

Относительный вклад %

буферных систем крови в поддержание в ней
протолитического гомеостаза

Буферные системы плазмы крови

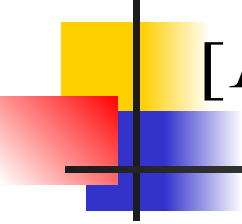
Гидрокарбонатная	35%
Белковая	7%
Гидрофосфатная	1%

ВСЕГО 43%

Буферные системы эритроцитов

Гемоглобиновая	35 %
Гидрокарбонатная	18 %
Гидрофосфатная	4 %

- гемоглибиновый буфер:


$$[H^+] = K \frac{[HНbO_2]}{[HНb]}$$

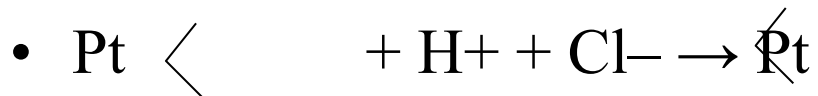
$$[H^+] = K \frac{[КНbO_2]}{[КНb]}$$

$$[H^+] = K \frac{[HНbO_2]}{[КНb]}$$

- где
- HНb — дезоксигемоглобин;
- HНbO₂ — оксигемоглобин;
- КНb — калиевая соль дезоксигемоглобина;
- КНbO₂ — калиевая соль оксигемоглобина

- **Механизм действия гемоглобинового буфера**

- 1. [общий механизм].
- 2. Гемоглобин является белком, он амфотерен



- 3. буферная система, состоящая из оксигемоглобина и калиевой соли гемоглобина, участвует в выделении углекислоты из организма, понижая рН

- По силе $\text{H}^+\text{HbO}_2 > \text{H}_2\text{CO}_3 > \text{H}^+\text{Hb}$.

- === более сильная будет вытеснять более слабую из растворов ее солей:



- В тканях и лёгких протекают следующие процессы:

- 1. В тканях:

- $\text{KHb} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HHb} + \text{KHCO}_3$
- Происходит вытеснение HHb из его соли.

- 2. В лёгких:

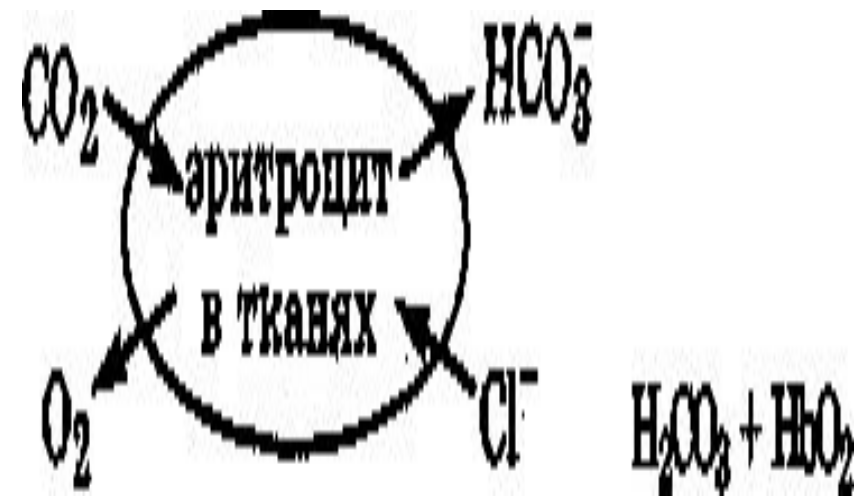
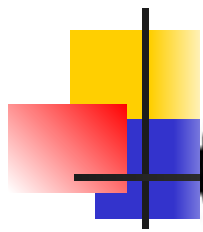
- $\text{HHb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HHbO}_2$ карбоангидраза

- 3. В лёгких:

- $\text{HHbO}_2 + \text{KHCO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{KHbO}_2$
- $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- Происходит вытеснение более слабой угольной кислоты из её соли.

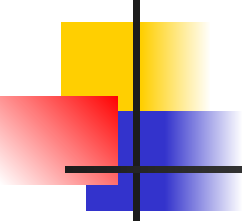
- 4. В тканях:

- $\text{KHbO}_2 \rightarrow \text{KHb} + \text{O}_2$



Перемещение ионов хлора между эритроцитом и плазмой крови носит название «хлоридного сдвига».

Формула бикарбонатного буфера:


$$[H^+] = K \frac{[H_2CO_3]}{[NaHCO_3]}$$

[соотношение H_2CO_3 к $NaHCO_3$ 1:20]

**Механизм действия бикарбонатного буфера –
обычный**

$$pH = pK^1 + \lg \frac{[NaHCO_3]}{[CO_2]}$$

$[CO_2] = 0,03 p_{CO_2}$, где p_{CO_2} - парциальное давление;
0,03 - коэффициент растворимости CO_2 в жидких
средах организма;

$pK^1 = 6,1$ (для крови)

- **1. Главное назначение гидрокарбонатного буфера заключается в нейтрализации кислот.**
- **2. Он является системой быстрого и эффективного реагирования, т.к. углекислый газ - быстро выводится через легкие. Нарушение кислотно-основного равновесия в организме прежде всего компенсируется с помощью гидрокарбонатной буферной системы (за 10—15 мин).**
- **3. При этом изменяется отношение $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$. Затем, за счет изменения объема легочной вентиляции, восстанавливается в течение 10—18 ч отношение $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$, соответствующее норме.**

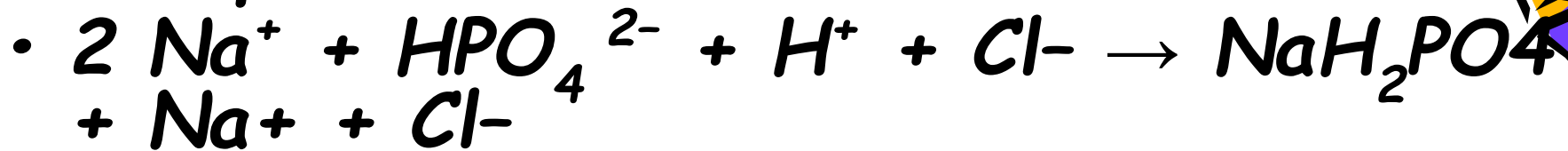
- Фосфатный буфер имеет наибольшее значение не в крови, а в таких биологических жидкостях, как моча и соки пищеварительных желез.

$$[H^+] = K \frac{[NaH_2PO_4]}{[Na_2HPO_4]}$$

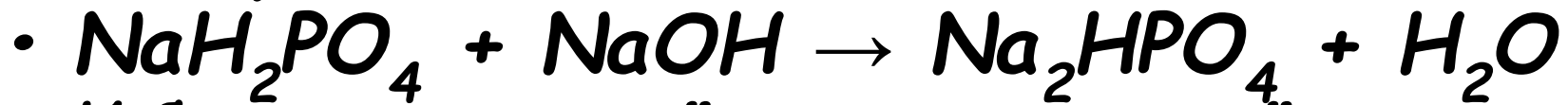
- Особенностью фосфатного буфера является то, что оба его компонента являются сильными электролитами, его формула: [соотношение солей 1:4].

- **Механизм действия фосфатного буфера:**

- **1/ при добавлении кислоты**



- **2/ при добавлении щелочи :**



- **Избыток однозамещённого и двузамещённого фосфата удаляется через почки. полное восстановление отношения в буфере происходит только через 2—3 сут**





- **Белковый буфер** [белков плазмы].
- Роль кислоты в этом буфере выполняет белок [протеин], а роль соли — соль протеина. Формула белкового буфера: .
- Механизм действия:
- 1/ с кислотой образуются слабо диссоциирующая белок-кислота:
- $\text{Pt}-\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{Pt}-\text{COOH} + \text{NaCl}$
- 2/ с щелочами идёт реакция нейтрализации: $\text{Pt}-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Pt}-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- Кроме того, благодаря амфотерности, белковые молекулы могут связывать как кислоты

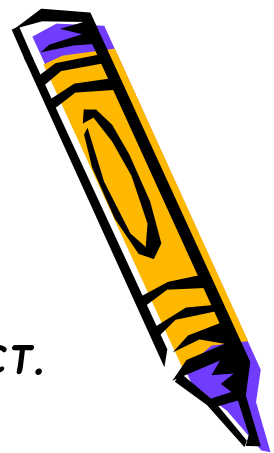


- **Кислотно-основное состояние организма и его нарушения**
- **Ацидоз - это уменьшение кислотной буферной емкости физиологической системы по сравнению нормой.**
- **Алкалоз - это увеличение кислотной буферной емкости физиологической системы по сравнению с нормой**
- **Экзогенный ацидоз** возникает при употреблении пищи с избыточным содержанием кислот (лимонной, бензойной, уксусной), а также лекарственных средств, трансформация которых в организме способствует понижению рН среды.
- **Эндогенный ацидоз или алкалоз** возникает при нарушении протолитического баланса в организме вследствие нарушения соотношений скоростей синтеза и выведения тех или иных кислот или оснований»



- В зависимости от глубины патологических изменений
 - =====компенсированный и некомпенсированный ацидоз (алкалоз).
 - ===При компенсированном ацидозе (алкалозе), несмотря на отклонения от нормы кислотной буферной емкости, рН крови сохраняет значение в пределах $7,35 < \text{pH} < 7,45$. =====Некомпенсированный ацидоз сопровождается уменьшением кислотной буферной емкости и снижением рН крови ($6,8 < \text{pH} < 7,35$), а
 - =====некомпенсированный алкалоз - увеличением кислотной буферной емкости и повышением рН крови ($7,45 < \text{pH} < 7,9$).
 - Снижение рН крови по сравнению с нормой называется ацидезией, а повышение рН крови — алкалемией. =====Изменение значения рН крови на 0,6 единицы в любую сторону приводит к летальному исходу.

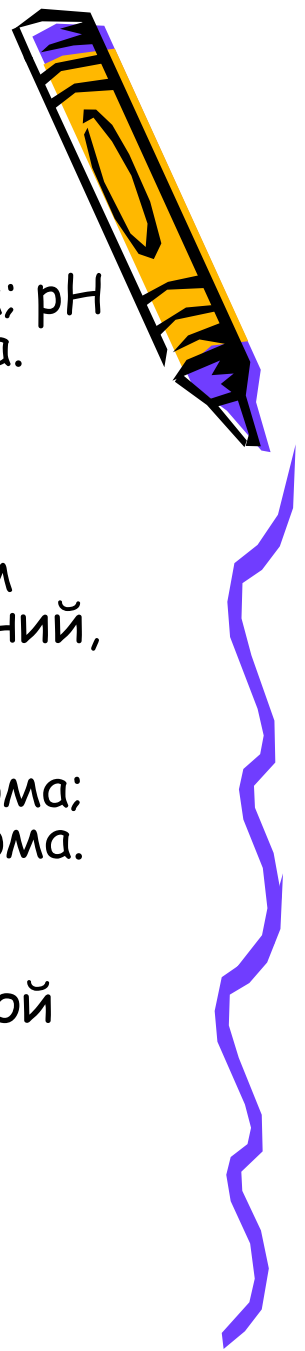




- **Показатели КОС:**

- 1. Величина рН плазмы крови - $7,35 < \text{pH} < 7,45$.
- 2. Парциальное напряжение углекислоты $p(\text{CO}_2)$ - парциальное давление CO_2 $p(\text{CO}_2) = (40 \pm 5)$ мм рт. ст.
- Предельные значения парциального давления CO_2 составляют при алкалозе 10 мм рт. ст., а при ацидозе 130 мм рт. ст.
- 3. Содержание гидрокарбоната в плазме крови в норме с $(\text{HCO}_3^-) = (24,4 \pm 3)$ ммоль/л.
- 4. Содержание буферных оснований в плазме крови (ВВ) (БО)-нормальное значение для плазмы $\text{ВВ} = (42 \pm 3)$ ммоль/л.
- 5. Сдвиг (Избыток или дефицит) буферных оснований в крови ВЕ (СБО) = разнице между БО в крови у исследуемого человека и значением ВВ в норме, равным 42 ммоль/л. В норме **ВЕ равен ± 3** ммоль/л. При патологии : ± 30 ммоль/л.





- **Метаболический ацидоз** характеризуется избытком нелетучей кислоты или дефицитом гидрокарбонат-аниона в межклеточной жидкости.
- Показатели: $V_a < \text{норма}$; [донор протона] $> \text{норма}$; $pH < \text{норма}$; $c(\text{HCO}_3) < \text{норма}$; $BE < \text{норма}$; $p(\text{CO}_2) < \text{норма}$.
- Причины: нарушение кровообращения, кислородное голодание тканей, диарея (понос), нарушение выделительной функции почек, диабет.
- **Метаболический алкалоз** характеризуется удалением молекул кислот или накоплением буферных оснований, включая содержание гидрокарбонат-аниона в межклеточной жидкости.
- Показатели: $V_a > \text{норма}$; [акцептор протона] $> \text{норма}$; $pH > \text{норма}$; $c(\text{HCO}_3) > \text{норма}$; $BE > \text{норма}$; $p(\text{CO}_2) > \text{норма}$.
- Причины: неукротимая рвота, удаление кислых продуктов из желудка, запор (накопление щелочных продуктов в кишечнике), длительный прием щелочной пищи и минеральной воды.



- **Респираторный (газовый) ацидоз** характеризуется пониженной скоростью вентиляции легких по сравнению со скоростью образования метаболического CO_2
- **Показатели:** $V_a < \text{норма}$; [донор протона] $> \text{норма}$; $pH < \text{норма}$; $c(HCO_3) > \text{норма}$; $VE > \text{норма}$; $p(CO_2) > \text{норма}$.
- **Причины:** заболевания органов дыхания, гиповентиляция легких, угнетение дыхательного центра некоторыми препаратами, например барбитуратами .
- **Респираторный (газовый) алкалоз** характеризуется повышенной скоростью вентиляции легких по сравнению со скоростью образования метаболического CO_2 .
- **Показатели:** $V_a > \text{норма}$; [донор протона] $< \text{норма}$; $pH > \text{норма}$; $c(HCO_3) < \text{норма}$; $VE < \text{норма}$; $p(CO_2) < \text{норма}$.
- **Причины:** вдыхание разреженного воздуха, чрезмерное возбуждение дыхательного центра вследствие поражения мозга, гипервентиляция легких, развитие тепловой одышки.



- Коррекция
- При ацидозе
- === в качестве экстренной меры используют внутривенное вливание растворов гидрокарбоната натрия (по 100-200 мл 4,5 % раствора, в острых случаях до 100 мл 8,4 % раствора),
- мл 5% NaHCO_3 = $\frac{-BE \cdot \text{масса_тела_в_кг}}{}$
- === 3,66 % водный раствор трисамин²а $\text{H}_2\text{NC}(\text{CH}_2\text{OH})_3$
- ==== 11 % раствор лактата натрия.



■ Для устранения алкалоза

■ ===== 5 % раствор аскорбиновой кислоты, частично нейтрализованный гидрокарбонатом натрия до рН = 6,0-7,0.

■ ===== вдыхание смеси с повышенным содержанием углекислого газа, приём через рот

■ ===== капельно растворов хлорида аммония,

■ ===== После еды при метаболическом алкалозе можно назначать внутрь 1% раствор HCl [всего 0,5 г].

• Например:

Метаболический ацидоз ↓↓↓

Дыхательный ацидоз ↓↑↑

pH

pCO₂

СБО [BE]

