

ДГМА

Лекция по нормальной физиологии  
ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ

# Физиологические функции крови.

- **Транспортная функция** крови состоит в том, что она переносит газы, питательные вещества, продукты обмена веществ, гормоны, медиаторы, электролиты, ферменты и др
- **Дыхательная функция** заключается в том, что гемоглобин эритроцитов переносит кислород от легких к тканям организма, а углекислый газ от клеток к легким.
- **Питательная функция** — перенос основных питательных веществ от органов пищеварения к тканям организма.
- **Экскреторная функция** (выделительная) осуществляется за счет транспорта конечных продуктов обмена веществ (мочевины, мочевой кислоты и др.) и лишних количеств солей и воды от тканей к местам их выделения (почки, потовые железы, легкие, кишечник).
- **Водный баланс тканей** зависит от концентрации солей и количества белка в крови и тканях, а также от проницаемости сосудистой стенки.
- **Регуляция температуры тела** осуществляется за счет физиологических механизмов перераспределению крови в сосудистом русле, способствующих быстрому При поступлении крови в капилляры кожи теплоотдача увеличивается, переход же ее в сосуды внутренних органов способствует уменьшению потери тепла.

- Одним из важнейших свойств крови является ее **способность свертываться**, что при травмах предохраняет организм от кровопотери.
- **Регуляторная функция** заключается в том, что поступающие в кровь продукты деятельности желез внутренней секреции, пищеварительные гормоны, соли, ионы водорода и др. через центральную нервную систему и отдельные органы (либо непосредственно, либо рефлекторно) изменяют их деятельность.

## Защитные функции крови.

- ◎ **фагоцитарная** — лейкоциты крови способны пожирать чужие клетки и инородные тела, попавшие в организм.
- ◎ **иммунная** — в ответ на поступление микроорганизмов или их токсинов в крови образуются антитела с помощью лимфоцитов, которые обеспечивают **клеточный или гуморальный иммунитет.**
- ◎ **гемостатическая** Гемостаз — это способность крови свертываться в месте ранения кровеносного сосуда, тем самым останавливая кровотечение.

## Количество крови в организме.

- Общее количество крови в организме взрослого человека составляет в среднем **6—8%**, или **1/13**, массы тела, т. е. приблизительно **5—6 л.** У детей количество крови относительно больше: у новорожденных оно составляет в среднем 15% от массы тела, а у детей в возрасте 1 года — 11%. В физиологических условиях не вся кровь циркулирует в кровеносных сосудах, часть ее находится в так называемых кровяных депо (печень, селезенка, легкие, сосуды кожи). Общее количество крови в организме сохраняется на относительно постоянном уровне.

## Вязкость и относительная плотность (удельный вес) крови.

- ◎ **Вязкость крови** обусловлена наличием в ней **белков** и красных кровяных телец — **эритроцитов**. Если вязкость воды принять за 1, то вязкость плазмы будет равна **1,7—2,2**, а вязкость цельной крови около **5,1**.
- ◎ **Относительная плотность крови** зависит в основном от количества эритроцитов, содержания в них гемоглобина и белкового состава плазмы крови. Относительная плотность крови взрослого человека равна **1,050—1,060**, плазмы — **1,029—1,034**.

# Состав крови.

- Периферическая кровь состоит из жидкой части — **плазмы** и взвешенных в ней форменных элементов или **кровяных клеток** (эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов)
- **Объемные** соотношения **плазмы** и **форменных элементов** определяют с помощью **гематокрита**. В периферической крови **плазма** составляет приблизительно **52—58%** объема крови, а **форменные элементы** **42—48%**.

# Плазма крови, ее состав.

- В состав плазмы крови входят вода (90—92%) и сухой остаток (8—10%). Сухой остаток состоит из органических и неорганических веществ.
- К органическим веществам плазмы крови относятся:
  - 1) белки плазмы — альбумины (около 4,5%), глобулины (2—3,5%), фибриноген (0,2—0,4%). Общее количество белка в плазме составляет 7—8%;
  - 2) небелковые азотсодержащие соединения (аминокислоты, полипептиды, мочевины, мочевая кислота, креатин, креатинин, аммиак). Общее количество небелкового азота в плазме (так называемого остаточного азота) составляет 11—15 ммоль/л (30—40 мг%). При нарушении функции почек, выделяющих шлаки из организма, содержание остаточного азота в крови резко возрастает;
  - 3) безазотистые органические вещества: глюкоза — 4,4—6,65 ммоль/л (80—120 мг%), нейтральные жиры, липиды;
  - 4) ферменты и проферменты: некоторые из них участвуют в процессах свертывания крови и фибринолиза, в частности протромбин и профибринолизин. В плазме содержатся также ферменты, расщепляющие гликоген, жиры, белки.



## Роль белков плазмы.

- - Белки обуславливают онкотическое давление. В среднем оно равно 26 мм рт.ст.
- - Белки, обладая буферными свойствами, участвуют в поддержании кислотно-основного равновесия внутренней среды организма
- - Участвуют в свертывании крови
- - Гамма-глобулины участвуют в защитных (иммунных) реакциях организма
- - Повышают вязкость крови, имеющую важное значение в поддержании АД
- - Белки (главным образом альбумины) способны образовывать комплексы с гормонами, витаминами, микроэлементами, продуктами обмена веществ и, таким образом, осуществлять их транспорт.
- - Белки предохраняют эритроциты от агглютинации (склеивание и выпадение в осадок)
- - Глобулин крови – эритропоэтин – участвует в регуляции эритропоэза
- - Белки крови являются резервом аминокислот, обеспечивающих синтез тканевых белков

# Лейкоциты и их функции.

- Увеличение числа лейкоцитов (лейкоцитоз) встречается и у здорового человека, т.е. может быть физиологическим.
- пищеварительный – после приема пищи;
- нейрогенный – при стрессах;
- миогенный – при физических нагрузках;
- статический – при вертикальном положении тела;
- возрастной – в периоды прорезывания зубов (у детей в возрасте 6-7 месяцев и 6-7 лет;
- лейкоцитоз беременных.

Все лейкоциты делятся на

- ◎ **гранулоциты** — нейтрофилы, эозинофилы, базофилы
- ◎ **агранулоциты** — лимфоциты и моноциты.

Лейкоциты содержат ядра, способны к хемотаксису, синтезируют антитела и живут от нескольких часов до нескольких дней. Процентное соотношение различных видов лейкоцитов к их общему числу называют **лейкоцитарной формулой**, которую определяют при общем анализе крови.

- ◎ **Нейтрофилы** составляют **55 – 75%**, в том числе юные – 0-1%, палочкоядерные – 2-5%, сегментоядерные – 55-68%. Основные функции нейтрофилов: фагоцитоз, транспорт антител, синтез биологически активных веществ, которые улучшают регенерацию тканей и стимулируют деление клеток.
- ◎ **Эозинофилы** – **1-5%**, удаляют избыток гистамина в клетках через легкие и кишечник. Количество эозинофилов зависит от функции коры надпочечников. При их гиперфункции, т.е. при стрессах число эозинофилов снижается, а при аллергических состояниях – приступ бронхиальной астмы – увеличивается.
- ◎ **Базофилы** – до **1%**. Синтезируют гепарин и гистамин, т.е. имеют отношение к свертыванию крови и аллергическим реакциям.

- ◎ **Лимфоциты – 25-30%.** Имеют крупные ядра, окруженные тонким ободком цитоплазмы. Функция лимфоцитов тесно связана с выработкой иммунитета. Они не только образуют антитела, но и доставляют их к месту воспаления. Кроме того, лимфоциты инактивируют токсины любого происхождения.

По своей активности лимфоциты делятся на:

- **тимус-зависимые (Т-лимфоциты)**
- **бурса-зависимые (В-лимфоциты).**

**Т-лимфоциты** обеспечивают клеточный иммунитет и распознают чужеродные клетки как бы при личной встрече с ними. Среди Т-лимфоцитов выделены клетки киллеры, хелперы, супрессоры и др.

**В-лимфоциты** создают гуморальный иммунитет. Они сидят в лимфоидных органах и реагируют на антигены, принесенные другими клетками; образуют на них антитела, которые поступают в кровь. У всех у них свои определенные функции в процессе выработки иммунитета. Число лимфоцитов изменяется при заболеваниях, например, при лучевой болезни – уменьшается, а при туберкулезе – **увеличивается.**

- ◎ **Моноциты – 6-8%.** Это крупные клетки крови, способные самостоятельно уничтожает не только бактерии, их токсины, но и продукты распада клеток и тканей.

● **Лейкоцитарная формула** является одним из показателей состояния иммунной системы, а также процесса лейкопоэза (процесса образования лейкоцитов). При увеличении количества молодых форм нейтрофилов говорят о сдвиге лейкоцитарной формулы влево, а при увеличении зрелых форм – сегментоядерных нейтрофилов – о сдвиге вправо.

## Тромбоциты, их функции.

- Количество тромбоцитов в крови здорового человека не является стабильным и изменяется в зависимости от пола, возраста, времени суток, физической нагрузки, приема пищи, состояния ЦНС и т. д. Продолжительность жизни тромбоцитов – 8-11 дней. Основная функция тромбоцитов – участие в свертывании крови. Это возможно благодаря наличию в тромбоцитах специальных веществ – коагулянтов. Тромбоциты способны приклеиваться в местах повреждения сосудистой стенки и образуют здесь тромбоцитарную пробку, в результате чего из мелких сосудов прекращается кровотечение.



# В процессе сосудисто-тромбоцитарного гемостаза

- ❖ Спазм мелких сосудов в месте повреждения – за счет освобождения серотонина из разрушенных тромбоцитов.
- ❖ Внутрисосудистая агрегация тромбоцитов – их скучивание и склеивание с образованием пробки. Для этого тромбоциты содержат коллаген, тромбин, серотонин. С их помощью происходит образование мостиков между тромбоцитами, но при повышении АД пробка может смыться током крови.
- ❖ Стадия необратимой агрегации увеличивает надежность гемостаза, так как под влиянием фермента тромбостенина происходит сжатие и уплотнение тромбоцитарной пробки.

- Тромбоциты обеспечивают также питание сосудистой стенки (ангиотрофическая функция), так как при тромбоцитопении наблюдается повышенная ломкость сосудов. Тромбоциты участвуют в регуляции тонуса сосудистой стенки (из-за наличия серотонина) и в реакциях фагоцитоза (из-за способности активно передвигаться). В норме содержание тромбоцитов в крови составляет 180-380 тысяч в  $1 \text{ мм}^3$  крови. Тромбоциты содержат собственные факторы коагуляции крови (известно 12, обозначаются арабскими цифрами) и антикоагулянты (например, антигепариновый фактор).

# Основные факторы свертывания

- **Свертывание крови** – это процесс перехода растворимого белка плазмы крови – фибриногена в нерастворимое состояние – фибрин, что ведет к образованию тромба и остановке кровотечения. Факторы свертывания крови, т.е. коагулянты, содержатся в плазме крови, в форменных элементах и тканях. В основном, это – ферменты, которые находятся в неактивном состоянии, синтезируются в печени и для этого необходим витамин К. Плазменные факторы участвуют в коагуляционном гемостазе, их известно 15, в литературе обозначаются римскими цифрами.

- Фактор 1 – фибриноген – белок плазмы крови, 0,2- 0,3 г/л.
- Фактор 2 – протромбин – неактивный фермент, превращается в тромбин под действием протромбиназы.
- Фактор 3 – тромбопластин (неактивная протромбиназа).
- Фактор 4 – ионы кальция.
- Фактор 5 и 6 – проакцелерин и акцелерин – белки, активирующиеся тромбином.
- Фактор 7 – проконвертин, белок, который участвует в формировании протромбиназы.
- Фактор 8 – антигемофильный глобулин А, при отсутствии которого возникает истинная гемофилия.
- Фактор 9 – антигемофильный глобулин В, необходим для активации факторов 7 и 10.
- Фактор 10 – фактор Проуэра-Стюарта, входит в состав протромбина.
- Фактор 11 – предшественник тромбопластина, активирует фактор 9.
- Фактор 12 – фактор контакта (Хагемана) – необходим для образования протромбиназы в процессе гемостаза, а также для фибринолиза.
- Фактор 13 – фибринстабилизирующий фактор.
- Факторы 14 и 15 участвуют в процессе фибринолиза.

# Группы крови и резус фактор.

## Переливание крови

- То, что жизнь тесно связана с кровью, что человек от большой кровопотери погибает, не вызывало сомнений в самые древние времена. С кровью связывали даже такие качества, как смелость, силу и выдержку, поэтому в древности пили кровь, чтобы их приобрести.
- Идея замены потерянной или старой, "больной" крови молодой и здоровой возникла еще в XIV-XV веках. Вера в переливание крови была очень велика. Так, глава католической церкви папа Иннокентий VIII, будучи дряхл и немощен, решился на переливание крови, хотя это решение находилось в полном противоречии с учением церкви. Переливание крови Иннокентию VIII было произведено в 1492 г. от двух юношей. Результат его был неудачным: больной погиб от "дряхлости и немощности", а юноши - от эмболии.

- Если вспомнить, что анатомо-физиологические основы кровообращения были описаны Гарвеем только в 1728 г., то станет понятно, что до этого переливание крови практически не могло быть осуществлено.
- В 1666 г. Лоуер опубликовал результаты экспериментов по переливанию крови животным. Эти результаты были настолько убедительны, что придворный врач Людовика XIV Дени и хирург Эмерец в 1667 г. повторили эксперименты Лоуера на собаках и перелили кровь ягненка тяжелобольному. Несмотря на несовершенную методику, больной выздоровел. Ободренные этим успехом, Дени и Эмерец сделали переливание крови ягненка второму больному. На этот раз больной умер.
- На судебном процессе в качестве арбитра выступала Французская академия наук, представители которой не сочли возможным обвинить Дени и Эмереца в применении недостаточно изученного метода, так как это затормозило бы развитие проблемы переливания крови. Однако арбитры не признали действия Дени и Эмеренца правильными и сочли необходимым ограничить практическое применение переливания крови, так как это передало бы в руки различных шарлатанов, которых было так много среди врачей, чрезвычайно опасный метод. Метод был признан перспективным, но требующим в каждом частном случае специального разрешения академии. Это мудрое решение не закрывало возможности дальнейшего экспериментального изучения метода, но ставило значительные препятствия на пути практического решения проблемы переливания крови.

- В 1679 г. Мерклин, а в 1682 г. Эттенмюллер сообщили о результатах своих наблюдений, согласно которым при смешивании крови двух индивидуумов иногда происходит агглютинация, что указывает на несовместимость крови. Несмотря на неизученность этого феномена, в 1820 г. Бландель (Англия) успешно осуществил переливание крови от человека человеку.
- В XIX в. было выполнено уже около 600 переливаний крови, но большая часть больных при переливании погибла. Поэтому не без причины немецкий хирург Р. Фолькман (R.Volkman) в 1870 г. иронически заметил, что для переливания крови необходимы три барана - один, который дает кровь, второй, позволяющий ее себе перелить, и третий, осмеливающийся это сделать. Причиной многих смертельных исходов была групповая несовместимость крови.
- Большим препятствием к переливанию крови являлось быстрое ее свертывание. Поэтому Бишофф в 1835 г. предложил переливать дефибринированную кровь. Однако после переливания такой крови возникало много тяжелых осложнений, поэтому метод не получил распространения.



- В 1880 г. Г. Гайем опубликовал работы по изучению причин смерти от кровопотери. Автор ввел понятие об относительном и абсолютном малокровии и доказал, что при абсолютном малокровии только переливание крови может спасти животное от гибели. Так переливание крови получило научное обоснование.
- Однако агглютинация и свертываемость крови продолжали препятствовать применению переливания крови. Эти препятствия были устранены после открытия К. Ландштейнером и Я. Янским (1901-1907) групп крови и предложения В. А. Юревича, М. М. Розенгарта и Гюстена (1914) использовать цитрат натрия для предупреждения свертывания крови. В 1921 г. классификация групп крови Я.Янского была принята как международная.
- В России первые работы о переливании крови появились в 1830 г. (С. Ф. Хотовицкий). В 1832 г. Вольф впервые успешно перелил кровь больной. Последовало большое количество работ по проблеме переливания крови (Н. Спасский, Х. Х. Саломон, И. В. Буяльский, А. М. Филомафитский, В. Сутугин, Н. Раутенберг, С. П. Коломнин и др.). В трудах ученых освещались вопросы показаний, противопоказаний и техники переливания крови; предлагались аппараты для его осуществления и др.



- В 1848 г. А. М. Филомафитский впервые изучил механизм действия перелитой крови, он же изготовил специальный аппарат для переливания крови. И. М. Сеченов в экспериментах установил, что переливание крови оказывает не только замещающее, но и стимулирующее действие. В. Сутугин уже в 1865 г. опубликовал результаты опытов на собаках с переливанием дефибринированной и консервированной при температуре 0°С крови, т. е. впервые поставил и разрешил вопрос о возможности консервирования крови.
- После гражданской войны в нашей стране пробудился интерес к переливанию крови. С. П. Федоров приступил к разработке вопросов переливания крови. В 1919 г. его ученик А. Н. Шамов произвел первое переливание крови с учетом групповой принадлежности, а в 1925 г. другой его ученик Н. Н. Еланский опубликовал монографию о переливании крови.

- В 1926 г. А. А. Богданов в Москве организовал Центральный институт переливания крови. С тех пор в стране начала развиваться широкая сеть республиканских, областных и районных станций и кабинетов переливания крови. Большую роль в развитии проблемы переливания крови в СССР сыграли А. А. Богомолец, С. И. Спасокукоцкий, М. П. Кончаловский и др. Советские ученые первыми в мире разработали новые методы трансфузиологии; переливание фибринолизной - трупной (В. Н. Шамов, 1929; С. С. Юдин, 1930), плацентарной (М. С. Малиновский, 1934) и утилизированной крови (С. И. Спасокукоцкий, 1935). В Ленинградском институте переливания крови Н. Г. Карташевский и А. Н. Филатов (1932, 1934) разработали методы переливания эритроцитной массы и нативной плазмы. В годы Великой Отечественной войны организованная служба переливания крови позволила спасти жизнь многим раненым.
- В наши дни медицину в целом нельзя представить без переливания крови. Разработаны новые методы переливания крови, консервирования крови (замораживание при ультранизкой (-196°C) температуре), длительного ее хранения при температуре -70°C (в течение нескольких лет), созданы многие препараты крови и кровезаменители, внедрены методы использования компонентов крови (сухая плазма, антигемофильная плазма, антистафилококковая плазма, эритроцитная масса) и плазмозаменителей (поливинол, желатиноль, аминосол и др.) с целью ограничения переливания свежей и консервированной крови и по другим показателям. Создана искусственная кровь - перфторан.

- Группа крови определяется набором антигенов, которые содержатся в форменных элементах крови (эритроцитах, лейкоцитах, тромбоцитах) и белками плазмы данного индивидуума.
- К настоящему времени в крови человека обнаружено более 300 различных антигенов, образующих несколько десятков антигенных систем. Однако понятие о группах крови, которым пользуются в клинической практике, включает только эритроцитарные антигены системы АВ0 и резус-фактор, так как они наиболее активны и являются самой частой причиной несовместимости при гемотрансфузиях.
- Каждую группу крови характеризуют определенные антигены (агглютиногены) и агглютинины. На практике различают два агглютиногена в эритроцитах (их обозначают буквами А и В) и два агглютинина в плазме - альфа (α) и бета (β).

- Антигены (агглютиногены А и В) находятся в эритроцитах и во всех тканях организма, исключая мозг. Практическое значение имеют агглютиногены, расположенные на поверхности форменных элементов крови - с ними соединяются антитела, вызывая агглютинацию и гемолиз. Антиген 0 является слабым антигеном в эритроцитах и не дает реакции агглютинации
- Агглютинины ( $\alpha$   $\beta$ ) - белки плазмы крови; они находятся также в лимфе, экссудате и транссудате. Специфично соединяются с одноименными антигенами крови. В сыворотке крови человека нет антител (агглютининов) против антигенов (агглютиногенов), которые имеются в его же эритроцитах, и наоборот.

Группа	Агглютиноген в эритроцитах	Агглютинин в плазме крови или сыворотке
I(0)	Нет	$\alpha$ и $\beta$
II (A)	A	$\beta$
III (B)	B	$\alpha$
IV (AB)	AB	Нет

- Различные соотношения агглютининов и агглютиногенов позволили разделить кровь всех людей на 4 основные группы: I (0), II (A), III (B) и IV (AB). Соотношение агглютиногенов и агглютининов в четырех группах, а отсюда и совместимость крови при переливании представлены в следующей таблице:
- Полные обозначения групп крови следующие:
  - • I группа - 0(I) α β
  - • II группа - A(II)β
  - • III группа - B(III)α
  - • IV группа - AB(IV)0

- Учение о группах крови имеет огромное значение для переливания крови, так как несоблюдение групповой совместимости влечет за собой тяжелые осложнения, которые могут закончиться смертью. Объясняется это тем, что донорские эритроциты могут склеиваться в комочки, которые закупоривают мелкие сосуды и нарушают кровообращение. Склеивание эритроцитов - агглютинация - происходит в том случае, если в эритроцитах донора имеется склеиваемое вещество - агглютиноген, а в плазме крови реципиента находится склеивающее вещество - агглютинин. Склеивание произойдет тогда, когда встречаются одноименные вещества: если агглютиноген А встречается с агглютинином а, а агглютиноген В - с агглютинином β.
- Изучение групп крови позволило разработать правила ее переливания. Лица, дающие кровь, называются донорами, а лица, получающие ее, - реципиентами. При переливании крови строго учитывают совместимость групп крови.