

# Кровь. Состав крови. Кровообращение

Лекция 5-6

# Жидкая среда организма

- Кровь
- Лимфа
- Тканевая жидкость

# Эволюция внутренней среды организма

- У многоклеточных животных большая часть клеточных элементов не соприкасается непосредственно с внешней средой.
- Простейшие организмы, такие, как губки, в процессе эволюции приобрели специальные каналы, по которым вода прокачивается через тело.

- *Следующим этапом являются кишечнополостные и низшие черви. У них возникает уже обособленная внутренняя среда, заполняющая межклеточные каналы тела. В этом случае окружающая животных вода заполняет пищеварительную полость и затем поступает в межклеточные каналы. Жидкость межклеточных каналов называют гидролимфой. По своему составу она мало отличается от окружающей среды. Таким образом, у этих организмов появляется уже гастроваскулярная система циркуляции.*

- *Дальнейшее усложнение состава внутренней среды, ее обособленность и относительное постоянство отмечаются у членистоногих и моллюсков. С появлением незамкнутой (лакунарной) сосудистой системы и пульсации стенок сосудов находящаяся в них жидкость - гемолимфа - проталкивается по сосудам и заполняет межклеточные пространства. Эти пространства представляют специальные резервуары - лакуны.*
- *Среди членистоногих, имеющих аппарат дыхания, гемолимфа осуществляет уже транспорт не только питательных веществ, но и газов. В ней присутствуют дыхательные пигменты, содержащие железо и медь (гемоглобин, гемоцианин). Дыхательных пигментов не обнаруживается в крови насекомых, высокоорганизованных сложно устроенных животных, способных поддерживать высокий уровень метаболической активности. Тело их пронизано системой трахеальных трубочек, и проходящий по ним воздух отдает кислород непосредственно клеткам тканей. Главная же функция крови у них - доставка питательных веществ, метаболитов и гормонов, которые у насекомых особенно важны для роста, линьки и т.д.*

- У олигохет, полихет, пиявок, форонид, немертин, головоногих моллюсков, голотурий, иглокожих, позвоночных возникает замкнутая система сосудов с циркулирующей в них кровью. Вместе с тем кровь и межклеточная тканевая жидкость по составу и функциям представляют две самостоятельные системы. Кровь содержит специализированные клетки, белки, органические вещества, дыхательные пигменты, соли. Тканевая жидкость играет роль посредника в обмене веществ между клетками тканей и циркулирующей кровью, в связи с чем состав ее непрерывно обновляется. У отдельных беспозвоночных (черви, осьминоги, морские звезды) кровь вместе с тканевой жидкостью образуют гидравлический скелет, назначением которого является осуществление двигательных актов. Для того чтобы гидравлический скелет мог работать, жидкость должна быть заключена в ограниченное пространство и мышечная сила использоваться для создания давления в этой жидкости. Роль

- Помимо крови и тканевой жидкости позвоночным присущ еще третий тип жидкой внутренней среды - лимфа.
- Она циркулирует в специальной системе сосудов, в результате чего отделена от межклеточной тканевой жидкости эндотелиальной стенкой. Между всеми тремя жидкостями внутренней среды у позвоночных существует постоянный обмен, направленный на непрерывное поступление к клеткам необходимых веществ и удаление продуктов жизнедеятельности

# Гомеостаз

- Под гомеостазом сейчас понимаются:
- согласованные физиологические процессы, поддерживающие большинство устойчивых состояний организма
- регулирующие механизмы, которые обеспечивают это состояние.
- **Многие из отдельных механизмов, особенно касающихся регуляции внутри- и внеклеточных взаимоотношений, оказывают в ряде случаев уравновешивающие друг друга взаимопротивоположные воздействия.**





- это приводит к установлению в организме подвижного физиологического фона
- позволяет живой системе несмотря на сдвиги, возникающие в процессе жизнедеятельности и изменения в окружающей среде, поддерживать относительное динамическое постоянство.

# Границы гомеостаза

- могут быть жесткими и пластичными.
- Их показатели зависят от видовых, индивидуальных, половых и других условий.
- Жесткими константами являются параметры внутренней среды, которые определяют оптимальную активность ферментов, т.е. возможность осуществления обменных процессов.

- Гомеостаз обеспечивают многие (если не все) физиологические системы организма рыб - органы выделения, дыхания, пищеварения, кровообращения и др.
- Механизм поддержания гомеостаза у рыб не так совершенен (из-за их эволюционного положения), как у теплокровных животных. Поэтому пределы изменения констант внутренней среды организма у рыб шире, чем у теплокровных животных.

# В 1939 г. Г.Ф. Ланг

- *предложил объединить кровь, регулирующий нейрогуморальный аппарат, и органы, в которых происходит образование клеток крови и их разрушение, - костный мозг, вилочковую железу, лимфатические узлы, селезенку и печень - ввиду тесной их связи под общим понятием система крови. Компоненты этой системы осуществляют непосредственный контакт с кровяным руслом. Такое взаимоотношение обеспечивает не только транспорт клеток, но и поступление различных гуморальных факторов из крови в кроветворные органы.*

# Кроветворение у рыб

- специфично не только по интенсивности, но и по локализации процесса.
- Постоянное присутствие в крови незрелых форм эритроцитов и белых клеток свидетельствует о том, что гемопоэз у рыб протекает очень интенсивно.

- У рыб отсутствует красный костный мозг - основной орган кроветворения высших позвоночных. У рыб функцию гемопоэза выполняют другие органы. К ним относятся почки, сердце, жабры, селезенка, образования лимфоидной ткани.

- **Почки у рыб выполняют не только выделительную, как у других позвоночных, но и кроветворную функцию.** Например, у сеголетков карпа в гистоструктуре почек 60 % площади приходится на ретикулярный синцитий и только 40 % - на выделительные каналы. Наиболее активный гемопоэз у карповых рыб, некоторых окуней и сомов происходит в периферической части почек.
- **У большинства рыб повышенная кроветворная активность зафиксирована в каудальной и головной частях почки.**

- Селезенка рыб обеспечивает образование клеток эритроидного ряда. Поэтому селезенка функционально напоминает красный костный мозг высших позвоночных. Многие исследователи считают селезенку и органом лимфогранулопоэза.
- Сердце рыб внутри выстлано однослойным плоским эпителием, который также причастен к процессу кроветворения, как и эндотелий кровеносных сосудов рыб



- Наличие лимфоидных образований в слизистой пищеварительной трубки рыб позволяет ассоциировать с кроветворением и желудочно-кишечный тракт.
- Однако многие исследователи считают, что это лимфоидные образования являются резервуарами белых клеток, за счет которых происходит постоянное пополнение пула белой крови, циркулирующей по сосудам.

# В процессе образования белой крови

- Важное место отводится тимусу и лимфоидному органу.
- Тимус имеет различное расположение и морфологию у разных видов рыб. Так, например, у скатов он хорошо оформлен и расположен позади брызгальца. У щуки и угря тимус представлен уплотнением медиальной стенки жаберной полости,

- В отличие от млекопитающих тимус у рыб функционирует всю жизнь. Он имеет корковый и мозговой слои. Мозговой слой отвечает за образование Т-лимфоцитов.
- Эндокринная функция тимуса рыб не изучена.

- Лимфоидный орган представляет собой скопление лимфоидной ткани и располагается у костистых рыб за черепом, перед почками. Элементы лимфоидного органа заполняют пространства между позвонками и укрыты соединительной тканью.
- У осетровых рыб лимфоидный орган находится под крышей черепа

- Он представляет собой парное, почти округлое образование, у трехлетней белуги его масса достигает 0,8 % массы тела. На гистосрезках лимфоидного органа всегда присутствуют нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, тромбоциты и даже незрелые эритроциты, т. е. лимфоидный орган причастен к процессу формирования всех клеток крови.

# Кровь

- - это сложная по своему химическому составу жидкая подвижная ткань, выполняющая разнообразные физиологические функции.
- Кровь не соприкасается непосредственно с клетками органов (исключение составляют органы кроветворения - костный мозг и селезенка).
- Из плазмы крови образуется тканевая (межклеточная) жидкость, которая играет роль непосредственной питательной среды клеток.
- Состав и свойства тканевой жидкости специфичны для отдельных органов и соответствуют их структурным и физиологическим особенностям.

- Кровь вместе с тканевой жидкостью и лимфой являются универсальной внутренней средой организма. Таким образом, внутренняя среда организма представлена кровью, тканевой жидкостью и лимфой, которые тесно связаны между собой.

# кровь рыб

- имеет существенные физико-химические отличия. Общее количество крови в организме у рыб меньше, чем у теплокровных животных. Оно варьирует в зависимости от условий жизни, физиологического состояния, видовой принадлежности, возраста.
- Количество крови у костистых рыб составляет в среднем 2-3 % массы их тела. У малоподвижных видов рыб крови не более 2 %, у активных - до 5 %. В общем объеме жидкостей тела рыб кровь занимает незначительную долю



- *Как и у других животных, кровь у рыб делится на циркулирующую и депонируемую. Роль депо крови у них выполняют почки печень, селезенка, жабры и мышцы. Распределение крови по отдельным органам неодинаково. Так, например, в почках кровь составляет 60% массы органа, в жабрах -57, в сердечной ткани - 30, в красных мышцах - 18, в печени - 14 %. Доля крови в процентах от всего объема крови в организме рыб высока в почках и сосудах (до 60 %), белых мышцах (16 %), жабрах (8 %), красных мышцах(6 %).*

# Количество крови.

- Определение общего количества крови в теле рыбы сопряжено с целым рядом трудностей.
- *Поэтому точные данные о количестве крови трудно получить. Для определения объема крови вводят в кровяное русло известное количество красителя “Синий Эванса”, который связывается с белками крови, а потом определяют его концентрацию в пробе крови, по которой судят о ее количестве. Общее количество межклеточной жидкости определяют путем введения в организм полифруктозы - инсулина, для которого непроницаемы клеточные стенки. Инсулин и сахароза равномерно распределяются в межклеточной жидкости и плазме.*

- Общее количество крови у разных видов рыб различно и варьирует в широких пределах от 1,3 до 7,3% от массы тела.
- Коржуев обнаружил, что пресноводные костистые рыбы имеют меньше крови (в среднем 2,7%), чем морские костистые (4,1%), а объем крови активных пелагических рыб выше, чем малоподвижных донных рыб в 1,5-2 раза.

- Следует также отметить, что распределение крови в организме рыб неоднородно. Наибольшее количество крови обнаружено в сосудах и почках (60%), жабрах (57%), наименьшее в белых мышцах (0,72%) и пищеварительном тракте (1,4%).
- Красные мышцы и сердце по этому признаку занимают промежуточное положение (18-30%).

- Таким образом, количество крови в организме рыбы зависит от видовой принадлежности рыб, от экологических факторов, а распределение крови в организме рыб неоднородно.

# Плазма

- - жидкая часть крови, остающаяся после удаления форменных элементов и состоящая из растворенных в воде солей, белков, углеводов, биологически активных соединений, а также  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ . В плазме содержится около 90 % воды, 7-8 % белка, 1,1 % других органических веществ и 0,9 % неорганических компонентов. Осмотическое давление плазмы и сыворотки крови составляет 7,6 атм, рН плазмы артериальной крови в среднем 7,4.

- Спектр белков плазмы представлен типичными группами, т.е. альбуминами и глобулинами, однако как физиологическая норма, у рыб в плазме обнаруживаются и другие белки - гемоглобин, гептоглобин.
- *Например, из плазмы крови арктических видов рыб выделили группу гликопротеидов. играющих роль антифризов, т. е. веществ, препятствующих кристаллизации клеточной и тканевой воды и разрушению мембран.*

Морфологическая картина крови рыб имеет яркую классовую и видовую специфичность.

- Зрелые эритроциты у рыб крупнее, чем у теплокровных животных, имеют овальную форму и содержат ядро
- Наличием ядра объясняют большую продолжительность жизни красных клеток (до года), поскольку наличие ядра предполагает повышенную способность клеточной мембраны и цитозольных структур к реставрации.



- наличие ядра ограничивает способность эритроцита связывать кислород и адсорбировать на своей поверхности различные вещества.
- *Однако отсутствие эритроцитов в крови личинок угря, многих арктических и антарктических рыб свидетельствует о том, что функции эритроцитов у рыб дублируются другими структурами.*

- Гемоглобин рыб по своим физико-химическим свойствам отличается от гемоглобина других позвоночных. При кристаллизации он дает специфическую картину

- Количество эритроцитов в крови рыб в 5-10 раз меньше, чем в крови млекопитающих. У пресноводных костистых рыб их в 2 раза меньше чем, в крови морских рыб. Однако даже внутри одного вида возможны многократные изменения, которые могут быть вызваны факторами внешней среды и физиологическим состоянием рыбы.
- Увеличение количества незрелых форм эритроцитов связано с сезонным усилением обмена веществ, кровопотерями, а также с возрастными и половыми особенностями рыб. Так, у производителей наблюдается 2-3-кратное увеличение незрелых эритроцитов по мере созревания гонад, достигающее 15 % у самцов перед нерестом.

- В эволюции красных клеток крови рыб выделяют три этапа, каждый из которых характеризуется образованием морфологически довольно самостоятельных клеток - эритробласти, нормобластов и собственно эритроцита.
- *Эритробласт является самой незрелой клеткой эритроидного ряда. Эритробласты рыб можно отнести к средним и крупным клеткам крови, так как их размеры составляют от 9 до 14 мкм. Ядро этих клеток имеет красно-фиолетовый цвет (в мазке). Хроматин равномерно распределяется по ядру, образуя сетчатую структуру. При большом увеличении в ядре можно обнаружить от 2 до 4 ядрышек. Цитоплазма этих клеток резко базофильна. Она образует сравнительно правильное кольцо вокруг ядра.*

- Базофильный нормобласт образуется из эритробласта. Эта клетка имеет более плотное ядро меньшего размера, которое занимает центральную часть клетки.
- *Цитоплазма характеризуется слабовыраженными базофильными свойствами. Полихроматофильный нормобласт отличается еще меньшим, с резко очерченными краями ядром, которое несколько смещается от центра клетки. Другой его особенностью является то, что ядерный хроматин располагается радиально, образуя довольно правильные сектора в пределах ядра. Цитоплазма клеток в мазке имеет не базофильное, а грязно-розовое (светло-сиреневое) окрашивание. Оксифильный нормобласт имеет округлую форму с центрально расположенным округлым и плотным ядром. Цитоплазма располагается широким кольцом вокруг ядра и имеет хорошо различимую розовую*

- Эритроциты рыб завершают эритроидный ряд. Они имеют овальную форму с повторяющей их форму плотным ядром красно-фиолетового цвета. Хроматин образует скопления в виде специфических глыбок.
- *В целом зрелый эритроцит похож на оксифильный нормобласт как по характеру окраски ядра- и цитоплазмы в мазке, так и по микроструктуре протоплазмы. Его отличает лишь вытянутая форма.*
- Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) у рыб в норме составляет 2-10 мм/ч.

# Белые клетки крови (лейкоциты).

- Лейкоциты крови рыб представлены в большем количестве, чем таковые у млекопитающих.
- Для рыб характерен лимфоцитарный профиль, т. е. более 90 % белых клеток составляют лимфоциты.

- Фагоцитирующими формами являются моноциты и полиморфноядерные клетки. На протяжении жизненного цикла лейкоцитарная формула меняется под влиянием факторов внешней среды. Во время нереста снижается количество лимфоцитов в пользу моноцитов и полиморфноядерных клеток.
- В крови рыб присутствуют полиморфноядерные клетки (гранулоциты), находящиеся на разных стадиях зрелости. Родоначальником всех гранулоцитов следует рассматривать миелобласт



- Сегментоядерный гранулоцит представляет конечную стадию созревания миелобласта, т.е. является наиболее зрелой клеткой гранулярного ряда крови рыб. Его отличительной особенностью является сегментированное ядро. В зависимости
- от того, какой краской окрашиваются гранулы цитоплазмы, сегментоядерные

# Лимфоцит

- имеет красно-фиолетовое ядро различной формы (округлое, овальное, палочковидное, дольчатое), которое располагается в клетке асимметрично.

*Хроматин распределен в пределах ядра неравномерно. Поэтому на окрашенных препаратах в пределах ядра видны облаковидные структуры. Цитоплазма располагается асимметрично относительно ядра и часто образует псевдоподии, что придает клетке амёбовидную форму.*

# Лимфоцит рыб

- - мелкая клетка (5-10 мкм).
- При микроскопировании мазков крови лимфоциты можно спутать с другими мелкими клетками крови-тромбоцитами. При их распознавании следует учитывать различия в форме клеток, ядра и границ распределения цитоплазмы вокруг ядра. К тому же и окрашенность цитоплазмы у этих клеток неодинакова: у лимфоцитов она синяя, у тромбоцитов -- розовая.

# лимфоциты крови

- - неоднородная группа клеток, различающихся по морфофункциональным признакам.
- выделяют Т- и В-лимфоциты, которые имеют неодинаковое происхождение и свои собственные уникальные функции в реакциях клеточного и гуморального иммунитета.

- Моноцит - наиболее зрелая клетка ряда. Имеет крупное ядро красно-фиолетового цвета с относительно небольшим количеством хроматинового вещества. Форма ядра чаще неправильная. На окрашенных препаратах цитоплазма сохраняет дымчатость. Ухудшение условий содержания рыбы (гипоксия, бактериальная и химическая загрязненность водоема, голодание) приводит к увеличению фагоцитирующих форм.
- *В процессе зимовки карпа отмечают 2-16-кратный рост количества моноцитов и полиморфноядерных клеток при одновременном уменьшении на 10-30 % количества лимфоцитов. Таким образом, за физиологическую норму следует принимать показатели рыб, выращенных в хороших условиях.*

# Тромбоциты крови рыб.

- *Нет более противоречивой информации о морфологии и происхождении клеток крови, чем сведения о тромбоцитах рыб. Отдельными авторами существование этих клеток вообще отрицается. Однако более убедительной выглядит точка зрения о большом морфологическом разнообразии и высокой изменчивости тромбоцитов в организме рыб. Не последнее место в этом споре занимают особенности методических приемов при исследовании тромбоцитов.*