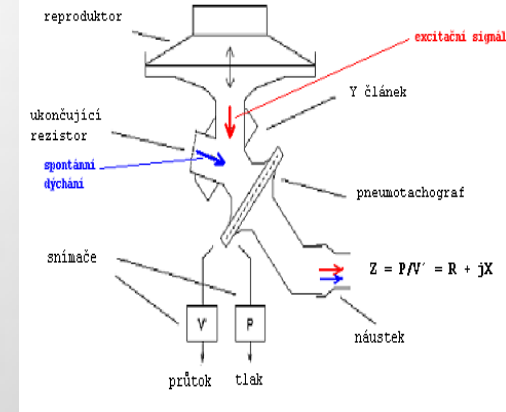
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_0} + \frac{1}{Z_{rs}}$$

- Tlak  $P_0$  se periodicky mění a sleduje křivku průtoku  $V'_{os}$  s jistým časovým zpožděním.



$$V'_{os}(t) = V'_{\max} \cos \omega t \quad \text{a} \quad P_{0s}(t) = P_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$$

# Princip metody



**Fourierovy transformace jsou vyjádřením časově závislého signálu pomocí harmonických signálů = funkcí sin a cos. (Pomocí nich lze rozložit i značně komplikované funkce, které by jinak byl problém zobrazit ).**

**Měření se provádí na různých frekvencích.**

**Filtrem se vybere jen pásmo od 5 Hz do 35 Hz.**

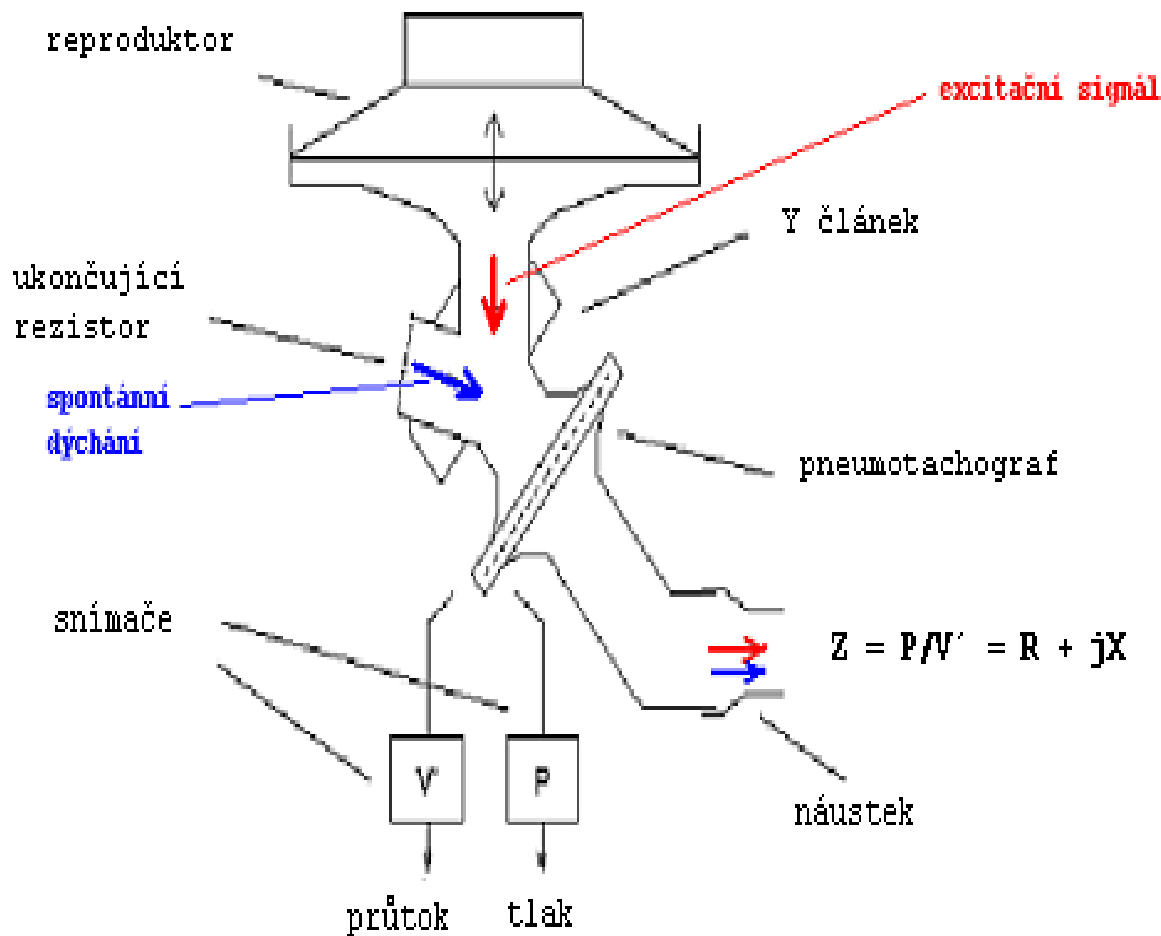
**Na vyšších frekvencích již klesá energie signálu- takže se nehodí pro diagnostické účely,**

**naopak nízké frekvence jsou ovlivněny spontánním dýcháním**

**Pro medicínské účely jsou zjišťovány hodnoty odporů při frekvencích 5 a 20 Hz -nejlépe odráží změny v dýchacích cestách**



# Princip metody



Akustické impulsy, vysílané externím generátorem

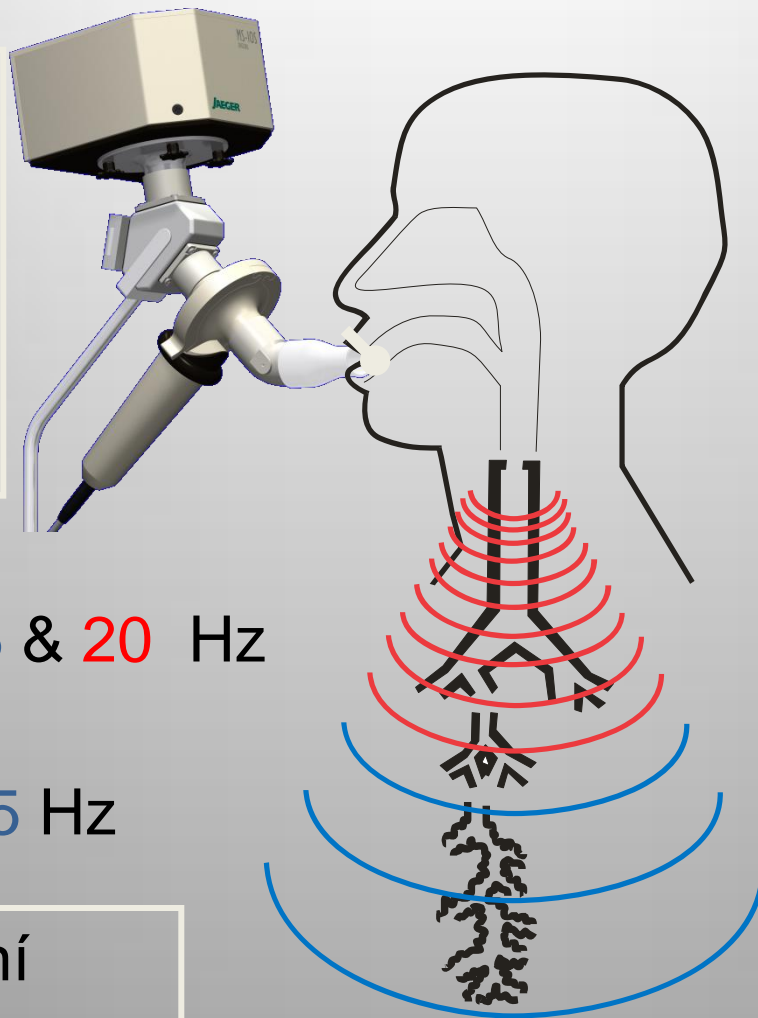
Různá frekvence signálů pro různé úrovně dýchacích cest

Odpor - rezistence dýchacích cest vede k posunu a deformaci impulsů

Změny zpětně snímány z pneumotachografu - počítač. zpracovány

Průběh pravoúhlého impulsu - vyjádřen pomocí funkcí sin a cos - Fourierova transformace

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



5 & 20 Hz

5 Hz

Klidové dýchání  
0.25 – 0.35 Hz  
Jednoduché frekvence

Odpory dýchacích cest

Extra-  
torakální

Centrální

Malé DC

Plicní  
sklípky  
Hrudní stěna

Velké DC

Periferní DC



# Měřené veličiny

## Impedance $Z$ - mech.odpor dých.cest

$$R = Z \cos \varphi \quad \text{a} \quad X = Z \sin \varphi$$

**Rezistence  $R$**  = reálná složka  
odporová

- popisuje disipativní vlastnosti - ztráta části  $E$  na teplo, spotřeba energie)

**Reaktance  $X$**  – složka nereální, imaginární (uchovávání energie)- zahrnuje elasticitu plic a hrudních komponent.

(reprezentuje periferní dýchací cesty)

**Rezistence celková  $R_{5\text{Hz}}$**

**Celkový odpor DC**  
(zahrnuje extraktorak, centr. a periferní DC)

**Rezistence centrální  $R_{20\text{Hz}}$**

**odpor centrální DC**  
(zahrnuje extraktorakální a hlavně centrální DC)

**kapacitní složka  $C$**  (znaménko -)

zastupuje především elastické vlastnosti periferie plic

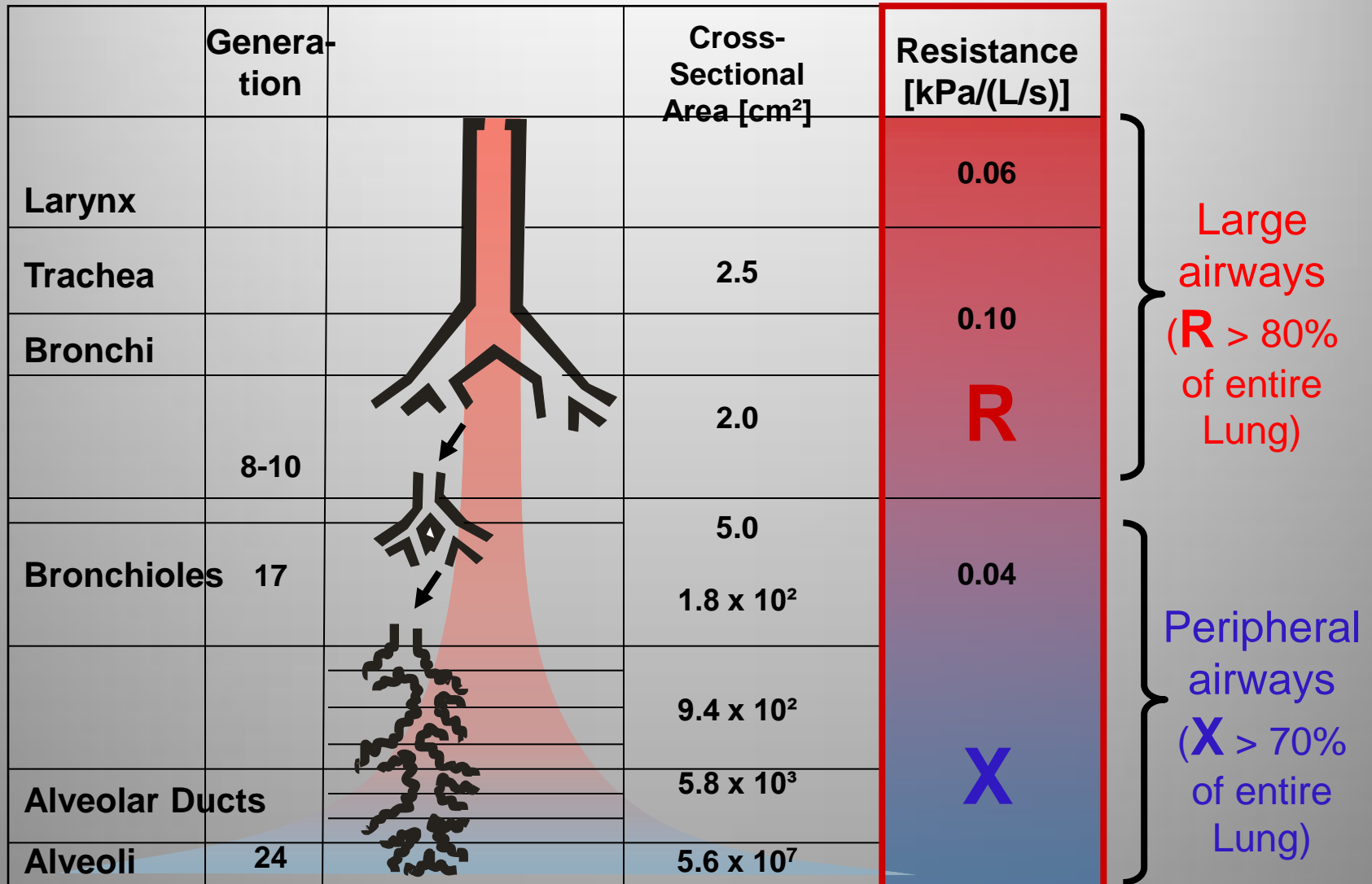
$$X = -\frac{1}{\omega C} + \omega l$$

**inertanční složka  $l$**  (znaménko +)

popisuje setrvačnost pohybujícího se vzduchového sloupce v bronch.stromě.

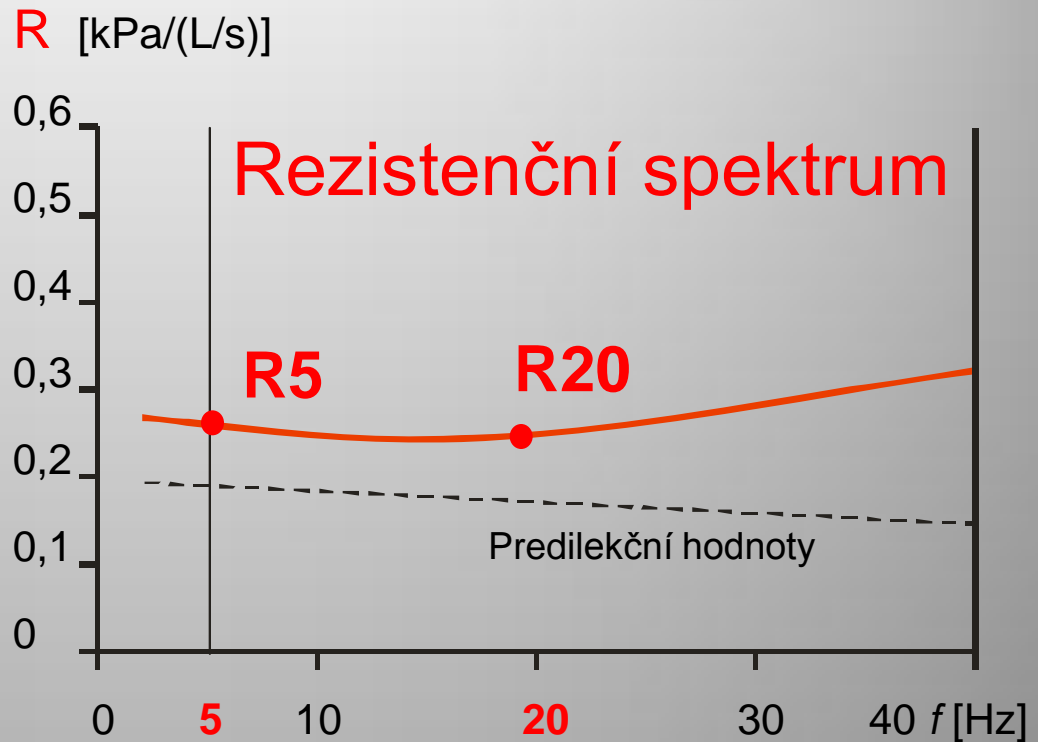
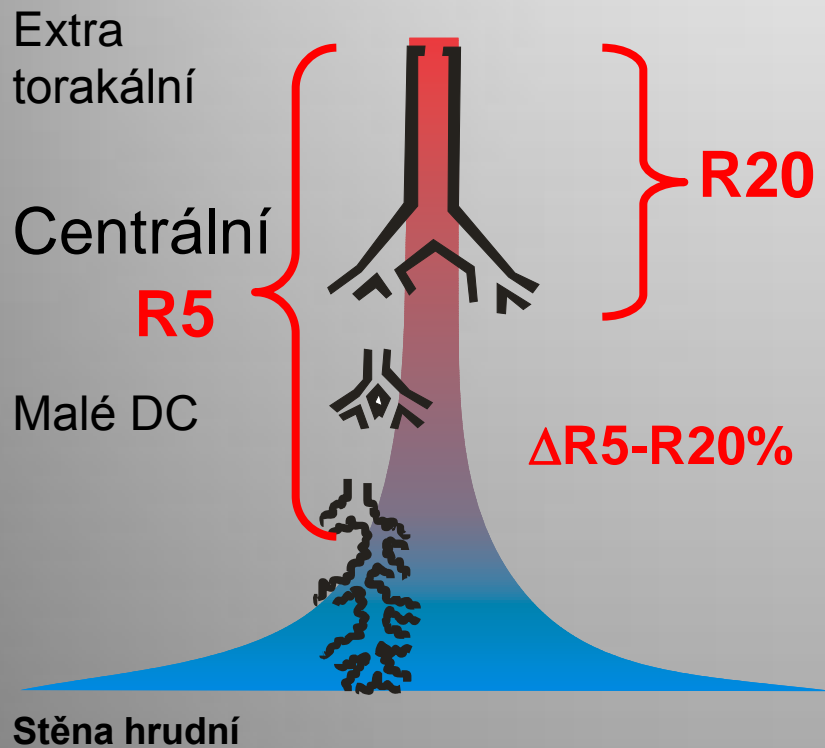


# Lung: Morphology of a trumpet



# Celkový odpor R5

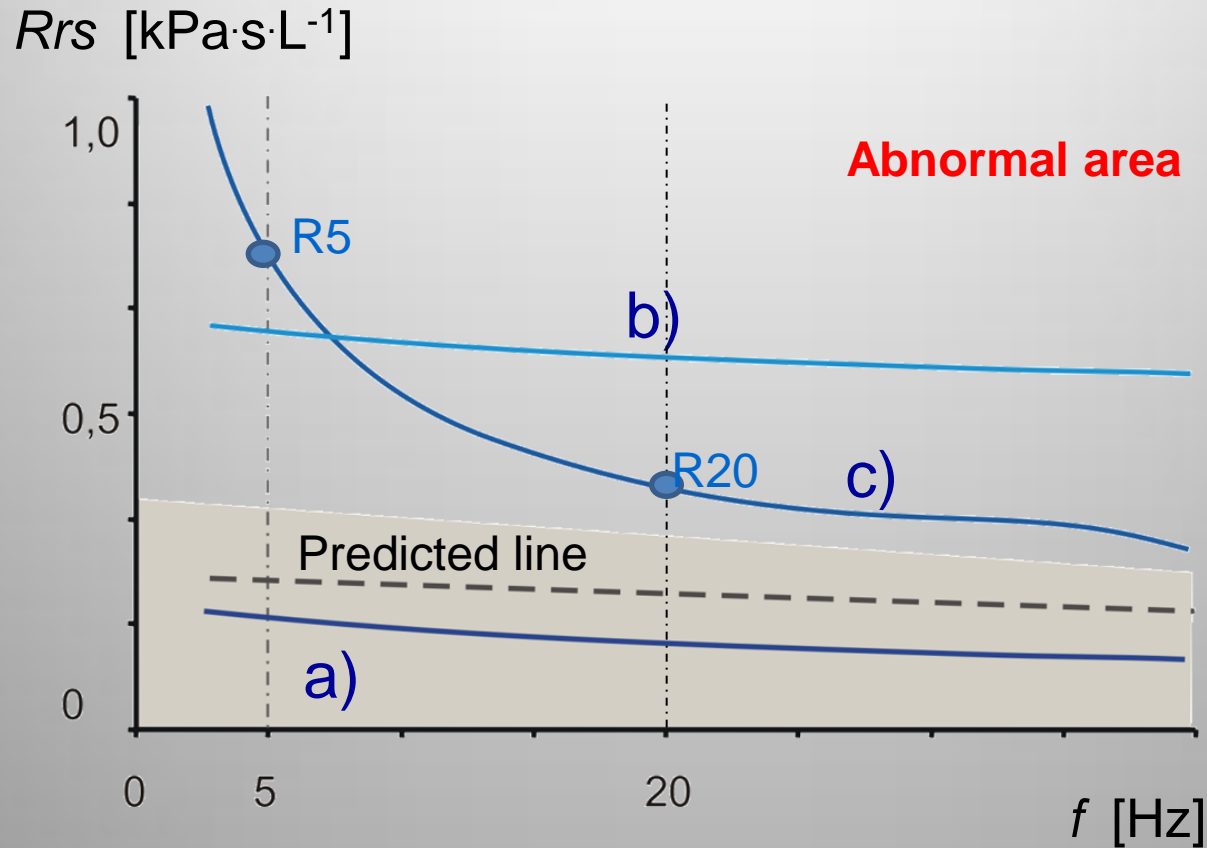
Odpor tracheobronchiálního stromu (proti impulsnímu tlaku)



Další parametry:

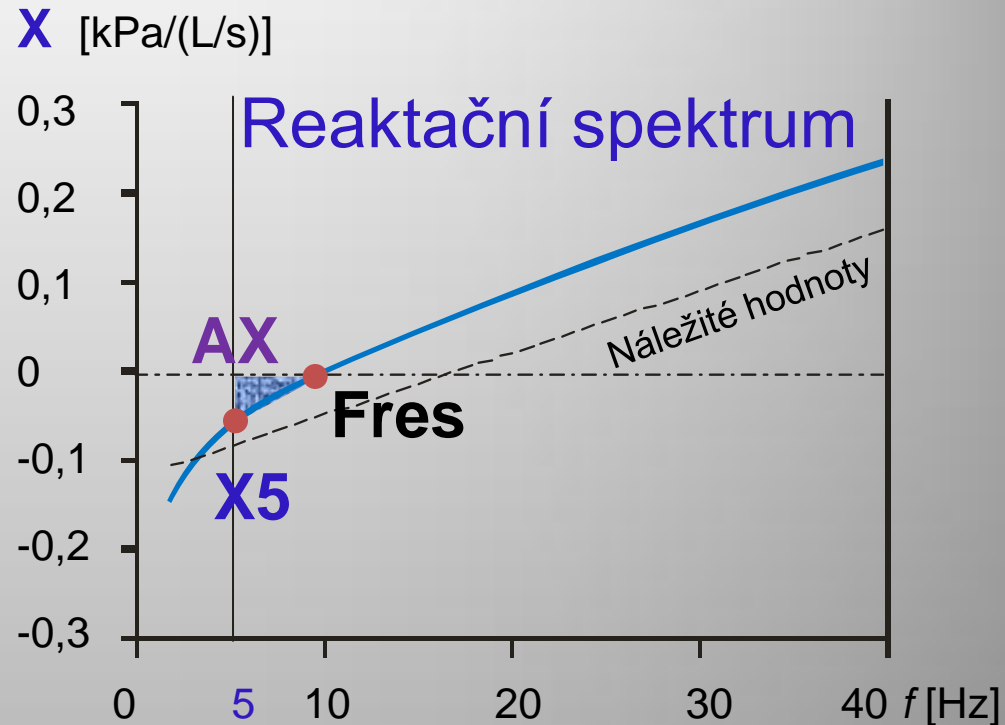
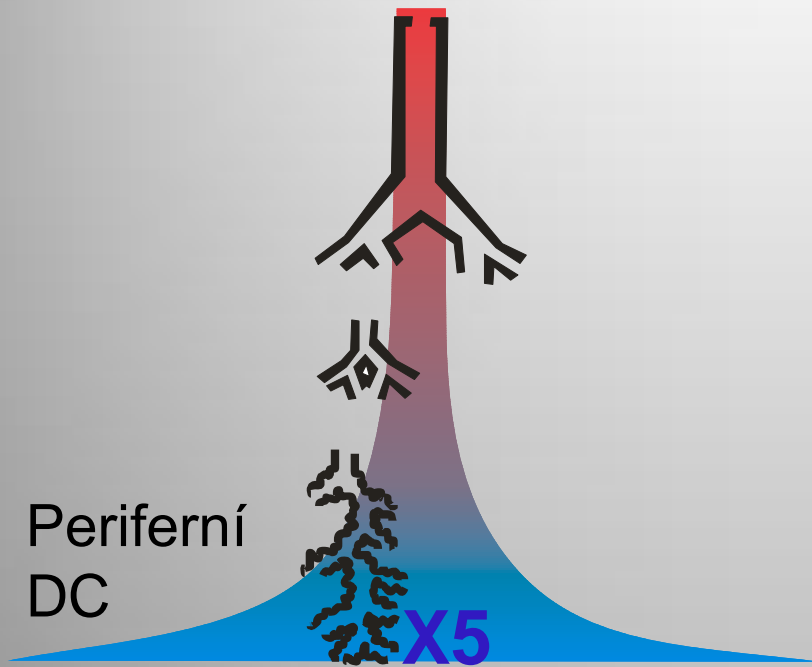
- Odpor centrální  **$R20$**  (při 20 Hz)
- Frekvenční závislost  **$\Delta R5-R20\%$**

# Křivky rezistenčního spektra R



- a) Normální plicní funkce
- b) Centrální obstrukce
- c) Periferní obstrukce

# Reaktance X5



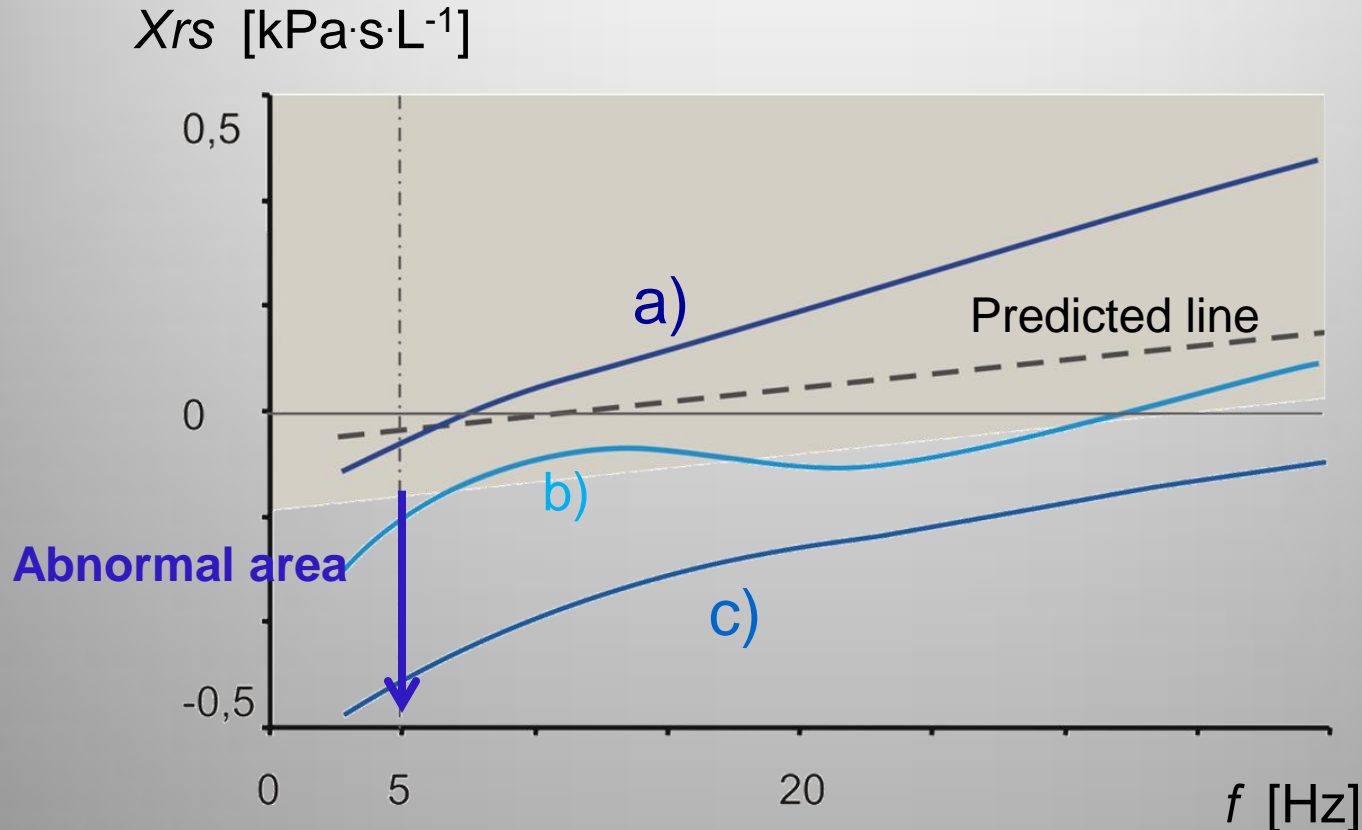
- Elasticita periferních dých.cest a hrudníku(retrakční síly)
- Rozměry(objem) periferních dýchacích cest
- Stupeň periferní obstrukce

## Další parametry:

- Resonační frekvence **Fres**
- **AX** area — plocha mezi  $X5$  -  $Fres$  - k nulové hodnotě



# Křivky reaktačního spektra



- a) Normální plicní funkce
- b) Extratorakální stenóza
- c) Porucha na periférii (obstrukce nebo restriktce)

- *Hlavní parametry*

- Celkový odpor **R5**
- Reaktance **X5**

- *Proximální dýchací cesty*

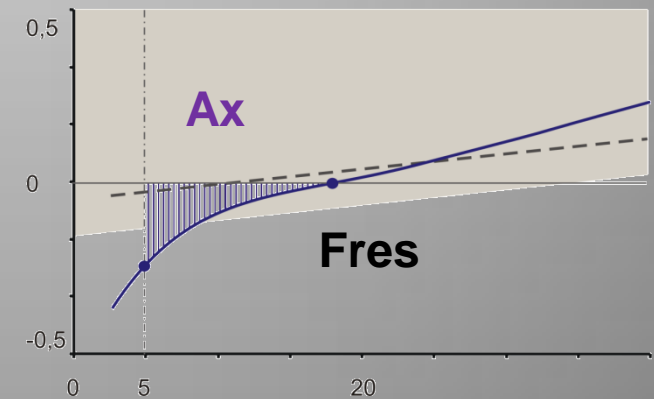
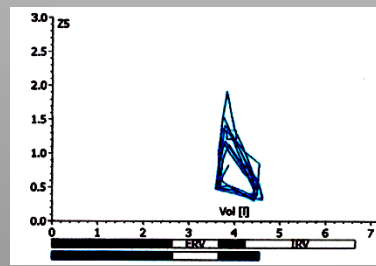
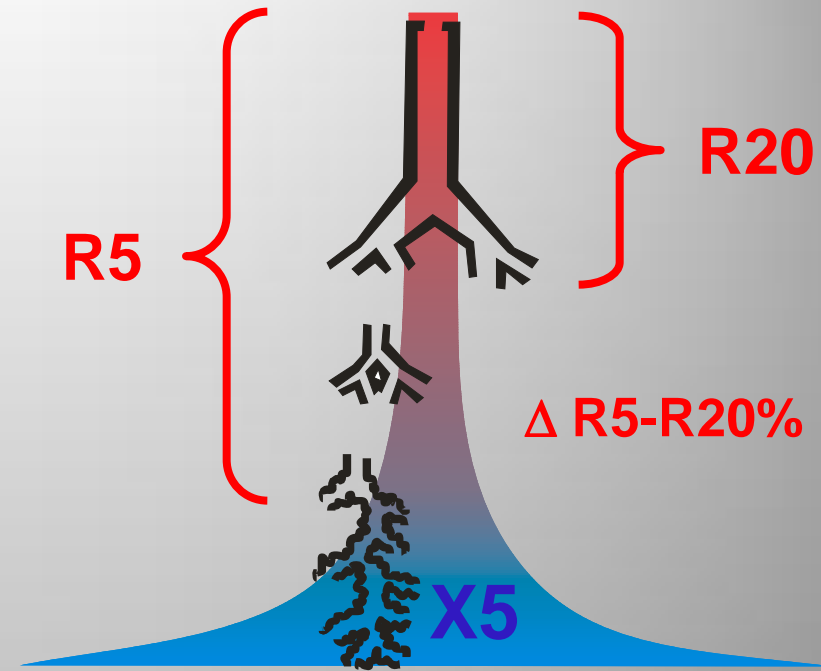
- **R20**- centrální odpor

- *Periferní dýchací cesty*

- Frekvenční závislost R spektra  $\Delta R5-20\%$
- Area reaktance **Ax**
- Resonanční frekvence **Fres**

- *Odpor dých.cest*

- **Z5**



# Hodnocení – normální nález

**Norma: Oba parametry jsou v mezích normy**

**Celkový a centr. odpor ( R 5, R 20 Hz)**

**R < 140 % n.h.**

**A SOUČASNĚ**

**Odpor periferních dýchacích cest**

$$X5_{\text{měř}} > X5_{\text{nál}} - 0,15 \text{ kPa/(l/s)}$$

$$\{ X5_{\text{nál}} - X5_{\text{měř}} < 0,15 \text{ kPa/(l/s)} \}$$

# Patologický nálezn, hodnocení stupně poruchy

**Celkový a centr. odpor ( R 5, R 20 Hz) > 140%**

R ∈ (140-200) % n.h.	– lehká porucha
(200-250)% n.h.	– stř. těžká porucha
(250-300) % n-h	– těžká porucha
> 300% n.h.	– velmi těžká porucha

**a / nebo**

**Odpor periferních dýchacích cest X5Hz patologické**

hodnoty  $X5_{\text{měř}} < X5_{\text{nál}} - 0,15 \text{ kPa/(l/s)}$

$\Rightarrow X5_{\text{nál}} - X5_{\text{měř}} > 0,15 \text{ kPa/(l/s)}$

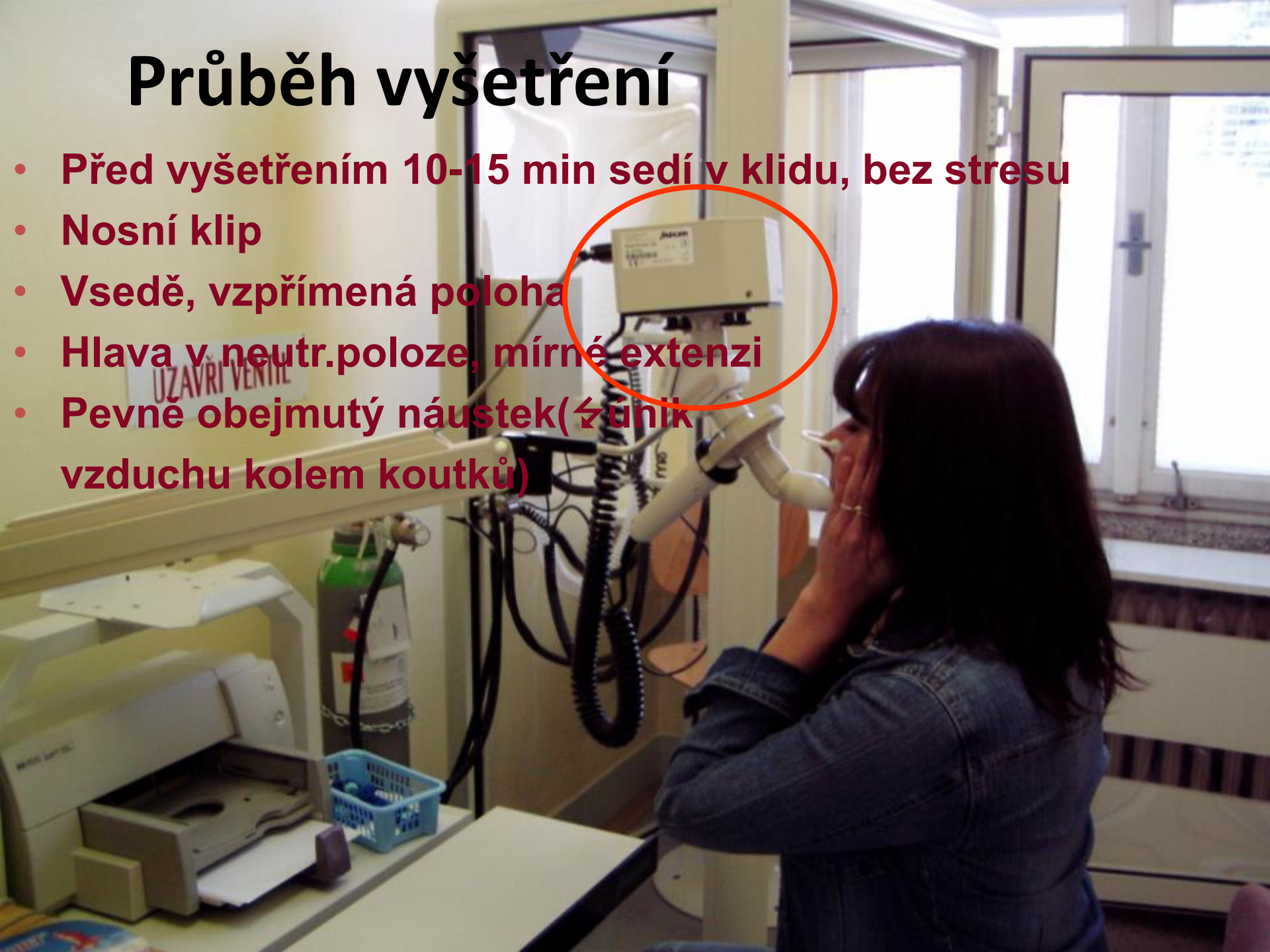
0,30

0,45

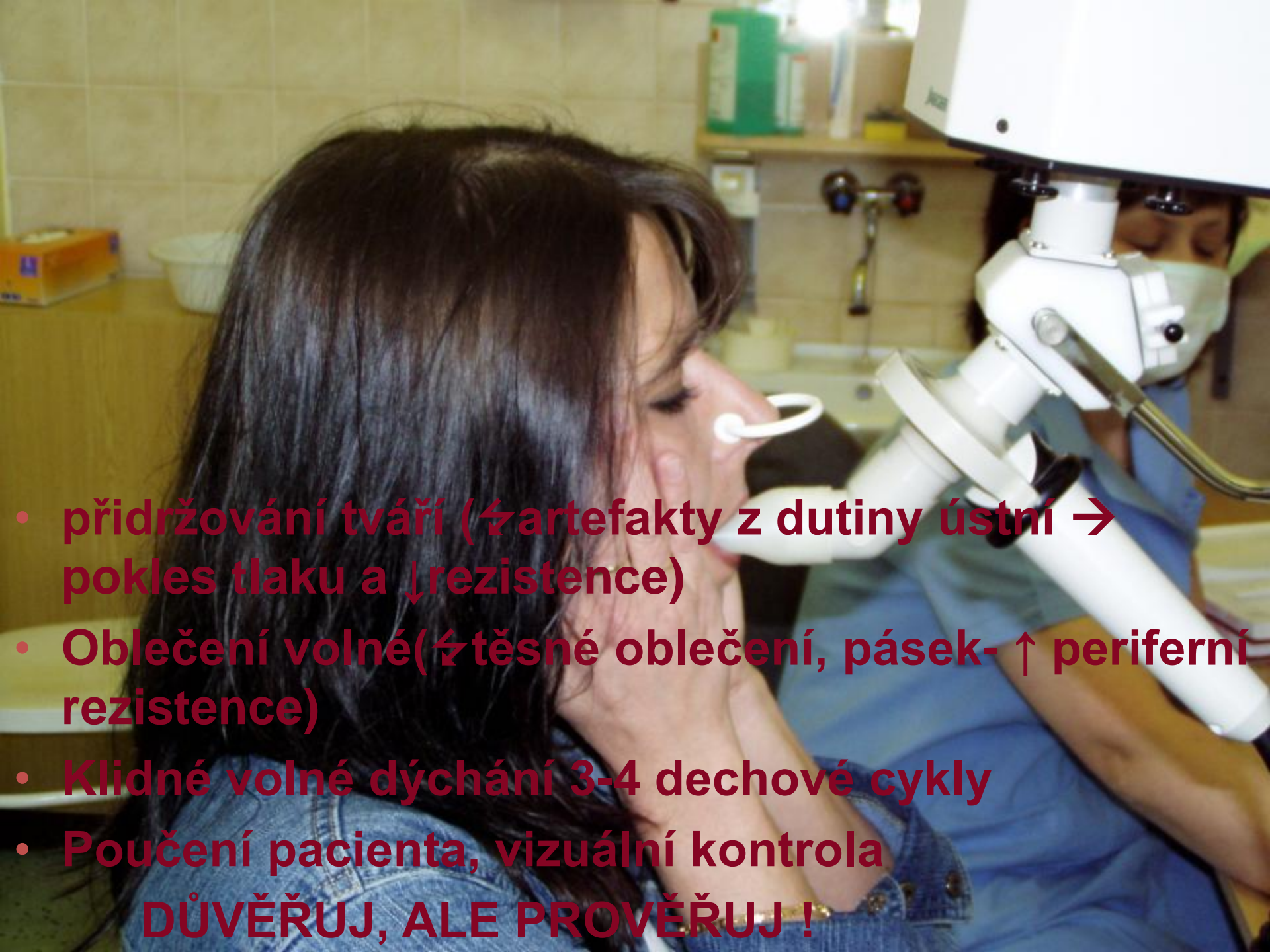
0,60

# Průběh vyšetření

- Před vyšetřením 10-15 min sedí v klidu, bez stresu
- Nosní klip
- Vsedě, vzpřímená poloha
- Hlava v neutr.poloze, mírné extenzi
- Pevně obejmutý náustek (← únik vzduchu kolem koutků)





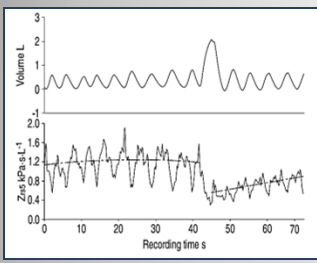
- 
- A woman with long dark hair is sitting in a dental chair. She has a white nasal cannula inserted into her nostril. A dental professional in blue scrubs is using a large white dental operating microscope to examine her. The background shows a typical dental office setting with a sink and various supplies.
- přidržování tváří (↔ artefakty z dutiny ústní → pokles tlaku a ↓ rezistence)
  - Oblečení volné (↔ těsné oblečení, pásek - ↑ periferní rezistence)
  - Klidné volné dýchání 3-4 dechové cykly
  - Poučení pacienta, vizuální kontrola  
**DŮVĚŘUJ, ALE PROVĚŘUJ !**





# Indikace k vyšetření IOS

- = indikace k vyšetření spirometrickému,
    - Vyšetření probíhá za klidových podmínek, bez nutnosti výraznější aktivní spolupráce (odpadá usilovný dechový manévr)
    - U hůře spolupracujících (neschopných provést usilovné dýchací manévry..) - pediatričtí pacienti, gerontologičtí pacienti, při těžších nemocech, či non-compliance,
  - K posouzení odporů v dýchacích cestách, posouzení jemných změn na periférii DC, rozlišení postižení centrálních a periferních dýchacích cest
  - K měření bronchiální hyperreaktivity - provádění BPT
  - Posudkové důvody
  - Výzkumné účely...
- 
- = IOS provádíme před spirometrií (ovlivnění tonu hladké svaloviny)



# Výhody IOS

- **Pacient**

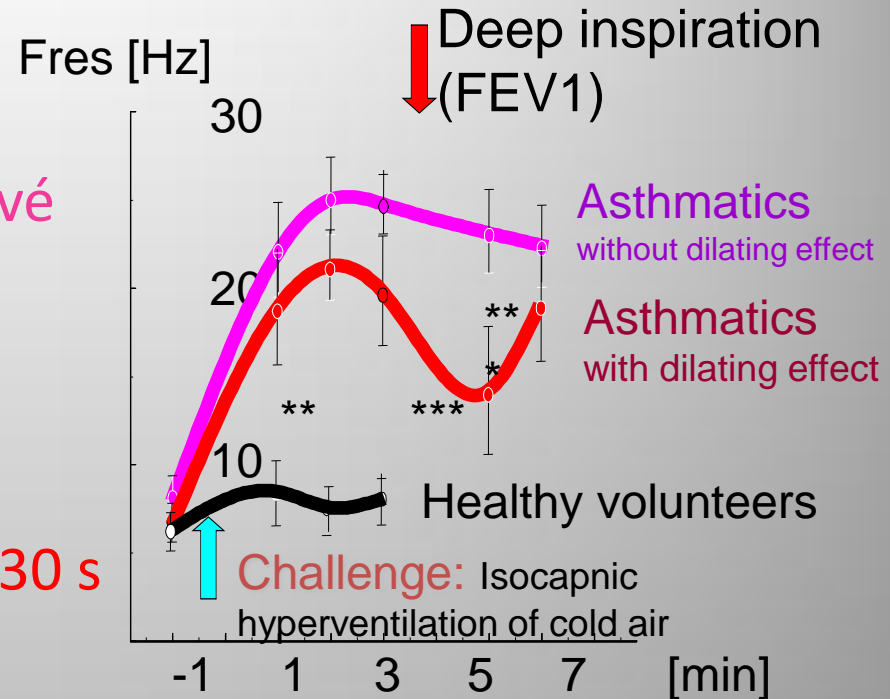
- Stačí klidové dýchání, 3-4 dechové cykly
- „Pasivní“ spolupráce

- **Sestra**

- Jednoduché, rychlé měření, cca 30 s
- Snadné instrukce

- **Lékař**

- Mohou být vyšetřeni prakticky všichni pacienti bez závislosti na věku, komorbiditě, stavu...I ti, kteří nezvládnou spirometrii
- Odpadá nefyziologický usilovný manévř, který při křivce F-V může ovlivňovat tonus hladké svaloviny a následnou pre/post odpověď
- Relativně jednoduchá interpretace



# **Normální a patologické záznamy impulsní oscilometrie**

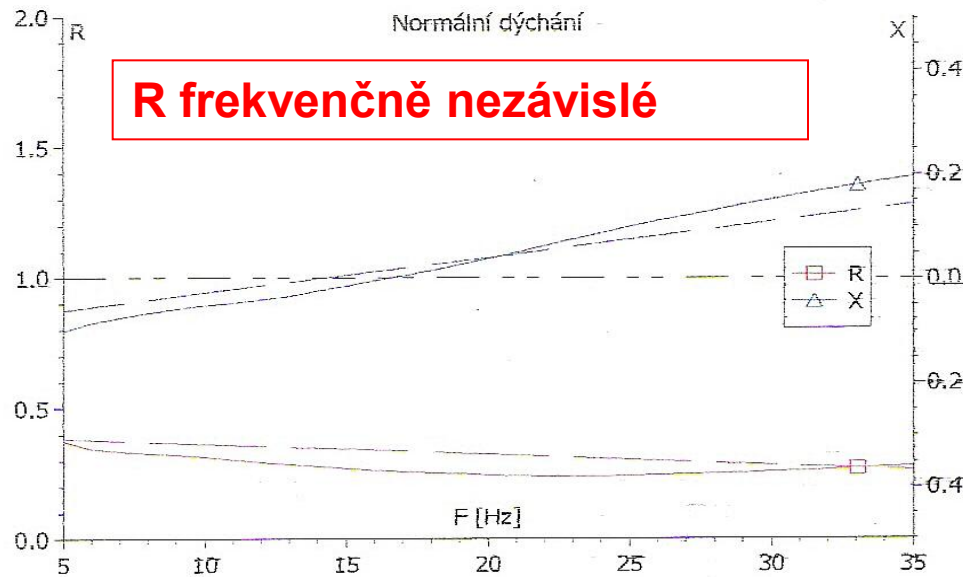
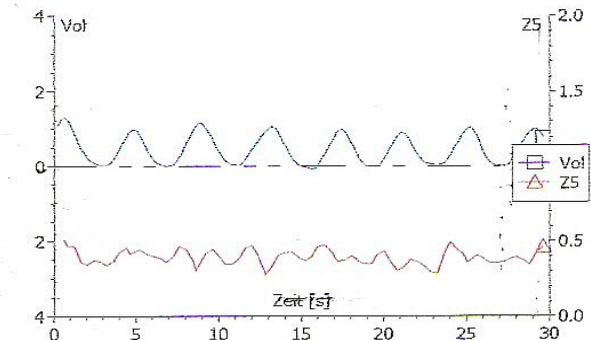
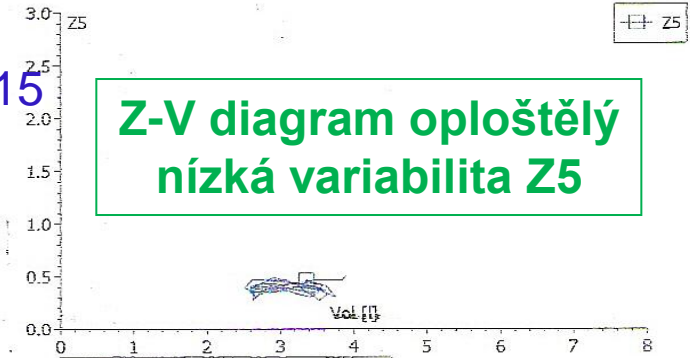
# Normální záznam

Z5Hz	0.39	0.38	99.1
R5Hz	0.38	0.37	96.9
R20Hz	0.32	0.24	75.4
X5Hz	-0.07	-0.10	158.0
Fres.		16.67	

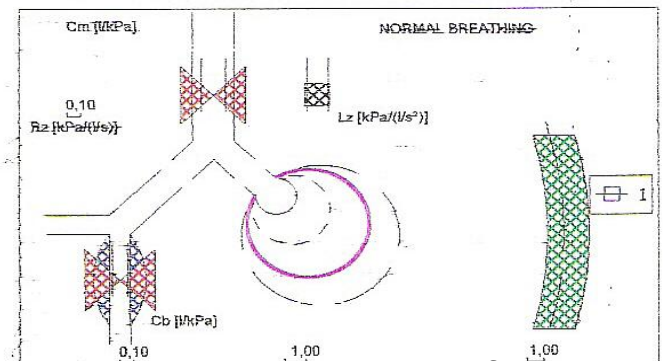
R5 < 140% a

$X5_{\text{měř}} > X5_{\text{nál}} - 0,15$

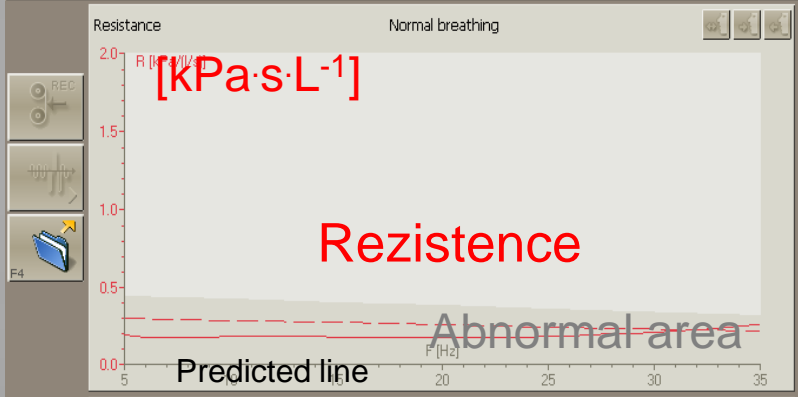
Nízká reson. frekvence



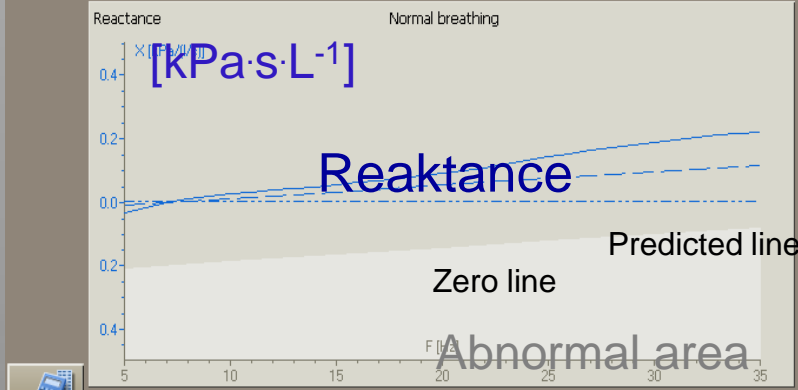
Odpory v DC jsou v normě



Normální centrální  $Rz$  a periferní odpory  $Rp$ , u větších dětí >7 let



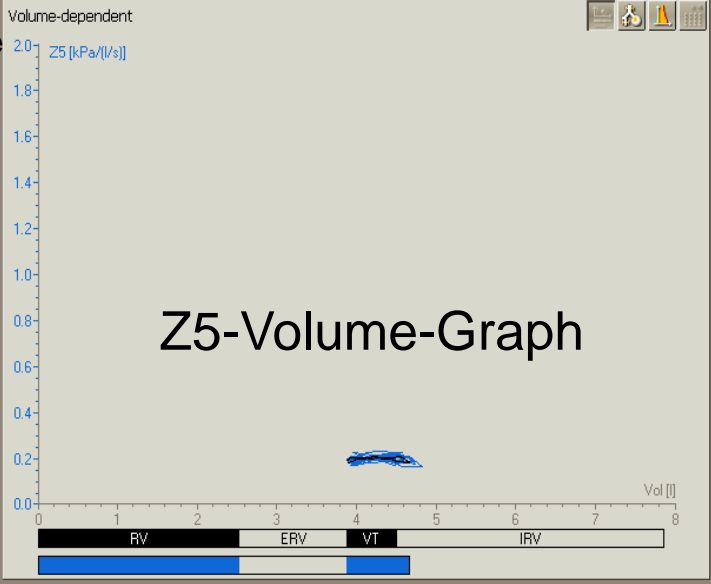
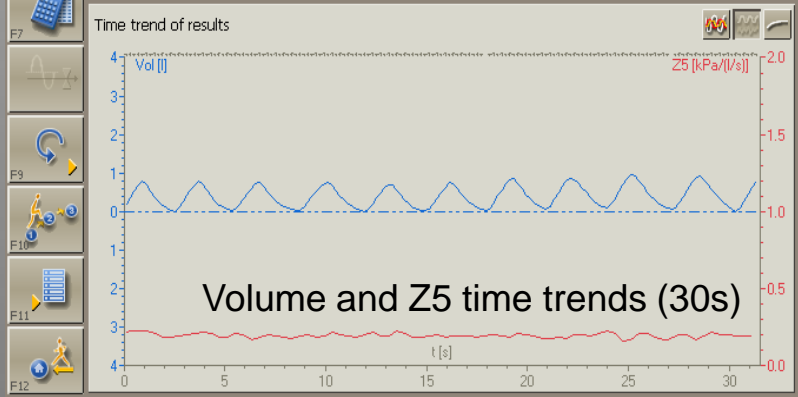
	Pred	Act1	%(Act1/Pred)	Pred-Act1
Z at 5 Hz [kPa/(L/s)]	0.30	0.19	63.7	0.11
<del>R at 5 Hz [kPa/(L/s)]</del>	<del>0.30</del>	<del>0.19</del>	<del>62.5</del>	<del>0.11</del>
R at 20 Hz [kPa/(L/s)]	0.26	0.17	66.8	0.09
Delta R5-R20 [%]		7.64		
X at 5 Hz [kPa/(L/s)]	-0.01	-0.04	284.5	0.02
Resonant frequency [1/s]		7.38		
AX [kPa/L]		0.04		
Stage of disease		0		



Classification Parameters table  
 Dstage = 0

Expiratory Flow Limitation  
 DX5 = 0,02

Classification



1 Reizistence

$$R5 \leq 140\%$$

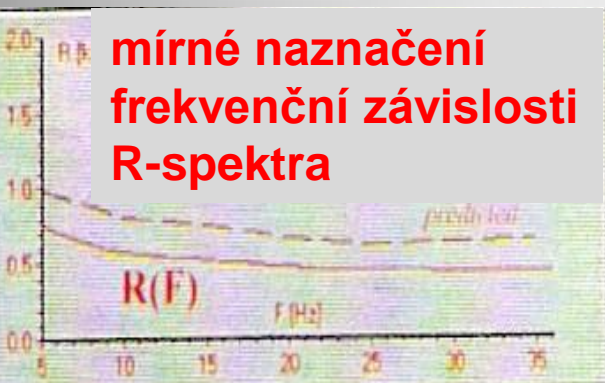
2 Reaktance

$$X5_{\text{měř}} > X5_{\text{nál}} - 0,15$$

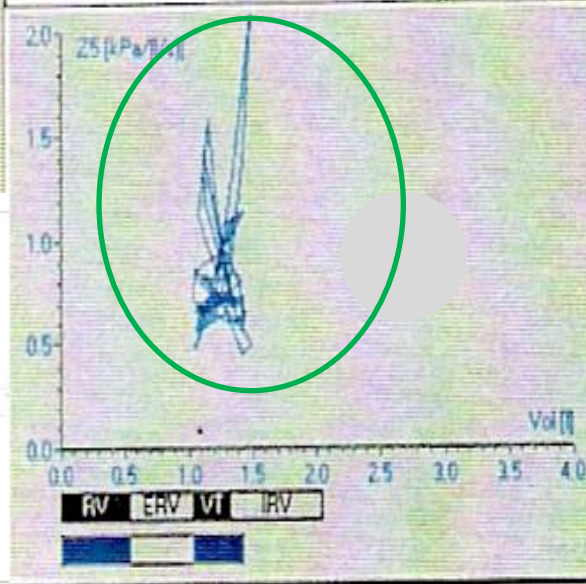
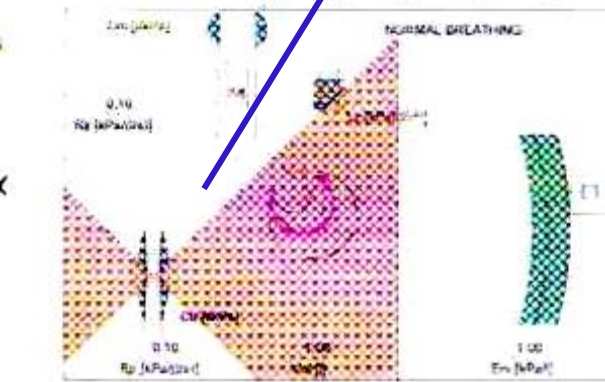
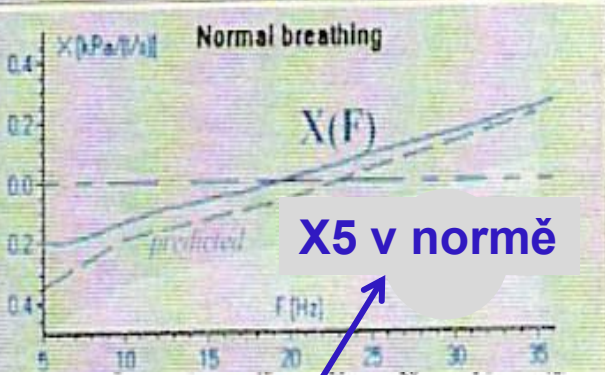
$$X5_{\text{nál}} - X5_{\text{měř}} \leq 0,15$$



# Zvláštnosti IOS u malých dětí



	Pred	Test	ΔPred
VT.....[l]	0.30	0.39	130.2
Z bei 5 Hz.....[kPa/l/s]	1.06	0.79	74.7
R at 5 Hz.....[kPa/l/s]	0.99	0.76	77.2
R at 20 Hz.....[kPa/l/s]	0.67	0.47	70.1
X at 5 Hz.....[kPa/l/s]	-0.35	-0.19	55.9
Resonant frequency..[1/s]		19.53	
AX.....[kPa/l]		1.51	
CO at 5 Hz.....		0.5	
CO at 20 Hz.....		1.0	
Rcentral.....[kPa/l/s]		0.40	
Rperipheral.....[kPa/l/s]		0.55	



- $R5 < 140 \%$
- $X5_{\text{měř}} > X5_{\text{nál}} - 0,15$
- naznačení frekvenční závislosti R-spektra, ale  $\Delta R5-20\% < 35\%$
- Z-V diagram- zamotané Z5 linie- typicky u dětí (zvýšená variabilita u dětí je normální, protože mají menší průsvit dýchacích cest → tendence k turbulenci )

# Pro dosažení objektivního výstupu

Správná instruktáž, event. ukázka

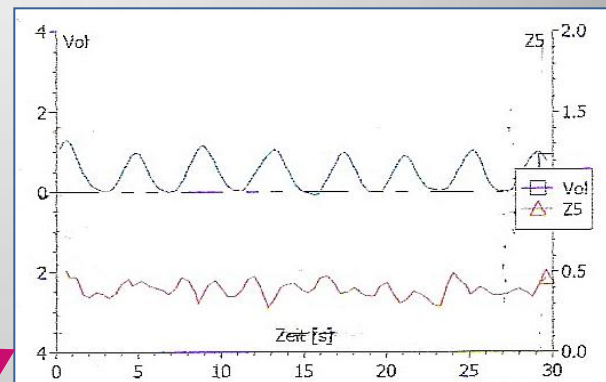
.....



visuální kontrola

# Hodnocení kvality záznamu

- Pravidelná křivka změny objemu v čase
- Konstantní dechový objem VT a dechová frekvence RR
- Pravidelnost Z5-variace, žádné viditelné artefakty
- Minimálně 3 dechové cykly či lépe 30 s záznam
- Stabilita R5, R20, X5 a Fres



R5Hz / 0,31
0,52
R20Hz / 0,27
0,36
X5Hz / -0,02
-0,23
Fres.
17,46

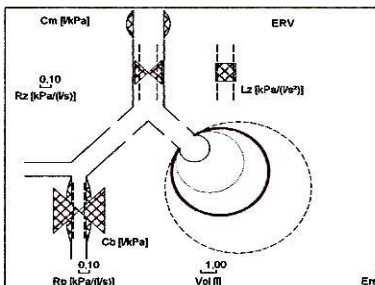
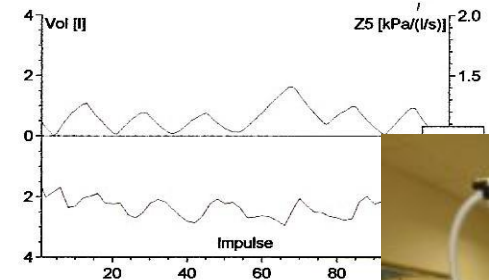
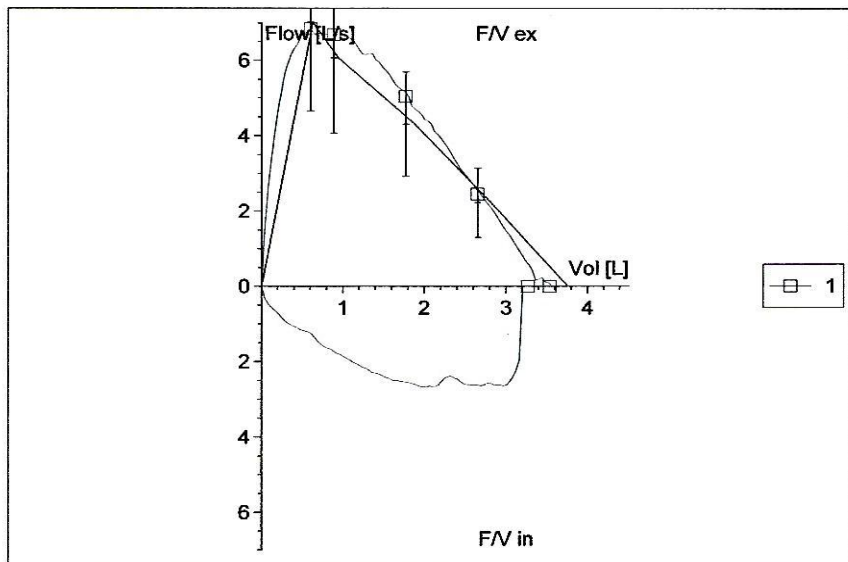
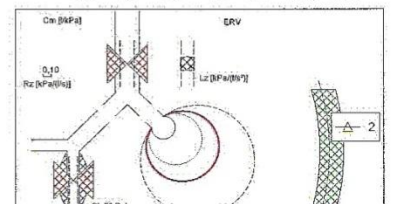
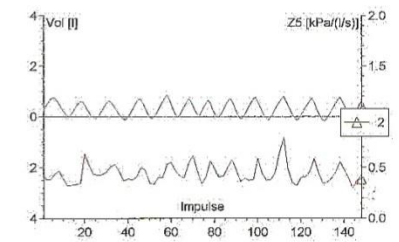
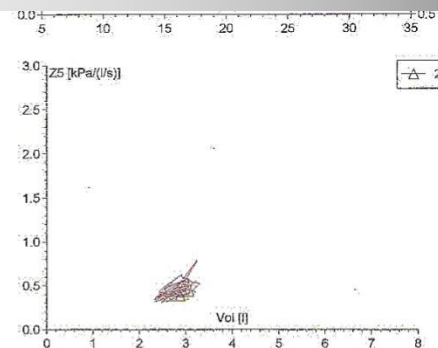
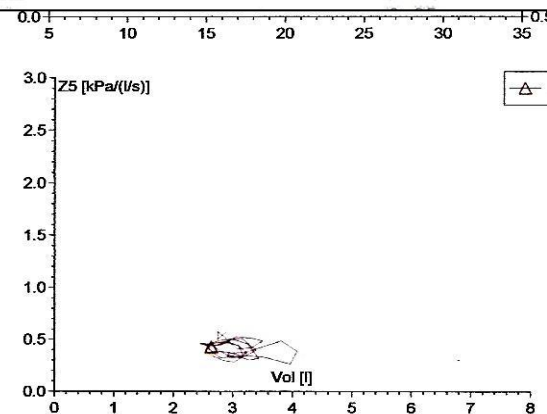
# Nepřidržování tváří

## Pokles odporů R

VT	0.57	0.94	163.4
Z5Hz	0.29	0.38	129.0
R5Hz	0.29	0.37	129.0
R20Hz	0.28	0.19	67.1
X5Hz	-0.07	-0.09	134.9
Fres.		17.33	
Rz		0.13	
Rp		0.25	

	Nál. N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1
X5Hz	-0.07	-0.22	-0.09	

VT	0.57	0.82	142.6
Z5Hz	0.29	0.42	143.4
R5Hz	0.29	0.41	144.3
R20Hz	0.28	0.34	121.4
X5Hz	-0.07	-0.09	132.2
Fres.		14.46	
Rz		0.25	

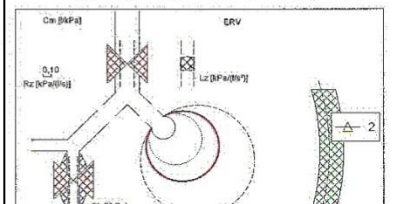
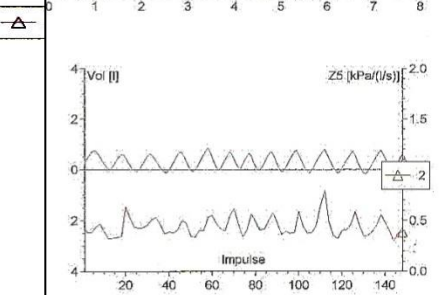
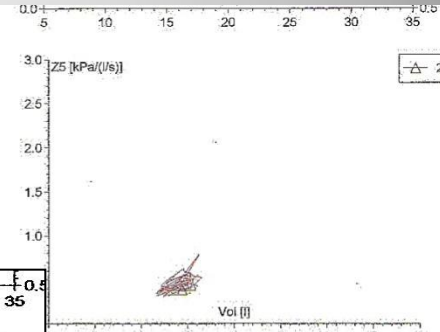




# Řádně neobjemutý náustek & nepřidržování tváří

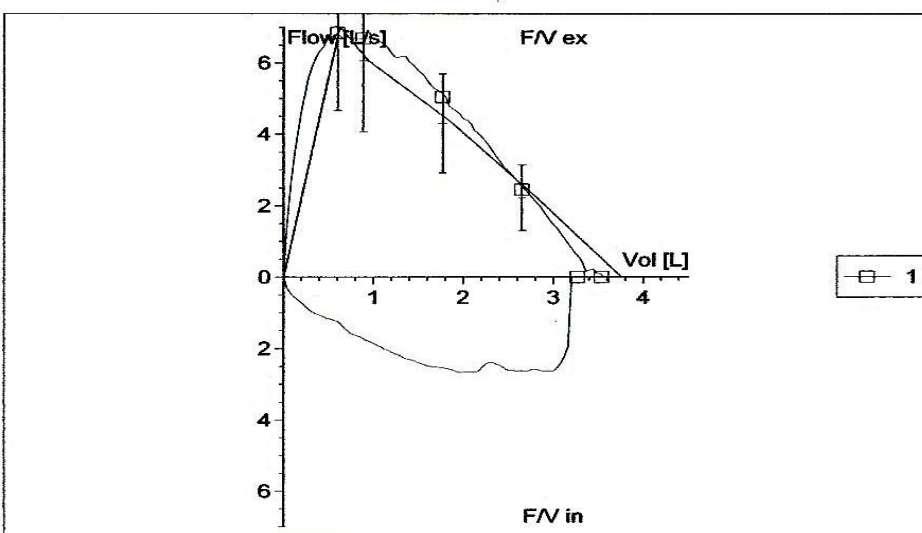
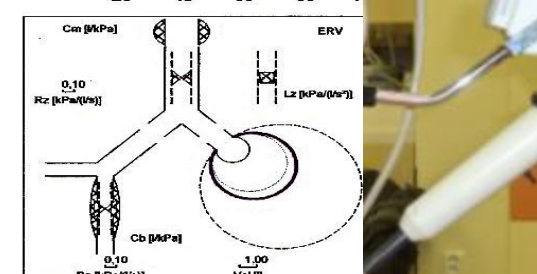
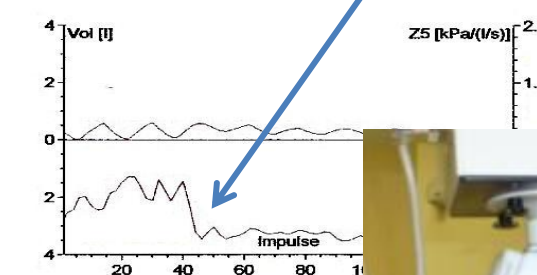
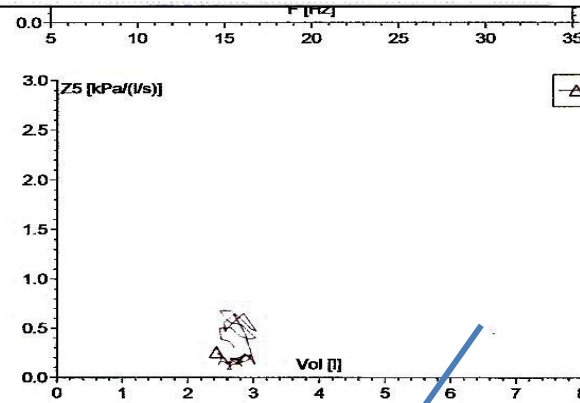
Pokles odporů R cca na 1/2

VT	0.57	0.82	142.6
Z5Hz	0.29	0.42	143.4
R5Hz	0.29	0.41	144.3
R20Hz	0.28	0.34	121.4
X5Hz	-0.07	-0.09	132.2
Fres.		14.46	
Rz		0.25	
Rp		0.25	



VT	0.57	0.32	55.3
Z5Hz	0.29	0.21	71.2
R5Hz	0.29	0.21	73.2
R20Hz	0.28	0.21	73.7
X5Hz	-0.07	-0.01	8.9
Fres.		6.98	
Rz		0.08	
Rp		0.10	

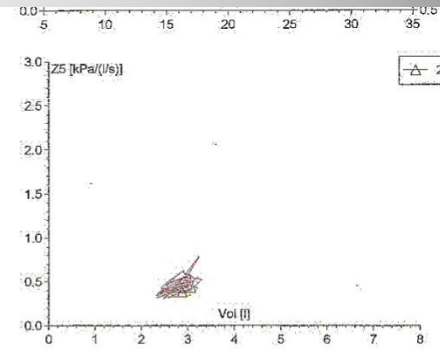
	Nál.	N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1
X5Hz	-0.07	-0.22		-0.01	



# Vsunutý jazyk do náustku

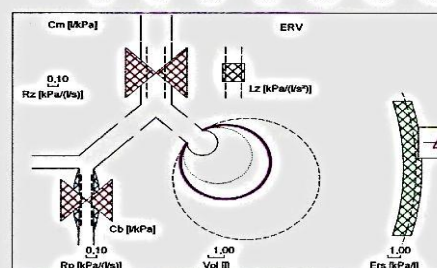
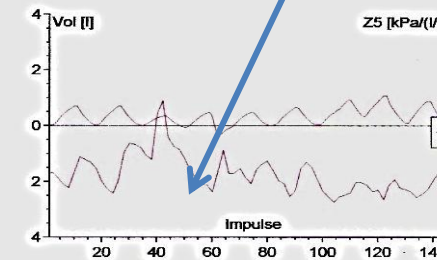
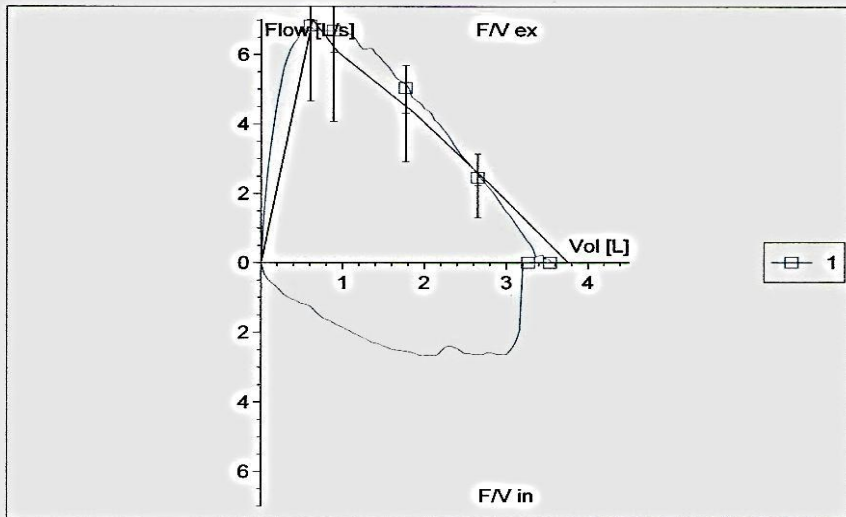
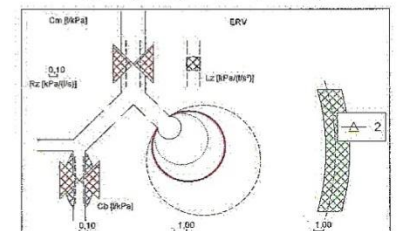
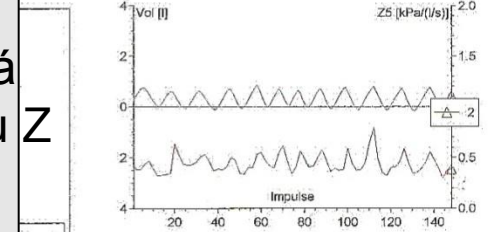
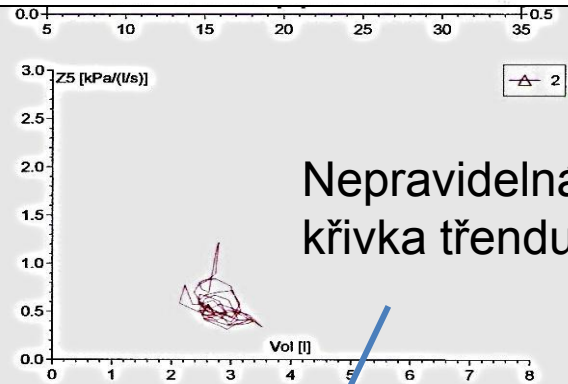
Zvýšení X5, R5 i R20

VT	0.57	0.82	142.6
Z5Hz	0.29	0.42	143.4
R5Hz	0.29	0.41	144.3
R20Hz	0.28	0.34	121.4
X5Hz	-0.07	-0.09	132.2
Fres.		14.46	
Rz		0.25	
Rp		0.25	



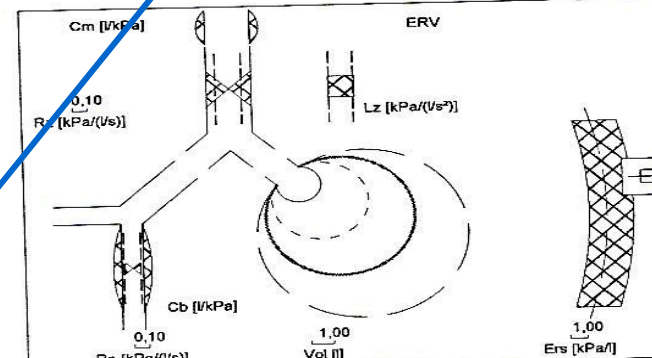
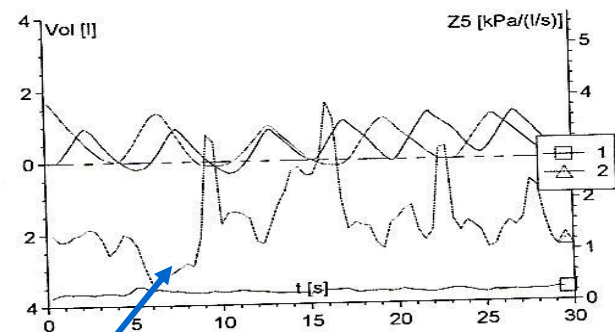
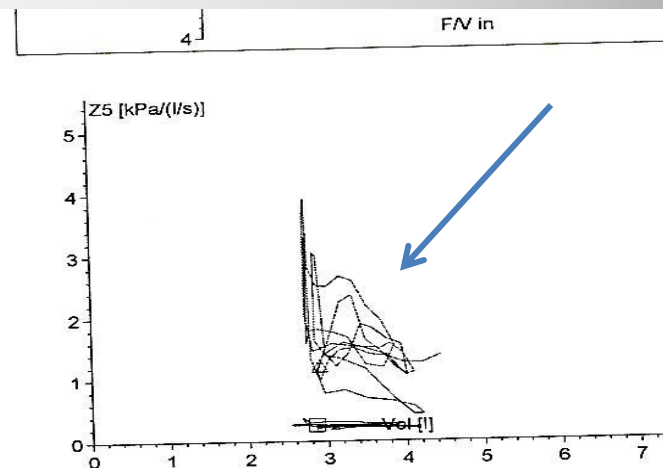
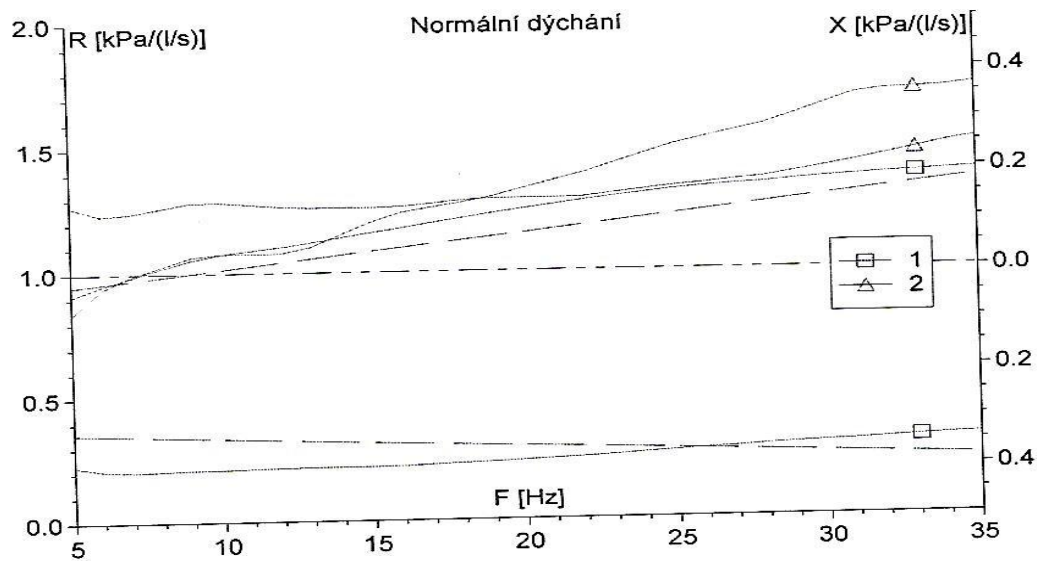
VT	0.57	0.72	124.9
Z5Hz	0.29	0.51	173.3
R5Hz	0.29	0.50	176.7
R20Hz	0.28	0.40	140.8
X5Hz	-0.07	-0.07	103.7
Fres.		16.08	
Rz		0.30	
Rp		0.25	

	Nál.	N-0.15	Akt.1	Akt.2	D&2/1
X5Hz	-0.07	-0.22	-0.07		



# Vsunutý jazyk do náustku X

Z5Hz	3.64	2.36	64.9	12.99	449.8
R5Hz	3.63	2.32	63.9	12.96	458.8
R20Hz	3.02	2.42	80.2	13.17	444.7
X5Hz	-0.27	-0.45	162.8	-0.82	84.0
Fres		7.34		7.22	-1.7
Rc		1.55		7.16	361.6
Rp		0.51		3.06	500.0
	Nál.	Nál-M1		Nál-M2	
X5Hz	-0.27	0.17		0.55	

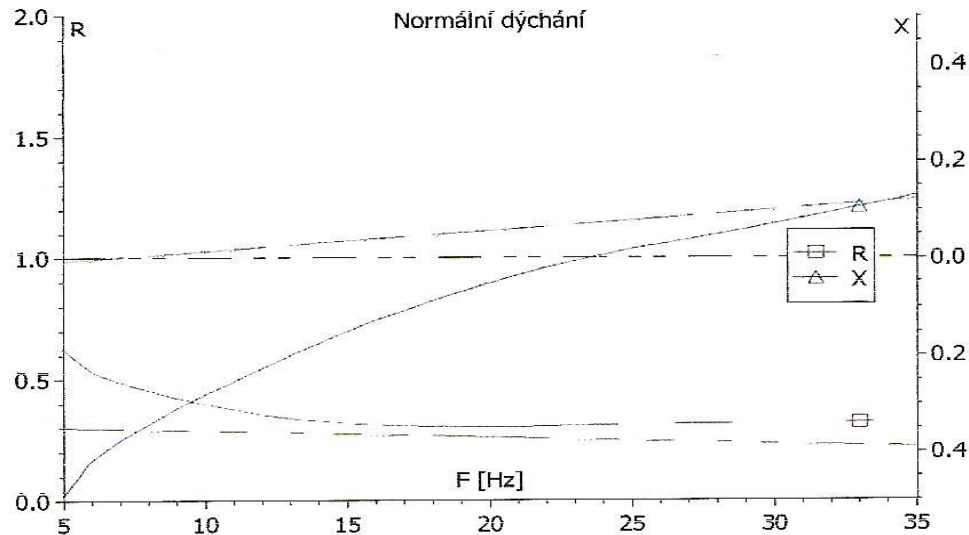




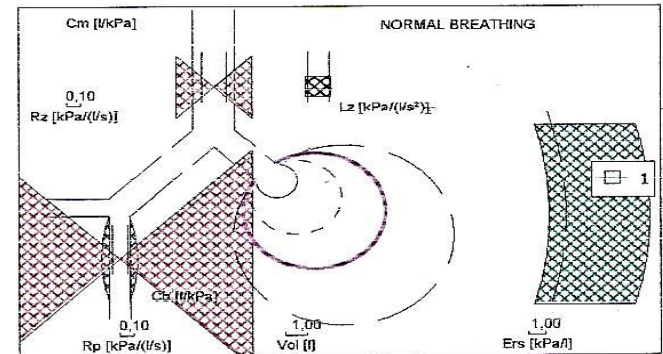
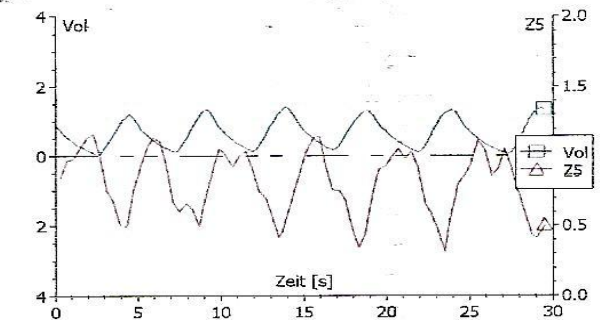
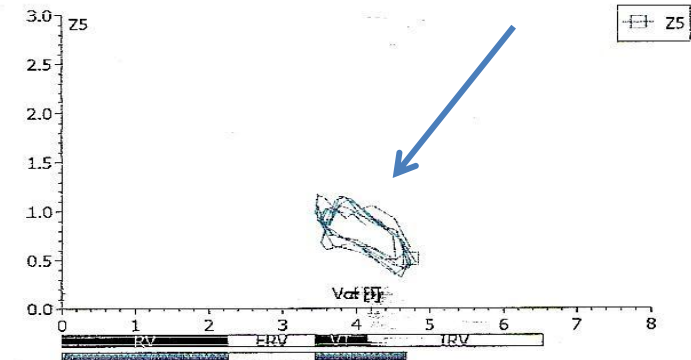
# x těžká CHOPN

Z5Hz	0.29	0.79	268.2
R5Hz	0.29	0.62	209.7
R20Hz	0.25	0.30	116.5
X5Hz	-0.01	-0.49	4636.8
Fres.		23.79	

Rz	0.27
Rp	0.95



zvýšený celkový odpor dých.cest  
a odpory na periférii DC

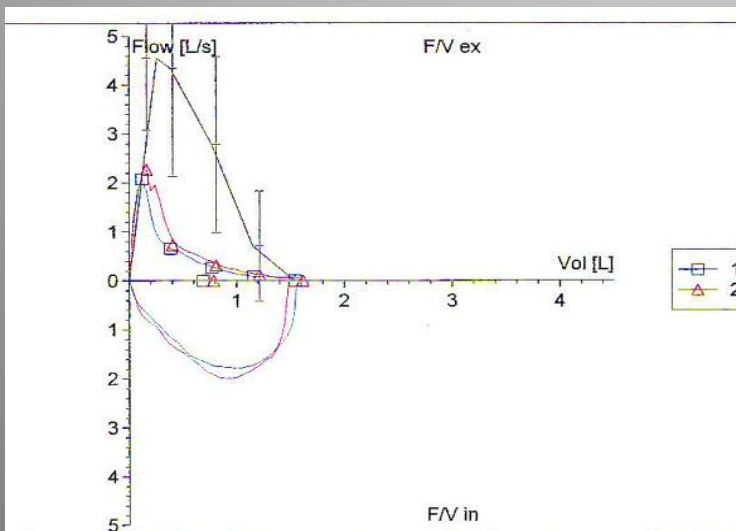
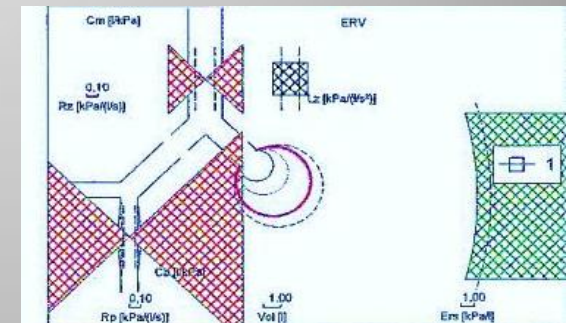
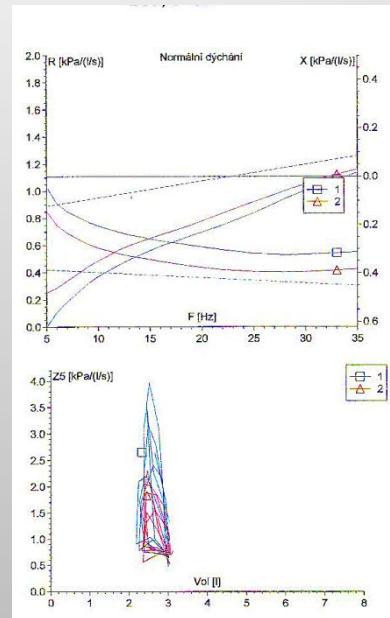


# **Impulsní oscilometrie u obstrukčních nemocí**

# CHOPN a Impulsní oscilometrie

Datum 15.10.13

	Nál.	Akt.1	%1/Nál	Akt.2	%2/Nál	D%2/1
Datum	15.10.	15.10.				
Čas	09:20:	09:43:				
FVC	1.53	1.54	100.5	1.61	105.3	4.8
VC IN	1.63	1.55	95.3	1.46	89.6	-6.0
FEV 1	1.20	0.69	57.1	0.79	65.3	14.3
FEV1%M	74.47	44.27	59.4	48.22	64.7	8.9
PEF	4.55	2.08	45.6	2.27	49.8	9.1
MEF 25	0.71	<<	<<	0.12	17.0	<<
MEF 50	2.79	0.26	9.3	0.31	11.1	19.7
MEF 75	4.34	0.65	15.0	0.73	16.7	11.5



VT	0.46	0.77	167.9	0.76	165.6	-1.4
Z5Hz	0.44	1.21	274.0	0.98	222.6	-18.8
R5Hz	0.42	1.03	244.5	0.85	201.8	-17.5
R20Hz	0.36	0.59	162.4	0.44	120.5	-25.8
X5Hz	-0.12	-0.62	508.7	-0.48	394.0	-22.5
Fres.		33.87		32.39		-4.4
Rz		0.33		0.33		0.4
Rp		1.00		0.85		-15.0
	Nál.	N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1	
X5Hz	-0.12	-0.27	-0.62	-0.48	-22.5	

VT	0.46	0.77	167.9	0.76	165.6	-1.4
Z5Hz	0.44	1.21	274.0	0.98	222.6	-18.8
R5Hz	0.42	1.03	244.5	0.85	201.8	-17.5
R20Hz	0.36	0.59	162.4	0.44	120.5	-25.8
X5Hz	-0.12	-0.62	508.7	-0.48	394.0	-22.5
Fres.		33.87		32.39		-4.4
Rz		0.33		0.33		0.4
Rp		1.00		0.85		-15.0

	Nál.	N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1
X5Hz	-0.12	-0.27	-0.62	-0.48	-22.5

1. **R5 > 140%**

$X5 < X5_{nál} - 0,15$

$X5_{nál} - X5_{měř} > 0,15 \text{ kPa}/(l/s)$

2. Vysoké hodnoty **Fres**

3. Rezistenční a reaktanční spektrum

Frekvenční závislost R spektra

$\Delta R5 - 20\% > 35$

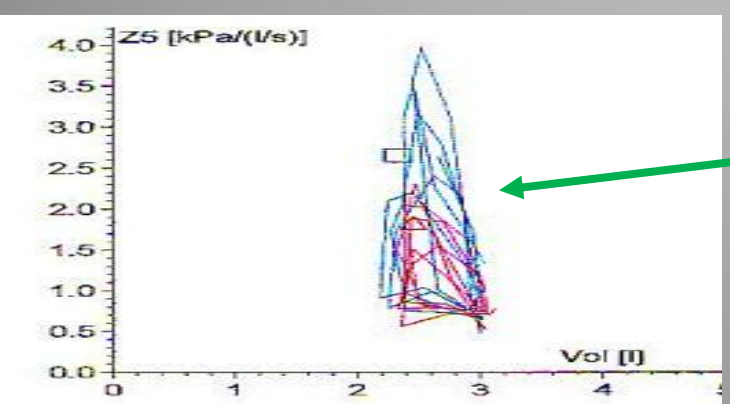
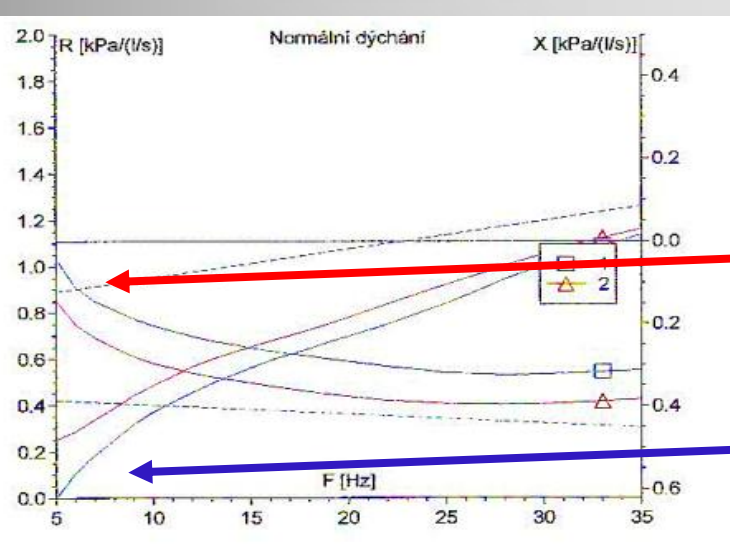
$X5$  výrazně klesá- perif.obstrukce

4. **Z5-V graf**

- kruhové linky Z5

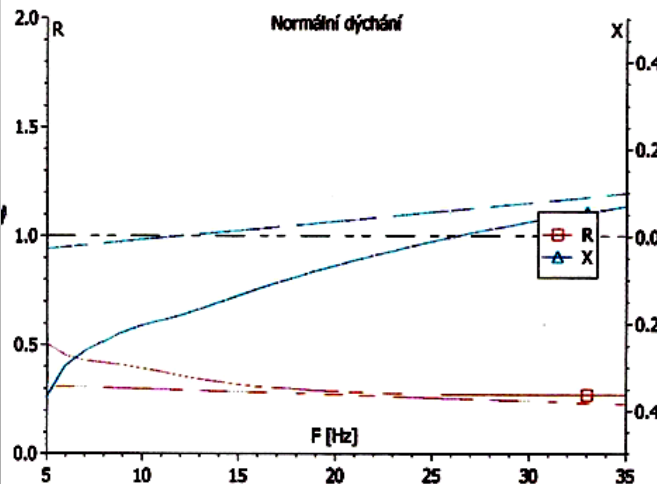
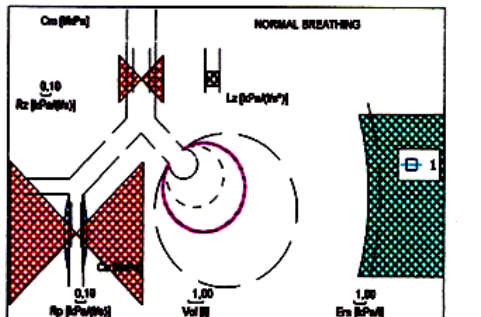
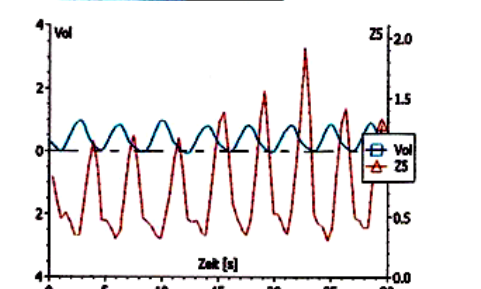
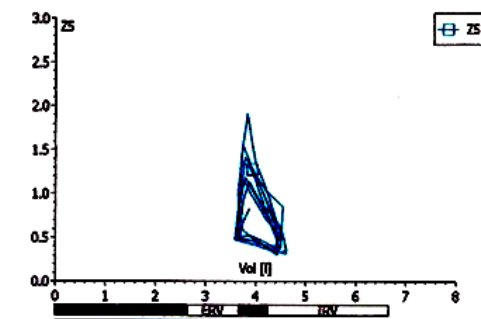
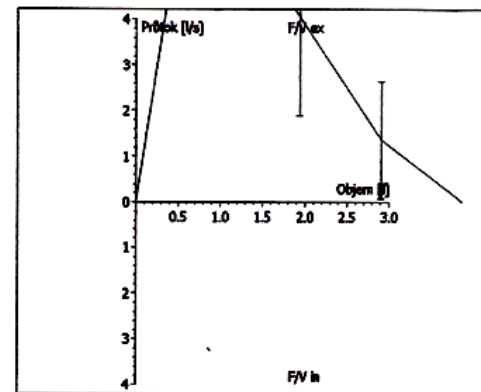
- Viditelné okénko uvnitř

>>>> kolapsibilita perif.dých.cest



# Záznam typický pro pacienta s CHOPN:

	NÁL.	MĚŘ. 1	SNÁL	MĚŘ. 2	D42/1
Datum		12.12.2001			
Čas		06:58:12dop.			
<hr/>					
FVC		3.87			
VC IN		4.01			
FEV 1		2.95			
FEV1%M		74.25			
PEF		7.80			
MEF 25		1.36			
MEF 50		4.05			
MEF 75		7.00			
<hr/>					
VT	0.59	0.90	151.7		
<hr/>					
Z5Hz	0.31	0.63	200.5		
R5Hz	0.31	0.51	162.9		
R20Hz	0.27	0.29	105.8		
X5Hz	-0.03	-0.37	1256.4		
Fres.		26.18			
<hr/>					
Rz		0.23			
Rp		0.70			



Zvýšené odpory, zvláště periferní, známky airtrappingu

Vysoké celkové odpory R5

Frekvenční závislost R spektra

R spektra

$\Delta R5$ - 20%

Vysoké odpory na periférii X5

Typický tvar Z-V křivky


Vysoká hodnota Fres.

# Soubor 1, pacienti s CHOPN

- N = 63
- ♀ 25
- ♂ 38
- **Věk 48-78 let, medián 68**
- **Stadium II, III, IV**



# ANALÝZA souboru

	n	Medián parametrů IOS				IOS Z-V 
		R5	R20	X5	Fres	
Stadium II	32	166	124	-0,3	24,1	85 %
Stadium III	27	218	135	-0,46	27,7	93 %
Stadium IV	4	231	164	-0,56	28,7	100 %
<b>Celkem:</b>	<b>63</b>	<b>206</b>	<b>133</b>	<b>-0,36</b>	<b>25,4</b>	<b>87 %</b>

# Detekce EFL Expiratory flow limitation

Měření reaktance během dechového cyklu představuje přesnou, spolehlivou, neinvazivní techniku pro detekci expiračního flow-limitu u pacientů s CHOPN

## Expiratory flow limitation

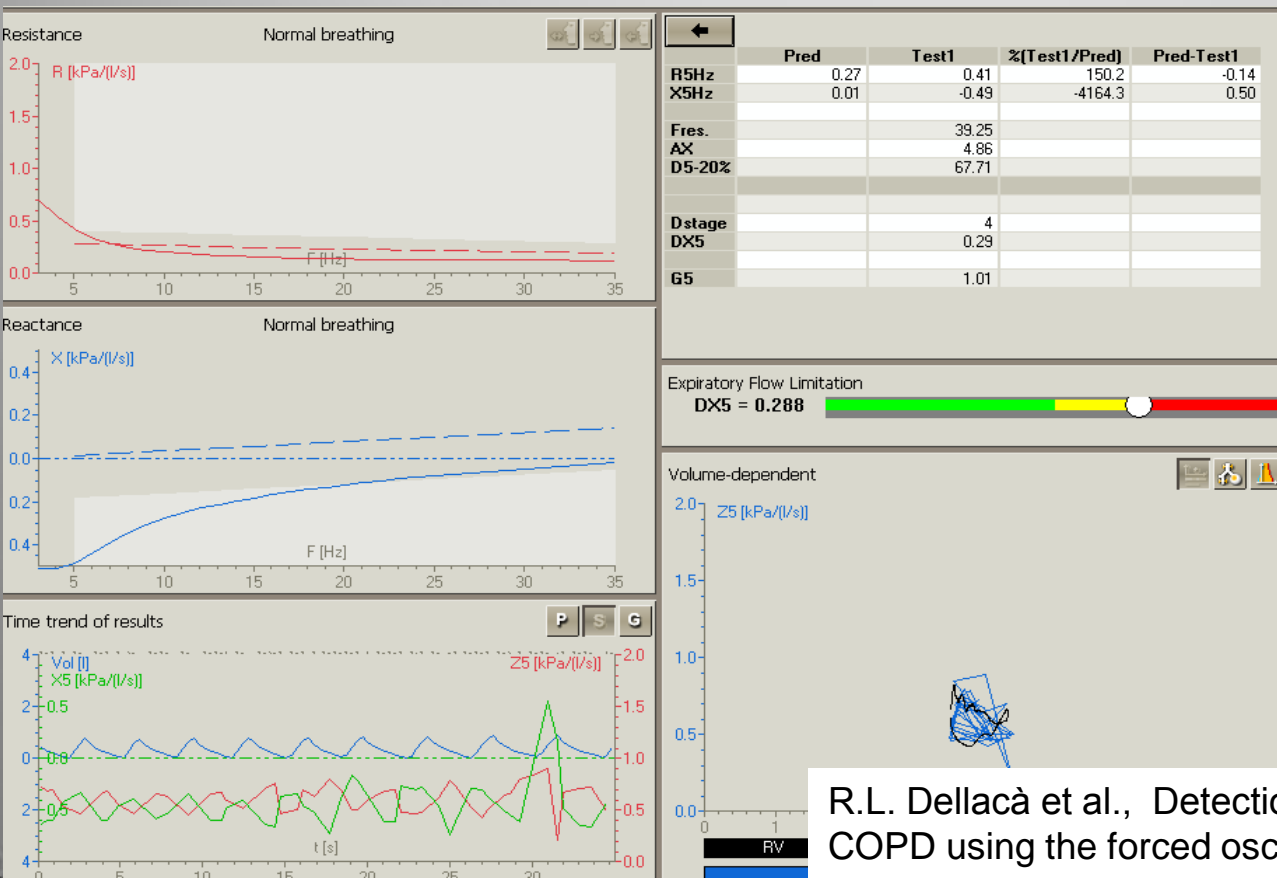
Hlavní faktor **dynamické** hyperinflace a limitace námahy u pacientů s CHOPN.

Při měření EFL lze spolehlivě určit dechy, a tudíž dobu kdy průtoková limitace začíná.

Je užitečné i v podmínkách, kdy je průtoková limitace těžko změřitelná, jako během cvičení či na JIP..

# Detekce EFL při IOS- metodika podle Dellacà

- Předpokladem je kontinuální záznam reaktance X5 při klidovém dýchání.
- V případě EFL impulsy nedosahují k alveolům, ale jsou blokováné kritickými místy, které ovlivňují X5
- EFL... $\Delta$  Xrs Rozdíl prům.hodnot X5 mezi inspiriem a expiriem



Automatická klasifikace nemoci

Detekce EFL

R.L. Dellacà et al., Detection of expiratory flow limitation in COPD using the forced oscillation technique ERJ 2004, 232-240

# Flow limited patient

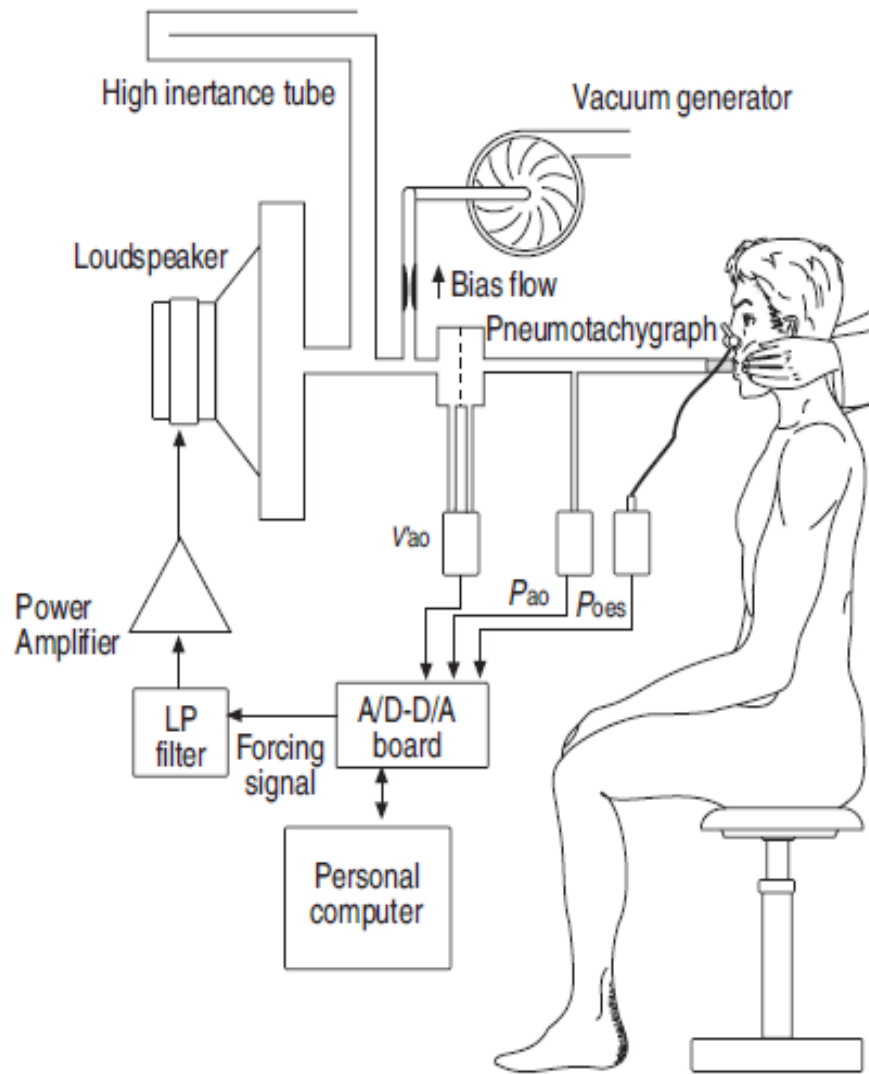
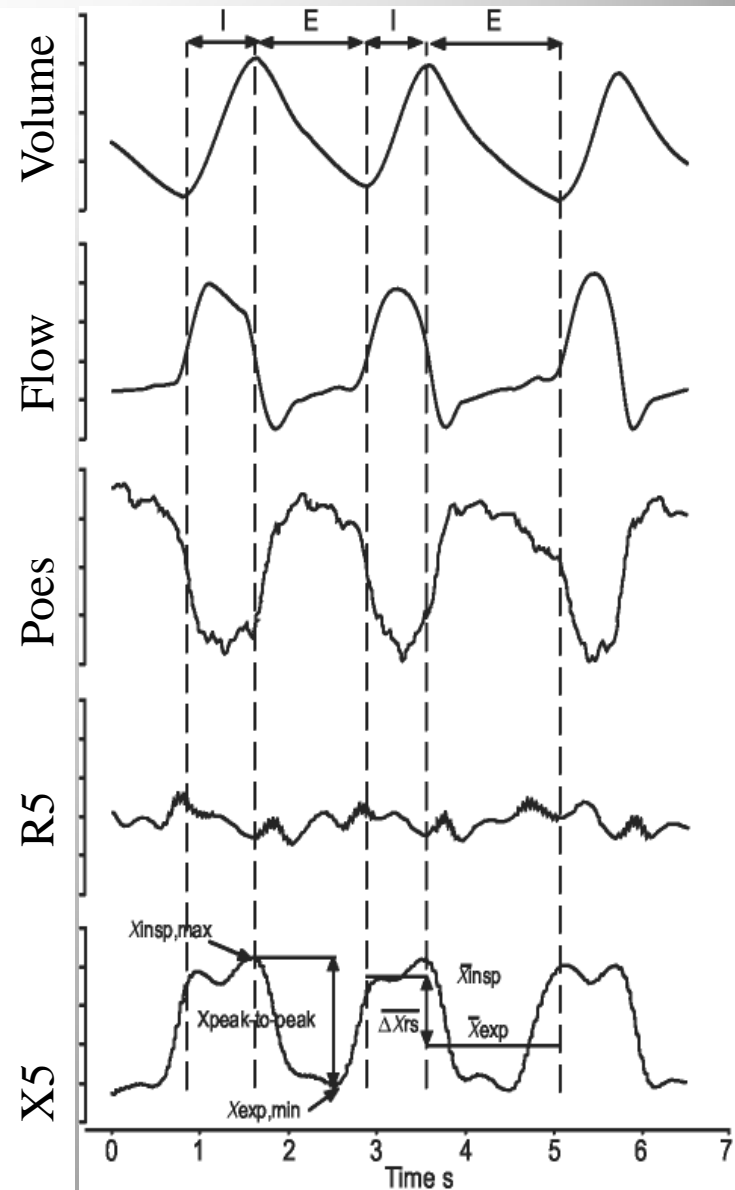
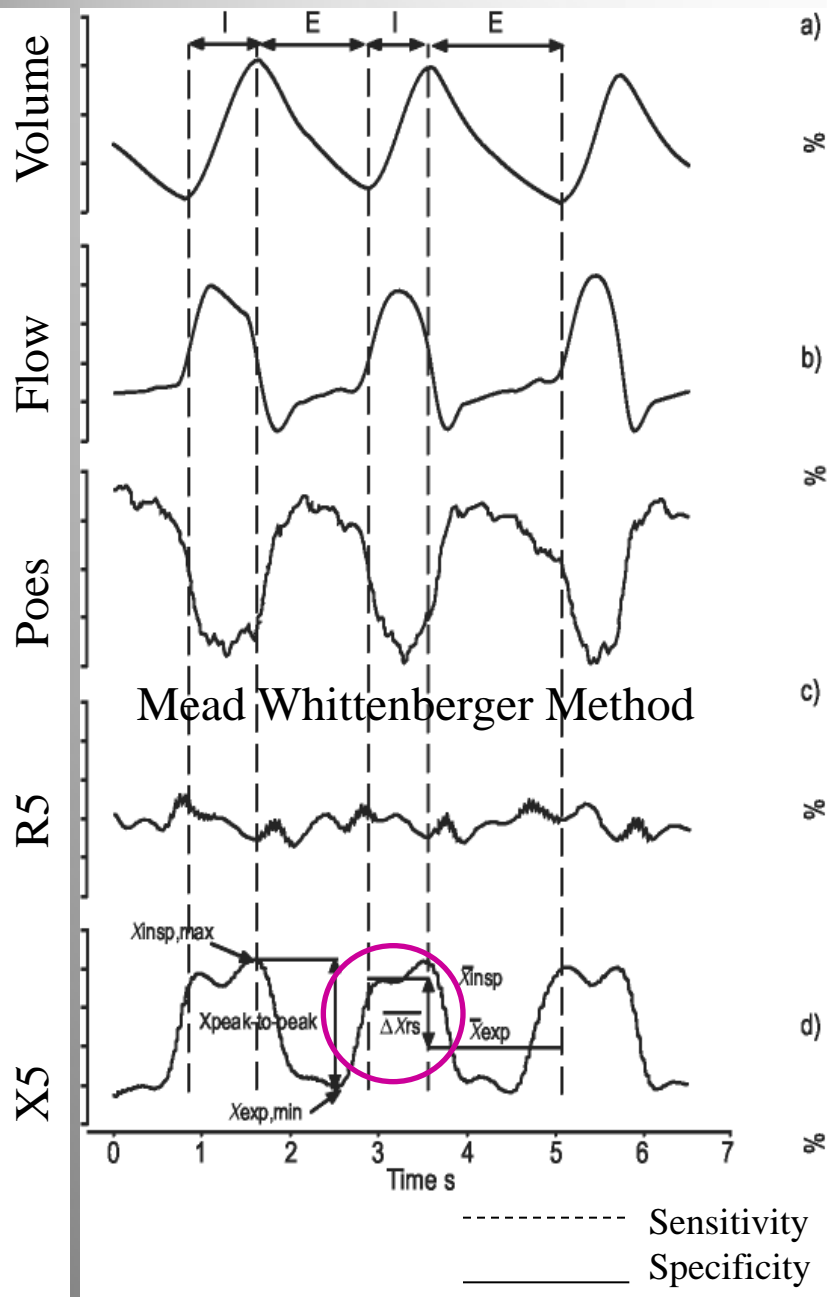


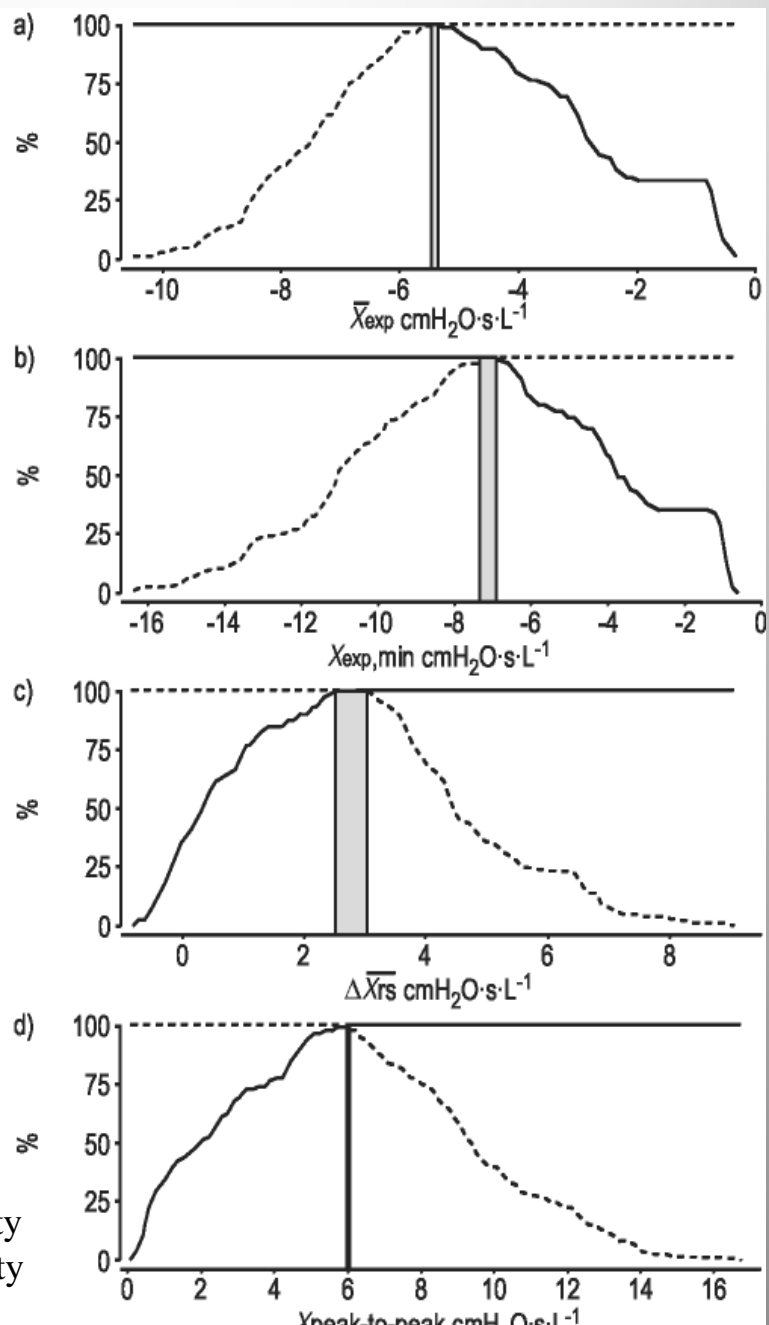
Fig. 1.- Experimental set-up for within-breath impedance measurement.  $V'_{ao}$ : flow at airway opening;  $P_{ao}$ : pressure at airway opening;  $P_{oes}$ : oesophageal pressure; LP: low pass; A/D-D/A: analogue-to-digital and digital-to-analogue.



# Flow limited patient



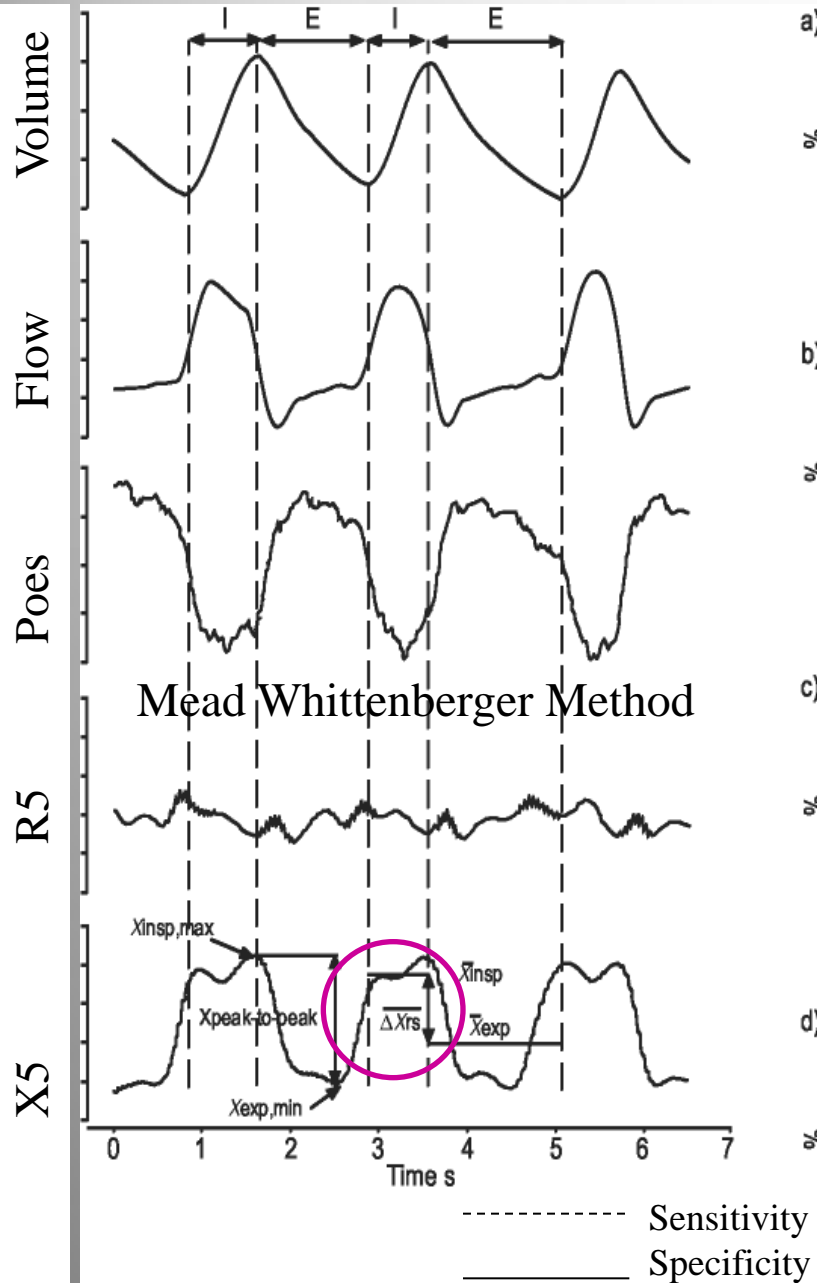
# Senzitivita a specificita



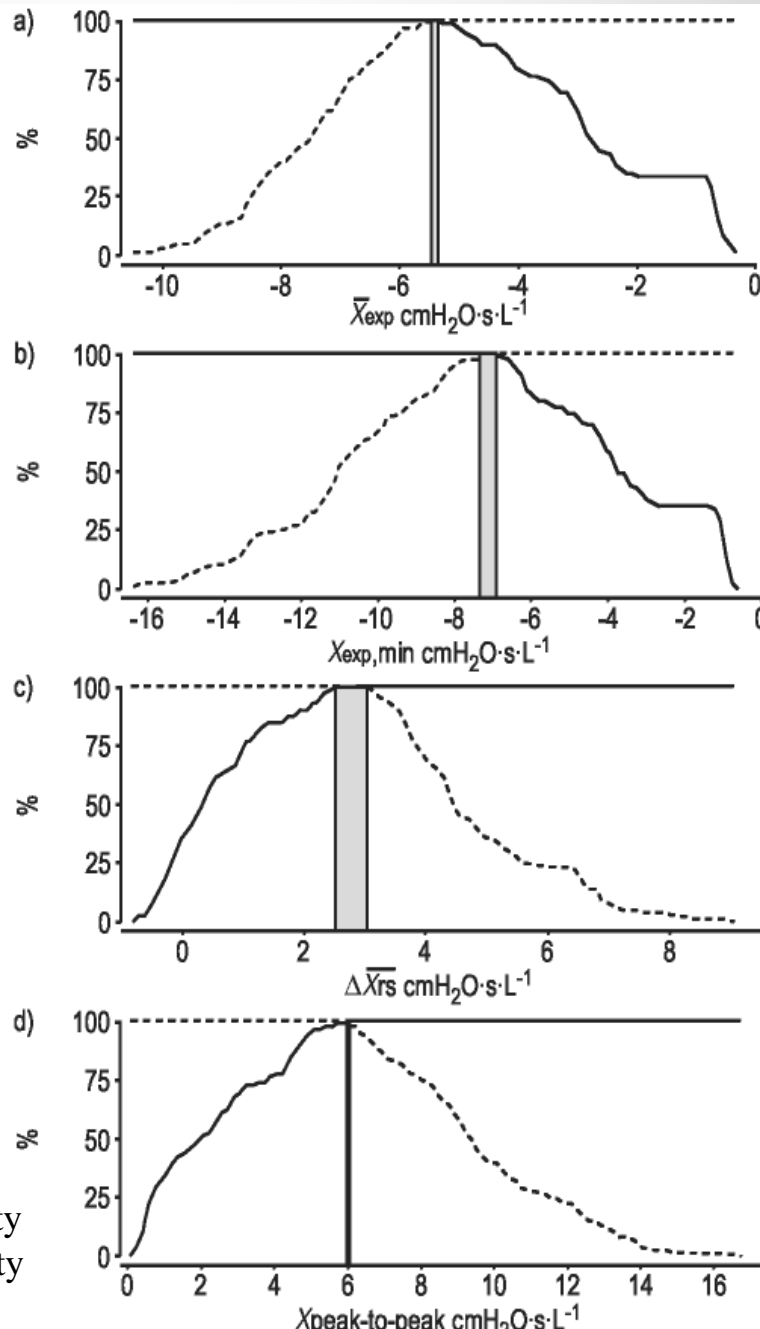
# Parameter

- $X_{exp}$
- Průměrný výdech
- $X_{exp, min}$
- Minimální X5 ve výdechu
- $\Delta X_{rs}$
- Rozdíl průměrných hodnot mezi inspiem a expiriem
- $X_{peak-to-peak}$
- Rozdíl mezi vrcholovými hodnotami

# Flow limited patient



# Senzitivita a specificita



# Parameter

$X_{exp}$

Průměrný výdech

$X_{exp, min}$

Minimální X5 ve výdechu

$\Delta X_{rs}$

Rozdíl průměrných hodnot mezi inspiem a expiriem

$X_{peak-to-peak}$

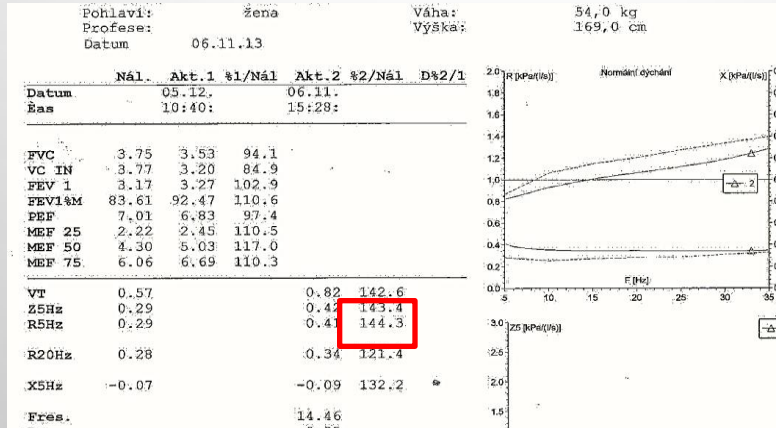
Rozdíl mezi vrcholovými hodnotami



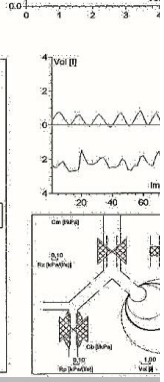
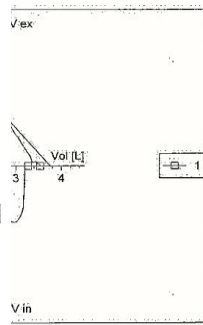
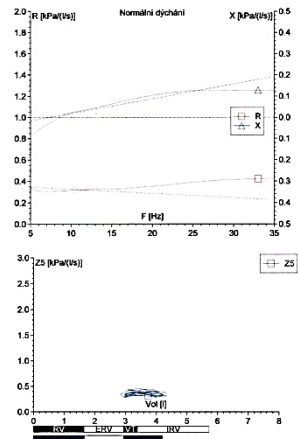
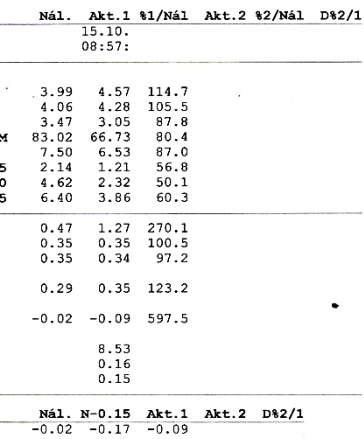
# IOS a CHOPN

- Posouzení periferní obstrukce
- Posouzení tíže nemoci
- Hodnocení reverzibility obstrukce
- Detekce hyperinflace, EFL

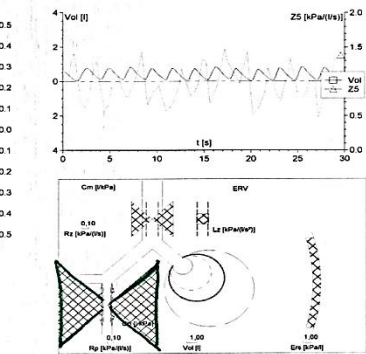
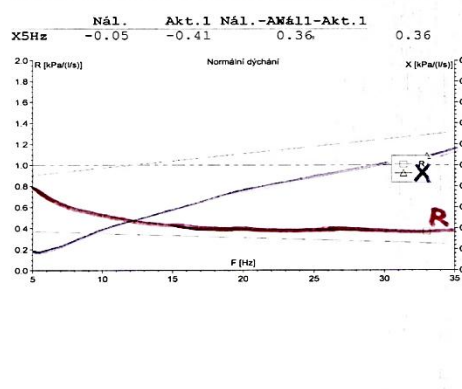
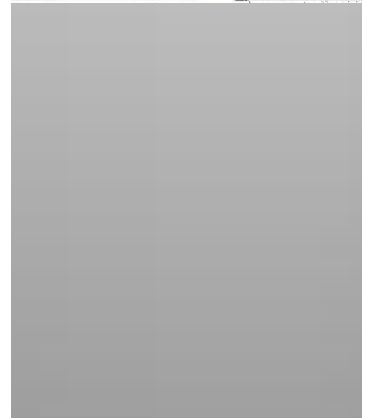
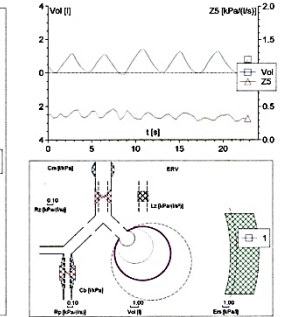
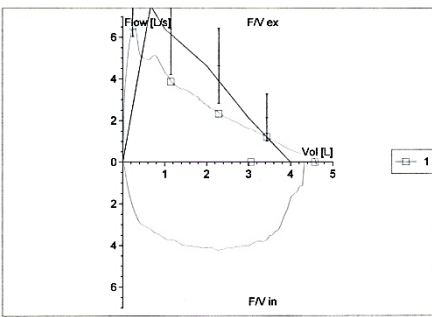
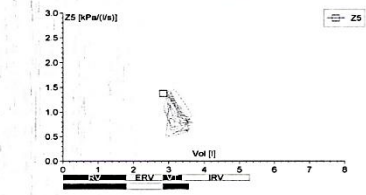
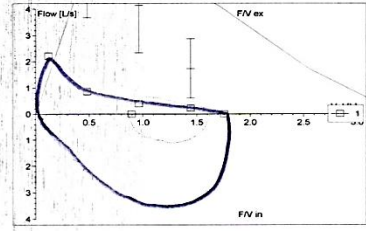
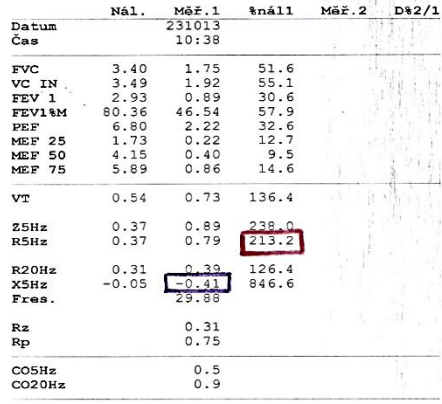
# Impulsní oscilometrie a astma



Dat.nar.: 30.06.1979      Věk: 34 let  
 Pohlaví: žena      Váha: 78,0 kg  
 Profese:      Výška: 174,0 cm  
 Datum: 15.10.13



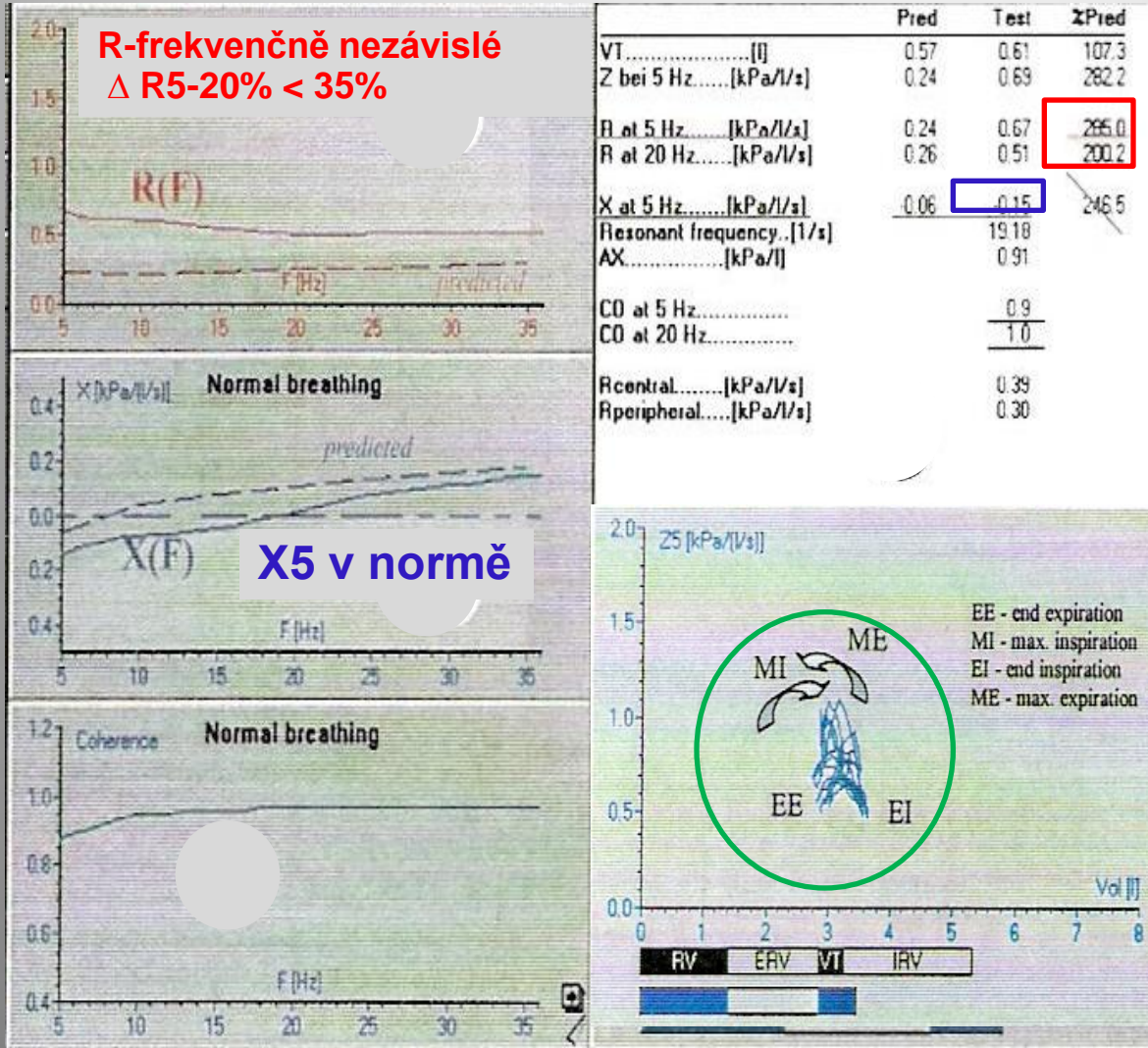
Dat.nar.: 20.09.1967      Věk: 46 Years  
 Pohlaví: female      Váha: 75,0 kg  
 Profese: Pekařka      Výška: 169,0 cm



# IOS u astma bronchiale

Astma- zvýšení centrálních odporů

- R5 > 140%
- R20 > 140%-  
centrální obstrukce



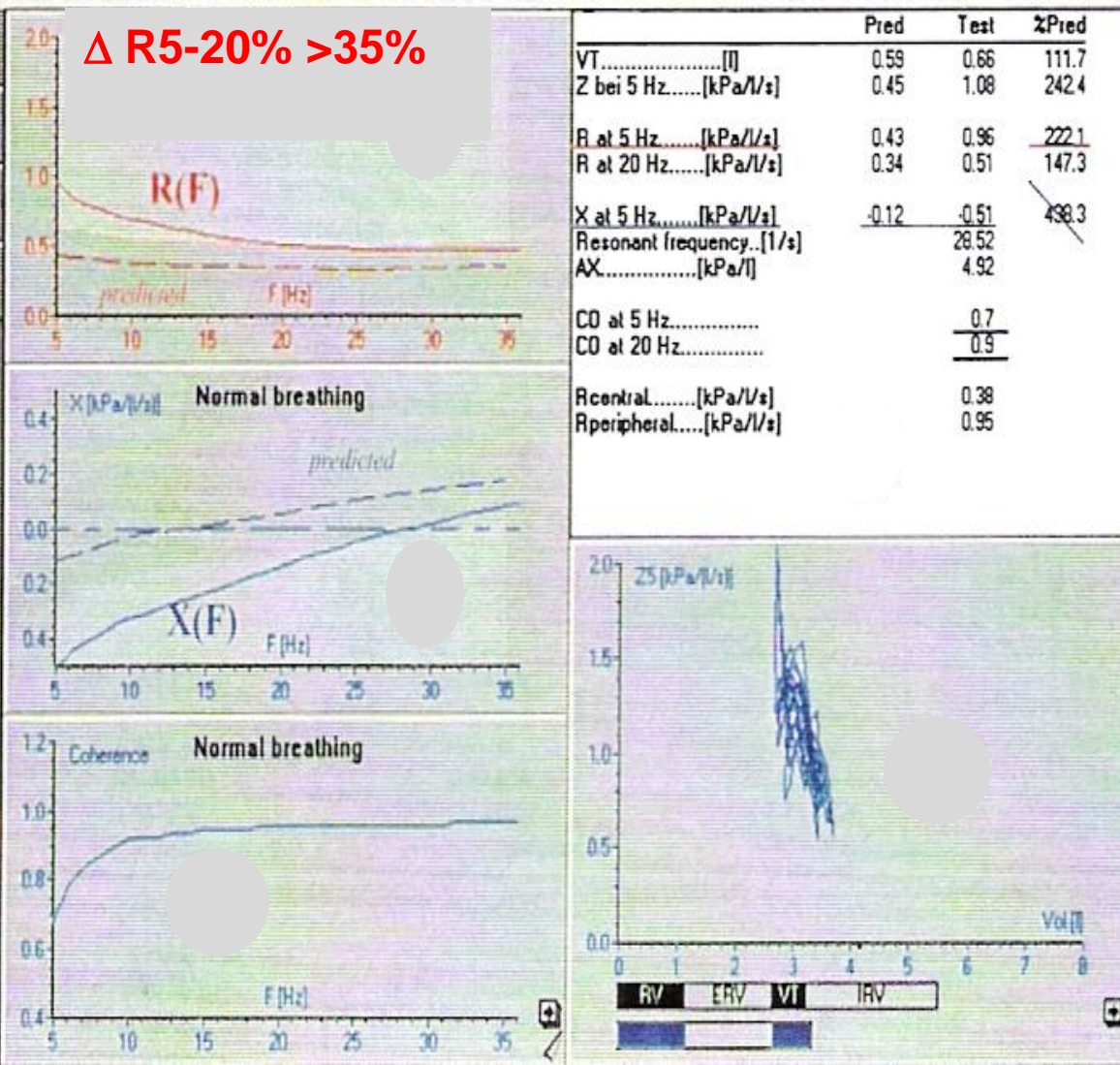
- $\Delta R5-20\% < 35\%$

- $X5_{\text{měř}} > X5_{\text{nál}} - 0,15$
- F res nižší(v normě)
- Z-V diagram  
zamotané, spletené  
linie- typické pro  
astma



# IOS u astma bronchiale

- Astma- zvýšení periferních odporů



$R_{5} > 140\%$

$R_{20} > \vee < 140\%$

Frekvenční závislost

R spektra

$X_{\text{měř}} < X_{\text{nál}} - 0,15$

X- silně klesá-

perif.obstrukce

Z-V diagram- smotané,  
spletené linie- typické  
pro astma

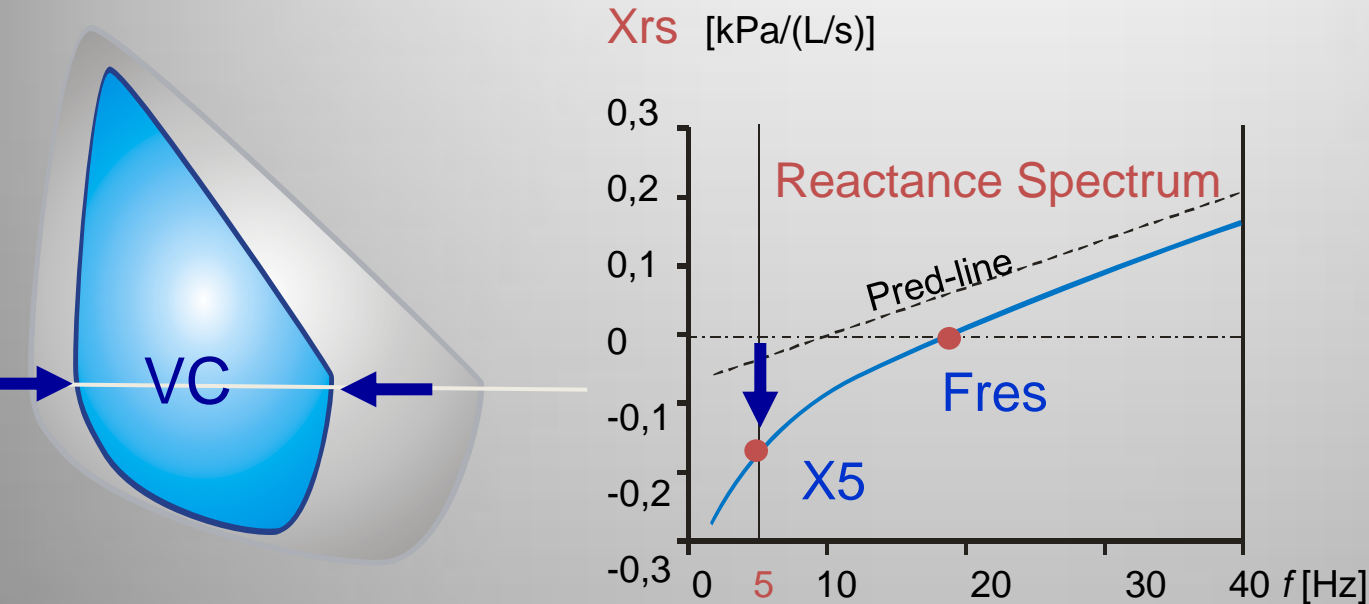
Zvýšení Fres

# IOS u astma bronchiale

- Potvrzení bronchiální hyperreaktivity
- Diferenciace typu postižení- centrální či periferní DC

# IOS u jiných ventilačních poruch

## Restrikce



- Snížení plicní reaktance X5 až při výraznějším stupni postižení
- Nutné doplnění bodypletysmografie



# Restrikční VP lehkého st.

Pohlaví: žena      Váha: 78,0 kg  
 Profese:              Výška: 158,0 cm  
 Datum: 15.10.13

	Nál.	Akt.1	%1/Nál	Akt.2	%2/Nál	D%2/1
Datum	15.10.	15.10.				
Čas	13:46:	14:00:				

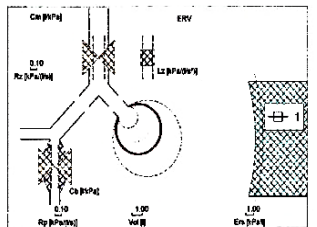
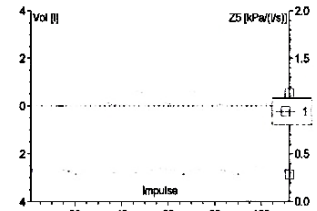
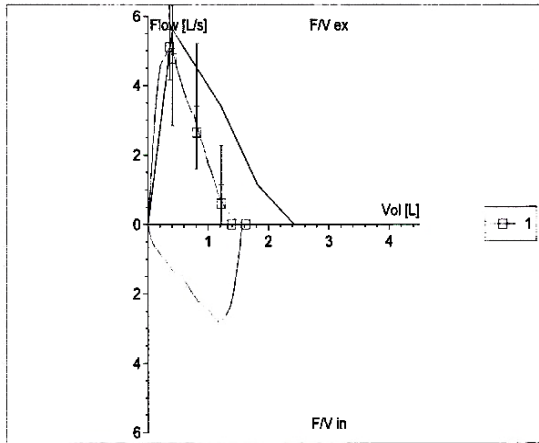
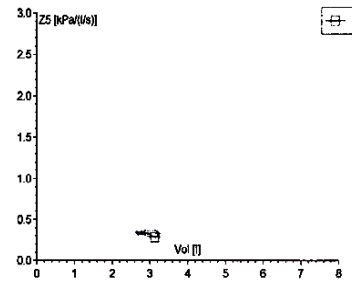
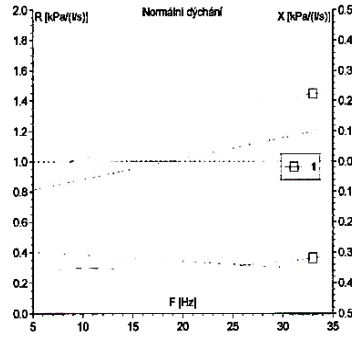
FVC	2.42	1.62	66.9
VC IN	2.52	1.63	64.7
FEV 1	2.02	1.39	68.9
FEV1%M	76.75	81.32	106.0
PEF	5.63	5.11	90.7
MEF 25	1.14	0.60	52.6
MEF 50	3.41	2.65	77.7
MEF 75	5.06	4.78	94.4

VT	0.56	0.63	112.4
Z5Hz	0.41	0.33	79.1
R5Hz	0.40	0.31	77.2

R20Hz	0.34	0.28	83.2
X5Hz	-0.09	-0.10	107.7

Fres.	8.75
Rz	0.24
Rp	0.25

	Nál. N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1
X5Hz	-0.09	-0.24	-0.10	



# Restrikční VP těžkého st.

Dat.nai.: 20.07.1999      Vlk.: 30 let  
 Pohlaví: žena      Váha: 122,0 kg  
 Profese:              Výška: 170,0 cm  
 Datum: 06.11.13

	Nál.	Akt.1	%1/Nál	Akt.2	%2/Nál	D%2/1
Datum	06.11.					
Čas	13:57:					

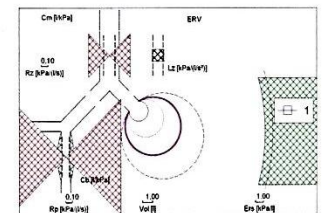
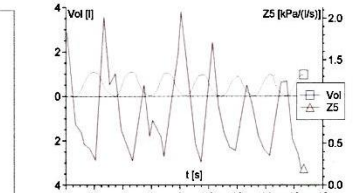
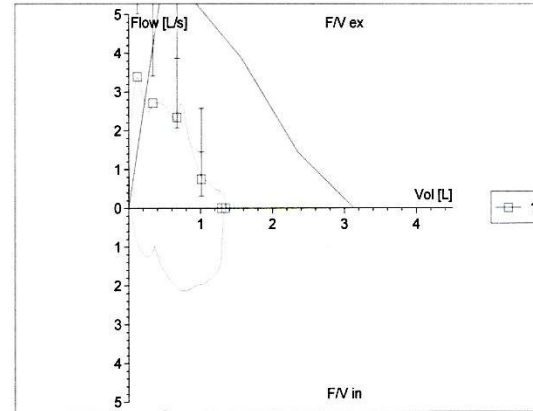
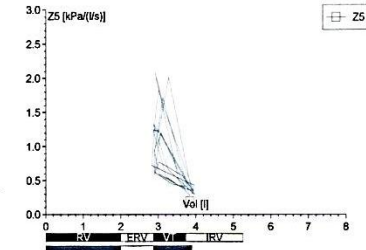
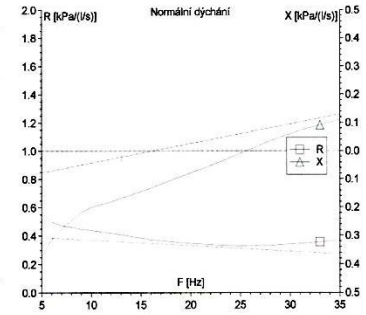
FVC	3.13	1.35	43.0
VC IN	3.25	1.45	44.7
FEV 1	2.66	1.29	48.4
FEV1%M	78.08	88.91	113.9
PEF	6.50	3.38	52.1
MEF 25	1.45	0.74	51.4
MEF 50	3.88	2.34	60.4
MEF 75	5.62	2.71	48.2

VT	0.87	1.03	118.0
Z5Hz	0.40	0.68	170.5
R5Hz	0.39	0.57	145.4

R20Hz	0.33	0.35	104.7
X5Hz	-0.08	-0.37	483.6

Fres.	25.57
Rz	0.32
Rp	0.85

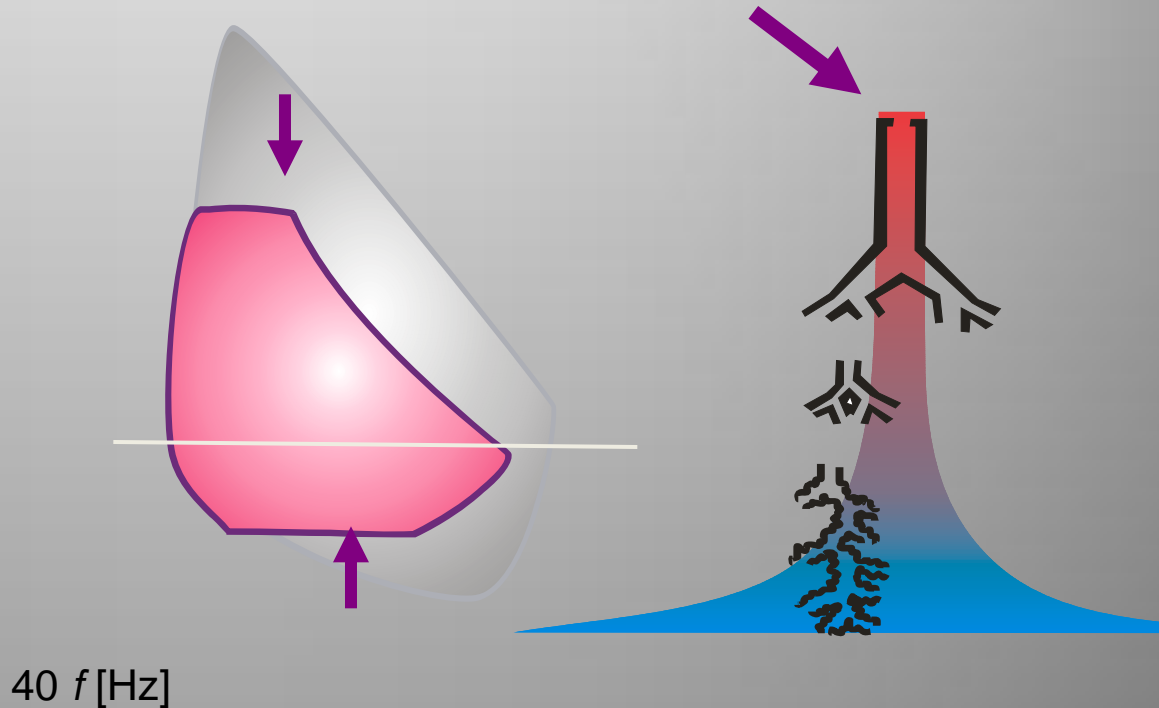
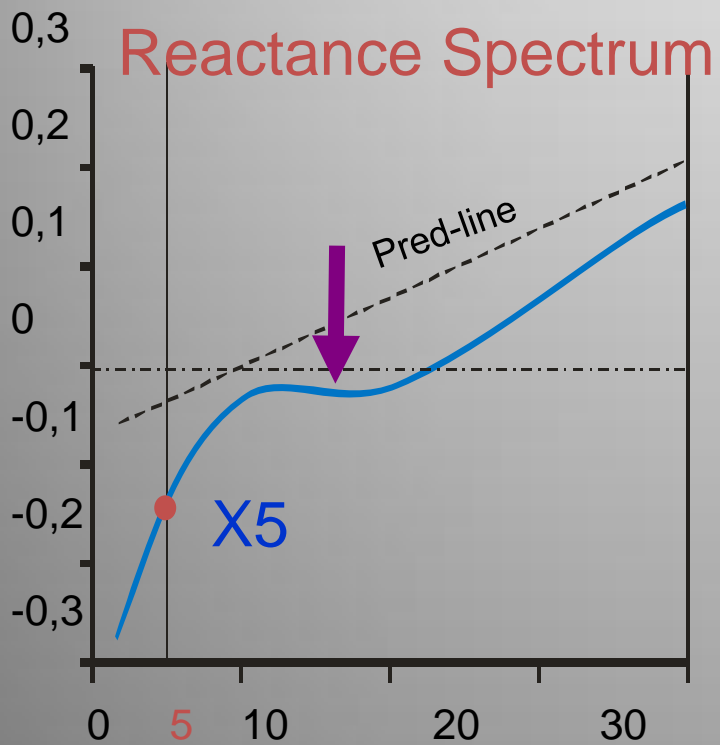
	Nál. N-0.15	Akt.1	Akt.2	D%2/1
X5Hz	-0.08	-0.23	-0.37	



# Extratorakální stenóza

Fixované či funkční stenózy extratorakálních dýchacích cest, vytváří plató na jinak kontinuální křivce reaktčního spektra.

$X_{rs}$  [kPa/(L/s)]



# Hodnocení bronchiální hyperreaktivity

## Bronchodilatace

Spirometrie: Vzestup    ↑ FEV1    12% a 200mL

IOS: Pokles    ↓ R5    o 20-25%  
                  ↓ Fres    o 20%

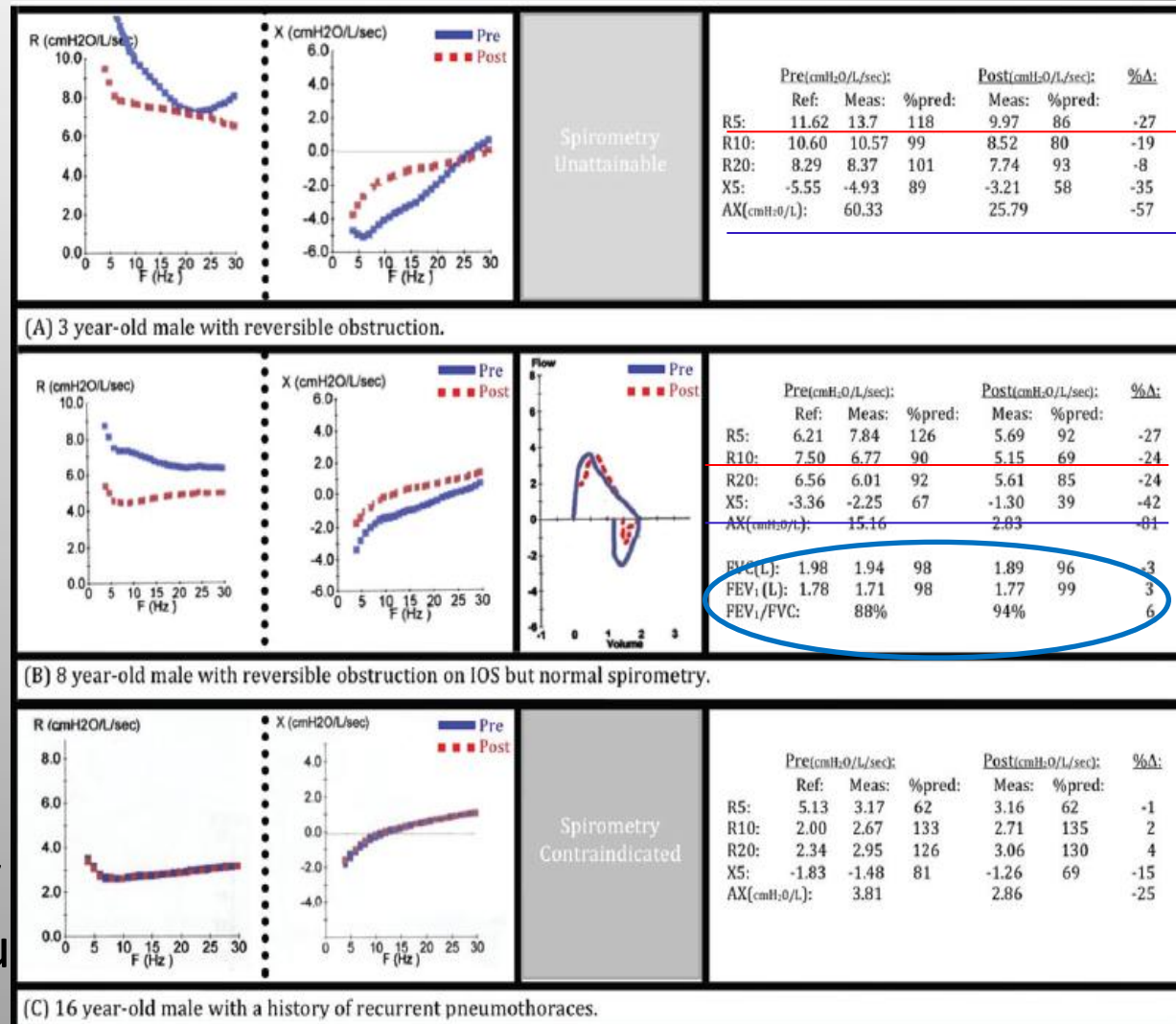
## Bronchoprovokace

Spirometrie: Pokles    ↓ FEV1    PD/C - 20 FEV1

IOS: Vzestup    ↑ R5    PD/C +40 R5  
                  ↑ Fres    PD/C +35 Fres

# Výhody IOS

- Impulsní oscilometrie je neinvazivní, rychlá, bezpečná metoda. Vyžaduje minimální spolupráci objektu => je vhodným nástrojem k vyšetřování plicních funkcí u malých dětí...
- Umožňuje včasnou diagnostiku plicních onemocnění analýzou klidového dýchání, kdy konvenční metody jsou ještě v normě



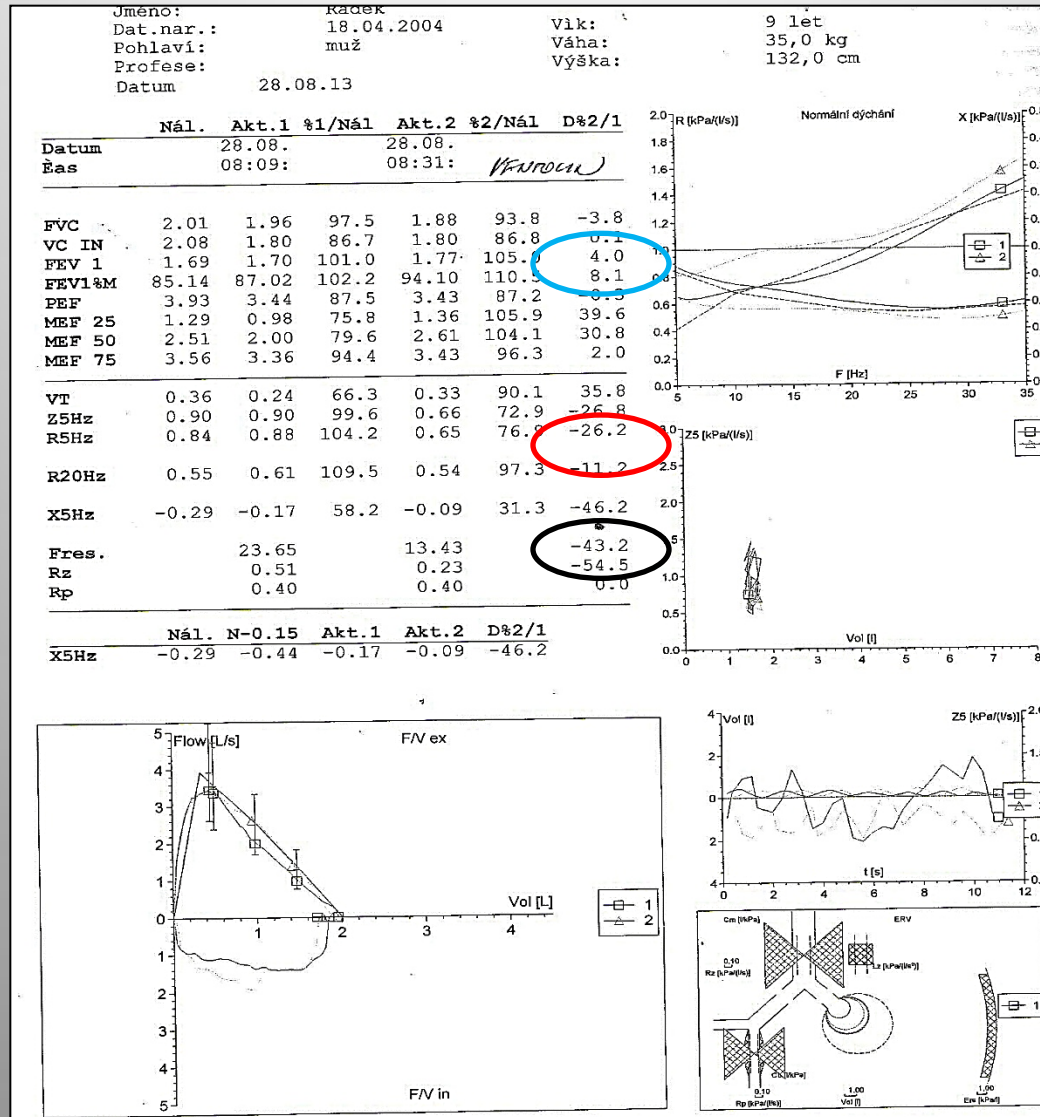
	Pre(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):			Post(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):		%Δ:
	Ref:	Meas:	%pred:	Meas:	%pred:	
R5:	11.62	13.7	118	9.97	86	-27
R10:	10.60	10.57	99	8.52	80	-19
R20:	8.29	8.37	101	7.74	93	-8
X5:	-5.55	-4.93	89	-3.21	58	-35
AX(cmH <sub>2</sub> O/L):	60.33			25.79		-57

	Pre(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):			Post(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):		%Δ:
	Ref:	Meas:	%pred:	Meas:	%pred:	
R5:	6.21	7.84	126	5.69	92	-27
R10:	7.50	6.77	90	5.15	69	-24
R20:	6.56	6.01	92	5.61	85	-24
X5:	-3.36	-2.25	67	-1.30	39	-42
AX(cmH <sub>2</sub> O/L):	15.16			2.83		-81
FVC(L):	1.98	1.94	98	1.89	96	-3
FEV <sub>1</sub> (L):	1.78	1.71	98	1.77	99	3
FEV <sub>1</sub> /FVC:	88%			94%		6

	Pre(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):			Post(cmH <sub>2</sub> O/L/sec):		%Δ:
	Ref:	Meas:	%pred:	Meas:	%pred:	
R5:	5.13	3.17	62	3.16	62	-1
R10:	2.00	2.67	133	2.71	135	2
R20:	2.34	2.95	126	3.06	130	4
X5:	-1.83	-1.48	81	-1.26	69	-15
AX(cmH <sub>2</sub> O/L):	3.81			2.86		-25

# Kazuistika 1

šikovné spolupracující dítě, ale BD test je spirometricky negativní



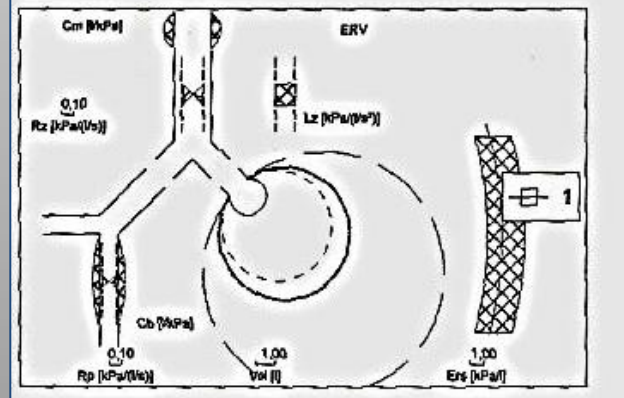
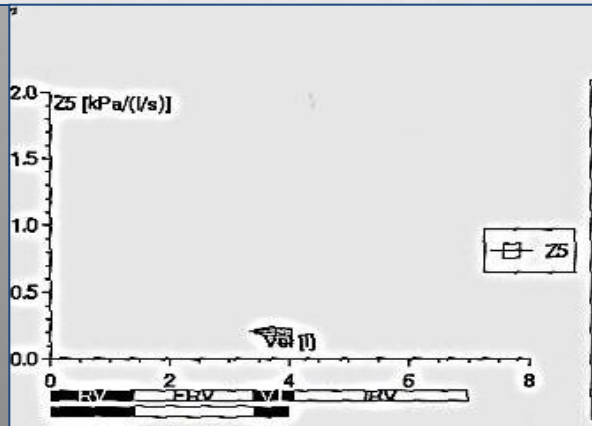


# Kazuistika 2

- BKT u chlapce, 10 let – neschopen spirometrie-  
usilovného manévru pro výrazný kašel a nauseu při  
vyšetřování

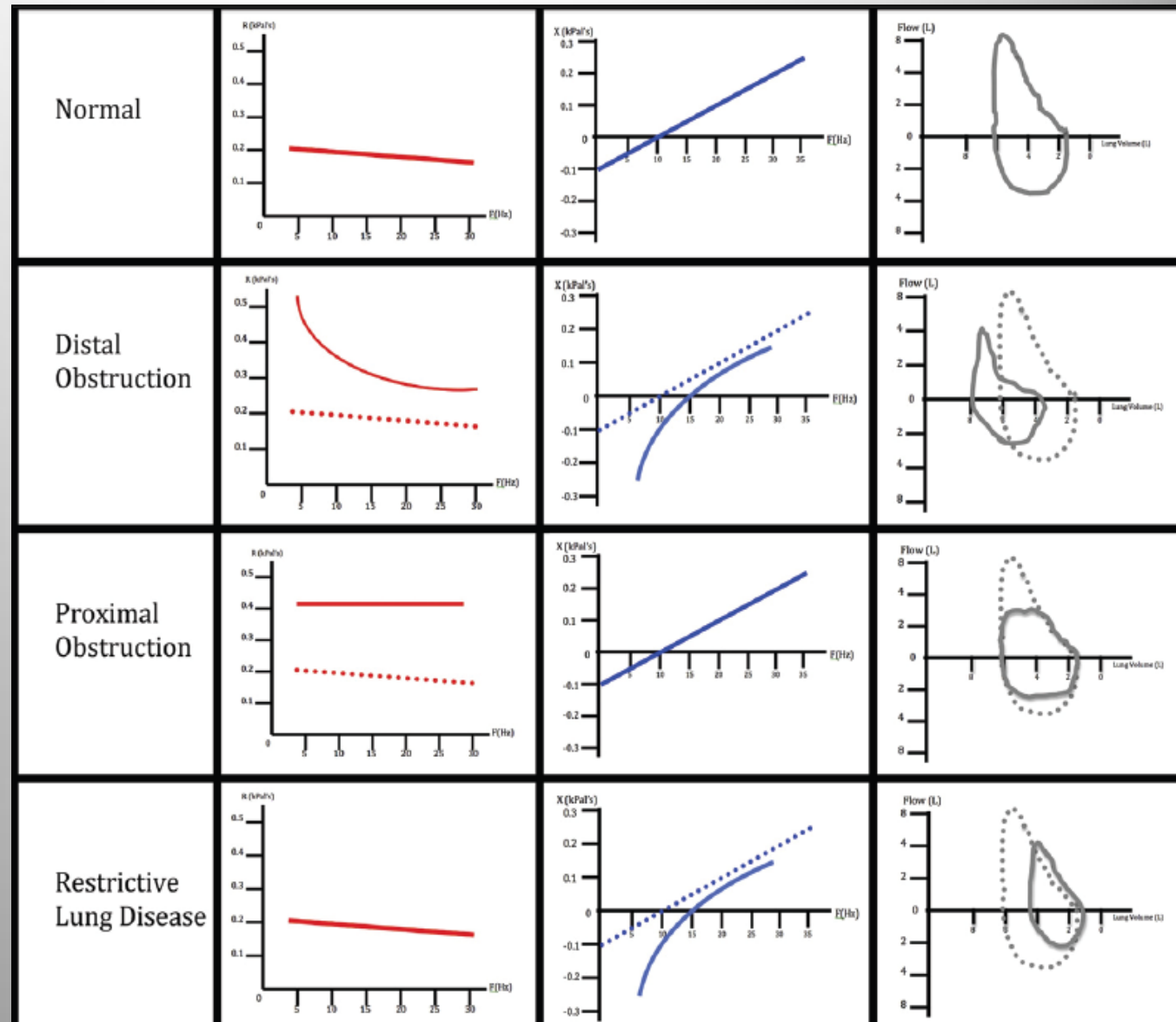
Dat.nar.: 26.05.1997  
 Výška: 188,0 cm  
 Váha: 53,0 kg  
 Pohlaví: muž

VT	[l]	0.70	0.59	84.8	0.36	51.9	-38.8
Z bei 5 Hz	[kPa/1/s]	0.26	0.20	75.3	0.58	221.2	193.8
R bei 5 Hz	[kPa/1/s]	0.26	0.18	70.3	0.55	211.4	200.9
R bei 20 Hz	[kPa/1/s]	0.25	0.19	74.2	0.39	152.4	105.2
X bei 5 Hz	[kPa/1/s]	-0.05	-0.08	146.1	-0.19	365.5	150.1
Resonanzfrequenz	[1/s]		8.31		33.88		307.7





- IOS je přínosná pro diagnostiku i hodnocení odpovědi na léčbu.

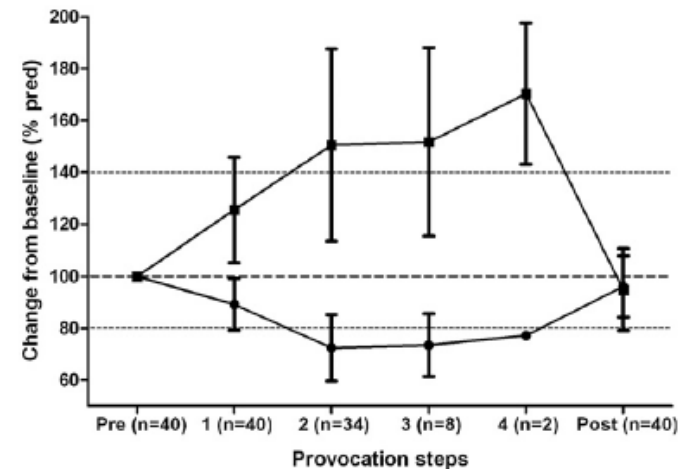


Representative graphs of IOS and spirometry in patients with normal, obstructive, and restrictive lung disease. Tracings of lung resistance and reactance in comparison with spirometric flow-volume loop for prototypical patients with normal lung function, distal obstruction, proximal obstruction, and restrictive lung disease.

# Výhody IOS

- Hodnocení bronchoprovokačních a dilatačních testů IOS je alternativou u malých dětí, nejen proto, že oscilační techniky jsou použitelné v této věkové skupině, ale také, že má „metacholin šetřící“ účinek.

Průměrná provokační dávka (soubor 48 dětí) PD (-20) FEV<sub>1</sub> byla  $0,48 \pm 0,59$  MTCH a a PD (+45) R5 byla  $0,25 \pm 0,45$  MTCH ( $p=0,03$ ). Oba parametry spolu signifikantně korelovaly ( $r= 0,65$ ,  $p< 0,001$ )



**Figure 1** Changes from baseline (mean  $\pm$  SD) during incremental provocation steps 1 to 4 in methacholine challenge in  $n = 40$  patients with a significant fall in FEV<sub>1</sub>. Dots indicate changes in FEV<sub>1</sub>, and squares corresponding changes in Rrs5. "Pre" indicates baseline value of 100%; "post" indicates values after bronchodilation.

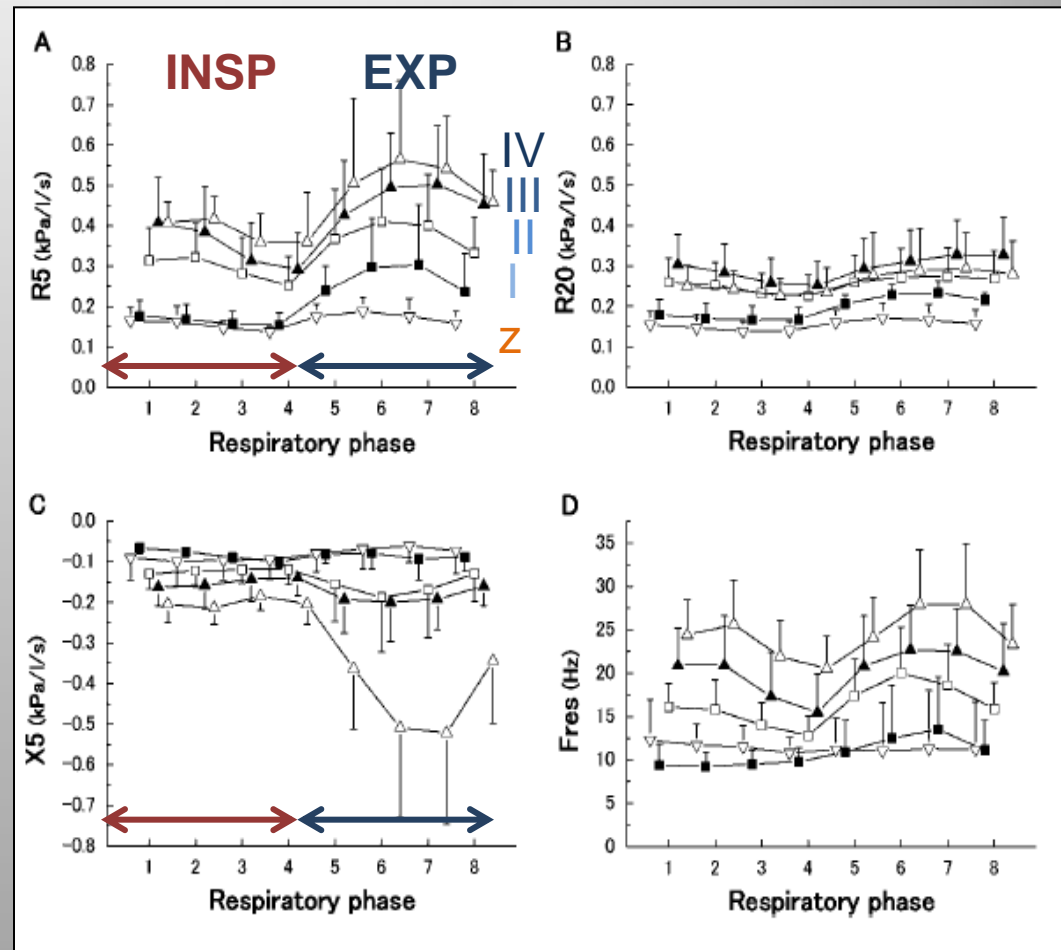
# Výhody IOS

- Měření funkce malých dýchacích cest metodou IOS, zahrnující rozdíl  $\Delta R5-R20$ , X5, Fres, AX u dětí s nekontrolovaným astmatem signifikantně odlišné od dětí s kontrolovaným astmatem a zdravých dětí (nebylo prokázáno pro R20).
- Nekontrolované astma u dětí bývá spojeno s dysfunkcí malých dýchacích cest a IOS je spolehlivá a neinvazivní metoda pro posouzení kontroly astmatu u dětí.

# Výhody IOS

- IOS je citlivá na malé změny v dýchacích cestách
- IOS určuje periferní plicní funkce nezávisle na centrálních DC

**Figure 4** Within-breath impulse oscillometry selected parameters, R5 (A), R20 (B), X5 (C) and Fres (D), versus respiratory phase according to chronic obstructive pulmonary disease severity (■, Stage I; □, Stage II; ▲, Stage III; △, Stage IV, respectively) and healthy subjects (▽). Data are expressed as mean±SD. Two-way ANOVA showed statistical significance among the five groups (R5,  $p<0.0001$ ; R20,  $p<0.001$ ; X5,  $p<0.0001$ ; Fres,  $p<0.0001$ ).

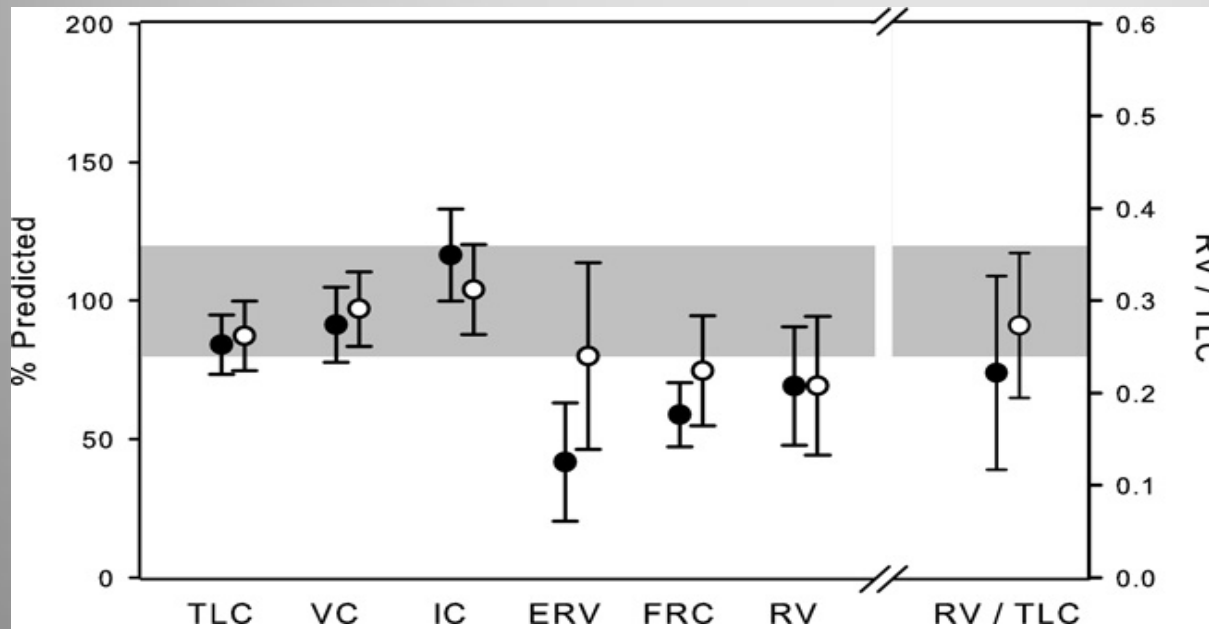


Výsledky této studie ukazují, že křivky R5 a X5 u CHOPN jsou obzvláště závislé na fázi respiračního cyklu a na stadiu nemoci, na rozdíl od zdravých jedinců. Zvýšení R5 a pokles X5 byly výraznější uprostřed expirační váze. Závislost R20 ve srovnání s R5 nebyla tak patrná. To je užitečné pro hodnocení závažnosti CHOPN. (Jsou potřebné ještě další studie.)

# Výhody IOS

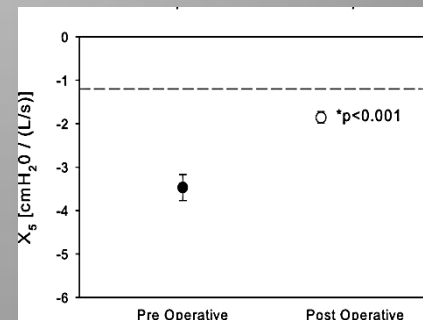
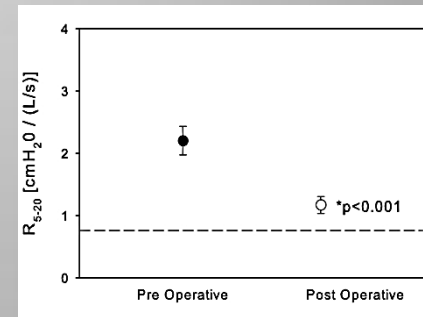
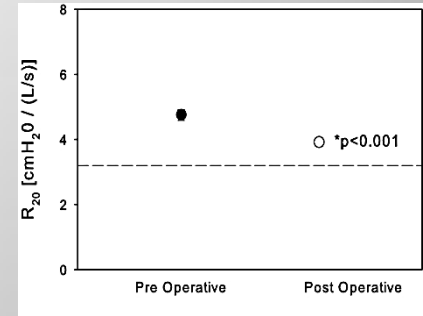
- IOS může u obézních pacientů s respiračními symptomy identifikovat abnormality DC, které nejsou přítomny na rutinním spirometrickém vyšetření.

↓ FRC a ERV mohou odrážet dysfunkce periferních DC



Lung volumes and capacities. Data expressed as mean standard deviation. Shaded area represents normal values for total lung capacity.

Black symbols indicate preoperative; white symbols, postoperative



# Závěr

- Screeningové vyšetření, u nespolupracujících, seniorů, dětí, pacientů s těžkým plicním onemocněním, kognitivním funkčním postižením, s neuromuskulárními onemocněními, mozkovou obrnou - kteří nejsou schopni provést forsírovaný dechový manévr, ale jsou schopni klidného dýchání při IOS
- Tam, kde není možno spirometrií či body testem získat data pro výrazně limitovanou spolupráci, může právě IOS měřit plicní funkce jinak neměřitelné.
- Minimální nároky na spolupráci pacienta, vyžaduje pouze klidové dýchání, odpadá nefyziologický manévr usilovného dýchání
- Výstupy IOS nenahradí spirometricky změřené údaje, ale je **doplňují** a **je vhodné** tuto metodu se spirometrií **kombinovat**.  
IOS- doplňková metoda funkčního vyšetření plic
- Posudkové účely
- Podle nejnovějších studií- hodnocení obstrukce DC během spánku či během mechanické ventilace (nízkofrekvenční oscilace)



# IOS

- Metoda IOS má přirozeně svá omezení; měří jiné fyzikální parametry



.....následující přednáška

# Literatura

- Smith H.J.- Forces oscillation technique and impulse oscillometry. Research in diagnostics, Berlin, Germany.
- Kohlhauf M.- Impulse Oscillometry in Healthy Nonsmokers and asymptomatic Smokers: Effekt of bronchial challenge with metacholin. Journal of aerosol medicine 2001
- Brown Khalila Lewis -The association of spirometry with impulse oscillometry in pediatric patient Chest 2005
- Evans M. Tina- Airway narrowing measured by spirometry and Impulse oscillometry Following Room Temperature and Cold temperature Exercise. Chest 2005
- Smith, Kendrick et al. Comparison of measurements of airway resistance between impulse oscillometry and constant volume body plethysmography in young normal adult AmJResp Crit Care Med, 1999
- Oostveen et al. The forced oscillation technique in clinical practice ERS 2003
- Smith, Reinhold, Goldman- Forced oscillation technique and impulse oscillometry ERS Jour 2005
- Čáp, Bičíková Paul- Impulzní oscilometrie, nová metoda měření plicních funkcí
- Smith H.J: Impulse oscillometry- quick interpretation guide
- Smith H.J: Lung Function Testing Recommendations to the examination and interpretation of IOS, 2013
- J.Ohishi, H.Kurosawa, Hi. Ogawa, T. Irokawa, W. Hida, M. Kohzuki: Application of impulse oscillometry for within-breath analysis in patients with chronic obstructive pulmonary disease: pilot study. BMJ Open 2011;2: 1-8
- Schulze J, Smith HJ, et al. Methacholine challenge in young children as evaluated by spirometry and impulse oscillometry. Respiratory Medicine 2012;106: 627-634
- H.D. Komarow, MD\*; I. A. Myles, MD\*; A. Uzzaman, MD\*; D. D. Metcalfe, MD\*. Impulse oscillometry in the evaluation of diseases of the airways in children. Ann Allergy Asthma Immunol. 2011;106:191–199
- B. W. Oppenheimer, R. Macht, R. M. Goldring, et al.: Distal airway dysfunction in obese subjects corrects after bariatric surgery Surgery for Obesity and Related Diseases (2011)
- R.L. Dellacà et al., Detection of expiratory flow limitation in COPD using the forced oscillation technique ERJ 2004, 232-240

**Děkuji za pozornost**



