

Základy umělé plicní ventilace

BAM31LET Lékařská technika

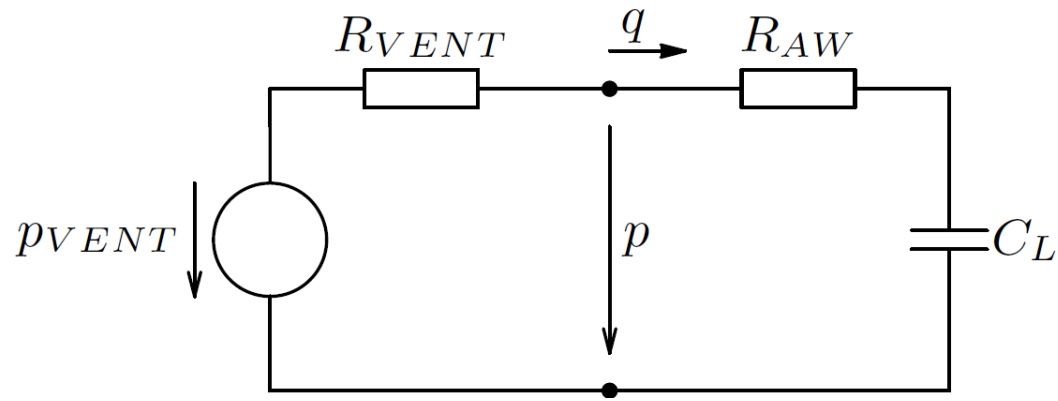
Jan Havlík | Katedra teorie obvodů | xhavlikj@fel.cvut.cz

Umělá plicní ventilace

- cílem umělé plicní ventilace je zajištění dýchání pacienta, tedy
 - dodání kyslíku do organismu
 - a eliminace oxidu uhličitého z organismu
- umělá plicní ventilace je nefyziologická, poškozuje plíce, úmrtnost ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) pacientů je na úrovni 40 %
- řešením je protektivní ventilace respektující mechanické vlastnosti respiračního systému pacienta

Mechanické vlastnosti respirační soustavy

- jednoduchý model obsahující poddajnost respirační soustavy C_L a odpor dýchacích cest R_{AW}



- pozn.: poddajnost vyjadřuje schopnost respirační soustavy hromadit dýchací směs

$$C = \frac{\Delta V}{\Delta p}$$

Ventilační rovnice

- tlak nutný pro překonání odporu dýchacích cest

$$\Delta p_R = q \cdot R_{AW}$$

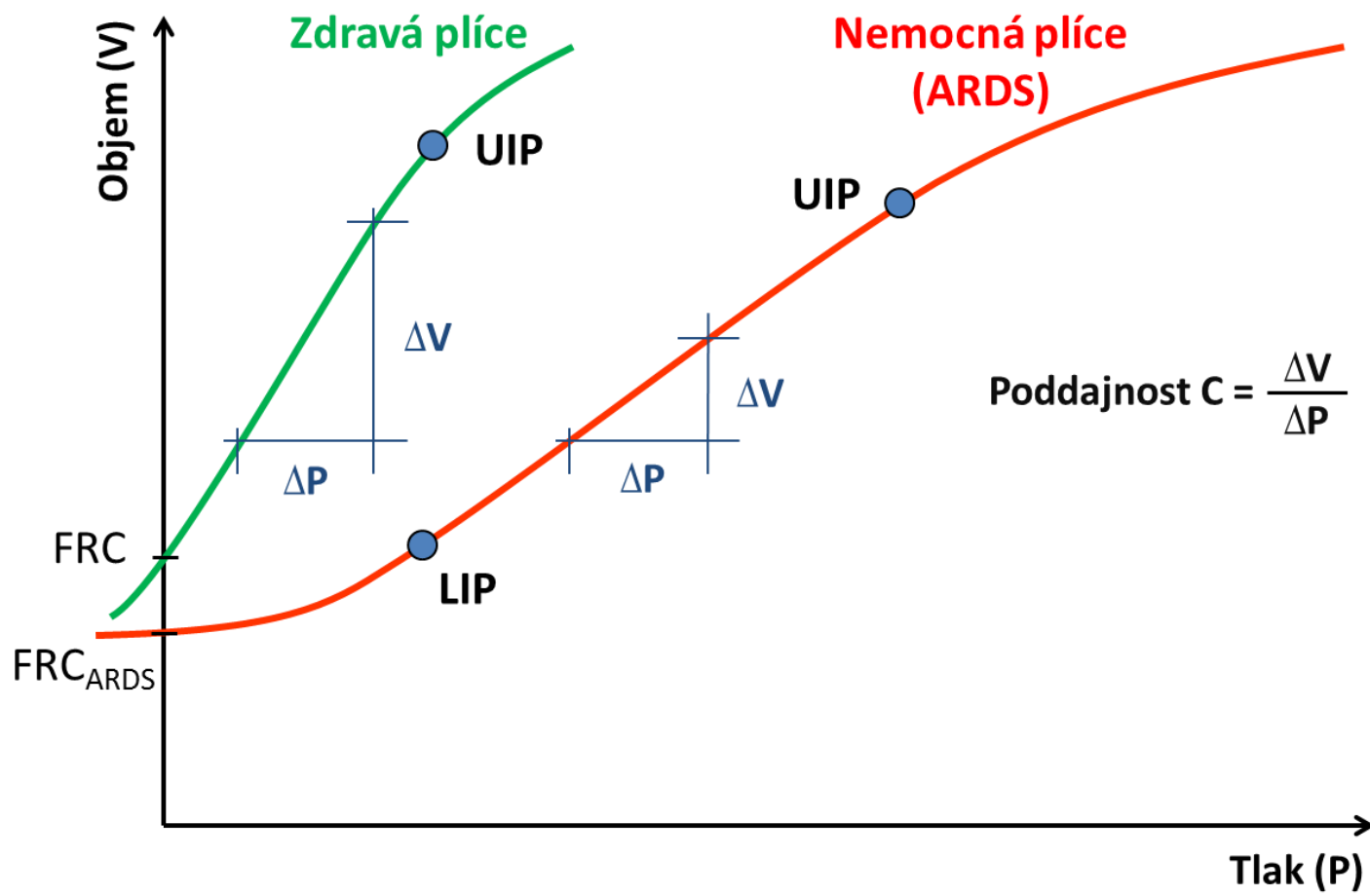
- tlak nutný k překonání elastického tahu plíce a hrudní stěny

$$\Delta p_C = \frac{\Delta V}{C_L}$$

- společně pak tlak svalů a tlak vytvořený ventilátorem

$$\Delta p = q \cdot R_{AW} + \frac{\Delta V}{C_L}$$

Tlakově-objemová charakteristika plic



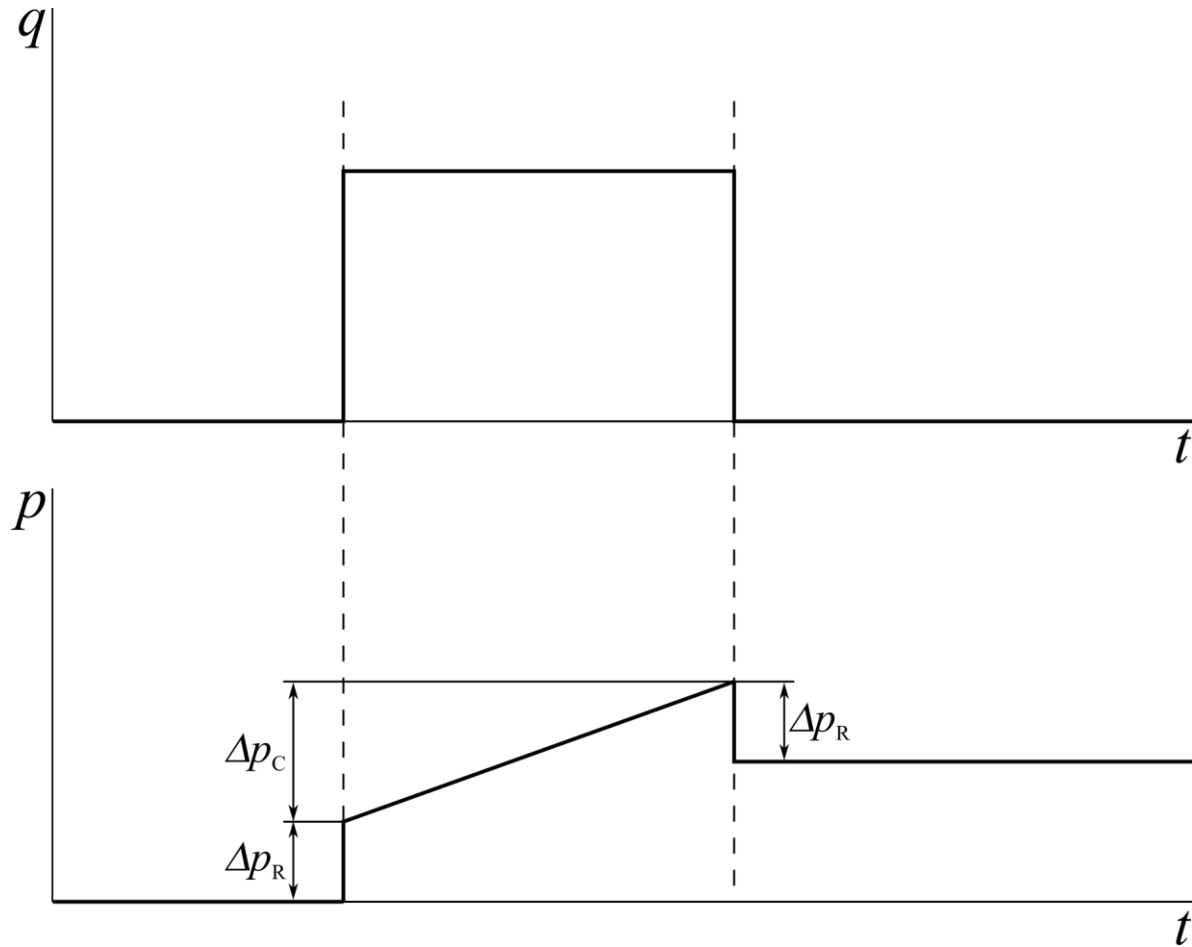
Zásady protektivní ventilace

- snažíme se vyhnout nízkým tlakům, kdy plíce s každým výdechem opakovaně kolabuje
 - při ventilaci se proto používá pozitivní end-expirační přetlak (PEEP – Positive End-Expiratory Pressure), který brání kolapsu alveolů na konci výdechu
 - PEEP se volí typicky 2 cmH₂O nad hodnotou dolního inflexního bodu LIP
- nepoužíváme vysoké hodnoty transpulmonálního tlaku
 - iniciálně se nastavuje na 15 cmH₂O, což je považováno za bezpečné

Ventilační režimy

- tlakově řízená ventilace (PCV)
 - řízenou veličinou je tlak, nemůže tedy dojít k překročení nastavených tlaků, minutový objem (MV) je závislý na elastických vlastnostech dýchacího systému
- objemově řízená ventilace (VCV)
 - řízenou veličinou je objem, tlak v dýchací soustavě je závislý na jejích elastických vlastnostech (s rizikem, že mohou být překročeny bezpečné hodnoty tlaku)

Závislost tlaku na průtoku při VCV



Určení R_{AW} a C_L při VCV

- odpor dýchacích cest R_{AW} určíme z Ohmova zákona

$$R_{AW} = \frac{\Delta p_R}{q}$$

- poddajnost určíme jako nabíjení kapacitoru

$$C_L = \frac{q \cdot \Delta t}{\Delta p_C} = \frac{\Delta V_T}{\Delta p_C}$$

Odpor v průtočných systémech

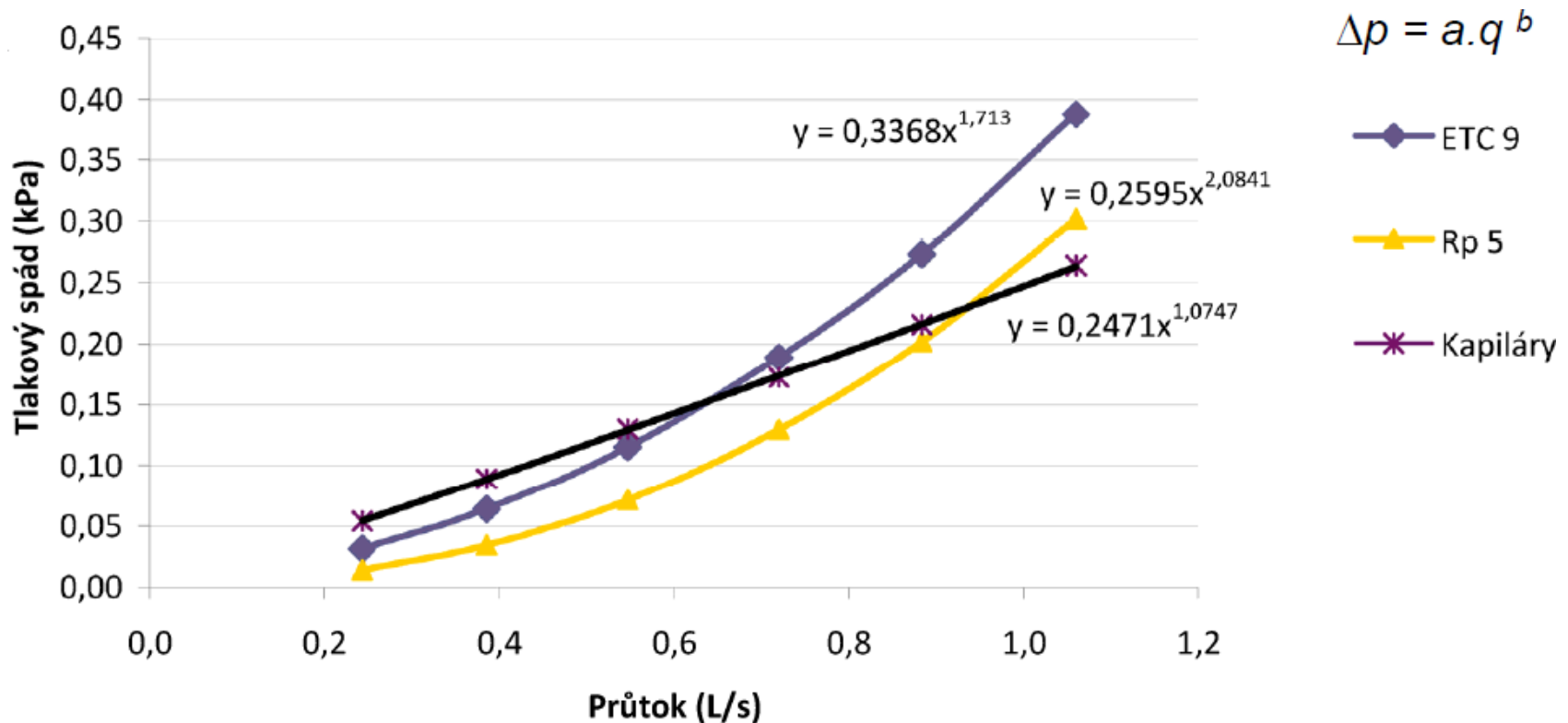
- analogicky k Ohmově zákonu můžeme psát

$$\Delta p = q \cdot R$$

- ale pozor, platí, že odpor je závislý na průtoku $R = R(q)$
- závislost úbytku tlaku na průtoku lze popsat mocninnou funkcí

$$\Delta p = a \cdot q^b$$

Odpor vybraných komponent



ETC 9 – endotracheální kanyla Curity 9 (Kendall, Mansfield, USA) o vnitřním průměru 9 mm;

Rp 5 – parabolický rezistor Rp 5 (Michigan Instruments, Grand Rapids, USA);

kapiláry – lineární odpor vytvořený jako soubor 27 skleněných kapilár dlouhých 100 mm o vnitřním průměru 1 mm

zdroj: Roubík, K.: Biomedicínské základy umělé plicní ventilace. FBMI ČVUT, 2012.

Příklady odporu odporu

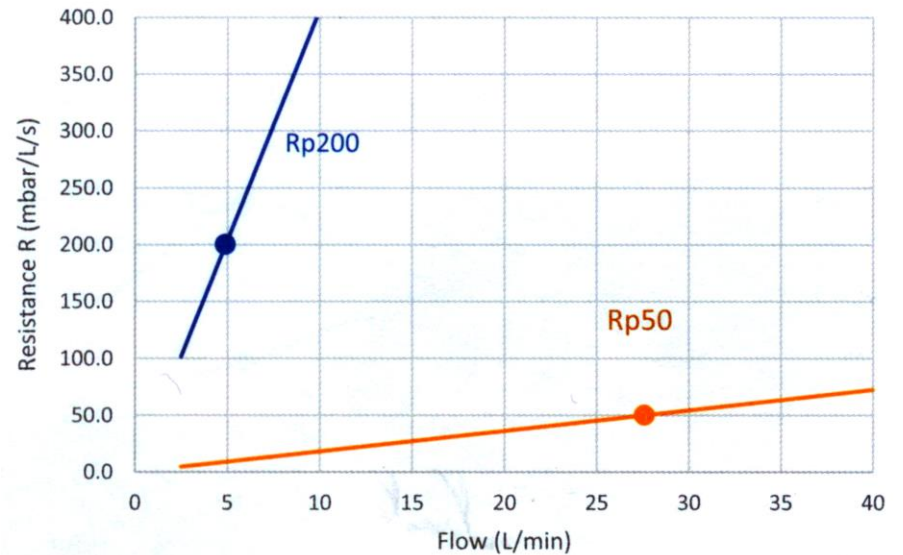
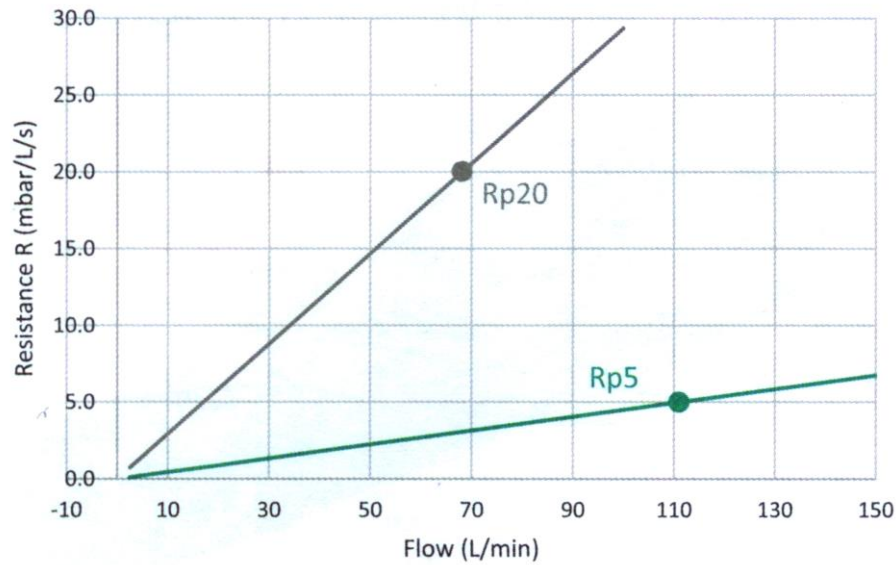
- lineární rezistor (kapilární konstrukce)



- parabolický rezistor (kovová clonka)



Rezistance umělé plíce SmartLung Adult 1L



zdroj: IMT Analytics AG

Literatura

- Principy a patofyziologie umělé plicní ventilace, hlavní používané způsoby. Online:
https://is.muni.cz/el/med/jaro2013/VLAM9X1c/um/31904632/patofyziologie_UPV.pdf
- Roubík, K.: Biomedicínské základy umělé plicní ventilace. FBMI ČVUT, 2012. Online: <https://ventilation.fbmi.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/04/Biomedicínské%20základy%20UPV.pdf>
- Wikiskripta: Úvod do umělé plicní ventilace. Online:
https://www.wikiskripta.eu/w/Úvod_do_umělé_plicní_ventilace
- Wikiskripta: https://www.wikiskripta.eu/w/Umělá_plicní_ventilace