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

значение

- Транспортная функция
  - Транспорт крови с питательными веществами
  - Транспорт O_2 к органам, CO_2 – к легким
  - Транспорт продуктов распада к органам выделения
- Терморегулирующая функция
  - Перераспределение тепла в организме
- Защитная функция
  - Обеспечивается функциями крови
- Гуморальная регуляция
  - Транспорт гормонов и других БАВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ КРОВИ

Данная система включает:

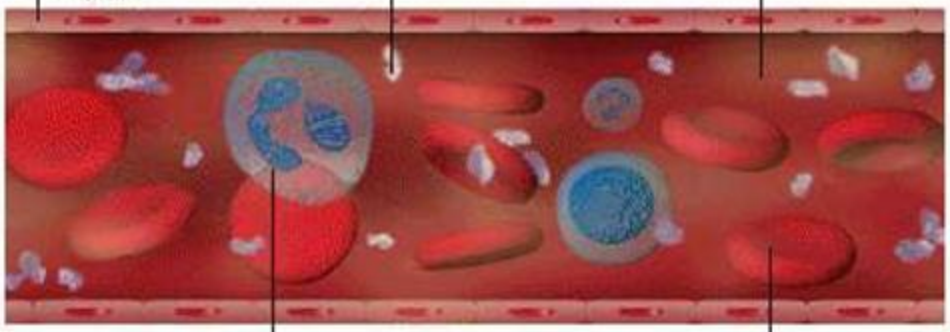
1. **Волюморецепторы и хеморецепторы**, воспринимающие объем крови, состав и свойства крови, расположенные в правом и левом предсердиях, правом желудочке, устьях легочных вен, венах конечностей, каротидном синусе, в месте отхождения щитовидной артерии от внутренней сонной артерии и др., барорецепторы дуги аорты и синокаротидной области. Афферентные 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. Афферентные 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 моете, мозжечке, ретикулярной формации, спинном мозге.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ КРОВИ

3. **Эфферентные нервные волокна** - *парасимпатические волокна блуждающих нервов и симпатические волокна внутренностных 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.

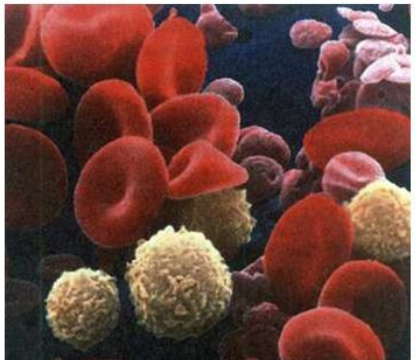
Общие функции системы крови

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)**

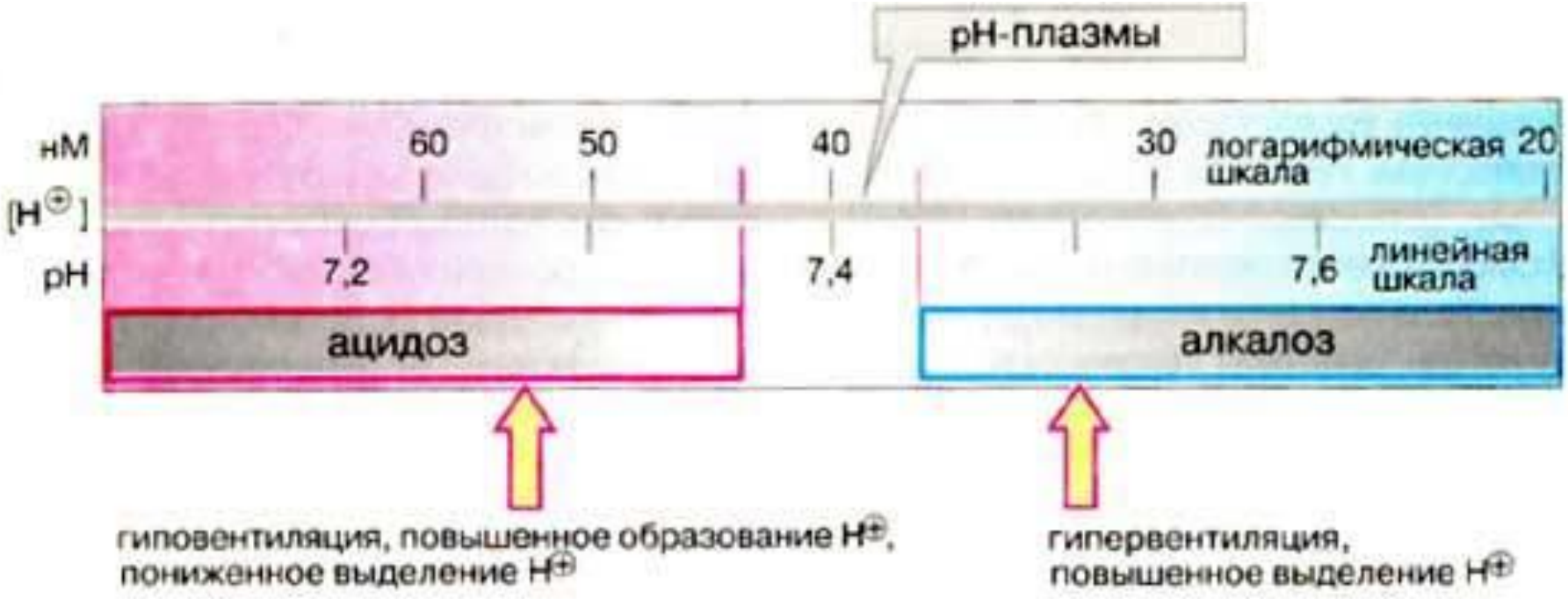
защита от кровопотери

Свойства крови

Кровь характеризуется:

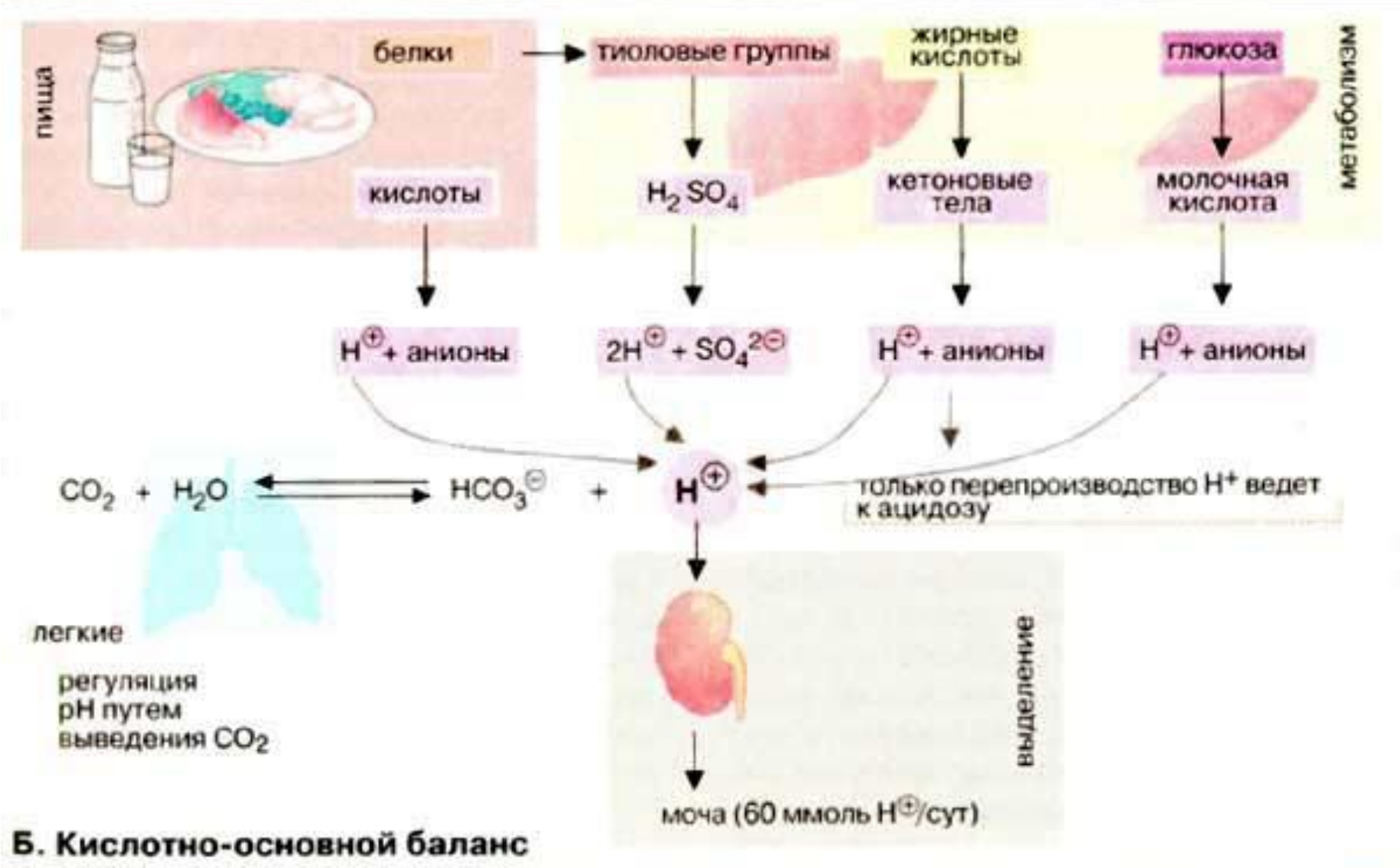
- **вязкостью** - около 5 (плазма - 1,7-2,2),
- **плотностью** - 1,050-1,060 (плазма - 1,025-1,034),
- **осмотическим давлением** - 7,6 атм. (осмотическое давление плазмы крови обеспечивается белками и минеральными веществами, находящихся в ней; наиболее важным является натрий, который в соединении с 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



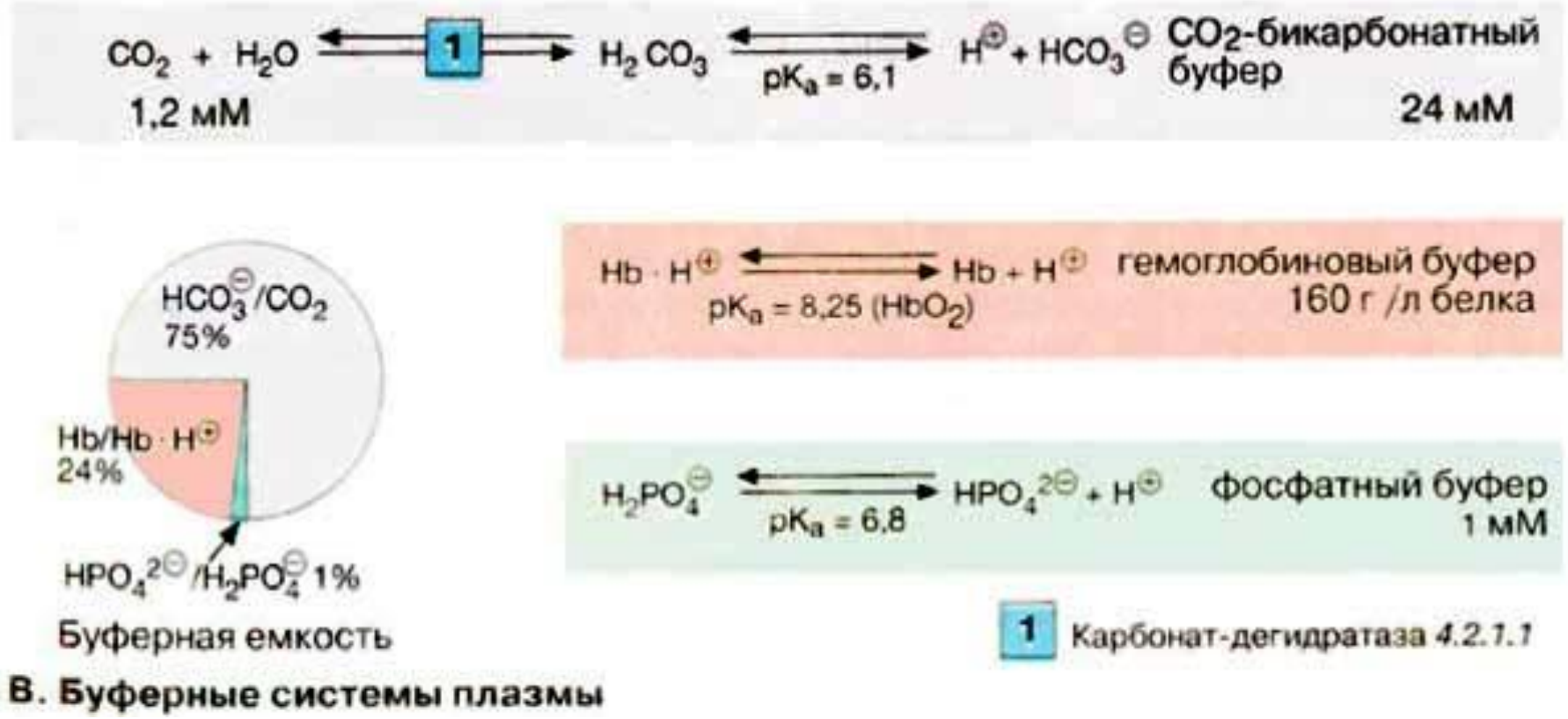
А. Концентрация ионов водорода в плазме крови

Физико-химические характеристики крови



Б. Кислотно-основной баланс

Физико-химические характеристики крови



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, мочевина – 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.
- *а1-глобулины (гликопротеины, мукопротеины)* участвуют в транспорте липидов (фосфолипидов).
- *а2-глобулины* обладают оксидазной активностью (церулоплазмин), ингибируют плазмин и протеиназы (тироксинсвязывающий белок, транскобаламин, транскортин),*(а2-макроглобулин)*, связывают гемоглобин и препятствуют его выведению с мочой (*а2-гаптоглобулин).*
- *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.

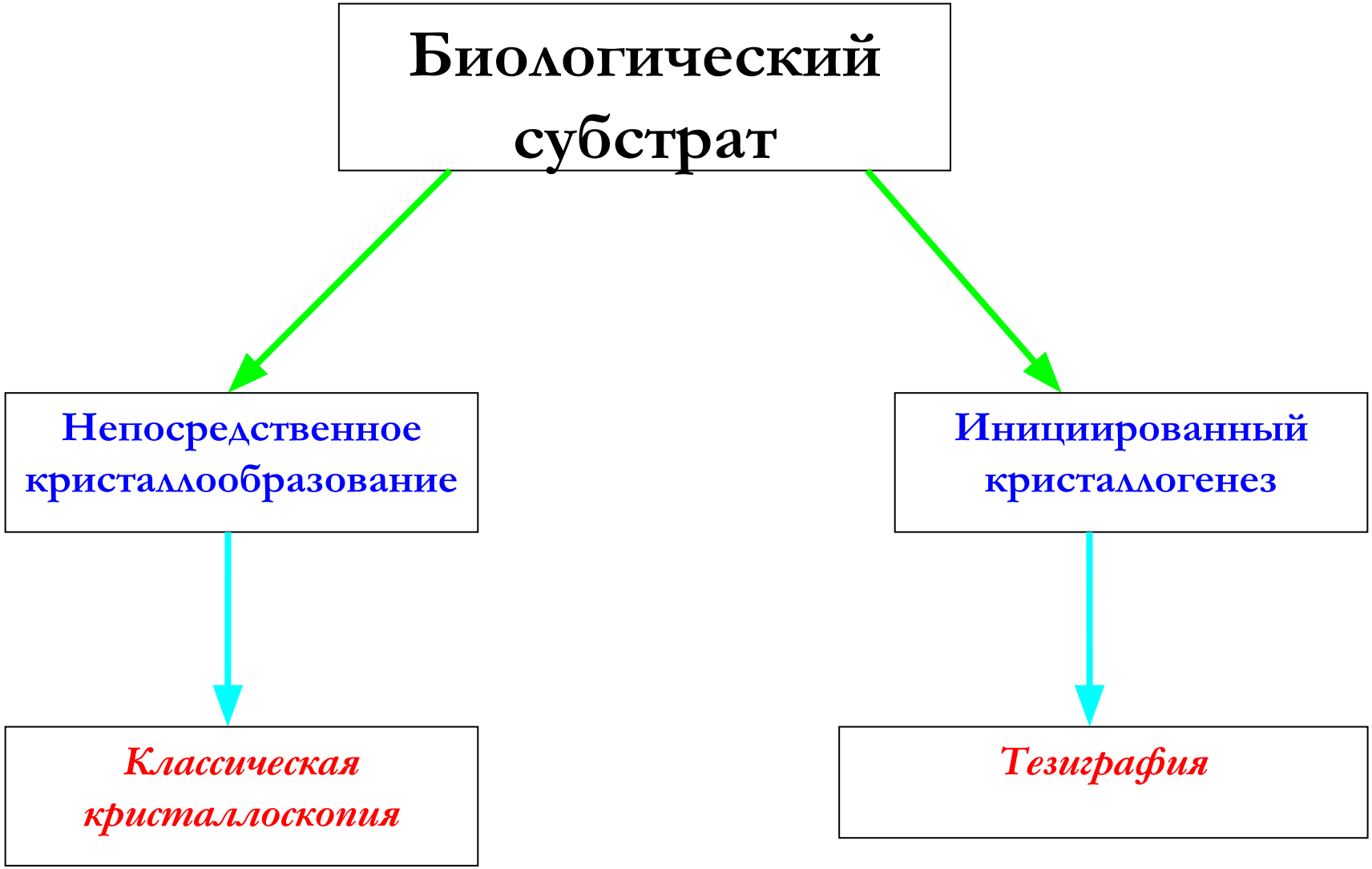
Белки плазмы крови. Основные функции

- *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.

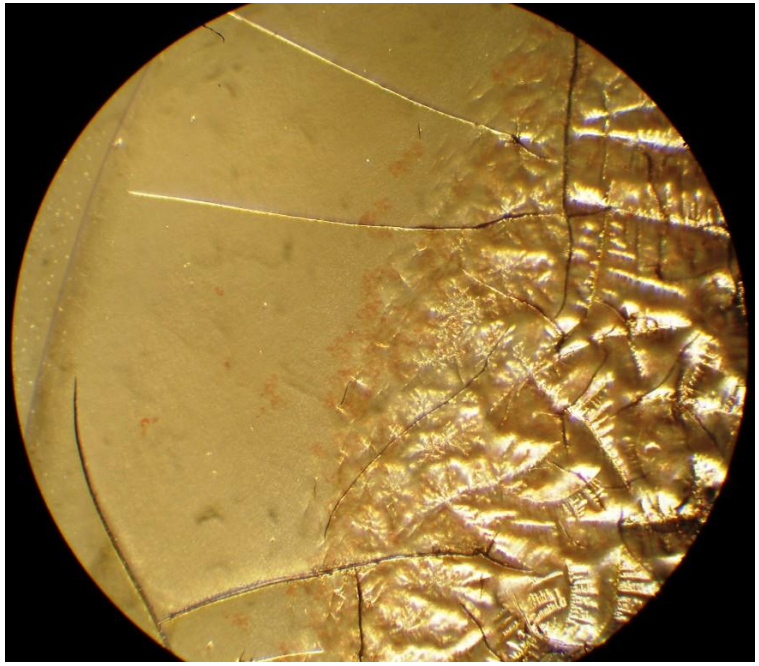
Методы исследования кристаллизации биосред

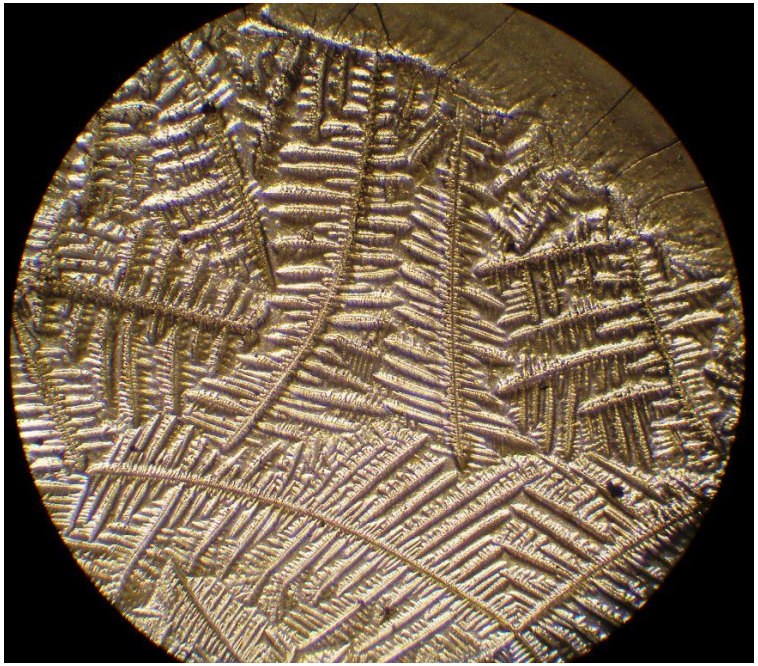


Методы биокристалломики

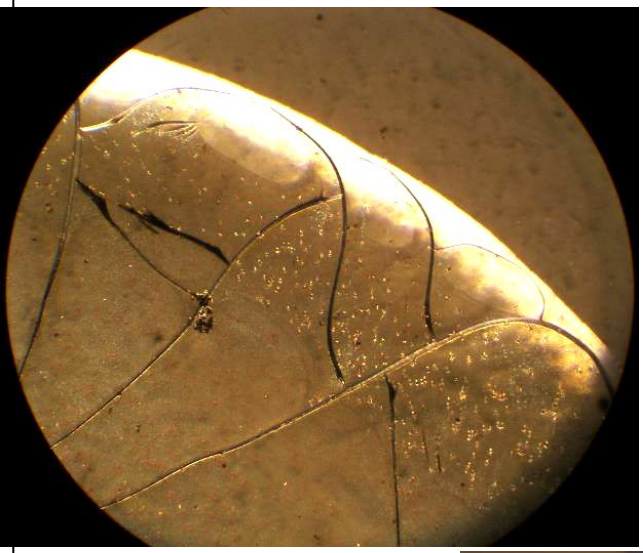
Классическая кристаллоскопия - методика идентификации состава биологических жидкостей, основанная на кристаллизации собственно биосубстрата без добавления химических инициаторов кристаллогенеза.

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

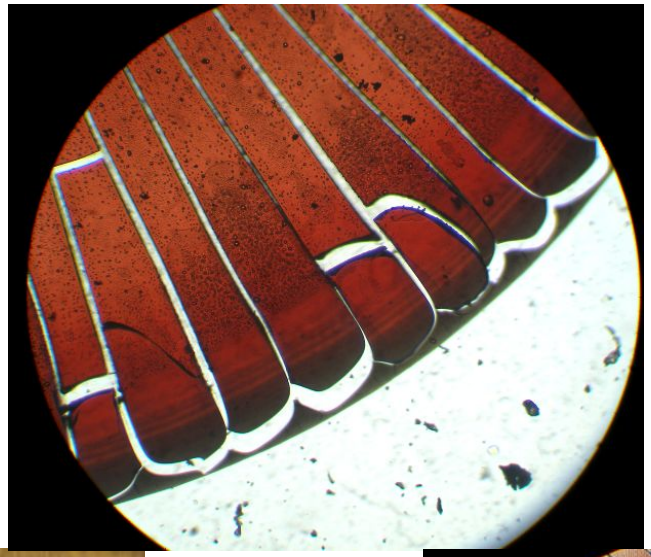




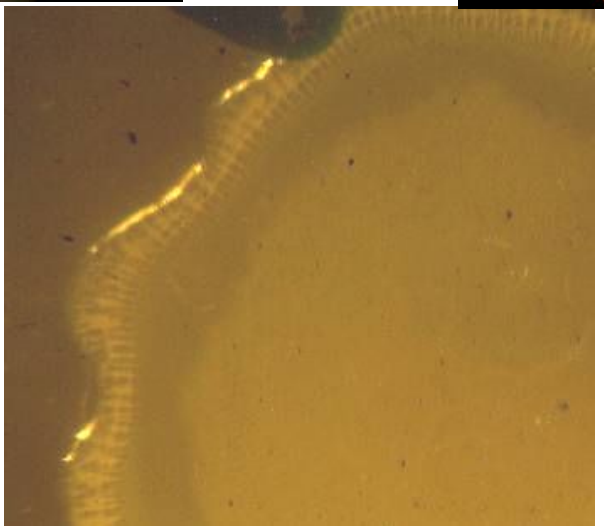
Кристаллоскопические фации сыворотки крови человека и некоторых животных



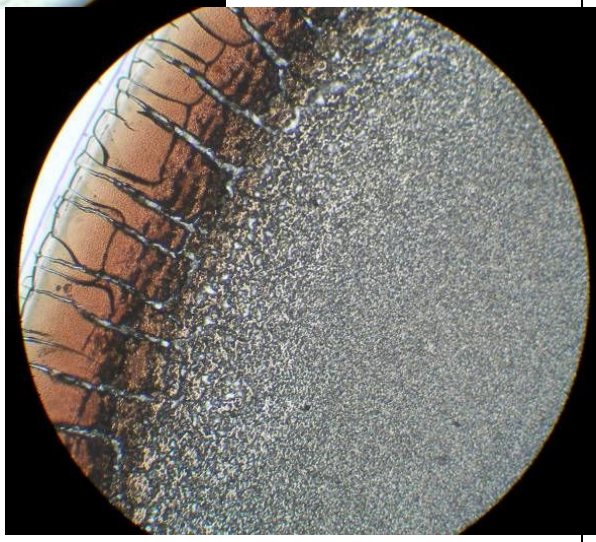
Здоровый человек



Крыса

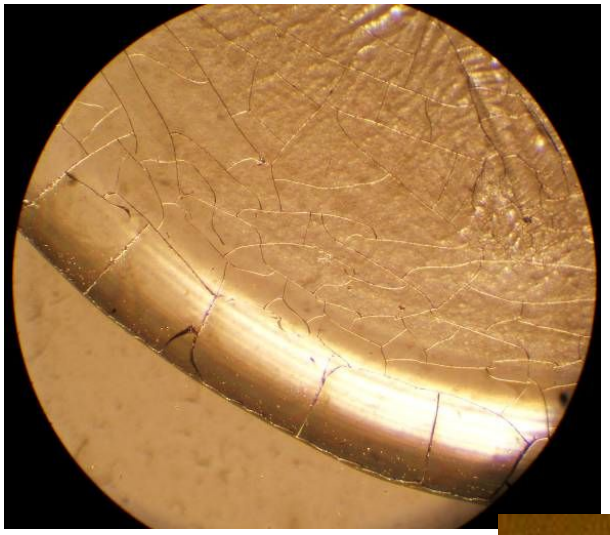


Мышь

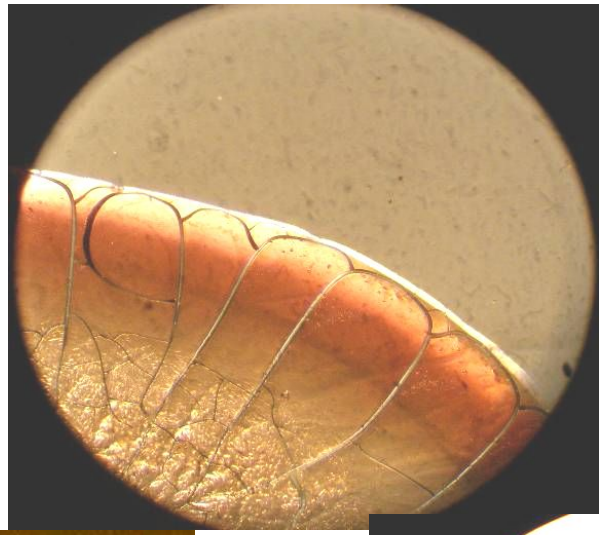


Свинья

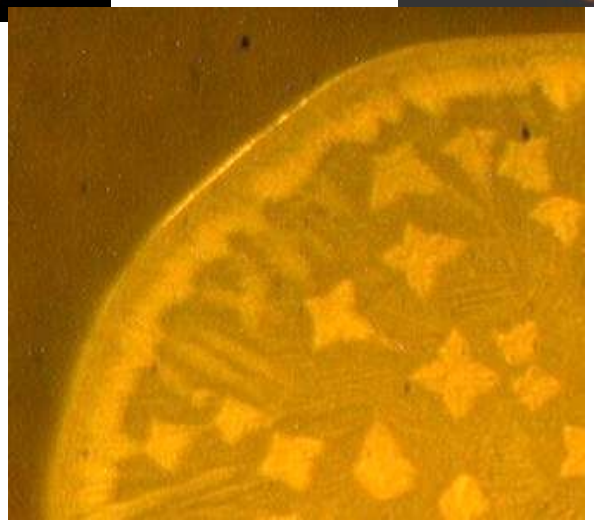
Тезиграфические фации сыворотки крови человека и некоторых животных



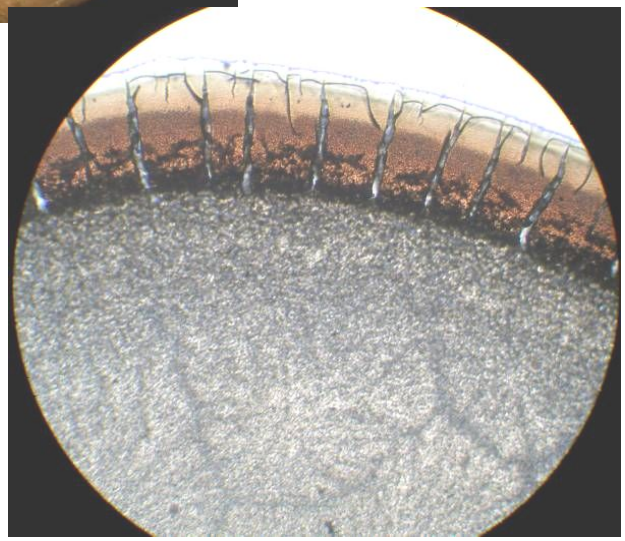
Здоровый человек



Крыса



Мышь

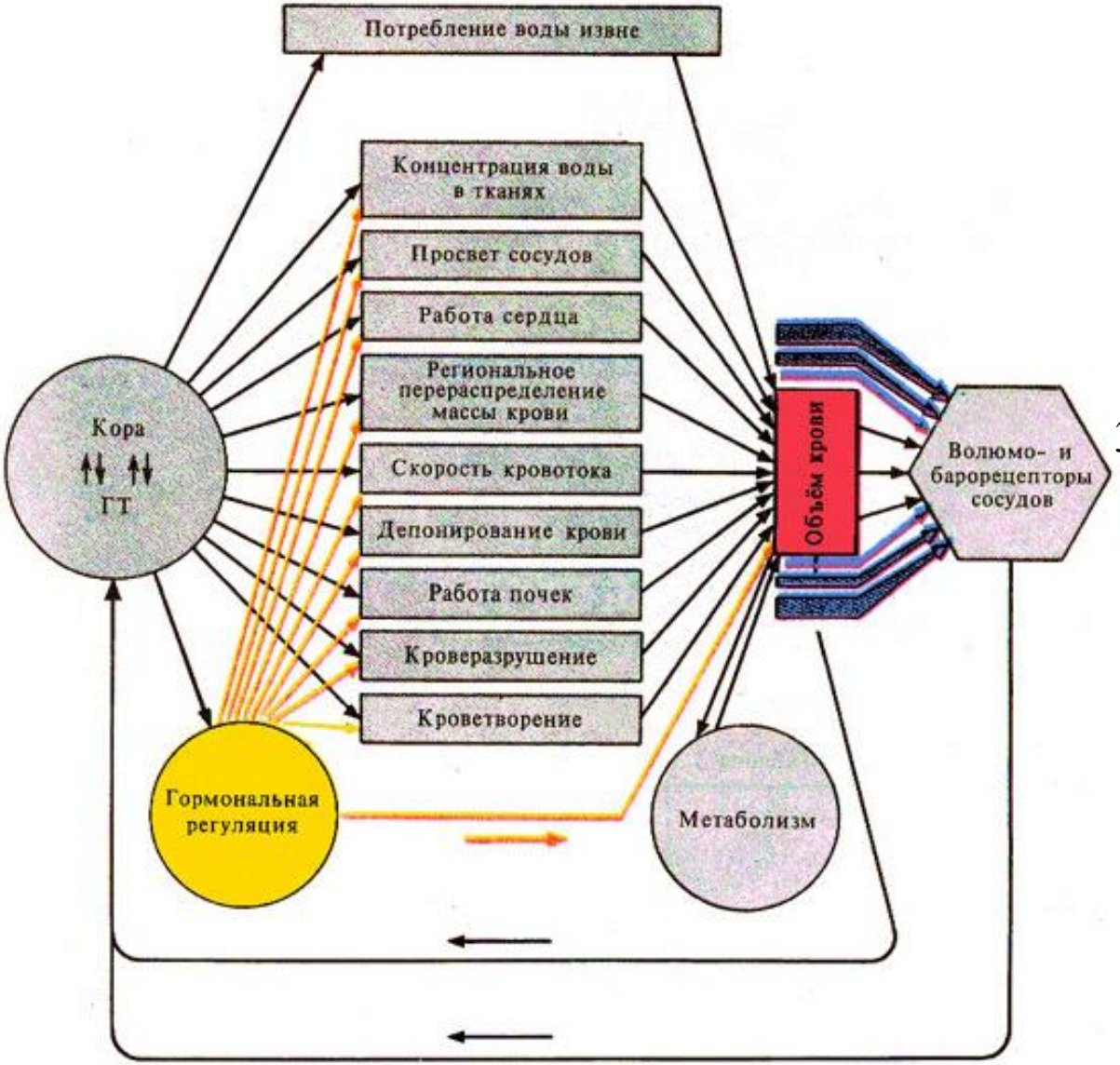


Свинья

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 прекапилярных 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 - $8\text{-}10 \cdot 10^{12}$ 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 – $2{,}5\text{-}4{,}5 \cdot 10^{12}$ 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.*

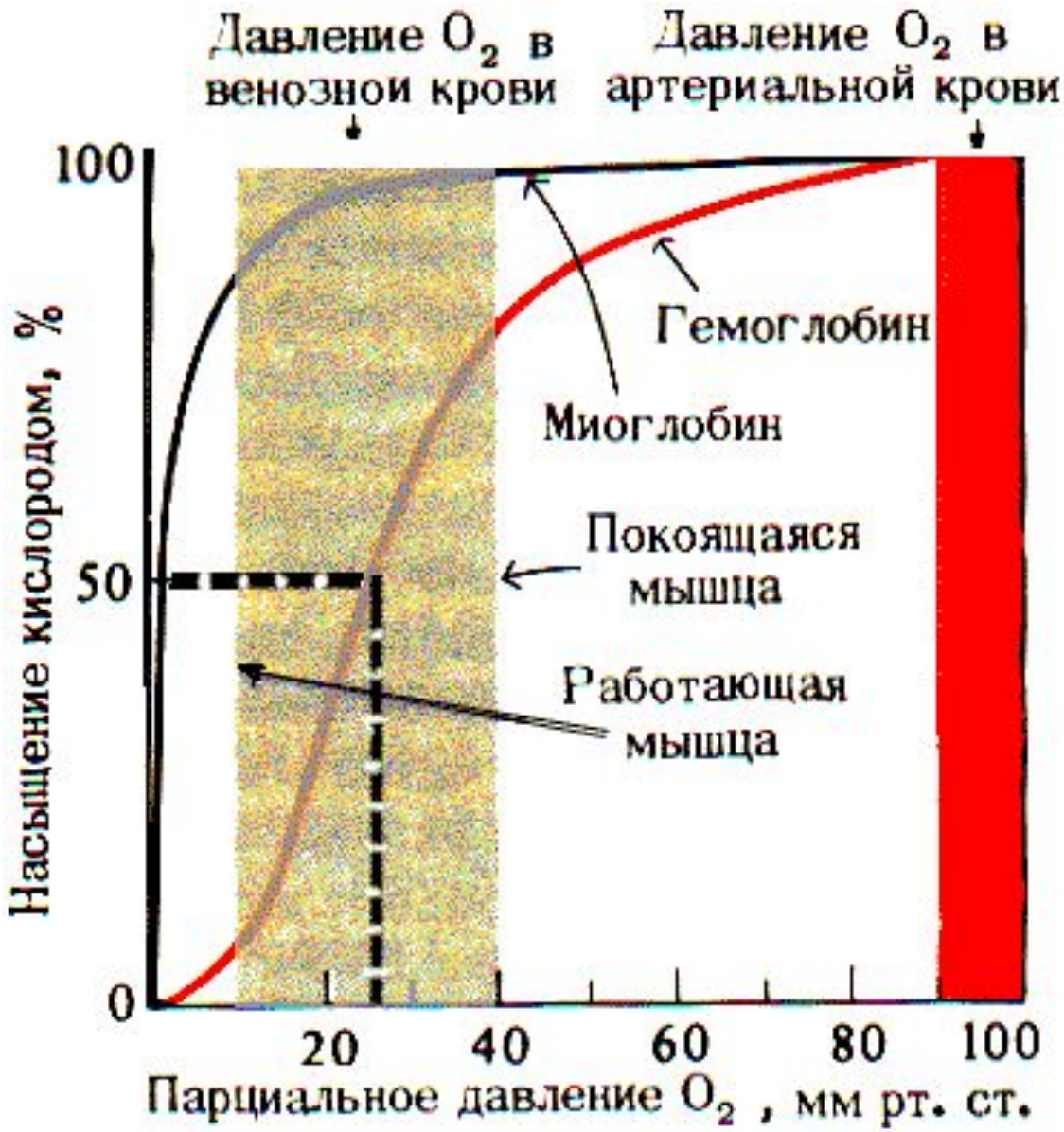
Физиология эритроцитов

- *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* – **<u>основной</u> 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

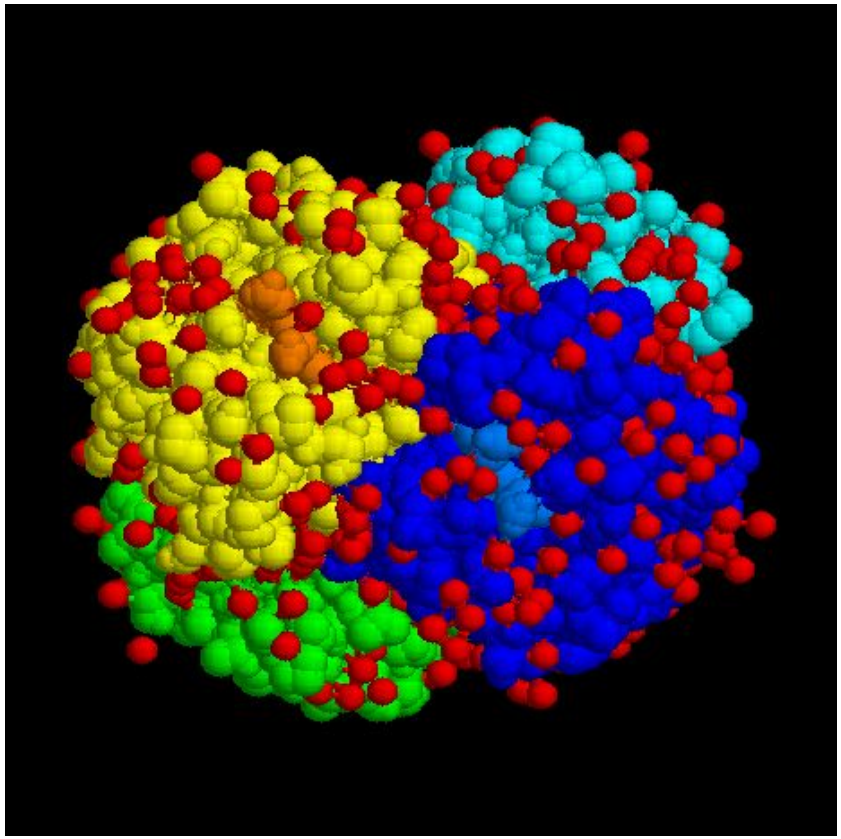
Насыщение (сатурация) гемоглобина



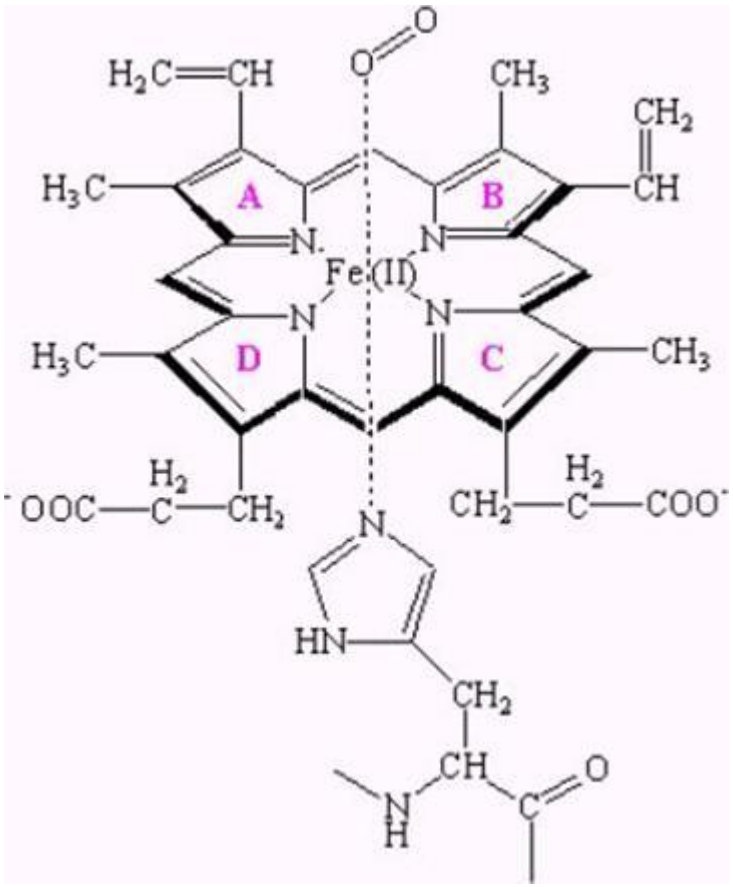
Соединения гемоглобина

- *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

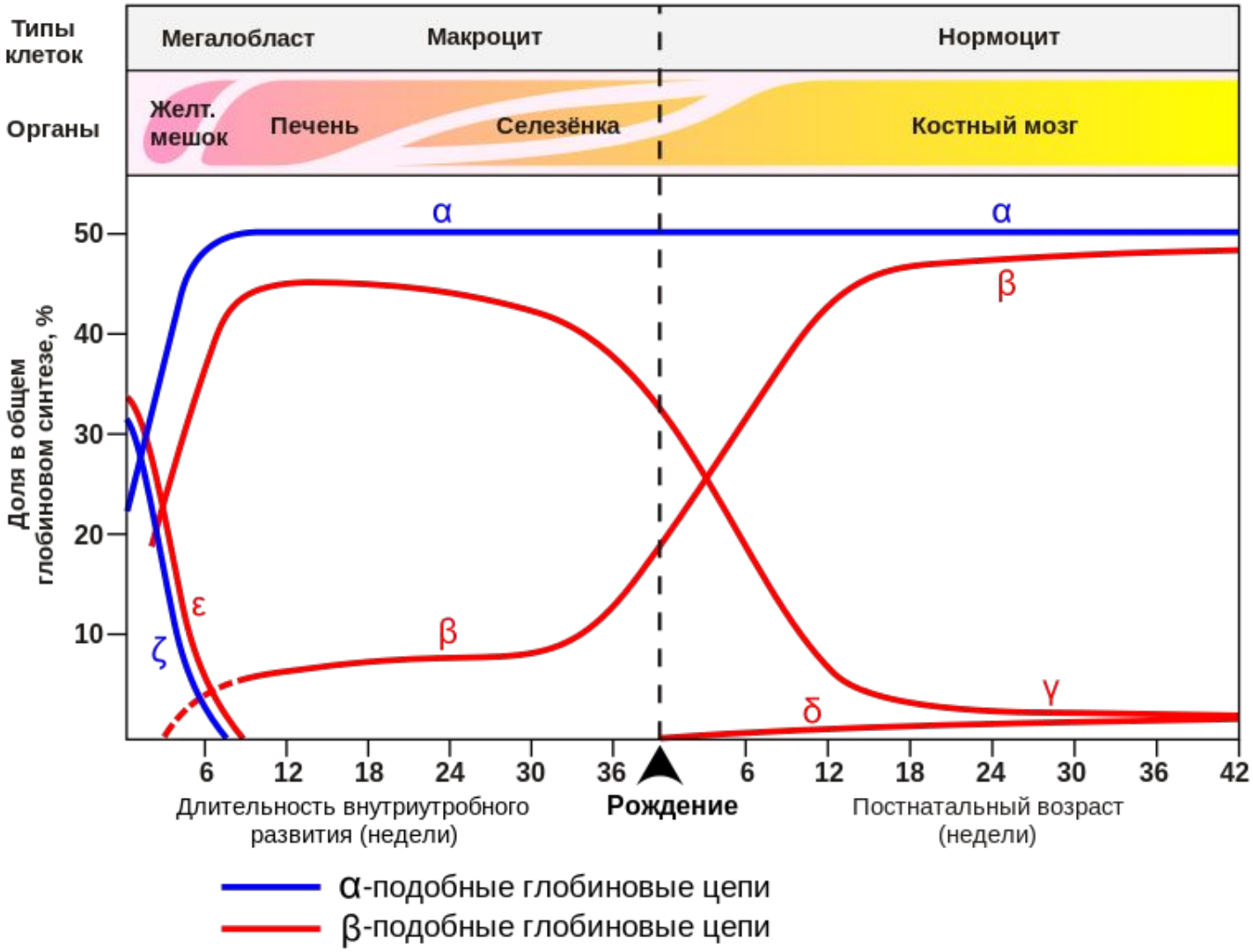


Молекула гемоглобина:
4 субъединицы глобина
окрашены в разные цвета



Структурная формула
гемоглобина

Типы гемоглобина в онтогенезе



Свойства и роли эритроцитов

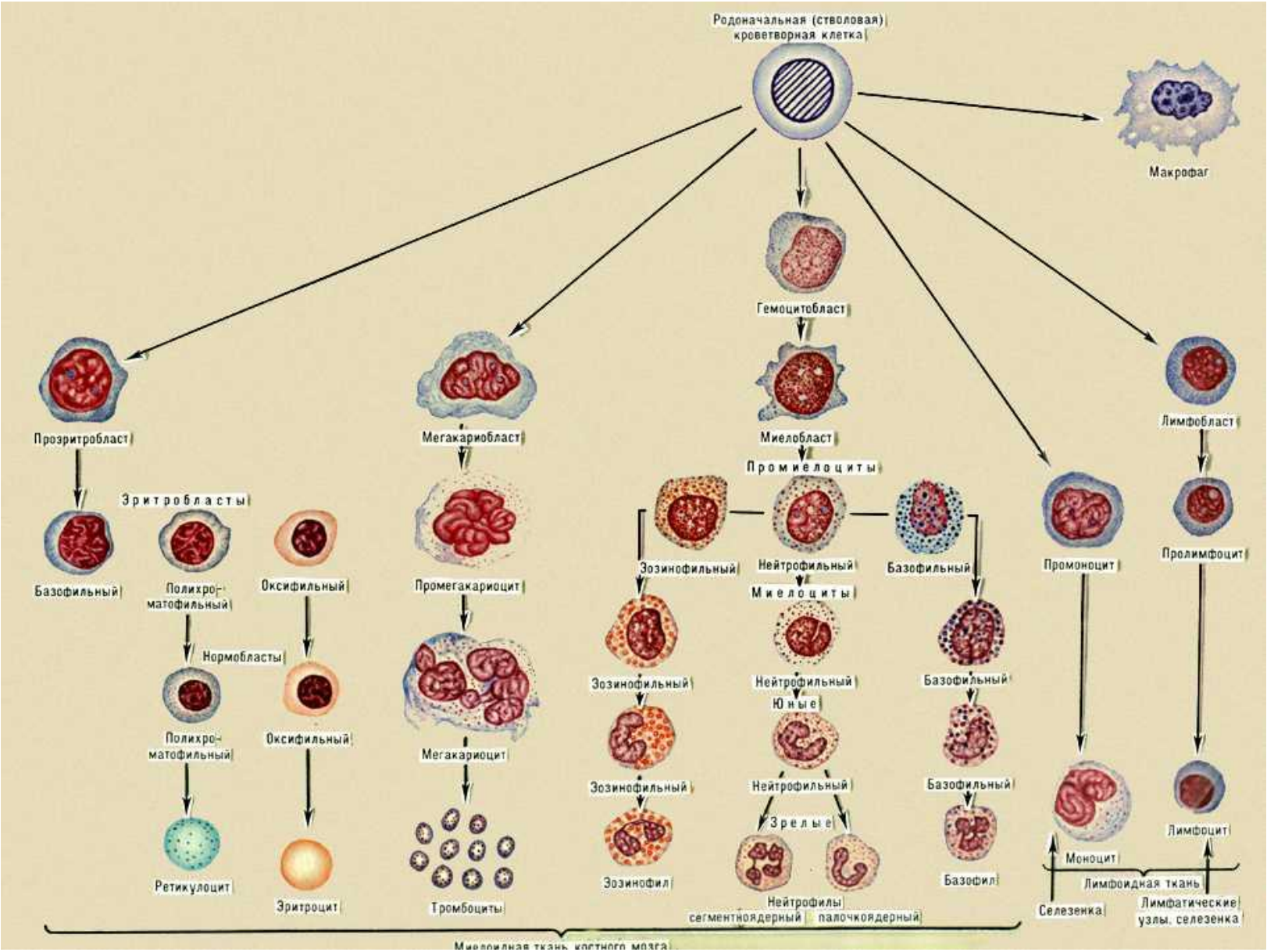
- Эритроциты обладают особыми ***физико-химическими свойствами***:

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 антикоагулянтом, 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!