

Spirometrické vyšetření

Respirační systém - fyziologie

Hlavní funkce na úrovni plic:

- ventilace
- difuze
- perfuze

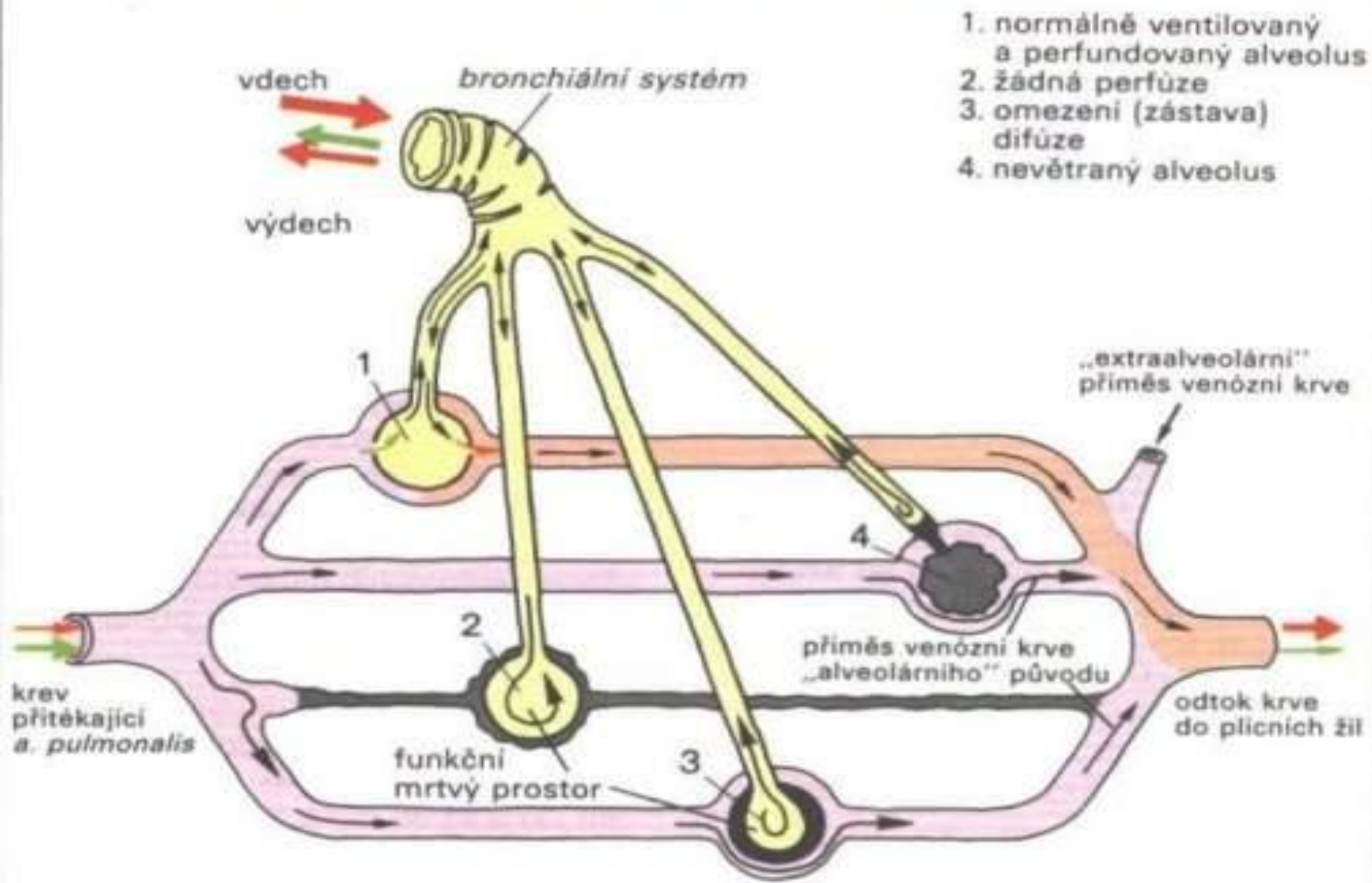
Alveolární ventilace

$$V_A = (V_T - V_D) \times f$$

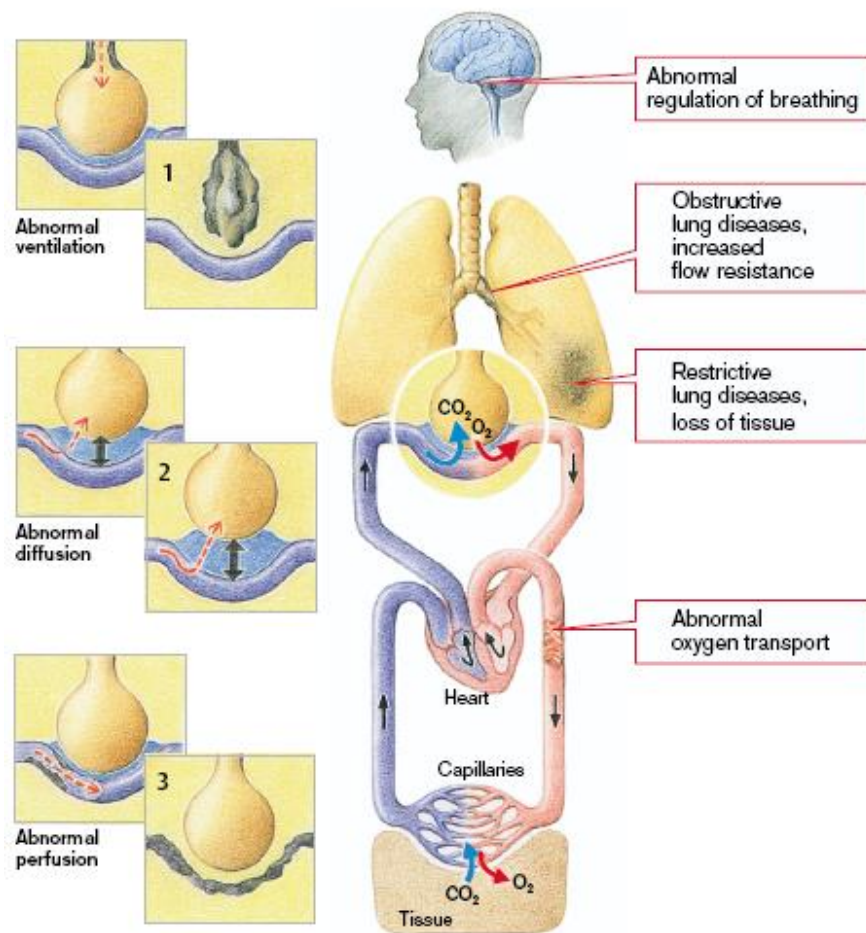
V_Tdechový objem (tidal volume)

V_Dmrtvý prostor (dead volume)

f dechová frekvence



Patofyziologie dýchání



Poruchy ventilace

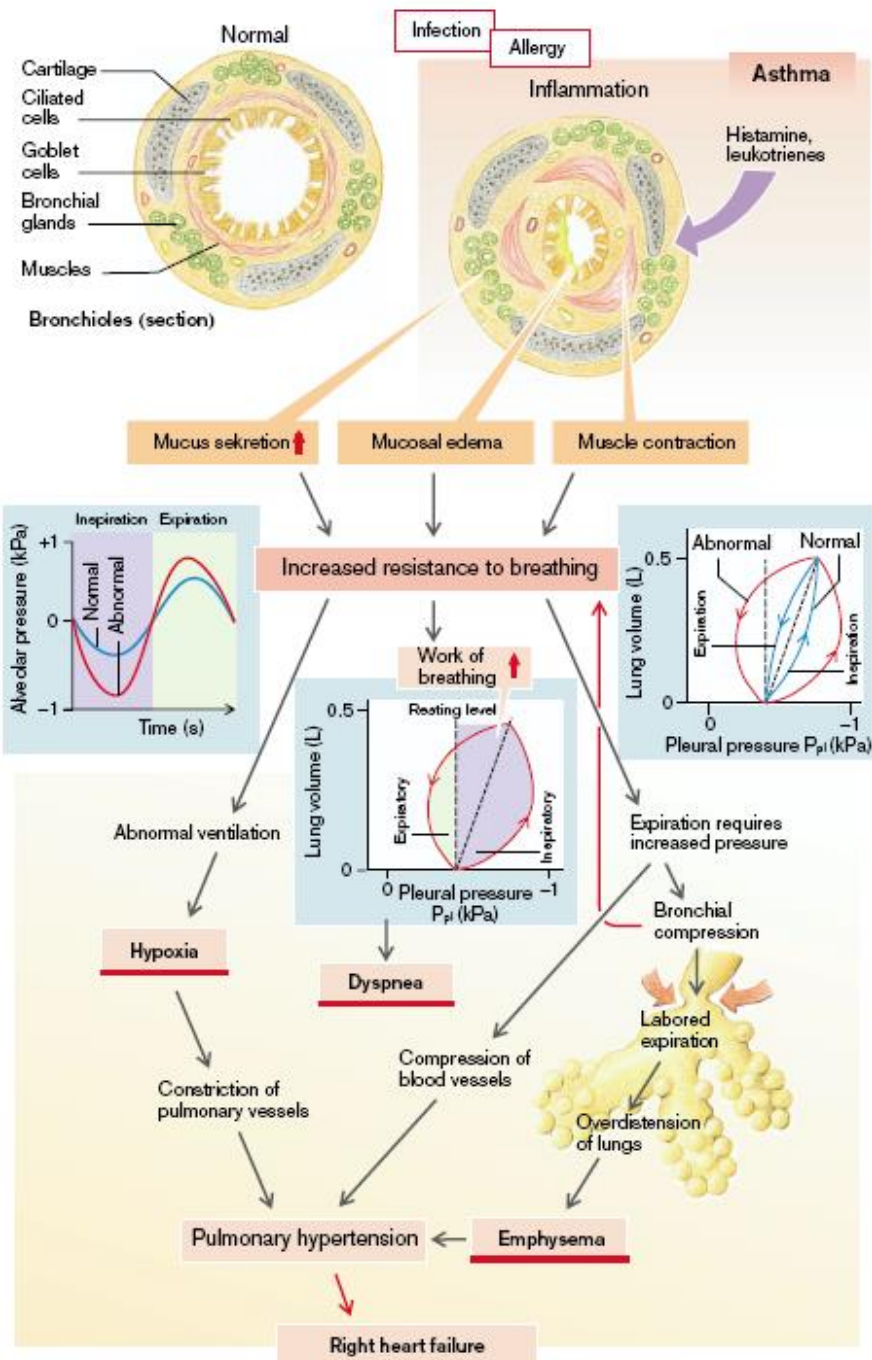
- **prostá hypoventilace**
- **obstrukční ventilační poruchy**
(zúžení dýchacích cest)
- **restrikční ventilační poruchy**
(redukce funkčního parenchymu plic nebo omezení dýchacích pohybů)
- **smíšené ventilační poruchy**

Prostá hypoventilace

- zpravidla mimoplicní příčina
 - CNS (otravy, léky, úrazy)
 - obstrukce horních dýchacích cest
 - zúžení bronchiolu
 - nedostatek surfaktantu, fibrotické změny – změny poddajnosti
- snížení $V_A = (V_T - V_D) \times f$
- hypoxemie, hyperkapnie

Obstrukční poruchy plic

- lokalizovaná obstrukce
 - bronchiální obstrukce (cizí těleso, nádor, zánět, uzliny..)
- generalizovaná obstrukce
 - **reverzibilní** - asthma bronchiale
 - **ireverzibilní** - CHOPN (emfyzém, chronická bronchitida)



Obstrukční poruchy plic

Asthma bronchiale

- chronická zánětlivá choroba dýchacích cest, charakterizovaná zvýšenou reaktivitou na různé stimuly vedoucí k variabilní bronchiální obstrukci, která je reverzibilní buď spontánně nebo po terapii.
- 2,3-3,3 % populace
- bez závislosti na pohlaví
- vzrůstající výskyt
- multifaktoriální onemocnění

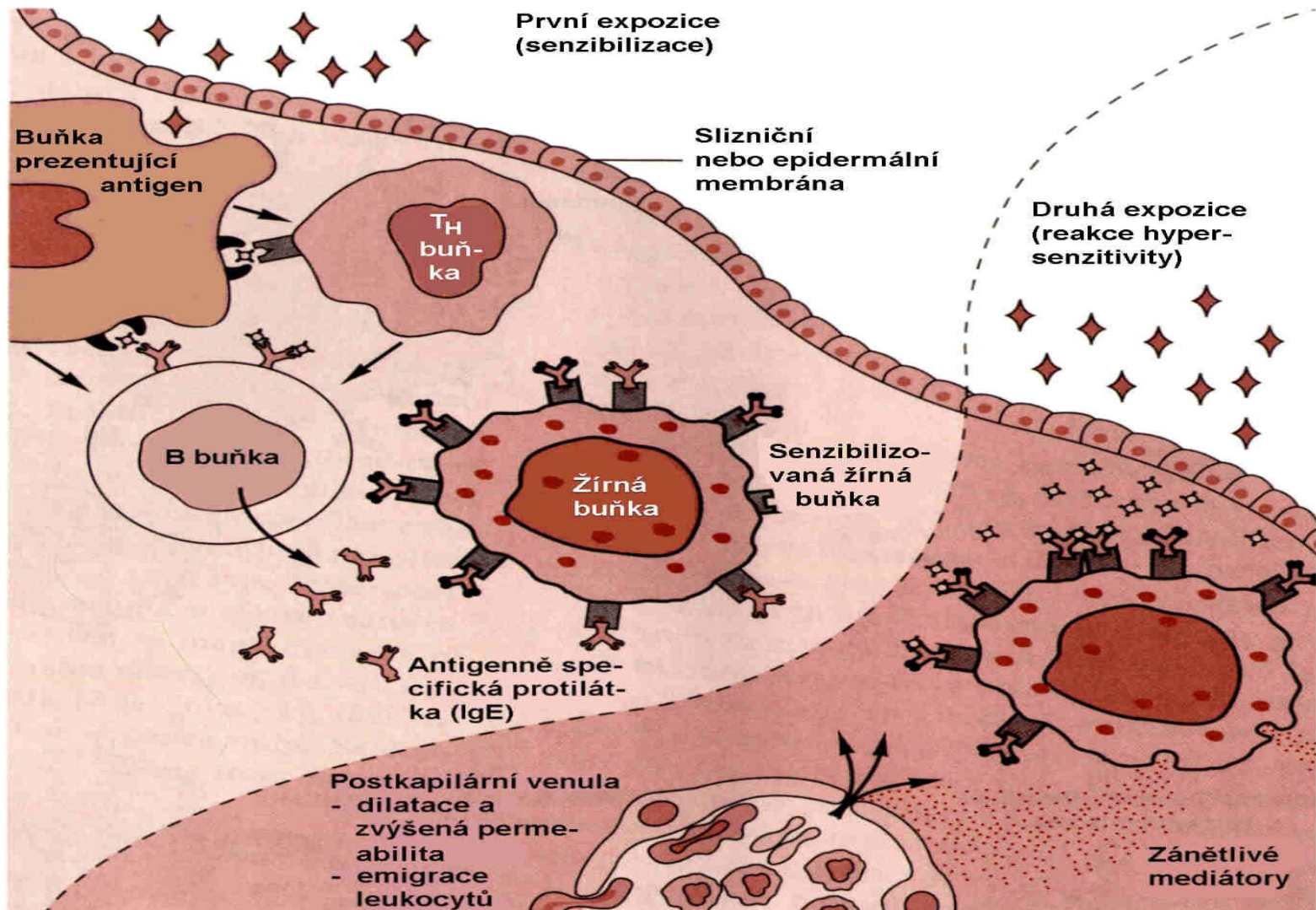
Astma - klinické příznaky

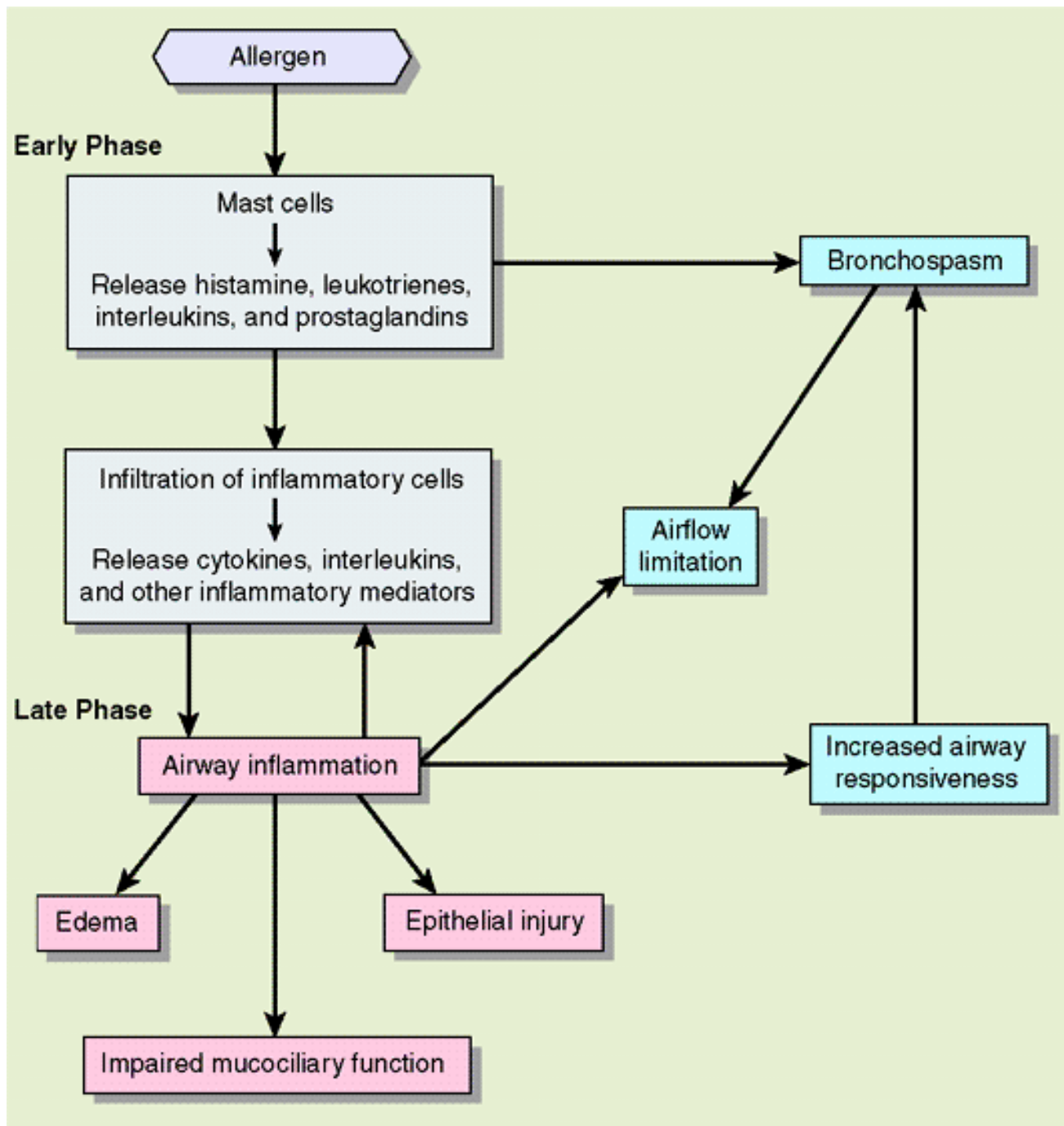
- dechové obtíže, hvízdavý dech, dráždivý kašel
- záchvaty se střídají s obdobím klidu
- variabilita
 - sezónní
 - diurnální (noční a ranní záchvaty)
 - zátěžová (námahové astma)

Astma - dělení

- atopické (alergické) astma
 - genetická predispozice + alergen, I.typ přecitl.
- neatopické (nealergické) astma
 - endogenní a. (bez známé příčiny)
 - námahové a. (tělesná zátěž)
 - iritační a. (chem.látky, teplo, chlad)
 - aspirinové a. (i jiné léky)

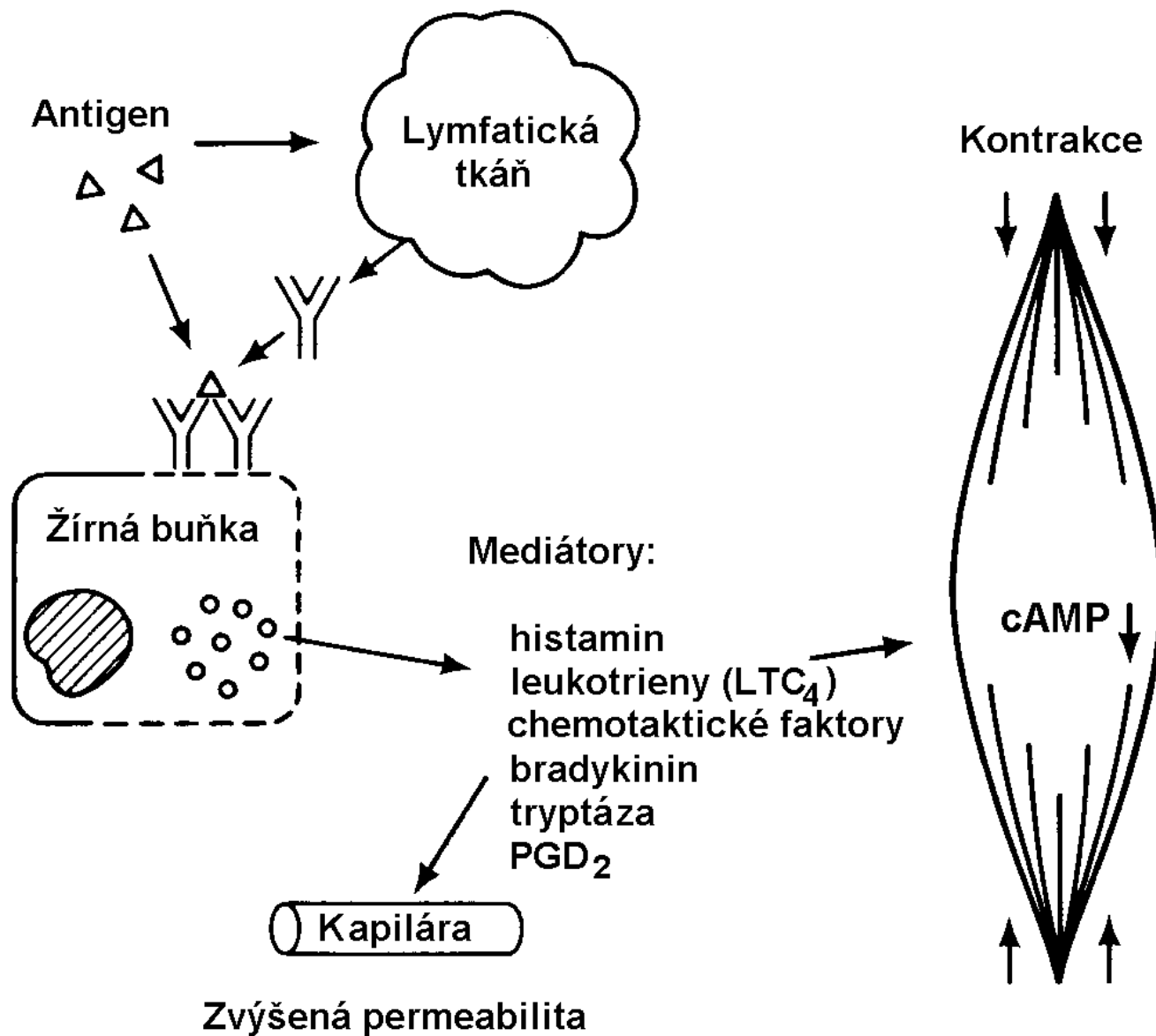
1.typ přecitlivělosti (IgE)



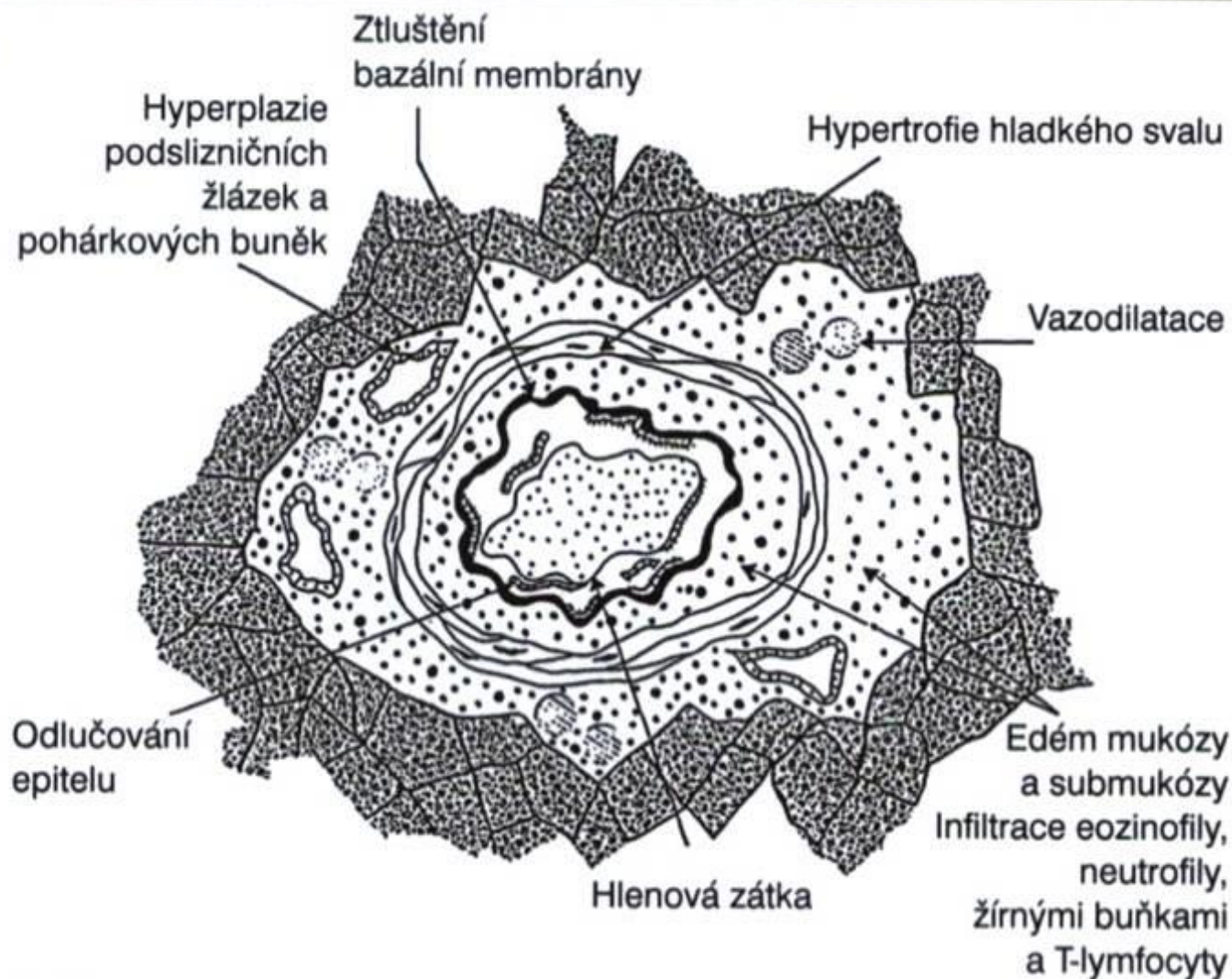


Astma - fáze záchvatu

- **časná** (bezprostřední odpověď)
 - do 30 min, mediátory žírných buněk
 - zvýšená **sekrece** hlenu, **otok** sliznice
 - **kontrakce hladkých svalů**
(bronchospazmus)
- **pozdní** odpověď
 - po 4-6 hod, mediátory neutrofilů, eozinofilů
 - zánět, příp. destrukce epitelu



Obrázek 1-1. Patologické znaky astmatu



Otištěno se svolením Dr. Stephena T. Holgata.

Astma - plicní funkce

- v klidu
 - někdy i bez známek obstrukce
 - bronchoprovokační testy
- v záchvatu **známky obstrukce**
 - **snížené dynamické ventilační parametry**
 - zlepšení po podání bronchodilatátorů

Léčba astmatu

- odstranění nebo omezení provokujících faktorů
- protizánětlivá terapie
- bronchodilatační terapie
- hyposenzibilizace

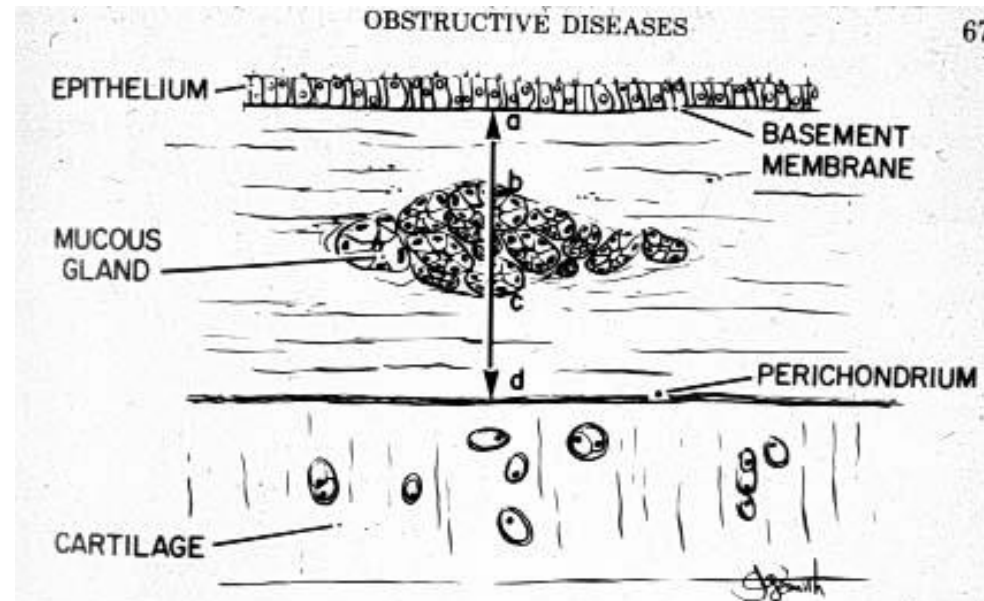
Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN, COPD)

- 5-20% dospělé populace
- převaha u mužů
- **30 x častější u kuřáků**
- mortalita - 5.místo
- zahrnuje:
 - chronickou bronchitidu
 - plicní emfyzém

1. Chronická bronchitida

Klinická definice:

onemocnění s hypersekrecí hlenu spolu s chronickým kašlem nejméně **3 měsíce** v roce, a to **2** po sobě následující **roky**, s vyloučením jiných plicních a kardiálních nemocí.



Chronická bronchitida - etiologie

- kouření cigaret
- profesionální expozice (oxidy S,N, formaldehyd)
- znečištěné ovzduší
- opakované infekce dýchacích cest

Chronická bronchitida - morfologie

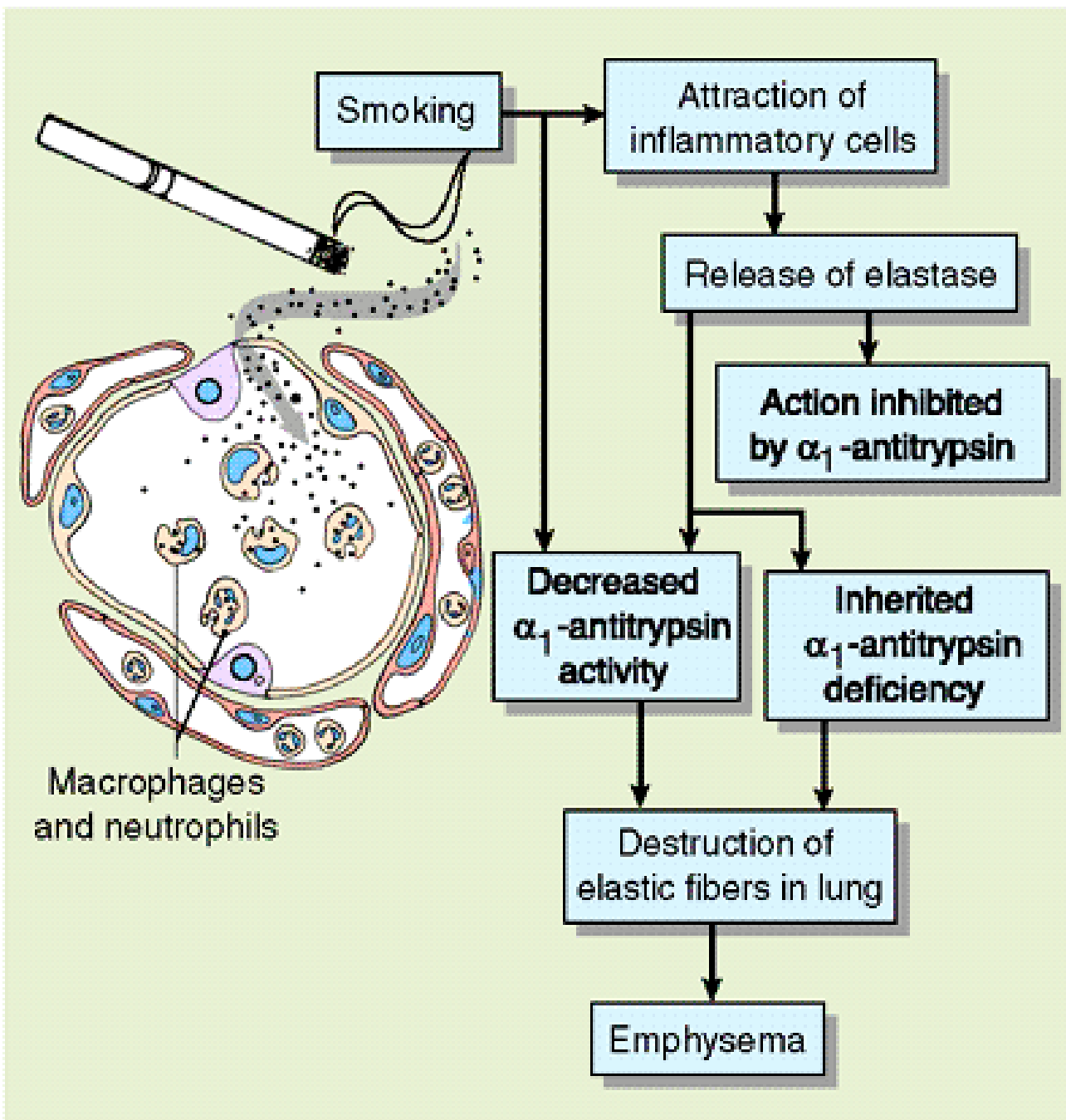
- hyperplazie a hypertrofie hlenových žlázek
- nadměrné množství hlenů v dýchacích cestách (příp. uzávěr)
- zánětlivá infiltrace a otok stěny dýchacích cest (zúžení)

Chronická bronchitida - funkční důsledky

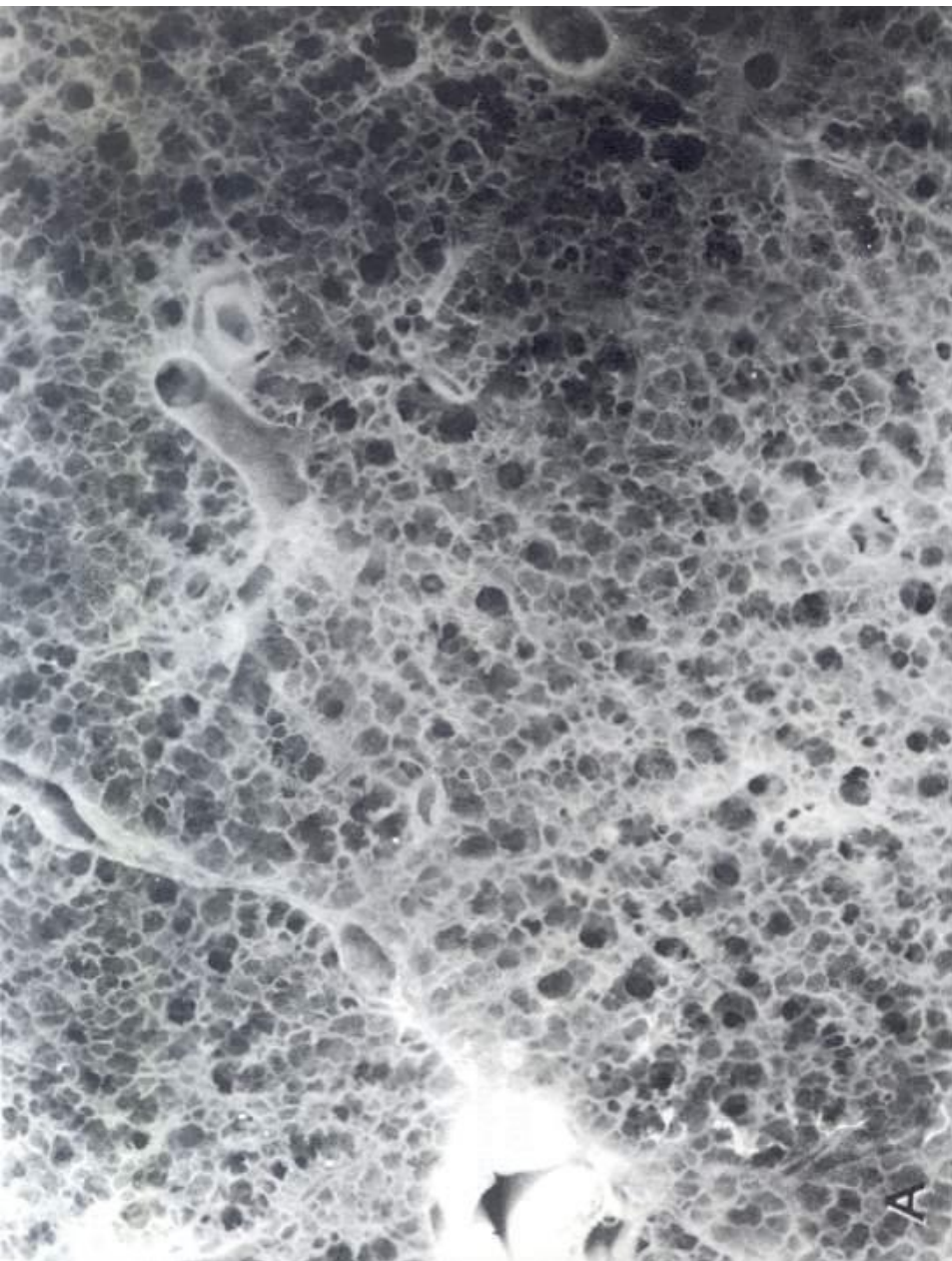
- zúžení malých dýchacích cest
→ expirační obstrukce -↓ dynamické
parametry

2. Emfyzém - etiopatogeneze

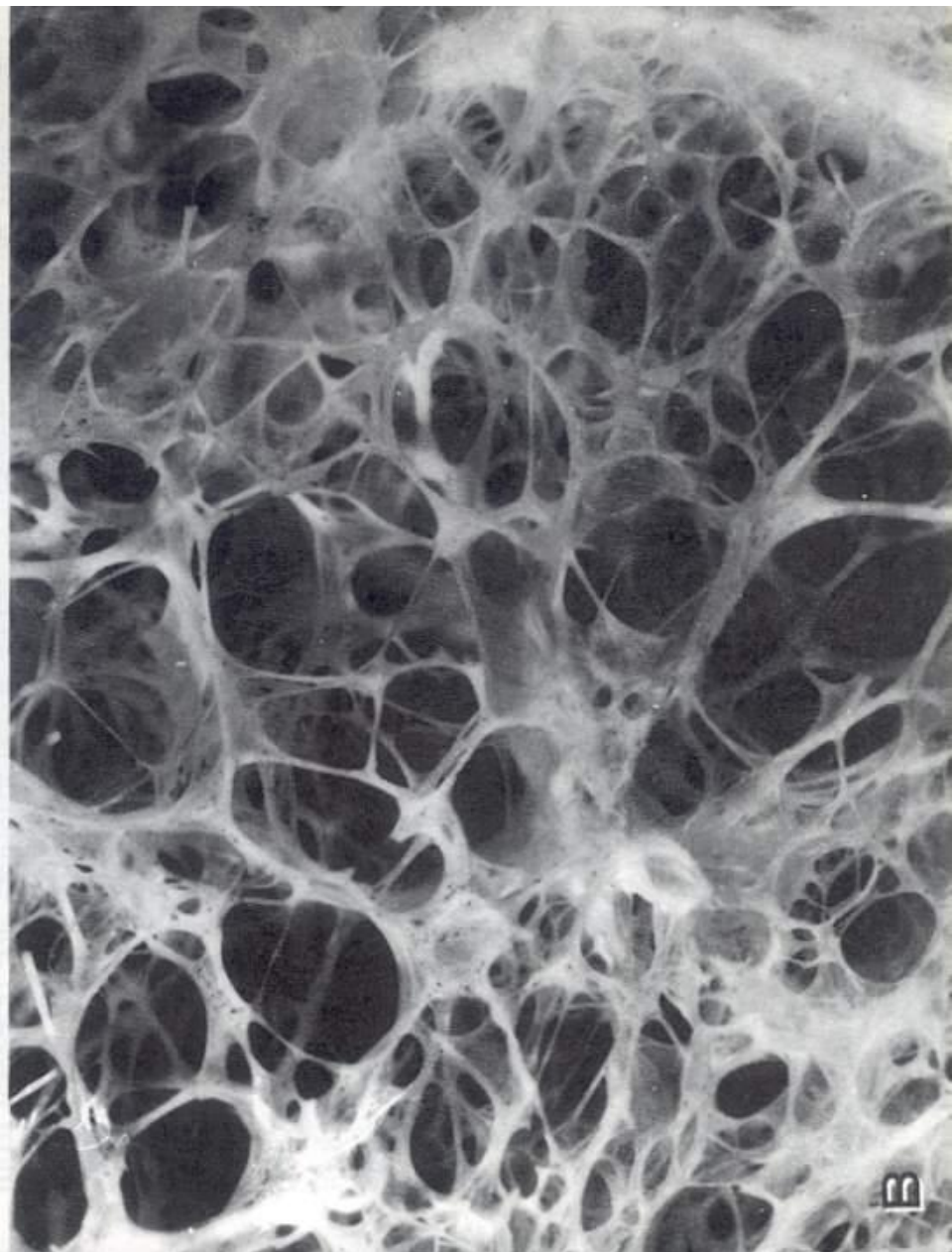
- nerovnováha proteáz a antiproteáz
 - ↑elastáza
 - *kouření* → zánět → neutrofily
 - ↓α1-antitrypsin
 - *kouření*
 - genetický defekt (homozygoti MM do 40 let)
- obstrukce bronchiolů
 - chronická bronchitis (*kouření*)



Zdravá plíce



Emfyzematická plíce

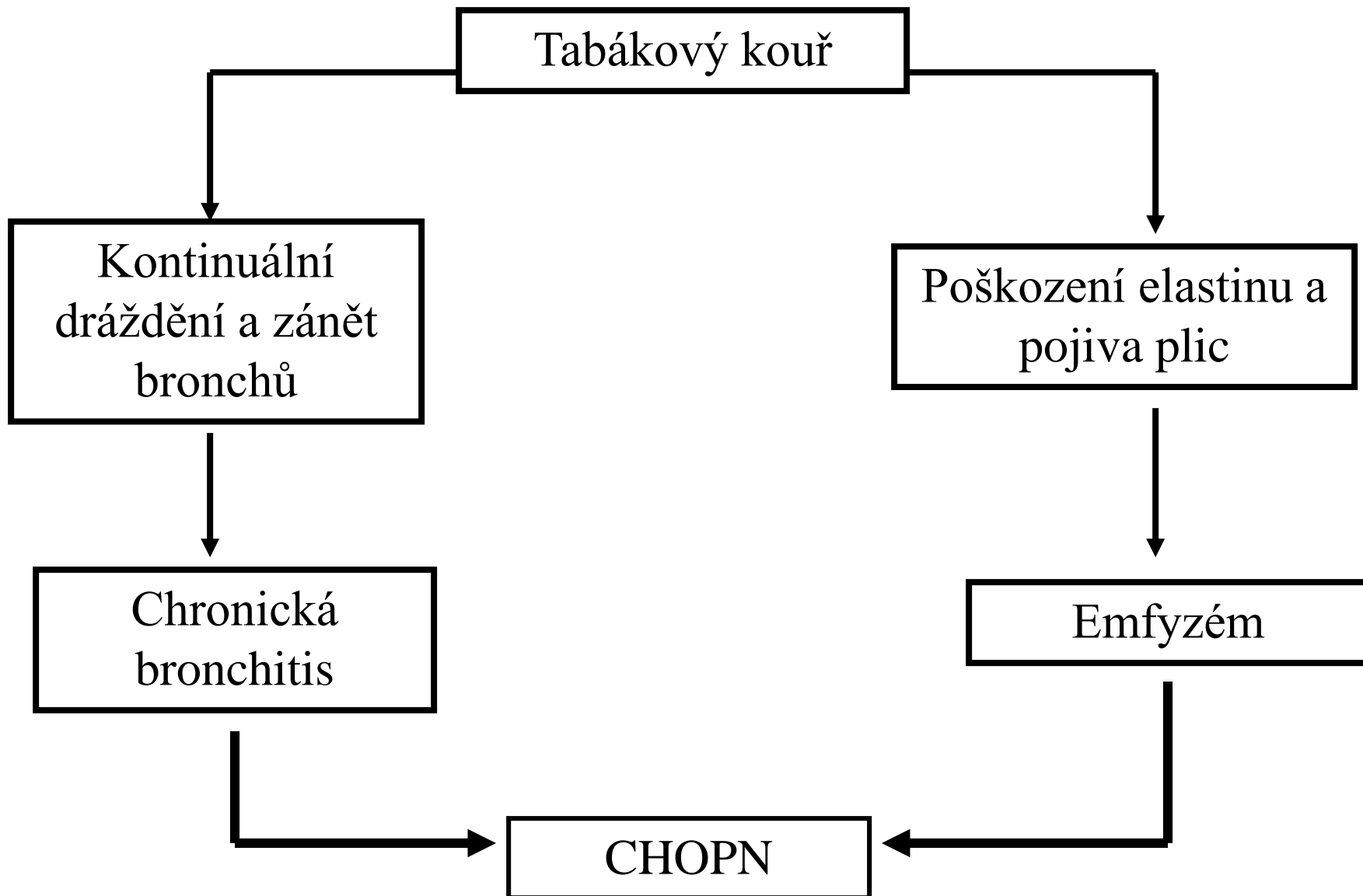


CHOPN - klinické příznaky

- narůstající dechové obtíže (roky)
- dušnost, produktivní kašel
- převážně bronchitida x převážně emfyzém

CHOPN - léčba

- ovlivnění **obstrukce** (bronchodilatancia)
- ovlivnění **infekce** (antibiotika)
- odstranění **hlenu** (expektorancia)
- **oxygenoterapie** (krátkodobá x dlouhodobá)
- rehabilitace, lázně
- chirurgická terapie
- substituce α 1-antitrypsinu



Restrikční poruchy plic

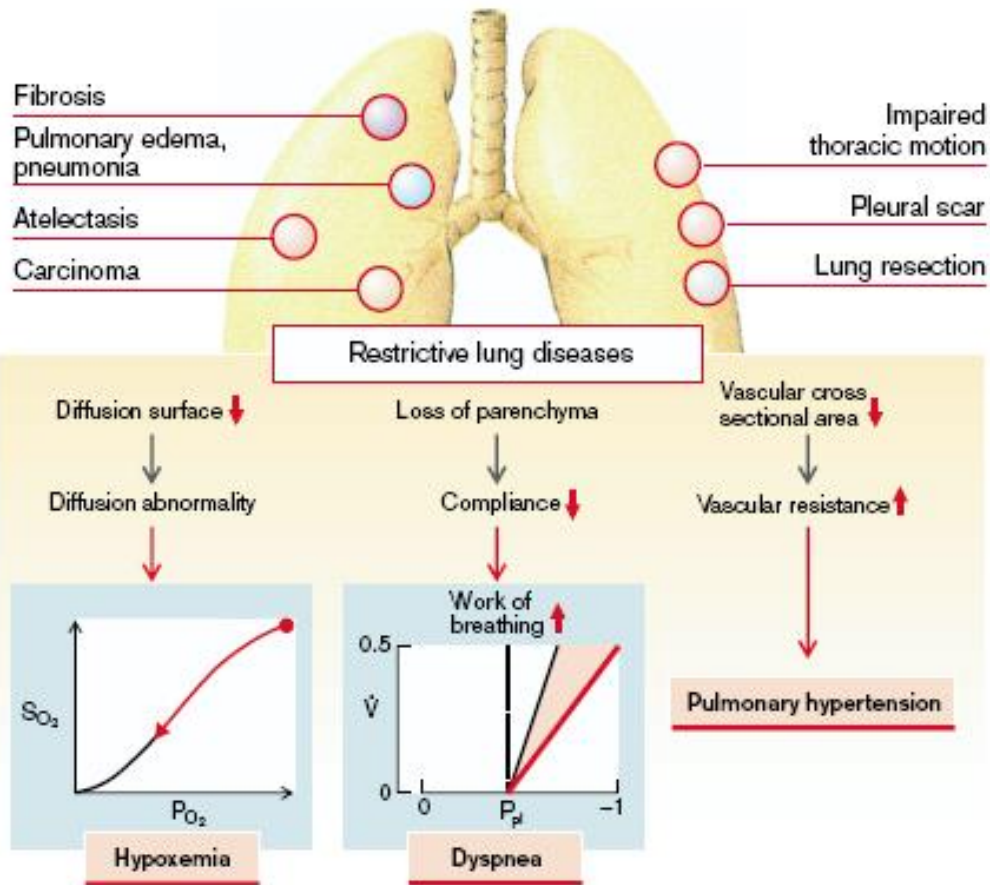
- restrikce

- redukce funkčního parenchymu plic nebo omezení dýchacích pohybů

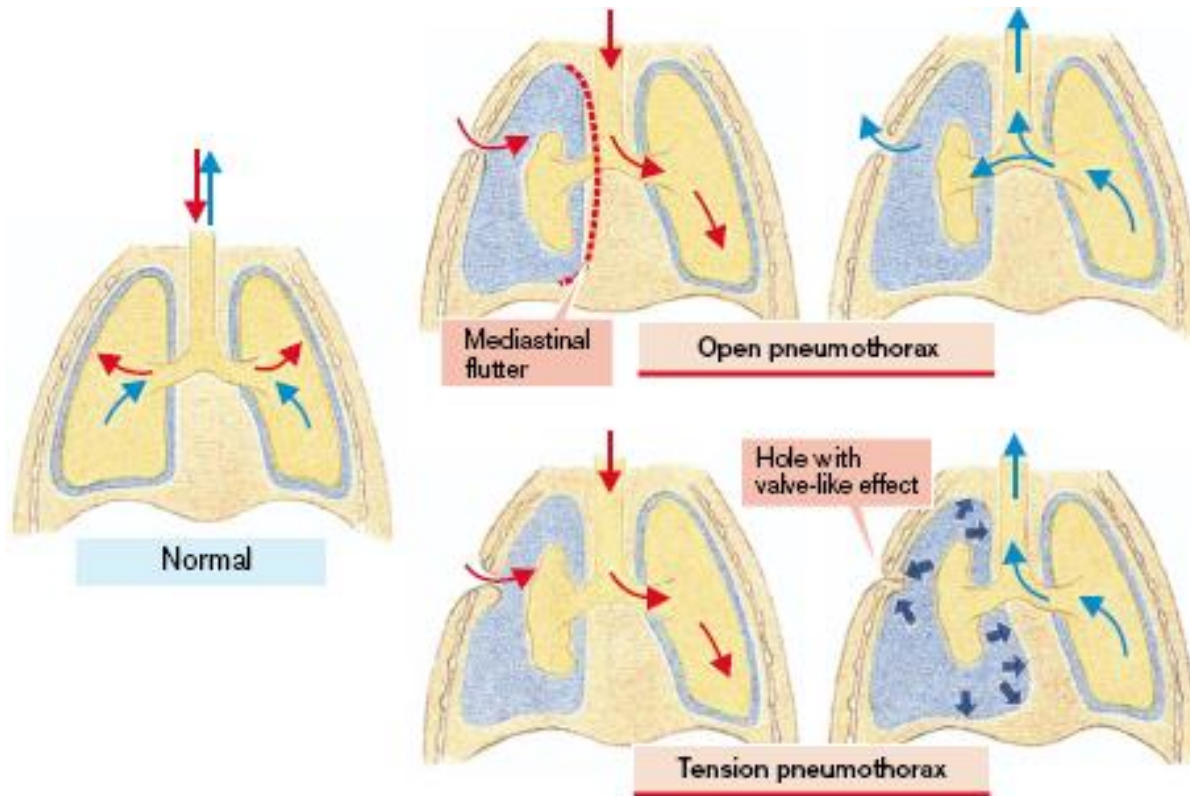
omezeno rozpínání plic:

- z vnějších příčin (resekce, onemocnění pleury, hrudní stěny, neuromuskulárního aparátu, extrémní obezita.....)
- změnou plicního parenchymu (zánět, nádor, intersticiální nemoci plic - zpravidla kombinováno s poruchou difúze)

Restriční poruchy plic



Pneumotorax



Obecné důsledky restriktce

- ↓ **statických ventilačních parametrů**
 - ↓ objemy (FRC, TLC, **FVC**)
- **kompenzace hyperventilací**

Vlastní spirometrické vyšetření

Pojmy k popisu dýchání

Hyperpnea	increased breathing movement
Eupnea	normal breathing movements
Hypopnea	decreased breathing movements
Apnea	arrested breathing
Bradypnea	decreased rate of breathing
Tachypnea	increased rate of breathing
Dyspnea	labored breathing (subjective feeling)
Asphyxia	inability to breathe
Orthopnea	labored breathing, except in the sitting or upright position

Definice některých funkčních plicních parametrů

Tidal volume (V_T)	volume of normal inspiration and expiration
Vital capacity (VC)	volume of maximal expiration after maximal inspiration
Maximal breathing capacity (\dot{V}_{max})	maximal ventilation (L/min) achieved in a short period of time (usually 10 s)
Compliance (C)	lung distensibility
Forced expiration volume (FEV_1)	maximal volume expired in 1 second
Functional residual capacity (FRC)	total residual volume after normal expiration

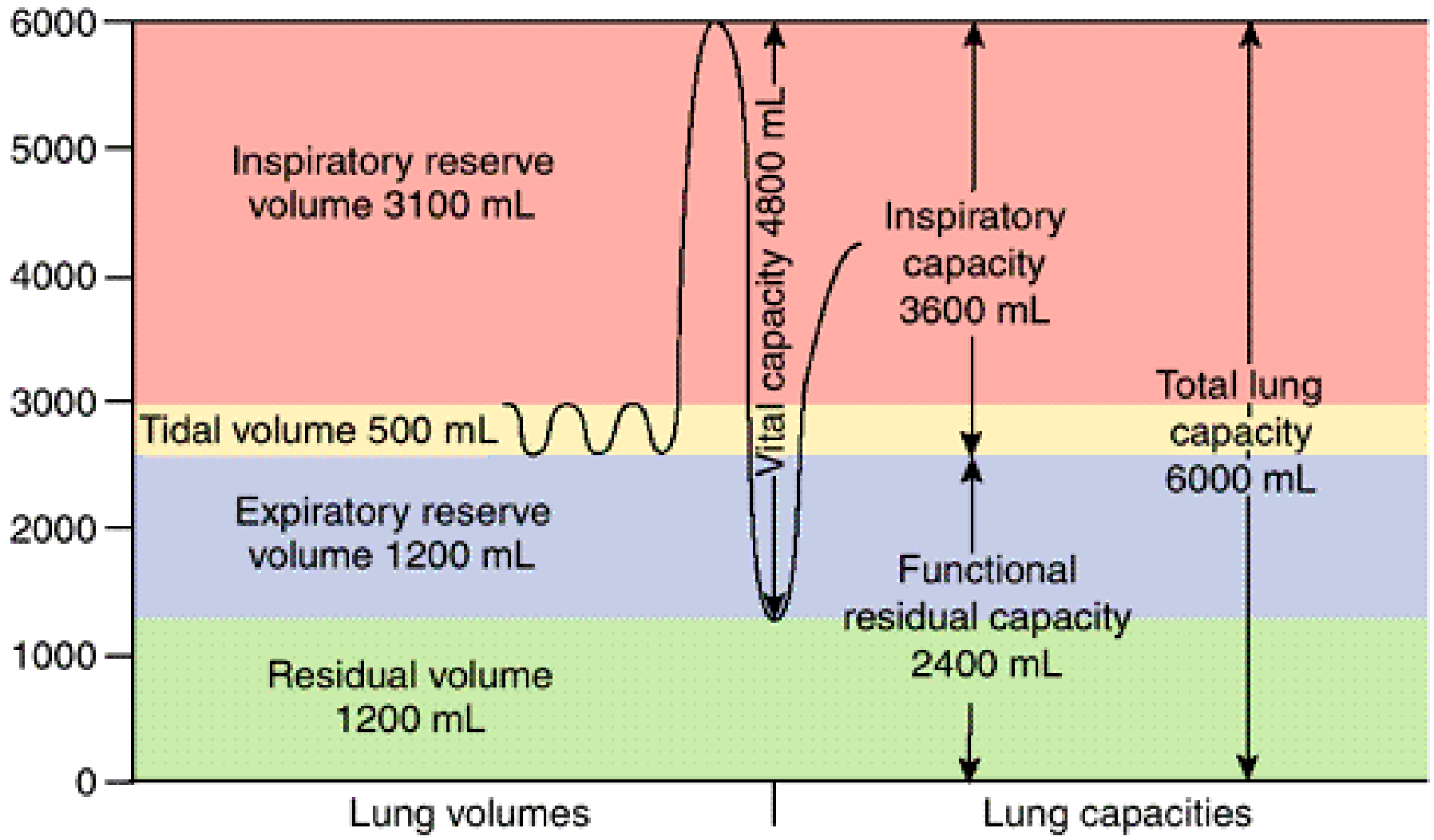
Limitace spirometrie

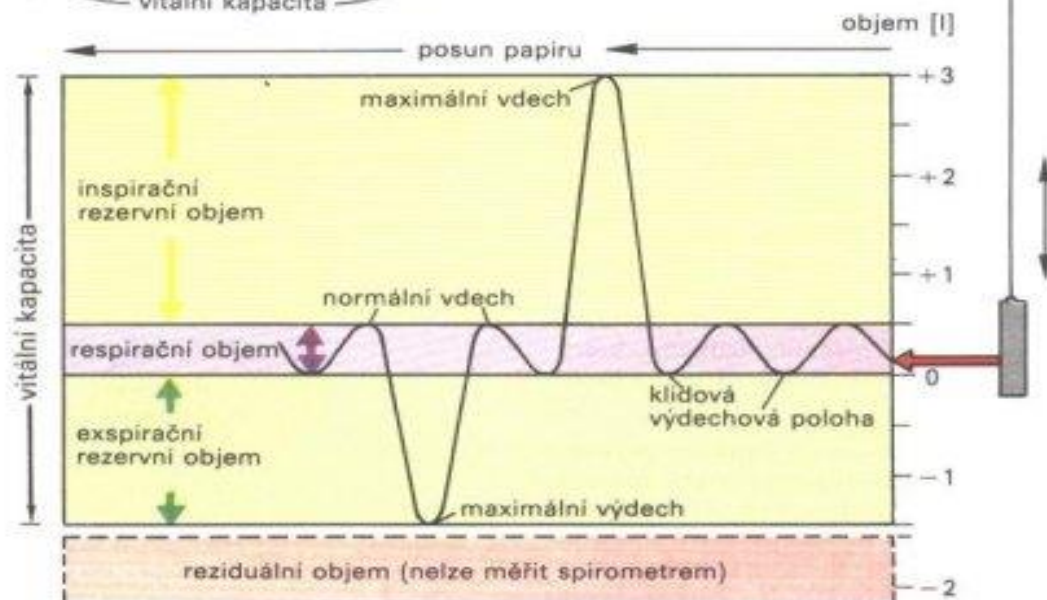
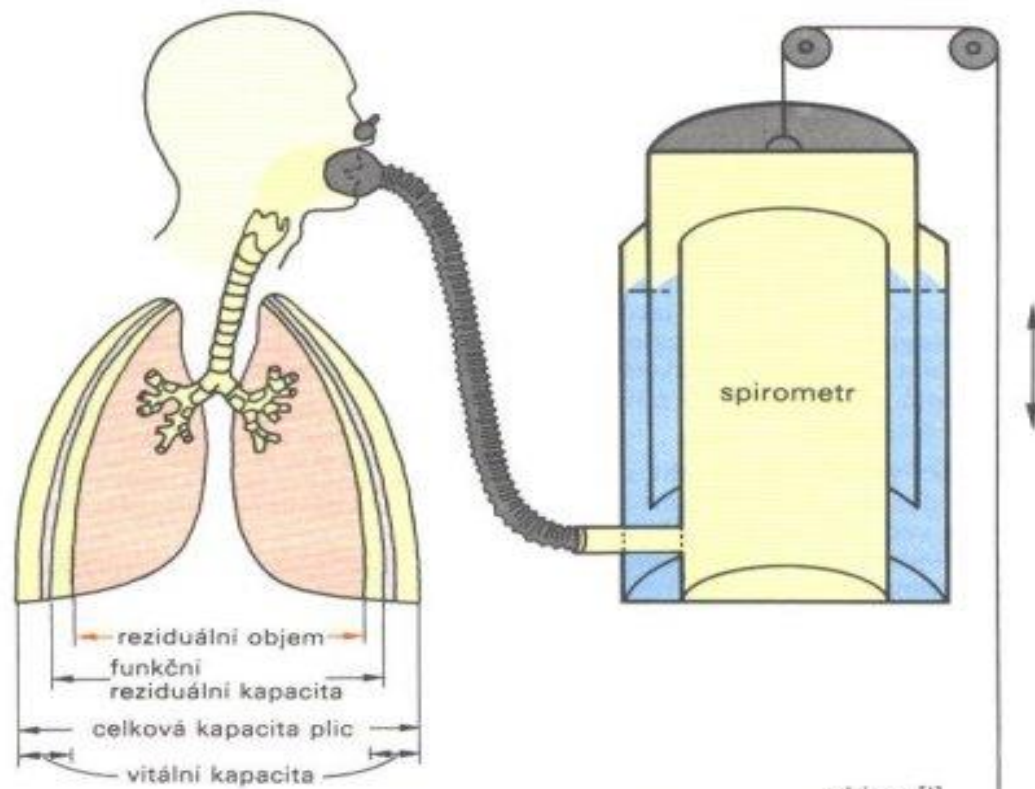
- měří jen objemy vyměňující se při dýchání (ne reziduální objemy)
- měří za nefyziologických podmínek
- vyžaduje spolupráci pacienta (problematické u osob s poruchami vědomí, dětí, osob s vadou sluchu, simulujících)

Spirometrické veličiny

- ***statické***
= na čase
nezávislé

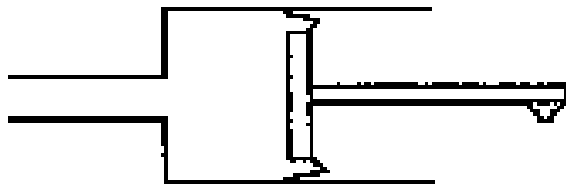
- ***dynamické***
= na čase závislé



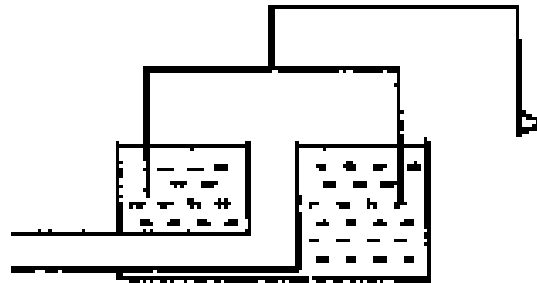


Principy spirometrů

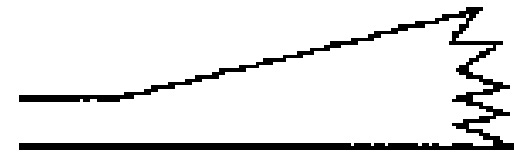
Rolling Seal



Water Sealed

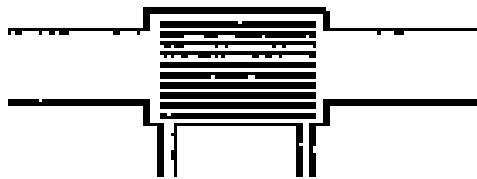


Bellows

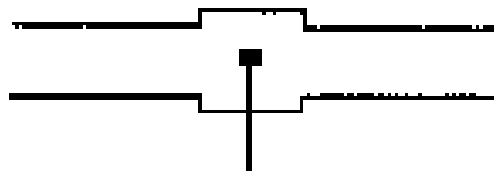


Flow Sensors

Pneumatic



Hot-Wire

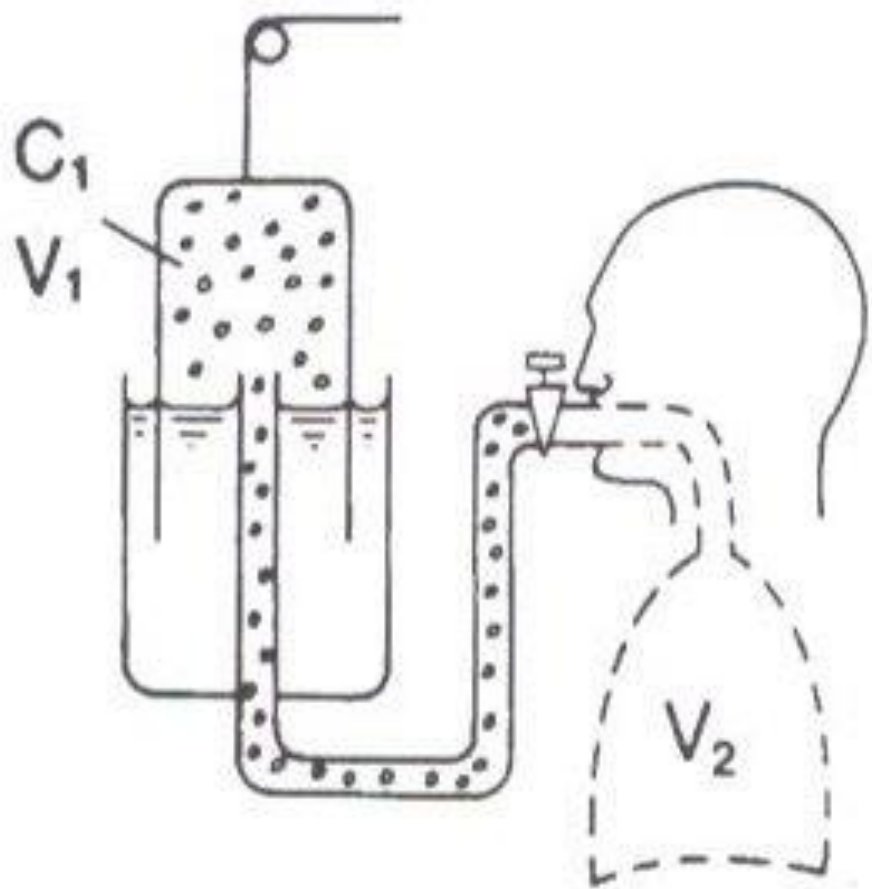


Turbine

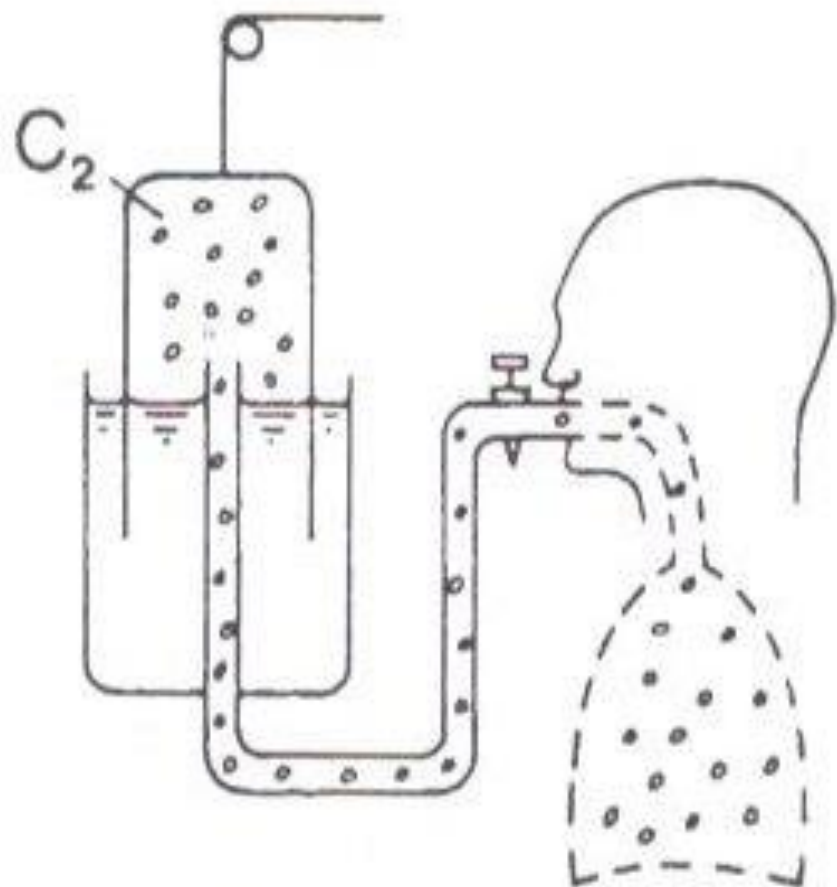


Statické plicní objemy

- TLC – celková plicní kapacita (okolo 6 l)
- RV – reziduální objem (nelze měřit spirometrem!)
- ERV – expirační rezervní objem (cca 1,5 l)
- IRV – inspirační rezervní objem (cca 2,5 l)
- FRC – funkční reziduální kapacita ERV+RV
- VC – vitální kapacita TLC-RV
- dechový objem cca 0,5 l



Před ekvilibrací



Po ekvilibraci

$$C_1 * V_1 = C_2 * (V_1 + V_2)$$

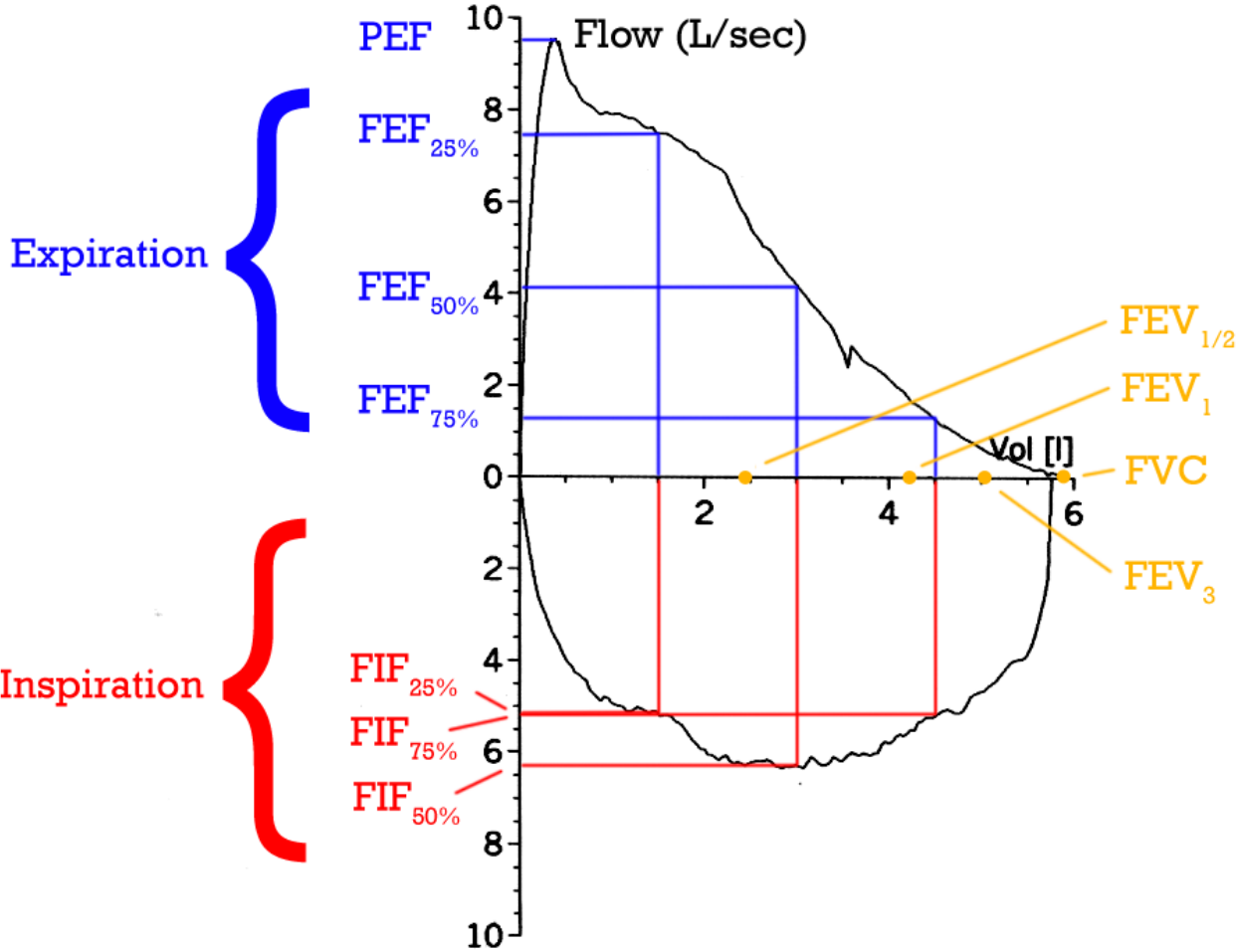
Dynamické parametry

- **FVC** - usilovná vitální kapacita („co nejvíce a co nejrychleji“)
- **FEV1** - expirační sekundová kapacita
- **FEV1/FVC** - poměr sekundové kapacity k FVC
- **FEF25-75%** - průměrná rychlost toku ve střední polovině FVC
- **PEF** - maximální výdechová rychlost
- **V_{max} 50%, V_{max} 25%** - maximální tok po vydechnutí 50% resp. 75% vitální kapacity

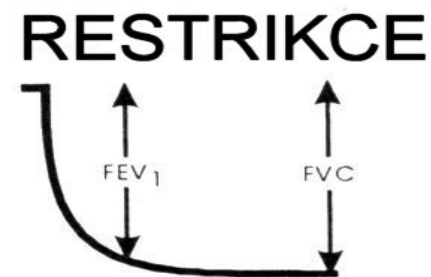
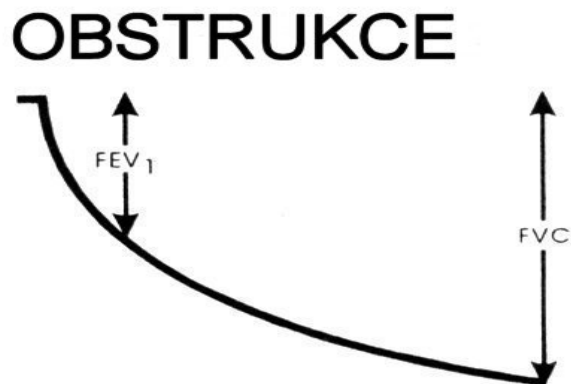
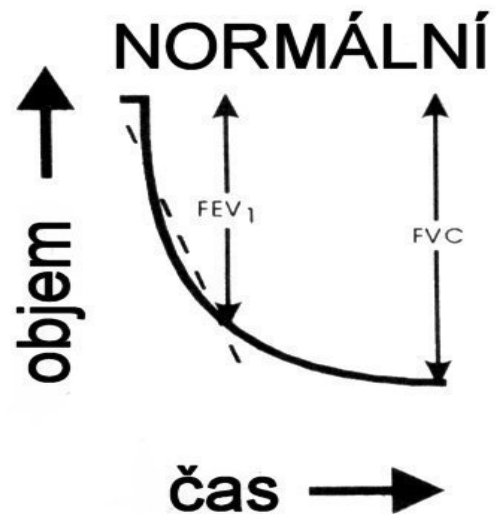
Metody stanovení dynamických parametrů

- *měří se:*
průtok jako funkce času, kdy čas je funkcí objemu (pomocí pneumotachografické hlavice).
- *název: **flow - volume***
- objemy počítány integrací průtoku podle času.
- *měří se:*
objem jako funkce času (např. pomocí spirometrického zvonu)
- *název: **volume-time***
- průtoky počítány derivací objemu podle času.

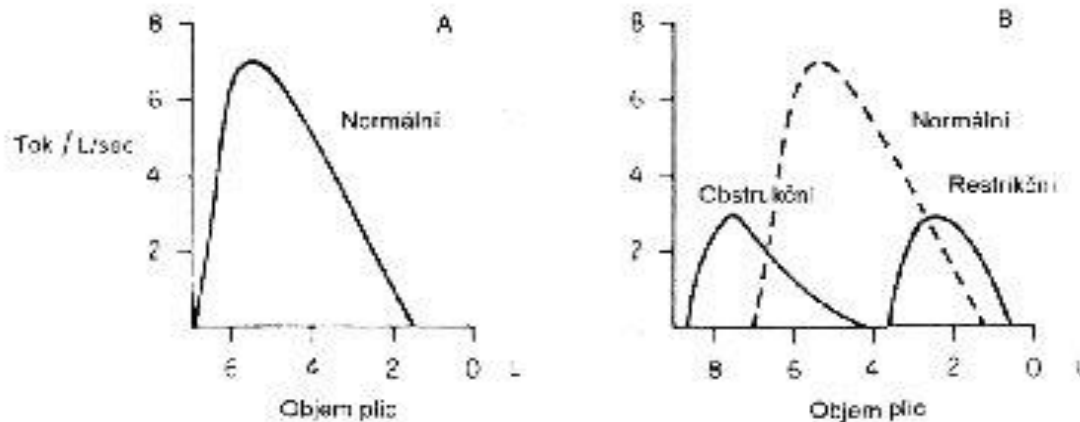
Smyčka průtok/objem



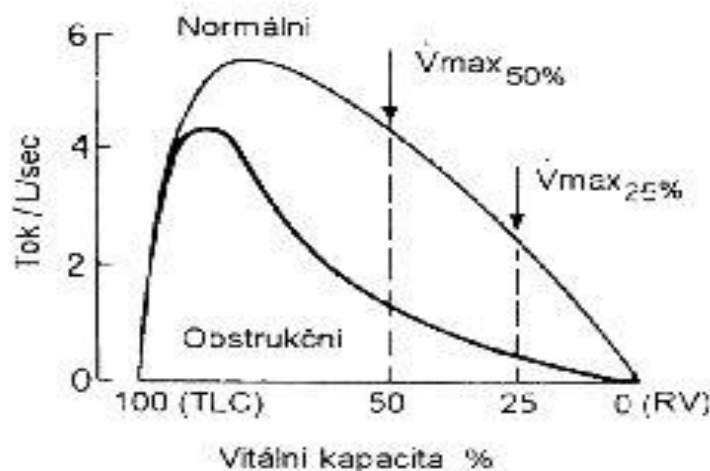
Křivka objem - čas



Smyčka průtok/objem



Obr. 20.35 Expirační křivky tok - objem u obstrukčních a restrikčních nemocí. (WPF 1.5)



Obr. 20.36 Příklad expirační křivky tok - objem u chronické obstrukční plicní nemoci. Křivka má typický konkávní tvar. Šipky ukazují maximální tok V_{max} poté, co bylo vydechnuto 50% nebo 75% vitální kapacity (- zůstává 25% TLC). (WPF 1.8)

Hodnocení ventilačních poruch

- *typ poruchy*: obstrukční, restriktivní, smíšená
- *stupeň*: lehký (<60,80), středně těžký (<40,60) těžký méně než 40 [% referenční hodnoty]
- *reverzibilita*: reverzibilní, ireverzibilní, částečně reverzibilní
- *přítomnost respirační insuficience*
hypoxemie, hyper(hypo)kapnie

Spirometrie u obstrukčních poruch

- **dynamické** ventilační parametry ↓
 - objemy při usilovném výdechu
 - ↓ FEV₁, ↓ FEV₁/FVC (%), norma 80 %, FVC ± ↓
 - průtoky (rychlosti)
 - ↓ PEF, ↓ MEF 50%, ↓ MEF 75%, ↓ MEF 25%
 - ↓ FEF_{25-50%}
- **statické** plicní objemy ↑
 - reziduální objemy
 - ↑ RV, ↑ FRC, ↑ TLC

Spirometrie u restrikčních poruch

- **statické** plicní objemy ↓
 - reziduální objemy
 - ↓ RV, ↓ FRC, ↓ TLC
- **dynamické** ventilační parametry ± ↕
 - objemy při usilovném výdechu
 - ↓ FEV1, ± ↑ FEV1/FVC (%), norma 80 %, FVC ↓
 - průtoky (rychlosti)
 - ↓ PEF, ↓ MEF 50%, ↓ MEF 75%, ↓ MEF 25%
 - ± ↑ FEF_{25-50%}

Obstrukční poruchy

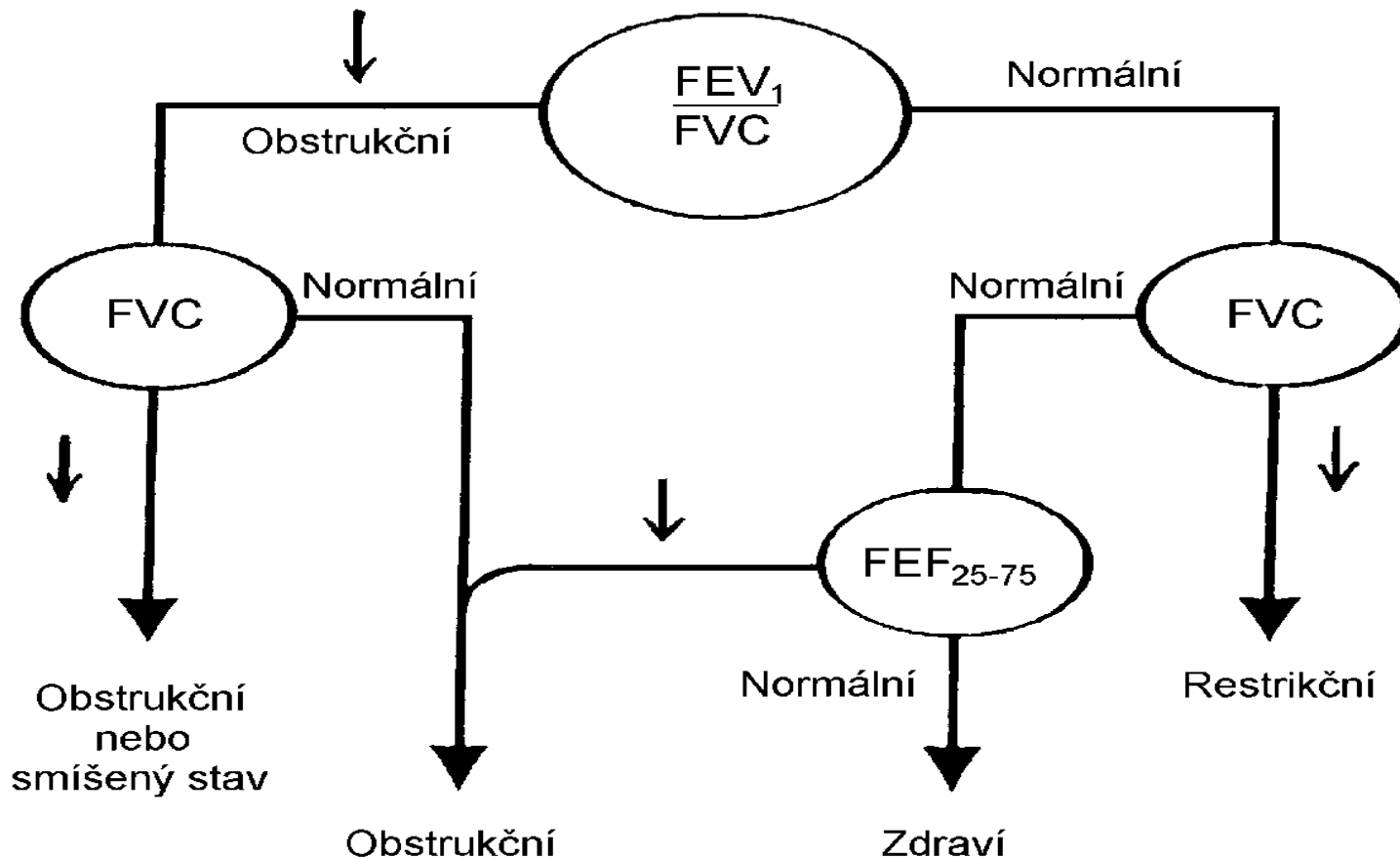
FEV1	> 80% predicted	normal
	65 - 80%	mild
	50 - 65%	moderate
	< 50%	severe

	Meas	Pred	%Pred
FVC	2.63	3.11	84
FEV1	1.58	2.28	69
FEV1/FVC	60	73	
FEF25-75	0.59	2.56	23
PEF	4.90	5.78	85

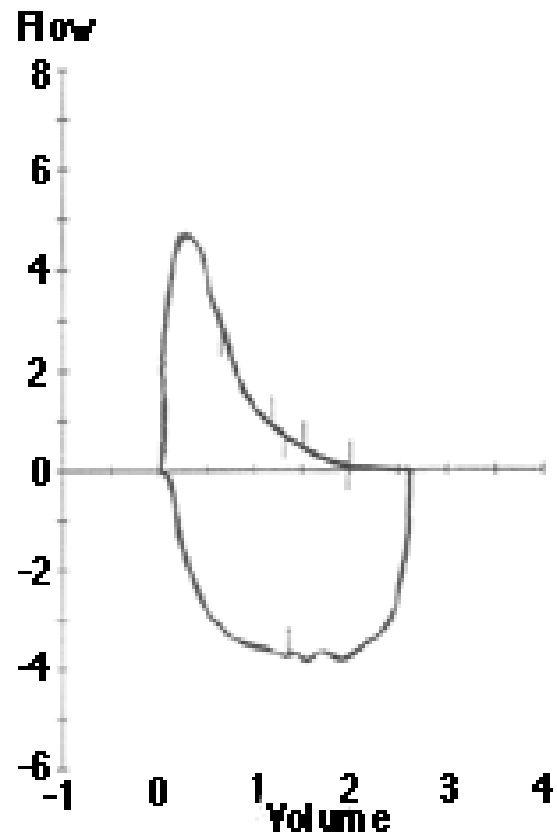
Restrikční choroby

	Meas	Pred	%Pred
FVC	0.96	2.75	35
FEV1	0.94	1.90	49
FEV1/FVC	98	69	
FEF25-75	2.25	2.11	107
PEF	2.98	5.40	55

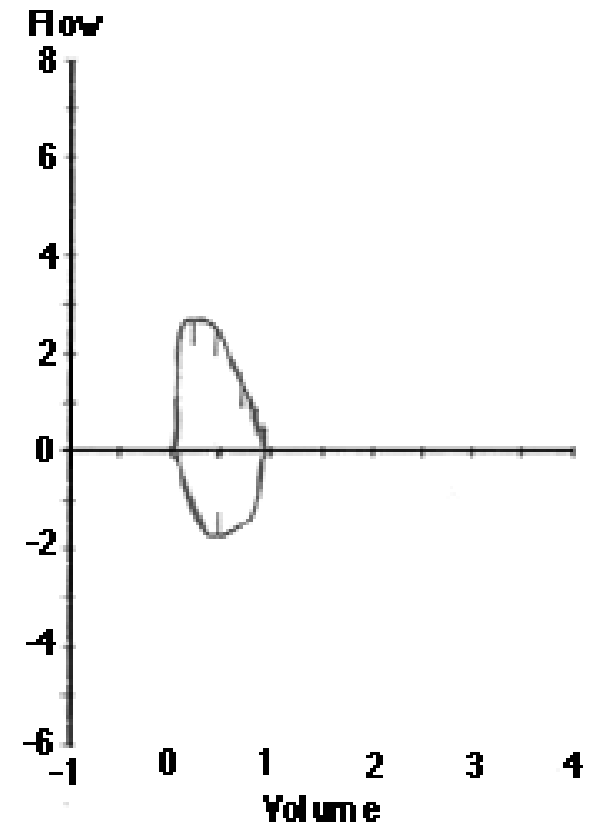
Algoritmus pro interpretaci spirometrie



Obstrukce



Restrikce



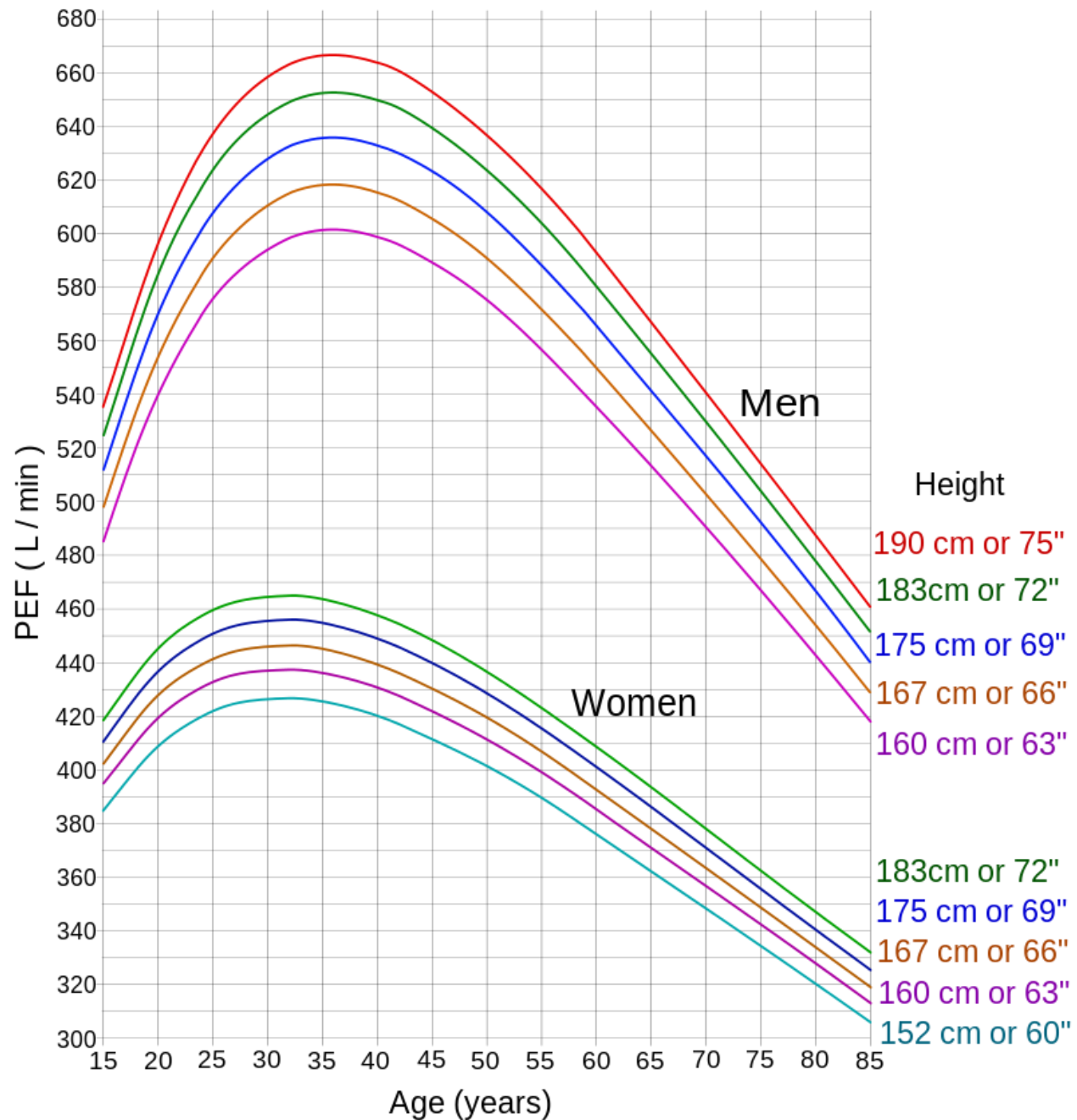
Peak flow meter

- Peak flow meter je malé zařízení, které monitoruje proudění vzduchu skrze bronchi a napomáhá odhalit případnou obstrukci v dýchacích cestách.
- Peak flow meter měří schopnost maximálního výdechu neboli or **peak expiratory flow rate** (PEFR nebo PEF).
- PEF je vyšší při fyziologickém stavu pacienta, při nižších hodnotách usuzujeme na konstrikci.
- Ze změn naměřených hodnot, můžeme určit pacientův stav, případně vhodnou terapii.



Normal values for peak expiratory flow (PEF)

EN 13826 or EU scale



Normal values for FVC, FEV1 and FEV 25-75%

