

# Газовый анализ вдоха-выдоха и метаболический мониторинг при ИВЛ

В.А. Мазурок

# Метаболический мониторинг в АРИТ?



# «Расходование энергии — наиболее характерный процесс жизни»

Max Kleiber (1893-1976)

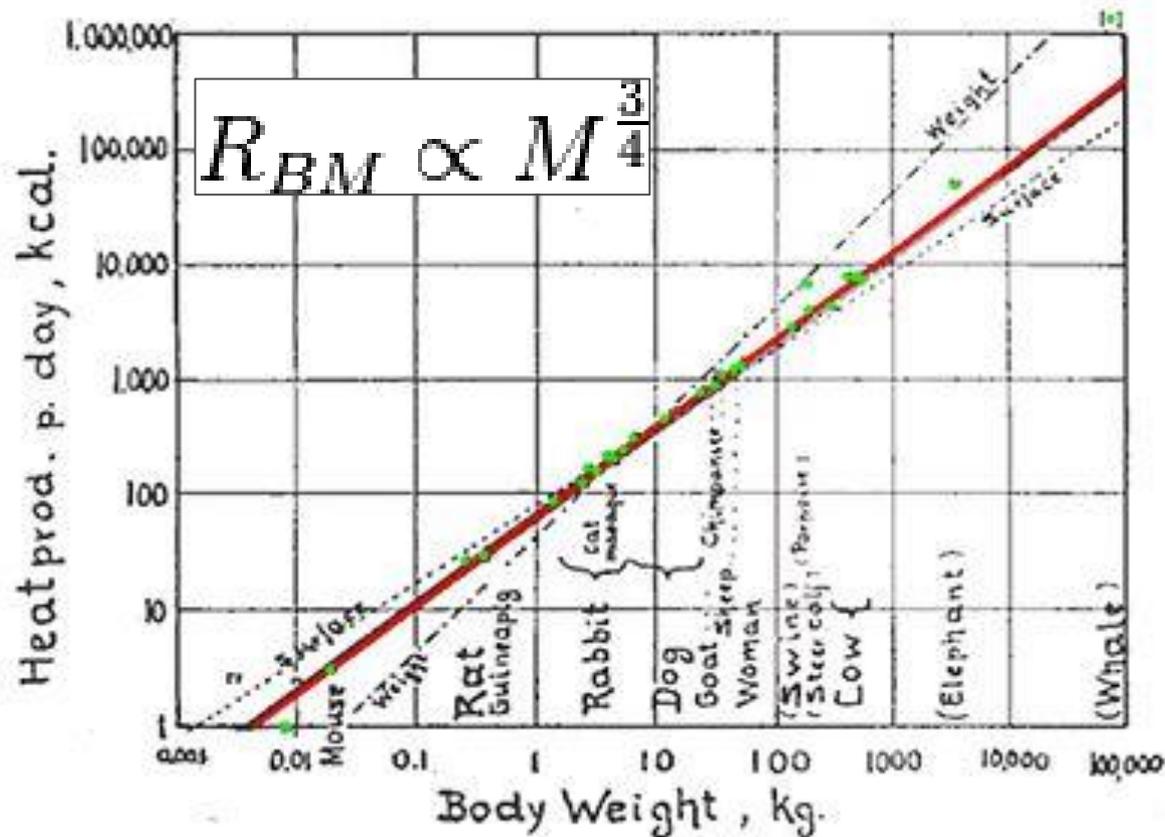
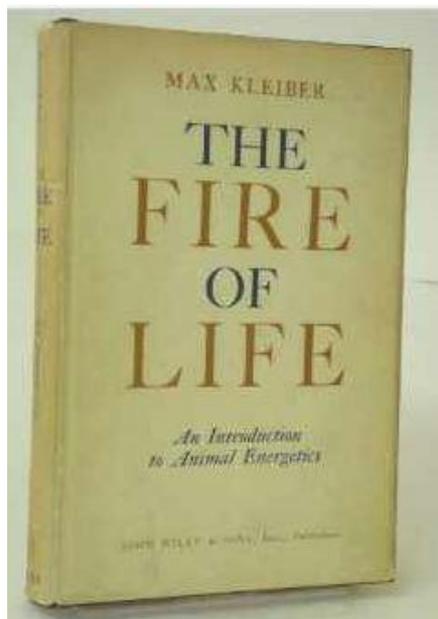
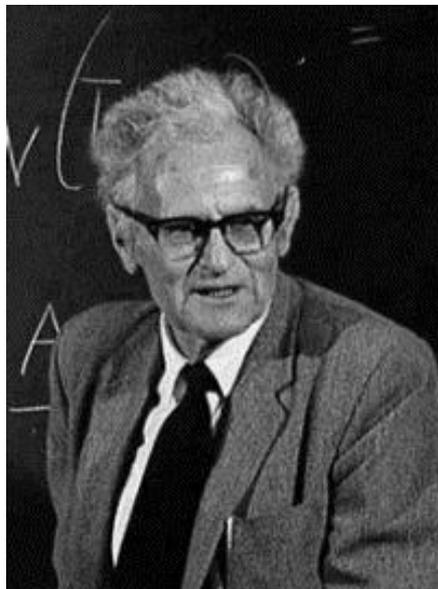


Fig. 1. Log. metabol. rate/log body weight

Закон Клайбера, 1947. «Размер тела и обмен энергии»

Pierre Singer  
Ronit Anbar  
Jonathan Cohen  
Haim Shapiro  
Michal Shalita-Chesner  
Shaul Lev  
Elad Grozovski  
Miryam Theilla  
Sigal Frishman  
Zecharia Madar

**The tight calorie control study (TICACOS):  
a prospective, randomized, controlled pilot  
study of nutritional support in critically ill  
patients**

- Измеренный REE отличался день ото дня в первые 10 суток.
- Выживаемость выше в группе жесткого контроля калорий ( $p = 0,023$ ).

### Pre-evaluation LOS Data

Month	Average Vent LOS	Average ICU LOS	Average ICU Cost per Patient
January	4.94	12.49	\$38,241.81
February	4.71	9.36	\$34,952.61
March	4.24	10.62	\$33,788.70
April	3.61	8.99	\$31,918.46
May	4.41	9.93	\$32,953.34
June	3.46	8.83	\$33,339.08
July	3.12	8.99	\$30,372.73
August	2.89	8.67	\$29,256.73
September	3.26	9.74	\$33,873.27
<b>Average January-September (Pre-eval)</b>	<b>3.69</b>	<b>9.81</b>	<b>\$32,441.29</b>

Total Number of Ventilated Patients: 565

Total Cost: \$18,329,328.85

### The Jewish Hospital Demonstrates Over 2-Day Reduction in ICU Length of Stay with GE Ventilation

Joseph M Robertson, RRT

**Respiratory Therapy** Vol. 11 No. 1 • Winter 2016

**Существенная экономия!!**

### 90 Day LOS Study Data

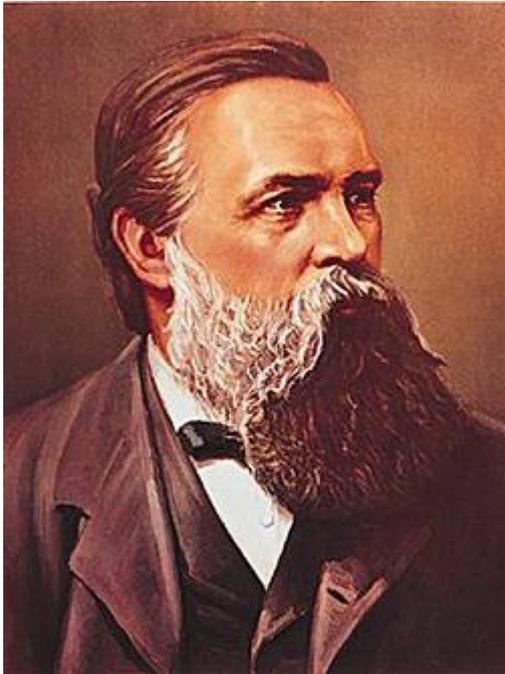
Eval Month	Average Vent LOS	Average ICU LOS	Average ICU Cost per Patient
October	2.69	6.31	\$21,315.90
November	2.89	6.85	\$24,589.00
December	3.73	7.32	\$24,434.00
<b>Total LOS for Eval</b>	<b>3.10</b>	<b>6.83</b>	<b>\$23,446.30</b>

Total Number of Ventilated Patients: 112

Savings: \$1,007,438.88 (estimated)



# Забыли классиков!



«Жизнь есть способ существования  
белковых тел...»

Фридрих Энгельс

**Метаболический мониторинг**

**в АРИТ?**

**КОНЕЧНО!**

«Величина REE, полученная из уравнений, не обязательно точно равна REE конкретного пациента».

«REE следует определять, исходя из клинической оценки, учитывающей текущий нутритивный статус и переносимость нутриентов».

*Ireton-Jones C., Jones J., Improved Equations for Predicting Energy Expenditure in Patients: The Ireton-Jones Equations // Nutrition in Clinical Practice 17:29–31, 2002*

# Непрямая калориметрия - это расчет:

- Потребления кислорода:

$$- VO_2 = 10 \times (V_i \times F_iO_2 - V_e \times F_eO_2) / BW$$

- Выделения углекислого газа:

$$- VCO_2 = 10 \times (V_e \times F_eCO_2 - V_i \times F_iCO_2) / BW$$

# Современный метаболограф



FRC Вкл.



Н Т 21 9 5 Вык.  
Рсредн. Рплато  
12 ---  
Утечка % 10  
П О Т О К MVвыд л/мин ЧД мин  
6.3 10 8 Вык.  
2.0 8 Вык.  
TVвыд мл  
756 Вык.  
Вык.  
%

И О 2  
EiO2 40 Вык.  
FiO2 44 51  
Вык. 39  
FI-ET  
4.0

Принятие нов. знач. завер. FRC				Статич. спирометрия		
(BiLevel)	Твдох сек	Частота мин	Psupp смH2O	Комплаинс мл/смH2O	Рплато смH2O	PEEPe-ч
5	2.5	8	5	---	---	--- + ---

Помощь

Тренды

"Стоп-кадр"

Общие уст-ки

# Непрямая калориметрия: респираторные показания

- Неудачное отлучение от ИВЛ;
- ОРДС;
- Глубокая (длительная) седация и анальгезия;
- Миоплегия;
- ХОБЛ как причина ДН;
- Необходимость оценки  $VO_2$ ;
- Оценка причины гипервентиляции.

# У БОЛЬНОГО НА ИВЛ ВСЕ В ПОРЯДКЕ, ЕСЛИ...

- Стабильная гемодинамика;
- Нормальные:
  - Транспорт кислорода;
  - Тканевая перфузия (Lac, pH, SvO<sub>2</sub>);
  - Потребление кислорода;
  - Энергопотребность.

← pH (артерия)	7.43	ед.	(7.35 - 7.45)
← pH (вена)		ед.	(7.30 - 7.40)
← pO <sub>2</sub> (артерия)	≈ 141	mmHg	(80 - 100)
← pO <sub>2</sub> (вена)	40	mmHg	(30 - 40)
← pCO <sub>2</sub> (артерия)	≈ 20	mmHg	(32 - 48)
← pCO <sub>2</sub> (вена)	33	mmHg	(32 - 48)
← ABE (артерия)	≈ -10.0	ммоль/л	(-2.5 - 2.5)
← ABE (вена)		ммоль/л	(-2.5 - 2.5)
← HCO <sub>3</sub> -(P) (артерия)	≈ 13	ммоль/л	(21 - 28)
← HCO <sub>3</sub> -(P) (вена)		ммоль/л	(21 - 28)
← sO <sub>2</sub> (артерия)	98	%	(95 - 99)
← sO <sub>2</sub> (вена)	65	%	(60 - 80)
← ctHb (артерия)	≈ 93	г/л	(115 - 175)
← ctHb (вена)		г/л	(115 - 175)
← Hct (артерия)	≈ 0.29	%	(0.35 - 0.50)
← Hct (вена)		%	(0.35 - 0.50)
← K <sup>+</sup> (артерия)	4.8	ммоль/л	(3.5 - 5.0)
← K <sup>+</sup> (вена)		ммоль/л	(3.5 - 5.5)
← Na <sup>+</sup> (артерия)	144	ммоль/л	(135 - 150)
← Na <sup>+</sup> (вена)		ммоль/л	(135 - 150)
← Ca <sup>2+</sup> (артерия)	≈ 0.92	ммоль/л	(1.12 - 1.29)
← Ca <sup>2+</sup> (вена)		ммоль/л	(1.12 - 1.29)
← Cl <sup>-</sup> (артерия)	109	ммоль/л	(90 - 110)
← Cl <sup>-</sup> (вена)		ммоль/л	(90 - 110)
← Glu (артерия)	≈ 7.9	ммоль/л	(3.3 - 6.1)
← Glu (вена)		ммоль/л	(3.30 - 6.10)
← Lac (артерия)	≈ 13.4	ммоль/л	(0.4 - 2.2)
← Lac (вена)		ммоль/л	(0.4 - 2.2)
← ctO <sub>2</sub> (артерия)	≈ 12.9	ммоль/л	(7.1 - 9.9)
← ctO <sub>2</sub> (вена)		ммоль/л	(5.4 - 7.9)



# Российские клинические рекомендации

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«ФЕДЕРАЦИЯ АНЕСТЕЗИОЛОГОВ И РЕАНИМАТОЛОГОВ»

Метаболический мониторинг и  
нутритивная поддержка у больных на  
ИВЛ

Федеральные клинические  
рекомендации

2016

Съезд ФАР, февраль 2016

# Опасности нутритивной поддержки

## ГИПЕРАЛИМЕНТАЦИЯ

гипергликемия  
рост продукции CO<sub>2</sub>  
увеличение вентиляционных  
потребностей  
усугубление ДН  
жировой гепатоз

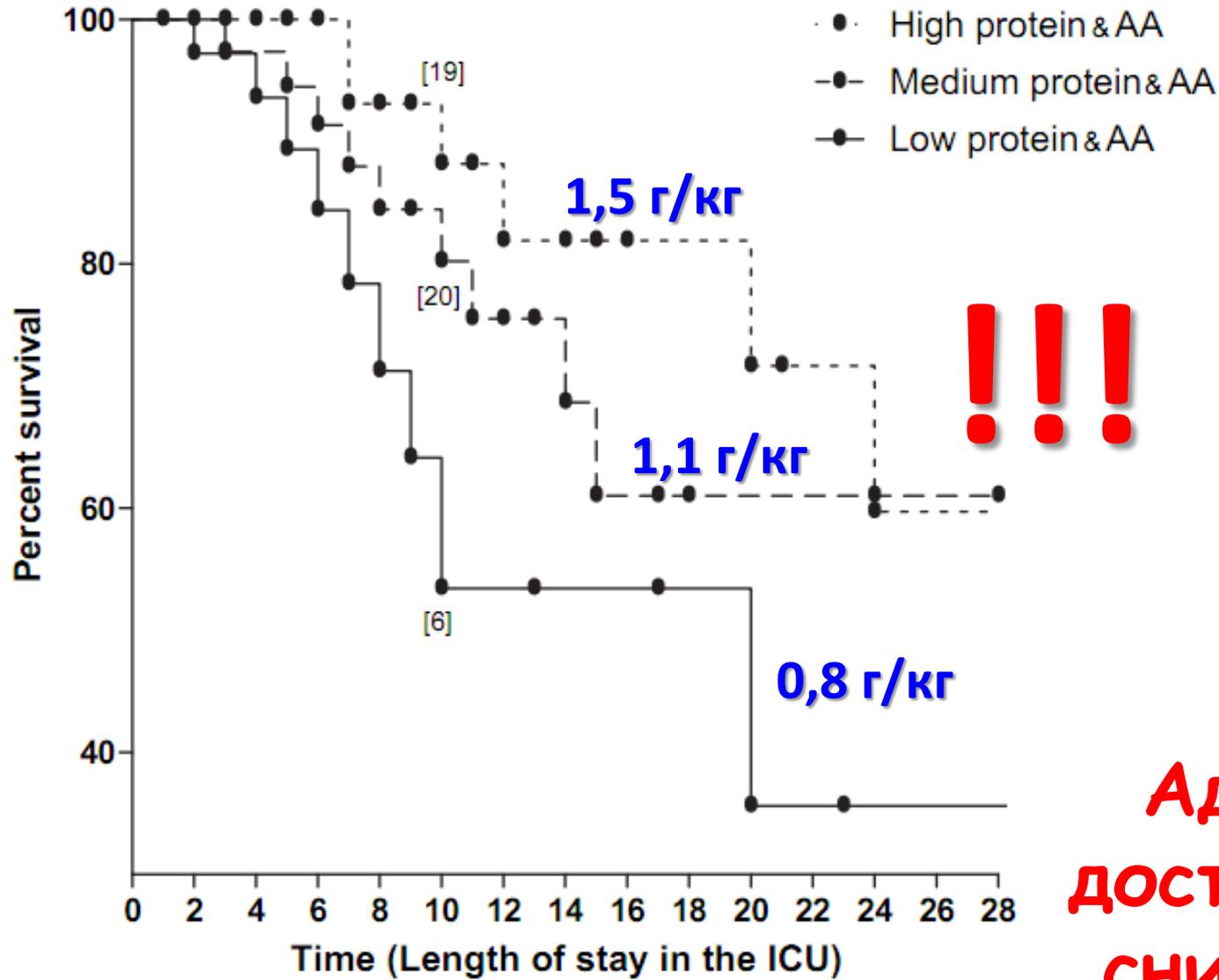
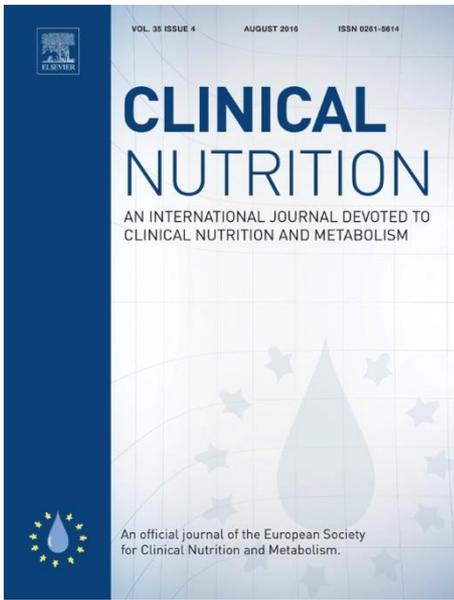
усугубление РДС,  
проблемы с  
прекращением  
респираторной  
поддержки



Рост осложнений  
и летальности

## ГИПОАЛИМЕНТАЦИЯ

ухудшение заживления ран  
увеличение риска инфекций  
слабость и дисфункция дыхательных мышц, диафрагмы,  
скелетных мышц



**Адекватная  
доставка белка  
снижает риск  
смерти в ОРИТ**

# Калории или белок?

- Ретроспективное когортное:

- Значимое  $\downarrow$ летальности при  $\uparrow$ калорий от 0 до 70% от REE;
- **НО:**  $\uparrow$ Летальности/длит. лечения в ОРИТ/ИВЛ при  $\uparrow$ калорий  $>70\%$ ;
- $\uparrow$ **БЕЛКА** -  $\downarrow$ **ЛЕТАЛЬНОСТЬ**.

Zusman O, et al. Crit Care 2016

- **Нормокалорическое питание:**

- 80-100% REE первые 24-48 час в ОРИТ.

McClave SA, et al. **Guidelines**: SCCM and ASPEN. JPEN J Parenter Enteral Nutr 2016

Canadian practice **guidelines** 2015. [www.criticalcar-enutrition.com](http://www.criticalcar-enutrition.com) [December 2016]

Singer P, et al. ESPEN **guidelines** on parenteral nutrition: intensive care. Clin Nutr 2009

Weijs PJ, et al. Crit Care 2014

Heyland DK, et al. Crit Care Med 2011

# Калории или белок?

- Больше белка - все больше доказательств!

– ↑Выживаемость, ↑дней без ИВЛ.

Elke G, et al. Crit Care 2014  
Alberda C, et al. Intensive Care Med 2009  
Weijs PJ, et al. Parenter Enteral Nutr 2012  
Mehta NM, et al. Am J Clin Nutr 2015  
Allingstrup MJ, et al. Clin Nutr 2012  
Weijs PJ, et al. Crit Care 2014

– ≥80% нужного белка - ↓летальности;

– ≥80% калорий - нет.

Nicolo M, et al. JPEN 2016

– ↓Летальности на 1% на каждый + грамм белка.

Mehta NM, et al. Am J Clin Nutr 2015

- ↓Слабость, ↑мышца предплечья;

- Летальность/длит. лечения сравнимы (0.8 г/кг & 1.2 г/кг/день).

Ferrie S, et al. JPEN 2016

# Калории или белок?

- **РКИ**: Гипо- (15) & норма- (25 ккал/кг/день);  
Белок одинаковый **(1.7 г/кг/день)**.
  - Нет отличий: 28-дн. летальности;
  - Длит. лечения в ОРИТ/ИВЛ и SOFA после 48 и 96 час.

Rugeles S, et al. J Crit Care 2016

# Макронутриенты

- **Рыбий жир:**

- **Мета-анализ** (10 РКИ) – ↓ частоты инфекций, ↓ ИВЛ:

- В подгруппах – ↓ времени лечения в стационаре;
- Нет влияния на летальность.

Manzanares W, et al. Crit Care 2015

- Рутинно **НЕ РЕКОМЕНДОВАН.**

Hofman Z, et al. Ann Intensive Care 2016

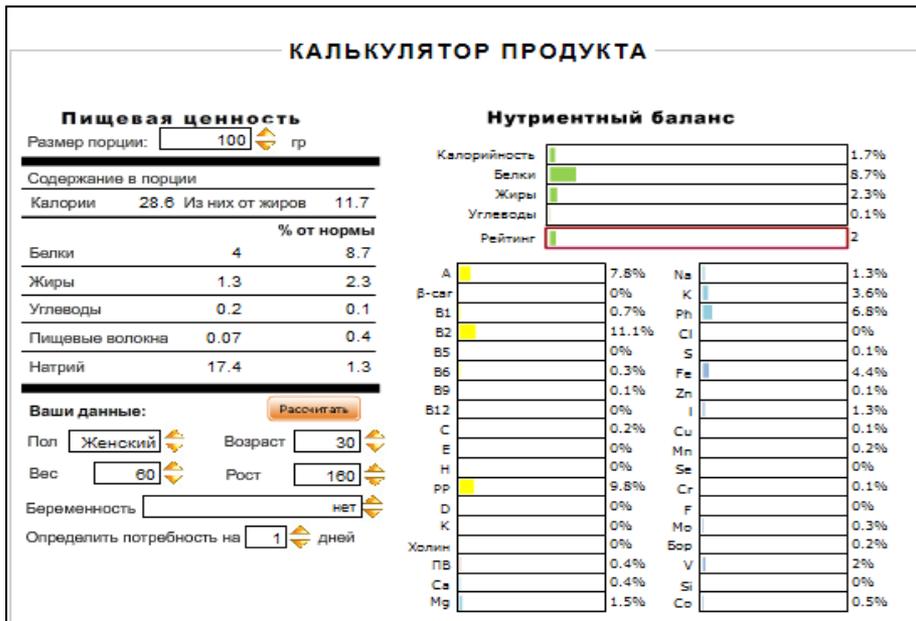


**Энтеральное  
питание?**



# «Бульон костный»

## Пищевая ценность и химический состав



[http://health-diet.ru/base\\_of\\_food/sostav/2472.php](http://health-diet.ru/base_of_food/sostav/2472.php)

1 г. жиров = 9 ккал;  
1 г. углеводов = 4 ккал;  
1 г. белков = 4 ккал.

## АНАЛИЗ КАЛОРИЙНОСТИ ПРОДУКТА

### Калорийность Бульон костный

Калории	28,6 кКал
из них от белков	16 кКал
из них от жиров	12 кКал
из них от углеводов	1 кКал

### Энергетический баланс

Белки, 56.1%



Углеводы, 2.8%

Жиры, 41.1%



24 СУТКИ В ОТДЕЛЕНИИ РЕАНИМАЦИИ  
ЧАСЫ НАБЛЮДЕНИЯ (ВРЕМЯ МОСКОВСКОЕ)

ПОКАЗАТЕЛИ	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	
ЧСС-АД/ЦВД-ДЛА г/с																								
210/75																								
190/70																								
180/65																								
170/60																								
160/55																								
150/50																								
130/45																								
120/40																								
110/35																								
100/30																								
90/27																								
80/24																								
70/21																								
60/18																								
50/15																								
40/12																								
30/9																								
№ (ppm)																								
(Л/МИН)																								
ДЕВОДР/КГ/МИН																								
Л/МИН)																								
МИН/М²)																								
МИН/СЕК/СМ-5)																								
МИН/СЕК/СМ-5)																								
И ВЛ/РЕСПИРАТОР																								
аО <sub>2</sub>	98%	100%			98%			94%																
В																								
З	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Ж																								
МА																								
СТЕРИЛ																								
РУЗИН																								
СаО <sub>2</sub> 10%																								
КС10 %																								
ФИЗ. РАСТВОР																								
ГЛЮКОЗА 5 %																								
ПРОЦЕССИН																								
ДИКОКСИН																								
ОМОН АВОЛ																								
Варфарилин																								
Диувер																								
Мифегал																								
Детралекс																								
Кеналон																								
Корфарин																								
Варфарин																								
В.И. Паздвин																								

Термодинамика: ЧСС - черный цвет, АДс/АДд - красный; ЦВД - синий; ДЛас/ДЛА/д - зеленый

В зоне Дюрана 30 м  
Нижним 200  
200 200 200 200 200 200 200  
50 50 50 50 50 50 50

0350 30 (320 ml) 0342 40 (290 ml) 0350 200

СаО<sub>2</sub> 20 30 40 50 60 70 80 90 100

КС10 % 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ФИЗ. РАСТВОР 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ГЛЮКОЗА 5 % 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ПРОЦЕССИН 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ДИКОКСИН 20 30 40 50 60 70 80 90 100

ОМОН АВОЛ 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Варфарилин 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Диувер 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Мифегал 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Детралекс 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Кеналон 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Корфарин 20 30 40 50 60 70 80 90 100

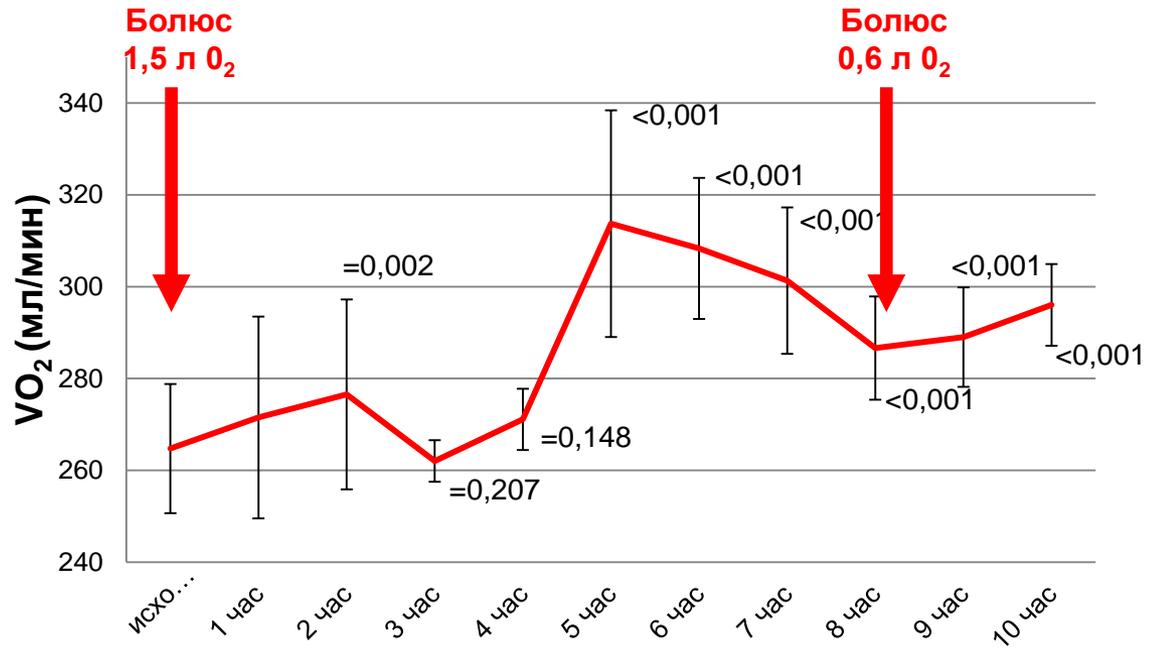
Варфарин 20 30 40 50 60 70 80 90 100

В.И. Паздвин 20 30 40 50 60 70 80 90 100

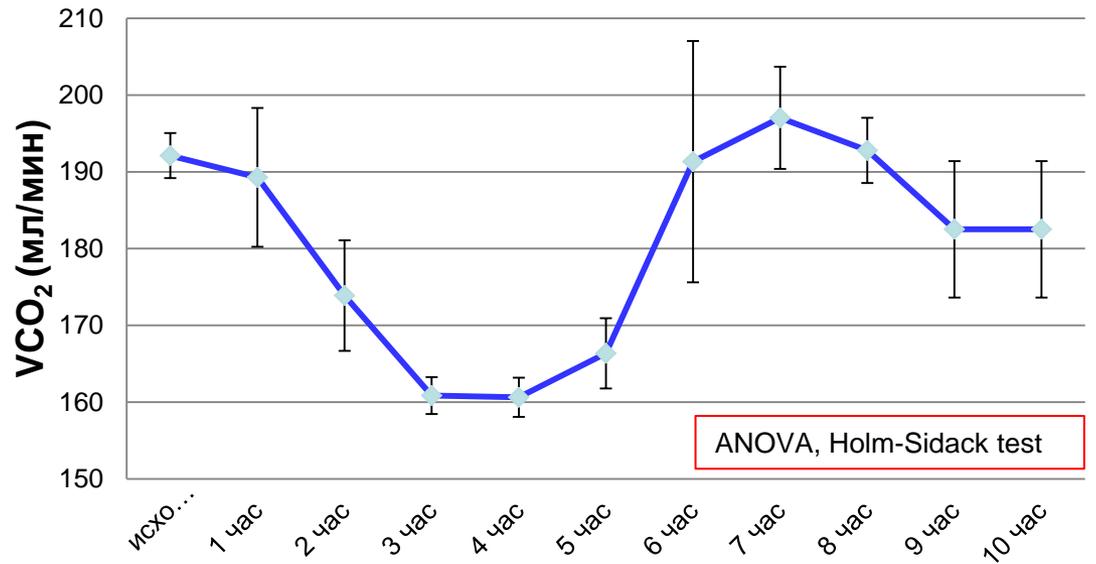


Ж-ва., 23 г.,  
пневмония,  
ИВЛ

Динамика  
 $VO_2$



Параметры МРТТ неизменны



Динамика  
 $VCO_2$

# Передача данных

NI\_1102171951001.txt - LibreOffice Calc

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

AE2450

	A	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
1	Time/Date	Measured RR Mech (/min)	Measured Paux Peak (cmH2O)	Measured Paux Mean (cmH2O)	Measured Paux Min (cmH2O)	Measured EtCO2 (%)	Measured EtO2 (%)	Measured FiO2 (MGAS) (%)	Measured FiO2-EtO2 (%)	Measured Compliance (mL/cmH2O)	Measured Raw (cmH2O/L/s)	Static Compliance (mL/cmH2O)	Static Pplat (cmH2O)	Static PEEPe (cmH2O)	Static PEEPi (cmH2O)	Measured PEEPe (cmH2O)
2404	110217 19:48:18.9	11	0	0	0.3	39	42	3	50	7	---	---	---	---	---	---
2405	110217 19:48:23.7	12	0	0	0.4	41	42.05	---	53	7	---	---	---	---	---	---
2406	110217 19:48:28.9	12	0	0	0.4	41	42.13	---	53	9	---	---	---	---	---	---
2407	110217 19:48:30.9	12	0	0	0.4	41	42.13	---	53	10	---	---	---	---	---	---
2408	110217 19:48:32.3	12	0	0	0.4	38	43.51	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2409	110217 19:48:33.1	13	0	0	0.4	38	43.51	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2410	110217 19:48:36.1	12	0	0	0	3	40	41.03	50	---	---	---	---	---	---	---
2411	110217 19:48:39.3	12	0	0	0.3	40	43.2	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2412	110217 19:48:44.4	12	0	0	0.4	37	42	---	52	5	---	---	---	---	---	---
2413	110217 19:48:48.8	12	0	0	0.4	40	43.26	---	49	---	---	---	---	---	---	---
2414	110217 19:48:54.0	12	0	0	0	4	41	43.22	52	---	---	---	---	---	---	---
2415	110217 19:48:55.6	12	0	0	0	4	41	43.22	52	---	---	---	---	---	---	---
2416	110217 19:48:57.2	12	0	0	0.4	39	43.4	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2417	110217 19:49:00.0	13	0	0	0.3	38	43.6	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2418	110217 19:49:04.4	11	0	0	0.3	44	43.1	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2419	110217 19:49:09.2	11	0	0	0.3	38	42.45	60.8	---	---	---	---	---	---	---	---
2420	110217 19:49:10.8	12	0	0	0.3	38	42.45	60.8	---	---	---	---	---	---	---	---
2421	110217 19:49:13.7	11	0	0	0.4	41	42.09	60.8	---	---	---	---	---	---	---	---
2422	110217 19:49:19.7	12	0	0	0.4	36	44.78	60.8	---	---	---	---	---	---	---	---
2423	110217 19:49:24.5	12	0	0	0.4	46	42	---	52	4	---	---	---	---	---	---
2424	110217 19:49:29.3	12	0	0	0.4	40	42.22	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2425	110217 19:49:33.7	11	0	0	0.4	40	43.29	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2426	110217 19:49:38.5	11	0	0	0.4	38	43.4	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2427	110217 19:49:44.4	12	0	0	0.4	40	43.1	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2428	110217 19:49:48.4	12	0	0	0.4	39	42.39	---	49	---	---	---	---	---	---	---
2429	110217 19:49:52.8	12	0	0	0.4	41	43.1	40.2	---	---	---	---	---	---	---	---
2430	110217 19:49:56.8	12	0	0	0.4	37	43.4	---	49	---	---	---	---	---	---	---
2431	110217 19:49:59.6	11	0	0	0.4	37	43.4	---	49	---	---	---	---	---	---	---
2432	110217 19:50:04.8	11	0	0	0.3	41	43.25	---	50	---	---	---	---	---	---	---
2433	110217 19:50:09.2	12	0	0	0.4	38	42.42	---	52	---	---	---	---	---	---	---
2434	110217 19:50:14.0	12	0	0	0.4	40	43.31	55.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2435	110217 19:50:19.6	12	0	0	0.4	38	43	55.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2436	110217 19:50:24.8	12	0	0	0.4	40	43	355.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2437	110217 19:50:29.2	12	0	0	0.4	40	42.23	53.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2438	110217 19:50:32.5	13	0	0	0.4	40	43.25	53.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2439	110217 19:50:34.1	13	0	0	0.4	40	43.25	53.9	---	---	---	---	---	---	---	---
2440	110217 19:50:36.5	12	0	0	0.3	41	43.19	46.1	---	---	---	---	---	---	---	---
2441	110217 19:50:40.1	12	0	0	0.4	40	42.24	46.1	---	---	---	---	---	---	---	---
2442	110217 19:50:44.9	12	0	0	0.4	40	44.39	46.1	---	---	---	---	---	---	---	---
2443	110217 19:50:50.1	12	0	0	0.4	40	42.23	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2444	110217 19:50:55.0	11	0	0	0.4	37	43.6	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2445	110217 19:50:56.5	12	0	0	0.4	37	43.6	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2446	110217 19:51:00.1	11	0	0	0.4	39	43.7	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2447	110217 19:51:05.0	12	0	0	0.4	41	42.07	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2448	110217 19:51:10.2	12	0	0	0.4	40	43.24	---	51	---	---	---	---	---	---	---
2449																
2450																



Лист 1 / 1

Базовый

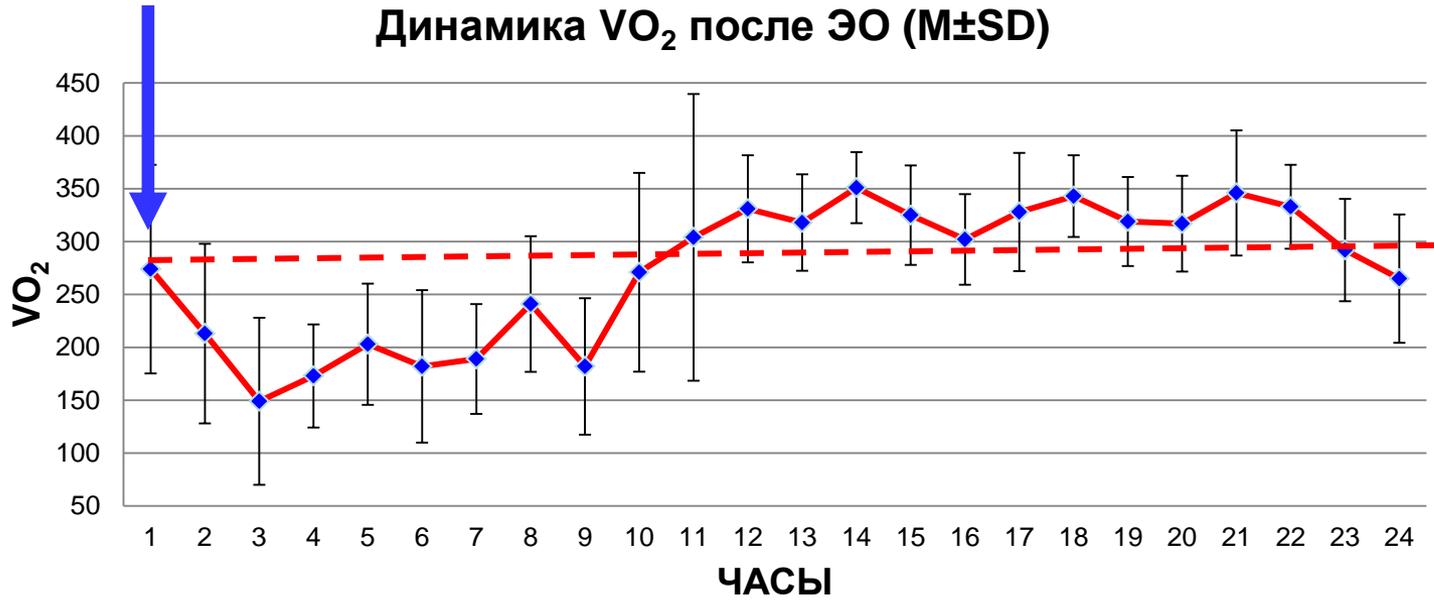
Сумма=0

12:21 30.03.2016

Н., 72 г. ХСН, ФВ 27%, невозможно отлучить от ИВЛ

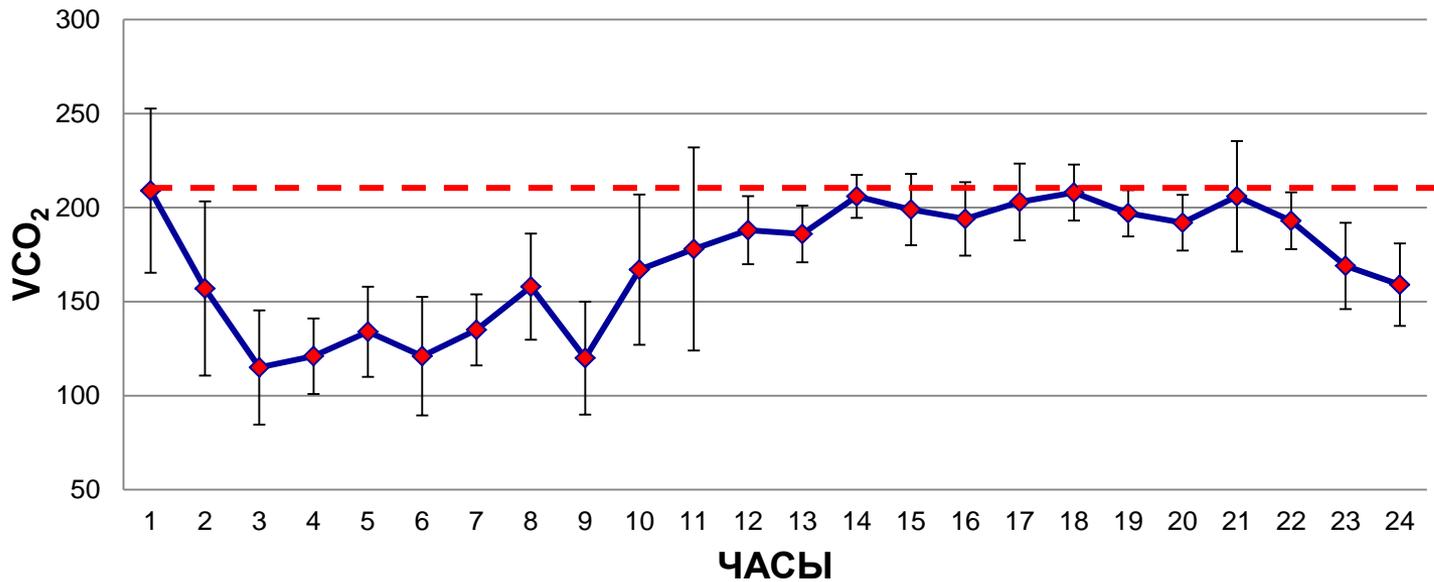


Динамика  $VO_2$  после ЭО ( $M \pm SD$ )



И-в, 72 г.,  
ХСН,  
ФВ 27%  
ИВЛ

Динамика  $VCO_2$  после ЭО ( $M \pm SD$ )



$O_2$  в тонкую  
кишку,  
5 мл/мин

Н., 72 г. ХСН, ФВ 27%, невозможно отлучить от ИВЛ



На правах рукописи

БЕЛИКОВ ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

ЭНТЕРАЛЬНАЯ КИСЛОРОДОТЕРАПИЯ ПРИ ЭНТЕРОПАТИЯХ  
КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ

14.01.20 – анестезиология и реаниматология

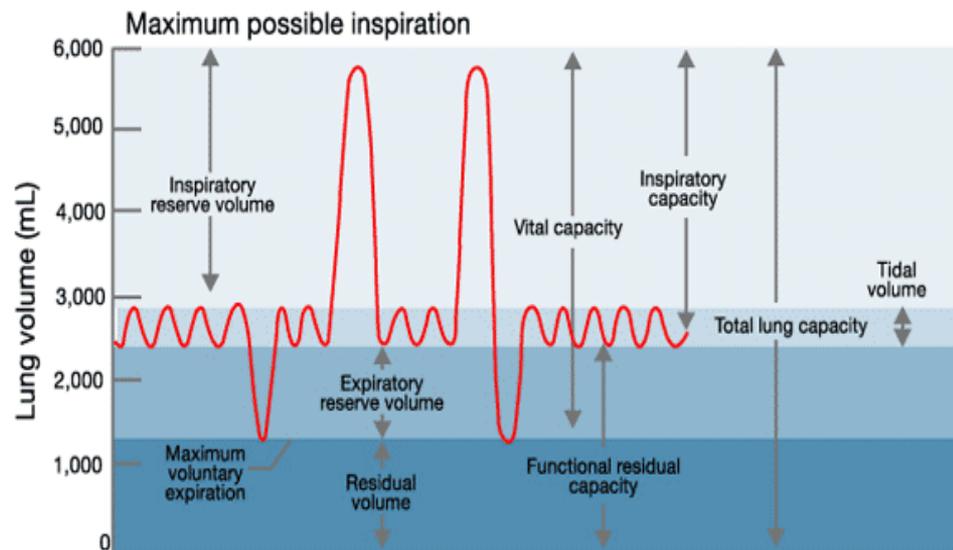
АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

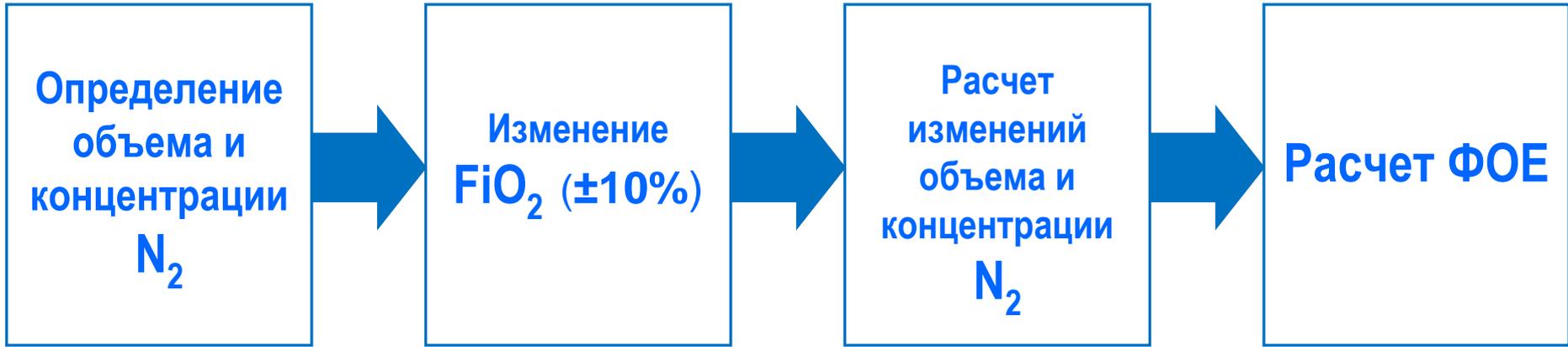
Санкт-Петербург - 2017

**Еще возможности  
газоанализа...**

# ФОЕ



<p><b>Общая емкость легких (ОЕЛ, ТС)</b> Жен. – 4,2 л Муж. – 6 л</p>	<p><b>Жизненная емкость легких (ЖЕЛ, VC)</b> Жен. – 3,3 л Муж. – 4,8 л</p>	<p><b>Резервный объем вдоха (РОВд, IRV)</b> Жен. – 1,9, муж. – 3,3 л</p>	<p><b>Ёмкость вдоха (ЕВд, IC)</b> 3,6 л</p>
		<p><b>Дыхат. объем (ДО, V<sub>T</sub>)</b> Жен. и муж. – 0,5 л</p>	
		<p><b>Резервный объем выдоха (РОВвд, ERV)</b> Жен. – 0,7, муж. – 1 л</p>	
<p><b>Остаточный объем (ОО, RV)</b> Жен. – 1,1 л, муж. – 1,2 л</p>		<p><b>Функциональная остаточная емкость (ФОЕ, FRC)</b> 2,4 л</p>	

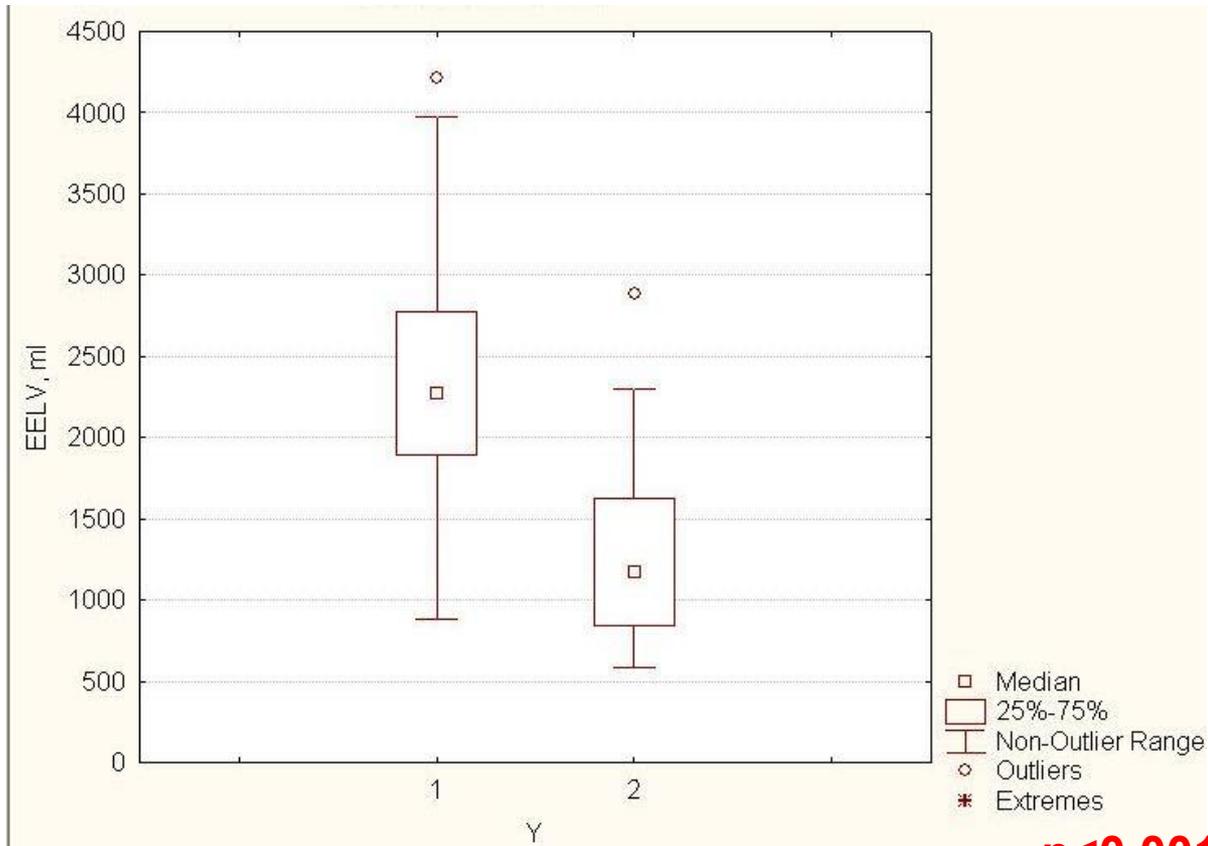


$$FRC = \frac{\Delta V N_2}{\Delta E T N_2}$$



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

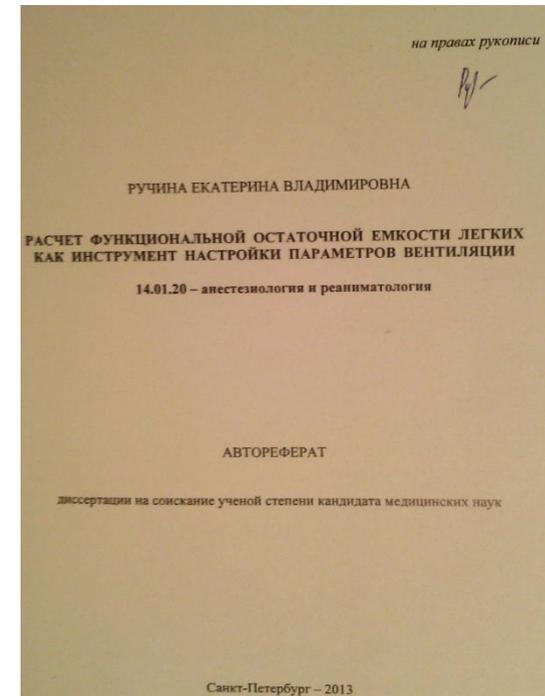
# СРАВНЕНИЕ ИСХОДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФОЕ



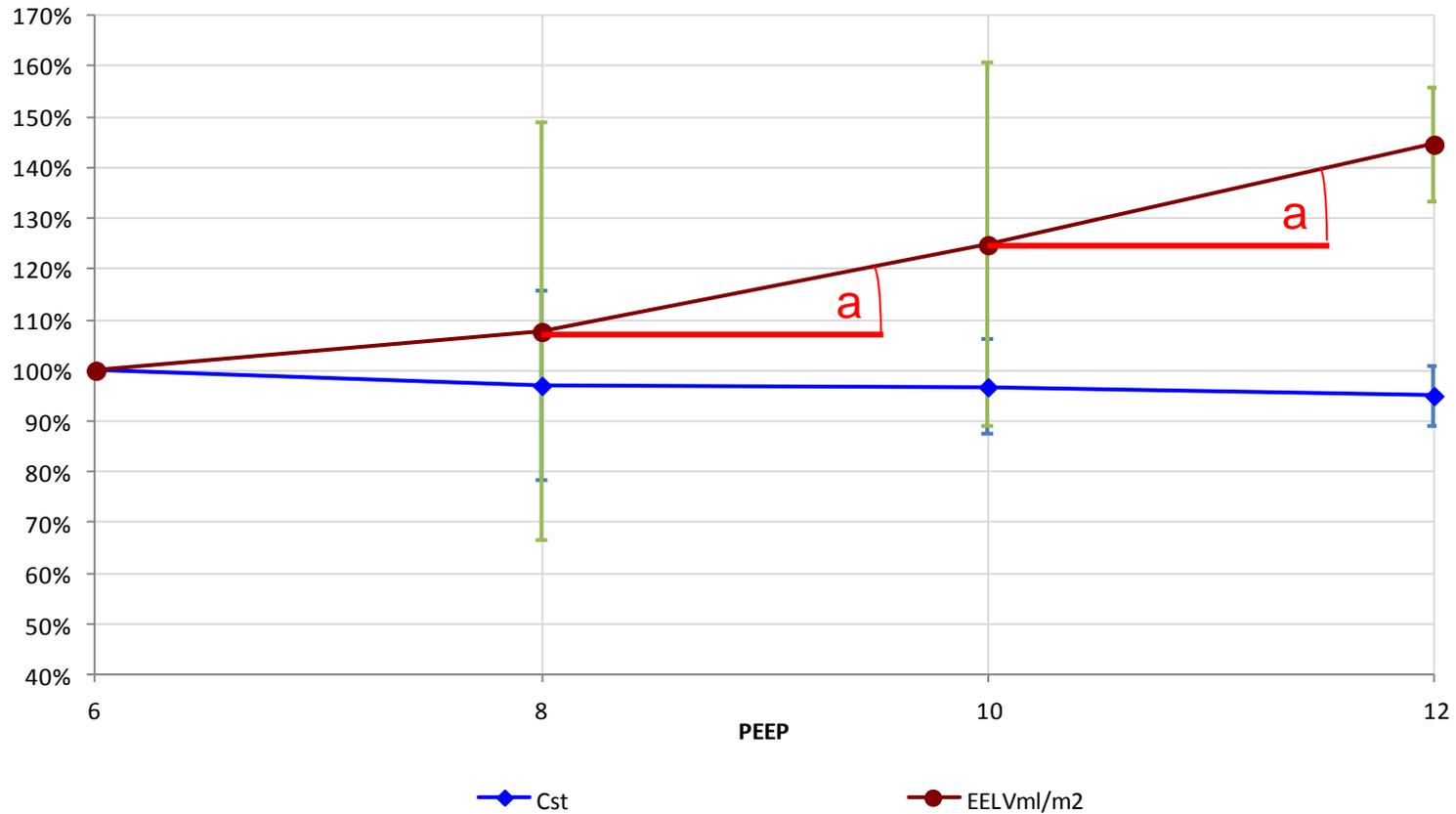
$p < 0,001$

1 группа - «норма»

2 группа - «рестрикция»

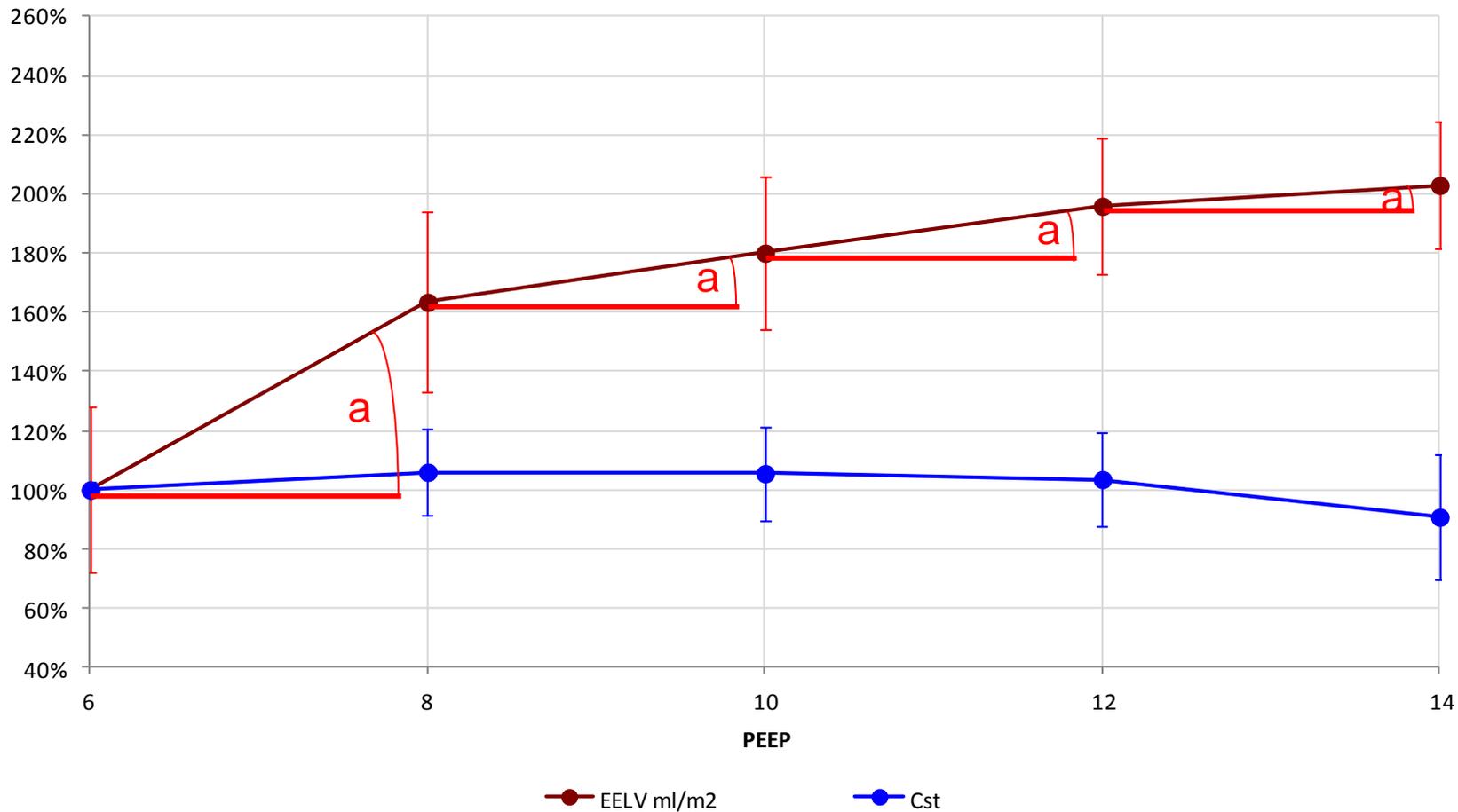


# Динамика ФОЕ



1 группа - «норма»

# Динамика ФОЕ



2 группа - «рестрикция»

Чтобы не  
разочароваться...

# ПРЕИМУЩЕСТВА $VO_2$

- Не нужен МОК!
- Не нужны газы крови!
  - «Чистый» газоанализ.
- Нечувствителен к гипердинамии.
- **Чувствителен к гипероксии!**
- Позволяет оценить утилизацию  $O_2$

## AARC Clinical Practice Guideline

## Metabolic Measurement Using Indirect Calorimetry During Mechanical Ventilation—2004 Revision &amp; Update

**MMMV 7.0 LIMITATIONS OF PROCEDURE:**

Limitations of the procedure include

7.1 Accurate assessment of REE and RQ may not be possible<sup>60-63</sup> because of patient condition or certain bedside procedures or activities.

7.2 Inaccurate measurement of REE and RQ may be caused by leaks of gas from the patient/ventilator system preventing collection of expired gases including

7.2.1 Leaks in the ventilator circuit<sup>1,4,5</sup>

7.2.2 Leaks around tracheal tube cuffs or uncuffed tubes<sup>1,4,5</sup>

7.2.3 Leaks through chest tubes or bronchopleural fistula<sup>64</sup>

7.3 Inaccurate measurement of REE and RQ occurs during peritoneal and hemodialysis due to removal across the membrane of CO<sub>2</sub> that is not measured by the indirect calorimeter<sup>1,4,5,17</sup>

7.4 Inaccurate measurement of REE and RQ during open circuit measurement may be caused by

7.4.1 Instability of delivered oxygen concentration (F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>) within a breath or breath to breath due to changes in source gas pressure and ventilator blender/mixing characteristics<sup>65,66</sup>

7.4.2 F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> > 0.60<sup>1,4,5,65,66</sup>

7.4.3 Inability to separate inspired and expired gases due to bias flow from flow-triggering systems, IMV systems, or specific ventilator characteristics<sup>1,4,5,67,68</sup>

7.4.4 The presence of anesthetic gases or gases other than O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and nitrogen in the ventilation system<sup>66</sup>

7.4.5 The presence of water vapor resulting in sensor malfunction

7.4.6 Inappropriate calibration<sup>69</sup>

7.4.7 Connection of the indirect calorimeter to certain ventilators, with adverse effect on triggering mechanism, increased expiratory resistance, pressure measurement, or maintenance of the ventilator<sup>5</sup>

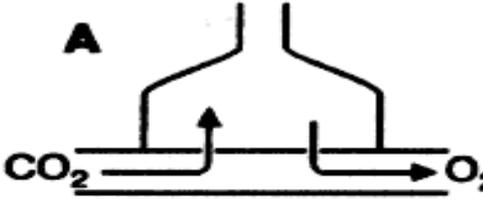
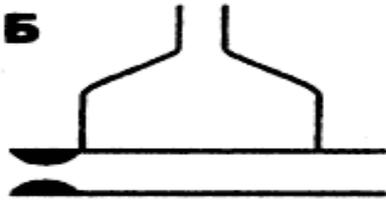
7.4.8 Total circuit flow exceeding internal gas flow of indirect calorimeter that incorporates the dilutional principle<sup>70</sup>

7.4.9 Internal leaks within the calorimeter<sup>71</sup>

**ОГРАНИЧЕНИЯ**

- Негерметичный контур;
- FiO<sub>2</sub> ≥ 60%;
- РЕЕР > 12 см вод.ст
- < 90 мин после смены режима ИВЛ
- ЗПТ < 3-4 час;
- Тяжелая гипоксемия.

# Не забыть откалибровать!

Состояние	Отношение $\dot{V}/\dot{Q}$	Термин	Результаты
<b>А</b> 	1	$\dot{V}/\dot{Q}$ соответствует	Нормальное $P_aO_2, P_aCO_2$
<b>Б</b> 	>1	Вентиляция мёртвого пространства	$\downarrow P_aO_2, \uparrow P_aCO_2$
<b>В</b> 	<1	Венозное примешивание	$\downarrow P_aO_2,$ Нормальное или $\uparrow P_aCO_2$

$$P_aCO_2 \text{ \& } P_{ET}CO_2 = \Delta 4-5 \text{ мм Нг}$$

# Помнить!



STEADY STATE - метаболическое

равновесие:

- Изменения  $VO_2/VCO_2$  в течение 5 мин не  $>10\%$  или коэффициент вариации не  $>5\%$ .

# Влияние на $VO_2$ и $VCO_2$

Лечение	$\Delta REE$ (%)	Источник
<b>Катехоламины</b>		
Эпинефрин, здоровые испытуемые	+ 29	Сьостром и др., 1983
Эпинефрин, септический шок	+ 15	Макензи и др., 1991
Норэпинефрин, здоровые испытуемые	+ 15 + 25	Сведмир и др., 1966 Эдвардс и др., 1989
Норэпинефрин, септический шок	+ 6-15	Рутиман и др., 1991
Допамин, здоровые испытуемые		

# Влияние на $VO_2$ и $VCO_2$

Лечение	$\Delta REE$ (%)	Источник
•Бета-блокаторы Пропанол, тяжелые ожоги	-7	Брантштейн и др., 1990
•Седация Пост-операционные больные, находящиеся на ИВЛ	-20-55	Бойд и др., 1992
Барбитураты, ЧМТ	- 32	 Демпси и др., 1985
•Аналгезия морфином Морфин, послеоперационные	- 66	Родригес и др., 1983

# Влияние на $VO_2$ и $VCO_2$

- Боль;
- Психозэмоциональное возбуждение;
- Гормональный фон:
  - Тиреотоксикоз, микседема;
  - Феохромоцитома, гипокортицизм;
  - Заместительная терапия ГКС.
- ...??

# Дьявол в деталях



- **Проведение измерений:**

- Не <25 мин с оценкой интегрального показателя; (А)
- Утром и через 8-12 часов:
  - Больше точность и корректность интерпретации. (С)

- **Величина RQ:**

- >1,3 и <0,67 - мера корректности измерений. (С)

Центр им. В.А. Алмазова



Спасибо!