

Důležitá je znalost transpulmonálního tlaku(?)

Václav Zvoníček

FN usv. Anny

transpulmonální tlak je rozdíl tlaku
alveolárního a pleurálního

v praxi měřený jako rozdíl tlaku
v dýchacích cestách a ezofageálního tlaku

$P_{\text{transpulmonální}} = P_{\text{alveolární}} - P_{\text{pleurální}}$

$P_{\text{transpulmonální}} = P_{\text{airway}} - P_{\text{esophageal}}$

$P_{\text{air}} = P_L + P_{\text{cw}} = P_{\text{trans}} + P_{\text{es}}$

- představuje tlak, kterým se rozepíná plíce
- kvantitativně je roven stresu („stress“)

Distribuce alveolárního tlaku

tuhá hrudní stěna:

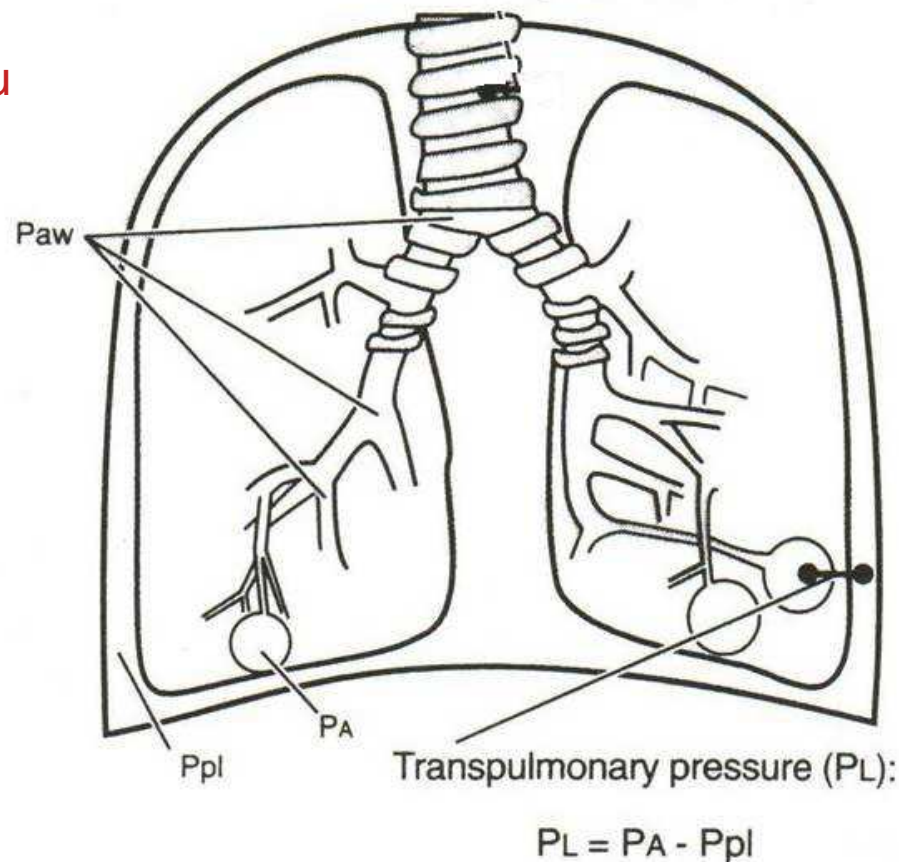
$P_{\text{air}} = P_L + P_{\text{cw}} = P_{\text{trans}} + P_{\text{es}}$

tuhá plíce

$P_{\text{air}} = P_L + P_{\text{cw}} = P_{\text{trans}} + P_{\text{es}}$

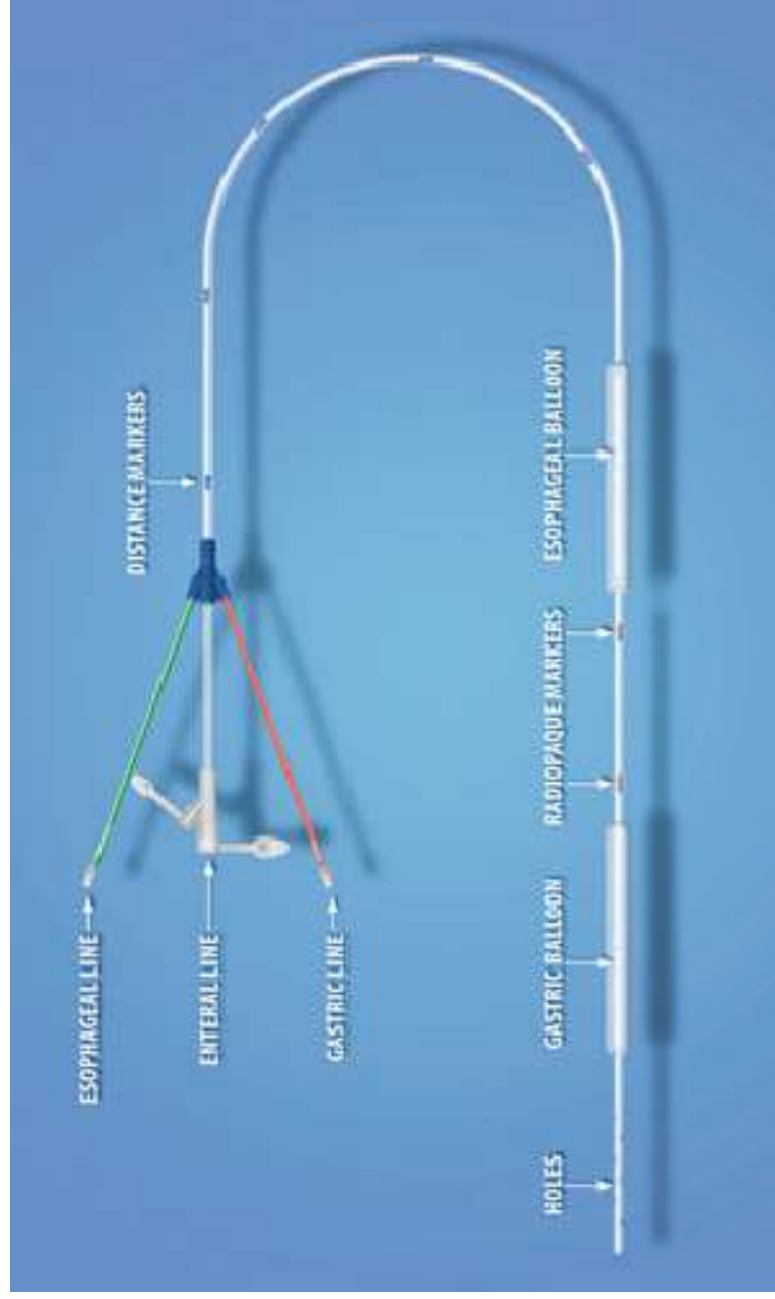
transpulmonální tlak nelze adekvátně odhadnout podle **plateau tlaku**

bezpečný limit $P_{\text{trans}} < 25 \text{ cm H}_2\text{O}$ (?)



A validation study of a new nasogastric polyfunctional catheter

D. Chiumello
E. Gallazzi
A. Marino
V. Berto
C. Mietto
B. Cesana
L. Gattinoni



Záporný transpulmonální tlak ?

Subject No.	P _{Lrel} , cmH ₂ O				V _{rel} , % of VC	
	Upright	Supine	Prone	Left lateral	Upright	Supine
1	3.0	0.0	-1.8	0.5	35	16
2	7.4	1.0	4.5	4.1	42	17
3	3.5	0.9	0.9	3.2	33	20
4	0.8	-6.8	-1.9	-3.4	20	18
5	5.2	-7.4	1.2	3.7		
6	1.7	-4.7	-1.2	0.7		
7	5.7	-1.8	0.1	2.9		
8	4.8	-3.2	1.3	3.4	39	14
9	2.8	-6.0	-1.2	-1.7	27	5
10	2.3	-5.1	-0.6	1.0	27	7
Mean	3.7	-3.3	0.1	1.4	35	13
SD	2.0	3.2	1.9	2.5	7	5

9 dobrovolníků
P_{trans} záporný u 7 z 10

Vysvětlení záporného P_{trans}

- Pleurální tlak je skutečně lokálně pozitivní- gradient pleurálního tlaku
- Pokles objemu plic v poloze na zádech
- Artefakt ?- Pes je falešně zvýšen tíhou mediastinálních struktur

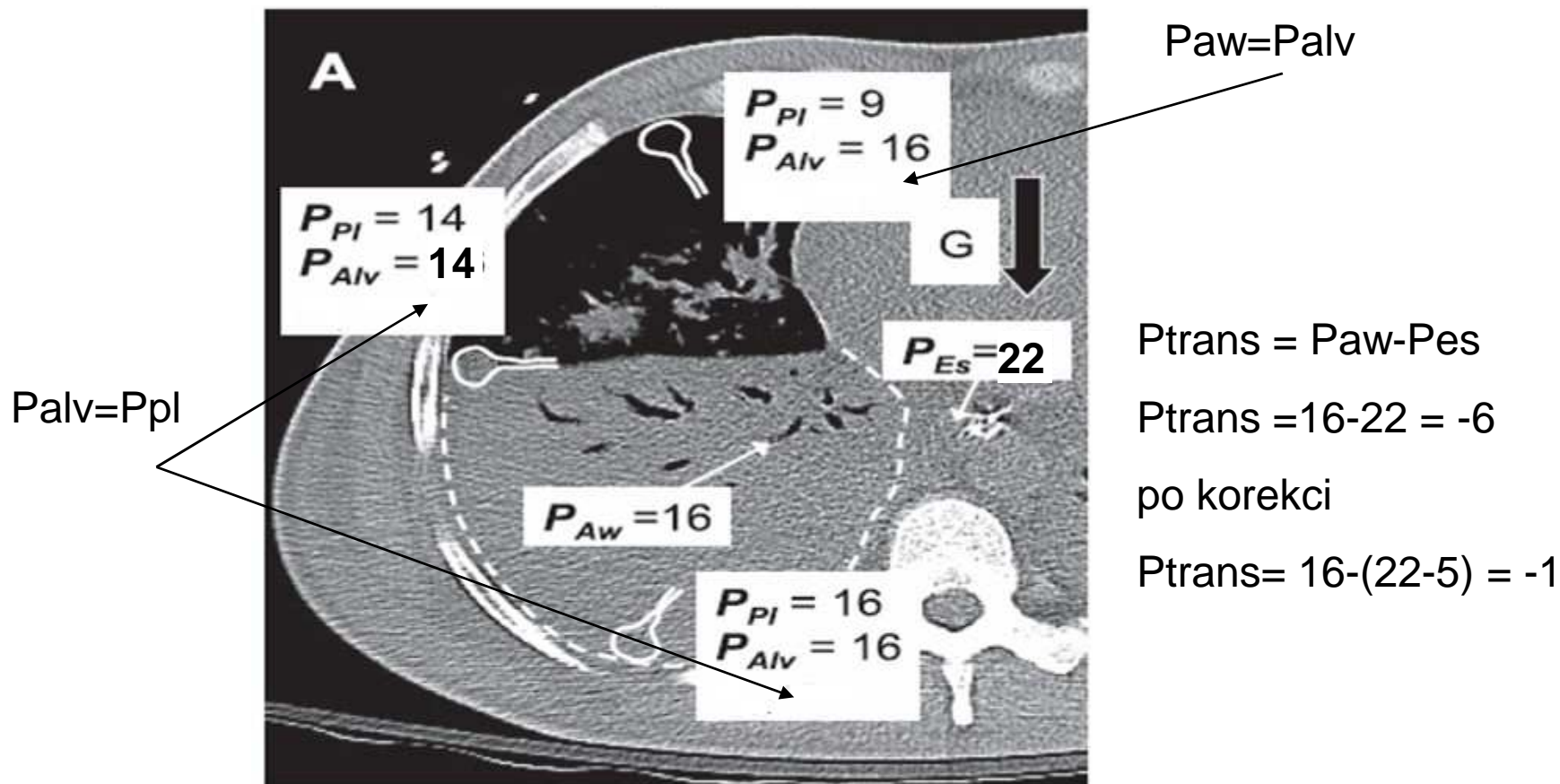
$$P_{\text{pleur}} = P_{\text{es}} - 2.9 \text{ cm H}_2\text{O}$$

$$(P_{\text{pleur}} = P_{\text{es}} - 5 \text{ cm H}_2\text{O} \text{ ?})$$

negativní transpulmonální tlak na konci výdechu

 alveolární tlak je roven lokálnímu pleurálnímu tlaku

- uzavření dýchacích cest nebo tekutina brání vyrovnání alveolárního tlaku s tlakem v dýchacích cestách



uraveno podle: Loring SH, ... Talmor D. Esophageal pressures in acute lung injury: do they represent artifact or useful information about transpulmonary pressure, chest wall mechanics, and lung stress? J Appl Physiol 2010; 108(3): 515-22

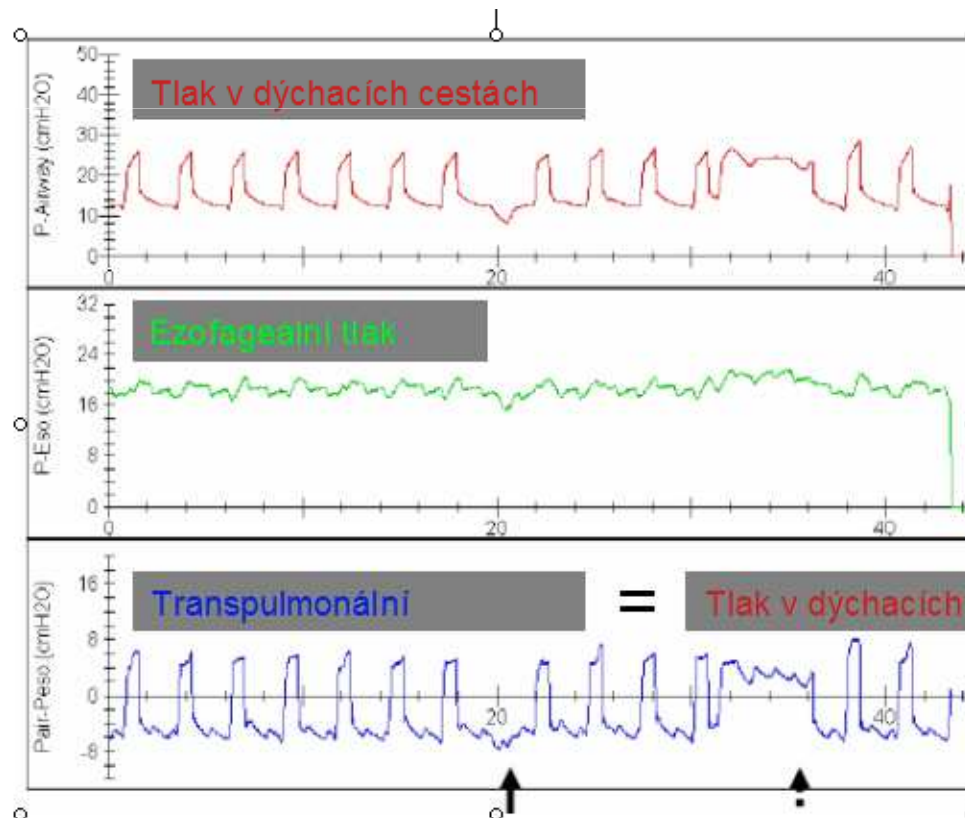
Talmor

Talmor D et al. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury.
N Engl J Med 2008; 359 (20): 2095-104



- 30 intervencí+31 pacientů kontrola podle ARDS NET
- v léčebné skupině PEEP dle transpulmonálního tlaku na konci výdechu
 - cíl kombinace $P_{trans} > 0$ cm H_2O - podle FiO_2

FiO_2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	.1.0
P_{Lexp}	0	0	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10



VÝSLEDKY

Zlepšení oxygenace

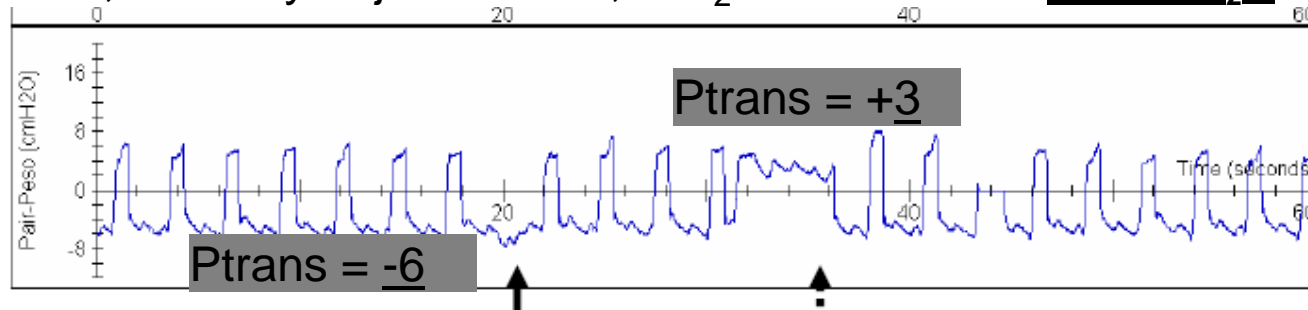
Vzestup poddajnosti respiračního systému

Transpulmonální tlak inspir. <24 cm H_2O

bez barotraumat

Case 1- pacient z intervenční skupiny, žena, 90 let, peritonitis při perforaci a nádoru colon

- CMV, dechový objem 400 ml, $FiO_2 = 0.6$ a PEEP **12 cm H₂O**

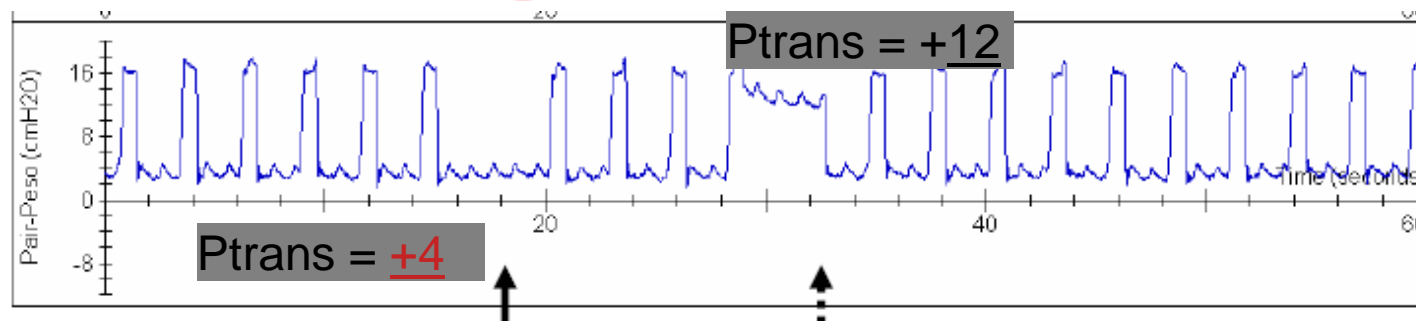


Pair = 24 cm₂O

- PEEP zvýšen z 12 na **24 cm H₂O** k dosažení transpulmonálního tlaku +4 na konci výdechu.
- Dechový objem byl snížen na 320 ml (6 ml/kg IBW), proveden recruitment maneuver



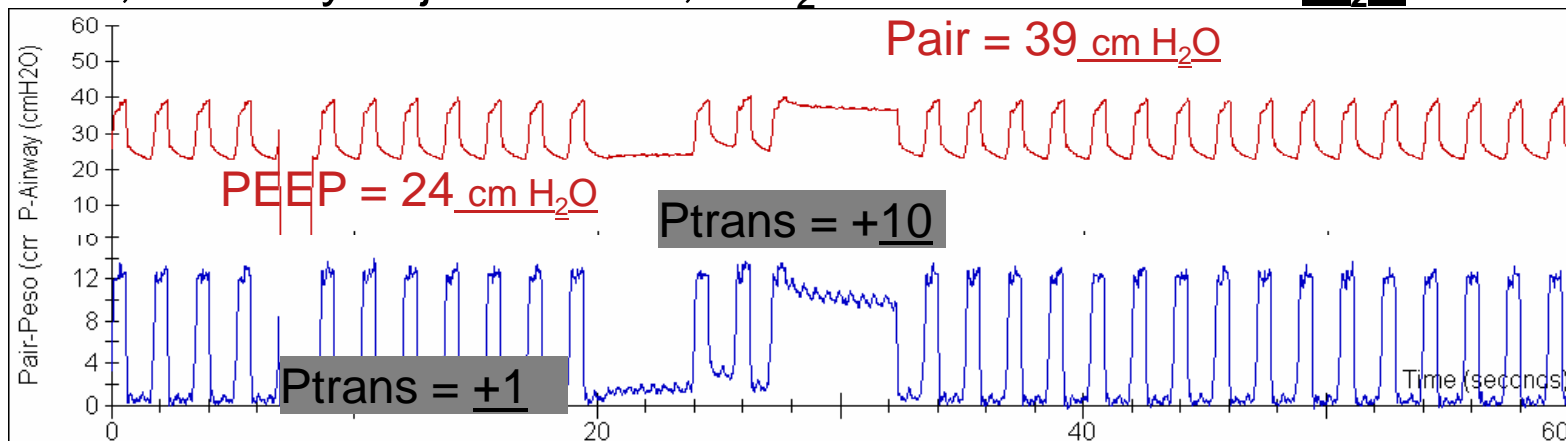
FiO_2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	.10
P_{Lexp}	0	0	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10



Pair = 38 cm₂O

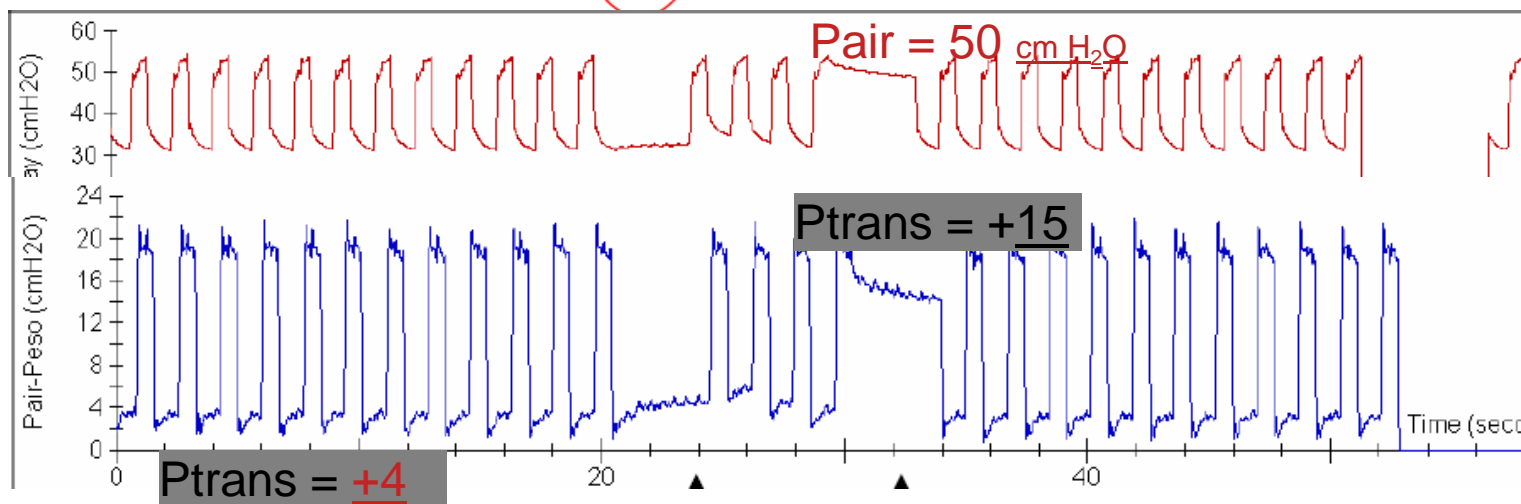
Case 5- pacient z intervenční skupiny, 31 let, peritonitis při perforaci colon

- CMV, dechový objem 400 ml, $FiO_2 = 0.7$ a PEEP **24 cm H₂O**



- PEEP zvýšen z 24 na **32 cm H₂O** k dosažení transpulmonální tlaku +4 na konci výdechu.

FiO_2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
P_{Lexp}	0	0	2	2	4	4	6	6	8	8	10	10



Dosažené tlaky -Talmor

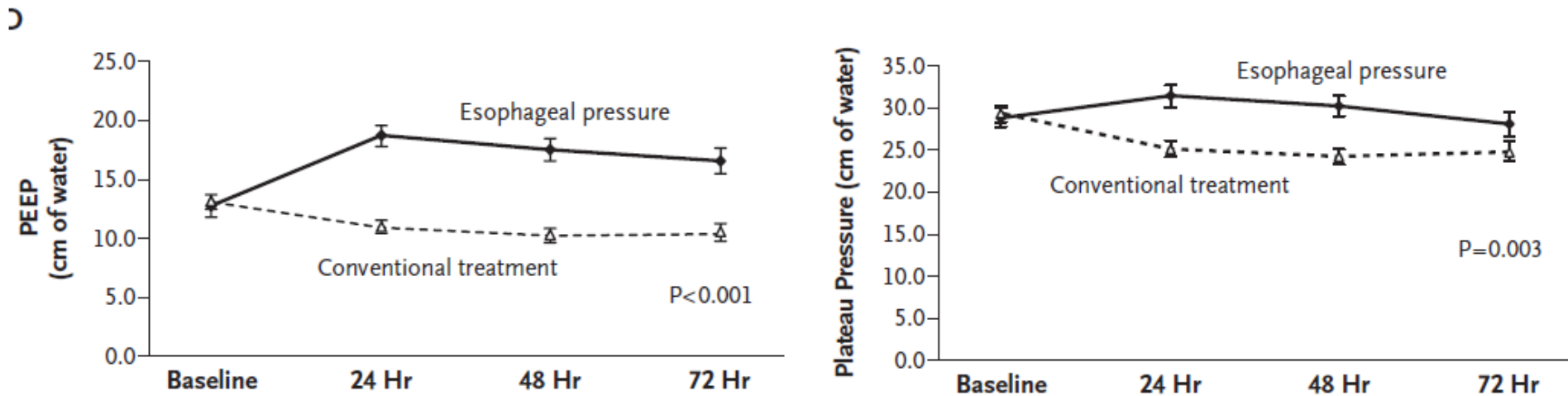


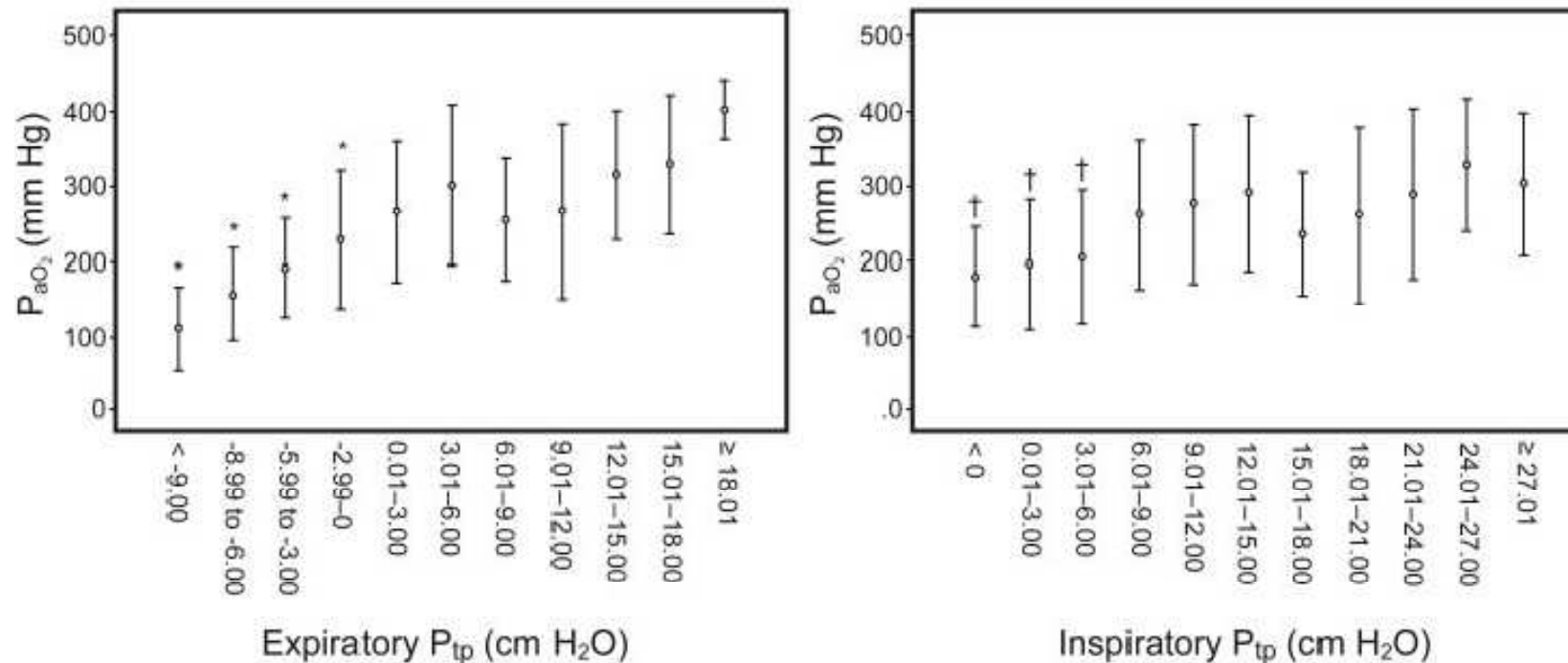
Table 3. Changes in PEEP at the Initiation of Ventilation According to the Protocol.*

Treatment Group	Change in PEEP				
	-1 to -6 cm of Water	0 to 5 cm of Water	6 to 10 cm of Water	11 to 15 cm of Water	16 to 20 cm of Water
	<i>no. of patients</i>				
Esophageal-pressure-guided group	3	9	12	4	2
Control group	12	18	1	0	0

Talmor D, Sarge T, Malhotra A, O'Donnell CR, Ritz R, Lisbon A, Novack V, Loring SH. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury. N Engl J Med 2008; 359(20): 2095-104

Transpulmonální tlak během titrace snižováním PEEP u plicního ARDS

- během snižujícího PEEP byl u všech negativní P_{trans}
- plateau 30 cm H₂O nepředpovědělo nebezpečný P_{trans}
- oxygenace odpovídala P_{trans}



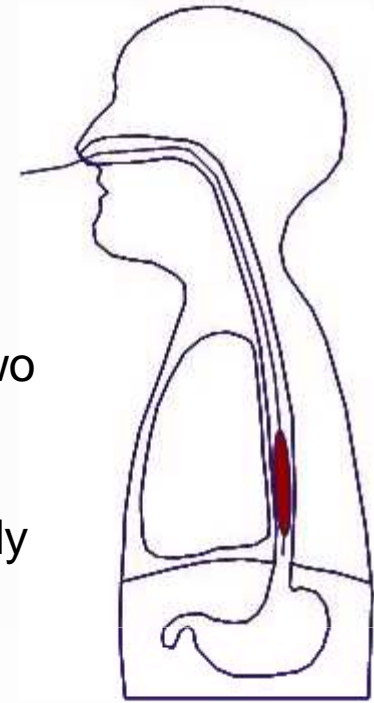
EPVent 2 Clinical Trial

A randomized controlled trial of mechanical ventilation directed by transpulmonary pressure in patients with acute lung injury

The EPVent2 Trial is a multi-national phase II study comparing two modes of mechanical ventilation to manage patients with ARDS.

Patients in this study are randomized 1:1 to either of the two study arms: patients in the EPVent group have their ventilator settings managed **according to their esophageal pressure**; patients in the control group are managed according to an alternative high PEEP strategy modeled after the control group of the OSCILLATE trial. This trial will accrue a total of 200 patients at approximately 10 centers, and is running from **2012-2015**.

National Heart, Lung, And Blood Institute of the National Institutes of Health supports this research under Award Number UM 1 HL10872
Israel , USA



Kontraverze měření ezofageálního tlaku

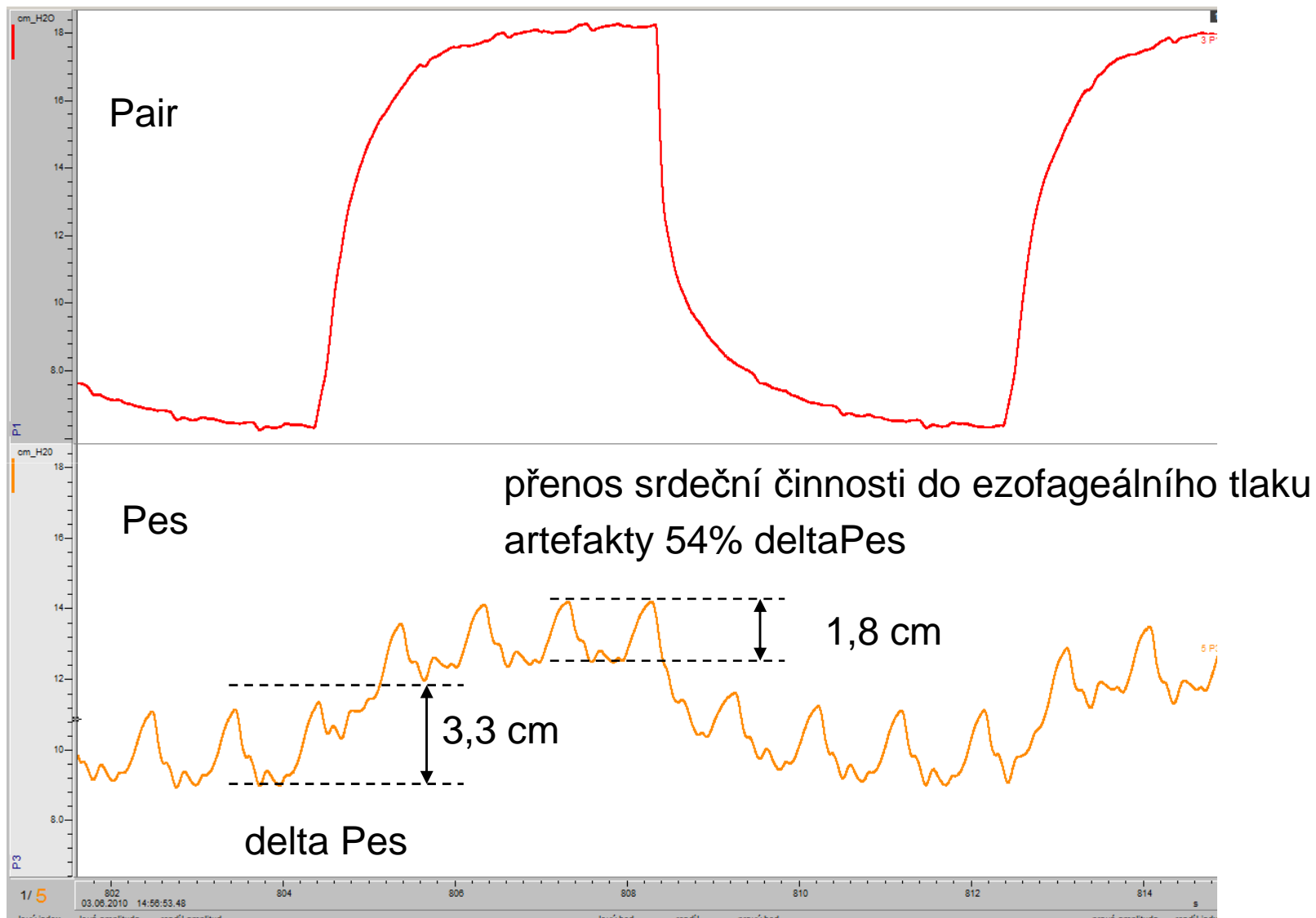
KOREKCE tlaku

- bez korekce (Rodriguez)
- 5 cm H₂O (Talmor- údajně !)
- 2,9 ($\pm 2,1$) cm H₂O = -1 až 7 cm H₂O (Washko)
- nepřímé měření pomocí elastancí (Grasso)

Technické problémy:

- ☹ délka zavedení ezofageální sondy
- ☹ okluzní test –nelze u relaxovaných
- ☹ kardiální artefakty
- ☹ těsnost a poddajnost balonku, objem balonku

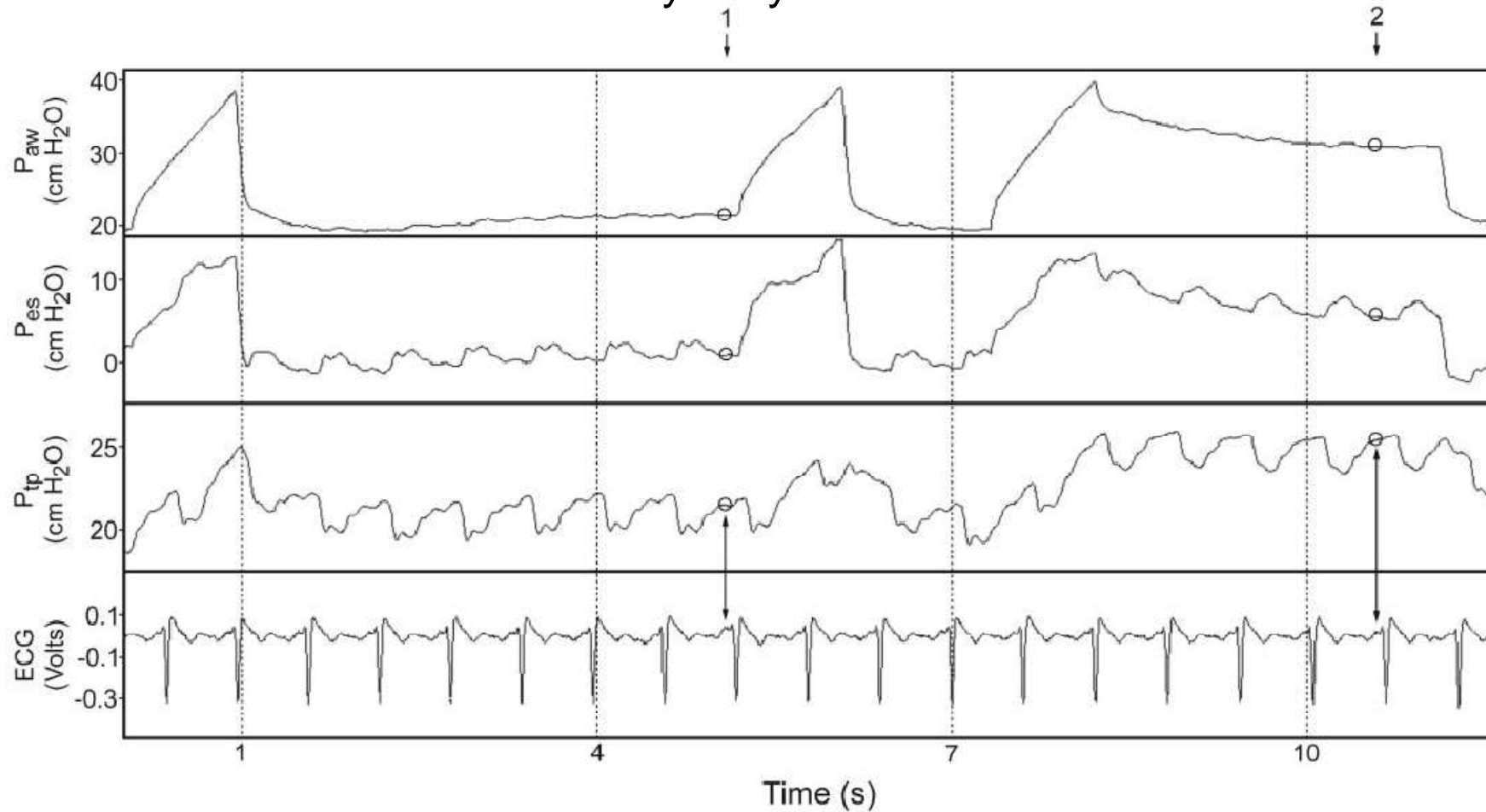
Artefakty při měření ezofageálního tlaku



Zvoníček V. Měření funkcí autonomního systému u pacientů na umělé plicní ventilaci. grant IGA MZ ČR. NS/10105 - 4

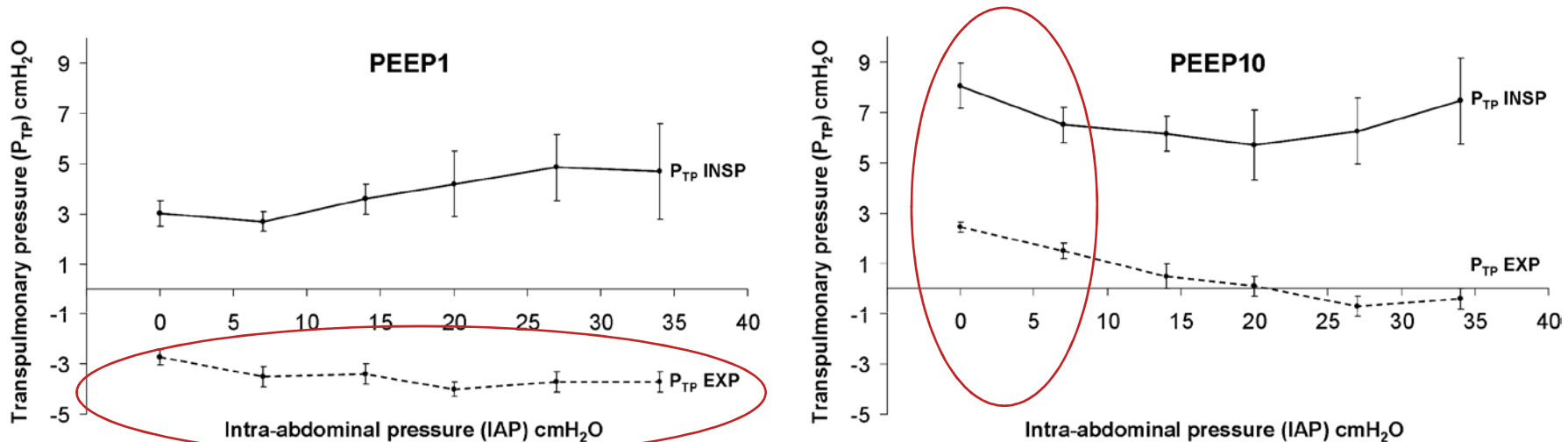
Kardiální artefakty na Pes křivce

Ke standardizaci měřeny tlaky během PR intervalu na EKG



Ptrans a intrabdominální tlak

- intraabdominální tlak koreluje pozitivně s Pes na konci výdechu
- vysoký Pes na konci výdechu **nekoreluje** s poddajností hrudníku
- Loring SH, ... Talmor D. J Appl Physiol 2010; 108(3): 515-22



Při konstantním objemu a PEEP vzestup IAP působí malé změny Ptrans (a Pes) na konci výdechu

Pes neodráží pleurální tlak ?

při vzestupu PEEP 10 pozitivní Ptrans

Gustavo A. Cortes-Puentes. Value and Limitations of Transpulmonary Pressure Calculations During Intra-Abdominal Hypertension. *Crit Care Med* 2013; 41:1870–1877

Transpulmonální tlak odvozený elastancí

obchází problém měření absolutního P_{trans}

$$(\Delta P_{PL}/\Delta V) / (\Delta P_{AO}/\Delta V) = E_{CW} / E_{RS}$$

$$\Delta P_{PL}/\Delta P_{AO} = E_{CW}/E_{RS}$$

předpoklad P_{PL} a P_{AO} je 0 na úrovni FRC

$$P_{PL} = P_{AO} \times E_{CW}/E_{RS}$$

$$P_{L,PLAT} = P_{AO,PLAT} - P_{PL}$$

$$(P_{L,EXP} = \text{Total PEEP} - P_{PL})$$

E_{CW}= elastance hrudníku

E_{RS} = elastance respir. systému

P_{PL}=pleurální tlak

P_{AO}=tlak v dýchacích cestách

P_L = transpulmonální tlak

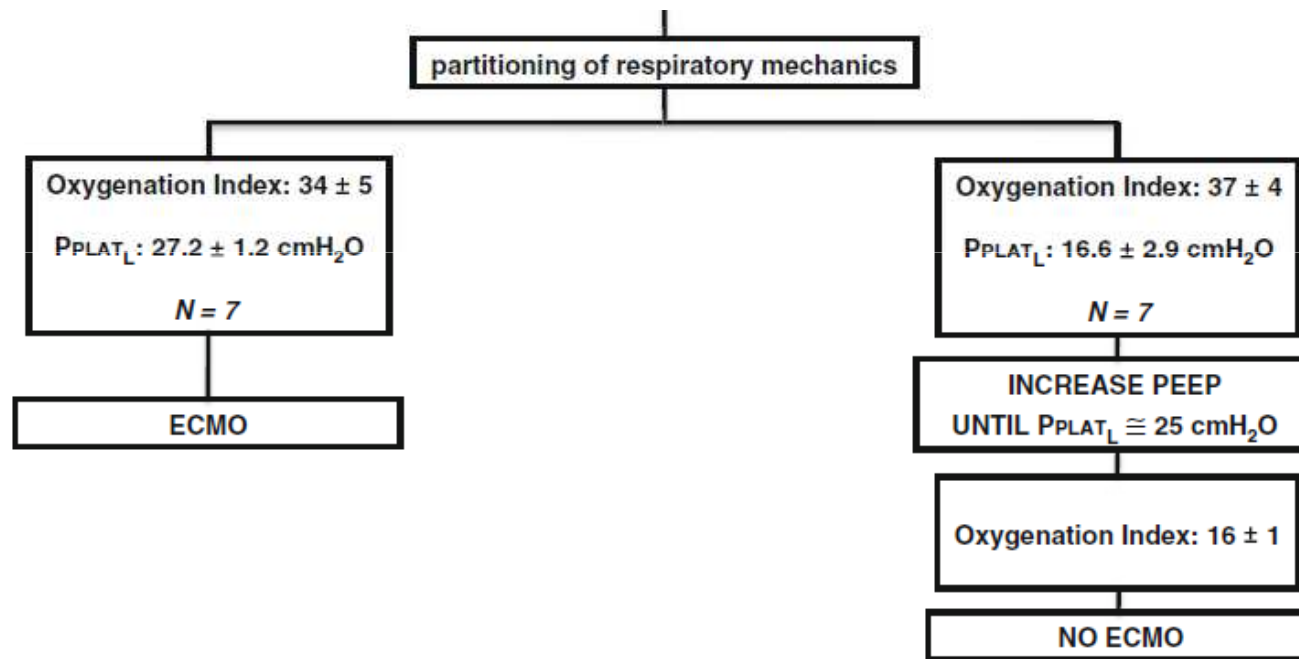
PLAT = plateau

Staffieri F, .. Grasso S. Physiological effects of an open lung ventilatory strategy titrated on elastance-derived end-inspiratory transpulmonary pressure: study in a pig model*. Crit Care Med. 2012

transpulmonální tlak odvozený elastancí

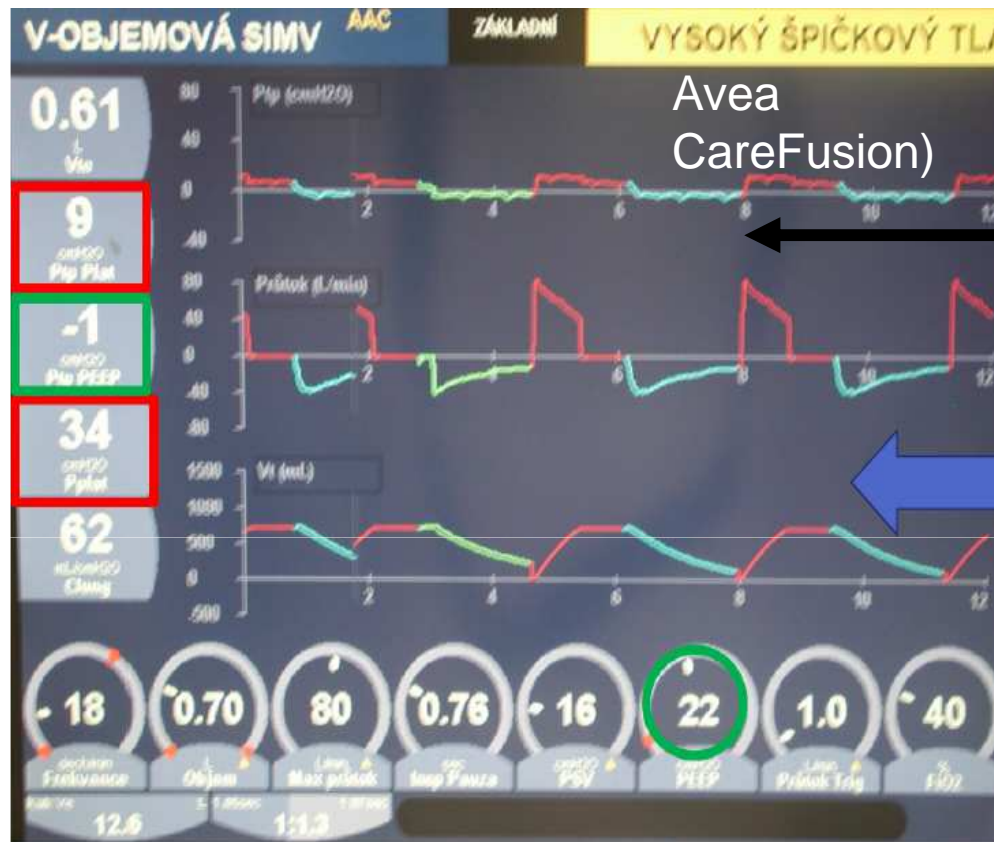
- u 7 pacientů odvráceno ECMO ventilací s cílem:

transpulmonální tlak plateau=25 cm H₂O



Grasso S, Terragni P, Birocco A, Urbino R, Del Sorbo L, Filippini C, Mascia L, Pesenti A, Zangrillo A, Gattinoni L, Ranieri VM. ECMO criteria for influenza A (H1N1)-associated ARDS: role of transpulmonary pressure. Intensive Care Med. 2012 Mar;38(3):395-403

Použití Ptrans v ČR- kazuistika, extrémně obézní pacient, sek. ARDS



PEEP 22 cm H₂O a stále nízký Ptrans

nastavení ventilátoru po měření Ptrans:
Vt 600ml, f 22/min.,
PEEP 24 cm H₂O, FiO₂ 0,6
Pplat 35 cm H₂O
Ptpplat 14 cm H₂OPa
PtpPEEP 0 cm H₂O

zlepšení oxygenace

J. Zatloukal, J.Beneš, A. Židková,: VENTILACE S VYUŽITÍM MĚŘENÍ TRANSPULMONÁLNÍHO TLAKU U MONSTROZNĚ OBÉZNÍHO PACIENTA poster ČSIM

Anesteziologicko-resuscitační klinika FN Plzeň

Závěr

- transpulmonální tlak rozšiřuje znalosti o plicní mechanice
- existují pozitivní výsledky jeho použití při titraci PEEP u pacientů s ARDS

ALE

- má konceptuální a technické problémy
 - negativní P_{trans} ?
 - plateau nebo tlak na konci výdechu k titraci PEEP ?
 - absolutní vs nepřímé měření P_{trans}
 - korekce P_{es} ?
 - chyby při měření ezofageálního tlaku