

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГОУ ВПО
ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
КАФЕДРА ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ

О.Ю. Беспярых, Е.В. Овечкина

ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ

Учебно-методическое пособие

Издание второе, переработанное и дополненное

Киров - 2009

УДК: 591.111+612.11/.12

Беспярых О.Ю., Овечкина Е.В. Физиология системы крови: Учебно-методическое пособие. - Изд. 2-е, перераб. и доп. – Киров: Вятская ГСХА, 2009. - 87 с.

Рецензенты: к.в.н., профессор, декан факультета ветеринарной
медицины Копылов С.Н.;
к.в.н., доцент, зав. кафедрой физиологии и
биохимии Ермолина С.А.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено учебно-методической комиссией биологического факультета Вятской государственной сельскохозяйственной академии (протокол № 3 от 28 мая 2009 г.).

Учебно-методическое пособие предназначено для самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения по специальностям: ветеринария, зоотехния, биология (охотоведение), технология производства и переработки с.-х. продукции. Оно поможет легче усвоить материал учебников по соответствующей теме, позволит ознакомиться с современными данными по физиологии системы крови и окажет существенную помощь в выполнении самостоятельной работы.

© Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2009.

© Беспярых Олег Юрьевич, Овечкина Елена Витальевна, 2009.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Функции крови.....	4
Состав и физико-химические свойства крови.....	5
Буферные системы крови.....	9
Плазма крови.....	12
Форменные элементы крови.....	15
Эритроциты.....	15
Лейкоциты.....	23
Тромбоциты.....	30
Гемопоз.....	31
Свертывание крови.....	36
Группы крови и резус-фактор.....	47
Изменения крови под влиянием внешних факторов.....	52
Искусственная кровь.....	56
Заключение.....	57
Литература.....	58
Приложения.....	59
Приложение 1 Физико-химические свойства крови животных.....	60
Приложение 2 Состав плазмы крови животных.....	61
Приложение 3 Форменные элементы крови животных.....	62
Приложение 4 Словарь-справочник.....	63
Приложение 5 Тестовые задания по теме «Кровь».....	67
Приложение 6 Ответы на тестовые задания по теме «Кровь».....	82
Приложение 7 Вопросы для самоконтроля и обобщающего занятия.....	84

Введение

Для нормального функционирования всех тканей, органов и систем организма необходимо постоянное снабжение их кровью. Прекращение кровообращения даже на несколько минут может вызвать в них необратимые изменения или может привести к смерти животного.

Система крови включает в себя кровь и органы, в которых происходит образование и разрушение клеток крови (костный мозг, селезенка, печень, лимфатические узлы), а также аппарат регуляции. Кровь как ткань обладает особенностями: форменные элементы образуются вне кровеносного русла, а сама кровь – это жидкая ткань, большая часть которой находится в постоянном движении.

Исследование крови имеет важное теоретическое и практическое значение. Это единственная ткань организма, которую можно достаточно просто, безболезненно и без ущерба для организма взять у животного для изучения. Кроме того, существует многочисленный спектр исследований крови, на основании которых можно с большой точностью судить не только о состоянии самой крови, но и о состоянии других тканей и органов, и всего организма в целом.

Функции крови

Важное общебиологическое значение крови обусловлено выполнением ею в организме важнейших функций, связанных с поддержанием гомеостаза.

Каждая клетка крови полифункциональна, т.е. способна выполнять несколько функций. Каждая функция в свою очередь обеспечивается взаимной работой нескольких типов клеток, а также взаимодействием между клетками и межклеточной средой (плазмой).

Кровь, постоянно циркулирующая в кровеносных сосудах, выполняет одну специфическую функцию – транспортную. Но в зависимости от того, какие вещества транспортируются кровью, эта специфическая функция подразделяется на множество более конкретных функций. Из них можно выделить следующие основные функции:

- Дыхательная функция - кровь переносит кислород от легких к тканям и органам организма, а образующийся в них углекислый газ транспортирует к легким.

- Питательная (трофическая) функция – кровь переносит питательные вещества от органов пищеварительного тракта к тканям и органам организма.

- Выделительная (экскреторная) функция – кровь транспортирует конечные продукты обмена веществ, избытка воды, органических и минеральных веществ к органам выделения, через которые они удаляются из организма.

- Защитная функция – находящиеся в крови механизмы специфической и неспецифической защиты связывают и нейтрализуют различные вредные агенты, обеспечивают иммунитет организма к различным заболеваниям. Сюда же следует отнести механизмы свертывания крови с образованием тромба и его растворения, наличие групповой специфичности крови.

- Терморегуляторная функция – кровь поддерживает температурный гомеостаз организма путем переноса тепла от более нагретых к менее нагретым органам и удаления избытка тепла из организма. Количество тепла, отдаваемого с поверхности тела во внешнюю среду, зависит от объема притекающей к ней крови.

- Регуляторная (гуморальная, коррелятивная) функция – кровь транспортирует гормоны, пептиды и другие биологически активные вещества от места их синтеза к клеткам организма, что позволяет осуществлять регуляцию многих физиологических функций.

- Гомеостатическая функция - заключается в поддержании постоянства внутренней среды организма (кислотно-основного равновесия, водно-электролитного баланса и др.), т.к. кровь является основой для всех жидкостей организма, секретов и экскретов. На поддержание гомеостаза направлены, по сути, все функции организма.

Состав и физико-химические свойства крови

Объем крови в организме является относительно постоянной величиной. Он зависит от вида животного, его пола, возраста, породы и хозяйственного использования. У разных видов животных объем крови составляет в среднем 5-9 % от массы тела. Причем у самцов, как правило, этот показатель больше, чем у самок. Увеличивает объем крови интенсивное использование животных. Так, у спортивных лошадей данная величина составляет 14-15 %, у тяжеловозов – 7-8 % от массы тела. С возрастом объем крови

уменьшается вследствие дегидратации (обезвоживания) организма. Данные по видам животных приведены в приложении 1.

Повышение общего объема крови называется гиперволемией. Различают три вида гиперволемии:

1. Простая – сохраняется нормальное соотношение плазмы и эритроцитов.
2. Олигоцитемическая – увеличение объема крови в основном за счет плазмы.
3. Полицитемическая – увеличение объема крови в основном за счет эритроцитов.

Уменьшение общего объема крови называется гиповолемией. Выделяют три вида гиповолемии:

1. Простая – сохраняется пропорциональное соотношение плазмы и эритроцитов.
2. Олигоцитемическая – уменьшение объема крови в основном за счет эритроцитов.
3. Полицитемическая – уменьшение объема крови в основном за счет плазмы.

Из всего объема крови только примерно половина ее циркулирует по сосудам организма и поэтому называется циркулирующей, остальная кровь задерживается в капиллярах некоторых органов и называется депонированной. Депонированная кровь более густая и содержит больше форменных элементов, чем циркулирующая. Органы, задерживающие кровь, называют кровяными депо. К депо крови следует отнести: печень (вмещает до 20 % объема крови), селезенку (16 %), кожу (10 %) и легкие. Соотношение между циркулирующей и депонированной кровью может меняться в зависимости от состояния организма. Как правило, при физической работе, эмоциональных возбуждениях, повышенном потреблении жидкости и др. количество циркулирующей крови увеличивается.

Кровь относят к опорно-трофическим тканям организма и поэтому в ней выделяют две части (рис. 1):

1) межклеточное вещество (плазма) – оно составляет 55–60 % объема крови. Плазма в свою очередь подразделяется на воду и сухое вещество.

2) форменные элементы – они занимают 40–45 % объема крови. Их делят на виды: эритроциты, лейкоциты и тромбоциты.

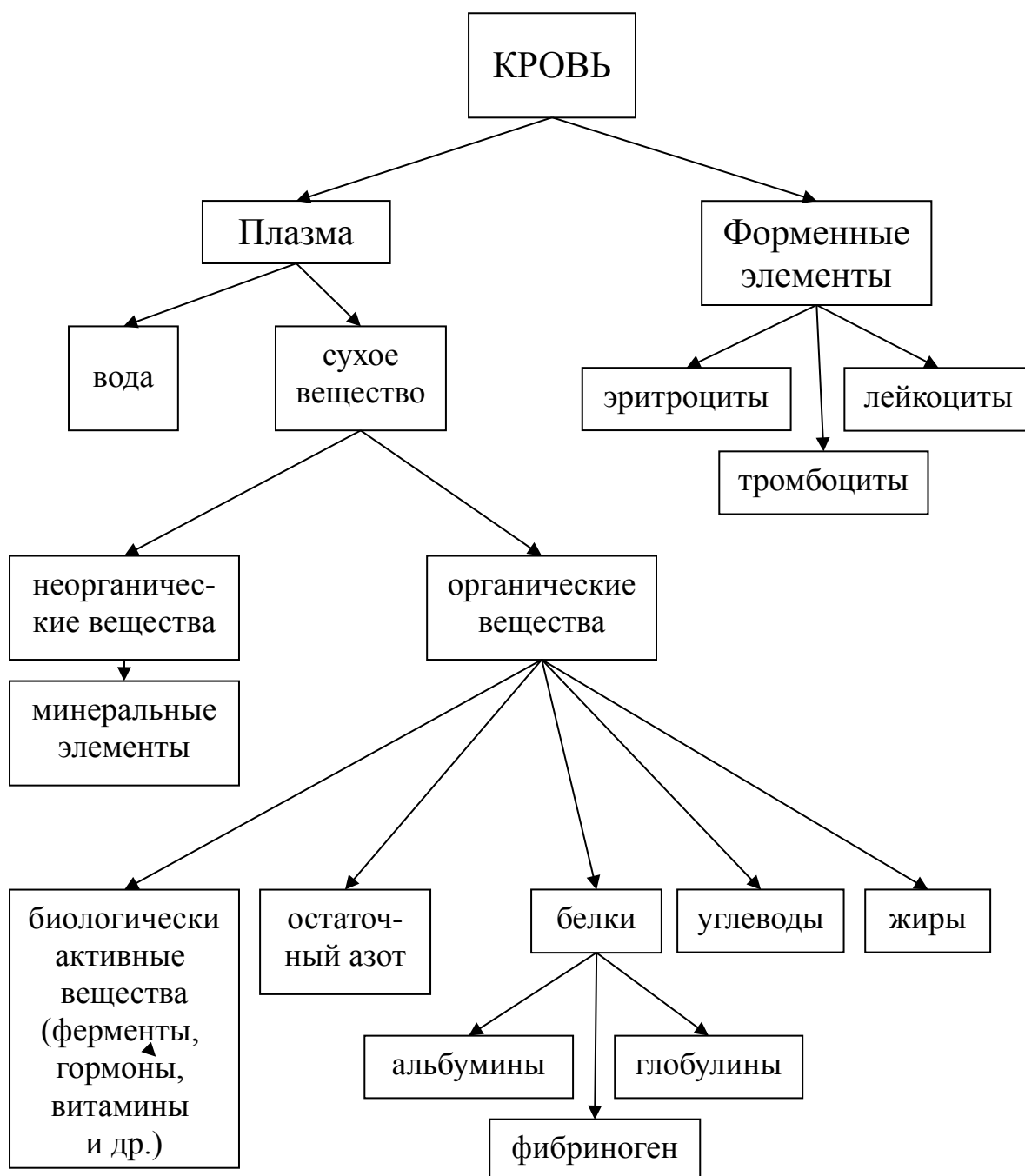


Рисунок 1 - Состав крови

Соотношение объемного содержания форменных элементов (на практике – объема эритроцитов) к общему объему крови называют гематокритным соотношением (гематокритным числом, гематокритом). Повышение гематокрита обозначают как полицитемия, а понижение - олигоцитемия.

Физико-химические свойства крови.

Относительная плотность крови – это масса единицы объема. У животных она равняется в среднем 1,035 – 1,063 кг/л. Плотность

крови зависит в основном от количества в ней эритроцитов, гемоглобина, белков и солей. Большое количество липидов в крови снижает ее плотность.

Вязкость – это способность противостоять течению жидкости или это сила внутреннего трения и сцепления частиц жидкости. Вязкость плазмы в 1,8-2,2 раза, цельной крови в 4-5 раз больше, чем вязкость воды. Она обусловлена наличием в крови эритроцитов и в меньшей степени белков плазмы. Поэтому вязкость крови повышается при больших потерях организмом воды и при резком замедлении тока крови, приводящим к агрегации эритроцитов. Вязкая кровь вызывает напряжение работы сердца по проталкиванию ее по сосудам. В капиллярах вязкость крови меньше, чем в крупных сосудах.

Осмотическое давление – это давление растворенных в крови веществ. Оно заставляет двигаться воду через полупроницаемую мембрану из раствора с низкой концентрацией в раствор с высокой концентрацией веществ. Электролиты обеспечивают 98-99 % осмотического давления, из них 60 % приходится на хлорид натрия, оставшиеся 1-2 % - на белки. Осмотическое давление составляет у животных в среднем 7,3-8 атмосфер (5-6 тысяч мм.рт.ст.). Для его создания в крови теплокровных животных должна быть концентрация солей равная 0,85-0,9 %, холоднокровных – 0,65 %. Любые растворы, имеющие такое же осмотическое давление, называют изотоническими (физиологическими). Самый простой - это 0,85%-ный раствор хлористого натрия. Растворы, имеющие более высокое осмотическое давление, называют гипертоническими, более низкое давление - гипотоническими.

Осмотическое давление определяет распределение воды между тканями и клетками. Функции клеток организма могут осуществляться лишь при относительной стабильности осмотического давления. В гипертоническом растворе эритроциты сморщиваются вследствие выхода из них воды в раствор, а в гипотоническом – увеличиваются в размере в результате перехода в них воды из раствора.

Онкотическое (коллоидное) давление - это часть осмотического давления, создаваемого белками. Оно небольшое (25-30 мм.рт.ст.) и в основном обусловлено альбуминами, которые обладают выраженной способностью притягивать к себе воду. Онкотическое давление способствует удержанию воды в сосудистом русле и ее переходу из

тканевой жидкости в кровь. Поэтому при снижении онкотического давления крови происходит выход воды из сосудов, что приводит к отеку окружающих тканей.

Кислотно-щелочное равновесие крови – это активная реакция крови, обусловленная соотношением водородных и гидроксильных ионов. Для его выражения используют показатель рН, который у животных составляет в среднем 7,35-7,55 (слабощелочная реакция). Активная реакция крови является относительно постоянной величиной, обеспечивающей деятельность тканей и органов. Сдвиг рН крови в кислую сторону, обусловленный увеличением в ней водородных ионов, называют ацидозом. Сдвиг реакции крови в щелочную сторону, обусловленный увеличением в ней гидроксильных ионов, называют алкалозом. Изменение рН приводит к нарушению работы органов и систем организма.

Буферные системы крови

Поддержание постоянства рН крови является важной физиологической задачей, которая обеспечивается буферными системами крови и деятельностью выделительных органов. Буферные системы нейтрализуют значительную часть поступающих в кровь кислот и щелочей, тем самым препятствуя изменению рН крови. В организме в процессе метаболизма образуется больше кислых продуктов, чем щелочных. Поэтому необходимые для их нейтрализации запасы щелочных веществ крови рассматривают как щелочной резерв крови (щелочная емкость крови). Небольшие запасы кислых веществ крови для нейтрализации щелочных продуктов обозначают как кислотный резерв крови (кислотная емкость крови).

В крови выделяют 4 вида буферных систем:

1) Гемоглобиновая буферная система. Она находится в эритроцитах. Эта система на 75% обеспечивает буферную емкость крови. Восстановленный гемоглобин является очень слабой кислотой, у оксигемоглобина кислотные свойства выражены сильнее. Механизм работы заключается в следующем. В тканевых капиллярах оксигемоглобин отдает кислород и появляется большое количество солей гемоглобина, имеющих щелочную реакцию. Они взаимодействуют с кислыми продуктами обмена веществ, в результате чего образуются бикарбонаты и восстановленный гемоглобин. В легочных капиллярах гемоглобин присоединяет кислород и становится сильной кислотой, предотвращая

защелачивание крови после выделения углекислого газа из крови. Таким образом, гемоглобин действует в тканях как основание, а в легких как кислота.

2) Бикарбонатная буферная система. Она находится в плазме крови. Карбонатная буферная система по своей мощности занимает второе место. Она представлена угольной кислотой и ее солями: бикарбонатами натрия или калия (пропорция 1/20). В зависимости от сдвига рН она может проявлять кислотные или основные свойства. Механизм действия буферной системы следующий. При поступлении в кровь кислоты более сильной, чем угольная, она взаимодействует с бикарбонатами и вытесняет из них слабую кислоту. Образуются нейтральная соль и слабодиссоциированная угольная кислота. Угольная кислота распадается на воду и углекислый газ, который выделяется из организма через легкие. Если в кровь поступает основание, то в реакцию вступает угольная кислота. В результате образуются бикарбонаты и вода. Избыток бикарбонатов удаляется через почки. Бикарбонатный буфер широко используют для коррекции нарушений кислотно-основного состояния организма.

3) Фосфатная буферная система. Она состоит из натрия дигидрофосфата и натрия гидрофосфата. Первое соединение обладает свойствами слабой кислоты и взаимодействует с поступившими в кровь щелочными продуктами. Второе соединение имеет свойства слабой щелочи и вступает в реакцию с кислотами.

4) Белковая буферная система. Она является буфером, потому что белки обладают амфотерными свойствами: в кислой среде белки плазмы ведут себя как основания, а в щелочной среде – как кислоты.

Буферные системы имеются и в тканях, что способствует поддержанию их рН на относительно постоянном уровне. Главными буферами тканей являются белки и фосфаты.

Поддержание рН крови осуществляется также с помощью легких, почек, потовых желез и желез пищеварительного тракта. Легкие удаляют из организма избыток углекислоты. Почки при ацидозе выделяют больше кислых солей, а при алкалозе – больше щелочных солей. Потовые железы выводят из организма кислые ионы. Печень нейтрализует сернокислые соединения и аммиак. Слюнные, поджелудочная и кишечные железы удаляют из крови бикарбонаты и кислотные соединения, выделяя их в просвет пищеварительного тракта.

Кроме того, регуляция кислотно-щелочного состояния плазмы крови осуществляется при помощи нервной регуляции.

Кислотно-щелочное равновесие крови является относительно постоянной величиной. Но иногда при некоторых физиологических и патологических состояниях организма запасов буферных систем не хватает и происходит увеличение в крови кислых или щелочных продуктов. Сдвиг рН крови в кислую сторону называется ацидозом, в щелочную - алкалозом.

Изменение рН приводит к нарушению работы ферментов, тканей и органов организма. Следует учесть, что изменение рН на 0,3-0,4 является смертельным для организма.

Различают компенсированные и некомпенсированные ацидозы и алкалозы. Компенсированные ацидозы и алкалозы наблюдаются при поступлении в кровь избытка кислот или щелочей, когда уменьшается только запас буферных систем, а рН крови не изменяется. Некомпенсированными ацидозы и алкалозы бывают при истощении запасов буферных систем, когда изменяется активная реакция крови.

В организме животных всегда имеются условия для сдвига активной реакции крови в сторону ацидоза или алкалоза. Так, в результате метаболизма в клетках тканей постоянно образуются кислые продукты обмена веществ. Кроме того, накоплению кислых соединений способствует потребление белкового корма. Напротив, при усиленном потреблении растительного корма в кровь поступают щелочные вещества.

По механизму возникновения ацидозы и алкалозы подразделяют на газовые и негазовые. Газовый ацидоз наблюдают при затрудненном дыхании, при недостатке кислорода в воздухе, которые приводят к накоплению в крови угольной кислоты. Негазовый (метаболический) ацидоз появляется при накоплении в крови молочной, фосфорной и других кислот, что возникает при тяжелой мышечной работе, при скармливании концентратов, кислых кормов (кислого силоса). Газовый алкалоз возникает при усиленной вентиляции легких, когда в крови повышается содержание щелочных веществ. Негазовый алкалоз появляется при поступлении в кровь большого количества щелочных солей.

Плазма крови

Плазма – это кровь без форменных элементов (рис. 1).

В состав плазмы крови входят вода (90-92 %) и сухой остаток (8-10 %). Сухой остаток в свою очередь делится на неорганические и органические вещества. Неорганические вещества представлены солями различных минеральных элементов. К органическим веществам плазмы относят белки (6-8 % от сухого вещества), углеводы, жиры, остаточный азот и биологически активные вещества (ферменты, гормоны, витамины и др.).

Плазму, в которой отсутствует белок фибриноген, называют сывороткой. Фибриногена в плазме содержится 0,1 %. Показатели состава плазмы животных приведены в приложении 2.

Иногда органические вещества объединяют в следующие группы: белки, небелковые азотсодержащие соединения (остаточный азот – продукты обмена белка) и безазотистые органические вещества (углеводы, жиры, биологически активные вещества).

Белки.

Белки плазмы крови выполняют разнообразные функции:

- 1) поддержание коллоидно-осмотического и водного гомеостаза;
- 2) обеспечение агрегатного состояния крови;
- 3) поддержание кислотно-основного гомеостаза;
- 4) участие в иммунном гомеостазе;
- 5) выполнение транспортной функции;
- 6) выполнение питательной функции;
- 7) участие в свертывании крови.

В плазме белков содержится в среднем 60-80 г/л. Многообразие белков плазмы крови по физико-химическим свойствам (электрофоретической подвижности) делят на три основные группы (рис.1):

1) Альбумины. Они синтезируются в печени и имеют относительно небольшую молекулярную массу (70000). Альбумины выполняют функции:

- поддержание онкотического давления (они обеспечивают 80 % давления);
- являются источником аминокислот;
- обеспечивают суспензионную устойчивость крови;
- адсорбируют и транспортируют некоторые вещества (холестерин, жирные кислоты, билирубин, соли желчных кислот,

соли тяжелых металлов, лекарственные препараты - антибиотики, сульфаниламиды).

2) Глобулины. Они образуются в печени, костном мозге, селезенке, лимфатических узлах. По молекулярной массе они больше, чем альбумины. Глобулины подразделяют на несколько фракций: α -, β - и γ -глобулины.

α -глобулины представлены гликопротеинами. В составе гликопротеинов циркулирует около 60 % всей глюкозы плазмы. Кроме того, α -глобулины транспортируют гормоны, витамины, микроэлементы, липиды. К α -глобулинам относят такие белки, как эритропоэтин, плазминоген, протромбин.

β -глобулины являются липопротеидами и составляют 75 % всех липидов плазмы. Они участвуют в транспорте фосфолипидов, холестерина, стероидных гормонов, катионов металлов. К этой фракции глобулинов относят белок трансферрин, многие факторы свертывания крови, систему комплемента.

γ -глобулины отвечают за реализацию иммунного ответа. Они включают в себя различные антитела или иммуноглобулины 5 классов: Jg A, Jg G, Jg M, Jg D и Jg E, которые защищают организм от вирусов и бактерий. К γ -глобулинам относят также α - и β -агглютинины крови, определяющие ее групповую принадлежность.

Отношение количества альбуминов к глобулинам называют белковым коэффициентом. Предполагают, что от этого коэффициента зависит скорость оседания эритроцитов. Она повышается при увеличении количества глобулинов.

Белки и липопротеиды способны связывать поступающие в кровь лекарственные вещества. В связанном состоянии лекарства неактивны и образуют своеобразное депо. При уменьшении концентрации лекарственного препарата в сыворотке он отщепляется от белков и становится активным. Это следует иметь в виду при назначении одних лекарств на фоне других. Введенные новые фармакологические вещества могут вытеснить ранее принятые лекарства из соединений с белком, что приведет к повышению концентрации активной формы последних.

Физиологические колебания белка в крови связаны с возрастом, полом, продуктивностью животного, а также с условиями его содержания и кормления. Например, в крови новорожденных животных отсутствует фракция γ -глобулинов. Но они поступают в организм животного с первыми порциями молозива матери. С

возрастом уровень γ -глобулинов в крови повышается при одновременном уменьшении содержания альбуминов. У коров с высокой молочной продуктивностью концентрация белков в крови выше, чем у малопродуктивных животных.

3) Фибриноген. Он является основной частью системы свертывания крови. Поэтому изменения его концентрации в крови характеризуют состояние данной системы.

Небелковые азотсодержащие соединения.

К ним относят: аминокислоты, полипептиды, мочевины, мочевую кислоту, креатинин, аммиак и другие вещества, которые являются продуктами распада белка. Общее количество небелкового (остаточного) азота в плазме составляет в среднем 20-35 ммоль/л. Содержание остаточного азота в крови резко возрастает при нарушении функции почек.

Безазотистые органические вещества.

В эту обширную группу входят следующие вещества:

- Липиды. Их подразделяют на нейтральные липиды (состоят из глицерина и жирных кислот) и сложные липиды (холестерин и его производные, фосфолипиды). Также в крови присутствуют свободные жирные кислоты. Липидов в плазме около 2-4 ммоль/л.

- Углеводы. В крови они представлены в основном глюкозой. Кроме нее в крови могут содержаться: гликоген, фруктоза, а также продукты промежуточного обмена углеводов и липидов (молочная, пировиноградная и другие кислоты, кетоновые тела). Глюкоза может находиться не только в плазме крови, но может адсорбироваться на эритроцитах.

- Биологически активные вещества: ферменты, гормоны, витамины и другие вещества.

Минеральные элементы.

Они могут находиться в крови в свободном (в виде ионов) и связанном состоянии (в составе органических веществ). Солевой состав крови относительно постоянен, так как обеспечивает свойства возбудимости и сократимости тканей, обуславливает плотность, осмотическое давление и рН крови. Например, ионы кальция регулируют обменные процессы, механизмы передачи импульсов, функции белков плазмы, в частности, для свертывания крови. Ионы железа входят в состав гемоглобина. Как правило, микроэлементы входят в состав различных ферментов.

Физиологические колебания концентрации солей в крови обусловлены питанием, возрастом, продуктивностью животного и его физиологическим состоянием.

Форменные элементы крови

К форменным элементам крови относят эритроциты, лейкоциты и тромбоциты (рис. 1). Они изображены на рис. 6. Данные по их содержанию в крови разных видов животных приведены в приложении 3.

Эритроциты

Эритроциты - это красные кровяные диски двояковогнутой формы, которые лишены ядра (рис.2А). Эритроциты такой формы называют нормоцитами. Особая форма эритроцитов приводит к увеличению диффузионной поверхности, что способствует лучшему выполнению основной функции эритроцитов – дыхательной, - и обеспечивает прохождение эритроцитов через узкие капилляры. Кроме того, отсутствие ядра не требует больших затрат кислорода на собственные нужды и позволяет более полноценно снабжать организм кислородом. Диаметр эритроцита в среднем 7-12 мкм. Источником энергии эритроцитов является анаэробный гликолиз.

Уровень эритроцитов крови является относительно постоянным показателем. Повышение количества эритроцитов в крови называют эритроцитозом. Он возникает при гипоксии, длительных физических нагрузках. Эритроцитоз подразделяют на истинный, ложный (перераспределительный) и относительный. Истинный эритроцитоз – это увеличение количества эритроцитов в крови в результате их усиленного образования. Данный процесс развивается медленно и возникает при систематических мышечных тренировках, при длительном содержании животных в условиях пониженного атмосферного давления, а также у новорожденных животных. Перераспределительный эритроцитоз – это повышение числа эритроцитов в крови вследствие их усиленного выхода из кровяных депо. Он возникает быстро и проявляется при внезапной физической или эмоциональной нагрузке. После прекращения нагрузки содержание эритроцитов в крови нормализуется. Относительный эритроцитоз – это увеличение количества эритроцитов в крови, развивающееся при потере части плазмы крови, что происходит при

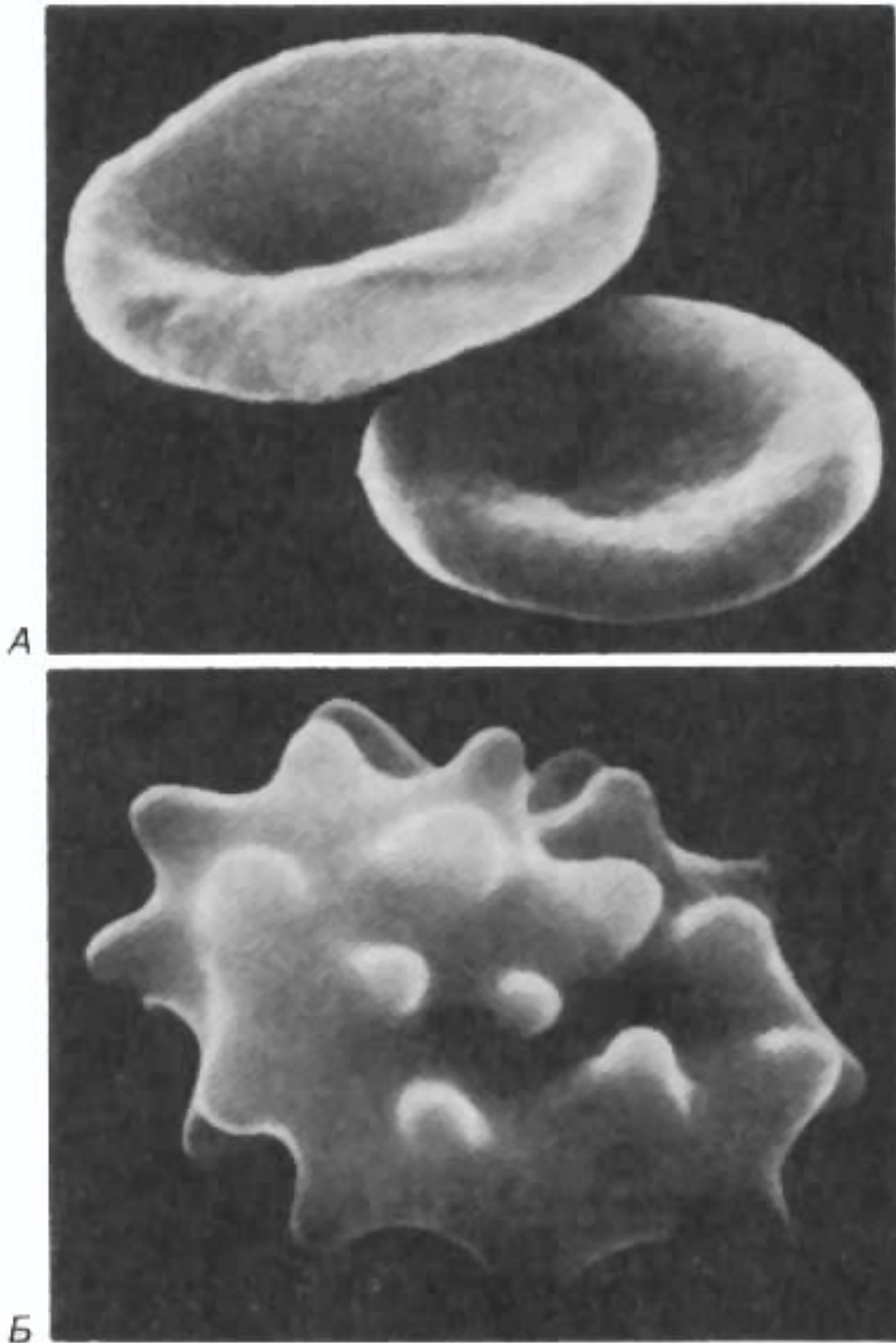


Рисунок 2 – Эритроциты:
А. Нормальные эритроциты в форме двояковогнутого диска;
Б. Сморщенные эритроциты в гипертоническом солевом растворе

кровопотере. После обильного поения животного или введения в кровь физиологических растворов гематокритный показатель восстанавливается.

Уменьшение числа эритроцитов в крови называют эритропенией. Она возникает при малокровии или анемии. Как и эритроцитозы, эритропении бывают истинные, ложные и относительные. Истинная эритропения – это уменьшения числа эритроцитов в крови вследствие их пониженного образования. Относительная эритропения – это снижение количества эритроцитов в крови в результате их частичного разрушения или увеличения объема плазмы крови.

Эритроциты образуются в красном костном мозге, а разрушаются в селезенке и печени, небольшая часть подвергается фагоцитозу в сосудистом русле. Продолжительность жизни эритроцитов составляет в среднем 120 суток.

В организме эритроциты выполняют следующие функции:

- 1) дыхательная – перенос кислорода от альвеол легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким;
- 2) участие в регуляции рН крови благодаря гемоглобиновой буферной системе;
- 3) питательная – перенос на своей поверхности аминокислот от органов пищеварения к клеткам организма;
- 4) перенос на своей поверхности разнообразных ферментов и витаминов;
- 5) участие в водно-солевом обмене;
- 6) защитная – адсорбция на своей поверхности токсических веществ;
- 7) участие в процессе свертывания крови за счет содержания факторов свертывающей и противосвертывающей систем крови;
- 8) эритроциты несут в себе групповые признаки крови.

Гемолиз эритроцитов.

Эритроциты имеют эластичную оболочку, благодаря которой они могут проходить через мелкие капилляры, чей диаметр иногда меньше диаметра эритроцита. Оболочка эритроцита в некоторых случаях может разрушаться.

Процесс разрушения оболочки эритроцита и выход из него гемоглобина в плазму крови называют гемолизом. При этом плазма окрашивается в ярко красный цвет и становится прозрачной – «лаковая кровь».

Выделяют несколько видов гемолиза в зависимости от типа разрушающего фактора:

1) Физиологический гемолиз. Так у здоровых животных называют процесс постоянного разрушения старых эритроцитов, который в норме завершает их жизненный цикл. Вместо старых эритроцитов в кровь выходят молодые. Физиологический гемолиз подразделяют на внутриклеточный (обеспечивается купферовскими клетками печени, макрофагами селезенки и красного костного мозга) и внутрисосудистый (освободившийся гемоглобин связывается с белком плазмы гаптоглобином).

2) Осмотический гемолиз. Он обусловлен тем, что осмотическое давление крови способствует переходу воды через полупроницаемую мембрану из более разбавленного раствора в более концентрированный. Данный тип гемолиза наблюдают при снижении осмотического давления плазмы крови (в гипотонических растворах). В этом случае вода проникает внутрь эритроцитов и они увеличиваются в размерах, набухают. Оболочка эритроцитов не выдерживает внутреннего давления и разрывается, и гемоглобин выходит в плазму крови (рис. 3).

Устойчивость эритроцитов к гипотоническим растворам называют осмотической резистентностью. Различают минимальную и максимальную резистентность. Минимальная осмотическая резистентность эритроцитов (начало гемолиза, частичный гемолиз) – это такая концентрация раствора хлорида натрия, при которой происходит гемолиз слабоустойчивых эритроцитов, максимальная (конец гемолиза, полный гемолиз) – происходит гемолиз всех эритроцитов. Границы концентрации солевого раствора, при которых начинается и заканчивается гемолиз, называют шириной резистентности эритроцитов.

Разрушение эритроцитов происходит и в гипертонических растворах. Оно обусловлено выходом воды из эритроцитов и их сморщиванием. Данный процесс называют пикнозом (рис. 2Б).

Осмотическая резистентность эритроцитов зависит от проницаемости их мембран для воды, что связано с ее строением и возрастом эритроцитов. Повышение устойчивости эритроцитов указывает на «старение» крови и задержку эритропоэза, понижение резистентности – на «омоложение» крови, усиление гемопоэза.

3) Биологический (токсический) гемолиз. Он происходит при действии на эритроциты гемолитических ядов. Их подразделяют на

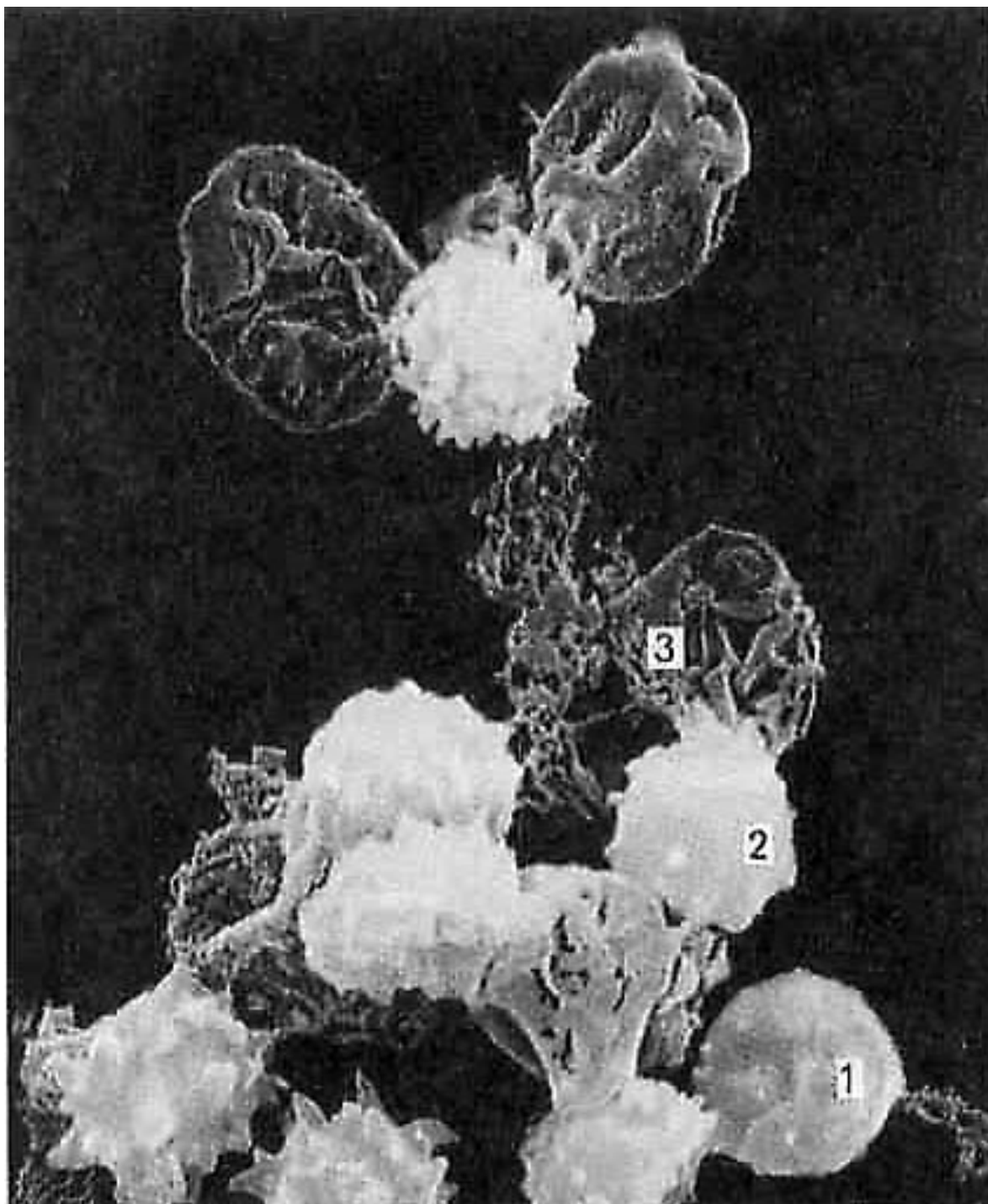


Рисунок 3 - Электронная микрофотография гемолиза эритроцитов и образование их «теней»:

1 – дискоцит;

2 – эхиноцит;

3 – разорвавшиеся оболочки («тени») эритроцитов

яды животных (змей, насекомых, микроорганизмов) и растений (сапонины). К биологическому гемолизу также относят гемолиз, возникающий при переливании несовместимой крови под влиянием иммунных гемолизиннов.

4) Химический гемолиз. Его наблюдают обычно вне организма при разрушении оболочки эритроцитов химическими веществами: кислотами, щелочами, органическими растворителями: спиртом, эфиром, хлороформом, бензолом и др.

5) Температурный гемолиз. Он возникает при действии на эритроциты высокой или низкой температуры. Например, при замораживании и размораживании крови в результате разрушения оболочки эритроцитов кристалликами льда, при взятии крови у животного в зимнее время в холодную пробирку, а также при нагревании крови выше 50-55 °С вследствие коагуляции белков мембран.

6) Механический гемолиз. Он происходит обычно вне организма при сильных механических воздействиях на кровь. Например, при встряхивании и грубом перемешивании крови в пробирке, при насасывании крови из вены через узкие иглы, при вытекании крови из иглы сильной струей и ее ударе о стенки пробирки.

Гемоглобин.

Свои основные функции (дыхательную и поддержание рН крови) эритроциты выполняют благодаря особому белку хромопротеиду – гемоглобину. Он окрашивает эритроцит в красный цвет. Гемоглобина в сухом веществе эритроцита примерно 90 %.

Гемоглобин состоит из белка глобина и 4 молекул гема. Гем имеет в своем составе атом железа, способный присоединять или отдавать молекулу кислорода. При этом валентность железа, к которому присоединяется кислород, не изменяется и все время остается двухвалентным. Гем у животных всех видов имеет одинаковый состав, а глобины отличаются своим аминокислотным составом. Различия в строении белковой части определяют сродство гемоглобина к кислороду.

Синтез гемоглобина происходит в красном костном мозге. В течение жизни эритроцита гемоглобин не обменивается. После разрушения эритроцита гемоглобин превращается в желчные пигменты (билирубин и биливердин), которые в составе желчи удаляются из организма. Из разрушенного гема основная часть железа вновь используется на построение гемоглобина, а меньшая

часть – выводится из организма. Поэтому железо должно поступать в организм с кормом.

Различают несколько форм гемоглобина:

1. Фетальный гемоглобин – гемоглобин плода (HbF). Он обладает большим сродством к кислороду, чем гемоглобин взрослых животных (HbA). Это помогает плоду не испытывать гипоксии при относительно низком содержании кислорода в крови.

2. Оксигемоглобин – гемоглобин, присоединивший к себе кислород. Данное соединение определяет ярко-алый цвет артериальной крови. Это соединение непрочное и легко распадается с отдачей кислорода тканям.

3. Дезоксигемоглобин (восстановленный, редуцированный гемоглобин) – гемоглобин, отдавший кислород. Он придает венозной крови вишневый цвет.

4. Карбогемоглобин – соединение гемоглобина с углекислым газом. Оно непрочное и легко распадается с высвобождением оксида углерода.

5. Карбоксигемоглобин - соединение гемоглобина с угарным газом. Это прочное соединение. Гемоглобин блокирован в нем угарным газом и неспособен осуществлять перенос кислорода. Сродство гемоглобина к угарному газу выше, чем его сродство к кислороду примерно в 200 раз. Поэтому даже при концентрации CO в воздухе, равной 0,1 %, блокируется 80 % гемоглобина. Это является опасным для жизни.

6. Метгемоглобин – это прочное соединение гемоглобина с атомарным кислородом. Оно образуется при некоторых патологических состояниях, например, при отравлении сильными окислителями (бертолетовой солью, перманганатом калия и др.). В данном случае происходит окисление железа и оно становится трехвалентным. Это отличает его от других видов гемоглобина, где железо - двухвалентное. Поэтому метгемоглобин не может отдавать кислород тканям, что может привести к гибели животного. Кровь приобретает коричневую окраску.

Предполагают, что в физиологических условиях незначительные количества метгемоглобина обезвреживают ядовитые вещества, образующиеся в организме или поступающие извне. Если же в метгемоглобин переходит значительная часть гемоглобина, то возникает гипоксия тканей. Такое состояние можно наблюдать при отравлении нитритами и нитратами.

7. Миоглобин – мышечный гемоглобин, который находится в скелетных и сердечной мышцах. Он отличается от обычного меньшим размером глобина. Миоглобин играет важную роль в снабжении кислородом мышц во время их сокращения, когда капилляры сужаются и перекрываются. У ныряющих животных миоглобин участвует в обеспечении кислородом мышц в условиях его недостаточности в крови.

Ряд заболеваний связан с появлением в крови патологических форм гемоглобина. Например, отсутствие или замена нескольких аминокислот в молекуле глобина приводит к существенному нарушению функции гемоглобина и появлению серповидноклеточной анемии (форма эритроцитов напоминает серп).

Цветовой показатель.

Цветовой показатель характеризует степень насыщения эритроцитов гемоглобином. Его определяют по формуле:

$$J = \frac{\text{найденный \% Hb}}{\text{нормальный \% Hb}} : \frac{\text{найденное количество эритроцитов}}{\text{нормальное количество эритроцитов}}$$

У большинства видов животных цветовой показатель равняется в среднем 0,8-1,0. Эритроциты с таким показателем называют нормохромными. При цветовом показателе более 1,1 эритроциты называют гиперхромными, менее 0,8 - гипохромными. Данный показатель важен для диагностики анемий различной этиологии.

Скорость оседания эритроцитов.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) - показатель величины суспензионных свойств крови, то есть способности поддерживать клеточные элементы во взвешенном состоянии.

Величина СОЭ зависит главным образом от соотношения белков в плазме крови. Так, альбумины адсорбируются на поверхности эритроцитов и улучшают суспензионные свойства крови. Глобулины, фибриноген и другие крупномолекулярные и нестабильные в коллоидном растворе белки увеличивают СОЭ, так как они при адсорбции на эритроцитах нейтрализуют их заряды. Эритроциты склеиваются и образовавшиеся тяжелые агрегаты оседают.

СОЭ увеличивается при беременности (из-за увеличения содержания фибриногена в крови), стрессе, воспалительных, инфекционных и онкологических заболеваниях, при уменьшении числа эритроцитов, при увеличении содержания фибриногена. Многие стероидные гормоны (эстрогены, глюкокортикоиды), а также

лекарственные вещества (салицилаты) повышают СОЭ. СОЭ снижается при увеличении количества альбуминов, эритроцитов в крови, повышении вязкости крови, при сдвиге рН крови в кислую сторону, при физической тренировке организма.

Лейкоциты

Лейкоциты (белые кровяные тельца) представляют собой бесцветные клетки, в протоплазме которых имеется ядро и у некоторых клеток – специфическая зернистость. Размер лейкоцита составляет до 12-20 мкм. Лейкоциты в зависимости от однородности протоплазмы делят на 2 большие группы:

1) Незернистые лейкоциты (агранулоциты) - в цитоплазме клетки отсутствуют гранулы, которые придавали бы ей зернистость. Их делят на виды:

- лимфоциты;
- моноциты.

2) Зернистые лейкоциты (гранулоциты) - в их цитоплазме содержатся зернышки (гранулы), видимые при фиксации и окраске клетки в мазке крови. В зависимости от того, какими гистологическими красками окрашиваются гранулы, гранулоциты подразделяют на три вида:

- эозинофилы - гранулы окрашиваются в розово-красный цвет кислыми красками;
- базофилы - гранулы окрашиваются в сине-фиолетовый цвет основными красками;
- нейтрофилы – гранулы окрашиваются в розово-фиолетовый цвет и основными, и кислыми красками.

Все лейкоциты выполняют в организме защитную функцию, но различные виды лейкоцитов осуществляют ее по-разному. Разные виды лейкоцитов изображены на рис. 6.

Лимфоциты.

Лимфоциты имеют крупное ядро, окруженное узким поясом цитоплазмы. В зависимости от размера различают большие, средние и малые лимфоциты.

Они являются центральным звеном иммунной системы организма. Лимфоциты осуществляют формирование специфического иммунитета, синтез защитных антител, лизис чужеродных клеток, реакцию отторжения трансплантата,

обеспечивают иммунную память. Они образуются в красном костном мозге, но еще на ранних стадиях развития покидают его и проходят дифференцировку (дальнейшее созревание и «обучение») в различных тканях.

В зависимости от того, в каких органах лимфоциты созревают, их подразделяют на три популяции: Т-, В- и О-лимфоциты.

1) Т-лимфоциты (тимусзависимые лимфоциты) - лимфоциты, созревание которых происходит в вилочковой железе (тимусе). После дифференцировки они расселяются в лимфоузлах, селезенке или циркулируют в крови. Т-лимфоциты осуществляют реакции клеточного иммунитета. В зависимости от выполняемой ими функции выделяют несколько форм:

- Т-киллеры (убийцы) – участвуют в реакциях клеточного иммунитета, лизируя чужеродные клетки, возбудителей инфекционных заболеваний, опухолевые клетки и клетки-мутанты.

- Т-хелперы (помощники) - взаимодействуя с В-лимфоцитами, превращают их в плазматические клетки, которые вырабатывают антитела, т.е. они помогают течению гуморального иммунитета.

- Т-супрессоры (угнетатели) - блокируют чрезмерные реакции В-лимфоцитов.

- Т-клетки памяти – долгоживущие клетки, которые хранят информацию о ранее действовавших на организм антигенах.

- Т-амплифайеры - активируют Т-киллеры.

2) В-лимфоциты (бурсозависимые лимфоциты) - лимфоциты, созревание которых происходит в фабрициевой сумке (бурсе) у птиц и в лимфоидной ткани у млекопитающих. В-лимфоциты осуществляют реакции гуморального иммунитета путем выработки антител. В-лимфоциты в ответ на действие антигенов в результате сложных взаимодействий с Т-лимфоцитами и моноцитами превращаются в плазматические клетки. Они вырабатывают антитела (иммуноглобулины), которые распознают и специфически связывают соответствующие антигены. Иммуноглобулины делят на 5 классов: JgA, JgG, JgM, JgD, JgE.

Среди В-лимфоцитов также выделяют клетки-киллеры, хелперы, супрессоры и клетки иммунологической памяти.

3) О-лимфоциты (нулевые лимфоциты) – лимфоциты, которые не прошли дифференцировку. Они могут превращаться в Т- и В-лимфоциты и поэтому являются как бы их резервом.

Моноциты.

Моноциты – это самые крупные клетки периферической крови. Клетки имеют почковидное ядро и хорошо выраженную серо-голубую цитоплазму.

Моноциты обладают выраженной способностью к фагоцитозу, поэтому их называют макрофагами. Моноциты находятся в крови 2-3 дня, затем они выходят в окружающие ткани, где превращаются в тканевые макрофаги (гистиоциты). В отличие от нейтрофилов, моноциты способны фагоцитировать микроорганизмы и в кислой среде. Фагоцитируя микробы, погибшие лейкоциты, поврежденные клетки тканей моноциты очищают место воспаления и подготавливают его для регенерации. Цитотоксическое действие моноцитов обусловлено наличием специальных ферментов (миелопероксидазы и др.).

Макрофаги участвуют в формировании специфического иммунного ответа организма. Они взаимодействуют с антигеном, образуя комплекс, т.е. переводят антиген в так называемую иммуногенную форму (презентация антигена). В таком виде антиген распознается Т-лимфоцитами.

Активированные моноциты могут синтезировать отдельные компоненты системы комплемента. Моноциты и тканевые макрофаги могут продуцировать цитотоксины, фактор некроза опухолей (ФНО), интерлейкин (ИЛ-1), интерферон и другие БАВ, благодаря чему в организме осуществляется противоопухолевый, противовирусный, противомикробный и противопаразитарный иммунитет.

Кроме того, моноциты участвуют в регуляции гемопоеза, стимулируя образование эритропоэтинов и простагландинов. Они также образуют факторы, усиливающие свертывание крови (тромбоксаны, тромбопластины) и стимулирующие фибринолиз (активаторы плазминогена).

Нейтрофилы.

Гранулы в их цитоплазме окрашиваются в розово-фиолетовый цвет, ядро темно-коричневое. Нейтрофилы по степени зрелости делят на три вида:

- юные (метамиелоциты) – имеют округлое ядро;
- палочкоядерные – ядро в виде подковы или палочки;
- сегментоядерные (полиморфноядерные) – ядро разделено на несколько сегментов, которые могут быть связаны перетяжками или могут быть самостоятельными.

Нейтрофилы обладают высокой способностью к самостоятельному движению. Они могут быстро переходить из крови в ткани и обратно, могут мигрировать по межклеточным пространствам. Нейтрофилы обладают хемотаксисом, т.е. способны двигаться в сторону раздражителя (место скопления микробов, инородных частиц, разрушающихся клеток организма и др.). Поэтому к патологическому очагу в организме нейтрофилы приходят в первую очередь, а затем появляются другие лейкоциты.

Основная функция нейтрофилов – фагоцитоз. Фагоцитоз – это захват инородной частицы (инфекционного агента, продуктов распада тканей и др.) с последующим внутриклеточным перевариванием ее. Переваривание чужеродных частиц осуществляется при помощи лизосомных ферментов (протеазы, пептидазы, оксидазы, дезоксирибонуклеазы). Так как нейтрофилы являются сравнительно небольшими клетками, то их называют микрофагами. Явление фагоцитоза открыл И.И. Мечников.

При помощи фагоцитоза организм борется не только с микроорганизмами и последствиями их внедрения в ткани, но и с собственными отмершими, разрушающимися, мутантными или ненужными клетками. Например, фагоцитоз встречается при удалении неполноценных эритроцитов, избытке яйцеклеток или сперматозоидов, при перестройке костных трабекул и при физиологической регенерации тканей. Т.е. фагоцитоз в здоровом организме является нормальным физиологическим процессом, направленным на поддержание гомеостаза.

Нейтрофилы вырабатывают различные биологически активные вещества (цитотоксины, интерферон и другие бактерицидные и пирогенные вещества), которые повышают проницаемость капилляров, миграцию других клеток крови в ткани, стимулируют рост и регенерацию тканей, кроветворение и др. Они участвуют в запуске таких процессов, как воспаление, боль, свертывание крови и фибринолиз.

Кроме того, у человека по нейтрофилам можно определить пол, так как у женского генотипа имеются круглые выросты – «барабанные палочки» (рис. 4).

Эозинофилы.

В их цитоплазме содержится двух-, трехдольчатое ядро и окрашивающиеся в розово-красный цвет большие и малые гранулы.

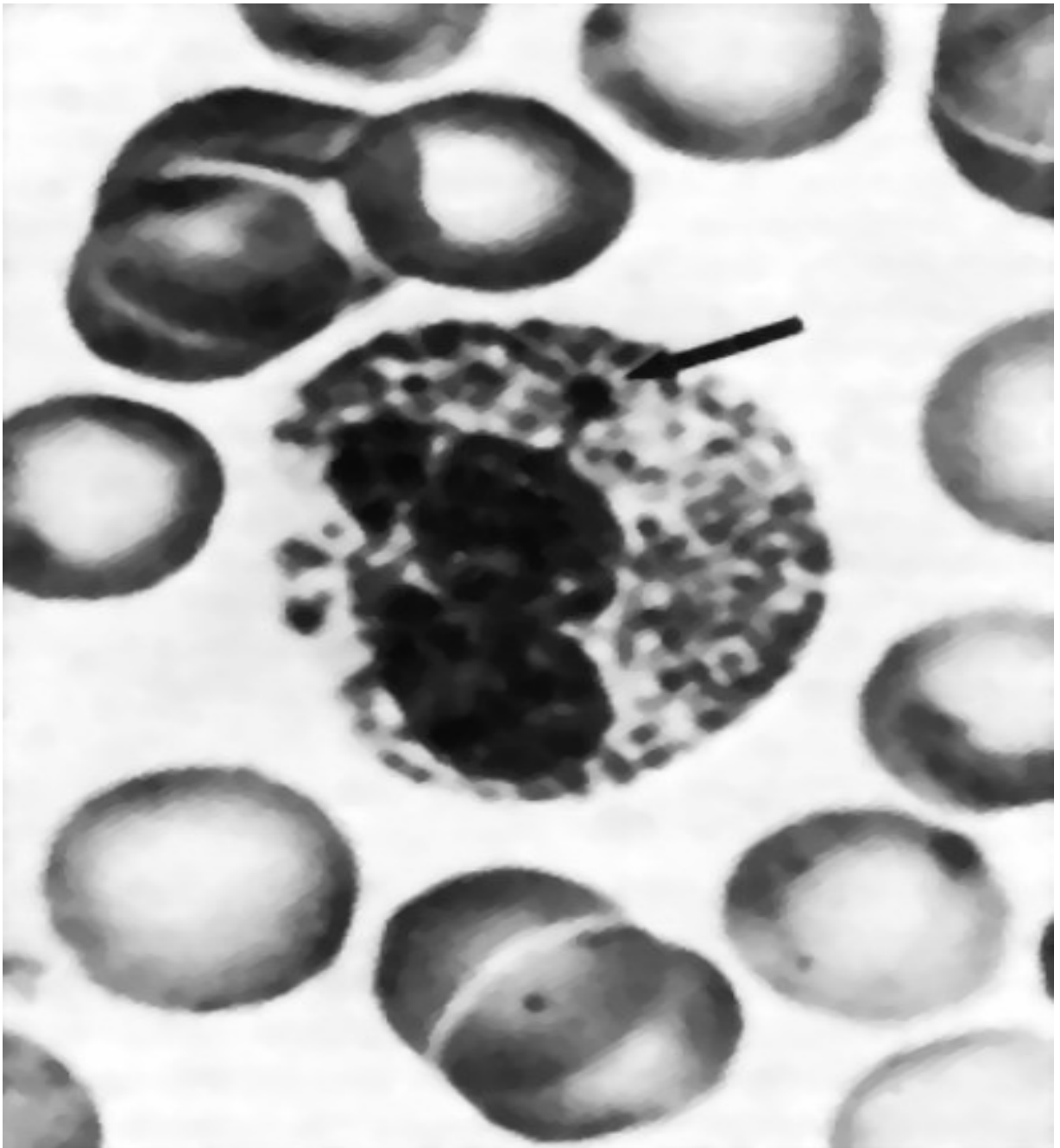


Рисунок 4 - Половой хроматин («барабанные палочки») в гранулоците женщины

Эозинофилы обладают способностью к фагоцитозу, но это не имеет большого значения из-за их небольшого количества в крови.

Основной функцией эозинофилов является антитоксическая. Они способны адсорбировать на своей поверхности токсины, чужеродные белки, комплексы антиген-антитело, а затем нейтрализовать их или транспортировать к органам выделения.

Эозинофилы выделяют ферменты, которые разрушают гистамин (гормон воспаления) и тормозят его дальнейшее выделение базофилами и тучными клетками, а также синтезируют вещества,

эффекты которых противоположны эффектам веществ, образуемых базофилами и тучными клетками. Эозинофилы снижают концентрацию биологически активных веществ во время аллергических реакций, глистных инвазий и аутоиммунных заболеваний животных. Все это позволяет уменьшить интенсивность аллергических реакций и защитить ткани организма, т.е. эозинофилы являются антагонистами базофилов и тучных клеток.

Эозинофилы защищают организм от паразитарной инфекции (гельминтозов), так они осуществляют противоглистный иммунитет, оказывая на личинку цитотоксическое действие. Поэтому при гельминтозах (как и других аллергических реакциях) наблюдают увеличение количества эозинофилов в крови (эозинофилия).

Активизация при стрессах гипоталамо-надпочечниковой системы может вызывать уменьшение числа эозинофилов в крови (эозинопения).

Кроме того, эозинофилы участвуют в свертывании и фибринолизе крови.

Базофилы.

Они содержат в цитоплазме сине-фиолетовые гранулы, в которых образуются биологически активные вещества (гепарин, гистамин и др.). Гепарин, как антикоагулянт, препятствует свертыванию крови в очаге воспаления. Гистамин является антагонистом гепарина. Он стимулирует фагоцитоз, повышает проницаемость кровеносных сосудов, расширяет капилляры, что способствует рассасыванию и заживлению. Базофилы также выделяют фактор активации тромбоцитов (ФАТ). Кроме того, базофилы синтезируют хемотоксические факторы, которые способствуют миграции других лейкоцитов в патологические очаги в тканях.

Живут лейкоциты относительно недолго: от нескольких часов до нескольких дней. Наибольшая продолжительность жизни - у Т-лимфоцитов (клеток-памяти), они могут жить годы.

Лейкоцитарная формула (лейкоформула, лейкограмма) – это процентное соотношение лейкоцитов всех видов, записанное в определенном порядке. В зависимости от преобладающего типа лейкоцитов различают нейтрофильную и лимфоцитарную лейкоформулы. Нейтрофильная лейкоформула характерна для лошадей, собак и многих других однокамерных животных,

лимфоцитарная лейкоформула – для жвачных животных (приложение 3).

При анализе лейкограммы необходимо учитывать возраст животного, так как в разные возрастные периоды ее профиль может меняться. Например, у телят лейкоформула имеет нейтрофильный профиль, с возрастом животного профиль лейкоформулы меняется на лимфоцитарный.

Профиль лейкоцитарной формулы изменяется при заболеваниях. Увеличение в крови количества молодых форм нейтрофилов (юных и палочкоядерных) называют сдвигом лейкоформулы влево. Он свидетельствует об обновлении крови и встречается при острых инфекционных и воспалительных заболеваниях, а также при лейкозах. Повышение в крови числа зрелых нейтрофилов (сегментоядерных) называют сдвигом лейкоформулы вправо.

Количество лейкоцитов в крови является относительно постоянным показателем. Увеличение количества лейкоцитов в крови называют лейкоцитозом, уменьшение - лейкопенией.

Лейкоцитозы делят на следующие виды:

1) Физиологический лейкоцитоз. По механизму своего развития он является перераспределительным (относительным) лейкоцитозом, так как происходит за счет выхода клеток из кровяных депо. Он характеризуется быстрым развитием, кратковременностью и отсутствием изменений в лейкоцитарной формуле. Физиологический лейкоцитоз подразделяют на виды:

- пищевой – связан с приемом корма животными. Его наблюдают у однокамерных животных через 2-4 часа после кормления во время интенсивного всасывания веществ из кишечника;
- лейкоцитоз беременных – появляется у животных в последнюю стадию беременности;
- лейкоцитоз новорожденных – с возрастом у молодняка животных уменьшается количество лейкоцитов;
- миогенный – возникает в крови животных после напряженной физической нагрузки;
- эмоциональный – появляется у животных при сильных эмоциональных переживаниях и болевых раздражениях.

2) Реактивный (истинный) лейкоцитоз. Его наблюдают при воспалительных процессах в организме. При таких лейкоцитозах в органах кроветворения происходит усиленное образование молодых форм клеток и их выброс в кровь. Лейкоцитоз в наиболее тяжелой

степени встечают при лейкозе. Образующиеся при нем в избыточном количестве лейкоциты, как правило, малодифференцированы и не способны выполнять свои физиологические функции. Истинные лейкоцитозы характеризуются медленностью развития, длительностью и изменениями в лейкоцитарной формуле.

3) Медикаментозный лейкоцитоз. Он возникает в результате парентерального введения белков, вакцин, сывороток, жаропонижающих веществ, эфирных масел и некоторых других лекарственных препаратов.

Лейкопению наблюдают при повышении радиоактивного фона, при применении некоторых фармакологических препаратов, а также при некоторых тяжелых инфекционных заболеваниях (сепсис, милиарный туберкулез). Особенно выраженной она бывает в результате поражения костного мозга при лучевой болезни. При лейкопении происходит резкое угнетение защитных сил организма в борьбе с инфекцией.

Тромбоциты

Тромбоциты (кровяные пластинки) - это плоские клетки неправильной округлой формы. У млекопитающих они не имеют ядер, у птиц и всех позвоночных они имеют ядра. Тромбоциты образуются в красном костном мозге из мегакариоцитов в результате распада последних. Живут кровяные пластинки 4-9 суток.

Количество тромбоцитов в крови является относительно постоянной величиной. Однако, имеют место колебания данного показателя. Увеличение содержания тромбоцитов в периферической крови называется тромбоцитозом, уменьшение – тромбоцитопенией. Повышение количества тромбоцитов наблюдают во время пищеварения, голодания, беременности, тяжелой мышечной работы, уменьшение – при острых инфекциях, анафилактическом шоке. Кроме того, увеличение содержания кровяных пластинок отмечают днем, уменьшение – ночью. У взрослых животных, по сравнению с молодыми, количество тромбоцитов больше.

Главной функцией тромбоцитов является участие в гемостазе, поскольку с их непосредственным участием формируется тромбоцитарный тромб. Тромбоциты способны к агрегации, т.е. могут склеиваться между собой, образуя скопления. Этот процесс обратимый. При агрегации тромбоциты вместо дисковидной принимают сферическую форму и покрываются выростами

(псевдоподиями). Это увеличивает контактную поверхность клеток и способствует их взаимодействию между собой.

Тромбоциты также способны к адгезии, т.е. могут прилипать к чужеродной поверхности, друг к другу, к стенке сосуда (рис. 5). Это явление необратимое, так как склеившиеся тромбоциты разрушаются. Адгезивность тромбоцитов повышается при беременности, травмах, хирургических вмешательствах и др.

Из разрушенных тромбоцитов выделяются тромбоцитарные (пластинчатые) факторы свертывания крови, а также ряд биологически активных веществ: серотонин, гистамин, адреналин, норадреналин и др. С их помощью происходит сужение просвета кровеносных сосудов (серотонин), образуется протромбиназа, происходит ретракция кровяного сгустка.

Кроме того, тромбоциты могут дополнять в организме роль эритроцитов и лейкоцитов. Так, тромбоциты способны передвигаться с помощью псевдоподий и фагоцитировать инородные тела, вирусы, иммунные комплексы, т.е. выполняют защитную функцию. Небольшая часть тромбоцитов прилипает к эндотелию сосудов и способствует его питанию, так как он не может извлекать из крови вещества в достаточном количестве. При отсутствии тромбоцитарной подкормки сосуды подвергаются дистрофии, становятся ломкими и снижают свою проницаемость. Наряду с эритроцитами тромбоциты могут транспортировать в крови кислород, что бывает важно при значительной гипоксии организма.

Гемопоз

Гемопоз (кроветворение) – процесс образования, развития и созревания клеток крови.

В эмбриональный период первые кроветворные очаги появляются в желточном мешке. Затем по мере закладки и развития внутренних органов кроветворение начинается в печени, селезенке, тимусе, лимфатических узлах и костном мозге. После рождения животного все клетки крови образуются только в красном костном мозге. Он у взрослых животных располагается в основном в плоских костях: грудной кости, тазовых костях, в ребрах, в костях черепа и отростках позвонков. У молодых животных красный костный мозг находится еще и в трубчатых костях, в которых он с возрастом замещается на желтый костный мозг.

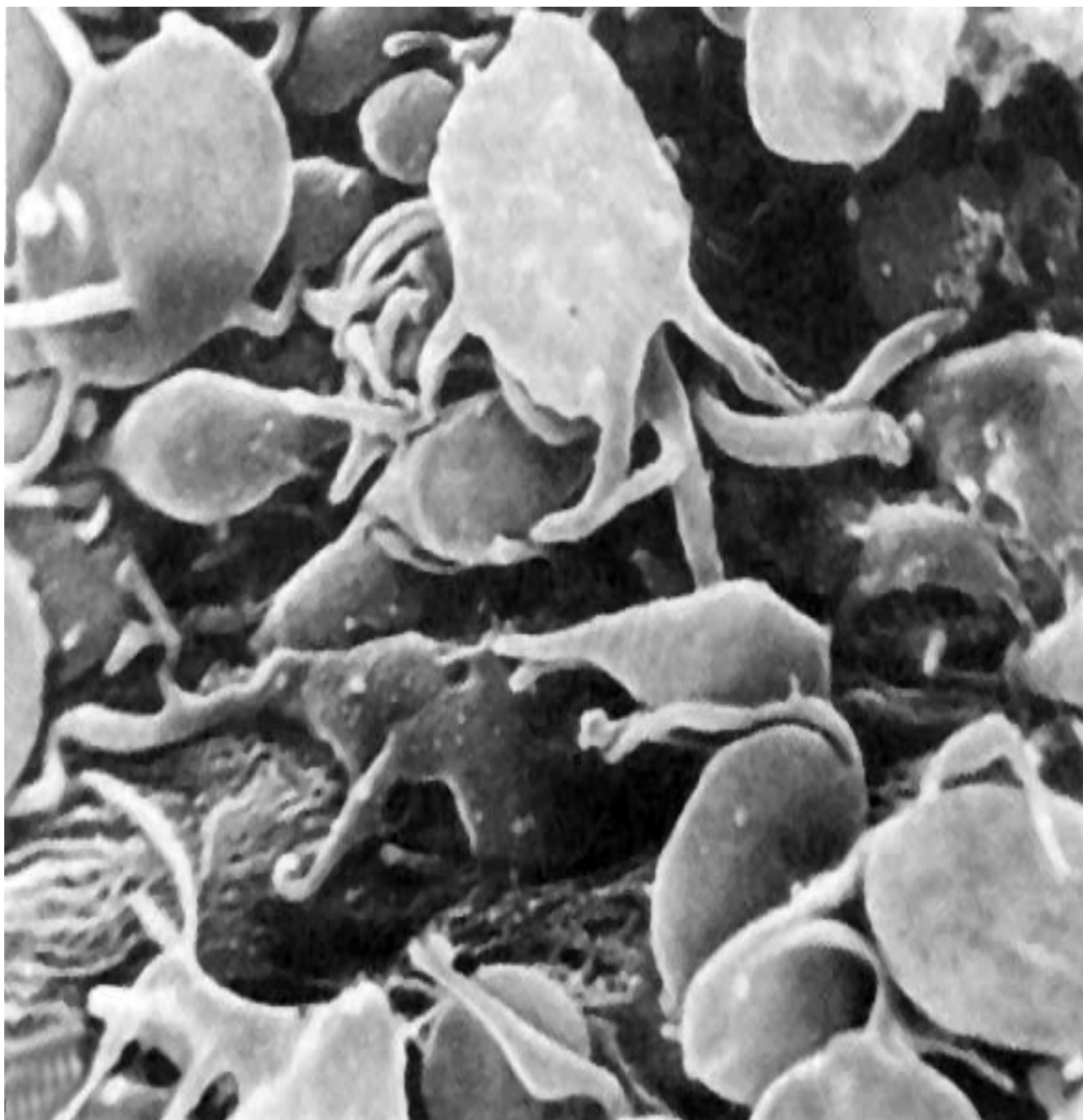


Рисунок 5 - Тромбоциты, прилипшие к стенке аорты в зоне повреждения эндотелиального слоя

Большинство исследователей придерживается унитарной теории кроветворения. Согласно ей, все клетки крови происходят из одной клетки костного мозга – стволовой клетки (рис. 7).

Регуляция гемопоэза осуществляется нервным и гуморальным механизмами.

Нервная регуляция осуществляется безусловно-рефлекторным (при помощи ЦНС) и условно-рефлекторным путями (через кору больших полушарий мозга). Единый центр кроветворения не

обнаружен, но большинство ученых отводит главную роль в регуляции гемопоэза гипоталамусу. Импульсы из ЦНС поступают к кроветворным органам по волокнам вегетативной нервной системы. Возбуждение симпатической нервной системы активизирует, а парасимпатической – тормозит кроветворение.

ЦНС может влиять на гемопоэз опосредованно – через образование гуморальных факторов. В тканях образуются особые вещества – гемопоэтины, которые, воздействуя на стволовые клетки, определяют их дифференцировку. В регуляции кроветворения участвуют и другие биологически активные вещества как эндогенной, так и экзогенной природы. В зависимости от того, какие форменные элементы образуются в результате гемопоэза, его делят на несколько видов: эритропоэз, лейкопоэз, тромбоцитопоэз.

Эритропоэз.

Образование эритроцитов происходит в красном костном мозге. Эритроциты вместе с кроветворной тканью называют красным ростком крови или эритроном.

Физиологическим регулятором эритропоэза являются эритропоэтины. Они образуются в основном в почках, а также в печени, селезенке и в небольших количествах постоянно присутствуют в крови здоровых животных. Активизируется эритропоэтин при взаимодействии с глобулином крови. Эритропоэтины усиливают пролиферацию клеток-предшественников эритроцитов и ускоряют синтез гемоглобина. Они также увеличивают кровоток в сосудах кроветворной ткани и увеличивают выход в кровь ретикулоцитов.

Образование эритропоэтинов стимулирует уменьшение количества кислорода в крови, что наблюдают при гипоксии, кровопотерях, при нахождении животных в условиях пониженного атмосферного давления, при анемиях, заболеваниях сердца и легких, при систематических физических нагрузках. Синтез эритропоэтинов может тормозиться особыми веществами – ингибиторами эритропоэтинов. Они снижают количество эритроцитов у животных высокогорья при переходе их в местность на уровне моря, у новорожденных животных приводят число эритроцитов к уровню взрослых животных.

Через эритропоэтины на кроветворение влияют нервная и эндокринная системы. Симпатическая нервная система стимулирует эритропоэз, а парасимпатическая – тормозит.

Активизируют эритропоэз продукты распада эритроцитов, мужские половые гормоны (поэтому у самцов больше эритроцитов, чем у самок), соматотропный гормон, тироксин, кортикостероиды, катехоламины, интерлейкины. Тормозят эритропоэз женские половые гормоны (эстрогены), кейлоны.

Значительная роль в эритропоэзе принадлежит кормовым факторам, так как для образования эритроцитов требуются железо и ряд витаминов.

Железо организм получает из гемоглобина разрушающихся эритроцитов и с пищей. Трехвалентное железо пищи с помощью особого вещества, находящегося в слизистой кишечника, превращается в двухвалентное железо. После всасывания в кровь железо транспортируется в костный мозг, где включается в молекулу гемоглобина. Избыток железа реагирует со специфическими белками крови, образуя ферритин и гемосидерин, которые депонируются в печени. При недостатке железа развивается железодефицитная анемия.

Для образования эритроцитов требуются витамин В₁₂ (цианкобаламин) и фолиевая кислота. Витамин В₁₂ поступает в организм с кормом и поэтому называется внешним фактором кроветворения. Для его усвоения необходим белок гастромукопротеид, который вырабатывается железами слизистой оболочки желудка и поэтому называется внутренним фактором кроветворения (фактор Касла). При отсутствии фактора Касла всасывание цианкобаламина в кишечнике не происходит и, соответственно, эритропоэз тормозится, т.е. В₁₂-дефицитная анемия развивается при недостатке витамина В₁₂ в кормах или при отсутствии фактора Касла.

Для полноценного эритропоэза также необходимы витамины (В₂, В₆, С, Е, РР) и минералы (медь, цинк, магний, кобальт и др.). Все эти вещества входят либо в состав гемоглобина, либо в состав ферментов, участвующих в его синтезе.

Об интенсивности эритропоэза судят по числу ретикулоцитов – предшественников эритроцитов. В норме их количество составляет в периферической крови около 1 %. Созревшие эритроциты циркулируют в крови в течение 100 – 120 дней.

Разрушение эритроцитов происходит в печени, селезенке, красном костном мозге при помощи клеток мононуклеарной фагоцитарной системы.

Лейкопоз.

Все лейкоциты образуются в красном костном мозге из одной стволовой клетки. Предшественники лимфоцитов первыми ответвляются от общего древа стволовых клеток.

Пролиферацию и дифференцировку лейкоцитов регулируют лейкопоэтины, которые синтезируются в печени, селезенке и почках. Среди них выделяют эозинофилопоэтины, базофилопоэтины, нейтрофилопоэтины и моноцитопоэтины. Каждый вид лейкопоэтинов стимулирует образование соответствующего вида лейкоцитов. Образование и дифференцировка Т-лимфоцитов регулируется гормоном тимуса – тимопоэтином. Стимуляторы и ингибиторы лейкопоэтинов находятся между собой в определенном взаимоотношении, что позволяет поддерживать баланс между отдельными классами лейкоцитов.

Продукция гранулоцитов стимулируется гранулоцитарным фактором, образующимся в моноцитах, макрофагах и Т-лимфоцитах, интерлейкинами, а угнетается - кейлонами и лактоферрином, синтезируемыми зрелыми нейтрофилами, простагландинами Е.

Образование моноцитов активизируется моноцитарным фактором, интерлейкинами, катехоламинами, а тормозится - простагландином Е, интерфероном, лактоферрином, большими дозами гидрокортизона.

В регуляции лейкопоза принимают участие органы эндокринной системы: гипофиз, надпочечники, половые железы, тимус и щитовидная железа. Действие их гормонов на процессы образования разных видов лейкоцитов бывает противоположным. Например, адренокортикотропный гормон уменьшает содержание в крови эозинофилов и одновременно увеличивает количество нейтрофилов. Это наблюдают довольно часто у животных в состоянии стресса.

Кроме того, продукты распада лейкоцитов стимулируют образование новых клеток того же типа. Активизируют лейкопоз продукты распада тканей, микроорганизмы и их токсины, нуклеиновые кислоты.

Продолжительность жизни разных видов лейкоцитов различна. Одни виды лейкоцитов живут часы или дни, а другие могут существовать несколько лет и даже на протяжении всей жизни животного.

Лейкоциты разрушаются в слизистой оболочке пищеварительного тракта и в ретикулярной ткани.

Тромбоцитопоз.

Тромбоциты образуются в красном костном мозге из гигантских клеток мегакариоцитов. Процессы образования, пролиферации и созревания тромбоцитов регулируются тромбоцитопоэтинами, которые секретируются в костном мозге, селезенке и печени. Тромбоцитопоэтины подразделяют на два типа: 1) Кратковременного действия - усиливают отщепление тромбоцитов от мегакариоцитов и ускоряют их поступление в кровь. 2) Длительного действия - способствуют дифференцировке и созреванию мегакариоцитов.

Образование тромбоцитопоэтинов увеличивается при воспалении, необратимой агрегации тромбоцитов, их активность регулируется интерлейкинами.

Продолжительность жизни тромбоцитов составляет 4-9 дней. Разрушаются кровяные пластинки в системе макрофагов.

Свертывание крови

Кровь является единственной жидкой тканью организма. При нарушении целостности кровеносных сосудов она должна свертываться, чтобы предотвратить кровотечения из организма. Поскольку отсутствие свертываемости крови может привести при повреждении сосудов к значительным кровопотерям и, как следствие, смерти животного.

Гемостаз – это процесс остановки кровотечения из сосудов при их повреждении. Гемостаз осуществляется в организме системой РАСК – регуляция агрегатного состояния крови. Эта регуляция осуществляется факторами свертывающей, противосвертывающей и фибринолитической систем крови. В здоровом организме данные системы взаимосвязаны и находятся в динамическом равновесии. Изменение функционального состояния одной из систем сопровождается компенсаторными сдвигами в деятельности другой. Нарушение взаимосвязей между системами может привести к тяжелым патологическим состояниям организма: повышенная кровоточивость сосудов или внутрисосудистое тромбообразование.

К факторам, поддерживающим кровь в жидком состоянии, следует отнести следующие:

- 1) внутренняя стенка сосудов имеет гладкую поверхность;

2) эндотелий сосудов и форменные элементы крови заряжены отрицательно, а одноименно заряженные тела отталкиваются друг от друга;

3) большая скорость кровотока в сосудистом русле приводит к распределению эритроцитов по оси сосуда, а плазмы – вдоль стенок сосуда;

4) факторы свертывающей системы крови находятся в сосудистом русле в неактивном состоянии;

5) эндотелий сосудов секретирует простаглицлин, ингибирующий агрегацию тромбоцитов, а также образует антитромбин и активаторы фибринолиза;

6) в крови присутствуют естественные антикоагулянты: антитромбопластины, антитромбины, гепарин.

Свертывающая система крови.

Свертывание крови (гемокоагуляция) – это жизненно важная защитная реакция организма, направленная на сохранение крови в сосудистой системе и предотвращающая гибель животного от кровопотери при повреждении сосудов.

В процессе остановки кровотечения участвуют: сосуды, окружающая сосуды ткань, физиологически активные вещества плазмы крови, форменные элементы крови (в основном тромбоциты). Регуляция данного процесса происходит нейрогуморальным путем.

Основные положения ферментативной теории свертывания крови были разработаны А. Шмидтом более 100 лет назад.

Биологически активные вещества плазмы крови, принимающие участие в ее свертывании, называют факторами свертывания крови. В зависимости от места нахождения эти факторы подразделяют на плазменные, тромбоцитарные, эритроцитарные, лейкоцитарные и другие.

Плазменные факторы свертывания крови обозначают римскими цифрами в порядке их хронологического открытия. Иногда эти факторы называют по химическому составу, по свойствам или по фамилии больного, у которого впервые был обнаружен дефицит данного фактора. К плазменным факторам относят следующие:

- I – фибриноген – является основой тромба. После выпадения осадок называется фибрином.
- II – протромбин – является неактивной формой фермента тромбина, который вызывает выпадение в осадок фибриногена. Одновременно растворяет фибрин.

- III – тканевый тромбопластин – участвует в образовании тканевой протромбиназы.
- IV – ионы кальция – участвуют во всех фазах свертывания.
- V – проакцелерин, ацклерин (Ас-глобулин или глобулин-акцелератор) – ускоряет свертывание крови.
- VI – исключен из номенклатуры.
- VII – конвертин – участвует в образовании тканевой протромбиназы.
- VIII – антигемофильный глобулин А – участвует в образовании кровяной протромбиназы.
- IX – антигемофильный глобулин В (фактор Кристмасса) - участвует в образовании кровяной протромбиназы (активирует фактор X).
- X – фактор Стюарта–Прауэра - участвует в образовании тканевой и кровяной протромбиназы, а также тромбина из протромбина.
- XI – антигемофильный глобулин С (плазменный предшественник тромбопластина, фактор Розенталя) – активирует фактор IX.
- XII – фактор Хагемана (контактный фактор) – активирует фактор XI и совместно с ним индуцирует процесс свертывания крови. Он участвует в фибринолизе.
- XIII – фибринстабилизирующий фактор (фибриназа) – участвует в образовании фибрина, а также в регенерации тканей.
- XIV – фактор Флетчера (калликреин).
- XV – фактор Фитцджеральда–Фложе (кининоген).

Тромбоцитарные (пластинчатые) факторы свертывания крови обозначают арабскими цифрами. К ним следует отнести:

- ПФ-3 - тромбоцитарный тромбопластин – липидно-белковый комплекс, выполняет роль матрицы, на которой происходит гемокоагуляция.
- ПФ-4 – антигепариновый фактор.
- ПФ-5 – фибриноген, который способствует адгезии и агрегации тромбоцитов.
- ПФ-6 - тромбостенин – актиномиозиновый комплекс, обеспечивающий ретракцию тромба.
- ПФ-10 – серотонин.
- ПФ-11 – комплекс АТФ и тромбоксана, участвующий в агрегации.

Аналогичные биологически активные вещества открыты в эритроцитах и в лейкоцитах, но они менее изучены. При переливании несовместимой крови, резус-конфликте матери и плода происходит массовое разрушение эритроцитов и выход данных факторов в плазму. Это является причиной интенсивного внутрисосудистого

свертывания крови. Лейкоцитарные факторы являются причиной свертывания крови при многих воспалительных и инфекционных заболеваниях.

По современным представлениям в остановке кровотечения принимают участие 2 механизма: сосудисто-тромбоцитарный (микроциркуляционный) и коагуляционный.

Сосудисто-тромбоцитарный (микроциркуляционный) гемостаз.

Благодаря этому механизму происходит остановка кровотечения из мелких сосудов с низким давлением крови. При травме или изменении эндотелия (шероховатость, изъязвления и др.) таких кровеносных сосудов вначале происходит их рефлекторный спазм, что уменьшает приток крови к поврежденному участку. В дальнейшем спазм поддерживается сосудосуживающими веществами (серотонин, норадреналин, адреналин), освобождающимися из тромбоцитов и поврежденных клеток тканей.

Эндотелий сосудов в месте повреждения изменяет свой заряд с отрицательного на положительный. Это приводит к адгезии отрицательно заряженных тромбоцитов на положительно заряженной раневой поверхности. Одновременно происходит агрегация и склеивание тромбоцитов с образованием тромбоцитарной пробки, или тромба. Сначала образуется рыхлая тромбоцитарная пробка, через которую проходит плазма (обратимая агрегация). Затем тромбоциты теряют свою структурность и сливаются в однородную массу, образуя плотную пробку, непроницаемую для плазмы (необратимая агрегация).

Тромбоцитарная пробка образуется в среднем в течение 1-3 минут с момента повреждения сосуда и кровотечение из мелких сосудов останавливается.

Коагуляционный гемостаз.

В крупных сосудах тромбоцитарный тромб не выдерживает высокого давления крови и вымывается. Поэтому в крупных сосудах гемостаз осуществляется ферментативным коагуляционным механизмом с образованием более прочного фибринового тромба.

Свертывание крови - это цепной ферментативный процесс. Его сущность заключается в переходе растворимого белка крови фибриногена в нерастворимый фибрин, в результате чего образуется прочный фибриновый тромб. Ферментативный процесс свертывания крови протекает в 3 фазы. По его окончании происходит ретракция кровяного сгустка.

I фаза	Взаимодействие плазменных и тканевых факторов приводит к образованию протромбиназы.
II фаза	Под влиянием протромбиназы протромбин превращается в тромбин.
III фаза	Тромбин вызывает превращение фибриногена в фибрин.

В эти фазы в крови происходят следующие процессы:

I фаза.

Она является самой сложной и продолжительной. В результате этой фазы образуется протромбиназа. Образование протромбиназы может идти двумя путями: внутренним (кровяным) и внешним (тканевым).

Внутренний путь осуществляется без внешнего повреждения стенок сосуда. Он начинается с разрушения тромбоцитов после адгезии и агрегации на измененной стенке сосуда. Это приводит к активации веществ плазмы и форменных элементов крови: IV, VI, VIII, IX, XI, XII, XIV, XV, тромбоцитарного фактора 3. Под влиянием данных факторов образуется кровяная протромбиназа. Этот процесс продолжается 5-10 минут.

Внешний путь начинается с повреждения стенок сосуда. Элементы разрушенных стенок сосудов активируют тканевый тромбопластин (III), который взаимодействует с IV, V, VI, VII, X факторами. В результате этого образуется тканевая протромбиназа. Процесс длится 5-10 с.

II фаза.

Под влиянием протромбиназы и в присутствии IV, V, VI, VII, X факторов осуществляется переход протромбина в активную форму - тромбин. Превращение веществ происходит за 1-5 с.

III фаза.

Тромбин вызывает превращение растворимого белка крови фибриногена в нерастворимый фибрин, который составляет основу тромба. Вначале под влиянием тромбина происходит образование фибрин-мономера. Затем с участием ионов кальция образуется растворимый фибрин-полимер, который под влиянием XIII фактора переходит в нерастворимый фибрин-полимер. Он обладает

устойчивостью к фибринолизу. В нитях фибрина застревают форменные элементы крови и формируется кровяной сгусток (фибриновый тромб), который закупоривает рану.

Ретракция.

Она начинается после образования сгустка крови. Ретракция – это самопроизвольное отделение сыворотки крови от ее сгустка, в результате чего происходит сокращение и уплотнение тромба в поврежденном сосуде. Ретракция происходит с помощью сократительного белка тромбоцитов под влиянием тромбостенина и ионов кальция. Через 2-3 часа сгусток крови сжимается до 25–50% от своего первоначального объема. В результате ретракции тромб становится более плотным, прочным и непроницаемым для крови. Кроме того, он стягивает края раны сосуда, способствуя регенерации тканей.

Взаимосвязь факторов свертывания крови.

Вещества, участвующие в свертывании крови, постоянно образуются и находятся в ней, но в неактивном состоянии. При отсутствии или недостатке хотя бы одного из факторов нарушается весь процесс свертывания крови. Это можно наблюдать при генетическом заболевании (гемофилии), при тяжелых и дегенеративных заболеваниях печени, при гипо- и авитаминозе К, при недостатке ионов кальция и др.

Гемофилия возникает вследствие дефицита плазменных факторов – антигемофилийных глобулинов. Она передается по наследству. При этом у человека гемофилией болеют только мужчины, а передают ее женщины. Данное генетическое заболевание также встречается у лошадей, собак и свиней. Так, больные поросята даже от незначительных ранений истекают кровью и погибают. У свиней болеют и передают болезнь особи обоего пола.

Заболевания печени влияют на процесс коагуляции крови, так как большинство плазменных факторов образуется в печени, а для синтеза некоторых из них (II, VII, IX, X) необходим витамин К.

Витамин К содержится в растительной пище и синтезируется микрофлорой кишечника. Он является жирорастворимым витамином, поэтому его дефицит может возникать при снижении желчеобразования, при угнетении всасывания жиров в кишечнике, при подавлении кишечной микрофлоры антибиотиками. Кроме того, в кормах может содержаться антагонист витамина К – дикумарин. Поэтому дикумарин используют для борьбы с грызунами, которые

погибают в результате множественных внутренних кровоизлияний. Кроме того, дикумарин и его синтетические производные нашли применение в качестве антикоагулянтов.

Процесс свертывания крови может ускоряться или замедляться под влиянием ряда причин:

1) Факторы, ускоряющие процесс свертывания крови:

- немного повышенная температура тела животного, так как она повышает скорость ферментативных процессов свертывания крови;

- ионы кальция, так как они участвуют во всех фазах гемокоагуляции;

- шероховатая поверхность сосудов (поражение сосудов атеросклерозом, сосудистые швы в хирургии), способствующая завихрениям крови и выпадению фибрина в сосудах;

- резкое замедление или остановка движения крови;

- механические воздействия (давление, раздробление тканей, встряхивание емкостей с кровью), которые приводят к разрушению форменных элементов крови и выходу из них факторов свертывания крови;

2) Факторы, замедляющие и предотвращающие гемокоагуляцию:

- понижение температуры тела животного;

- цитрат и оксалат натрия, которые связывают ионы кальция;

- гепарин, вызывающий подавление всех фаз гемокоагуляции;

- гладкая внутренняя поверхность сосудов (гладкие швы при сшивании сосудов, покрытие силиконом или парафинирование канюль и емкостей и др.).

Фибринолитическая система крови.

Она включает в себя пламиноген в совокупности с активаторами и ингибиторами. Пламиноген плазмы крови является неактивной формой фермента пламина (фибринолизина), под влиянием которого осуществляется фибринолиз. Фибринолиз - это процесс ферментативного расщепления фибринового сгустка. Он начинается одновременно с ретракцией сгустка крови, но идет медленнее.

Пламиноген синтезируется в печени, костном мозге, почках. В активную форму он переходит под влиянием кровяных и тканевых активаторов. Высокоактивным тканевым активатором является урокиназа. Кровяные активаторы (в т.ч. фактор Хагемана)

стимулируются адреналином, лизокиназами, то есть в случаях, когда повышается свертываемость крови (физические и психические нагрузки).

Кроме активаторов, в крови присутствуют ингибиторы (антиплазмины), которые блокируют или разрушают плазмин, а также антиактиваторы плазминогена, тормозящие его активацию.

В результате рассасывания мелких тромбов происходит восстановление просвета сосуда, в более крупных тромбах образуются каналы, по которым может восстановиться движение крови. Такое явление называется канализацией тромба.

Если отсутствуют условия для фибринолиза, то возможна организация тромба, т.е. замещение его соединительной тканью. Иногда тромб может отрываться от места своего образования и, циркулируя с кровью, может закупорить другой сосуд (эмболия).

Противосвертывающая система крови.

Наряду с веществами, способствующими свертыванию, в крови находятся вещества, препятствующие гемокоагуляции. Их называют естественными антикоагулянтами. Выделяют первичные и вторичные антикоагулянты.

Первичные антикоагулянты постоянно находятся в крови. К ним относят:

- антитромбопластины – они обладают антитромбопластиновым и антипротромбиназным действием;
- антитромбины – они связывают тромбин, кроме того, антитромбин III является плазменным кофактором гепарина;
- гепарин – образуя комплекс с антитромбином III, переводит его в антитромбин, который способен молниеносно связывать тромбин в крови, блокировать активацию IX, X, XI, XII факторов. Гепарин образуется в тучных клетках и базофильных лейкоцитах. Его особенно много в печени, легких, сердце и мышцах.

Вторичные антикоагулянты образуются в ответ на появление большого количества тромбина в процессе свертывания крови и фибринолиза. К этой группе относят антитромбин I (фибрин), который адсорбирует и инактивирует тромбин. Продукты деградации фибрина нарушают полимеризацию фибрин-мономера и блокируют его, угнетая агрегацию тромбоцитов.

Регуляция свертывания крови.

В процессе эволюции у организма выработалась одна реакция на все воздействия внешней среды – ускорение свертывания крови. Данный процесс имеет защитно-приспособительный характер.

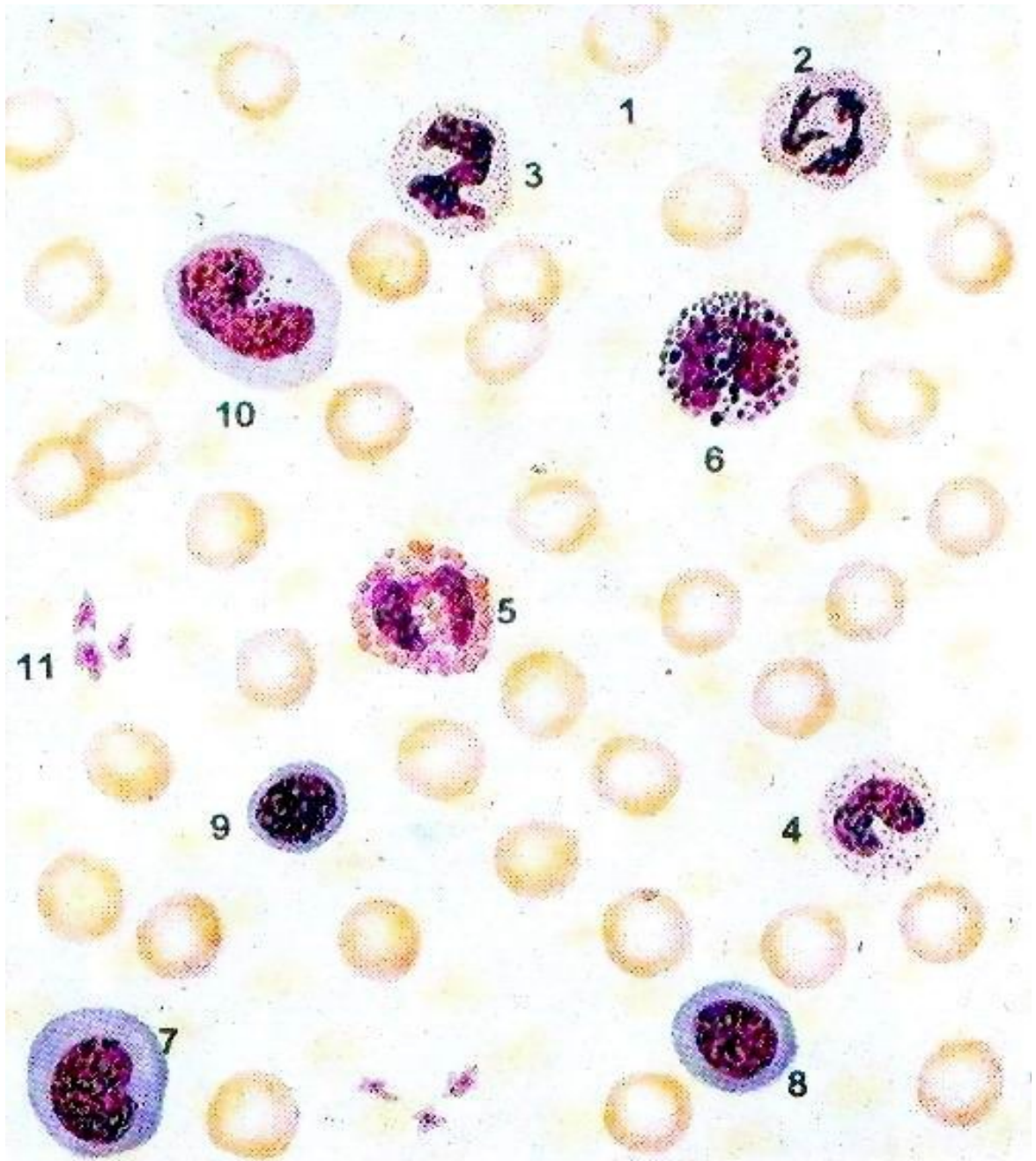


Рисунок 6 - Форменные элементы крови в мазке:

- 1 – эритроцит;
- 2 – сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит;
- 3 – палочкоядерный нейтрофильный гранулоцит;
- 4 – юный нейтрофильный гранулоцит;
- 5 – эозинофильный гранулоцит;
- 6 – базофильный гранулоцит;
- 7 – большой лимфоцит;

- 8 – средний лимфоцит;
- 9 – малый лимфоцит;
- 10 – моноцит;
- 11 – тромбоциты (красные пластинки)

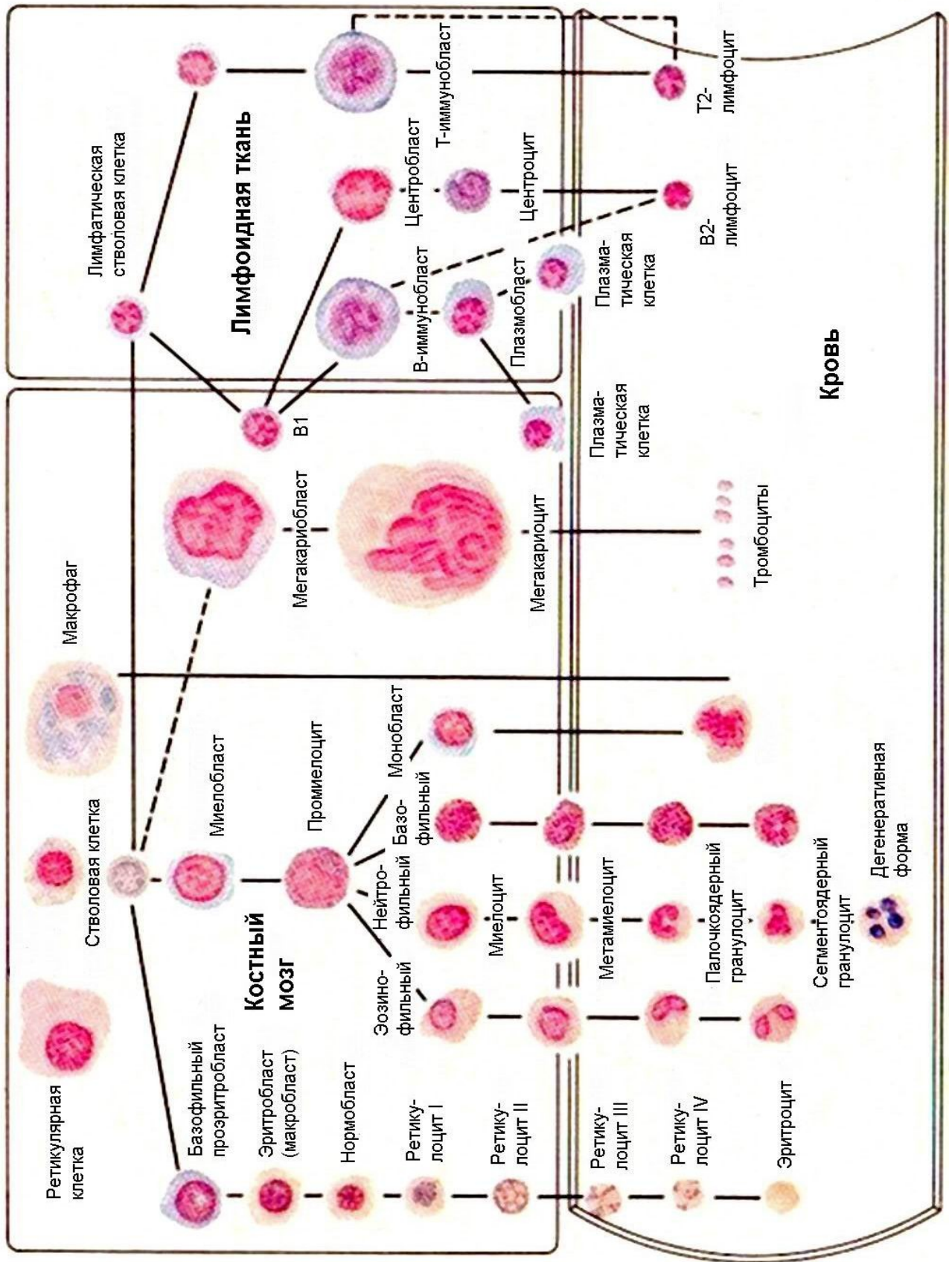


Рисунок 7 - Схема кроветворения

Он при угрозе травмы организма подготавливает его кровь к более быстрому образованию тромба.

Под влиянием сильных раздражителей происходит рефлекторный выброс в кровь из стенок сосудов большого количества факторов свертывания и повышение содержания тромбина.

Большую роль в ускорении образования тромба играет адреналин. При увеличении его концентрации в крови из стенок сосудов выделяется тромбопластин, быстро превращающийся в кровяную протромбиназу. Адреналин также активирует фактор Хагемана (XII). Влияние адреналина на тканевые липазы приводит к расщеплению жиров и, соответственно, повышению в крови уровня жирных кислот, которые обладают тромбопластической активностью.

Одновременно с ускорением свертывания крови повышается активность фибринолитической системы. Это предупреждает образование тромба, когда в этом нет необходимости, и способствует растворению уже образовавшегося фибрина.

Через некоторое время после ускорения свертывания крови наступает его замедление. Это явление вторично, так как оно обусловлено израсходованием факторов свертывающей системы. Например, во время продолжительных операций или родов может возникнуть реальная угроза потери кровью коагулирующих свойств.

В организме здоровых животных в условиях физиологического покоя мощность свертывающей и противосвертывающей систем находится в состоянии равновесия, что позволяет крови оставаться жидкой. В стрессовых ситуациях активность обеих систем возрастает и равновесие устанавливается на новом уровне.

Процессы свертывания крови регулируются нервной системой. Раздражение симпатической и парасимпатической нервных систем и, в том числе, их медиаторы ускоряют образование тромба. Поэтому, например, во время стрессовых ситуаций, болевых раздражений коагулирующие свойства крови повышаются. Ведущая роль в регуляции свертывания крови принадлежит центральной нервной системе и ее главному отделу - коре больших полушарий головного мозга.

Группы крови и резус-фактор

Группы крови.

Группы крови изучены у животных несравненно меньше, чем у человека, так как у них отсутствует система крови, аналогичная человеку. Поэтому данный раздел будет рассмотрен в основном на примере человека.

Учение о группах крови возникло в связи с проблемой переливания крови, так как в некоторых случаях у людей, которым переливали кровь, развивался посттрансфузионный шок, приводящий к смерти.

Причину этого установили в начале XX века К. Ландштейнер и Я. Янский. Они обнаружили в эритроцитах людей агглютиногены А и В, а в плазме крови - агглютинины α и β . Отсутствие в крови агглютиногенов или агглютининов обозначили, соответственно, как О или о. Эти антигены образуют так называемую АВО систему групп крови. В крови одного организма не содержатся вместе одноименные агглютиногены и агглютинины. Если же при переливании крови в ней встречаются вместе агглютиноген А и агглютинин α или, соответственно, В и β , то происходит их агглютинация (склеивание). Образовавшиеся в результате этого конгломераты эритроцитов не выполняют свои свойства и закупоривают мелкие сосуды. В последующем склеившиеся эритроциты гемолизуются с выделением токсических веществ. Это вызывает развитие гемотрансфузионного шока, который может привести к смертельному исходу.

В зависимости от различных сочетаний между агглютиногенами и агглютинидами у человека выделяют 4 группы крови. Их обозначают римскими цифрами и агглютиногенами, которые содержатся в эритроцитах данной группы (табл. 1). Группы крови передаются по наследству и не меняются в течение всей жизни организма. В плазме крови новорожденных агглютинины отсутствуют. Под влиянием веществ пищи и веществ, вырабатываемых кишечной микрофлорой в течение первого года жизни, они образуются к тем антигенам, которых нет в собственных эритроцитах организма.

Для предотвращения агглютинации следует переливать от человека к человеку кровь только одноименной группы. Особенно это необходимо соблюдать при переливании больших объемов крови,

при тотальном кровезамещении (хирургические операции, обширные кровопотери).

Таблица 1 - Группы крови человека

Группа крови	Агглютиноген в эритроцитах	Агглютинин в плазме крови
I (O)	O	α, β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV (AB)	A, B	o

При переливании небольших объемов крови (200 мл) допускают переливание человеку другой группы крови, но она должна быть совместимой. Обосновано это тем, что для агглютинации эритроцитов необходимо достаточное количество агглютининов. У донора учитывают наличие агглютиногенов в эритроцитах, а у реципиента - агглютининов в плазме. Плазму донора во внимание не принимают, так как в плазму реципиента добавляют ее небольшое количество и она сильно разбавляется.

Согласно этому, кровь людей I группы можно переливать людям со всеми группами крови (I, II, III, IV). Поэтому людей с I группой крови называют универсальными донорами. Но им самим нельзя приливать кровь других групп. Кровь людей II группы можно переливать людям со II и IV группами крови, а кровь людей III группы – людям с III и IV. Кровь людей IV группы можно переливать только людям с этой же группой крови. Но людям с IV группой крови можно переливать любую кровь, поэтому их называют универсальными реципиентами (рис. 8). При необходимости переливания больших объемов крови этим правилом пользоваться нельзя.

В дальнейшем было установлено, что агглютиногены A и B существуют в разных вариантах (более 10), отличающихся по антигенной активности: A1, A2, A3 и т.д., B1, B2 и т.д. Самыми активными являются A1 и B1. Активность агглютиногенов убывает в порядке возрастания их нумерации. Наличие в крови людей агглютиногенов с низкой активностью может привести к ошибкам при определении группы крови и, следовательно, к переливанию несовместимой крови. Кроме того, у людей с I группой крови на мембране эритроцитов имеется антиген H, который встречается и у

людей с II, III и IV группами крови. Однако, у них он существует в качестве скрытой детерминанты. У людей с II и IV группами крови часто встречаются анти-H-антитела. Поэтому при переливании крови I группы людям с другими группами крови также могут развиваться гемотрансфузионные осложнения. В связи с этим, в настоящее время пользуются правилом: переливать от человека к человеку только одногруппную кровь.

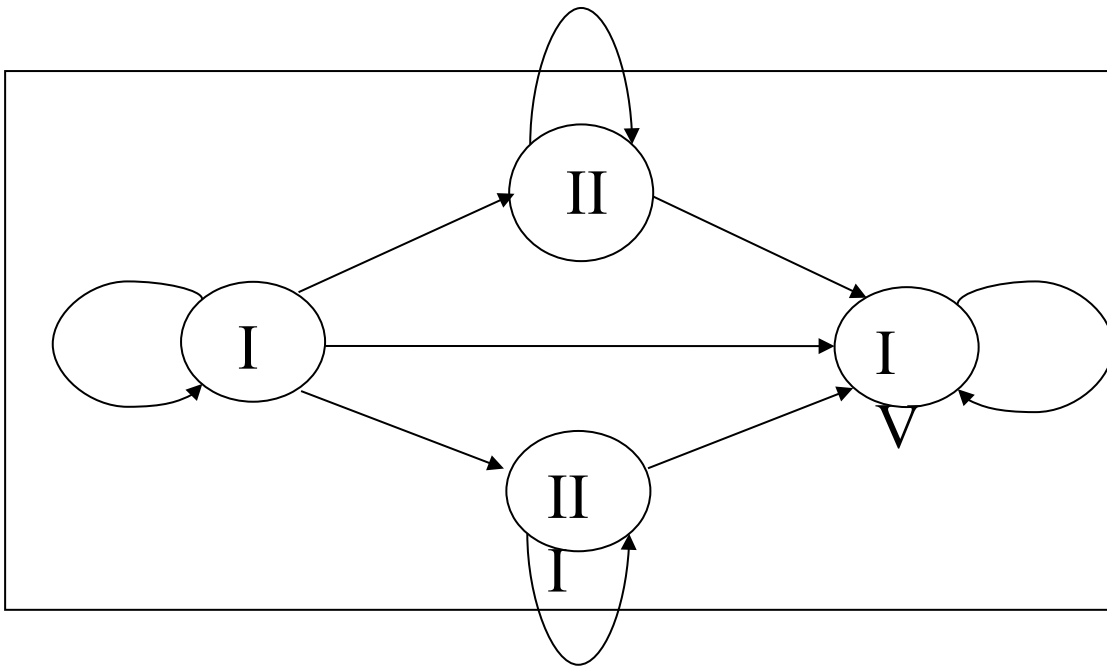


Рисунок 8 - Схема допустимого переливания групп крови человека

Резус-фактор.

В 1940 году К.Ландштейнером и А.Винером в эритроцитах людей был обнаружен еще один агглютиноген, названный резус-фактором. Назван он так, потому что исследователи впервые его обнаружили в крови обезьян макаки-резус. Людей, имеющих резус-фактор в крови, называют резус-положительными (Rh+), а людей, не имеющих его, - резус-отрицательными (Rh-). Данный фактор передается по наследству.

В настоящее время известно, что система резус включает много антигенов. Наиболее активным в антигенном отношении являются антиген D, затем следуют C, E, d, c, e. Они и чаще встречаются. Интересно, что у аборигенов Австралии в эритроцитах не выявлен ни один антиген системы резус. Система резус, в отличие от системы АВО, не имеет в норме соответствующих агглютининов в плазме.

Однако, при переливании крови резус-положительного донора резус-отрицательному реципиенту в организме последнего образуются специфические антитела к резус-фактору – антирезус-агглютинины. Поэтому при повторном переливании резус-положительной крови этому же человеку у него произойдет агглютинация эритроцитов. Возникший резус-конфликт протекает по типу гемотрансфузионного шока. Таким образом, резус-отрицательному человеку можно переливать только резус-отрицательную кровь, а резус-положительному человеку - резус-положительную кровь.

Особое значение резус-фактор имеет в репродуктивной функции организма. Так, если резус-отрицательная женщина вынашивает резус-положительный плод, который получил антиген от отца, то у нее тоже может возникнуть резус-конфликт. Резус-агглютиногены, проникая в организм матери, могут вызвать выработку у нее антител. Они при соприкосновении с эритроцитами плода вызывают их разрушение, что может привести к гибели плода. Однако, значительное поступление эритроцитов плода в организм матери наблюдают только в период родовой деятельности. Поэтому первая беременность может закончиться благополучно. При последующих беременностях с вынашиванием резус-положительного плода антитела проникают через плацентарный барьер. Это приводит к повреждению ткани и эритроцитов плода, вызывая рассасывание (лизис) плода, выкидыш или тяжелое заболевание у новорожденных - гемолитическую анемию (гемолитическую желтуху).

С целью иммунопрофилактики резус-отрицательной женщине сразу после родов или аборта вводят концентрированные анти-D-антитела. Смерть новорожденного может предотвратить полная замена у него крови.

В последнее время у человека на мембране эритроцитов обнаружены и другие агглютиногены. Их объединяют сейчас в 15 генетических систем групп крови, включающих более 400 антигенных факторов. Наибольшее практическое значение имеет система АВО и резус-фактор (рассмотрены выше).

Различные антигены обнаружены также на лейкоцитах, их более 90. К ним относят и антигены гистосовместимости, которые играют важную роль в трансплантационном иммунитете.

Системы крови у животных.

У животных разные системы групп крови изучены гораздо меньше, чем у человека, так как у них отсутствует система крови аналогичная человеку.

У животных в крови также выделено большое количество антигенных факторов. В крови крупного рогатого скота обнаружено 11 систем, объединяющих более 88 антигенов. У свиней – 14 и более 130 соответственно. У овец выделено 7, у кур – 14 систем крови.

Поскольку у животных системы крови изучены недостаточно, то трудно говорить о совместимости крови разных групп. Как правило, переливание крови от одного животного к другому считают безопасным при условии, что реципиенту до этого кровь не переливали. Тем не менее, перед переливанием крови следует проверить совместимость крови донора и реципиента путем оценки реакции смешивания капель их крови на предметном стекле.

Знание групп крови важно в следующих аспектах:

1) группы крови учитывают при переливании крови (рассмотрено выше).

Следует еще отметить, что любое переливание крови – это сложнейшая операция по своей иммунологии. Поэтому в медицине существует правило: переливать цельную кровь надо только по жизненным показаниям, когда кровопотеря превышает 25% от общего объема. Если острая кровопотеря менее 25% от общего объема, необходимо вводить плазмозаменители (кристаллоиды, коллоиды), так как в данном случае более важно восстановление объема крови. В других ситуациях более целесообразно переливать тот компонент крови, который необходим организму. Например, при анемии необходимо переливать эритроцитарную массу, при тромбоцитопении – тромбоцитарную массу, при инфекциях, септическом шоке – гранулоциты.

2) группы крови используют в судебной медицине для установления принадлежности крови.

3) группы крови учитывают в репродукции.

У человека при беременности всегда необходимо учитывать системы крови (резус-фактор). Кроме того, системы крови следует учитывать при анализе бесплодия, так как иногда в женском организме происходит агглютинация спермиев и их гибель вследствие тканевой несовместимости мужского и женского организмов.

В животноводстве группы крови используют в селекционной работе. С учетом их необходимо проводить подбор родительских пар (так как, например, до 20 % новорожденных поросят погибает от гемолитической болезни), устанавливать отцовство при искусственном осеменении самок спермой разных самцов, изучать происхождение пород животных и генетические связи между ними.

4) группы крови учитывают в профилактике некоторых заболеваний.

Связь групп крови с болезнями человека имеет много подтверждающих факторов. Например, люди с первой группой крови чаще, чем люди с другой группой крови, болеют язвенной болезнью желудка, двенадцатиперстной кишки, панкреатитом. Ишемию сердца, наоборот, реже встречают у людей с первой группой крови. Люди с третьей группой крови наиболее устойчивы к дифтерии. Люди с первой группой крови наименее устойчивы к чуме, со второй группой – к оспе, по сравнению с другими людьми.

Взаимосвязь заболеваний и систем крови отмечена и у животных. Так, у свиней породы ландрас язву желудка встречают чаще, чем у крупных белых свиней, а у кабанов данное заболевание не регистрируют. В особенностях генотипа этих животных по устойчивости к воздействиям внешней среды, несомненно, принимают участие факторы групп крови.

Изменения крови под влиянием внешних факторов

При нормальном физиологическом состоянии организма животного состав и свойства периферической крови постоянны. Однако это постоянство относительно, так как обмен веществ и работа органов и систем организма находятся в динамическом равновесии (поступление из кишечника питательных веществ и одновременное удаление продуктов обмена с мочой, через легкие и др.). Даже при незначительных изменениях в функционировании органов и систем животного возможно возникновение определенных изменений в периферической крови. При резких и сильных физиологических сдвигах в организме изменения состава и свойств крови становятся патологическими и могут вызывать смерть животного.

Изменение картины крови с возрастом животного.

Особенности функционирования организма животного в раннем возрасте, по сравнению с более старшим, накладывают свой отпечаток на состав и свойства крови.

С момента рождения и до старости организма интенсивность его гемопоэза постепенно уменьшается. С возрастом животного в красном костном мозге снижается количество кроветворных клеток, которые замещаются на жировые. В лимфоузлах вследствие атрофических изменений возникает фиброз (разрастание соединительной ткани).

У большинства видов животных в молодом возрасте в крови большее число форменных элементов, чем у взрослых животных. Но объем эритроцитарной массы с возрастом изменяется мало, так как у молодняка эритроциты имеют меньший размер, по сравнению со взрослыми животными.

Например, у новорожденных телят относительная плотность крови выше, чем у взрослых коров. С увеличением возраста у телят происходит уменьшение в крови количества эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов. В лейкоцитарной формуле происходит некоторое уменьшение количества эозинофилов, палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов (последних – более чем в 2 раза), при одновременном увеличении количества лимфоцитов (более чем в 2 раза).

С закономерностями возрастных изменений крови крупного рогатого скота схожи изменения крови лошадей, кроликов и большинства других животных.

Изменения в крови при мышечной работе.

Мышечное напряжение – это один из основных факторов, приводящих к изменению состава и свойств крови. Чем сильнее мышечное напряжение, тем значительнее изменения крови.

В изменении крови при мышечном напряжении различают несколько стадий:

1) стартовая реакция.

Происходит увеличение объема циркулирующей крови. Интенсификация обменных процессов вызывает увеличение количества эритроцитов и содержания в них гемоглобина. Увеличивается активность белой крови. Повышение числа лейкоцитов в этой стадии называют эмоциональным лейкоцитозом.

Например, у лошадей после 15-минутной прогонки количество циркулирующей крови увеличивается на 33,7 %, или на 25 мл на 1 кг

массы животного. Количество эритроцитов возрастает на 25-50 % в зависимости от интенсивности работы. Так, при пробеге на 25 км содержание эритроцитов увеличивается на 22,6 %, на 100 км – на 34,3 %. Количество гемоглобина увеличивается в меньшей степени, чем эритроцитов, – на 22,6 и 14,6 % соответственно.

Повышение числа эритроцитов происходит за счет выхождения в периферическое русло резервных эритроцитов, а также за счет сгущения крови при обезвоживании организма в результате выпотевания воды. Об этом свидетельствует повышение относительной плотности, вязкости крови и ее быстрое свертывание.

2) напряжение системы крови.

В процессе работы в крови возрастает количество молочной кислоты и других недоокисленных продуктов обмена веществ. В результате этого реакция крови сдвигается в кислую сторону. Соответственно уменьшается резервная щелочность крови. Так, у лошадей рН крови до бега составляла 7,57, после бега – 7,29. Резервная щелочность до бега равнялась $593 \text{ см}^3 \text{ CO}_2/\text{л}$, после бега – $272 \text{ см}^3 \text{ CO}_2/\text{л}$.

Содержание лейкоцитов также претерпевает изменения и эту стадию еще называют миогенным лейкоцитозом.

Увеличение количества в крови гормонов, эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов можно рассматривать как факторы резервных возможностей крови, т.е. как количественные характеристики напряжения системы крови.

3) угнетение системы крови.

Длительная и напряженная работа приводит к уменьшению количества эритроцитов и гемоглобина, увеличению скорости их оседания (СОЭ). Особые изменения претерпевают лейкоциты - увеличивается число их незрелых форм. Повышается свертываемость крови в результате увеличения количества тромбоцитов в 2-3 раза (миогенный тромбоцитоз).

Изменения крови при нормальной мышечной работе являются физиологической реакцией организма, носящей приспособительный характер. В здоровом организме все изменения, вызванные мышечной работой, исчезают в крови через 0,5-1,5 часа после окончания работы. Количественные характеристики изменений крови при мышечном напряжении зависят от вида животных, интенсивности работы и тренированности организма. У

тренированных животных, по сравнению с нетренированными, эти изменения менее выражены.

Угнетение системы крови, развивающееся при чрезмерных и непосильных физических нагрузках, требует проведения соответствующих лечебных мероприятий.

Изменения в крови под влиянием климатических факторов.

В горных местностях воздух сильно разрежен. Уменьшение парциального давления воздуха приводит к снижению его поглощения гемоглобином. Тем не менее, животные в горах поглощают больше кислорода, чем на равнинах. Этому способствуют следующие факторы.

У животных горных местностей количество эритроцитов и гемоглобина в крови выше, чем у животных низменных территорий. Это наблюдают и при передвижении животных из равнин в горы. У горных животных, в сравнении с равнинными, регистрируют уменьшение диаметра эритроцита, что наряду с возрастанием количества эритроцитов приводит к относительному увеличению суммарной поверхности всех эритроцитов. При перемещении горных животных в низину и наоборот необходимо учитывать, что на приспособление организма к новым условиям обитания требуется определенное время для изменения окислительной способности эритроцитов.

На состояние системы крови животных оказывает влияние и световой фактор. Недостаток света вызывает у большинства животных отрицательные изменения в крови. Так, у кроликов при длительном содержании в темноте происходит замедление скорости эритропоэза и возникают более резкие ее колебания, по сравнению с кроликами в обычных световых условиях. Однако, у лошадей, которые долго работают в шахтах и хорошо содержатся, количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина в крови не выходит за физиологические границы, характерные для лошадей при обычном солнечном освещении. Но разброс колебаний этих показателей уменьшается.

Значительный уровень инсоляция лучистой энергии, как и ее недостаток, оказывает на организм животных негативное влияние. Например, у кроликов происходит резкое угнетение эритропоэза и снижение в крови количества эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина.

Изменение картины крови у животных разных пород, конституций и продуктивности.

Породные и конституционные особенности животных можно наблюдать не только по морфологическим, но и по гематологическим показателям.

Так, у пород лошадей сильного, уравновешенного, подвижного типа высшей нервной деятельности количество эритроцитов в крови равно $9,9$, у пород лошадей сильного, уравновешенного, инертного типа высшей нервной деятельности – $8,1 \times 10^{12}/л$. Количество гемоглобина составляет $9,8$ и $7,9$ ммоль/л соответственно. Имеются отличия между этими группами лошадей и по показателям величины эритроцита.

Молочные и мясные породы крупного рогатого скота превосходят мясо-молочные породы по всем элементам крови, за исключением гемоглобина и его содержания в одном эритроците.

Изучение породных отличий показало, что коровы костромской породы имеют относительно большее количество эритроцитов, гемоглобина и лейкоцитов в крови, чем животные других пород. Отмечен и относительно больший объем крови и большая скорость кровотока.

У овец культурных пород, по сравнению с другими, наблюдают большее количество эритроцитов, гемоглобина и меньшее число лейкоцитов в крови.

У кур крупных пород отмечают более высокие показатели красной крови.

На картину крови также влияет продуктивность животных. Так, высокоудойные коровы имеют более высокие показатели крови, по сравнению с менее продуктивными животными.

Искусственная кровь

В лечебной практике применяют заменители плазмы, позволяющие поддержать давление крови, падающее в результате кровотечений или при шоковых состояниях. Одним из таких растворов, применявшихся в чрезвычайных ситуациях, была обычная морская вода, электролитный состав которой близок к составу плазмы.

Необходимость в искусственной крови объясняется не только тем, что не хватает донорской. Причина в том, что искусственная кровь не содержит антигенов и антител, поэтому отсутствует

опасность несовместимости групп крови. Кроме того, предотвращается опасность использования донорской крови, содержащей нераспознанные вирусы.

Наиболее важно создание таких заменителей, которые способны обратимо присоединять кислород. В основу искусственных сред положены перфторуглеродные соединения, в которых может содержаться в 20-30 раз больше кислорода, чем в плазме. Их эмульгируют и получают капли размером 0,1-0,6 мкм. Во Франции, в США и Японии запатентованы препараты на основе перфторуглерода, которые применяют в хирургической практике. В нашей стране в институте биофизики РАН (г. Пущино, Московская обл.) в 1985 году получено соединение на основе перфторуглеродов – «перфторан», названное за свой цвет «голубой кровью».

Сейчас изучают возможность использования в качестве кровезаменителей растворов видоизмененного гемоглобина. Однако такой гемоглобин нестойк и высвобождающиеся из него атомы железа откладываются в тканях. Включение гемоглобина в искусственные эритроциты позволило бы избежать этого.

В Японии в 1989 году был разработан способ приготовления капсул размером около 0,1 мкм, которые покрыты двухслойной фосфолипидной мембраной. В капсулу включают до 2000 молекул гемоглобина. Кислород проникает в капсулу через поры и, соединяясь с гемоглобином, переносится к тканям. Недостаток данного способа в том, что в капсуле содержится меньше гемоглобина и через ее мембрану кислород медленнее диффундирует, по сравнению с обычным эритроцитом.

Заключение

Исследования системы крови дают основание для важных общебиологических выводов. Один из них заключается в том, что каждая клетка крови полифункциональна - способна выполнять несколько функций этой ткани. Кроме того, каждая функция обеспечивается содружественной работой нескольких типов клеток и тесным взаимодействием клеток и межклеточной среды. Тесные связи существуют и между функциями ткани. Они проявляются в том, что активация или торможение одной из функций сопровождаются изменениями других функций.

Вероятно, в ближайшем будущем не удастся создать искусственное подобие такой поразительно сложной структуры, как

кровь. Система крови тонко реагирует на все физические и химические воздействия со стороны внешней и внутренней сред организма. Поэтому исследования крови необходимы для решения общебиологических задач и для лечения животных.

Литература

Берестов В.А. Биохимия и морфология крови пушных зверей. - Петрозаводск, 1971. – 291 с.

Горелов И.Г., Савина М.А., Новиков А.А. и др. Группы крови, сывороточные аллотипы и болезни животных // Аграрная Россия.- 2002.- № 5. - С. 11-16.

Ильин П.А. Кроветворение и функции форменных элементов крови. – Омск, 1979. – 13 с.

Иржак Л.И. Гемоглобины и их свойства. - М.: Наука, 1975.

Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А. Клиническая гематология животных. – М.: Колос, 1974. – 320 с.

Симонян Г.А. Словарь ветеринарных гематологических и цитоморфологических терминов. – М.: Росагропромиздат, 1989.–108с.

Скопичев В.Г., Эйсымонт Т.А., Алексеев Н.П. и др. Физиология животных и этология. – М.: КолосС, 2003. – 718 с.

Уша Б.В., Беляков И.М., Пушкарев Р.П. Клиническая диагностика внутренних незаразных болезней животных. – М.: КолосС, 2003. – 487 с.

Физиология сельскохозяйственных животных / Под ред. А.Н. Голикова. – М.: Колос, 1991. – 432 с.

Физиология человека. В 3-х томах. Т.2. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. - М.: Мир, 1996. – 313 с.

Физиология человека / Под ред. Н.А. Агаджаняна, В.И. Циркина. - Санкт-Петербург: Сотис, 1998. – 528 с.

Приложения

Приложение 1 Физико-химические свойства крови животных

Вид животного	Количество крови, % к массе тела	Количество крови, л/кг массы тела	Гематокрит, %	Относительная плотность крови, кг/л	Вязкость крови, усл.ед.	рН крови	Кислотная емкость крови, г/л	Резервная щелочность плазмы крови, см ³ СО ₂ /л	Осмотическая резистентность эритроцитов – min/max, % р-ра NaCl
Лошадь	9,0	0,083	40,0	1,055	4,3	7,4	5,5	570,0	0,58/0,39
Кр.рог.ск.	7,8	0,075	40,0	1,055	4,7	7,4	5,2	550,0	0,66/0,43
Свинья	5,5	0,074	41,5	1,048	5,7	7,5	5,5	540,0	0,74/0,46
Овца	8,0	0,080	30,0	1,052	4,6	7,5	4,9	480,0	0,66/0,43
Коза	12,0		34	1,053				500,0	0,76/0,48
Собака	8,5	0,073	45,5	1,056	5,0	7,4	5,0	500,0	0,46/0,33
Кошка	5,5		40,0	1,057	4,5				0,68/0,36
Кролик	5,5	0,059	40,0	1,051	4,0	7,3		480,0	0,44/0,30
Норка			54,0					520,0	
Песец			52,0					510,0	
Лисица			51,0					490,0	
Свинка мор.	5,9		42,0						
Крыса бел.	6,0		46,0						
Мышь бел.	7,0		44,0						
Курица	6,5	0,085	40,0	1,054	5,0	7,4		500,0	0,49/0,32
Индейка	10,3		43,0						
Гусь	12,0		44,0	1,063					
Утка	11,4		39,5						
Голубь	10,2		58,5						
Карп	3,5		40,0	1,035	2,0	7,6		250,0	
Осетр	2,5		47,0						
Лосось	2,3		36,0						
Щука	2,0		20,0						
Сом	1,6		20,0						

Приложение 2 Состав плазмы крови животных

Вид животного	Белок общий в сыворотке, г/л	Белковые фракции, %				Фибриноген, мкмоль/л	Остаточный азот, ммоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Холестерин, ммоль/л
		альбумины	альфа-глобулины	бета-глобулины	гамма-глобулины				
Лошадь	70,0	40,0	16,0	23,0	21,0	8,79	24,28	5,55	2,00
Кр. рог. скот	75,0	40,0	17,0	13,0	30,0	16,12	23,21	4,44	2,86
Свинья	74,0	47,0	17,0	18,0	20,0	14,65	22,85	5,27	2,21
Овца	65,0	42,0	18,0	9,0	31,0	10,55	19,99	3,89	2,60
Собака	67,0	53,0	13,0	22,0	12,0	7,33	18,56	5,55	3,48
Кошка	67,0							4,44	
Кролик	75,0	60,0	10,0	10,0	20,0	8,79	-	5,55	1,82
Норка	79,0	57,2	11,7	13,7	17,4		29,99	9,60	6,84
Соболь	67,0	50,2	10,1	19,3	20,4				
Песец	72,0	59,4	13,6	14,7	12,3		29,27	6,94	5,20
Лисица	65,0	50,3	11,2	20,0	18,6		29,27	7,38	5,23
Еж	40,0							2,50	
Свинка морск.	62,0							6,99	
Крыса белая	63,0							6,66	
Мышь белая	59,0							3,89	
Курица	48,0	32,2	18,5	12,0	36,3	19,05	31,42	9,99	3,12
Карп	36,0	31,2	30,0	29,3	9,0		34,41	4,16	4,16
Осетр	51,0	-	13,0	13,0	74,0				
Лосось	63,0	14,0	28,0	54,0	4,0				
Щука	67,0	20,0	57,0	15,0	8,0				
Лещ	47,0	18,0	41,0	35,0	6,0				
Карась	51,0	21,0	40,0	27,0	12,0				
Сом	68,0	15,0	22,0	25,0	38,0				

Приложение 3 Форменные элементы крови животных

Вид животного	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Лейкоцитарная формула, %							Тромбоциты, $10^9/л$	Гемоглобин, ммоль/л	Цветовой показатель	СОЭ, мм/час
			базофилы	эозинофилы	сегментоядерные нейтрофилы	палочкоядерные нейтрофилы	юные нейтрофилы	лимфоциты	моноциты				
Лошадь	7,0	9,0	0,5	4,0	54,0	4,5	-	34,0	3,0	350	6,83	1,0	63,2
Кр. рог. ск	6,5	7,0	1,0	6,5	28,0	3,0	0,5	57,5	3,5	400	6,21	0,9	0,7
Свинья	6,5	12,0	0,5	2,0	44,0	3,0	1,0	45,0	4,0	210	6,21	0,9	30,0
Овца	9,5	8,0	0,5	7,5	40,0	4,0	1,0	45,0	3,0	350	5,59	0,6	0,8
Коза	15,0	12,0	0,5	6,0	34,0	3,0	-	54,0	2,0	600	7,45	0,5	-
Собака	6,5	9,5	0,5	6,0	55,0	4,0	-	31,0	3,5	400	8,69	1,0	2,5
Кошка	8,0	15,0	0,0	4,0	43,0	5,0	0,5	44,5	3,0	300	7,45	0,9	-
Лось	7,5	8,5	0,0	7,0	54,0	4,0	-	32,0	3,0	350	9,93	1,3	-
Олень сев.	7,5	6,0	0,5	5,0	61,0	3,0	0,5	28,0	2,0	350	7,45	1,0	-
Верблюд	10,5	7,0	0,5	8,0	46,5	4,0	1,0	37,0	3,0	300	8,34	0,8	-
Осел	5,5	8,0	0,5	3,0	65,0	4,0	-	26,0	1,0	350	9,31	1,6	-
Обезьяна	5,5	7,5	0,5	3,0	45,0	3,0	-	45,0	3,0	300	8,69	1,5	-
Кролик	6,0	8,0	1,0	2,0	36,0	7,0	-	52,0	2,0	190	7,14	0,9	1,5
Норка	8,7	5,9	0,1	1,7	46,8	4,0	0,1	46,9	0,4	295	11,2		1,9
Соболь	11,3	5,5	0	8,1	22,8	3,8	0	61,0	2,3	320	9,31	0,8	2,7
Песец	8,3	5,8	0,1	4,6	43,6	3,5	0,2	45,7	2,3	370	9,62		2,0
Лисица	9,3	4,7	1,8	5,4	35,3	3,2	0,2	52,1	1,9	350	10,6		3,4
Еж	10,0	8,0	3,0	5,0	21,0	3,0	-	67,0	1,0	100	8,07	0,8	
Свинка мор.	5,5	10,0	1,0	8,0	37,0	3,0	-	45,0	6,0	120	8,69	1,5	
Крыса бел.	7,5	10,5	0,5	3,0	26,5	2,0	-	65,0	3,0	400	9,31	0,8	
Мышь бел.	9,5	9,5	1,0	2,0	23,0	3,0	-	68,0	3,0	300	9,23	1,0	
Курица	3,5	30,0	2,0	8,0	27,0	-	-	56,0	7,0	75	9,93	2,5	5,0
Индейка	3,0	30,0	2,0	1,0	37,0	-	-	54,0	6,0	55	6,21		
Гусь	3,0	25,0	2,0	7,0	38,0	-	-	49,0	4,0	60	6,52		
Утка	3,8	30,0	2,0	8,0	36,0	-	-	49,0	5,0	60	7,14		
Голубь	3,5	20,0	3,0	5,0	41,0	-	-	48,0	3,0	20	8,06		
Карп	2,1	50,0	-	0	3,0	-	-	93,0	4,0		5,96	0,5	4,0
Осетр	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-		7,14		
Лосось	1,3	32,0	-	-	27,0	-	-	71,0	2,0		6,08		
Щука	1,4	37,5	-	-	13,0	-	-	84,0	3,0		4,90		
Лещ	1,7	49,0	-	-	20,0	-	-	77,0	3,0		5,95		
Карась	1,6	51,0	-	-	21,0	-	-	76,0	3,0		5,53		
Сом	1,4	38,0	-	-	23,0	-	-	76,0	1,0		4,34		

Приложение 4 Словарь-справочник

Агглютинация – процесс склеивания эритроцитов.

Агглютинины – вещества или антитела, агглютинирующие антигены, прикрепленные к эритроцитам.

Агглютиногены – вещества или антигены, участвующие в реакции агглютинации.

Агранулоциты – лейкоциты, протоплазма которых не содержит специфической зернистости.

Алкалоз – нарушение кислотно-щелочного равновесия крови, при котором в крови повышается количество ионов водорода (сдвиг рН крови в щелочную сторону).

Антикоагулянт – вещество, препятствующее свертыванию крови.

Ацидоз - нарушение кислотно-щелочного равновесия крови, при котором в крови повышается количество гидроксильных ионов (сдвиг рН крови в кислую сторону).

Базофил – лейкоцит, в цитоплазме которого содержится специфическая зернистость, окрашивающаяся в сине-фиолетовый цвет основными красками.

Белковый коэффициент - отношение количества альбуминов к количеству глобулинов плазмы крови.

Гематокрит (гематокритное число, гематокритное соотношение) - соотношение объемного содержания форменных элементов (на практике – объема эритроцитов) к общему объему крови.

Гемоглобин – дыхательный пигмент, содержащийся в эритроцитах. Он представляет собой особый белок хромопротеид, состоящий из белка глобина и 4 молекул гема.

Гемокоагуляция – процесс свертывания крови.

Гемолиз - процесс разрушения оболочки эритроцитов и выход гемоглобина в плазму крови.

Гемопоз (кровотворение) – образование форменных элементов крови.

Гемостаз – процесс остановки кровотечения.

Гиперволемиа - увеличение общего объема крови.

Гипертонический раствор – раствор, осмотическое давление которого выше осмотического давления крови.

Гиперхромные эритроциты – эритроциты с повышенным содержанием гемоглобина, вследствие чего их цветной показатель выше 1,1.

Гиповолемиа – уменьшение общего объема крови.

Гипотонический раствор - раствор, осмотическое давление которого ниже осмотического давления крови.

Гипохромные эритроциты – эритроциты с пониженным содержанием гемоглобина, вследствие чего их цветной показатель менее 0,8.

Гранулоциты – лейкоциты, в протоплазме которых содержится специфическая зернистость.

Дезоксигемоглобин (восстановленный гемоглобин) – гемоглобин, отдавший кислород и способный затем вновь присоединять его.

Изотонический (физиологический) раствор – раствор, осмотическое давление которого равно осмотическому давлению крови.

Карбгемоглобин – соединение гемоглобина с углекислым газом.

Карбоксигемоглобин - соединение гемоглобина с угарным газом.

Кислотно-щелочное равновесие крови (рН) - соотношение водородных и гидроксильных ионов в крови.

Лейкограмма (лейкоцитарная формула) - процентное соотношение лейкоцитов всех видов, записанное в определенном порядке.

Лейкопения – уменьшение количества лейкоцитов в периферической крови.

Лейкопоэз – процесс образования лейкоцитов.

Лейкоцит (белая кровяная клетка) - бесцветная клетка крови, имеющая ядро.

Лейкоцитоз - увеличение количества лейкоцитов в периферической крови.

Лимфоцит – лейкоцит с округлым ядром и узким поясом цитоплазмы голубого цвета.

Мегакариоцит – гигантская клетка крови, из которой образуются тромбоциты.

Метгемоглобин – прочное соединение гемоглобина с кислородом, в котором атом железа становится трехвалентным.

Миоглобин (мышечный гемоглобин) – гемоглобин, находящийся в скелетных и сердечной мышцах.

Моноцит – крупный лейкоцит округлой формы с овальным или бобовидным ядром и хорошо выраженным слоем голубой цитоплазмы.

Нейтрофил – лейкоцит, в цитоплазме которого содержится специфическая зернистость, окрашивающаяся в розово-фиолетовый цвет и основными, и кислыми красками.

Нормохромные эритроциты – эритроциты с нормальным содержанием гемоглобина, вследствие чего их цветной показатель равен 0,8-1,0.

Объем крови – общее количество крови в организме.

Оксигемоглобин - гемоглобин, обратимо присоединивший к себе кислород (атом железа остается двухвалентным).

Олигоцитемия – понижение количества форменных элементов в крови.

Онкотическое давление – это часть осмотического давления, которая создается белками крови.

Осмотическое давление - давление растворенных в крови веществ.

Осмотическая резистентность эритроцитов – концентрация раствора хлорида натрия, при которой гемолизируются эритроциты.

Плазма – жидкая часть крови без форменных элементов.

Полицитемия – повышение количества форменных элементов в крови.

Ретикулоцит – клетка, являющаяся предшественником эритроцита.

Ретракция – самопроизвольное отделение сыворотки крови от ее сгустка, что способствует уплотнению и закреплению тромба в поврежденном сосуде.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – показатель величины суспензионных свойств крови, т.е. способности крови поддерживать клеточные элементы во взвешенном состоянии.

Сыворотка – плазма крови, лишенная фибриногена.

Тромб – сгусток крови в просвете кровеносного сосуда.

Тромбоцитоз - увеличение содержания тромбоцитов в периферической крови.

Тромбоцитопения – уменьшение содержания тромбоцитов в периферической крови.

Тромбоцитопоз – процесс образования тромбоцитов.

Тромбоцитопозитины – вещества, активизирующие тромбоцитопоз.

Тромбоциты (кровяные пластинки) - плоские клетки неправильной округлой формы, которые участвуют в свертывании крови.

Фибринолиз – процесс расщепления фибринового сгустка, в результате которого восстанавливается просвет сосуда.

Цветовой показатель – показатель, характеризующий содержание гемоглобина в эритроците.

Щелочной резерв крови - запасы щелочных веществ в крови, необходимые для нейтрализации в ней кислых продуктов.

Эмболия – закупорка сосуда эмболами, которыми могут быть в частности тромбы.

Эозинофил - лейкоцит, в цитоплазме которого содержится специфическая зернистость, окрашивающаяся в розово-красный цвет кислыми красками

Эритрон (красный росток крови) - эритроциты вместе с кроветворной тканью (совокупность эритроцитов всей крови животного).

Эритропения – понижение количества эритроцитов в периферической крови.

Эритропоэз – процесс образования эритроцитов.

Эритропоэтины – вещества, стимулирующие эритропоэз.

Эритроцит (красная кровяная клетка, нормоцит) – клетка крови в виде диска двояковогнутой формы, не имеющая ядра.

Эритроцитоз - повышение количества эритроцитов в периферической крови.

Приложение 5 Тестовые задания по теме «Кровь»

1. Коррелятивная функция крови осуществляется благодаря:
 - а) гомеостазу;
 - б) транспорту кислорода;
 - в) наличию в ней форменных элементов;
 - г) транспорту физиологически активных веществ.
2. Плазма крови содержит примерно следующее количество сухого вещества:
 - а) 5 %;
 - б) 10 %;
 - в) 15 %;
 - г) 20 %.
3. Количество крови у крупного рогатого скота по отношению к массе животного составляет:
 - а) 4,6 %;
 - б) 7,8 %;
 - в) 9-10 %;
 - г) 10-16 %.
4. Количество крови у свиней по отношению к массе тела составляет:
 - а) 5,5 %;
 - б) 8 %;
 - в) 9-10 %;
 - г) 10-16 %.
5. Количество крови у лошадей по отношению к массе животного составляет:
 - а) 4,6 %;
 - б) 8 %;
 - в) 9-10 %;
 - г) 10-16 %.
6. В обычных условиях по организму циркулирует:
 - а) вся кровь;
 - б) 60 % всей крови;
 - в) 50 % всей крови;
 - г) 30 % всей крови.
7. Основными депо крови являются:
 - а) печень;
 - б) селезенка;

- в) кожа;
 - г) печень, селезенка и кожа.
8. В селезенке может депонироваться следующий процент от всей массы крови:
- а) 10 %;
 - б) 15 %;
 - в) 20 %;
 - г) 50 %.
9. В коже может депонироваться:
- а) до 10 % всей массы крови;
 - б) 16 % всей массы крови;
 - в) 20 % всей массы крови;
 - г) 50 % всей массы крови.
10. Вязкость крови по сравнению с вязкостью воды выше:
- а) в 1-2 раза;
 - б) 2-4 раза;
 - в) 4-5 раз;
 - г) 5-9 раз.
11. Относительная плотность (удельный вес) крови крупных животных составляет:
- а) 1,024-1,063 кг/л;
 - б) 1,035-1,063 кг/л;
 - в) 1,050-1,060 кг/л;
 - г) 1,065-1,080 кг/л.
12. Плазмой крови называют кровь, лишенную:
- а) форменных элементов;
 - б) фибриногена;
 - в) солей кальция;
 - г) альбуминов и глобулинов.
13. Объем плазмы крови равен, примерно:
- а) 40-50 %;
 - б) 55-60 %;
 - в) 70-80 %;
 - г) 80-90 %.
14. Плазма крови содержит следующее количество воды:
- а) 60-70 %;
 - б) 70-80 %;
 - в) 80-90 %;
 - г) 90-92 %.

15. Сывороткой крови называют плазму, лишенную:
- а) форменных элементов;
 - б) фибриногена;
 - в) солей кальция;
 - г) альбуминов и глобулинов.
16. В плазме крови содержится следующее количество фибриногена:
- а) 0,1 %;
 - б) 2,5 %;
 - в) 3-5 %;
 - г) отсутствует.
17. В плазме крови содержится следующее количество минеральных солей:
- а) 0,6 %;
 - б) 0,75 %;
 - в) 0,8 %;
 - г) 0,85-0,9 %.
18. Белковым коэффициентом называют соотношение:
- а) альбуминов к глобулинам;
 - б) глобулинов к альбуминам;
 - в) всех белков к жидкой фазе;
 - г) фибриногена к альбуминам.
19. Количество белков в плазме у большинства животных составляет:
- а) 10-20 г/л;
 - б) 30-50 г/л;
 - в) 60-80 г/л;
 - г) 100-120 г/л.
20. Количество липидов в плазме крови составляет:
- а) 0,1-0,4 ммоль/л;
 - б) 0,5-0,9 ммоль/л;
 - в) 2-4 ммоль/л;
 - г) 6-8 ммоль/л.
21. Повышенное содержание глюкозы в крови носит название:
- а) гипогликемии;
 - б) гипергликемии;
 - в) глюкозурии;
 - г) липэмии.
22. Наиболее низкая концентрация глюкозы в плазме крови у следующих животных:
- а) крупного рогатого скота;

- б) лошадей;
 - в) свиней;
 - г) собак.
23. Альбумины плазмы крови образуются:
- а) в стенке кишечника;
 - б) печени;
 - в) почках;
 - г) селезенке;
 - д) костном мозге.
24. Реакция крови сельскохозяйственных животных:
- а) слабощелочная;
 - б) слабокислая;
 - в) кислая;
 - г) нейтральная.
25. рН крови крупного рогатого скота близок:
- а) к 6,5;
 - б) 7,0;
 - в) 7,35-7,55;
 - г) 8,0.
26. Относительное постоянство реакции крови поддерживается:
- а) различными солями;
 - б) белками;
 - в) гемоглобином;
 - г) буферными системами.
27. Опасным для жизни считается изменение рН крови:
- а) на 0,05;
 - б) 0,1;
 - в) 0,3-0,4;
 - г) 1,0.
28. Самую большую емкость в цельной крови имеет следующая буферная система:
- а) карбонатная;
 - б) фосфатная;
 - в) белковая;
 - г) гемоглобиновая.
29. Из всех белков плазмы крови более половины составляют:
- а) альбумины;
 - б) глобулины;
 - в) фибриноген;

- г) полипептиды.
30. Алкалозом называют сдвиг реакции крови:
- а) в кислую сторону;
 - б) до нейтральной реакции;
 - в) в щелочную сторону;
 - г) изменение щелочного резерва без изменения реакции.
31. Ацидозом называют:
- а) изменение щелочного резерва без изменений реакции;
 - б) сдвиг реакции в кислую сторону;
 - в) сдвиг реакции в щелочную сторону;
 - г) изменение реакции до нейтральной.
32. Газовый ацидоз возникает вследствие:
- а) усиленного выделения CO_2 ;
 - б) накопление в крови большого количества CO_2 ;
 - в) накопление в крови большого количества O_2 ;
 - г) недостатка O_2 в крови.
33. Сила, которая вызывает передвижение воды из менее концентрированных к более концентрированным растворам солей, называется:
- а) осмотическим давлением;
 - б) онкотическим давлением;
 - в) депрессией крови;
 - г) криоскопией.
34. Осмотическое давление крови равно:
- а) 7 мм.рт.ст;
 - б) 25-30 мм.рт.ст;
 - в) 7-8 атм;
 - г) 10-12 атм.
35. Онкотическое давление обусловлено:
- а) концентрацией солей;
 - б) концентрацией белков;
 - в) концентрацией альбуминов;
 - г) концентрацией глобулинов.
36. Изотоническим называют раствор, осмотическое давление которого в сравнении с кровью:
- а) выше;
 - б) ниже;
 - в) одинаково;
 - г) составляет примерно 0,9%.

37. В гипертоническом растворе наступают следующие изменения в эритроцитах:

- а) они набухают;
- б) набухают и лопаются;
- в) сморщиваются;
- г) гемолизируются.

38. Осмотическое давление крови теплокровных животных отвечает следующей концентрации NaCl:

- а) 0,6 %;
- б) 0,9 %;
- в) 2 %;
- г) 7 %.

39. Распределение воды между кровью и тканями (образование тканевой жидкости, лимфы, мочи, всасывание воды) определяется:

- а) онкотическим давлением;
- б) осмотическим давлением;
- в) количеством альбуминов;
- г) количеством глобулинов;

40. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) зависит:

- а) от свойств эритроцитов;
- б) разницы удельного веса плазмы и эритроцитов;
- в) количества глобулинов;
- г) всех перечисленных факторов.

41. Эритроциты крови лошади в течение часа оседают:

- а) на 50-65 мм;
- б) 20-30 мм;
- в) 3-9 мм;
- г) 0,5-0,6 мм.

42. Эритроциты крови крупного рогатого скота в течение часа оседают:

- а) на 50-60 мм;
- б) 20-30 мм;
- в) 3-9 мм;
- г) 0,5-0,7 мм.

43. Количество гемоглобина в крови коровы составляет:

- а) 6,2 ммоль/л;
- б) 15-20 ммоль/л;
- в) 50-70 ммоль/л;
- г) 70-80 ммоль/л.

44. Количество гемоглобина в крови лошади составляет:
- а) 10-13 ммоль/л;
 - б) 5-7 ммоль/л;
 - в) 50-70 ммоль/л;
 - г) 70-90 ммоль/л.
45. Одна молекула гемоглобина содержит следующее количество атомов двухвалентного железа:
- а) один;
 - б) два;
 - в) три;
 - г) четыре.
46. Активной (небелковой) группой гемоглобина является:
- а) гем;
 - б) глобин;
 - в) спирали гема;
 - г) спирали глобина.
47. Валентность железа в восстановленном и оксигемоглобине:
- а) одинаковая;
 - б) разная;
 - в) изменяется;
 - г) не знаю.
48. Соединение гемоглобина с СО называется:
- а) карбгемоглобином;
 - б) карбоксигемоглобином;
 - в) метгемоглобином;
 - г) оксигемоглобином.
49. Соединение гемоглобина с атомарным кислородом называют:
- а) карбгемоглобином;
 - б) карбоксигемоглобином;
 - в) метгемоглобином;
 - г) оксигемоглобином.
50. В метгемоглобине железо:
- а) одновалентное;
 - б) двухвалентное;
 - в) трехвалентное;
 - г) четырехвалентное.
51. При колориметрическом определении количества гемоглобина по Сали необходим следующий реактив:
- а) физиологический раствор;

- б) 0,1 N раствор HCl;
 - в) 0,1 % раствор соды;
 - г) 5 % раствор цитрата натрия.
52. После разрушения эритроцита гемоглобин превращается:
- а) в биливердин;
 - б) билирубин и биливердин;
 - в) гематин;
 - г) гемин.
53. На долю гемоглобина в составе сухого вещества эритроцитов приходится примерно:
- а) 50 %;
 - б) 70 %;
 - в) 80 %;
 - г) 90 %.
54. Уменьшение числа эритроцитов в крови называют:
- а) эритропозом;
 - б) эритроцитозом;
 - в) эритропенией;
 - г) гемолизом.
55. Для подсчета эритроцитов кровь разбавляют:
- а) 0,1 % раствором HCl;
 - б) 3-5 % раствором уксусной кислоты;
 - в) 1-3 % раствором NaCl;
 - г) физиологическим раствором.
56. Сетка Горяева состоит из следующего количества больших квадратов:
- а) 5;
 - б) 16;
 - в) 80;
 - г) 225.
57. Один большой квадрат сетки Горяева для подсчета эритроцитов разделен на следующее количество квадратиков:
- а) 4;
 - б) 16;
 - в) 20;
 - г) 80.
58. Для подсчета эритроцитов кровь разводят:
- а) в 2 раза;
 - б) 20 раз;

- в) 50 раз;
 - г) 200 раз.
59. Продолжительность жизни эритроцитов составляет:
- а) 10-30 дней;
 - б) 50-60 дней;
 - в) 80-100 дней;
 - г) 100-120 дней;
 - д) 1-2 года.
60. У лошадей следующее количество эритроцитов:
- а) 5-7 тыс. в 1 мм^3 ;
 - б) 7-10 млн. в 1 см^3 ;
 - в) 7-10 млн. в 1 мм^3 ;
 - г) 7-10 млн. в 1 см^3 .
61. Гемолизом называют:
- а) склеивание эритроцитов;
 - б) набухание эритроцитов;
 - в) сморщивание эритроцитов;
 - г) разрушение эритроцитов с выходом гемоглобина.
62. Самой важной функцией эритроцитов является транспорт:
- а) кислорода;
 - б) углекислоты;
 - в) питательных веществ;
 - г) ферментов;
 - д) биологически активных веществ.
63. У новорожденных животных количество эритроцитов по сравнению со взрослыми:
- а) больше;
 - б) меньше;
 - в) одинаково;
 - г) не знаю.
64. Эритроциты у коровы образуются:
- а) в печени;
 - б) селезенке;
 - в) красном костном мозге;
 - г) лимфатических узлах.
65. Материнской кровяной клеткой считают:
- а) стволовую клетку;
 - б) проэритробласт;
 - в) мегакариобласт;

- г) миэлобласт.
66. В сравнении с малопродуктивными у высокопродуктивных животных в 1 мм^3 крови содержится эритроцитов:
- а) меньше;
 - б) больше;
 - в) одинаковое количество;
 - г) не знаю.
67. Мышечная работа сопровождается следующими изменениями количества эритроцитов:
- а) уменьшением;
 - б) увеличением;
 - в) не влияет;
 - г) не знаю.
68. Диаметр эритроцитов у сельскохозяйственных животных составляет:
- а) 1-3 мкм;
 - б) 4-7 мкм;
 - в) 7-12 мкм;
 - г) 20-30 мкм.
69. Цвет эритроцита:
- а) зеленовато-желтый;
 - б) светло-красный;
 - в) темно-красный;
 - г) тон красного цвета зависит от соединения;
 - д) бывает светло- и темно-красный.
70. Размер лейкоцитов составляет:
- а) 1-3 мкм;
 - б) 4-7 мкм;
 - в) 7-12 мкм;
 - г) до 12-20 мкм.
71. Увеличение количества лейкоцитов во время пищеварения называют:
- а) лейкопенией;
 - б) лейкоцитозом;
 - в) лейкоемией;
 - г) фагоцитозом;
 - д) физиологическим лейкоцитозом.
72. Продолжительность жизни лейкоцитов составляет:
- а) 2-3 дня;

- б) 2-3 недели;
 - в) от нескольких часов до нескольких дней;
 - г) 120-130 дней.
73. Лейкоциты подсчитывают в следующем количестве квадратов:
- а) 5 больших;
 - б) 80 малых;
 - в) 100 больших;
 - г) 100 малых.
74. Для подсчета лейкоцитов кровь разводят:
- а) в 2 раза;
 - б) 20 раз;
 - в) 100 раз;
 - г) 200 раз.
75. Для подсчета лейкоцитов кровь разводят:
- а) метиленовым синим;
 - б) физиологическим раствором, подкрашенным метиленовым синим;
 - в) раствором уксусной кислоты, подкрашенной метиленовым синим;
 - г) гипертоническим раствором.
76. Лейкоцитарной формулой называют процентное соотношение:
- а) форменных элементов крови;
 - б) разных форм лейкоцитов;
 - в) зернистых и незернистых лейкоцитов;
 - г) лейкоцитов и плазмы.
77. В крови коровы содержится следующее количество лейкоцитов:
- а) 7-8 тыс. в 1 мм^3 ;
 - б) 7-8 млн. в 1 мм^3 ;
 - в) 10-12 тыс. в 1 мм^3 ;
 - г) 10-12 млн. в 1 мм^3 .
78. В крови свиней содержится следующее количество лейкоцитов:
- а) 7-8 тыс. в 1 мм^3 ;
 - б) 7-8 млн. в 1 мм^3 ;
 - в) 10-15 тыс. в 1 мм^3 ;
 - г) 10-15 млн. в 1 мм^3 .
79. Выполняют дезинтоксикационную функцию и принимают участие в аллергических реакциях организма следующие клетки:
- а) эозинофилы;
 - б) нейтрофилы;

- в) лимфоциты;
 - г) моноциты.
80. В фагоцитозе, отторжении чужеродных тканей и органов, а также в репарационных процессах участвуют следующие клетки:
- а) эозинофилы;
 - б) нейтрофилы;
 - в) лимфоциты;
 - г) тромбоциты.
81. Основную функцию лейкоцитов - фагоцитоз - открыл и изучил:
- а) Хьюстон;
 - б) Левенгук;
 - в) Мечников;
 - г) Сваммердам.
82. К незернистым лейкоцитам относятся:
- а) эозинофилы;
 - б) базофилы;
 - в) все виды нейтрофилов;
 - г) лимфоциты и моноциты.
83. Уменьшение количества лейкоцитов называют:
- а) лейкопенией;
 - б) лейкоцитозом;
 - в) лейкопозом;
 - г) фагоцитозом.
84. Факторы плазмы крови, тромбоциты и ионы кальция необходимы для образования:
- а) тромбопластина;
 - б) тромбина;
 - в) фибрина;
 - г) тромбина и фибрина.
85. Ретракцией кровяного сгустка называется:
- а) закупорка дефекта сосуда;
 - б) растворение фибрина;
 - в) сокращение нитей фибрина;
 - г) выдавливание сыворотки.
86. Растворение тромба осуществляется:
- а) плазмином (фибринолизинном);
 - б) агглютининами;
 - в) цитолизинами;
 - г) антитромбопластином.

87. У человека различают следующее количество групп крови системы АВО:

- а) 4;
- б) 10;
- в) 20;
- г) больше 50.

88. У крупного рогатого скота насчитывают:

- а) 4 группы крови;
- б) 11 групп крови;
- в) 20 групп крови;
- г) больше 50 групп.

89. У свиней насчитывают около:

- а) 4 групп крови;
- б) 14 групп крови;
- в) 20 групп крови;
- г) больше 50 групп.

90. В эритроцитах содержатся:

- а) агглютинины;
- б) агглютиногены;
- в) антигены;
- г) агглютинины и агглютиногены.

91. В плазме крови содержатся:

- а) агглютинины;
- б) агглютиногены;
- в) антигены;
- г) агглютинины и агглютиногены.

92. В первой группе крови человека находятся:

- а) агглютиногены А и В;
- б) агглютинин а;
- в) агглютинин в;
- г) агглютинины а и в.

93. Во второй группе крови находятся следующие агглютиногены и агглютинины:

- а) А, в;
- б) А, а;
- в) В, в;
- г) В, а.

94. В третьей группе крови содержатся следующие агглютиногены и агглютинины:

- а) В, а;
 - б) А, в;
 - в) А, а;
 - г) В, в.
95. В четвертой группе содержатся:
- а) агглютиноген А;
 - б) агглютиноген В;
 - в) агглютиногены А и В;
 - г) агглютинины а и в.
96. Универсальным донором считают следующую группу крови:
- а) первую;
 - б) вторую;
 - в) третью;
 - г) четвертую.
97. Универсальным реципиентом принято считать следующую группу крови:
- а) первую;
 - б) вторую;
 - в) третью;
 - г) четвертую.
98. В крови сельскохозяйственных животных содержится следующее количество тромбоцитов:
- а) 6-8 тыс. в 1 мм^3 ;
 - б) 40-60 тыс. в 1 мм^3 ;
 - в) 200-400 тыс. в 1 мм^3 ;
 - г) 6-10 млн. в 1 мм^3 .
99. Продолжительность жизни тромбоцитов составляет:
- а) 100-120 дней;
 - б) от нескольких часов до нескольких дней;
 - в) 4-9 дней;
 - г) 2 -3 месяца.
100. Резус-фактор, открытый в 1940 г. К. Ландштейнером и Р. Винером, находится:
- а) в эритроцитах;
 - б) плазме крови;
 - в) тканях организма;
 - г) печени.
101. Об интенсивности эритропоэза судят:
- а) по числу ретикулоцитов;

- б) по числу тромбоцитов;
- в) по числу эритроцитов;
- г) по числу агранулоцитов.

102. Кора головного мозга на количество форменных элементов, скорость свертывания и другие показатели крови:

- а) влияет;
- б) не влияет;
- в) не знаю;
- г) влияние не доказано.

Приложение 6 Ответы на тестовые задания по теме «Кровь»

1. транспорт физиологически активных веществ
2. 10 %
3. 7,8 %
4. 5,5 %
5. 9-10 %
6. 60 % всей крови
7. печень, селезенка и кожа
8. 15 %
9. 10 % всей массы крови
10. в 4-5 раз
11. 1,035-1,063 кг/л
12. форменных элементов
13. 55-60 %
14. 90-92 %
15. фибриногена
16. 0,1 %
17. 0,85-0,9 %
18. альбуминов к глобулинам
19. 60-80 г/л
20. 2-4 ммоль/л
21. гипергликемии
22. крупного рогатого скота
23. в печени
24. слабощелочная
25. 7,35-7,55
26. буферными системами
27. 0,3-0,4
28. гемоглобиновая
29. глобулины
30. в щелочную сторону
31. сдвиг реакции в кислую сторону
32. накопления в крови CO_2
33. осмотическим давлением
34. 7-8 атм.
35. концентрацией белков
36. одинаково
37. сморщиваются
38. 0,9 %
39. осмотическим давлением
40. всех перечисленных факторов
41. 50-65 мм в час
42. 0,5-0,7 мм в час
43. 6,2 ммоль/л
44. 5-7 ммоль/л
45. четыре
46. гем
47. одинаковая
48. карбоксигемоглобином
49. метгемоглобином
50. трехвалентное
51. 0,1 N р-р HCl
52. билирубин и биливердин
53. 90 %
54. эритропенией
55. 1-3%-ным раствором NaCl
56. 225
57. 4
58. 200 раз
59. 100-120 дней
60. 7-10 млн. в 1 мм^3
61. разрушение эритроцитов с выходом гемоглобина
62. кислорода
63. больше
64. красном костном мозге
65. полипотентную стволовую клетку
66. больше
67. увеличением

68. 7-12 мкм
69. тон красного цвета зависит от соединения
70. до 12-20 мкм
71. физиологическим лейкоцитозом
72. от нескольких часов до нескольких дней
73. 100 больших
74. 20 раз
75. раствором уксусной кислоты, подкрашенным метиленовым синим
76. разных форм лейкоцитов
77. 7-8 тыс. в 1 мм^3
78. 10-15 тыс. в 1 мм^3
79. эозинофилы
80. нейтрофилы
81. Мечников
82. лимфоциты и моноциты
83. лейкопенией
84. тромбина
85. выдавливание сыворотки
86. плазмином (фибринолизинном)
87. 4
88. 11 групп крови
89. 14 групп крови
90. агглютиногены
91. агглютинины
92. агглютинины а и в
93. А, в
94. В, а
95. агглютиногены А и В
96. первую
97. четвертую
98. 200-400 тыс. в 1 мм^3
99. 4-9 дней
100. эритроцитах
101. число ретикулоцитов
102. влияет

Приложение 7 Вопросы для самоконтроля и обобщающего занятия

1. Перечислите, какие функции выполняет кровь.
2. Укажите соотношение объема плазмы и форменных элементов. Опишите методы их определения.
3. Сколько крови у разных видов сельскохозяйственных животных?
4. Какая вязкость, удельный вес и реакция крови у сельскохозяйственных животных?
5. Назовите буферные системы крови.
6. Что такое щелочной резерв крови и чему он равен?
7. Что такое ацидоз? Какие виды ацидоза Вам известны?
8. Что называют дефибринированной кровью, плазмой и сывороткой крови?
9. Как можно получить дефибринированную кровь, плазму и сыворотку крови?
10. Перечислите азотистые соединения плазмы крови.
11. Что называется белковым коэффициентом крови? Чему он равен у различных видов сельскохозяйственных животных?
12. Что такое онкотическое давление, его значение и величина?
13. Приведите минеральный состав плазмы крови.
14. Сколько и чем представлены углеводы крови? Что такое гипер- и гипогликемия?
15. Сколько и какие липиды содержатся в крови?
16. Что называется осмотическим давлением и чему оно равно?
17. Физиологическое значение осмотического и онкотического давления.
18. Что такое изо-, гипо- и гипертонические растворы? Как ведут себя эритроциты в этих растворах?
19. Что называется гемолизом? Какие виды гемолиза Вам известны?
20. Опишите строение и зарисуйте форму эритроцитов. Укажите диаметр эритроцитов.
21. Какие основные функции выполняют эритроциты?
22. Количество эритроцитов у коровы, лошади, свиньи, овцы и птицы.
23. Продолжительность «жизни» эритроцитов в организме и где они разрушаются?

24. Изложите вкратце строение и физико-химические свойства гемоглобина.
25. Что такое окси- и метгемоглобин? Их функции.
26. Что такое карбокси- и карбгемоглобин? Как они влияют на функции организма?
27. Валентность железа в окси-, мет-, карб- и восстановленном гемоглобине.
28. Количество гемоглобина в крови лошадей, овец, коров и птицы.
29. Как определить цветной показатель крови и чему он равен?
30. Лейкоциты и их функции.
31. Что такое лейкоцитоз и лейкопения? Приведите примеры.
32. Приведите классификацию лейкоцитов. В чем состоит сущность фагоцитоза?
33. Опишите строение и функцию агранулоцитов.
34. Опишите строение и функцию гранулоцитов.
35. Где образуются и разрушаются лейкоциты?
36. Что называется лейкоцитарной формулой? Продолжительность «жизни» лейкоцитов.
37. Что представляют собой кровяные пластинки? Их количество.
38. Где и из чего образуются тромбоциты? Где разрушаются и какую они выполняют функцию?
39. Где образуются эритроциты и лейкоциты?
40. Какие факторы необходимы для образования эритроцитов?
41. В чем выражается защитная функция крови?
42. Что называется гемофилией? Какова скорость свертывания крови у сельскохозяйственных животных?
43. Опишите первую фазу процесса свертывания крови.
44. Опишите вторую фазу процесса свертывания крови.
45. Опишите третью фазу процесса свертывания крови. Сколько фибрина содержится в крови?
46. Перечислите физические и химические факторы, изменяющие скорость свертывания крови.
47. Что такое ретракция кровяного сгустка? Где и в какой форме находится фермент, способный растворять тромбы?
48. Что такое СОЭ? Какова СОЭ у сельскохозяйственных животных?
49. Механизм СОЭ.
50. Кого считают основателем учения о группах крови? Назовите группы крови человека системы АВО и чем они обусловлены.

51. Почему к третьей группе крови можно вливать первую, а обратное переливание недопустимо?
52. Сколько групп крови определяют у крупного рогатого скота, лошадей, свиней, овец?
53. Какие агглютиногены и агглютинины содержатся в первой и третьей группах крови?
54. Какие агглютиногены и агглютинины содержатся во второй и четвертой группах крови?
55. Как можно без наличия стандартных сывороток определить совместимость крови у животных?
56. Нарисуйте схему совместимости основных групп крови.
57. Что такое резус-фактор? Какая кровь считается резус-положительной и резус-отрицательной.
58. Что такое резус-конфликт и когда он возникает?
59. Из чего состоит тканевая жидкость и как она образуется?
60. Чем отличается тканевая жидкость от лимфы и плазмы крови?
61. Физико-химические свойства лимфы.
62. Укажите состав лимфы.
63. Какие функции выполняет лимфа?
64. Как образуется лимфа?
65. Как влияют кормовые факторы на кроветворение?
66. Как влияет уровень продуктивности и породные различия на состав крови?
67. Как влияют экологические факторы на состав крови?
68. Как влияют блуждающий и симпатический нервы на состав и образование крови?
69. Изложите (вкратце) рефлекторную регуляцию состава крови.
70. Возрастные изменения состава крови у животных.

Учебное издание

**Олег Юрьевич Беспятых
Елена Витальевна Овечкина**

ФИЗИОЛОГИЯ СИСТЕМЫ КРОВИ

Учебно-методическое пособие

Издание второе, переработанное и дополненное

Редактор: Окишева И.В.

Заказ № ____ Подписано к печати _____
Тираж _____ экз. Формат 60x84 1/16
Бумага офсетная Усл.п.л. ____ Цена договорная

**Вятская государственная сельскохозяйственная академия
610017, г. Киров, Октябрьский пр-т, 133
Отпечатано в типографии Вятской ГСХА**