

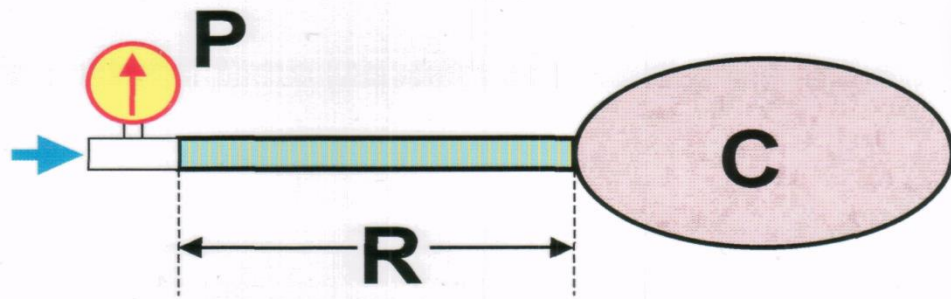
# **ФОЕ — новый инструмент прикроватного мониторинга дыхания**

**Ручина Е.В., Шарнин А.В., Мазурок В.А., Лебединский К.М.**

**Санкт-Петербург**

А зачем?

# Классическая механика ДЫХАНИЯ



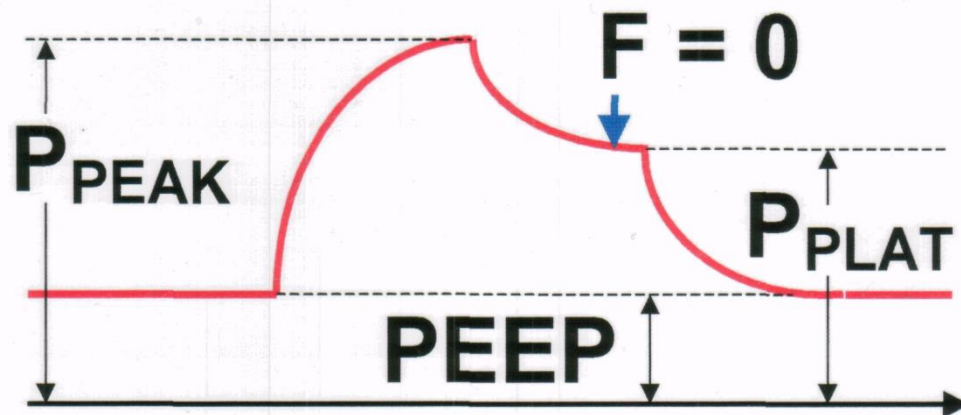
$$P = P_{\text{ЕЕХР}} + P_{\text{ДИН}} + P_{\text{СТАТ}}$$

$$P_{\text{ДИН}} = R \cdot F$$

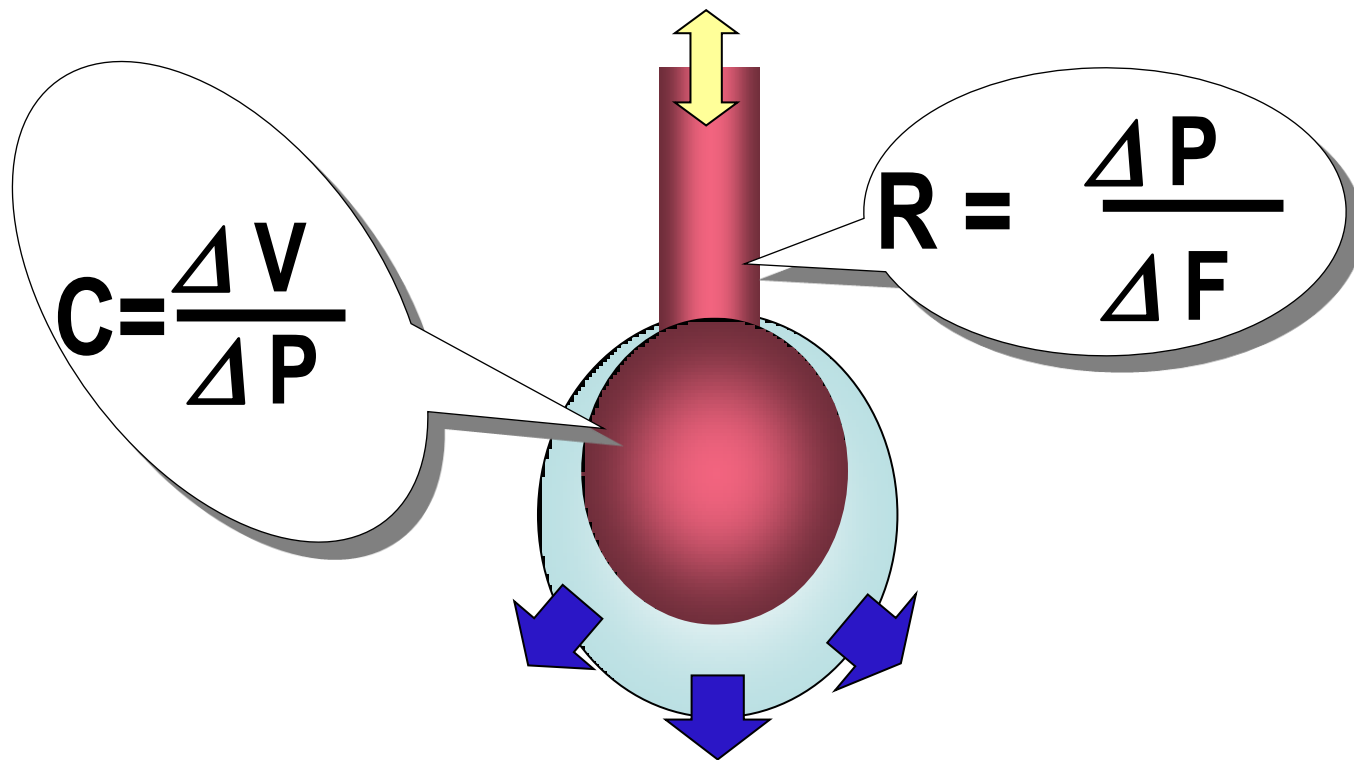
$$P_{\text{СТАТ}} = V/C$$

$$C = Vt / (P_{\text{plat}} - P_{\text{ЕЕХР}})$$

$$R = (P_{\text{peak}} - P_{\text{plat}}) / F$$

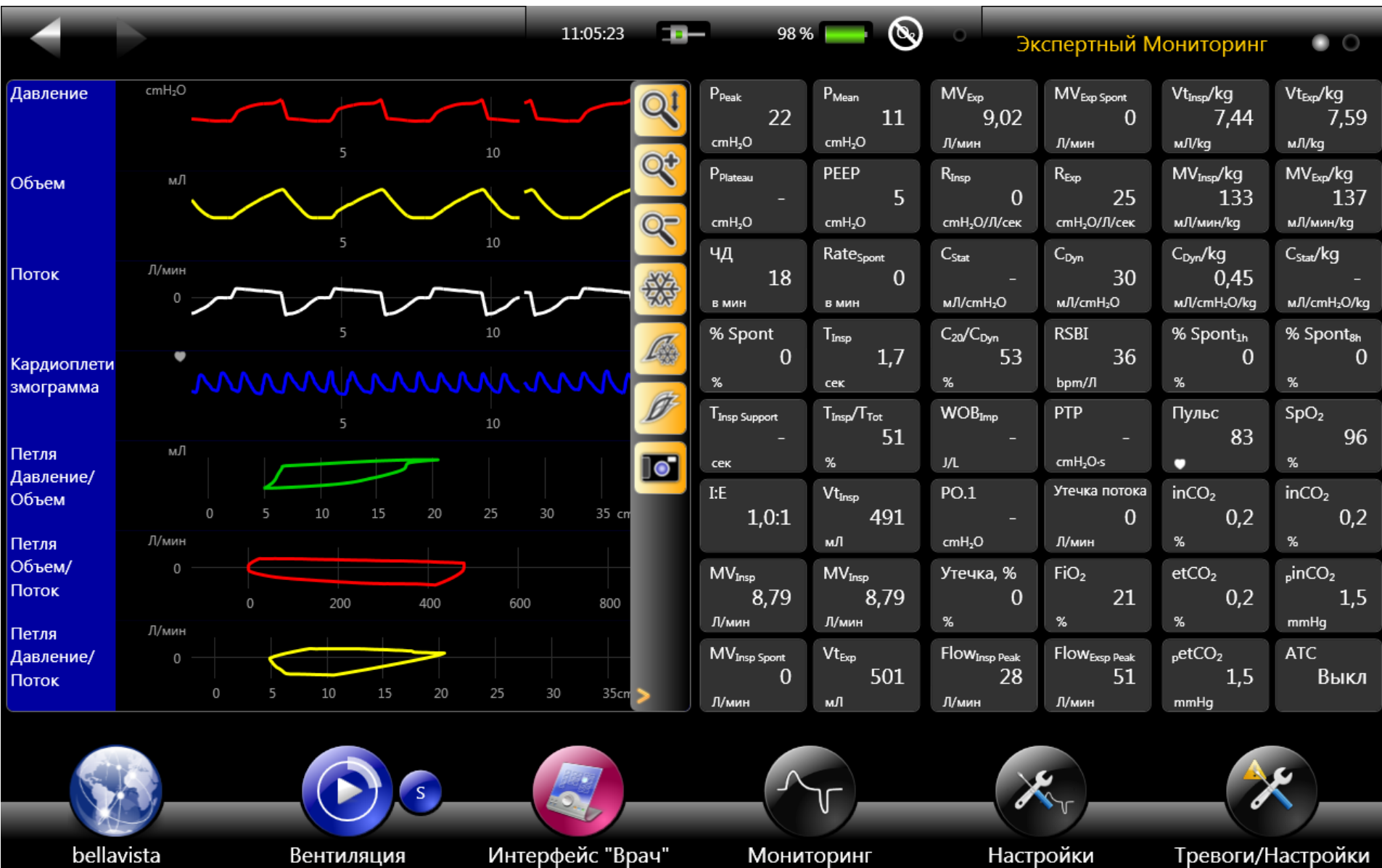


# Оценка C и R - это...



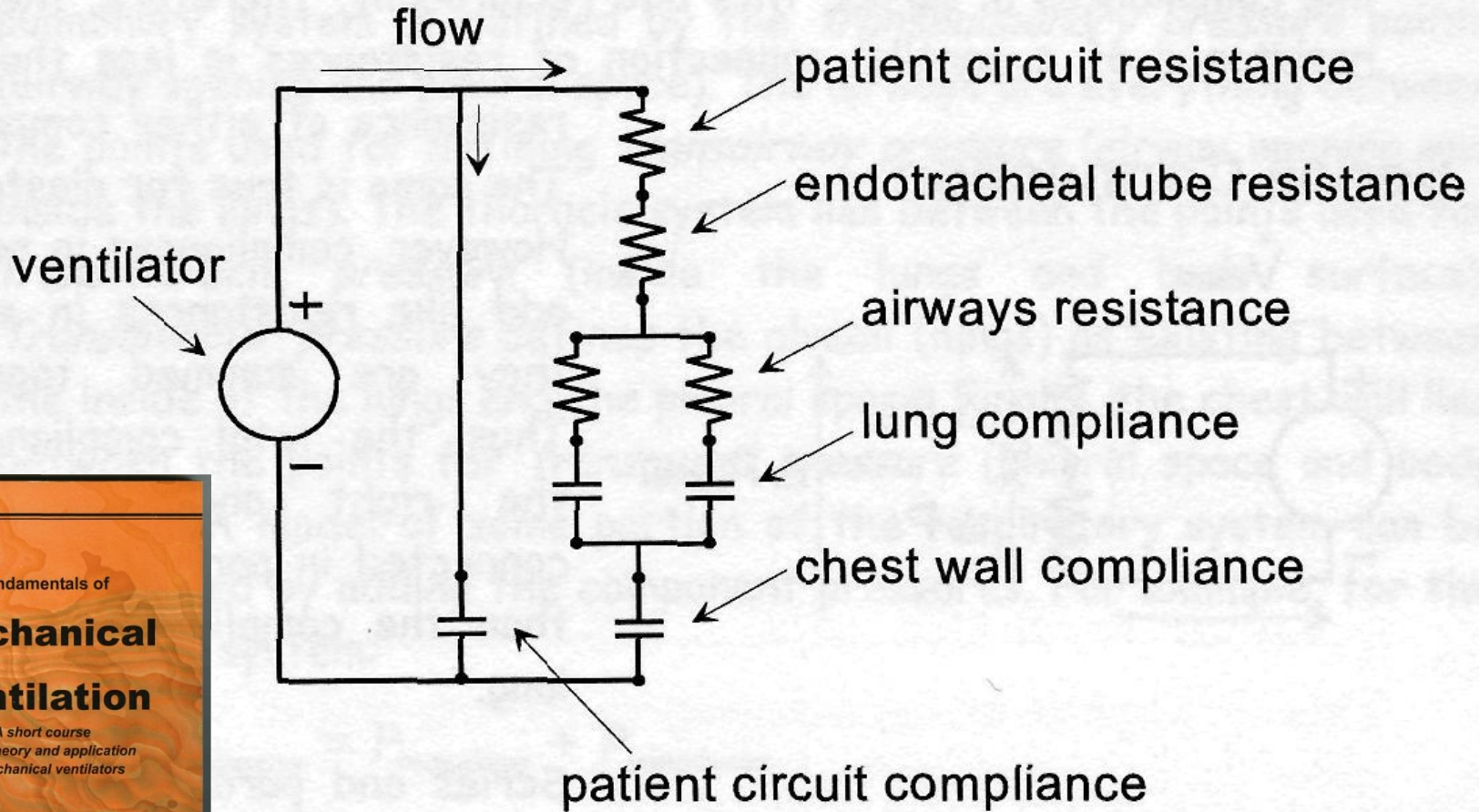
*Дифференциальная диагностика!*

# Классическая механика дыхания



**Все ли так  
однозначно?**

# С и R чего?



Fundamentals of

## Mechanical Ventilation

*A short course  
in the theory and application  
of mechanical ventilators*

Robert L. Chatburn

# «Хороший» комплайнс - здоровые легкие?

$C = 50-80$  мл/см  $H_2O$

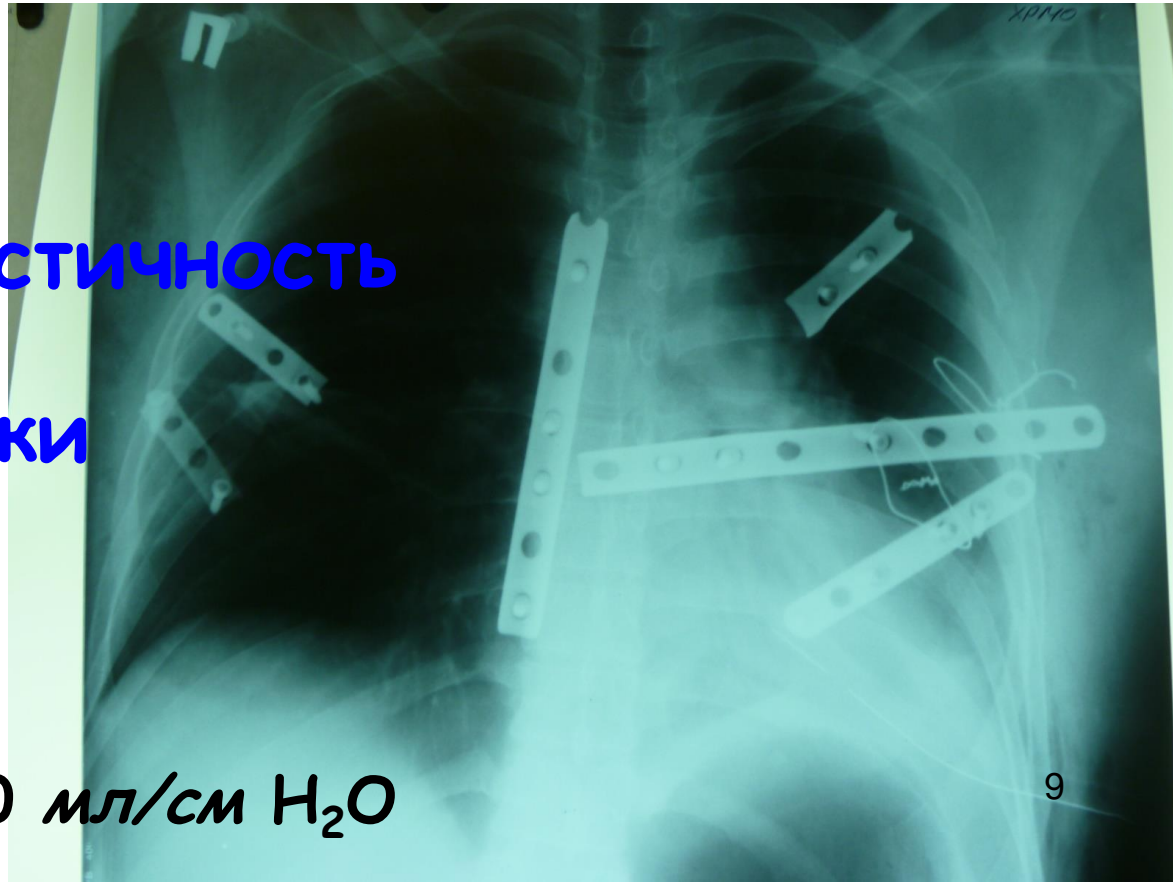
- Конституция
- Абдоминальная компрессия





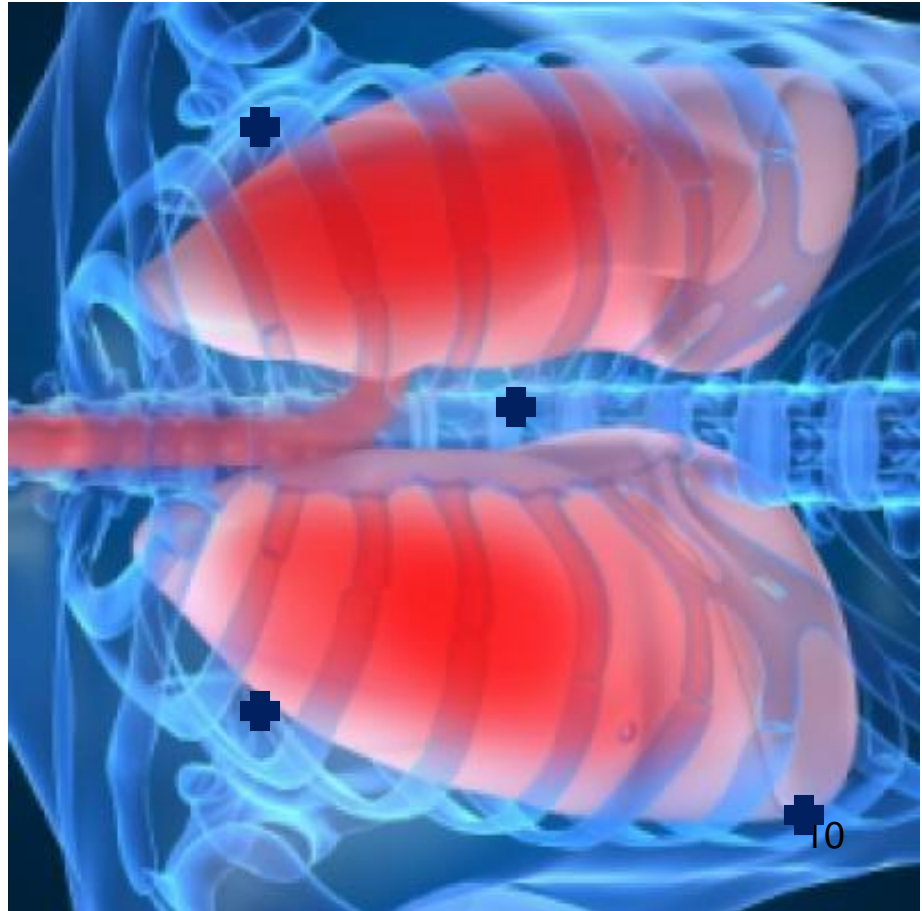
# «Плохой» комплайнс - больные легкие?

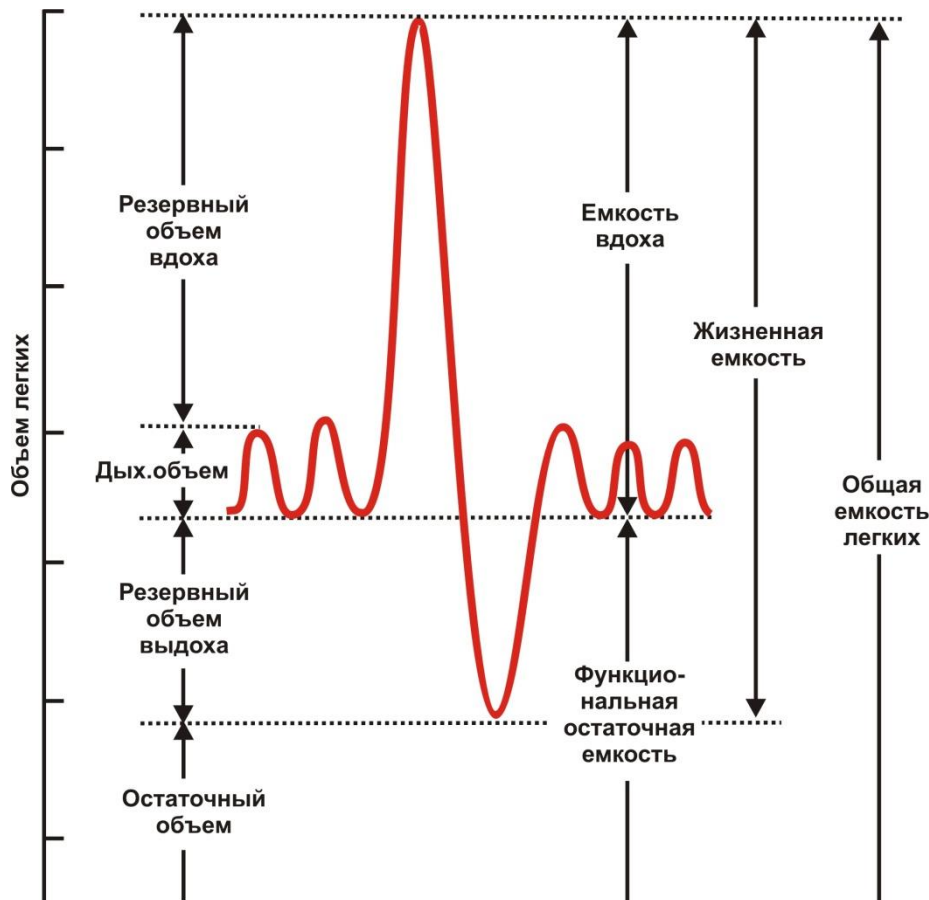
- Каркас и эластичность  
грудной клетки



$C = 50-80 \text{ мл/см H}_2\text{O}$

# Где стоит датчик?

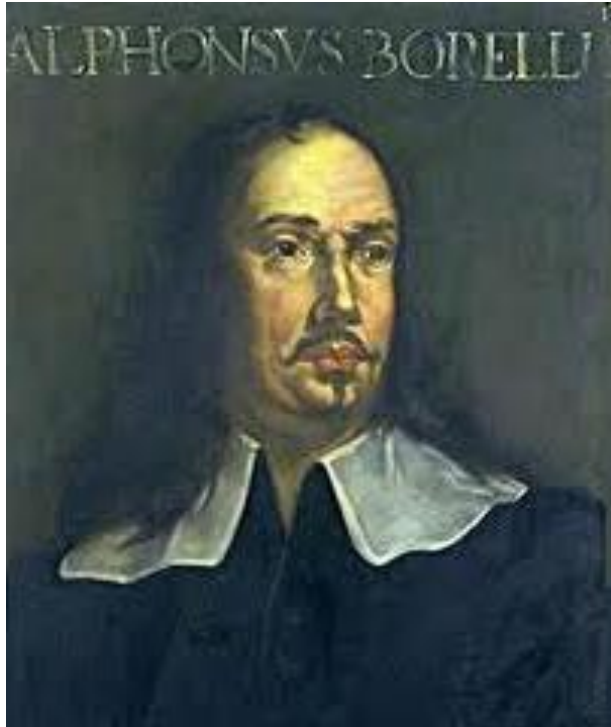




**Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) легких** - сумма резервного объема выдоха и остаточного объема

**End-expiratory Lung Volume (EELV)** - конечно-экспираторный объем легких (КЭОЛ) - новый термин, обозначающий ФОЕ при положительном конечно-экспираторном давлении

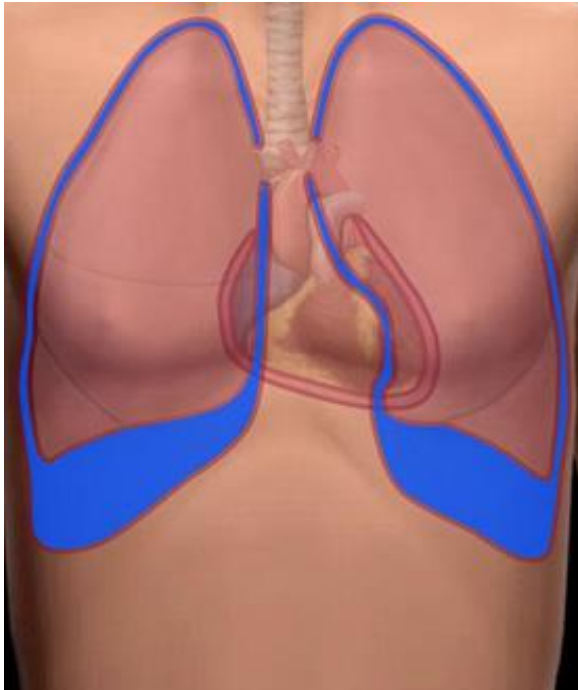
# ИСТОРИЯ ВНЕДРЕНИЯ РАСЧЕТА ФОЕ



- Джованни Борелли, 1680 г. - после выдоха легкие не опустошаются полностью, а какой-то объем воздуха сохраняется в них даже в конце форсированного выдоха.

J-C. Yernault, N. Pride, G. Laszlo. How the measurement of residual volume developed after Davy (1800) // ERS Journals Ltd, 2000.

# ИСТОРИЯ ВНЕДРЕНИЯ РАСЧЕТА ФОЕ



- Гудвин, 1788 г. - определение объема легких у умерших посредством фиксации диафрагмы и заполнения водой плевральных полостей.

Goodwyn E. The connexion of life with respiration.

London, J Johnson, 1788; p. 126.

# ПЕРВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ФОВЕ



**Sir Humphry Davy (1800)**



J-C. Yernault, N. Pride, G. Laszlo. How the measurement of residual volume developed after Davy (1800) // ERS Journals Ltd, 2000

# СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФОЕ

- **Метод вымывания азота (1940)**

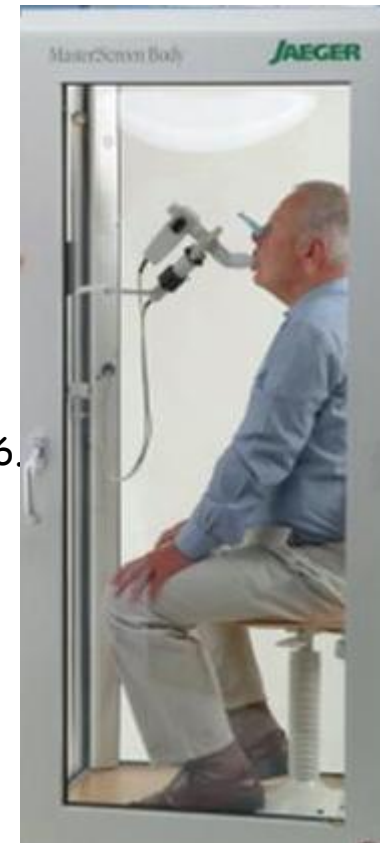
Darling RC, Cournand A, Richards DW. *J Clin Invest*, 1940; 19: 609-18.

- **Метод разведения гелия (1941)**

Meneely G.R., Kaltreider N.L. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 1941; 46: 266.

- **Плетизмография тела (1956)**

Dubois A.B. et al. *J Clin Invest* 1956; 35: 322-6.



# ИЗМЕРЕНИЕ ФОЕ ВО ВРЕМЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

**Используется с 1980-х гг.**

Hammer J, Newth CJ. Intensive Care Med 1995; 21: 744–52.

Schibler A, Frey U. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2002; 87: F7–10.

## **Методы**

- Разведения гелия;
- Вымывание азота;
- Вымывание кислорода;
- SF<sub>6</sub>.

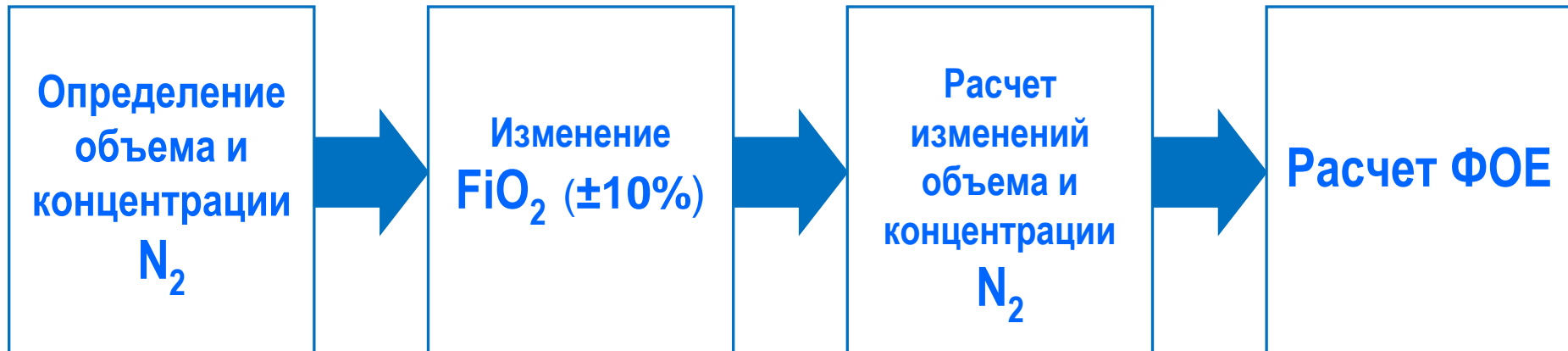


# ИЗМЕРЕНИЕ ФОЕ ВО ВРЕМЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ



Компактный газоанализатор

Engström Carestation,  
FRC INview™ system  
(GE Healthcare).



$$FRC = \frac{\Delta V N_2}{\Delta E T N_2}$$

$$FRC = \frac{\sum breaths \left( \left( (1 - ETO_2 - ETCO_2) \cdot \frac{VCO_2}{ETCO_2 \cdot RR} \right) - \left( (1 - FiO_2) \left( \left( \frac{VCO_2}{ETCO_2 \cdot RR} \right) + \frac{VO_2 - VCO_2}{RR} \right) \right) \right)}{(1 - ETO_2 - ETCO_2)_{baseline} - (1 - ETO_2 - ETCO_2)_{end}}$$



- **Выбор методики санации трахеи**  
Heinze H., Sedemund-Adib B., Heringlake M. et al.  
*Anesth. Analg.* -2008. - Vol. 107. - P. 941-944.
- **Оценка влияния уровня ПДКВ на объём ФОЕ**  
Bikker I. G., van Bommel J., Miranda D. R. et al.  
*Crit Care.* - 2008. - Vol. 12. - P. R145.
- **Поиск оптимального ПДКВ**  
Maisch S, Reissmann H, Fuellekrug B, Weismann D, Rutkowski T, Tusman G, Bohm SH.  
*Anesth Analg* - 2008.-Vol. 106. 175-81. - P. 187 -97.
- **Отлучение пациента от респиратора**  
Heinze H., Sedemund-Adib B., Heringlake M. et al.  
*Anesth. Analg.* - 2009. - Vol. 108. - P. 911-915.
- **Оценка ФОЕ во время вентиляции пациентов в положении «на животе»**  
Reutershan J, Schmitt A, Dietz K, Unertl K, Fretschner R.  
*Clin Sci (London)* 2006; 110: 655-63.
- **Настройка параметров протективной вентиляции легких**  
Chiumello D, Carlesso E.  
*Am J Respir Crit Care Med* - 2008. - Vol. 178.- P. 346-55.  
Dellamonica J., N. Lerolle, C.  
*Intensive Care Med* -2011.-Vol. 37. P. 1595-1604

# РОЛЬ МЕТОДА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ?

*«ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОБХОДИМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧНОЙ РОЛИ ПАРАМЕТРА ФОЕ В ДЫХАТЕЛЬНОМ МОНИТОРИНГЕ И, ВОЗМОЖНО, ДЛЯ РУКОВОДСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ».*

Heinze H., Schaaf B., Grefer J., Klotz K., Eichler W. Anesth Analg 2007  
Sato D, Kurosawa S, Kirino W, Wagatsuma T, Ejima Y, Yoshida A, Toyama H, Nagaya K. J Anesth. 2012  
Veena S, Palepu S, Umamaheswara Rao GS, Ramesh VJ. Indian J Crit Care Med. 2010







Пациент  
отсоединен.

Нет резервного  
питания от  
аккумулятора.

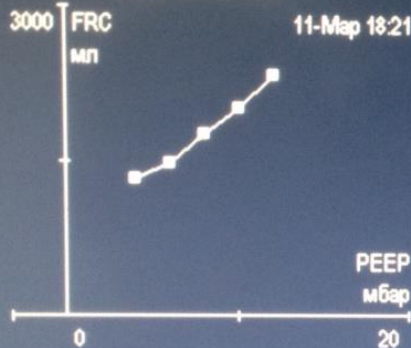
19:00

### PEEP INview

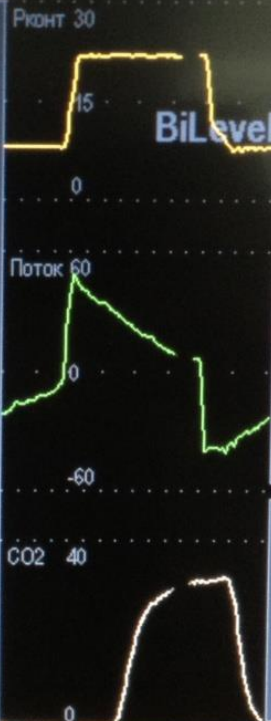
Пуск  
FRC O2 55  
Начальн. PEEP 4  
Конечное PEEP 12  
Измерения 5  
Сравн-е кривых Нет  
INview легкого Вык.  
Предыд. Меню

Запустить  
процедуру PEEP  
INview

### Дуга PEEP



| Уст. PEEP мбар | FRC мл | PEEPe-и мбар |
|----------------|--------|--------------|
| 4              | 1344   | 4+2          |
| 6              | 1497   | 6+2          |
| 8              | 1784   | 9+2          |
| 10             | 2024   | 11+2         |
| 12             | 2350   | 13+2         |



Р К О Н Т

мбар

Рник 22 40  
PEEPe 8 Вык.  
Рсредн. 15 Рплато ---  
Вык.

Утечка % 0

МVвыд л/мин 11.4 40  
ЧД л/мин 15 Вык.  
2.0 Вык.

TVвыд мл 755 Вык.  
FIO2 % 45 51  
39

↑ СО2

EtCO2 мм.ртст 32.4 60.0  
Вык. 356

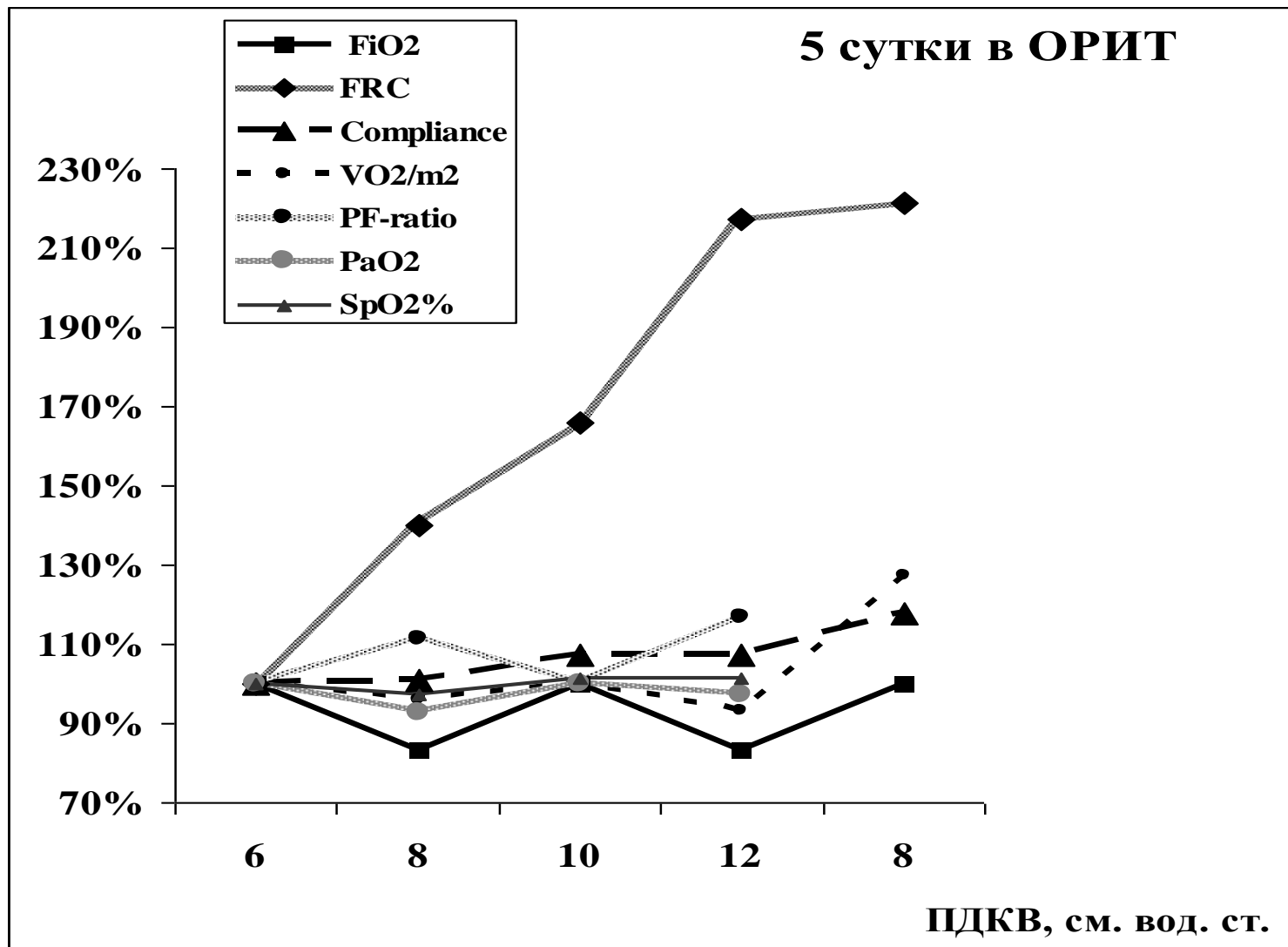
VCО2 мл/мин

вентиляция с двумя уровнями давления (BiLevel)

| FIO2 % | Рвдох мбар | Рнизк мбар | Твдох сек | Частота л/мин | Рsupp мбар | ↑ O2 % | ET | Fi  | Fi-ET |
|--------|------------|------------|-----------|---------------|------------|--------|----|-----|-------|
| 45     | 14         | 8          | 2.0       | 15            | 16         | 38     | 43 | 4.6 |       |

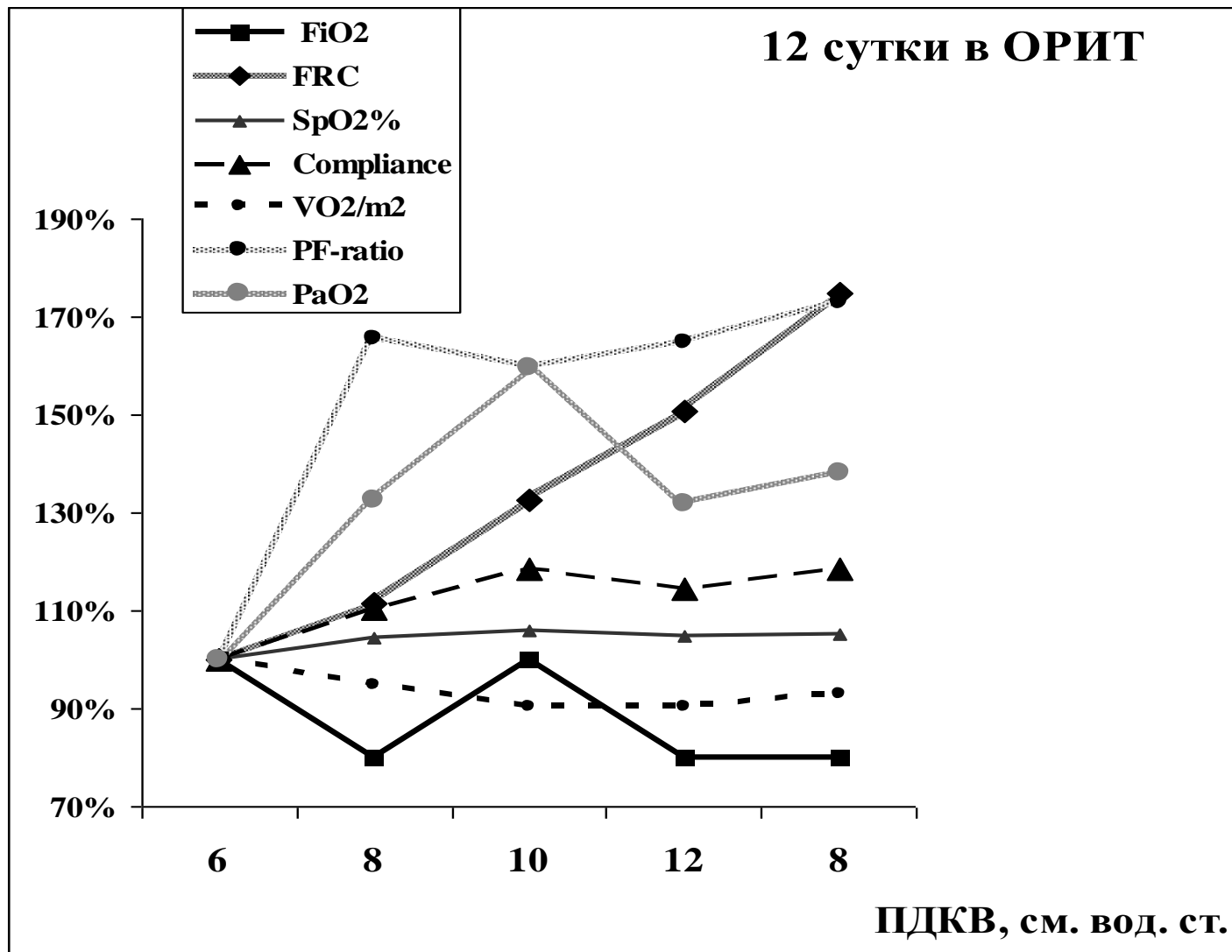
- Тревога откл.
- Уст тревог
- Помощь
- Тренды
- "Стоп-кадр"
- Общие уст-ки

# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ «РЕЕР INview»

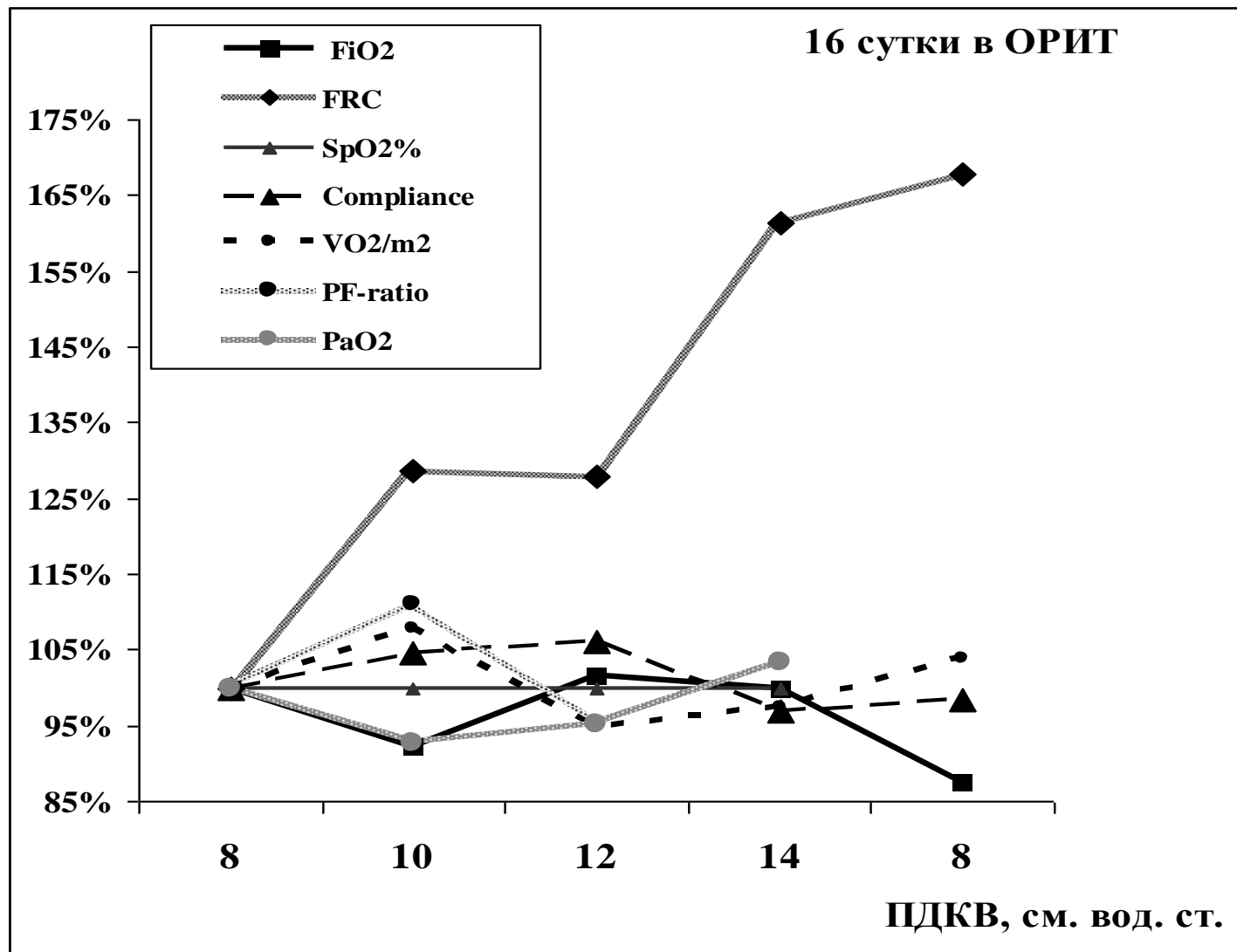




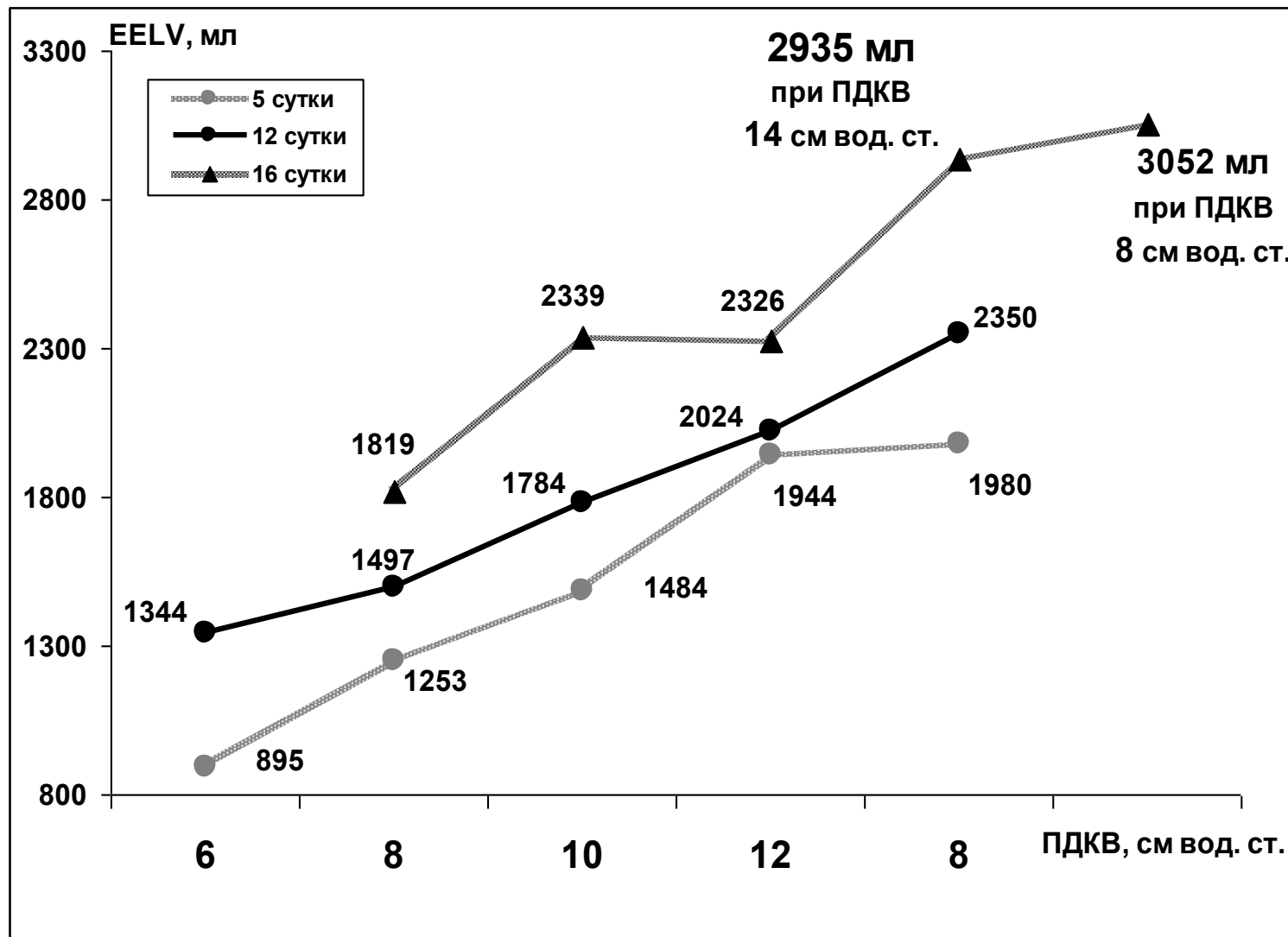
# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ «РЕЕР INview»



# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ «РЕЕР INview»



# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ «РЕЕР INview»



# Кардиохирургические пациенты в раннем послеоперационном периоде на ИВЛ

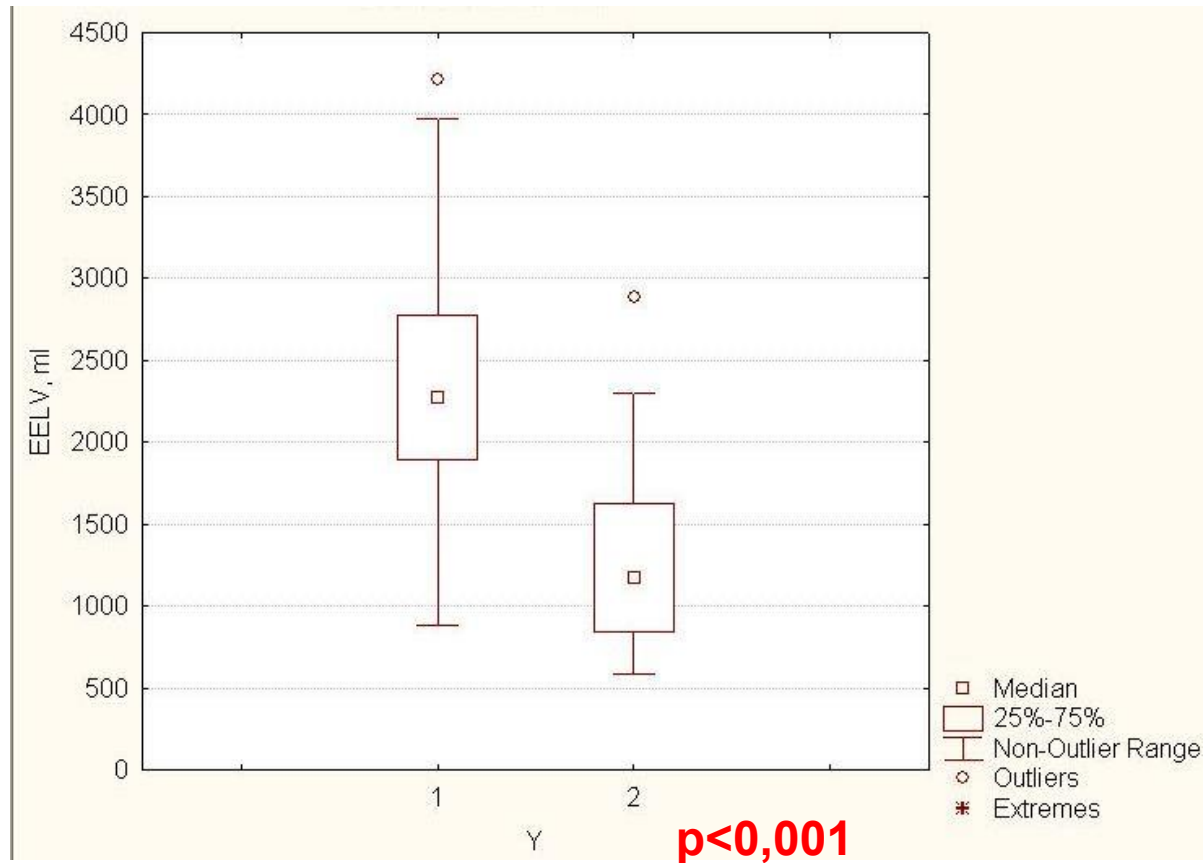
1 группа - 45 человек с условно нормальными легкими.

2 группа - 15 человек с рестриктивными нарушениями аппарата внешнего дыхания различного генеза.

## Критерии разделения:

- Газовый состав артериальной крови,  $PaO_2/FiO_2 < 300$ ,
- Потребность в  $FiO_2 > 0,4$ ,
- Торако-пульмональный комплайнс  $< 50$  мл/см вод. ст.,
- Данные рентгенографии:
  - *Инфильтративные изменения, интерстициальный или кардиогенный отек легких.*

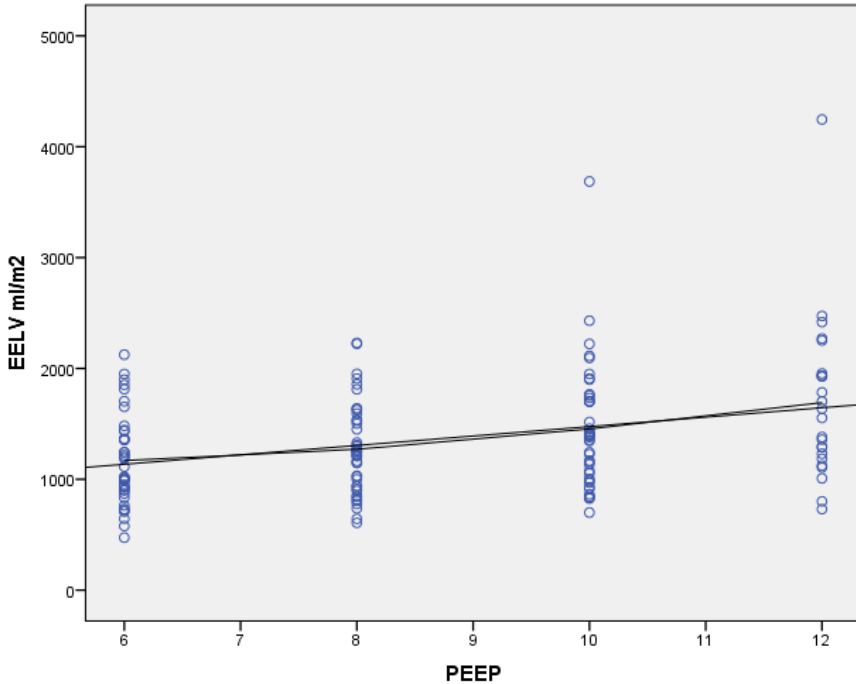
# СРАВНЕНИЕ ИСХОДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФОЕ



1 группа - «норма»

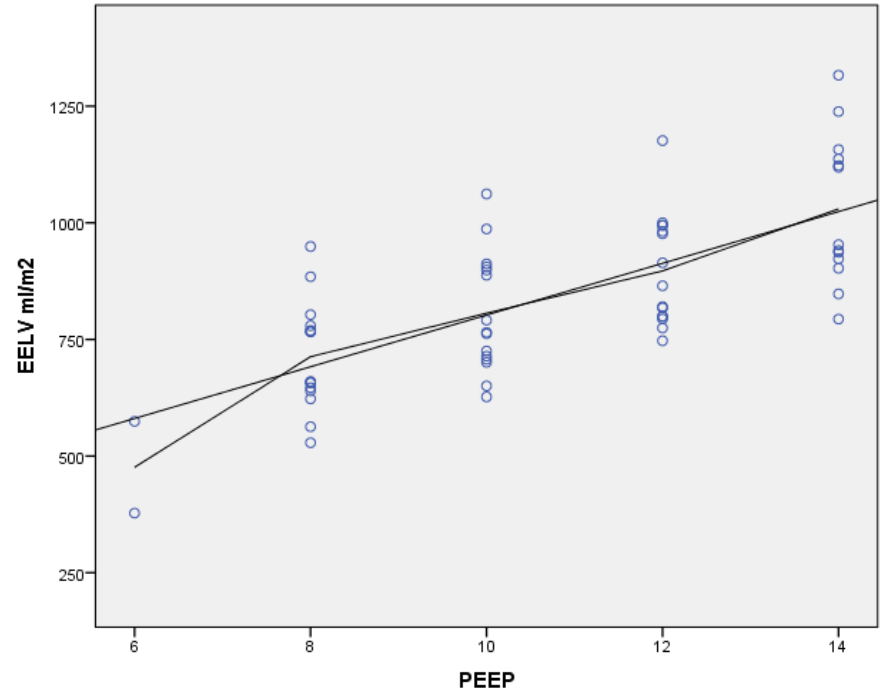
2 группа - «рестрикция»

# ДИНАМИКА ФОЕ



## 1 группа – «норма»

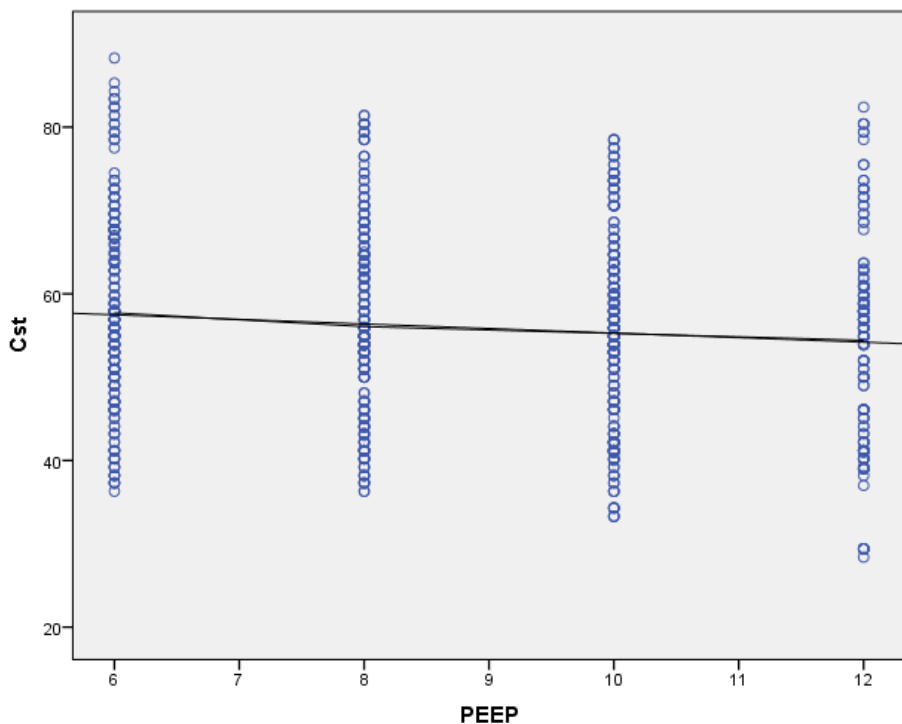
Связь PEEP с EELV ml/m<sup>2</sup>:  
**умеренная** прямая связь  
( $p < 0,001$ ).



## 2 группа – «рестрикция»

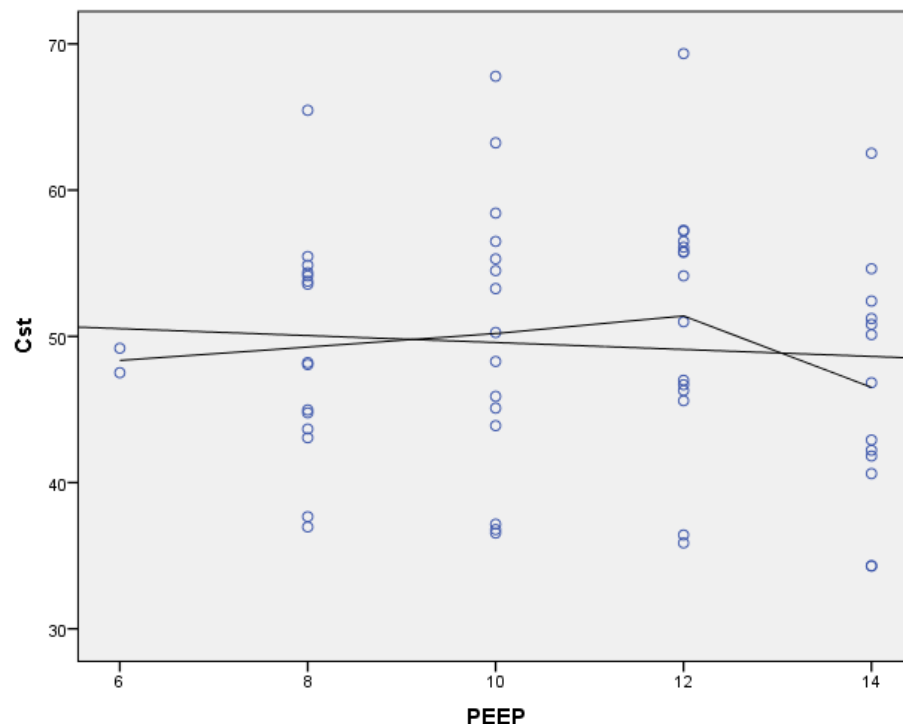
Связь PEEP с EELV ml/m<sup>2</sup>:  
**заметная** прямая связь  
( $p < 0,01$ ).

# ДИНАМИКА ТОРАКО- ПУЛЬМОНАЛЬНОГО КОМПЛАЙНСА



## 1 группа – «норма»

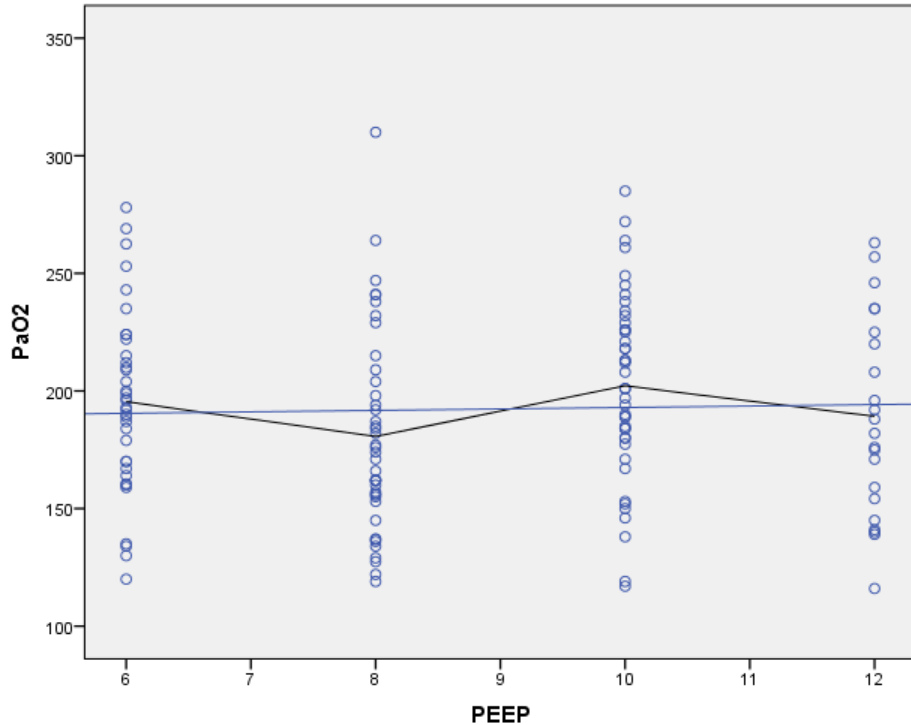
Связь PEEP с Cst:  
**слабая** обратная связь  
( $p < 0,05$ ).



## 2 группа – «рестрикция»

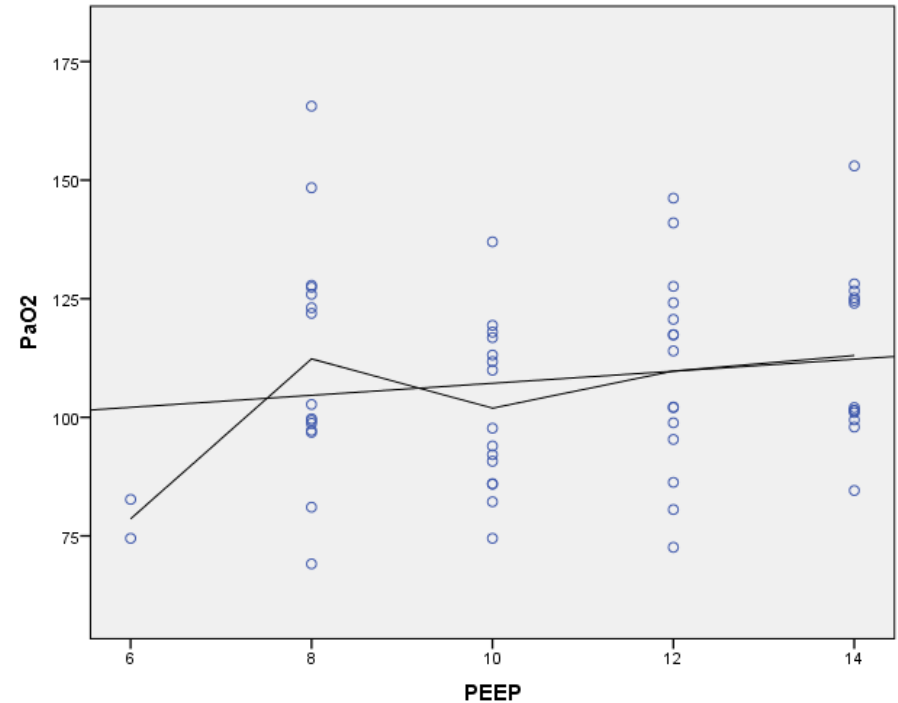
Связь PEEP с Cst:  
коэффициент корреляции  
не является статистически  
значимым ( $p = 0,26$ ).

# ДИНАМИКА PaO<sub>2</sub>



## 1 группа – «норма»

Связь PEEP с PaO<sub>2</sub>:  
коэффициент корреляции не  
является статистически  
значимым ( $p=0,59$ ).

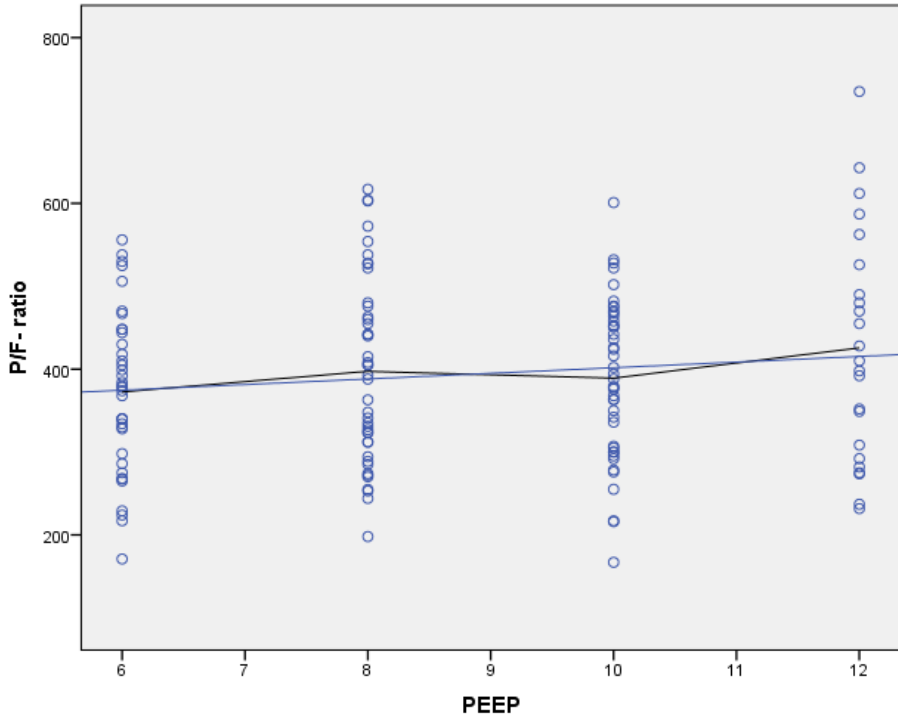


## 2 группа – «рестрикция»

Связь PEEP с PaO<sub>2</sub>:  
коэффициент корреляции не  
является статистически  
значимым ( $p=0,26$ ).

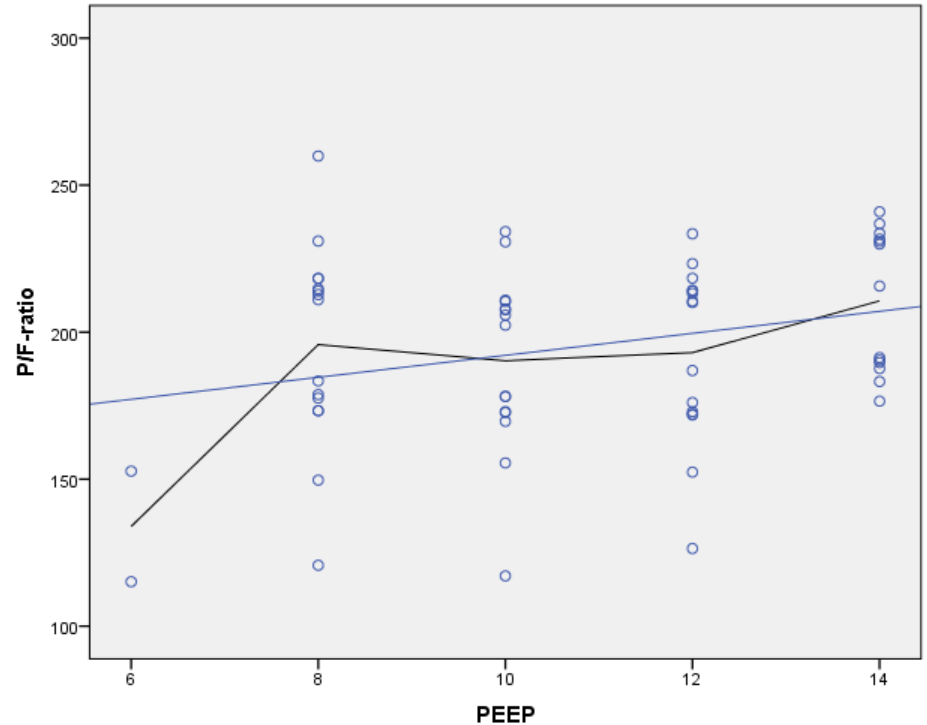


# ДИНАМИКА $PaO_2/FiO_2$



## 1 группа – «норма»

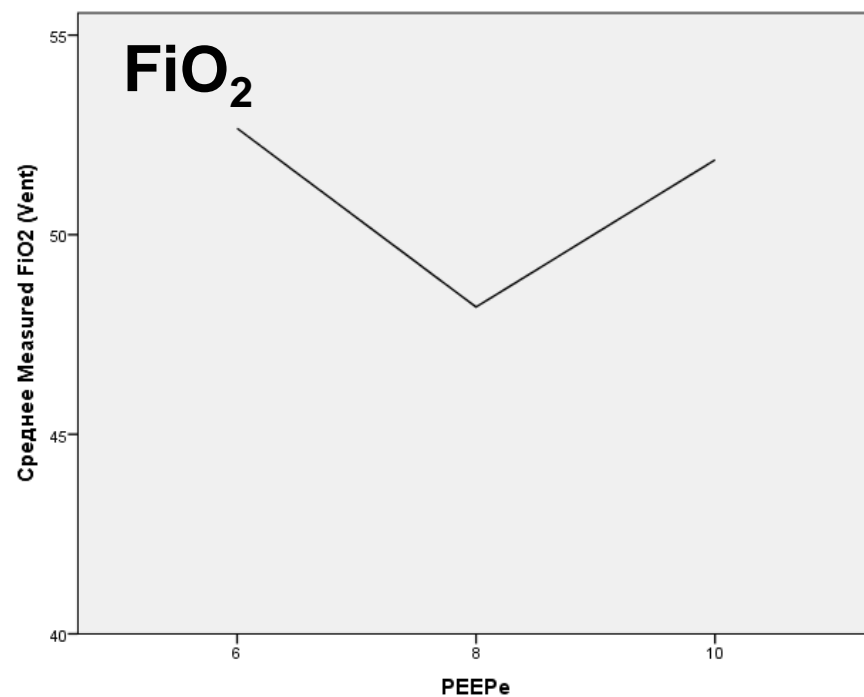
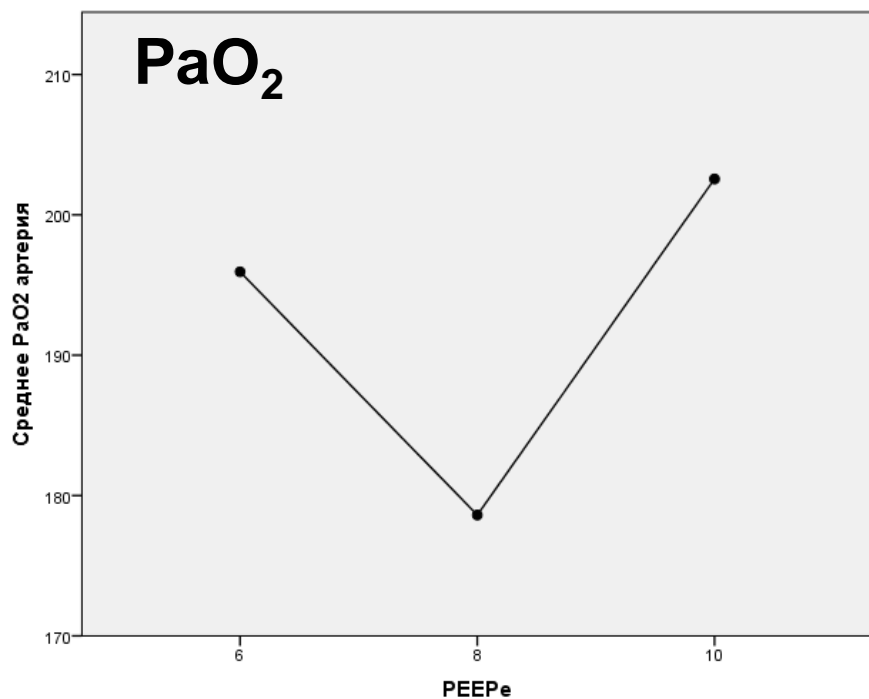
Связь РЕЕР с P/F-ratio:  
коэффициент  
корреляции не  
является статистически  
значимым ( $p = 0,19$ ).



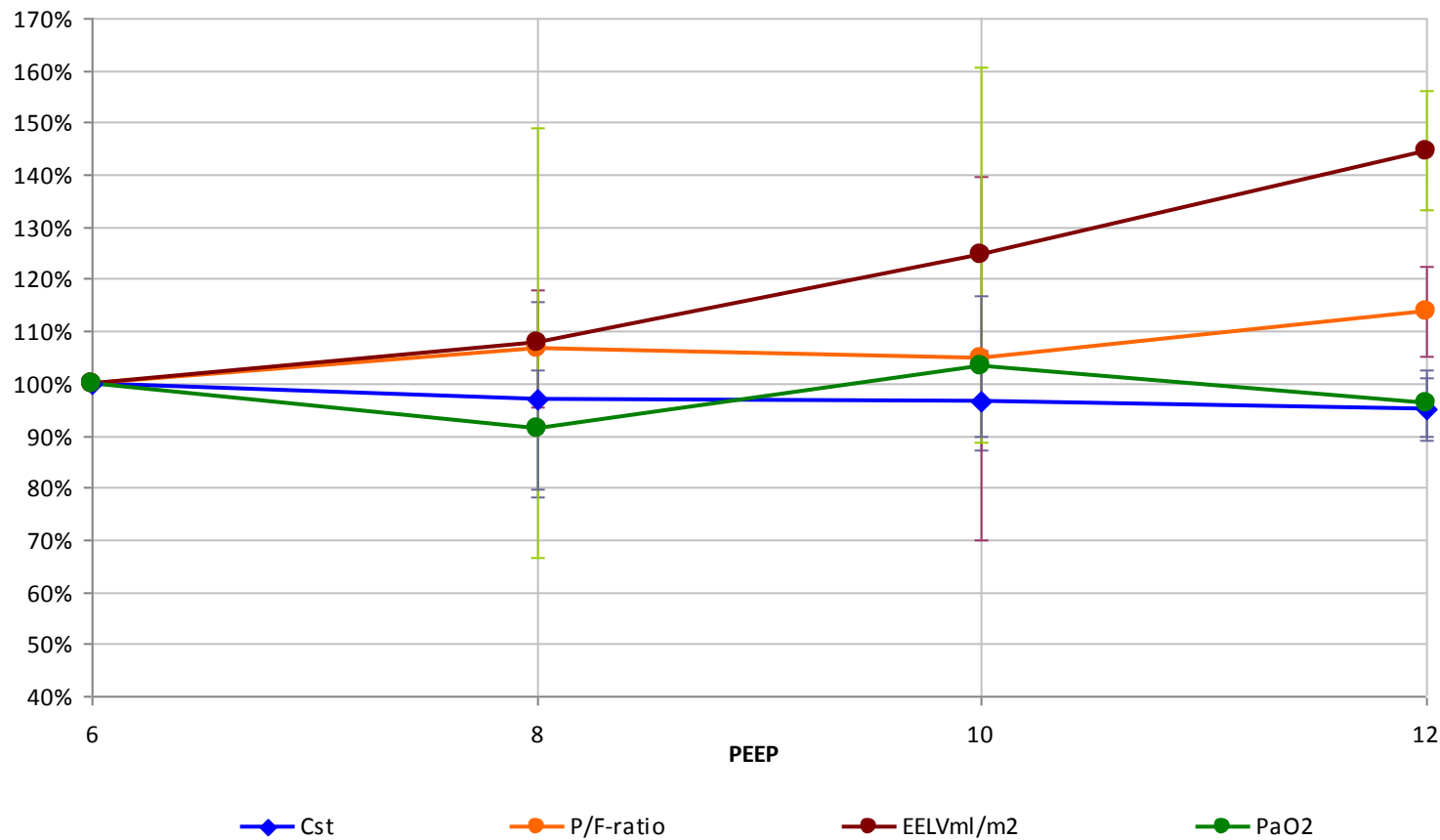
## 2 группа – «рестрикция»

Связь РЕЕР с P/F-ratio:  
коэффициент корреляции  
не является статистически  
значимым  
( $p = 0,16$ ).

# ЗАВИСИМОСТЬ $PaO_2$ И $FiO_2$ ОТ УРОВНЯ PEEP

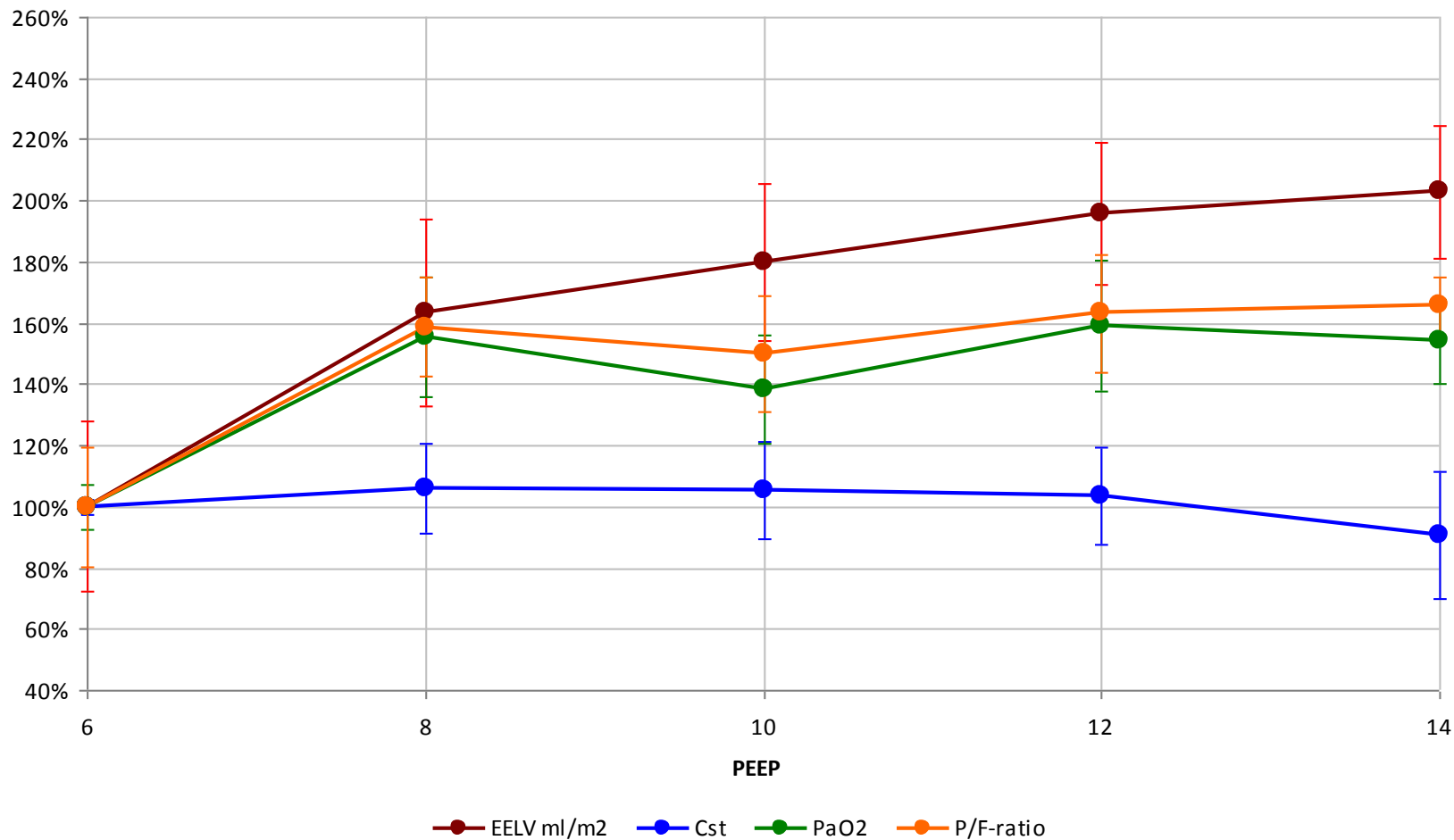


# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ГРУППАХ



1 группа - «норма»

# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ГРУППАХ



2 группа - «рестрикция»

# ВЫВОДЫ

1. Метод расчета ФОЕ, основанный на измерении вымывания азота, у пациентов, находящихся на вентиляции легких, безопасен, обеспечивает прикроватную оценку в режиме реального времени.

# ВЫВОДЫ

2. Оценка ФОЕ существенно расширяет и углубляет представления о тяжести поражения легких и её динамике в процессе лечения.

# ВЫВОДЫ

3. Метод расчета  $\Phi O E$  посредством вымывания азота нечувствителен к перерастяжению альвеол.

4. В случае использования автоматизированной серийной оценки  $\Phi O E$  (PEEP INview®) теряется диагностическая значимость показателей парциального давления кислорода и кислородного индекса ( $P a O_2 / F i O_2$ ).

# ВЫВОДЫ

5. Наиболее информативен расчет  $\Phi_{OE}$  в комбинации с показателями торако-пульмонального комплайенса и газового состава крови:

- Мониторинг эффективности респираторной поддержки;
- Предупреждение перерастяжения легких;
- Дифференциальная диагностика причин нарушений газообмена.





# Engström Carestation



[http://www.usa.instrumentarium.com/user/respiratory\\_care/images/tapemsr\\_lungs\\_l.jpg](http://www.usa.instrumentarium.com/user/respiratory_care/images/tapemsr_lungs_l.jpg)

**Спасибо!**