

ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ

Физико-химические свойства
крови

Функции крови

- Интегративная
- Транспортная
- Гомеостатическая
- защитная

Состав крови

- Кровь = плазма + форменные элементы

56%



вода + раств. в-ва

90% и 10%

46%

эритроциты

лейкоциты

тромбоциты

Плазма крови

- Вода + :
- Неорганические катионы
- Неорганические ионы
- Органические анионы

Показатель	Женщины	Мужчины
HCT (гематокрит)	36–42%	40–48%
RBC (эритроциты)	$3,7–4,7 \times 10^{12}/\text{л}$	$4–5,1 \times 10^{12}/\text{л}$
MCV (средний объем эритроцитов)	81–99 мкм^3	80–94 мкм^3
RFW (анизоцитоз эритроцитов)	11,5–14,5%	11,5–14,5%
Ретикулоциты	0,5–1,2%	0,5–1,2%
WBC (лейкоциты)	$4–9 \times 10^9/\text{л}$	$4–9 \times 10^9/\text{л}$
PLT (тромбоциты)	$180–320 \times 10^9/\text{л}$	$180–320 \times 10^9/\text{л}$
СОЭ	2–15 мм/ч	1–10 мм/ч

Система крови

совокупность :

- периферической крови
- органов кроветворения и
кроворазрушения
- регуляторный аппарат

(Г.Ф.Ланг).

Периферическая кровь

- Фракции периферической крови:
 - циркулирующая (54%)
 - депонированная (46%)
 - печень - 20 %
 - селезенка - 16 %
 - подкожные сосуды - 10 %

Органы кроветворения и кровоэразрушения

Органы кроветворения – это органы, производящие
все компоненты крови.

Органы кроветворения.

центральные

периферические

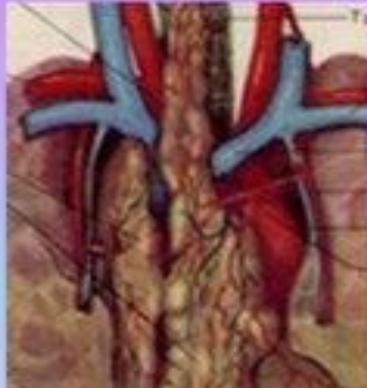
красный костный
мозг

селезенка

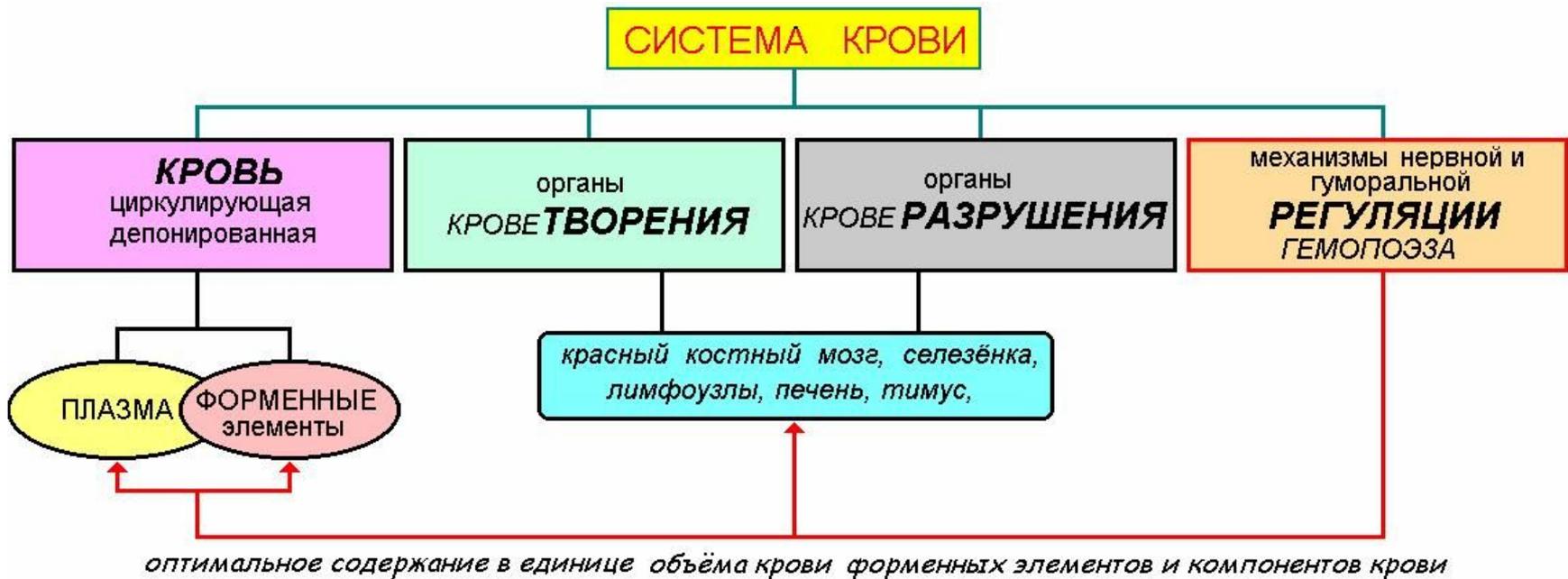
тимус

лимфоидные
образования

лимфатические
узлы



Регуляторный аппарат



Регуляция системы крови

- Гуморальная
 - гормоны
 - эндотелиальные факторы
 - цитокины (интерлейкины, IL, ИЛ)
 - метаболиты арахидоновой кислоты
 - продукты жизнедеятельности и распада клеток
 - иммунные реакции
- Нервная (симпатоадреналовая)
 - мобилизация депо крови (венозная вазоконстрикция - α_1 -адренорецепторы)
 - агрегация тромбоцитов (α_2 -адренорецепторы)

Физико-химические свойства крови

- **Осмотическое давление** – перераспределение H_2O между внутри- и внеклеточной средой
- **Онкотическое давление** – перераспределение H_2O между внеклеточной жидкостью и кровью
- **Вязкость крови** (! – гематокрит)
- **СОЭ**
- **РН крови**

Ионный состав крови определяет осмотическое давление

- сила, с которой растворитель переходит через полупроницаемую мембрану из менее концентрированного в более концентрированный раствор.

Осмотическое давление определяет распределение воды между клетками и окружающей жидкостью.

Осмотическое давление крови = 7,5 атм.

Около 60% осмотического давления создается NaCl.



Онкотическое давление

- это аналог осмотического давления созданный белками.

Оно составляет около 4 % от осмотического давления и равно 0,02-0,04 атм.

Альбумины вносят самый большой вклад в создание онкотического давления (80 %)

Онкотическое давление отвечает за перераспределение жидкости между кровью и тканями.

Вязкость крови

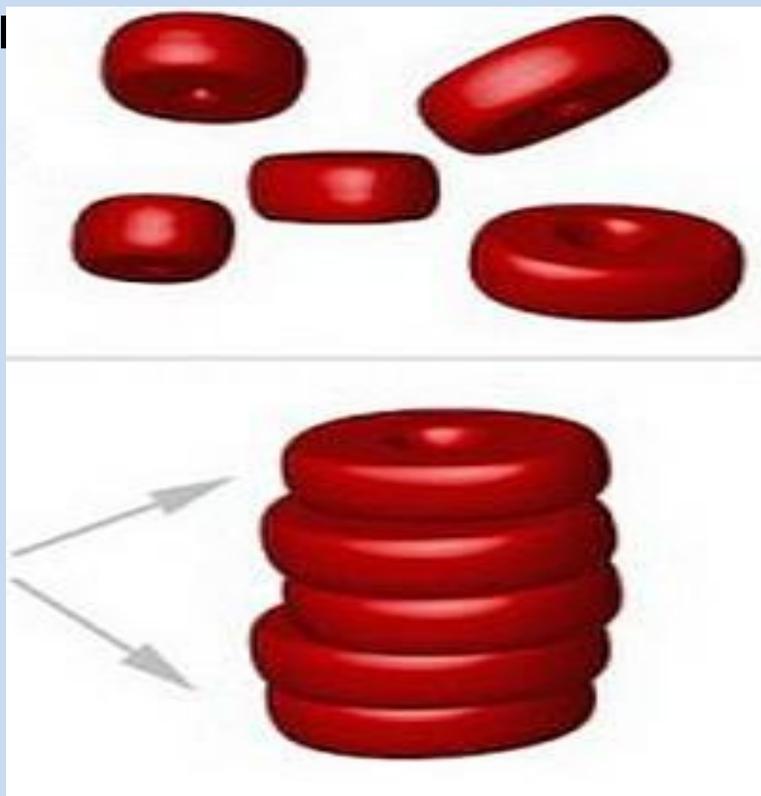
- Гематокрит (Ht) – отношение объема форменных элементов к общему объему крови (40-45%). Факторы, определяющие

Ht:

- количество плазмы (поступление и удаление H_2O – быстрые изменения)
- количество эритроцитов (эритропоэз, кровопотеря, гемолиз – медленные изменения).

СОЭ

1. Сначала эритроциты опускаются отдельными клетками.
2. Формируют "монетные столбики" – агрегаты. На этом этапе скорость оседания эритроцитов повышается.
3. Формируется достаточно много агрегатов. При этом скорость оседания эритроцитов (норма будет указана далее) начинает снижаться. Спустя время процесс



СОЭ

- Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)
 - Нормы:
 - **молодые мужчины – до 10 мм/час**
 - **молодые женщины – до 15 мм/час**
 - Механизм
 - электростатическое взаимодействие между эритроцитами (отрицательно заряженные сиаловые кислоты)
 - СОЭ↑ при взаимодействии эритроцитов с «положительно» (относительно других белков) заряженными белками (фибриноген, γ-глобулины)
 - Факторы, влияющие на ↑СОЭ:
 - системные воспалительные реакции (реакция острой фазы) - ↑ фибриноген
 - глобулины/альбумины
 - пожилой возраст - ↑ (глобулины/альбумины)
 - Норм. СОЭ муж. = возраст / 2
 - Норм. СОЭ жен. = (возраст + 10) / 2
 - беременность - ↑ фибриноген



рН крови

рН артериальной крови - 7,43;

рН венозной крови – 7,35-7,36;

рН крови поддерживается:

1. буферными системами крови
2. выведением CO_2 легкими
3. выведением кислых и основных продуктов почками и кожей

Буферные системы крови:

1. гемоглобиновая
2. карбонатная
3. фосфатная
4. белковая

Гемоглобиновая буферная система

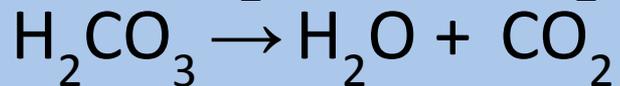
- самая мощная буферная система крови (75% буферной емкости крови).

Она состоит из:

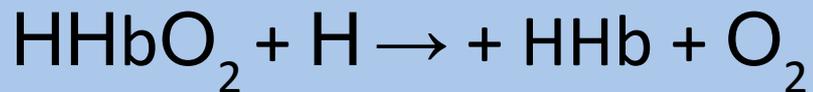
HbH - слабая кислота

HbO₂ – сильная кислота

В малом круге: препятствует защелачиванию



В большом круге: препятствует закислению



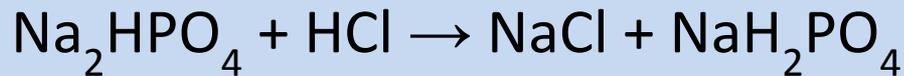
Фосфатная буферная система

СОСТОИТ ИЗ:

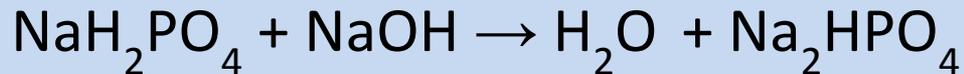
NaH_2PO_4 – слабая кислота,

Na_2HPO_4 – слабая щелочь

При поступлении в кровь сильной кислоты:



При поступлении в кровь оснований:



Избыток NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 выводится почками.

Белковая буферная система

Белки плазмы крови играют роль буфера, так как обладают амфотерными свойствами: в кислой среде ведут себя как основания, а в основной – как кислоты.

БЕЛКИ ПЛАЗМЫ

Белки	Концентрация г/л	Основные функции
Альбумин	35-40	Онкотическое давление, транспорт Ca^{2+} , жирных кислот и других липофильных веществ
α_1 -глобулины	3-6	Транспорт липидов, тироксина, гормонов коры надпочечников. Буферные основания – анионы всех слабых кислот (48 ммоль/л) Ингибитор трипсина и химотрипсина
α_2 -глобулины	4-9	Ингибитор плазмина. Связывание свободного гемоглобина
β -глобулины	6-11	Транспорт липидов, железа. Белки системы комплемента
γ -глобулины	13-17	Циркулирующие антитела
Фибриноген	30	Свертывание крови, агрегация тромбоцитов
Протромбин	1	Свертывание крови

- Буферные основания – анионы всех слабых кислот (48 ммоль/л)
- Избыток оснований (base excess) – **BE (± 2.5 ммоль/л)** – нереспираторные (метаболические) изменения
- Дефицит – закисление крови.
- Избыток – защелачивание.

Сдвиги рН крови

Запомните! Сдвиг реакции крови в кислую сторону ацидоз, в щелочную – алкалоз.

Различают ацидоз и алкалоз:

1. респираторный
2. нереспираторный,
 1. выделительный,
 2. метаболический

Респираторный сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<ul style="list-style-type: none">- при гиперкапнии (увеличение CO_2 в крови),- при нарушении внешнего дыхания,- при высокой концентрации CO_2 во вдыхаемом воздухе.	<ul style="list-style-type: none">- при чрезмерном выведении CO_2 из легких (при хирургическом вмешательстве),- во всех случаях гипервентиляции легких.

Запомните!! Респираторный от нереспираторного ацидоза и алкалоза отличаются по напряжению в крови CO_2 (P_{CO_2}) и уровню буферных оснований. Для респираторных сдвигов характерно изменение P_{CO_2} без предварительного сдвига буферных оснований.

Нереспираторый сдвиг

Ацидоз	Алкалоз
<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none">- при потере организмом значительного количества оснований,- при нарушении выведения нелетучий кислот <p>Если нарушения со стороны почек - почечный ацидоз, если со стороны ЖКТ – гастроэнтеральный ацидоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none">- при нарушении обмена веществ	<p>1. <u>выделительный</u></p> <ul style="list-style-type: none">-при задержке организмом значительного количества оснований (при кишечной непроходимости),- при увеличении выведения нелетучих кислот (при неукротимой рвоте),- при нарушении выведения почками Na <p>Если нарушения со стороны почек - почечный алкалоз, если со стороны ЖКТ – гастроэнтеральный алкалоз</p> <p>2. <u>метаболический</u></p> <ul style="list-style-type: none">- при нарушении обмена веществ

Запомните!! Отклонения (base excess) – **BE**
(± 2.5 ммоль/л) – нереспираторные
(метаболические) изменения

Физико-химические свойства крови

- рН
 - Регуляция рН:
 - I уровень – буферные системы
 - II уровень – компенсация
 - дыхание
 - почки

КОМПЕНСАЦИЯ

Запомните!!! Нереспираторные нарушения компенсируются через изменение функционирования респираторной системы:

- при ацидозе – гипервентиляция → уменьшение PCO_2 → нормализация pH
- при алкалозе – гиповентиляция → увеличение PCO_2 → нормализация pH

Запомните!!! Респираторные сдвиги компенсируются через почечные механизмы, изменяющие экскрецию H^+ или HCO_3^-

- при ацидозе – задержка оснований → нормализация pH
- при алкалозе – выведение оснований → нормализация pH

Выводы:

- рН
 - Виды нарушений КЩС: респираторные и нереспираторные (метаболические)
 - Показатели КЩС артериальной крови:
 - рН (7.35-7.45)
 - P_{CO_2} (35-45 mm Hg) – респираторные изменения
 - Буферные основания – анионы всех слабых кислот (48 ммоль/л)
 - Избыток оснований (base excess) – **BE (± 2.5 ммоль/л)** – нереспираторные (метаболические) изменения

Примеры анализа КЩС

pH (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	Респираторный ацидоз

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P _{CO2} (35-45 mm Hg)	BE (±2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	Респираторный ацидоз
7,25	50	+5	

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	Респираторный ацидоз
7,25	50	+5	Частично компенсированный респираторный ацидоз

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	Респираторный ацидоз
7,25	50	+5	Частично компенсированный респираторный ацидоз
7,50	50	+10	

Примеры анализа КЩС

рН (7.35-7.45)	P_{CO_2} (35-45 mm Hg)	BE (± 2.5 ммоль/л)	Результат
7,25	40	-5	Метаболический ацидоз
7,25	50	0	Респираторный ацидоз
7,25	50	+5	Частично компенсированный респираторный ацидоз
7,50	50	+10	Частично компенсированный метаболический алкалоз