



Mechanická energie UPV *bezpečná ventilace nejen pro ARDS*

FILIP BURŠA

KARIM FN OSTRAVA

Co je mechanická energie UPV

Parametr souhrnně hodnotící **mechanický vliv přístroje UPV** na plíce/respirační systém

Jedná se o mechanickou energii

- jednoho vdechu – mechanical energy
- dechů za jednu minutu – mechanical power – J/min

- **prognostický parametr, asociace s mortalitou a VILI**
- **optimalizace parametrů k nižší ME**



K čemu není a nikdy nebude ME

Nehodnotí vliv FIO_2 – hyperoxií indukované plicní postižení (HALI)

V současné době není známa mezní hodnota pro rozvoj VILI

Nastavení UPV podle ME jako jediného parametru, zajišťující prevenci VILI

Stanovení u lůžka

LZE

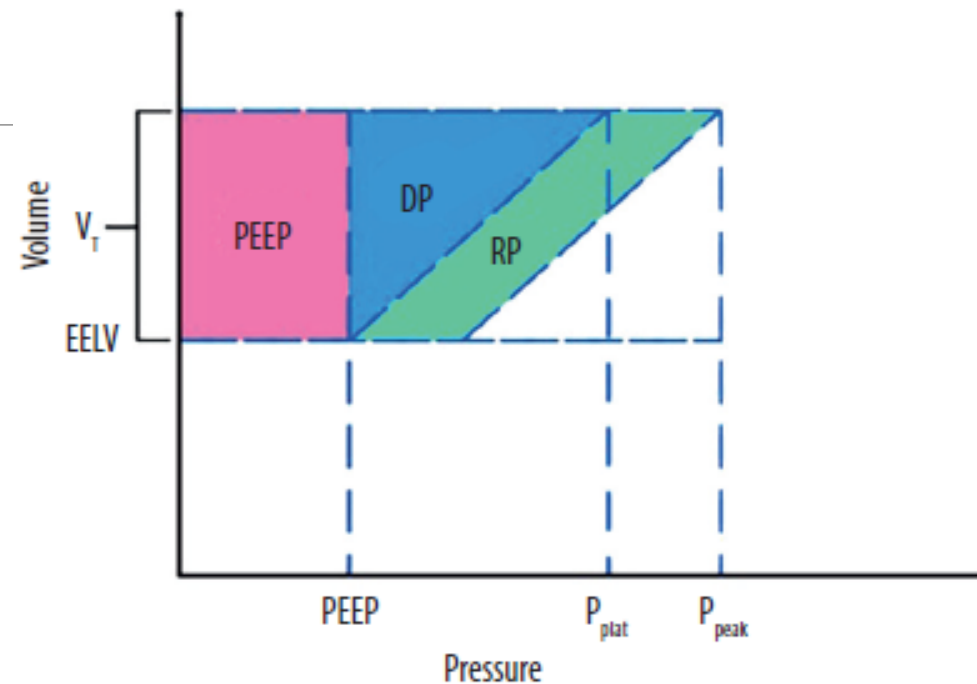
Vhodný vzorec pro daný ventilační režim

Znát limitace metody

Geometrická metoda jako zlatý standard....

Přesné u řízené ventilace...

- Úskalí výpočtu u asistované a spontánní ventilace....



MEDICAL SCIENCE MONITOR

Received: 2023.05.30
Accepted: 2023.06.28
Available online: 2023.07.31
Published: 2023.XXX.XX

REVIEW ARTICLES

ISSN 1643-3750
© Med Sci Monit, 2023; 29: e941287
DOI: 10.12659/MSM.941287

The Impact of Mechanical Energy Assessment on Mechanical Ventilation: A Comprehensive Review and Practical Application

Authors' Contribution:
Study Design: A
Data Collection: B
Statistical Analysis: C
Data Interpretation: D
Manuscript Preparation: E
Literature Search: F
Funds Collection: G

ADEFG: 1 Filip Burša
DE: 2 David Ocška
DE: 1 Ondřej Jor
DE: 1 Peter Sklienka
ADEFG: 1 Michal Frellich
DE: 1 Jan Stigler
E: 1 Vojtěch Vodička
E: 1 Tereza Eklrtová
DE: 2 Marek Penhaker
DE: 1 Jan Máca

1 Department of Anesthesiology and Intensive Care, University Hospital Olštava, Olštava, Czech Republic
2 Department of Cybernetics and Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VSB – Technical University of Olštava, Olštava, Czech Republic

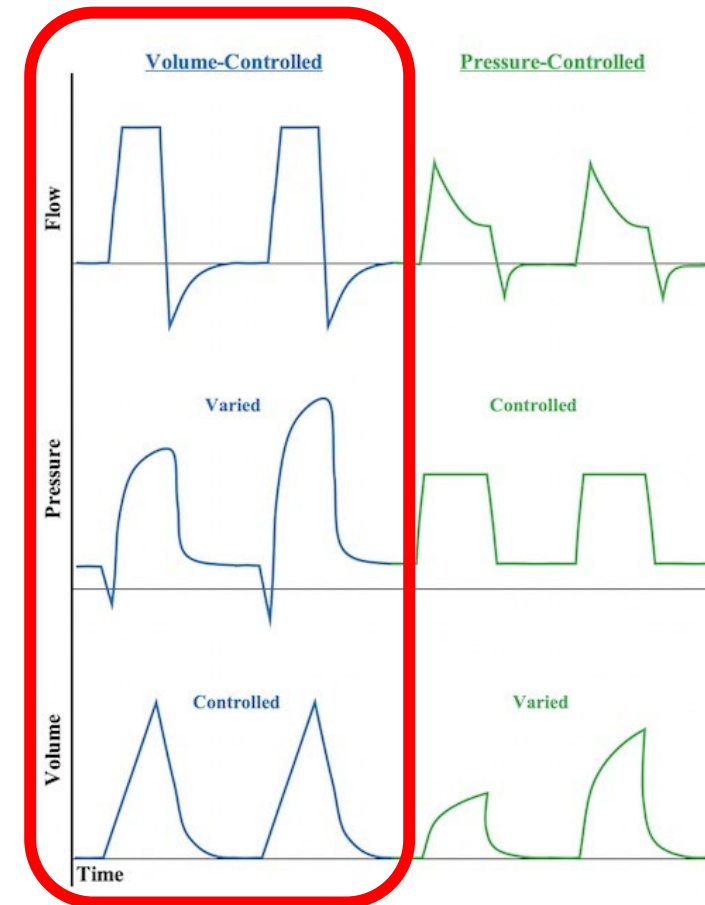
OF

Jednoduché výpočty u lůžka

Objemově řízená ventilace

- Gios et al.
- Není potřeba inspirační hold manévr
- Přesný pro Raw 10, max 20 cmH2O
- Dobrá korelace s geometrickou metodou

$$ME = \frac{Vt \cdot (P_{peak} + PEEP + F/6)}{20}$$

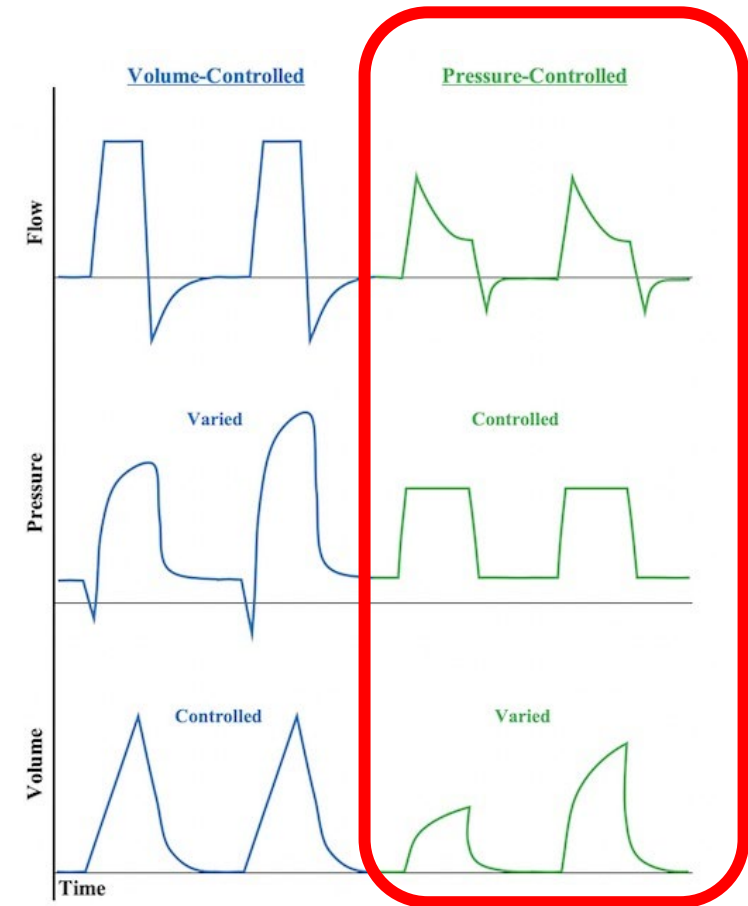


Jednoduché výpočty u lůžka

Tlakově řízená ventilace

- Becher et al.
- Přísně čtvercová křivka závislosti tlaku na času

$$ME = 0.098 \cdot RR \cdot V_t \cdot [PEEP + DP]$$

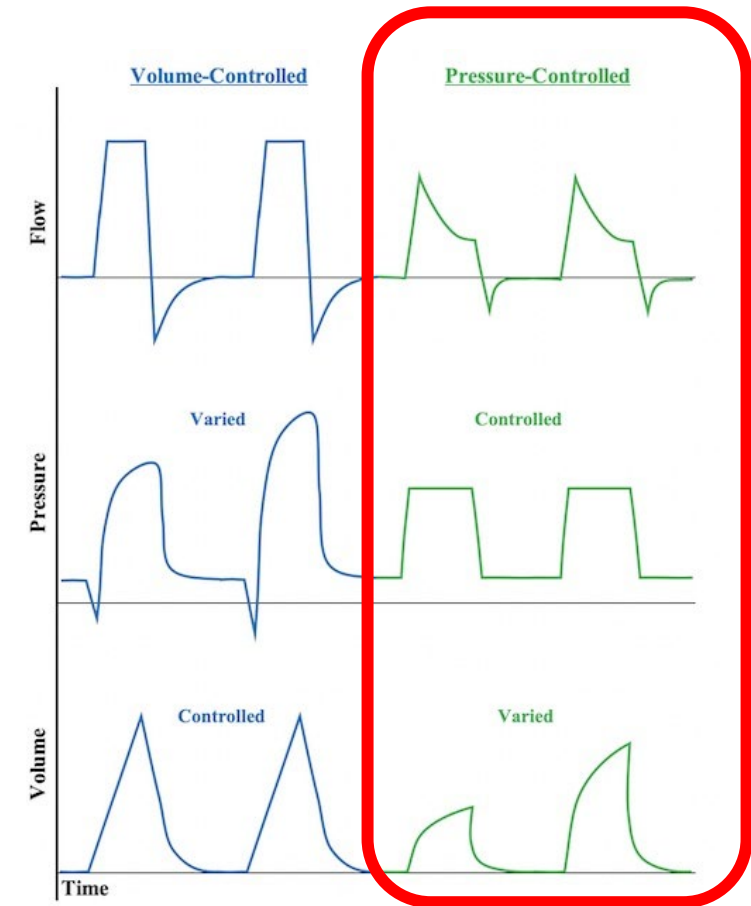


Jednoduché výpočty u lůžka

Tlakově řízená ventilace

- Becher et al.
- Zohlednění T_{slope}
- V praxi hodnocení se zanedbatelným zpřesněním

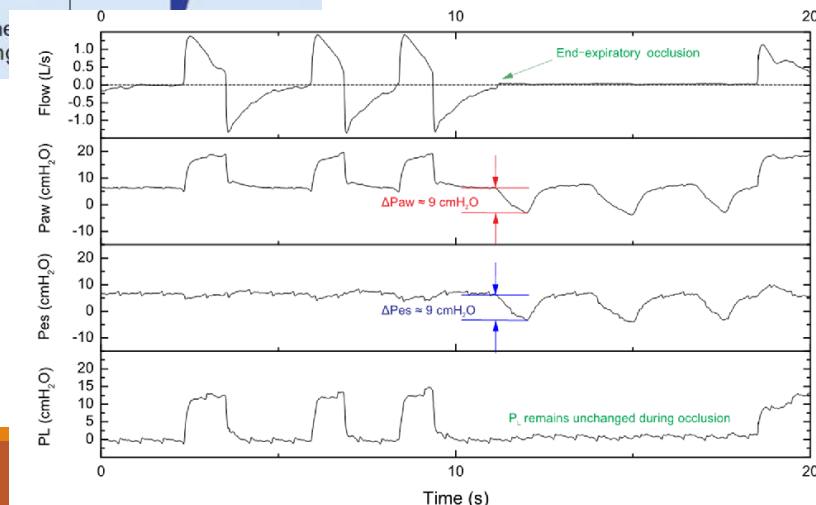
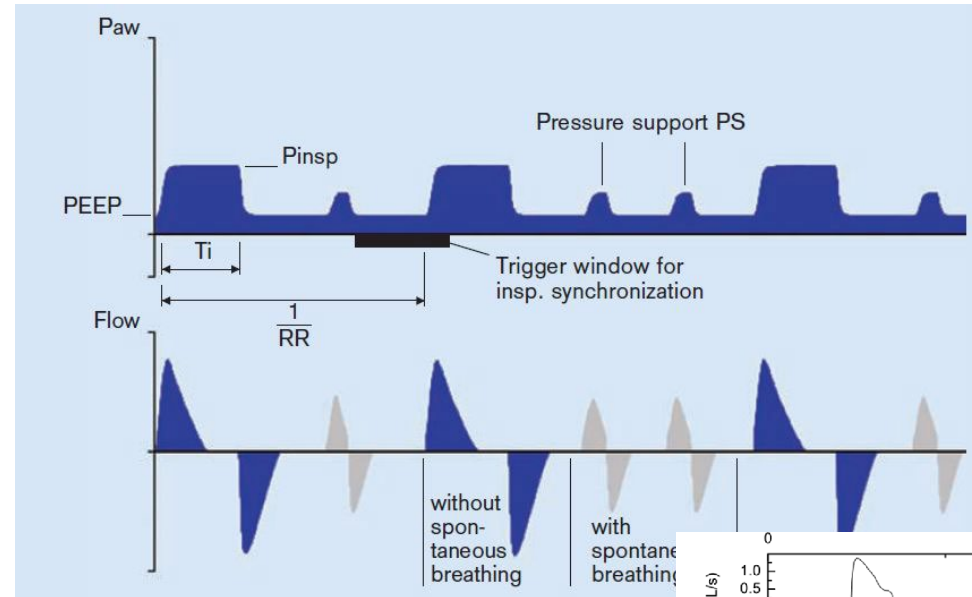
$$ME_{PCV(slope)} = 0.098 \cdot RR \cdot \left[(DP + PEEP) \cdot V_t - \Delta P_{trap}^2 \cdot C \cdot \left(0.5 - \frac{R \cdot C}{T_{slope}} + \left(\frac{R \cdot C}{T_{slope}} \right)^2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{slope}}{R \cdot C}} \right) \right) \right]$$



Jednoduché výpočty u lůžka

UPV s tlakovou podporou

- Plíce jsou rozepínány negativním tlakem generovaným pacientem + tlakem který přístroj UPV nádech podporuje
- Jedinou možností je měřit Ptp a hodnotit geometrickou metodou

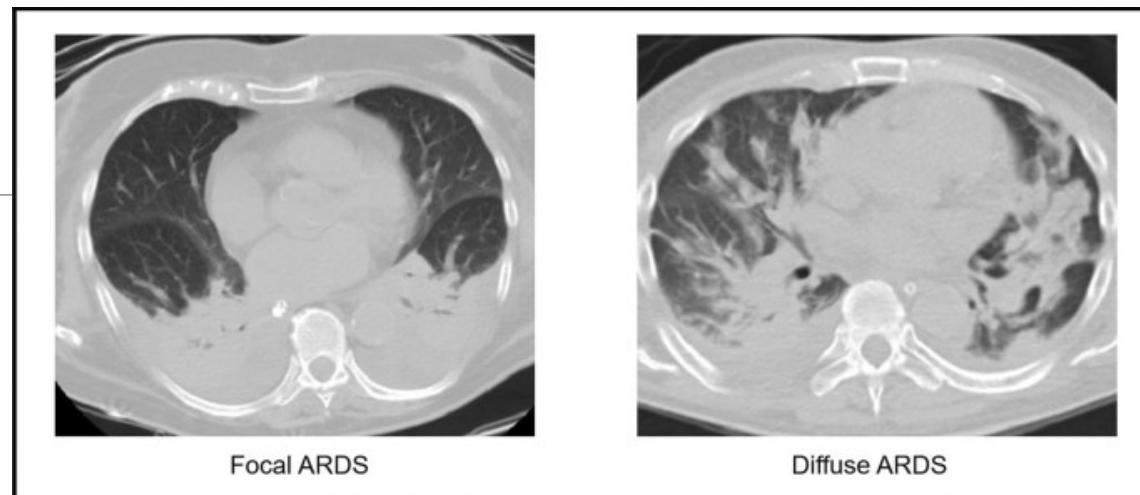


Specifická ME

ME vztažena k ventilovatelné plíci

- K plicní poddajnosti

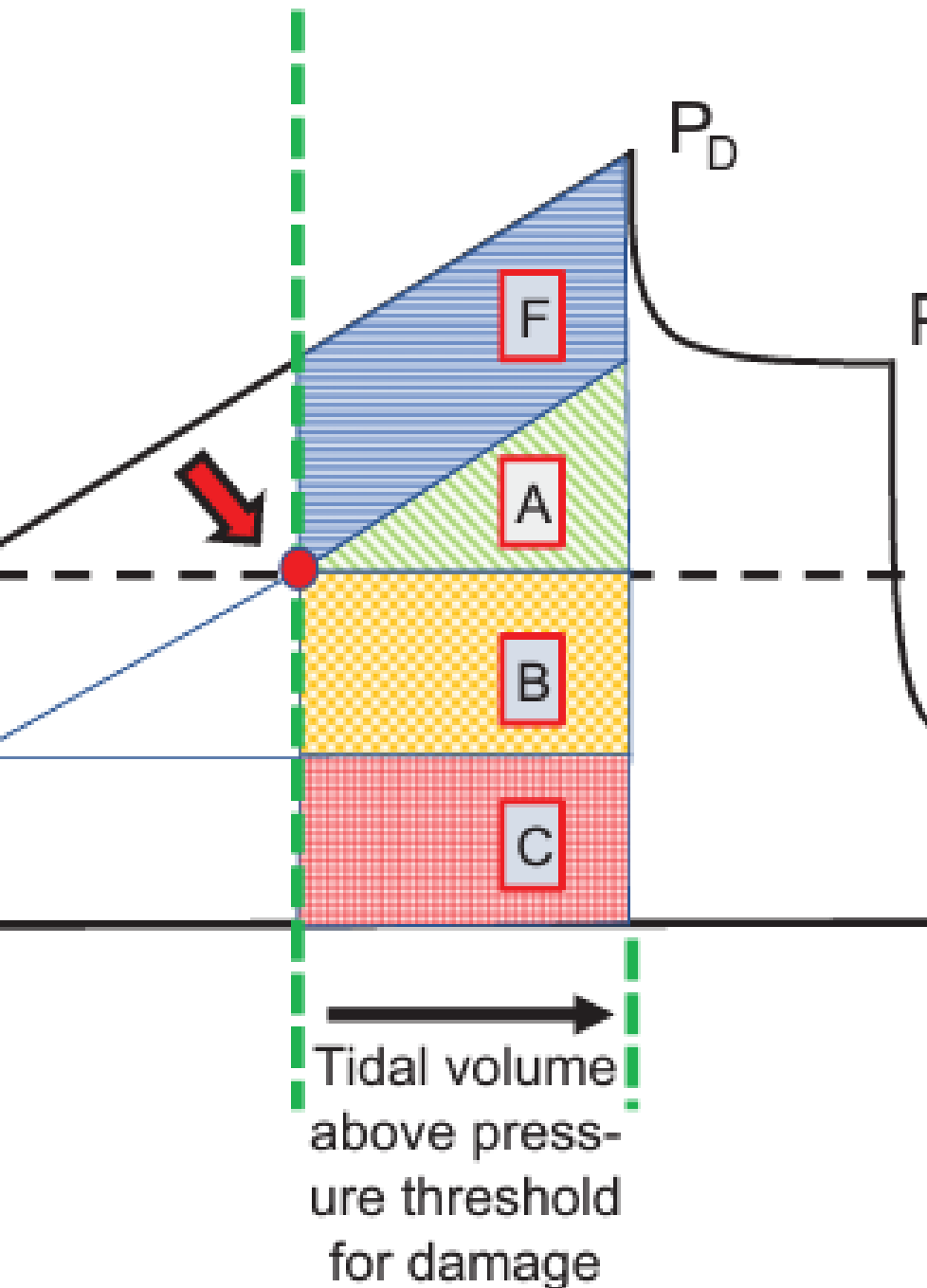
ME vztažena k BMI pacienta



Absorpce ME ventilovatelnou částí plíce

Zhu Y, Peng W, Zhen S, Jiang X. Mechanical power normalized to predicted body weight is associated with mortality in critically ill patients: a cohort study. *BMC Anesthesiol.* 2021;21(1). doi:10.1186/S12871-021-01497-1

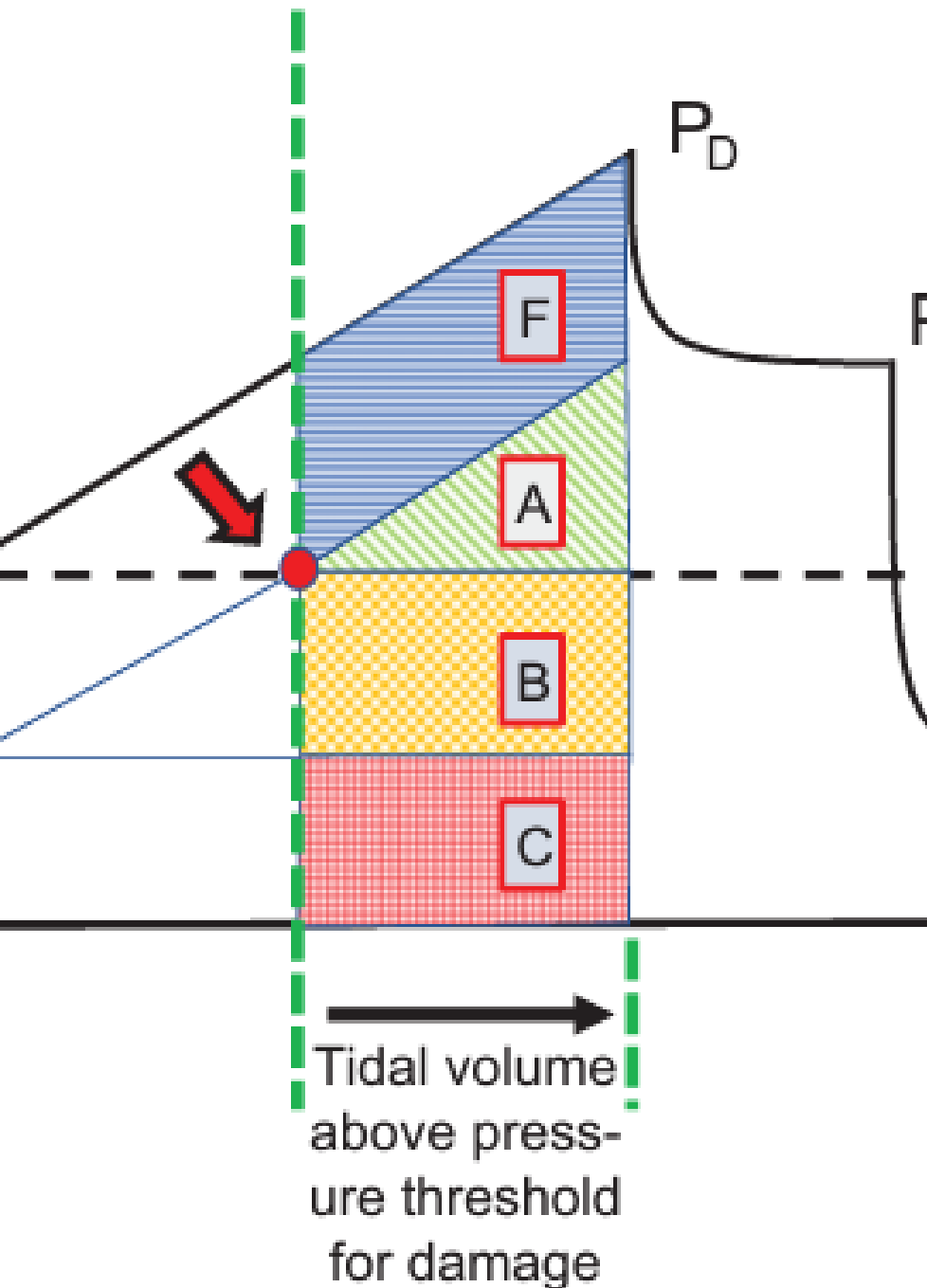
Zhang Z, Zheng B, Liu N, Ge H, Hong Y. Mechanical power normalized to predicted body weight as a predictor of mortality in patients with acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 2019;45(6):856-864. doi:10.1007/S00134-019-05627-9



Specifická ME

- Zohlednit heterogenitu = homogenní plíce / heterogenní s četnými okrsky delší časové konstanty difuzně rozmístěné v plíci / ložiskové postižení, konsolidace
- bude jiný dynamický strain na rozhraní četných ložisek / ložiska jednoho
- **Přepočítat na PODDAJNOST**
 - Stále bude zkresleno poddajností hrudní stěny.....
 - Pokud je měřeno v reálném čase bude zohledňovat aktuální reálnou velikost ventilovatelné plíce

Hypoteticky bude zraňující jen ta část energie, která překročí limit pro vznik takového postižení



Specifická ME

- Zohlednit heterogenitu = homogenní plíce / heterogenní s četnými okrsky delší časové konstanty difuzně rozmístěné v plíci / ložiskové postižení, konsolidace
- bude jiný dynamický strain na rozhraní četných ložisek / ložiska jednoho
- **Přepočítáno na PBW**
 - bude fungovat u spíš u nonARDS pacientů
 - Pokud je měřeno v reálném čase tak se PWB měnit nebude a předpokládá se tedy že se ani nemění baby lung což není pravda

Hypoteticky bude zraňující jen ta část energie, která překročí limit pro vznik takového postižení

Intensive Care Med 2019; 24(10): 1455-1464
https://doi.org/10.1177/1443986219850274

ORIGINAL
Mechanical power normalized to predicted body weight as a predictor of mortality in patients with acute respiratory distress syndrome
Zhongheng Zhang¹, Bin Zheng², Nan Liu^{1*}, Huiqing Ge¹ and Yacai Hong²

Estimating the Damaging Power of High-Stress Ventilation

John J Marini, Luciano Gattinoni, and Patricia RM Rocco

Optimalice UPV paramerů dle ME

Gatinnoni et al.

$$ME = RR \cdot \left\{ Vt^2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot EL_{rs} + RR \cdot \frac{(1+I:E)}{60 \cdot I:E} \cdot R_{aw} \right] + Vt \cdot PEEP \right\}$$

Vt, DP, Flow_{insp}

zvyšuje ME

s exponentem 2

PEEP

zvyšuje ME

přibližně lineárně

RR

zvyšuje ME

s exponentem 1,4

.....může být vhodné nastavit vyšší PEEP a nižší RR/Vt/DP.....

• • • • •

Wu HP, Chu CM, Chuang LP, et al. Pulmonary Mechanics and Mortality in Mortality in Patients with Pneumonia Using Pressure-Targeted Mechanical Power and 3-Year (Basel). 2021;11(10). doi:10.3390/DIAGNOSTICS11101862

Tonna JE, Peltan ID, Brown SM, et al. Effect of mechanical power on mortality in invasively ventilated ICU patients without the acute respiratory distress syndrome: An analysis of three randomised clinical trials. *Eur J Anaesthesiol*. 2023;40(1):21-28. doi:10.1097/EJA.0000000000001778

Association with Mortality. *Respiratory Parameters*. 2020;10(5):603-610. doi:10.1177/0885066620951000

Chiumello D, Froio S, Mistraretti G, et al. Gas exchange, pressure, and mechanical power in the early and persistent ARDS. *J Crit Care*. 2020;55:104-110. doi:10.1016/J.JCRC.2019.09.022

Analysis of 19 Patients: Mechanical Ventilation and Histology. *Respiratory Parameters*. 2020;10(5):603-610. doi:10.1177/0885066620951000

Distress Syndrome Undergoing Open Lung. *Respiratory Parameters*. 2020;10(5):603-610. doi:10.1177/0885066620951000

Mezní hodnota ME pro vznik VILI

Zvýšená ME je asociována se zvýšením rizika VILI

Cressoni – ME nad 12 J/min

- prasata ventilována stejným V_t a P_{tp} zatím co měnili RR

Guérin (pool analýza Acurasys a Proseva) – 12J/min

- Řada limitací studie (bez PEEP, jen první den UPV...)

Serpa – **17 J/min (ME rs)**

Co nás zajímá na JIP, ale i operačním sále

- Vysoká ME(rs).....nad 17 J/min
- Normální ME(rs) ale vysoká specifická ME.....nad ???
- Doba po kterou je plíce této energii vystavena

Jak stanovím ME v praxi ?

Výpočet vhodným vzorcem u lůžka

- Jednorázově, ME jen v daný moment
- Vliv intervencí, oš péče, manipulace atd není zohledněn

VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA



Kontinuální/semikontinuální měření z parametrů UPV

- Díky elektronizaci JIP

Kontinuální výpočet ME v reálném čase z PV křivky

- Možné použít geometrickou metodu měření
- Archivace dat s možností hodnocení s odstupem



Využití ME - specifická ME

Analýza databáze MIMIC III, V.1.4 - data over 50,000 patients admitted to the intensive care unit at Beth Israel Deaconess Medical Center between 2001 and 2012 – **1301 pacientů ve finální analýze**

	norMP, 10 ⁻³ J/min/kg				p value
	quartile 1 < 166.4	quartile 2 166.4–226.4	quartile 3 226.5–300.9	quartile 4 ≥301.0	
ICU mortality	72 (22.2)	91 (28.0)	85 (26.2)	117 (35.9)	0.001
30-day mortality	102 (31.4)	105 (32.3)	104 (32.0)	123 (37.7)	0.284
90-day mortality	119 (36.6)	122 (37.5)	123 (37.8)	138 (42.3)	0.442
ICU_LOS, day	7.7 (4.9–11.5)	8.1 (5.4–12.4)	9.7 (6.1–14.6)	9.8 (6.0–16.8)	< 0.001
VFD_28, day	21.5 (0–24.7)	21.1 (0–24.4)	19.6 (0–23.4)	15.6 (0–21.8)	< 0.001
Data are median (interquartile range) or No / Total (%)					
norMP mechanical power normalized to predicted body weight, ICU intensive care unit, LOS length of stay, VFD_28 Ventilator-free days at day 28					

RESEARCH

Open Access

Mechanical power normalized to predicted body weight is associated with mortality in critically ill patients: a cohort study

Yanhong Zhu¹, Wenyong Peng², Shuai Zhen² and Xiaofeng Jiang^{2*}



Anesthesiology

Využití ME na operačním sále

Retrospective analysis of 1705 mechanically ventilated patients in their Lung-Protective Ventilation Initiated in the Emergency Department trial (**LOV-ED trial**). Their study assessed clinical outcomes associated with the implementation of the **early protocol of lung-protective** mechanical ventilation. Although higher MP was shown to be independently significantly associated with a higher risk for ARDS development, the results were not too convincing (adjusted odds ratio (**OR**), **1.03**)

CLINICAL SCIENCE ASPECTS

Pulmonary Mechanics and Mortality in Mechanically Ventilated Patients Without Acute Respiratory Distress Syndrome: A Cohort Study

Fuller, Brian M.; Page, David; Stephens, Robert J.; Roberts, Brian W.; Drewry, Anne M.; Ablordeppey, Enyo; Mohr, Nicholas M.; Kollef, Marin H.

Author Information 

SHOCK 49(3):p 311-316, March 2018. | DOI: 10.1097/SHK.0000000000000977

Využití ME na operačním sále

Pacienti s **preexistujícím plicním postižením**

Výkonů s pacientů s **ARDS** z JIP

Plicní výkony (lobektomie, pneumonectomie) s nutností **unilaterální ventilace**

Silně heterogenní plicní postižení / malá ventilovatelná část plic

- Značně vyšší rizika VILI dané absorpcí ME na „menší plochu“
- Intenzita ME na plochu...

Ventilace vysokým V_t nemusí být nutné nebezpečná pokud je vysoká ventilovatelná plocha plic

- ME působí na velkou plochu plicního parenchymu
- Plice na „první pohled“ zdravá může obsahovat „stress risers“ – mikroheterogenity, které zvyšují stress/strain (sekret v bronchiolách, mikroatektázy....)

ANESTHESIOLOGY

Mechanical Power during General Anesthesia and Postoperative Respiratory Failure: A Multicenter Retrospective Cohort Study

Peter Santer, M.D., D.Phil., Luca J. Wachtendorf, cand.med.,
 Aliman Suleiman, M.D., M.Sc., Timothy T. Houle, Ph.D.,
 Philipp Fassbender, M.D., Eduardo L. Costa, M.D.,
 Daniel Talmor, M.D., M.P.H., Matthias Eikermann, M.D., Ph.D.,
 Elias Baedorf-Kassis, M.D., Maximilian S. Schaefer, M.D.

ANESTHESIOLOGY 2022; 137:41–54

retrospective study, 230,767 elective, noncardiac adult surgical out and inpatients undergoing general anesthesia between 2008 and 2018 at two academic hospital networks in Boston, Massachusetts, were included

$$\text{MP(J/min)} = 0.098 \times \text{RR} \times \text{Vt} \times (\text{PEEP} + \frac{1}{2}[\text{Pplat} - \text{PEEP}] + [\text{Ppeak} - \text{Pplat}])$$

a higher mechanical power was associated with greater odds of postoperative respiratory failure

(aOR, 1.31 per 5 J/min increase; 95% CI, 1.21 to 1.42; P < 0.001)

Vt 6 ml/kg / 70-kg patient RR 10 PEEP 7, Pplat 14 Ppeak 17 cm H₂O....MP would be 5.6 J/min / adjusted absolute risk of postoperative reintubation would be **0.8%**

increased to 15 breaths/min, Vt 8 ml/kg MP increase to **12.1 J/min** / adjusted absolute risk of **1.1%**

Based on our findings, this **would be associated with a 32% greater risk for postoperative reintubation.**

Současné použití u lůžka

Jistota přesného měření

- Nehodnotit nesmyslná čísla

U ARDS / plicního postižení

MErs pod 12 J/min velice pravděpodobně nebudou nebezpečné

MErs nad 12 J/min – snaha o optimalizaci a snížení; zvažovat ECMO

MErs nad 17-20 J/min – velmi silně zvažovat ECMO a snížení agresivní ventilace

+doba kterou je plíce takto ventilovaná

CAVE: plíce s velmi nízkou poddajností a tedy s absorpcí této energie malou částí plic

Současné použití u lůžka

Jistota přesného měření

- Nehodnotit nesmyslná čísla

U „**velké ventilovatelné**“ plicí nebudou pravděpodobně ani hodnoty MErs nad 17 J/min nebezpečné

MErs nad 20-22 J/min budou velmi pravděpodobně nebezpečné i pro zdravou plíci

+doba kterou je plíce takto ventilovaná

Budoucnost ME

Nejsou velké RCT dobře metodicky zvládnuté studie na ARDS pacientech potvrzující přínos metody a stanovující CUT OFF hodnoty pro nebezpečnou ventilaci

Zatím je ME spíše teoretickou než praktickou metodou optimalizace UPV....

Děkuji za pozornost

