

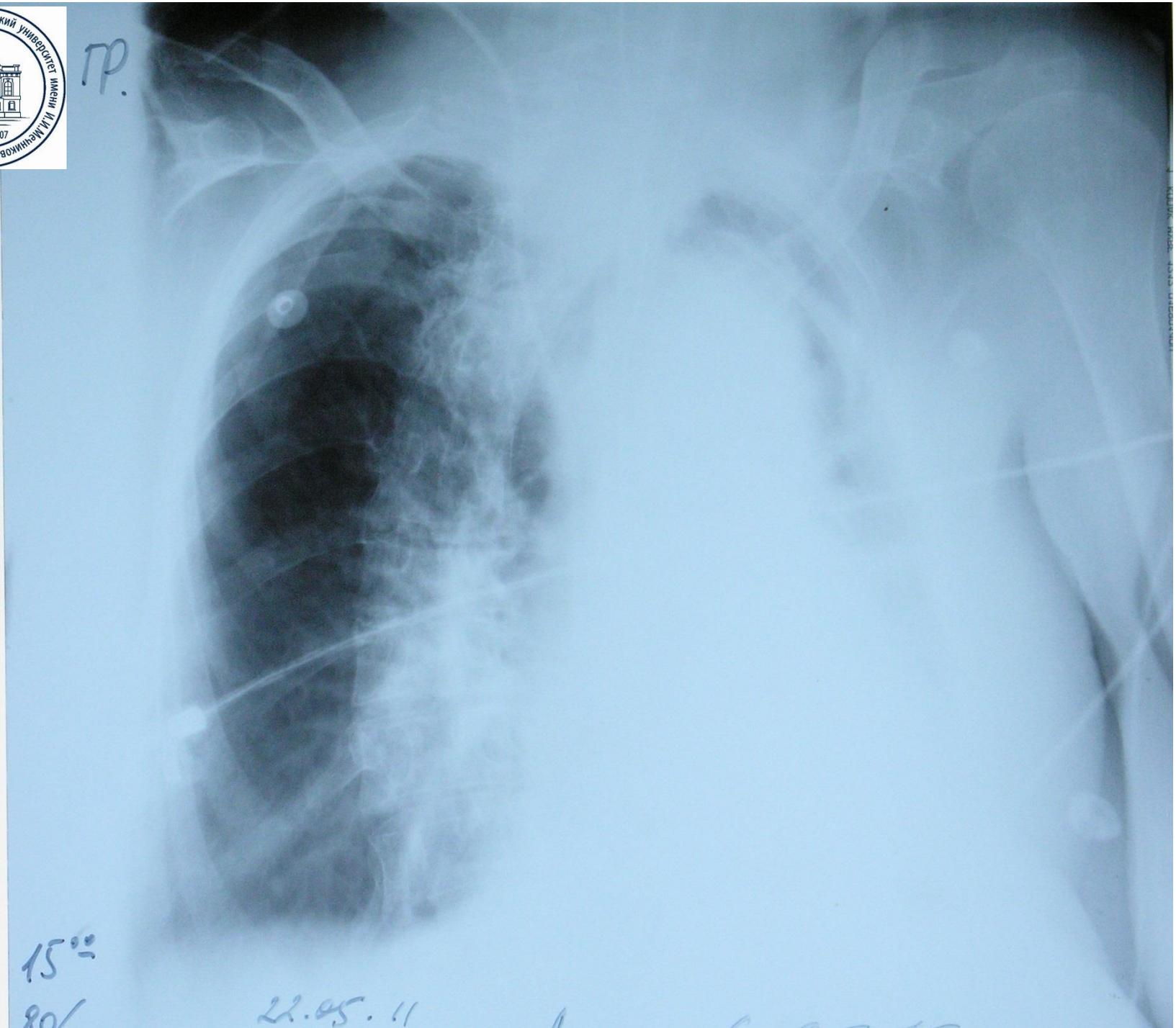
# Вентиляционно-перфузионные отношения: на что мы можем влиять?



К.М. Лебединский



ГР.



15°

80/

22.05.11

1

0 0 0 1 0



**PIP 20 см, PEEP 10 см, F 12 мин<sup>-1</sup>,  
I:E 2:1, F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> 1,0**

Отчет об измерениях  
24.5.2011 15:49  
Серийный номер : 5462  
Инструмент ID : 8  
ID оператора : **FiO<sub>2</sub> 100**

Тип пробы	Кровь	PEEP 7
Отдел	TRMO	A B
Фамилия	[REDACTED]	

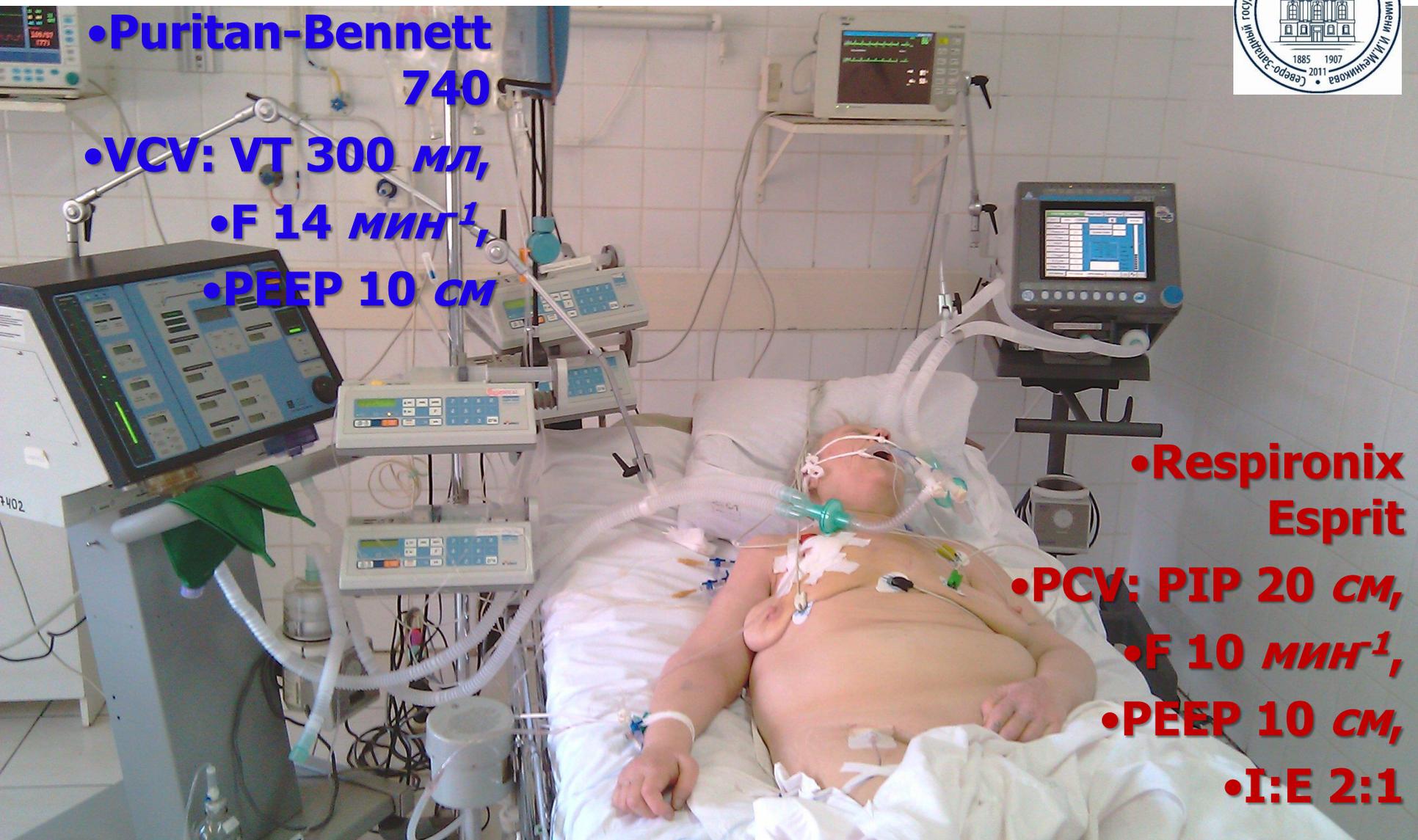
  

pH	7.426	[ 7.350 - 7.450 ]
P <sub>CO<sub>2</sub></sub>	26.6 mmHg (V <sub>a</sub> )	[ 35.0 - 45.0 ]
<b>P<sub>O<sub>2</sub></sub></b>	<b>52.1 mmHg (--) (c)</b>	[ 80.0 - 100.0 ]
BE		
BB	42.5 mmol/L	
cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17.1 mmol/L	
SO <sub>2</sub>	95.6 %	[ 95.0 - 98.0 ]
Osm	Потеряны данные	
Glu	Не активировано	[ 3.3 - 6.1 ]

(c) ... Корреляции пользов. Актив.

Handwritten notes on the left:  
ДМС  
гического ИССЛ  
05.11  
не Орч 2  
лова р2  
нев перже  
амы :  
бан алуние

- Puritan-Bennett 740
- VCV: VT 300 мл,
- F 14 МИН<sup>-1</sup>,
- PEEP 10 CM



- Respiration Esprit
- PCV: PIP 20 CM,
- F 10 МИН<sup>-1</sup>,
- PEEP 10 CM,
- I:E 2:1

паспорт

# Отчет об измерениях

24.5.2011 15:49  
Серийный номер : 5462  
Инструмент ID : 8  
ID оператора : 40329055

*FiO2 100*  
*PEEP 7*  
*At B*

Тип пробы Кровь  
Отдел TRMO  
Фамилия [Redacted]

pH	7.426	[ 7.350 - 7.450 ]
PCO <sub>2</sub>	28.6 mmHg (-)(c)	[ 35.0 - 45.0 ]
<b>PO<sub>2</sub></b>	<b>52.1 mmHg (-)(c)</b>	[ 80.0 - 100.0 ]
BE	-5.5 mmol/L	
BB	42.5 mmol/L	
cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17.1 mmol/L	
SO <sub>2</sub>	95.6 %	[ 95.0 - 98.0 ]
Osm	Потеряны данные	
Glu	Не активировано	[ 3.3 - 6.1 ]

(c) ... Корреляции пользов. Актив.

# Отчет об измерениях

24.5.2011 18:42  
Серийный номер : 5462  
Инструмент ID : 8  
ID оператора : 40329055

Тип пробы Кровь  
Отдел TRMO  
Фамилия [Redacted]

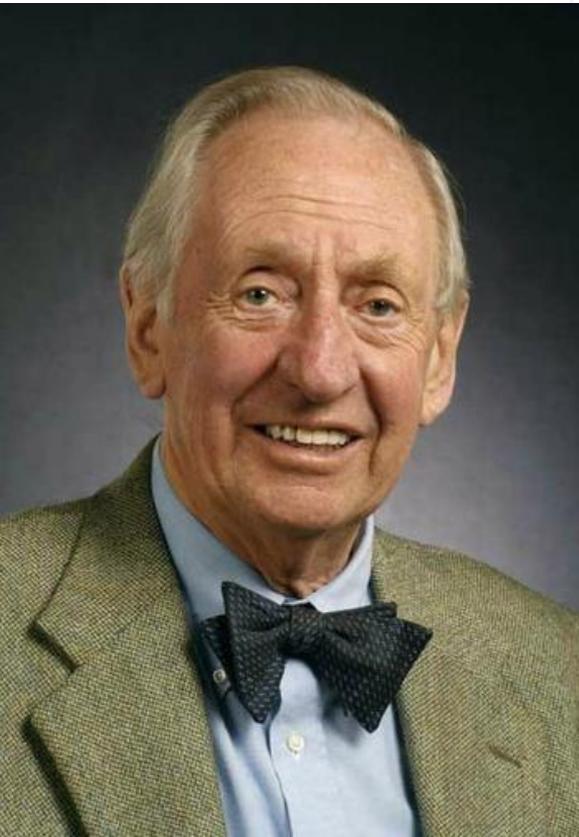
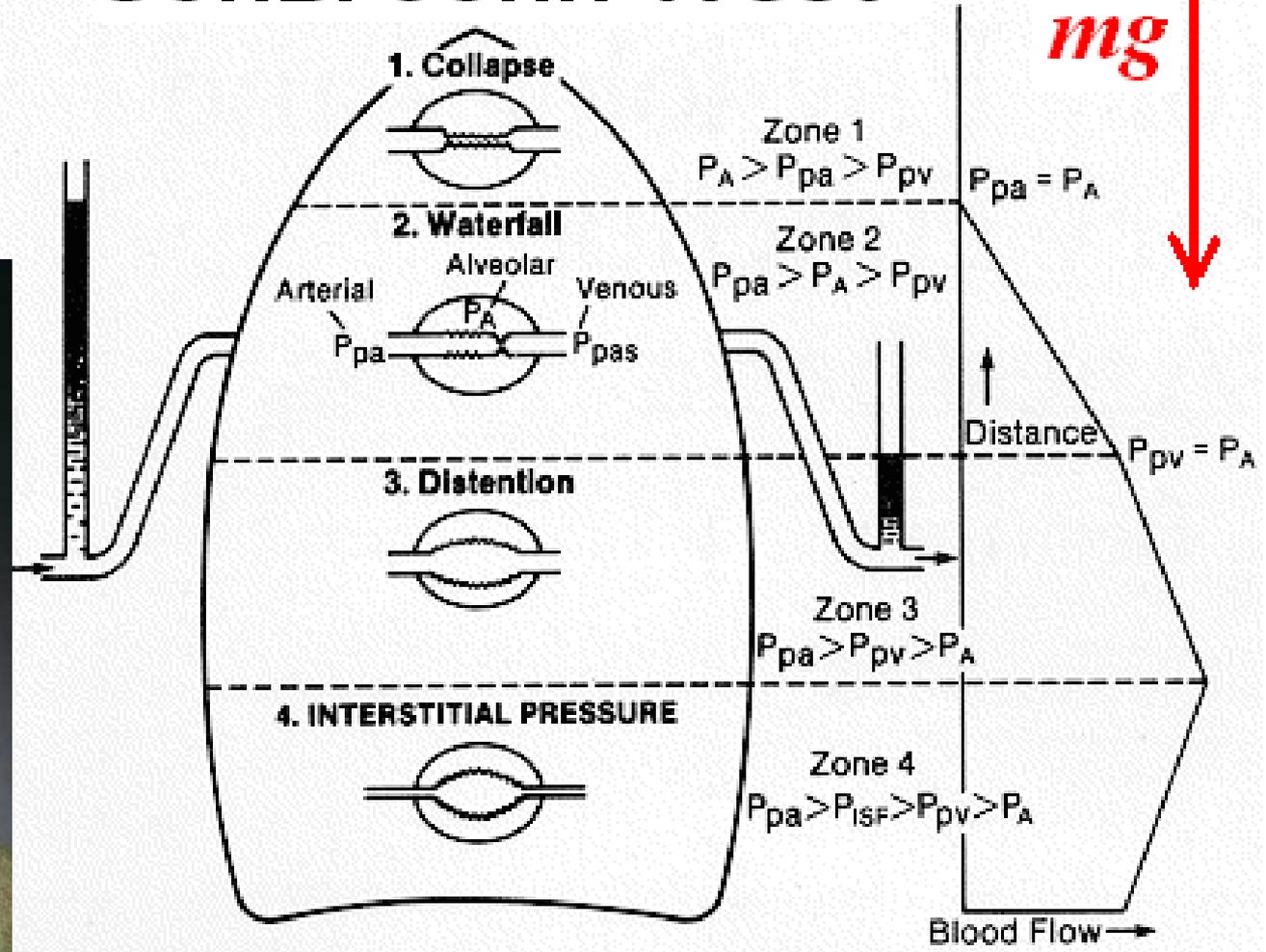
pH	7.396	[ 7.350 - 7.450 ]
PCO <sub>2</sub>	29.6 mmHg (-)(c)	[ 35.0 - 45.0 ]
<b>PO<sub>2</sub></b>	<b>225.2 mmHg (+)(c)</b>	[ 80.0 - 100.0 ]
BE	-5.7 mmol/L	
BB	42.3 mmol/L	
cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17.7 mmol/L	
SO <sub>2</sub>	99.6 % (+)	[ 95.0 - 98.0 ]
Osm	Потеряны данные	
Glu	Не активировано	[ 3.3 - 6.1 ]

(c) ... Корреляции пользов. Актив.



# V/Q: норма и патология

## Зоны John West





**Раскрытие  
альвеол**

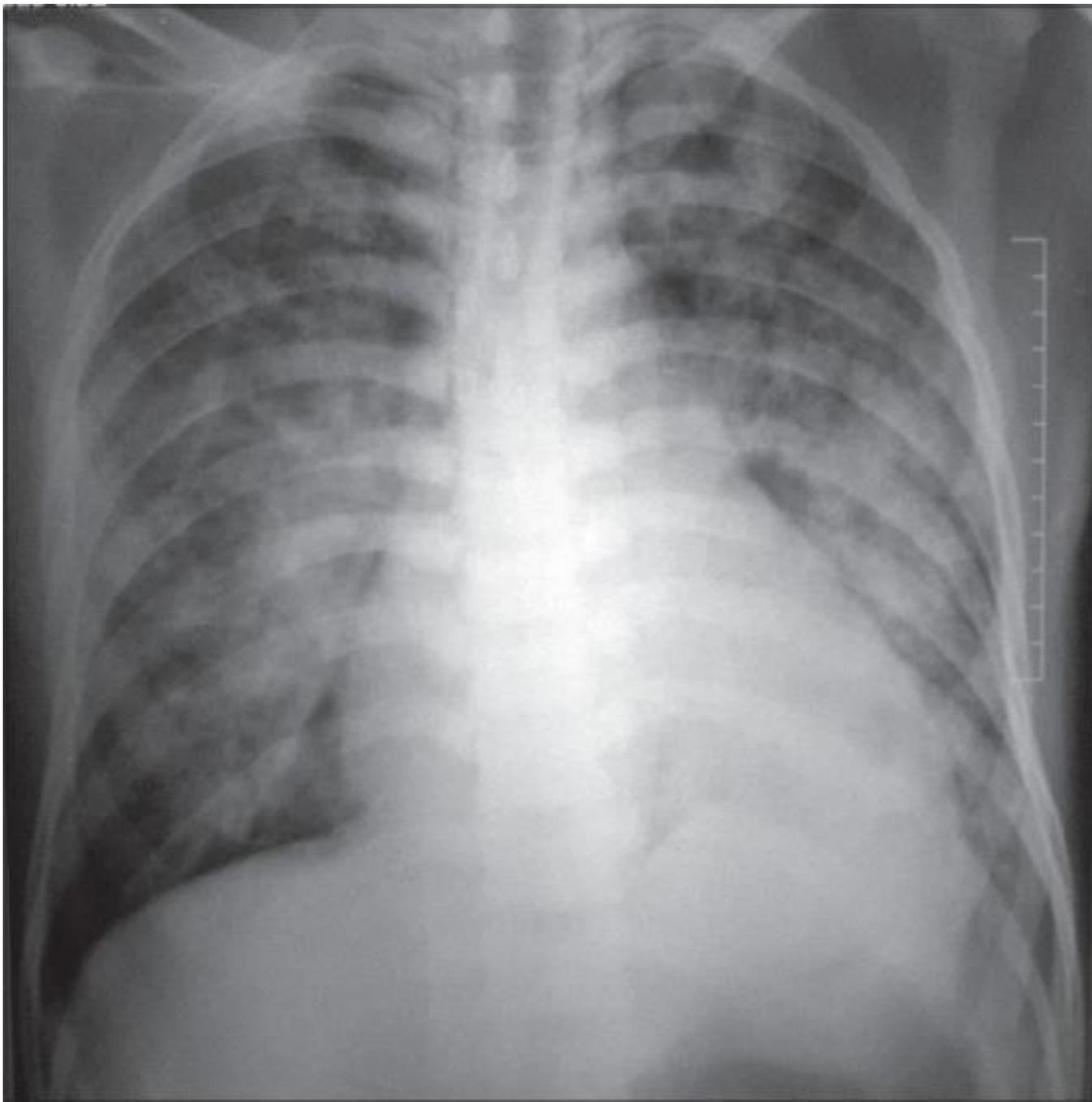
**Перфузия  
капилляров**





1330

00/6





# Какое лёгкое при ОРДС?

- Отечное
- Жёсткое
- Неоднородное
- Маленькое (baby lung)
- Модель «мокрой губки»





# Рекомендации ARDSnet

NIH NHLBI ARDS Clinical Network  
Mechanical Ventilation Protocol Summary

- Выстави **любой** режим с начальным **ДО 8 мл/кг** ПМТ
- Выстави ЧД **не выше 35 мин<sup>-1</sup>** для доставки МОД  $\approx 7-9$  л·мин<sup>-1</sup>
- Выстави РЕЕР **минимум 5 см H<sub>2</sub>O** (возможно, *лучше выше...*) и F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>, достаточное для SaO<sub>2</sub> 88-95% или PaO<sub>2</sub> 55-80 *mm Hg*
- Титруй **F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> до  $\leq 0,7$** , если можно
- Не более чем через 4 ч уменьшай ДО до **7 мл/кг**, а затем до **6 мл/кг**; минимум – **4 мл/кг**





# Вопросы?...



[www.vanevski.com](http://www.vanevski.com)

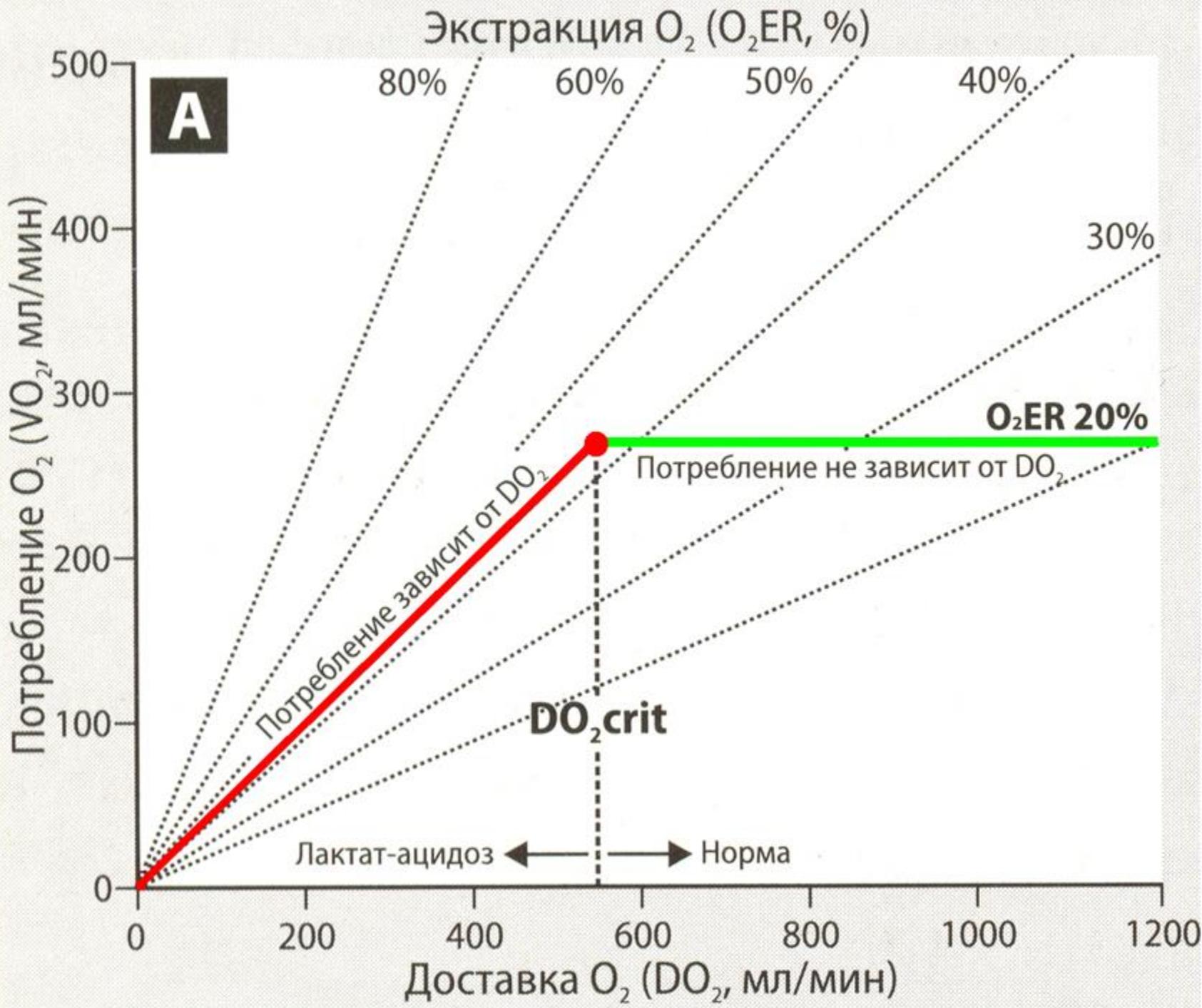
# Мониторинг потребления кислорода

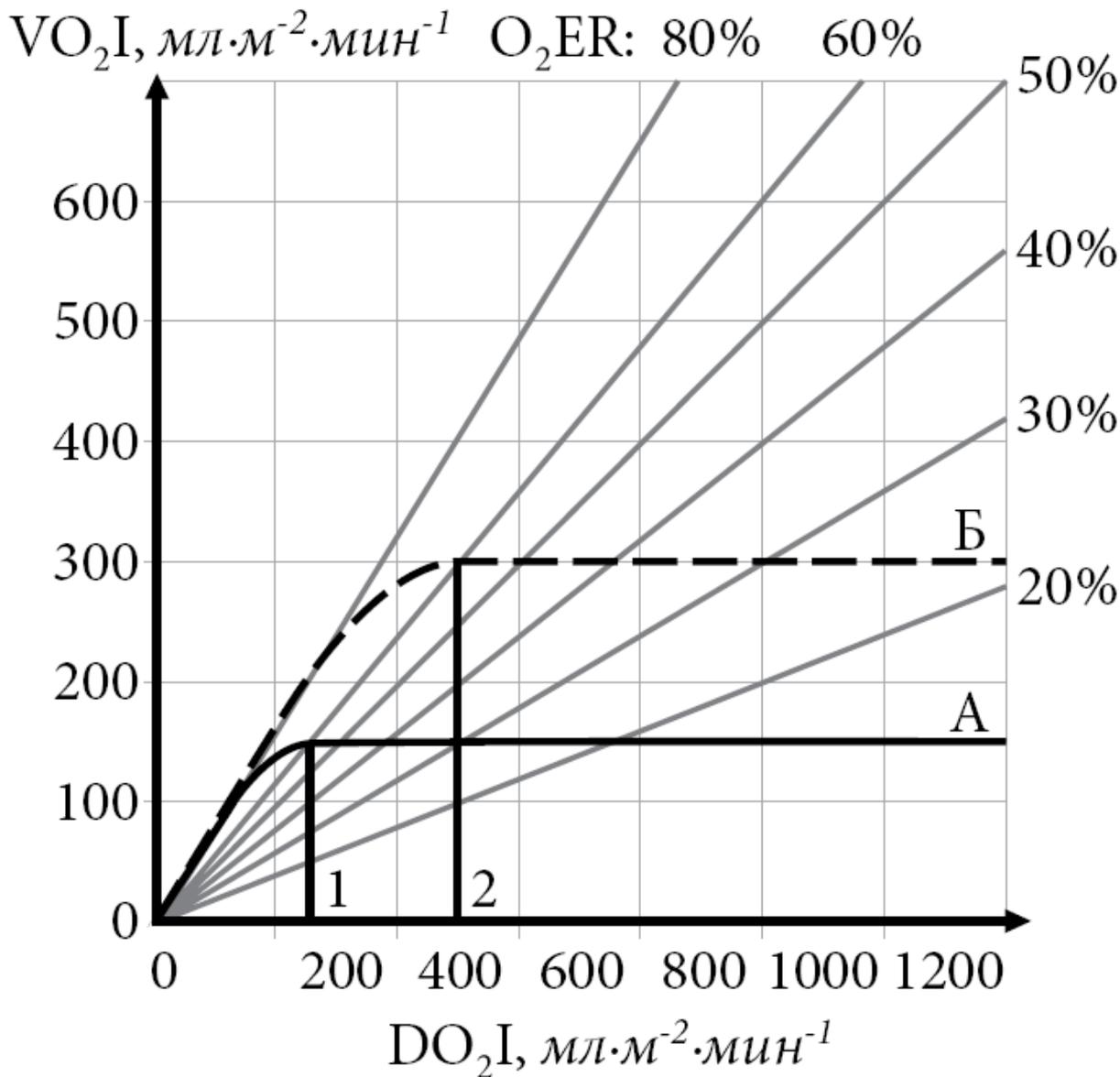


К.М. Лебединский



Кузьков В.В., Киров М.Ю.,  
2008





**$O_2ER$   
меняется  
до самого  
конца...**

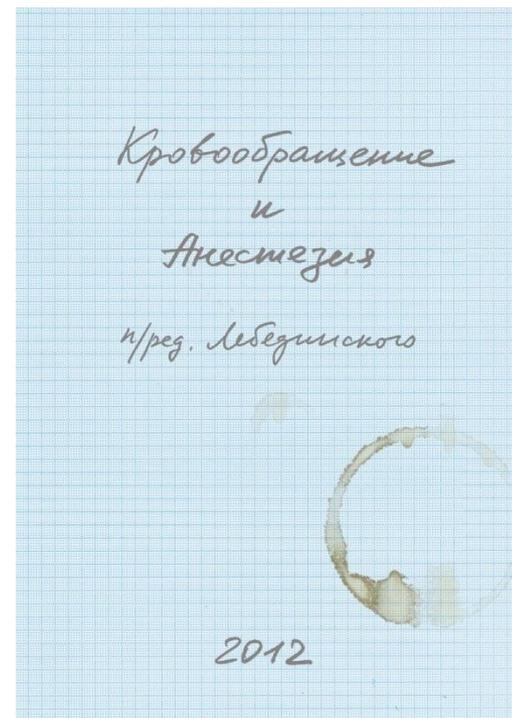
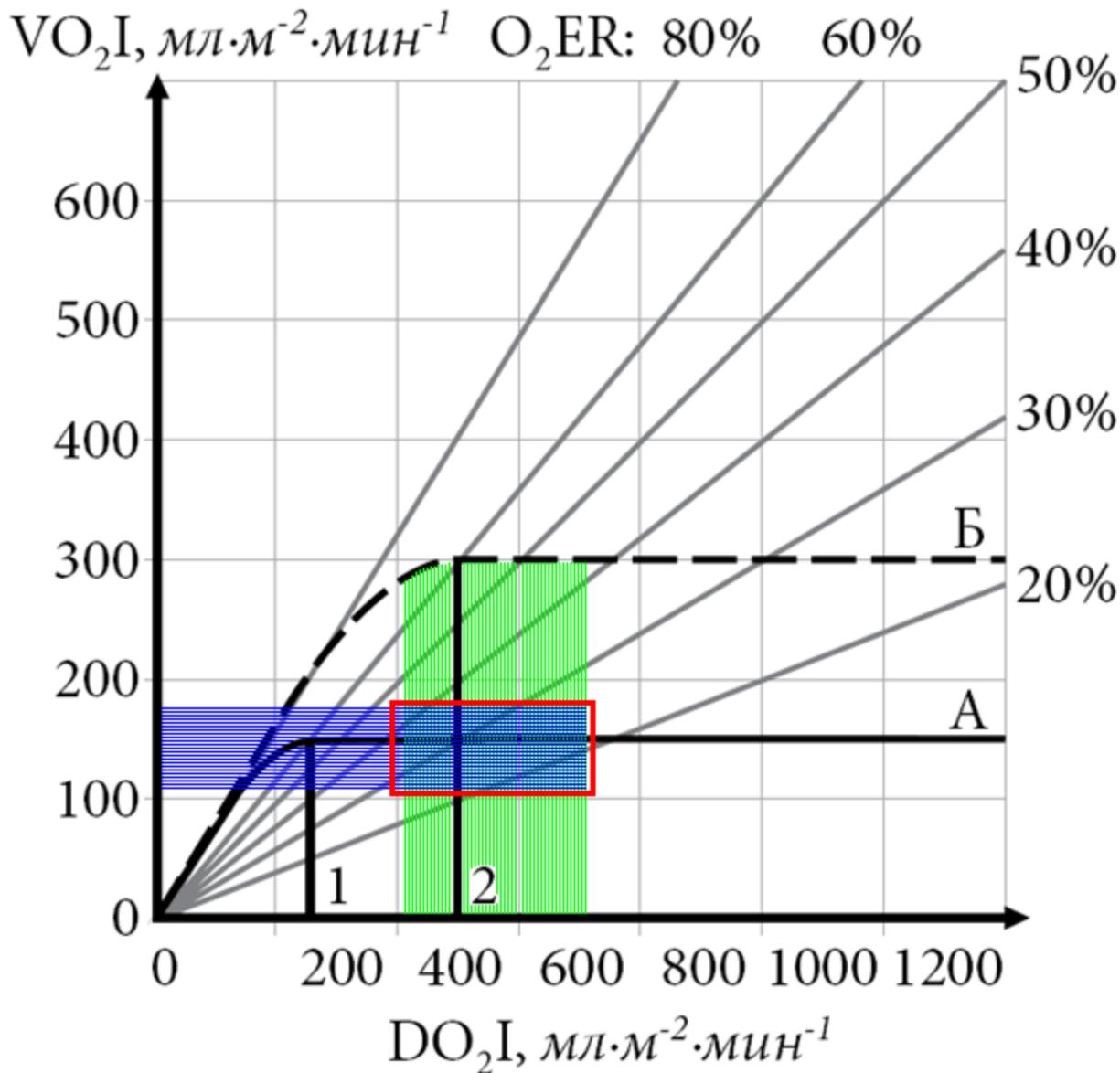


Рис. 2.11. Взаимосвязь между доставкой и потреблением кислорода (схематично; пояснения в тексте)



**$O_2ER$   
меняется  
до самого  
конца...**

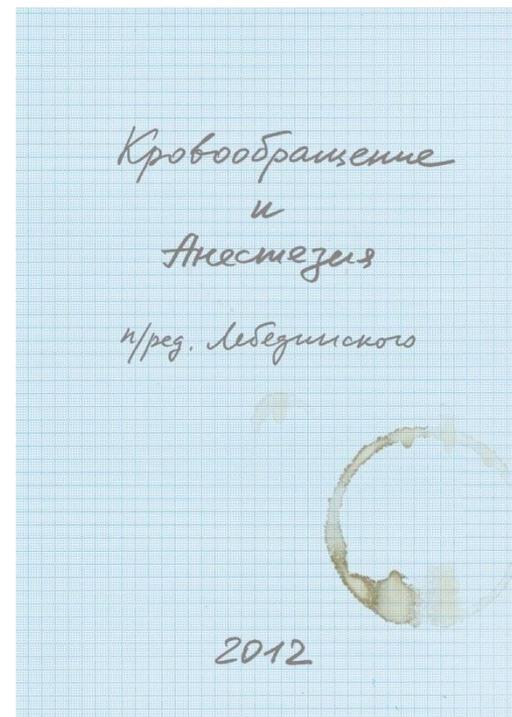


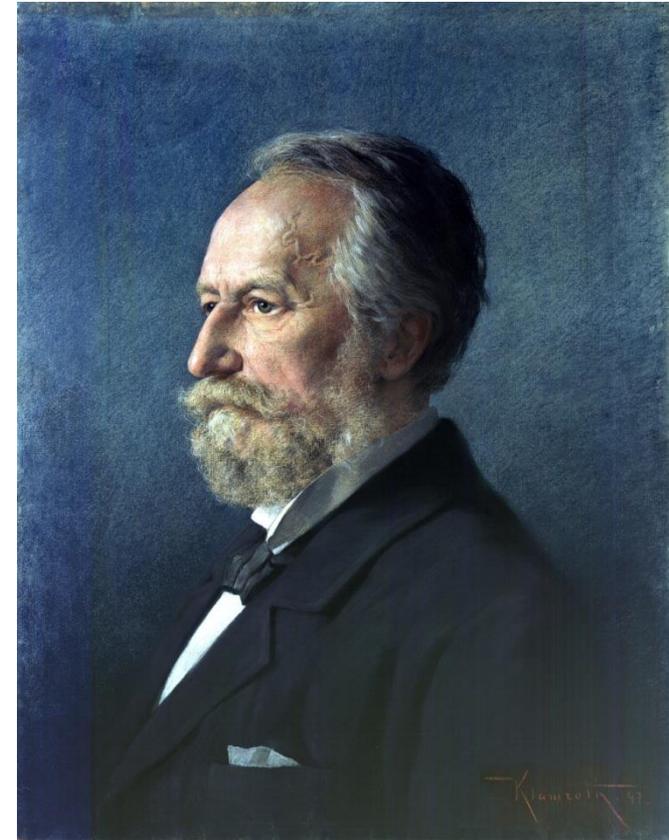
Рис. 2.11. Взаимосвязь между доставкой и потреблением кислорода (схематично; пояснения в тексте)



# Как можно оценить $VO_2$ ?...

Принцип  
Adolf Fick  
(1870):

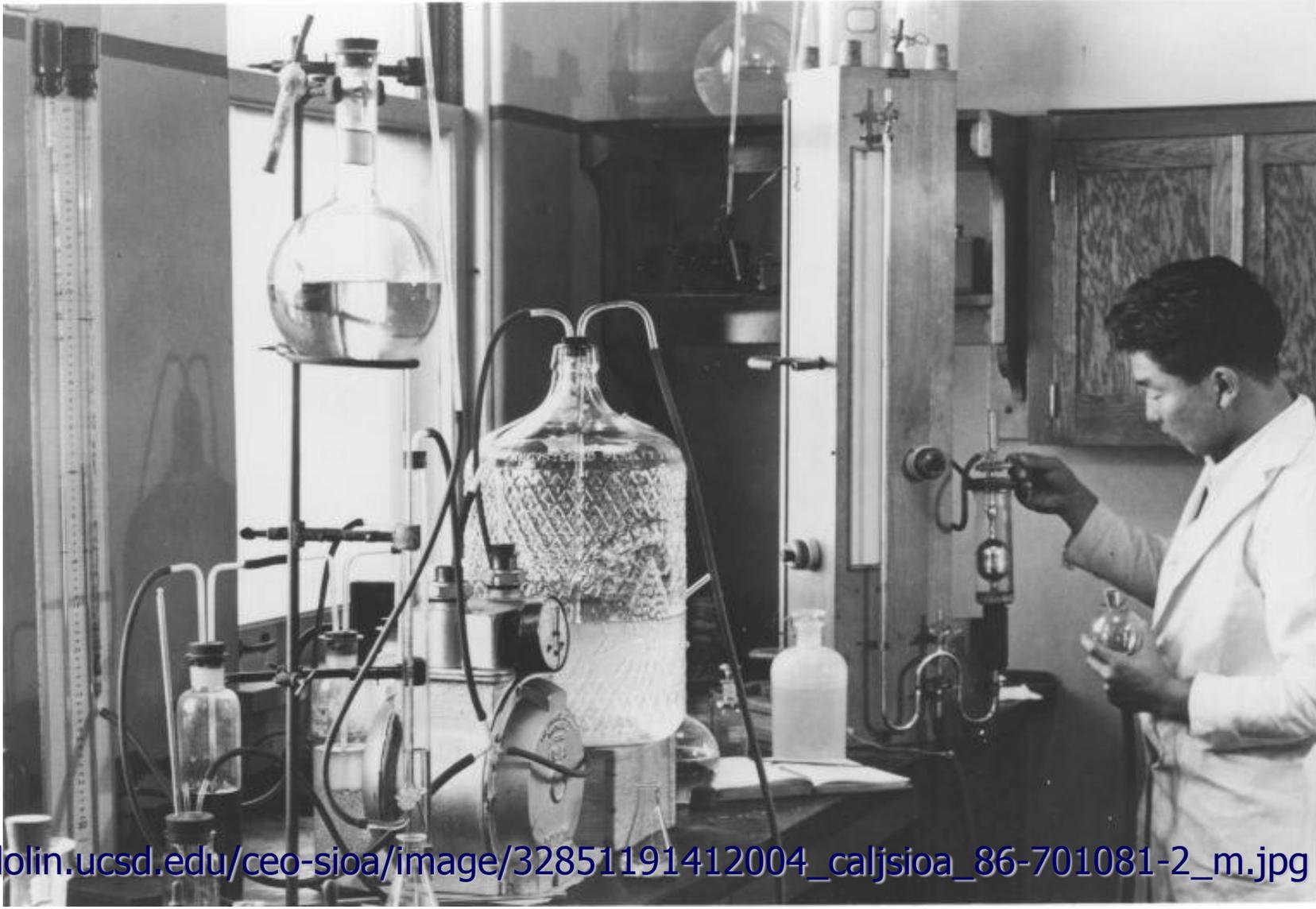
$$Q = \frac{VO_2}{CaO_2 - \bar{c}VO_2}$$



Adolf Eugen Fick  
(1829–1901)



# Непрямая калориметрия





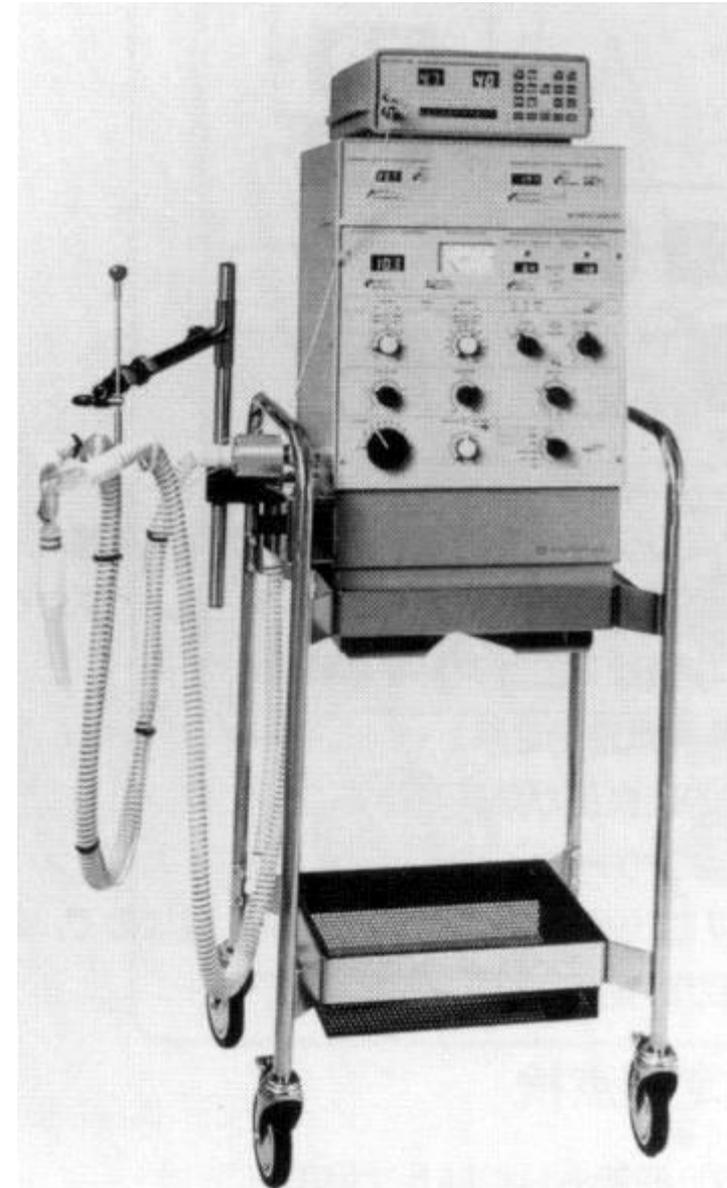
# Непрямая калориметрия

```
%This procedure was written by CL in July'9
%for metabolic rate calculation (MR) by
%classic indirect calorimetry approach.
function [VO2,VCO2,RQ,CMR] = mrc(x)
type zmrc, %comments in Russian
bw=input('Введите массу тела, кг '); %input
co=input('Введите МОК, л/мин ');
sbr=input('Введите систолическое АД, торр
dbp=input('Введите диастолическое АД, торр
vi=input('Введите вдыхаемый МОД, л/мин ');
ve=input('Введите выдыхаемый МОД, л/мин ');
fio=input('Введите % O2 на вдохе ');
feo=input('Введите % O2 на выдохе ');
fico=input('Введите % CO2 на вдохе ');
feco=input('Введите % CO2 на выдохе ');
LVMMW=133.322*(0.667*dbp+0.333*sbr)*(co/1000); %LV minute work calculation
VO2=10*(vi*fio-ve*feo)/bw; %oxygen consumption calculation
VCO2=10*(ve*feco-vi*fico)/bw; %carbon dioxide production calculation
RQ=VCO2/VO2; %respiratory quotient calculation
CMR=VO2*(RQ*5.0771+16.0461)/bw; %current metabolic rate calculation
ECOS=1000*LVMMW/(VO2*bw); %energy cost of oxygen supply calculation
printf('Потребление кислорода составляет %g мл/кг*мин', VO2), %results output
pause,
printf('Продукция углекислоты составляет %g мл/кг*мин', VCO2),
pause,
printf('Дыхательный коэффициент равен %g', RQ),
pause,
printf('Текущая величина обмена равна %g Дж/кг в мин', CMR),
pause,
printf('Работа ЛЖ составляет %g Дж/л VO2', ECOS),
pause(1),
rep=input('Рассчитать следующий случай (Да-1, Нет-0)? '); %restart procedure
if rep==1, mrc; end;
if rep==0, exit; end;
```





# Engström Erica



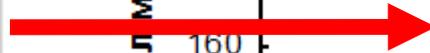


# Engström Carestation

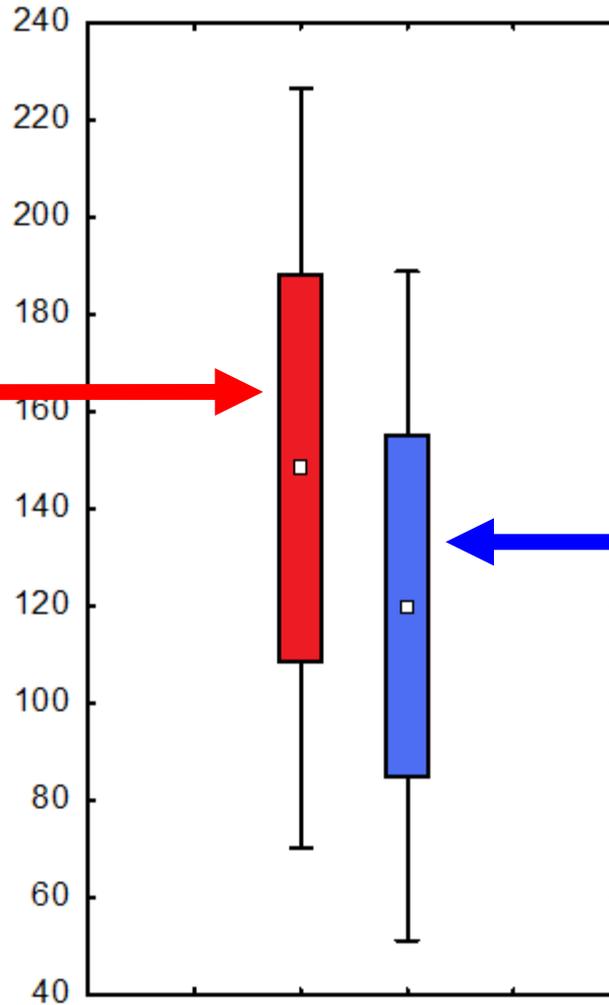




# Наш опыт сравнения...

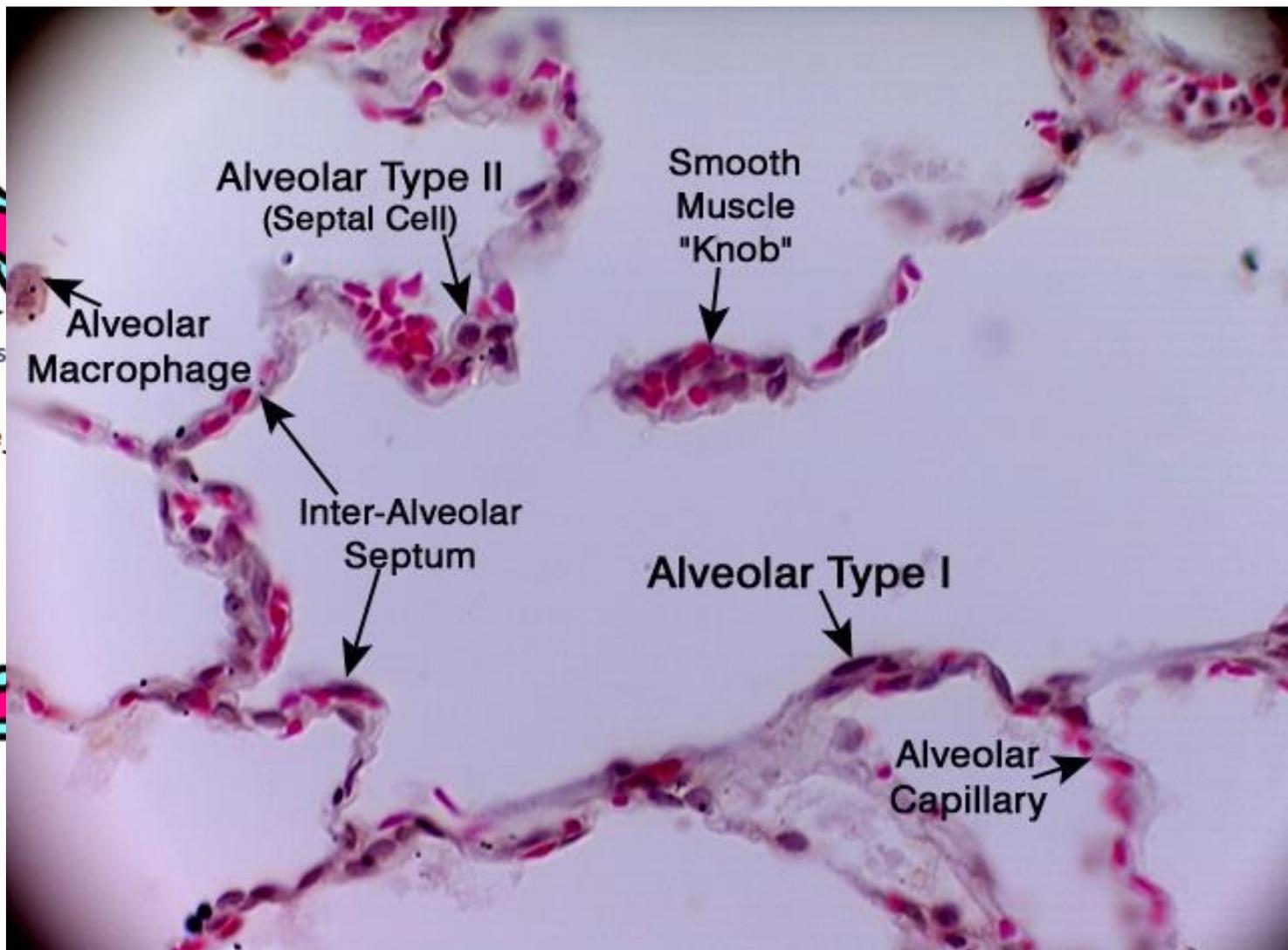
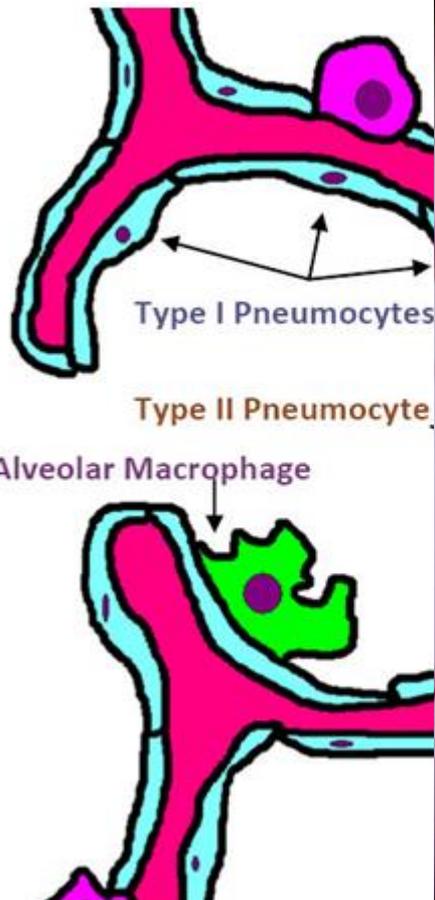


потребление  $O_2$ , мл/мин/м<sup>2</sup>





# Всё логично...



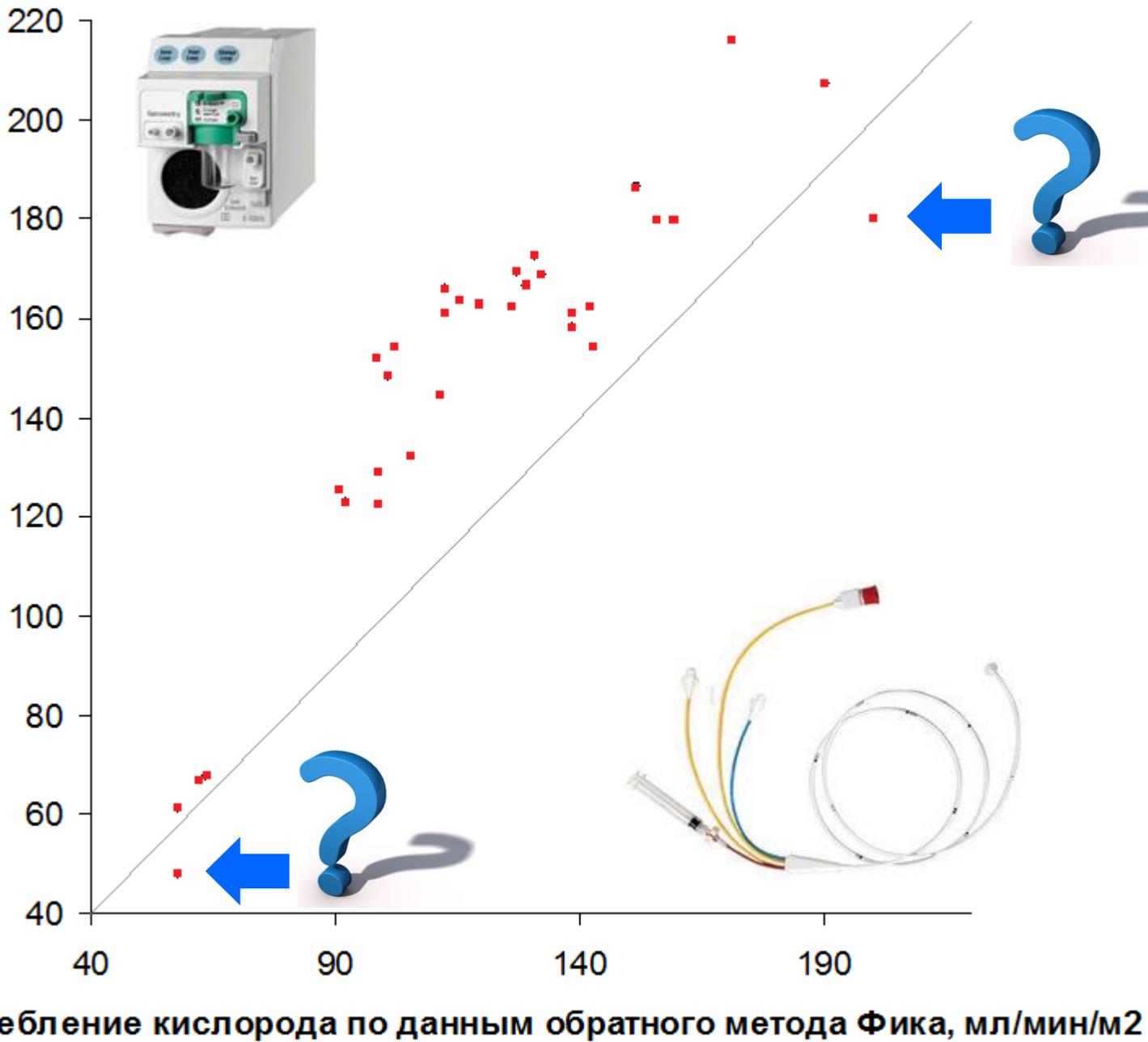
[http://lh4.ggpht.com/\\_cEPdz7M9ILE/TMtCdjLyepI/AAAAAAAAAcw/w2bUjQTWQLQ/s800/Lung%20-%20Microstructure.jpg](http://lh4.ggpht.com/_cEPdz7M9ILE/TMtCdjLyepI/AAAAAAAAAcw/w2bUjQTWQLQ/s800/Lung%20-%20Microstructure.jpg)

[http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat2/notes/A83\\_Alveoli\\_TypeI&II\\_40X.jpg](http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat2/notes/A83_Alveoli_TypeI&II_40X.jpg)



# Наш опыт сравнения...

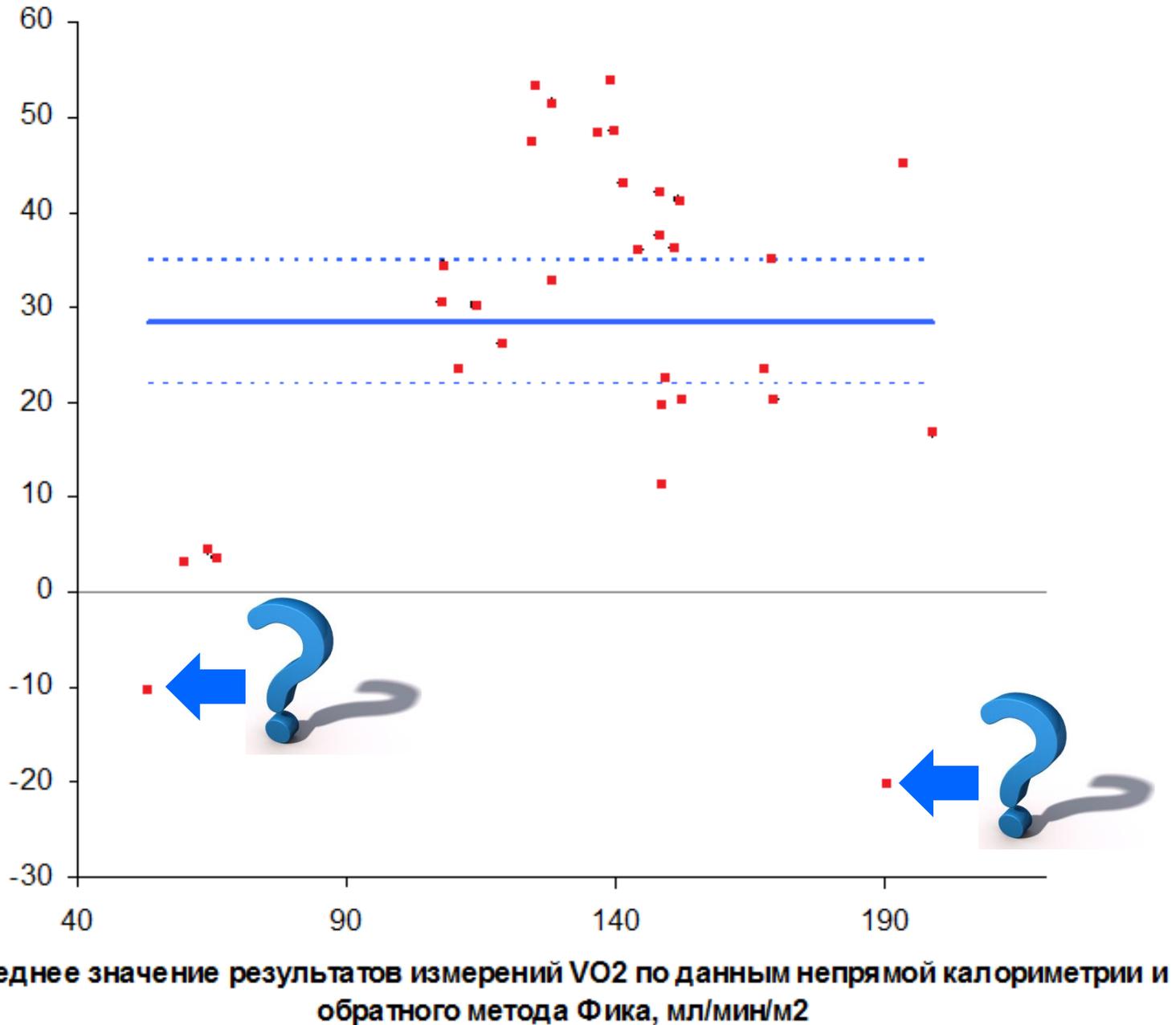
потребление кислорода по данным непрямой  
калориметрии, мл/мин/м<sup>2</sup>





# Наш опыт сравнения...

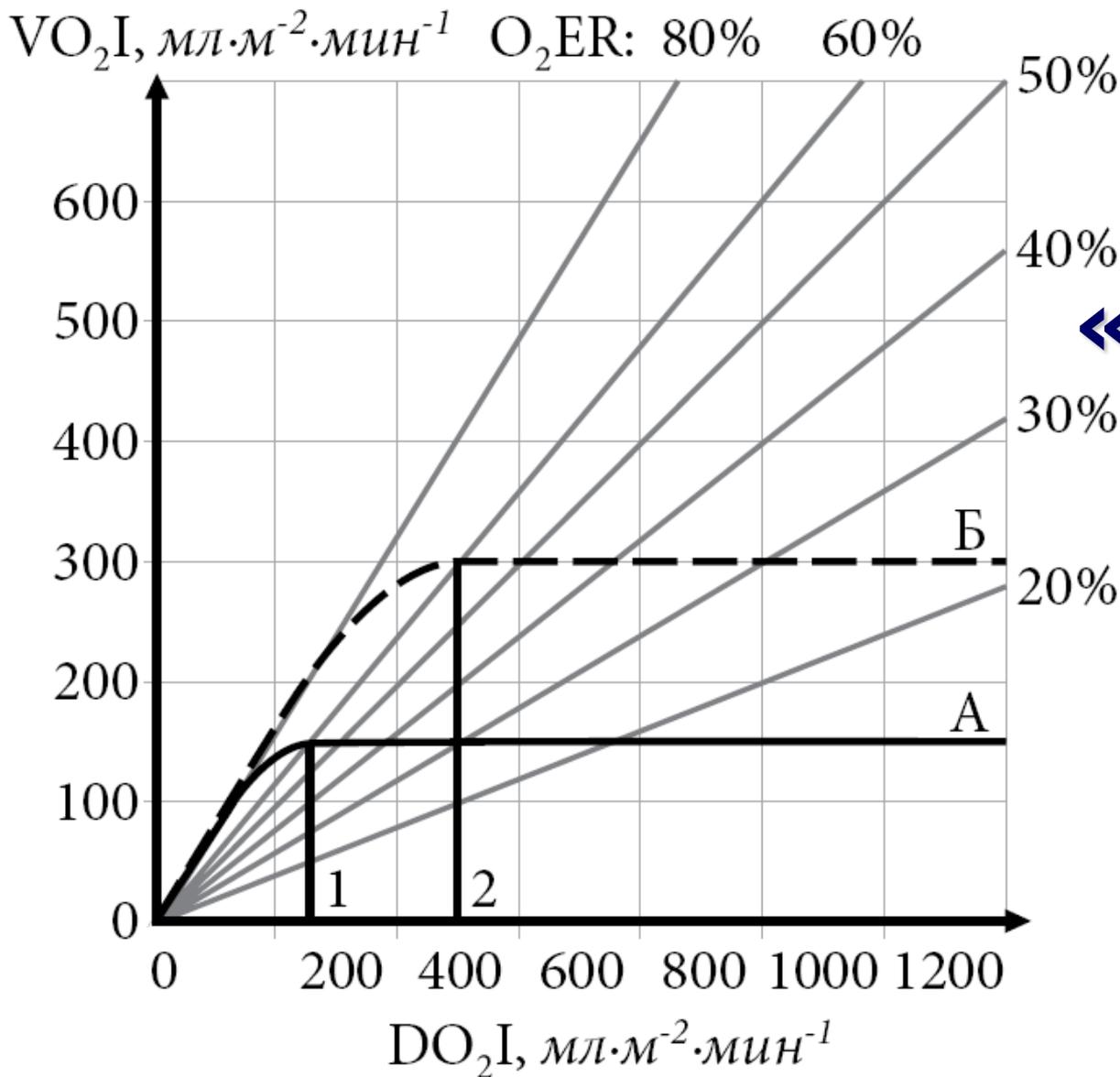
разница результатов измерений VO2 по данным непрямой калориметрии и обратного метода Фика, мл/мин/м2





# PEEP 5 → 8 cm H<sub>2</sub>O





**Почему не  
«ступенька»,  
а именно  
«горка»?**

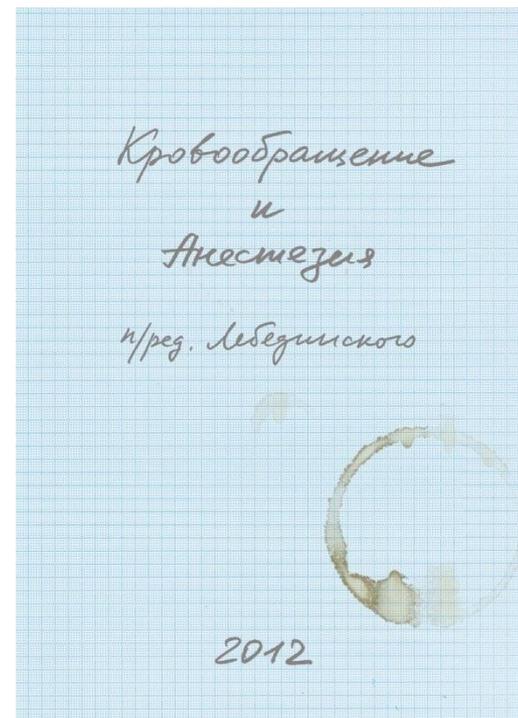
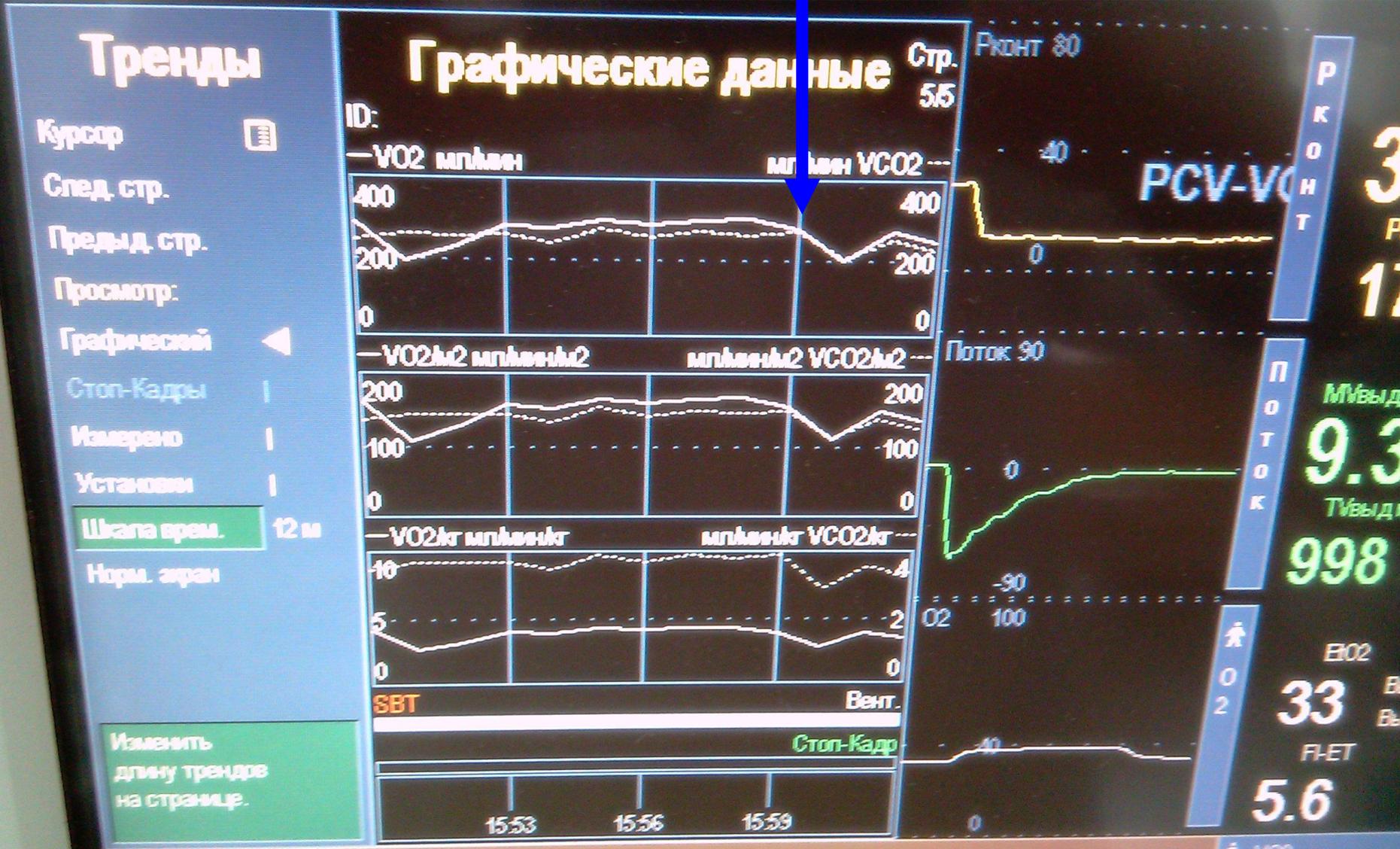


Рис. 2.11. Взаимосвязь между доставкой и потреблением кислорода (схематично; пояснения в тексте)



# РЕЕР 8→11





# Higher vs Lower Positive End-Expiratory Pressure in Patients With Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome

## Systematic Review and Meta-analysis

Matthias Briel, MD, MSc

Maureen Meade, MD, MSc

Alain Mercat, MD

Boyan R. Bogdanov, MD

Guilherme Vallim, MD, MSc

Stephen D. Walter, PhD

Shirley S. Teitel, MD

Eleanor Pullenayegum, PhD

Qi Zhou, MD

Deborah Cook, MD, MSc

Laurent Brochard, MD

Jean-Christophe M. Richard, MD

Francis Lamontagne, MD

Neera Bhatnagar, MLIS

Abhinav S. Mehta, MD

Gordon Guyatt, MD, MSc

**P**ROTECTING LUNGS FROM VENTILATION-induced injury is an important principle in the management of patients with acute lung injury or acute respiratory distress syndrome (ARDS). Although the critical care community has generally endorsed lower tidal volumes and inspiratory pressures, the optimal level of positive end-expiratory pressure (PEEP) remains unestablished.<sup>1,2</sup> Experimental data suggest that PEEP levels exceeding traditional values of 5 to 12 cm H<sub>2</sub>O can minimize cyclical alveolar collapse and corresponding shearing injury to the lungs in patients with considerable edema and alveolar collapse.<sup>3-5</sup> For patients with relatively mild acute lung in-

**Context** Trials comparing higher vs lower levels of positive end-expiratory pressure (PEEP) in adults with acute lung injury or acute respiratory distress syndrome (ARDS) have been underpowered to detect small but potentially important effects on mortality or to explore subgroup differences.

**Objectives** To evaluate the association between PEEP and patient-important outcomes in adults with acute lung injury or ARDS who are receiving ventilation with low tidal volumes and to investigate whether these associations differ across prespecified subgroup populations.

**Data Sources** Search of MEDLINE, EMBASE, and Cochrane Central Register of Controlled Trials (1996-January 2010) plus a hand search of conference proceedings (2004-January 2010).

**Study Selection** Two reviewers independently screened articles for inclusion based on randomly assigning adults with acute lung injury or ARDS to treatment with higher vs lower PEEP (with low tidal volume ventilation) and also reporting mortality.

**Main Results** Of 10,239 included patients in 3 trials, 5113 were assigned to treatment with higher PEEP and 5126 patients in 1163 patients (35.2%) assigned to lower PEEP (adjusted relative risk [RR], 0.94; 95% confidence interval [CI], 0.86-1.04; *P* = .15). Subgroup effects varied with the presence or absence of ARDS, defined as a ratio of 500 mm Hg or less for the ratio of partial pressure of oxygen to fraction of inspired oxygen concentration (*P* = .02 for interaction). In patients with ARDS (*n* = 1892), there were 324 hospital deaths (34.1%) in the higher PEEP group and 368 (30.4%) in the lower PEEP group (adjusted RR, 0.90; 95% CI, 0.83-0.97; *P* = .004). In patients without ARDS (*n* = 404), there were 104 hospital deaths (27.2%) in the higher PEEP group and 44 (10.4%) in the lower PEEP group (adjusted RR, 1.37; 95% CI, 0.98-1.92; *P* = .07). Rates of pneumothorax by PEEP level were similar.

**Conclusions** Treatment with higher vs lower levels of PEEP was not associated with improved hospital survival. However, higher levels were associated with improved survival among the subgroup of patients with ARDS.

*JAMA*. 2010;303(9):865-873

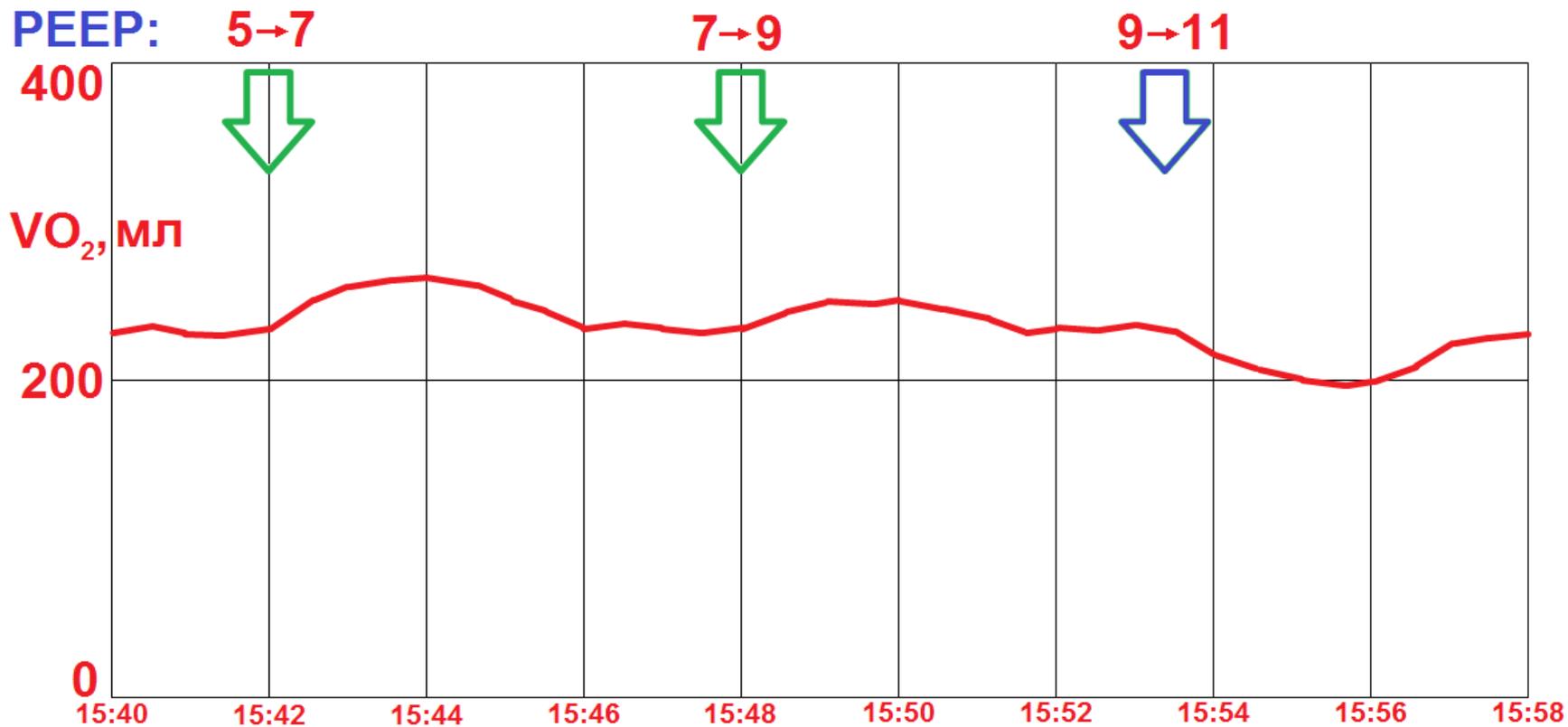
www.jama.com

jury, however, potential adverse consequences of higher PEEP levels, including circulatory depression<sup>6</sup> or lung overdistension,<sup>7</sup> may outweigh the benefits. Several multicenter, randomized trials testing the incremental effect of higher levels

**Author Affiliations** are listed at the end of this article. **Corresponding Author:** Maureen Meade, MD, MSc, Department of Clinical Epidemiology and Biostatistics, Room 2C12, 1200 Main St W, Hamilton, ON L8N 3Z5, Canada (meadema@thsc.ca). **Caring for the Critically Ill Patient Section Editor:** Derek C. Angus, MD, MPH, Contributing Editor, *JAMA* (angusdc@upmc.edu).

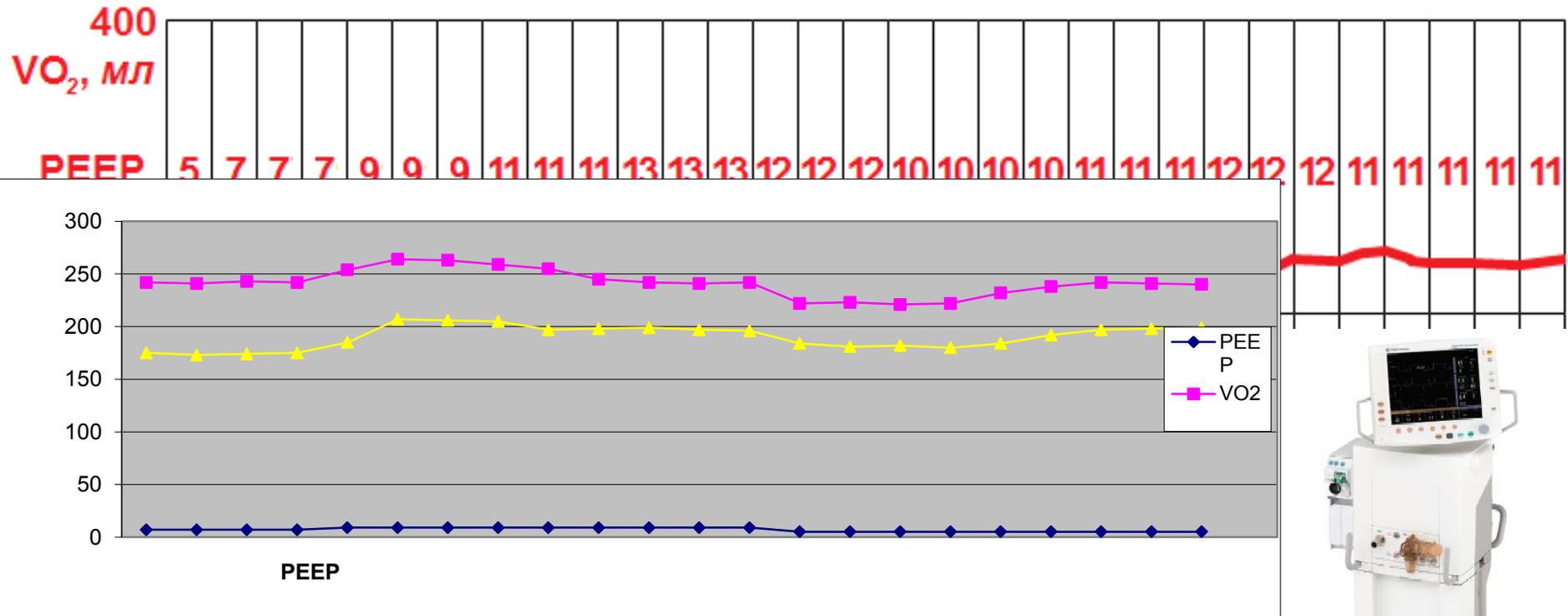
- Мета-анализ (2010) трех больших исследований, включавших 2299 пациентов - ALVEOLI (2004), LOVS (2008), EXPRESS (2008)
- Пациенты исходно сравнимых групп получали РЕЕР около 8-9 (n, 1163) или около 11-15 см (В, 1136)
- Отношение шансов выживания при ОРДС В/Н = 0,90 (95% ДИ 0,81—1,00, P=0,049)

# Динамика $VO_2$ при настройке РЕЕР





# Процедура настройки РЕЕР



5

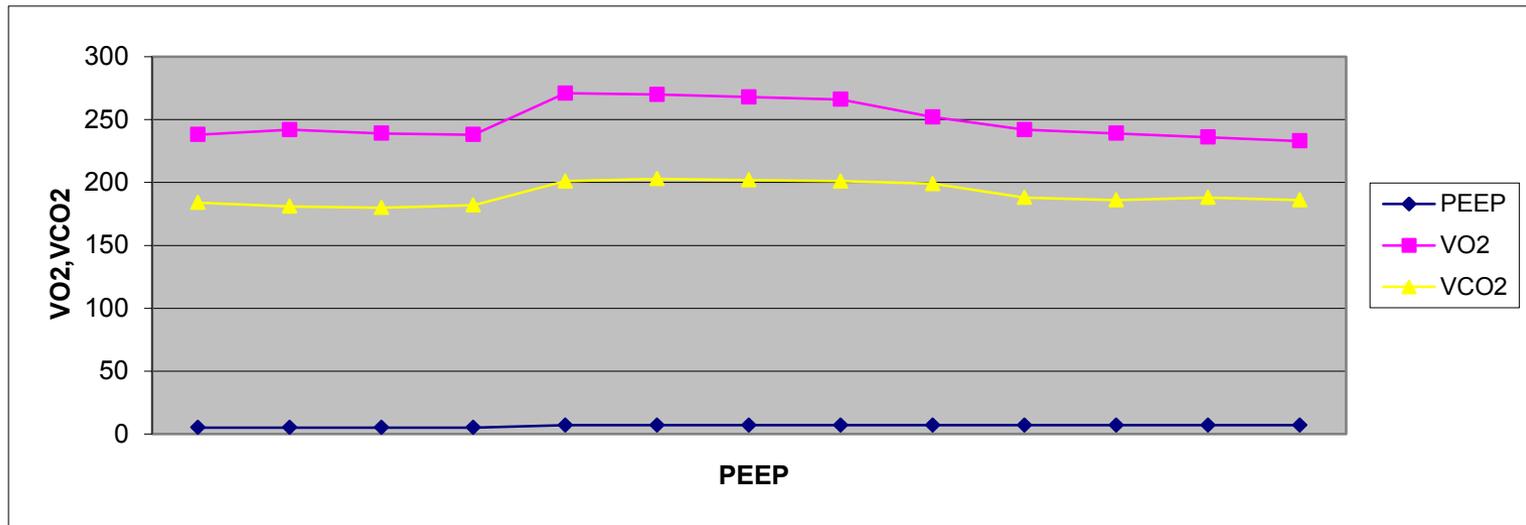
7

9





# Процедура настройки РЕЕР



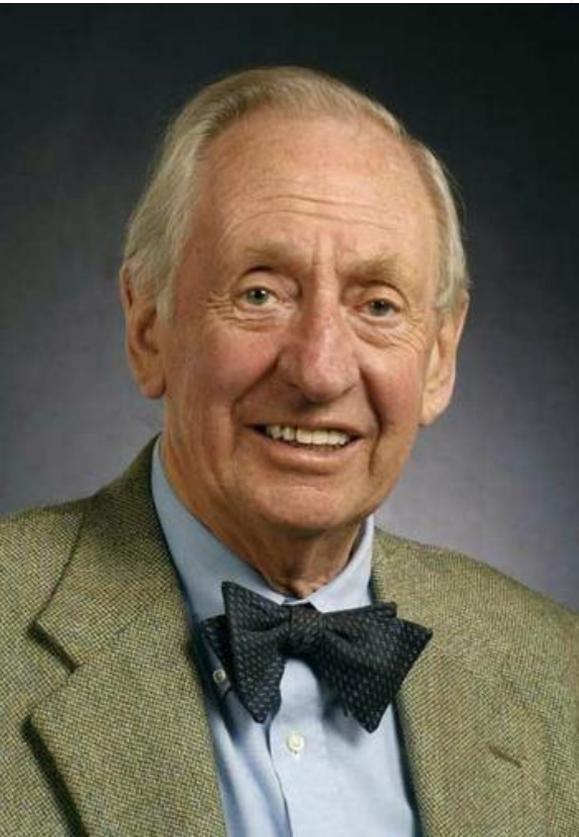
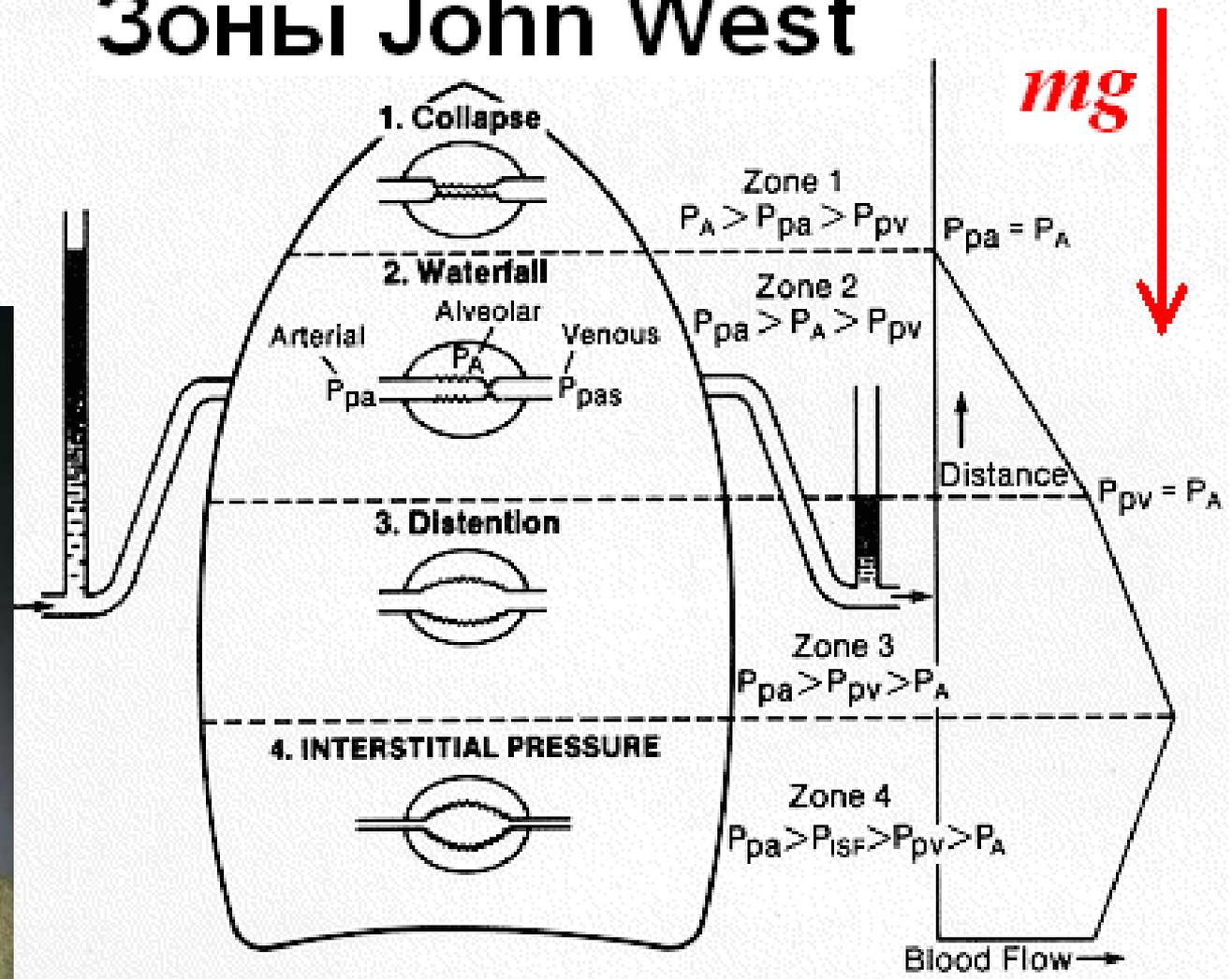
7

9



# V/Q: норма и патология

## Зоны John West



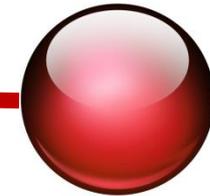


# Реальный баланс...

**Вентиляция  
альвеол**



**Волемия**



**Перфузия  
капилляров**





# Предварительные выводы

Оценка  $\dot{V}O_2$  нужна клиницисту в некоторых ситуациях, когда (а) неясен механизм жизнеугрожающего состояния или (б) необходим динамический контроль эффективности его усилий.

$\dot{V}O_2$  в легких и в большом круге кровообращения (с помощью обратного метода Фика) – это **разные физиологические показатели**, а не разные методы оценки одного показателя!



# Предварительные выводы

В силу физиологических причин оценка  $\dot{V}O_2$  в легких более точна, более динамична и более интересна для клинициста, давая возможность "on-line" оптимизировать глобальное отношение  $V/Q$ .

У пациентов с кислородной задолженностью, маркером которой является лактат-ацидоз, рост  $\dot{V}O_2$  может служить критерием оценки динамики состояния пациента.

Важнейшим ограничением метода является техническая невозможность оценки  $\dot{V}O_2$  при значениях  $F_I O_2$  выше 0,85.



# Вопросы?...



[www.vanevski.com](http://www.vanevski.com)