



Исследования ГСК при критических СОСТОЯНИЯХ

Суборов Евгений Валерьевич

Структурированный подход

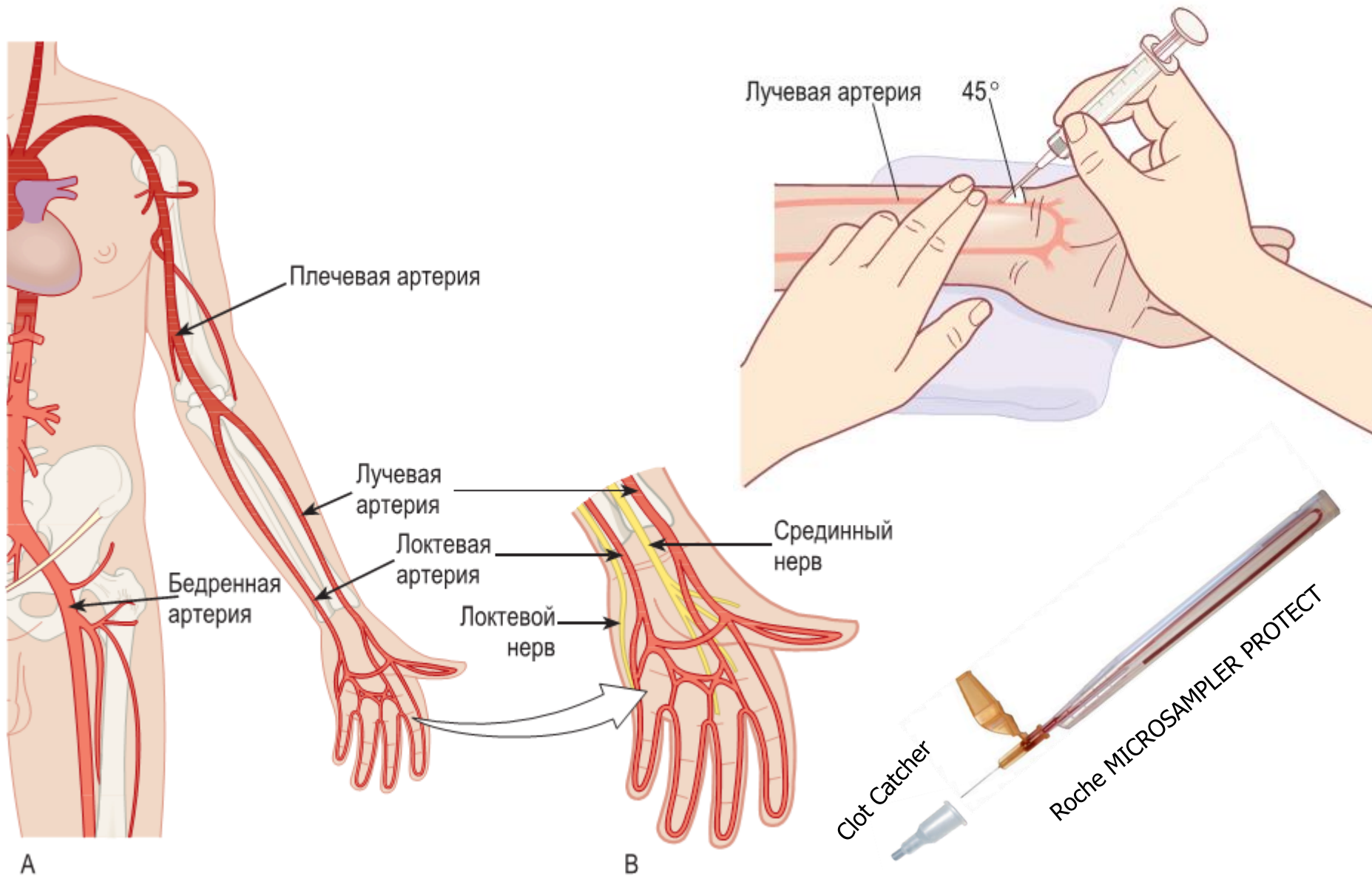
- До забора крови – осмотр, анамнез, неинвазивные измерения
- **Самое важное - преаналитическая фаза!**
 - Откуда брать кровь?
 - Нужна ли нам кровь из центральной вены?
 - «А уколите нам капилляр....»
- Аналитическая фаза – где ошибки?
 - Воздух в шприце (подъем P_aO_2)
 - $P_aO_2 = 104,2 - (0,27 \times \text{возраст})$
 - Время от забора крови до анализа
 - Тромбы/Антикоагулянты
 - Температура
- Постаналитическая фаза
 - Корректная интерпретация результатов
 - Последующее лечение пациента

	Артерия	Вена
pH	7.35-7.45	7.25-7.35
PCO ₂	35-45	41-45
PO ₂ *	80-100	35-40
HCO ₃	22-26	22-26
BE	+/- 2	
SO ₂	93-98%	50-70%
%MetHb	< 2.0%	
%COHb	< 3.0%	

Техника превыше всего

- Убедиться в необходимости анализа ГСК
- Противопоказания
 - Недостаточное коллатеральное кровоснабжение в месте пункции
 - Не должно проводиться через повреждение или хирургический шунт
 - При поражении периферических сосудов дистальнее места пункции
 - При нарушении свертывания крови или терапии антикоагулянтами
- Записать параметры ИВЛ, ждать (20-30 мин) после любых изменений
- Объяснить пациенту необходимость пункции
- Приготовить всё необходимое
- Определить подходящее место пункции
 - Обычно берут из лучевой артерии недоминантной руки (у правшей – левой)

Техника взятия проб крови



Проблемы с анализаторами

- Одновременно используется около 10 электродов с различными сроками службы
- Срок окончания службы может определить только опытный пользователь
- Одновременно используются 2 – 4 контейнера с реагентами, в некоторых случаях – баллоны с газом
- Контейнеры с реагентами заканчиваются и меняются не одновременно
- Приборы не мобильны, транспортировка затруднительна
- Много расходных сервисных материалов (трубки, фильтры...)
- Крайне тяжело рассчитать потребность в электродах, реагентах, себестоимость теста
- Нужен подготовленный персонал

Картриджные анализаторы

- **Простота** и возможность **инсталляции** оператором
- **Простота меню** - наглядный контроль за ресурсом реагентов и электродов
- **Простота работы** – одно нажатие на кнопку
- **Минимальное обслуживание**, количество расходных материалов
- **Мобильность** – возможность перемещения, малые размеры



Новый анализатор КОС (и не только...)



- До 17 измеряемых параметров
 - Газы крови: PCO_2 , PO_2 , pH
 - Электролиты: K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , Na^+ , Hct
 - Метаболиты: Глюкоза, Лактат
 - Оксиметрия: O_2Hb , HHb , $MetHb$, $COHb$
 - Билирубин (неонатальный), tHb , SO_2
- До 39 расчетных параметров
- **Малый объем образца:**
 - Объем пробы для определения всех параметров – **123 мкл**
 - Минимальный объем пробы – всего **37 мкл**



Eliminating clot risk with the cobas b 123 POC system

Focus on what matters



Малый объём образца

Измеряемые параметры	Объем образца
BG + Hct + Электролиты + Glu + Lac + COOX	123 мкл
BG + Hct + Электролиты + Glu + Lac	102 мкл
Режим микро пробы (полное меню)	95 мкл
Режим микро пробы (полное меню без COOX)	77 мкл
Режим микро пробы (BG + COOX)	55 мкл

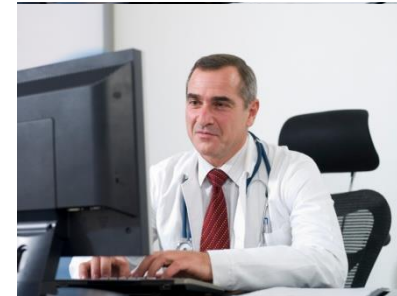
**Режим микропробы
(BG + Hct + Электролиты)**

37 мкл





Помощь в принятии решений



Тренды пациента
Контроль терапии
Острый/хронический
Метаболический/
респираторный



Ограничения анализа ГСК

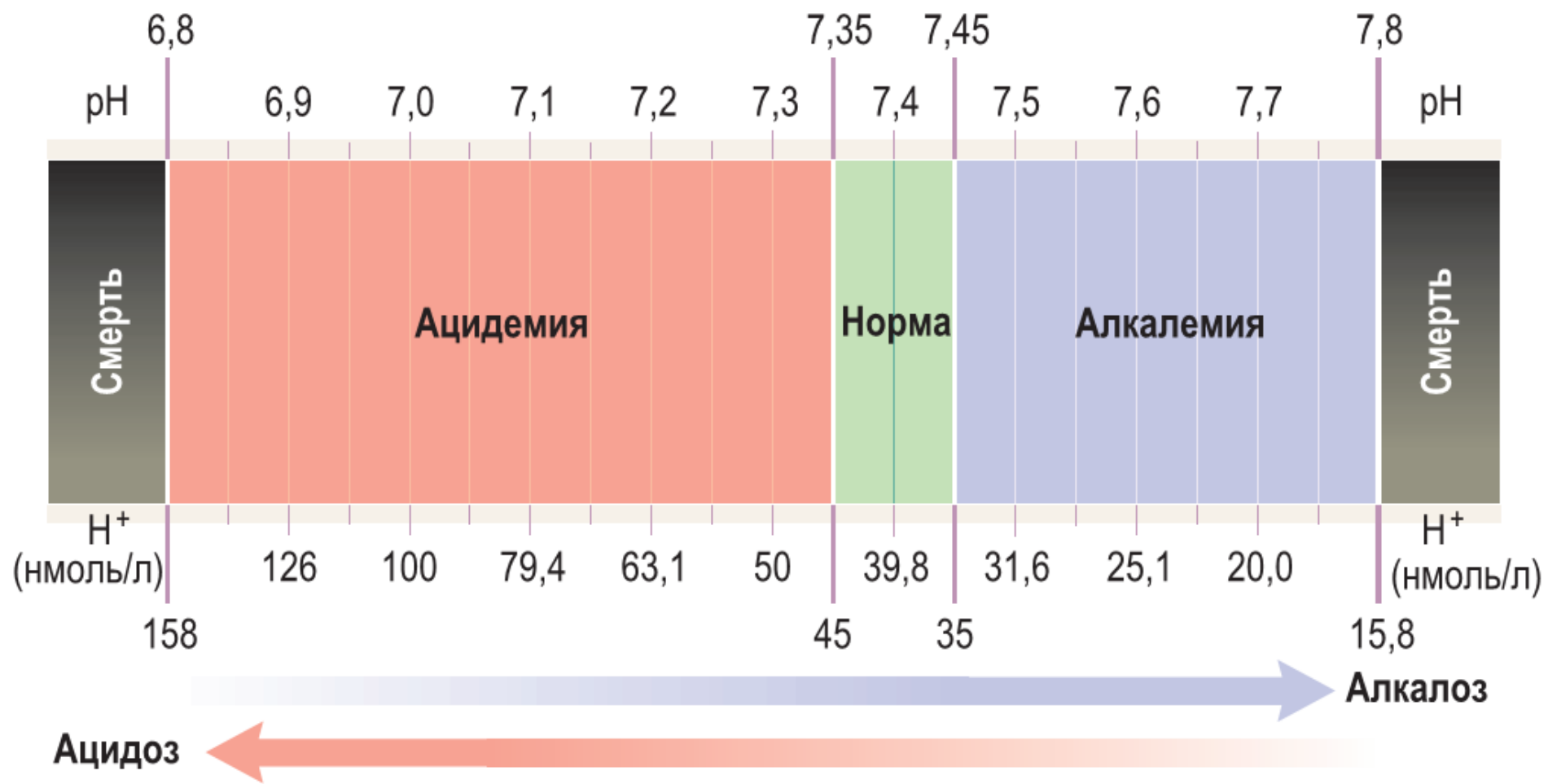
- Измеряются парциальные давления (напряжения)
 - Помните: PO_2 это не тоже самое, что и содержание кислорода! Пациент с тяжелой анемией может иметь сниженное в 2 раза содержание кислорода, тогда как газообмен будет идеальным, а следовательно, PO_2 будет в норме
- Технические проблемы
 - Болезненно
 - Забор крови из вены по ошибке
 - Поиск пульса у пациентов с гипотензией может быть затруднен
 - Осложнения, такие как артериальный тромбоз, возможны, но крайне редки

Оценка кислотно-основного статуса

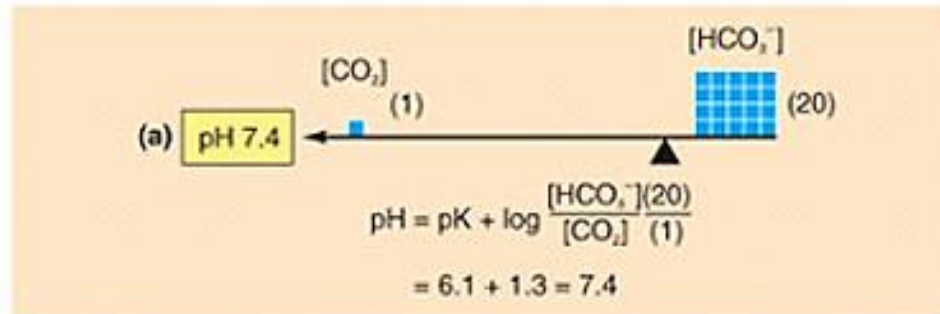
- Анамнез → Осмотр → Результаты анализов ГСК
- Как метаболические, так и респираторные нарушения приводят к изменениям pH
- Почечная и респираторная компенсация
 - Быстрый ответ: увеличение минутной вентиляции
 - Экскреция или задержка бикарбоната: дни до полной компенсации
- Ответ на три вопроса:
 - Нарушение респираторное или метаболическое?
 - Если респираторное – острое или хроническое?
 - Если метаболическое – достаточно ли реагирует дыхательная система?

Терминология

- **Ацидоз** – патологический процесс, *снижающий артериальный рН*, при условии отсутствия вторичных компенсаторных механизмов, возникающих в ответ на первичный этиологический фактор. **Ацидемия** – $\text{pH} < 7.36$
- **Алкалоз** – патологический процесс, *повышающий артериальный рН*. **Алкалемия** – $\text{pH} > 7.44$
- **Простые нарушения КОС** – одна первичная причина
 - Респираторные нарушения КОС вызываются патологическими процессами, *приводящими к первичным изменениям PaCO_2*
 - Метаболические нарушения КОС вызываются патологическими процессами, *приводящими к первичным изменениям $[\text{HCO}_3^-]$*
- **Смешанные нарушения КОС** – 2 и более этиологических причин
- Компенсация = коррекция КОС?
- Что более важно – pH , PCO_2 или $[\text{HCO}_3^-]$?

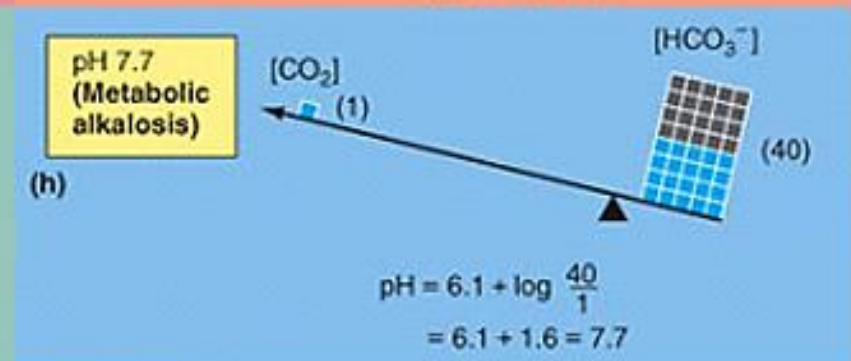
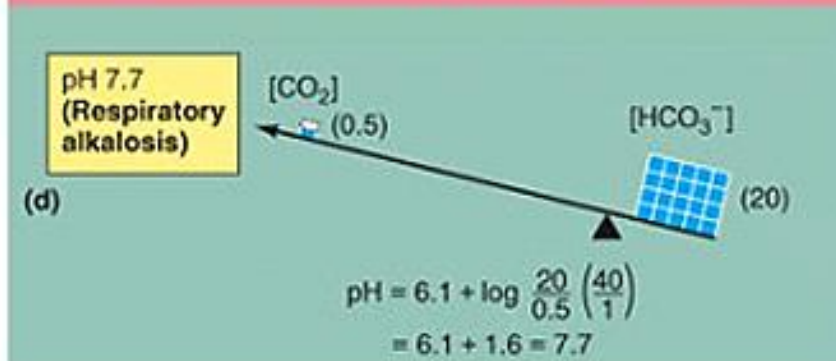
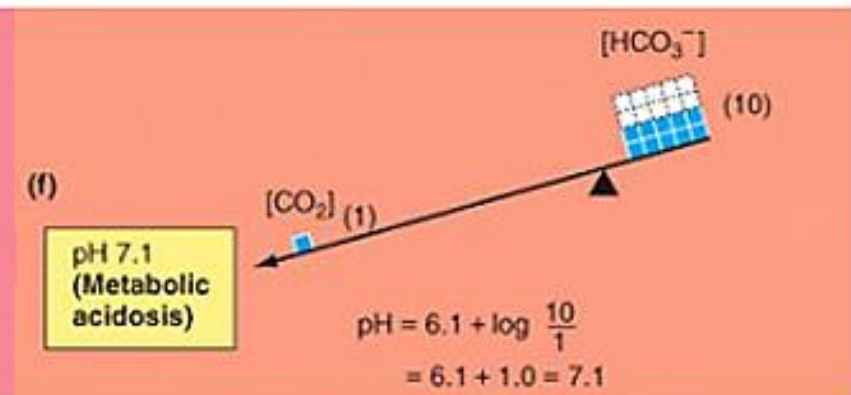
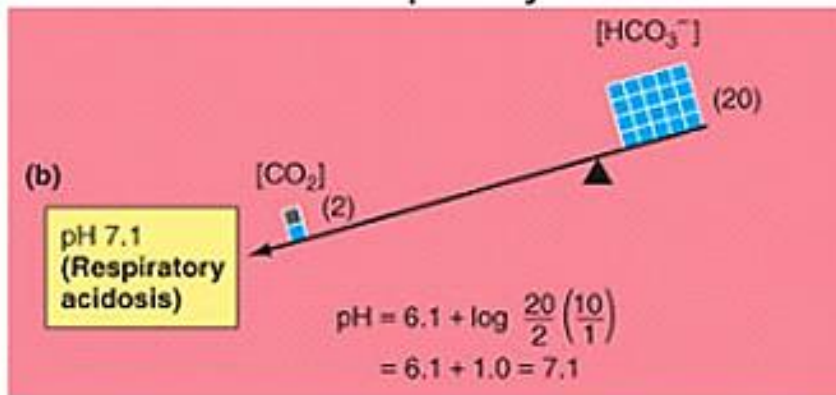


Расстройства КОС



Respiratory

Metabolic



Алгоритм анализа

< 7.38

Какой pH у пациента?

>7.42

Ацидемия

Алкалемия

Какой PCO_2 ?

Какой PCO_2 ?

> 40 mmHg
Респираторный
ацидоз

< 40 mmHg
Метаболический
ацидоз

> 40 mmHg
Метаболический
алкалоз

< 40 mmHg
Респираторный
алкалоз

Респираторный ацидоз

- Первичное расстройство КОС с непрогнозируемым повышением PaCO_2
- $\text{pH} < 7.35$
- $\text{PCO}_2 > 45 \text{ mm Hg}$
 - $\uparrow \text{FiCO}_2$
 - $\downarrow V_A$
 - $\uparrow V\text{CO}_2$
- HCO_3^- – в норме
- Изначально – острый РА
 - Компенсация ограничена
- Хронический РА
 - Почечная компенсация pH
 - Реабсорбция HCO_3^-
 - Экскреция H^+

RESPIRATORY ACIDOSIS



Причины и следствия

- Центральные, нейромышечные расстройства
- Патология лёгких/грудной клетки/дыхательных путей
- Повышение VCO_2 или FiO_2
- «Внешние» факторы (неадекватная ИВЛ)
- Гиперкапния

Компенсация респираторного ацидоза

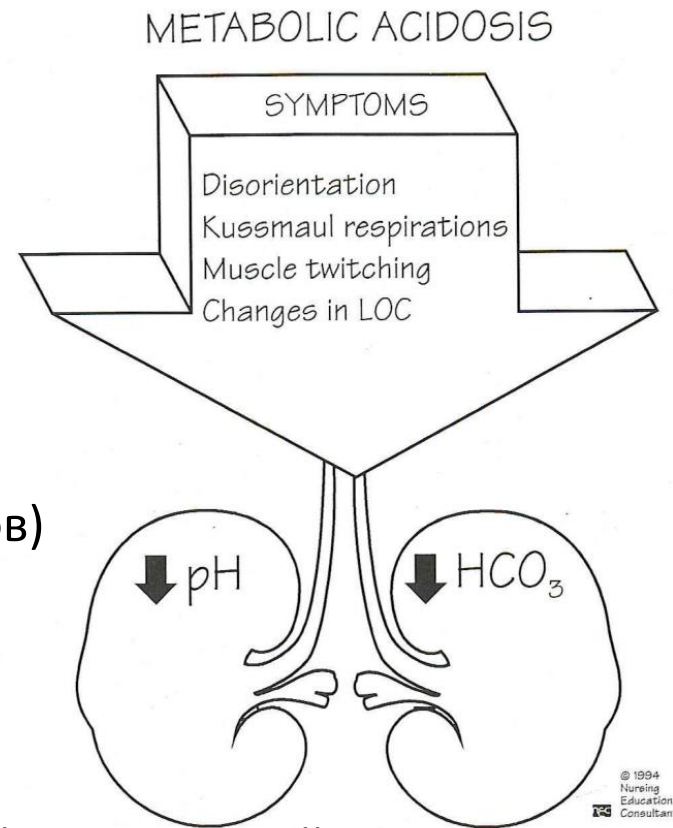
- Быстрый ответ – незначительное повышение уровня HCO_3^-
- Отсроченный ответ – усиление реабсорбции HCO_3^- почками
 - Через 6-12 часов
 - Максимальный эффект через 3-4 дня
- Оценка – разница между реальным и ожидаемым pCO_2
 - Ожидаемый $\text{pCO}_2 = 1.5 (\text{Измеренное } [\text{HCO}_3^-]) + 8$
- **Лечение причины**
- **Восстановление адекватной альвеолярной вентиляции**
- Всегда ли нужно восстанавливать нормальный уровень CO_2 ?
 - Постгиперкапнический алкалоз: \uparrow бикарбонат (\downarrow Cl/K, \downarrow ВнеКЖ, \downarrow скорости КФ)

Метаболический ацидоз

- Первичный патологический процесс, приводящий к повышению фиксированной кислоты в крови
- $\text{pH} < 7.35$
- CO_2 - ↓ или в норме
- HCO_3^- - ↓ (связывание H^+)

Патофизиология

- За счёт увеличения кислот
 - Эндогенные: кетокислоты (метаболизм жиров)
 - Экзогенные: инфузия NH_4Cl
- За счёт потери оснований (HCO_3^-)
 - ЖКТ: диарея, тонкокишечные фистулы
 - Почки: ингибиторы карбоангидраз, почечный канальцевый ацидоз



Компенсация метаболического ацидоза

- Гипервентиляция - основной механизм компенсации
- Буферы – HCO_3^- + другие системы
- Почечная компенсация
- Ожидаемое CO_2 при максимальной компенсации:
 - Ожидаемое $\text{pCO}_2 = 1.5$ (измеренное $[\text{HCO}_3^-]$) + 8 mmHg
 - Измеренное $\text{pCO}_2 >$ ожидаемого pCO_2 – параллельное расстройство КОС
- **Лечение причины**
- При необходимости интубации/вентиляции больного **ВСЕГДА** устанавливайте параметры ИВЛ в режиме **гипервентиляции**.
 - Ориентируйтесь на ожидаемое pCO_2 , рассчитанное по формуле!
- **Сода не нужна!!!!**

Лактат-ацидоз/Кетоацидоз

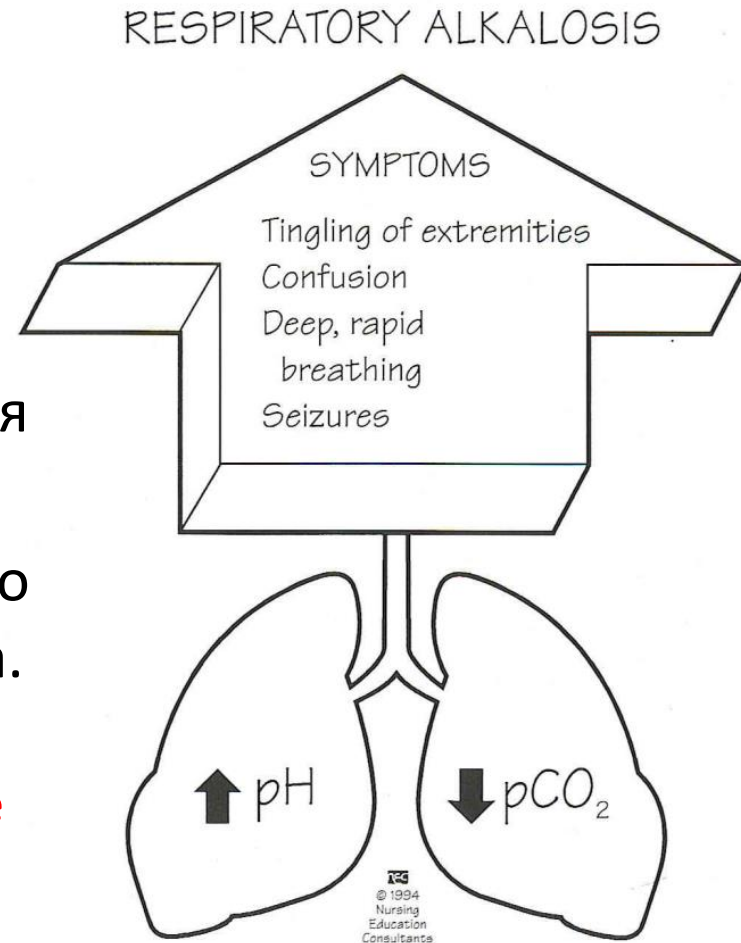
- Метаболический ацидоз (pH<7.25)
- Лактат крови >5 ммоль/л
 - Тип А – анаэробный
 - Тип В – аэробный
- Кетоацидоз: голодание, алкогольный и диабетический
 - ↑ активности липазы (адреналин) - ↑ распад жиров на глицерол и жирные кислоты в жировых тканях = ↑ окисление ЖК до кетоновых тел в печени
- Принципы лечения
 - Анамнез, осмотр, обследование
 - ↑ глюкозы крови, наличие кетонов в моче
 - Возмещение водно-электролитных потерь.
 - Лечение первопричины (инфекции и т.д.).
 - Лечение осложнений.
 - При ДКА введение HCO_3^- не показано!

NaHCO₃ при метаболическом ацидозе

- Показание – коррекция ацидемии с целью предотвращения вредных клинических эффектов ацидоза, неотложное лечение гиперкалиемии
- Ощелачивание мочи (при рабдомиолизе или отравлении салицилатами)
- Доза (mEq) = 0.3 x Вес (kg) x BE (mEq/L) - начинать с ½ дозы
- Нежелательные эффекты
 - Гипернатриемия, гипокалиемия
 - Гиперосмолярность, перегрузка жидкостью
 - Алкалоз
 - Смещения кривой диссоциации Hb «влево»
 - Увеличение продукции лактата
 - Гиперкапния – увеличение МОВ!!!

Респираторный алкалоз

- Первичное нарушение КОС, при котором PaCO_2 непредсказуемо снижается
- $\text{pH} > 7.45$
- $\text{PaCO}_2 < 35 \text{ mm Hg}$
- HCO_3^- в норме
- Причина **всегда** одна – \uparrow альвеолярная вентиляция
- Респираторный алкалоз присутствует до тех пор, пока существует первопричина.
 - Одновременно у больного может присутствовать только **одно респираторное** нарушение КОС, но **два метаболических** нарушения!



Причины и следствия

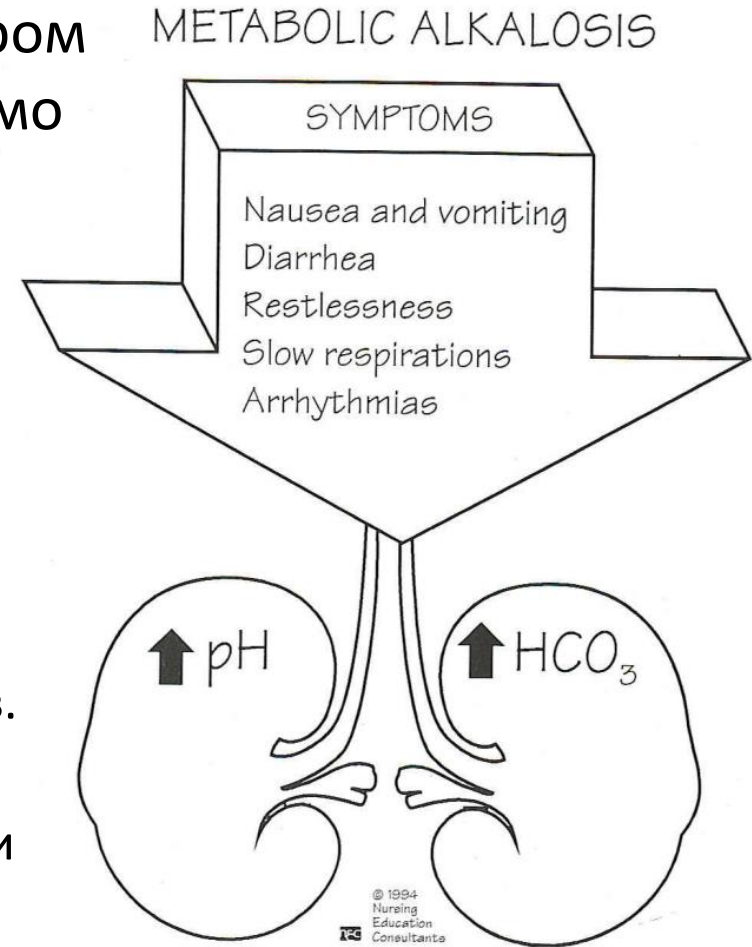
- Центрального генеза
- Гипоксемия (через периферические хеморецепторы)
- Лёгочные
- Ятрогенные (прямое воздействие на альвеолярную вентиляцию)
- Неврологические проявления
 - ↑ Раздражимость нейромышечной системы
 - ↓ ВЧД за счёт вазоконстрикции церебральных сосудов (на каждый 1 mm Hg падения PCO_2 кровотоков падает на 4%)
 - Подавление респираторного драйва
- Сердечно-сосудистая система: аритмии, ↓ сократимости
- Другие эффекты
 - Смещение кривой диссоциации гемоглобина влево
 - Гипокалиемия лёгкой степени

Компенсация респираторного алкалоза

- **Компенсаторный ответ - $\downarrow \text{HCO}_3^-$**
 - $\downarrow \text{pCO}_2 \rightarrow \downarrow \text{HCO}_3^-$ – немедленная реакция
 - $\downarrow \text{HCO}_3^-$ на 2 ммоль/л на каждые 10 mm Hg $\downarrow \text{pCO}_2$
- \uparrow Экскреции HCO_3^- почками – отсроченная реакция (2-3 дня)
 - $\downarrow \text{HCO}_3^-$ на 5 ммоль/л на каждые 10 mm Hg $\downarrow \text{pCO}_2$
- **Устранение причины**
- **Коррекция сопутствующей гипоксемии (приоритет)**
- Тяжесть респираторного алкалоза:
 - Разница между ожидаемым и реальным PaCO_2
 - Если метаболическое нарушение (ацидоз) исключается – брать за ожидаемое PaCO_2 – 40 mm Hg
 - При метаболическом нарушении ($\text{HCO}_3^- < 18$ ммоль/л): **Ожидаемое $\text{pCO}_2 = 1.5 ([\text{HCO}_3^-]) + 8 \text{ mmHg}$**

Метаболический алкалоз

- Первичное нарушение КОС, при котором уровень HCO_3^- в плазме непредсказуемо повышается
- $\text{pH} > 7.45$
- CO_2 - ↓ или в норме
- HCO_3^- - ↑
- Диагноз
 - Анамнез, осмотр, обследования – у 90% больных – рвота и/или приём диуретиков.
 - Если $\text{PaCO}_2 > 60 \text{ mm Hg}$ – либо метаболический алкалоз крайней степени тяжести (реже), либо имеется первичный респираторный ацидоз с метаболической компенсацией (чаще).



Причины и следствия

- ↑ Щёлочи во внеклеточной жидкости:
 - Экзогенный источник (NaHCO_3 , цитрат)
 - Эндогенный источник (метаболизм кетоанионов $\rightarrow \text{HCO}_3^-$)
- Потери кислоты (H^+) из внеклеточной жидкости (90%!!!):
 - Через почки (например, при назначении диуретиков)
 - Через ЖКТ (например, рвота, потери через зонд)
- Трудно дифференцировать от последствий гиповолемии, гипокалиемии и гипохлоремии.
- ↓ сократимости миокарда, аритмии.
- ↓ Церебрального кровотока
- Нарушение сознания
- Смещение кривой диссоциации оксигемоглобина влево

Компенсация метаболического алкалоза

- Основной компенсаторный ответ – гиповентиляция
- Ожидаемое $p\text{CO}_2 = 0.7 [\text{HCO}_3^-] + 20 \text{ mmHg}$
- Коррекция первопричины
- **Больной с алкалозом должен получать $\uparrow \text{O}_2$**
 - Избегать гипервентиляции (углубление алкалемии)
- Коррекция фактора, мешающего экскреции HCO_3^-
 - возмещение Cl^- !!!
 - Возмещение K^+ и жидкости

Алгоритм действий: общие правила

- Вопрос: а результаты еще действительны?
- Определить первичный процесс, а затем механизм компенсации
- **Шаг №1 – клиническая оценка**
 - Основа – клиническая картина, анамнез, обследование
 - Помните, что больной может быть неадекватен
 - Часто трудно распознать комбинированные расстройства
- **Шаг №2 – анализ ГСК**
 - pH – отклонение от нормы
 - Смещение бикарбоната и $p\text{CO}_2$
 - Дополнительные подсказки
 - Оценка компенсаторного ответа
 - Окончательный анализ ГСК (не диагноз!!!)
 - Подтверждение – дополнительные тесты?

Анализ pH, PaCO₂ и HCO₃⁻

- Изменения pH указывают на наличие алкалоза или ацидоза (не указывают на смешанные расстройства). pH в норме:
 - Нарушения КОС отсутствуют
 - Имеются компенсированные нарушения, или смешанные нарушения с ацидозом или алкалозом
- Простые расстройства КОС - предсказуемые сдвиги PaCO₂ и HCO₃⁻
- PaCO₂, и HCO₃⁻ снижены - метаболический ацидоз или респираторный алкалоз (смешанное нарушение КОС?)
- PaCO₂, и HCO₃⁻ повышены - метаболический алкалоз или респираторный ацидоз (смешанное изменение КОС?)
- Если PaCO₂ и HCO₃⁻ ↑↓ или ↓↑ - имеется смешанное нарушение КОС.

Правила

- Острый респираторный ацидоз - «1 за 10»:
 - Ожидаемый $[\text{HCO}_3] = 24 + [(\text{PaCO}_2 - 40)/10]$
- Хронический респираторный ацидоз - «4 за 10»:
 - Ожидаемый $[\text{HCO}_3] = 24 + 4 \times [(\text{PaCO}_2 - 40)/10]$
- Острый респираторный алкалоз - «2 за 10»:
 - Ожидаемый $[\text{HCO}_3] = 24 - 2 \times [(40 - \text{PaCO}_2)/10]$
- Хронический респираторный алкалоз - «5 за 10»:
 - Ожидаемый $[\text{HCO}_3] = 24 - 5 \times [(40 - \text{PaCO}_2)/10]$
- Хронический респираторный алкалоз - «5 за 10»:
 - Ожидаемый $[\text{HCO}_3] = 24 - 5 \times [(40 - \text{PaCO}_2)/10]$
- Метаболический ацидоз (макс. компенсация 12-24 ч) - «1,5 + 8»:
 - Ожидаемое $\text{PaCO}_2 = 1.5 \times [\text{HCO}_3] + 8$ (разброс: +/- 2)
- Метаболический алкалоз - «0.7 + 20»:
 - Ожидаемое $\text{PaCO}_2 = 0.7 \times [\text{HCO}_3] + 20$ (разброс: +/- 5)

Подсказки по диагностике нарушений (1)

- Не анализируйте ГСК без оценки содержания электролитов плазмы: Na^+ , K^+ , Cl^- , CO_2 .
 - Концентрация CO_2 вне нормальных значений - нарушение КОС.
 - Повышение CO_2 : метаболический алкалоз и/или задержку бикарбоната (компенсация дыхательного ацидоза).
 - Понижение CO_2 : метаболический ацидоз и/или экскрецию бикарбоната (компенсация дыхательного алкалоза).
 - ***Помните, что CO_2 может быть в норме при наличии двух или более нарушений КОС!!!***
- Простое нарушение КОС не характеризуется нормальным рН.
 - рН может быть в пределах нормы (7.35 - 7.45) при наличии простого нарушения КОС
 - Истинно-нормальный показатель рН с ненормальным HCO_3^- и PaCO_2 однозначно предполагает два или более нарушений КОС.

Подсказки по диагностике нарушений (2)

- Нормальный или немного низкий HCO_3^- при наличии гиперкапнии предполагает наличие сопутствующего ацидоза.
- Нормальный или немного высокий HCO_3^- при наличии гипокапнии предполагает наличие сопутствующего метаболического алкалоза.
- При максимально компенсированном метаболическом ацидозе, значение PaCO_2 должно быть одинаковым (или близким) к последним двум цифрам артериального pH.
- В противоположность этому, компенсация при метаболическом алкалозе (повышение PaCO_2) высоко вариабельна, и в некоторых случаях может быть минимальна или вообще отсутствовать.

Выводы

- Общий алгоритм: анамнез, осмотр, обследование
- В некоторых случаях необходимо проверить другие маркёры, характерные для данного расстройства (салицилаты, уровень альдостерона, кетоновые тела в моче, лактат)
- В большинстве случаев газы крови помогают нам в оценке **степени** того или иного расстройства КОС (который мы предполагаем на основании анамнеза и клинической картины), а **не постановки диагноза!**