

**Понятие о системе крови.
Физико-химические свойства крови.
Физиология плазмы и эритроцитов**

Мартусевич Андрей Кимович

План лекции:

- Общая характеристика системы крови.
- Плазма крови.
- Обеспечение оптимальной для метаболизма массы циркулирующей крови.
- Обеспечение оптимального для метаболизма количества форменных элементов крови (эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов).
- Физиология эритроцитов



Структурно-функциональная схема

Система органов кровообращения

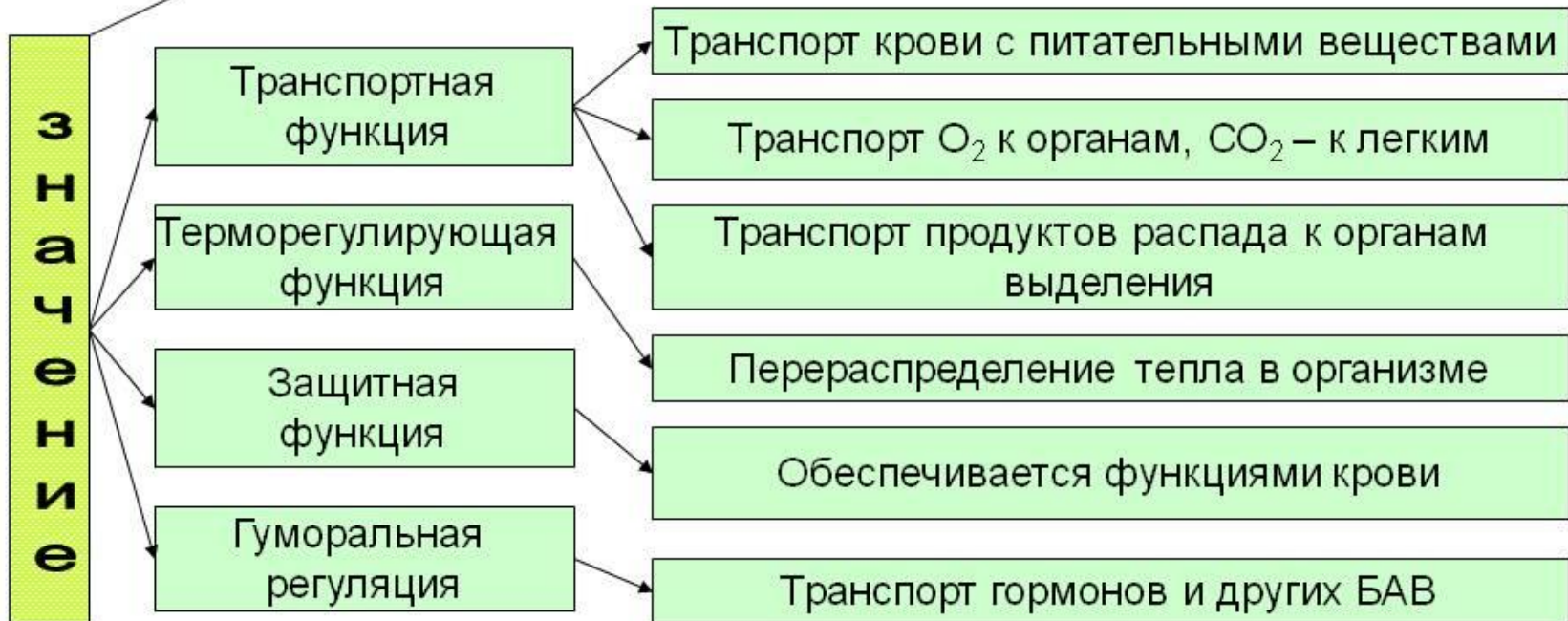
сердце

сосуды

артерии

вены

капилляры



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ КРОВИ

Данная система включает:

- 1. Волюморорецепторы и хеморецепторы**, воспринимающие объем крови, состав и свойства крови, расположенные в правом и левом предсердиях, правом желудочке, устьях легочных вен, венах конечностей, каротидном синусе, в месте отхождения щитовидной артерии от внутренней сонной артерии и др., барорецепторы дуги аорты и синокаротидной области. Аfferентные нервные волокна, через которые передается информация в нервный центр системы, проходят в составе блуждающих нервов, синокаротидного нерва, депрессора, соматических нервов. Интерорецепторы, воспринимающие количество форменных элементов крови, находятся главным образом в костном мозге, сосудах, селезенке, лимфатических узлах, лимфоидной ткани кишечника и миндалин, печени, почках, гипоталамической области. Аfferентные волокна, через которые передается информация в нервный центр, проходят в составе нервов спинномозгового происхождения — соматических периферических нервов и ответвлений внутримышечных нервов, идущих к кости и костному мозгу, в составе вегетативных нервов, иннервирующих органы кроветворения и кроверазрушения, сосуды.
- 2. Нервный центр системы**, важнейшие нейроны его находятся в гипоталамусе, в других отделах центральной нервной системы - таламусе, лимбической системе, подкорковых ядрах, коре больших полушарий, среднем мозге, продолговатом мозге, мозжечке, ретикулярной формации, спинном мозге.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ КРОВИ

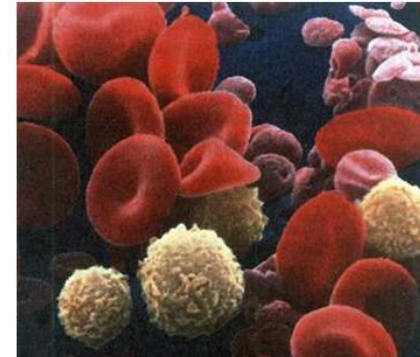
3. **Эфферентные нервные волокна** - парасимпатические волокна блуждающих нервов и симпатические волокна внутренних нервов, иннервирующие пищеварительные железы, всасывательный аппарат желудка и кишечника, органы депо крови (селезенка, печень, подкожное сосудистое сплетение, легкие, мышцы, почки), сердце и сосуды; костные нервы; в качестве эфферентных механизмов вовлекаются и гормоны надпочечников - адреналин, норадреналин, альдостерон, кортизол и кортикостерон, гипофиза - соматотропный и адренокортикотропный гормоны, антидиуретический гормон и щитовидной железы - тироксин и трийодтиронин; семенники - тестостерон, и яичники - эстрадиол, эстриол, эстрон. Специфическими регуляторами процесса кроветворения являются почечные тканевые гормоны - эритропоэтины, лейкопоэтины, тромбоцитопоэтины.
4. **Исполнительные органы** данной системы представлены: органами кроветворения (красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка, лимфоидная ткань кишечника и миндалин, печень, почки, вилочковая железа), сердцем и сосудами, органами депо крови (печень, селезенка, кожа, легкие, почки, мышцы), пищеварительными железами, всасывательным аппаратом желудка и кишечника.

Общие функции системы крови

- 1. Обеспечение оптимальной для обмена веществ массы циркулирующей крови за счёт органов кроветворения, деятельности сердца, кровеносных сосудов, органов депо крови (печень, селезёнка, кожа, лёгкие, почки, мышцы), пищеварительных желёз, всасывательного аппарата желудка и кишечника.**
- 2. Обеспечение оптимального для метаболизма количества форменных элементов крови, которое обеспечивается красным костным мозгом, лимфатическими узлами, селезёнкой, лимфоидной тканью кишечника и миндалин, печенью, почками, вилочковой железой.**

Состав крови

Эритроциты (красные), лейкоциты (белые) и тромбоциты (розовые).



Кровь – соединительная ткань

плазма
(вода, минеральные соли, органические вещества)

транспорт питательных веществ

форменные элементы

эритроциты
(красные клетки)

транспорт кислорода

лейкоциты
(бесцветные)

защита от инфекции

тромбоциты
(пластинки)

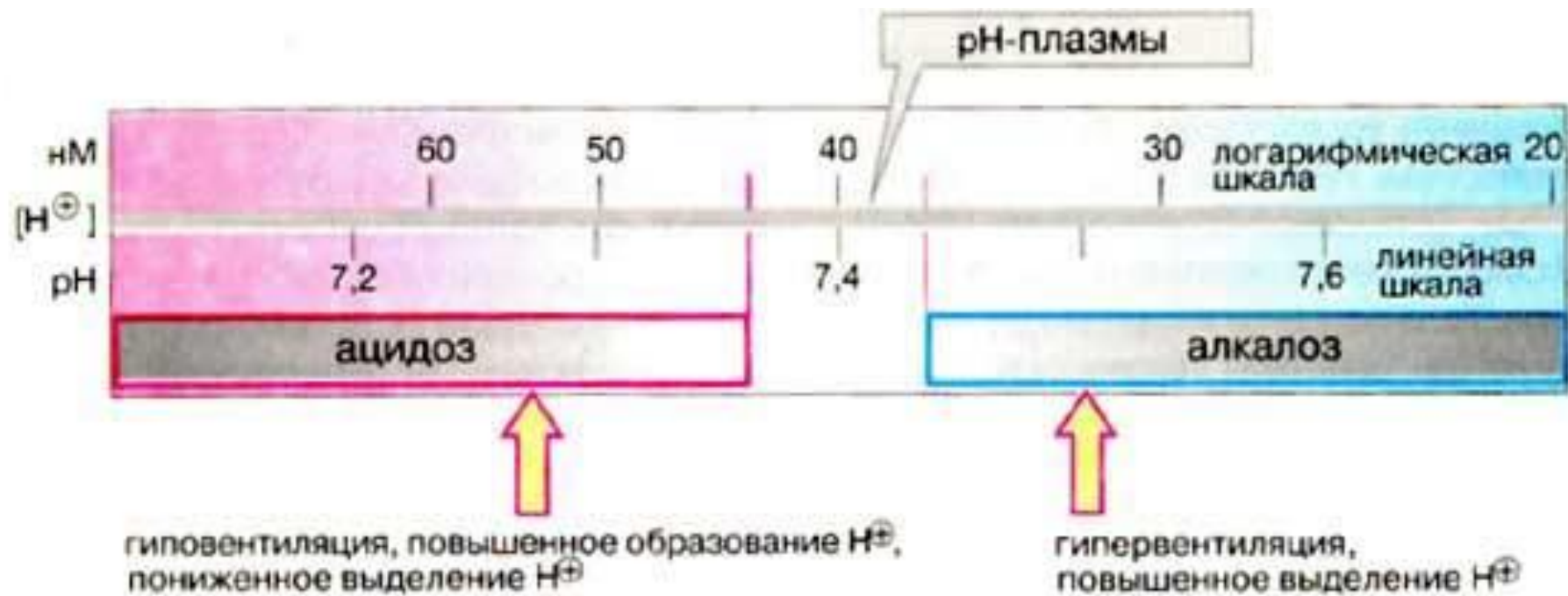
защита от кровопотери

Свойства крови

Кровь характеризуется:

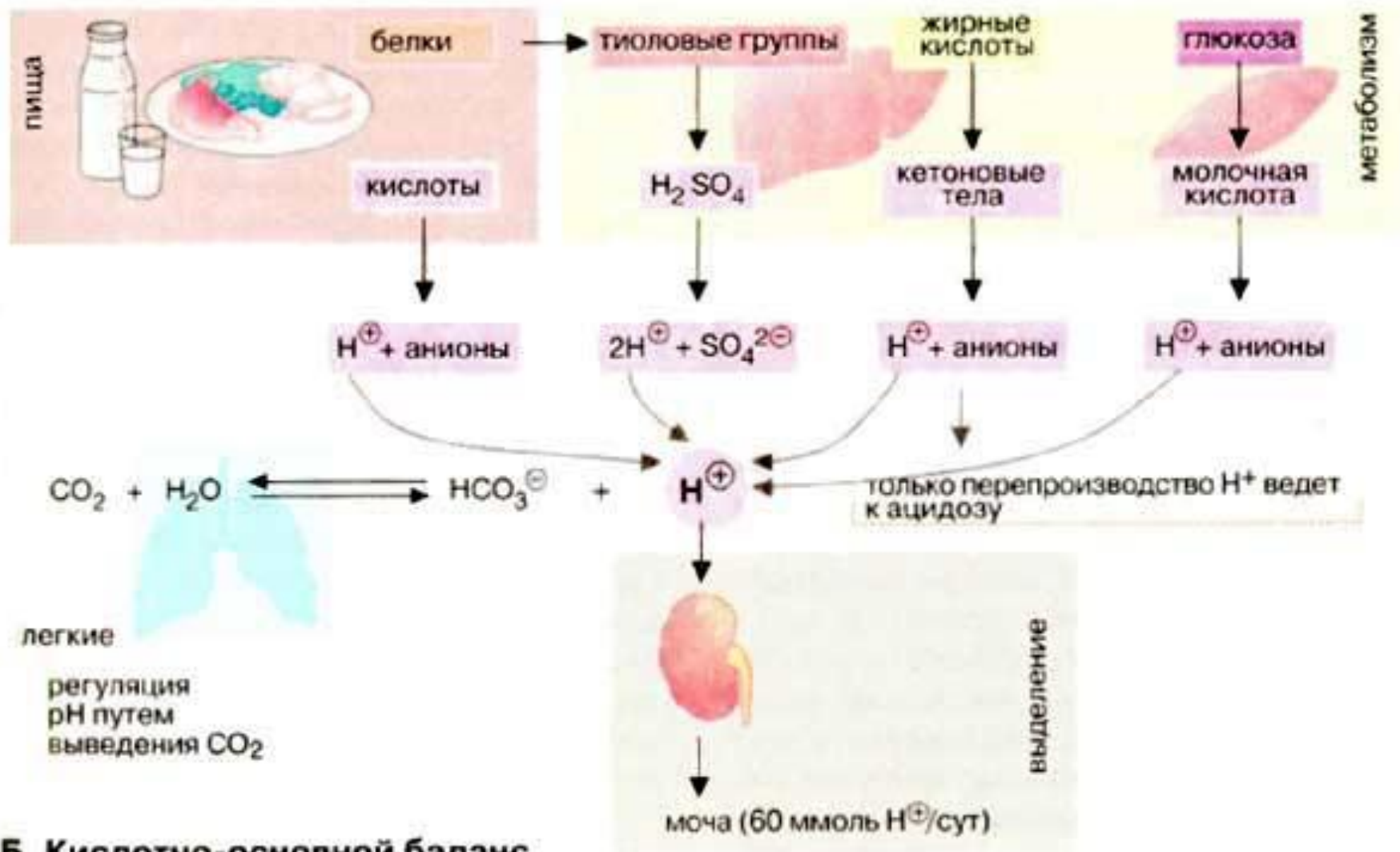
- **вязкостью** - около 5 (плазма - 1,7-2,2),
- **плотностью** - 1,050-1,060 (плазма - 1,025-1,034),
- **осмотическим давлением** - 7,6 атм. (осмотическое давление плазмы крови обеспечивается белками и минеральными веществами, находящимися в ней; наиболее важным является натрий, который в соединении с хлором обеспечивает в основном (на 70%) осмотическое давление крови;
- **pH** - 7,4 (реакция крови может колебаться максимум до pH = 7,8 и минимум до pH= 7,0); реакция плазмы крови обеспечивается буферными системами: карбонатная, фосфатная, гемоглобина и белков плазмы крови.
- Кровь, циркулируя по сосудам, несет питательные вещества и кислород, биологически активные вещества к тканям, продукты обмена от тканей к органам выделения, способствует распределению образующегося тепла, является носителем факторов иммунитета, переносит гормоны, макромолекулы и тем самым обеспечивает метаболические связи и гормональную регуляцию.
- Состав и физико-химические свойства крови, как и всей внутренней среды организма, относительно постоянны - **гомеостаз**. Относительное постоянство состава и свойств крови поддерживается целым рядом систем.

Физико-химические характеристики крови



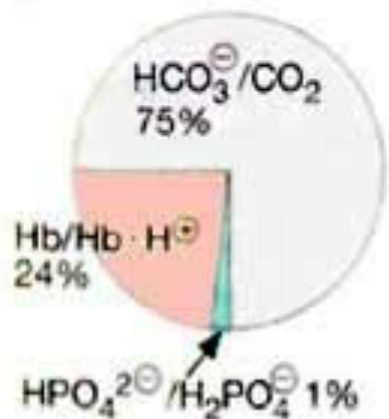
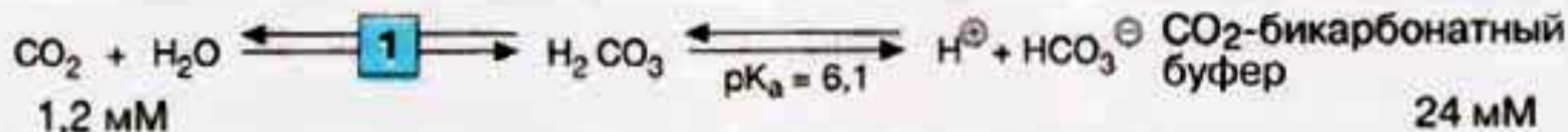
А. Концентрация ионов водорода в плазме крови

Физико-химические характеристики крови

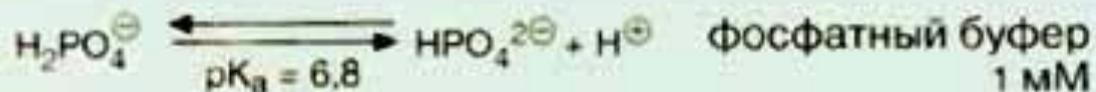
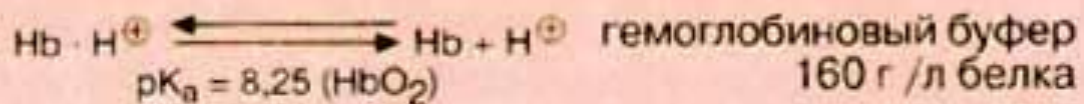


Б. Кислотно-основной баланс

Физико-химические характеристики крови



Буферная емкость



1 Карбонат-дегидратаза 4.2.1.1

В. Буферные системы плазмы

Буферные системы крови

Буферная система	Суммарная концентрация анионов, ммоль, □	Буферная ёмкость, (ммоль / л) / pH
Бикарбонатная буферная система	24 (67%)	50 (82%) □
Некарбонатные буферные системы:	12 (33%)	11 (18%)
– гемоглобиновая буферная система крови	7	9
– буферная система белков плазмы крови	4	2
– фосфатная буферная система	1	0,4
Итого	36 (100%)	61 (100%)
Примечания: □ – средние значения, □ – при неизменном уровне PaCO ₂		

Плазма крови

- *Плазма крови* содержит 90-92% воды, 8-10% сухого вещества. В плазме содержатся белки – 50-70 г/л (альбумины – 35 г/л, глобулины – 40-45 г/л, фибриноген, протромбин), аминокислоты, полипептиды, мочевины – 21 мг%, креатин, креатинин – 1 мг%, мочевая кислота, глюкоза (3,3-5,5 ммоль/л), нейтральные жиры, липиды – 3-4 г/л, летучие жирные кислоты – 25 г/л, витамины, минеральные вещества -около 9 г/л (преимущественно катионы Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , анионы Cl^- , HCO_3^- , HPO_4^-), ферменты, поступающие из клеток тканей, гормоны.
- Плазма является источником питательных веществ и биологически активных веществ для клеток, тканей организма.

Белки плазмы крови

- Белковая фракция плазмы крови представляет собой смесь множества отдельных белков с молекулярным весом от 44000 до 1300000, относящихся к коллоидам. Белки плазмы обуславливают высокую относительную вязкость плазмы.
- *Альбумин* связывает тироксин, создает онкотическое давление, выполняет транспортную роль (транспортирует билирубин, уробилин, жирные кислоты, соли желчных кислот, экзогенные вещества – пенициллин, сульфонамиды и т. д.), является белковым резервом.
- *α 1-глобулины (гликопротеины, мукопротеины)* участвуют в транспорте липидов (фосфолипидов).
- *α 2-глобулины* обладают оксидазной активностью (церулоплазмин), ингибируют плазмин и протеиназы (тироксинсвязывающий белок, транскобаламин, транскортин), (*α 2-макроглобулин*), связывают гемоглобин и препятствуют его выведению с мочой (*α 2-гантоглобулин*).
- *β -глобулины* участвуют в транспорте железа (трансферин), в транспорте липидов (холестерина) (*β -липопротеин*), полисахаридов.
- *Фибриноген, протромбин* участвуют в свертывании крови.
- *γ -глобулины* являются иммуноглобулинами – антителами против бактериальных антигенов и инородных белков.
- Плазма крови переносит: питательные вещества, витамины и микроэлементы, продукты промежуточного обмена, гормоны и ферменты.

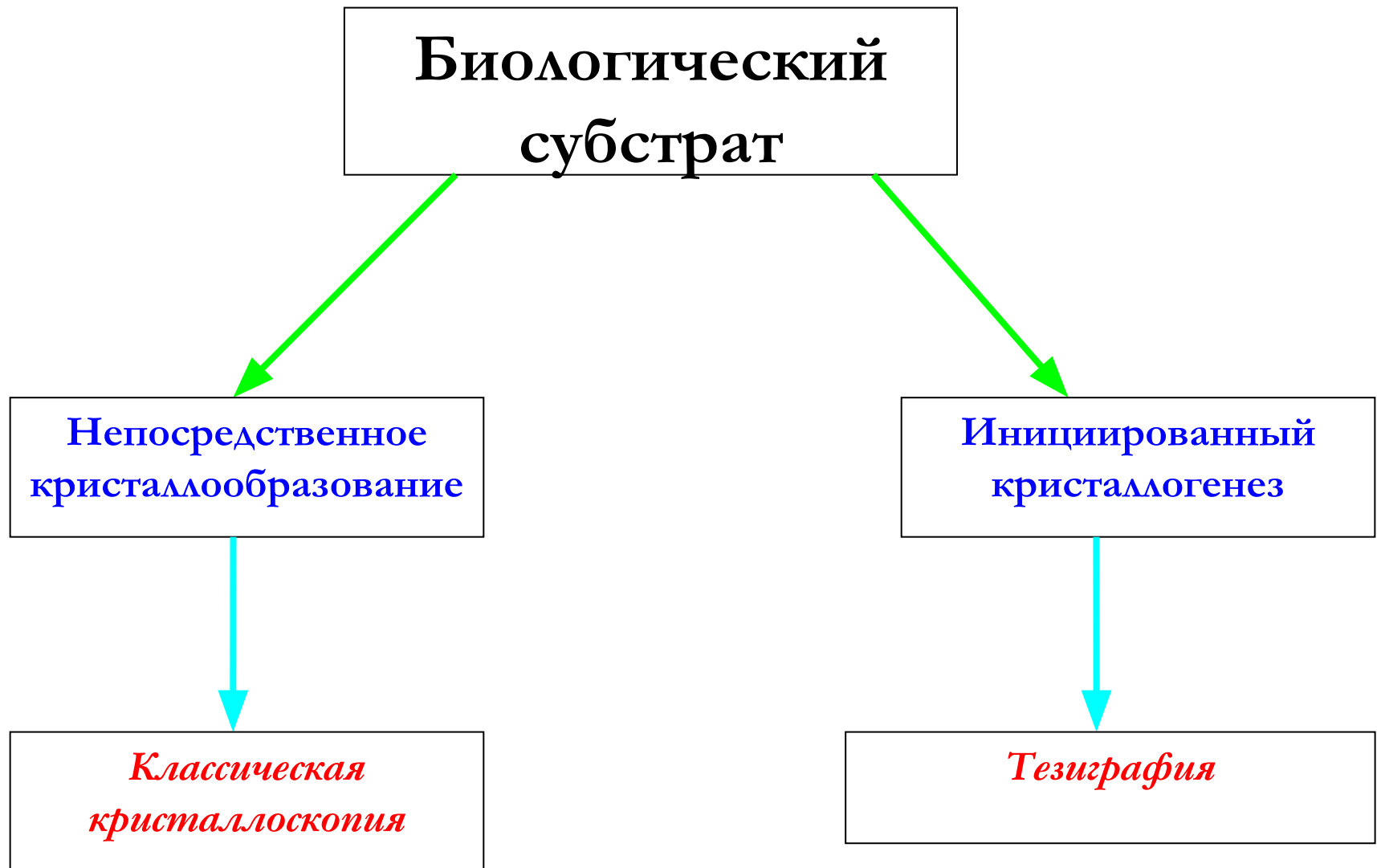
Белки плазмы крови. Основные функции

- *Питательная роль.* Белки плазмы представляют вполне достаточный запас белков. Клетки ретикулоэндотелиальной системы (РЭС) захватывают белки плазмы и расщепляют их при помощи собственных внутриклеточных ферментов до аминокислот. Аминокислоты поступают в кровь и используются другими клетками для синтеза новых белков.
- *Транспортная роль.* Специфические белки плазмы благодаря большой поверхности с многочисленными гидрофильными и липофильными участками связывают многие небольшие молекулы и переносят их от кишечника или депо к месту потребления клетками. К липофильным группировкам они могут присоединять жироподобные вещества, нерастворимые в воде. Белки связывают большое количество циркулирующих в крови низкомолекулярных соединений и так участвуют в поддержании постоянного осмотического давления.
- *Белки плазмы связывают катионы крови* и переводят их в недиффундирующую форму (2/3 кальция).
- *Участвуют в создании коллоидно-осмотического давления.* Белки плазмы создают онкотическое давление, их крупные молекулы почти не проходят через стенки капилляров, захватываются клетками и переносятся лимфой. Благодаря этим особенностям создается разница в коллоидно-осмотическом давлении между плазмой и межклеточной жидкостью (22 мм.рт.ст.), за счет градиента концентрации белков. Снижение концентрации белков в плазме приводит к задержке воды в межклеточном пространстве - интерстициальному отеку.
- *Буферная роль.* Белки плазмы способны взаимодействовать с кислотами и основаниями, образовывать соли, благодаря этому они участвуют в поддержании постоянства реакции крови.
- *Участвуют в свертывании крови.* Свертывание крови, препятствующее кровотечению, частично обусловлено наличием в плазме белков протромбина и фибриногена.

Определения

- **Биокристалломика** – биологическая наука, изучающая общие закономерности кристаллизации в биологических системах с позиций молекулярной биологии и медицины
- **Биокристалл** – твердое структурное образование биологических молекул, имеющее определенное упорядоченное строение
- **Методы биокристалломики** - совокупность методов косвенной оценки метаболизма и гомеостаза организма, основанных на феномене кристаллообразования высушенного биоматериала с последующей интерпретацией результатов его кристаллогенеза.

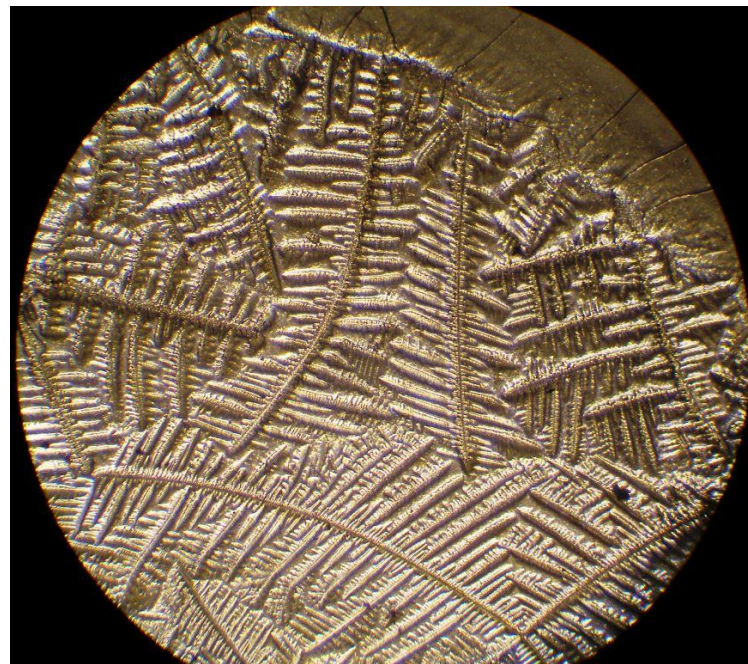
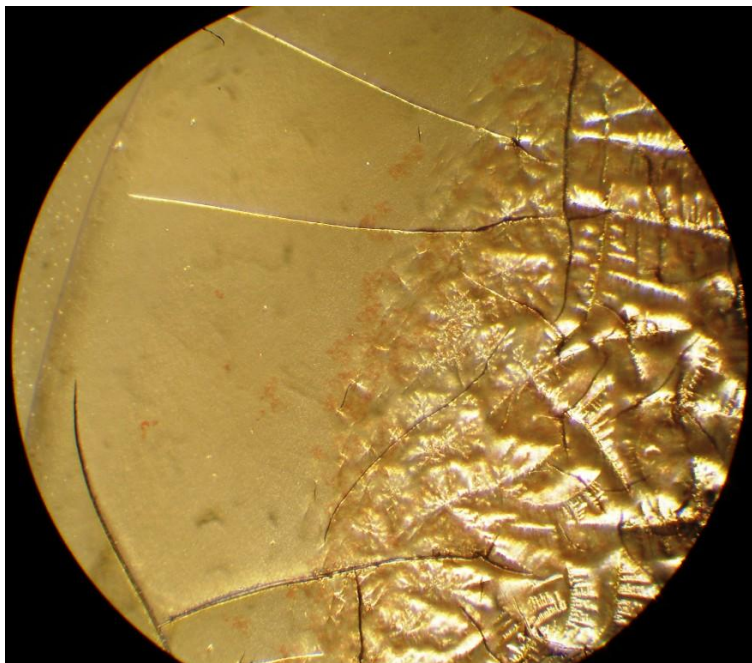
Методы исследования кристаллизации биосред



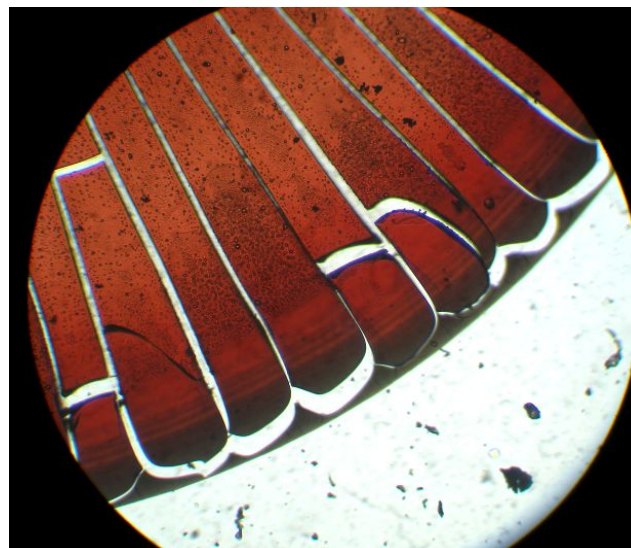
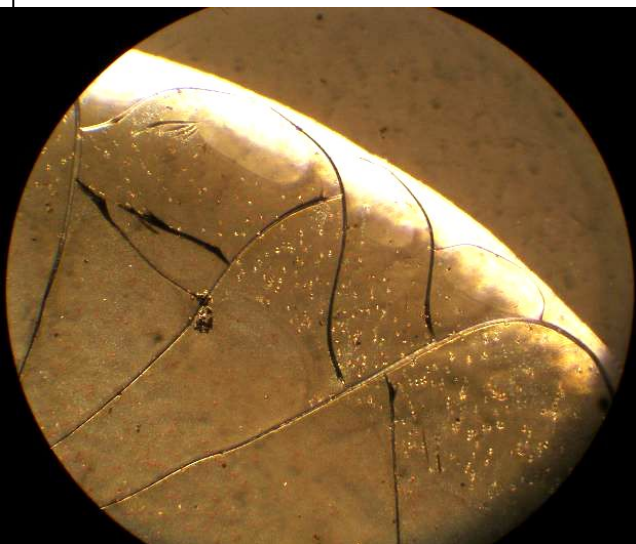
Методы биокристалломики

Классическая кристаллоскопия - методика идентификации состава биологических жидкостей, основанная на кристаллизации собственно биосубстрата без добавления химических инициаторов кристаллогенеза.

Тезиграфия - метод идентификации состава биосубстратов, основанный на инициированной ими кристаллизации базисных веществ.



Кристаллоскопические фазы сыворотки крови человека и некоторых животных

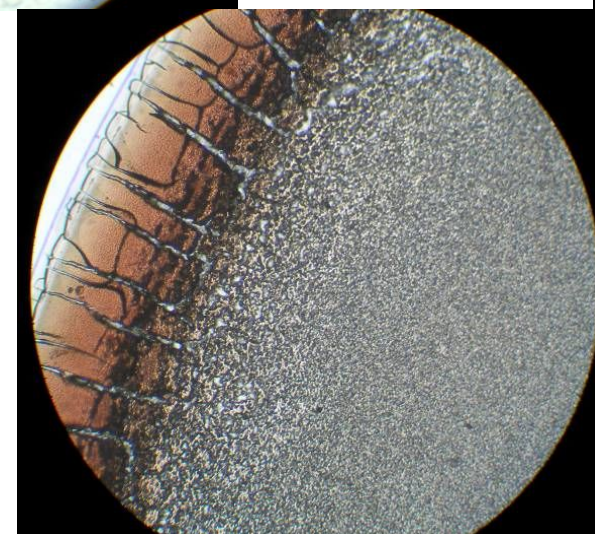


Здоровый человек

Крыса

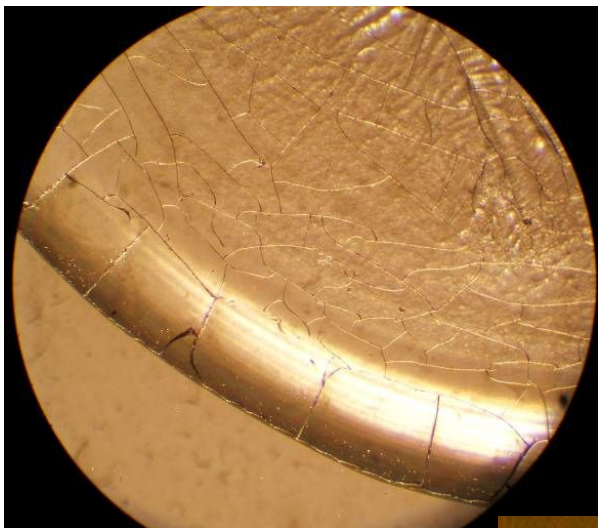


Мышь

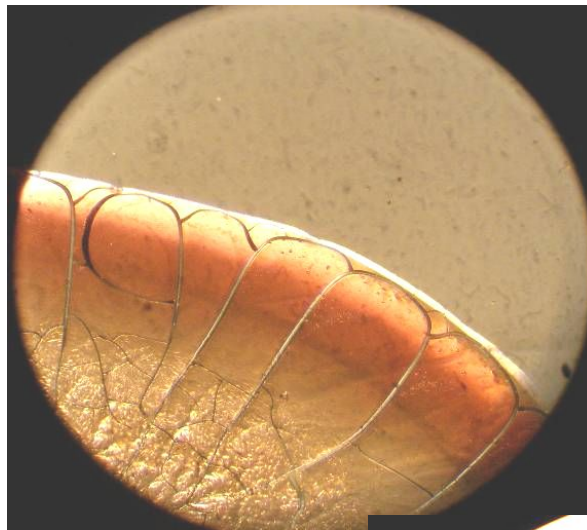


Свинья

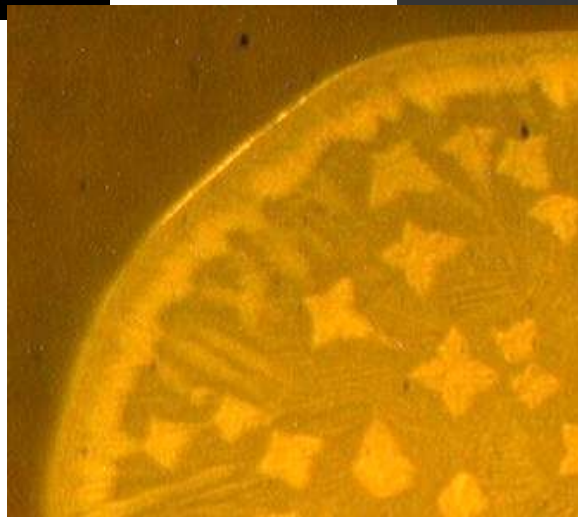
Тезиграфические фазии сыворотки крови человека и некоторых животных



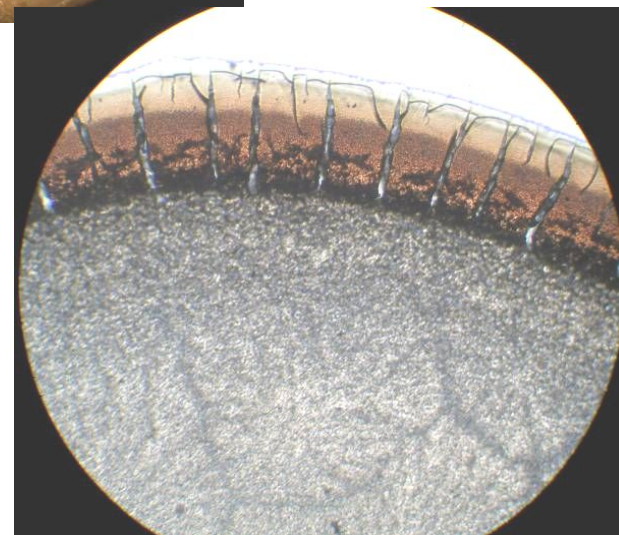
Здоровый человек



Крыса



МЫШЬ



СВИНЬЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛЯ МЕТАБОЛИЗМА МАССЫ ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ

- *Оптимальная для метаболизма масса циркулирующей крови обеспечивается деятельностью органов кроветворения, пищеварительными железами, всасывательным аппаратом желудка и кишечника, органами депо крови (печень, селезенка, кожа, легкие, почки, мышцы), сердца и сосудов.*

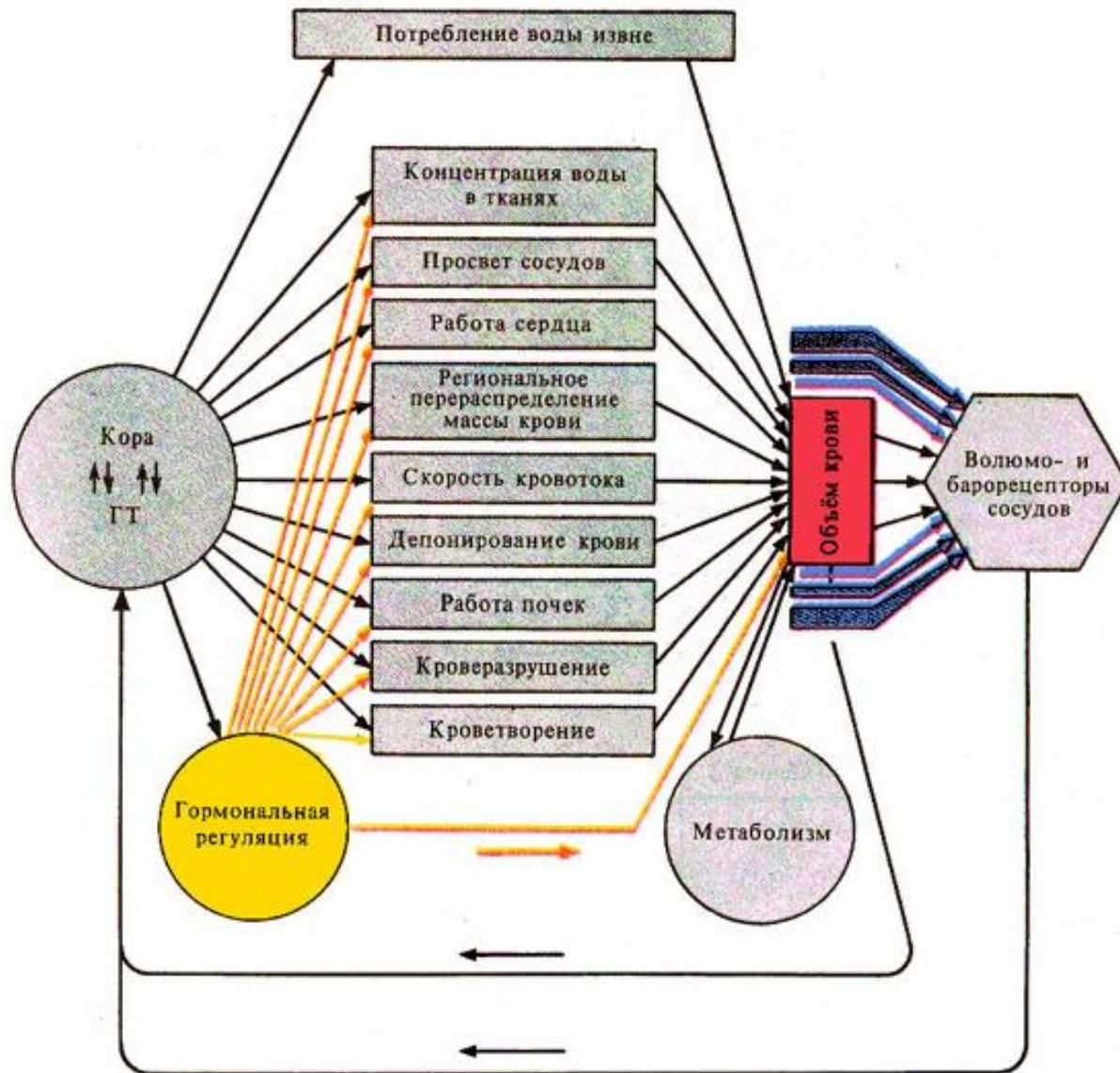
- *Результатом их деятельности является поддержание оптимального объема циркулирующей крови в организме, депонирование избытка крови.*

- *Объем циркулирующей крови у животных относительно постоянен. Масса крови составляет в среднем у лошадей беговых 110 мл/кг, лошадей рабочих - 72 мл/кг, крупного рогатого скота - 58 мл/кг, овец - 58 мл/кг, свиней - 65 мл/кг, собак - 93 мл/кг, кроликов - 57 мл/кг. Объем циркулирующей крови зависит от емкости сосудов (главным образом от эластичности вен). Количество крови в сосудах увеличивается при увеличении давления крови.*

- *В венозной части сосудистого русла содержится 3/4 массы циркулирующей крови. Постоянная физическая деятельность у животных вызывает увеличение массы крови. Функциональная гиперемия органов, сопровождающаяся увеличением капиллярного давления (за счет большого расширения прекапиллярных сосудов по сравнению с посткапиллярными) и более значительным переходом жидкости из сосудистого русла, вызывает некоторое уменьшение массы циркулирующей крови.*

- *Поддержание относительного постоянства объема циркулирующей крови осуществляется благодаря взаимодействию процессов использования жидкой части крови (и разрушения форменных элементов) и образования жидкой части крови (и форменных элементов), а также перераспределения крови между сосудистым циркуляторным руслом и органами депо крови.*

Функциональная система поддержания объема циркулирующей крови (ОЦК)



Процессы, обеспечивающие оптимальную массу циркулирующей крови

1. Процессы образования и обмена жидкой части крови с клеточным веществом тканей - транскапиллярный обмен.
2. Депонирование и перераспределение крови.
3. Изменение просвета сосудов.
4. Фильтрация и реабсорбция воды и минеральных веществ в почках.
5. Процессы образования и разрушения форменных элементов крови.

Эритроциты

- *Эритроциты - красные кровяные тельца. Они имеют форму двояковогнутого диска, при поперечном разрезе напоминают гантели. Благодаря такой форме возрастает поверхность эритроцита, она увеличивается в 1,5 раза и общая поверхность их в 15000 раз превышает поверхность тела животного. Эритроцит состоит из стромы и оболочки. Оболочка полупроницаема.*
- *У представителей одного вида животных количество эритроцитов в крови отличается значительным постоянством. Физиологические колебания количества эритроцитов невелики и не превышают 20% и исчисляются у лошадей - $8-10 \cdot 10^{12}$ в литре, крупного рогатого скота - 5,6-7,5, овец и коз - 7,5-12,7, свиней - 6,8-7,5, кроликов - 5-7,5, кур - $2,5-4,5 \cdot 10^{12}$ в литре.*
- *В зрелых эритроцитах идет гликолиз, основным субстратом которого является глюкоза. Главным источником энергии для эритроцитов служит АТФ.*
- *Мембрана эритроцита состоит из белков, липо- и гликопротеинов, липидных участков. Перенос веществ через мембрану совершается путем диффузии через поры, путем проникновения через липидные участки, путем активного транспорта переносчиками.*

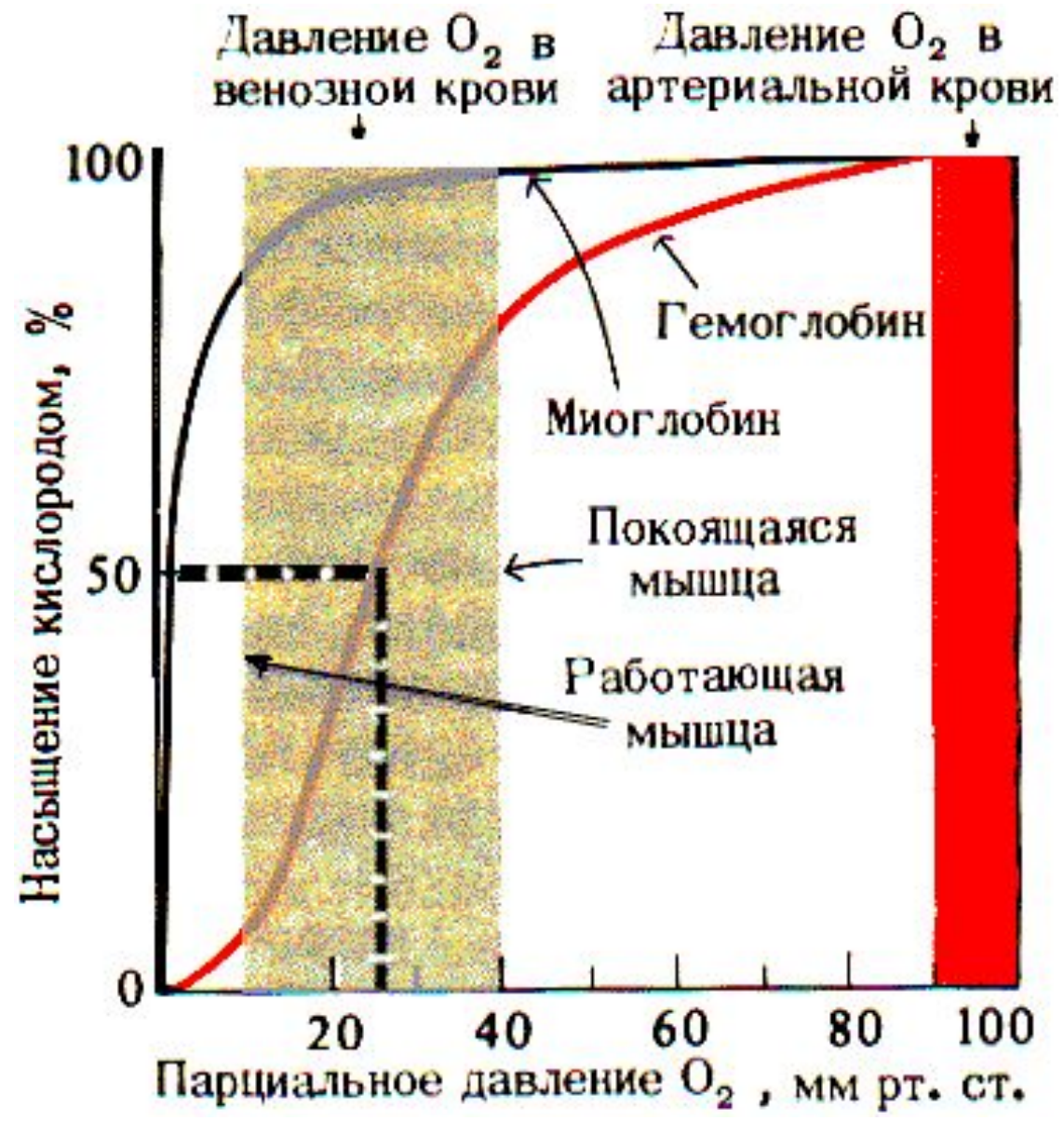
Физиология эритроцитов

- *Основной составной частью эритроцитов является гемоглобин.* В крови человека содержится от 1,86 до 2,17 ммоль/л гемоглобина, у животных: крупный рогатый скот – 1,4-1,86, лошади – 1,24-2,02, овцы и козы – 1,09-1,7, свиньи – 1,4-1,7, куры – 1,24-2,02, кролики – 1,55-1,86 ммоль/л крови.
- Деятельность эритроцитов связана с метаболизмом и свойствами мембран эритроцитов. Метаболизм эритроцитов поддерживает способность эритроцита обратимо связывать кислород, обеспечивает восстановление гема. Двухвалентное железо, содержащееся в геме, постоянно переходит в трехвалентное вследствие окисления (*метгемоглобин*).

ФОРМЫ ГЕМОГЛОБИНА

- Гемоглобин А – **основной** гемоглобин взрослого человека или животного
- Гемоглобин С (мутантная форма)
- Гемоглобин Е (эмбриональный) - **эмбриональный** тип гемоглобина
- Гемоглобин S (мутантная форма)
- Гемоглобин F (фетальный) - **плодный** тип гемоглобина

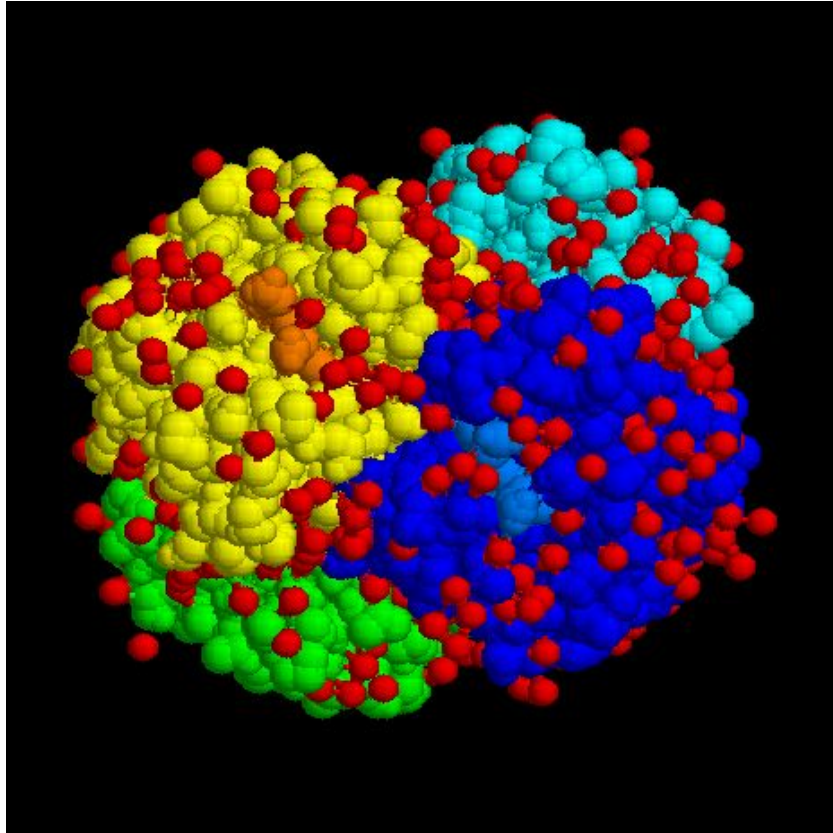
Насыщение (сатурация) гемоглобина



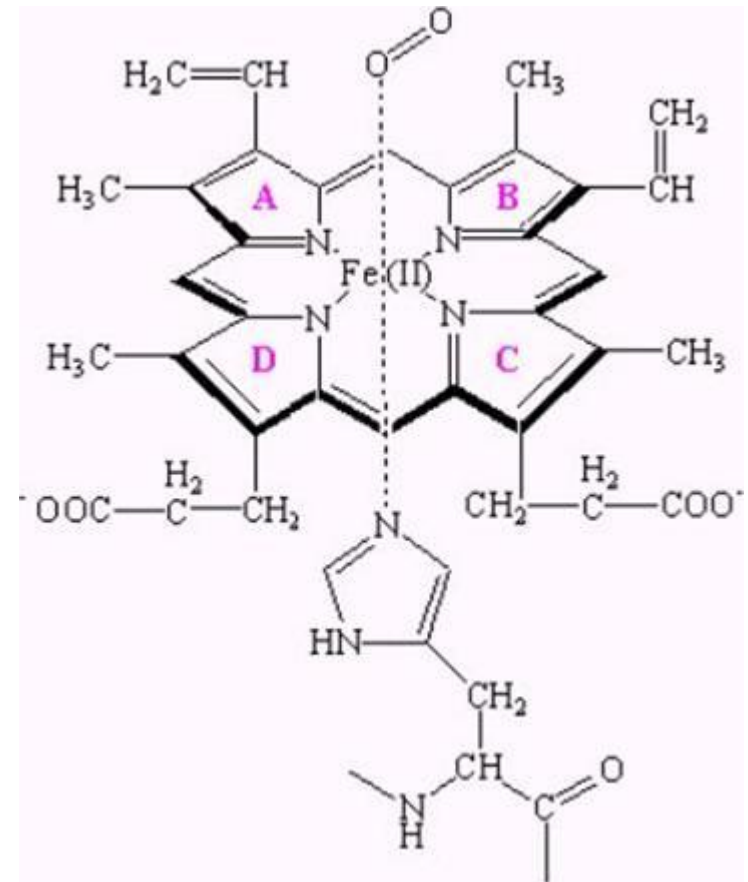
Соединения гемоглобина

- Гемоглобин легко присоединяет (обратимо) кислород, превращается в **оксигемоглобин** (HbO_2). Благодаря этому эритроциты обеспечивают транспорт кислорода от лёгких к тканям.
- Гемоглобин соединяется (обратимо) с диоксидом углерода, превращается в **карбгемоглобин** (HbCO_2). В таком виде эритроциты транспортируют часть (5%) углекислого газа от тканей к лёгким.
- **Карбоксигемоглобин** (HbCO) – продукт НЕобратимого взаимодействия угарного газа (CO) с гемоглобином.
- **Метгемоглобин** (**metHb**) – продукт окисления атома железа, входящего в состав гема, из двухвалентного состояния в трехвалентное

Строение гемоглобина

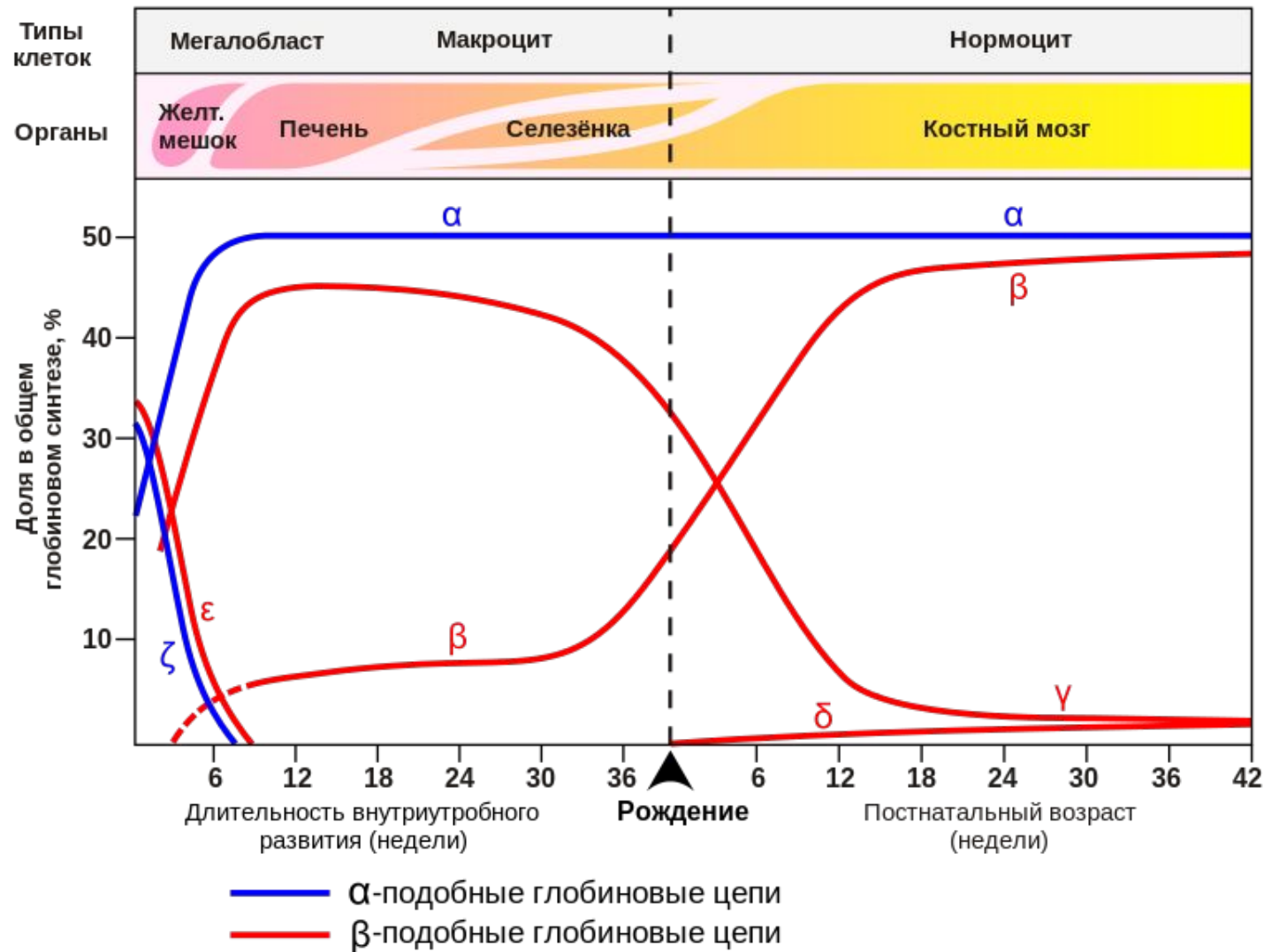


Молекула гемоглобина:
4 субъединицы глобина
окрашены в разные цвета



Структурная формула
гемоглобина

Типы гемоглобина в онтогенезе



Свойства и роли эритроцитов

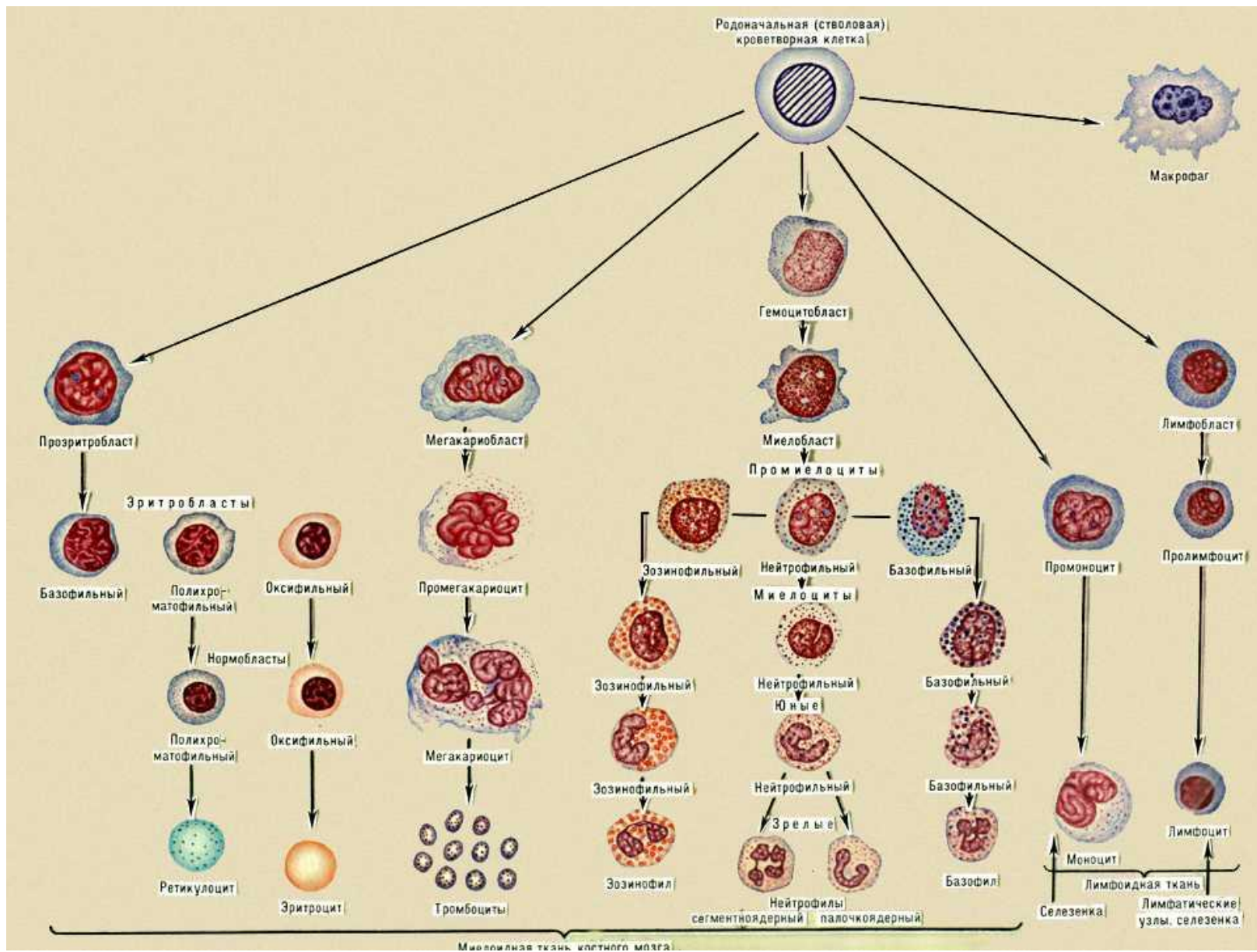
● Эритроциты обладают особыми *физико-химическими свойствами*:

1. *Пластичностью* – способность легко изменять свою форму.
2. *Осмотической стойкостью*. Только при значительном понижении осмотического давления (в 0,3-0,35% растворе хлористого натрия), при действии ядов и токсинов (алкоголь и др.), при старении эритроцитов (прямо в циркулирующей крови) происходит разрушение оболочки эритроцитов и выход из них гемоглобина – гемолиз эритроцитов.
3. *Гемолиз и набухание* – способность набухать в гипотонической среде и сморщиваться в гипертонической среде.
4. *Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)*. Если взять кровь в сосуд и предотвратить свертывание крови антикоагулянтom, то в крови происходит оседание эритроцитов с определенной скоростью у различных животных. Очень быстро оседают эритроциты лошади (63 мм/час), весьма медленно у жвачных (0,5 мм/час). Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) зависит от состава и свойств плазмы, является ценным показателем оценки состояния организма. СОЭ повышается при уменьшении числа эритроцитов, в результате изменений белкового состава плазмы. СОЭ снижается при увеличении содержания в плазме альбуминов и повышается при увеличении содержания фибриногена, гемоглобина, липопротеинов, церулоплазмина, иммуноглобулинов.
5. *Эритроциты адсорбируют и транспортируют на себе питательные вещества, транспортируют воду, гормоны и другие биологически активные вещества.*

эритроцитарного состава периферической крови

- Осуществляется благодаря взаимодействию процессов кроветворения, кроверазрушения и перераспределения. Эритробласты костного мозга, эритроциты периферической крови, ретикулярные клетки (разрушающие отжившие свой срок эритроциты) составляют **эритрон**. *Образование эритроцитов называется эритропоэзом*. Эритроциты развиваются в красном костном мозге, который находится в плоских костях и метафизах трубчатых костей. Его масса равна массе печени.
- Родоначальной клеткой эритропоэза является **эритробласт**, который последовательно превращается в **эритроцит - нормоцит**. Эритроцит поступает в кровь. *Срок жизни эритроцитов равен в среднем 120 дней*. Разрушение эритроцитов происходит тремя путями: *фрагментоз* — разрушение эритроцитов вследствие механической травматизации при циркуляции по сосудам; *фагоцитоз* — пожирание эритроцитов клетками мононуклеарной фагоцитарной системы (МФС), которых особенно много в печени и селезенке (эти органы называют «кладбищем эритроцитов»); *гемолиз* — разрушение эритроцитов при старении прямо в циркулирующей крови.

Общая схема гемопоэза



Спасибо за внимание!
