

Funkční vyšetření plic

MUDr D.Dušíková
TRN klinika, FN Ostrava
Prim.MUDr J.Roubec, PhD



Funkční vyšetřování dýchacího ústrojí zahrnuje:

I. vyšetření plicní ventilace

II. mechaniky dýchání

III. respirace

IV. plicní cirkulace

Indikace funkčního vyšetření plic:

- kašel
- dušnost
- bolesti na hrudníku
- cyanoza,paličkovité prsty
- abnormální dýchání nebo fyzikální nález
- patologický rtg nález na plicích
- monitorování léčby
- sledování dynamiky plicních funkcí
- předoperační vyšetření
- potřeby posudkové
- preventivní účely
- výzkumné účely

.

Ventilační hodnoty dělíme na:

-dynamické/vztah k času/

-statické

Dynamické ventilační hodnoty:

df – dechová frekvence

MV – minutová ventilace

MVV – maximální minutová ventilace

FVC – usilovná vitální kapacita

FEV 1 – usilovný vydechnutý objem za 1 sekundu

FEV1/VC%, FEV1/FVC% -Tiffenaův index, usilovná vitální kapacita za 1 sek.v % VC či FVC

FEF 25-75% - maximální střednívýdechový průtok ve střední polovině vydechnuté FVC

PEF – vrcholový výdechový průtok/rychlost/

MEF – maximální výdechové průtoky /rychlosti/ na různých úrovních FVC

Aex – plocha pod výdechovou částí křivky průtok-objem

Statické ventilační hodnoty:

TLC – celková plicní kapacita

VC – vitální kapacita (IVC,EVC)

VT – dechový objem

IRV – inspirační rezervní objem

ERV – expirační rezervní objem

RV – reziduální objem – nepřímo měřitelný objem
(diluční He metoda,metoda vyplavování
dusíku,celotělová pletysmografie)

FRC- funkční reziduální kapacita (RV+ERV)

TGV-nitrohruční objem plynů

Hodnocení:

Naměřené hodnoty porovnáváme s hodnotami náležitými.

Náležité ventilační hodnoty jsou takové hodnoty, které by vyšetřovaný měl mít vzhledem ke svému pohlaví, věku, výšce a příp. váze.

Ventilační porucha:

- obstrukční
- restrikční
- smíšená

Obstrukční ventilační porucha podle

FEV1(%NH):

–lehká 60-79

–střední 45-59

–těžká pod 45

pokles FEV1/VC do 50 let pod 75%, nad
50 let pod 70%

hodnocení obstrukce v periferních DC:

podle MEF50, MEF25, MEF 25-75(%NH)

mírná obstrukce 40-70

výrazná obstrukce méně než 40

Výskyt:

a.bronchiale, CHOPN, obstrukční emfyzém,
Tu v DC, cizí tělesa, komprese DC

Restrikční ventilační porucha:

podle **VC,TLC**(%NH)

lehká 60-79

střední 45-59

těžká pod 45

FEV1/VC je nad 75%NH

Příčiny restriktivní ventilační poruchy:

1. difuzní intersticiální nemoci plic: intersticiální pneumonie a fibrózy, granulomatózy, pneumokoniozy, edém plic
2. lokalizované choroby s redukcí funkčního parenchymu: pneumonie, tumory, cysty, atelektáza, st. p. resekci plic
3. choroby pohrudnice a bránice: PNO, pleurální výpotky, fibrothorax, pareza n. phrenicus, brániční hernie
4. onemocnění stěny hrudníku: poranění, deformity hrudníku a páteře, neuromuskulární choroby
5. extratorakální stavy: obezita, gravidita, ascites, peritonitida

Smyčka průtok-objem



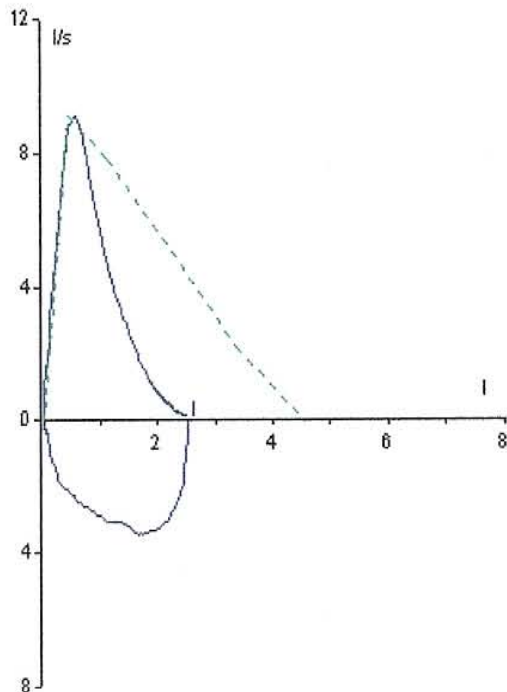
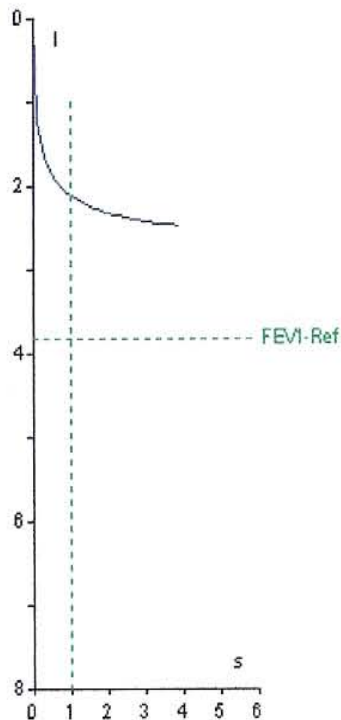
Spirometr s otevřeným okruhem-elektronická integrace průtoku vzduchu na objem
Výsledek vyšetření je podmíněn aktivní spoluprací vyšetřované osoby.



170 cm, 78 kg, muž *08.03.1971 =34r
 měřil dne 27.09.2005 /10:24h

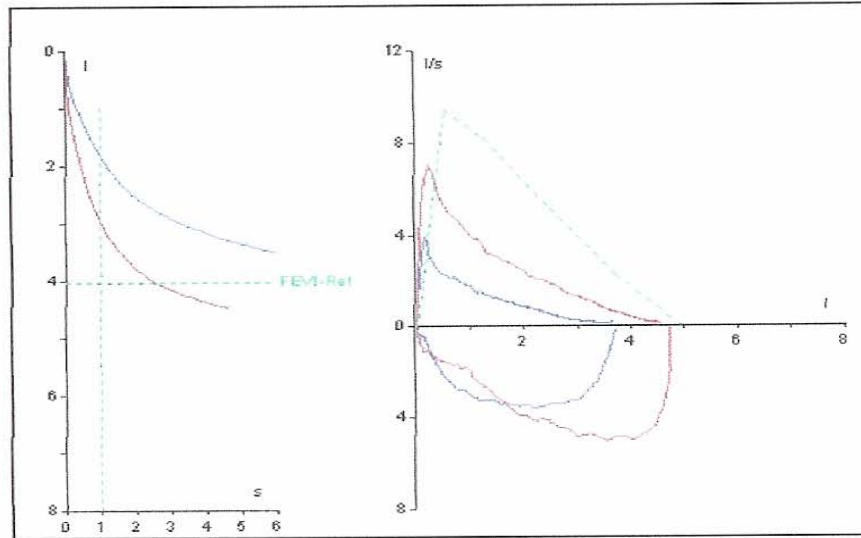
BMI: 26,9

Spirometrie



Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
IVC	l	4.77	2.64	55
ERV	l	1.45	0.81	56
IRV	l		1.13	
TV	l		0.70	
FVC	l	4.57	2.64	58
FEV1	l	3.84	2.25	59
FEV1/FVC	%	81	85	105
PEF	l/s	9.13	9.13	100
MEF75	l/s	7.83	8.79	112
MEF50	l/s	5.04	3.57	71
MEF25	l/s	2.21	0.88	40
MEF25-75	l/s	4.54	2.75	61
PIF	l/s		3.43	
MIF50	l/s		3.06	
Aex	l*l/s		9.61	
Rocc	kPa/l*s	0.30		

Spirometrie, křivka průtok/objem, srovnání Pre/Post



Statické plicní objemy :

Čas

09:37

10:08
Ventolin 4
vdechy

Medikament

Parametr

Jednotka

Nál.

Pre

%Nál.

Post

%Nál.

Post%Pre

VC

l

5.22

3.70

71

4.74

91

28

ERV

l

1.43

0.84

59

1.10

77

31

IRV

l

1.69

2.95

75

TV

l

1.17

0.69

-41

IC

l

2.86

3.64

27

Dynamické plicní objemy :

FVC

l

5.00

3.65

73

4.57

91

25

FEV1

l

4.05

1.79

44

2.93

72

64

FEV1/FVC

%

79

49

62

64

81

31

PEF

l/s

9.41

3.90

41

7.06

75

81

MEF75

l/s

8.19

1.85

23

3.79

46

105

MEF50

l/s

5.16

1.02

20

2.09

41

104

MEF25

l/s

2.24

0.40

18

0.91

41

126

MEF25-75

l/s

4.27

0.88

21

1.86

43

111

PIF

l/s

3.57

5.01

40

MIF50

l/s

3.50

4.08

17

Aex

l*/s

4.35

11.13

156

Celotělová pletyzmografie



Celotělová pletysmografie

Umožní měřit nepřímo plicní objemy/TGV/ a odpory dýchacích cest.

Metoda je založena na Boyle-Mariotově zákoně:

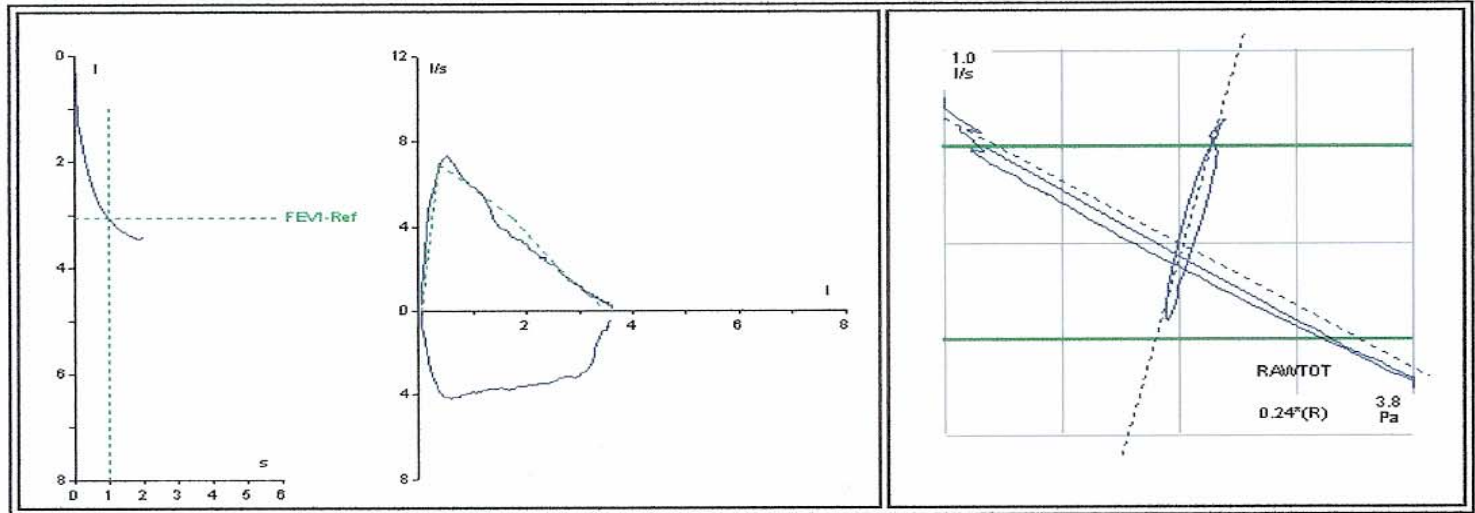
$$P \times V = \text{konst.}$$

Měření začne po uzavření kabiny a vyrovnání tlaku. Na konci normálního výdechu jsou dýchací cesty uzavřeny záklopkou na 1-2 sek. a vyšetřovaný dělá jemné dechové pohyby proti záklopce. Objemové změny při dýchání jsou snímány ve formě tlakových změn uvnitř kabiny a převedeny na změny objemové. Současně jsou registrovány tlakové změny v hrudníku - alveolární tlak P_{alv} . při dýchání proti záklopce se měří u úst. Získáme tzv. uzavěrovou křivku.

Výpočet : $TGV = V/P$ alv.

TGV-objem veškerého plynu/komunikujícího i nekomunikujícího s atmosférou/ v hrudníku na konci klidného výdechu.

Celotělová pletyzmografie při klidném dýchání



Rezistance :

Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
Raw	kPa/l*s	0.30	0.24	79
sRaw	kPa*s	0.64	0.84	131
Gaw	l/kPa*s	5.00	4.22	84
sGaw	l/kPa/s	1.56	1.19	77

Objemy :

TGV	l	2.71	3.54	131
TLC	l	5.03	5.43	108
VC	l		3.62	
RV	l	1.48	2.04	138
TGV/TLC	%	50	65	130
RV/TLC	%	30	38	126

Odpor dýchacích cest (Raw)

Definice: změna alveolárního tlaku v kPa potřebná na to, aby dýchacími cestami protekl do plic nebo z plic 1 litr vzduchu za 1 sec./kPa.L-1.sec/.

Vyšetření se provádí v pletysmografické kabině při klidném dýchání nebo mělkém rychlém dýchání/tzv.panting/. Výsledná křivka má esovitý tvar o určitém sklonu, z kterého je vypočten Raw. Raw vyjadřuje hlavně průchodnost větších dých.cest/do 2 mm/. Periferní cesty se podílí necelými 25%.

Další parametry:

Gaw-vodivost dechových cest / $Gaw=1/Raw$ /

sRaw-specifický odpor dýchacích cest/kPa.s/-

sRaw=Raw.TGV

sGaw-specifická vodivost dýchacích cest: Gaw/TGV

Normální hodnoty:

Raw do 0,3 kPa.L-1.s

SRaw do 1,0 kPa.s

SGaw nad 0,8 kPa-1.s-1

Odpory dýchacích cest závisí na **věku**.

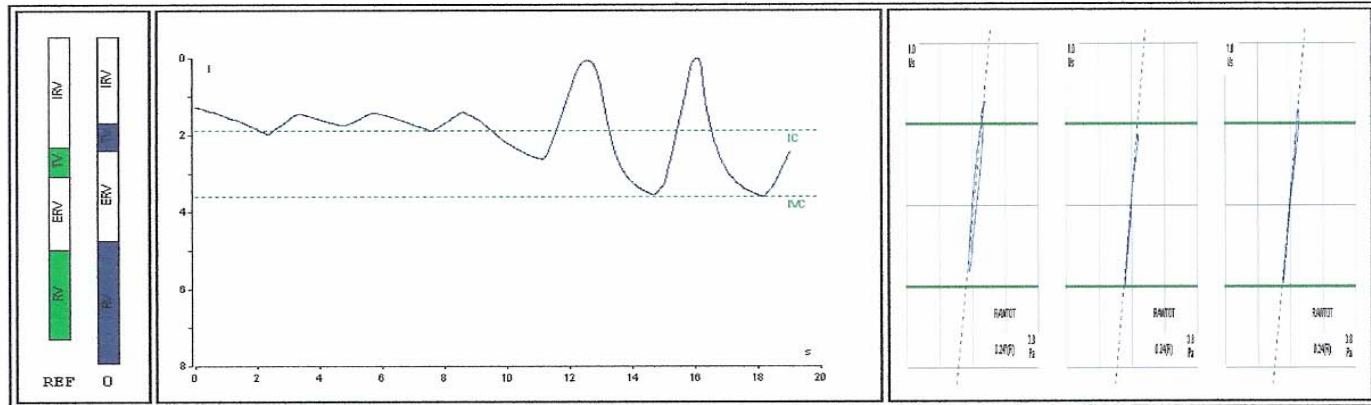
U dětí hodnoty vyšší než u dospělých.

Novorozenci Raw 2,0-3,0 kPa.L-1.s

6 roků 0,5-0,6

10 let 0,3-0,5

Celotělová pletyzmografie při usilovných manévrech



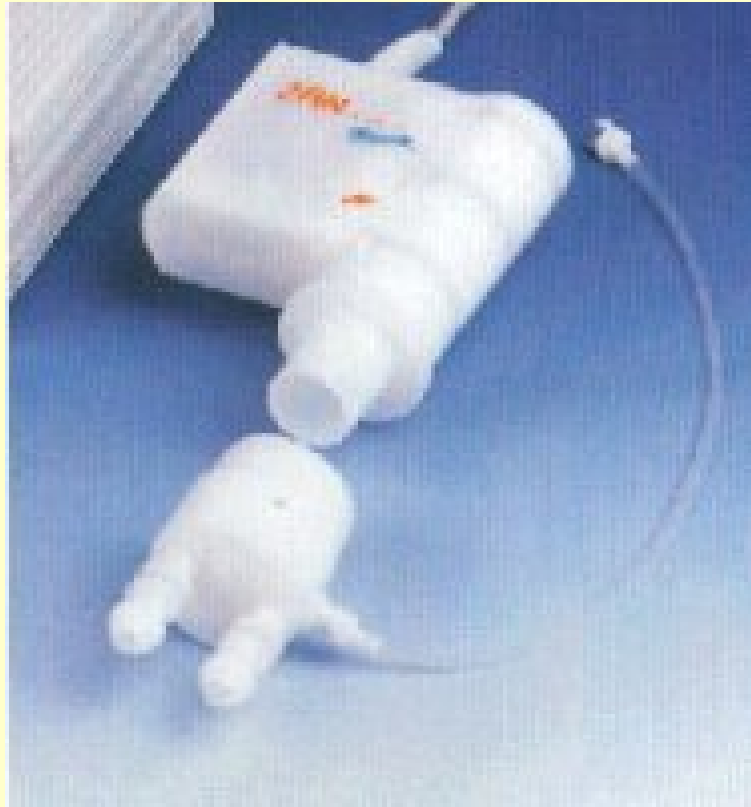
Pletyzmografické objemy

Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
IVC	l	3.53	3.62	102
IC	l	2.32	1.89	81
IRV	l		1.43	
ERV	l	1.23	1.73	141
TV	l		0.46	
FEV1	l	3.08	3.13	102
FEV1/IVC	%	83	87	104
FVC	l	3.54	3.62	102
FEV1/FVC	%	83	87	104
PEF	l/s	6.95	7.31	105
MEF75	l/s	6.08	6.09	100
MEF50	l/s	4.38	3.46	79
MEF25	l/s	2.03	1.70	84
MEF25-75	l/s	3.88	3.23	83

Rezistance :

Raw	kPa/l*s	0.30	0.24	79
sRaw	kPa*s	0.64	0.84	131
Gaw	l/kPa*s	5.00	4.22	84
sGaw	l/kPa/s	1.56	1.19	77

Rhinomanometrie



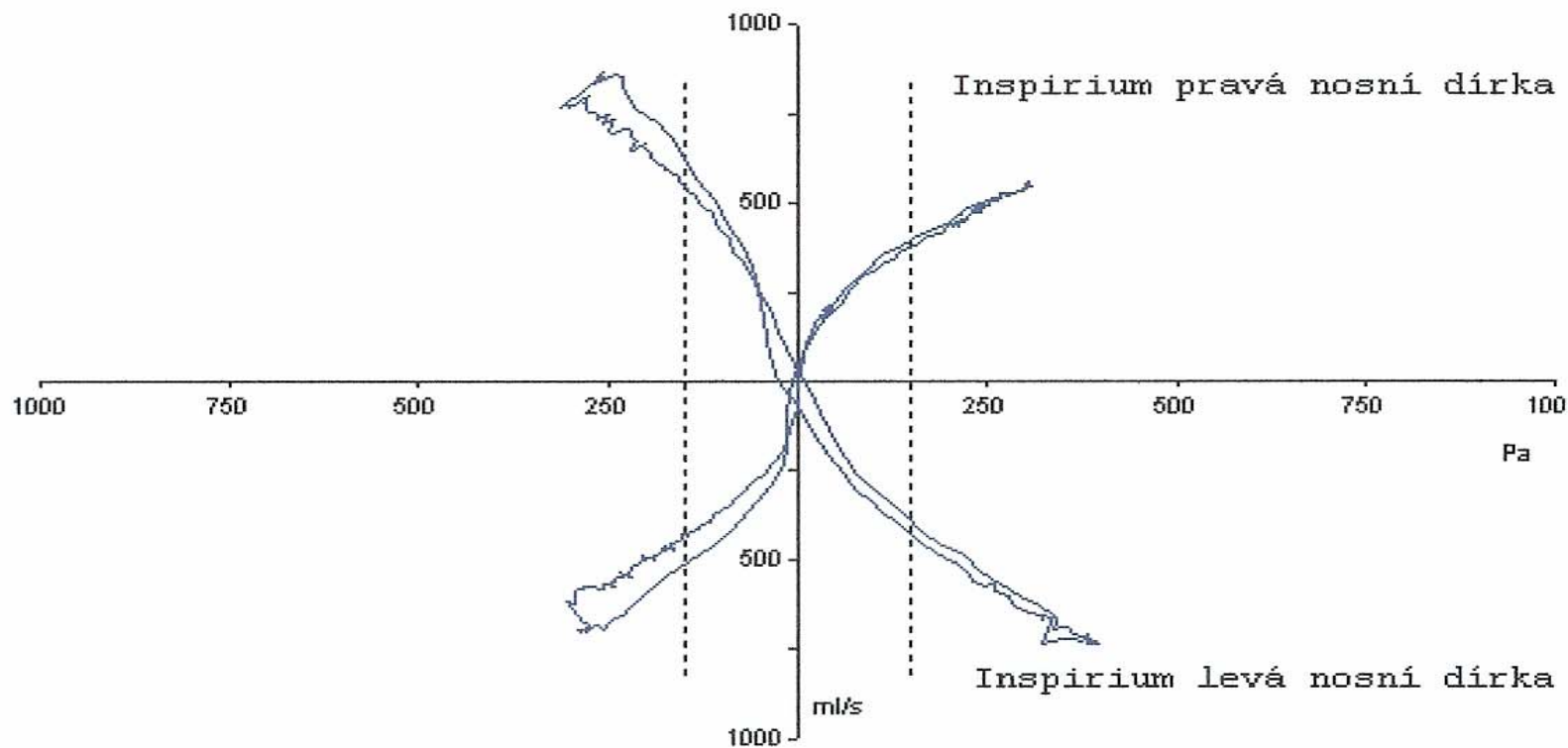
Rhinomanometrie

Měří proudové odpory v nose.

Provedení na rhinomanometrickou hlavu jsou nasazeny dvě olivky, které se přitisknou k nosním dírkám. Jedna olivka je zapojena na měřič tlaku a druhá na průtokový snímač. Vyšetřovaný dýchá klidně nosem. Měříme právě tu nosní díрку, která je připojena na průtokový snímač. Vzniká esovitá křivka.

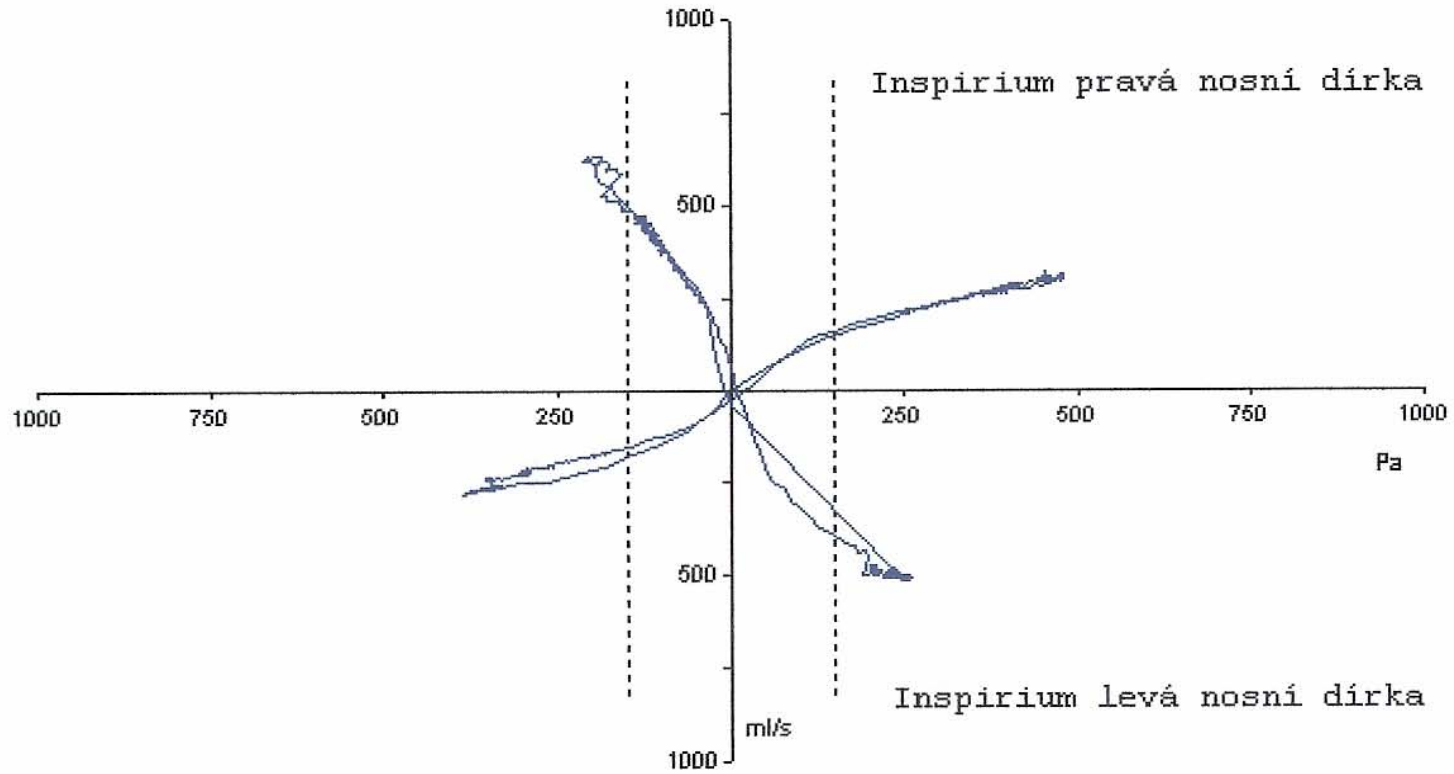
Indikace: rýma, nosní polypy, deformity septa, indikace a hlavně hraniční indikace septoplastiky, zhodnocení efektu operace, posouzení slizničního podílu na nosním odporu po anemizaci, vyhodnocení účinku léků ovlivňujících dekongescenci nosní sliznice

Rhinomanometrie



Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
L150	ml/s	450	413	92
R150	ml/s	450	396	88
SUM150	ml/s	900	809	90
RATIO150		1.50	1.04	69
RES-L150	Pa/ml*s		0.36	
RES-R150	Pa/ml*s		0.38	
RES-T150	Pa/ml*s		0.19	

Rhinomanometrie



Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
L150	ml/s	450	384	85
R150	ml/s	450	168	37
SUM150	ml/s	900	552	61
RATIO150		1.50	2.29	152
RES-L150	Pa/ml*s		0.39	
RES-R150	Pa/ml*s		0.89	
RES-T150	Pa/ml*s		0.27	

CO Difuze



Difúzní kapacita, transfer faktor

Difuzní kapacita pro CO (**DLCO**) je také označována jako transfer faktor(**TLCO**)

Definice: množství plynu (O_2 nebo CO), které se za jednotku času vymění mezi alveolárním plynem a erytrocyty v plicních kapilárách na jednotku tlaku daného plynu ($mmol \cdot min^{-1} \cdot kPa^{-1}$)

TLCO SB :jednodechová metoda se
zadržením dechu

Vyšetřovaný se po výdechu nadechne z
přístroje testovací směsi plynů(obsahuje CO+
metan) –měl by dosáhnou přes 90% VC- a
zadrží ji v plicích /8-10 s/.

Přístroj ZAN 300 dovoluje dva rozdílné výpočty:

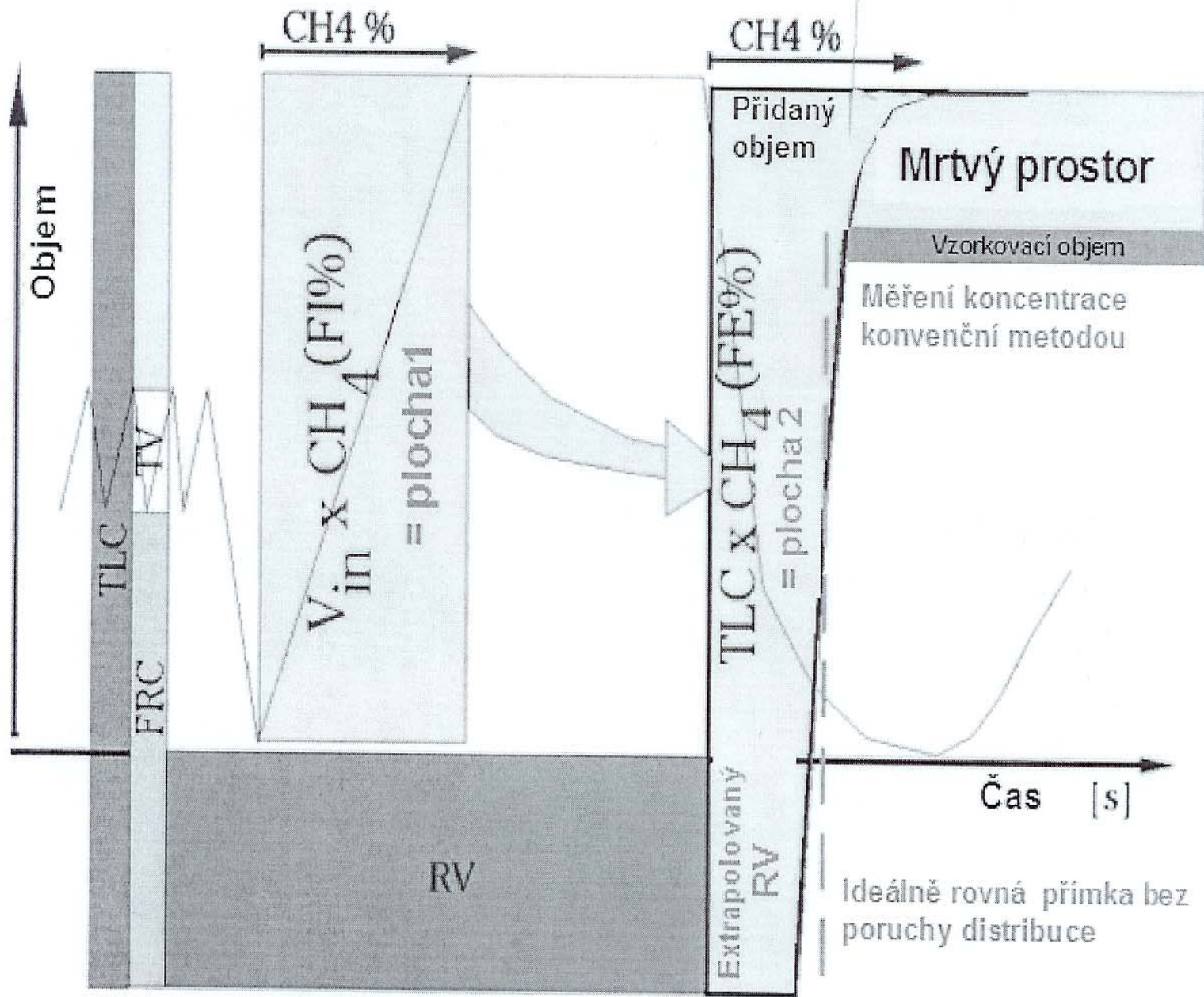
Standartní metoda SB-méně přesná u pacientů s distribuční poruchou

Fast Space metoda -analýza vydechovaného inertního plynu/metan/ je kontinuální. Alveolární objem je vypočten extrapolací křivky koncentrace/objem

Výhody:

-přesnější měření u nemocných s distribučními poruchami

-nízká vitální kapacita postačující k vyšetření (VC 0,8 L)



Extrapoláční přímka

Indikace:

1. diagnostické-susp. nebo potvrzené onemocnění plicního parenchymu
2. monitorování účinku léčby
3. monitorování vedlejších účinků léčby/amiodaron, cytostatika, RT../
4. stanovení prognózy
5. předoperační vyšetření
6. výzkum

Faktory ovlivňující TLCO u zdravých osob:

1. věk-v dětském věku nižší hodnoty, s růstem se zvyšují, dospělí s věkem se snižují
2. tělesné rozměry-pozitivní korelace s výškou postavy
3. pohlaví-u žen nižší hodnoty
4. tělesná aktivita během dospívání
5. sportovci-nadnormální hodnoty/svalovina-BMI/
6. vysoká nadmořská výška-domorodci vyšší hodnoty
7. koncentrace Hb
8. vliv polohy těla-v horizontál.poloze o 15-20% vyšší než vsedě/distribuce krve/

Hodnocení stupně poruchy

TLCO%NH(ATS 1981)

Lehký stupeň 80-65

Střední 65-50

Těžký pod 50

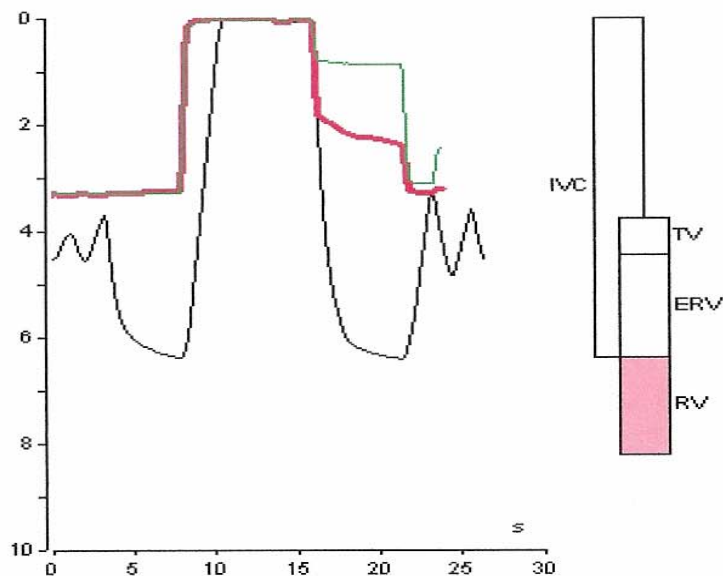
Transfer koeficient, koeficient difúze(KCO)

TLCO/VA(DLCO/VA)nebo Kroghův

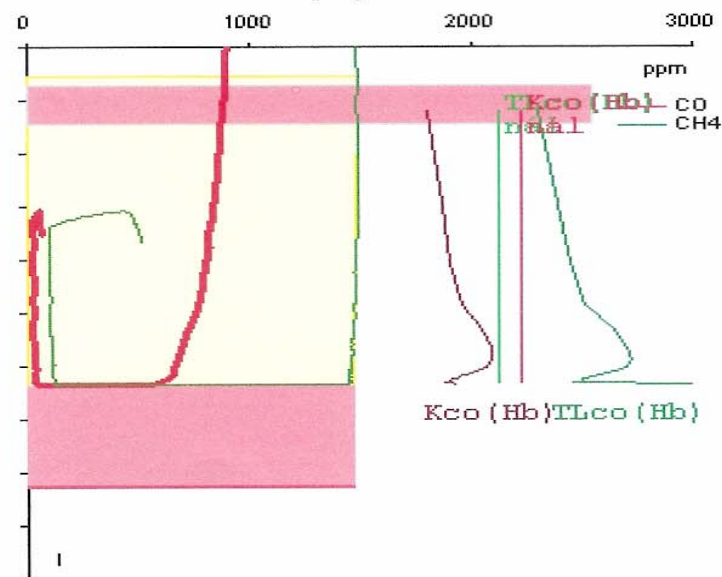
faktor, negativně koreluje s plicním objemem

CO Difuze

Spirometrie, CO-Difuze



Koncentrace plynu - SB metoda



Vyhodnoceno pomocí Single Breath (sb) :

Parametr	Jednotka	Náležitá	Měřená	%Náležitě
Hb	g/dl		14.6	
TLco(Hb)	mmol/kPa/min	12.99	14.07	108
Kco(Hb)	mmol/kPa/min/l	2.16	1.75	81
FRC	l	3.49	3.77	108
RV	l	1.76	1.84	105
RV/TLC	%	23	22	96
TLC	l	7.78	8.23	106
IVC-CH4	intern		6.39	

Vyhodnoceno pomocí Fast Space (fs) balanční metody

FRC (fs)	l	3.48	3.83	110
RV (fs)	l	1.76	1.90	108
RV/TLC (fs)	%	23	23	98
TLC (fs)	l	7.78	8.29	107

Snížené hodnoty TLCO:

intersticiální plicní nemoci,
těžký bronchospasmus,
emfyzém,
plicní resekce,
plicní embolizace,
anémie

Bronchomotorické testy

Bronchodilatační testy

Indikace: přítomnost obstrukční poruchy/diagnóza, terapie, prognóza/

Postup: 1. základní funkční vyšetření/křivka průtok-objem, Raw/
2. aplikace

bronchodilatancia/nejč.inhalač.

krátkodobě půs.beta 2 mimetika/

3. po 15-30-60 min .kontrolní funkční vyš.plic

Hodnocení:

Podáním bronchodilatacia zjišťujeme **reverzibilitu**. Změnu nejčastěji srovnáváme s hodnotou výchozí, přihlížíme také k hodnotě náležité, je také možné srovnat hodnoty absolutní.

Pozitivní test: zvýšení FEV₁ o 12% a zároveň minimálně o 200 ml absolutně proti výchozí hodnotě

SGaw, sRaw zvýšení o 40-50% proti výchozí hodnotě

Podáním bronchodilatancia zjišťujeme **reverzibilitu:**

-částečnou,

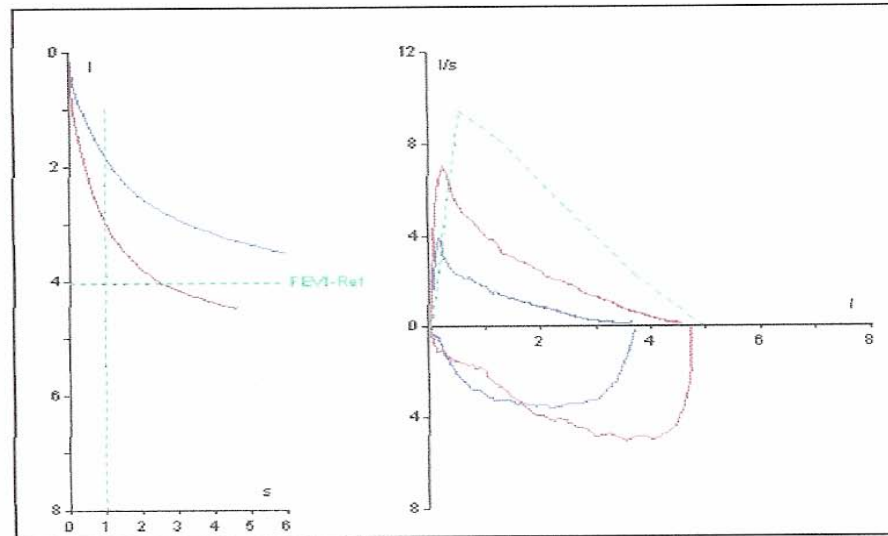
-úplnou/hodnocený parametr dosáhl normální hodnoty/

Reverzibilita: 1.mírného stupně-zvýšení FEV₁ od 15-25%

2.středního –26-50%

3.výrazného nad 50%

Spirometrie, křivka průtok/objem, srovnání Pre/Post



Statické plicní objemy :

Čas

09:37

10:08
Ventolin 4
vdechy

Medikament

Parametr

Jednotka

Nál.

Pre %Nál.

Post %Nál.

Post%Pre

VC

l

5.22

3.70

71

4.74

91

28

ERV

l

1.43

0.84

59

1.10

77

31

IRV

l

1.69

1.69

2.95

75

TV

l

1.17

1.17

0.69

-41

IC

l

2.86

2.86

3.64

27

Dynamické plicní objemy :

FVC

l

5.00

3.65

73

4.57

91

25

FEV1

l

4.05

1.79

44

2.93

72

64

FEV1/FVC

%

79

49

62

64

81

31

PEF

l/s

9.41

3.90

41

7.06

75

81

MEF75

l/s

8.19

1.85

23

3.79

46

105

MEF50

l/s

5.16

1.02

20

2.09

41

104

MEF25

l/s

2.24

0.40

18

0.91

41

126

MEF25-75

l/s

4.27

0.88

21

1.86

43

111

PIF

l/s

3.57

5.01

40

MIF50

l/s

3.50

4.08

17

Aex

l*/s

4.35

11.13

156

Bronchoprovokační testy



Bronchokonstrikční testy

Zjišťujeme bronchiální hyperreaktivitu /BHR/
na chemické a fyzikální podněty.

Indikace:

1. diagnostické-kašel, dušnost, podezření na bronchiální astma
2. monitorování léčby/aktivita nemoci, protektivní vliv léčby/
3. prevence/nástup do rizikových zaměstnání/
4. posudkové účely
5. výzkum

Podněty:

I. nespecifické: inhalační

- farmakologický (metacholin)

- studený, suchý vzduch

- izotonické roztoky

zátěž-ergometrie, volný běh

II. specifické

Provedení:

1.základní funkční vyšetření

2.aplikace podnětu-metacholin konc.20mg/ml

metoda dozimetrická-aerosol podán pouze v nádechu na úrovni TLC v množství 14 μ l

3.vyšetření probíhá dle reakce pacienta v několika krocích/max.5=PD 8,12 mg metacholinu/

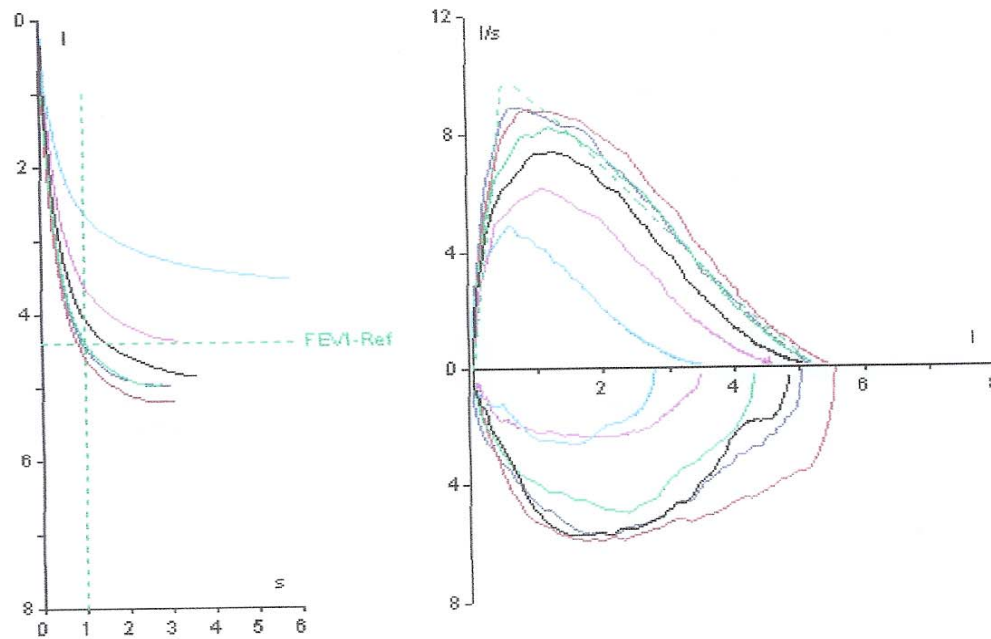
po každém kroku následuje funkční vyšetření plic

/1.krok 1 vdech-0,28mg,2.krok 2 vd.-0,56mg,3.krok 6 vd.-1,68mg,4.krok 10 vd,5.krok 10 vd/

4.při poklesu FEV₁ o 20% proti výchozí hodnotě,se test končí

5.při pozitivním testu se vyšetření doplní BDT

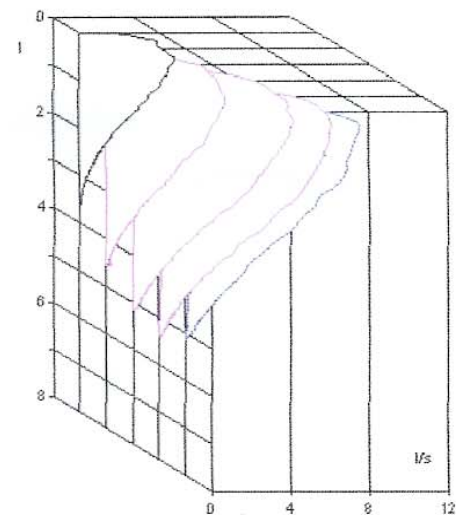
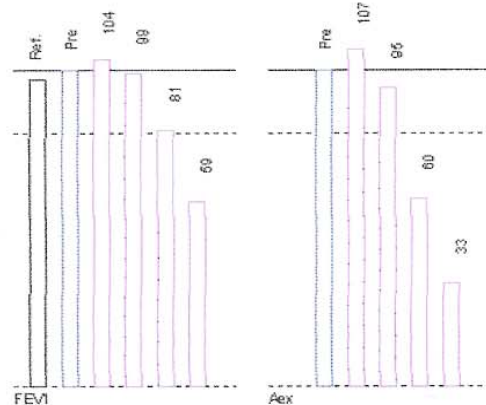
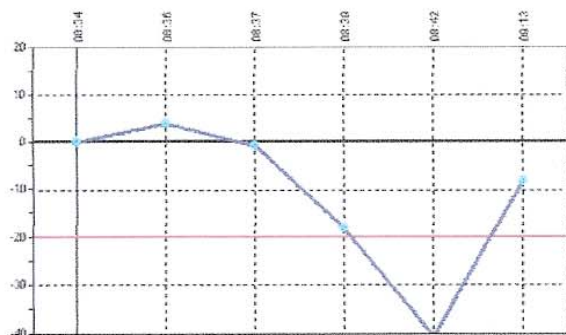
Spirometry : Flow-Volume



time			08:34	08:36	08:37	08:39	08:42	09:13
medicament				Metacholin 0.28 mg	Metacholin 0.84 mg	Metacholin 2.52 mg	Metacholin 5.32 mg	Ventolin 4 vdechy
parameter	unit	pred.	0	1	2	3	4	5
FVC	l	5.27	5.14	5.41	5.18	4.54	3.66	5.05
FEV1	l	4.41	4.53	4.70	4.49	3.69	2.66	4.15
FEV1/IVC	%	82	88	84	87	81	73	82
FEV1/FVC	%	82	88	87	87	81	73	82
PEF	l/s	9.95	8.94	8.85	8.28	6.15	4.87	7.38
MEF75	l/s	8.52	8.40	8.71	8.17	6.13	4.43	7.38
MEF50	l/s	5.57	5.99	6.37	6.06	4.36	2.54	5.16
MEF25	l/s	2.60	2.68	2.62	2.48	1.66	0.79	1.92
MEF25-75	l/s	4.95	5.25	5.41	5.19	3.62	1.97	4.24
Aex	l*l/s		26.52	28.25	25.09	15.84	8.70	21.08
Rocc	kPa/(l/s)							

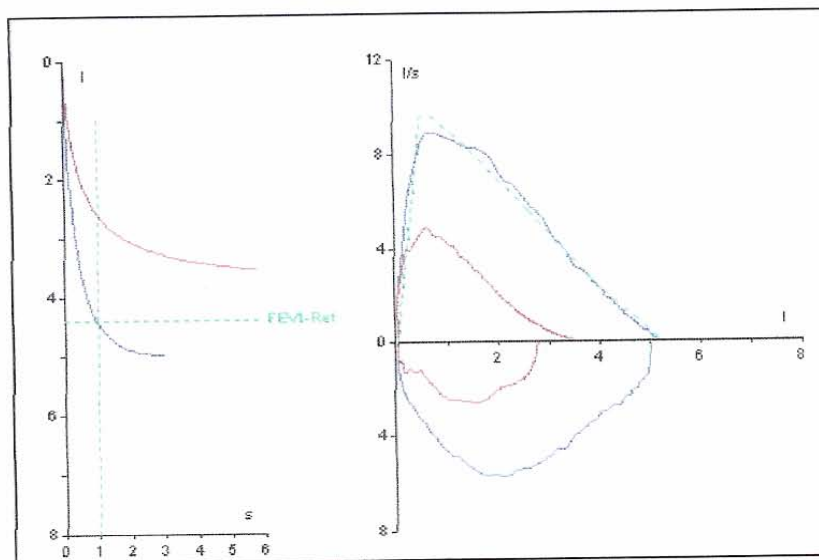
Komentář:

Protokol hyperreaktivity



FEV1 : -20 % Prahová dávka: 2.643 mg

Čas	Medikace	FEV1	FEV1/FVC	MEF50	Aex	FVC
Náležitá hodnota		4.41	82	5.57		5.27
08:34		4.53/103	88/108	5.99/107	26.52	5.14/98
08:36	Metacholin 0.28 mg	4.70/4	87/-1	6.37/6	28.25/7	5.41/5
08:37	Metacholin 0.84 mg	4.49/-1	87/-2	6.06/1	25.09/-5	5.18/1
08:39	Metacholin 2.52 mg	3.69/-19	81/-8	4.36/-27	15.84/-40	4.54/-12
08:42	Metacholin 5.32 mg	2.66/-41	73/-18	2.54/-58	8.70/-67	3.66/-29



Statické plicní objemy :

Čas

08:34

08:42

Metacholin 5.32

Medikament

Parametr

Jednotka

Nál.

Pre

%Nál.

Post

%Nál.

Post%Pr

VC

l

5.52

5.14

93

3.66

66

-29

ERV

l

1.62

1.00

62

0.96

59

-4

IRV

l

3.18

2.05

-36

TV

l

0.97

0.66

-32

IC

l

4.14

2.71

-35

Dynamické plicní objemy :

FVC

l

5.27

5.14

98

3.66

69

-29

FEV1

l

4.41

4.53

103

2.66

60

-41

FEV1/FVC

%

82

88

108

73

89

-18

PEF

l/s

9.95

8.94

90

4.87

49

-46

MEF75

l/s

8.52

8.40

99

4.43

52

-47

MEF50

l/s

5.57

5.99

107

2.54

46

-58

MEF25

l/s

2.60

2.68

103

0.79

30

-71

MEF25-75

l/s

4.95

5.25

106

1.97

40

-62

PIF

l/s

5.69

2.62

-54

MIF50

l/s

5.39

2.52

-53

Aex

l*/l/s

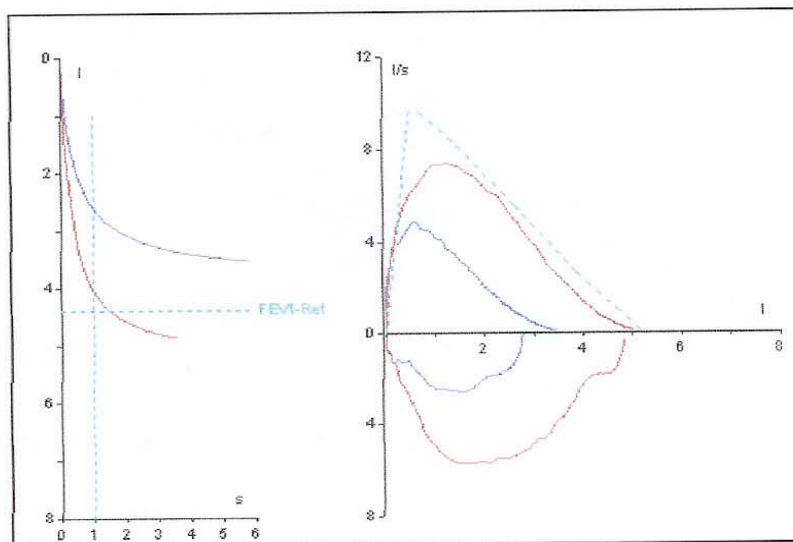
26.52

8.70

-67

Komentář:

Spirometrie, křivka průtok/objem, srovnání Pre/Post



Statické plicní objemy :

Čas	08:42		09:13				
Medikament	Metacholin 5.32		Ventolin 4		vdechy		
Parametr	Jednotka	Nál.	Pre	%Nál.	Post	%Nál.	Post%Pre
VC	l	5.52	3.66	66	5.05	91	38
ERV	l	1.62	0.96	59	1.34	83	40
IRV	l		2.05		2.95		44
TV	l		0.66		0.76		15
IC	l		2.71		3.70		37

Dynamické plicní objemy :

FVC	l	5.27	3.66	69	5.05	96	38
FEV1	l	4.41	2.66	60	4.15	94	56
FEV1/FVC	%	82	73	89	82	100	13
PEF	l/s	9.95	4.87	49	7.38	74	51
MEF75	l/s	8.52	4.43	52	7.38	87	67
MEF50	l/s	5.57	2.54	46	5.16	93	103
MEF25	l/s	2.60	0.79	30	1.92	74	143
MEF25-75	l/s	4.95	1.97	40	4.24	86	115
PIF	l/s		2.62		5.72		118
MIF50	l/s		2.52		5.48		117
Aex	l*l/s		8.70		21.08		142

Komentář:

Děkuji za pozornost