Кислотно-основное состояние (КОС) и его нарушения

К.М. Лебединский, СПб МАПО

Почему это важно?...

Кроме рН, есть еще рІ!

Концентрация водородных ионов — это число полярных группировок в макромолекулах, прежде всего белковых, а значит:

- Активность всех ферментов
- Емкость транспортных белков, в т.ч. Hb
- Работа трансмембранных насосов
- Функция ионных и других каналов

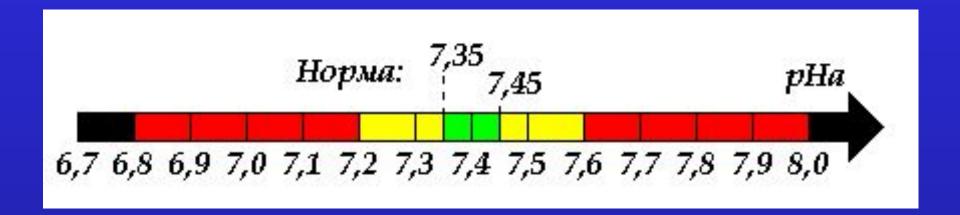
Н⁺ и ОН⁻ влияют на обмен других ионов:

- Обмен протонов на К+
- Иммобилизация Ca²⁺ избытком OH⁻

Что такое «норма»?...

«Физиологическая шкала» – четыре диапазона:

Нормальные значения
Компенсация: необходим контроль!
Декомпенсация: требуется вмешательство!
Несовместимо с жизнью!



Как это обеспечивается?

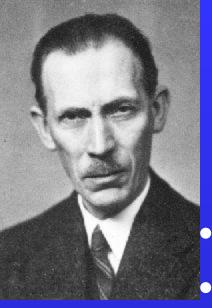
Первая линия защиты – буферные системы:

- Бикарбонатная 53%
- Гемоглобиновая 35%
- Белковая 7%
- Фосфатная 5%

Вторая линия защиты:

- Для CO₂ лёгкие (быстрое действие): V_A
- Для нелетучих кислот и оснований почки (более медленный эффект): ацидо- и аммониогенез

Немного химии...

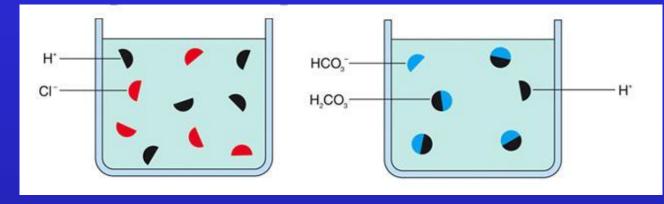


Кислоты и основания по J.N. Brønsted'y (1879-1947):

- Кислота донор протонов (H⁺)
- Основание акцептор (связыватель) протонов
- Сила кислоты или основания = степени их диссоциации в растворе

Отсюда:

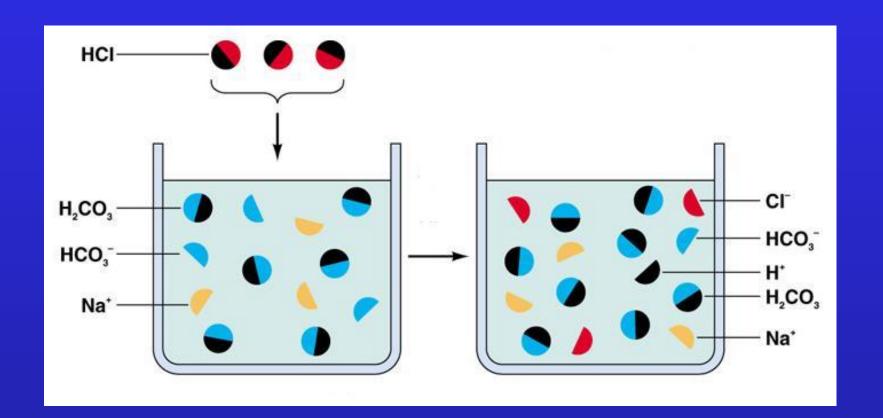
- NH₃ основание
- NH₄Cl кислота



NaHCO₃ – основание

Как работает буфер?

- Смесь слабой кислоты и ее соли с сильным основанием или слабого основания и его соли с сильной кислотой
- Цель связать поступающие извне H⁺ и OH⁻



Уравнение H.H. Henderson-K.A. Hasselbalch

Кислота \leftrightarrow An⁻ + H⁺

$$K = \frac{[H^+] \times [An^-]}{[Kислота]}$$

$$[H^+] = K \times \frac{[K H C \pi O T a]}{[A n^-]}$$



$$pH = pK + lg \frac{[An^{-}]}{[Kислота]}$$

$$H_2CO_3 \leftrightarrow HCO_3^- + H^+$$

$$K = \frac{[H^+] \times [HCO_3]}{[H_2CO_3]}$$

$$[H^+] = K \times \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3]}$$

$$pH = pK + 1g\frac{[HCO_3]}{[H_2CO_3]}$$

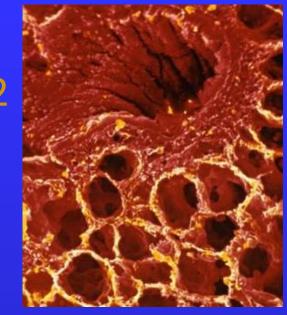
$$pH = 6,1 + 1g \frac{[HCO_3]}{[H_2CO_3]}$$

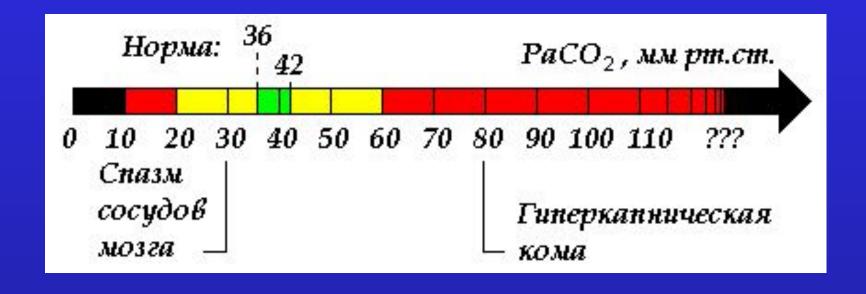
$$pH = 6.1 + 1g \frac{[HCO_3]}{0.03 \times PCO_2}$$

$$pH = 6.1 + 1g \frac{\Pi O V K H}{\Pi O F K H e}$$

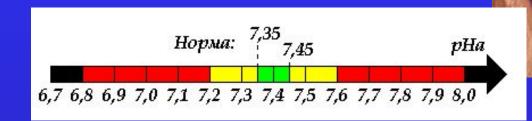
Легкие: элиминация СО

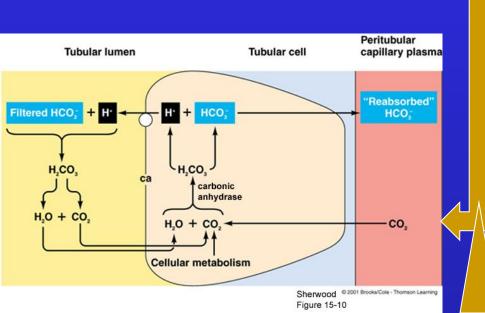
- Нормальные значения
- Компенсация: необходим контроль!
- Декомпенсация: требуется вмешательство!
- Несовместимо с жизнью!

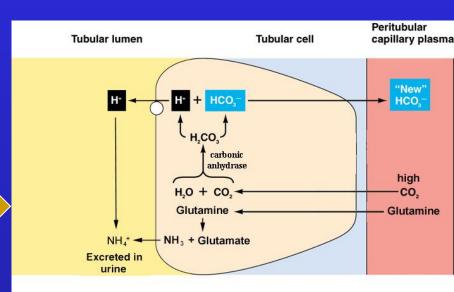




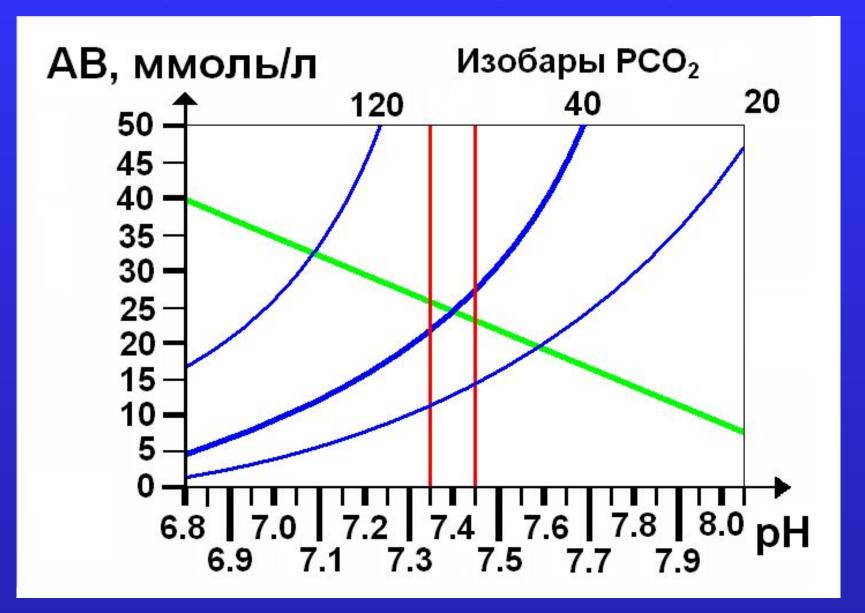
Почки: регуляция рН мочи



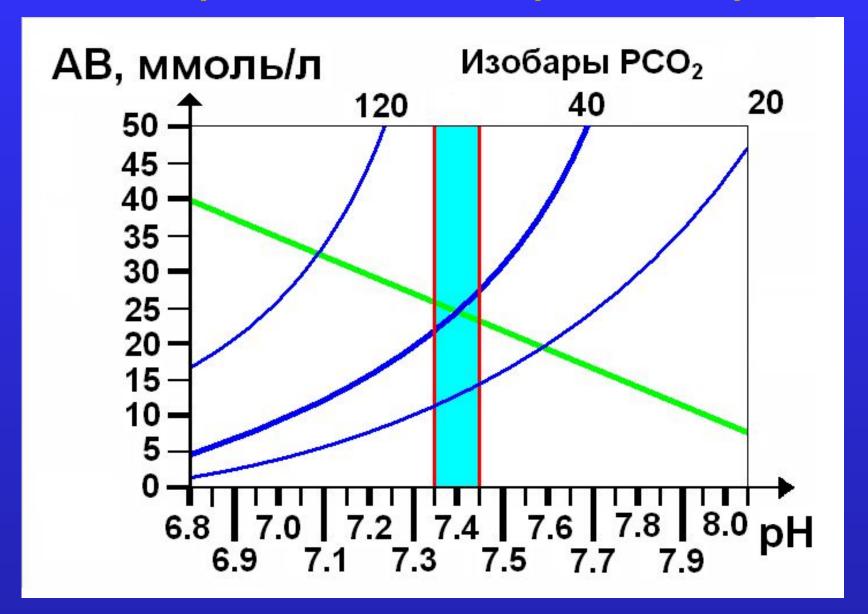




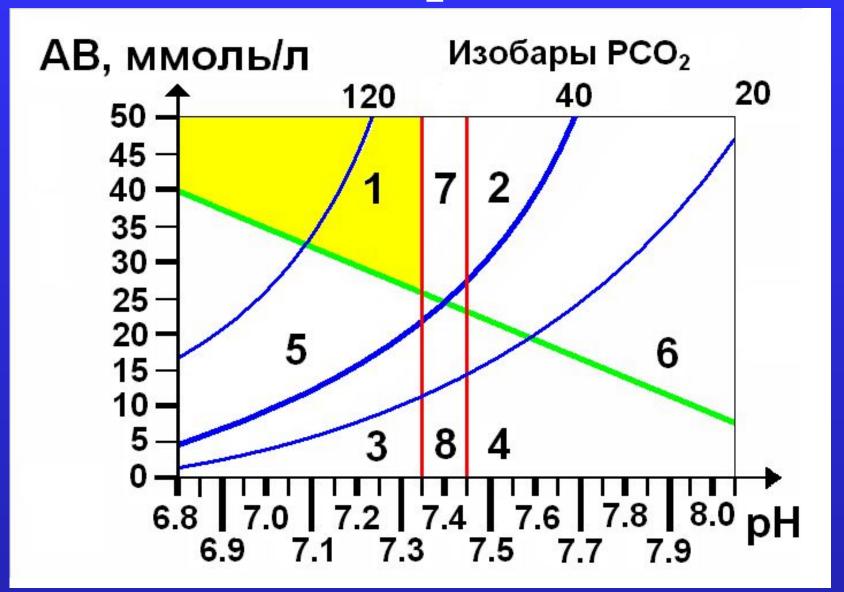
Homoграмма Davenport: принцип



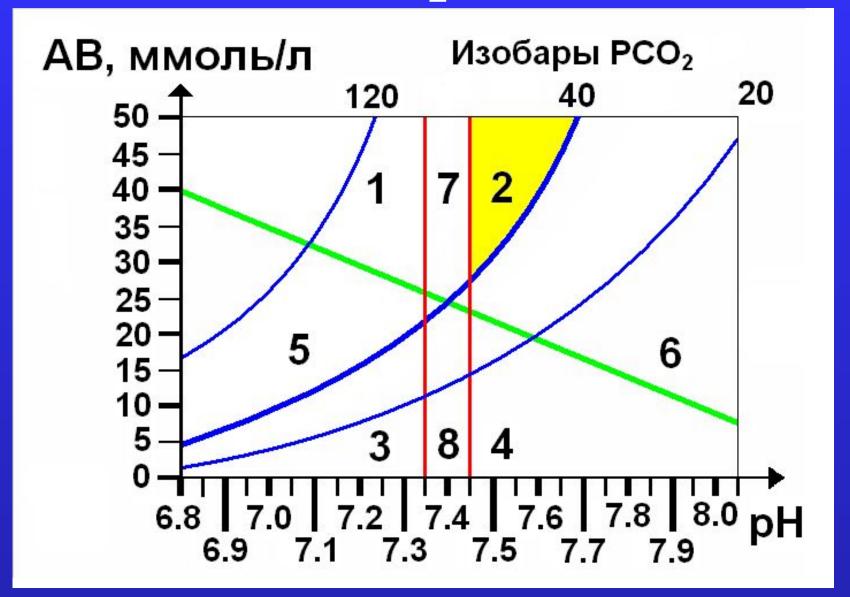
Hомограмма Davenport: норма



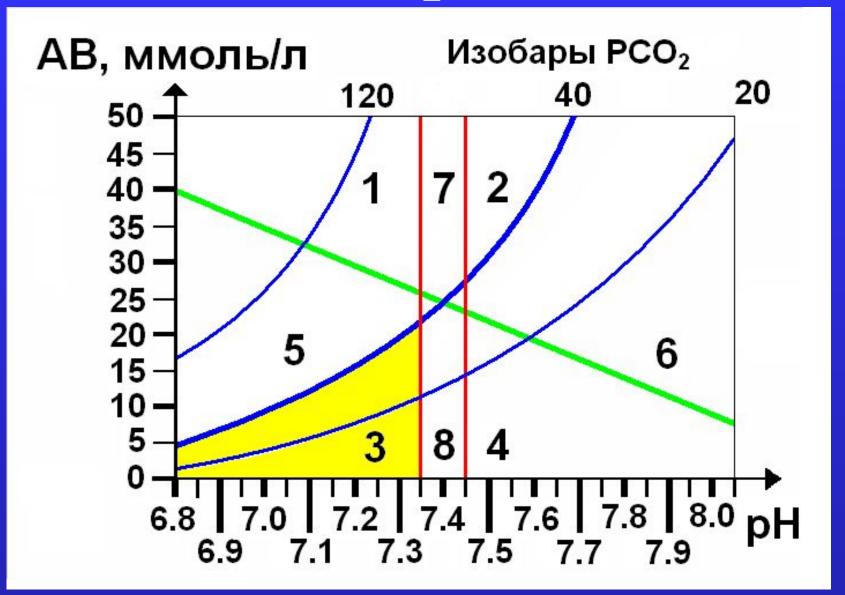
$pH\downarrow$, $PaCO_2\uparrow$, $AB\uparrow$ - ?



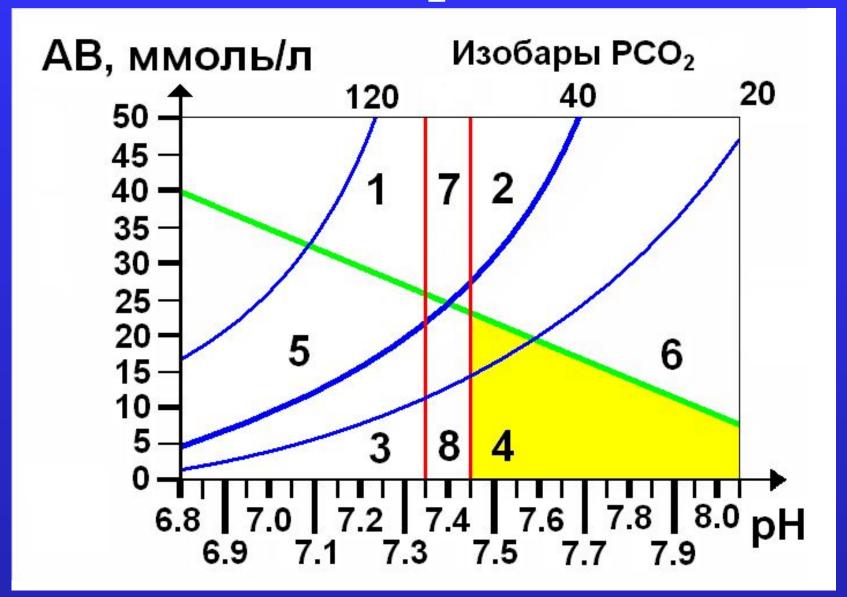
pH \uparrow , PaCO₂ \uparrow , AB \uparrow - ?



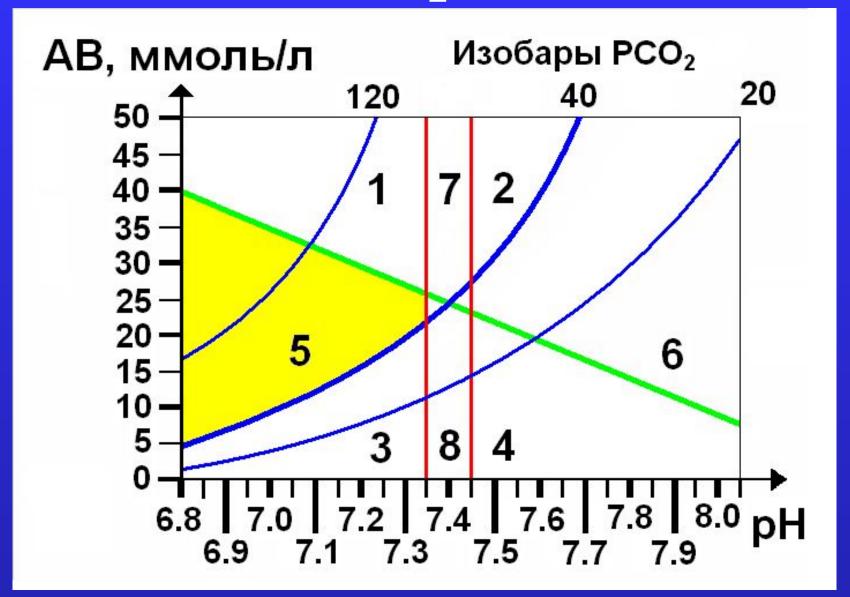
$pH\downarrow$, $PaCO_2\downarrow$, $AB\downarrow$ - ?



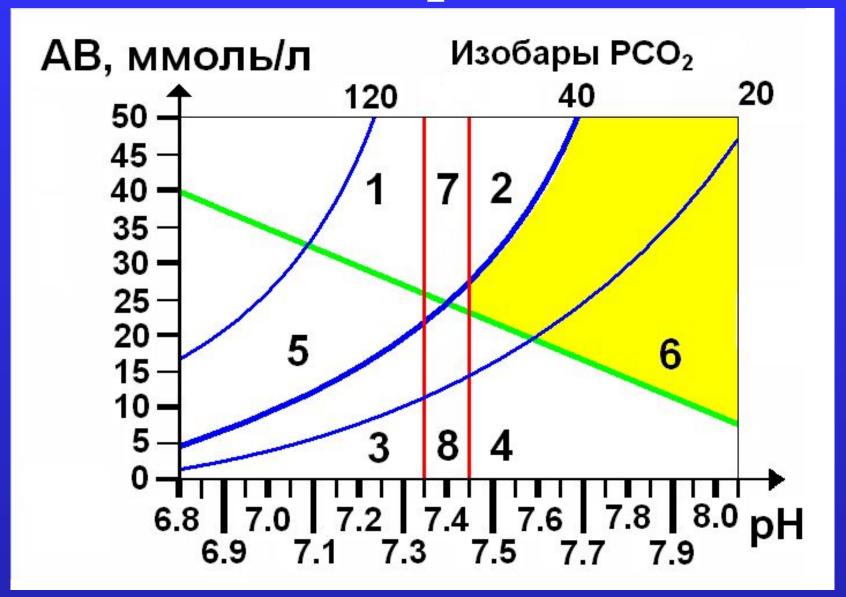
pH \uparrow , PaCO₂ \downarrow , AB \downarrow - ?



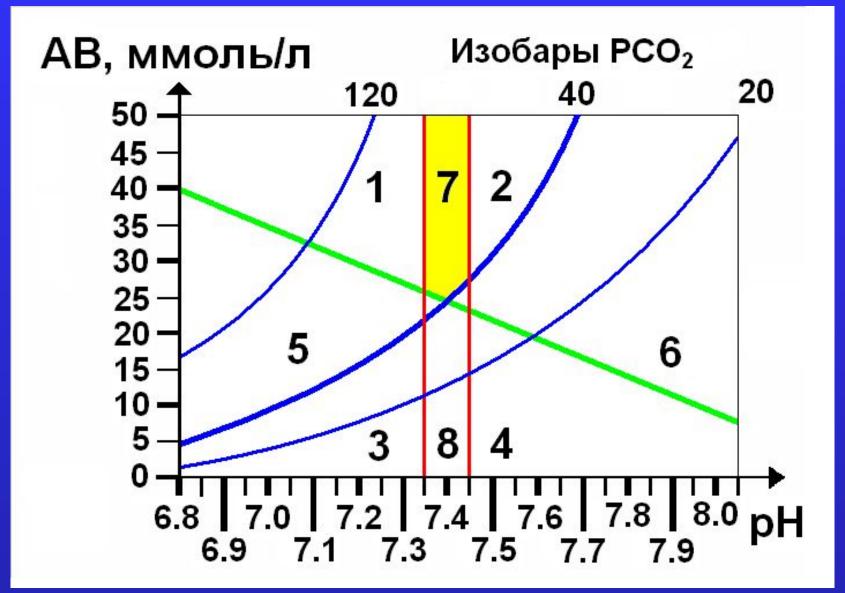
$pH\downarrow$, $PaCO_2\uparrow$, $AB\downarrow$ -?



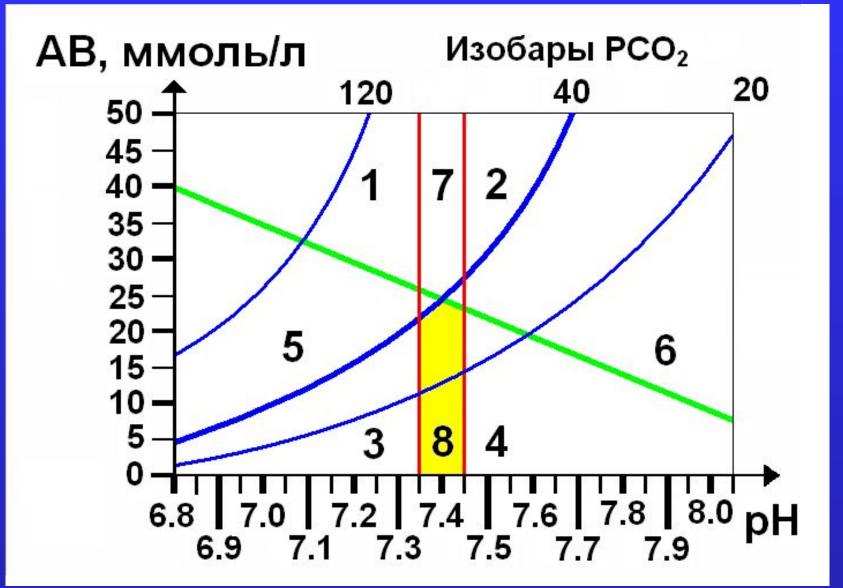
pH \uparrow , PaCO₂ \downarrow , AB \uparrow - ?



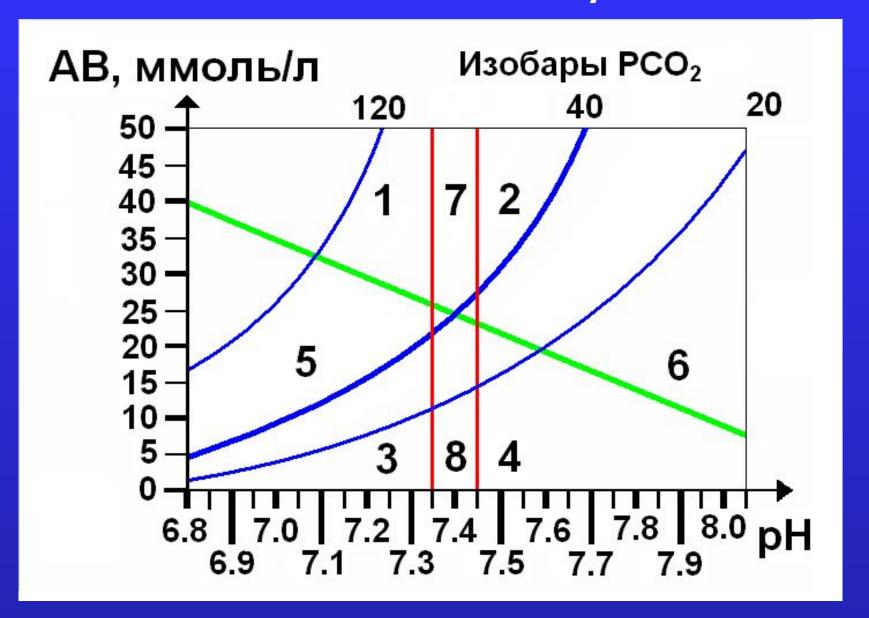
pH - N, PaCO₂ \uparrow , AB \uparrow - ?



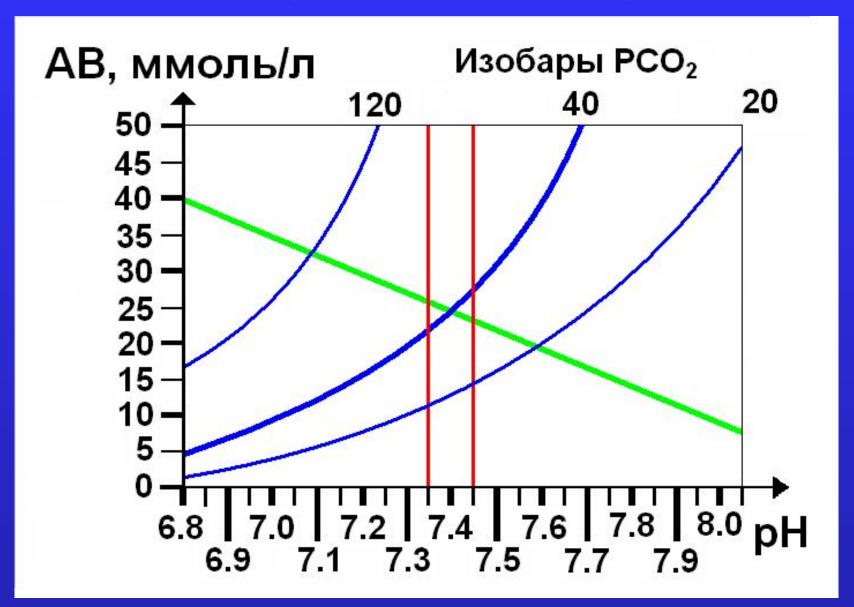
pH - N, PaCO₂ \downarrow , AB \downarrow - ?



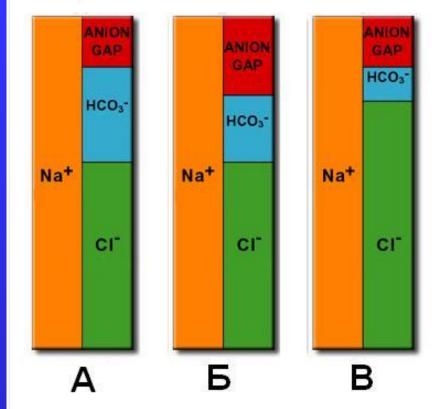
Все возможные случаи...



Номограмма Davenport



Анионный разрыв или Анионный интервал (Anion Gap, AG)



- Сумма анионов «вне анализа»
- Обычно: Na⁺ (Cl⁻ + HCO₃⁻)
- Норма: 7—14 ммоль/л
- С учетом калия: (Na⁺ + K⁺) − (Cl⁻ + HCO₃⁻)
- Норма: 10—18 ммоль/л

A: HOPMA

Б: МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ АЦИДОЗ с ростом AG В: МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ АЦИДОЗ без роста AG

Метаболический ацидоз БЕЗ увеличения анионного разрыва: BE < -2,3 ммоль/л, AG < 14 ммоль/л

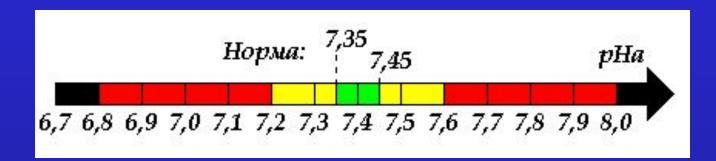
- Потери НСО₃ через ЖКТ (диарея, свищи, ОКН, уретероэнтеростомия, ионообменные смолы)
- Почечные потери HCO₃ (тубулярный ацидоз, ингибиторы КА, избыток Cl⁻)
- Нарушения функций почек (пиелонефрит, низкая активность ренина плазмы)
- Дефицит альдостерона (гипоальдостеронизм, верошпирон)
- Редкие причины (гипералиментация, быстрая гипергидратация и др.)

Метаболический ацидоз С увеличением анионного разрыва: BE < -2,3 ммоль/л, AG > 14 ммоль/л

- Повышенная продукция кислот (кетоацидозы, лактатацидоз, азотемия, ферментопатии)
- Отравления кислотами (муравьиная, щавелевая, этиленгликоль, метанол, салицилаты и др.)
- Нарушения выведения кислот (ОПН и ХПН)

Лечение метаболического ацидоза

- Поиск и устранение причины (Гипоксия? Кетоз? ПН?...)
- Только при рН < 7,2 ощелачивающие растворы: $NaHCO_3$ или THAM



Гидрокарбонат натрия («сода»)

- Растворы NaHCO₃ бывают 3% и 4%
- Каждый 1% дает 0,12 ммоль/мл
- Расчет: число ммоль $NaHCO_3 = BE \times 0.2 \times MT$
- Дает перегрузку натрием (гиперосмолярность!) и СО2
- За рубежом доступен КНСО₃
- Никогда не лить *«просто так»*, кроме случаев СЛР!

Трисамин (трометамин, трис-буфер, трисгидроксиаминометан, ТНАМ)

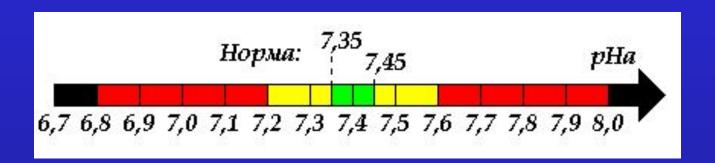
- Корригирует внутриклеточный ацидоз!
- pH раствора 10,2—10,7
- Изотоничный плазме 3,66% раствор = 0,3 ммоль/мл
- Расчет: число мл 3,66% THAM = BE × MT
- Интервал между инфузиями не менее 48—72 ч!
- Не перегружает натрием и CO₂!
- Оптимален при глубокой гиперкапнии

Метаболический алкалоз: ВЕ > 2,3 ммоль/л

- Избыточное поступление оснований (антациды)
- Потери кислот из ЖКТ (рвота, дренаж)
- Нарушение ацидогенеза (салуретики, тиазиды)
- Почечный тубулярный алкалоз (дефицит К⁺ или Сl⁻, избыток Na⁺, альдостеронизм, синдром Кушинга, глюкокортикоиды)
- Быстрая дегидратация
- Быстрая коррекция хронической гиперкапнии
- Массивная трансфузия цитратной крови
- Непаратиреоидная гиперкальциемия

Лечение метаболического алкалоза

- Поиск и устранение причины (Потери? Ятрогения?...)
- Компенсация дефицита К+
- Только при pH > 7,6 растворы, подкисляющие среду: HCl?...



Респираторный алкалоз: PaCO₂ < 36 mm Hg

• Гипервентиляция альвеол

Респираторный ацидоз: $PaCO_2 > 42 \text{ mm Hg}$

- Гиповентиляция альвеол абсолютная или относительная
- Нужен ли при этом NaHCO₃ ????

ВОПРОСЫ — ?...