

# Teoretická část

## Spirometrie

Respirace zahrnuje několik procesů: **zevní respiraci**, příjem  $O_2$  a výdej  $CO_2$  organismem jako celkem, transport plynů a **vnitřní respiraci**, využití  $O_2$  a produkci  $CO_2$  buňkami a výměnu těchto plynů mezi buňkami a tekutinou, která je obklopuje. V rámci tohoto cvičení se budeme zabývat činností dýchacího systému při zevní respiraci, tj. procesy, které jsou odpovědné za příjem  $O_2$  a výdej  $CO_2$  plícemi.

Dýchací systém se skládá z orgánu umožňujícího výměnu plynů (plíce) a z pumpy, která plíce ventiluje. Tato pumpa se skládá z hrudní stěny; dýchacích svalů, které zvětšují a zmenšují objem hrudní dutiny; z oblastí mozku, které regulují činnost dýchacích svalů a z nervů spojujících mozek a dýchací svaly.

### Dýchací cesty

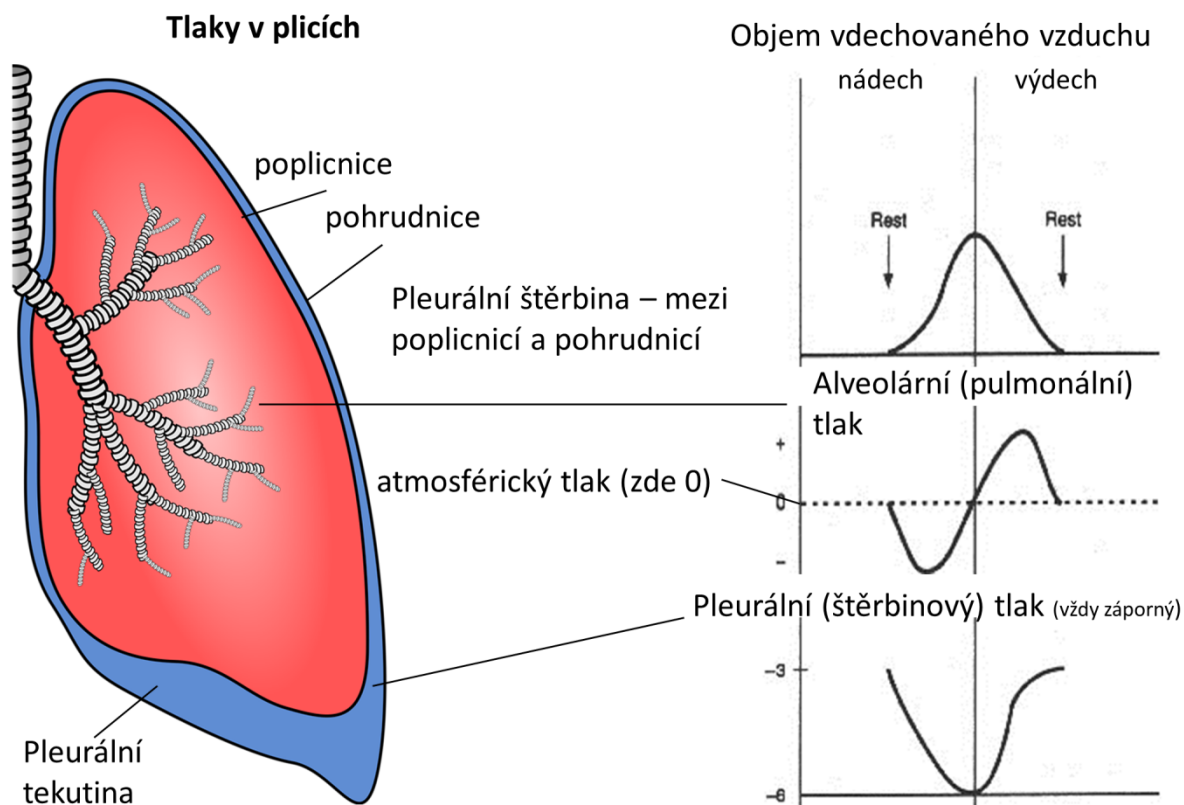
Po průchodu nosní dutinou a hltanem, kde je vdechnutý vzduch ohřát a nasycen vodní párou, pokračuje průdušnicí a bronchy až do respiračních bronchiolů a dále alveolárními dučejemi do alveolů.

### Funkce dýchacích cest:

- zbavování mechanických nečistot – zachycení ve vrstvičce hlenu, řasinky epitelu ho pak posunou směrem do ústní části hltanu (orofaryngu)
- bariéra proti vniknutí infekce – podslizniční lymfatická tkáň
- úprava teploty vdechovaného vzduchu – bohaté žilní pleteně v dutině nosní ohřívají vzduch na tělesnou teplotu a přidávají vodní páry (zvlhčení)
- hlasové vazy → úloha v tvorbě řeči, tvorba základního tónu

Plíce i hrudník jsou elastické. Mezi plícemi a hrudní stěnou je za normálních podmínek jen velmi tenká vrstva tekutiny. Plíce snadno kloužou po hrudní stěně, ale nedají se odtrhnout. Tlak v prostoru mezi plícemi a hrudní stěnou (interpleurální, intrapleurální nebo pleurální tlak) je menší než atmosférický. Plicní tkáň se natáhla, když byla rozepjata při porodu, a na konci klidového výdechu je její tendence smrštít se právě v rovnováze s tendencí hrudní stěny se rozepnout opačným směrem. Když vznikne v hrudní stěně otvor, pak plíce kolabují. Po ztrátě elasticity plic se hrudník zvětší a dostane soudkovitý tvar.

Vdech je vždy aktivní. Kontrakce nádechových svalů zvětší objem hrudníku. Interpleurální tlak na bázi plic, který je na začátku vdechu  $-2,5$  mmHg (ve vztahu k atmosférickému tlaku), se při klidovém vdechu sníží až na  $-6$  mmHg. Plíce jsou nataženy do více rozepjaté polohy. Tlak v dýchacích cestách se stane mírně negativním a díky tlakovému rozdílu vzduch proudí do plic. Na konci vdechu začne elasticita plic táhnout hrudní stěnu zpět do klidné výdechové polohy, v níž jsou elastická síla plic a elastická síla hrudníku zase v rovnováze.



Při výdechu se tlak v dýchacích cestách zvýší, stane se lehce pozitivním v porovnání s atmosférickým tlakem a vzduch proudí z plic ven. Při klidném dýchání je výdech pasivní v tom smyslu, že se neuplatňují žádné svaly, jejichž kontrakce by působila zmenšení objemu hrudníku. V časně fázi výdechu jsou však aktivní inspirační svaly. Jejich kontrakce brzdí působení smršťivých sil a tak výdech zpomaluje. Při usilovném vdechu se může interpleurální tlak snížit až na hodnoty  $-30$  mmHg. Pak se i plíce více rozpínají. Při zvýšení plicní ventilace se zvětšuje i deflace plic vyvolaná aktivní kontrakcí výdechových svalů, která aktivně snižuje nitrohruční objem.

**Pneumotorax** je definován jako nahromadění vzduchu či jiného plynu v pleurální dutině. Příčinou pneumotoraxu může být prasknutí subpleurálních bul, poranění hrudníku, některé lékařské zákroky (opichy páteře, kanylace podklíčkové žíly, transbronchiální plicní biopsie, transparietální aspirační punkce, hrudní punkce).

### Typy pneumotoraxů

Podle etiologie:

- **traumatický** (úrazový) pneumotorax vzniká při perforaci hrudní stěny nebo při poranění jícnu, průdušek či zlomenině žeber,
- **spontánní** (samovolný) pneumotorax
  - **primární** idiopatický (bez známé příčiny) se může objevit u zdravých vysokých mladých mužů s výskytem pneumotoraxu v rodině a
  - **sekundární** vzniká následkem plicních chorob (jako je např. CHOPN nebo cystická fibróza),

- **iatrogenní** (důsledkem léčby) pneumotorax vzniká při invazivních lékařských vyšetřeních jako je transparietální aspirační biopsie, katetrizace podklíčkové žíly, nebo mechanická ventilace s přetlakem.
- **indukovaný** (záměrný) pneumotorax se využívá při toraskopii, endoskopickém vyšetření hrudní dutiny.

### Podle komunikace pleurálního prostoru s okolím

- **otevřený pneumotorax** (když otvor v pleurálním prostoru zůstane otevřený, pak se vzduch v pleurální dutině pohybuje tam a zpět při každém dechu pacienta)
- **uzavřený pneumotorax** (když se malý otvor, kterým vstupuje vzduch do pleurální dutiny, uzavře)
- **ventilový pneumotorax** (tkáň hrudní stěny nebo plic může otvor překrývat tak, že vznikne ventil, který dovolí proudění vzduchu dovnitř při vdechu, ale bude bránit tomu, aby vzduch opustil pleurální dutinu při výdechu).

### Statické plicní objemy

- **Dechový objem (TV/Vt tidal volume)** – množství vzduchu, které pronikne do plic při každém vdechu (nebo množství, které je vypuzeno při každém výdechu).
- **Inspirační rezervní objem (IRV)** – objem vzduchu, který je možno s maximálním úsilím vdechnout po klidovém vdechu.
- **Expirační rezervní objem (ERV)** – objem vypuzený aktivním výdechem po skončení pasivního výdechu.
- **Reziduální objem (RV)** – vzduch, který v plicích zbude po maximálním výdechovém úsilí.
  - kolapsový – objem, který lze vytlačit z plic při jejich kolabování
  - minimální – objem vzduchu, který se dostane do plic při prvním nádechu novorozence

**Dechový mrtvý prostor** - prostor v oblasti dýchacích cest, který je ventilován, ale neúčastní se vlastní výměny plynů s krví. Mrtvý prostor zdravého člověka zahrnuje oblast horních dýchacích cest a průdušek až po jejich vyústění do plicních sklípků (alveolů) a jeho objem je kolem 150 ml. Tyto oblasti se označují jako **anatomický mrtvý prostor**. Za normálních okolností je anatomický mrtvý prostor totožný s **fyzilogickým**. Ten se zvyšuje, je-li část alveolů ventilována, ale nikoliv prokrvována (perfundována). Při umělém prodloužení dýchacích cest vzniká **artifciálně zvětšený mrtvý prostor**. Platí, o kolik zvětšíme objem dýchacích cest, o tolik vzroste mrtvý prostor a k plicím se dostane méně vzduchu.

### Plicní kapacity

Kapacita je součet objemů.

- **Vitální kapacita (VC)**- maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu vydechnout nebo po maximálním výdechu nadechnout, součet dechového objemu a inspiračního a expiračního rezervního objemu. ( $VC = VT + IRV + ERV$ )
- **Celková plicní kapacita (TLC)** – maximální objem vzduchu v plicích v maximálním nádechu, součet vitální kapacity a reziduálního objemu.

- **Funkční reziduální kapacita (FRC)** - množství vzduchu, které zůstane v plicích po skončení klidného expiria. = ERV + RV)

Měření vitální kapacity plic je nejčastěji používaným klinickým měřítkem plicní funkce. Podává užitečnou informaci o síle dýchacích svalů a dalších aspektech funkce plic.

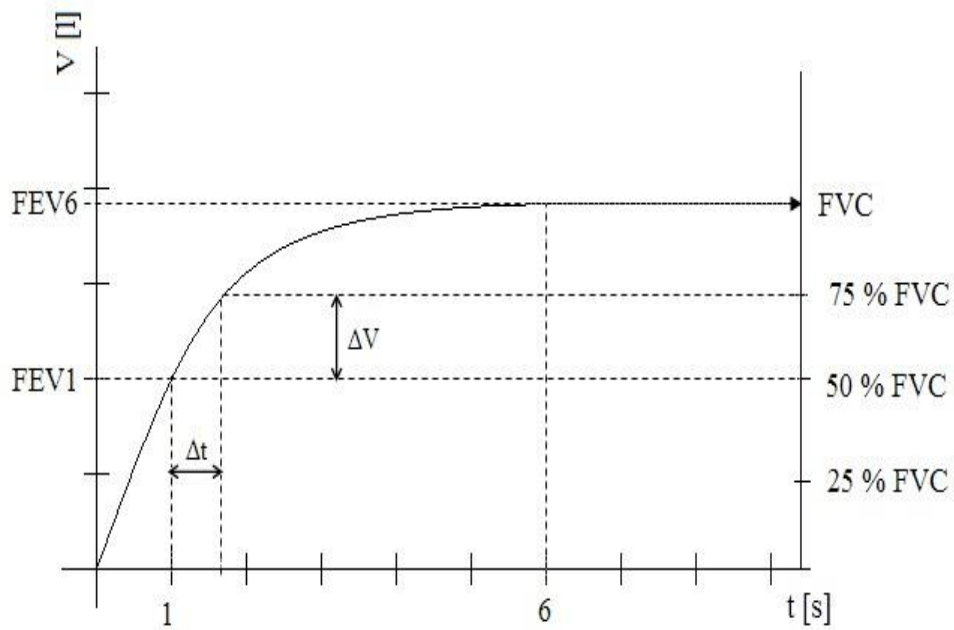
- **Inspirační kapacita (IC)** – inspirační rezervní objem plus dechový objem (IRV+Vt)
- **Expirační kapacita (EC)** – expirační rezervní objem plus dechový objem (ERV+Vt)

## Dynamické plicní objemy

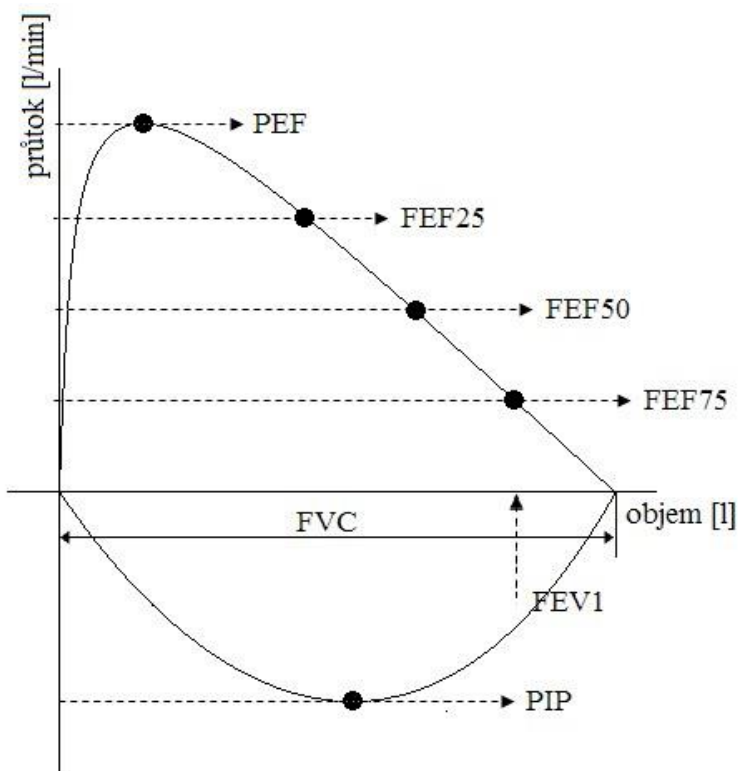
- **Ventilace plic, dechový minutový objem (VE)** - objem vzduchu vdechnutý za minutu, u zdravého člověka přibližně 6 litrů (500 ml/jeden dech · 12 dechů/min) = minutová plicní ventilace.
- **Maximální minutová ventilace (MVV)** - největší objem vzduchu, který může být vdechnut a vydechnut za 1 minutu volným úsilím, MVV zdravého člověka je 125–170 l/min.

## Rozepsaný výdech

- **Jednosekundová vitální kapacita plic** (usilovná sekundová vitální kapacita plic, FEV<sub>1</sub>) - část vitální kapacity vydechnutá za první vteřinu usilovného výdechu.
- **Usilovná vitální kapacita plic (FVC)** - množství vzduchu, které můžeme s maximálním úsilím vydechnout po maximálním nádechu
- Vyšetření **usilovaného výdechu a nádechu** (spirogram: křivka průtok/objem a křivka objem/čas).
- FVC – usilovná vitální kapacita; maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout.
- FEV<sub>1</sub> – usilovně vydechnutý objem za první sekundu; objem vzduchu vydechnutý s největším úsilím za 1. sekundu po maximální nádechu.
- **FEV<sub>1</sub>/FVC (%) – Tiffeneauův index – kolem 80 %.**
- PEF – vrcholový výdechový průtok; nejvyšší rychlost na vrcholu usilovného výdechu (odpovídá vzduchu v horních DC).
- MEF – maximální výdechové průtoky (rychlosti) na různých úrovních FVC, kterou je ještě třeba vydechnout (nejčastěji na 75 %, 50 % a 25 % FVC).
- FEF – usilovné expirační průtoky na různých úrovních již vydechnuté FVC (25 %, 50 % a 75 %).
- Průměrná rychlost 25%-75%
- PIF – maximální průtok dosažený na vrcholu nádechu.
- MIF50 – střední nádechový průtok na úrovni 50 % nadechnuté FVC.



Rozepsaný výdech vitální kapacity plic. Křivka objem/čas.



Rozepsaný výdech vitální kapacity plic. Křivka průtok/objem.

## Rozeptaný výdech

Zápis usilovného výdechu vitální kapacity plic patří mezi základní funkční vyšetření ventilace plic. Změny tvaru křivky jsou u některých chorob dýchacích orgánů natolik charakteristické, že vyšetření poskytuje cenné diagnostické údaje.

### Obstrukční poruchy plic ( $\downarrow FEV_1$ )

- tracheální stenóza
- astma bronchitis
- CHOPN
- nádor v dýchacích cestách

### Restrikční poruchy plic ( $\downarrow FVC$ )

- pulmonální příčiny
  - plicní fibróza
  - resekce plic
  - plicní edém
  - pneumonie
- extrapulmonální příčiny
  - ascites
  - kyfoslóza
  - popáleniny
  - vysoký stav bránice

