**Введение в гематологию**

**Содержание лекции**

1. Определение гематологии как дисциплины. Предмет и задачи гематологии.
2. Исторические этапы развития гематологии. Вехи истории.
3. Понятие системы крови. Отличительные особенности крови. Функции крови: транспортная, регуляторная, защитная.
4. Состав крови млекопитающих. Плазма и сыворотка крови. Белки плазмы крови, их характеристика и функциональное значение.
5. Физико-химические показатели крови.

**1. Определение гематологии как дисциплины. Предмет и задачи гематологии**

**Гематология** — наука о строении и функции крови и кроветворных органов. Она изучает форменные элементы крови, их происхождение и развитие, как в эмбриональном, так и в постэмбриональном периоде, качественные и количественные изменения крови и кроветворных ор­ганов при физиологических и патологических состояниях организма, при заболеваниях системы крови.

***Задачи общей гематологии:***

1. Изучить строение и функции системы крови, схему и основы регуляции кроветворения, кинетику, морфологические, цито-, биохимические и функциональные особенности клеток крови.
2. Освоить методы исследования периферической крови, костного мозга, системы гемостаза.
3. Научиться дифференцировать клетки крови и костного мозга животных по морфологическим признакам.
4. Изучить механизмы и методы исследования свертывающей и противосвертывающей систем крови.

***Задачи частной гематологии:***

1. Изучить причины, механизмы, особенности клинико-лабораторной картины  нарушений сосудисто-тромбоцитарного и коагуляционного гемостаза.
2. Изучить этиологию, патогенез, особенности клинико-лабораторной картины  анемий, эритроцитозов, лейкоцитозов, лейкемоидных реакций, лейкопений, острых и хронических лейкозов, лимфом.
3. Изучить морфологию патологических форм эритроцитов и лейкоцитов, особенности картины периферической крови и костного мозга при гематологических заболеваниях.
4. Научиться дифференцировать бластные клетки крови и костного мозга по цитохимическим признакам.

Гематология как теоретическая наука о крови и тем более — клиническая гематология заняла в настоящее время такое положение, которое делает ее нужной и важной в любой медицинской специальности. Короче говоря, каждый врач-практик и теоретик в своей деятельности широко сталкивается с гематологией.

Кровь является внутренней средой организма со строго определенной морфологической структурой и многообразными функциями. Она подразделяется условно на две части: форменные элементы (эритроциты, лейкоциты и тромбоциты) и плазму, в состав которой входят белки, ферменты, гормоны, витамины и различные гуморальные   вещества.

Образование форменных элементов крови происходит в кроветворных органах, к которым относятся красный костный мозг, лимфатические узлы и селезенка. По истечении срока жизни клетки крови разрушаются в ретикуло-эндотелиальной системе. В физиологических условиях процессы кроветворения и кроверазрушения находятся в строгой координации, регулируемой сложными путями (гуморальным, гормональным, нервным) и обеспечивающей постоянство клеточного состава крови.

Поэтому Г. Ф. Ланг ввел понятие о «системе крови», в которую входят периферическая кровь, органы кроветворения и кроверазрушения,   а также нейро-гуморальный  аппарат их   регуляции.

Кровь как одна из важнейших систем организма играет большую роль в его жизнедеятельности. Благодаря широко развитой сети кро­веносных капилляров она приходит в соприкосновение с клетками всех тканей и органов, обеспечивая таким образом возможность питания и дыхания их. Находясь в тесном соприкосновении с тканями, кровь обладает всеми реактивными свойствами тканей, по ее чувствитель­ность к патологическим раздражениям выше и тоньше, а реактив­ность — выразительнее и рельефнее. Поэтому всякого рода воздейст­вия на ткани организма отражаются на состав и свойство крови.

Во многих случаях изменение состава крови является вторичным фактором, обусловленным нарушением физиологической деятельности различных систем и органов. Если изменения в крови сказываются на состоянии органов и тканей, то и изменения в функционировании этих органов приводят к изменениям в периферической крови, ее морфо­логических и других свойств. При нарушении функции органов и тканей, развитии патологических процессов меняется как биохимичес­кий, так и морфологический состав крови. Выздоровление же норма­лизует картину крови. В результате этого анализ крови имеет большое диагностическое значение. Гематологические исследования предсказы­вают появление первых, неясно выраженных клинических симптомов заболевания, сигнализируют об опасности рецидива, обеспечивают контроль над терапией и течением патологического процесса.

В медицине методом гемоанализа пользуются при самых разнооб­разных заболеваниях, в некоторых случаях результаты исследования крови составляют основу диагностики и прогноза. В ветеринарной же практике гематологические исследования пока не получили широкого применения.

Морфологический анализ крови и кроветворных органов имеет решающее дифференциально-диагностическое значение при за­болеваниях системы крови (гемобластозах, анемиях) у животных и птиц, используется при кровепаразитарных болезнях. Вместе с тем исследования крови при многих инфекционных, инвазионных и неза­разных болезнях, в хирургии и акушерстве могут дать цепные сведения относительно этиологии, патогенеза, диагностики, прогноза и врачеб­ного вмешательства, при определении иммунной реактивности животных. Не менее важное значение исследования крови имеют в зоотех­нической практике при объективной оценке интерьерных качеств жи­вотного, изучении генетики домашних животных, конституции и класс­ности, молочной и шерстной продуктивности.

В настоящее время установлены различные функции крови — дыхательная, защитная, участие в обменных процессах, гемостазе, а также нейро-гормональнои и физико-химической регуляции организма. Отсюда видно, насколько велико значение для организма «системы крови» в целом и как обширны и разносторонни задачи научной гематологии. Клиническая гематология ставит перед собой более узкую задачу — изучение различных патологических состояний, связанных прежде всего с нарушением морфологических   и   функциональных   свойств   кровяных   клеток.

Изучение заболеваний системы крови в настоящее время проводится на основе достижений функциональной гематологии и новейших данных о свертывающей системе крови, которые определили функциональную направленность современных гематологических исследований. Широкое внедрение в гематологическую практику таких современных методов исследования как радиобиология, авторадиография, химия нуклеиновых кислот, гематологическая генетика, вирусология, электронная микроскопия, гематологическая ферментология и пр. дали возможность более глубоко изучить процессы регуляции кроветворения и свертывания крови, а также правильно представлять аутоиммунные реакции и функциональные свойства кровяных элементов. Однако было бы неверным считать, что гематоморфологический метод является пройденным этапом, в известной мере «изжившим себя».

Недопустимо противопоставлять морфологическое направление в гематологии функциональному и наоборот, так как каждое из них имеет свои преимущества и дальнейшие перспективы применения. В клинической гематологии должен быть незыблемым принцип синтеза цитоморфологических и функциональных исследований, связанных между собой повседневной гематологической  практикой

[Ветеринарная гематология](https://moodle.molochnoe.ru/mod/forum/view.php?id=13486) как сравнительно молодая отрасль науки за последние десятилетия получила всеобщее признание и ши­рокое развитие. Этому во многом способствовало повсеместное изу­чение гемобластозов (лейкозов) сельскохозяйственных животных. Произведены фундаментальные исследования по изучению морфофункциональных изменений крови и органов кроветворения у разных видов животных.

**2. Исторические этапы развития гематологии. Вехи истории.**

**Исторические этапы развития гематологии**.

Началом гематологии как науки можно считать открытие в XVII веке эритроцитов в крови животных и людей и лейкоцитов. Тромбоциты были открыты в 1877—1878 годах. В 1892 году русский учёный И. И. Мечников обосновал учение о фагоцитозе; позже возникло учение о ретикуло-эндотелиальной системе (немецкий патолог Л. Ашофф).

Начальный клинический период развития гематологии характеризовался главным образом подробным описанием симптоматики и клинико-морфологической классификацией различных форм болезней системы крови. Изучение причин возникновения и механизмы развития болезней системы крови стало возможным после введения в 1870 году в лабораторную практику специальной камеры для подсчёта клеточных элементов крови и в 1878 году методов окраски крови.   
Систематическое описание гематологических заболеваний началось в XIX веке, хотя многие из них были известны значительно раньше.

Одна из ведущих проблем гематологии — учение о кроветворении. Крупнейшим фактором развития гематологии явилось создание в начале XX века унитарной теории кроветворения, согласно которой все клетки крови развиваются из тканевых ретикулярных клеток через стадию гемогистобласта и гемоцитобласта. Были опубликованы унитарные теории А. А. Максимова (1907-1917 гг.), А. Н. Крюкова (1909 г.), А. Паппенгейма (его умеренно-унитарная теория кроветворения является в настоящее время общепризнанной).

В 1930-1950-х гг. накопился фактический материал, дополняющий теорию А. А. Максимова. С учетом новых данных И. А. Кассирсикий и Г. А. Алексеев составили детализированный вариант схемы кроветворения, в которой развиваются принципы унитарной теории. В этой теории стромальная и кроветворная ткань имеют общего предшественника - стволовую кроветворную клетку. В начале 1970-х гг. были получены доказательства существования единой для всех ростков кроветворения полипотентной стволовой клетки, обнаружены промежуточные формы клеток-предшественников для каждого ростка кроветворения. С позиции унитарной теории объяснимы происхождение и механизм развития разнообразных системных сдвигов в соотношении форменных элементов. Были созданы и другие теории кроветворения: дуалистическая и триалистическая (полифилетическая).

Метод клинико-морфологического изучения болезней системы крови послужил основой создания т. н. классической гематологии, которая получила бурное развитие после введения важных диагностических методов - стернальной пункции в 1927 году и цитологической диагностики пунктатов лимфатических узлов, селезёнки, печени в 1938—1942 годах.

**Гематология сегодня**

На сегодняшний день гематология является одной из самых стремительно развивающихся медицинских специальностей. Разрабатываются и внедряются в клиническую практику высокотехнологичные, более информативные диагностические и лечебные методы. Для лечения заболеваний кроветворной системы применяются многокомпонентные программы, включающие в себя лекарственные средства, позволяющие полностью излечить опухоли, еще совсем недавно считавшиеся неизлечимыми.

Изданные работы по гематологии сельскохозяйственных животных (Васильев, 1948; Никитин, 1949, 1956, 1964; Кудрявцев, Кудрявцева, 1974) стали библиографической редкостью. Кроме того, oни не пол­ностью отражают современные достижения в области ветеринарной гематологии и особенно цитологии.

**ВЕХИ ИСТОРИИ**

1842 — А. М. Филомафитский (Россия) проводил исследования по переливанию крови. 1860—е — И. И. Мечников (Россия) разработал учение о защитной роли лейкоцитов. 1884 — М. В. Ненцкий (М.Nencki, Польша) установил структуру гема.

1872 — А. А. Шмидт, П. Моравиа, (Россия) заложили основы ферментативной теории свертывания крови.

1880 — К. Бернар (С. Bernard, Франция) рассматривал постоянство внутренней среды как «условие свободной жизни организма».

1883 — С. П. Боткин (Россия) установил, что при раздражении нервов, идущих к костному мозгу, увеличивается число эритроцитов.

1900 — К. Ландштейнер (К. Landsteiner, Австрия) открыл группы крови АВО у человека (Нобелевская премия за 1930 г.).

1907 — Я. Янский (J. Jansky, Чехия) открыл у человека четвертую группу крови и предложил классификацию групп крови (I—IV).

1908 — И. И. Мечников и П. Эрлих (Р. Ehrlich, Германия) — Нобелевская премия за создание теории иммунитета (клеточного и гуморального, соответственно).

1913 — Ш. Рише (Ch. Richet, Франция) — Нобелевская премия за открытие анафилаксии (1902).

1919 — Ж. Борде (J. Bordet. Бельгия) — Нобелевская премия за открытие антигенной специфичности.

1927 — А. А. Максимов (СССР) создал унитарную теорию кроветворения.

1928 — В. Н. Шамов (СССР) предложил переливание трупной крови.

1929 — Л. С. Штерн (СССР) сформулировала понятие гистогематического барьера и ввела этот термин.

1929 — У. Кеннон (W. Саnnon, США) сформулировал теорию гомеостаза.

1934 — Дж. Уипл (G. Whipple, США), Дж. Майнот (G. Minot, США) и У. Мерфи (W. Murphy, США) — Нобелевская премия за открытие метода лечения анемий введением печеночных экстрактов (содержавших, как выяснилось позднее, витамин Biz).

1936 — У. Касл (W. Castle, США) назвал все количество эритроцитов, находящееся в кровеносных сосудах и в костном мозгу, «эритроном».

1936 — Г. Ф. Ланг (СССР) сформулировал понятие «система крови». 1940 — К. Ландштейнер и А. Виннер (A. Winner, США) открыли резус—фактор.

1960 — М. Бернет (М. Burnet, Австралия) и П. Медавар (Р. Medawar, Великобритания) — Нобелевская премия за открытие приобретенной иммунологической толерантности.

1980 — Б. Бенасерраф (В. Benacerraf, США). Ж. Доссе (J. Dausset, Франция) и Дж. Снелл (G. Snell. США) — Нобелевская премия за открытие способа заменять дефектные гены и создавать новые популяции иммунных клеток.

**3. Понятие системы крови. Отличительные особенности крови. Функции крови: транспортная, регуляторная, защитная.**

***Кровь - это жидкая соединительная ткань, находящаяся в непрерывном циклическом движении и выполняющая в основном транспортные функции.***

Представление о крови как о системе было создано Г. Ф. Лангом в 1939 г. В эту систему были включены четыре компонента: а) периферическая кровь, циркулирующая по сосудам, б) органы кроветворения, в) органы кроверазрушения, г) регулирующий нейрогуморальный аппарат.

**Элементы системы крови**

Красный костный мозг: в позвоночнике и плоских костях, занимается кроветворением. В нём же – разрушение эритроцитов, повторное использование железа, синтез гемоглобина, накопление резервных липидов.

Тимус (вилочковая железа) заселяется Т-лимфоцитами из красного костного мозга, затем Т-лимфоциты размножаются (пролиферируются), усиливая свою дифференцировку и специализацию.

Селезёнка: 1) пролиферация и дифференциация лимфоцитов, синтез иммуноглобулинов. В-лимфоциты размножаются – действует антиген – активируется Т-лимфоцит – В-лимфоцит превращается в специальную плазматическую клетку для производства белка-иммуноглобулина; 2) разрушение эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов; 3) депонирование крови – выведение крови из организма и хранение её.

Лимфатические узлы: 1) депонирование лимфоцитов; 2) пролиферация и дифференциация лимфоцитов.

Печень: 1) детоксикация крови; 2) фильтрация; 3) нагревание; 4) разрушение эритроцитов; 5) депо для отдельных составных частей крови (антианемический фактор, витамины, железо, медь); 6) образует вещества, участвующие в свёртывании крови и антисвёртывающей системе.

В эмбриогенезе печень и селезёнка – органы кроветворения наряду с красным костным мозгом.

Система крови обладает рядом особенностей:

1) динамичностью, т. е. состав периферического компонента может постоянно изменяться;

2) отсутствием самостоятельного значения, так как все свои функции выполняет в постоянном движении, т. е. функционирует вместе с системой кровообращения.

Ее компоненты образуются в различных органах.

**Основные функции крови**

Основными функциями крови являются транспортная, защитная и регуляторная, остальные функции, приписываемые системе крови, являются лишь производными основных ее функций. Все три основные функции крови связаны между собой и неотделимы друг от друга.

*Транспортная функция.* Кровь переносит необходимые для жизнедеятельности органов и тканей различные вещества, газы и про­дукты обмена. Транспортная функция осуществляется как плазмой, так и форменными элементами. Последние могут переносить все вещества, входящие в состав крови. Многие из них переносятся в неизмененном виде, другие вступают в нестойкие соединения с различными белками. Благодаря транспорту осуществляется дыха­тельная функция крови. Кровь осуществляет перенос гормонов, питательных веществ, продуктов обмена, ферментов, раз­личных биологически активных веществ, солей, кислот, щелочей, катионов, анионов, микроэлементов и др. С транспортом связана и экскреторная функция крови — выделение из организма метаболитов, отслуживших свой срок или находящихся в данный момент в избытке веществ.

*Защитные функции.* Чрезвычайно разнообразны. С наличием в крови лейкоцитов связана специфическая (иммунитет) и неспе­цифическая (главным образом фагоцитоз) защита организма. В со­ставе крови содержатся все компоненты так называемой системы комплемента, играющей важную роль, как в специфической, так и неспецифической защите. К защитным функциям относится сохранение циркулирующей крови в жидком состоянии и остановка кровотечения (гемостаз) в случае нарушения целостно­сти сосудов.

*Гуморальная* *регуляция* деятельности организма. В первую очередь связана с поступлением в циркулирующую кровь гормонов, биологически активных веществ и продуктов обмена. Благодаря регуляторной функции крови осуществляется сохранение постоян­ства внутренней среды организма, водного и солевого баланса тканей и температуры тела, контроль за интенсивностью обменных процессов, регуляция [гемопоэз](https://moodle.molochnoe.ru/mod/resource/view.php?id=55242" \o "Гемопоэз)а и других физиологических фун­кций.

**4. Состав крови млекопитающих. Плазма крови. Белки плазмы крови, их характеристика и функциональное значение.**

Кровь является суспензий, так как состоит из взвешенных в плазме форменных элементов – лейкоцитов, тромбоцитов и эритроцитов. Общий объем крови у лошади составляет 9,8% массы тела, коровы — 8,1, свиньи — 4,6%. Соотношение плазмы и форменных элементов зависит от того, где находится кровь. В циркулирующей крови преобладает плазма – 50–60 %, содержание форменных элементов – 40–45 %. В депонированной крови, наоборот, плазмы – 40–45 %, а форменных элементов – 50–60 %. Для определения процентного соотношения плазмы и форменных элементов вычисляют гематокритный показатель.

**Форменные элементы крови**

К форменным элементам крови относятся эритроциты, лейкоциты и тромбоциты

**Плазма** составляет жидкую часть крови и является водно-солевым раствором белков. Состоит на 90–95 % из воды и на 8—10 % из сухого остатка. В состав сухого остатка входят неорганические и органические вещества. К органическим относятся белки, азотосодержащие вещества небелковой природы, безазотистые органические компоненты, ферменты.

Белки составляют 7–8 % от сухого остатка (что составляет 67–75 г/л) и выполняют ряд функций. Они отличаются по строению, молекулярной массе, содержанию различных веществ. При увеличении концентрации белков возникает гиперпротеинемия, при уменьшении – гипопротеинемия, при появлении патологических белков – парапротеинемия, при изменении их соотношения – диспротеинемия. В норме в плазме присутствуют альбумины и глобулины. Их соотношение определяется белковым коэффициентом, который равняется 1,5–2,0.

Альбумины – мелкодисперсные белки, молекулярная масса которых 70 000—80 000 Д. В плазме их содержится около 50–60 %, что составляет 37–41 г/л. В организме они выполняются следующие функции:

1) являются депо аминокислот;

2) обеспечивают суспензионное свойство крови, поскольку являются гидрофильными белками и удерживают воду;

3) участвуют в поддержании коллоидных свойств за счет способности удерживать воду в кровеносном русле;

4) транспортируют гормоны, неэтерефицированные жирные кислоты, неорганические вещества и т. д.

При недостатке альбуминов возникает отек тканей (вплоть до гибели организма).

Глобулины – крупнодисперсные молекулы, молекулярная масса которых более 100 000 Д. Их концентрация колеблется в пределах 30–35 %, что составляет около 30–34 г/л. При электрофорезе глобулины распадаются на несколько видов:

1) β1– глобулины;

2) β2-глобулины;

3) β-глобулины;

4) γ-глобулины.

За счет такого строения глобулины выполняют различные функции:

1) защитную;

2) транспортную;

3) патологическую.

Защитная функция связана с наличием иммуноглобулинов – антител, способных связывать антигены. Также они входят в состав защитных систем организма, такие как – системы пропердина и комплемента, обеспечивая неспецифическую резистентность организма. Участвуют в процессах свертывания крови за счет наличия фибриногена, занимающего промежуточное положение между β-глобулинами и γ-глобулинами, являющимися источником фибриновых нитей. Образуют в организме систему фибринолиза, основным компонентом которой является плазминоген.

Транспортная функция связана с переносом металлов с помощью гаптоглобина и церулоплазмина. Гаптоглобин относится к β2-глобулинам и образует комплекс с трансферрином, сохраняющим для организма железо. Церулоплазмин является β2-глобулином, который способен соединять медь.

Патологические глобулины образуются в ходе воспалительных реакций, поэтому в норме не обнаруживаются. К ним относятся интерферон (образуется при внедрении вирусов), С-реактивный белок, или белок острой фазы (является β-глобулином и присутствует в плазме при тяжелых, хронических заболеваниях).

Таким образом, белки обеспечивают физико-химические свойства крови и выполняют защитную функцию.

В плазме также содержатся аминокислоты, мочевина, мочевая кислота, креатинин.

Их содержание невелико, поэтому они обозначаются как остаточный азот крови. В норме он составляет примерно 14,3—28,6 %. Уровень остаточного азота поддерживается за счет наличия белков в пище, выделительной функции почек и интенсивности белкового обмена.

Органические вещества в плазме представлены в виде продуктов обмена углеводов и липидов. Компоненты обмена углеводов:

1) глюкоза, содержание которой в норме составляет 4,44– 6,66 ммоль/л в артериальной крови и 3,33—5,55 ммоль/л в венозной и зависит от количества углеводов в пище, состояния эндокринной системы;

2) молочная кислота, содержание которой резко повышается при критических состояниях. В норме ее содержание равно 1–1,1 ммоль/л;

3) пировиноградная кислота (образуется при утилизации углеводов, в норме содержится приблизительно 80–85 ммоль/л).

Продуктом липидного метаболизма является холестерин, участвующий в синтезе гормонов, желчных кислот, построении клеточной мембраны, выполняющий энергетическую функцию. В свободном виде он представлен в форме липопротеидов – комплекса белков и липидов. Выделяют пять групп:

1) хиломикроны (участвуют в транспорте триацилглицеридов экзогенного происхождения, образуются в эндоплазматической сети энтероцитов);

2) липопротеиды очень низкой плотности (переносят триацилглицериды эндогенного происхождения);

3) липопротеиды низкой плотности (доставляют холестерин к клеткам и тканям);

4) липопротеиды высокой плотности (образуют комплексы с холестерином и фосфолипидами).

Биологически активные вещества и ферменты относятся к группе веществ, обладающих высокой энзимной активностью, на их долю приходится 0,1 % сухого остатка.

Неорганические вещества являются электролитами, т. е. анионами и катионами. Они выполняют ряд функций:

1) регулируют осмотическое давление;

2) поддерживают pH крови;

3) участвуют в возбуждении клеточной мембраны.

У каждого элемента имеются свои функции:

1) йод необходим для синтеза гормонов щитовидной железы;

2) железо входит в состав гемоглобина;

3) медь катализирует эритропоэз.

Осмотическое давление крови обеспечивается за счет концентрации в крови осмотически активных веществ, т. е. это разность давлений между электролитами и неэлектролитами.

Осмотическое давление относится к жестким константам, его величина 7,3–8,1 атм. Электролиты создают до 90–96 % всей величины осмотического давления, из них 60 % – хлорид натрия, так как электролиты имеют низкую молекулярную массу и создают высокую молекулярную концентрацию. Неэлектролиты составляют 4—10 % величины осмотического давления и обладают высокой молекулярной массой, поэтому создают низкую осмотическую концентрацию. К ним относятся глюкоза, липиды, белки плазмы крови. Осмотическое давление, создаваемое белками, называется онкотическим. С его помощью форменные элементы поддерживаются во взвешенном состоянии в кровеносном русле. Для поддержания нормальной жизнедеятельности необходимо, чтобы величина осмотического давления всегда была в пределах допустимой нормы.

**5. Физико-химические показатели крови.**

**Физико-химические показатели крови.**

Физико-химические свойства крови обусловлены ее составом:

1) суспензионное;

2) коллоидное;

3) реологическое;

4) электролитное.

Суспензионное свойство (скорость оседания эритроцитов) связано со способностью форменных элементов находиться во взвешенном состоянии.

Коллоидное свойство (онкотическое давление) обеспечивается в основном белками, которые могут удерживать воду (лиофильные белки).

Электролитное свойство (осмотическое давление и реакция крови) связано с наличием неорганических веществ.

Реологическая способность (вязкость, плотность) обеспечивает текучесть и влияет на периферическое сопротивление.

**Суспензионная устойчивость крови (скорость оседания эритро­цитов — СОЭ).**

Кровь представляет собой суспензию, или взвесь, так как форменные элементы ее находятся в плазме во взвешенном состоянии. Взвесь эритроцитов в плазме поддерживается гидрофиль­ной природой их поверхности, а также тем, что эритроциты (как и другие форменные элементы) несут отрицательный заряд, благо­даря чему отталкиваются друг от друга. Если отрицательный заряд форменных элементов уменьшается, что может быть обусловлено адсорбцией таких положительно заряженных белков, как фибрино­ген, γ-глобулины, парапротеины и др., то снижается электростати­ческий «распор» между эритроцитами. При этом эритроциты, склеиваясь друг с другом, образуют так называемые монетные столбики. Одновременно положительно заряженные белки играют роль межэритроцитарных мостиков. Такие «монетные столбики», застре­вая в капиллярах, препятствуют нормальному кровоснабжению тка­ней и органов.

Если кровь поместить в пробирку, предварительно добавив в нее вещества, препятствующие свертыванию, то через некоторое время можно увидеть, что кровь разделилась на два слоя: верхний состоит из плазмы, а нижний представляет собой форменные элементы, главным образом эритроциты. Исходя из этих свойств, Фарреус предложил изучать суспензионную устойчивость эритроцитов, оп­ределяя скорость их оседания в крови, свертываемость которой устранялась предварительным добавлением цитрата натрия. Этот показатель получил наименование «скорость оседания эритроцитов (СОЭ)».

Величина СОЭ зависит от возраста и пола. Наибольшее влияние на величину СОЭ ока­зывает содержание фибриногена: при увеличении его концентрации более 4 г/л СОЭ повышается. СОЭ резко увеличивается во время беременности, когда содержание фибриногена в плазме значительно возрастает. Повышение СОЭ наблюдается при воспалительных, ин­фекционных и онкологических заболеваниях, а также при значи­тельном уменьшении числа эритроцитов (анемия).

**Онкотическое давление.** Является частью осмотического и за­висит от содержания крупномолекулярных соединений (белков) в растворе. Хотя концентрация белков в плазме довольно велика, общее количество молекул из-за их большой молекулярной массы относительно мало, благодаря чему онкотическое давление не пре­вышает 30 мм рт.ст. Онкотическое давление в большей степени зависит от альбуминов (80% онкотического давления создают аль­бумины), что связано с их относительно малой молекулярной массой и большим количеством молекул в плазме.

Онкотическое давление играет важную роль в регуляции водного обмена. Чем больше его величина, тем больше воды удерживается в сосудистом русле и тем меньше ее переходит в ткани и наоборот. Онкотическое давление влияет на образование тканевой жидкости, лимфы, мочи и всасывание воды в кишечнике. Поэтому кровезамещающие растворы должны содержать в своем составе коллоидные вещества, способные удерживать воду.

При снижении концентрации белка в плазме развиваются отеки, так как вода перестает удерживаться в сосудистом русле и переходит в ткани.

**Осмотическое давление крови.**

Осмотическое давление – это сила, обеспечивающая переход растворителя через полупроницаемую мембрану из менее концентрированных растворов в более концентрированные. Осмотическое давление крови создается солями, глюкозой и – составляет 7—8 атм., что соответствует осмотическому давлению 0,85—0,9% раствора NaCI. Растворы, имеющие одинаковое осмотическое давление, называют *изотоническими*, с меньшим осмотическим давлением — *гипотоническими*, а с большим—*гипертоническими.*

Величина осмотического давления оказывает существенное влияние на структуру и функцию клеток крови. Так, если поместить кровь в раствор небольшой степени гипотонии, то эритроциты будут только набухать и увеличиваться в размере, а в растворах с более низким осмотическим давлением она разрушается с выходом гемоглобина в плазму крови, которая приобретает прозрачный красный цвет (лаковая кровь). Это явление называется осмотическим гемолизом эритроцитов. В клинике с диагностической целью определяют максимальную и минимальную величину осмотической резистентности эритроцитов, т.е. их устойчивость к разной степени гипотонии. Гемолиз части эритроцитов может начинаться уже в 0,5-0,4–процентном растворе натрий хлорида (NaCI), а при более низкой степени гипотонии разрушаются все эритроциты.

Гемолиз эритроцитов происходит под влиянием ряда химических веществ (кислоты, щелочи, эфир, хлороформ), механических воздействий—при сильном встряхивании крови, повторном замораживании и оттаивании ее. В организме гемолиз возникает под влиянием яда змей и при действии особых веществ—гемолизинов, образующихся в крови при повторном введениях животным в кровь эритроцитов от других, но только того же вида животных. Некоторые инфекционные и паразитарные заболевания сопровождаются ярко выраженным гемолизом эритроцитов с окрашиванием мочи в красный цвет.

Различные виды гемолиза приведены в табл.1.

Таблица 1.  Виды гемолиза

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характер гемолиза | Факторы, вызывающие гемолиз | Механизм гемолиза |
| Осмотический | Гипотонические  растворы | Проникновение воды в эритроциты, набухание их и разрыв оболочки |
| Химический | Действие эфира, хлороформа, бензина, спирта, кислот,  щелочей | Растворение белково–липидной оболочки и стромы эритроцитов.  Разрушение эритроцитов. |
| Биологический | Результат агглютинации эритроцитов при переливании  несовместимой крови.  Действие ядов, выделяемых змеями, некоторыми насекомыми, кишечными и другими паразитами.  Действие бактериальных токсинов. | Лизис оболочки.  Увеличение проницаемости оболочки эритроцитов или разрушение оболочки и стромы. |
| Механический | Разнообразные встряхивания крови. | Механическое разрушение эритроцитов. |
| Температурный | Повторные замораживания и оттаивания. | Разрушение оболочки эритроцитов кристаллами замерзшей воды. |

В гипертонических растворах эритроциты уменьшаются в объеме и сморщиваются (плазмолиз).

Величина осмотического давления крови держится на относительно постоянном уровне за счет функции органов выделения (почек, потовых желез) и осморецепторных клеток, расположенных в кровеносных сосудах, тканях и особенно в гипоталамусе. Эти клетки очень чувствительны к изменению величины осмотического давления, и в этом случае посылают соответствующие импульсы железам внутренней секреции, которые посредством своих гормонов (антидиуретического гормона гипофиза, минералокортикоидов надпочечников) регулируют выделение почками воды и минеральных солей до установления нормальной величины осмотического давления крови.

Если, например, ввести лошади внутривенно раствор NaCI или сернокислого натрия до увеличения осмотического давления крови почти в два раза, то за счет включения механизмов регуляции оно через 10–20 мин устанавливается на необходимом уровне. При этом вначале будут выводиться любые соли, а когда осмотическое давление начнет приближаться к нормальным величинам, почки станут регулировать постоянство ионного состава крови.

Для определения величины осмотического давления пользуются криоскопическим методом, при котором находят депрессию, или понижение точки замерзания крови.

Температура замерзания раствора тем ниже, чем больше концентрация растворенных в нем частиц, т.е. чем выше его осмотическое давление. Температура замерзания крови (депрессия) у сельскохозяйственных животных на 0,56—0,58 С ниже температуры замерзания воды, что соответствует осмотическому давлению в 7,6—8,1 атм. Около 60% этой величины приходится на долю NaCI.

Осмотическая устойчивость эритроцитов (в % раствора NaCI) составляет: у лошадей – 0,54, крупного рогатого скота – 0,53, овец – 0,65, свиней– 0,64, кроликов – 0,43, пушных зверей – 0,46.

Осмотическое давление может увеличиваться при сердечной недостаточности, патологии дыхания, и особенно обмена веществ, почек, когда нарушается выделение из организма солей и других метаболитов.

**Реакция крови.**

Реакция крови обусловлена концентрацией в крови водородных (Н+) и гидроксильных (ОН-) ионов. В крови имеется определенное соотношение между кислотными и щелочными эквивалентами, поэтому принято говорить о кислотно-щелочном равновесии крови.

Реакция крови слабо щелочная (рН 7,35—7,55) и удерживается на относительно постоянном уровне за счет наличия в крови буферных систем. Буферными свойствами обладают слабые (малодиссоциированные) кислоты и их соли, образованные сильным основанием. К буферным системам относятся:

1. Карбонатная, которую составляет угольная кислота и ее соли

Н2СО3 —кислота

Na(к) НСО3  —щелочная соль

2. Фосфатная (одно–и двуосновной фосфорнокислый натрий)

NaH2PO4 —кислый фосфат

Na2HPO4  —основной фосфат

3.Буферная система белков плазмы крови

белки— слабые кислоты

протеинат Na(К) — соль основная

4. Гемоглобиновая

К+НвО2 соль щелочная

Н+НвО2 кислота

 Кровь надежно защищена от сдвига ее реакции в кислую сторону. В цельной крови 70%—75% буферности  обеспечивается гемоглобином и до 25%– карбонатной системой. Кроме того, в крови имеется избыток бикарбонатов, образующий щелочной резерв, который у лошадей составляет 55—57 см3, у крупного рогатого скота — до 60, овец –56 см3 углекислого газа в 100 мл плазмы крови. Для сдвига реакции плазмы крови в щелочную сторону достаточно добавить к ней только в 40—70 раз больше едкого натра, чем к чистой воде, в то время как для сдвига реакции в кислую сторону к плазме следует добавить соляной кислоты в 327 раз больше, чем к воде.

Несмотря на наличие буферных систем и хорошую защищенность крови от сдвига ее реакции по ряду причин, это может произойти в щелочную сторону (алкалоз) или в кислую (ацидоз). В животноводстве чаще всего возможны ацидозы, которые могут быть компенсированными, т.е. когда нейтрализуется только щелочной резерв, но при этом не происходит сдвига активной реакции крови.

Компенсированный ацидоз может легко перейти в некомпенсированный, когда буферных систем уже недостаточно и происходит смещение активной реакции крови в кислую сторону, что вызывает у животных значительные нарушения многих жизненно важных функций. Ацидоз  возникает вследствие повышенного содержания в крови углекислоты (газовый ацидоз) или при образовании в организме избыточного количества кислот, например при диабете, нарушении жирового обмена, при длительном кормлении животных кислым силосом или сенажем плохого качества.

Сдвиг рН крови в кислую сторону только на 0,2—0,3 вызывает в организме сложные изменения и может быть опасен не только для продуктивности, но и жизни животных. Поэтому специалистам следует внимательно следить за этим показателем, особенно в зимне–весенний период.

В сохранении постоянства реакции крови имеет значение деятельность дыхательной, пищеварительной и выделительной систем, которые регулируют удаление из организма избытка кислых или щелочных солей. Так, при сдвиге реакции в кислую сторону, почки будут выделять с мочой больше кислого одноосновного фосфата натрия, а при сдвиге в щелочную сторону – больших количеств щелочных солей — двуосновного фосфорнокислого и углекислого натрия. В первом случае моча будет резко кислой, а во втором—щелочной.

**Вязкость и плотность крови**

Если вязкость воды принять за единицу, то вязкость цельной крови в 3—6 раз больше.  Относительная плотность цельной крови 1,040—1,060, плазмы – 1,025—1,034; эритроцитов–1,080—1,040.

Вязкость и плотность крови создают белки и эритроциты. Показатели вязкости и плотности цельной крови могут повышаться при больших потерях воды в случаях длительных поносов, рвоте, обильном потоотделении.

**Цвет крови.**

Определяется наличием в эритроцитах гемоглобина. Артериальная кровь характеризуется ярко-красной окраской, что зависит от содержания в ней гемоглобина, насыщенного кислородом (оксигемоглобин). Венозная кровь имеет темно-красную с синеватым оттенком окраску, что объясняется наличием в ней не только окисленного, но и восстановленного гемоглобина. Чем активнее орган и чем больше отдал кислорода тканям гемоглобин, тем более темной выглядит венозная кровь.

**Температура крови.**

Во многом зависит от интенсивности обмена веществ того органа, от которого оттекает кровь, и колеблется в пределах 37—40°С. При движении крови не только происходит некоторое выравнивание температуры в различных сосудах, но и создаются условия для отдачи или сохранения тепла в организме.

**Основные нормативы физико-химических показателей цельной крови животных**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Единицы измерения | Крупный, рогатый скот | Овцы | Свиньи | Лошади | Куры | Кролики |
| Гемоглобин | г, % | 9,9-12,9 | 7,9-11,9 | 9,9-11,9 | 9,0-14,9 | 8,9-12,9 | 10,5-12,5 |
|  | г/л | 99-129 | 79-119 | 99-119,3 | 90-149 | 89-129 |  |
| Гематокрит | % | 35-45 | 35-45 | 9-43 | 35-45 | 39-42 | 35-45 |
| Глюкоза | мг %  ммоль/л | 40-60 | 40-60 | 80-100 | 75-95 | 80-140 | 75-95 |
| 2,2-3,3 | 2.2-3.S | 3,3-5,5 | 3,0-5,3 | 1,4-7,8 | 3,0-5,3 |
| Цветной показа­тель | ед | 0,7-1.1 | 0,5-0,7 | 0,8-1,0 | 0,8-1,2 | 2,0-3.0 | 0,86-1,0 |
| Свертываемость крови | мин | 7,0-9,0 | 4,0-5,0 | 3,0-4,0 | 10,0-13,0 | 3,0-5,0 | 4.0-6,0 |
| Удельный вес | кг/м3, ср. | 1,055 | 1,043 | 1.052 | 1,055 | 1,054 | 1,051 |
| Вязкость | ед. | 4,2-5,2 | 4,8-6,2 | 4,2-5,0 | 3,9-4,8 | 4,5-5,5 | 3,5-4,5 |
| Осмотическая устойчивость  эритроцитов | *%*хлорида натрия, ср. | 0,66 | 0,74 | 0,66 | 0,58 | 0,49 | 0,44 |
| СОЭ (по Неводову) | 15 мин.  30 мин. | 0,15  0, 35 | 0,2  0,4 | 1,0  3,0 | 35  54 | 0,5  2,0 | 0  0,3 |
|  | 45 мин. | 0 50 | 0,6 | 5,0 | 58 | 3,5 | 0,9 |
|  | 60 мин. | 0,70 | 0,6 | 8,0 | 64 | 5,0 | 1,5 |
| рН | ср. | 7,37 | 7,45 | 7,49 | 7,4 | 7,42 | 7,3 |

 ал