

# Газовый состав крови

профильный подход и ключ к дифференциальной  
диагностики для врача любого ОИТ

IV Международный конгресс  
Black Sea Pearl

Одесса, 23–25 мая 2017 г.



Кузьков В. В., д. м. н.

СГМУ, 2017 г.



# Нарушения газообмена и КЩР

## Введение

- В большинстве случаев нарушения КЩР и газообмена — **следствие серьезного нарушения. Редко имеют самостоятельное значение!**
- Оценка КОС и газообмена — **незаменимый метод диагностики** у пациентов ОИТ. Облегчает быструю **дифференциальную диагностику** нарушений.
- Анализ газового состава и КЩР **в динамике** позволяет отслеживать течение основного заболевания и контролировать **эффективность проводимой терапии.**
- Результаты исследования ГАК и КЩР должны рассматриваться **параллельно с оценкой клинического состояния пациента.**



# Нарушения газообмена и КЩР

Зачем практическому врачу этот анализ?

- Профилактика и устранения экстремумов газообмена: гипо- и гипер-... оксия и капния.
- Точная отстройка **принудительной ИВЛ!**
- **Контроль эффективности терапии шока** — анализ КОС в динамике. **Лактат!**
- **Потребность в гемотрансфузии** (ВЕ — трансфузионный триггер, вместе с Hb, лактатом и ScvO<sub>2</sub>).
- **Спланхнические функция** (креатинин, билирубин и D-лактат)!
- **Эффекты симпатомиметиков** и многое, многое другое!



В большинстве случаев попытки лечить ацидоз или алкалоз – не более чем «трупный макияж»...

Проблема «перелета» — overshoot-алкалоз после лечения лактат-ацидоза.

Непредсказуемый внутриклеточный ацидоз.

# Нарушения газообмена и КЩР

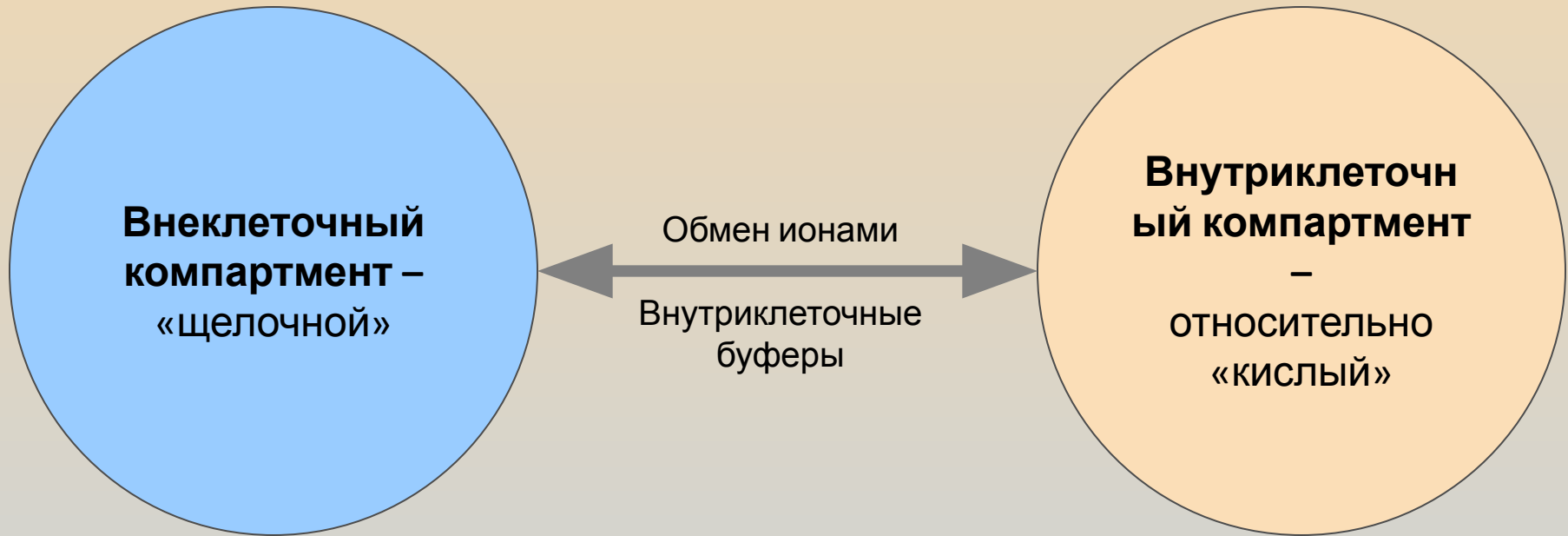
## Параметры КОС и газообмена

Показатель	Границы	Единицы	Примечания
pH	7,35 – 7,4 – 7,45	отн.	Относительная величина
$P_aCO_2$	4,8 – 5,3 – 5,9 36 – 40 – 44	кПа мм рт. ст.	
$P_aO_2$	11,9 – 13,2 90 – 100	кПа мм рт. ст.	На уровне моря $FiO_2 = 21\%$ , становится ниже с повышением высоты, повышается при кислородотерапии
Актуальный бикарбонат $HCO_3^- (AB)$	22 – 24 – 26	ммоль/л	Нормальные значения могут варьировать при изменении $PCO_2$
Стандартный бикарбонат SB	22 – 24 – 26	ммоль/л	$[HCO_3^-]$ после его стандартизации (эквивилибровка) по значению $CO_2$ 40 мм рт. ст. (5,3 кПа) – «метаболический» бикарбонат
Избыток оснований			При отрицательном значении BE говорит о

# Нарушения газообмена и КЩР

КОС крови – суррогат тканевого КОС?

На практике, мы способны измерять только внеклеточную рН (кровь)...

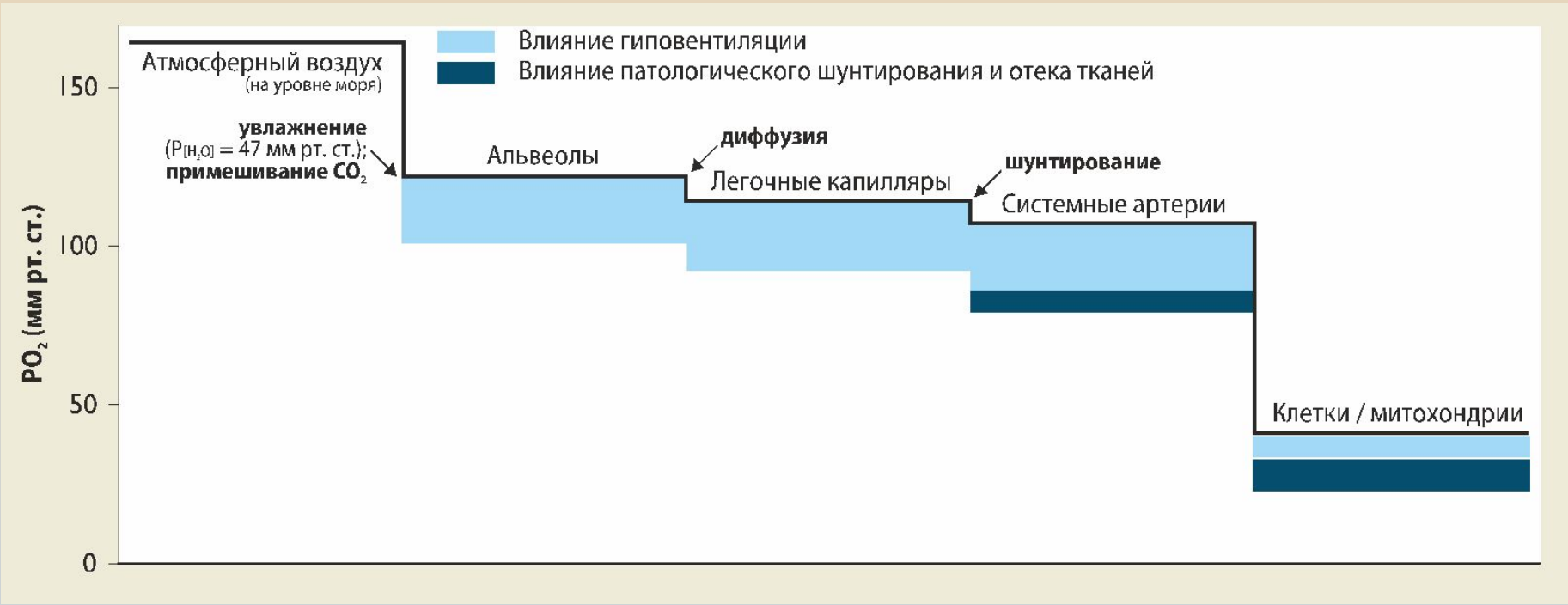


- рН неоднородно внутри отдельной клетки и варьируют в разных компартментах...
- Среда клетки обладает выраженной буферной активностью...
- Анализ КЩР крови — «суррогат» внутриклеточной среды!

# Нарушения газообмена и КЩР

А что в отношении кислорода?

- На практике мы способны измерять только газовый состав крови!
- $O_2$  и  $CO_2$  крови — суррогаты тканевого газообмена!



Кислородный каскад — снижение  $PO_2$  от воздуха к клеткам...

# Нарушения газообмена и КЩР

## Роль клинической ситуации!

- Гомеостаз КОС оказывает большое влияние на функцию белков. Серьезные сдвиги КЩР могут создавать угрозу для жизни.
- Большое значение для состояния и прогноза имеет исходное заболевание!

## Необходима точная клиническая диагностика и сбор анамнеза!

### Примеры:

- **pH менее 7,10** при изолированном судорожном синдроме не опасно, но при интоксикации метанолом свидетельствует о крайне неблагоприятном прогнозе!
- **pH > 7,60** на фоне синдрома тревожной гипервентиляции — риск нарушений низкий. Но кардиомиопатия на фоне лечения гликозидами или диуретиками!



## RADIOMETER ABL800 FLEX

ABL825 Больница №1 Архангельска 07:49 AM 11/10/2012  
 РАПОРТ ПАЦИЕНТА Кровь - S 195uL Проба # 134996

### Идентификации

Фамилия пациента НЕИЗ-НАЯ  
 Пол Жен  
 Отделение (Пац.) РЕАН  
 Тип пробы Артериальная

### pH/газы крови

↓ pH **7.132** [ 7.350 - 7.450 ]  
 pCO2 **39.1** mmHg [ 32.0 - 45.0 ]  
 ↑ pO2 **182** mmHg [ 83.0 - 108 ]

### Кислотно-щелочной статус

↓ cHCO3-(P),c **12.5** mmol/L [ 21.0 - 28.0 ]  
 ↓ SBE,c **-14.9** mmol/L [ -3.0 - 2.0 ]

### Оксиметрия

ctHb **140** g/L [ 120 - 160 ]  
 sO2 **98.2** % [ 95.0 - 99.0 ]  
 ↓ FCONb **0.4** % [ 0.5 - 1.5 ]  
 ↓ FHNb **1.8** % [ 2.0 - 6.0 ]  
 FO2Nb **96.7** % [ 94.0 - 98.0 ]  
 FMetHb **1.1** % [ 0.0 - 1.5 ]

### Электролиты

↓ cNa+ **132** mmol/L [ 136 - 146 ]  
 ↓ cK+ **3.3** mmol/L [ 3.4 - 4.5 ]

### Метаболиты

↑ cLac **14.3** mmol/L [ 0.5 - 1.6 ]

### Вычисленные значения

Hct,c **42.9** % [ 33.0 - 46.0 ]

### Примечания

↑ Значение(я) выше референтного диапазона  
 ↓ Значение(я) ниже референтного диапазона  
 c Вычисленные значения

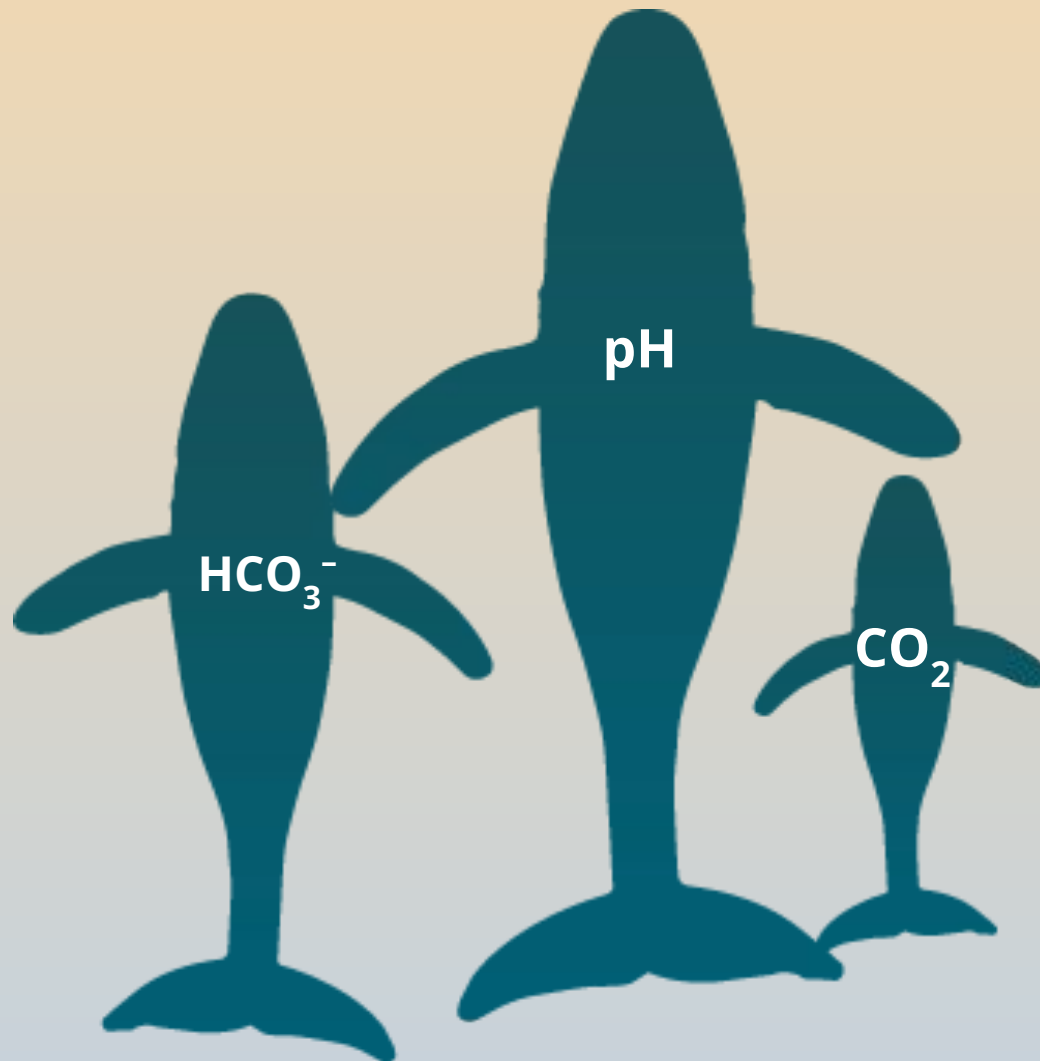
Н/БЛ.

Номер н. б.	31240/752142	РЕАНИМАЦИОННАЯ КАРТА	Номер п/л	2849
Ф., и., о. боль	Неизвестная		Возраст	25 лет
Поступил		число	10.11.12	час. 4
Переведен	1. н. о.	число	10.11.12	мин. 11
Клинический диагноз	Основное заболевание: <i>Тромбоз. Сгусток в левом легком</i> <i>судорог.</i>			
Сопутствующие заболевания				
Операция	Название	дата	часы	
	Объем и характер инфузии	хирург	анестезиолог	
	код врача	134166		
	код м/с	216		
ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИТР				
код метода	80	92	94	96
код врача				
код осложнен.				
2	поступил перв. - 0, повт. - 1	ЗАКЛЮЧЕНИЕ РЕАНИМАТОЛОГА		
1	откуда поступил (код)	<i>Согласовано с анестезиологом</i>		
94	профиль основн. заболеван. (код)	<i>из реанимационной</i>		
6	показание к госпитализ., (код)	<i>в состоянии судорог сердца</i>		
	ИСХОД ЛЕЧЕНИЯ	<i>ребенка в ЦИТО</i>		
1	перевед. в орт.	<i>Судорожный синдром</i>		
	умер - 2	<i>из реанимационной</i>		
	выписан - 0			
	в б-це умер - 1			
Зав. отд.	Леч. врач <i>Зеленый</i>			



# Нарушения газообмена и КЩР

«ТРИ КИТА» КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ!



# Нарушения газообмена и КЩР

## КОС физиологических жидкостей

Большая часть физиологических жидкостей имеют слабо щелочную среду...



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Норма 7,35 – 7,45 (7,40±0,05)

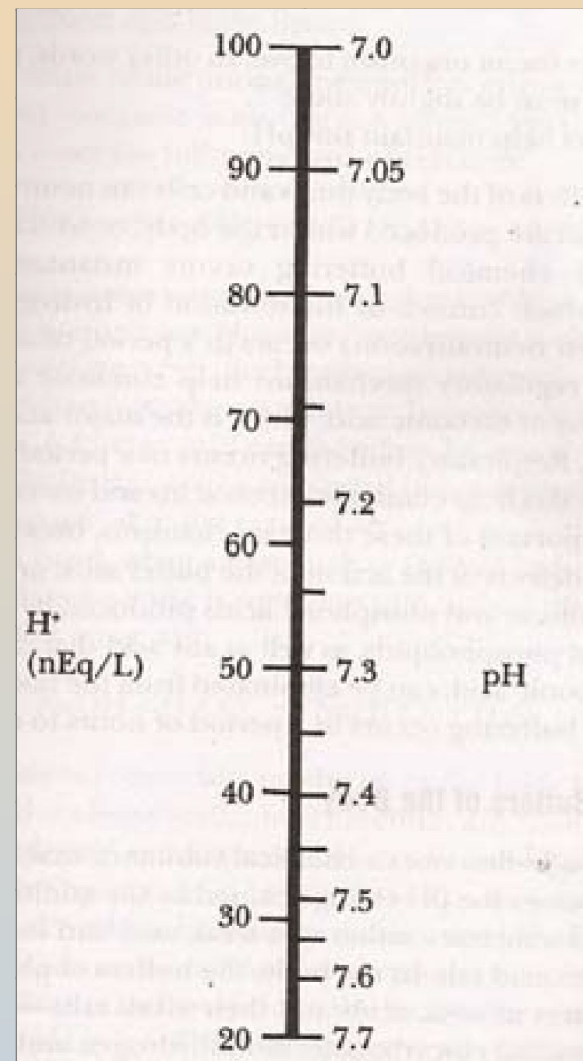
«Границы выживания» 6,8–7,8 при этом концентрация ионов  $\text{H}^+$  изменяется от 160 нмоль/л (pH 6,8) до 16 нмоль/л (pH 7,8) — **изменения в 10 раз!**

В то же время для  $\text{K}^+$  «границы выживания» от 1,5 до 8 нмоль/л – **изменения в 5,5 раз.**

# Нарушения газообмена и КЩР

## Концентрация протонов ( $H^+$ ) и показатель pH

- Показатель pH предложен Sorensen в 1909 г.
- **pH** = “potential” водорода, или “power hydrogen”. Чем выше pH, тем ниже концентрация.
- По сравнению с другими ионами концентрация ионов водорода – *протонов* [ $H^+$ ] очень мала.
- $Na^+$  140 ммоль/л, а  $H^+$  около 0,00004 ммоль/л = 40 нмоль/л. Концентрация  $Na^+$  в 3 млн. раз выше!
- Ион водорода  $H^+$  в 100 000 раз меньше атома водорода.



# Нарушения газообмена и КЩР

Концентрация ионов водорода – первый «кит» К.О.С...

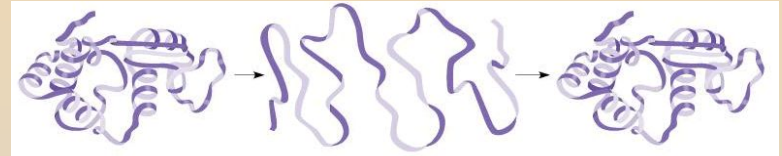
- **Ключевым звеном КЩР является концентрация ионов водорода –  $H^+$  (атом водорода, лишенный единственного электрона) = протон.**
- Благодаря крохотному размеру  $H^+$  проникают вглубь отрицательно заряженных белковых молекул и вызывают их конформационные изменения.
- Изменяют активность белковых молекул, что играет особую роль в случае ферментов — нарушение естественного течения биологических реакций.
- Внутриклеточная концентрация  $H^+$  оказывает выраженное влияние на функцию клеток.

# Нарушения газообмена и КЩР

На что влияет рН?

**Ионизация влияет на функцию следующих белковых молекул:**

- Ферменты.
- Пептидные гормоны.
- Рецепторы.
- Ионные каналы.
- Транспортеры.
- Медиаторные белки.



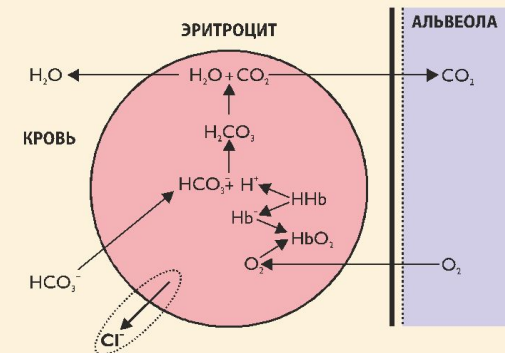
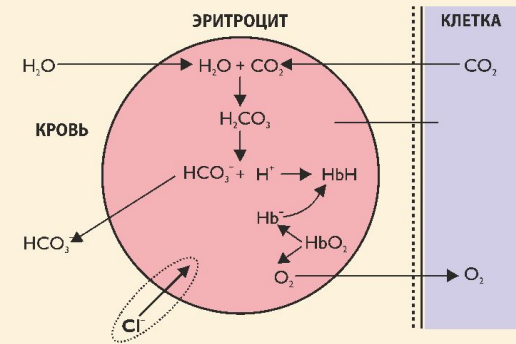
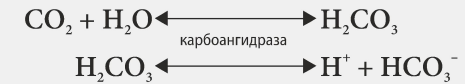
- Для предупреждение клеточной дисфункции необходимо точное поддержание концентрации ионов  $H^+$  *in vivo*.
- Существует достаточно прочная связь между концентрацией  $H^+$  внутри клетки и во внеклеточном пространстве.



# Нарушения газообмена и КЩР

Углекислый газ – второй «кит» К.О.С.

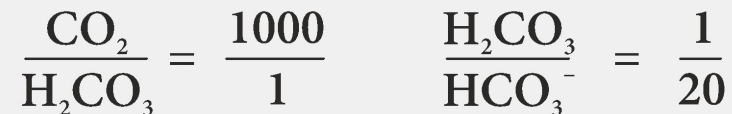
- Постоянно вырабатывается в организме. Концентрация в крови несколько ниже у женщин (32–45 мм рт. ст.), чем у мужчин (35–48 мм рт. ст.).
- **Быстрая легочная регуляция.** Мощный бронхо- и вазодилатор.
- Под влиянием карбоангидразы переходит в угольную кислоту и обратно.
- Выводится легкими и транспортируется в трех формах, в том числе в связи с эритроцитами.



# Нарушения газообмена и КЩР

Концентрация ионов бикарбоната – третий «кит» К.О.С...

- **Выводится или задерживается почками.**
- Накопление бикарбоната лежит в основе компенсации самого частого хронического нарушения КОС — хронического респираторного ацидоза.
- В стандартных растворах нет бикарбоната, только его предшественники (лактат, малат). Относительно «кислые» растворы разводят «щелочную кровь» и создают **дилюционный ацидоз**.



# Нарушения газообмена и КЩР

## Компенсация хронического респираторного ацидоза

Пациент может жить долго только с  
компенсированным расстройством КОС!

Самое частое хроническое нарушение КЩР  
— респираторный ацидоз.

Пациент с тяжелой ХОБЛ. Накопление  $\text{CO}_2$  и  
респираторный ацидоз и компенсационный  
мет. алкалоз — накопление  $\text{HCO}_3^-$  почками. На  
момент забора ГАК на ИВЛ SIMV —  
гипервентиляция!

pH 7,509

$\text{PaCO}_2$  53,2 мм рт. ст.

$\text{cHCO}_3^-$  42,0 ммоль/л

BE +17,3 ммоль/л

### RADIOMETER ABL800 FLEX

ABL825 Больница №1 Архангельска 07:19 AM 10/10/2012  
РАПОРТ ПАЦИЕНТА Кровь - S 195uL Проба # 133006

#### Идентификации

Фамилия пациента  
Пол Муж  
Отделение (Пац.) ОАРИТ  
Тип пробы Артериальная

#### pH/газы крови

↑ pH	7.509	[ 7.350 - 7.450 ]
↑ pCO <sub>2</sub>	53.2 mmHg	[ 35.0 - 48.0 ]
↑ pO <sub>2</sub>	136 mmHg	[ 83.0 - 108 ]

#### Кислотно-щелочной статус

↑ cHCO <sub>3</sub> -(P),c	42.0 mmol/L	[ 21.0 - 28.0 ]
↑ SBE,c	17.3 mmol/L	[ -1.5 - 3.0 ]

#### Оксиметрия

↓ ctHb	101 g/L	[ 135 - 175 ]
sO <sub>2</sub>	97.7 %	[ 95.0 - 99.0 ]
FCO <sub>2</sub> Hb	0.6 %	[ 0.5 - 1.5 ]
FNHb	2.3 %	[ 2.0 - 6.0 ]
FO <sub>2</sub> Hb	96.3 %	[ 94.0 - 98.0 ]
FMetHb	0.8 %	[ 0.0 - 1.5 ]

#### Электролиты

cNa <sup>+</sup>	139 mmol/L	[ 136 - 146 ]
cK <sup>+</sup>	4.1 mmol/L	[ 3.4 - 4.5 ]

#### Метаболиты

cLac	0.8 mmol/L	[ 0.5 - 1.6 ]
------	------------	---------------

#### Вычисленные значения

↓ Hct,c	31.4 %	[ 38.0 - 49.0 ]
---------	--------	-----------------

#### Примечания

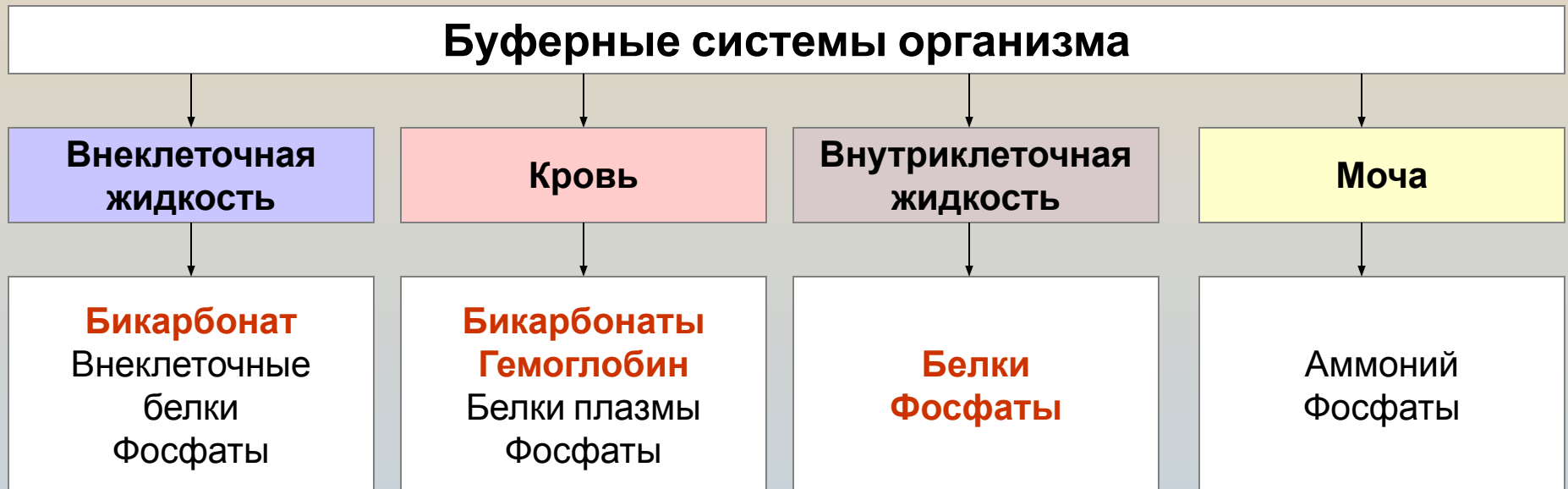
↑ Значение(я) выше референтного диапазона  
↓ Значение(я) ниже референтного диапазона  
.c Вычисленные значения  
0293: Предупреждение: Обнаружен и компенсирован HbF

# Кисотно-щелочное равновесие

## Буферные системы организма

Возможно три типа буферирования (сглаживание нарушений КЩР):

- 1) Химическое (внутриклеточное и внеклеточное).
- 2) Респираторное (выведение или задержка  $\text{CO}_2$ ) – дыхательная компенсация расстройств КЩР.
- 3) Почечная (экскреция или задержка кислот и бикарбоната).



# Нарушения газообмена и КЩР

Ацидоз / алкалоз и ацидемия / алкалемия!

- **Ацидоз (алкалоз)** – процессы, ответственные за развитие **ацидемии (алкалемии, соответственно)**.
- **Ацидоз** приводит к снижению рН (ацидемия), если противоположное компенсаторное нарушение КЩР не развилось или компенсация истощена.
- **Ацидемия** — частое, но не обязательное последствие ацидоза. **Может быть ацидоз без ацидемии, но не может быть ацидемии без ацидоза.**
- Ацидемия, выявленная в крови — суррогат тканевой ацидемии. Надежного способа измерить тканевое рН не существует»!



# Нарушения газообмена и КЩР

## Ошибки при анализе КОС

### Ошибки при анализе газообмена и КОС

#### Преаналитические

Забор пробы для использования

Забор пробы с пузырьками воздуха

#### Аналитические

Интерпретация

Случайный забор венозной крови, теоретические ошибки

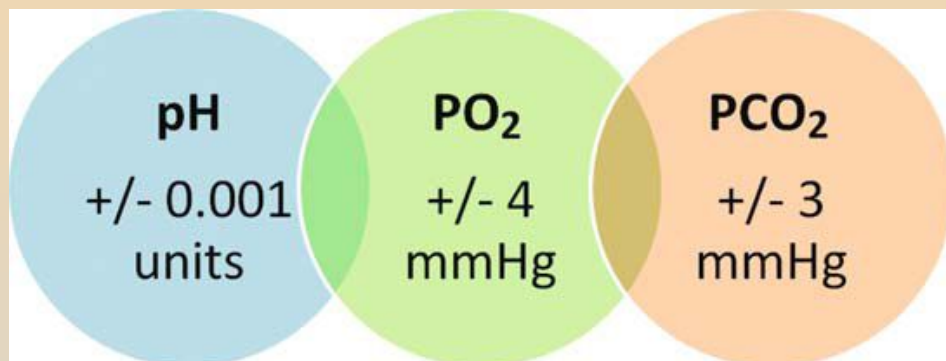
#### Постаналитические

Неправильная терапия

Использование бикарбоната при лактат-ацидозе

# Нарушения газообмена и КЩР

## Преаналитические ошибки (1)



1. **Влияние метаболизма клеток** (более 15 минут; хранение на льду!) – ложное снижение PO<sub>2</sub>.
2. **Лейкоцитоз и тромбоцитоз** ведут к повышенному потреблению O<sub>2</sub> – ложное снижение O<sub>2</sub> – псевдогипоксемия. Может быть актуально при лейкозе или тромбоцитозе.
3. **Эффект пузырька воздуха** (снижение или повышение O<sub>2</sub>, резкое снижение PCO<sub>2</sub> и повышение pH (ложный респираторный алкалоз)).

# Нарушения газообмена и КЩР

## Преаналитические ошибки (2)

- 4. Избыток гепарина в шприце.** Кислый раствор ведет к ложному снижению рН (хотя при очень низком рН гепарин может слегка защелачивать образец). При разведении снижается  $PO_2$  и  $PCO_2$
- 5. Температура тела** — при лихорадке  $PCO_2$  и  $PO_2$  могут быть ниже истинных, при охлаждении — завышены... (корректировка по температуре).
- 6. Пластиковые шприцы** могут поглощать кислород, особенно при высоком  $PO_2$  (> 220 мм рт. ст.).
- 7. Избыточное разряжение** при заборе занижает  $PO_2$  (венозные газы!). Не более 200 мм рт. ст.! **Особенно венозные газы!**

# Нарушения газообмена и КЩР

## АНАЛИЗ КОНКРЕТНОГО СЛУЧАЯ

Молодая пациентка с тяжелой  
декомпенсацией сахарного диабета.

pH 6,921 (120 нмоль/л).

PaCO<sub>2</sub> 7,8 мм рт. ст. (PaO<sub>2</sub> 154 мм рт. ст.)

HCO<sub>3</sub> 1,5 ммоль/л

BE -29,0 ммоль/л

K<sup>+</sup> 7,1 ммоль/л

RADIOMETER ABL800 FLEX			
ABL825 Больница №1 Архангельска	12:21 AM	4/1/2012	
РАПОРТ ПАЦИЕНТА	Кровь - S 195uL	Проба #	122463
Идентификации			
Фамилия пациента			
Пол	Жен		
Отделение (Пац.)	ПРИЕМ		
Тип пробы	Не указано		
pH/газы крови			
pH	6.921	[	- ]
pCO2	7.8 mmHg	[	- ]
pO2	154 mmHg	[	- ]
Кислотно-щелочной статус			
cHCO3-(P),c	1.5 mmol/L	[	- ]
SBE,c	-29.0 mmol/L	[	- ]
Оксиметрия			
ctHb	141 g/L	[	120 - 160 ]
sO2	95.5 %	[	- ]
FCO <sub>2</sub> Hb	1.4 %	[	0.5 - 1.5 ]
FNHb	4.4 %	[	- ]
FO <sub>2</sub> Hb	93.1 %	[	- ]
FMetHb	1.1 %	[	0.0 - 1.5 ]
Электролиты			
cNa <sup>+</sup>	140 mmol/L	[	136 - 146 ]
↑ cK <sup>+</sup>	7.1 mmol/L	[	3.4 - 4.5 ]
Метаболиты			
cLac	1.5 mmol/L	[	0.5 - 1.6 ]
Примечания			
↑	Значение(я) выше референтного диапазона		
,c	Вычисленные значения		

# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 1: Анамнез и физикальное обследование

Признак/заболевание	Нарушение КЩР
Рвота	Метаболический алкалоз
Диарея	Метаболический алкалоз, метаболический ацидоз (нормальный АИ)
Тяжелая диарея	Метаболический ацидоз
Диуретики	Метаболический алкалоз
Сепсис	Респираторный алкалоз > метаболический ацидоз
Гипотензия, низкий СВ, анемия	Метаболический ацидоз (лактат-ацидоз)
Цирроз печени	Респираторный алкалоз (обычно повышена концентрация лактата!)
Почечная недостаточность	Метаболический ацидоз
Диабетический кетоацидоз	Метаболический ацидоз. Нормализация АИ в процессе терапии.
ХОБЛ	Респираторный ацидоз
Беременность	Респираторный алкалоз
Пневмония / ТЭЛА	Респираторный алкалоз (рефлекторная гипервентиляция)
ОПЛ / ОРДС	Респираторный алкалоз (рефлекторная гипервентиляция)
Обострение астмы	Респираторный алкалоз и далее респираторный ацидоз (уст. ДМ)
Судороги, выраженный озноб	Метаболический ацидоз (лактат-ацидоз)
Отравление цианидами, CO	Метаболический лактат-ацидоз (тканевая гипоксия)
Терапия бигуанидами	Лактат-ацидоз
Терапия антибиотиками	Лактат-ацидоз (типа D, бактериальный)
Почечный канальцевый ацидоз	Метаболический ацидоз (нормальный АИ)



# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 2: Проверка данных: математический подход...

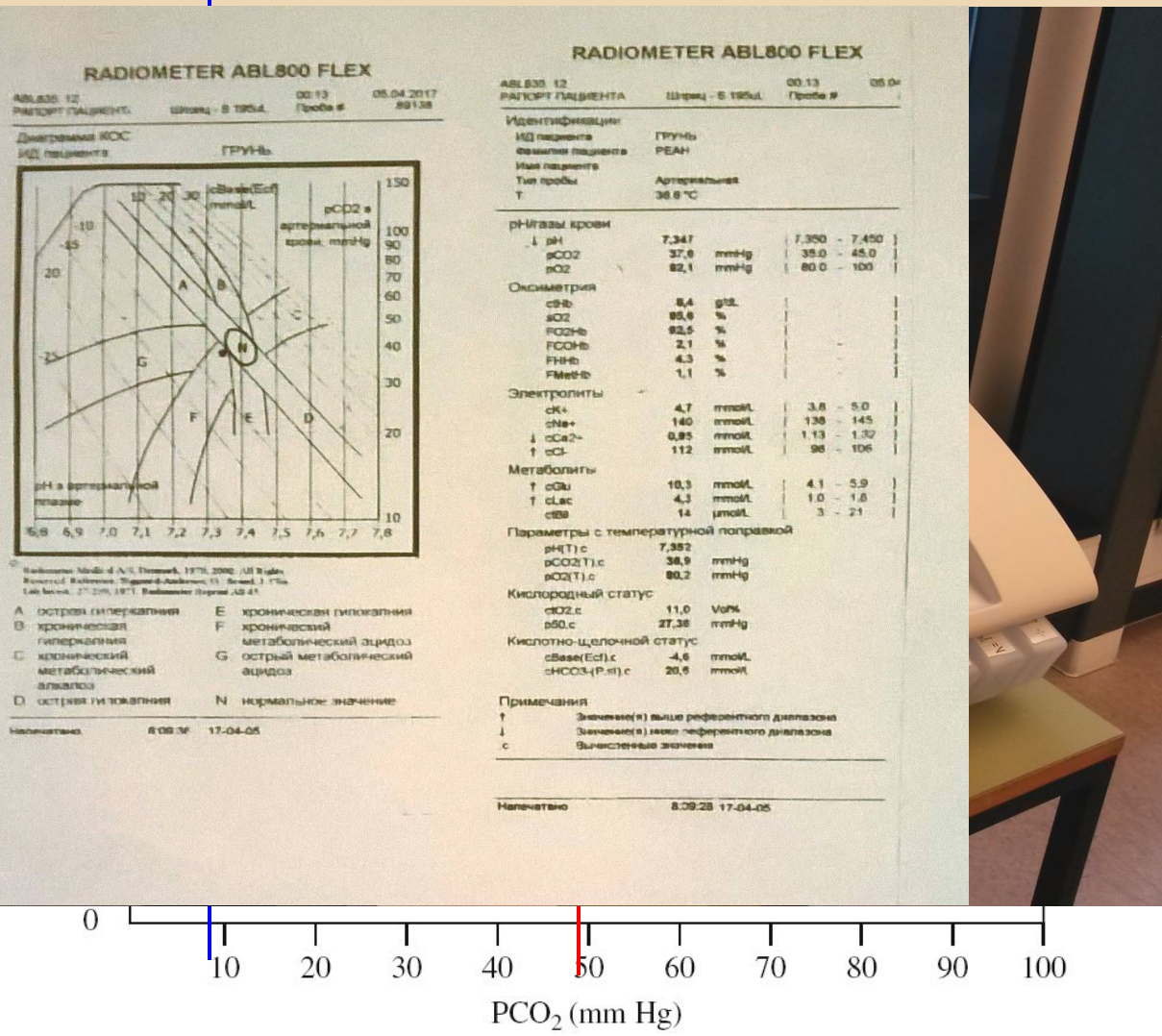
- **Уравнение Henderson–Hasselbach** в мод. Kassirer, JP, Bleich, HL:

$$H^+ = 24 \times \frac{[CO_2]}{[HCO_3^-]}$$

- Согласно уравнению Гендерсона–Хассельбаха изменение рН на 0,01 соответствует изменению  $[H^+]$  на 1 нмоль/л...
- Проверка анализа крови с рН **6,921** (120 нмоль/л),  $P_aCO_2$  **7,8** мм рт. ст. и  $HCO_3^-$  **1,5** ммоль/л
- $H^+ = 24 \times P_{CO_2} / HCO_3^- = 24 \times 7,8 / 1,5 = 124,8$  нмоль/л, что больше нормы на 85 нмоль/л ( $H^+ = 40$  при рН 7,34).
- Ожидаемое снижение рН =  $7,40 - [85 \times 0,01] = 6,55$ , хотя исходно было получено 6,92. Вывод — **точность анализа под большим вопросом.**

# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 2: Проверка данных: графический метод!



- **Картирование** — простейший способ анализа КЩР.
- Сопоставление pH, PCO<sub>2</sub> и HCO<sub>3</sub> (диагональные линии).
- Нельзя выявить тройные расстройства (два метаб. и одно респираторное).
- «Белое поле» — высока вероятность «смеш. расстройств».

# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 3: Характеристика первичного нарушения КЩР

Нормальное значение pH составляет 7,36-7,44 ( $7,40 \pm 0,04$ )

Ацидоз или алкалоз?

$\text{pH} < 7,36$  — ацидемия

$\text{pH} > 7,44$  — алкалемия

Тип ацидоза?

Тип алкалоза?

Если  $\text{HCO}_3^-$  - снижен  
метаболический  
ацидоз

Если  $\text{CO}_2$  повышен  
респираторный  
ацидоз

Если  $\text{CO}_2$  снижен  
респираторный  
алкалоз

Если  $\text{HCO}_3^-$  -  
повышен  
метаболический  
алкалоз

# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 5: Уточняющая диагностика и определение «давности» нарушений КЩР

### Буквенно-цифровой подход к запоминанию

#### Метаболический ацидоз (А, В, С)

**А** = проверить **А**нионный интервал – позволяет сузить дифференциальный диагноз ацидоза.

**В** = если анионный интервал расширен, можно проверить **Б**икарбонатный интервал, что позволяет выявить (исключить) сопутствующее метаболическое расстройство

**С** = если анионный интервал расширен, а возможные причины этого (лактат ацидоз, ДКА, голодание, уремия) исключены, то можно заподозрить отравление токсинами. Интервал Коллоидно-осмотического давления.

Компенсация может быть оценена по формуле *Winter*: **ожидаемое**  $\text{PCO}_2 = [(1,5 \times \text{HCO}_3^-) + 8] \pm 2$

#### Респираторные нарушения (0,1; 0,2; 0,4; 0,5)

Острый респираторный ацидоз  $\text{HCO}_3^-$  повышается на **0,1** ммоль/л на 1 мм рт. ст. роста  $\text{PCO}_2$

Острый респираторный алкалоз  $\text{HCO}_3^-$  снижается на **0,2** ммоль/л на 1 мм рт. ст. снижения  $\text{CO}_2$

**0,3** – *ничего нет*

Хронический респираторный ацидоз  $\text{HCO}_3^-$  повышается на **0,4** ммоль/л на 1 мм рт. ст. роста  $\text{PCO}_2$

Хронический респираторный алкалоз  $\text{HCO}_3^-$  снижается на **0,5** ммоль/л на 1 мм рт. ст. снижения  $\text{CO}_2$

# Нарушения газообмена и КЩР

## Шаг 4: Расчет ожидаемой компенсации

Если компенсация меньше ожидаемой, существует независимое вторичное нарушение КЩР

Метаболический  
ацидоз

$$PaCO_2 = (1,5 \times 1,5 + 8) \pm 2 = 10 \pm 2 \text{ мм рт. ст.}$$

Метаболический  
алкалоз

Компенсация:  
Предсказанное  
 $PCO_2 = (0,7 \times HCO_3 + 21)$

или

Изменение  $PCO_2 = 0,6^* \times$   
изменение  $HCO_3$

\* от 0,6 до 0,8

Острый  
респираторный  
ацидоз

Компенсация:  
снижение pH =  
 $0,008^{**} \times$   
повышение  $PCO_2$

или

Изменение  $HCO_3 = 0,1 \times$   
изменение  $CO_2$

\*\* ~ 0,01

Хронический  
респираторный  
ацидоз

Компенсация:  
Ожидаемое  
снижение pH =  
 $0,003 \times$   
повышение  $PCO_2$

или

Изменение  $HCO_3 = 0,4 \times$   
изменение  $CO_2$

Острый  
респираторный  
алкалоз

Компенсация:  
Ожидаемое  
повышение pH =  
 $0,01 \times$  падение  
 $PCO_2^{***}$

или

Изменение  $HCO_3 = 0,2 \times$   
изменение  $CO_2$

\*\*\* при  $PCO_2$   
40-80  
мм рт. ст.

Хронический  
респираторный  
алкалоз

Компенсация:  
Ожидаемое  
повышение pH =  
 $0,003 \times$  падение  
 $PCO_2$

или

Изменение  $HCO_3 = 0,5 \times$   
изменение  $CO_2$



# Нарушения газообмена и КЦР

Гипероксия при критических состояниях убивает!

## Association Between Arterial Hyperoxia and Outcome in Subsets of Critical Illness: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression of Cohort Studies\*

Hendrik J. F. Helmerhorst, MD<sup>1,2</sup>; Marie-José Roos-Blom, MSc<sup>3</sup>; David J. van Westerloo, MD, PhD<sup>1</sup>; Evert de Jonge, MD, PhD<sup>1</sup>

*Crit Care Med* 2015; 43:

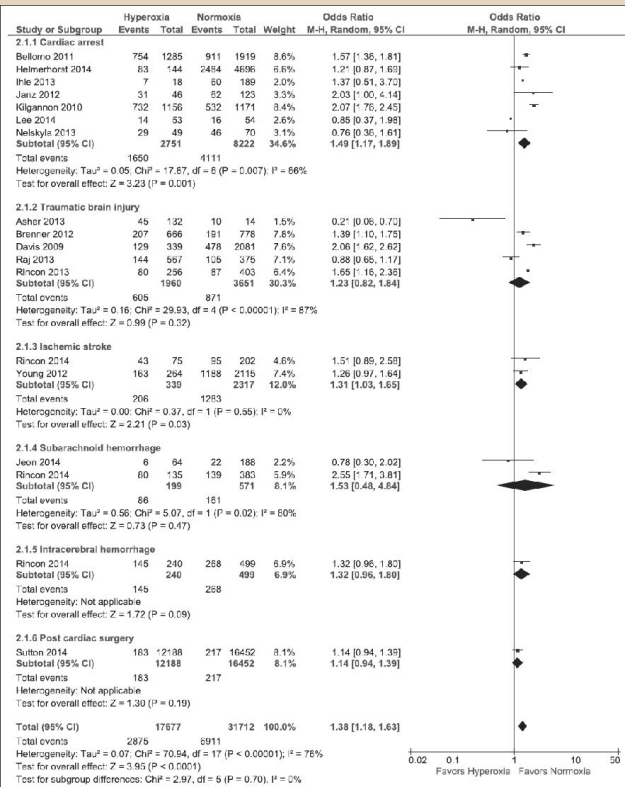
Research

Open Access

## Association between administered oxygen, arterial partial oxygen pressure and mortality in mechanically ventilated intensive care unit patients

*Critical Care* 2008, 12:R156

Evert de Jonge<sup>1</sup>, Linda Peelen<sup>2,3</sup>, Peter J Keijzers<sup>4</sup>, Hans Joore<sup>4</sup>, Dylan de Lange<sup>4</sup>, Peter HJ van der Voort<sup>5</sup>, Robert J Bosman<sup>5</sup>, Ruud AL de Waal<sup>6</sup>, Ronald Wesselink<sup>7</sup> and Nicolette F de Keizer<sup>2</sup>



**Reference**

*JAMA*. 1950;144:373-375  
*Lancet*. 1964;2(7364):825-832  
*Br Heart J*. 1965;27:401-407  
*Br Med J*. 1968;4(5627):360-364

*J Appl Physiol*. 2007;102(5):2040-2045  
*Am J Physiol*. 2005;288(3):H1057-H1062

*J Am Coll Cardiol*. 1996;27(2):353-357  
*Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002;282(6):H2414-2421  
*Chest*. 2001;120(2):467-473  
*Heart*. 2010;96(7):533-538

*Clin Med*. 2002;2(5):449-451  
*BMJ*. 2010;341:c5462  
*Stroke*. 2003;34(2):571-574  
*Stroke*. 1999;30(10):2033-2037  
 NCT00414726<sup>a</sup>

*Resuscitation*. 2006;69(2):199-206  
*JAMA*. 2010;303(21):2165-2171  
*Circulation*. 2011;123(23):2717-2722  
*Critical Care*. 2011;15(2):R90

anterior descending coronary artery; LV, left ventricular. Published, clinicaltrials.gov Identifier: NCT00414726).

## Association Between Arterial Hyperoxia Following Resuscitation From Cardiac Arrest and In-Hospital Mortality

*JAMA*, June 2, 2010—Vol 303, No. 21

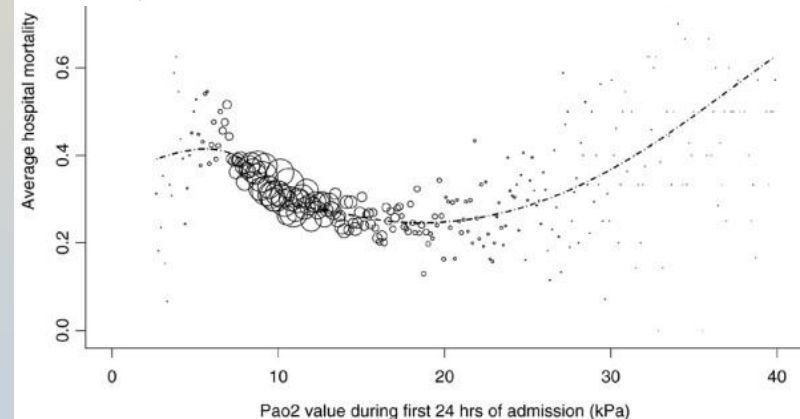
Controversies in cardiovascular medicine

European Heart Journal

accepted 26 February 2013

## Oxygen therapy in acute coronary syndrome: are the benefits worth the risk?

Mony Shuvy<sup>1\*</sup>, Dan Atar<sup>2,3</sup>, Philippe Gabriel Steg<sup>4</sup>, Sigrun Halvorsen<sup>2</sup>, Sanjit Jolly<sup>5</sup>, Salim Yusuf<sup>5</sup>, and Chaim Lotan<sup>1</sup>



Pao2 value during first 24 hrs of admission (kPa)

# Нарушения газообмена и КЦР

## Гипероксия в операционной: лучше исключить!

### Гипероксия и кислородотерапия:

- Уменьшает частоту п/о тошноты и рвоты.
- Снижает риск интестинальной ишемии. (?)
- Снижает частоту раневой инфекции. (?)

Akça O, Sessler DI: Minerva Anesthesiol 2002, 68:166-70.

Greif R et al. Anesthesiology 1999, 91:1246-52.

Goll V et al. Anesth Analg 2001, 92:112-7.

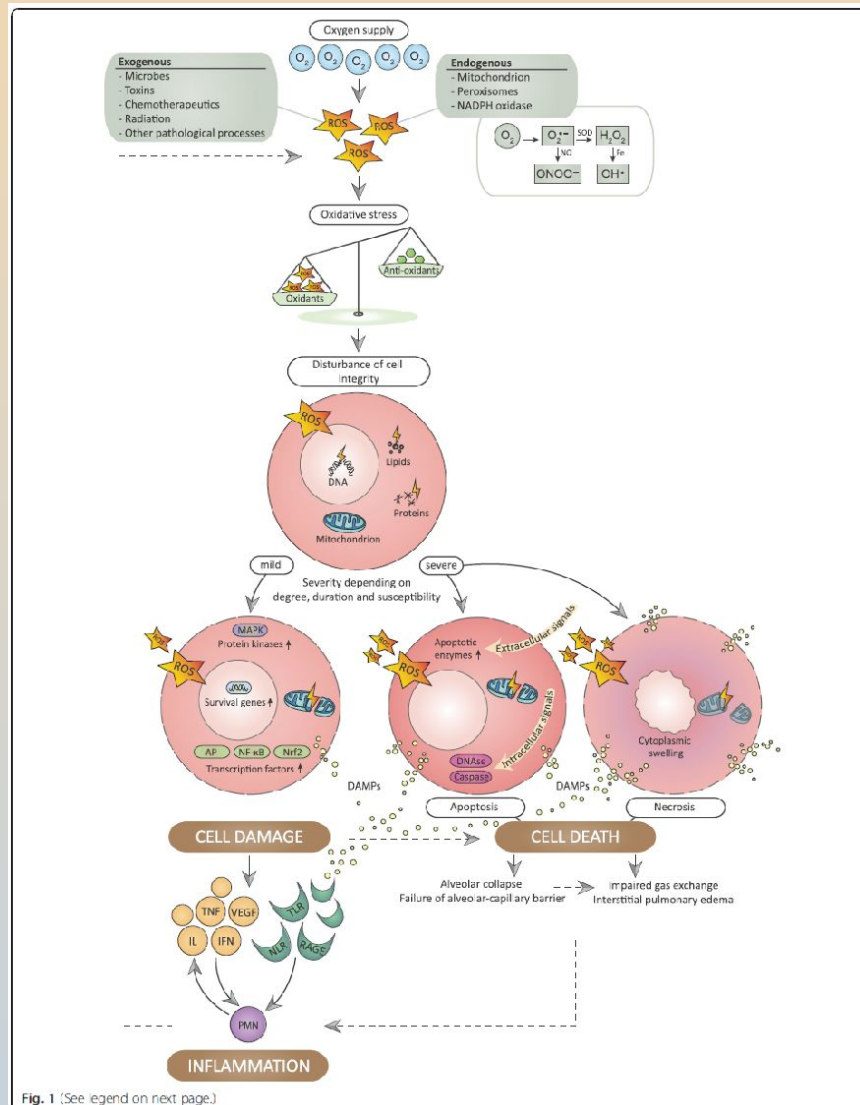
Hovaguimian F et al. Anesthesiology 2013, 119:303-16.

### Гипероксия в периоперационном периоде:

- Увеличивает риск **резорбционных ателектазов!**
- Вызывает **оксидативный стресс**, повреждение эндотелия и эпителия, приток воспалительных клеток в легкие.
- При осложнениях (СЛР, ОИМ, ОНМК) **влияет на исходы!**

Bhandari V, Elias JA: Free Radic Biol Med 2006, 41:4-18.de

Graaff, et al. Intensive Care Med 2011, 37:46-51.



# Нарушения газообмена и КЦР

## Лактат – еще один полезный показатель (Cecconi M et al., ICM 2014)

Таблица 2.1. Рекомендации Европейского общества интенсивной терапии по диагностике и ведению пациентов с шоком (M. Cecconi et al., 2014).<sup>6</sup>

1.	1.	Циркуляторный шок — угрожающая жизни генерализованная форма острой недостаточности кровообращения, ассоциированная с неадекватным потреблением кислорода клетками	Б/г
2.			
3.	2.	Результатом шока является <b>дизоксия</b> , сопровождающаяся повышением концентрации лактата (как правило, более 2 ммоль/л)	Б/г
4.		Шок ассоциирован с признаками неадекватной перфузии тканей при физикальном обследовании. Для клинической оценки органной перфузии, как правило, используют три органные системы («окна шока») — кожный покров (кровоток), почки (диурез) и ЦНС (ментальный статус)	Б/г
5.		У пациентов с подозрением на шок или с установленным его диагнозом рекомендуется частая оценка ЧСС, АД, температуры тела и физикальных параметров (признаки гипоперфузии, диурез и ментальный статус)	Б/г
6.		При диагностике шока не рекомендуется использовать какой-либо изолированный показатель (переменную)	Б/г
7.		Рекомендуется приложить все усилия для выявления причины шока для обеспечения оптимальной этиотропной и поддерживающей терапии	Б/г
8.		Рекомендуется <b>не использовать в качестве критерия шока артериальную гипотензию</b> (снижение систолического АД < 90 мм рт. ст. или АД <sub>сред.</sub> < 65 мм рт. ст. или снижение АД ≥ 40 мм рт. ст. от исходного значения)	1В
9.		Для более раннего распознавания прогрессирующего шока и начала лечения рекомендуется проводить скрининг пациентов, имеющих факторы риска	1С
10.		Во всех случаях, когда имеется подозрение на шок, рекомендуется в динамике оценивать концентрацию лактата (мониторинг ответа на терапию)	1С
11.		Оценка состояния регионарного кровотока или микроциркуляции рекомендуется только с научными целями	2С

- Измерение концентрации лактата крови во всех случаях, когда подозревается шок (1С).
- Как правило, при шоке лактат >2 ммоль/л.
- Рекомендовано измерение лактата в динамике для выявления, мониторинга и оценки эффектов терапии.

Б/г — без градации; АД<sub>сред.</sub> — среднее артериальное давление; ЦНС — центральная нервная система.

# Нарушения газообмена и КЦР

## Лактат в рамках «фазового» подхода к мониторингу

Параметры	Стадия			
	Спасение	Оптимизация	Стабилизация	Деэскалация
<b>Минимальный объем мониторинга</b>				
Артериальное давление	→			
ЧСС	→			
<b>Лактат, газы крови</b>	→			
Пульс и симптом «пятна»	→			
Ментальный статус	→			
Диурез		→		
Гидробаланс		→		
<b>Оптимальный объем мониторинга</b>				
ЭхоКГ / Допплер		→		
ЦВД / ДОЛА		→		
ScvO <sub>2</sub> / SvO <sub>2</sub>		→		
СВ / УО		→		
ИГКДО		→		
ИВСВЛ		→		



# Нарушения газообмена и КЩР

А что при септическом шоке в 2016 году?

Surviving Sepsis  
Campaign

Updated Bundles in Response to New Evidence

## В течение первых трех часов:

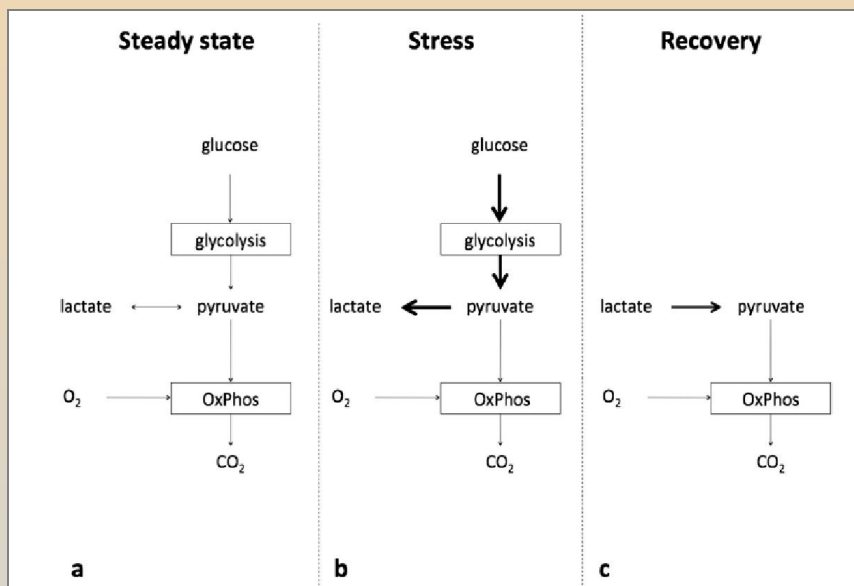
1. Измерить концентрацию лактата.
2. Забрать культуры крови до назначения антибиотиков
3. Назначить антибиотики широкого спектра действия.
4. Ввести 30 мл/кг кристаллоидного раствора при гипотензии или повышении концентрации лактата  $\geq 4$  ммоль/л.

## В течение первых шести часов:

5. Назначить вазопрессоры (если гипотензия не отвечает на начальную инфузионную терапию) для поддержания САД  $\geq 65$  мм рт. ст.
6. **В случае персистирующей гипотензии после начальной инфузионной терапии (САД < 65 мм рт. ст.) или начальной концентрации лактата  $\geq 4$  ммоль/л повторно оцените волевический статус и тканевую перфузию.**
7. При исходном повышении, повторно оцените концентрацию лактата.

# Нарушения газообмена и КЩР

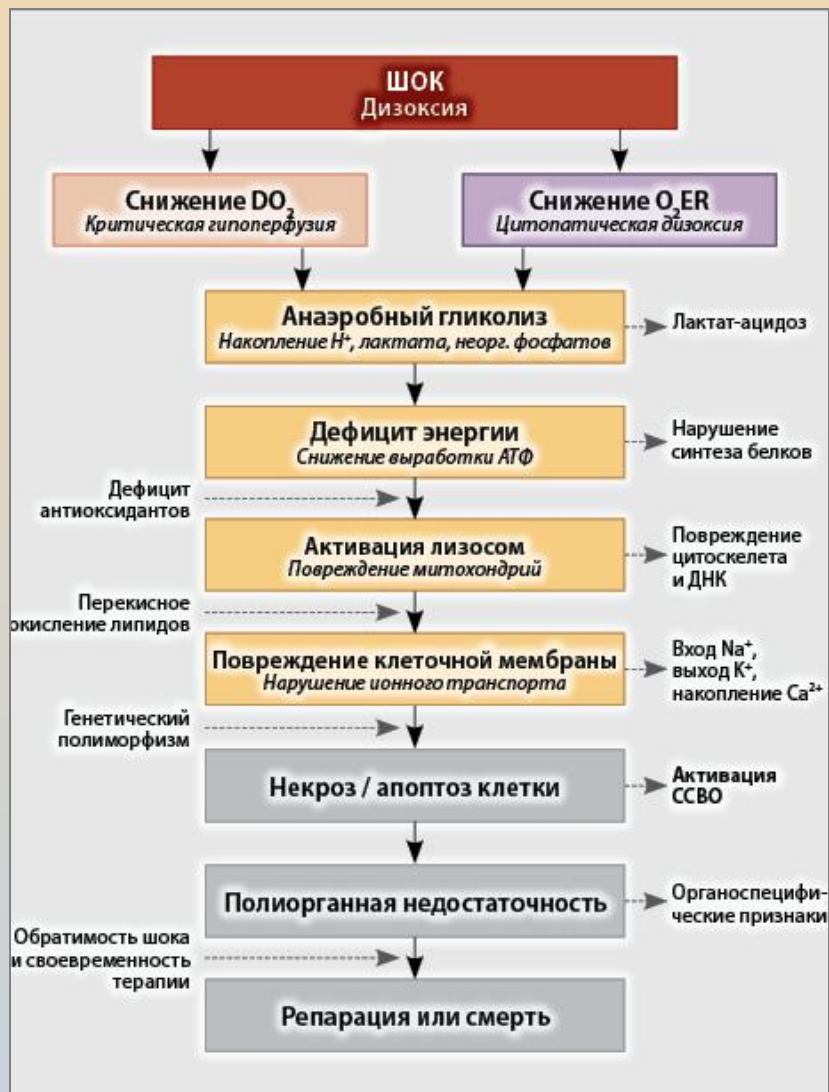
## Лактат – еще один полезный показатель



### Нормальная концентрация лактата:

- В покое: 1,0–0,5 ммоль/л.
- Стресс < 2 ммоль/л.
- «Серая зона»: 1–2 ммоль/л.
- Гиперлактатемия: 2–5 ммоль/л.

**Лактат-ацидоз: обычно более 5 ммоль/л + метаболический ацидоз.**



# Нарушения газообмена и КЩР

## Лактат – еще один полезный показатель

### Тип А — клинические признаки тканевой гипоксии

- Шок (кардиогенный, дистрибутивный, гиповолемический).
- Регионарная гипоперфузия (ишемия конечности, мезентериальная ишемия).
- Тяжелая анемия.
- Тяжелая гипоксемия.
- Отравление угарным газом.
- Тяжелое течение бронхиальной астмы

### Тип В — без признаков тканевой гипоксии

#### В1 — лактат-ацидоз, развивающийся на фоне сопутствующих заболеваний

Сахарный диабет, заболевания печени, новообразования, сепсис, феохромоцитома, дефицит тиамин (витамин В<sub>1</sub>)

#### В2 — лактат-ацидоз, связанный с действием лекарственных препаратов / токсинов

Бигуаниды, этанол, этиленгликоль, пропиленгликоль, фруктоза, сорбитол, ксилитол, салицилаты, парацетамол, адреналин, тербуталин, цианиды, нитропруссид натрия

#### В3 — лактат-ацидоз, связанный с наследственными расстройствами обмена

Дефицит глюкозо-6-фосфатазы, дефицит фруктозо-1,6-дифосфатазы, дефицит пируваткарбоксилазы или пируватдегидрогеназы, дефекты окислительного фосфорилирования

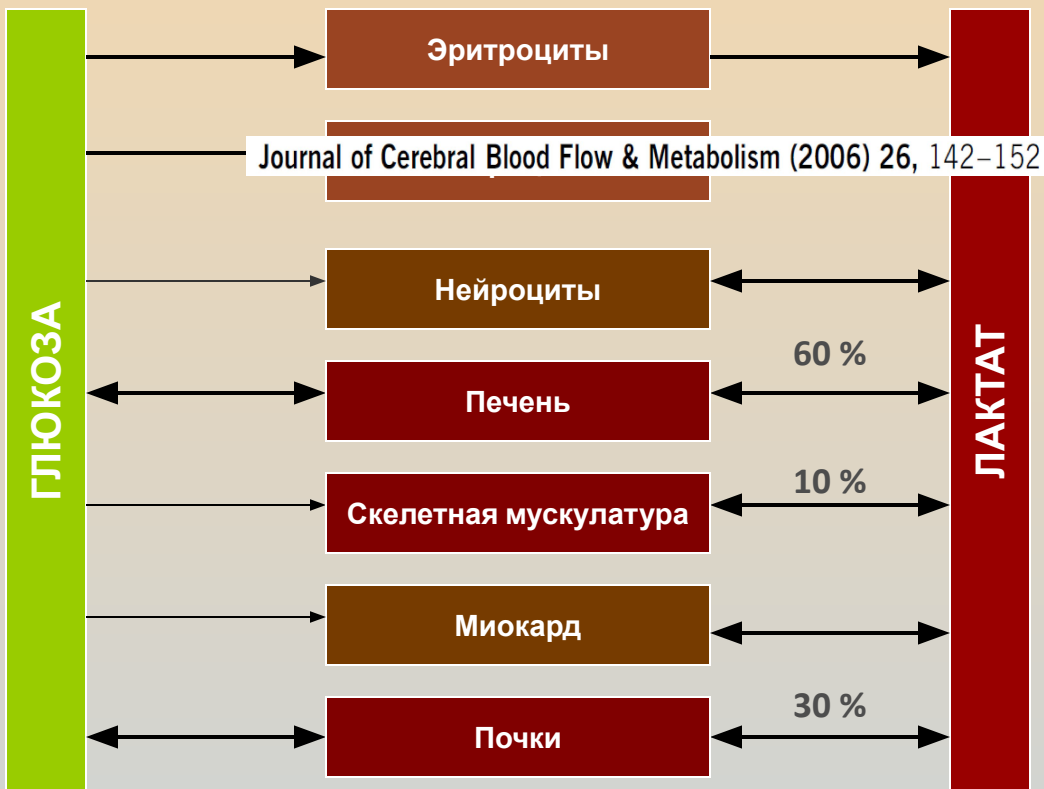
#### Прочие

D-лактат-ацидоз\*, гипогликемия

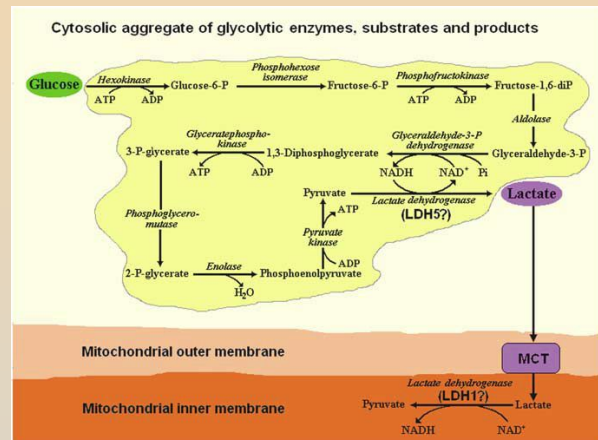


# Нарушения газообмена и КЦР

Лактат – еще один полезный показатель



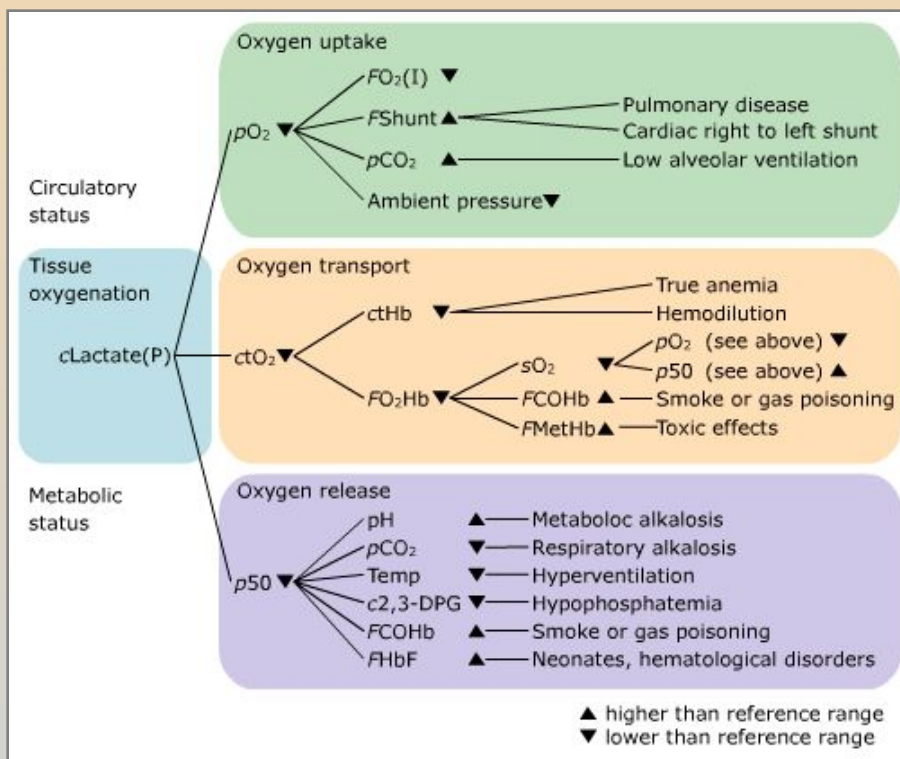
Почечный порог — 5–6 ммоль/л



Lactate: the ultimate cerebral oxidative energy substrate?

# Нарушения газообмена и КЦР

## Лактат и кислородный каскад — широкая панель параметров



Адекватен ли баланс между доставкой и потреблением кислорода ?

Мониторинг  $ScvO_2$ .

$ScvO_2 < 70\%$  – доставка не соответствует потреблению, низкий выброс.

$ScvO_2 > 70\%$  - норма или тканевая гипоксия

Адекватна ли перфузия тканей?

Адекватен ли сердечный выброс?

Оценка  $Pv\text{-}aCO_2$  (в норме  $< 6$  мм рт. ст.).

**Лактат и его динамика в ходе терапии.**

**Исключив прочие причины гиперлактатемии, устраняйте гипоперфузию!**

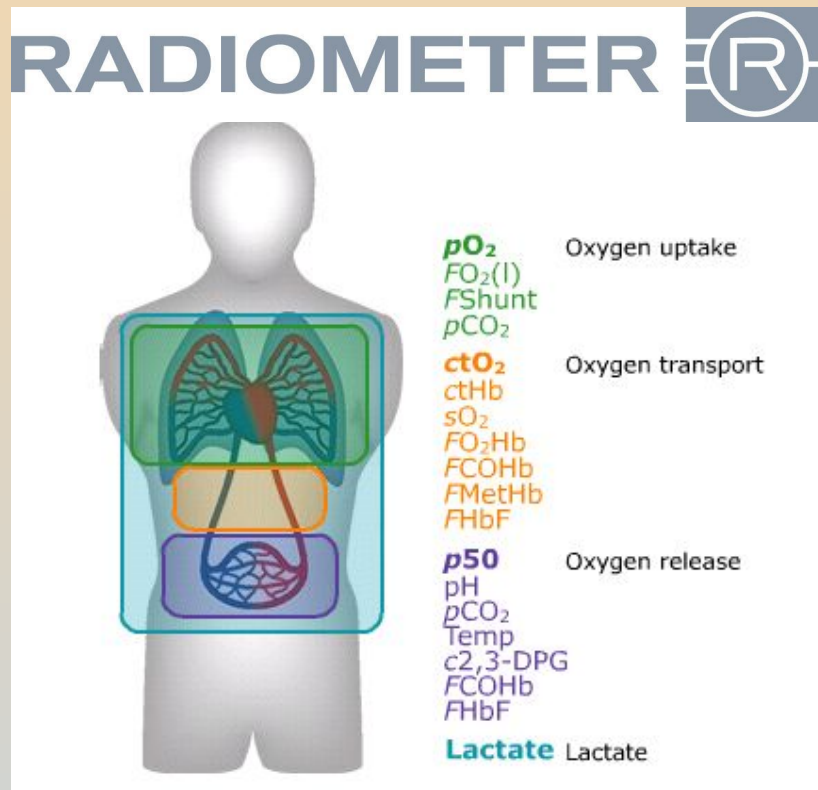
*Лактат является парламентом — в него не нужно стрелять!*

*Ferguson*

# Нарушения газообмена и КЦР

## Выводы

- Современный сочетанный анализ газообмена, КОС и метаболизма дает «углубленную физиологическую картину».
- Возможна изолированная оценка поступления, транспорта и потребления кислорода тканями.
- Оценка должна производиться только с учетом клинической картины!
- **Оценка газового состава крови и КОС незаменимая помощь в быстрой дифференциальной диагностике!**



# Спасибо за внимание!

