

Кислотно-щелочное равновесие. Респираторный ацидоз

Респираторный ацидоз

- ➔ Под респираторным ацидозом понимают **первичное повышение напряжение двуокиси углерода в артериальной крови – P_aCO_2** , что сопровождается смещением вправо реакции

$H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$, и, соответственно, увеличением $[H^+]$ и снижением pH артериальной крови.

Постоянство P_aCO_2 в крови характеризуется соотношением:

$$\frac{\text{Образование } CO_2}{\text{альвеолярная вентиляция}} = P_aCO_2$$

CO_2 является побочным продуктом метаболизма жиров и углеводов. Большое влияние на образование CO_2 оказывает мышечная деятельность, температура тела и активность тиреоидных гормонов.

Основные причины респираторного ацидоза

- ▶ Альвеолярная гиповентиляция
- ▶ Угнетение ЦНС
- ▶ Лекарственные препараты
- ▶ Нарушения сна
- ▶ Синдром Пиквика
- ▶ Ишемия мозга
- ▶ Травма мозга
- ▶ Нервно-мышечные нарушения
 - 1) Миопатии
 - 2) Нейропатии
- ▶ Травмы и заболевания грудной клетки

Основные причины респираторного ацидоза

- ▶ Пневмония
- ▶ Аспирация
- ▶ Интерстициальные заболевания легких
- ▶ Неисправность аппарата ИВЛ
- ▶ Повышенное образование CO₂
 - 1) Прием большого количества углеводов (энтеральное и парентеральное питание)
 - 2) Злокачественная гипертермия
 - 3) Выраженная дрожь
 - 4) Продолжительный эпилептический припадок
 - 5) Тиреотоксический криз
 - 6) Обширные термические повреждения (ожоги)

Основные причины респираторного ацидоза

- ▶ Нижние дыхательные пути
Тяжелая бронхиальная астма
Хроническое обструктивное заболевание легких
Опухоль
- ▶ Отек легких
- ▶ Кардиогенный
- ▶ Некардиогенный шоки
- ▶ Эмболия легочной артерии

Основные причины респираторного ацидоза



- ▶ Болезни плевры
- ▶ Пневмоторакс
- ▶ Плевральный выпот
- ▶ Обструкция дыхательных путей
- ▶ Верхние дыхательные пути (Инородное тело, опухоль, ларингоспазм)
- ▶ Нарушения сна

Клинические симптомы

- ▶ Беспокойство, **тахипноэ, одышка**.
- ▶ **Утомляемость, слабость, головная боль, оглушенность, психомоторное возбуждение**, тремор, астериксис расстройства координации, иногда симптомы поражения черепных нервов, пирамидные симптомы, застойный диск зрительного нерва и кровоизлияния в сетчатку.
- ▶ **Кома** наступает при PaCO_2 70-100 мм рт. ст. в зависимости от pH плазмы и скорости повышения PaCO_2 .

Патофизиология ацидемии

Ацидемия влияет на организм как непосредственно, так и за **счет активации симпатoadреналовой системы**.

Ишемия тканей и органов сопровождается **полиорганной дисфункцией**. Однако, как правило, доминируют **признаки ишемии почек**: при значительном повышении pCO_2 снижается почечный кровоток и объём клубочковой фильтрации и увеличивается масса циркулирующей крови. Это значительно повышает нагрузку на сердце и при хроническом респираторном ацидозе (например, у пациентов с дыхательной недостаточностью) может привести к снижению сократительной функции сердца, т.е. **к сердечной недостаточности**.

По мере прогрессирования ацидоза ($pH < 7,20$) начинает преобладать **прямое депрессивное воздействие** (углекислотный наркоз).

Угнетение сократимости миокарда и тонуса гладких мышц, что приводит к снижению сердечного выброса и ОПСС, что приводит к прогрессирующей **артериальной гипотонии**.

Патофизиология ацидемии

Уменьшается чувствительность миокарда и гладких мышц сосудов к эндо- и экзогенным катехоламинам, а также снижается порог фибрилляции желудочков, что приводит к развитию артериальной гиперемии ткани мозга, повышению внутричерепного давления.

Тяжелый ацидоз вызывает тканевую гипоксию несмотря на смещение кривой диссоциации оксигемоглобина вправо. Опасна для жизни прогрессирующая гиперкалиемия, обусловленная выходом K^+ из клеток в обмен на внеклеточный H^+ .

Опасность бронхоспазма в условиях ацидоза заключается в возможности формирования порочного патогенетического круга «**бронхоспазм** → нарастание pCO_2 → быстрое снижение pH → усиление бронхоспазма → дальнейшее увеличение pCO_2 ».

При снижении pH на каждые 0,1 концентрация K^+ в плазме повышается приблизительно на 0,6 мэкв/л.

ИНИЦИАЛЬНЫЕ СДВИГИ И РЕАКЦИИ КОМПЕНСАЦИИ ПРИ ГАЗОВОМ АЦИДОЗЕ

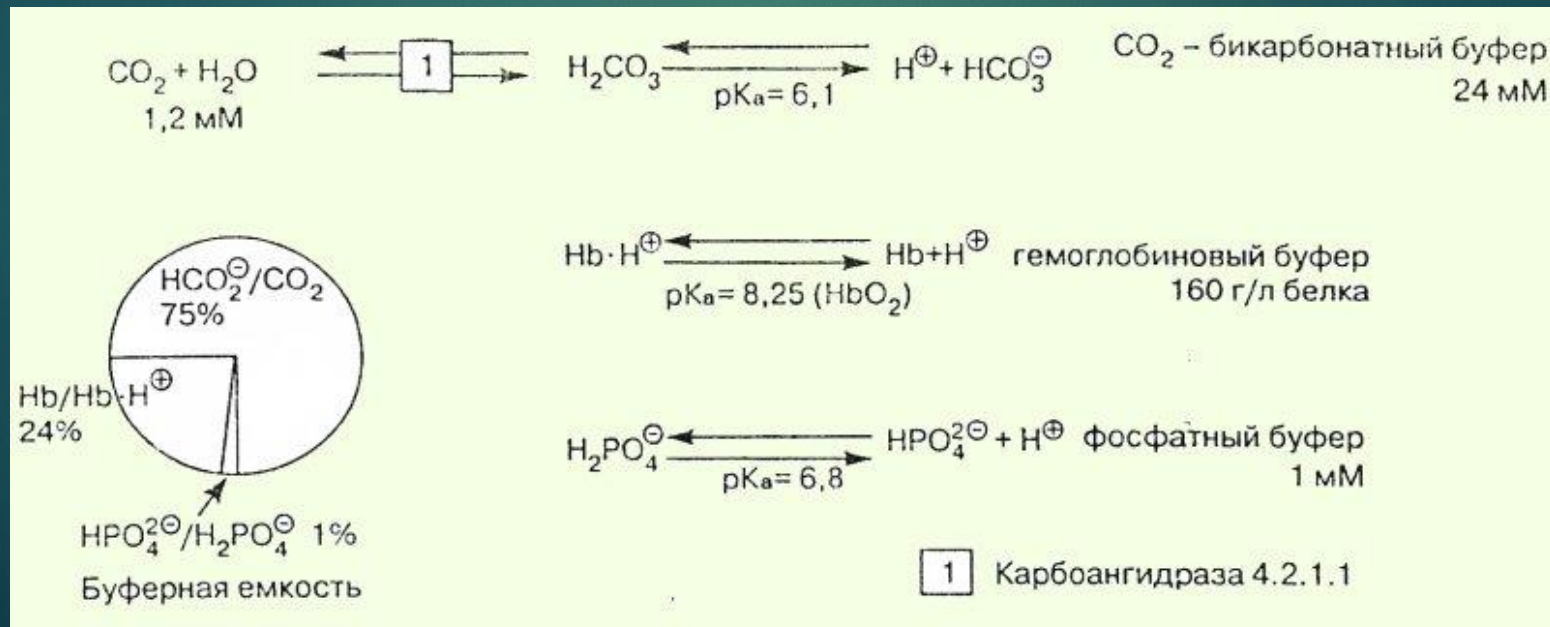


Острый респираторный ацидоз

Компенсаторная реакция в ответ на острое (6-12 ч) повышение P_aCO_2 носит ограниченный характер.

Компенсация острого дыхательного ацидоза осуществляется:

1) буферными системами гемоглобина



Острый респираторный ацидоз

→ обменом внеклеточного H^+ на K^+ и Ca^{2+} из костей и внутриклеточной жидкости.

Возможность почек сохранять бикарбонат при остром респираторном ацидозе очень ограничена.

При остром респираторном ацидозе **прирост $[HCO_3]^-$ в плазме равен 1 ммоль/л на каждые 40 мм рт. ст. повышения**

$PaCO_2$ сверх 40 ммрт. ст.

Хронический респираторный ацидоз

- ➔ Начинается от 12-24 часов после повышения P_aCO_2
- ▶ Хронический респираторный ацидоз **практически полностью компенсируется почками.**

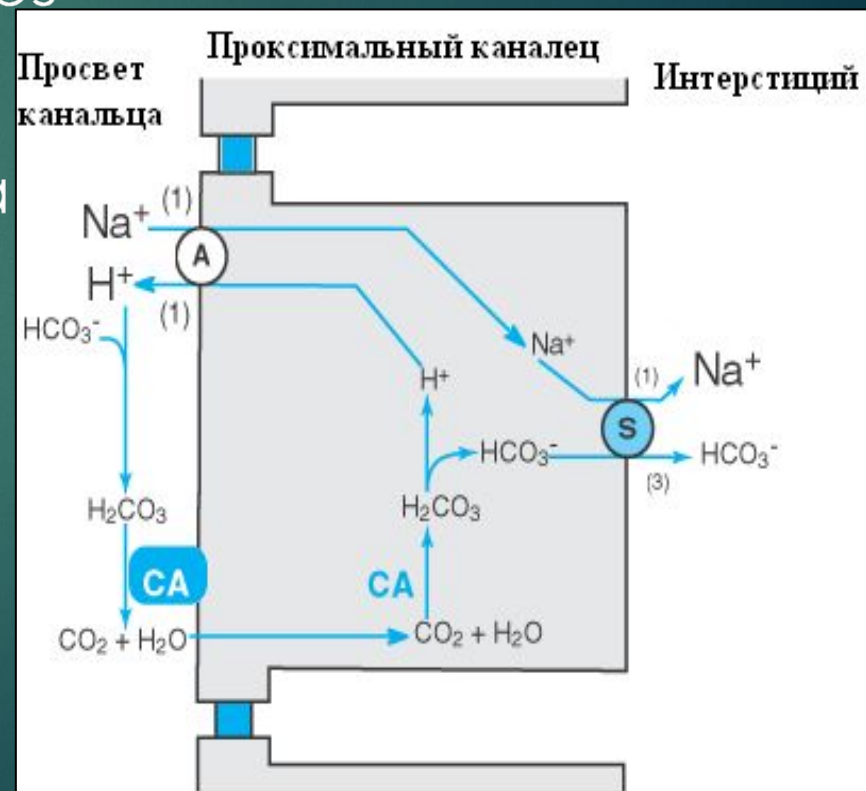
Почка способна компенсировать ацидоз тремя механизмами: 1) увеличением реабсорбции HCO^- из первичной мочи; 2) увеличением экскреции титруемых кислот.;

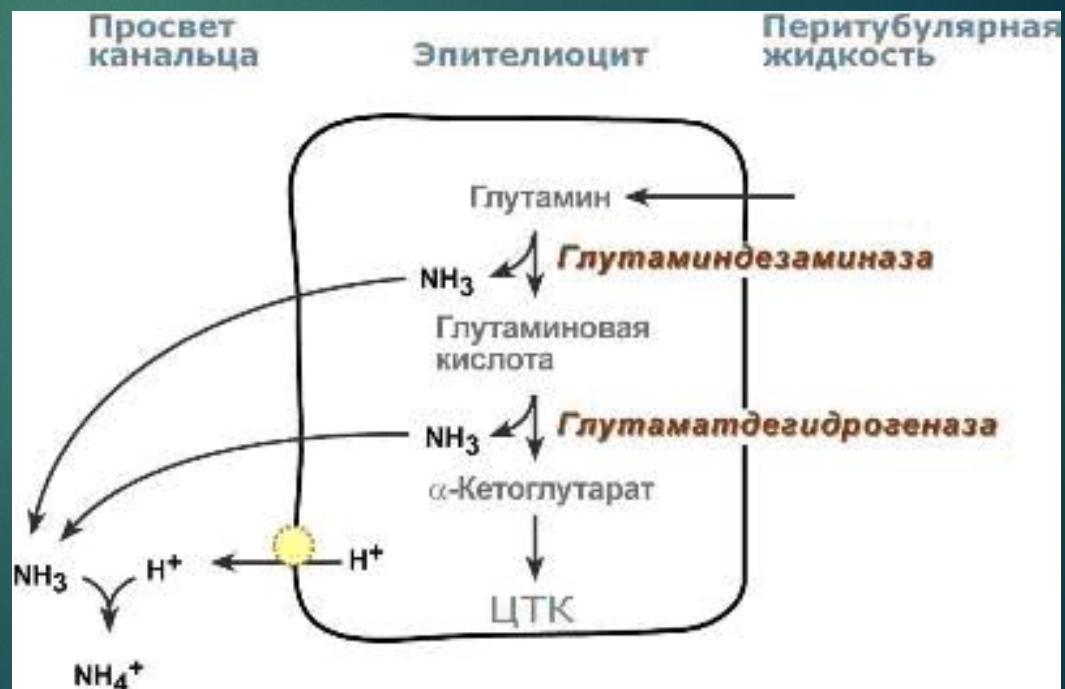
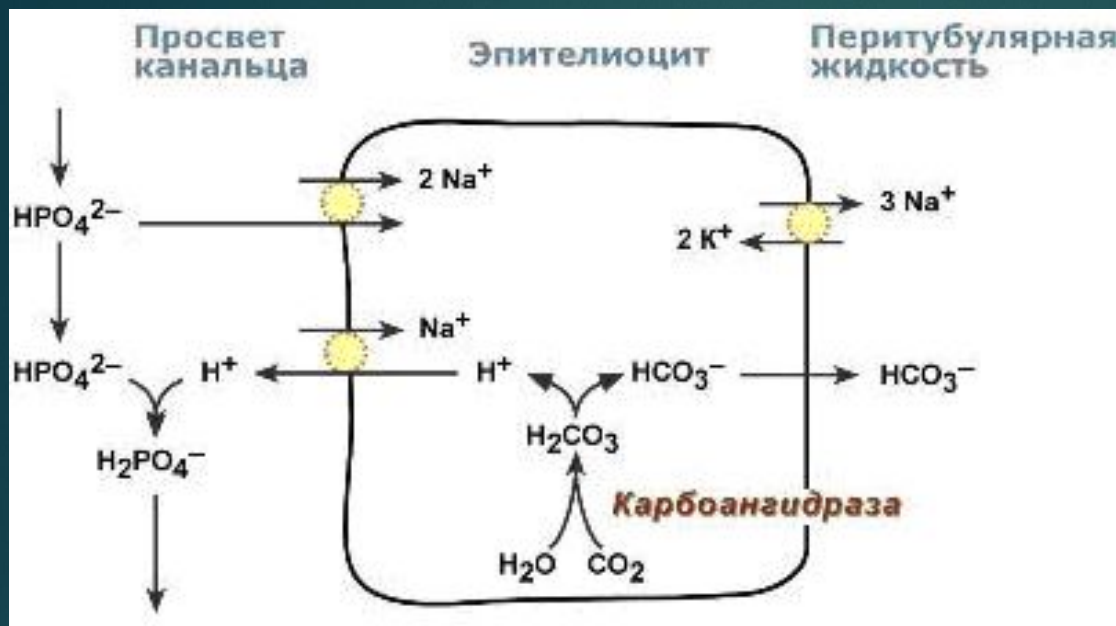
3) увеличением, выработки аммиака.

- ▶ **При хроническом** респираторном ацидозе **прирост $[HCO_3^-]$ в плазме равен 4 ммоль/л на каждые 10 мм рт. ст. повышения P_aCO_2 сверх 40 мм рт. ст.**

Почечная компенсация при хроническом респираторном ацидозе

Механизмы почечной компенсации начинают проявляться не ранее чем через 12-24 ч, а для развития максимального эффекта требуется до 3-5 дней. Если на протяжении этого времени устойчивое повышение P_aCO_2 сохраняется, то почечная компенсация хронического ацидоза достигает своего максимума.





Принципы лечения респираторного ацидоза

- Лечение сводится к терапии основного заболевания, патологического состояния либо дисфункций, спровоцировавших сдвиг кислотно-щелочного баланса и в восстановлении нарушенного равновесия между образованием CO_2 и альвеолярной вентиляцией.
- Мероприятия, направленные на уменьшение образования CO_2 , оказывают благоприятное воздействие лишь в определенных случаях.

Например, 1) **дантролен** — при злокачественной гипертермии (2-3 мг/кг, повторный болюс через 10-15 минут в дозе 2-3 мг/кг. Суммарная максимальная доза - 10 мг/кг) ;



Принципы лечения респираторного ацидоза

2) миорелаксанты — при эпилептическом припадке для купирования судорожного синдрома;

3) препараты, подавляющие секрецию тиреоидных гормонов — при тиреотоксическом кризе – тиамазол (мерказолил), пропилтиоурацил (Начальная доза 200— 400 мг каждые 4 ч), Калия йодид

4) ограничение приема углеводов — при полном парентеральном питании).



Принципы лечения респираторного ацидоза

В большинстве случаев необходимо **увеличить альвеолярную вентиляцию.**

Применение **бронходилататоров** (сальбутамол, сальмотерол), **стимуляторов дыхания** (доксапрам - 1-3 мг/мин, максимальная доза 4 мг/кг), **устранение действия анестетиков и улучшение растяжимости легких** (диуретики) позволяют временнo улучшить альвеолярную вентиляцию.

Принципы лечения респираторного ацидоза

- ▶ Среднетяжелый и тяжелый ацидоз ($\text{pH} < 7,20$), pCO_2 , превышающее 60 мм рт.ст., углекислотный наркоз и выраженная слабость дыхательных мышц — это **показания к переводу на ИВЛ**.
- ▶ Респираторный ацидоз обычно сочетается с **гипоксемией**, поэтому FiO_2 должна быть высокой (**кислородотерапия** - путем увеличения фракции кислорода (FiO_2) во вдыхаемой смеси до 80%).
- ▶ При хронических заболеваниях легких кислородотерапия сопряжена с риском развития тяжелой гиповентиляции, потому что дыхание часто регулируется по PaO_2 (а не по PaCO_2), а ингаляция кислорода сама по себе может привести к увеличению объема физиологического мертвого пространства.

Принципы лечения респираторного ацидоза

- ▶ Инфузия NaHCO_3 показана только при тяжелом ацидозе ($\text{pH} < 7,1$), сочетающемся с депрессией кровообращения.

Инфузия бикарбоната натрия приводит к преходящему **повышению PaCO_2** :



- ▶ **Карбикарб** представляет смесь, состоящую из 0,3 М раствора бикарбоната натрия и 0,3 М раствора карбоната натрия; при его использовании в организме вместо CO_2 образуется бикарбонат натрия.
- ▶ **Трометамин** обладает дополнительным преимуществом: он не содержит натрия — и поэтому является более эффективным внутриклеточным буфером.
- ▶ Альтернативные буферные растворы для коррекции ацидоза, хоть и не вызывают образования CO_2 (карбикарб, трометамин), не имеют существенных преимуществ по сравнению с бикарбонатом.

A scenic landscape featuring a calm blue lake in the foreground, a dense forest of evergreen trees in the middle ground, and a dramatic sky with white clouds and a large, glowing blue vortex or portal in the upper right. A wooden dock extends into the water from the bottom right. The text "Спасибо за внимание" is centered in the sky area.

Спасибо за внимание

рН/газы крови:

рН	7,276↓
рСО ₂	50,8 мм. рт ст.↑
рО ₂	121 мм.рт.ст.↑

Оксиметрия:

сtHb	9,0 g/dL↓
sO ₂	100,3 %↑
FCOHb	4,4 %↑

Электролиты:

сNa ⁺	155 mmol/L↑
сCa ²⁺	0,72 mmol/L↓
сCl ⁻	10,4 mmol/L↑

Метаболиты

сGlu	6,4 mmol/L↑
сLac	2,9 mmol/L↑

Кислородный статус

рО ₂ (f)/FO ₂ (i),с	202 mmHg
---	----------

Кислотно-щелочной статус

сBase(Ecf),с	-3.0 mmol/L
сHCO ₃ -(P,st),с	21,6
SBE,с	-3,0 mmol/L
ABE, с	-3,4 mmol/L
mOsm,с	315,6 mmol/kg