

# Bodypletysmografie

Funkční vyšetření plic je soubor neinvazivních vyšetřovacích metod, mezi které patří také bodypletysmografie. Bodypletysmografie je v oboru pneumologie (<https://www.wikiskripta.eu/w/Port%C3%A1l:Pneumologie>) významnou metodou pro diagnostiku plicních onemocnění. Zatímco metoda Spirometrie pracuje s vitální kapacitou plic ([https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD\\_objemy](https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD_objemy)) (to, co pacient po maximálním nádechu maximálně vydechne), v bodypletysmografii je k posouzení případné plicní poruchy nutné znát celkovou kapacitu plic (to je vitální kapacita plic ([https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD\\_objemy](https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD_objemy)) a reziduální objem). Vyšetřovací metoda je prováděna pomocí přístroje bodypletysmografu, jehož součástí je uzavíratelná vzduchotěsná kabina.

## Princip metody

Princip tohoto přístroje je založen na Boyleově- Mariottově zákonu, který říká, že součin tlaku a objemu je konstantní, za podmínky stejné teploty ( $p \cdot V = \text{konstantní}$ ,  $T = \text{konstantní}$ ). Měření objemu vzduchu v plicích můžeme tudíž převést na měření tlakových výchylek uvnitř kabiny (*boxu*), které jsou vyvolány dechovým cyklem (nádech - výdech), pohybem hrudního koše. Bodypletysmografií lze stanovit tak zvané nepřímě měřitelné ventilační parametry, mezi které patří objem nitrohrudního plynu (TGV) a odpor kladený proudícímu vzduchu v dýchacích cestách (Raw). Dále lze změřit funkční reziduální kapacitu plic, reziduální objem a TLC (celkovou plicní kapacitu).

## Princip měření ITGV

**ITGV/TGV** (*intrathoracic gas volume, intratorakální objem*) je tzv. nitrohrudní objem plynu (objem, při kterém je přiklopka uzavřena). Je to veškerý objem stlačitelného plynu, který se nachází v hrudníku a patří do něj i stlačitelný vzduch, nacházející se v žaludku (<https://www.wikiskripta.eu/w/%C5%BDaludek>) a břišní dutině. Za normálních okolností je u pacienta o něco vyšší, než pravá funkční reziduální kapacita ([https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD\\_objemy](https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD_objemy)).

Po normálním výdechu (exhalaci) je tlak v plicích, v dýchacích cestách i v boxu roven barometrickému (atmosférickému) tlaku  $P_B$ . Odpovídající plicní objem ([https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD\\_objemy](https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD_objemy)) se označuje  $V_L$ . Pokud je přiklopka uzavřena a vyšetřovaný se nadechne, dojde ke vzrůstu objemu v plicích ( $\Delta V$ ), zatímco tlak klesá ( $\Delta P$ ). **Boylův-Mariottův** zákon tvrdí, že za konstantní teploty ([https://www.wikiskripta.eu/w/T%C4%9Blesn%C3%A1\\_tepnota](https://www.wikiskripta.eu/w/T%C4%9Blesn%C3%A1_tepnota)) pro neměnné množství vzduchu platí  $P \cdot V = \text{konst.}$

Platí tedy následující:

$$P_B \cdot V_L = (P_B - \Delta P) \cdot (V_L + \Delta V)$$

$$P_B \cdot V_L = P_B \cdot V_L + P_B \cdot \Delta V - \Delta P \cdot V_L - \Delta P \cdot \Delta V$$

Jelikož  $\Delta V$  a  $\Delta P$  je oproti  $P_B$  a  $V_L$  velmi malá, lze jejich součin v předchozí rovnici zanedbat a po následné úpravě dojdeme ke tvaru:

$$V_L = P_B \cdot \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

Tento výraz umožňuje výpočet plicního objemu ( $V_L$ ), při kterém je Přiklopka uzavřena.  $\Delta P$  reprezentuje změnu v alveolárním ([https://www.wikiskripta.eu/w/Pl%C3%ADce\\_stavba\\_a\\_funkce#Alveoly](https://www.wikiskripta.eu/w/Pl%C3%ADce_stavba_a_funkce#Alveoly)) tlaku ( $\Delta P_{alv}$ ) při výdechu proti přiklopce. Jelikož zde není žádné proudění vzduchu, které by vedlo k rozdílným tlakům mezi bronchy ([https://www.wikiskripta.eu/w/Larynx\\_trachea\\_a\\_bronchy\\_-\\_stavba\\_a\\_funkce#Pr.C5.AFdu.C5.A1ky\\_28bronchi.29](https://www.wikiskripta.eu/w/Larynx_trachea_a_bronchy_-_stavba_a_funkce#Pr.C5.AFdu.C5.A1ky_28bronchi.29)), dá se předpokládat, že změna v alveolárním tlaku je rovna změně tlaku v dutině ústní ( $\Delta P_D$ ). Tudíž  $\Delta P = \Delta P_{alv} = \Delta P_D$ . Změna objemu  $\Delta V$  se v tomto případě rovná změně celkového objemu v plicích (díky pohybu hrudní stěny), neboli  $\Delta V = \Delta V_L$ .

**ITGV** lze tedy změřit výpočtem jako součin barometrického tlaku a podílu změny plicního objemu a změny tlaku v dutině ústní ([https://www.wikiskripta.eu/w/Dutina\\_%C3%BAstn%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Dutina_%C3%BAstn%C3%AD)).

$$V_L = P_B \cdot \frac{\Delta V_L}{\Delta P_D}$$

## Role pletysmografického boxu

Dalším krokem je zjistit  $\Delta V_L$  použitím boxu. K tomuto účelu je znovu použit **Boylův-Mariottův** zákon vztažený na objem boxu.

$$V_{boxu} = P_B \cdot \frac{\Delta V_{boxu}}{\Delta P_{boxu}}$$

Považujeme-li tkáň za nestlačitelnou, lze dát změnu objemu v plicích do vztahu se změnou objemu v boxu s opačným znaménkem ( $\Delta V_{\text{boxu}} = -\Delta V_L$ ).

$$\Delta V_L = -\Delta P_{\text{boxu}} * \frac{V_{\text{boxu}}}{P_B}$$

Pokud předchozí rovnici dosadíme do rovnice pro výpočet **ITGV**, dostaneme následující tvar:

$$V_L = -V_{\text{boxu}} * \frac{\Delta P_{\text{boxu}}}{\Delta P_D}$$

**Nitrohruční plicní objem** lze tedy odhadnout na základě měřitelných hodnot, jimiž jsou změny tlaků v dutině ústní ([https://www.wikiskripta.eu/w/Dutina\\_%C3%BAstn%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Dutina_%C3%BAstn%C3%AD)) a změně tlaku v boxu. Tento objem se dá považovat za funkční residuální kapacitu ([https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD\\_objemy#Statick.C3.A9\\_kapacity](https://www.wikiskripta.eu/w/Plicn%C3%AD_objemy#Statick.C3.A9_kapacity)). Ze vztahu ( $\Delta V_{\text{boxu}} = -\Delta V_L$ ) dále lze odvodit jiný výpočet a zavést kalibrační faktor **K<sub>v</sub>**, který zastoupí barometrický tlak.

$$FRC = K_V * \frac{\Delta V_{\text{boxu}}}{\Delta P_D} (K_V = P_B)$$

Kalibračním faktorem je objem kabiny boxu, který je znám po odečtení tělesného objemu pacienta. Pro přesnou kalibraci je dále využita motorově řízená pumpa.

## Měření rezistence plic

Rezistence (*sRaw*) nebo-li odpor, patří do mechanických vlastností plic. Rezistence dýchacích cest je definována poměrem tlakového spádu mezi alveolami a průtokem vzduchu dýchacími cestami (od míst s vyšším tlakem do míst s nižším tlakem). Velikost průtoku lze definovat z tlakového spádu a odporu, daného prouděním. Odpor měříme v KPa.l-1. Touto metodou měření zároveň zjistíme objem plynu v hrudníku (TGV).

Toto vyšetření je prováděno ke zjištění průchodnosti dýchacích cest, ke změření dynamických změn odporů při bronchomotorických testech.

Vyšetření probíhá v tzv. bodyplethysmografické kabině. Pacientovo dýchání je měřeno při normální frekvenci dýchání či při mělkém rychlém dýchání („panting“). Změříme s tím závislost průtoku dýchacích cest na změně intraalveolárního tlaku.

$$sRaw = P_{\text{boxu}} * \frac{\Delta V_{\text{boxu}}}{V}$$

## Průběh vyšetření

Vyšetření zahrnuje několik úkonů. Na začátku je třeba pacienta odvážit a změřit, aby se mohl přístroj správně nakalibrovat. Po usazení pacienta na sedadlo dovnitř prosklené vzduchotěsné kabiny, jsou dveře uzavřeny. Po následujících 0,5-2 min. je vzduch v kabině zahřát tělesným teplem pacienta. Následkem zvýšené teploty vzduchu se plyn rozpíná a tím nastávají i tlakové změny. Ty jsou následně srovnány odčerpáním přebytečného vzduchu ventilem uvnitř kabiny. Po dovršení equilibria, může být uplatněn při výpočtech Boyleův-Mariottův zákon. Sondy si vloží pacient do úst, aby zabránil úniku vzduchu nosem, použije klip. Přesvědčíme se, že všechno těsní a požádáme pacienta, aby měl dlaně obou rukou na tváři. Vlastní vyšetření začíná klidným dýcháním. Naměříme hodnoty při klidném dechu, pak požádáme pacienta, aby provedl, co největší hluboký nádech a následný hluboký výdech a pak normálně dýchal. Tento proces se opakuje 3x, aby byly naměřené výsledky spolehlivé. Následně probíhá kontrola plicního odporu, během níž pacient dýchá mělce a rychle (tzv. vláček). Výsledek se vyhodnocuje počítačovým programem, který přehledně zobrazí jednotlivé plicní objemy v podobě grafů i v tabulce.

## Odkazy

### Použitá literatura

- Crieé C. P. et al.: *Body plethysmography – Its principles and clinical use*. February 28, 2011
- Hughes J.M.B, Pride, N.B. Lung function tests. Edinburgh: W.B. Saunders, 2000.H