**КРОВЬ**

*Кровь* является составной частью системы крови, которая включает 1) кровь, 2) органы кроветворения, 3) лимфу. Все компоненты системы крови развиваются из мезенхимы. Кровь локализуется в кровеносных сосудах и сердце, лимфа – в лимфатических сосудах. (*к органам кроветворения относятся красный костный мозг, тимус, лимфатические узлы, селезенка, лимфатические узелки пищеварительного тракта, дыхательных путей и других органов*). Между всеми компонентами системы крови имеется тесная генетическая и функциональная связь. Генетическая связь заключается в том, что все компоненты системы крови развиваются из одного и того же источника. Функциональная связь заключается в постоянной физиологической регенерации в органах кроветворения клеток крови погибших путем апоптоза или некроза, т.е. количество форменных элементов крови отличается постоянством.

**1. СТРОЕНИЕ КРОВИ**

Кровь относится к тканям внутренней среды и состоит из клеток и межклеточного вещества. Межклеточное вещество это плазма крови, к клеточным элементам относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

*Форменные элементы* крови составляют примерно 40-45%, все остальное – *плазма* крови. Количество крови в организме животных составляет от 6 до 10% массы тела.

*Функции крови*:

1) Транспортная, в том числе газообмен (дыхательная) и трофическая;

2) Терморегуляторная – распределение тепла между органами;

3) Гомеостатическая (поддержание постоянства внутренней среды);

4) Защитная;

5) Гемостатическая – при повреждении сосудистой стенки способность к образованию тромбов.

*Плазма крови* включает 90-93% воды, 6-7,5% белков, среди которых – альбумины, глобулины и фибриноген, антикоагулянты, а остальные 2,5-4% составляют другие органические вещества и минеральные соли. За счет солей поддерживается постоянное осмотическое давление плазмы крови. Если из плазмы крови удалить фибриноген, то останется сыворотка крови. Плазма крови имеет рН 7,36.

Количественные показатели соотношения плазмы крови и форменных элементов называется *гематокрит*.

**Эритроциты.** Эритроциты составляют в 1 л крови 4-8˟1012. Повышенное количество эритроцитов называется *эритроцитозом*, пониженное – *эритропенией*. У млекопитающих эритроциты утратили ядро, у птиц, пресмыкающихся и рептилий ядра сохранены.

*Форма эритроцитов.*80% составляют эритроциты в виде двояковогнутого диска - дискоциты, центральная часть эритроцита более светлая. У верблюда, ламы и оленя эритроциты имеют форму овала.

Кроме дискоцитов имеются и другие формы: 1) сфероциты – сферической формы; 2) стоматоциты – вогнутой внутрь формы; 3) эхиноциты – имеют множество мелких выростов; 4) овалоциты; 5) серповидной или другой формы.

Эритроцит – это постклеточная структура, в цитоплазме имеются элементы цитоскелета и единичные рибосомы. *Плазмолемма* эритроцита имеет толщину 20 нм. На поверхности плазмолеммы могут быть адсорбированы гликопротеиды, аминокислоты, протеины, ферменты, гормоны, лекарственные и другие вещества. На внутренней поверхности плазмолеммы локализованы гликолитические ферменты, Na-АТФ-аза, К-АТФ-аза. К этой поверхности прилежит гемоглобин.

*Плазмолемма эритроцита*состоит из липидов и белков примерно в одинаковом количестве, гликолипидов и гликопротеидов – 5%.

После гибели эритроцит фагоцитируется макрофагом в селезенке.

В крови животных имеется 1-5% молодых эритроцитов – ретикулоцитов. В них сохраняются остатки ЭПС, полисомы и митохондрии. (*при субвитальной окраске в ретикулоците видны остатки этих органелл в виде ретикулофиламентозной субстанции. От этого и произошло название молодого эритроцита – ретикулоцит*). В ретикулоцитах на остатках ЭПС осуществляется синтез белка глобина, необходимого для образования гемоглобина. Ретикулоциты дозревают в синусоидах красного костного мозга или в периферических сосудах.

*Продолжительность жизни* эритроцита составляет от 100 до 120 суток.

**2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕЙКОЦИТОВ**.

Лейкоциты с греческого – белые клетки. Их количество в 1 л крови составляет 4-10˟109. Повышенное количество лейкоцитов называется лейкоцитозом, пониженное – лейкопенией. Лейкоциты делятся на гранулоциты и агранулоциты. *Гранулоциты* характеризуются содержанием в их цитоплазме специфических гранул. *Агранулоциты* специфических гранул не содержат. Кровь окрашивается азур-эозином по Романовскому–Гимзе. Если при окраске крови гранулы гранулоцита окрашиваются кислыми красителями, то такой гранулоцит называется эозинофильным (ацидофильным); если основными – базофильным, если и кислыми, и основными – нейтрофильным.

Все лейкоциты имеют сферическую или шаровидную форму, все они передвигаются в жидкости при помощи ложноножек, все они циркулируют в крови непродолжительный срок (несколько часов), затем через стенку капилляров переходят в соединительную ткань или строму органов, где выполняют свои функции. Все лейкоциты выполняют защитную функцию.

**3. ГРАНУЛОЦИТЫ**

***Нейтрофильные гранулоциты –*** у животных с нейтрофильным профилем крови их количество составляет 65-70%. К таким животным относятся лошадь, олень, собака. Клеткиимеют диаметр в мазке крови 9-12 мкм. В их цитоплазме содержится 3 вида гранул: 1) азурофильные (неспецифические, первичные), или лизосомы, составляющие 10-20%; 2) специфические (вторичные), которые окрашиваются и кислыми, и основными красителями, составляющими 80%всех гранул и третичные 10%**.**

*Азурофильные гранулы* (лизосомы), в них содержатся протеолитические ферменты, имеющие кислую реакцию: миелопероксидаза, катионные белки, лизоцим. Миелопероксидаза обладает бактерицидной активностью. Лизоцим разрушает полисахариды бактериальной стенки.

*Специфические гранулы* (вторичные), содержат щелочную фосфатазу, лактоферрин. *Лактоферрин* 1) связывает молекулы Fe необходимое для жизнедеятельности бактерий и 2) угнетает дифференцировку молодых гранулоцитов. Щелочная фосфатаза расщепляет бактериальную ДНК.

Специфические третичные гранулы содержат лизоцим, желатиназу и воздействуют на внеклеточные объекты вызывая воспалительную реакцию.

*Цитоплазма* нейтрофильных гранулоцитов окрашивается слабо оксифильно, бедна органеллами, содержит включения гликогена и липидов.

*Ядра* нейтрофилов имеют различную форму. В зависимости от этого различают сегментоядерные, палочкоядерные и юные нейтрофилы.

*Сегментоядерные нейтрофильные* гранулоциты называются они так потому, что их ядра состоят из 2-5 сегментов, соединенных тонкими перемычками. В состав ядер входит гетерохроматин, ядрышек не видно.

*Палочкоядерные нейтрофильные* гранулоциты имеют ядро в виде изогнутой палочки, напоминающей русскую или латинскую букву S. Таких гранулоцитов в периферической крови содержится 3-5%.

*Юные нейтрофильные* гранулоциты составляют от 0 до 1%, самые молодые, имеют слабоокрашенное ядро бобовидной формы.

*Нейтрофилы выполняют ряд функций.* Нейтрофилы фагоцитируют бактерии, выделяют бактерицидные белки (лизоцим), убивающие бактерий. За способность нейтрофильных гранулоцитов выполнять фагоцитарную функцию И. И. Мечников назвал их микрофагами. Фагосомы в нейтрофилах обрабатываются сначала ферментами специфических гранул, а после этого сливаются с азурофильными гранулами (лизосомами) и подвергаются респираторному взрыву, что приводит к появлению активных форм кислорода (*пероксид кислорода, супероксида, гидроксильного радикала*). Это приводит к гибели и разрушению бактерии. Вместе с погибшими бактериями нейтрофилы образуют гнойные тельца.

*Продолжительность жизни* нейтрофилов составляет 8 суток, из которых они 8-12 часов циркулируют в крови, затем через стенку капилляров мигрируют в соединительную ткань и там до конца своей жизни выполняют определенные функции.

***Эозинофильные гранулоциты*.** Диаметр клеток 13-14 мкм, их количество в крови составляет от 0,5 до 5% у разных видов животных. В состав эозинофильных гранулоцитов входят специфические гранулы, способные окрашиваться только кислыми красителями. Форма гранул округлая или овальная. Гранулы содержат кристаллоид, имеющий форму плотной пластинки цилиндрической формы. Образован кристаллоид основным щелочным белком. Другие компоненты эозинофильных гранул это - кислая фосфатаза и пероксидаза.

*Цитоплазма эозинофильных* гранулоцитов содержит хорошо развитые органеллы общего значения, микротрубочки и микрофиламенты позволяют клетке перемещаться в зону повреждения. *Ядро клетки* имеет различную форму: сегментированную, палочковидную и бобовидную.

*Функция эозинофилов: 1)*Активно участвуют в аллергических и анафилактических реакциях при поступлении в организм чужеродных белков. Участие эозинофилов в аллергических реакциях заключается в торможении выделения гистамина базофилами и тучными клетками. 2) Эозинофилы являются важным фактором противопаразитарной защиты, выделяя главный основной белок и белки перфорины которые разрушают кутикулу личинок или стенку простейших. 3) Обладают антибактериальным действием, т.к. имеют слабую фагоцитарную активность.

*Продолжительность жизни* эозинофильных гранулоцитов составляет 8-12 суток, в периферической крови циркулируют 7-12 часов.

***Базофильные гранулоциты*.** Имеют диаметр 11-12 мкм, их общее содержание в крови не превышает 1%. В их цитоплазме содержатся крупные базофильные гранулы, обладающие метахромазией. Метохромазия – это способность изменять цвет красителя. Таким образом, цвет гранул базофила фиолетово-вишневый. В состав гранул входят гепарин, гистамин, серотонин.

*Ядро* базофила слабо окрашивается, имеет слабодольчатую или овальную форму, контуры слабо выражены (*за гранулами ядро тяжело рассмотреть*). *В цитоплазме* базофилов органеллы общего значения слабо выражены, окрашивается она слабо базофильно, могут присутствовать липиды и гликоген.

*Функции базофильных гранулоцитов проявляются* в слабо выраженном фагоцитозе. На плазмолемме базофилов всегда сорбированы IgЕ. Если к иммуноглобулину Е присоединяется антиген, то он вызывает дегрануляцию клеток, т.е. выброс гистамина и серотонина, что приводит к отечности тканей вызывая аллергическую и анафилактическую реакцию. Основная функция базофилов связана с гепарином и гистамином. Благодаря им базофилы участвуют в регуляции местного гомеостаза. При выделении гистамина (это медиатор воспаления) повышается проницаемость основного межклеточного вещества и стенки капилляра. При выделении гепарина снижается свертываемость крови.

*Продолжительность жизни* базофильных гранулоцитов составляет в крови около 2 суток, в тканях они быстро погибают.

**4. АГРАНУЛОЦИТЫ**

***Лимфоциты,*** у животных с лимфоцитарным профилем крови, крс, овца, коза, свинья, кролик, кошка (*у нее 50% нейтрофилы и 50% лимфоциты*))составляют 50-65%. В зависимости от размеров лимфоциты подразделяются на малые (диаметр 6- 7 мкм), средние (диаметр 8-10 мкм) и большие (диаметр 12-15 мкм). В норме малых лимфоцитов содержится 80-90%, средних 10%. Большие лимфоциты в норме в периферической крови отсутствуют. Ядра лимфоцитов чаще круглые, реже вогнутые, гиперхромные, занимают основную часть клетки. Цитоплазма в виде узкого ободка, слабо базофильна, содержит небольшое количество органелл общего значения, не содержит гранул.

По происхождению и функции лимфоциты подразделяют на две основные популяции В- и Т-лимфоциты. В-лимфоциты составляют 30%, Т-лимфоциты 65%, остальные 5% это недифференцированные 0-лимфоциты и НК-клетки. Морфологически все клетки неразличимы, только НК-клетки в цитоплазме содержат азурофильные гранулы, поэтому их называют большие гранулированные лимфоциты.

**В-лимфоциты**. У млекопитающих образуются в красном костном мозге, у птиц в фабрициевой сумке (бурсе).

*Функция* В-лимфоцитов – выработка антител, т. е. иммуноглобулинов*.* Иммуноглобулины В-лимфоцитов являются их рецепторами. В-лимфоциты обеспечивают гуморальный иммунитет, трансформируясь при этом в плазматические клетки которые выделяют антитела и В-клетки памяти, обеспечивая эффективную гуморальную реакцию при повторном проникновении антител в организм.

**Т-лимфоциты**образуются в красном костном мозге, свою антигеннезависимую дифференцировку проходят в тимусе. Подразделяются на Т-киллеры, Т-хелперы и Т-супрессоры, NK-клетки, Т-клетки памяти.

Т-киллеры – участвуют в клеточном иммунитете, т. е. они уничтожают генетически чужеродные клетки или детерминанты (опухолевые, трансплантат, инфицированные вирусами или паразитами). Клетки выделяют белок *перфорин*, который образует каналы в плазмолемме клетки мишени. В эти каналы проникают специальные ферменты *гранзимы* которые разрушают внутриклеточные белки, что приводит клетку к апоптозу. В этот момент также в клетку устремляется вода которая приводит в осмотическому шоку клетку и некрозу. Т.е. процесс гибели клетки представляет собой смесь некроза и апоптоза.

Т-хелперы – 1) активизируют Т-киллеры и макрофаги запуская клеточную иммунную реакцию или процесс воспаления. 2) активизируют В-лимфоциты запуская гуморальный иммунитет.

Т-супрессоры – оказывают подавляющее действие на иммунный ответ, они выделяют лимфокины, которые снижают синтез антител В-лимфоцитами.

NK-клетки – это естественные киллеры, они распознают измененные белки на поверхности нормальных клеток, поэтому они относятся к клеткам противоопухолевого иммунитета.

Нулевые лимфоцитынедифференцированные и относятся к резервным лимфоцитам.

Продолжительность жизни Т-лимфоцитов составляет от нескольких месяцев до нескольких лет, В-лимфоцитов – от нескольких недель, до нескольких месяцев.

***Моноциты.*** Составляют 4-8%, их диаметр составляет 18-20 мкм, цитоплазма слабо базофильна, содержит органеллы общего значения, в том числе хорошо развитые первичные лизосомы, или азурофильные гранулы. *Ядро* чаще всего имеет бобовидную форму, реже – подковообразную или овальную. Моноциты циркулируют в крови от 36 часов до 4-х суток, затем мигрируют через стенку капилляров в окружающую ткань и там дифференцируются в макрофаги. Кроме типичных макрофагов в определенных тканях различают:

 - остеокласты – в костной ткани

 - микроглиоциты – в нервной ткани

- клетки «кормилки» - в красном костном мозге

- интердигитирующие и дендритные клетки – в лимфоидных образованиях

- клетки Купфера или звездчатые макрофаги – в печени

- клетки Лангерганса или внутриэпидермальные макрофаги – в коже

- клетки Сорокина или альвеолярные макрофаги – в легких

- мезангиальные клетки – в почках

- децидуальные клетки – в плаценте матери

Все эти макрофаги формируют в организме систему мононуклеарных фагоцитов.

Превращение моноцитов в макрофаги происходит путем увеличения клеток в размере, в них накапливаются лизосомы и белоксинтезирующая система и на поверхности клетки формируются новые рецепторы.

*Функции моноцитов (макрофагов)* – фагоцитоз разрушающихся клеток, представление лимфоцитам антигенов путем выделения на свою поверхность фагоцитированные чужеродные частицы которые распознают Т-лимфоциты, что запускает или усиливает иммунную реакцию. Макрофаги синтезируют интерлейкины, активизирующие Т- и В-лимфоциты, интерфероны, лизоцим и цитолитические факторы атакующие вирусы, бактерии и простейшие.

**Тромбоциты.** Составляют в 1 л 200-400х109. Представляют собой частицы цитоплазмы, отщепляющиеся от гигантских клеток красного костного мозга – мегакариоцитов. Диаметр тромбоцитов 2-3 мкм. Тромбоциты состоят из центральной части - грануломера или хромомера с выраженной зернистостью и периферической части – гиаломера имеющего гомогенное строение.

*Плазмолемма тромбоцитов* покрыта толстым слоем гликокаликса, содержит большое количество фосфолипидов и фосфопротеинов, что придает тромбоцитам отрицательный заряд.

Различают 5 разновидностей тромбоцитов: 1) юные; 2) зрелые; 3) старые; 4) дегенеративные; 5) гигантские. *Функция* тромбоцитов – участие в образовании тромбов при повреждении кровеносных сосудов.

**5. ОСОБЕННОСТИ КРОВИ У СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ**

*Крупный рогатый скот* – диаметр эритроцита 5,1 мкм, дискоидальной формы. Количество лимфоцитов составляет 54%, сегментоядерных нейтрофилов 25%, палочкоядерных нейтрофилов 6%. Число сегментов в сегментоядерных нейтрофилах – 4. Количество эозинофилов 7%, количество сегментов ядра – 2-3. Количество базофилов 0,5-1%, ядра имеют форму розетки. Количество моноцитов 7%.

*Лошадь* - диаметр эритроцита 5,6 мкм, дискоидальной формы. Количество лимфоцитов составляет 40%, сегментоядерных нейтрофилов 48-50%, палочкоядерных нейтрофилов 4%. Число сегментов в сегментоядерных нейтрофилах – 4. Количество эозинофилов 0,6%, количество сегментов ядра – 2-3, очень крупные оксифильные гранулы. Количество базофилов 0,6%, ядра имеют форму клевера. Количество моноцитов 3%.

*Кролик* - диаметр эритроцита 6 мкм, дискоидальной формы. Количество лимфоцитов составляет 60%, сегментоядерных нейтрофилов 30%, палочкоядерные нейтрофилы редкие. В цитоплазме нейтрофилов у кролика гранулы прокрашиваются оксифильно, поэтому их называют псевдоэозинофильными гранулоцитами. Количество эозинофилов 1%. Количество базофилов 5%. Количество моноцитов 4%.

*Собака* - диаметр эритроцита 5,6 мкм, дискоидальной формы. Количество лимфоцитов составляет 25%, сегментоядерных нейтрофилов 58%, палочкоядерных нейтрофилов 3%. Число сегментов в сегментоядерных нейтрофилах – 5. Количество эозинофилов 6%, количество сегментов ядра – 2-3. Количество базофилов 1%. Количество моноцитов 7%.

*Кошка* - диаметр эритроцита 5 мкм, дискоидальной формы. Количество лимфоцитов составляет 36-51%, сегментоядерных нейтрофилов 40%, палочкоядерных нейтрофилов 3%. Число сегментов в сегментоядерных нейтрофилах – 5. Количество эозинофилов 1%. Количество базофилов 0,1%. Количество моноцитов 1-4%.

*У кур* – эритроциты элипсоидной формы, содержат овальное ядро, диаметр эритроцитов 12х7,5 мкм. Количество эритроцитов в 1мм3 крови 3,5 млн. Цитоплазма эритроцитов резко оксифильна, ядро гиперхромное, органеллы отсутствуют. Продолжительность жизни 20-30 суток. У птицы отсутствуют регулярные естественные антитела в сыворотке крови, группу крови определяют на основании антигенного состава эритроцитов. Тромбоциты – вытянутой формы, в 1мм3 крови их количество составляет 20-45 тыс. Количество лимфоцитов 50%, сегментоядерных нейтрофилов 36%, их цитоплазма содержит крупные эозинофильные гранулы палочковидной формы, поэтому их называют псевдоэозинофилы. Палочкоядерные нейтрофилы редкие Количество моноцитов 6-7%, эозинофилов 4%, базофилов 3-4%.