

Vyšetření respiračních funkcí

Seminář ÚPF 1.LF UK

Funkční vyšetření plic
Ventilace
Difúze
Perfúze
Krevní plyny
Zobrazovací metody:
Endoskopické vyšetření
RTG plic
Scintigrafie/ Gamagrafie
Angiografie
Ultrazvukové vyšetření
Magnetická rezonance (MRI)
Biochemická vyšetření

Typy spirografických vyšetření

Klidové

- statické ukazatele
- dynamické ukazatele

Zátěžové

- farmakodynamické testy

broncho-dilatační x broncho-konstrikční

- spiro-ergometrie

Ventilace

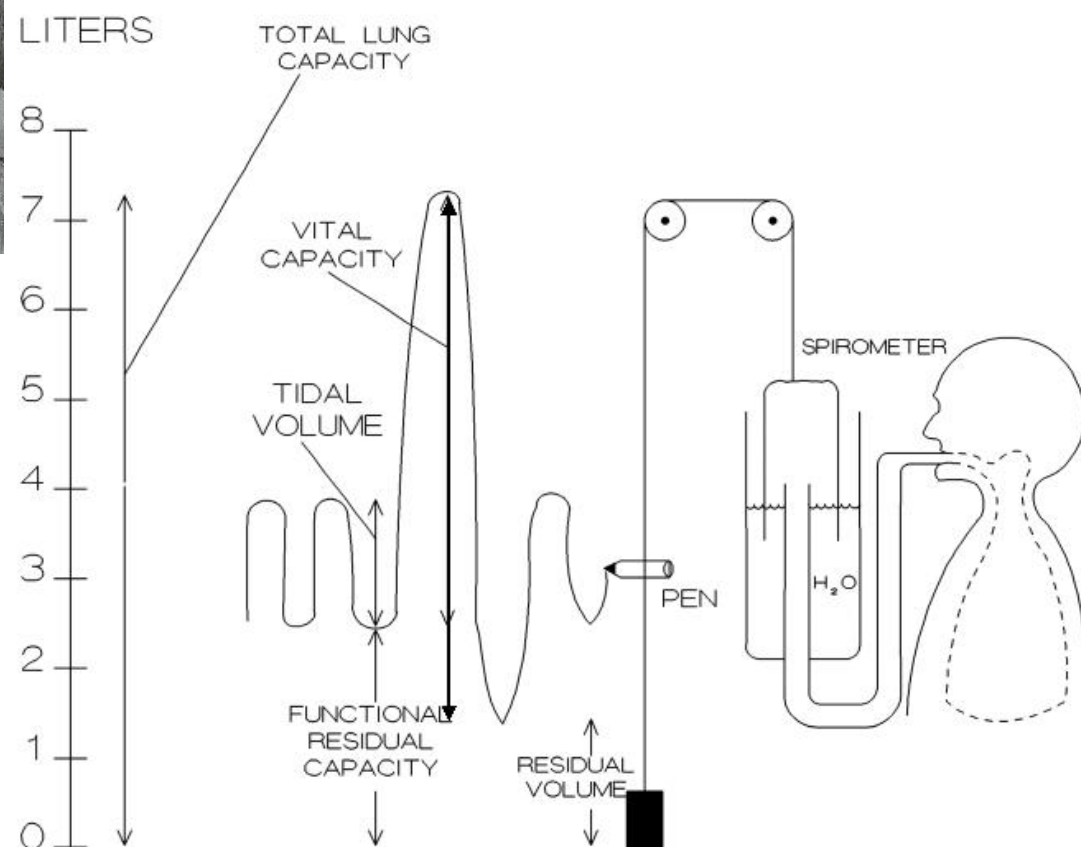
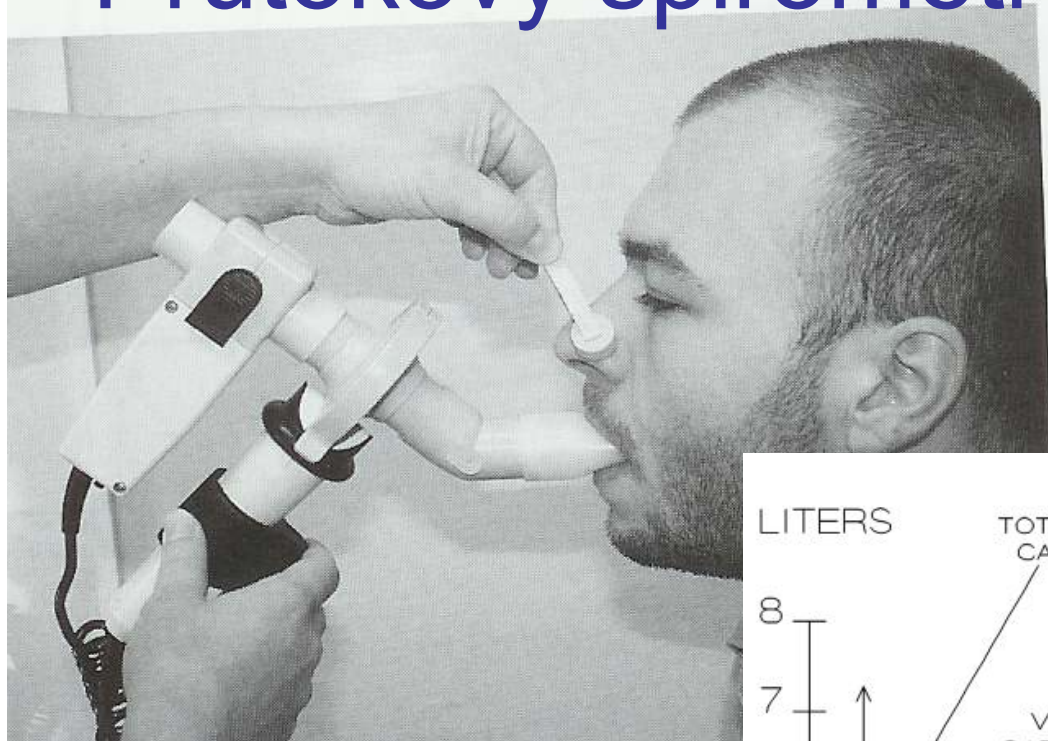
Spirometrie (a pletysmografie): objemy a tzv. capacity, statické ukazatele

- VT - tidal volume (dechový objem)
- VC - vital capacity
- ERV/ IRV – expiratory/ (inspiratory)

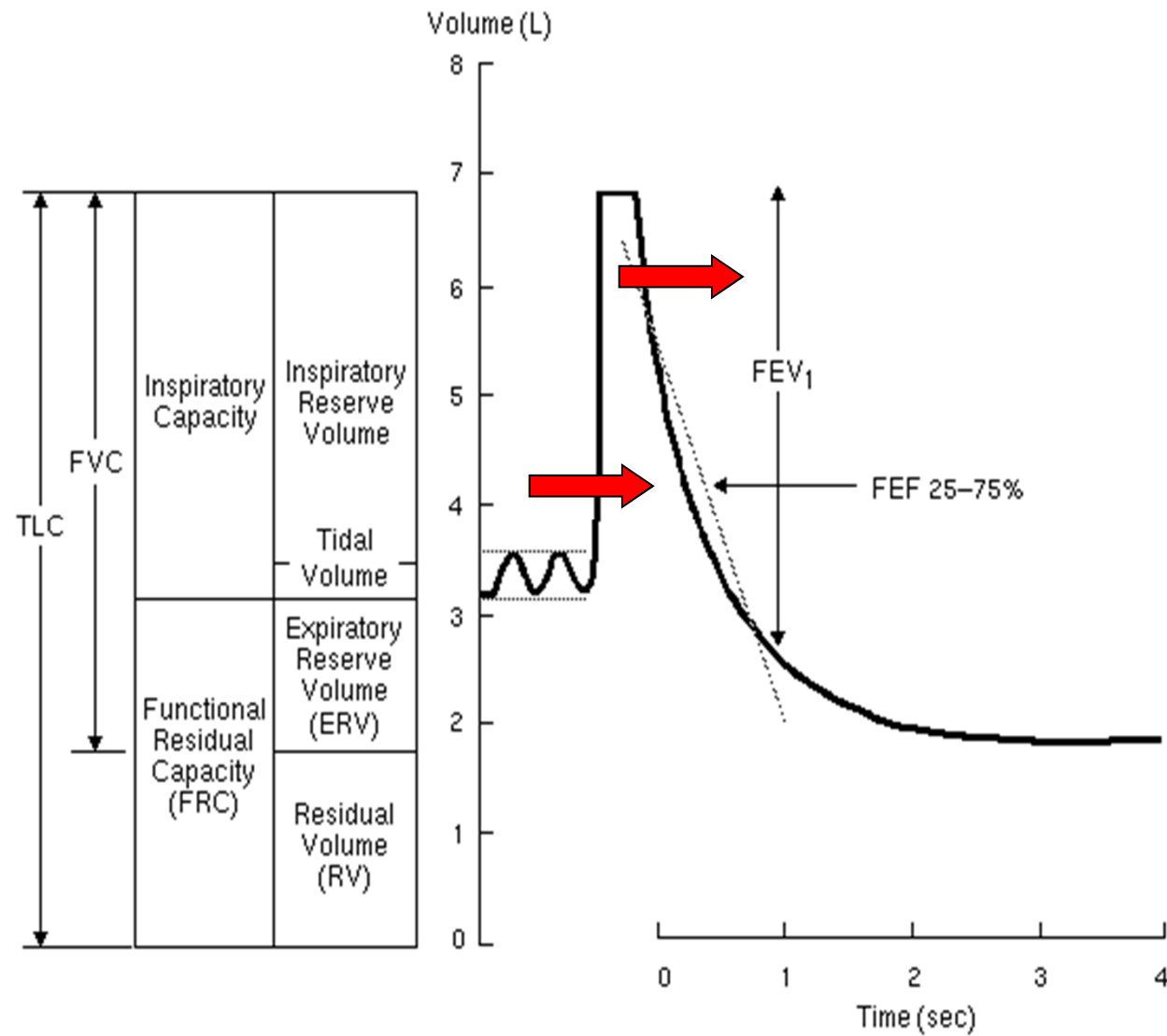
reserve volume

- TLC - total lung capacity
- FRC - functional residual capacity
- RV - residual volume

Průtokový spirometr (versus válcový)



Normální spirogram



Dynamické ventilační parametry a testy

-Dechová frekvence, [1/min] normální 12-16 dechů / min

normální je nekouřit

-Minutová ventilace [volume/min] norma: 6-8 L/min

ministr vás varuje ...

-(F)VC - Forced vital capacity (usilovná/ forsírovaná VC)

ženy: $[21.7 - (0.101 \times \text{věk})] \times (\text{cm}) = [\text{mL}]$

muži: $[27.63 - (0.112 \times \text{věk})] \times (\text{cm}) = [\text{mL}]$

Hodnoty v mezích 80 - 120 % náležité hodnoty se považují za normální

MVV (Vmax) = Maximal voluntary ventilation

Objem dosažený během (20-ti sekundové) maximální ventilace

Maximální dechový objem (TV) X maximální ventilace

Po dobu 10 – 30 sec

> 40 L/min

- Ventilační rezerva:

minutová ventilace / MVV > 1 : 7 (> 1:5)

= 1 : 2

FEV₁ - (Forced Expiratory Volume/ 1 sec)

Objem usilovně vydechnutý za 1. sekundu po max. nádechu

- posouzení závažnosti obstrukční poruchy
- posouzení úspěšnosti léčby
- prognostický parameter: pokud $FEV_1 < 1 \text{ L}$,
méně než 50% pacientů přežívá 5 let

FEF25-75% - (Forced Expiratory Flow)

Usilovný výdech mezi 25 a 75 % vitální kapacity

MMFR – (Maximal Midexpiratory Flow Rate)

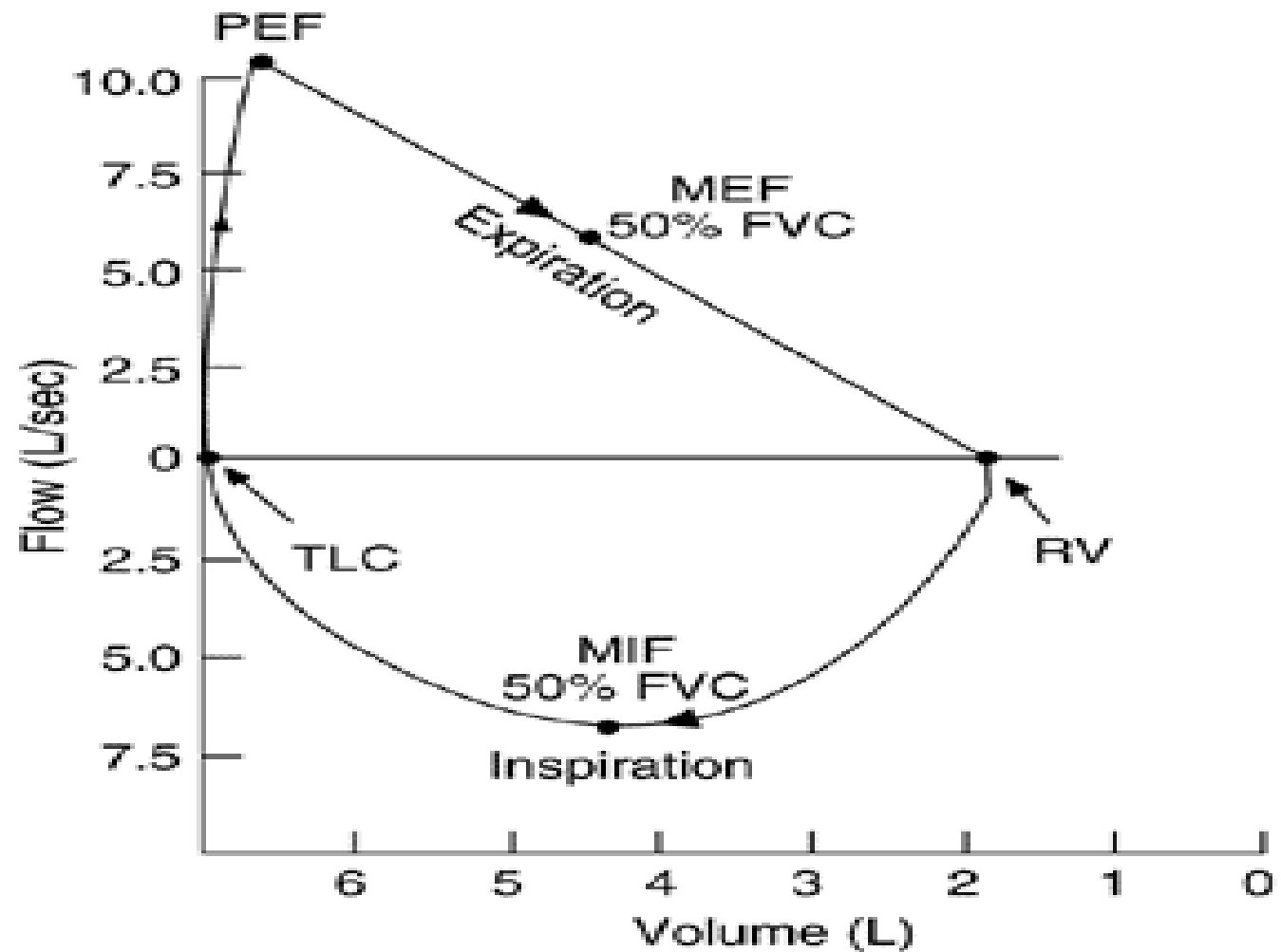
- často je to citlivější ukazatel časně obstrukce než FEV1
(normální hodnoty: 2 – 4 L/sec)
- pro malé objemy plic je třeba tyto objemy srovnávat se statickou vitální kapacitou

PEFR – (Peak Expiratory Flow Rate)

Maximální výdechová rychlost (na smyčce průtok/ objem)

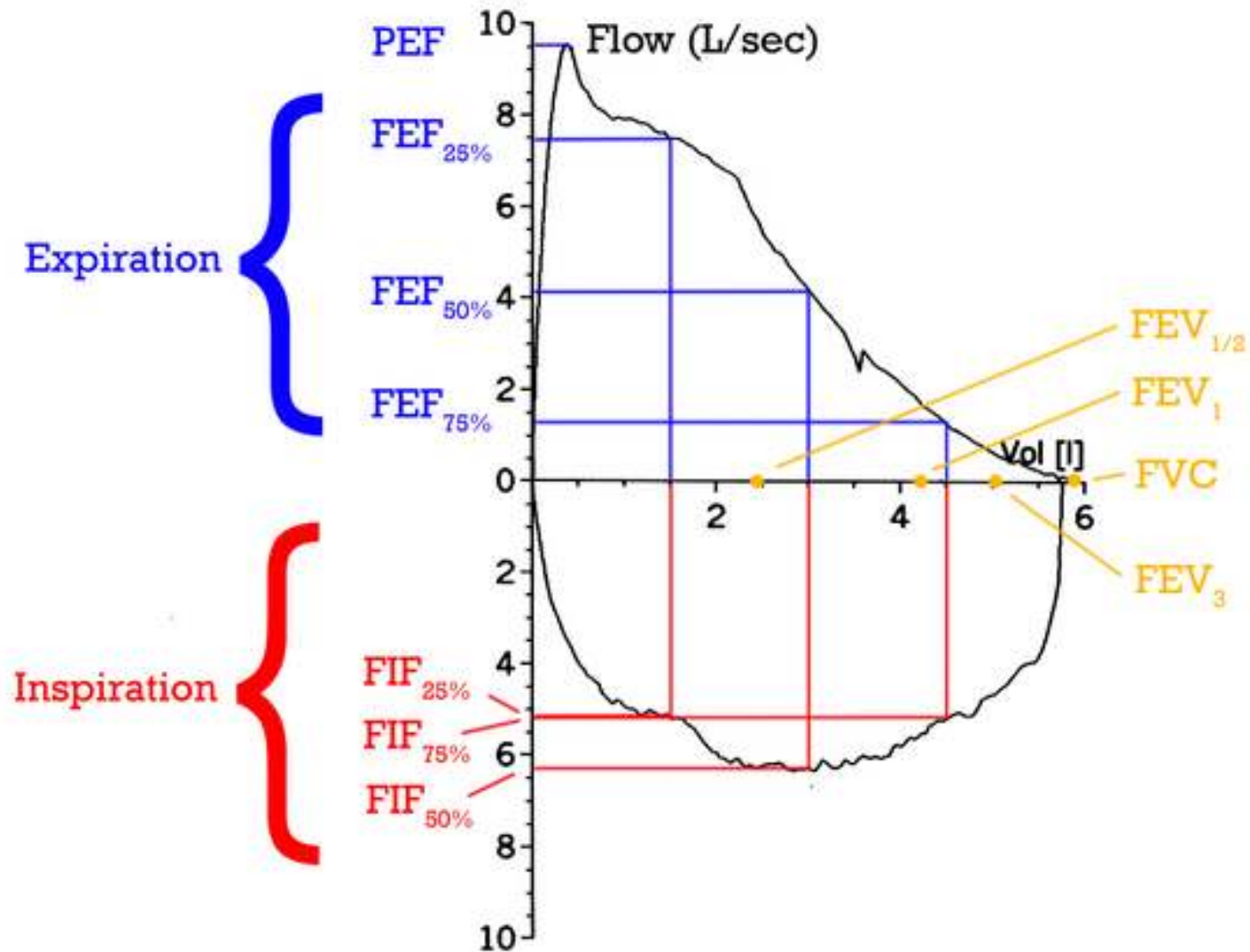
- opakovaná měření PEFR umožňují posoudit dynamické ukazatele u obstrukčních poruch

Normální smyčka průtok-objem



A

Inspirační a expirační část



Restrikční poruchy

anatomická a/nebo funkční ztráta povrchu
pro výměnu dýchacích plynů

resekce

atelektáza

plicní edém

plicní fibróza

deformity hrudníku / patol. dýchací pohyby

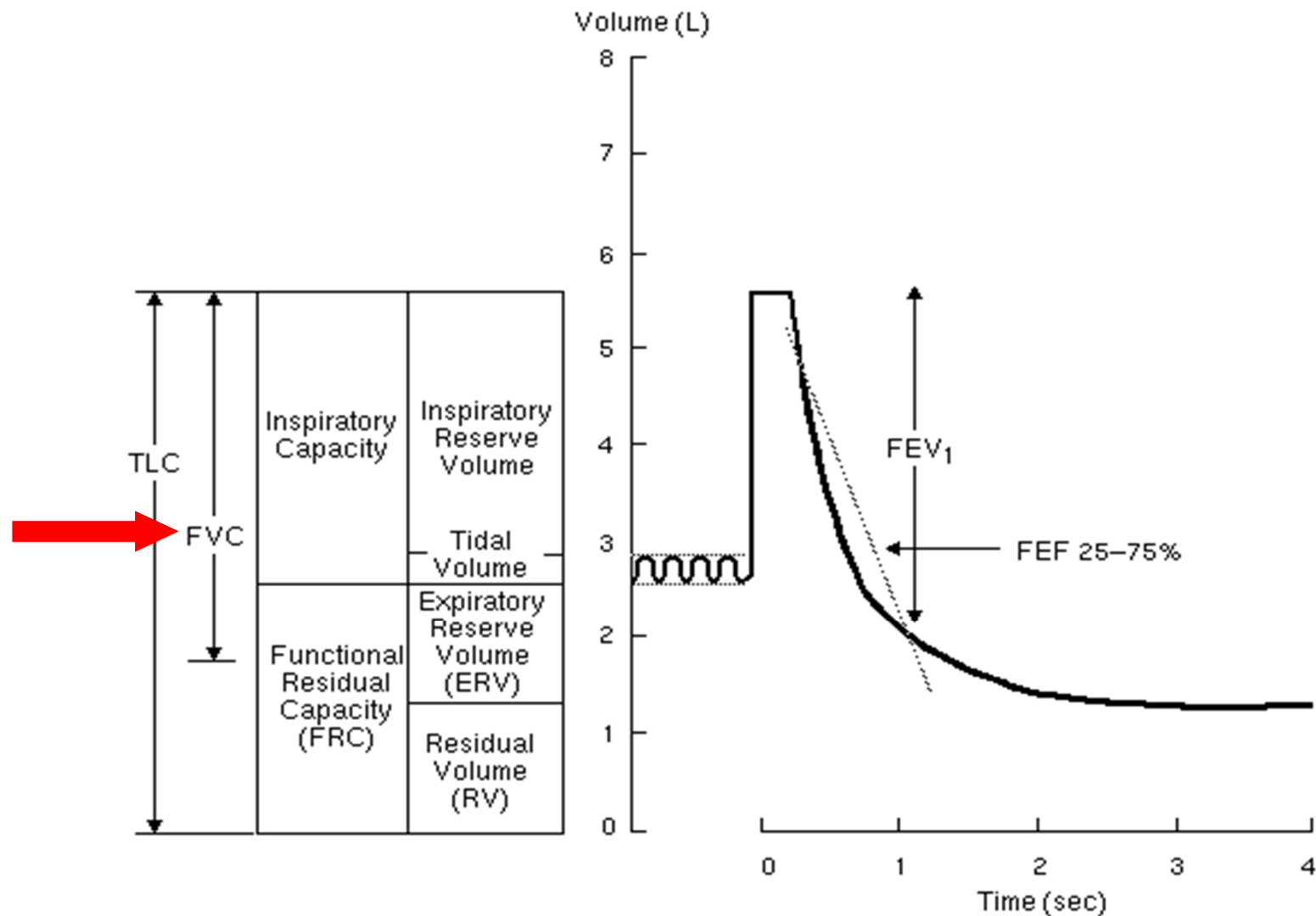
pneumonie

pneumothorax

Pro restriční poruchu je typické

- snížená vitální kapacita (VC)
- snížená funkční residuální kapacita (FRC)
- snížená poddajnost (compliance)
- normální tvar smyčky průtok/ objem
- může být více negativní pleurální tlak během inspiria
- může být zvýšená rezistence plicních cév
- může být hypoxémie

Spirogram - **restrikční** porucha



Obstrukční poruchy

zvýšená rezistence dýchacích cest

- intrathorakální
- extrathorakální

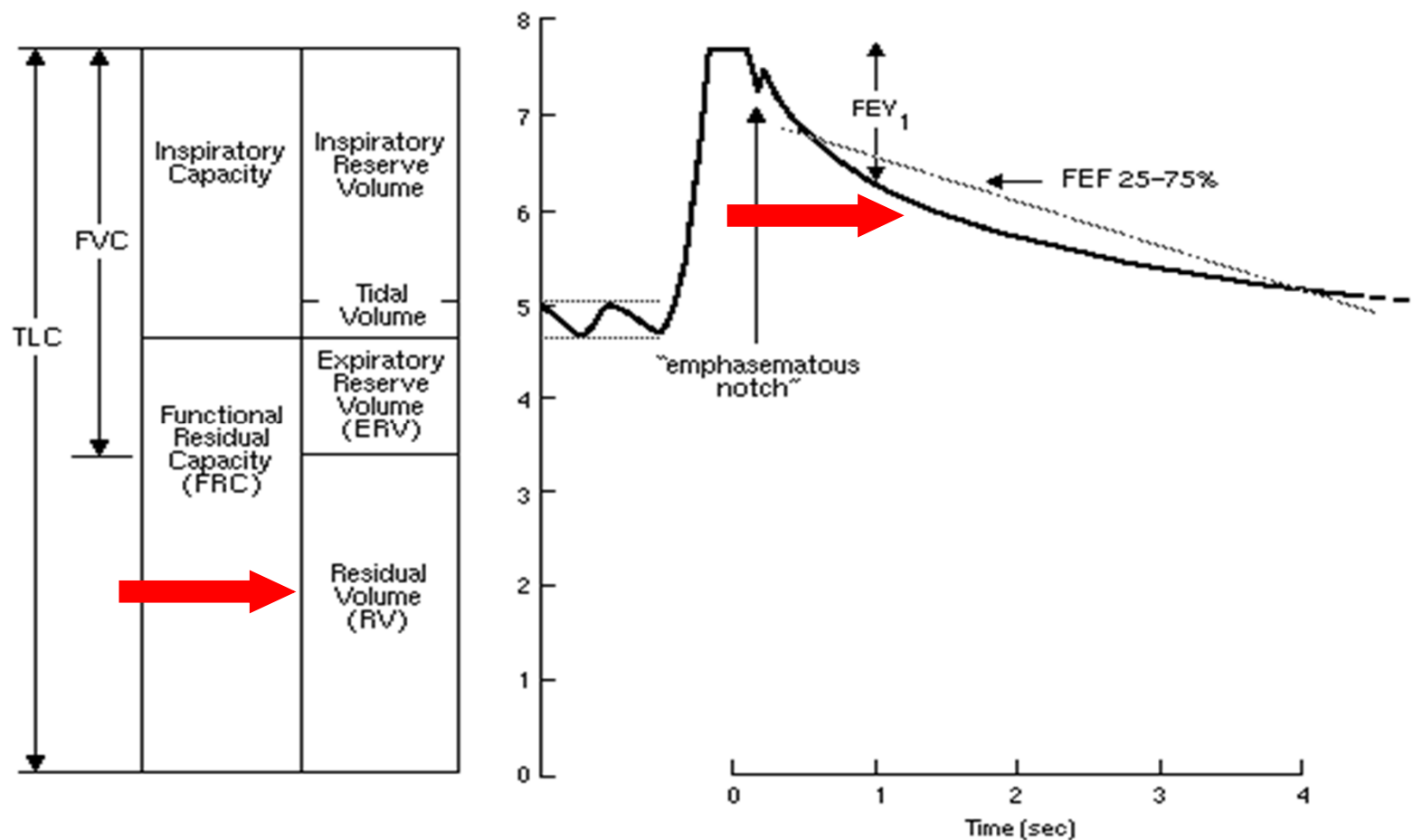
Asthma bronchiale a/nebo

CHOCHBP /= CHOPN

- intrathorakální
- Obstrukce se projeví hlavně při výdechu
- snížená FVC
- snížený FEV₁
- snížený FEF_{25-75%}
- snížená PEFR

Smyčka průtok-objem

Spirogram - **obstrukční** porucha



Hodnocení usilovného výdechu

1. ***maximální průtok*** (PEF)
 2. ***jedno-vteřinový objem*** (FEV1)
 3. ***další dynamické parametry***
 - a) Forced expir. flow 25-75 % (FEF₂₅₋₇₅, F. Mean F.)
 - b) Další body na smyčce průtok-objem (MEF_{25,50,75})
- atd.

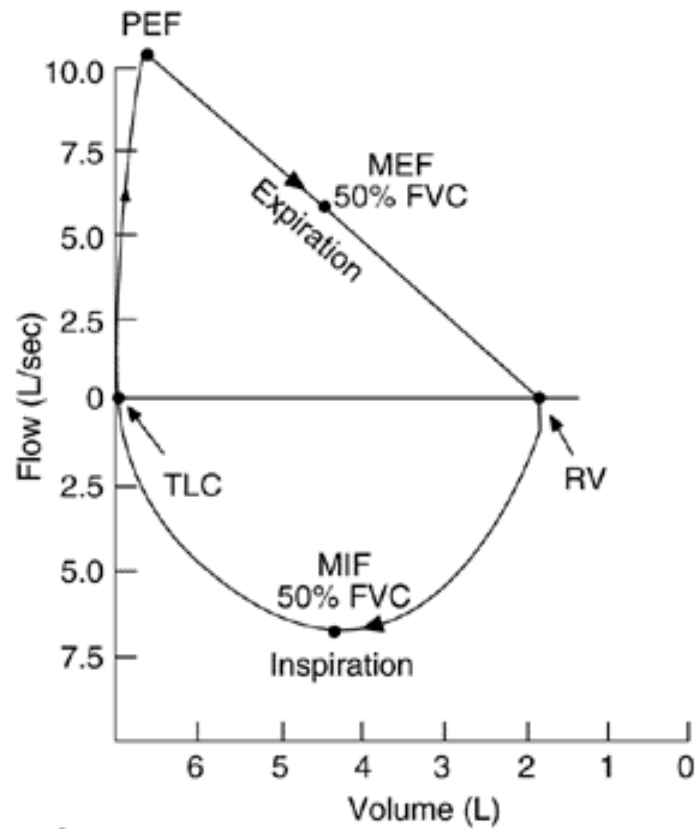
Počáteční část výdechu závisí na maximálním úsilí pacienta (zlepšení s tréninkem vyšetření/ poučením pacienta/ opakováním vyšetření)

Pozdější část výdechu závisí na mechanických vlastnostech plic

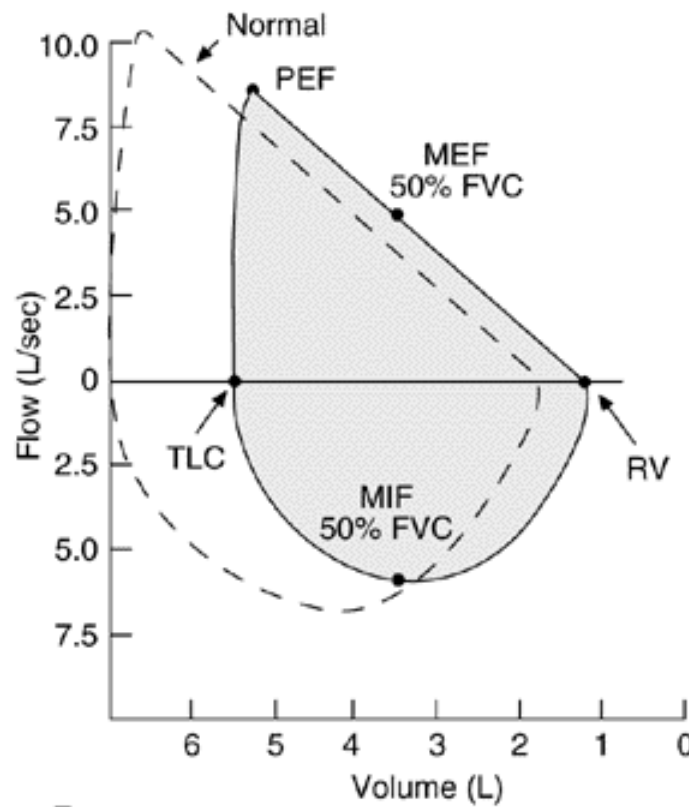
Smyčky průtok- objem, příklad restrikce

Norma

Restrikce plicního parenchymu



A

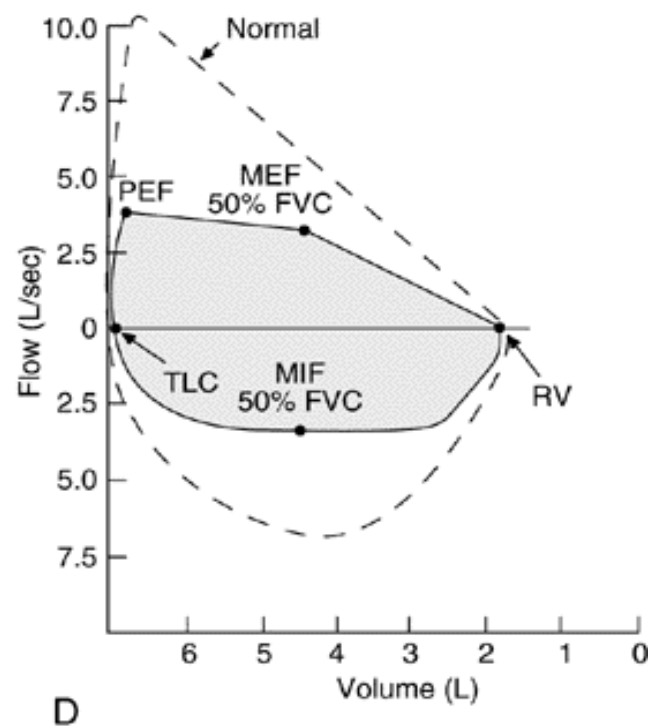
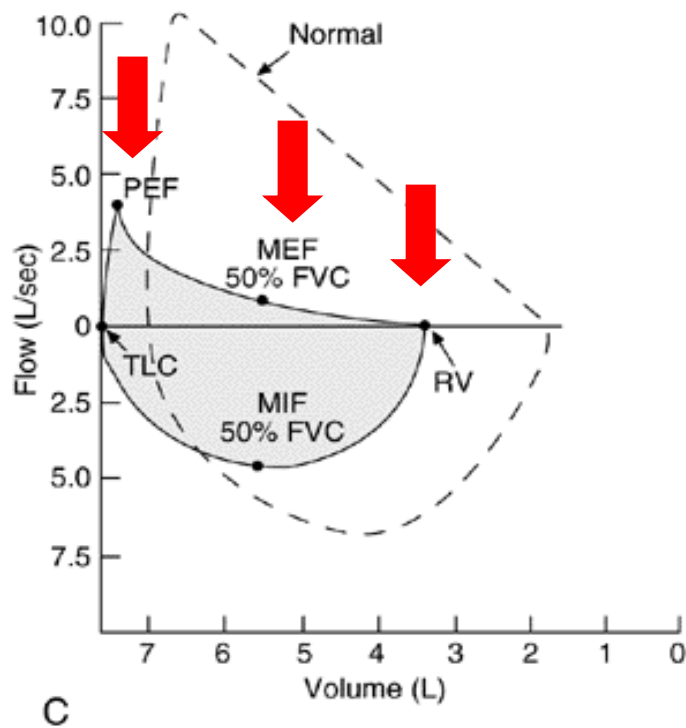


B

Smyčky průtok- objem příklad obstrukce

Astma, CHOCHBP

Nepohyblivá obstrukce
v horních dýchacích cestách

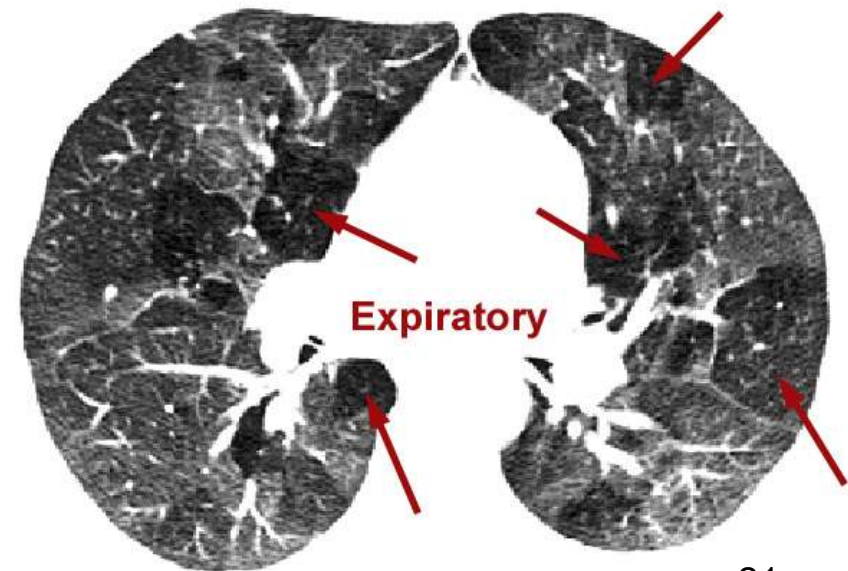
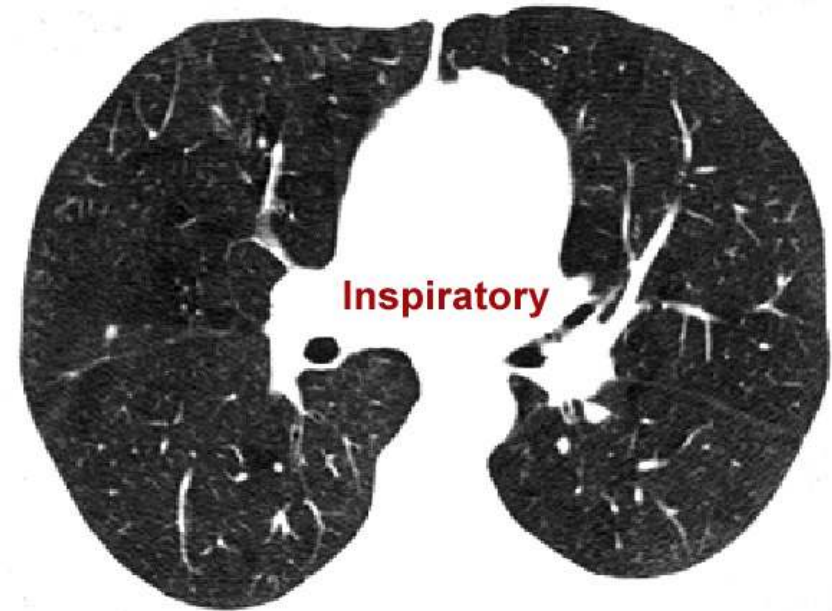


Porucha může být i **smíšená**

- FVC pod 80%, FEV1 pod 80%
- FEV1%VC pod 75% u osob do 50 let, pod 70% u starších
- malé cesty – snížení FEF 25-75, jejich pokles pod 60% již v době, kdy normální FEV1, FVC
- air trapping – retence vzduchu v důsledku kolapsu malých dýchacích cest při snížené elastanci

AIR TRAPPING/ = zachycování vzduchu

Pozor však, patol.-anatomický
řez (? CT scan/? CT-angio.)
zachycuje pouze emphysema-
tózní rozšíření, není přímým
obrazem funkčních vztahů,
ty jsou dány resistencí, změnami
tlaků, a obecně
různými měřitelnými
spirometrickými parametry,
určitě nejsou viditelné
makroskopicky



Difúze, perfúze, krevní plyny

a/ ***Krevní plyny*** ($p\text{aO}_2$, $p\text{aCO}_2$) a pH

b/ ***Parciální tlaky dýchacích plynů v alveolech***
($p\text{AO}_2$, $p\text{ACO}_2$; $P(\text{A-a})\text{O}_2$)

c/ ***střední tlak v a. pulmonalis***

PAP < 20 mmHg [2.67kPa]; PAP = 15-30/5-13 mmHg)

- měření plicních tlaků Swan-Ganzovým katetrem

-(Chronická) plicní onemocnění provázená hypoxémií

zvyšují rezistenci plicního řečiště

později se plicní odpor zvyšuje autonomně

tím se zvyšuje zátěž pravého srdce

d/ ***Ventilační a perfúzní scintigrafie*** (viz dále)

Krevní plyny – jsou součástí acidobazické rovnováhy

- Vyšetření krevních plynů a ABR (podle Astrupa)
- pH 7,36-7,44
- PaO_2 9,9-14,4 kPa
- PaCO_2 4,8-5,9 kPa
- BE (base excess) ± 2 mmol/l
- BBS (buffer base) 48 ± 2 mmol/l
- Standardní bikarbonáty 24 ± 2 mmol/l

e/ **Difúzní plicní kapacita**

pro CO (0.3 %), nebo O₂, (DLCO; DLO₂ = 1.23 × DLCO), CO₂, N₂O
(= diffusion lung capacity/ transfer lung capacity of CO, O₂, etc.)

(Jeden nádech, 10 vteřin zadržet, potom výdech, analýza směsí.)

Nižší při: ea) Ztluštění alveolokapilární membrány (fibróza...)

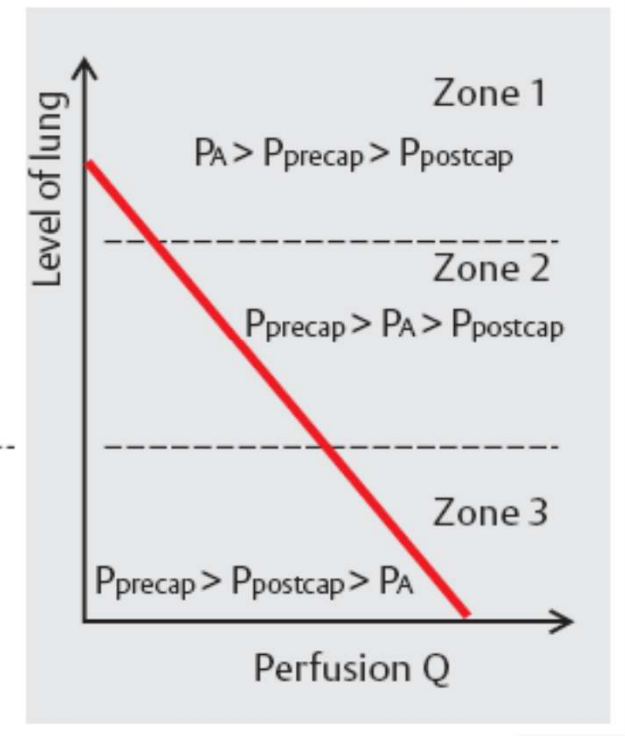
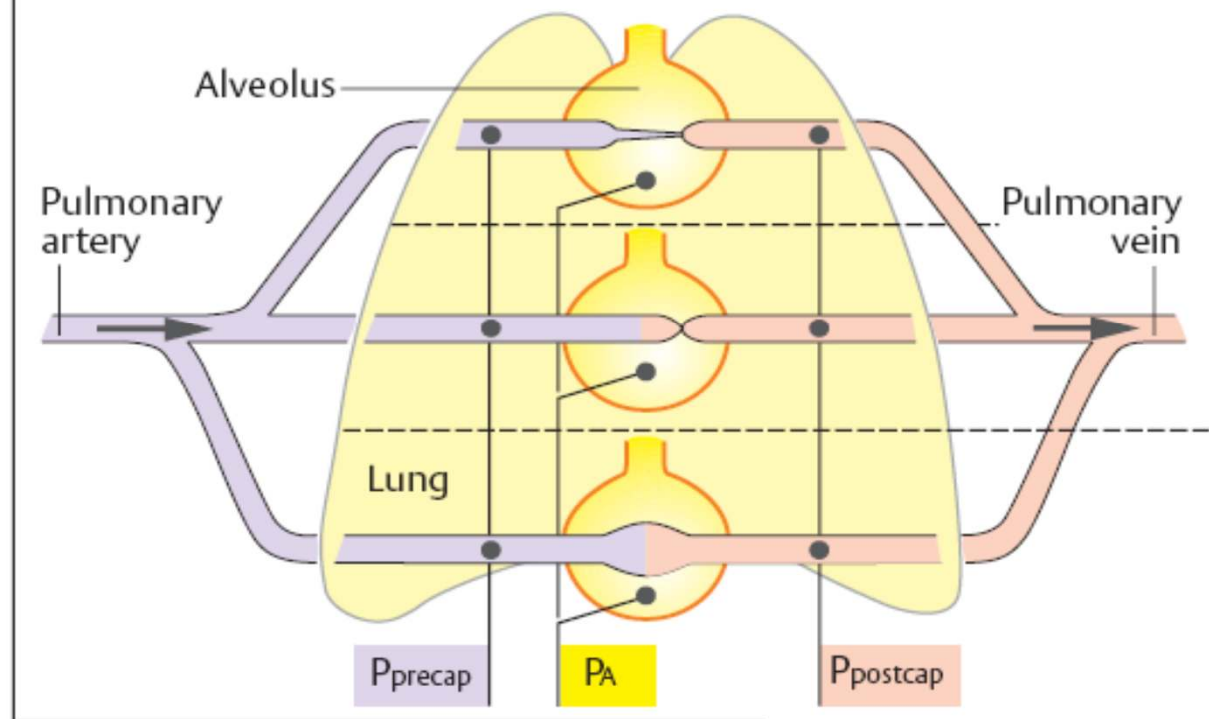
eb) Destrukci alveolokapilární membrány (emfysém..)

ec) Anémii

Difúzi omezuje:	Transport plynů			
	O ₂	CO ₂	CO	N ₂ O
Alveolo-kapilární Membrána	+	-	+	-
HB a objem krve	+	+	+	-
Cirkulace	+	+	-	+

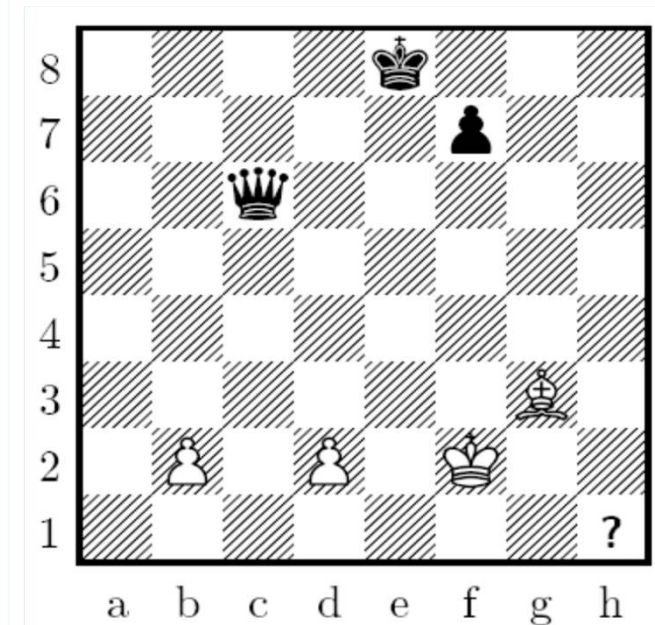
Poměr ventilace/ perfúze

A. Regional blood flow in the lung (upright chest position)



Poměr ventilace/ perfúze, to jsou pěkné šachy

jednotky	[cm]	[cm H ₂ O]		[mmHg]		[l/min l]		[l]	
	h	p _a	p _v	p _{CO₂}	p _{CO₂}	$\dot{V}$	$\dot{Q}$	V/Q	(8)
neventilované A	–	–	–	40	46	0	>0	0	(7)
neperfundované A	–	–	–	100	40	>0	0	→∞	(6)
p _A > p _a , zóna 1	8	12	2	132	28	0,24	0,07	3,4	(5)
p _A = p _a , hranice	0	20	10	120	32	0,42	0,44	0,94	(4)
p _a > p _A , zóna 2	–5	25	15	111	35	0,53	0,68	0,78	(3)
p _v = p _A , hranice	–10	30	20	102	37	0,64	0,91	0,7	(2)
p _v > p _A , zóna 3	–18	38	28	90	41	0,82	1,29	0,63	(1)
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	



Celotělová pletysmografie

umožňuje změřit:

- spirogram
- křivky průtok-objem
- ostatní jinak nedostupné objemy:

RV – residual volume

ITV – introthoracic volume

FRC – functional residual capacity

plicní rezistenci



Celotělová pletysmografie

- založena na principu Boylova-Mariottova zákona: $p \times V = \text{konst.}$
- Při vyšetření sedí vyšetřovaná osoba ve vzduchotěsné kabině a na oscilografu umístěném venku jsou zaznamenávány jednak změny tlaku v atmosféře kabiny, jednak změna tlaku v ústech vyšetřované osoby.
- Na konci normálního exspira, kdy tlak alveolární se vyrovná s tlakem atmosféry kabiny, uzavře operátor cestu proudu vzduchu a pak se má vyšetřovaný pokusit o 1-2 vdechy při uzavřené záklopce.
- Takto uměle vyvolaný podtlak povede k příslušné změně objemu plynu v plicích a projeví se na změně tlaku v atmosféře kabiny.
- Obě tlakové hodnoty (v ústech a kabině) se současně registrují na souřadnicový systém oscilografu vytvoří se smyčka o určitém sklonu.
- ZJISTÍME: veškerý objem plynu obsažený v plicích (i nepřístupný ventilaci + buly + cysty), odpor dýchacích cest, elastanci, atd.
- complianci, dechovou práci

Nedostatek kyslíku I.

- Nedostatek kyslíku – **hypoxie**
- Nedostatek kyslíku v krvi (nízký pO_2 v arteriální krvi - paO_2) - **hypoxémie**
- Oxid uhličitý (CO_2)
- jeho množství v krvi souvisí především s mírou ventilace
- Vyšetření hypoxémie
- Běžnou regulaci zajišťuje oxid uhličitý

Nedostatek kyslíku II.

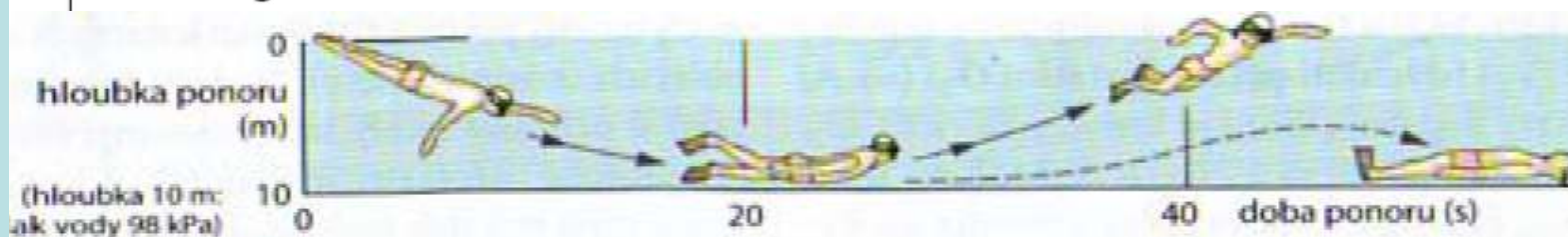
- Centra reagující na hypoxémii – stimuluje dýchání
- Při chronické hypokapnii se snižuje citlivost na CO_2
- Praktické důsledky: u pacienta s kombinací **hyperkapnie a hypoxémie** (například těžší obstrukční choroba) dýchání reguluje hypoxémie
- **dýchání čistého kyslíku může utlumit dech. centra a vést k vzestupu hyperkapnie**
- proto se do dýchací směsi přidává oxid uhličitý

Nedostatek kyslíku III.

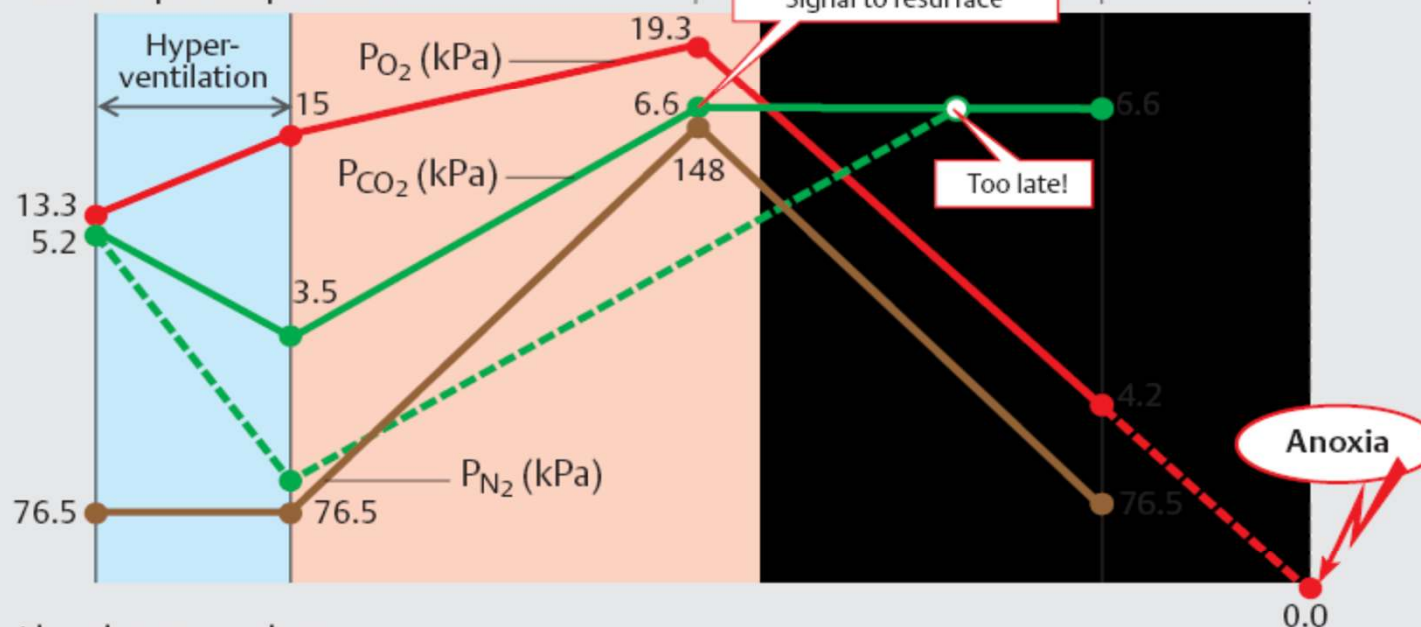
- **Samotná hypoxémie** (např. fibróza, ale i lehčí astmatický záchvat) stimuluje dýchání, dochází k hyperventilaci a hypokapnii
- Hyperventilace je uskutečňována **svaly** – ty vyžadují kyslík, dochází k jejich **únavě** – projeví se postupnou/ zdánlivou/ subjektivní „normalizací“ a dalším vzestupem CO_2
- může být indikací k podpůrnému dýchání

S e b e v r a ž d a p o m o c í a p n o e ?

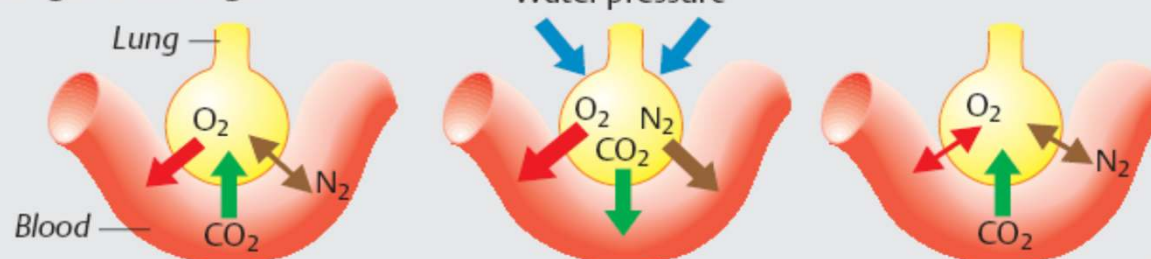
C. Diving unassisted



Alveolar partial pressures



Alveolar gas exchange



(after Hong et al.)

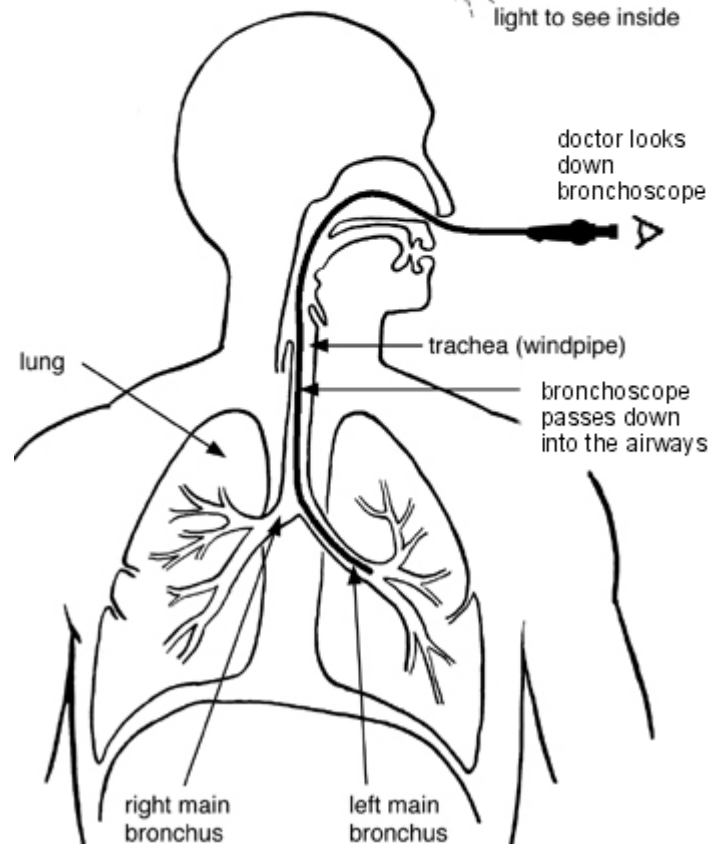
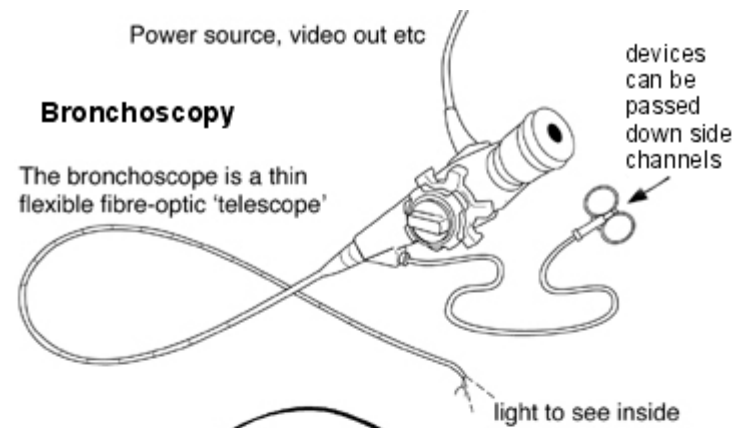
Endoskopická vyšetření plic

1. Bronchoskopické vyšetření

- Fibroskopie
- Bronchioloalveolární laváž (BAL) – 150-500 ml fyziologického roztoku, cytologické a mikrobiologické vyš.
- Transbronchiální plicní biopsie

2. Mediastinoskopie

3. Thorakoskopie

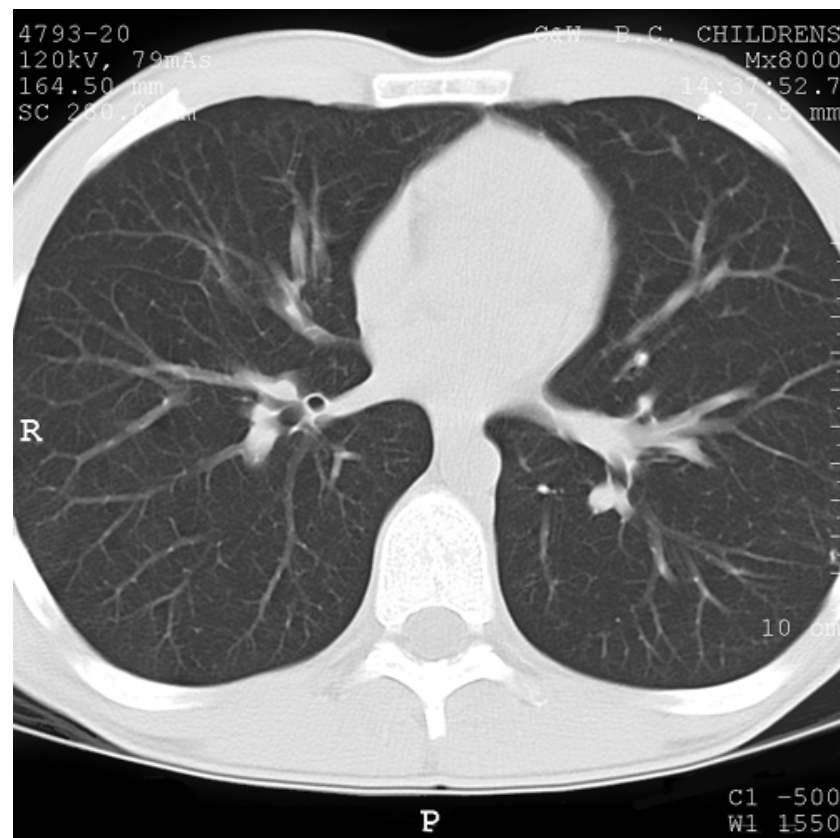


Zobrazovací metody I.

1. RTG

- Skiagram
- Tomogram
- CT, HRCT

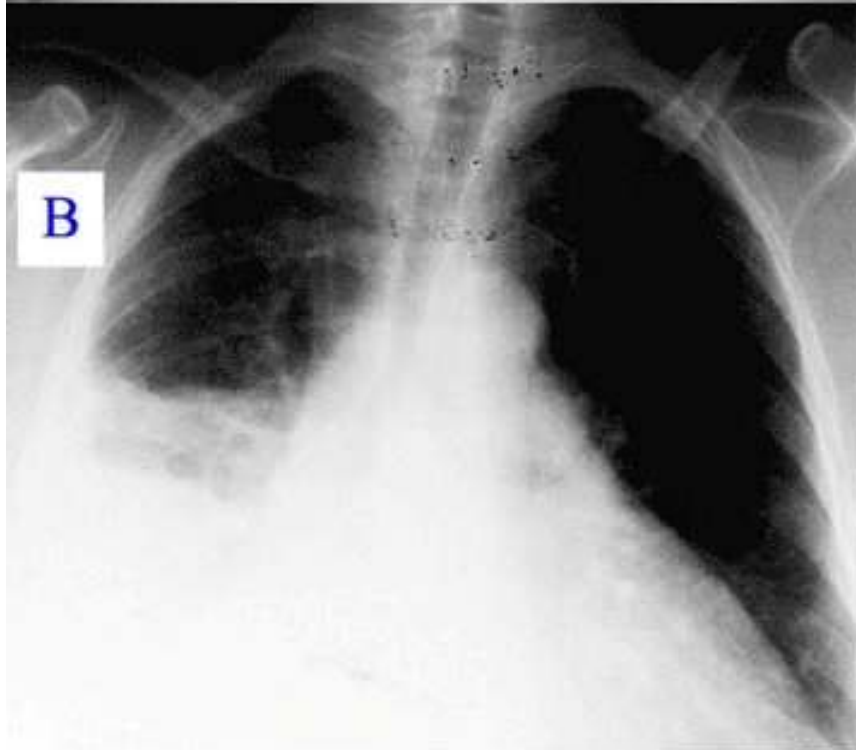
(pneumonie, atelektáza, pneumothorax, pneumomediastinum, emfyzém, cystická fibróza, tumory)



CT zdravých plic

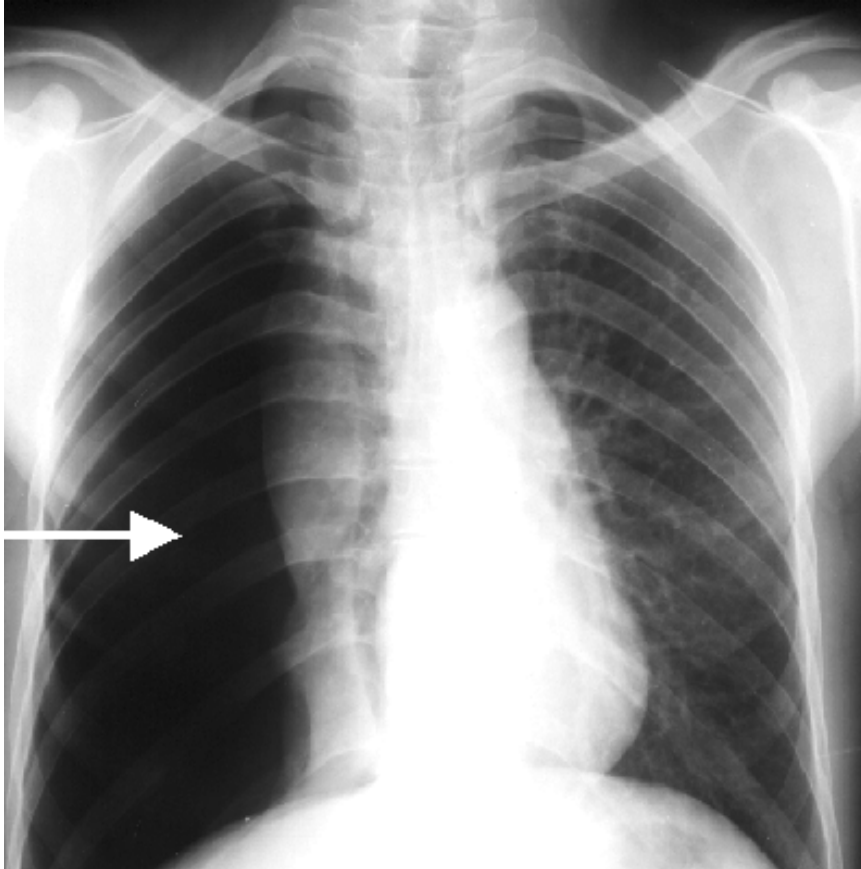


normální rtg plic



pneumonie

Pneumothorax



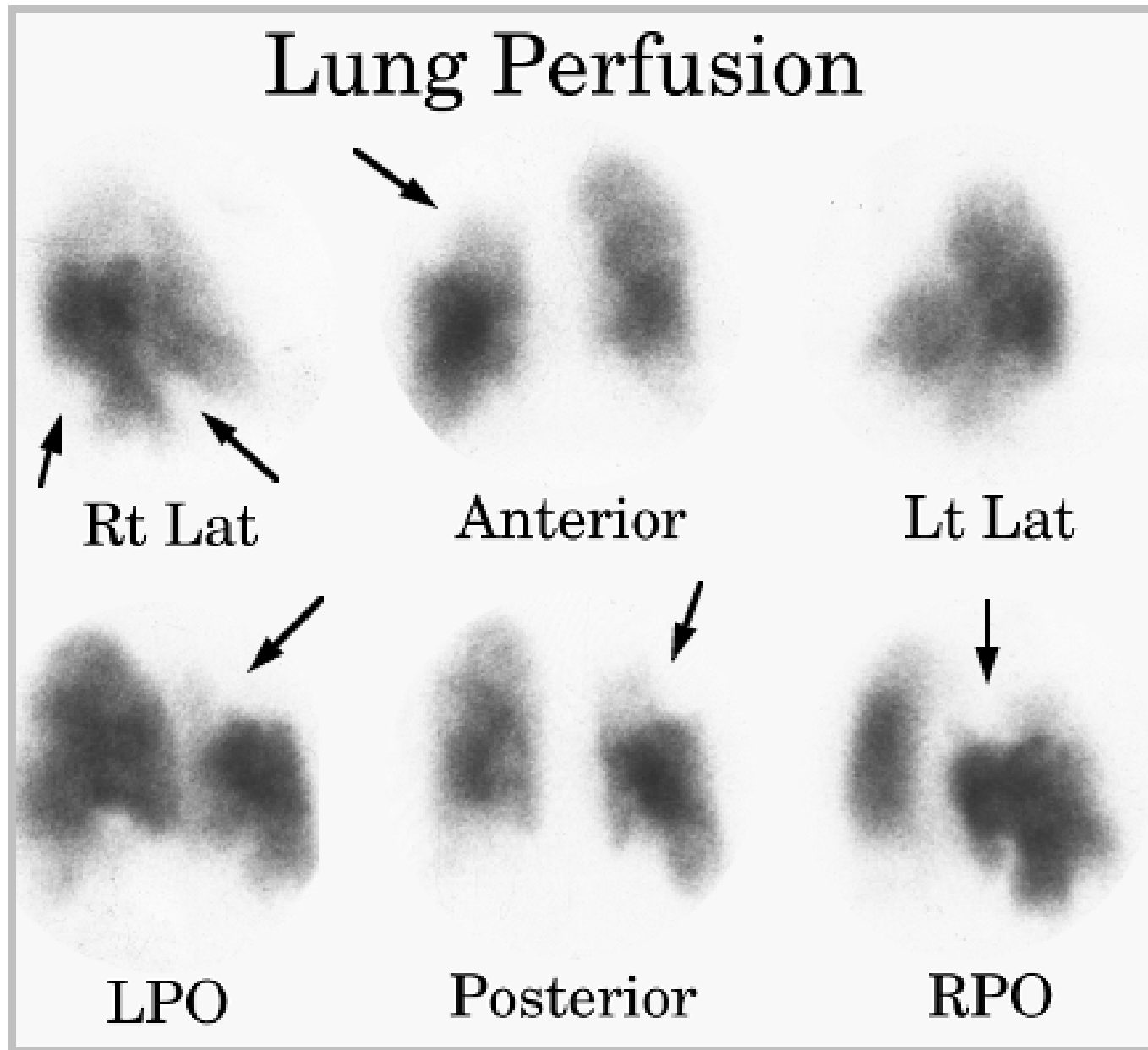
2. Plicní scintigrafie

a) *Ventilační a perfúzní scintigrafie*

- diagnóza plicní **embolie** a **tromboembolické choroby**

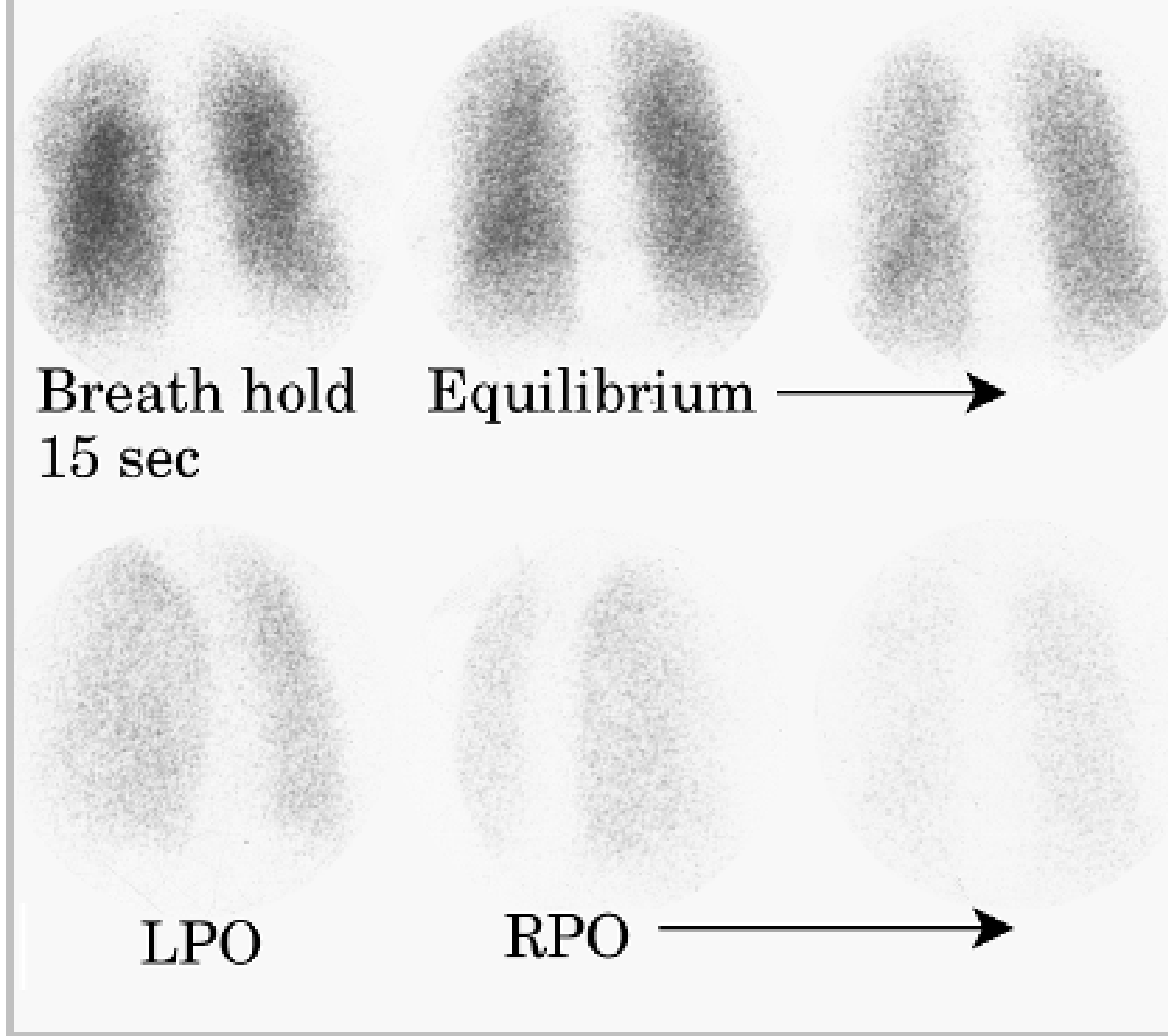
- **Ventilační** scintigrafie -
vdechování ^{133}Xe

- **Perfúzní** scintigrafie –
mikročástice albuminu (50-100 nm)
označené isotopem $^{99\text{m}}\text{Tc}$,
vyzařujícím gamma záření)



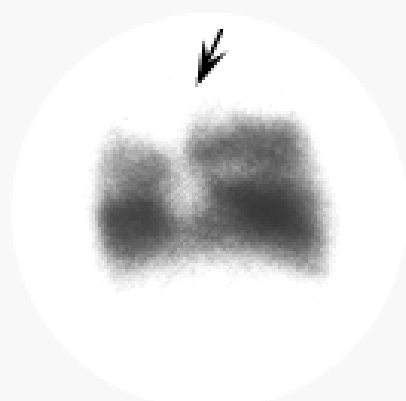
Anterior, Posterior, LPO = left posterior oblique, and other scintigraphic shots. 40

Lung Ventilation

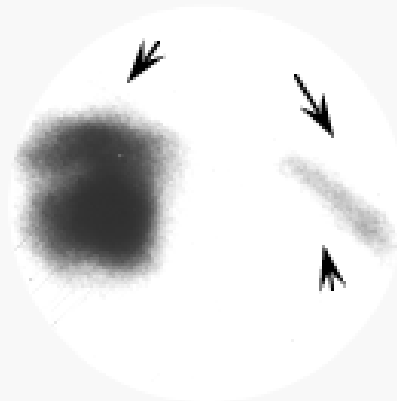


Anterior, Posterior, LPO = left posterior oblique, and other scintigraphic shots. 41

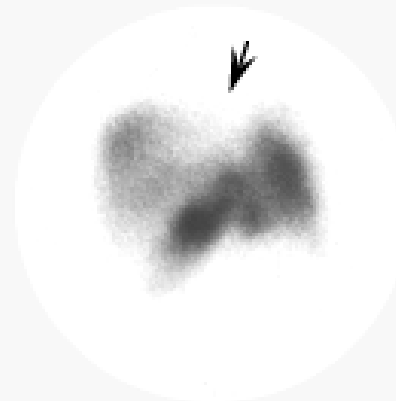
Lung Perfusion



Rt Lat



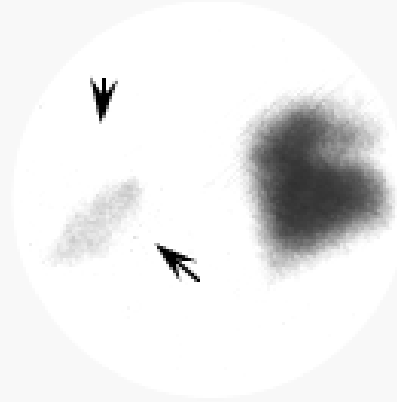
Anterior



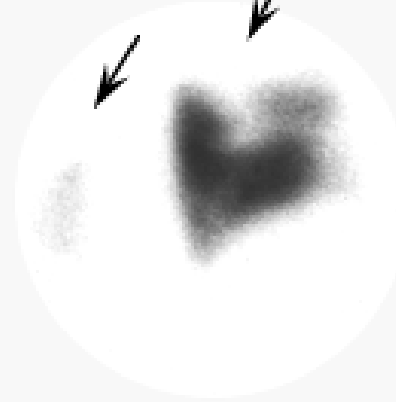
Lt Lat



LPO



Posterior



RPO

Anterior, Posterior, LPO = left posterior oblique, and other scintigraphic shots. 42

b) ***Galliový scan*** – ^{67}Ga Gallium - kumulace v tkáni poškozené zánětem

3. Plicní angiografie



3. Ultrasonografie

- – posuzování pleurálních procesů
- – perkutánní plicní biopsie

4. NMR

Laboratorní vyšetření I.

- 1. alfa1-antitrypsin (deficience: mladí nekuřáci s emfyzémem)
- 2. Vyšetření potu na chloridy (Cystická fibróza: $\text{Cl}^- > 60 \text{ mmol/L}$)
- 3. Bakteriální vyšetření sputa nebo BAL: *Pseudomonas aeruginosa* (CF), *Staph. aureus*, *H. influenza*, *P. cepatia*
- 4. Cytologické vyšetření sputa nebo BAL

Laboratorní vyšetření II.

- 5. Indukované sputum
- 6. Eozinofilní kationický protein
- 7. Vyšetření kondenzátu vydechovaného vzduchu
- 8. Vyšetření oxidu dusnatého (NO) ve vydechovaném vzduchu

Pulsní oxymetrie

- Pulsní oxymetrie – sycení Hb kyslíkem pomocí fotoelektrických metod
- Nevýhodou rel. malá citlivost při pO_2 víc jak 8 kPa, při špatné kožní perfúzi a v přítomnosti karboxyhemoglobinu a methemoglobinu

Pulsní oxymetr

