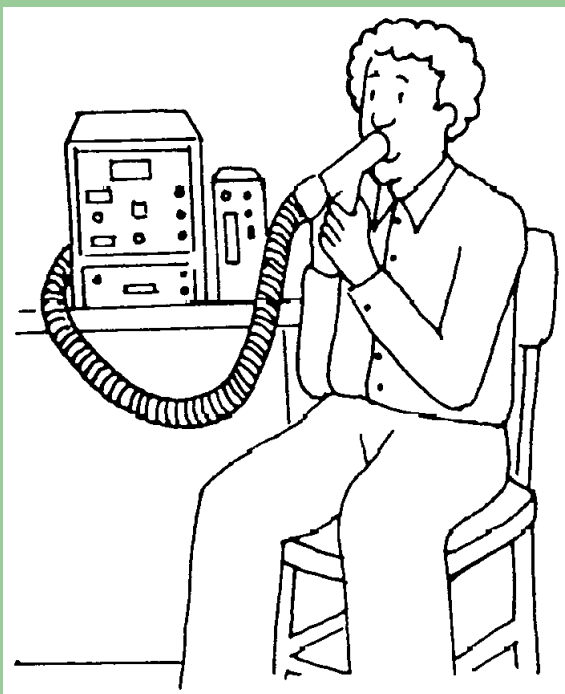


# Spirometrické vyšetření



mechanika dýchacího  
systému

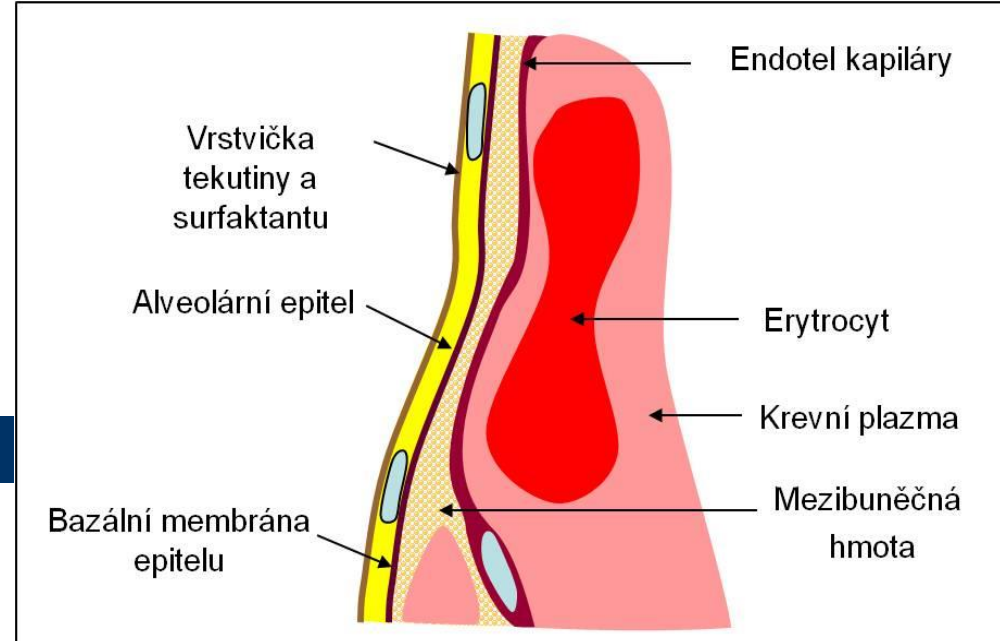
patofyziologie nemocí plic

# Respirační systém - fyziologie

## Hlavní funkce na úrovni plic:

- **Ventilace** (tlakové gradienty)
- **Difuze** (koncentrační gradienty, tlakové gradienty)
- **Perfuze**
  - (srdce = pumpa, plíce = výměník)

# Difuze, perfuze



- **Plicní perfuze** - přivádění odkysličené krve k alveolům a odvádění krve okysličené
- **Plicní difuze** - difuze  $O_2$  a  $CO_2$  přes alveolo-kapilární membránu (bazální membrána pneumocytů + bazální membrána endotelu kapilár + endotelové buňky)

# Alveolární ventilace

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

$V_T$ .... dechový objem (**T**idal volume)

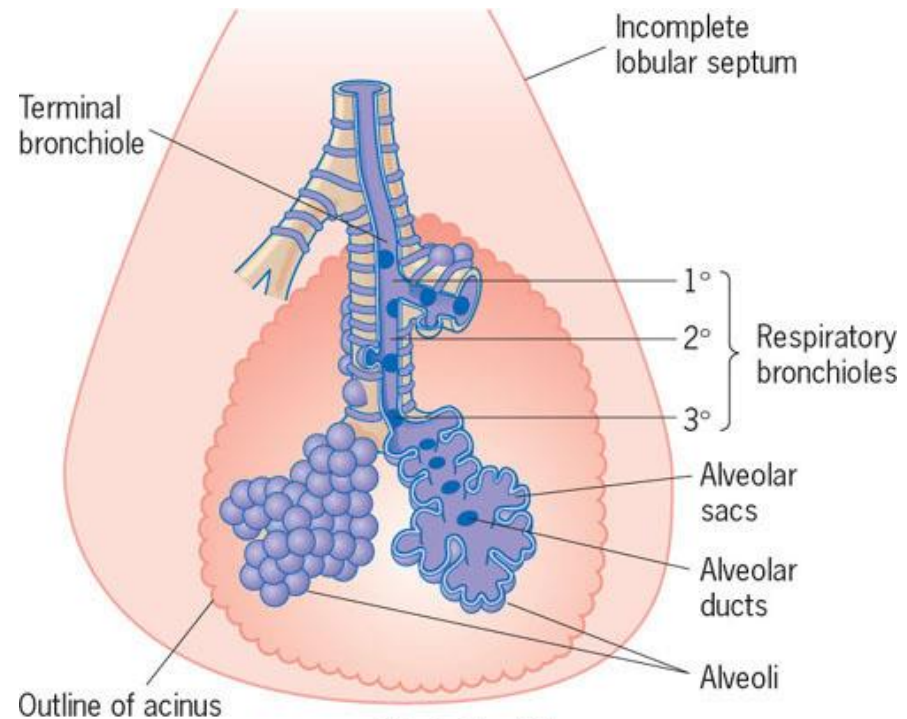
$V_D$ .... mrtvý prostor (**D**ead volume)

$f$  .... dechová frekvence

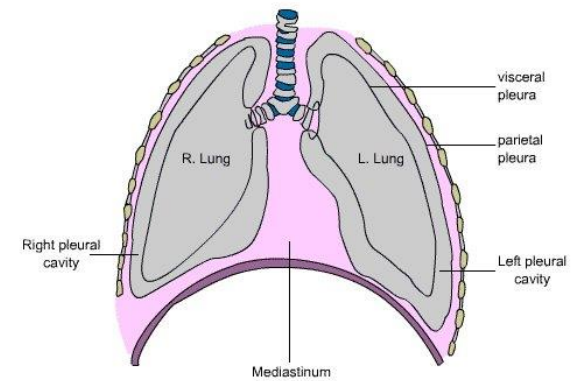
$$V_A = (500\text{ml} - 150\text{ml}) \times 15/\text{min} = \pm 5250\text{ml}/\text{min}$$

# Respirační systém

- **pásmo konvekce** = anatomický mrtvý prostor
  - neprobíhá výměna plynů, pouze proudění vzduchu
    - trachea
    - bronchus
    - lobární bronchus
    - segmentální bronchus
    - terminální bronchiolus
- **pásmo respirace**
  - výměna plynů
    - respirační bronchiolus
    - alveolární duktus
    - alveolus



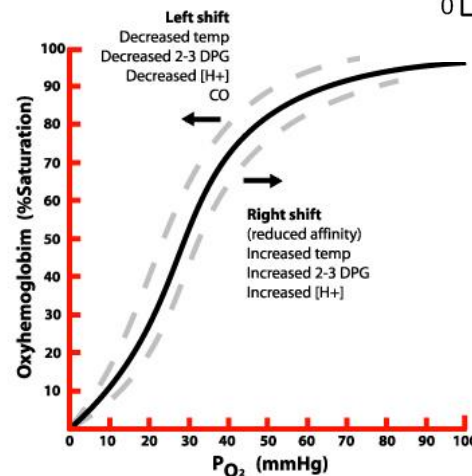
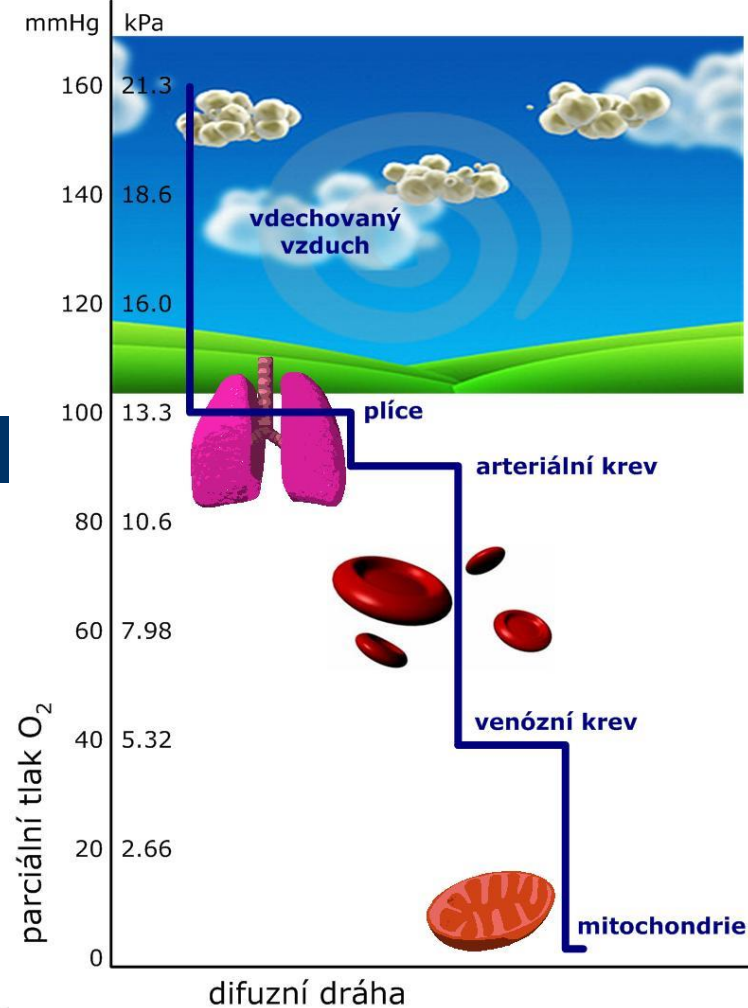
# Respirační aparát



- zajišťuje neustálou výměnu  $O_2$  a  $CO_2$  mezi okolním vzduchem a krví na požadovaných hodnotách **parciálních tlaků** obou plynů v krvi
- **mechanika dýchání**
  - kombinace aktivního **nádechu** (kontrakce bránice + podtlak v pohrudniční dutině) a pasivního **výdechu** (relaxace bránice + elastická smrštitivost plic)
- rozpínací tlak překonává **odpory** dých. cest
  - **statické** = ovlivněny **poddajností plic** a hrudní stěny
  - **dynamické** = pouze při proudění vzduchu, ovlivněny **průsvitem** dých. cest
- pro výměnu plynů musejí mít plíce dostatečný **povrch**
  - může být poškozen prachy, plyny a infekčními agens
  - ochrana plic proti těmto vlivům je prioritní a dosahuje se jí kombinací strukturálních a imunologických obranných mechanismů
- stěny alveolokapilární membrány (**plicní parenchym**) musejí klást minimální odpor difúzi plynů

# Výměna plynů v plicích

- transport kyslíku z vdechovaného vzduchu do tkání
- alveolární ventilace
- kyslík v alveolech × krvi
  - alveolo-kapilární rozdíl
- přenos kyslíku krví do tkání
  - disociační křivka Hb
- perfuze plic a arterializace krve
  - hypoxická vazokonstrikce
- ventilačně- perfuzní nerovnováha
- difuze plynů



# Ventilačně perfuzní poměr

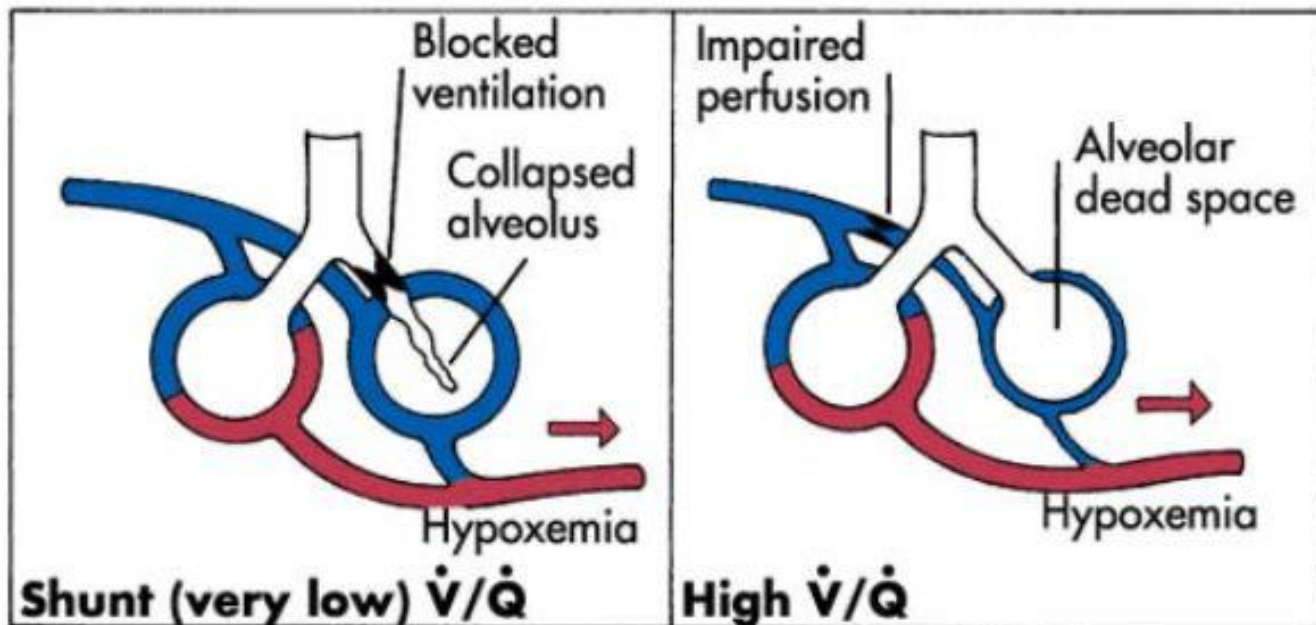
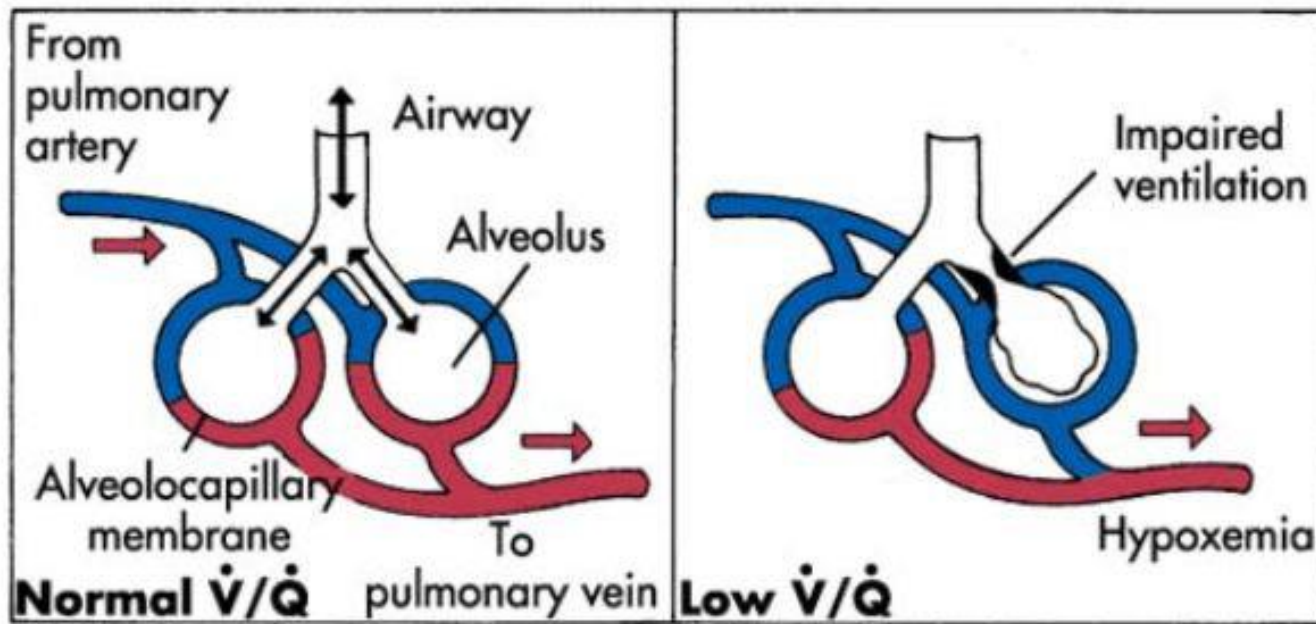
Nestejný poměr průtoku plynu a krve (V/Q) u jednotlivých sklípků

- i za fyziologických podmínek
  - plicní báze:  $V/Q = 0,7$
  - plicní hroty:  $V/Q = 3,3$
- změněn za patologických stavů (téměř všech)
  - $\uparrow V/Q \rightarrow \uparrow$  mrtvý prostor  $\rightarrow \uparrow PaCO_2$  (emfyzém)
  - $\downarrow V/Q \rightarrow \uparrow$  zkrat  $\rightarrow \downarrow PaO_2$  (obstrukce)



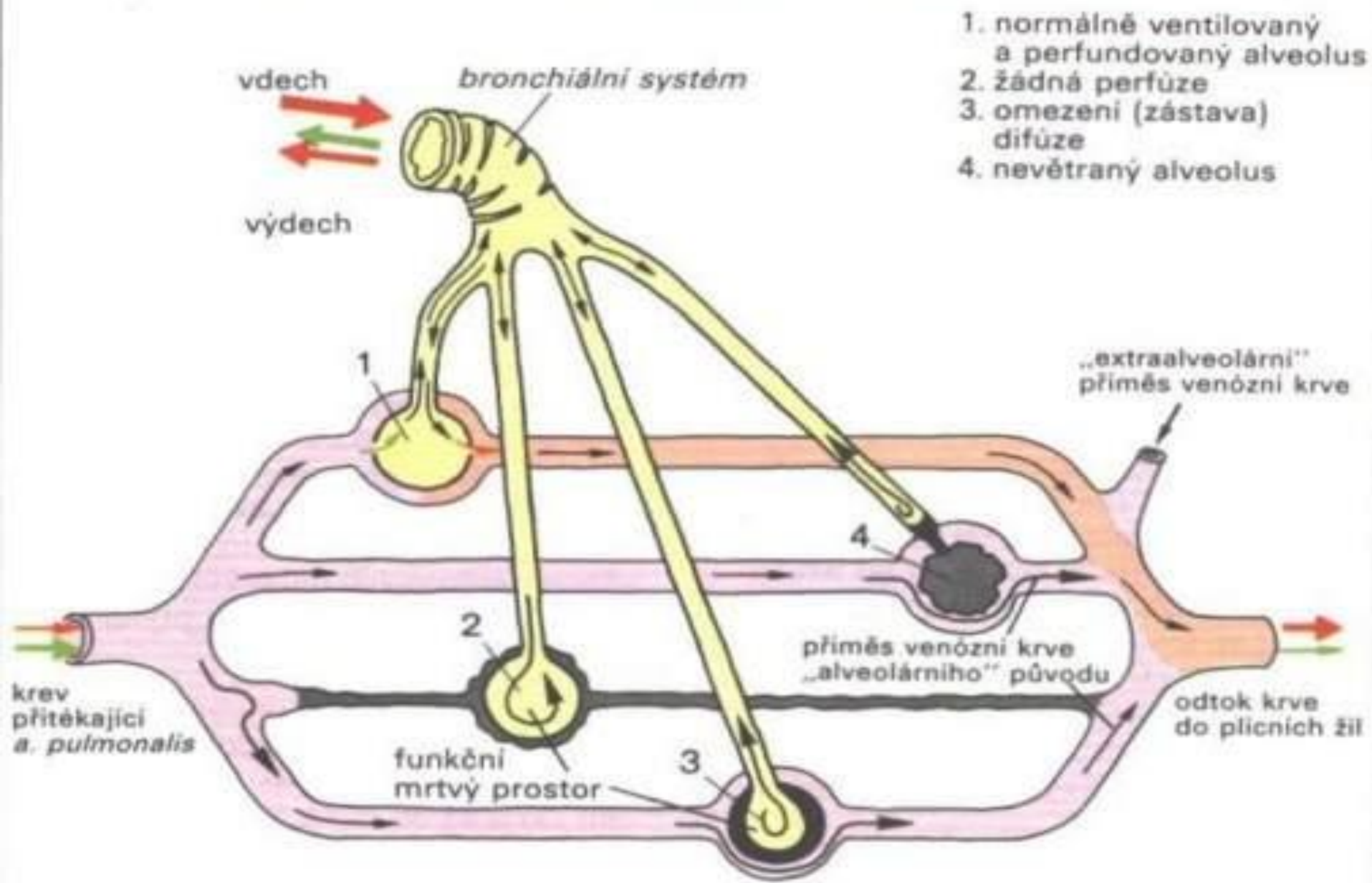
# Zkrat

- množství krve, které se dostalo z pravé komory do levé síně, aniž by se v něm změnila tenze plynů (do 0.10 fyziologický)
  - anatomický
  - patologický
  - funkční (alveoly s nízkým  $V_A/Q$ )



# Poruchy výměny plynů

- **hypoxemie** ( $\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$  [ $= 20 \text{ kPa}$ ])
  - čistá hypoventilace
  - poruchy difuze
  - ventilačně-perfuzní nerovnováha
  - zkrat
- **hyperkapnie** ( $\text{PaCO}_2 > 40 \text{ mmHg}$  [ $5.3 \text{ kPa}$ ])
  - čistá hypoventilace
  - ventilačně-perfuzní nerovnováha
  - zvýšení dechové práce
- **hypokapnie**



# Hypoxická plicní vazokonstrikce

- mechanismus, který udržuje poměr ventilace-perfuze v přijatelných hodnotách
  - pokud dojde lokálně ke  $\downarrow$  ventilace ( $\downarrow V/Q$ ), dochází v hypoventilovaných alveolech postupně ke  $\downarrow pO_2$
  - plicní arterie přivádějící krev k těmto alveolům reagují vazokonstrikcí
    - $\downarrow$  perfuze této oblasti
    - krev je odkláněna a vedena ostatními arteriemi, u kterých neproběhla vazokonstrikce, do oblastí s normální ventilací
  - více ventilované alveoly jsou více perfundovány a poměr  $V/Q$  je ve všech částech plic příznivý pro efektivní výměnu plynů
  - při návratu ventilace části tkáně k vyšším hodnotám
    - hladká svalovina arterií relaxuje
    - $\downarrow$  odpor
    - $\uparrow$  perfuze
- nová rovnováha mezi ventilací a perfuzí

# Hypoxická plicní vazokonstrikce

- **Nevýhoda:**

- při celkové hypoventilaci (např. **následkem obstrukce dýchacích cest**) dochází k povšechné plicní vazokonstrikci → ↑↑ rezistence plicního oběhu
- **pravé srdce:** větší síla stahu (k zajištění dostatečného průtoku) → náchylnější k srdečnímu selhání (krev v koronárních arteriích má menší  $pO_2$ )

# Mechanika dýchání

- (1) statické parametry = na čase nezávislé
  - **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 (“co nejvíce”)
  - **TD** - dechový objem (cca 0,5 l)
- (2) dynamické parametry = mění se s časem
  - **FVC** - usilovná vitální kapacita (“co nejvíce a co nejrychleji”)
  - **FEV1** - expirační jednosekundová kapacita
  - **FEV1/FVC** - poměr sekundové kapacity k FVC
  - **FEF25-75%** - průměrná rychlost toku ve střední polovině FVC
  - **PEF** - maximální výdechová rychlost
  - **V<sub>max</sub> (MEF) 50%**, **V<sub>max</sub> 25%** - maximální tok po vydechnutí 50%, resp. 75% vitální kapacity

# Terminologie

Statická/  
Dynamická

**-/F** („forced“)

Inspirační/  
Expirační

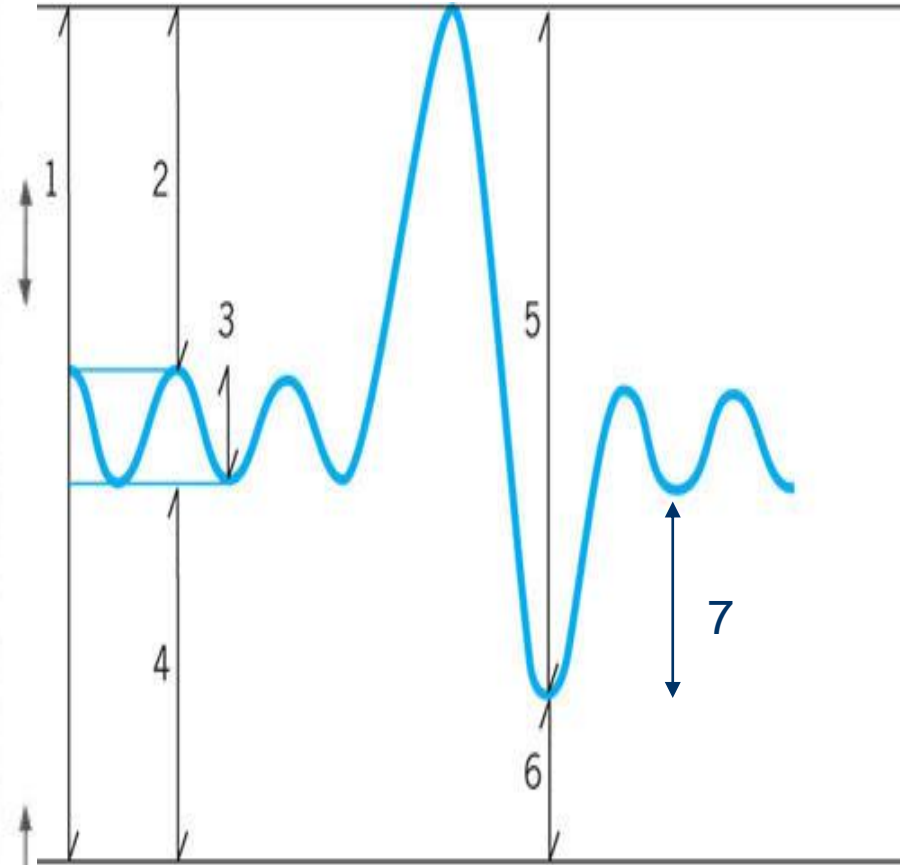
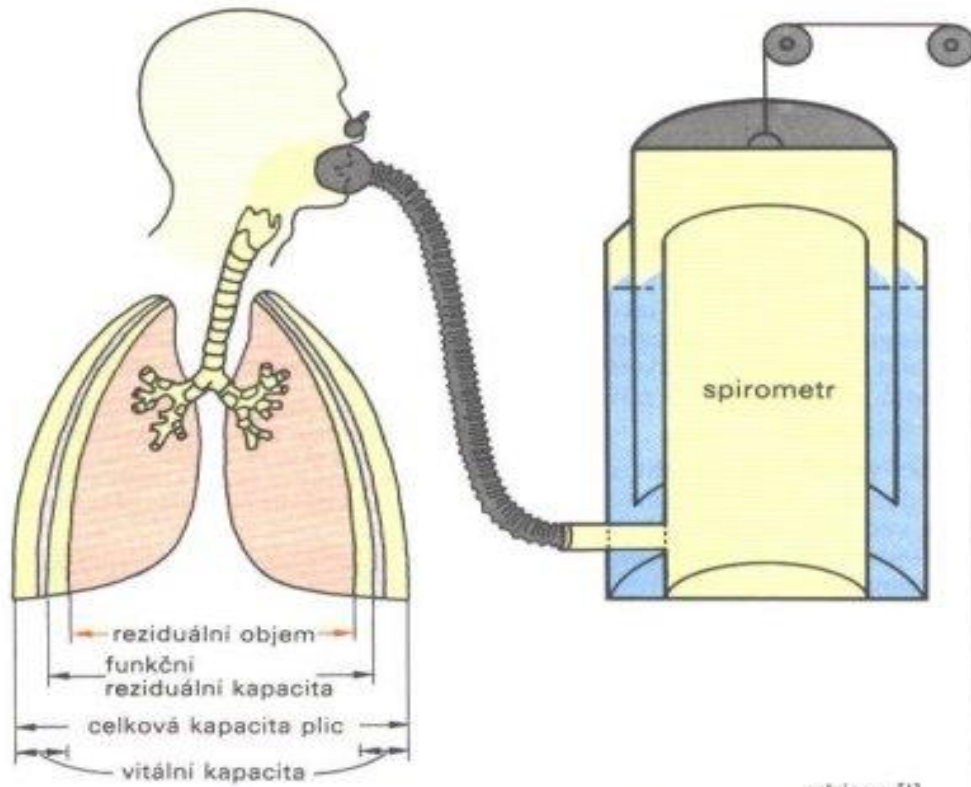
**I/E**

Název  
parametru

Objemy, kapacity  
(např. VC)

Pozn.: kapacita je objem, který je definován jako součet několika objemů

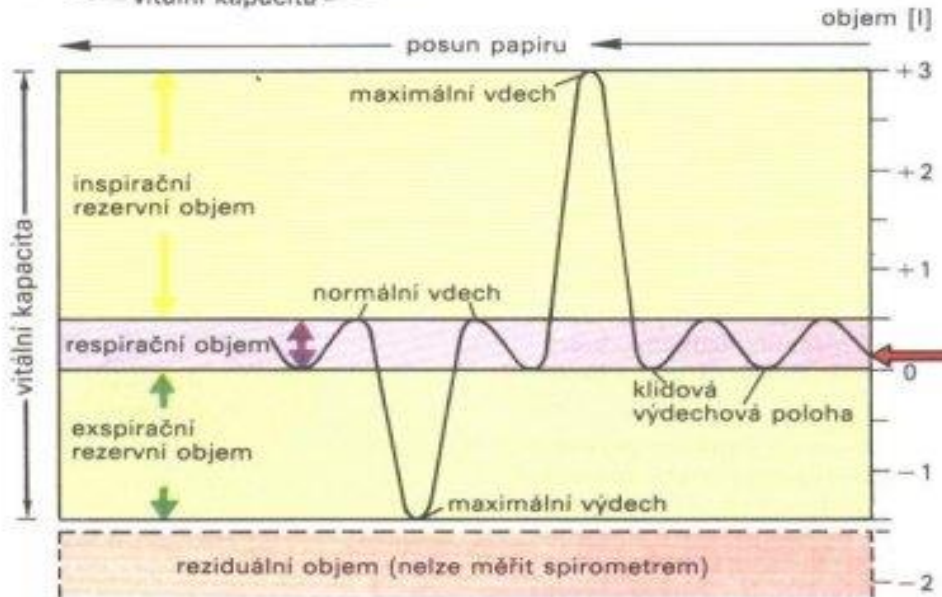




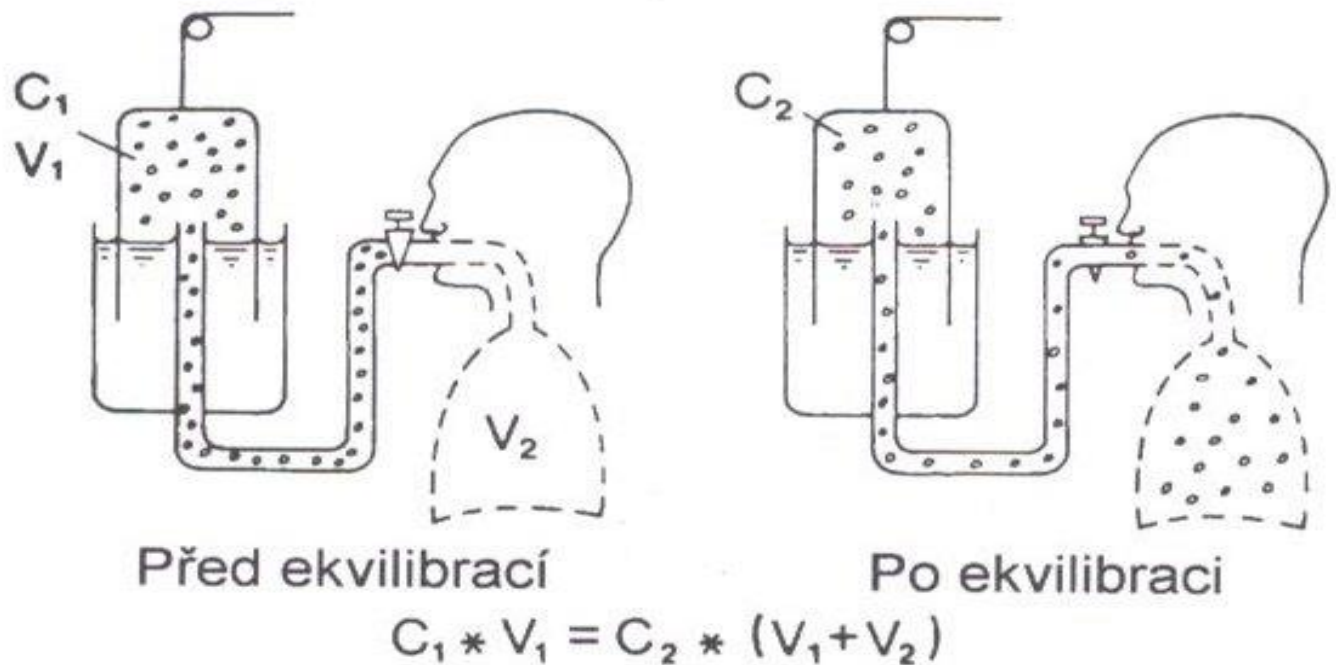
- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 Total lung capacity        | 4 Functional residual capacity |
| 2 Inspiratory reserve volume | 5 Vital capacity               |
| 3 Tidal volume               | 6 Residual volume              |

© Elsevier Science Ltd

7 – expirační rezervní objem



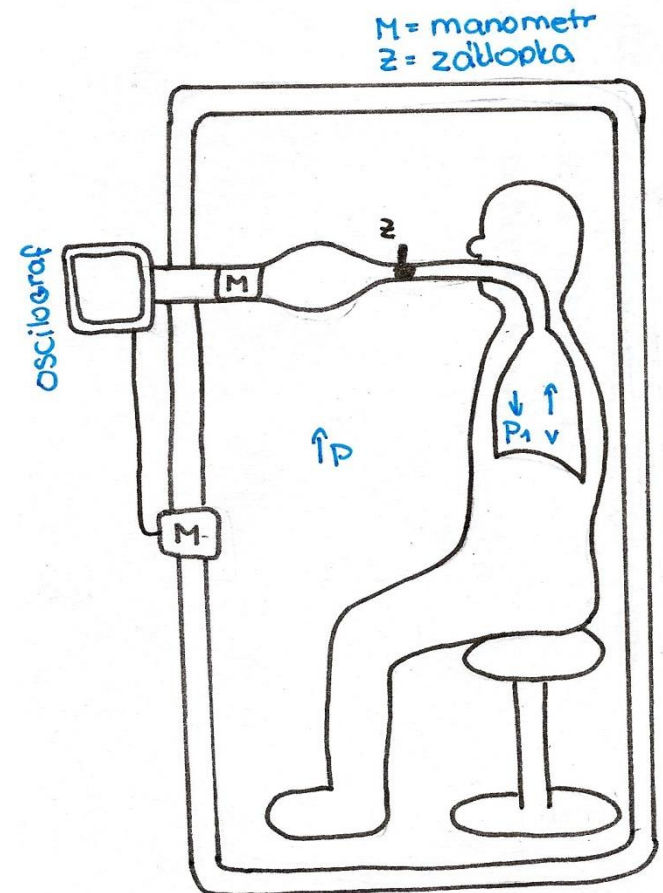
# Měření celkové plicní kapacity, reziduálního plicního objemu



- diluční metoda s He - dnes již zastaralá metoda
- používá se spíše celotělová pletysmografie

# Celotělová bodypletysmografie

- součin objemu a tlaku v uzavřeném tělese zůstává konstantní, pletysmograf měří tlakové a objemové změny v boxu a tlakové změny v plicích - lze dopočítat objem plic

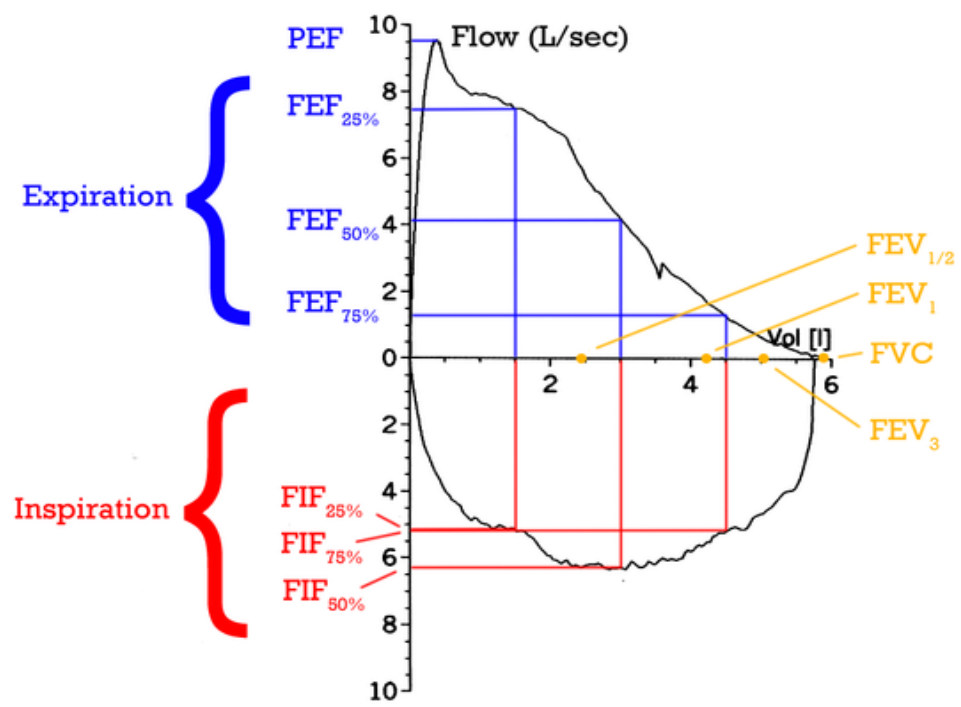
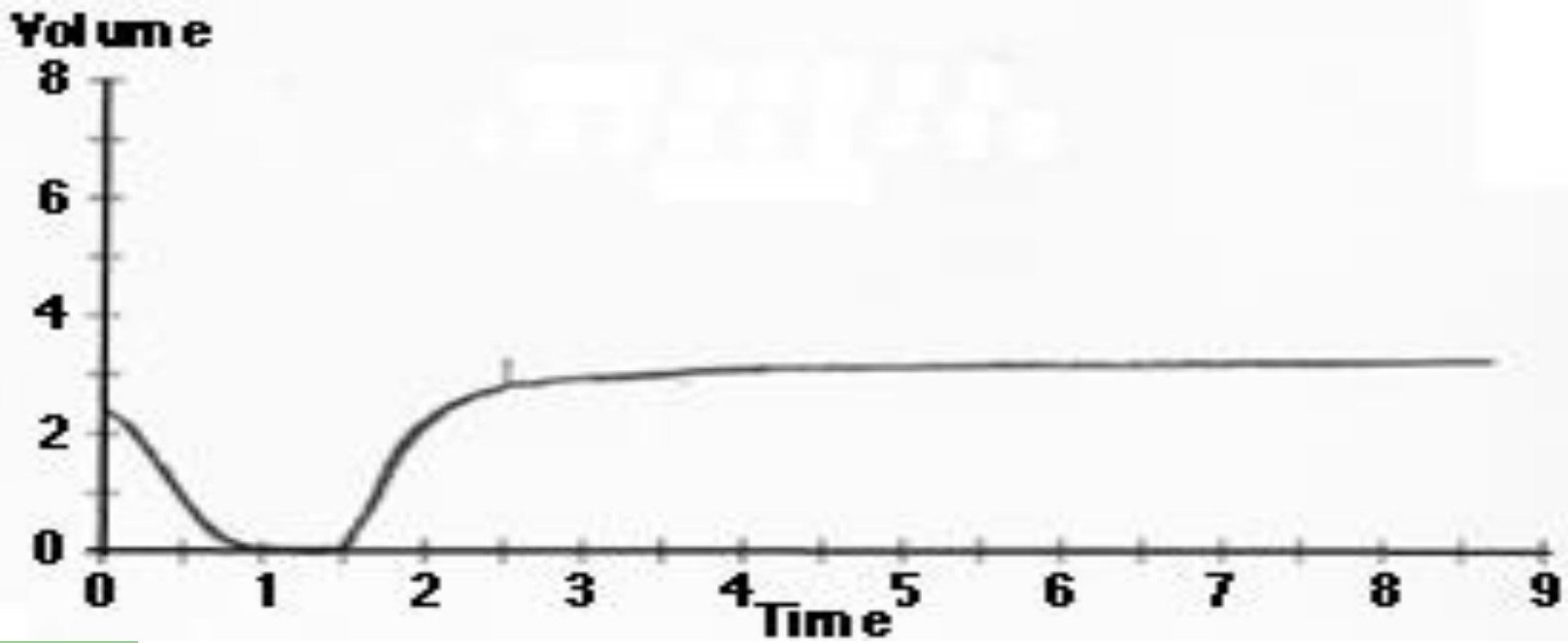




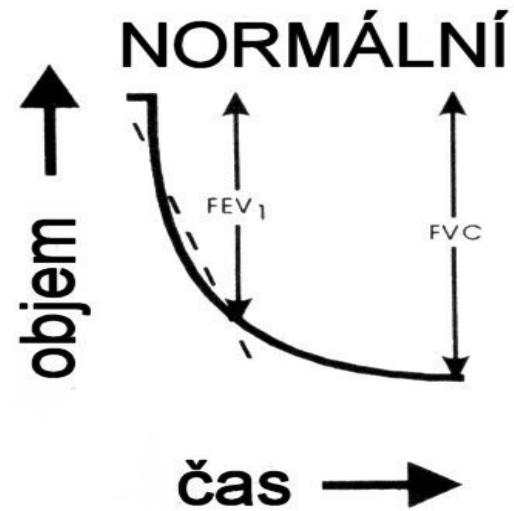
# Spirometrie (“měření dechu”)

- nejzákladnější funkční test plicní funkce
  - měří statické a dynamické objemy plic
  - možnosti vyjádření
    - křivka **průtok – objem** (flow - volume)
      - průtok jako funkce času, kdy průtok je funkcí objemu (pomocí pneumotachografické hlavice)
      - objemy počítány integrací průtoku podle času
    - křivka **objem – čas** (volume - time)
      - objem jako funkce času (např. pomocí spirometrického zvonu)
      - průtoky počítány derivací objemu podle času

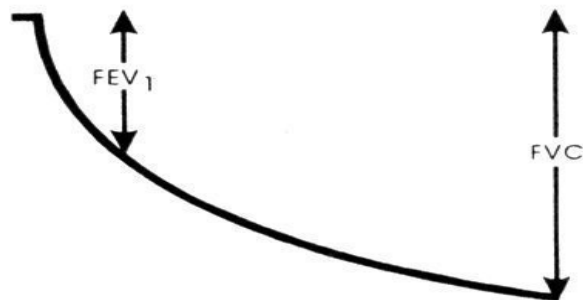




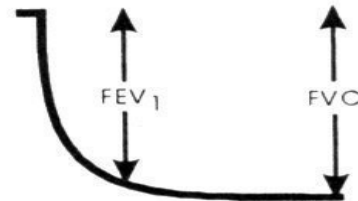
# Křivka objem - čas



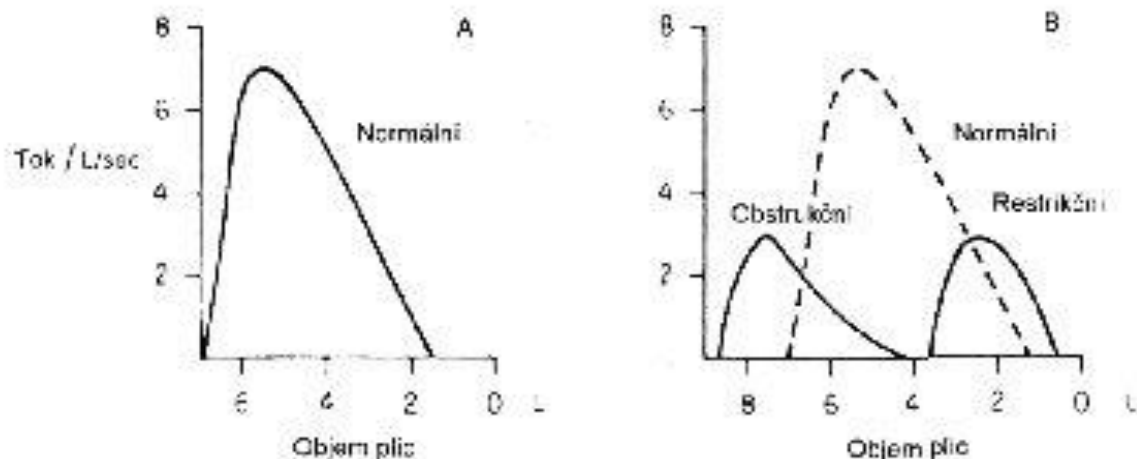
## OBSTRUKCE



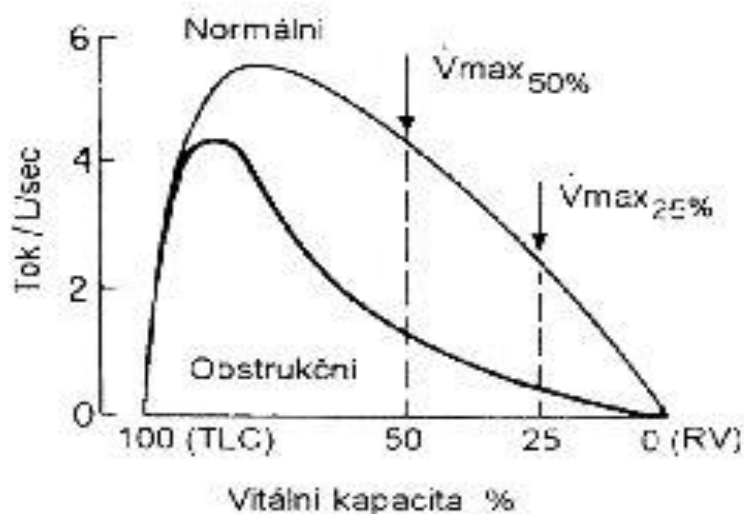
## RESTRIKCE



# 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 (= zbyvá 25% TLC). (WPF 1.8)*



# 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

# Poruchy ventilace

- Prostá hypoventilace
- **Obstrukční ventilační poruchy**  
(zúžení dýchacích cest)
- **Restrikční ventilační poruchy**  
(redukce funkčního parenchymu plic  
nebo omezení dýchacích pohybů)
- **Smíšené ventilační poruchy**

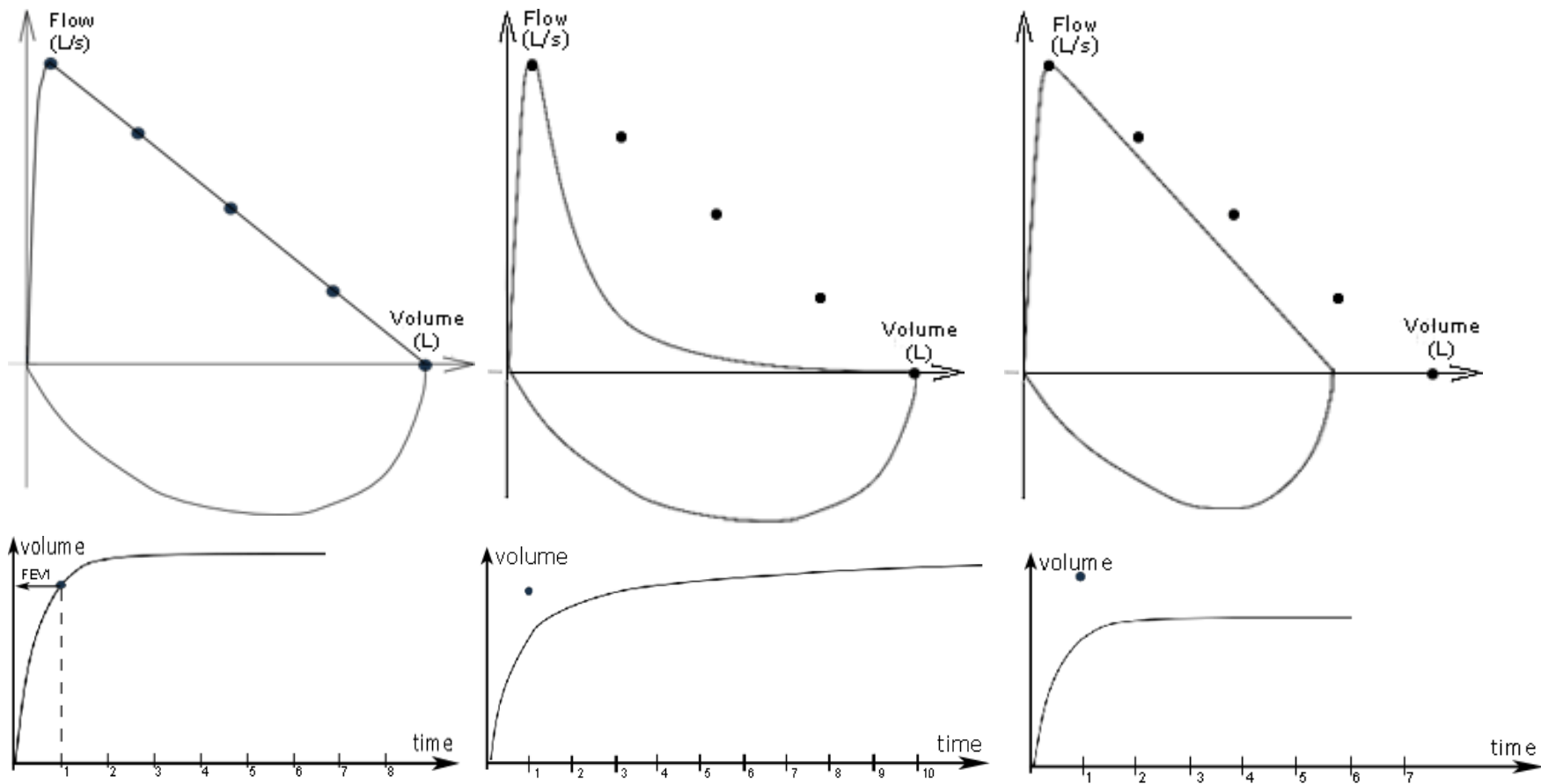
# Prostá hypoventilace

- Zpravidla mimoplicní příčina
  - CNS (otravy, léky, úrazy)
  - nervosvalová onemocnění (myastenia gravis)
  - obstrukce horních dýchacích cest
- Snížení  $V_A = (V_T - V_D) \times f$ 
  - (sníží se dech. objem a frekvence)
  - hypoxemie:  $\text{PaO}_2 < 80\text{mmHg}$  [=20kPa]
  - hyperkapnie:  $\text{PaCO}_2 > 40\text{mmHg}$  [=5.3kPa]

# Poruchy mechaniky dýchání

- v důsledku patologických změn statických a dynamických odporů a tím dechové práce
- projeví se na změně plicních objemů a rychlosti jejich změn
- poruchy ventilace – hodnocení podle změn dechových objemů za čas
  - normální poměr FEV1/FVC ~ 80%
  - **obstrukce**
    - snížení expirační rychlosti při zachovalé vitální kapacitě
    - FEV1/FVC < 80%
  - **restrikce**
    - snížení vitální kapacity při zachovalé nebo dokonce zvýšené výdechové rychlosti
    - FEV1/FVC ≥ 80%

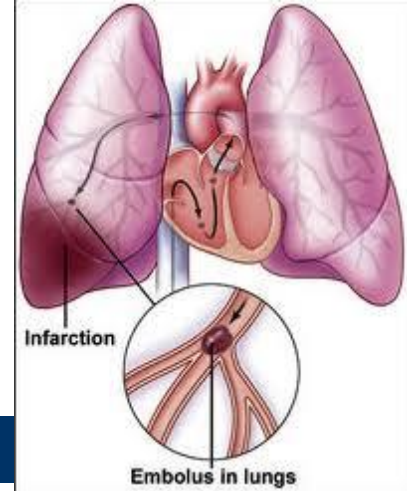
# Křivky průtok – objem a objem – čas u ventilačních poruch



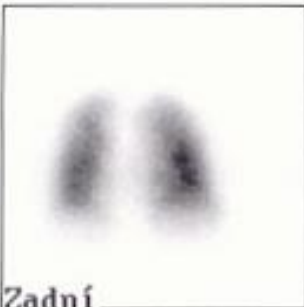
# Poruchy perfuze a difuze

- poruchy **perfuze** - restriční a obstrukční onemocnění
  - např. **plicní hypertenze**, **embolie** v arteria pulmonalis ...
  - snížená perfuze → přenos sníženého množství O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> krví → plicní hypertenze → zvětšení pravého srdce
- poruchy **difuze** - zmenšení difuzní plochy:
  - např. **zánět** (a následné ztlustění alveolo-kapilární membrány), **edém** (exsudace krevní plazmy do intersticia), intersticiální **plicní fibróza** (vazivová tkáň oddaluje alveoly od kapilár), **anémie** ...
  - snížená difuze → především snížený pO<sub>2</sub>

# Patofyziologie plicní embolie



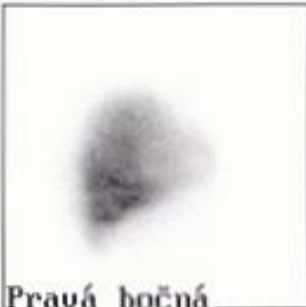
- závažnost závisí na **velikosti obstrukce** a na **předchozím stavu srdce a plic**
  - bez předchozího srdečního a plicního onemocnění nutná obstrukce 50% plicního cévního řečiště ke vzniku plicní hypertenze
  - u kardiaků nebo pac. s plicním onemocněním stačí menší obstrukce
- embolizace plic vede k **hyperventilaci** → vyvolána podrážděním "stretch" receptorů v drobných plicních arteriolách → dochází k poklesu arteriální tenze CO<sub>2</sub> až k ev. obrazu respirační alkalózy provázené hypoxémií
- dochází ke konstrikci alveolárních ductů a terminálních bronchiolů důsledkem uvolnění serotoninu a histaminu z plicní embolie → **vyšuje se odpor DC**



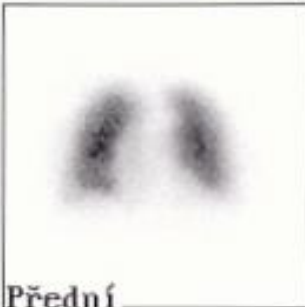
Zadní



Pravá zadní šikmá



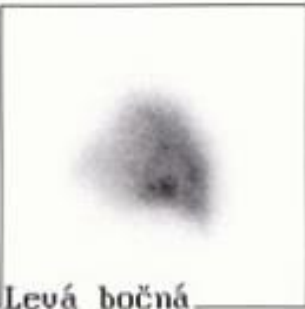
Pravá bočná



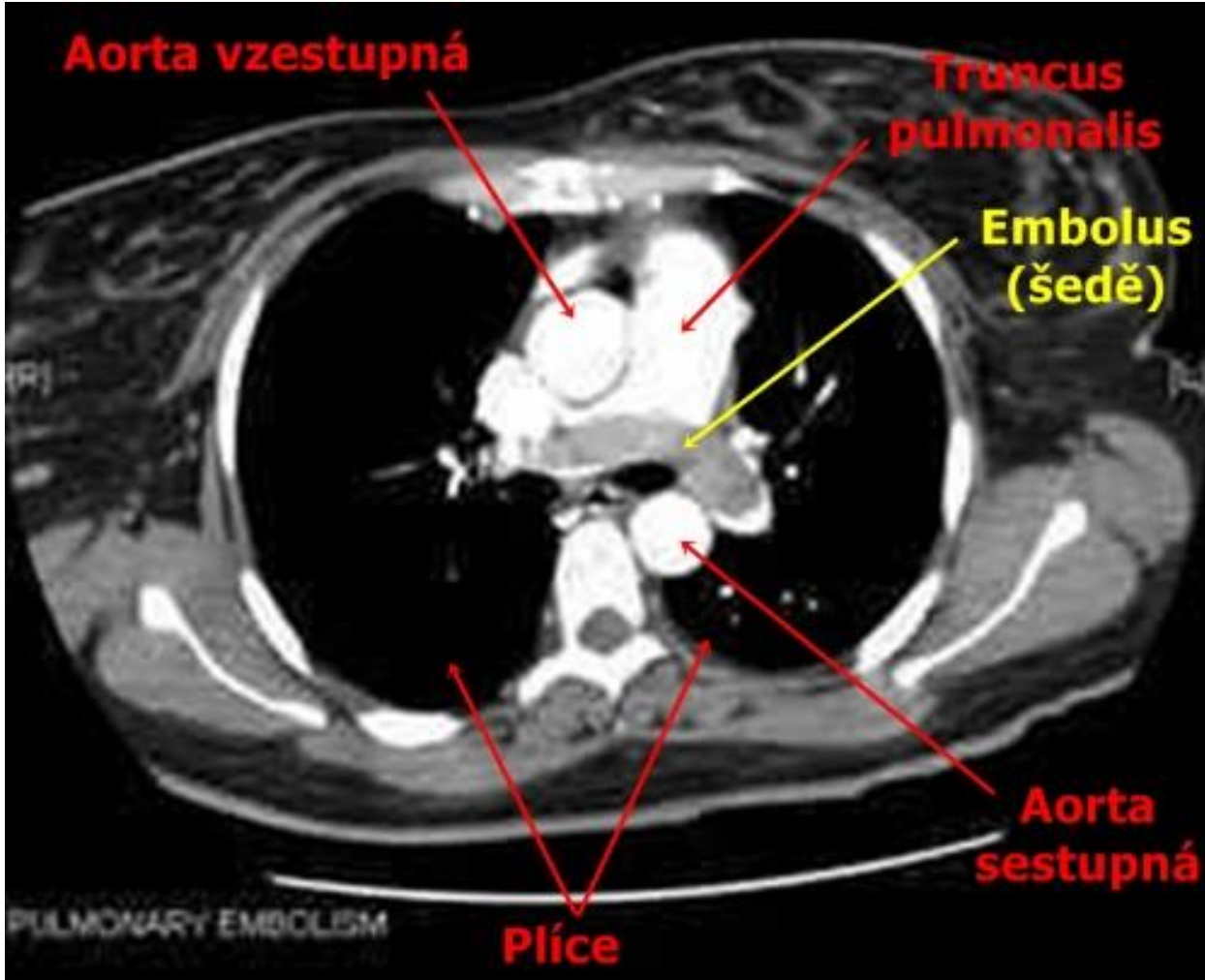
Přední



Levá zadní šikmá



Levá bočná



**Aorta vzestupná**

**Truncus pulmonalis**

**Embolus (šedě)**

**Aorta sestupná**

**Plíce**

PULMONARY EMBOLISM



# Obstrukční x restriční nemoci

- **obstrukční**

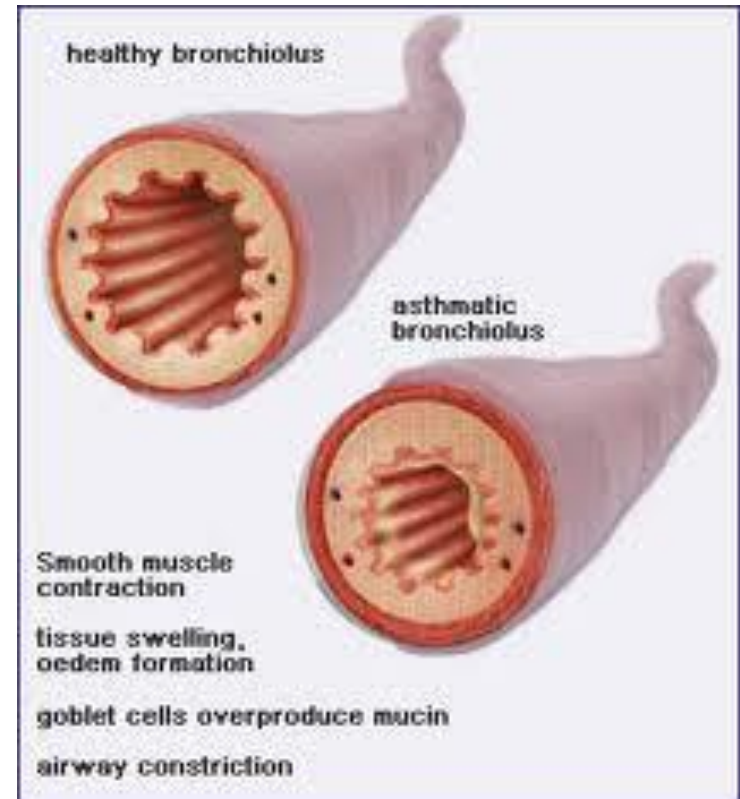
- bronchiální astma (alergické, nealergické), chron. bronchitida, emfyzém, chron. obstrukční plicní nemoc (CHOPN)

- **restriční**

- idiopatická plicní fibróza, sarkoidóza, profesionální intersticiální nemoci, nemoci pleury, pneumotorax, skolióza, neuromuskulární nemoci

# 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



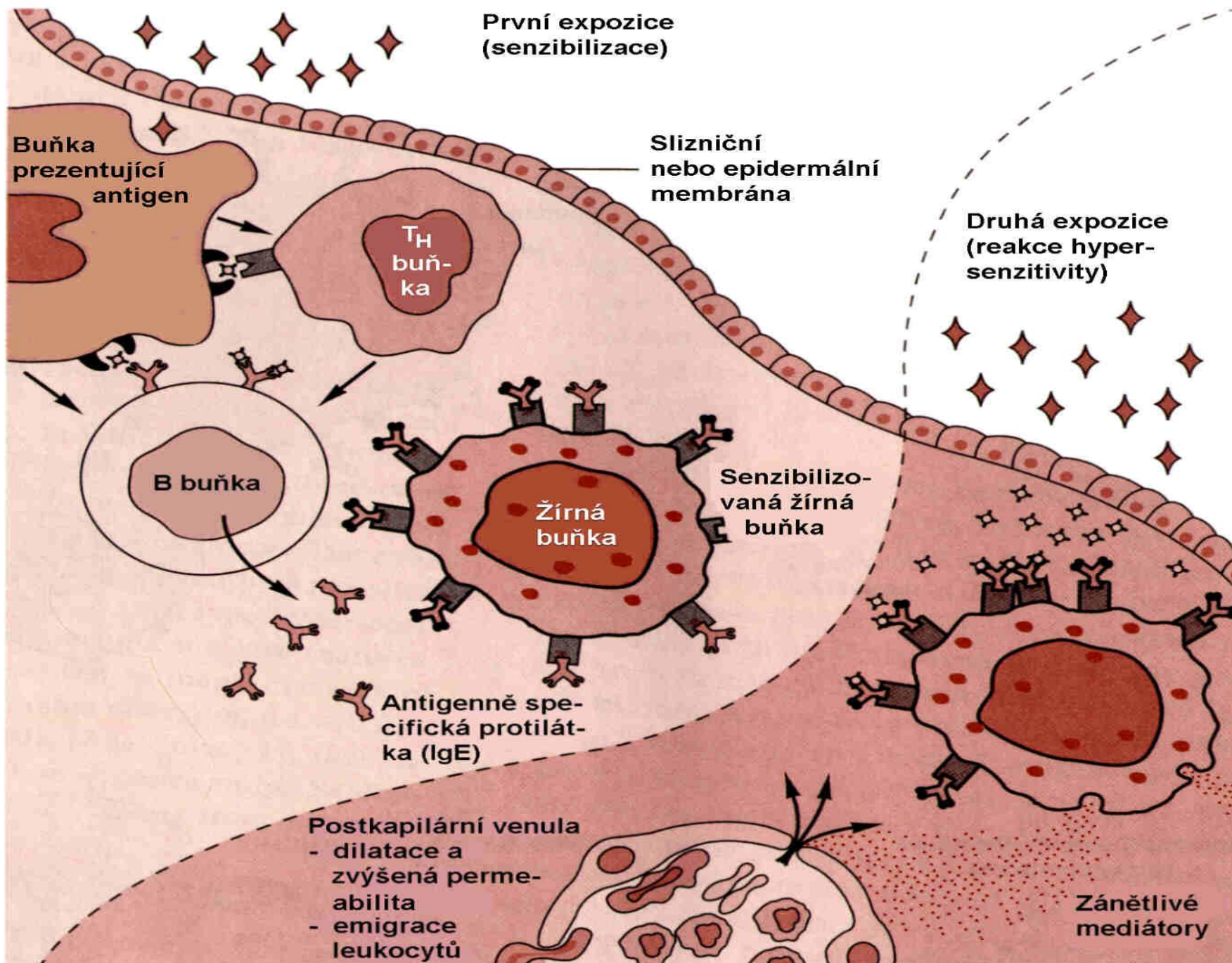
# Astma – klinické příznaky

- 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 přecitlivělosti (IgE)
- **Neatopické (nealergické) astma**
  - endogenní astma (bez známé příčiny)
  - námahové astma (tělesná zátěž)
  - iritační astma (chem.látky, teplo, chlad)
  - aspirinové astma (i jiné léky)
- profesionální astma aj.





# 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

# Astma - léčba



- odstranění nebo omezení provokujících faktorů
- protizánětlivá terapie
- bronchodilatační terapie
- hyposenzibilizace
- speleoterapie aj.



# Plicní funkce

V klidu

- někdy i bez známek obstrukce
- bronchoprovokační testy

V záchvatu **známky obstrukce**

- **snížené dynamické ventilační parametry**
- zvýšené statické parametry
- zlepšení po podání bronchodilatátorů

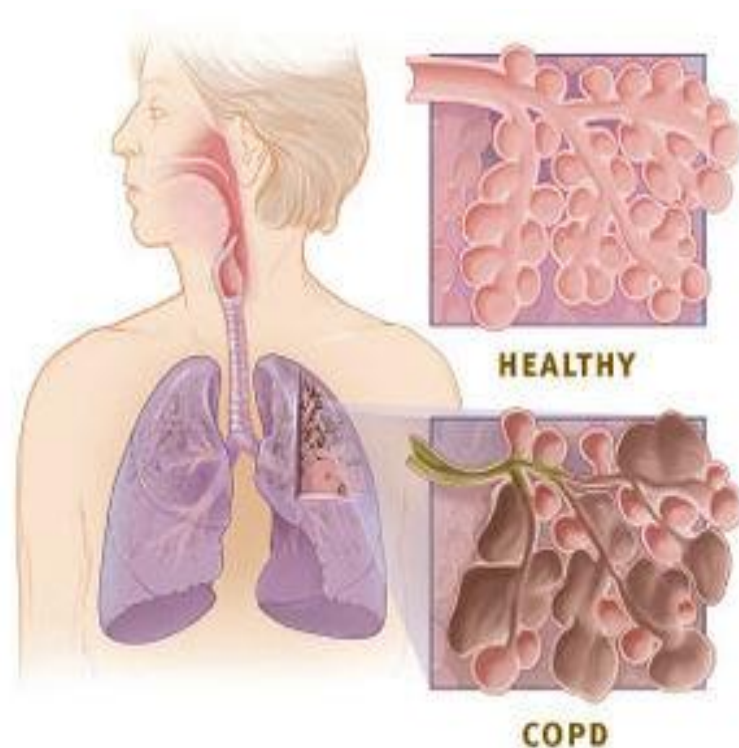


# Chronická obstrukční plicní nemoc (CHOPN) (COPD)

- zahrnuje:
  - **chronickou bronchitidu**
    - hyperplazie a hypertrofie hlenových žlázek
    - nadměrné množství **hľenu** v dýchacích cestách (příp. uzávěř)
    - **zánětlivá infiltrace a otok** stěny dýchacích cest (zúžení)
  - **plicní emfyzém**
    - **destrukce** alveolárních sept
    - nerovnováha **proteáz** a **antiproteáz**
    - **obstrukce** bronchiolů

# CHOPN – 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



# 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)

# Chronická bronchitida - funkční důsledky

- **Zúžení malých dýchacích cest**
  - expirační obstrukce - ↓ dynamické parametry
  - plicní hyperinflace - ↑ RV/TLC
  - ventilačně perfuzní nerovnováha (↓V/Q)
  - **hypoxemie (cyanóza), hyperkapnie, respirační acidóza**
  - vazokonstrikce → plicní hypertenze
  - normální difúzní plicní kapacita pro O<sub>2</sub>

# Emfyzém - funkční důsledky

- **Destrukce alveolární stěny**
  - ztráta plicní elasticity → expirační obstrukce (**↓ dynamické parametry**)
  - plicní hyperinflace →  $\uparrow$ RV/TLC (nevýhodné postavení inspiračních svalů)
  - redukce kapilárního řečiště
    - $\downarrow$  difúzní plicní kapacita
    - plicní hypertenze
  - ventilačně perfuzní nerovnováha ( $\uparrow$ V/Q)

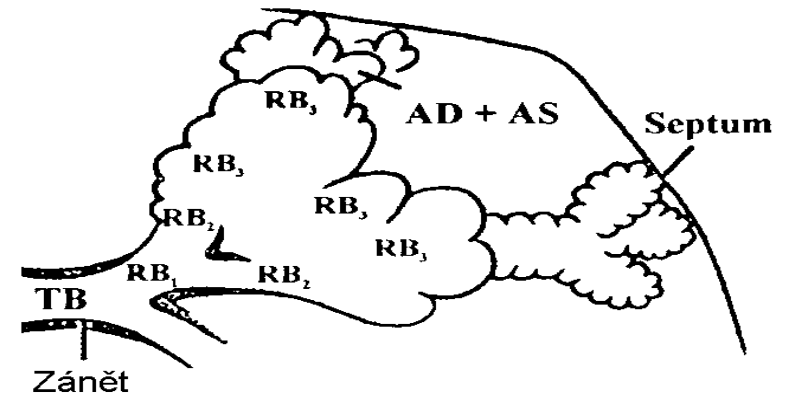
# Rozdělení CHOPN

	převážně emfyzém (pink puffer)	převážně bronchitida (blue bloater)
<b>klinický obraz</b>	vyšší věk (nad 60 let), astenický habitus, úbytek hmotnosti, růžový (supějící), klidová dušnost, hrudník dlouhý, úzký	nižší věk (pod 40 roků), pyknický habitus, hrudník široký, obezita, cyanotický (kašlající), kašel s hnisavou expektorací
<b>RTG vyšetření</b>	zvýšená transparence, bránice nízko uložená, srdce úzké, svisle uložené	zmnožená kresba, bránice v normě, srdce normální velikosti
<b>funkce</b>	objemy zvětšené, celková kapacita a reziduální objem zvětšený	objemy malé, celková kapacita a reziduální objem zmenšený
	<b>Panlobulární emfyzém</b> prohloubené dýchání, zvětšení mrtvého prostoru	<b>Centrilobulární emfyzém</b> porucha distribuce, hypoxemie

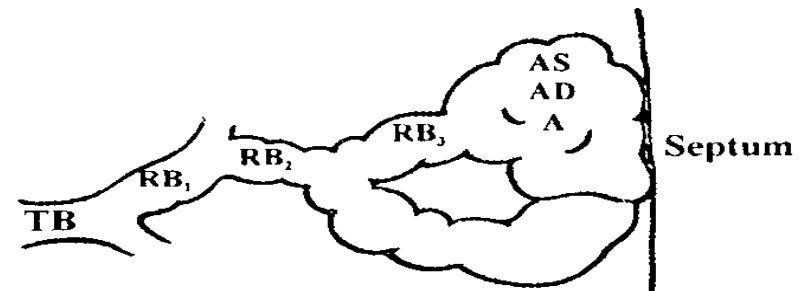
# Emfyzém

- různé obrazy emfyzému

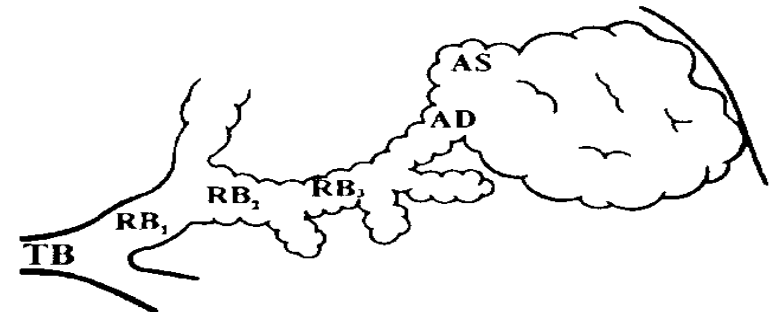
## A. Centrilobulární emfyzém



## B. Panacinární emfyzém



## C. Distální acinární emfyzém



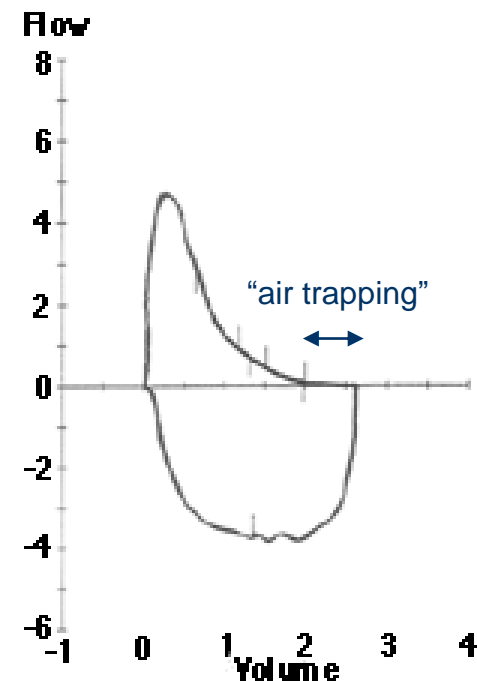
# CHOPN - léčba

- ovlivnění **obstrukce** (bronchodilatancia)
- ovlivnění **infekce** (atibiotika)
- odstranění **hlenu** (expektorancia)
- **oxygenoterapie** (krátkodobá x dlouhodobá)
- rehabilitace, lázně
- chirurgická terapie
- substituce  $\alpha$ 1-antitrypsinu



# 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<sub>25-50%</sub>
- **Statické** plicní objemy ↑
  - reziduální objemy
    - ↑ RV, ↑ FRC, ↑ TLC
  - “air trapping” - zachycení vzduchu v alveolech



# Restrikční poruchy plic

- **Restrikce**

- redukce funkčního parenchymu plic nebo omezení dýchacích pohybů

## **Omezeno rozpínání plic:**

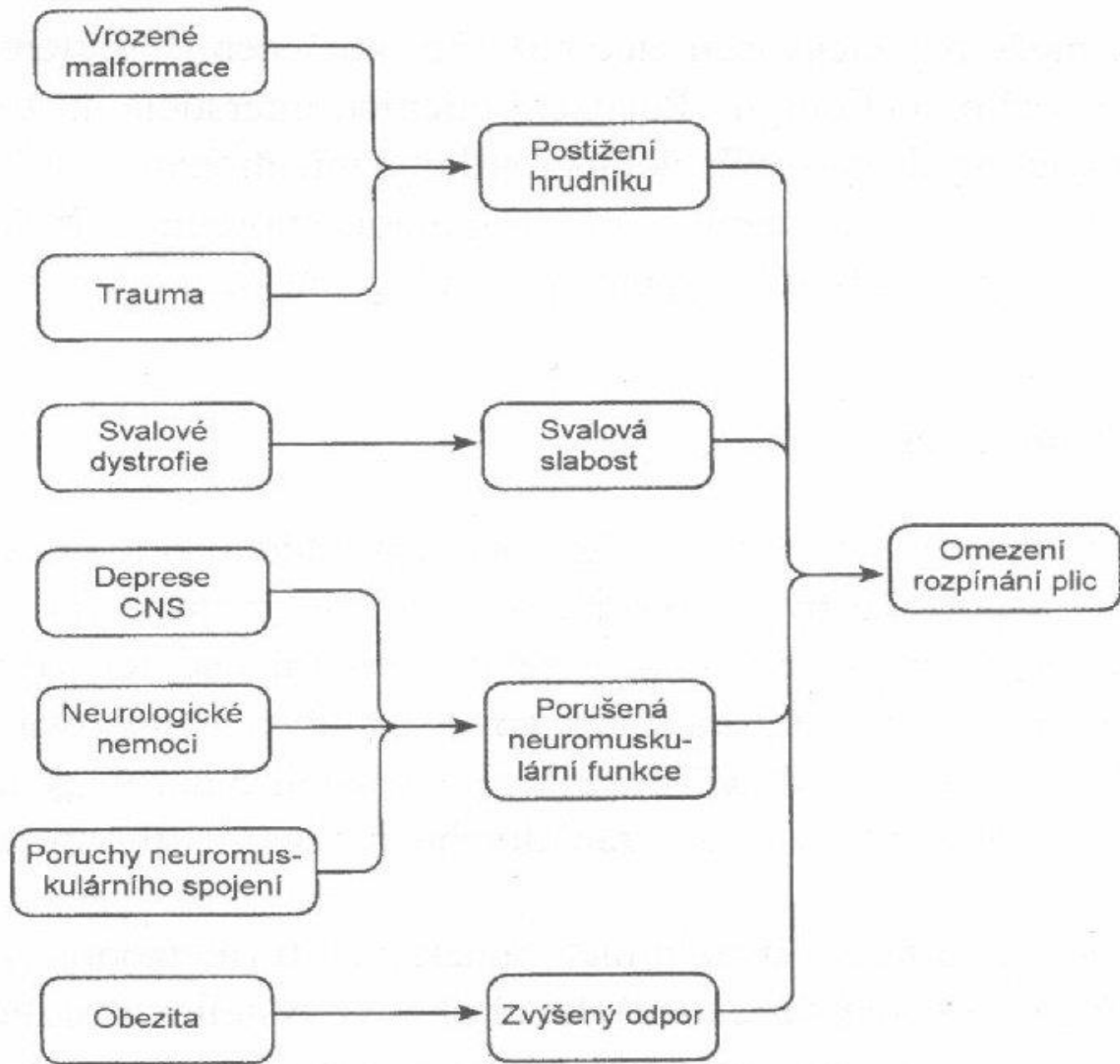
- **z vnějších příčin**

- resekce, onemocnění pleury, hrudní stěny, neuromuskulárního aparátu, extrémní obezita.....

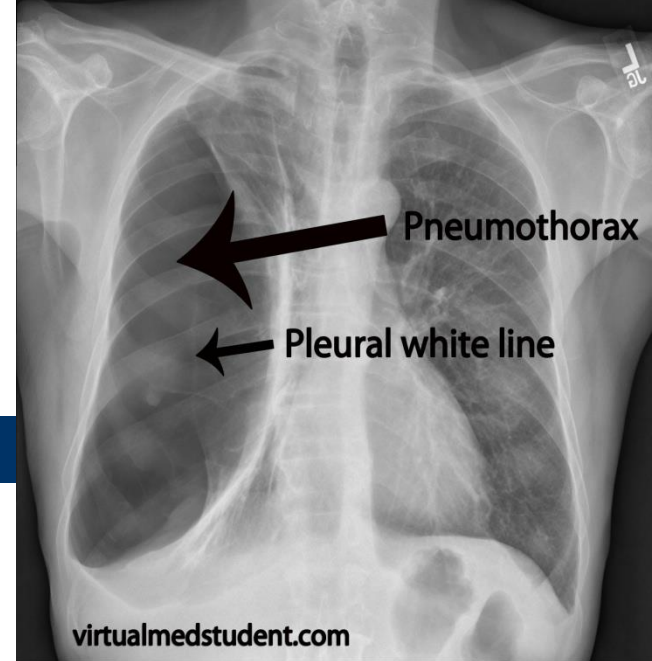
- **změnou plicního parenchymu**

- zánět, nádor, intersticiální nemoci plic - zpravidla kombinováno s poruchou difúze

restrikční  
nemoci z  
vnějších  
příčin



# Nemoci pleury



## Pneumotorax

- vzduch v pleurálním prostoru (z plic nebo skrz hrudní stěnu) => kolaps plíce
- **spontánní** - prasknutí malé bubliny na povrchu plic v blízkosti apexu
- **tenzní** (ventilový) - komunikace mezi plící a pleurálním prostorem - jednostranná záklopka – vzduch vniká do pleurálního prostoru, ale nemůže zpět => vyžaduje urgentní lékařskou pomoc
- pneumotorax komplikující plicní nemoci (cysty)

# Nemoci pleury

## Pleurální výpotek

- tekutina uvnitř pleurálního prostoru – důsledek lokálního nebo systémového onemocnění
- na základě koncentrace bílkovin a LD se dělí:
  - transsudát – např. u chron. srdeční selhání  
(↑ hydrostatický tlak v kapilárách)  
– hypoalbuminémie (jaterní cirhóza)  
(↓ onkotický tlak)
  - exsudát – ↑ bílkoviny např. zánět, nádor

# Ostatní vnější příčiny restričních nemocí

- **skolióza** – vychýlení páteře do boku
- **kyfóza** – vychýlení páteře dozadu
- **neuromuskulární nemoci** (myasthenia gravis, poliomyelitida)
- **extrémní obezita**
- **resekce plic** (nádor)

# Změna plicního parenchymu

## Intersticiální nemoci plic

- tkáň mezi výstelkou alveolu a endotelem plicních kapilár => zmnožení vaziva => zesílení interalveolárních sept => **porucha difúze pro kyslík**
- klesá propustnost pro kyslík a zvyšuje se rozdíl parc. tlaku v alveolech  $PaO_2$  a v plicních kapilárách  $\downarrow PaO_2$
- snižuje se poddajnost (compliance) plic

# Patologie intersticiálních plicních meocí

- **ukládání fibrinu** podél alveolárních stěn => v alveolech se vytvoří tzv. hyalinní membrána
- **zánětlivá fáze** s infiltrací neutrofilů a později makrofágy a lymfocyty => reparační procesy a fibróza
- **proliferace** alveolárních buněk, organizace fibrinózního exsudátu, **ukládání kolagenu** => reparace nebo fibróza



# Důsledky intersticiálních nemocí

- hypoxémie ( $\downarrow PaO_2$ ) zejména námahová již v počátečních stádiích s hyperventilací s tendencí k respirační alkalóze ( $\downarrow PaCO_2$ )
- později klidová hypoxémie ( $\downarrow PaO_2$ ) a hypoventilace (snížená poddajnost plic => malé dechové objemy)
- plicní hypertenze (vysoký tlak v malém oběhu) => cor pulmonale

# Nozologické jednotky

## Idiopatická plicní fibróza

- neznáme příčinu (imunitní reakce?)

## Sarkoidóza

- typická granulomatózní tkáň v různých orgánech, etiologie imunitní?

## Profesionální intersticiální nemoci

- expozice dráždivým látkám po dlouhá časová období (prach, plyn, léky, infekce)

# Profesionální intersticiální nemoci

## NEMOC

Asbestóza

Aspergilóza

Berylióza

Plíce chovatelů ptáků

Pneumokonióza uhlokopů

Farmářská plíce

Silikóza

Svářečská plíce

## ČINITEL

Asbest

Spóry plísní rodu *Aspergillus*

Sloučeniny berylia

Ptačí antigeny

Uhelný prach (sloučeniny Si)

Plísně ze sena a obilí

Sloučeniny křemíku

Oxidy železa a jiné látky

# Klinické projevy

## Subjektivní

- Dyspnoe
- Kašel

## Objektivní

- Tachypnoe
- Chrůpky
- Cyanóza
- Cor pulmonale

## Laboratorní data

- Zvýšený  $P(A-a)O_2$
- Normální nebo nízký  $PaCO_2$
- EKG- cor pulmonale
- Spirometrie - restriční typ ( $\downarrow VC$ , normál  $FEV_1/FVC$ )
- Snížená difuzní kapacita plic pro oxid uhelnatý

# Terapie

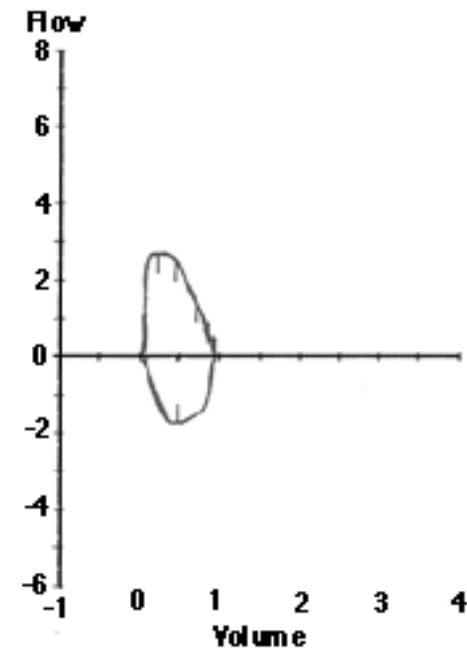
- závisí na etiologii, pokud je známa
- zastavit expozici škodlivým vdechovaným činitelům
- proti infekci antibiotika
- u nejasné etiologie (sarkoidóza, idiop. plicní fibróza) kortikosteroidy
- podávání kyslíku

# Obecné důsledky restrikce

- **↓statických ventilačních parametrů**
  - ↓ objemy (FRC, TLC, FVC)
- **kompensace hyperventilací**
- **hypokapnie (↓PaCO<sub>2</sub>), respirační alkalóza**
- **námahová hypoxémie (↓PaO<sub>2</sub>) později i klidová**

# Spirometrie u restričních 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<sub>25-50%</sub>



# Spiroergometrie

- dynamický zátěžový test s analýzou plicní ventilace a výměny  $O_2$  a  $CO_2$
- umožňuje:
  - zachytit a posoudit řadu patofyziologických plicních funkcí
  - určit závažnost poruch
  - vyšetřit kompenzační mechanismy v podmínkách zvýšených nároků



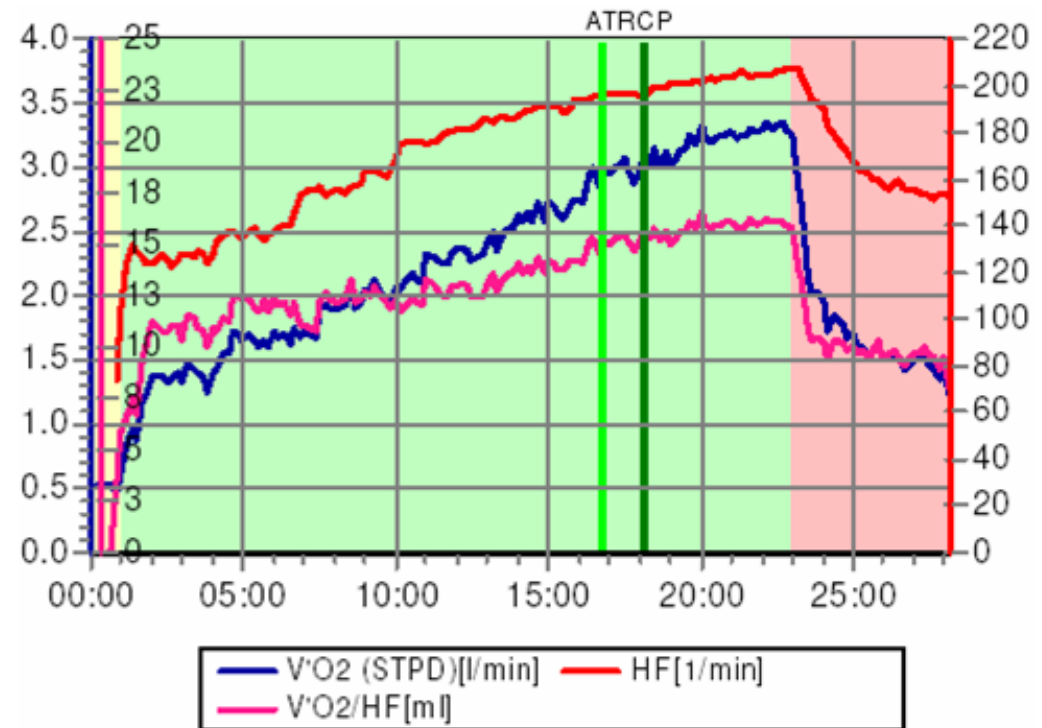


# Indikace spiroergometrie

- stanovení zátěžové tolerance a možných limitujících faktorů
  - odlišení mezi dušností srdečního a plicního původu
  - zhodnocení nejasné dušnosti (klidové funkční testy neposkytují přesvědčivé výsledky)
  - zjištění abnormální limitace zátěžové tolerance
  - odlišení příčin zátěžové intolerance
- stanovení stupně poškození plicní tkáně u chronických plicních onemocnění
- diagnóza astmatu vyvolaného zátěží
- předoperační vyšetření
  - rozsáhlé břišní operace zejména u starších pacientů, plicní resekce pro karcinom, resekční operace při plicním emfyzému)
- transplantace plic, resp. plic a srdce

# Spiroergometrie – měřené parametry

- Výkonnost
- Kardiovaskulární hodnoty
- Ventilačně-respirační hodnoty
- Biochemické hodnoty
- Subjektivní hodnocení



# Dýchání a odborné názvy

- eupnoe
- apnoe
- dyspnoe
- hyperventilace
- hypoventilace
- hyperpnoe
- polypnoe
- tachypnoe
- oligopnoe/bradypnoe
- ortopnoe

# Golem – model člověka

- [www.physiome.cz](http://www.physiome.cz)

→Atlas fyziologie a patofyziologie

→Přenos plynů

... a další modelování fyziologických a patologických stavů

# videa

- Funkční vyšetření plic
- <https://www.youtube.com/watch?v=15MC5o8Gx-c&t=4s> (spirometrie v 5.30 min)
- Astma
- <https://www.youtube.com/watch?v=PzfLDi-sL3w> (5 min)