

Základní funkční vyšetření plic

Respirační systém není zodpovědný pouze za výměnu dýchacích plynů, ale hraje významnou roli i v jiných fyziologických procesech jako je např. regulace acidobazické rovnováhy, regulace krevního tlaku a trombembolizace.

Při dýchání dochází ke změnám objemu hrudníku. Při vdechu se uplatňuje svalová aktivita, dochází ke kontrakci bránice. To je provázáno vyrovnáním brániční klenby a zvětšením rozměru hrudníku. Klidový výdech je pasivní proces bez zapojení svalové aktivity. Na kontrakci alveolů a tak vypuzení vzduchu z plic se podílejí elastická vlákna obklopující alveoly a povrchové napětí uvnitř alveolů.

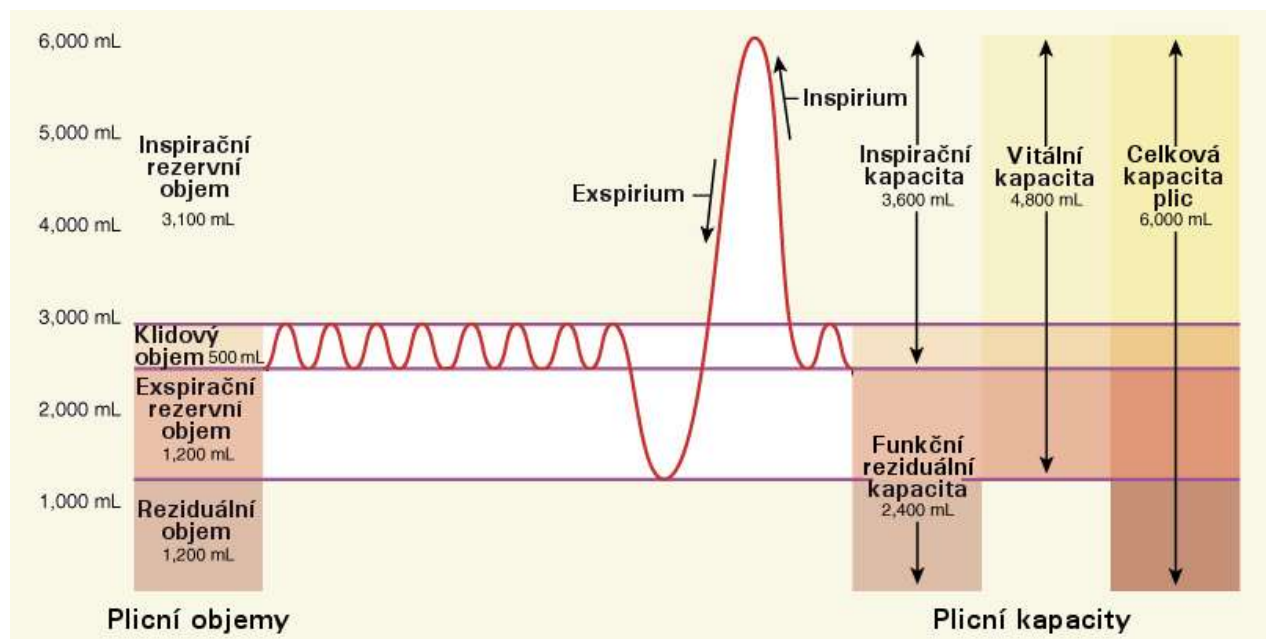
Stanovení funkce plic

Stanovení funkční zdatnosti plic slouží k vyhodnocení symptomů plicního onemocnění, stanovení progresu plicního onemocnění, monitoringu účinnosti terapie, zhodnocení předoperačního stavu, screeningu u potenciálně ohrožených lidí plicním onemocněním a monitoringu potenciálně toxických účinků určitých léčiv či chemických látek. Mezi základní hodnotící parametry patří vrcholová hodnota toku vydechovaného vzduchu (peak air flow value), plicní objemy a kapacity, objemy při usilovném expiriu (forced expiratory volumes) a křivka závislosti toku vzduchu na objemu (flow/volume curve).

Tab. 1 Plicní objemy a kapacity

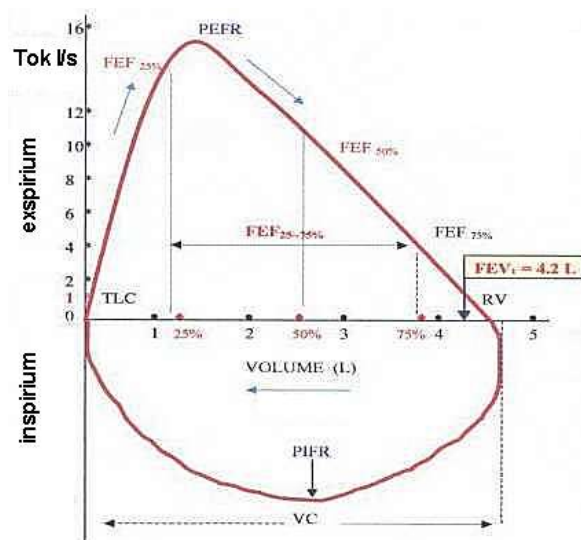
| název | definice |
|---|---|
| Klidový objem (Tidal volume TV) | množství vzduchu ventilovaného během klidového dýchání |
| Minutová ventilace (MVR) | množství vzduchu ventilovaného za 1 minutu |
| Maximální vůlí řízená ventilace (MVV) | množství vzduchu ventilovaného za 1 minutu při maximální volné hyperventilaci (pacient je vyzván k hluboké ventilaci po dobu 15s, MVV je pak roven 4násobku měřeného objemu, normální hodnota pro muže je kolem 150 lmin^{-1}) |
| Reservní objemy (IRV, ERV) | množství vzduchu, které může být vdechnuto nebo vydechnuto nad hodnotu klidového objemu |
| Reziduální objem (RV) | permanentně zachycený vzduch v dýchacích cestách (v ústech, průdušnici,...), tento objem se zvětšuje s věkem a je o něco menší u žen |
| Vitální kapacita (VC) a Celková kapacita plic (TLC) | jsou dány součtem jiných objemů $VC=ERV+TV+IRV$, $TLC=VC+RV$ |
| Usilovný expirační objem za sekundu (FEV1) | objem vzduchu v litrech, který vyšetřovaný vydechne během první sekundy usilovného výdechu po maximálním nádechu. |

Obr. 1 Plicní objemy a kapacity



Dynamické hodnoty plicní ventilace

Frekvence dýchání je počet dechů za jednotku času, obvykle za 1 minutu, normální u novorozence je kolem 60 min^{-1} , v 1. roce $30-40 \text{ min}^{-1}$ a u dospělých $12-15 \text{ min}^{-1}$. Dýchací frekvence není pravidelná, mění se při zátěži, během řeči, v závislosti na prostředí. Řídící centrum je v prodloužené míše a hlavní roli hraje hladina CO_2 a O_2 v krvi. Prodloužená mícha prostřednictvím nervového systému, dýchacích svalů, může zvýšit nebo snížit dýchací frekvenci a velikost klidového objemu.



Obr. 2 Křivka závislosti výdechového toku vzduchu na objemu usilovného výdechu

Maximální hodnoty expiračního toku vzduchu (maximum expiratory flow) při 25% FVC – (MEF25, také FEF25), při 50% FVC (MEF50, také FEF50), a při 75% FVC (MEF75, také FEF75), obvykle vyjádřeny v $l s^{-1}$, informují o expiračních tocích v důležitých segmentech expirační křivky při usilovné výdechu. Vrcholový expirační tok (peak expiratory flow) (PEF) [$l s^{-1}$] je největší hodnota toku dosažena během usilovného expira z inspiračního maxima.

Ventilační poruchy

Ventilační poruchy můžeme dělit na:

- Obstrukční
- Restrikční
- Smíšené

Obstrukční ventilační porucha

S čistě obstrukční ventilační poruchou jsou expirační toky významně sniženy, zatímco vitální kapacita plic je relativně zachována. Základním kritériem pro stanovení obstrukční ventilační poruchy je snížená schopnost plicní ventilace, snížená hodnota FEV1.

Mezi základní obstrukční plicní onemocnění patří:

- Astma bronchiale
- Chronická obstrukční plicní nemoc
- Cystická fibróza

Restrikční ventilační porucha

U klasické restrikční ventilační poruchy, během usilovného expira pacient vydechuje z plic menší objem (VC, FVC) a to při normální nebo jen lehce snížené rychlosti. U restrikčních plicních onemocnění k plnému rozvinutí plic brání fibrózní vazivo vytvořené v plicním parenchymu. Elastické vlastnosti fibrózního vaziva mohou mít za následek dokonce i zvýšení toku vzduchu dýchacími cestami a vrcholový tok tak může být větší, expirační křivka pak bude vysoká, úzká a příkrá.

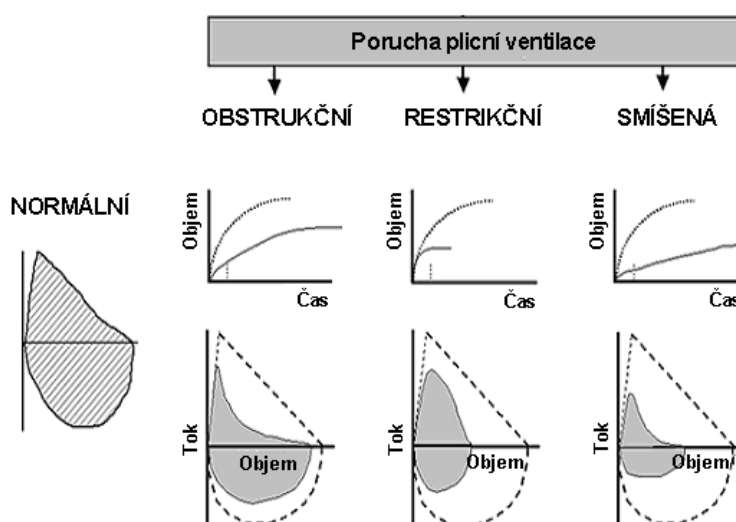
Restrikční plicní nemoci můžeme rozdělit na:

- **Vnitřní** (Sarkoidóza, Idiopatická plicní fibróza, Intersticiální zánět plic, Tuberkulóza, Pnuemoektomie, Zánět plic)
- **Vnější** (Skolióza, Kyfóza, Ankylozující spondylitida (m. Bechtěrev), Pleurální výpotek, Těhotenství, Velká obezita, Nádory, Ascites, Bolest při inspiriu - zlomenina žeber, pleuritida)
- **Neuromuskulární** (Paralýza bránice, Myasthenia Gravis, Muskulární dystrofie, Poliomyelitida (dětská obrna), Amyotrofická laterální skleróza)

Smíšená, restrikčně – obstrukční ventilační porucha

Tato smíšená ventilační porucha je charakterizována snížením FVC a také FEV1, ale FEV1 je proporcionálně více sníženo než FVC, a proto poměr FEV1/FVC je také menší.

Obr. 3 Porucha plicní ventilace



Tab. 2 Porucha plicní ventilace

| Parametr | Obstrukce | Restrikce | Smíšená |
|----------|-----------|-----------|---------|
| FEV1 | Snížení | Snížení | Snížení |
| FVC | Normální | Snížení | Snížení |
| FEV1/FVC | Snížení | Normální | Snížení |

FVC a toky klesají s věkem. Hodnota FVC roste až do 24 let a zůstává stabilní do 35. Na snížení se podílí řada onemocnění např. degenerace elastických vláken, kloubní změny, emfyzém a další. Dalšími významnými faktory je pohlaví, váha a výška. Většina funkčních parametrů nabývá u žen menších hodnot. Nárůst váhy koreluje s růstem naměřených spirometrických hodnot, v případě obezity jsou však menší (především ERV). Podobně je to i s výškou člověka z důvodu většího počtu nebo velikosti alveolů vzhledem k dýchacím cestám.

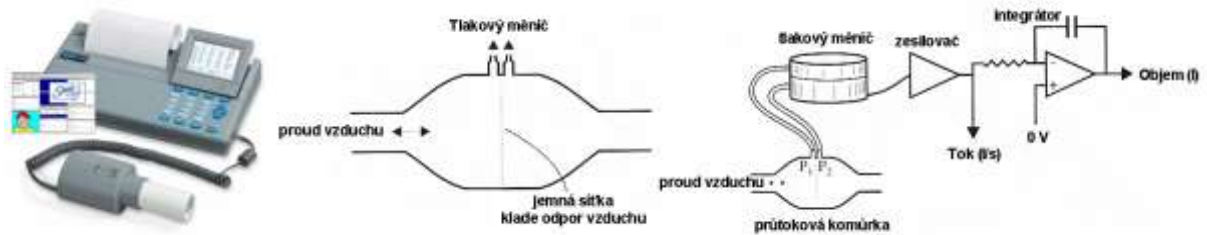
Přístroje k měření plicní funkce – měření objemů, průtoků

Tyto přístroje můžeme rozdělit do 3 skupin:

- Zvonové spirometry – uzavřené systémy (dnes se již nepoužívají)
- Pneumotachografy – otevřené systémy
- Celotělový pletysmograf

Pneumotachografy – otevřené systémy

Otevřené systémy měří tok vzduchu prostřednictvím měniče, přes který pacient dýchá. Vzduch prochází skrze jemnou síťku, která klade pouze malý odpor procházejícímu vzduchu. Výsledkem je pak malý tlakový rozdíl na obou stranách membrány, ten je přímo úměrný toku vzduchu. Jednotlivé objemy přístroj spočítá pak prostou integrací signálu.



Obr. 4 Měření toku vzduchu prostřednictvím měniče

Celotělový pletysmograf



Tělový pletysmograf se skládá z kabinky, v které je pacient usazen a dýchá skrze otvor v její jedné straně. V každém okamžiku pacient inhaluje objem V , celkový objem těla se zvětší, a proto také dojde k nárůstu tlaku uvnitř kabinky. Jestliže původní tlak v kabině byl P_b a objem vzduchu V_b (známé hodnoty), pak snížení objemu V může být určeno z nárůstu tlaku p , během inspiraie podle Boyleho zákona.

Boyleho zákon

$$P \cdot V = \text{konstantě}$$

$$P_b V_b = (P_b + p)(V_b - V)$$

Obr. 5 Celotělový pletysmograf

(CC)- http://en.wikipedia.org/wiki/Plethysmograph#mediaviewer/File:Body_Box.jpg

Peak-flow metr

Peak-flow metr je přístroj k měření vrcholového expiračního toku. Pacient usilovně vydechne do přístroje, proud vzduchu působí na pohyblivou lopatku ukotvené na spirální pružině.

Obr. 6 Peak –flow metr

