

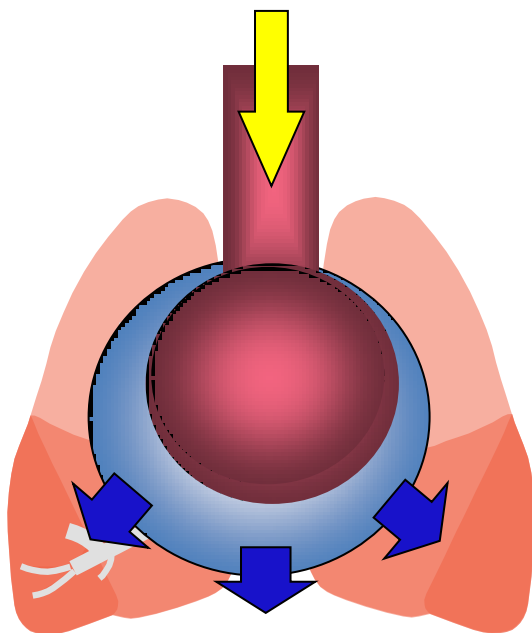
Мониторинг транспульмонарного давления: практическое значение



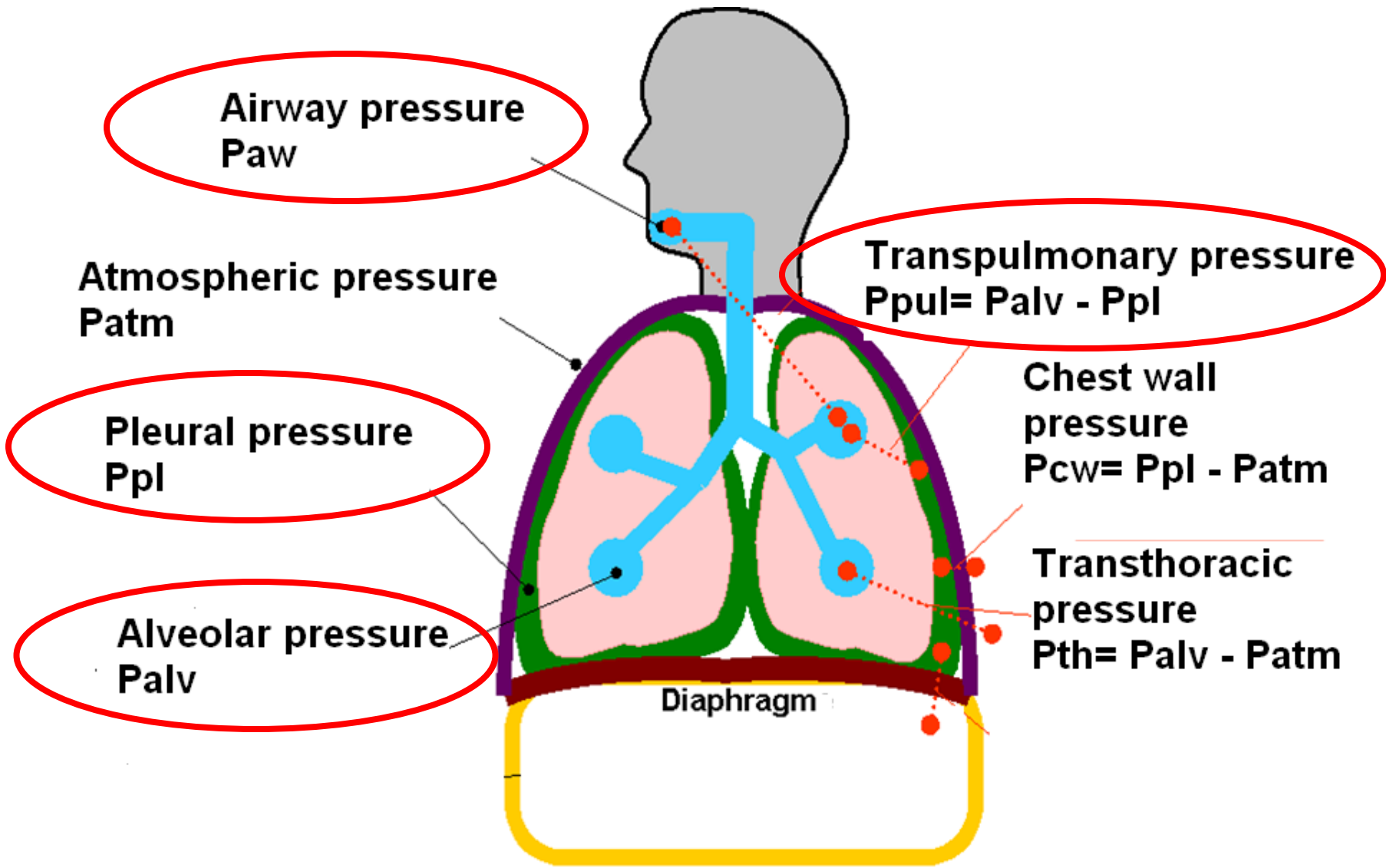
**О.Е. Сатишур, к.м.н.
Клинический специалист,
Hamilton Medical AG**

Транспульмонарное давление:

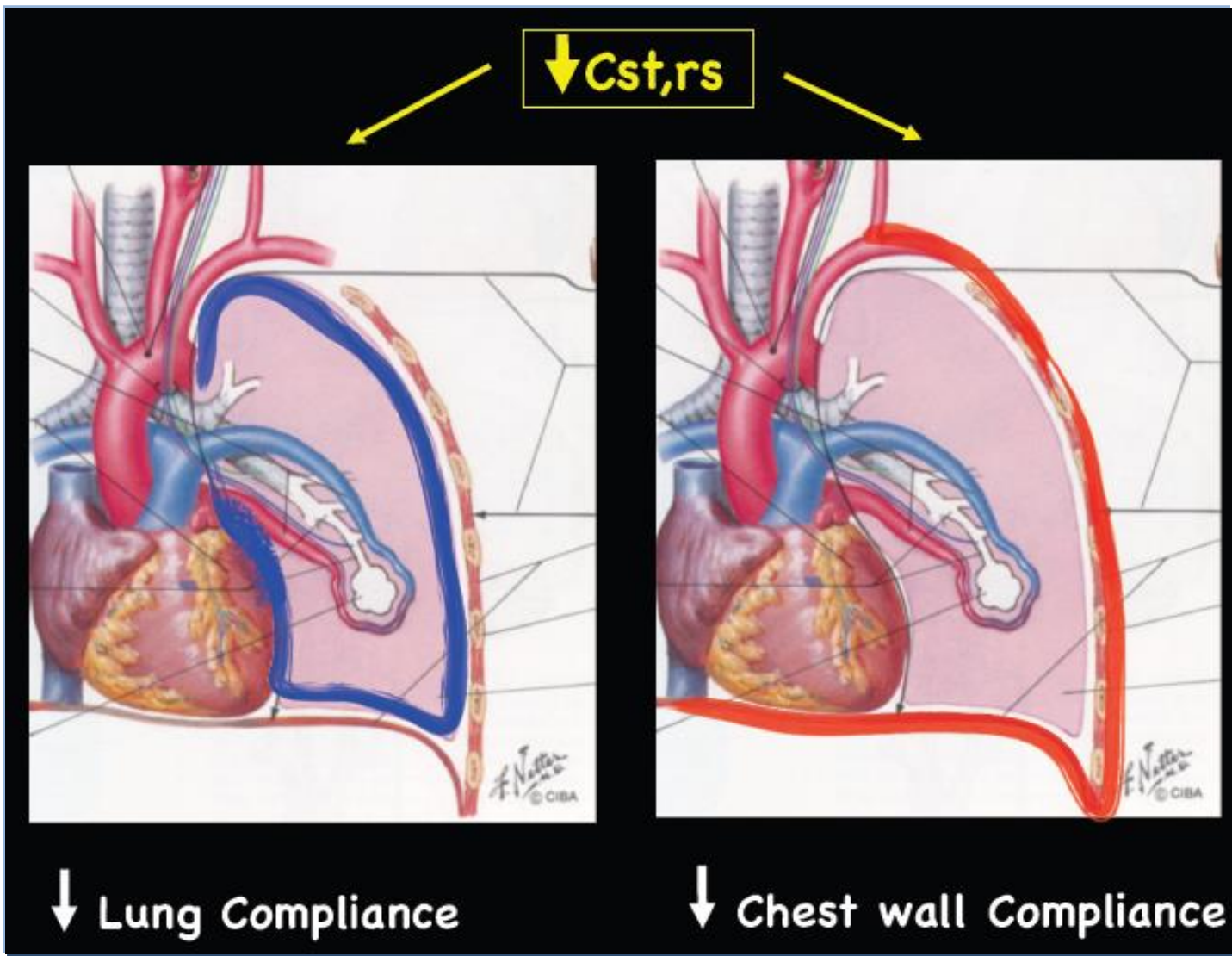
практическая роль в протективной МВЛ



Давления внутри и вокруг легких

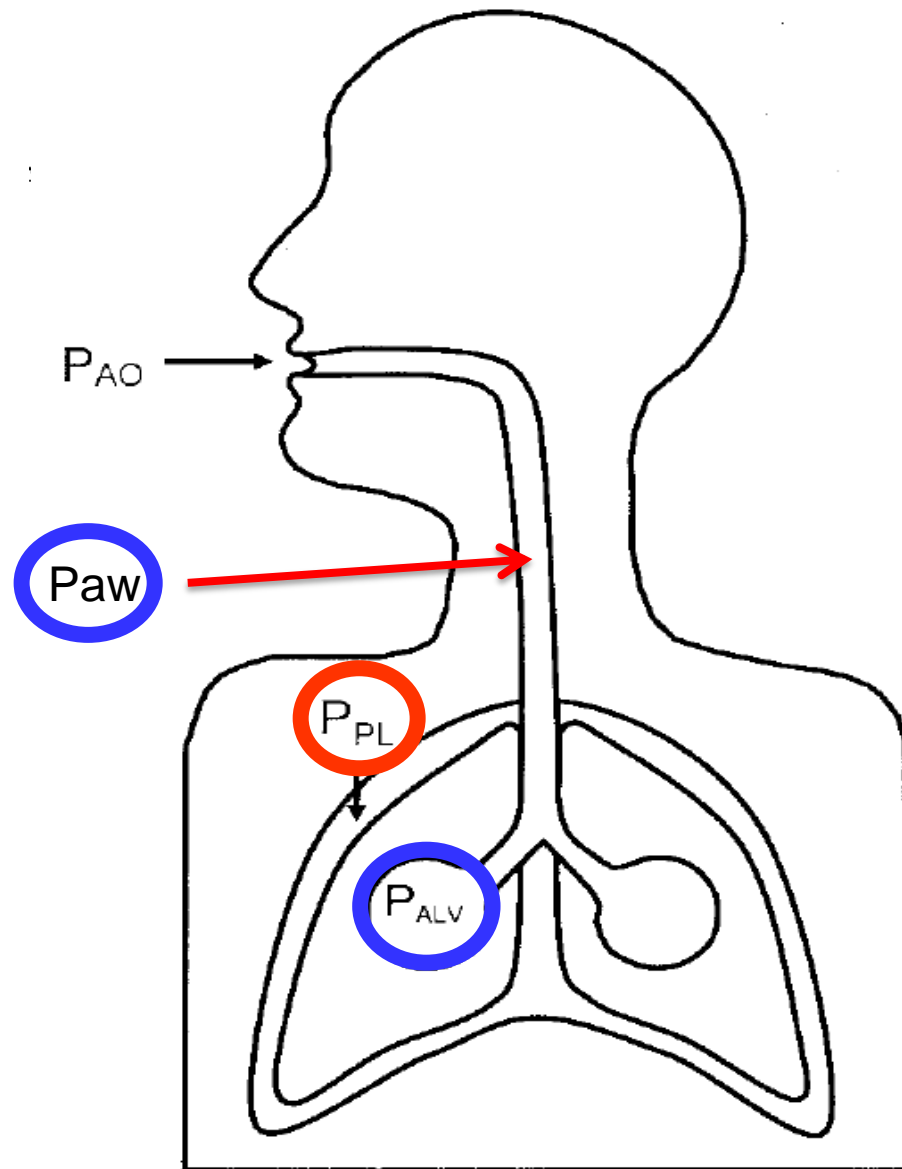


Податливость респираторной системы: легкие и грудная клетка

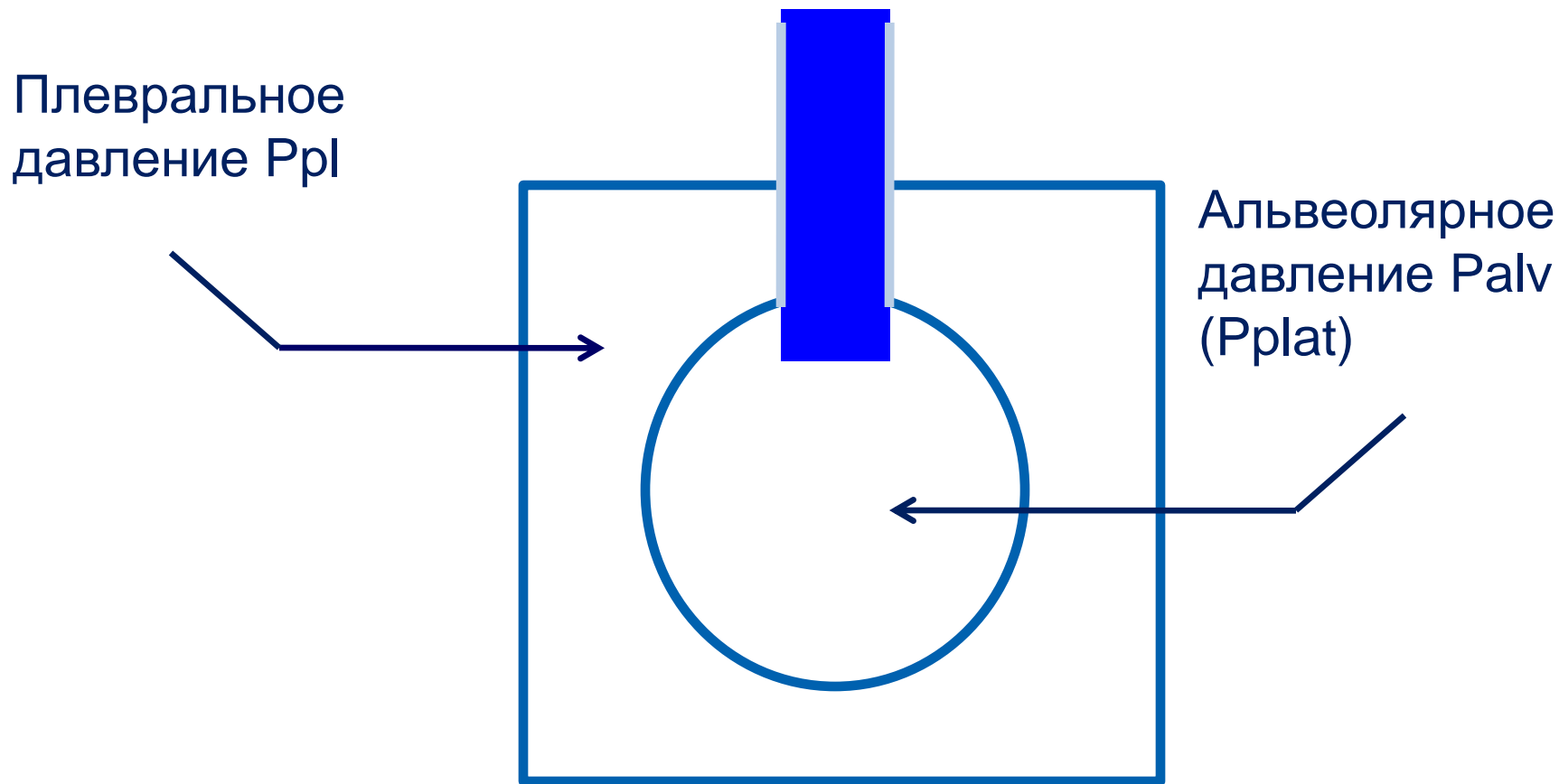


Податливость и давления

- P_{aw} – податливость всей респираторной системы
- P_{alv} – податливость легких
- P_{pl} – податливость грудной клетки
- $P_{alv} \approx P_{plat}$

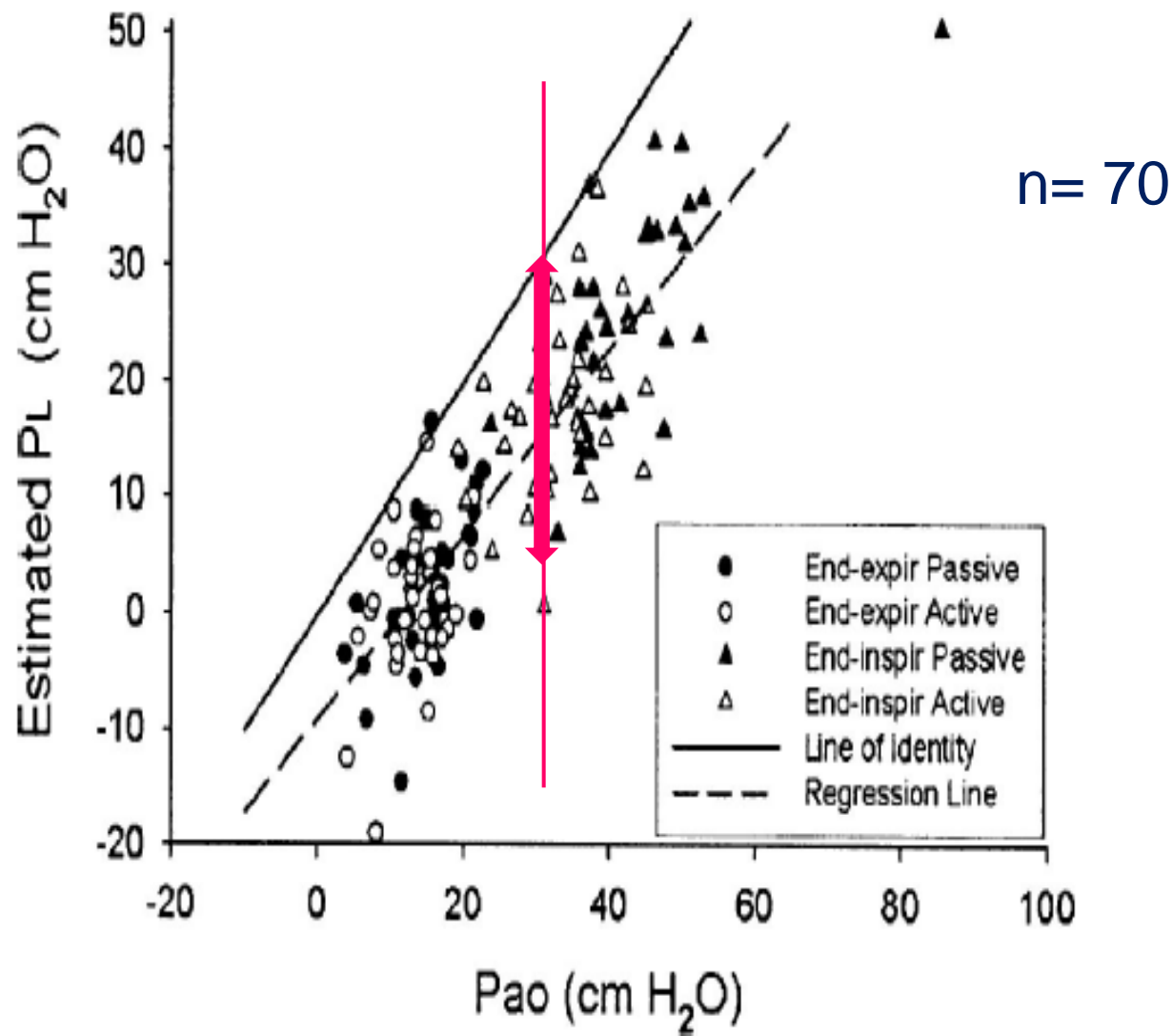


Транспульмонарное давление (P_{tp})



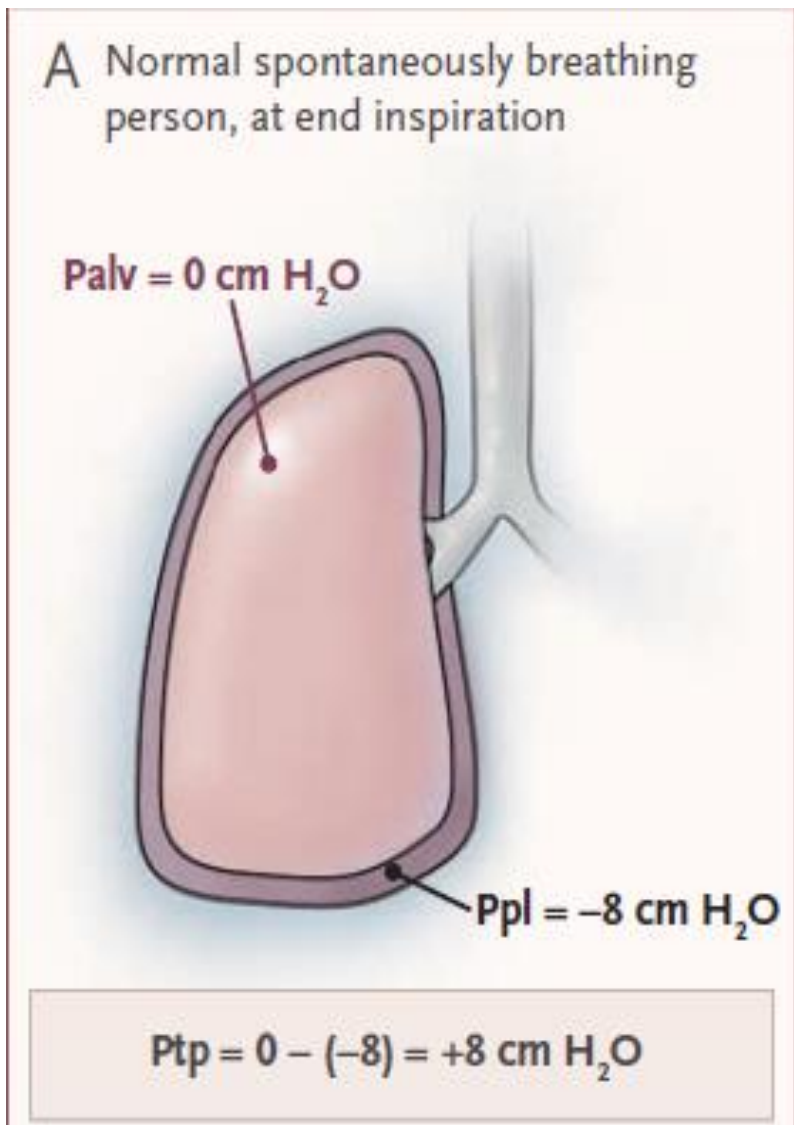
$$\text{Транспульмонарное давление } (P_{tp}) = P_{alv} (P_{plat}) - P_{pl}$$

Давление в дыхательных путях (P_{aw}) \neq Транспульмонарное давление (P_{tp})



D.Talmor. Crit Care
Med 2006; 34: 1389

P_{tp} и спонтанное дыхание



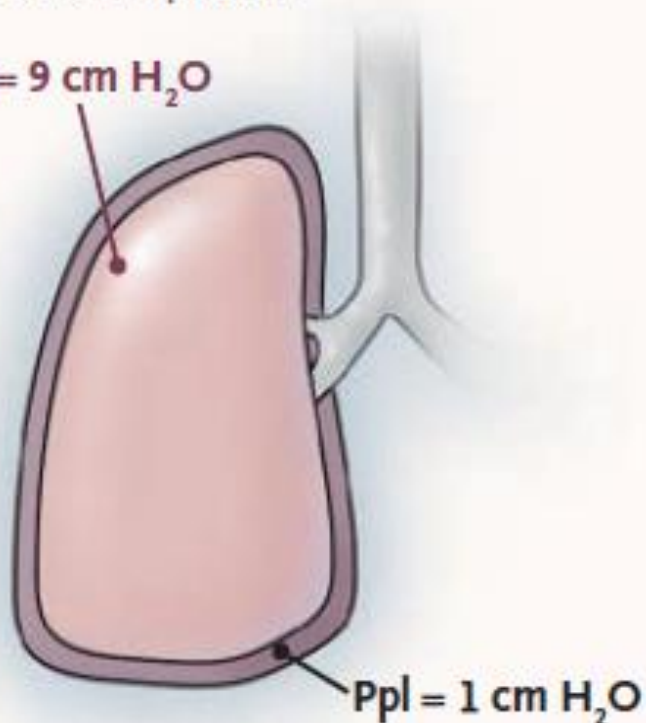
P_{tp} - Основной «двигатель»
расправления легких при
спонтанном дыхании

A. Slutsky & M. Ranieri.
NEJM 2013; 369: 2126

P_{tp} при ИВЛ (седация, анестезия)

B Normal anesthetized, paralyzed patient on mechanical ventilation, at end inspiration

P_{alv} = 9 cm H₂O



$$P_{tp} = 9 - 1 = +8 \text{ cm H}_2\text{O}$$

P_{tp} при ненарушенной податливости легких и грудной клетки

A. Slutsky & M. Ranieri.
NEJM 2013; 369: 2126

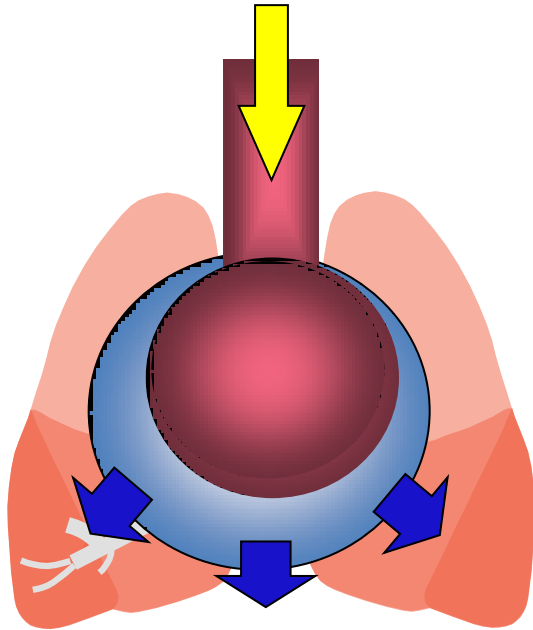
P_{tp} : инспираторное и экспираторное

$$P_{tp \text{ insp}} = P_{plat} (P_{alv}) - P_{pl}$$

$$P_{tp \text{ exp}} = PEEP - P_{pl}$$

$$\Delta P_{tp} = P_{tp \text{ insp}} - P_{tp \text{ exp}} \text{ (плато)}$$

МВЛ и транспульмонарное давление (P_{tp}): клиническое значение

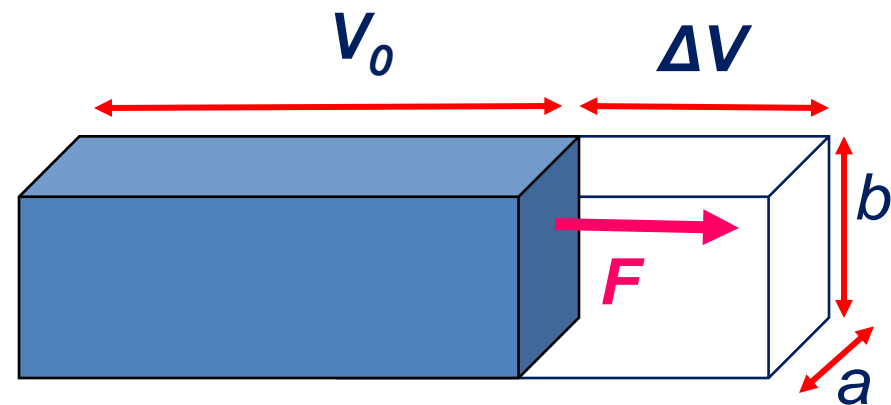
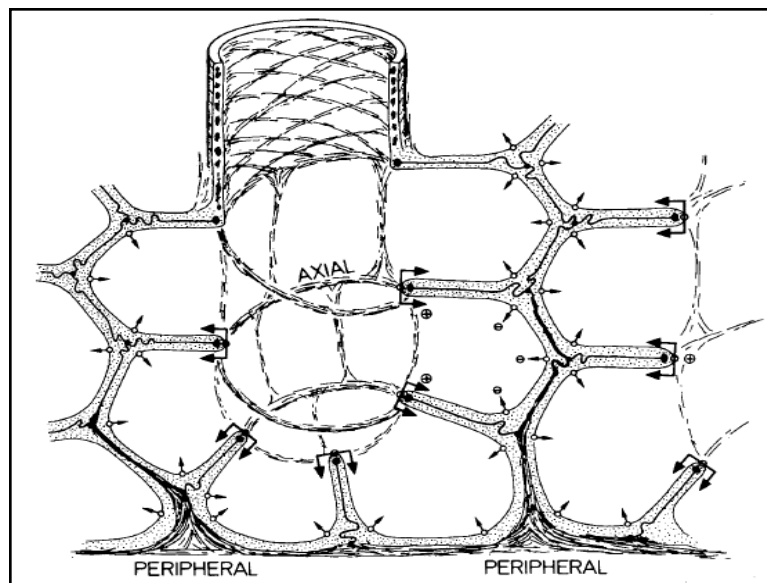


- «давление растяжения» легких на вдохе ($P_{tp\ insp}$) - Stress
- «давление спадения» легких на выдохе ($P_{tp\ exp}$)

$P_{tp\ insp}$ высокое ($\geq 20\text{ cmH}_2\text{O}$) \rightarrow перерастяжение легких

$P_{tp\ exp}$ отрицательное ($PEEP < P_{pl}$) \rightarrow коллапс легких

Концепция Stress

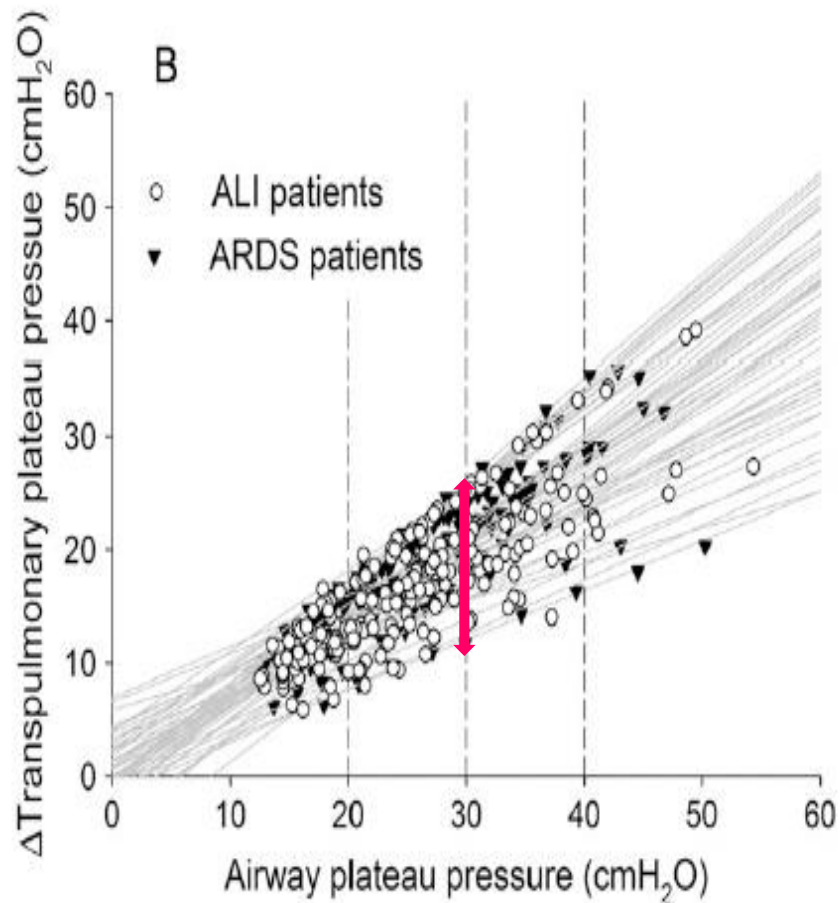


Stress = $F / (a \times b) = P_L =$ Транспульмонарное давление

D.Chiumello et al. Am J Resp Crit Care Med 2008; 178: 346

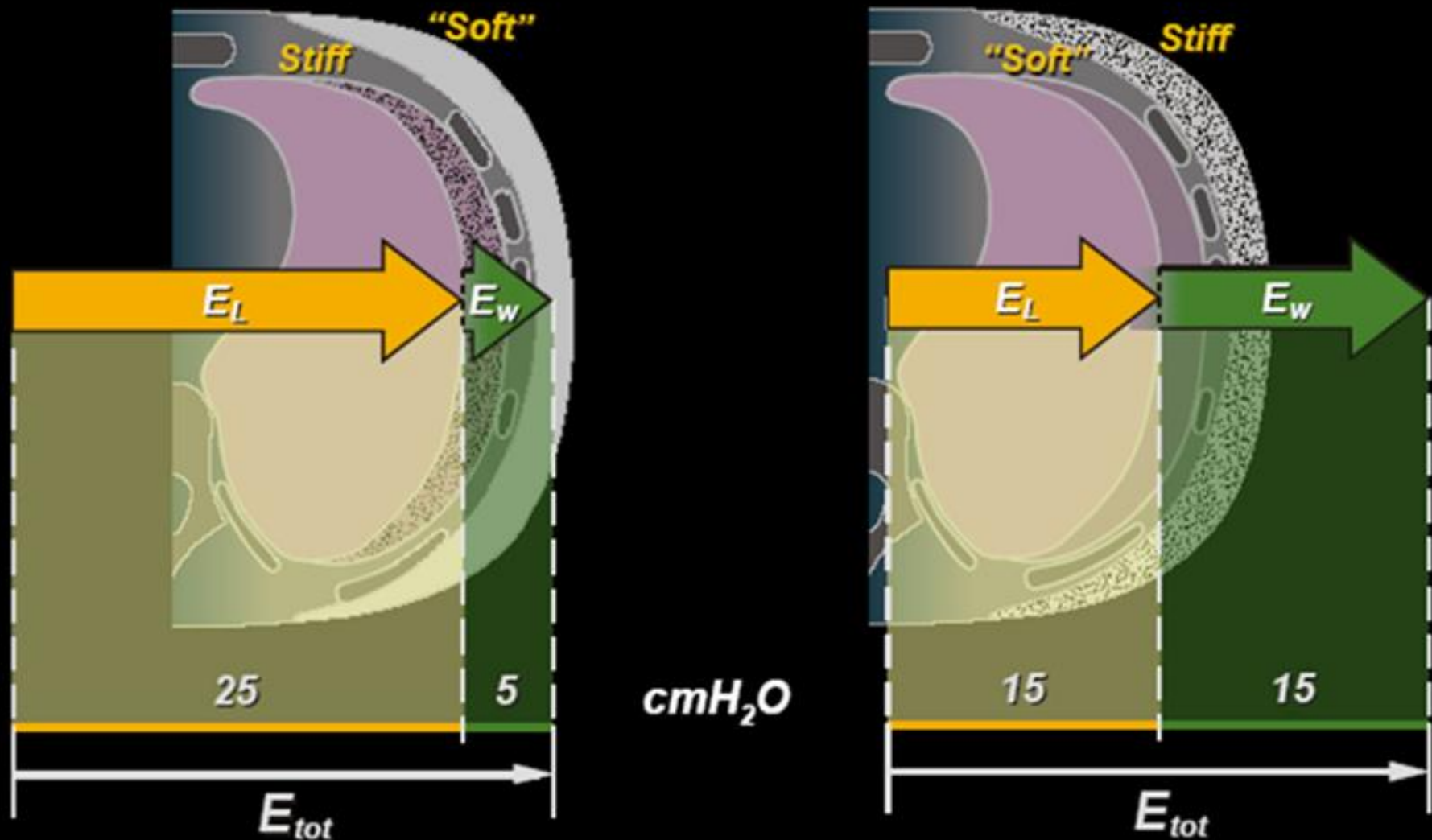
Давление плато в дыхательных путях (P_{plat}) \neq Транспульмонарное давление плато ($P_{tp\ plat}$)

ОРДС



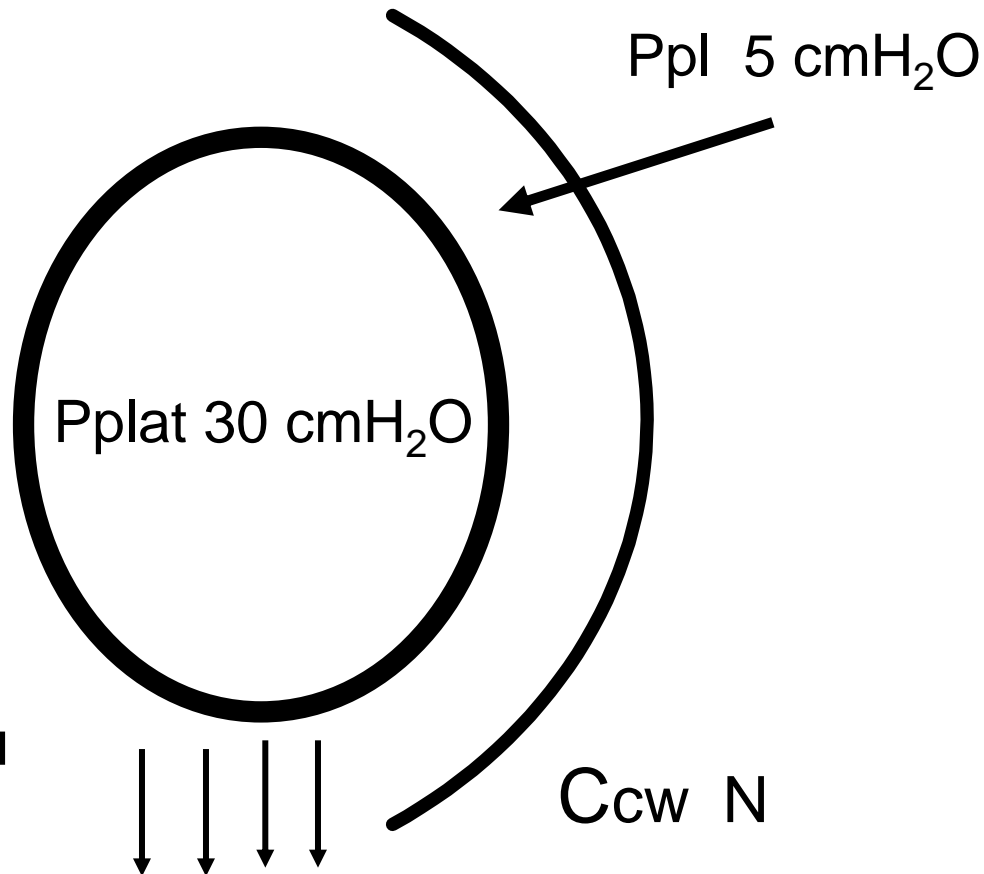
D.Chiumello et al. Am J Respir Crit Care Med 2008, 178: 346
B.Kubiak et al. J Surgical Research 2010; 159: e17

Распределение давлений при разной податливости легких и грудной клетки



P_{tp} Insp: жесткие легкие и податливая грудная клетка

$P_{tp} \text{ insp} = 25 \text{ cmH}_2\text{O}$



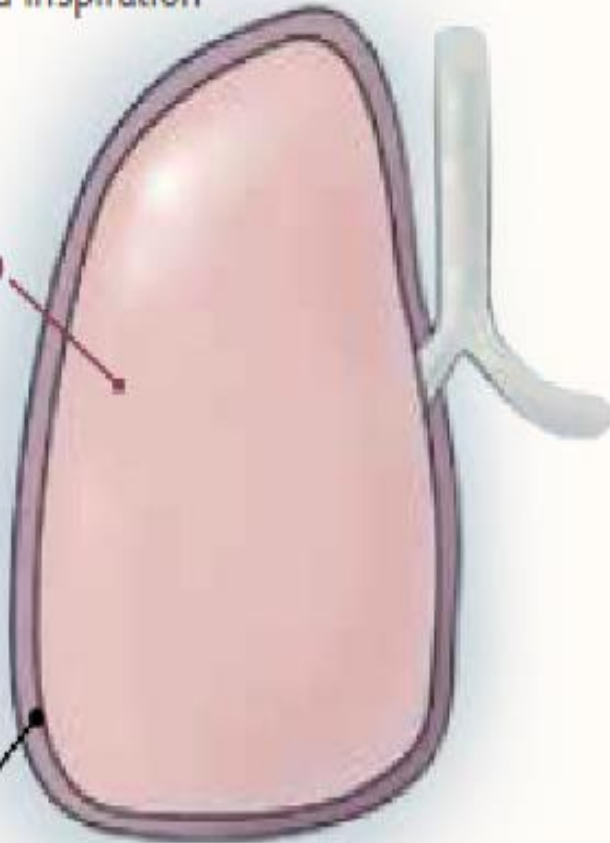
Опасность перрастяжения
легких !!!

Тяжелый ОРДС: Высокое P_{tp} при спонтанном вдохе, опасность перерастяжения легких

E Patient with marked respiratory distress, on noninvasive ventilation, at end inspiration

$P_{alv} = 10 \text{ cm H}_2\text{O}$

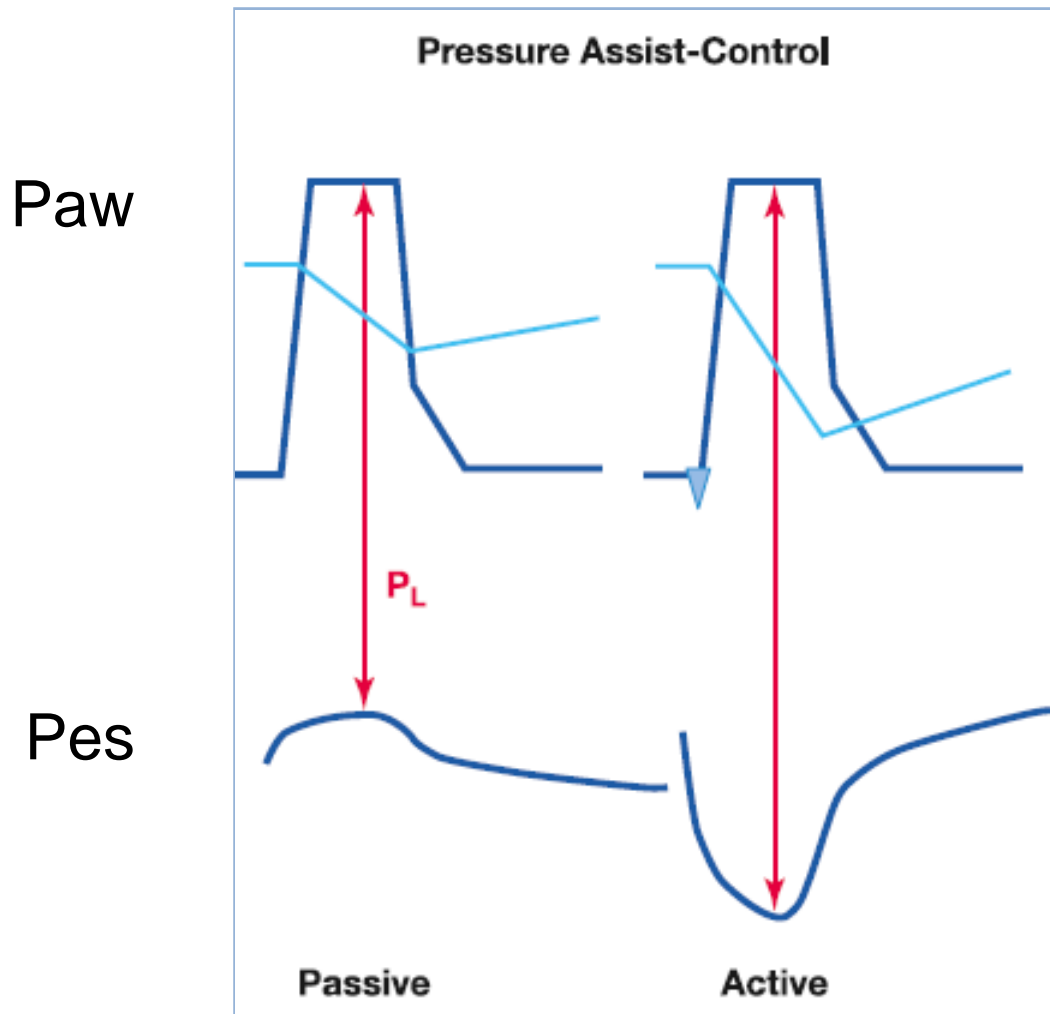
$P_{pl} = -15 \text{ cm H}_2\text{O}$



$$P_{tp} = 10 - (-15) = +25 \text{ cm H}_2\text{O}$$

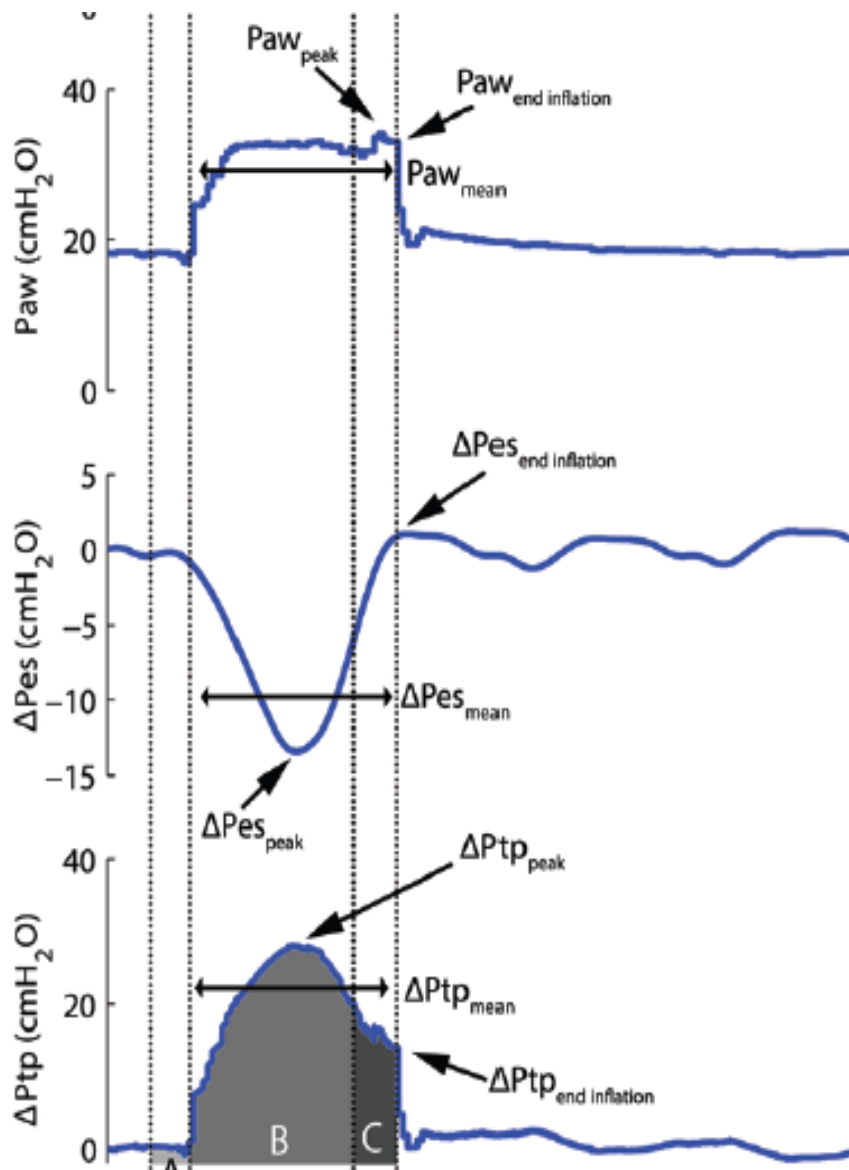
A.Slutsky & M.Ranieri. NEJM
2013; 369: 2126

МВЛ и $P_{tr\ insp}$: влияние спонтанного дыхания



E.Akoumianaki et al. Am J Respir Crit Care Med 2014; 189: 520

ОРДС и $P_{tp\ insp}$: влияние спонтанного дыхания

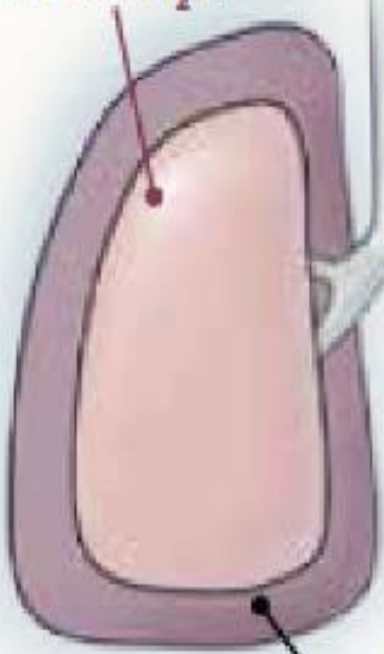


J.Doorduyn. Anesthesiology
2015; 123: 181

МВЛ и P_{tp} insp при низкой податливости грудной клетки

C Patient with stiff chest wall, on mechanical ventilation, at end inspiration

$P_{alv} = 30 \text{ cm H}_2\text{O}$



$P_{pl} = 25 \text{ cm H}_2\text{O}$

$$P_{tp} = 30 - 25 = +5 \text{ cm H}_2\text{O}$$

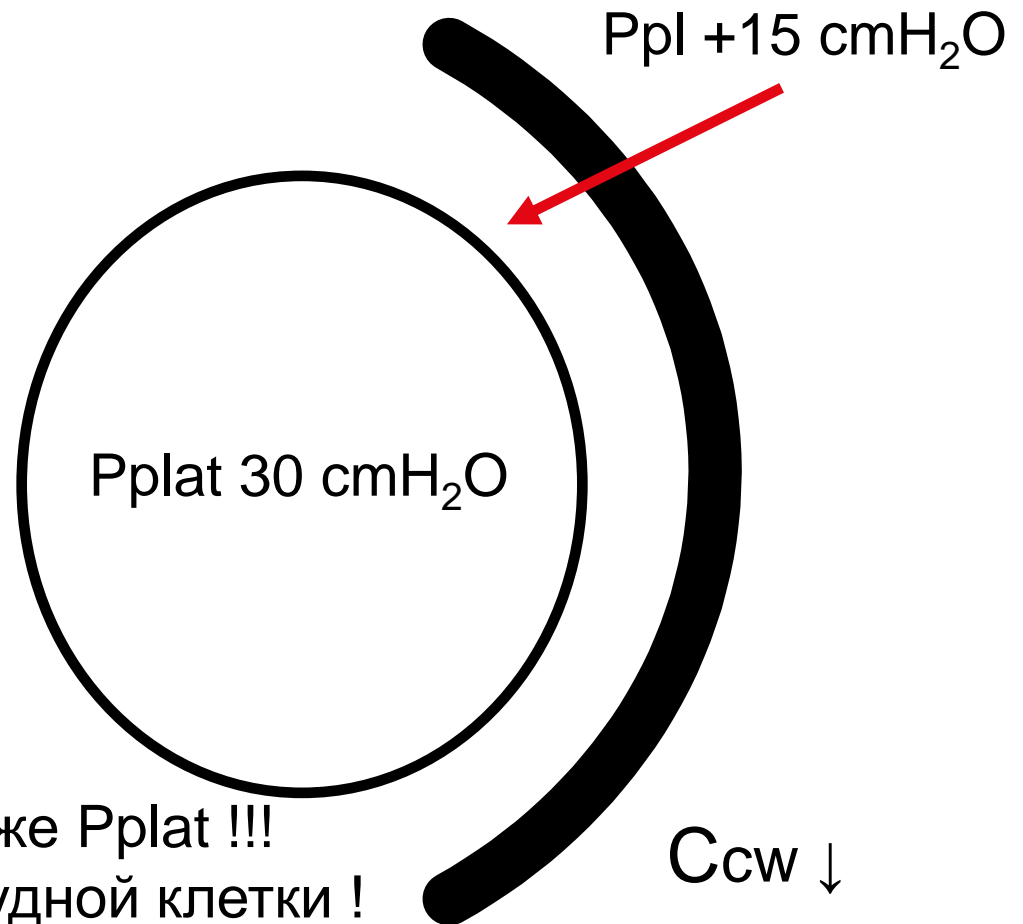
A. Slutsky & M. Ranieri. NEJM 2013;
369: 2126

Ptp Insp: малоподатливая грудная клетка

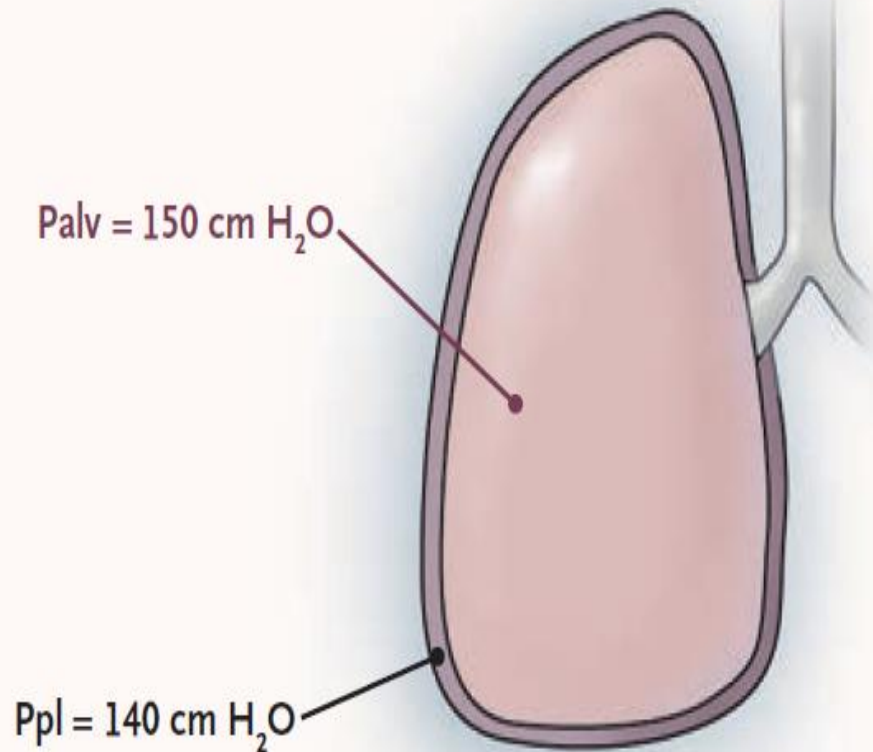
$$P_{tp\ insp} = 15\text{ cmH}_2\text{O}$$

Ptp insp безопасное !

Риск ВВПЛ разный при том же Pplat !!!
Зависит от податливости грудной клетки !



D Trumpet player while playing a note



$$P_{tp} = 150 - 140 = +10 \text{ cm H}_2\text{O}$$



A.Slutsky & M.Ranieri. NEJM 2013;
369: 2126

Основные причины низкой податливости грудной клетки

- Анатомические особенности
- Ожирение
- Синдром абдоминального компартмента, асцит
- Гипергидратация
- Перитонеальный диализ
- «Стягивающие» повязки

G.Hedenstierna Cur Opin Crit Care 2012; 18: 80

D.Hess Cur Opin Crit Care 2008; 14: 94

Низкая податливость грудной клетки

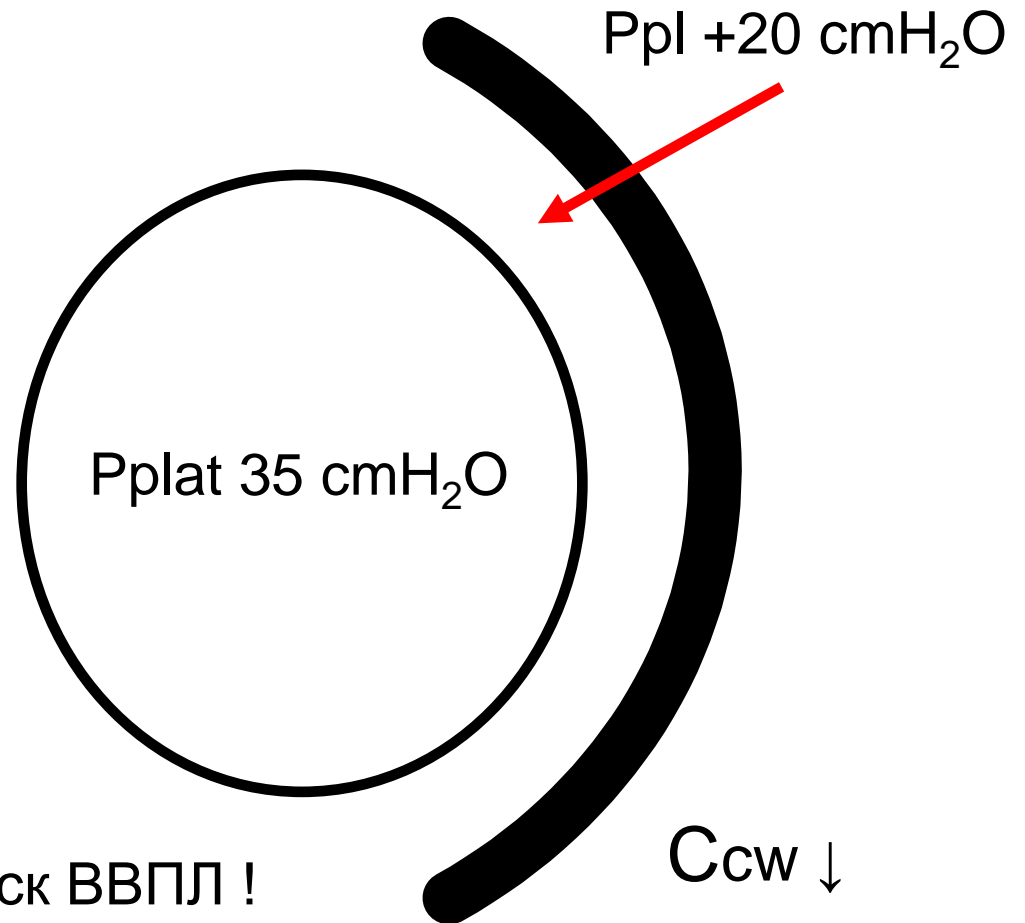


$P_{tp} \text{ Insp}$: малоподатливая грудная клетка и $\uparrow P_{plat}$

$P_{tp} \text{ insp} = 15 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{tp} \text{ insp}$ безопасное !

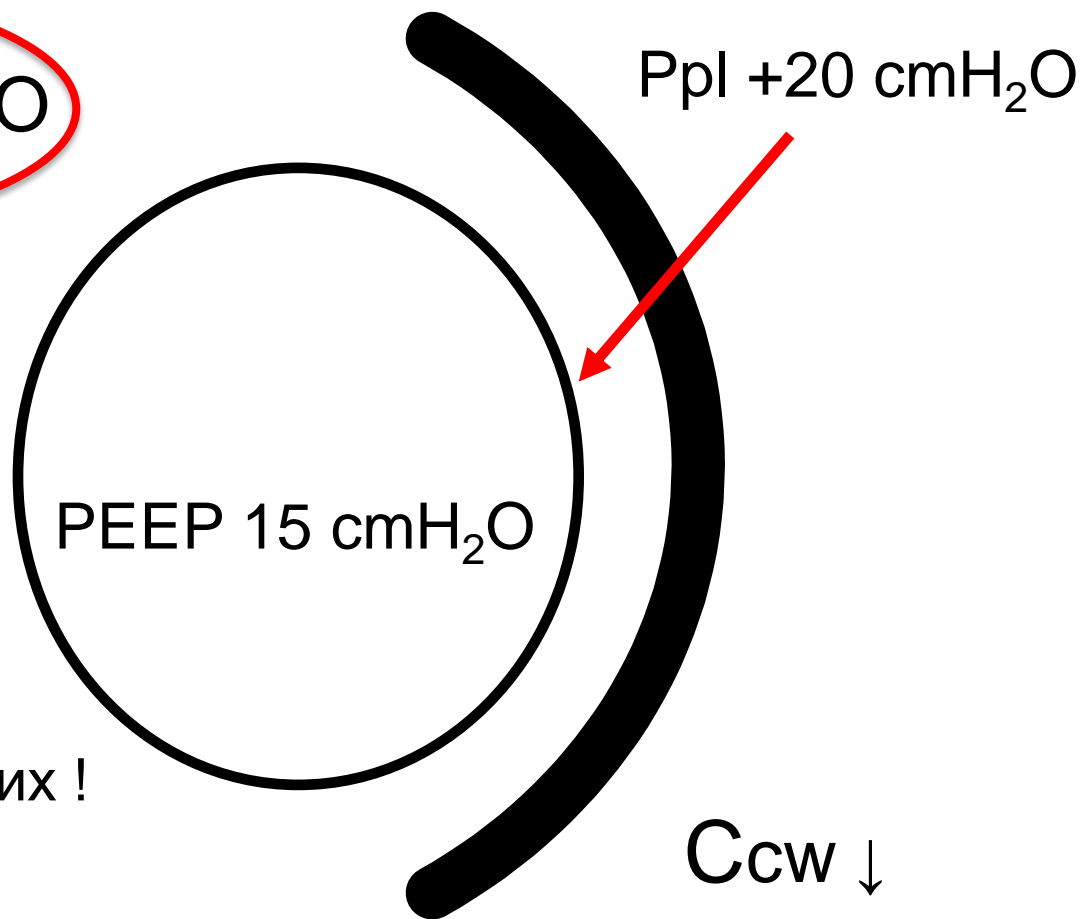
Высокое P_{plat} - не всегда риск ВВПЛ !



S.Sahetya & R.Brower Cur Opin Crit Care 2016; 22: 7

$P_{tp\ exp}$ при низкой податливости грудной клетки

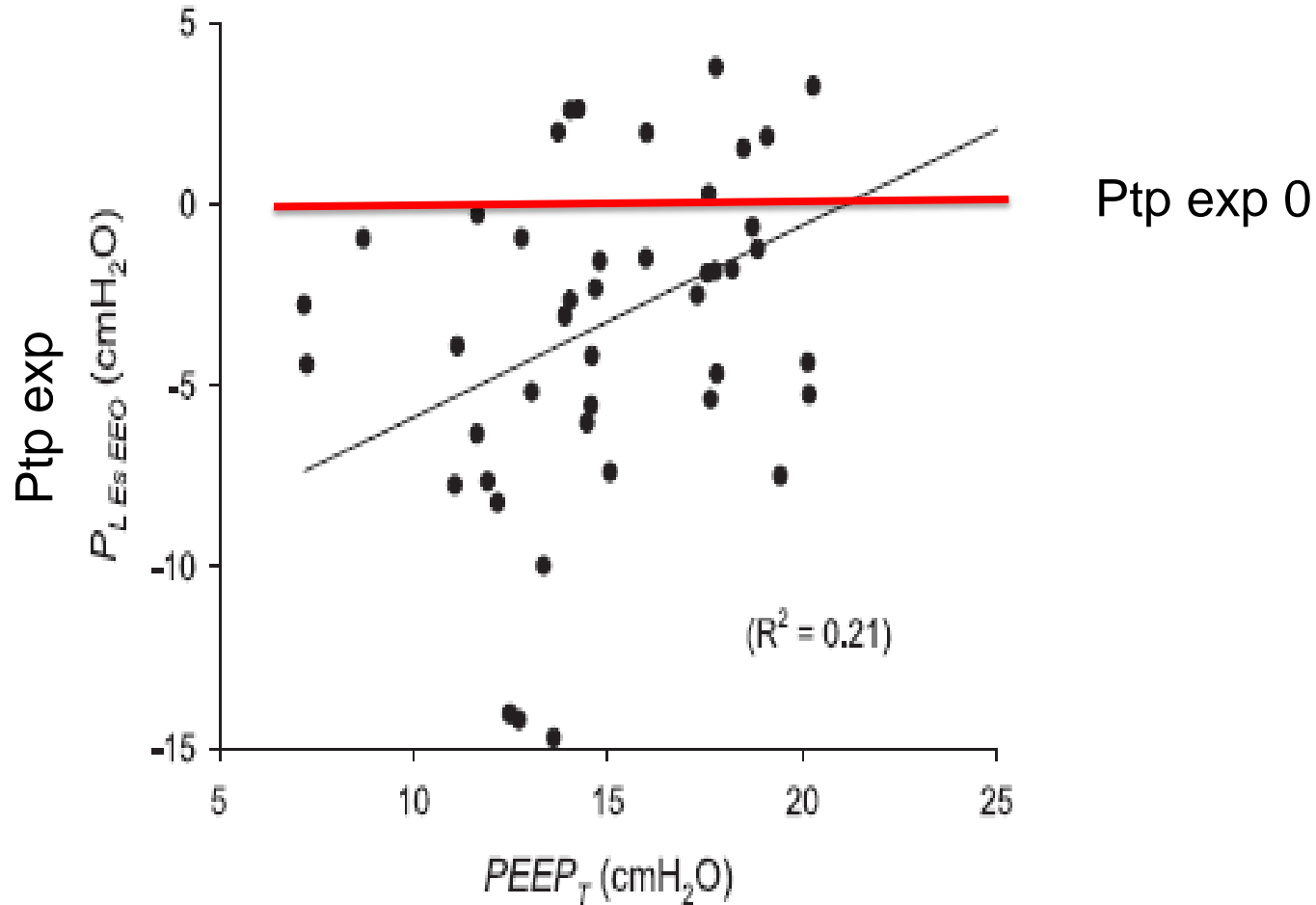
$P_{tp\ exp} = -5\text{ cmH}_2\text{O}$



Опасность коллапса легких !
Риск ателектотравмы !

S.Sahetya & R.Brower Cur Opin Crit Care 2016; 22: 7

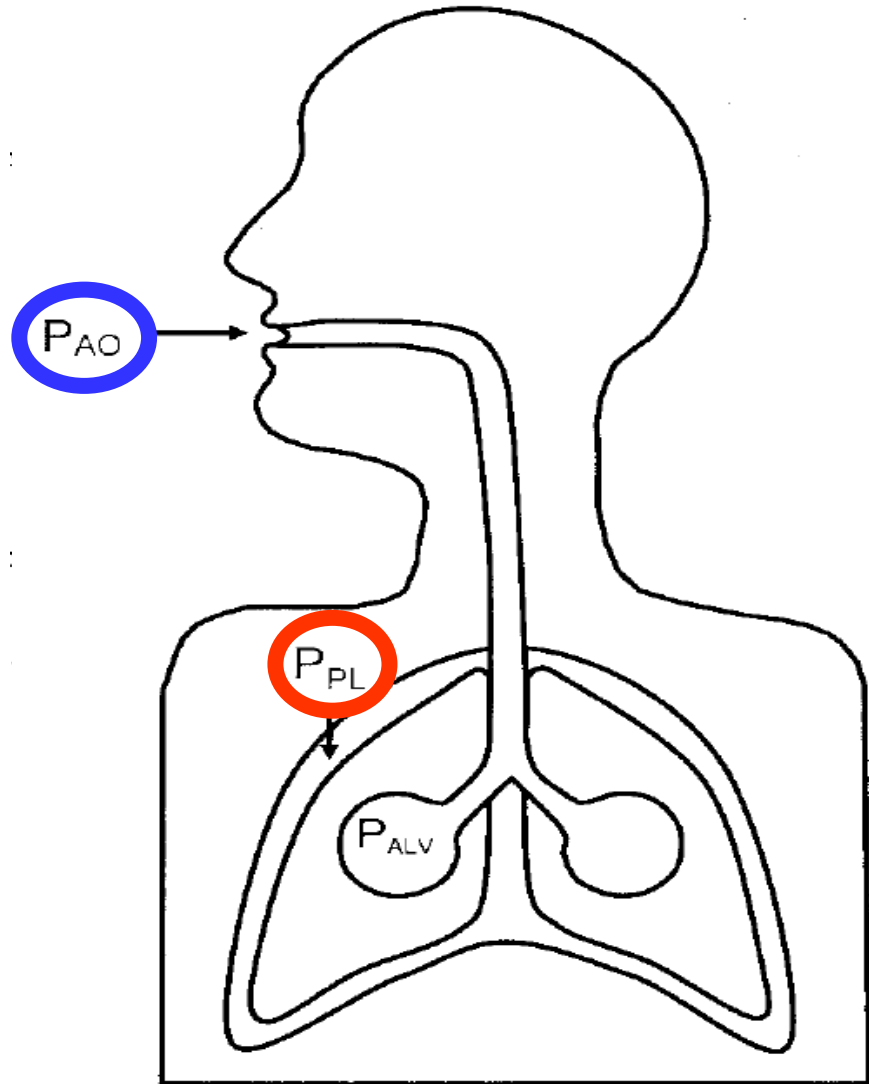
Низкая податливость грудной клетки: $P_{tp\ exp}$ и $PEEP_T$



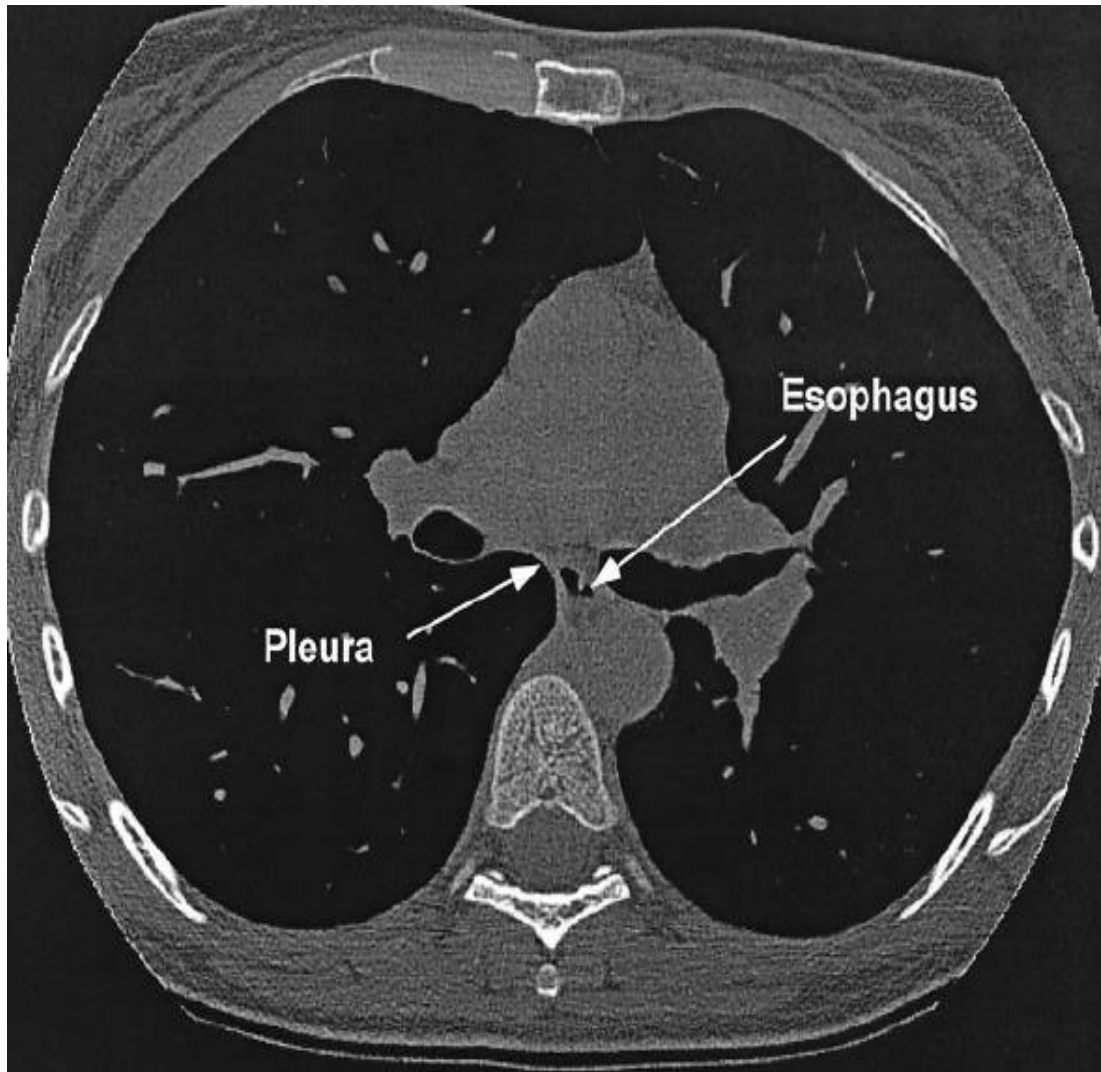
S.Loring et al. J Appl Physiol 2010; 108: 515

Внутриплевральное давление: Как измерить?

- P_{pl} : Давление, окружающее легкие
- Напрямую в клинике не измеряется
- P_{pl} коррелирует с внутрипищеводным давлением (P_{es})



Плевральная полость и нижняя треть пищевода: СТ



$P_{es} \neq P_{pl}$

$\Delta P_{es} \approx \Delta P_{pl}$

O.Benditt. Respir Care 2005; 50: 68

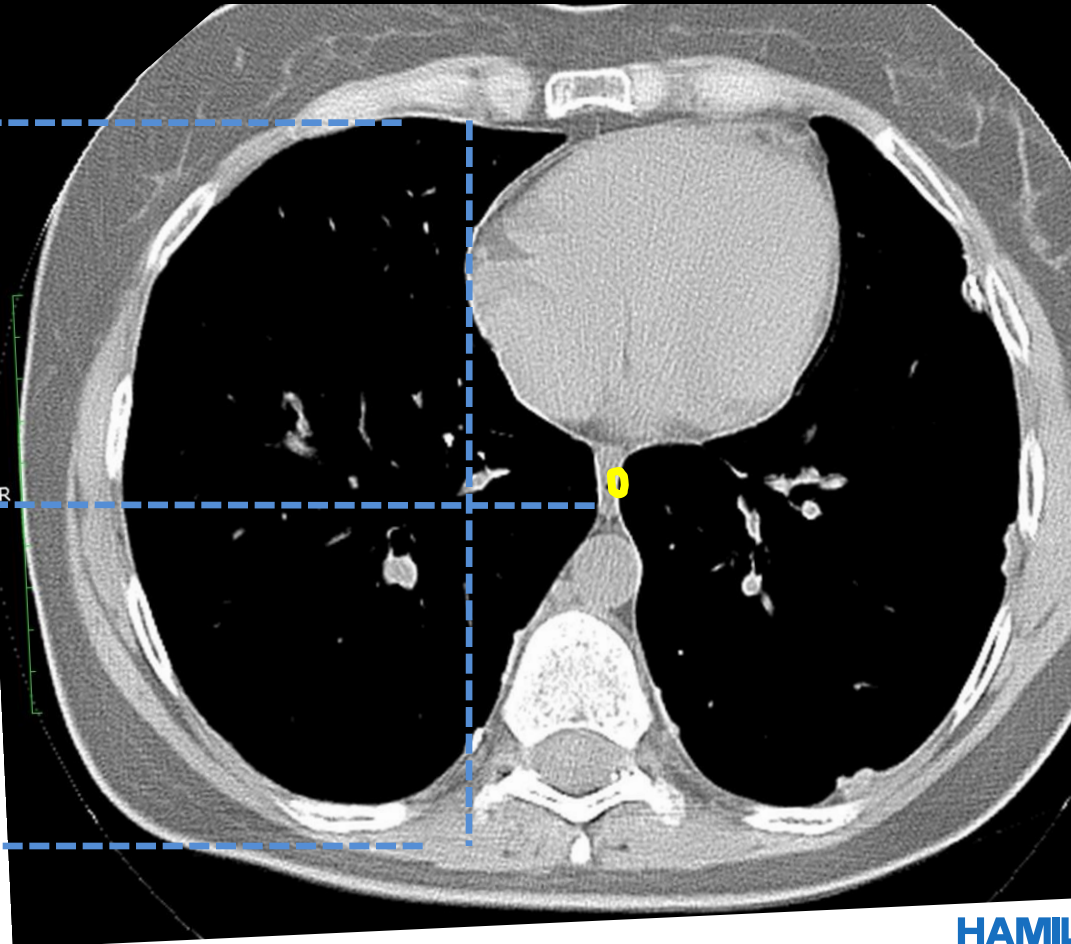
Ppl и Pes: Региональные соотношения

Нормальные легкие

$P_{pl} \approx P_{es} - 2 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{pl} \approx P_{es}$

$P_{pl} \approx P_{es} + 2 \text{ cmH}_2\text{O}$



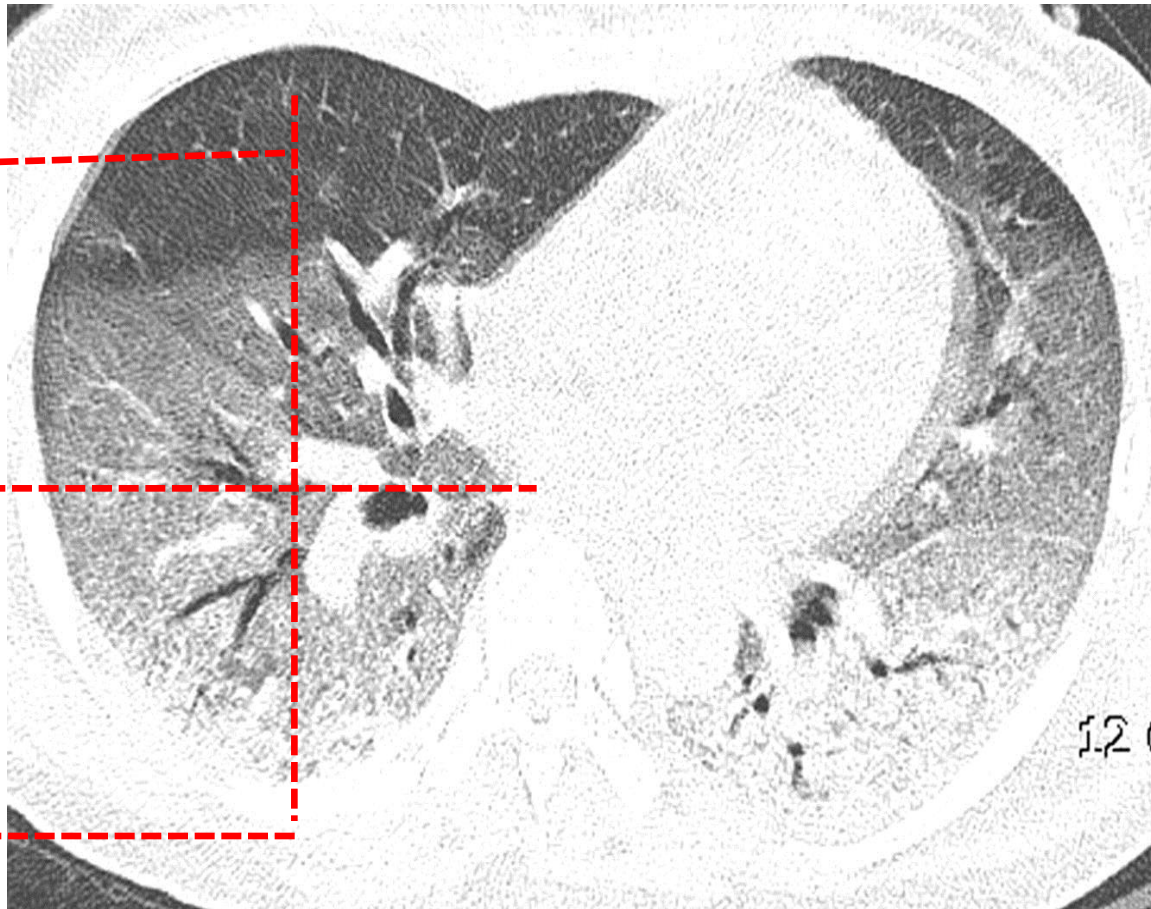
P_{pl} и P_{es} : Региональные соотношения

ОРДС

$P_{pl} \approx P_{es} - 5 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{pl} \approx P_{es}$

$P_{pl} \approx P_{es} + 5 \text{ cmH}_2\text{O}$



Эзофагальный катетер с баллоном

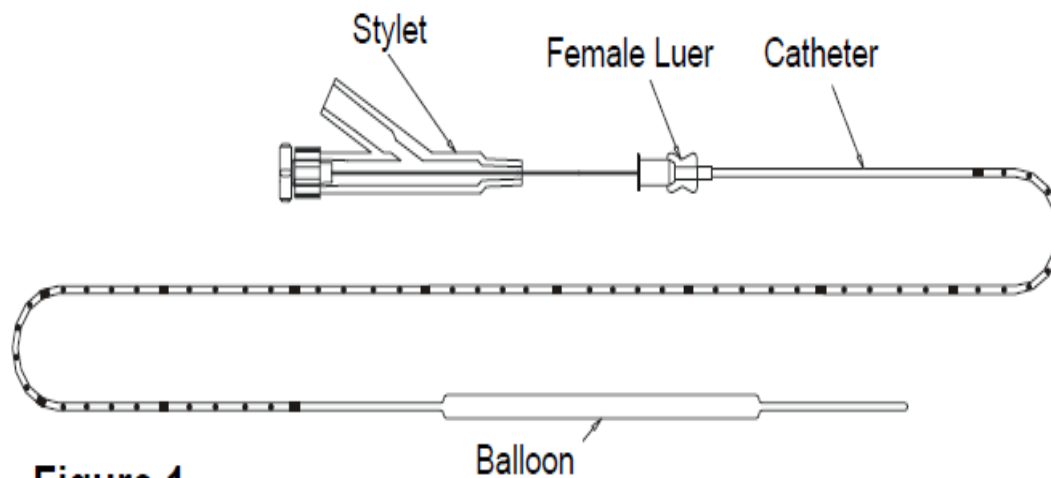
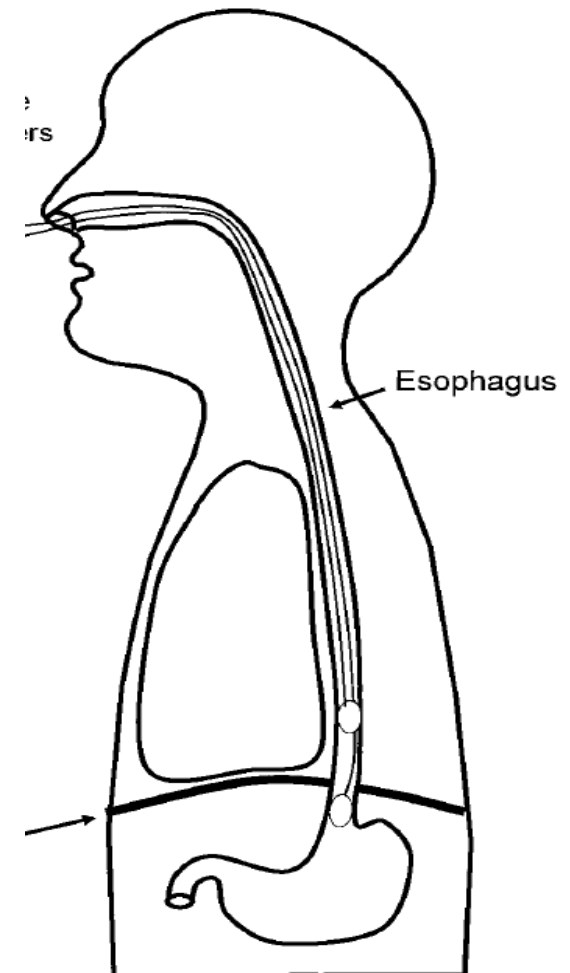
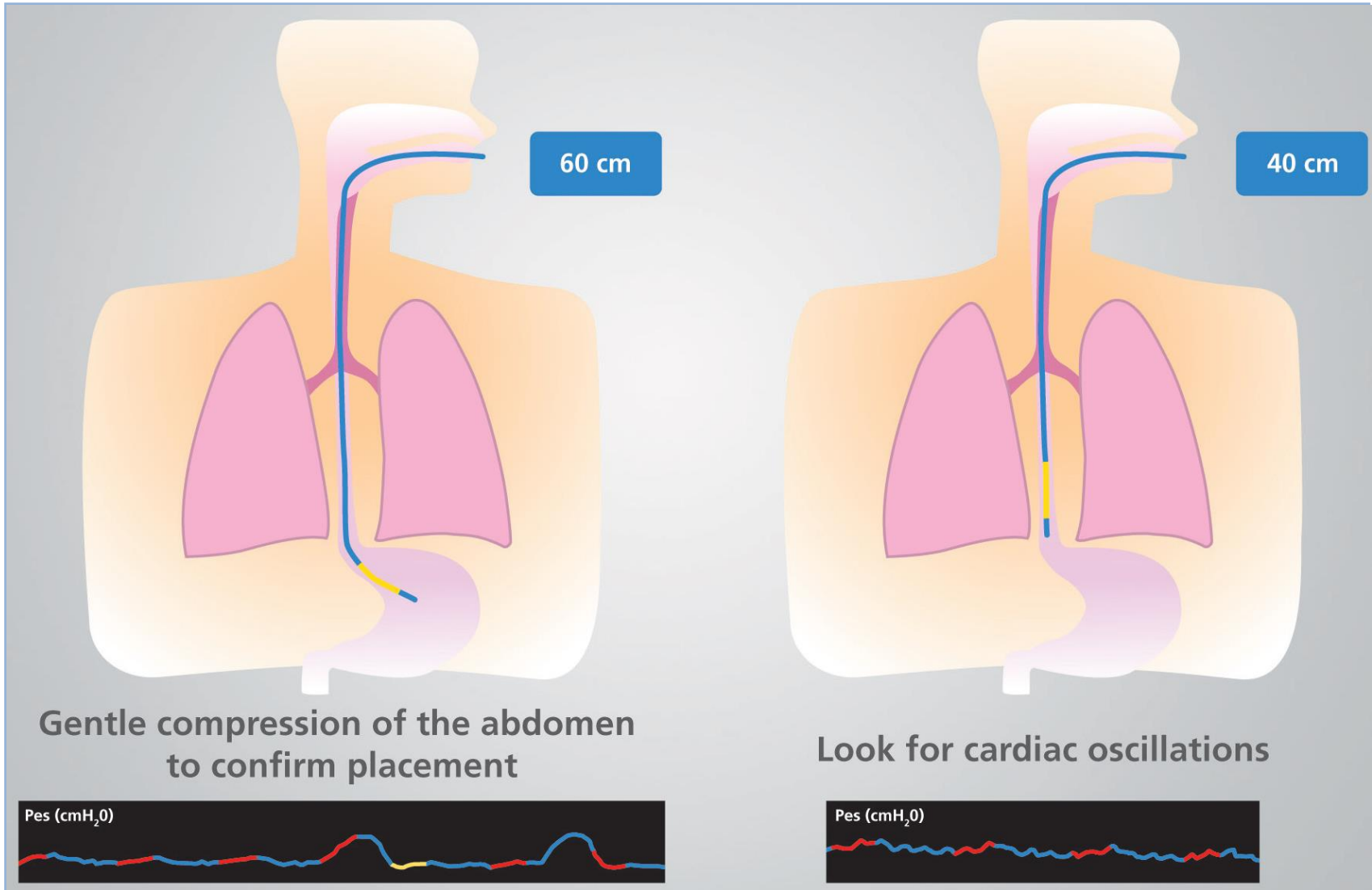


Figure 1



Расположение эзофагального катетера



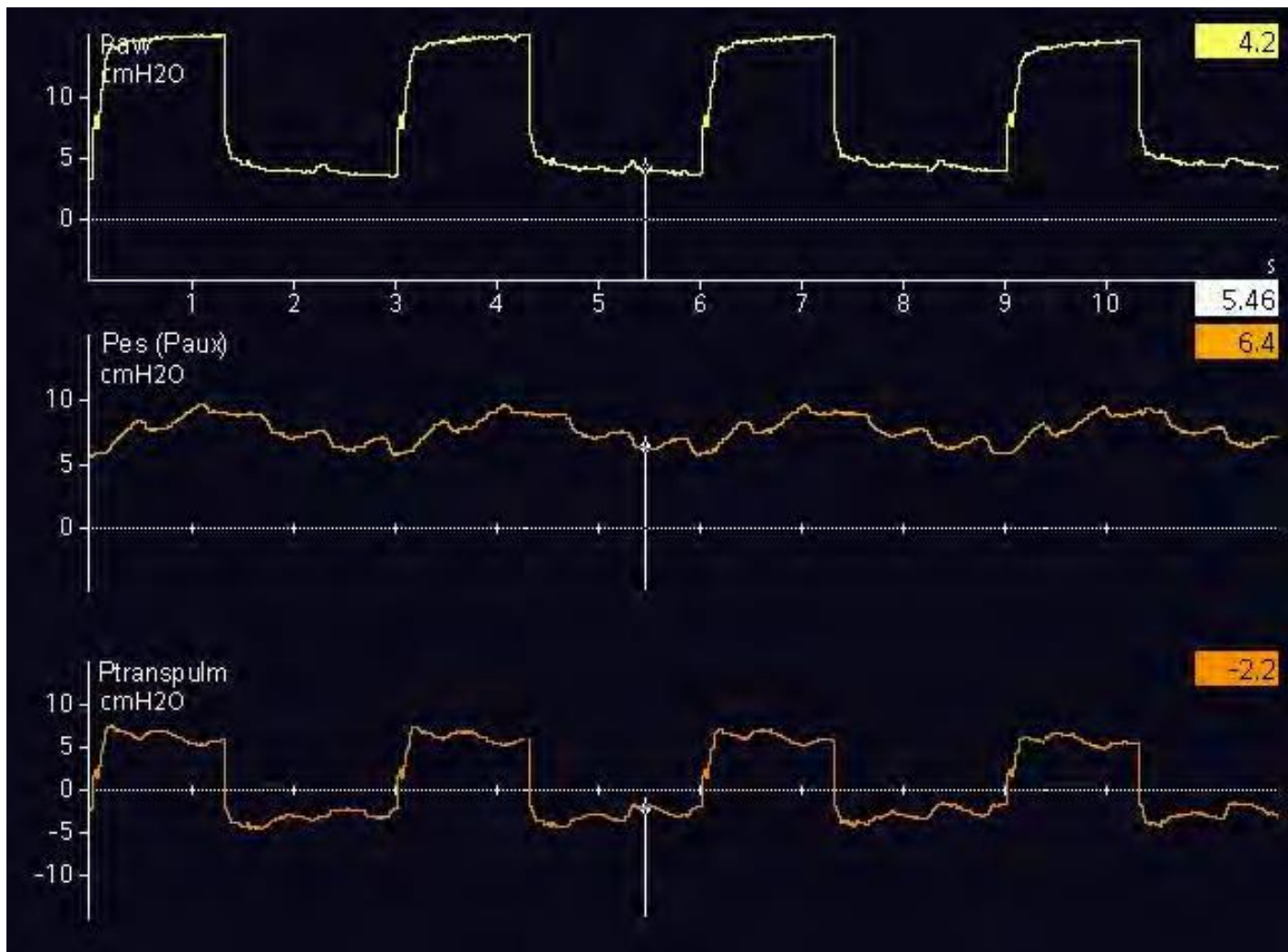
Основные показания к установке эзофагального катетера

- Тяжелый ОРДС
 - $P_{PLAT} \geq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ (> 25)
 - Выраженная гипоксемия
 - Необходимость высокого РЕЕР
 - Признаки сниженной податливости грудной клетки

Основные противопоказания к установке эзофагального катетера

- Изъязвления пищевода
- Опухоли, дивертикулы
- Кровотечение, варикозно расширенные вены
- Плохая проходимость носовых ходов
- Недавнее хирургическое вмешательство в назофарингеальной области
- Высокое ВЧД

Мониторинг транспульмонарного давления в режиме реального времени



Ptp insp

Ptp exp

Транспульмонарное давление и протективная вентиляция: клинические цели

- $P_{tp\ insp} < 20$ (≤ 15) cmH_2O (предупредить перерастяжение)
- $P_{tp\ exp} > 0$ (1-5) cmH_2O (предупредить коллапс)
- $\Delta P_{tp} < 12$ cmH_2O (?) (\downarrow стресс)

D.Talmor et al. NEJM 2008; 359: 2095

A.Protti et al. Am J Respir Crit Care Med 2011; 183: 1354

L.Gattinoni et al. Curr Opin Crit Care 2012; 18: 42

E.Kassis et al. Int Care Med 2016; 42: 1206

Транспульмонарное давление неизвестно: что делать?

- Жесткие легкие и условно нормальная податливость грудной клетки: $P_{plat} \leq 27-28 \text{ cmH}_2\text{O}$, ΔP ($P_{plat} - PEEP$) $\leq 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ (!!!), PEEP по принятой схеме
- Признаки низкой податливости грудной клетки: $P_{plat} \leq 30 \text{ cmH}_2\text{O}$, $\Delta P \leq 15 \text{ cmH}_2\text{O}$, PEEP \uparrow (!!!)
- Давление в мочевом пузыре ($> 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ – в/брюш гипертензия - \downarrow податл. груд. клет.)

Модифицировано по: D.Chiumello et al. Crit Care 2016; 20: 132

C.Mieto et al. Anesthesiol Intensive Ther 2015; 47: s27

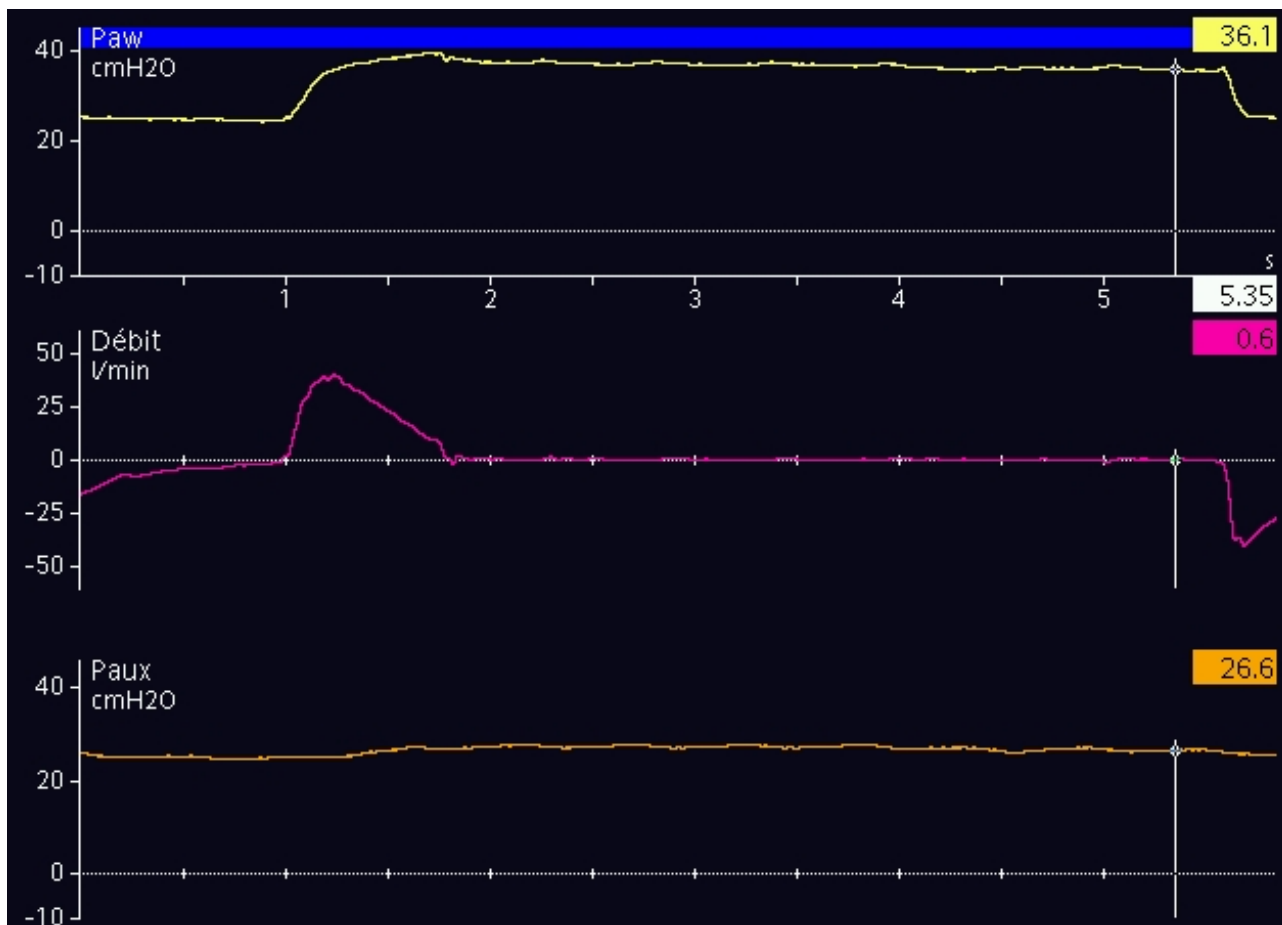
G.Hedenstierna Cur Opin Crit Care 2012; 18: 80

P_{tp} insp: оценка безопасности инспираторного давления

P_{plat} = 36

Flow

P_{es} insp = 26



$$P_{tp} \text{ insp} = 36 - 26 = 10 \text{ cmH}_2\text{O}$$

P_{tp} exp и PEEP

- PEEP 7 cmH₂O

→ P_{tp} exp

отрицательное !

→ Риск коллапса !

→ Увеличить PEEP !



Ptp exp и PEEP

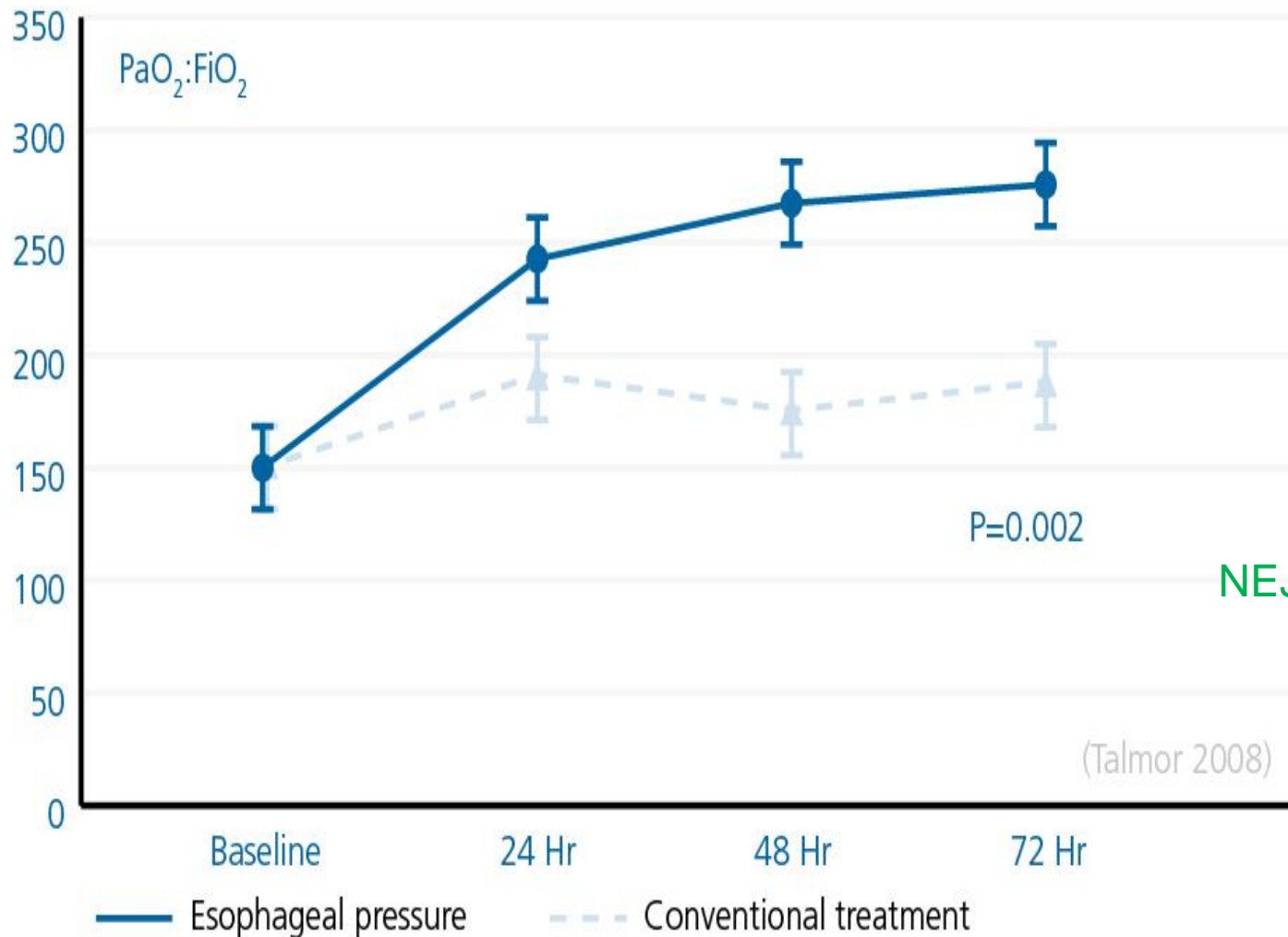
- PEEP
11 cmH₂O

→ Ptp exp > 0

→ предупреждение коллапса



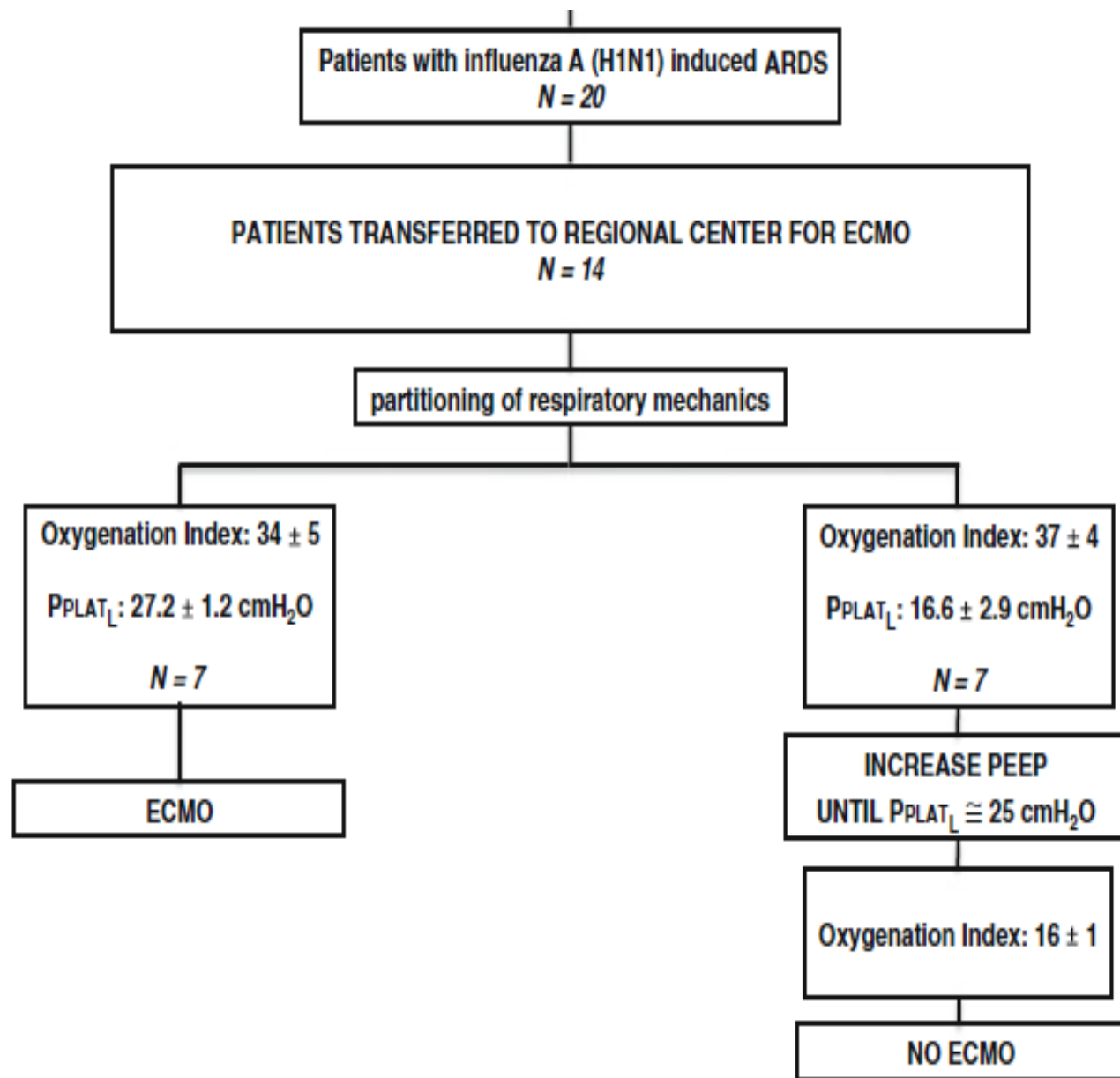
Регулировка РЕЕР по транспульмонарному давлению



■ D. Talmor.
NEJM 2008; 359: 2095

(Talmor 2008)

Ртр и ЕСМО

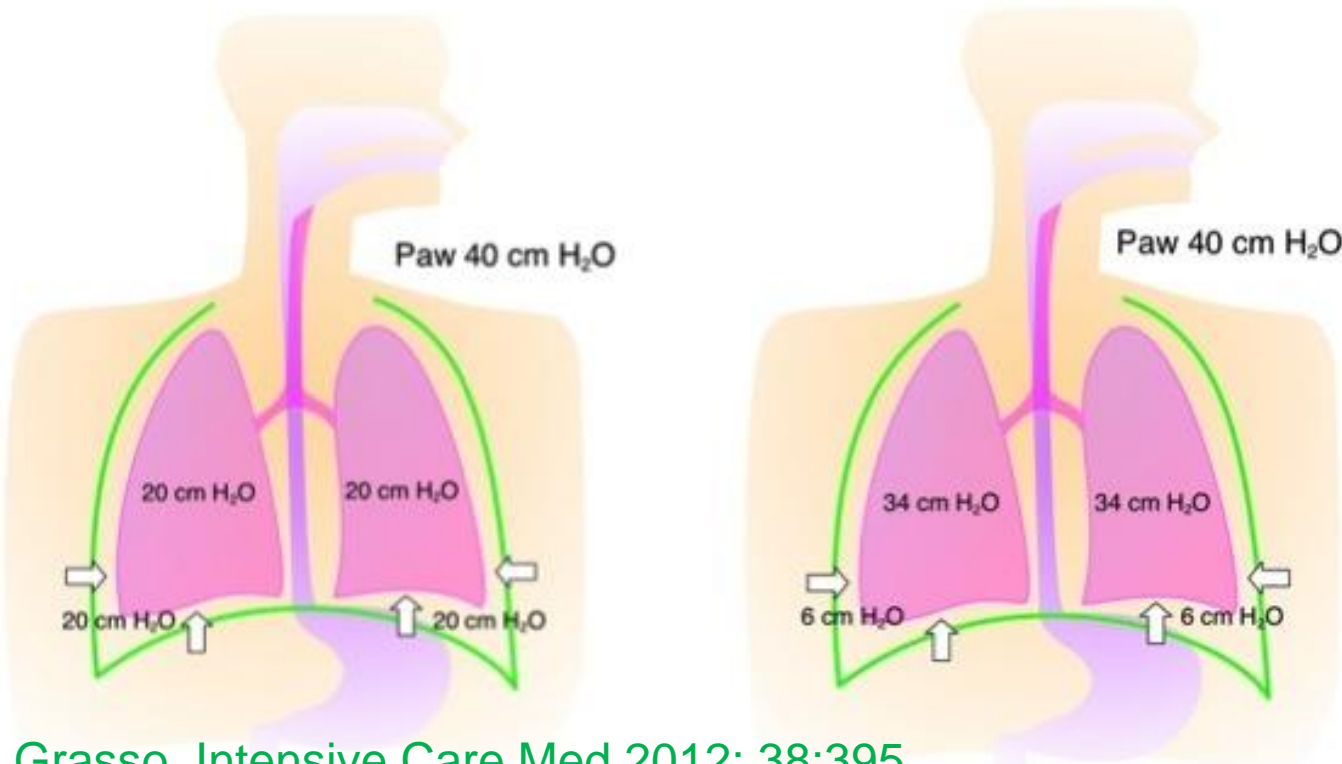


S.Grasso et al. Intensive Care Med 2012; 38:395

Транспульмонарное давление и рекрутмент

Recruitment and Ptp

Ptp insp для рекрутмента
 $\approx 25 \text{ cmH}_2\text{O}$



S.Grasso. Intensive Care Med 2012; 38:395

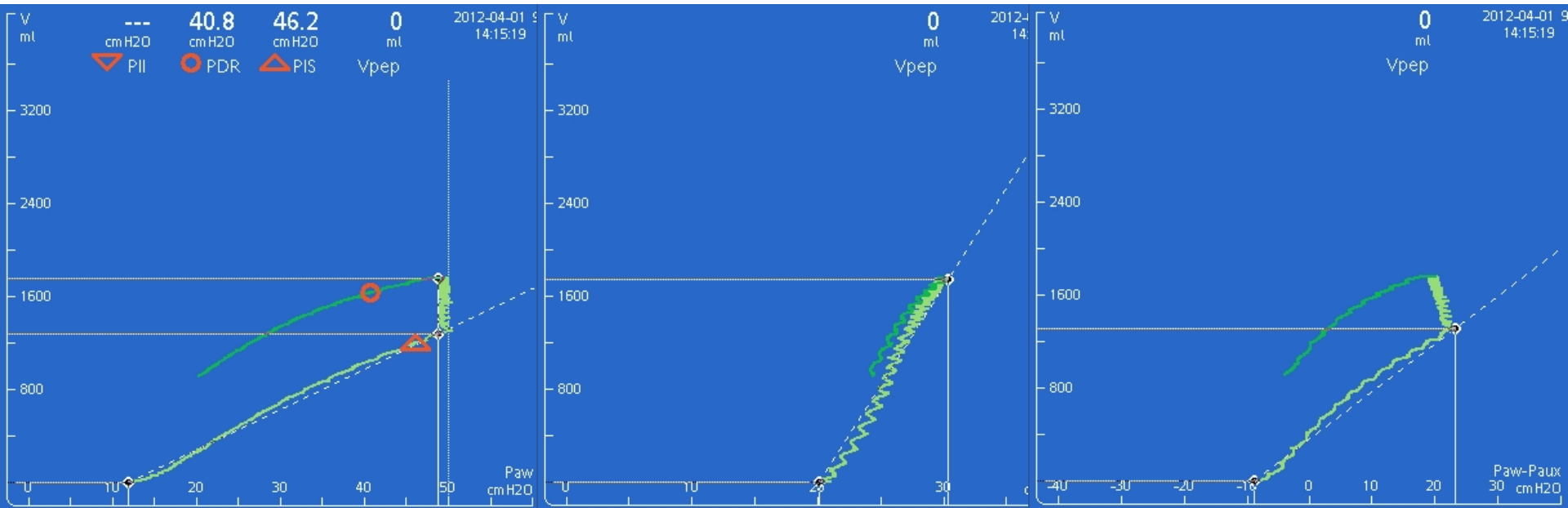
Рекрутмент и Ptp insp

$P_{tp} \approx 25 \text{ cmH}_2\text{O}$

P_{aw}

P_{es}

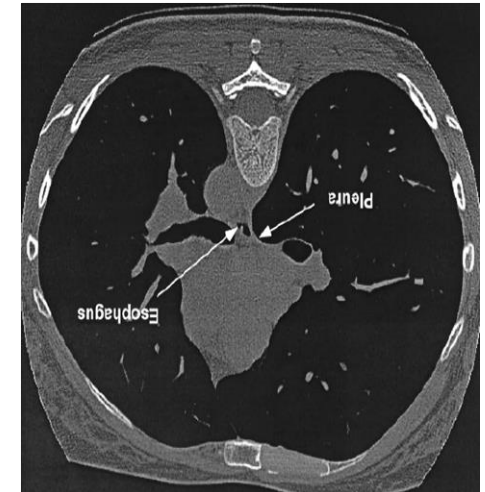
P_{tp}



J-M Arnal....personal findings

Мониторинг Pes & Ptp: неясные моменты

- Дренированная плевральная полость
- Одно легкое
- Однолегочное поражение
- Прон-позиция
- Назогастральный зонд



Заключение

- Мониторинг транспульмонарного давления патофизиологически обоснован у пациентов с ОРДС
- Раздельная оценка податливости легких и грудной клетки
 - Определение вероятности перерастяжения и/или коллабирования легких
 - Регулировка VT/P_{insp} (снизить вероятность ВВПЛ)
 - Индивидуально настроить необходимый уровень PEEP

Спасибо за внимание