

Гомельский государственный медицинский
университет

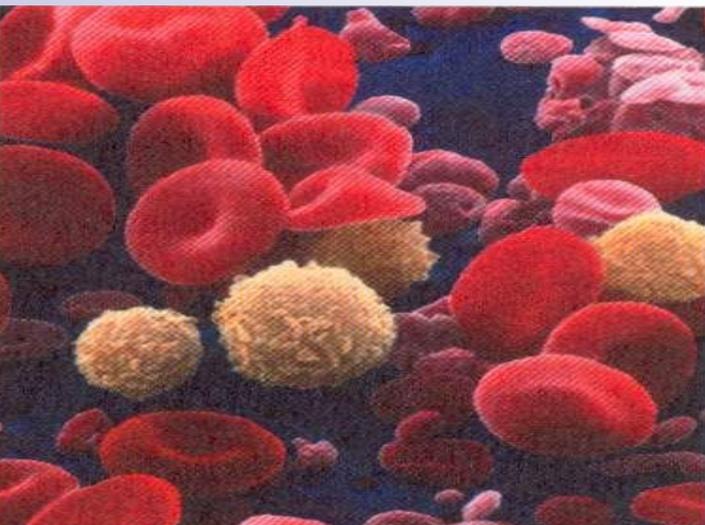
Кафедра нормальной физиологии

Физиология крови

ЛЕКЦИЯ 1

для студентов 2 курса

Старший преподаватель, к.б.н. Мельник С.Н.

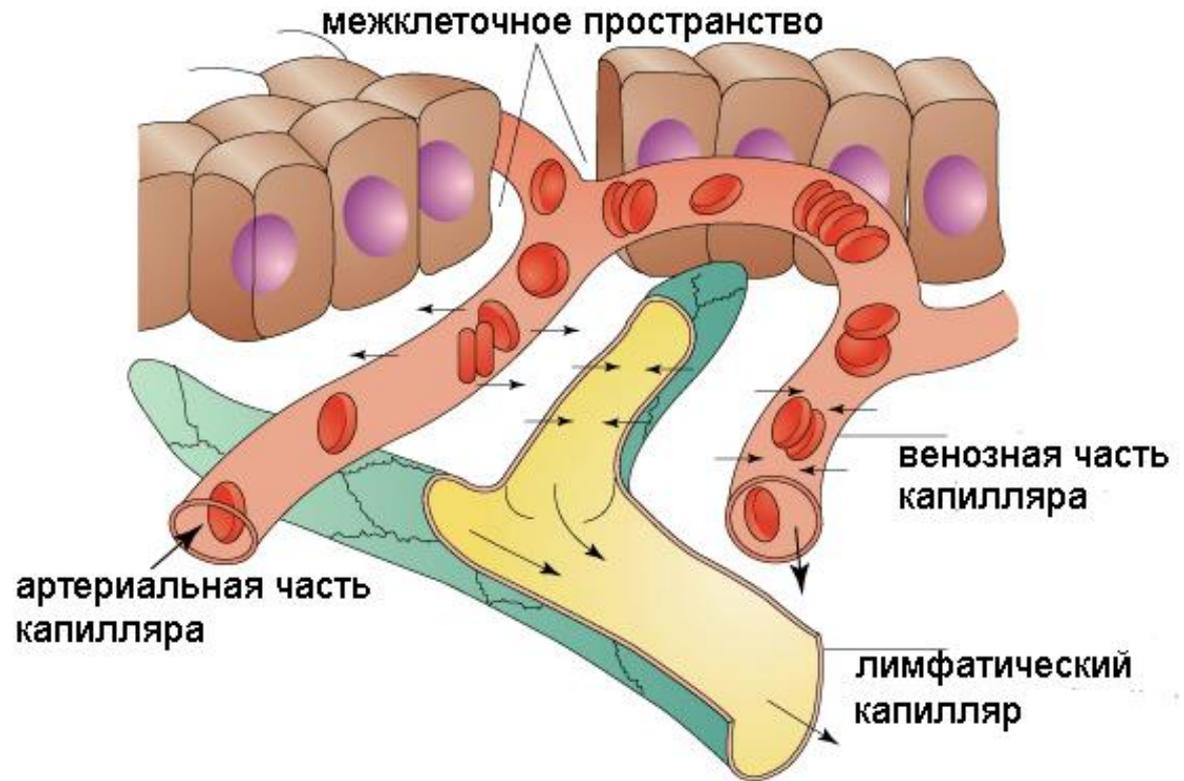


План:

- 1. Понятие о внутренней среде организма. Система крови. Основные функции крови. Состав и количество крови.**
- 2. Плазма крови, ее состав и свойства.**
- 3. Физико-химические свойства крови. Буферные системы.**
- 4. Эритроциты, их структура, свойства и функции. Гемоглобин, его структура, свойства, разновидности, соединения и функции.**
- 5. Гемолиз и его виды. ОРЭ.**
- 6. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ).**

Внутренняя среда организма

- Кровь
- Тканевая жидкость
- Лимфа



Жидкие среды подразделяются на:

- Внутриклеточные -33% от всей жидкости организма

- Внеклеточные (27%):

 - Внутрисосудистые (5-7%):* кровь и лимфа

 - Внесосудистые:* **интерстициальная (14-21%)** (межтканевая) жидкость и **трансклеточные (1-3%)** жидкости (суставная, плевральная, слюна, пот, внутрибрюшинная, ликвор, внутриглазная)

Система крови

Георгий Фёдорович Ланг
(28.07.1875 – 24.07.1948) –
советский врач-терапевт,
академик АМН СССР (1945),
ректор 1-го Ленинградского
медицинского института,
основатель и главный
редактор журнала
«Терапевтический архив» .
Автор более ста научных
трудов и публикаций.



СИСТЕМА КРОВИ

Система крови по предложению Г.Ф. Ланга (1939), включает:

1. Кровь (в сосудах).
2. Органы кроветворения - красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка, тимус.
3. Органы кроверазрушения (печень, костный мозг, селезенка).
4. Регулирующий нейрогуморальный аппарат.

Основные функции крови

1. Транспортная (перенос различных веществ):

- **Дыхательная** (перенос кислорода от органов дыхания к тканям и CO_2 в обратном направлении).
- **Трофическая или питательная** (перенос питательных веществ от пищеварительного тракта к клеткам организма).
- **Экскреторная** (перенос к органам выделения ненужных или вредных для организма веществ: конечных продуктов обмена веществ, избытка минеральных и органических веществ, образующихся в процессе обмена, или поступивших с пищей).

Основные функции крови

2. Защитная:

- содержит факторы гуморального и клеточного иммунитета,
- участвует в регуляции агрегатного состояния крови (факторы свертывания крови и фибринолиза).

Основные функции крови

3. Гомеостатическая (участвует в поддержании постоянства внутренней среды организма):

Терморегулирующая (кровь нагревается во внутренних органах, где образуется много тепла и охлаждает эти органы, а охлаждается в поверхностных слоях организма, согревая их).

Поддержание постоянства **кислотно-основного состояния** (за счет буферных систем).

Обеспечение **водно-солевого** обмена между кровью и тканями.

Коррелятивная (регуляторная) перенос физиологически активных веществ, которые обеспечивают взаимосвязь между различными органами и тканями, в результате чего организм функционирует как единое целое.

Гематокрит - это часть объема крови, приходящаяся на долю клеток.

- В норме он равен: у мужчин 0,42 - 0,52, у женщин 0,37 - 0,47. У новорожденных гематокрит на 10 % выше.

Количество крови

4,5 – 6 л

(6-8% от массы тела)



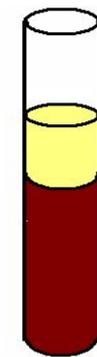
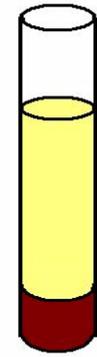
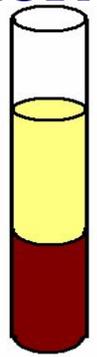


**ПРОСТАЯ
Ht НОРМА**

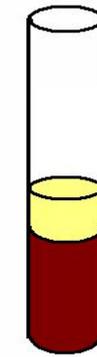
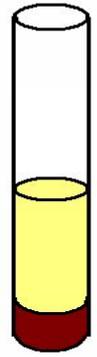
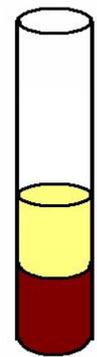
**ОЛИГО-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УМЕНЬШЕН**

**ПОЛИ-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УВЕЛИЧЕН**

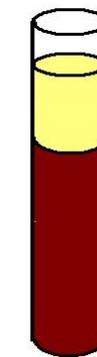
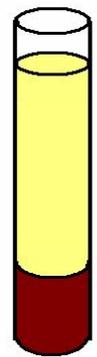
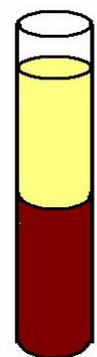
Нормоволемия



Гиповолемия



Гиперволемия

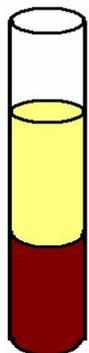
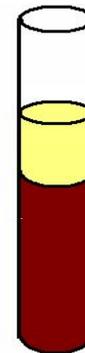


Нормоволемия

ПОЛИ- ЦИТЕМИЧЕСКАЯ Ht УВЕЛИЧЕН

ПРОСТАЯ Ht НОРМА

ОЛИГО- ЦИТЕМИЧЕСКАЯ Ht УМЕНЬШЕН



Полицитемическая нормоволемия —

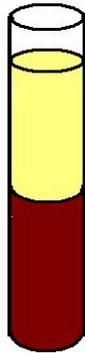
характеризуется увеличением числа форменных элементов на фоне нормального ОЦК. Данное нарушение может развиваться при **переливании эритроцитарной массы**, в результате **активации эритропоэза** (у жителей высокогорья).

Олигоцитемическая нормоволемия — характеризуется уменьшением количества форменных элементов на фоне нормального объема циркулирующей крови (ОЦК). Наиболее часто является следствием **разрушения эритроцитов, угнетения эритропоэза**, а также отмечается **при компенсации острой кровопотери**.

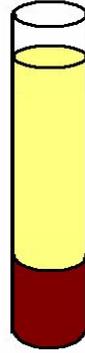
Простая нормоволемия — нормальное соотношение между объемом форменных элементов и плазмы. Гематокрит в норме.

Гиперволемия

ПРОСТАЯ Ht НОРМА



ОЛИГО- ЦИТЕМИЧЕСКАЯ Ht УМЕНЬШЕН



ПОЛИ- ЦИТЕМИЧЕСКАЯ Ht УВЕЛИЧЕН



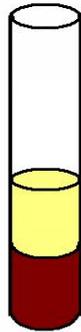
- простая** — встречается редко и является следствием пропорционального увеличения объема форменных элементов и жидкой части крови. Наблюдается **при физических нагрузках**, а также может развиваться при острых гипоксических состояниях вследствие **выброса крови из депо**.

- олигоцитемическая** — увеличение объема крови за счет повышения жидкой ее части. Физиологическим состоянием, при котором развивается олигоцитемическая гиперволемия, является беременность. Как патологическое состояние является результатом либо избыточного поступления жидкости в организм (**патологическая жажда, гиперинфузия плазмы или плазмозаменителей**), либо снижения выведения жидкости из организма (**в результате нарушения экскреторной функции почек и др.**).

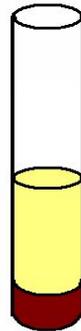
- полицитемическая** — увеличение объема крови за счет повышения количества форменных элементов. Наблюдается при **усилении кроветворения** (повышается количество эритроцитов), у **жителей высокогорья** (компенсаторный характер).

Гиповолемия

ПРОСТАЯ
Ht НОРМА



ОЛИГО-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УМЕНЬШЕН



ПОЛИ-
ЦИТЕМИЧЕСКАЯ
Ht УВЕЛИЧЕН



- **простая** — пропорциональное уменьшение объемов форменных элементов и плазмы. Данный тип расстройств наблюдается в **первые часы после острой кровопотери.**

олигоцитемическая — уменьшение объема крови за счет снижения количества форменных элементов. Развивается после **острой кровопотери во вторую стадию компенсации**, при **массивном гемолизе эритроцитов**, при **угнетении эритропоэза.**

полицитемическая — уменьшение объема крови за счет уменьшения объема жидкой части крови. Такой вид гиповолемии наблюдается при дегидратации различного генеза: **потере жидкой части крови через обширные ожоговые поверхности**, при массивной **диарее, рвоте, полиурии** и т.д.

Депо крови:

- **Печень.** Депонируется сравнительно большое количество крови (до 20 % от общего ее объема).
- **Селезенка.** В селезенке может депонироваться (выключаться из кровотока) до 500 мл (10–16 %) крови.
- **Кожа.** Кровь депонируется в капиллярах и венах (около 10 %). Депонирование крови в коже связано с терморегуляцией.
- **Легкие.** Депонирование крови за счет изменения объема емкости артерий и вен.
- **Венозная система** (рассматривается как депо жидкой части крови, так как в венозную систему поступает значительное количество лимфы).

Кровь – уникальный паровоз



Кровь «работает», находясь в движении и в жидком состоянии

Плазма - жидкая часть крови (ее объем равен 2,8–3,0 л), представляет собой надосадочную жидкость, полученную после центрифугирования цельной крови с добавленными к ней **антикоагулянтами**.

Сыворотка - надосадочная жидкость, образующаяся после центрифугирования свернувшейся крови. В отличие от плазмы в сыворотке нет фибриногена и ряда других плазменных факторов свёртывания крови.

Белки (альбумины, глобулины, фибриноген)- 65 – 85 г/л

Альбумины (35-55г/л)

- в значительной степени (до 80%) определяют **онкотическое (коллоидно-осмотическое) давление** за счет их высокой концентрации и относительно небольшого размера молекул.
- участвуют **в регуляции водно-солевого** баланса.
- осуществляют **транспорт многих веществ** (билирубин, жирные кислоты, экзогенные вещества, в том числе и лекарственные — антибиотики, сульфаниламиды и др.);
- связывают гормоны** (например, тироксин).
- являются **белковым резервом**.

Глобулины (20-35 г/л)

образуют комплексные соединения с углеводами, липидами, полисахаридами, связывают гормоны, микроэлементы, являются компонентами иммунной системы (иммуноглобулины) и системы свертывания крови.

Глобулины (20-35 г/л)

α_1 - , α_2 -, β и γ -фракции.

α – глобулин

- тироксинсвязывающий белок;
- транскобаламин (B_{12});
- кортизолсвязывающий белок (транскортин).

β – глобулин

- переносчик липидов, липоидов и полисахаридов
- транспорт Cu, Fe (трансферрин).

γ - глобулины - (IgA, IgD, IgE, IgG, IgM) иммунные функции. К данной фракции глобулинов относятся агглютинины крови.

Фибриноген (2-4г/л) - участие в свертывании крови.

Роль белков плазмы:

- Создают онкотическое давление ($1/200$ осмотического давления плазмы)
- Поддерживают рН (буферные свойства).
- Поддерживают вязкость крови (важно для артериального давления).
- Участвуют в свертывании крови (фибриноген и др.).
- Являются факторами иммунитета (иммуноглобулины, белки комплемента).
- Выполняют транспортную функцию (перенос гормонов, микроэлементов).

Роль белков плазмы:

- Выполняют питательную функцию (пластическую).
- Препятствуют (альбумины) или способствуют (глобулины) оседанию эритроцитов.
- Являются ингибиторами по отношению к некоторым протеазам (антитрипсин - ингибитор трипсина).
- Регулируют функции, обмен веществ (белковые гормоны, ферменты).
- Обеспечивают перераспределение воды между тканями и кровью

Глюкоза Содержание (взрослые):

Цельная кровь – 3,30 - 5,55 ммоль/л

Сыворотка, плазма – 3,30- 6,10 ммоль/л

Мочевина – 2,5-8,3 ммоль/л

Общий билирубин – 3,4-20,5 мкмоль/л

Холестерол – 3,0 - 6,2 ммоль/л

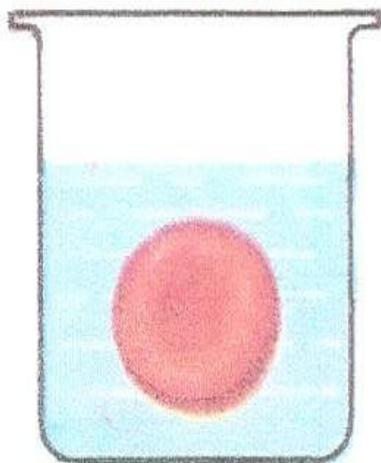
Триглицериды – 0,55 - 1,65 ммоль/л

Минеральные

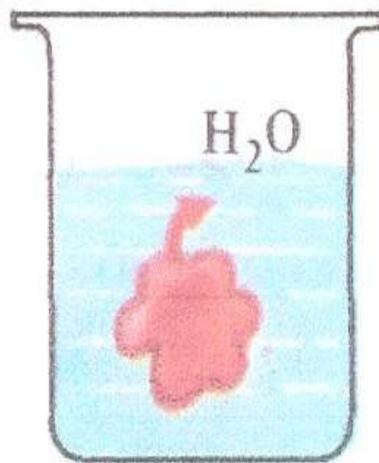
(неорганические) вещества – 0,9%

Физико-химические свойства крови

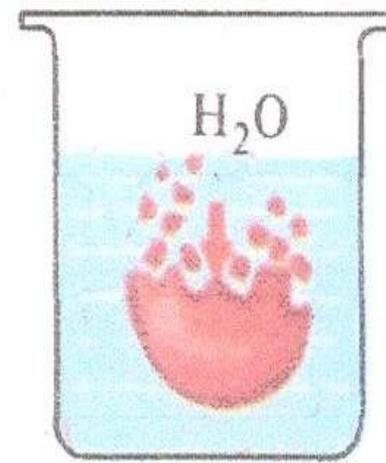
Осмотическое давление - 7,6 - 8,1 атм



Изотонический
раствор NaCl (0.9%)



Гипертонический
раствор NaCl (>0.9%)



Гипотонический
раствор NaCl (<0.9%)

Физико-химические свойства крови

Онкотическое давление - 0,03-0,04 атм

Вязкость крови:

- **цельной - 5**
- **плазмы - 1,7 - 2,2**

Относительная плотность (удельный вес):

- **Крови - 1,050 - 1,060**
- **плазмы - 1,025 - 1,034**
- **рН артериальной крови - 7,40;**
- **рН венозной крови - 7,35**
- **рН внутри клеток - 7,0 - 7,2**
- **Крайние пределы рН совместимые с жизнью - 7,0 – 7,8**

Буферные системы крови:

1. **Карбонатная** ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$) и ($\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{KHCO}_3$) (53% буферной ёмкости крови и более 90% — плазмы и интерстициальной жидкости)
2. **Гемоглобиновая** (35% буферной емкости крови), состоит из кислого компонента - оксигенированного Hb (HbO_2) и основного - восстановленного неоксигенированного (Hb).
3. **Фосфатная** ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$)
4. **Белковая** Обусловлена амфотерными свойствами белков плазмы.

ЗАПОМНИТЕ !

- В процессе обмена веществ **КИСЛЫХ продуктов** образуется больше, чем **ОСНОВНЫХ**, поэтому существует опасность сдвига рН в кислую сторону. Поэтому буферные системы крови и тканей обеспечивают **БОЛЬШУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ** к действию **КИСЛОТ**.

■ **Функциональные системы поддержания рН:**

- **1. Дыхательная система**
- **2. Почки**
- **3. Важную роль в поддержании рН крови играет желудочно-кишечный тракт**
- **4. Кроме того, в организме функционирует система метаболической нейтрализации (печень, почки).**

■ Сдвиг активной реакции крови в кислую сторону называется *ацидоз*, сдвиг активной реакции крови в щелочную сторону называется *алкалоз*.

По степени выраженности различают компенсированный и некомпенсированный ацидоз и алкалоз

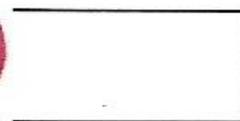
По происхождению различают:

- газовый ацидоз и газовый алкалоз;
- негазовый ацидоз и негазовый алкалоз.

Эритроцит



Side view



2.6 μm



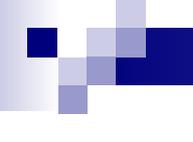
Top view



7.8 μm

Двояковогнутая форма эритроцитов:

- *Увеличивает на 20% общую поверхность* по сравнению с формой шара. Общая поверхность всех эритроцитов достигает **3800 м²**, что в 1500 раз превышает поверхность тела.
- Способствует выполнению их одной из основных функций — переносу O₂ и CO₂, т.к. *диффузионная поверхность увеличивается, а диффузионное расстояние уменьшается.*
- Увеличивает способность к обратимой деформации (*пластичность*) при прохождении через узкие и изогнутые капилляры.



При некоторых патологических состояниях встречаются эритроциты *различной формы* (серповидные, мишеневидные, сфероциты и др.), что получило название **пойкилоцитоз**, а также *различной величины* (микроциты, макроциты, мегалоциты) — **анизоцитоз**.

Функции эритроцитов

Транспортная функция включает:



- перенос O_2 (участие гемоглобина)
- перенос CO_2 (участие гемоглобина, карбоангидразы и ионообменника Cl^- / HCO_3^-);
- транспорт аминокислот, полипептидов, углеводов, жиров, ферментов, гормонов, различных биологически активных соединений (простагландины, лейкотриены и др.), микроэлементов.

Функции эритроцитов

Защитная функция:

- участие в специфическом и неспецифическом иммунитете (адсорбция вредных веществ, перенос на поверхности иммуноглобулинов, компонентов системы комплемента, иммунных комплексов),
- участие в свертывании крови (содержат фосфолипидный фактор), появление в крови разрушенных эритроцитов способствуют гиперкоагуляции и тромбообразованию.

Функции эритроцитов

Регуляторная функция:

- участие в регуляции кислотно-основного состояния (гемоглобиновый буфер);
- участие в регуляции ионного состава плазмы и водного обмена;
- участие в регуляции эритропоэза

Количество эритроцитов в крови:

у мужчин - $4,5 - 5,1 \times 10^{12}$ / л
(Тера/литр);

у женщин - $3,7 - 4,7 \times 10^{12}$ / л
(Тера/литр).

Увеличение количества эритроцитов (*эритроцитоз*). Он бывает **перераспределительным и истинным.**

Эритроцитоз перераспределительный
отмечается при:

- потере жидкости организмом (дегидратации);
- физических нагрузках;
- эмоциональных, стрессовых состояниях;
- понижении барометрического давления (компенсаторная реакция при подъеме на высоту).

Абсолютные (истинные) эритроцитозы

возникают вследствие усиления эритропоэза. Они бывают первичные и вторичные.

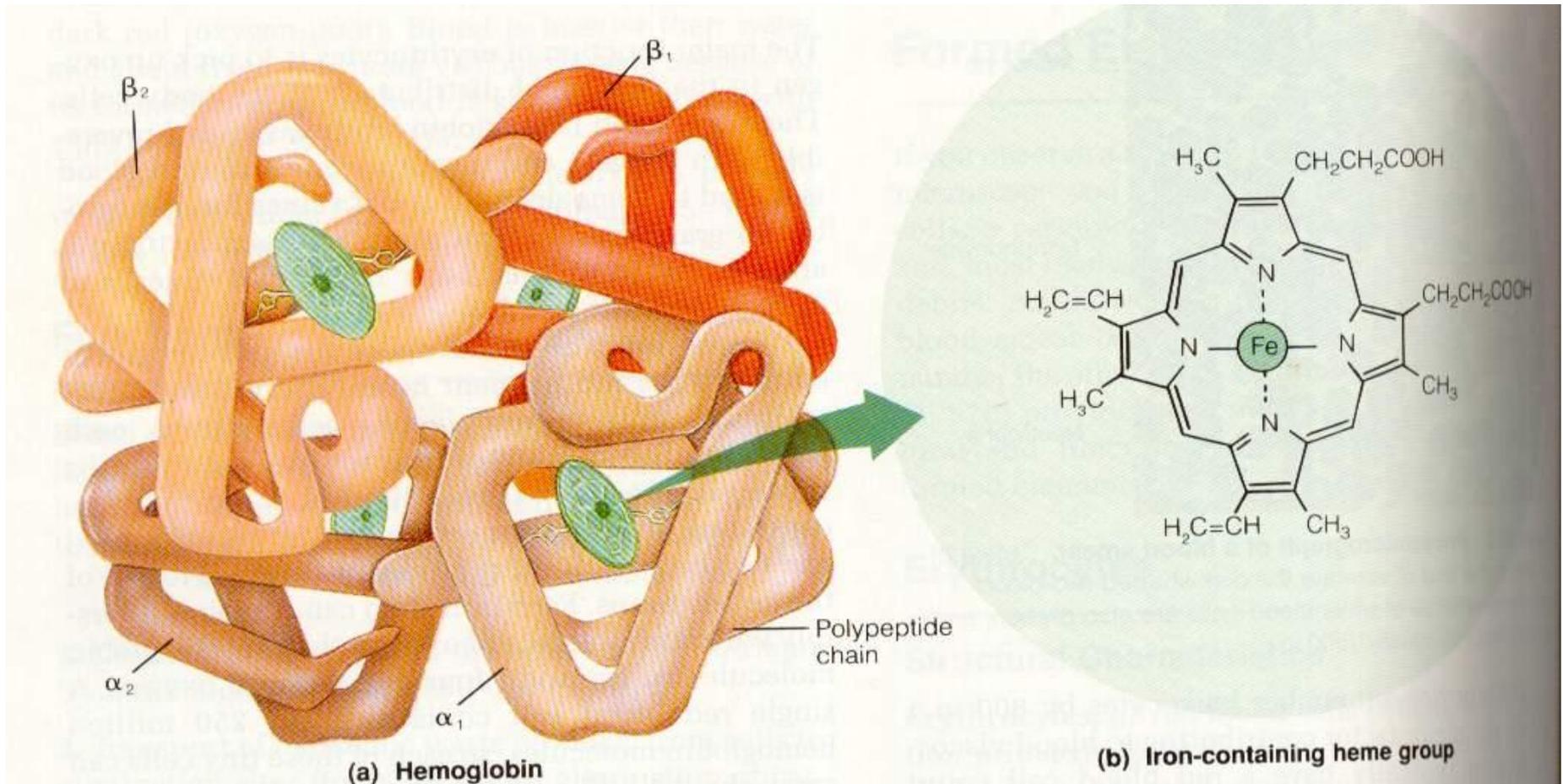
- К **первичным** относят истинную полицитемию (эритремию) - злокачественное перерождение клетки-предшественницы миелопоэза, которое ведет к повышенной продукции эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов.
- **Вторичные** эритроцитозы являются симптомами какого-либо заболевания (вследствие гипоксии при заболеваниях легких, повышенной продукции эритропоэтинов при патологии почек, печени, при избытке глюкокортикоидов).



Уменьшение количества эритроцитов
(**эритропения**) отмечается в результате:

- Кровопотери.
- Снижения эритропоэза.
- Разрушения эритроцитов (гемолиз).
- Эритропения отмечается при анемии (сочетание с низким содержанием Hb).

Строение гемоглобина



Функции гемоглобина:

- Транспорт O_2
- Транспорт CO_2 .
- Участие в регуляции кислотно-основного состояния крови (гемоглобиновая буферная система).

Соединения Hb

1. **Оксигемоглобин** (HbO_2). Гемоглобин, присоединивший 4O_2
2. **Карбогемоглобин** (HbCO_2) - соединение гемоглобина с CO_2 .
3. **Карбоксигемоглобин** (HbCO) - соединение гемоглобина с угарным газом (CO).
4. **Метгемоглобин** (MetHb) Образуется под влиянием сильных окислителей (нитраты, неорганические нитриты, сульфаниламиды, перманганат калия и др.). При этом Fe^{++} превращается в Fe^{+++} . Соединение прочное.

При взаимодействии с соляной кислотой образуется **солянокислый гематин (гемин)**.

Гликозилированный гемоглобин (HbA1C) образуется при соединении к Hb глюкозы

Разновидности Hb

- **HbP** — эмбриональный (примитивный) гемоглобин, синтезируется в раннем эмбриогенезе и содержится в эритроцитах с 4 по 12 неделю внутриутробного развития.
- **HbF** — **фетальный гемоглобин**, появляется на 8-й неделе, составляет основную массу гемоглобина с 12-й до 36-й недели жизни плода.
- **HbA** — **гемоглобин взрослых**. Количество гемоглобина А возрастает после 30-й недели жизни плода. В течение первого года жизни ребенка HbF заменяется на HbA.

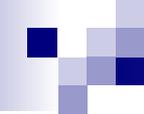
Содержание Hb

- у мужчин - 130 - 160 г/л
- у женщин - 120 - 140 г/л.

Состояние, характеризующееся снижением количества гемоглобина и (или) эритроцитов в единице объема крови, называется *анемией*.

В зависимости от причины развития анемий выделяют:

- *постгеморрагические* (после кровопотери);
- *вследствие нарушения эритропоэза* (в результате дефицита веществ, а также при повреждении стволовых клеток, либо клеток-предшественниц миелопоэза).
- *гемолитические* (при укорочении срока жизни эритроцитов и преобладании процесса разрушения эритроцитов над их продукцией, при таких анемиях имеет место усиленный внутрисосудистый либо внутриклеточный гемолиз).



Классификация анемий по степени тяжести:

- легкой степени (Hb 120–90г/л);
- средней степени (Hb 90–70г/л);
- тяжелой степени (Hb < 70 г/л).

Виды гемолиза

Гемолиз — разрушение оболочки эритроцитов, сопровождающееся выходом Hb в плазму (лаковая кровь).

1. Механический
2. Термический
3. Химический
4. Биологический
5. Осмотический

минимальная ОРЭ - 0,48-0,46 % р-р NaCl

максимальная ОРЭ-0,34-0,32 % р-р NaCl

6. Иммунный гемолиз
7. Физиологический

Причины гемолиза в организме

1. Переливание несовместимой крови.
2. Сепсис, влияние гемолитических микроорганизмов.
3. Попадание в организм гемолитических ядов.
4. Отравление различными органическими и минеральными веществами.
5. Аутоимунные реакции.

СОЭ в норме равна:

- у мужчин 1 - 10 мм/ч;
- у женщин 2 - 15 мм/ч;
- у новорожденных 1 - 2 мм/ч.

Факторы, влияющие на СОЭ

- При травме, инфекциях, многих острых заболеваниях СОЭ повышается
- На СОЭ влияет рН плазмы крови: при ацидозе отмечают снижение, при алкалозе — повышение.
- СОЭ уменьшается при увеличении количества эритроцитов (при эритремии, например, оседание эритроцитов может полностью прекратиться вследствие повышения вязкости крови). При анемиях СОЭ ускоряется.
- Повышенное насыщение эритроцитов гемоглобином ускоряет СОЭ.
- СОЭ повышается при интенсивной физической работе.
- Ускоряется СОЭ во 2-й половине беременности, вследствие увеличения количества фибриногена.

An aerial photograph of a large lake, likely Lake Baikal, with a town and surrounding fields in the foreground. The sky is blue with some clouds. The text is overlaid in the center of the image.

Спасибо за внимание.
До свидания