

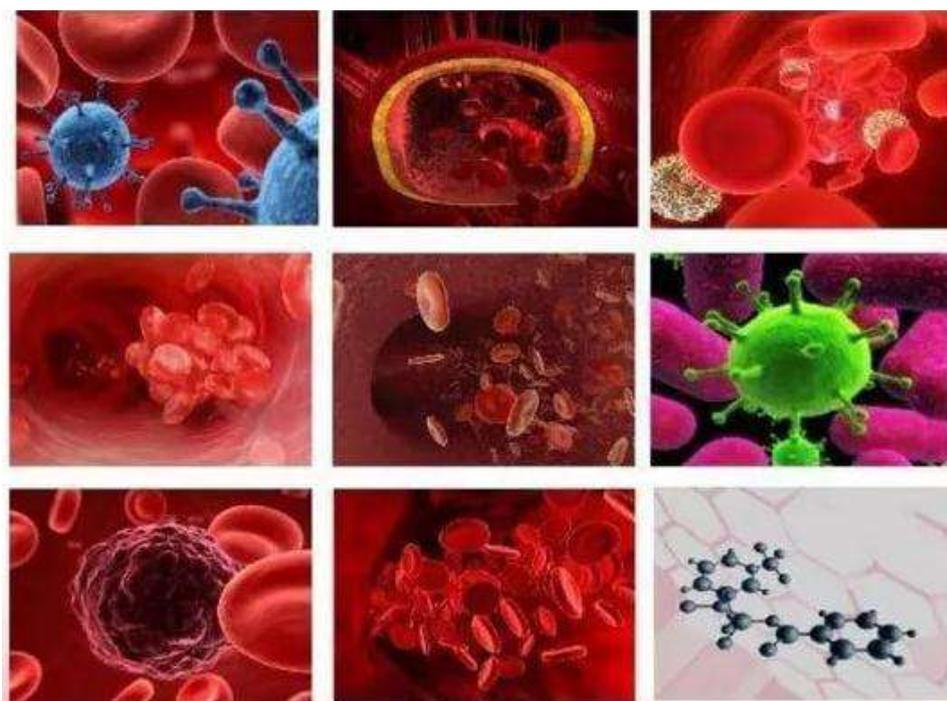
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

О.Н. Полозюк, Т.М. Ушакова

ГЕМАТОЛОГИЯ

учебное пособие



Персиановский
2019

УДК 619:616-092:636
ББК 48.72
П 52

Рецензенты: **Нижельская Е.И.**, канд. вет.наук, доц. каф. паразитологии, ветсанэкспертизы и эпизоотологии Донского ГАУ;
Чопорова Н.В., канд. вет. наук, доц. каф. биологии, морфологии и вирусологии Донского ГАУ

П 52 Полозюк, О.Н.

Гематология : учебное пособие / О.Н. Полозюк, Т.М. Ушакова ;
Донской ГАУ. - Персиановский : Донской ГАУ, 2019. – 159 с.

Учебное пособие для студентов, аспирантов, обучающихся по УГСН 36.00.00. Ветеринария и зоотехния.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения. В учебном пособии изложена морфологическая характеристика форменных элементов крови, исследование общего анализа крови и интерпретация полученных результатов.

УДК 619:616-07:616.15
ББК 48

Утверждено методической комиссией факультета ветеринарной медицины, протокол № 4 от 6.12. 2018 г.

Рекомендованы к изданию методическим советом университета, протокол № 8 от 26.12. 2018 г.

© ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2019

© Полозюк О.Н., Ушакова Т.М., 2019

Содержание

Введение.....	5
1. Кровь и ее функции.....	6
2. Состав и количество крови.....	8
3. Физико-химические свойства крови	9
4. Эмбриональный гемопоэз млекопитающих	20
5. Органы кроветворения и гемопоэз в постэмбриональный период.....	22
6. Клинический анализ крови	31
7. Техника взятия крови	34
8. Выбор антикоагулянта	35
9. Приготовление, фиксация и окраска мазков крови	37
10. Микроскопическое исследование мазков крови	42
11. Определение гематокрита	43
12. Определение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) микрометодом Панченкова	48
13. Определение количества гемоглобина	51
14. Методы подсчета форменных элементов	56
15. Устройство камеры Горяева	57
16. Подсчет количества эритроцитов в счетной камере Горяева и их качественные и количественные изменения.....	61
17. Эритроцитарные индексы	72
18. Классификации анемий	75
19. Вычисление цветового показателя	80
20. Вопросы к коллоквиуму № 1.....	82
21. Гематологические синдромы при заболевании крови	83
22. Подсчет количества лейкоцитов в счетной камере Горяева и их количественные изменения	85
23. Исследование лейкоцитарной формулы	91

24.	Характеристика тромбоцитов и методы их подсчета.....	110
24.	Исследование сосудисто-тромбоцитарного гемостаза	115
25.	Особенности клеток крови некоторых групп животных	118
26.	Картина крови при некоторых заболеваниях	121
27.	Вопросы к коллоквиуму № 2.....	128
28.	Анализ гемограмм	129
29.	Гемограммы для самостоятельной работы	134
30.	Сокращения гематологических терминов.....	143
31.	Приложения	144
	Список использованной литературы	153

ВВЕДЕНИЕ

Исследование крови является важнейшим диагностическим методом. Кроветворные органы чрезвычайно чувствительны к различным физиологическим, и особенно патологическим воздействиям на организм, поэтому картина крови является отражением этих воздействий. Профессиональная деятельность специалиста-исследователя направлена на объективное изучение параметров гематологических показателей лабораторными средствами для получения информации о состоянии здоровья животного, либо различных видов патологии и о влиянии лечебных мероприятий. Необходимо учитывать при этом, что информативность исследования находится в неразрывной связи с информативными возможностями использованных конкретных методов и тех погрешностях, которые вносят условия и время взятия пробы, ее хранение, квалификация исполнителя работ и многие другие факторы.

Любое углубленное клиническое исследование, как на этапе диагностики, так и в ходе лечения обязательно должно включать в себя анализ крови. Гематологические исследования позволяют в комплексе с клиническими исследованиями диагностировать скрытые, до- и субклинические формы заболевания, определять возникшие осложнения при том или ином заболевании, дифференцировать сходные болезни, судить о тяжести болезни, о функциональном состоянии отдельных органов, следить за ходом лечения, прогнозировать исход заболеваний. Максимальное извлечение информации из результатов анализа позволит врачу сориентироваться при выборе дальнейших специфических, сложных и дорогостоящих методов исследования, избежать, например, необоснованной пункции костного мозга.

Но даже безукоризненно выполненные исследования, позволяющие получить максимально близкие к истине надежные результаты, не становятся

полезными до тех пор, пока они не включены в диагностический процесс, не осмыслены в сочетании с конкретным состоянием животного.

Только правильное понимание роли и значения каждого из этих многочисленных факторов позволяет использовать гематологические показатели в качестве одного из фрагментов при создании объективной и многогранной картины жизнедеятельности организма.

Именно с этих позиций изложен материал по методике проведения и интерпретации полученных гематологических анализов в предлагаемом пособии для лабораторно-практических занятий.

КРОВЬ И ЕЕ ФУНКЦИИ

Кровь - это жидкая ткань, выполняющая различные функции. Состоит из плазмы и форменных элементов: эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов.

Кровь, лимфа и тканевая жидкость образуют внутреннюю среду организма, омывающую все клетки и ткани тела. Внутренняя среда имеет относительное постоянство состава и физико-химических свойств, что создает приблизительно одинаковые условия существования клеток организма (гомеостаз). Потребность в исследовании крови определяется, прежде всего, ее физиологической ролью, а также изменениями, наступающими в ней при различных патологических состояниях. Кровь тесно взаимосвязана со всеми органами и тканями. Вместе с эндокринной и нервной системами она обуславливает единство и целостность организма, обеспечивая его гомеостаз.

Функции крови:

1. *Транспортная функция* – кровь переносит необходимые для жизнедеятельности органов и тканей различные вещества, газы и продукты обмена. Транспортная функция осуществляется как плазмой, так и форменными элементами крови в которых могут находиться практически все вещества, катионы и анионы, входящие в состав крови. Одновременно те же самые агенты могут транспортироваться непосредственно плазмой.

Многие из них переносятся в неизменном виде, другие вступают в нестойкие соединения с различными белками.

2. *Дыхательная функция.* Эта функция заключается не только в переносе газов, но и в переходе их как из крови в легкие и ткани, так и в обратном направлении.

3. *Экскреторная функция.* Кровь уносит из тканей конечные продукты метаболизма: мочевину, мочевую кислоту и другие вещества, удаляемые из организма органами выделения

4. *Гуморальная регуляция.* Благодаря своей транспортной функции кровь обеспечивает химическое взаимодействие между всеми частями организма, т.е. гуморальную регуляцию. Кровь переносит гормоны и другие, физиологически активные вещества.

5. *Защитная функция крови* чрезвычайно разнообразны. С наличием в крови белых кровяных телец – лейкоцитов связана специфическая (иммунитет) и неспецифическая (главным образом фагоцитоз) защита организма. В составе крови содержатся все компоненты системы комплемента, играющей важную роль, как в специфической, так и неспецифической защите. К защитным функциям относится сохранение в циркуляции жидкого состояния крови и остановка кровотечения (гемостаз) в случае нарушения целостности кровеносных сосудов.

6. *Трофическая (питательная) функция.* Кровь обеспечивает все клетки организма питательными веществами: глюкозой, аминокислотами, жирами, витаминами, минеральными веществами, водой.

7. *Терморегуляторная функция.* Кровь охлаждает внутренние органы и переносит тепло к органам теплоотдачи.

8. *Поддержание постоянства внутренней среды.* Кровь поддерживает стабильность ряда констант организма.

9. *Обеспечение водно-солевого обмена.* Кровь обеспечивает водно-солевой обмен между кровью и тканями. В артериальной части капилляров

жидкость и соли поступают в ткани, а в венозной части капилляра возвращаются в кровь.

СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВО КРОВИ

Кровь, как ткань, обладает следующими особенностями:

- 1) все ее составные части образуются за пределами самой крови;
- 2) межклеточное вещество ткани является жидким;
- 3) основная часть ткани находится в постоянном движении.

Кровь состоит из жидкой части - плазмы и взвешенных в ней клеток (форменных элементов): эритроцитов (красных кровяных телец), лейкоцитов (белых кровяных телец) и тромбоцитов (красных пластинок).

Между плазмой и форменными элементами крови существуют определенные объемные соотношения. Установлено, что на долю форменных элементов приходится 40-45%, крови, а на долю плазмы - 55-60%.

Объем циркулирующей крови относительно постоянен, несмотря на непрерывное всасывание воды из желудка и кишечника. Это объясняется строгим балансом между поступлением и выделением воды из организма.

Определение объема крови.

Общий объем крови млекопитающих составляет приблизительно 10-11% массы тела лошади, 8-9% у собак, 7% у кошек, жвачных, лабораторных грызунов и «холоднокровных» и 5-6% у свиней. Общий объем крови у молодых, растущих животных превышает 10% массы тела. Определение общего объема крови необходимо в различных ситуациях, например, при расчете количества крови требуемого для трансфузии, или объема крови, который может быть взят для постановки серии диагностических тестов без ущерба для здоровья животного. Это требуется и в тех случаях, когда животное предполагают использовать в качестве донора крови. Например, исходя из того, что общий объем крови у кошек составляет 7% массы тела и удельный вес крови равен 1 (1мл весит 1 г), можно рассчитать объем крови у

кошки весом 4кг: $0,07 \times 4 = 0,28 \text{кг} = 280 \text{мл}$. Поскольку у животного можно удалить без ущерба для здоровья 20% объема крови, в приведенном примере это составляет $280 \times 2 = 56 \text{мл}$.

Состав плазмы крови

Плазма крови содержит 90-92% воды и 8-10% сухого вещества, главным образом, белков и солей. В плазме находится ряд белков, отличающихся по своим свойствам и функциональному значению: альбумины (около 4,5%), глобулины (2-3%) и фибриноген (0,2-0,4%).

Общее количество белка в плазме крови человека составляет 7-8 %. Остальная часть плотного остатка плазмы приходится на долю других органических соединений и минеральных солей. Наряду с ними в крови находятся продукты распада белков и нуклеиновых кислот (мочевина, креатин, креатинин, мочевая кислота, подлежащие выведению из организма). Половина общего количества небелкового азота в плазме - так называемого остаточного азота - приходится на долю мочевины.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ

К физико-химическим свойствам относят:

- цвет;
- удельный вес (плотность);
- вязкость;
- осмотическое давление;
- онкотическое давление;
- рН- крови

Цвет крови

Цвет крови определяется наличием в эритроцитах особого белка — гемоглобина. Артериальная кровь характеризуется ярко-красной окраской, что зависит от содержания в ней гемоглобина, насыщенного кислородом (оксигемоглобин). Венозная кровь имеет темно-красную с синеватым оттенком окраску, что объясняется наличием в ней не только окисленного, но

и восстановленного гемоглобина. Чем активнее орган и чем больше отдал кислорода тканям гемоглобин, тем более темной выглядит венозная кровь.

Удельный вес крови

Удельный вес крови в норме колеблется в пределах от 1,050 -1,060 (при температуре 15⁰С). Удельный вес крови новорожденных несколько выше, чем у взрослых, и колеблется в более широких пределах; в первые месяцы жизни удельный вес значительно снижается и в дальнейшем с возрастом, хотя и незначительно нарастает.

Вязкость крови

Вязкость крови меняется с возрастом параллельно изменениям удельного веса. Так, у новорожденных в первые 3-5 дн. жизни показатель вязкости равен 14,8-10,0, в течение 5-6-го дней жизни – около 8,6, в течение первых 12 мес. жизни - 4,6 (3,8-5,4). Степень вязкости крови зависит от числа форменных элементов (показателя гематокрита) и содержания в ней белка. У новорожденных количество эритроцитов выше (свыше 6млн.), чем у взрослых, что и определяет высокую вязкость крови.

Если вязкость воды принять за единицу, то вязкость плазмы крови равна 1,7-2,2, а вязкость цельной крови – около 5. В норме вязкость крови изменяется мало. Хотя в кровь поступает из кишечника значительное количество жидкости, она быстро связывается тканевыми белками и солями. Вязкость крови обусловлена наличием белков и особенно эритроцитов, которые при своем движении преодолевают силы внешнего и внутреннего трения.

Снижение вязкости крови наблюдается при явлениях гипопроотеинемии и при различных формах малокровия. Ее снижение можно наблюдать также при желтухах и гидремии.

Вязкость увеличивается при сгущении крови, т.е. потере воды (например, при поносах, рвоте или обильном потении, при несахарном и, реже сахарном диабете, и заболеваниях, связанных с гипофункцией надпочечников), а также

при возрастании количества эритроцитов в крови. Особенно быстро наступает повышение вязкости крови при токсикозе у новорожденных.

Осмотическое давление крови

Осмотическим давлением называется сила, которая заставляет переходить растворитель (для крови это вода) через полупроницаемую мембрану из менее в более концентрированный раствор. Осмотическое давление крови, вычисляют криоскопическим методом с помощью определения депрессии (точки замерзания), которая для крови составляет $0,56—0,58^{\circ}\text{C}$. Депрессия молярного раствора - это раствор, в котором растворена 1 грамм-молекула вещества в 1 л воды и которая соответствует $1,86^{\circ}\text{C}$. Осмотическое давление плазмы (сыворотки крови) колеблется в пределах $7,7-8,1\text{атм}$. При температуре 37°C осмотическое давление крови обусловлено концентрацией NaCl и в меньшей степени NaHCO_3 и зависит от общей молярной концентрации осмотических активных веществ, находящихся в плазме в растворенном состоянии. Осмотическое давление крови зависит в основном от растворенных в ней низкомолекулярных соединений, главным образом солей. Около 60% этого давления создается NaCl . Осмотическое давление в крови, лимфе, тканевой жидкости, тканях приблизительно одинаково и отличается постоянством. Даже в случаях, когда в кровь поступает значительное количество воды или соли, осмотическое давление не претерпевает существенных изменений. При избыточном поступлении в кровь вода быстро выводится почками и переходит в ткани и клетки, что восстанавливает исходную величину осмотического давления. Если же в крови повышается концентрация солей, то в сосудистое русло переходит вода из тканевой жидкости, а почки начинают усиленно выводить соли. Продукты переваривания белков, жиров и углеводов, всасывающиеся в кровь и лимфу, а также низкомолекулярные продукты клеточного метаболизма могут изменять осмотическое давление в небольших пределах.

Поддержание постоянства осмотического давления играет чрезвычайно важную роль в жизнедеятельности клеток.

Органические составные части плазмы (глюкоза, мочевины и др.) сравнительно мало влияют на осмотическое давление крови в связи с их незначительным содержанием и неспособностью диссоциировать на отдельные ионы. В настоящее время большое значение придается исследованию осмограммы, которое дает наглядное представление об осмотических соотношениях крови и позволяет быстро и надежно ориентироваться в нарушениях кислотно-щелочного и электролитного обмена, возникающих в организме и находящих свое отражение в крови.

При построении осмограммы данные выражают в миллиосмомолях на литр. Плазма крови в норме содержит 290 мосмомоль/л (табл.1), которые распределяются следующим образом.

Таблица 1

Осмотические соотношения крови

Катионы	Анионы
Na ⁺ 141 мосмомоль/л	Cl ⁻ 104мосмомоль/л
K ⁺ 4,5	HCO ₃ 27
Ca ₂ 2,5	PO ₄ 1,0
Mg ² 1,5	Белки 2,0
	Органические кислоты 6,5
Всего: 149,5	Всего: 150,5

При нарушении электролитного обмена изменяется осмотическое давление и кислотно-щелочное равновесие возникшие изменения ведут к перестройке осмограммы и ионограммы.

Онкотическое давление

Онкотическое давление является частью осмотического и зависит от содержания в плазме (сыворотке) крупномолекулярных соединений (белков). Концентрация белков в плазме довольно велика, а общее

количество молекул из-за их большой молекулярной массы относительно мало, благодаря чему онкотическое давление не превышает 30 мм рт.ст.. Онкотическое давление в большей степени зависит от альбуминов. Около 80% онкотического давления создают альбумины, что связано с их относительно малой молекулярной массой и большим количеством молекул в плазме.

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

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

Концентрация водородных ионов и регуляция рН крови

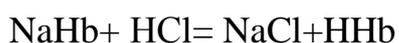
В норме рН крови соответствует 7,36, т. е. реакция слабоосновная. Колебания величины рН крови крайне незначительны. Так, в условиях покоя рН артериальной крови соответствует 7,4, а венозной — 7,34. В клетках и тканях рН достигает 7,2 и даже 7,0, что зависит от образования в них в процессе обмена веществ «кислых» продуктов метаболизма. Несмотря на всасывание в кровь значительного количества кислых и основных продуктов из кишечника и на поступления в кровеносное русло их тканей органических кислот, рН крови стойко удерживается.

Постоянство концентрации водородных ионов в крови имеет исключительное важное биологическое значение. Изменение рН среды изменяет заряд, растворимость и свойства белков (белки-амфотерные электролиты), особенно ферментов, что может привести к извращению биохимических процессов в организме.

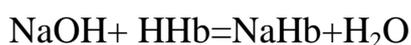
В регуляции постоянства рН крови принимают участие физиологические и физико-химические факторы. К первым относятся легкие и органы

выделения (почки, кожа, толстый кишечник), а ко вторым – буферные системы.

Самой важной буферной системой в крови являются гемоглобин и его соли, которые составляют 88% всей буферной емкости крови. Механизм действия этого буфера заключается в том, что при поступлении в кровь кислоты, например HCl, она реагирует с солью гемоглобина:

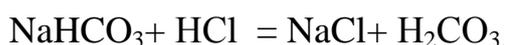


В результате этой реакции вместо сильной кислоты, в данном примере HCl, которая могла бы изменить pH крови, образуется нейтральная соль NaCl и очень слабо диссоциирующая кислота HHb, которая практически не в состоянии изменить pH крови, т.е. угроза сдвига pH среды миновала. При поступлении в кровь оснований, например NaOH, они реагируют с HHb:

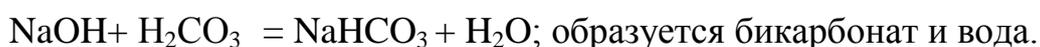


В результате этой реакции вместо сильной щелочи NaOH образуется нейтральная соль NaHb и вода. pH среды при этом мало изменится.

Второй важной буферной системой крови является бикарбонатная система H_2CO_3 и NaHCO_3 . При поступлении в кровь кислоты она реагирует с бикарбонатом:

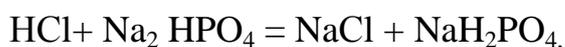


При этом вместо HCl образуется H_2CO_3 , которая слабо диссоциирует и к тому же быстро удаляется из крови через легкие. При поступлении оснований, например NaOH, они вступают в реакцию с углекислотой:

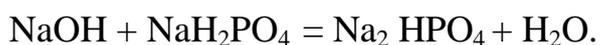


Вместо сильной щелочи NaOH образуется соль - бикарбонат, которая мало влияет на pH крови и выводится через почки.

К буферным системам крови относится также фосфатная буферная система NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 . При поступлении в кровь кислоты, например HCl, она реагирует с двузамещенным фосфатом:



а при поступлении щелочи, например NaOH:

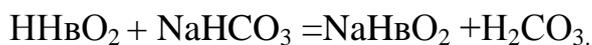


Как в первом, так и во втором случае угроза сдвига рН крови уменьшается.

Буферным действием также обладают белки плазмы, которые, являясь электролитами, могут вступать в реакцию как с кислотами, так и щелочами нейтрализуя их.

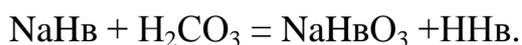
В кровь непрерывным потоком поступают углекислота из тканей, кислоты и основания из кишечника, кроме того, в процессе обмена образуются как кислые, так и основные продукты, которые вступают в реакцию с буферными системами крови. Все это может привести к резкому истощению буферной емкости крови. Однако этого практически не наступает, так как в дополнение к буферным системам непрерывно действуют физиологические факторы, поддерживающие рН крови на определенном уровне (легкие и выделительные органы). Таким образом, буферные системы в первую очередь противостоят возможному сдвигу рН. Физиологические факторы регуляции рН крови приводятся в действие рефлекторным путем. Как уже указывалось, гемоглобин по емкости является главной буферной системой крови. Гемоглобин косвенно принимает участие в удалении углекислоты из крови и таким образом способствует поддержанию рН крови на определенном уровне.

К легким подходит венозная кровь, которая содержит гемоглобин (Hb) и бикарбонаты (NaHCO_3), гемоглобин в легких переходит в оксигемоглобин (HbO_2), при этом его кислотные свойства повышаются и превышают кислотные свойства углекислоты. Более сильная кислота вытесняет из соединения менее сильную, в данном случае оксигемоглобин взаимодействует с бикарбонатами, вытесняя углекислоту:



Вытесненная из бикарбонатов углекислота под воздействием фермента угольной ангидразы расщепляется на воду и CO_2 , который выделяется легкими.

Из легких к тканям кровь приносит NaNvO_2 . В тканях благодаря снижению парциального давления кислорода NaNvO_2 диссоциирует $\text{NaNv} + \text{O}_2$. Кислород поступает в ткани, а из тканей в кровь поступает CO_2 , которые под влиянием фермента угольной ангидразы соединяется с водой и образует углекислоту (H_2CO_3). Углекислота имеет большую степень диссоциации, чем HNV и вытесняет катионы, связанные с гемоглобином, с образованием бикарбоната:



Бикарбонаты рассматриваются как щелочные резервы крови. Они измеряются количеством миллилитров углекислого газа, которое может быть вытеснено сильной кислотой из 100мл плазмы.

При различных физиологических состояниях рН крови может изменяться, как в кислую (до 7,3), так и в щелочную (до 7,5) сторону. Более значительные отклонения рН сопровождаются тяжелейшими последствиями для организма. Так, при рН крови 6,95 наступает потеря сознания, и если эти сдвиги в кратчайший срок не ликвидируются, то неминуема смерть. Если же концентрация ионов H^+ уменьшается и рН становится равным 7,7, то наступают тяжелейшие судороги (тетания), что также может привести к смерти.

В процессе обмена веществ ткани выделяют в тканевую жидкость, а следовательно, и в кровь «кислые» продукты обмена, что должно приводить к сдвигу рН в кислую сторону. Так, в результате интенсивной мышечной деятельности в кровь может поступать в течение нескольких минут до 90 г молочной кислоты. Если это количество молочной кислоты прибавить к объему дистиллированной воды, равному объему циркулирующей крови, то концентрация ионов H^+ возросла в ней в 40 000 раз.

При различных патологических состояниях может наблюдаться сдвиг рН крови, как в кислую, так и в щелочную сторону. Первый из них носит название ацидоза, второй — алкалоза.

Как ацидоз (накопление в крови кисло реагирующих веществ), так и алкалоз (накопление веществ с основными свойствами) могут быть компенсированными и некомпенсированными.

Под компенсированным ацидозом или алкалозом понимают такое состояние, при котором в крови создается угроза сдвига рН соответственно в кислую или щелочную сторону, но активная реакция крови остается неизменной.

Некомпенсированный ацидоз (или алкалоз) – состояние, при котором уже наступило изменение рН крови. При некомпенсированном ацидозе происходит снижение щелочных резервов крови, сопровождающееся незначительным подкислением крови.

В клинике широко практикуется определение состояния компенсированного ацидоза или алкалоза. Повышение щелочного резерва крови выше 70мл CO_2 указывает на алкалоз, снижение ниже 45мл CO_2 – на ацидоз.

Ацидоз или алкалоз может быть газовым и негазовым.

Газовый ацидоз наступает при нарушенной вентиляции легких, когда в силу тех или иных причин замедляется процесс отдачи углекислоты легкими. Это наблюдается при расстройствах сердечной деятельности, эмфиземе, пневмонии, при бронхиальной астме, бульбарных формах полиомиелита, фиброзах легких; при механических препятствиях (опухоли средостения, шеи и легких), при нахождении в среде с высоким содержанием углекислоты. Газовый ацидоз может наступить при наркозе, когда дыхательный центр становится менее чувствительным к повышенной концентрации углекислоты в крови.

Негазовый ацидоз – состояние, когда угроза сдвига рН в крови наступает вследствие уменьшения щелочных резервов за счет нелетучих кислот, образовавшихся в организме в результате нарушения обмена (метаболический ацидоз, например, при диабете) или за счет кислот, поступивших в кровь из кишечника (алиментарный ацидоз).

Метаболический ацидоз может наблюдаться при сепсисе, некоторых формах пневмоний, декомпенсированных заболеваниях сердца, поносе и рвоте, рахите, экссудативном диатезе, при отравлении некоторыми ядами (например салициловой кислотой). Метаболический ацидоз при нефритах наступает в результате задержки в организме кислых продуктов.

Первичный ренальный ацидоз развивается вследствие нарушения реабсорбции в почечных канальцах, в результате чего организм теряет большое количество щелочей. Развитие ацидоза при накоплении кислых продуктов в организме приобретает двойственный характер. Ацидоз может явиться следствием накопления кислых продуктов, которые нейтрализуются щелочами, выводясь из организма. Следовательно, ацидоз усугубляется потерей щелочей, что может вызвать ацидоз.

В молодом возрасте можно наблюдать ацидоз вследствие недостаточного выделения кислот почками.

Диабет и ацетонемическая рвота сопровождаются выраженным ацидозом в результате накопления ацетоновых тел в крови и тканях. Ацидоз подобного характера может быть при голодании.

Умеренно выраженный ацидоз наблюдается при токсикозах. Однако при далеко зашедших случаях токсикоза могут полностью исчерпаться щелочные резервы крови, вследствие чего развивается некомпенсированный ацидоз.

В механизме развития ацидоза при этом необходимо учитывать усиленный неполный распад органических веществ с накоплением кислых продуктов и значительную потерю щелочей через кишечник (понос, рвота).

Газовый алкалоз – состояние, при котором щелочные резервы повышаются вследствие повышенной легочной вентиляции. Так, например, на большой высоте при пониженном парциальном давлении кислорода частое дыхание, гипервентиляция легких приводит к усиленной отдаче кровью CO_2 . При некоторых заболеваниях центральной нервной системы, легких наблюдается гипервентиляция легких с повышенной потерей CO_2

организмом (например, энцефалит, бронхопневмония, перегревание тела и др.).

Негазовый алкалоз – состояние, при котором щелочные резервы повышаются за счет поступления из вне в большом количестве щелочных катионов (большие дозы принятой соды, пища, содержащая натриевые, калиевые соли органических кислот и др.).

Кроме того может быть негазовый метаболический алкалоз. Так, например, при сильной рвоте организм теряет большое количество кислоты, что ведет к увеличению щелочных резервов крови (рвота при пилороспазме или пилоростенозе, рвоте беременных и др.).

Температура крови

Температура крови во многом зависит от интенсивности обмена того органа, от которого она оттекает. Чем интенсивнее осуществляется обмен веществ в органе, тем выше температура оттекающей от него крови. Следовательно, в одном и том же органе температура венозной крови всегда больше, чем артериальной. Это правило, однако, не распространяется на поверхностные вены кожи, соприкасающиеся с атмосферным воздухом и принимающие непосредственное участие в теплообмене. У теплокровных (гомойотермных) животных и человека температура крови в состоянии покоя в различных сосудах колеблется от 37° до 40°. Так, кровь, оттекающая от печени по венам, может иметь температуру 39,7°. Резко повышается температура крови при интенсивной мышечной работе.

При движении крови не только происходит некоторое выравнивание температуры в различных сосудах, но и создаются условия для отдачи или сохранения тепла в организме. В жаркую погоду через кожные сосуды протекает больше крови, что способствует отдаче тепла. В холодную погоду сосуды кожи суживаются, кровь вытесняется в сосуды брюшной полости, что приводит к сбережению тепла.

ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ГЕМОПОЭЗ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Гемопоэз – развитие крови. В онтогенезе он подразделяется на: 1) эмбриональный – приводит к развитию крови как ткани, 2) постэмбриональный – представляет собой процесс физиол. регенерации крови.

Эмбриональный гемопоэз. Кровь как ткань развивается из мезенхимы. В течение внутриутробного периода место образования крови несколько раз меняется. Выделяют 3 периода:

1. Мезобластический (внезародышевый)
2. Гепатолиенальный
3. Медуллярный (тимо- медулло-лимфоидный)

Мезобластический – осуществляется во внезародышевых провизорных органах – стенке желточного мешка, в хорионе. Тесно связан с образованием первых сосудов. Начинается в конце 2 – начале 3 недели. В мезенхиме стенки желточного мешка образуются кровяные островки. Из клеток островков образуются:

- эндотелиоциты (периферические);
- стволовые клетки крови (центральные).

Процесс происходит интраваскулярно (внутри сосудов) в мезенхиме желточного мешка (внезародышевый провизорный орган) на 3-10 неделе внутриутробного периода. Из желточного мешка СКК мигрируют в другие кроветворные органы. Часть стволовых клеток крови (СКК) делится и дифференцируется в ядродержащие и безъядерные первичные эритроциты (мегалоциты) – мегалобластический тип кроветворения.

Гепатолиенальный (кроветворение в печени и селезенке) этап протекает, начиная с 5-6 недели, достигая максимальной активности на втором месяце, когда кроветворение на 80% обеспечивается печенью, а на 20% селезенкой. В этих органах дифференцировка клеток крови из СКК протекает экстраваскулярно (вне сосуда). В печени образуются преимущественно эритроциты, гранулоциты, кровяные пластинки. В селезенке первоначально

образуются все виды форменных элементов крови, а во второй половине внутриутробного развития начинает преобладать лимфоцитопоз.

Медуллярный (тимо-медулло-лимфоидный) гемопоэз – образование форменных элементов крови в тимусе, лимфоидной ткани и красном костном мозге (ККМ), начинается на 10-ой неделе внутриутробного развития.

В тимусе образуются Т-лимфоциты с последующим расселением их в лимфоидные органы. В красном костном мозге (ККМ) СКК дают начало всем форменным элементам, формируя кроветворные (гемопоэтические) островки. Совокупность СКК и гемопоэтических островков составляет паренхиму ККМ. Гемопоэз постепенно нарастает к рождению, и ККМ становится центральным органом кроветворения. Кроветворной тканью ККМ является миелоидная ткань (от греч. красный мозг). Она содержит стволовые кроветворные клетки и является местом образования эритроцитов, гранулоцитов, моноцитов, тромбоцитов, В-лимфоцитов, предшественников Т-лимфоцитов, НК- клеток.

Лимфоидная ткань располагается в органах иммунной системы (в тимусе, селезенке, лимфатических узлах, миндалинах, пейеровых бляшках, червеобразном отростке и многочисленных лимфоидных образованиях, имеющих в стенках органов различных систем). В ней происходит образование Т- и В-лимфоцитов, которые взаимодействуя между собой, а также с макрофагами, дендритными и другими клетками, обеспечивают развитие и течение иммунных реакций.

Регуляция гемопоэза осуществляется гемопоэтическими факторами роста (гемопоэтинами), которые вырабатываются стромальными элементами кроветворных органов. Они продуцируются ретикулярными клетками, эпителиальными клетками тимуса, макрофагами, Т-лимфоцитами, эндотелиальными клетками, а также клетками, расположенными вне кроветворных тканей (например, эритропоэтин вырабатывается клетками почек и печени). Гемопоэтины оказывают влияние в низких концентрациях, связываясь со специфическими рецепторами на плазмолемме развивающихся

клеток крови. Каждый этап развития конкретной линии клеток требует присутствия определенной концентрации гемопоэтинов. Отдельный гемопоэтический фактор может оказывать влияние на один или несколько типов развивающихся клеток.

ОРГАНЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ И ГЕМОПОЭЗ В ПОСТЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Процесс кроветворения, или гемопоэз, осуществляется в организме постоянно и исключительно интенсивно. За минуту в кроветворных органах образуется более 300 млн. клеток крови. Главная особенность кроветворения — продукция огромного и в то же время оптимального количества клеток крови нужного вида в нужное время и в нужном месте. Повышенная потребность организма в любой разновидности клеток крови может заставлять костный мозг ускорить производство этой линии в 5–6 раз. Основоположником современной унитарной теории кроветворения является отечественный гистолог А.А. Максимов (1874–1928) — начальник кафедры гистологии и эмбриологии Военно-медицинской академии с 1903 по 1922 г., член-корреспондент Российской академии наук, а с 1922 г. — профессор кафедры анатомии Чикагского университета. Гемопоэз как процесс образования клеток крови начинается в раннем эмбриональном периоде. В связи с этим, выделяют эмбриональные кроветворные органы (желточный мешок, фетальная печень, селезенка, костный мозг) и органы кроветворения, функционирующие после рождения. В постэмбриональном периоде единственным местом миелопоэза в норме является красный костный мозг. Под миелопоэзом (или миелоидным кроветворением) подразумевают процесс, в ходе которого в костном мозге образуются и поступают в периферическую кровь эритроциты, тромбоциты, гранулоциты и моноциты. Процесс лимфопоэза (образования Т- и В-лимфоцитов) после рождения реализуют центральные и периферические лимфоидные органы. Центральными лимфоидными органами являются красный костный мозг и

тимус. Последний функционирует как лимфоидный орган до периода половой зрелости.

К периферическим лимфоидным органам относятся селезенка, лимфатические узлы, небные миндалины, пейеровы бляшки желудочно-кишечного тракта.

Костный мозг

Выделяют два типа костного мозга: желтый костный мозг — неактивный в отношении гемопоэза, представленный в основном жировой тканью и красный костный мозг — собственно гемопоэтический орган. Гемопоэтическая (ретикулярная) ткань красного костного мозга сохраняется в костях центра скелета: в телах позвонков, костях таза, черепа, ребрах, грудине, эпифизах длинных трубчатых костей. Гемопоэтическая ткань у взрослых животных распределена следующим образом: в костях таза — 40%, в телах позвонков - 28%, в костях черепа - 13%, в ребрах - 8%, в грудине - 2%, в эпифизах трубчатых костей - 8%. Остальную часть костномозговых полостей заполняет желтый костный мозг, т.е. жировая ткань. При этом соотношение красного и желтого костного мозга, например, у 20-ти дневных телят составляет 9:1, у взрослых животных - 1:1.

Красный костный мозг структурно подразделяют на два компонента: экстравакулярный, или собственно гемопоэтическую ткань, и васкулярный, состоящий из широких венозных сосудов - синусов. Собственно гемопоэтическая ткань представляет собой желеподобный дисперсный материал, расположенный внутри костных трабекул в сети ретикулиновых волокон. Перфузия костного мозга осуществляется основной питающей артерией и ее малыми терминальными артериолами. Далее по венозным капиллярам кровь собирается через венозные синусоиды в центральный венозный синус. Стенки венозных синусов состоят из трех слоев клеток: эндотелия, 23 базальной мембраны и адвентиции. Эндотелиальные клетки плоские, с сужающимися концами, содержат обычные органеллы. Базальная мембрана схожа с гломерулярной мембраной почек. Адвентициальные

клетки имеют широкие отростки, образующие ретикулум (тонкую сеть волокон соединительной ткани), в котором расположены гемопоэтические клетки. Изменения в адвентициальных клетках влияют на объем гемопоэтического пространства. Адвентициальные клетки могут увеличиваться из-за повышения содержания в них жира и тогда количество гемопоэтических клеток сокращается. Микроскопически это имеет картину превращения красного костного мозга в желтый. В условиях повышенных требований к кроветворению адвентициальные клетки уменьшаются, способствуя расширению гемопоэтического компонента костного мозга. К красному мозгу происходит развитие всех форменных элементов крови – стволовых, недифференцированных клеток (предшественников всех видов лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов, а также начальные стадии Т- и В-лимфоцитов). У млекопитающих только здесь формируются и проходят весь цикл развития В-лимфоциты. Дифференцированные клетки поступают в просвет синусоидных капилляров. Этому способствует то, что их стенки тонкие и имеют в эндотелии миграционные поры. Основной гемопоэтической клеткой красного костного мозга является гемоцитобласт – это малодифференцированная форма, которая через ряд промежуточных форм дает начало эритроцитам, лимфоцитам, мегакариоцитам. Из гемоцитобласта зрелые эритроциты, постепенно переходят в кровяное русло, но иногда при больших потерях крови и патологических процессах в крови могут появляться незрелые эритроциты с ядрами. Гемопоэтические клетки разных линий имеют строго определенный характер расположения. Мегакариоциты лежат близко к адвентициальным клеткам и доставляют тромбоциты прямо в синусы через просветы в их стенках. Эритроциты образуются около стенок синусов, располагаясь в виде эритробластических островков. Эритроциты с усилием проходят через синусоидальные просветы (как бы вдавливаются), при этом освобождаясь от ядер. Гранулоциты лежат дистально от синусов в виде диффузно расположенных отдельных клеток или групп клеток. Молодые лимфоциты образуются на периферии

костномозговой ткани и двигаются по направлению к центру. Лимфоциты располагаются одиночно или малыми группами около стенок синусов. Лимфоциты в костном мозге не накапливаются за исключением коротких периодов непосредственно перед выходом в циркуляцию. Распознаваемых лимфоидных фолликулов в нормальном костном мозге нет.

Тимус (вилочковая железа) - лимфоэпителиальный орган, развит у эмбрионов и молодняка в первые годы жизни, у взрослых атрофируется. Имеет непарную грудную (в грудной полости, впереди сердца) и парную шейную части (на трахее - достигая гортани). У молодых животных светло-розового, у взрослых - серо-желтого цвета. Максимальная масса 1 050 г. у телят регистрируется в 2-х месячном возрасте. Как и костный мозг, тимус является центральным лимфоидным органом. Тимус окружен фиброзной капсулой, нити которой (трабекулы) пронизывают его паренхиму, разделяя сначала на две доли, потом на дольки. Долька — основная анатомическая единица органа. Гистологически в дольке выделяют кору, состоящую на 80–85% из лимфоцитов, и центральную часть, или мозговой слой, состоящий на 80–85% из эпителиальных клеток. В мозговом слое находятся тельца Гассала — скопление эпителиальных клеток (тимоцитов), выделяющих гормон - тимозин. В корковом слое есть гигантские эпителиальные «клетки-няньки», в цитоплазме которых, или рядом с ними, находятся митотически делящиеся лимфоциты. Пребывание лимфоцитов в корковом слое обеспечивает их иммунокомпетентность. Гемато-тимусный барьер ограждает корковый слой от взаимодействия с антигенами и обеспечивает антиген независимость их дифференциации. Лимфоидные клетки тимуса представлены Т-лимфоцитами. Субкапсулярная зона коры содержит крупные активно делящиеся бластные клетки костномозгового происхождения с темно-синей цитоплазмой. По мере созревания они мигрируют в глубокие слои коры, превращаясь, в неделящиеся малые тимоциты. Кроме того Т-лимфоциты коркового вещества могут мигрировать в кровоток, не заходя в мозговое вещество. С током крови они попадают в периферические органы

лимфоцитопоза — лимфатические узлы и селезенку, где созревают до терминальных стадий дифференцировки. Не лимфоидные клеточные элементы тимуса представлены гетерогенной группой эпителиальных клеток. Эти клетки коры, имеющие цитоплазматические отростки длиной до 25 мкм, известны как дендритические эпителиальные клетки. Постепенно тимус подвергается инволюции, характеризующейся потерей кортикальных тимоцитов, атрофией эпителиальных клеток и их жировым замещением. Жир располагается вне паренхимы органа, отделен от лимфоэпителиального компонента слоем эпителиальных клеток или базальной мембраной. Кроме хронической возрастной инволюции, тимус может подвергаться и активной инволюции в результате стресса, облучения, длительного голодания, действия глюкокортикостероидов, адренокортикотропного гормона (АКТГ), больших доз половых гормонов и др. У собак тимус небольших размеров, редуцируется к 2-3 годам жизни, у свиньи - сильно развит, также редуцируется к 2-3 годам. У крупного рогатого скота тимус крупный, редуцируется к 6 годам; у овец и коз - к 2 годам; у лошади - грудная часть тимуса сильно развита, шейные – слабо.

Селезенка — лимфоретикулярный орган, относящийся к периферическим лимфоидным органам. Структурно в селезенке выделяют множественные зоны красной и белой пульпы, расположенные вокруг ветвей селезеночной (центральной) артерии. Белая пульпа представляет собой зону, комплексно заполненную Т- и В-лимфоцитами. Непосредственно вокруг центральной артерии располагаются плотно упакованные малые лимфоциты CD4+ (Т-хелперы). К их границе примыкает фолликулярная зона с первичными и вторичными фолликулами, содержащая зародышевые центры из В-лимфоцитов и макрофагов. Отдаленная от центра часть белой пульпы В-клеточного слоя называется маргинальной зоной, которая плавно переходит в красную пульпу. Красная пульпа содержит ограниченные макрофагами синусы, заполненные кровью, и тяжи, представляющие собой волокнистую сетчатую структуру из ретикулоэндотелиальных клеток и тканевых

макрофагов. Кровоснабжение и кровоток селезенки уникальны. Кровь поступает в селезенку по селезеночной артерии, которая разделяется на ветви, проникающие в орган по ходу соединительнотканых тяжей — трабекул. Из трабекулярной ветви кровь попадает в более узкую артерию, так называемую центральную артериолу, а из нее — в артериальные капилляры. Затем кровь через артериальные капилляры поступает в венулы, и после этого - в селезеночные вены. Центральные артериолы также входят в синусы и тяжи красной пульпы. Из синусов и тяжей красной пульпы кровь переходит непосредственно в венозную систему селезенки. Циркулирующие в периферической крови эритроциты в норме накапливаются в тяжах, а затем через небольшие отверстия в эндотелии синусов переходят в синусы красной пульпы, а далее в венозную систему селезенки. Скопление эритроцитов в тяжах пульпы с последующим их пассажем через небольшие щели в синусы имеет название кондиционирования. С увеличением срока жизни эритроциты становятся малодеформируемыми и не способными переходить в синусы. В результате этого они задерживаются в тяжах пульпы и фагоцитируются макрофагами. Этот процесс получил название «отбора». Частицы эритроцитов, например ядерный материал (тельца Жолли), денатурированный гемоглобин (тельца Гейнца) или кровепаразиты могут при пассаже эритроцитов из тяжей пульпы в синусы захватываться и задерживаться в селезенке, а остальные эритроциты возвращаются (процесс называется «вдавливением») в кровеносное русло. Селезенка выполняет уникальные функции. Как орган иммунной системы она участвует в элиминации микроорганизмов и антигенов из периферической крови и в генерации гуморальных и клеточных факторов иммунной реакции на чужеродные антигены. Селезенка обеспечивает депонирование здоровых клеток крови и секвестрацию аномальных клеток. Селезенка принимает участие в регуляции портального кровотока. При некоторых патологических состояниях, связанных с замещением или сверх стимуляцией костного мозга, селезенка становится местом экстрамедуллярного гемопоэза.

Лимфатические узлы являются периферическими органами лимфопозза. Несмотря на рассредоточенность лимфоидной ткани по всему организму, она выполняет функции единого органа. На ее долю приходится 1% массы тела. У домашних животных различают несколько типов лимфатических узлов:

- концентрированный тип (у хищных), они немногочисленные, крупные;
- дисперсный тип (у лошади) - большое количество мелких лимфатических узлов, расположенных пакетами;
- смешанный тип (свинья, жвачные).

Лимфатические узлы представляют собой образования округлой, овальной, бобовидной, реже лентовидной формы, размерами от 0,5 до 50 мм и более. Они располагаются группами от 2–6 до 10 и более по ходу лимфатических сосудов. Лимфатические узлы соединены с лимфатической циркуляцией афферентными (приносящими), находящимися со стороны выпуклой поверхности, и эфферентными (выносящими) лимфатическими сосудами, находящимися со стороны вогнутой поверхности органа. Лимфоциты поступают в узел через афферентные, а выводятся из него через эфферентные лимфатические сосуды. Лимфатический узел окружен соединительнотканной капсулой. В нем выделяют корковый (наружный) слой, образованный лимфоидными фолликулами, и мозговой слой, представленный лимфоидными тяжами. Корковый слой в состоянии покоя занимает 1/3 органа, мозговой слой — 2/3. Основой органа служит стромальная ткань, которая состоит из ретикулиновых волокон, фибробластов, ретикулярных, дендритных клеток. Эти специализированные нефагоцитирующие клетки костномозгового происхождения участвуют вместе с макрофагами в презентации антигенов на Т- и В-лимфоциты. В состав стромы также входят макрофаги и гистиоциты. Тканевые макрофаги, составляющие единую клеточную систему с циркулирующими моноцитами, в норме распределены равномерно по лимфатическому узлу. Вместе они создают необходимое для развития лимфоцитов микроокружение. В сети

ретикулиновых волокон коркового слоя располагаются плотные скопления клеток в виде овальных или округлых образований — узелков. Это лимфатические фолликулы с герминативными центрами — В-клеточные зоны лимфоузлов. Лимфатический фолликул является местом выработки специфических антител в ответ на антигенную стимуляцию. Число и размеры лимфатических фолликулов и зародышевых центров определяются функциональным состоянием лимфатического узла. Меж фолликулярная зона и зона мозгового слоя являются Т-клеточными. В лимфатическом узле примерно 80% Т-клеток относятся к Т-хелперам и примерно 20% — к Т-супрессорам или цитотоксическим клеткам. Лимфатические узлы

составляют важнейший компонент иммунной защиты организма. Они служат биологическим фильтром, осуществляющим иммунную защиту с помощью фагоцитарной деятельности свободных и фиксированных макрофагов. Также лимфатические узлы являются органом антителообразования и выработки специализированных Т-лимфоцитов. К лимфатическим образованиям относят также миндалины, солитарные фолликулы и их конгломераты (пейеровы бляшки), расположенные в слизистой оболочке кишечника. Они построены, как и фолликулы лимфатических узлов, из ретикулярной ткани, но лимфатические сосуды не входят в них, а только оплетают с поверхности.

Гемолимфатические узелки. Это особый вид лимфатических узлов, в синусах которых циркулирует кровь, а не лимфа и выполняют функции лимфоидного и миелоидного кроветворения. Встречаются преимущественно вдоль грудной и брюшной аорты, почечных сосудов. Красного или желтого цвета. В них развиваются эритроциты и зернистые лейкоциты. У рогатого скота, в них происходит деструкция кровяных клеток, выполняя функцию селезенки.

Небные миндалины — осуществляют защиту верхних дыхательных путей от инфекции, снабжают лимфатическую систему по всему организму иммунокомпетентными клетками и участвуют в формировании микробной флоры полости рта и носоглотки. С ними взаимосвязан тимус. Тимэктомия

(удаление тимуса) ведет к гипертрофии миндалин, тонзилэктомия – к атрофии тимуса. При тонзилэктомии более часто поражаются дыхательные пути, и аллергические заболевания. С инволюцией тимуса с возрастом атрофируются и миндалины. Лимфоидная ткань в виде скоплений имеется под слизистой оболочкой тонкой кишки, гортани, бронхов, мочеполовых органов, в почках, коже.

Пейеровы бляшки кишечника – лимфоидная ткань в тонком кишечнике, ассоциированная со слизистыми покровами и представленная в виде узелковых скоплений, постоянно контактирующая с содержанием желудочно-кишечного такта (микрофлора, паразиты, токсины и т.д.). Имеют огромное значение для формирования иммунного ответа, созревания Т- и В-лимфоцитов. Следует отметить, что например тимус поражается значительно реже, чем лимфатический аппарат кишечника.

Бурса (сумка) Фабрициуса - центральный орган гемопоэза у птиц, где созревают и дифференцируются В-лимфоциты. У человека и млекопитающих В-лимфоциты образуются и созревают в костном мозге и затем заканчивают свое созревание в селезёнке, лимфатических узлах и в других вторичных лимфоидных органах и тканях. Прямого аналога сумки Фабрициуса у человека и млекопитающих нет.

Гемопоэз у рыб

В отличие от высших позвоночных, у рыб отсутствуют костный мозг и лимфатические узлы, гемопоэз происходит как в органах, в состав которых входит ретикулярный синцитий (жаберный аппарат, почки, лимфоидный орган), так и эндотелии сосудов жаберного аппарата, сердце, селезёнке и, в некоторых случаях, слизистой кишечника. У костных рыб основным органом кроветворения являются передние части почек. Гемопоэз идёт также и в лимфоидных органах, и в селезёнке. Особенностью рыб является наличие в крови как зрелых, так и молодых эритроцитов, эритроциты имеют ядра.

КЛИНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРОВИ

Клинический анализ крови – это один из наиболее распространенных методов обследования, который позволяет врачу выяснить причины некоторых симптомов (например, отказ от корма, повышение температуры тела и др.), а также выявить некоторые заболевания крови и других органов.

Изучение показателей периферической крови является первичным компонентом диагностического обследования и динамического наблюдения за больными, а также используется при профилактическом обследовании.

Исследование крови является важнейшим диагностическим методом. Кроветворные органы чрезвычайно чувствительны к различным физиологическим, и особенно патологическим воздействиям на организм, поэтому картина крови является отражением этих воздействий. Любое углубленное клиническое обследование, как на этапе диагностики, так и в ходе лечения обязательно должно включать в себя анализ крови.

Для биологических исследований используют цельную кровь, плазму и сыворотку. Кровь, из которой удалены форменные элементы, называется плазмой; плазма, не содержащая фибрина, - сывороткой. В плазме содержатся различные химические вещества, которые находятся в относительном равновесии с межклеточной жидкостью тканей.

Общий анализ крови представляет собой обследование, с помощью которого определяются следующие основные параметры крови животного:

- скорость оседания эритроцитов (СОЭ) – это скорость осаждения красных кровяных телец на дно пробирки, позволяющая судить о некоторых свойствах крови;

- уровень гемоглобина - количество особого вещества, которое содержится в эритроцитах и отвечает за перенос кислорода от легких к другим органам;

- гематокрит – отношение объема красных клеток крови к объему плазмы крови (плазма крови – это часть крови, лишенная клеток);

- количество эритроцитов (красных кровяных телец);
- общее количество лейкоцитов (белых кровяных телец) и лейкоцитарная формула (количество различных форм лейкоцитов, выраженное в процентах);
- количество тромбоцитов (кровяных пластинок, которые отвечают за остановку кровотечения при повреждении сосуда).

Каждый из этих параметров может многое сказать о состоянии здоровья животного, а также указать на возможные болезни.

Общие правила при подготовке к взятию крови на анализ:

- по возможности, рекомендуется брать кровь на анализ утром (не менее 8 часов и не более 14 часов голода, вода в обычном режиме), накануне избегать кормовых перегрузок;
- если животное получало какие-то лекарственные препараты, следует проконсультироваться с ветврачом по поводу целесообразности проведения исследования на фоне приема препаратов или возможности отмены приема препарата;
- исключить физические и эмоциональные стрессы накануне исследования;
- нежелательно брать кровь для анализа вскоре после инструментального обследования и других ветеринарных процедур (биопсия печени перед исследованием трансаминаз), анализ крови следует отложить на несколько дней;
- при контроле лабораторных показателей в динамике рекомендуется проводить повторные исследования в одинаковых условиях – в одной лаборатории, брать кровь в одинаковое время суток и т.д.

Методы исследования крови

На сегодняшний день существуют два способа исследования крови: ручной (или мануальный) и анализаторный.

В первом случае параметры крови исследуются с помощью различных ручных или аппаратных методик. В настоящее время мануальный способ в

связи с большими затратами времени, ограничивающими число исследуемых параметров с потерей диагностической информативности, вытесняется анализаторным способом. В этом случае исследование всех параметров клинического анализа крови осуществляет автоматический гематологический анализатор.

Гематологические анализаторы подразделяются на несколько технологических типов. Наиболее широкое распространение в ветеринарной практике получили два из них: оптические анализаторы, использующие различия в рассеивании света, и апертурно-импедансные счетчики, реагирующие на изменение сопротивления электрическому току. В современной ветеринарии в настоящее время все больше применяются апертурно-импедансные счетчики. Принцип их работы заключается в том, что как только единичная клетка в растворе крови проходит через специальное отверстие в тонкой трубке (апертуру), она меняет сопротивление электрическому току между двумя платиновыми электродами, генерируя электрический импульс. Каждый такой импульс записывается электронным устройством. Величина импульса пропорциональна объему клеток, что и лежит в основе их дифференциации. Результат подсчета клеток крови выводится на печать.

Гематологические анализаторы в зависимости от своего класса имеют различия по числу определяемых параметров. Основные параметры периферической крови, минимально определяемые автоматическим гематологическим анализатором, следующие:

1. Абсолютное количество в единице объема крови эритроцитов (RBC), тромбоцитов (PLT), лейкоцитов (WBC) и отдельных видов лейкоцитов (гранулоцитов, Gran, лимфоцитов, Lym, моноцитов, Mon) в процентах и абсолютных цифрах.

2. Количество гемоглобина (HGB) в единице объема крови.

3. Эритроцитарные индексы: HCT — гематокрит, MCV — средний объем эритроцита, MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците, MCHC

— средняя концентрация гемоглобина в эритроците, RDW — распределение эритроцитов по ширине (показатель анизоцитоза эритроцитов).

4. Тромбоцитарные индексы: MPV — средний объем тромбоцитов, PDW — распределение тромбоцитов по ширине (показатель анизоцитоза тромбоцитов).

Существуют анализаторы, которые обеспечивают автоматический подсчет, в том числе и разновидностей гранулоцитов (незрелых и зрелых нейтрофилов), эозинофилов, базофилов, а также бластных клеток и ретикулоцитов. Автоматический подсчет эритроцитарных и тромбоцитарных индексов является преимуществом анализаторного исследования крови.

Индексы эритроцитов — это цифровые характеристики морфологических изменений в клетках при нарушениях эритропоэза различного генеза. Особенно ярко морфологические изменения эритроцитов проявляются в колебаниях эритроцитарных индексов при дефиците железа, протекающем с нарушением синтеза гемоглобина, и при дефиците витамина B12 или фолиевой кислоты, вызывающем нарушения в процессе деления клеток, а также при различных гемолитических анемиях. Однако даже применение самых современных гематологических анализаторов, исследования мазков периферической крови проводится лаборантом.

ТЕХНИКА ВЗЯТИЯ КРОВИ

Небольшое количество крови, необходимое для клинического анализа, у млекопитающих берут из сосудов наружной или внутренней поверхности уха. В месте взятия крови волосяной покров выстригают, кожу протирают спиртом или смесью Никифорова (спирт-эфир $\bar{a}a$) для дезинфекции и обезжиривания. После обработки кожа должна высохнуть.

Стерильным копьём-скарификатором или иглой-ланцетом прокалывают сосуд в поперечном направлении. Для создания твёрдой основы ухо с

противоположной стороны поддерживают пальцем, положив на него ватный шарик. Первые одну-две капли удаляют ватным тампоном, последующие используют для исследований.

У кур кровь получают из гребня или серёжек, у уток, гусей и другой домашней птицы – из мякоти ступни.

При недостаточном истечении кровь выдавливать нельзя, так как в неё может попасть лимфа и исказить результаты. В этом случае ухо можно слегка растереть, но лучше выбрать новое место для получения крови.

Для того чтобы кровь не свёртывалась, а также для получения плазмы добавляют антикоагулянты.

ВЫБОР АНТИКОАГУЛЯНТА

Кровь вне кровеносного русла сворачивается, становится не пригодной для гематологических исследований. Этим обусловлено использование антикоагулянтов для сохранения жидкого состояния крови.

В качестве антикоагулянта в лабораторной практике наиболее часто используют: гепарин, тринатрий цитрат и ЭДТА (этилендиаминтетра ацетат, или трилон Б). Механизм действия этих веществ различается. Так гепарин в качестве кофактора участвует в формировании в плазме комплекса тромбин – антитромбин, в результате чего тромбин связывается и становится не способным переводить фибриноген в фибрин, вследствие чего кровь не сворачивается. ЭДТА и тринатрий цитрат, связывая кальций крови, блокируют коагуляцию.

При подготовке к забору крови на исследование следует учитывать тот факт, что разные вещества, используемые в качестве антикоагулянтов, могут, воздействуя на форменные элементы, изменять их структуру. Все это обуславливает необходимость подбора антикоагулянта для определенных целей планируемого исследования. Так несоответствие концентрации антикоагулянта объему взятой на исследование крови, недостаточное его смешивание приводят к значительным ошибкам автоматического подсчета

количества и концентрации форменных элементов, а также к искажению подсчета клеток крови.

Гепарин - наилучший коагулянт для определения осмотической резистентности эритроцитов и функциональных исследований лейкоцитов, в том числе и для иммуноцитохимического анализа. Его применение не предотвращает агрегацию тромбоцитов, что обуславливает артефакты автоматического анализа. Применяют 1% раствор гепарина две-три капли в расчёте на 15-20 мл крови, или тщательное споласкивание пробирки раствором этого антикоагулянта бывает достаточно для стабилизации крови.

Цитрат-натрия (тринатрий – цитрат) является антикоагулянтом выбора, то есть он используется при исследовании свертывающей системы крови и тромбоцитов. Цитрат натрия, также как и гепарин, не предотвращает агрегацию тромбоцитов, что обуславливает артефакты автоматического анализа.

ЭДТА (этилендиаминтетраацетат, или трилон Б) наиболее распространенный антикоагулянт при использовании автоматического анализа. В пробирки в расчёте на 15-20 мл крови предварительно вносят три-четыре капли 6% раствора ЭДТА-натрия (трилон Б, комплексон III) на 0,85% растворе натрия хлорида, т.е. концентрация ЭДТА должна составлять 1,5 - 2,2 мг/мл крови. Недостаток ЭДТА приводит к формированию микросвертков, вследствие чего форменные элементы крови сморщиваются.

Для этих же целей используют лимонно-кислый или щавелевокислый натрий или калий (0,3-0,5 мл 20% водного раствора), фтористый натрий (0,3-0,5 мл 10% раствора).

Чтобы избежать гемолиза и добиться лучшего контакта с антикоагулянтом, струю крови направляют по стенке пробирки, постоянно помешивая.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ, ФИКСАЦИЯ И ОКРАСКА МАЗКОВ КРОВИ

Морфологическое исследование мазков крови включает следующие этапы: подготовку стекол, приготовление, фиксацию, микроскопическую и морфологическую оценку мазков.

Подготовка предметных стекол. Предметные стекла должны быть чистыми, обезжиренными и сухими. Бывшие в употреблении или новые стекла замачивают в эмалированной посуде в стиральном порошке. Старый мазок удаляют ватным тампоном и стекла кипятят в том же растворе 10—15 мин, затем их промывают в проточной воде, насухо протирают и хранят в смеси Никифорова (этиловый спирт 96° и диэтиловый эфир в соотношении 1:1).

Примечания

1. Длительное кипячение (более 10 мин) предметных стекол и кипячение их в алюминиевой посуде приводит к помутнению стекол.

2. Полноту отмывки от щелочных средств проверяют качественной реакцией с 0,1% спиртовым раствором фенолфталеина, путем нанесения 2—3 капель на чистое стекло. Появление розового окрашивания свидетельствует о плохой промывке стекол.

Приготовление мазков

Перед приготовлением мазков стекло достают из смеси Никифорова, просушивают и протирают сухой чистой салфеткой. Чистое предметное стекло необходимо положить на ровную горизонтальную поверхность и на один его край стеклянной трубочкой или пипеткой нанести небольшую каплю цельной крови или крови с антикоагулянтом. Стекло удерживают на поверхности одной рукой, а второе предметное стекло (распределительное, шлифованное), держа его большим и указательным пальцами другой руки, ставят на первое под углом примерно 30-35° слева от капли крови. Затем, не отрывая второе стекло от поверхности первого, приводят его соприкосновение с каплей крови и, как только капля расплывется по всему ребру, быстро продвигают распределительное стекло справа на лево, пока капля не будет исчерпана. При медленном размазывании ухудшается

равномерность распределения форменных элементов в мазке. При нажимании стеклом на стекло, многие клетки повреждаются. Если угол между стеклами меньше 45° , то большее количество клеток скапливается в конце мазка. Величина капли должна быть соразмерна тому, чтобы весь мазок помещался на стекле, не доходя 1—1,5 см до его конца. Мазок должен иметь желтоватый цвет. Густо-розовые и красноватые мазки не пригодны для счета, так как лейкоциты в них деформированы, а эритроциты лежат один на другом. Если была взята слишком большая капля, то после того как она распространилась по ребру шлифованного стекла, последнее приподнимают, переносят на несколько миллиметров влево, вновь ставят на предметное стекло и отсюда начинают делать мазок.

Толщина мазка зависит от вязкости крови в образце. Поэтому для того, чтобы получить мазок нужной толщины, угол между двумя стеклами увеличивают, если вязкость крови меньше нормальной (низкий гематокрит), или уменьшают при повышенной вязкости (высокий гематокрит). Если величина нанесенной на предметное стекло капли выбрана правильно, вся кровь при движении распределительного стекла должна остаться на стекле; в том месте, куда была нанесена капля, мазок будет толще, а на противоположном крае стекла тоньше (перистый край мазка). Если капля крови слишком велика, некоторое количество крови остается не размазанным на конце стекла, и это может привести к осложнению подсчета форменных элементов. Часто такие мазки слишком толсты, что затрудняет их оценку. Кроме того, если на стекле остаются агрегаты клеток, мазок становится непригодным для исследования. Каждое стекло необходимо маркировать, делая пометку на стекле, номер или кличку животного, при необходимости и дату взятия крови со стороны толстой части мазка простым карандашом, или войлочным маркером, содержащим тушь, не удаляемую при фиксации спиртом.

Мазки рекомендуется фиксировать не позднее 24 час. после их приготовления. После высушивания неокрашенные мазки могут храниться не более 2-3 недель.

После приготовления мазка его сразу же нужно высушить на воздухе. Затем зафиксировать:

- метиловым спиртом в течение трех минут;
- смесью Никифорова – 15 мин;
- хлороформом несколько секунд;
- этиловым спиртом 96⁰ – 20-20 мин.;
- 1% раствором формалина – 1 мин.;
- ацетоном – 5 мин.

Зафиксированные препараты сушат и красят. Мазок должен иметь желтоватый цвет, отступать от края широких сторон предметного стекла на 1-3 мм и заканчиваться «метелочкой», не доходя на 1,5-2,0 см до его левого узкого края.

Окраска мазков

Оборудование: контейнеры для окраски мазков с кюветами или «рельсы» стеклянные с эмалированными лотками; пинцет; цилиндры или стаканы градуированные; палочки стеклянные; стаканчики химические; бутылки с притертыми пробками.

В строго нейтральной среде структурные элементы клеток крови в азур-эозиновой смеси окрашиваются в различные цвета: щелочные компоненты клетки (цитоплазма) — эозином в розово-красный цвет; кислые (РНК в ядрышках и цитоплазме, ДНК в ядре) — основными красителями в голубовато-синие цвета. Для приготовления красителей и смывания их с мазков используют воду нейтральной реакции. Вода кислой реакции ослабляет действие щелочного элемента красителя (азура II), вследствие чего лейкоциты плохо окрашиваются. Мазки имеют красный цвет за счет красной окраски эритроцитов и ядер лейкоцитов. Вода щелочной реакции ослабляет действие кислого компонента красителя (эозина), поэтому эритроциты

окрашиваются в серовато-синий цвет, а ядра лейкоцитов — в очень темные цвета. Для подщелачивания и доведения реакции воды до нейтральной к ней по каплям прибавляют 1%-ный раствор натрия двууглекислого. Щелочную воду нейтрализуют 1% раствором уксусной кислоты. Можно брать дистиллированную и водопроводную воду в различных сочетаниях. Реакцию воды можно определить с помощью рН-метра или гематоксилина. При использовании гематоксилина к 10 мл дистиллированной воды прибавляют 2—3 капли свежеприготовленного спиртового раствора гематоксилина. Вода нейтральной реакции окрашивается в бледно-фиолетовый цвет не ранее чем через 1 мин и не позднее чем через 5 мин. Если вода окрасилась раньше чем через 1 мин, значит она щелочная, а если позднее чем через 5 мин — кислая.

Окраска по Нохту.

Реактивы:

- основные растворы красителей — азур II, 1 г/л (1,0 г азура II растворяют в 1000 мл дистиллированной воды) и эозин калия;
 - г/л (1,0 г эозина калия растворяют в 1000 мл дистиллированной воды).
- Растворы готовы к употреблению через 14 дней со дня приготовления, хранят их в посуде темного стекла с притертой пробкой при комнатной температуре;
- фосфатный буфер или смесь Вейзе (рН 7,4—7,5): калия фосфат однозамещенный безводный (KH_2PO_4) 0,49 г, натрия фосфат двузамещенный 0,909г, дистиллированная вода 1000 мл.

Рабочий раствор готовят перед употреблением, смешивая 25 мл основного раствора азура II, 20 мл основного раствора эозина калия и 55 мл буферного раствора.

Пропорции красителей могут несколько варьировать и должны быть установлены опытным путем, при приготовлении свежей порции основных растворов красителей. Фиксированные сухие мазки помещают в контейнер, который опускают в кювету с рабочим раствором красителя и выдерживают

в нем строго определенное время, подобранное для каждой партии краски, — от 20 до 45 мин. Затем контейнер переносят в кювету с водопроводной водой. После этого мазки ставят вертикально в штатив для сушки. При отсутствии штатива-контейнера высушенные мазки можно красить на «рельсах», заливая мазок рабочим раствором красителя возможно более высоким слоем (2—3 мл на мазок).

Окраска по Паппенгейму

Реактивы:

- эозин метиленовый синий по Май-Грюнвальду (раствор). При отсутствии заводского раствора готовят 5 г/л раствора сухого красителя в метиловом спирте (х. ч.). Раствор готов к употреблению через 4 дня;

- рабочий раствор азурэозина по Нохту.

Сухие нефиксированные мазки помещают в контейнер и опускают в кювету с раствором красителя-фиксатора Май-Грюнвальда на 5 мин. Затем контейнер с мазками ополаскивают в кювете с дистиллированной водой и помещают к кювету с рабочим раствором азур-эозина по Нохту на 8—15 мин. Смывают краску, переносят контейнер в кювету с дистиллированной водой. Мазки высушивают на воздухе.

Окрашивание мазков крови по Романовскому -Гимзе

Краска Романовского-Гимза заводского приготовления содержит азур2 (смесь азур1 и метиленового синего в равных пропорциях) 3г водорастворимый желтый эозин – 0,8г, метиловый спирт – 250мл и глицерин 250мл. Рабочий раствор приготавливают из расчета 1-2 капли готовой краски на 1мл дистиллированной воды. Раствор готовят перед его применением. Щелочные компоненты (цитоплазма) красятся эозином в розово-красный цвет, кислые-(РНК в ядрышках и цитоплазме, ДНК в ядре) красятся основными красителями в голубовато-синий цвет. Фиксированные мазки в кювете заливают рабочим раствором красителя и выдерживают 15-30мин., затем мазки промывают под проточной водой и высушивают на воздухе. Продолжительность окраски зависит от качества красителя и температуры

воздуха. Чем ниже температура воздуха, тем продолжительнее окраска. Выбор оптимального времени окраски проводят всякий раз, когда начинают использовать новый флакон заводского красителя. Хорошо окрашенные мазки имеют розово-фиолетовый цвет, недоокрашенные — розовато-красноватый, перекрашенные — темно-фиолетовый.

Окраска Лейко-Диф и Дифф-квик

Для быстрой фиксации и окраски мазков крови разработаны наборы реактивов. Мазок последовательно помещается в фиксатор, базофильный и оксифильный краситель, после чего отмывается и высушивается на воздухе.

Окрашивание толстой капли крови.

На предметном стекле одну-две капли крови размазывают иглой по поверхности, равной десятикопеечной монете, слоем толщиной 0,5-0,25мм. Приготовленный мазок тщательно высушивают на воздухе или в термостате при 37°C. Для окраски препарата применяют раствор краски Романовского, которым покрывают высушенный, но не фиксированный мазок. Краска гемолизует эритроциты, через 25 минут препарат осторожно промывают водой и высушивают в вертикальном положении.

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАЗКОВ КРОВИ

Цель работы: Освоить методику подсчета количества форменных элементов крови в мазках.

Реактивы и оборудование: иммерсионное масло; диэтиловый эфир или этиловый спирт, микроскоп; осветитель для микроскопа; 11-клавишный счетчик для выведения лейкоцитарной формулы

Порядок определения .

Просматривают мазок крови под малым увеличением микроскопа (объектив x 10, окуляр x7). Подсчет лейкоцитов и оценка морфологии эритроцитов допустимы только в тонкой части мазка, где эритроциты лежат одиночно, а не сложены в «монетные столбики».

На край мазка помещают каплю иммерсионного масла, переводят на иммерсионный объектив (x90). Лейкоциты подсчитывают по зигзагу, отступя 2—3 поля зрения от верхнего края мазка, в начале в 3—5 полях зрения вдоль края мазка, затем в 3—5 полях зрения под прямым углом к середине мазка, потом в 3—5 полях зрения параллельно краю мазка и вновь под углом 90° возвращаются к краю мазка. Такое движение продолжают до тех пор, пока не будет сосчитана половина клеток, необходимая для выведения лейкограммы. Затем переходят на противоположную сторону мазка и подсчитывают вторую половину клеток. Подсчитывают только целые (неразрушенные) клетки.

В норме в крови выявляются лейкоциты следующих форм: базофилы, эозинофилы, нейтрофилы палочкоядерные и сегментоядерные, лимфоциты, моноциты. При наличии в мазках крови плазматических клеток, незрелых, бластных и трудно дифференцируемых форм лейкоцитов их также вводят в лейкограмму, описывают их морфологию.

Одновременно с выведением лейкограммы оценивают морфологию лейкоцитов. Если в анализе крови не было выявлено отклонений от нормы количественного состава форменных элементов крови, а при подсчете 100 лейкоцитов не обнаружено никаких отклонений от нормы ни в лейкограмме, ни в морфологии лейкоцитов, то можно ограничиться подсчетом 100 клеток. Если при этом были выявлены какие-либо отклонения от нормы, то необходимо подсчитывать не менее 200 лейкоцитов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕМАТОКРИТА (Ht)

На долю форменных элементов крови приходится 40-45%, а на долю плазмы - 55-60%. Это соотношение получило название **гематокритного числа** (от греч. Haima – кровь, kritos – показатель). Для характеристики гематокритного числа указывается лишь объем плотной части крови.

Гематокритное число у плода в возрасте 2,5 месяца равно в среднем 33%, а в 8 месяцев – 40-45%, что связано с наличием крупных эритроцитов. В первый день после рождения гематокритное число может достигать 55-60%, что обусловлено высоким содержанием эритроцитов у новорожденного. В дальнейшем оно снижается.

Определение гематокрита и цветового показателя должно входить в общий клинический анализ крови.

Цель работы: Освоить методику определения гематокрита и определить его величину в исследуемой крови.

Реактивы и оборудование: гематокритная трубка, представляющая собой стеклянную пипетку, разделенную на 100 равных частей; центрифуга; раствор гепарина в разведении 1:10 в 0,9% NaCl; скарифikator; вата; спирт; йод. Объект исследования – животное.

Порядок определения. Для определения гематокрита используется специальная градуированная трубочка, которую промывают раствором гепарина или щавелевокислых солей. Затем набирают в трубку капиллярную кровь до отметки «100», закрывают резиновым колпачком и центрифугируют в течение 1-1,5 часа при 1,5 тысячи оборотов в минуту. После этого отмечают, какую часть в градуированной пробирке составляют эритроциты, это и есть гематокрит.

Гематокрит (Ht) выражается в процентах к общему объему крови (тогда в анализах он обозначается в %), или в литрах на литр (л/л) — тогда он обозначается десятичной дробью. Например, 450 мл клеток в 1 литре крови = 0,45 л/л = 45 %.

Гематокритную величину определяют с помощью отсчетной шкалы, прилагаемой к центрифуге. В норме объем массы эритроцитов меньше объема плазмы. Величиной гематокрита пользуются для расчета массы эритроцитов циркулирующих в крови, и некоторых других показателей крови, например: средней процентной концентрации гемоглобина в одном эритроците и среднего объема одного эритроцита.

Практически средний объем одного эритроцита определяют по формулам:

1. Величину гематокрита в объемных процентах умножают на 10, затем делят на число миллион эритроцитов в 1 мкл крови;

2. Величину гематокрита, умноженную на 100, затем также делят на число миллионов эритроцитов в 1 мкл крови.

Определение гематокрита с помощью микроцентрифуги

Цель работы: освоить методику определения гематокрита с помощью микроцентрифуги.

Реактивы и оборудование: микроцентрифуга МЦГ-8; капиллярные трубки, имеющиеся в комплекте центрифуги (можно использовать капилляры для определения С-реактивного белка). Используют капиллярную или венозную кровь с ЭДТА или гепарином.

Порядок определения

При взятии крови непосредственно у животного для предотвращения ее свертывания капилляры обрабатывают антикоагулянтом и высушивают. Если используют кровь с антикоагулянтом, то этого не делают. Заполняют капилляры на $\frac{7}{8}$ длины кровью, закупоривают их с одного конца пластилином и помещают в ротор центрифуги так, чтобы закупоренные концы упирались в резиновую прокладку. Центрифугируют 5 мин при 8000 об/ мин. Определяют гематокритную величину по отсчетной шкале, приложенной к центрифуге.

Определение гематокрита с использованием пипеток Панченкова или градуированных пипеток

Цель работы: освоить методику определения гематокрита с использованием пипеток Панченкова или градуированных.

Реактивы и оборудование: центрифуга; пипетки Панченкова или другие градуированные микропипетки.

Порядок определения .

В обработанную антикоагулянтом (или необработанную) пипетку Панченкова с отрезанным верхним концом набирают кровь точно до верхней метки, закупоривают ее, обтягивая резиновым кольцом, и центрифугируют 30 мин при 3000 мин. Для каждой центрифуги устанавливают определенное время работы. Вычитают из 100 высоту столбика эритроцитов и получают гематокритную величину в процентах.

Подобным методом определяют гематокрит в пипетках или пробирках иного типа.

Нормальные величины гематокрита у взрослых животных указаны в таблице 2. У молодняка гематокрит ниже, чем у взрослых животных, и имеет некоторую возрастную динамику.

Таблица 2

Уровень гематокрита в крови здоровых животных, %

Вид животного	Средний показатель	Предел колебания
Крупный рогатый скот	35	26-46
Коза	30	22-38
Овца	33	27-45
Свинья	40	36-43
Лошадь	45	32-48
Собака	46	37-55
Кошка	37	30-45
Кролик	42	33-50

Клиническое значение

Гематокрит — соотношение объема плазмы и форменных элементов крови, выраженное в процентах по объему. Увеличение гематокритной величины отмечают при анемиях и кровопотерях, уменьшение — при сгущении крови. Для объективной оценки лабораторных показателей крови определение гематокрита обязательно.

Пониженный гематокрит, как и ситуация, когда гематокрит повышен очень значимы в патогенезе многих заболеваний. Определение гематокрита, а также цветового показателя крови помогает врачу в

диагностике заболеваний, в особенности, если они сопровождаются изменением концентрации и содержания гемоглобина в крови. Одно только изолированное определение уровня гемоглобина в крови дает недостаточно исчерпывающую информацию, как если бы измерить данный показатель в совокупности с уровнем гематокрита и конечно с цветовым показателем эритроцитов.

Повышение гематокрита до 55—65% наблюдается при:

- обезвоживание организма — дегидратации (неукротимая рвота, диарея, чрезмерное потоотделение);
- патологических состояниях, сопровождающихся уменьшением объема циркуляции плазмы (ОЦП) (массивные ожоги, шок, перитонит, дегидратация организма, лейкоз и др.);
- первичных и вторичных эритроцитозах (эритремия, хронические заболевания легких с дыхательной недостаточностью, пребывание на больших высотах, новообразования почек с усиленным образованием эритропоэтинов, поликистоз почек и гидронефрозе почек др.).

Следует иметь в виду, что повышение гематокритного числа вызывает повышение вязкости крови. Если гематокрит достигает уровня 60—70%, то его вязкость в 10 раз превысит вязкость воды. Это значит, что движение крови в сосудах будет сильно затруднено и замедленно, сильно увеличиться риск образования тромбов.

Снижение гематокрита до 20—25% наблюдается при:

- гипергидратации организма (введение в сосудистое русло больших количеств жидкости, перед схождением отеков и т. п.);
- состояниях, сопровождающихся увеличением ОЦП (вторая половина беременности, гиперпротеинемия и др.);
- анемиях.

Нежелательно сдавать анализ на гематокрит после даже небольших кровопотерь, так как возможен заниженный результат (не всегда из-за

снижения количества эритроцитов, а из-за компенсаторного увеличения объема плазмы).

В современных гематологических счетчиках и анализаторах показатель гематокрита чаще всего рассчитывается на основании результатов определения количества эритроцитов (RBC) и их среднего объема (MCV).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ОСЕДАНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ (СОЭ) МИКРОМЕТОДОМ ПАНЧЕНКОВА

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

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

Цель работы: Освоить методику определения скорости оседания эритроцитов и определить его величину в исследуемой крови.

Реактивы и оборудование: 5% раствор трёхзамещённого цитрата натрия; аппарат Панченкова; химически чистые пробирки Флоринского или часовые стёкла, капилляры.

Порядок определения. Химически чистый капилляр промывают 5% раствором цитрата натрия, который затем набирают до метки «Р» и выдувают в пробирку или на часовое стекло. В этот же капилляр дважды набирают кровь из сосуда уха животного до метки «К». Из капилляра кровь выдувают в каплю реактива, перемешивают и набирают полученную смесь до метки «0». Зажав пальцем, верхнее отверстие капилляра, вытирают кровь с его кончика и ставят в аппарат Панченкова в строго вертикальном положении. При косом положении капилляра оседание эритроцитов ускоряется. СОЭ учитывают через 1 час по столбику светло-жёлтой прозрачной плазмы (табл.3). Отмечают его высоту, отсчитывая количество миллиметров сверху вниз. У лошади скорость оседания эритроцитов отмечают каждые 15 мин в течение часа.

Таблица 3

СОЭ в крови здоровых животных, мм/ч

Вид животного	Предел колебания
Крупный рогатый скот	0,5-1,5
Овца	0,5-1
Свиньи	2-9
Лошадь	40-70
Собака	2-6
Кошка	9
Кролик	1-2
Курица	1,5-3,0

При снижении температуры помещения (ниже +20°C) СОЭ замедляется, при повышении – увеличивается.

Наибольшее влияние на величину СОЭ оказывает содержание фибриногена: при увеличении его концентрации более 4 г/л СОЭ повышается. СОЭ резко увеличивается во время беременности, когда содержание фибриногена в плазме значительно возрастает.

Клиническое значение. Уменьшение и увеличение СОЭ, не будучи специфичными для определённых заболеваний, являются в то же время наиболее ранними сигналами либо начинающегося патологического процесса, либо неполного его завершения. СОЭ позволяет также судить о силе и глубине патологического процесса.

Увеличение СОЭ отмечается:

- при анемиях;
- многих острых инфекционных болезнях;
- злокачественных опухолях;
- гнойных воспалительных процессах;
- гемоспориридозах и других заболеваниях, сопровождающихся увеличением в крови эритроцитов, гемоглобина, солей, вязкости плазмы, увеличением щелочного резерва, холестерина, фибриногена, глобулинов.

Уменьшение СОЭ наблюдается:

- при утомлении;
- сильном потении;
- полиурии;
- поносах;
- гиперкальциемии;
- инфекционном энцефаломиелите;
- механической и паренхиматозной желтухах;
- столбняке;
- гастроэнтерите;
- коликах и др. заболеваниях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА

Определение количества гемоглобина по Сали

Количество гемоглобина определяют колориметрическими методами, т.е. сравнивая цвет исследуемого раствора с цветом стандартов, концентрация которых известна.

Цель работы: Освоить методику определения гемоглобина и определить его величину в исследуемой крови.

Реактивы и оборудование: 0,1 н. раствор соляной кислоты; дистиллированная вода; гемометр Салли.

Порядок определения. В градуированную пробирку гемометра глазной пипеткой наливают 0,1 н раствора соляной кислоты до нижней круговой метки. В капиллярную пипетку Салли набирают кровь строго до метки (0,02 мл). Очистив ватой, кончик капилляра от крови, опускают его на дно пробирки, осторожно выдувают кровь, чтобы верхний слой раствора остался прозрачным. Капилляр промывают 2-3 раза прозрачным верхним слоем жидкости.

Кровь в пробирке тщательно перемешивают с соляной кислотой и оставляют на 5 мин. Затем в пробирку вносят по каплям дистиллированную воду и содержимое тщательно размешивают стеклянной палочкой. Разведение продолжают до полного совпадения цвета жидкости в пробирке с цветом стандарта.

Показания гемометра снимают по нижнему мениску жидкости (цена деления градуированной пробирки 0,2 г%). Полученная цифра указывает концентрацию гемоглобина в грамм-процентах (г%). Для того чтобы выразить концентрацию гемоглобина в единицах Международной системы (СИ), т.е. в граммах на литр крови (г/л), нужно количество гемоглобина в г% умножить на 10.

Определение гемоглобина на фотоэлектроколориметре

Колориметрический визуальный метод определения всегда субъективен и поэтому неточен. Для получения точных объективных данных о светопоглощении применяют приборы, снабжённые фотоэлементами: ФЭК, спектрофотометры и др.

Цель работы: Освоить методику определения гемоглобина на фотоэлектроколориметре.

Реактивы и оборудование: трансформирующий раствор: 0,5 мл ацетонциангидрина, 0,2 г железосинеродистого калия (красная кровяная соль), 1,0 г гидрокарбоната натрия, дистиллированная вода до 1л (реактив стоек, хранится в посуде из тёмного стекла); стандартный раствор гемиглобинцианида; фотоэлектроколориметр.

Порядок определения. К 5 мл трансформирующего раствора добавляют 0,02 мл (капилляр Сали) крови. При этом кровь разводят в 251 раз. Содержимое перемешивают и оставляют в пробирках на 10 мин при комнатной температуре. Фотометрируют против дистиллированной воды при зелёном светофильтре (длина волны 500-560 нм) в кювете с толщиной слоя 10 мм.

Стандартный раствор фотометрируют при тех же условиях, что и опытную пробу.

Концентрацию гемоглобина в крови рассчитывают по формуле:

$$Hb = \frac{E_{оп}}{E_{ст}} \times C \times K \times 0,01,$$

где $E_{оп}$ – экстинция опытной пробы; $E_{ст}$ – экстинция стандартного раствора; C – концентрация гемиглобин-цианида в стандартном растворе, мг%; K – коэффициент разведения крови (251); 0,01 – коэффициент пересчёта в г/л.

По биохимической классификации гемоглобин относится к хромопротеидам, то есть к сложным цветным белкам, состоящим из белковой и небелковой группы. Молекулярная масса гемоглобина 66000 - 68000.

Гемоглобин составляет основную массу - 90% сухого вещества эритроцитов. Это сложный белок хромопротеид, состоящий из белковой части глобина - 96% и небелковой - гема -4%. Глобин состоит из двух пар пептидных цепей α - и β , каждая из которых состоит из 141-146 аминокислот. Видовые различия гемоглобина зависят от строения глобина. В молекуле гемоглобина - 4 молекулы гема. Гем состоит из 4 пирольных колец, которые окружают один атом двухвалентного железа и связаны между собой метиновыми мостиками. Содержание атома железа в молекуле гема обладает способностью присоединять и отдавать молекулярный кислород. Помимо ведущей роли в процессе дыхания, гемоглобин играет существенную роль в сохранении кислотно-щелочного равновесия. Молекула гемоглобина скомпонована в шаровидный клубок размером $65 \times 55 \times 50 \text{ \AA}$ (ангстрем). В одном эритроците человека содержится около 460 млн. молекул гемоглобина. Гем у всех животных, имеющих красную кровь, имеет одинаковое строение. Он вступает в соединение с соляной кислотой и образует специфические кристаллы гемина бурого цвета, позволяющие отличить раствор гемоглобина от сходных по внешнему виду растворов.

Гемоглобин синтезируется в рибосомах эритробластов, когда они находятся еще в красном костном мозгу. Образование гемоглобина происходит при участии РНК, поэтому между содержанием гемоглобина и РНК в эритроците имеется прямая зависимость. Следует отметить, что синтез гемоглобина в организме происходит значительно быстрее, чем образование любого другого белка, только при голодании отмечается замедление этого синтеза.

Содержание гемоглобина в крови здоровых животных отражено в таблице 4.

Клиническое значение. Гемоглобин - дыхательный пигмент крови, участвующий в транспорте кислорода и углекислоты, выполняющий также буферные функции (поддержание pH).

Содержание гемоглобина в крови здоровых животных, г/л

Вид животного	Средний показатель	Предел колебания
Крупный рогатый скот	110	95-126
Овца	116	92-136
Свинья	102	87-117
Лошадь	136	85-187
Собака	136	110-162
Кошка	110	80-141
Кролик	117	87-148
Курица	127	87-168

Физиологические формы гемоглобина:

1) В эритроцитах циркулирующей крови гемоглобин находится в состоянии обратимой постоянной связи. При прохождении крови в лёгких в условиях высокого парциального давления (напряжения) кислорода, гемоглобин, соединяясь с кислородом, превращается в оксигемоглобин (HbO_2). Он придает артериальной крови алый цвет (кислород связывается с атомом железа посредством координационной связи). В тканях, где парциальное давление кислорода низко, происходит диссоциация оксигемоглобина на гемоглобин и кислород;

2) восстановленный гемоглобин или дезоксигемоглобин (HbH) - гемоглобин, отдавший кислород тканям;

3) карбоксигемоглобин (HbCO_2) - соединение гемоглобина с углекислым газом. Он образуется, преимущественно, в венозной крови, которая вследствие этого приобретает темно-вишневый цвет. Образующийся в лёгких оксигемоглобин в силу своих кислотных свойств вступает в связь со щелочными валентностями, вытесняя углекислоту. Благодаря этому облегчается выделение углекислоты из лёгких.

Патологические формы гемоглобина:

1) карбгемоглобин (HbCO) - образуется при отравлении угарным газом (CO), при этом гемоглобин теряет способность присоединять кислород;

2) метгемоглобин - образуется под действием нитритов, нитратов и некоторых лекарственных препаратов (происходит переход двухвалентного железа в трехвалентное с образованием метгемоглобина- HbMet).

Повышение уровня гемоглобина (плейохромия) - бывает физиологической и патологической.

Физиологическая плейохромия носит временный характер и представляет собой нормальную реакцию организма на повышение требований к тканевому газообмену, возникающую в определённых условиях:

- при обильном потоотделении вследствие сгущения крови;
- при мышечном перенапряжении;
- у животных в горной и тропической местностях.

Патологическая плейохромия характеризуется значительным и стойким отклонением содержания гемоглобина от нормы. Она наблюдается при:

- заболеваниях, сопровождающихся увеличением количества эритроцитов (первичные и вторичные эритроцитозы);
- сгущение крови (длительная рвота, профузный понос, образование экссудатов и транссудатов, отравлениях, коликах и других заболеваниях с явлениями гипоксии);
- врожденных пороках сердца;
- сердечная – легочной недостаточности.

Уменьшение содержания гемоглобина (олигохромия) в крови – наблюдается значительно чаще, чем плейохромия.

Физиологической она считается у плотоядных животных и у телят-молочников через 2-3 часа после дачи пищи, особенно после обильного приёма жидкого корма, вследствие возникновения алиментарной гидремии.

Патологическая олигохромия возникает при анемиях самого различного происхождения. Причиной анемии может быть нехватка железа,

необходимого для синтеза гемоглобина, или витаминов, участвующих в образовании эритроцитов (преимущественно В12, фолиевая кислота), а также нарушение образования клеток крови при специфических гематологических заболеваниях. Анемия может возникать вторично при разного рода хронических соматических заболеваниях.

При снижении концентрации гемоглобина или его качественных изменениях развивается гипоксия тканей. Прекращение понижения или постепенное повышение его содержания является хорошим прогностическим признаком.

Показатели эритроциты и гемоглобин между собой тесно связаны. Они отражают состояние баланса между пролиферативной активностью эритроцитов в костном мозге и скоростью их гибели в периферической крови.

Количество гемоглобина свидетельствует о скорости биосинтеза данного хромопротеида в созревающих эритроцитах. Уменьшение гемоглобина может изменяться при анемиях различного генеза и часто сопровождается эритроцитопенией, при гидремии. Увеличение количества гемоглобина может наблюдаться при эритроцитозах.

Незначительные изменения количества гемоглобина наблюдаются и при физиологическом состоянии организма, например, неправильное положение тела во время взятия крови, колебания водного баланса на физиологическом уровне, переутомление организма.

МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРОВИ

Для подсчета эритроцитов и лейкоцитов крови, их дифференцировки можно пользоваться поточными автоматическими гематологическими цитометрами. Эти приборы позволяют определять гематокрит; количество эритроцитов; рассчитать среднее содержание гемоглобина в эритроците, т. е. отношение концентрации гемоглобина (г/л) к числу эритроцитов крови (МСН); среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците, т. е. отношение

концентрации гемоглобина (г/л) к величине гематокрита (л/л) (МСНС); выделить различные группы клеточных элементов, отличающихся не только по размеру, но и по зернистости.

Анализаторы типа БТКБ позволяют подсчитать общее количество лейкоцитов и построить их гистограмму, выделить лимфоциты, моноциты, эозинофилы, гранулоциты, а также нетипичные клетки (ядерные эритроциты, сгустки тромбоцитов, лимфобластов, гранулоцитов).

Различные фирмы выпускают автоматические гематологические анализаторы: H6000, H1 и H2 (фирма «Technicon»), STKS («Coulter»), NE 8000 («TOA»), «Sysmex», Cell-Dyn 3000 («Abbott»), Cudas Argoss 5Diff («Roche») и др.

Однако подсчет форменных элементов крови в камере Горяева и на сегодняшний день не утратил своей актуальности.

УСТРОЙСТВО КАМЕРЫ ГОРЯЕВА

В настоящее время большинство показателей выполняют на автоматических гематологических анализаторах, которые в состоянии одновременно определять от 5 до 24 параметров, но до сих пор определение этих показателей традиционными методами не потеряло актуальности. Из них основными являются количество лейкоцитов, концентрация гемоглобина, гематокрит, количество эритроцитов, средний объём эритроцита, средняя концентрация гемоглобина в эритроците, среднее содержание гемоглобина в эритроците, полуширина распределения эритроцитов по размерам, количество тромбоцитов, средний объём тромбоцита.

Определить количество лейкоцитов, эритроцитов, тромбоцитов в крови можно методом подсчета в камере Горяева.

Камера Горяева — приспособление, предназначенное для подсчета количества клеток в заданном объёме жидкости. Обычно ее используют для определения числа форменных элементов в образце крови.

Камеры состоят из толстого предметного стекла с нанесенными на них поперечными прорезями, образующими три поперечно расположенные плоские площадки. Средняя площадка продольной прорезью разделена на две, каждая, из которых имеет выгравированную на ней сетку. По обе стороны средней площадки в камере Горяева расположены две других на 0,1 мм (в камере Фукс-Розенталя на 0,2 мм) выше средней. Плоскости этих площадок служат для притирания покровного стекла до появления так называемых Ньютоновских колец. После притирания покровного стекла создается камера, закрытая с двух боковых сторон, а с двух других остаются щели (капиллярные пространства), через которые и заполняют камеру.

Принцип сеток один и тот же. Они разделены на то или иное число квадратов, различным образом сгруппированных.

Постоянной величиной во всех сетках является так называемый «малый квадрат», сторона которого равна $1/20$ мм, следовательно, его площадь равна $1/400$ мм². Внешне представляет собой прозрачный параллелепипед (предметное стекло), с бороздами и нанесённой микроскопической сеткой.

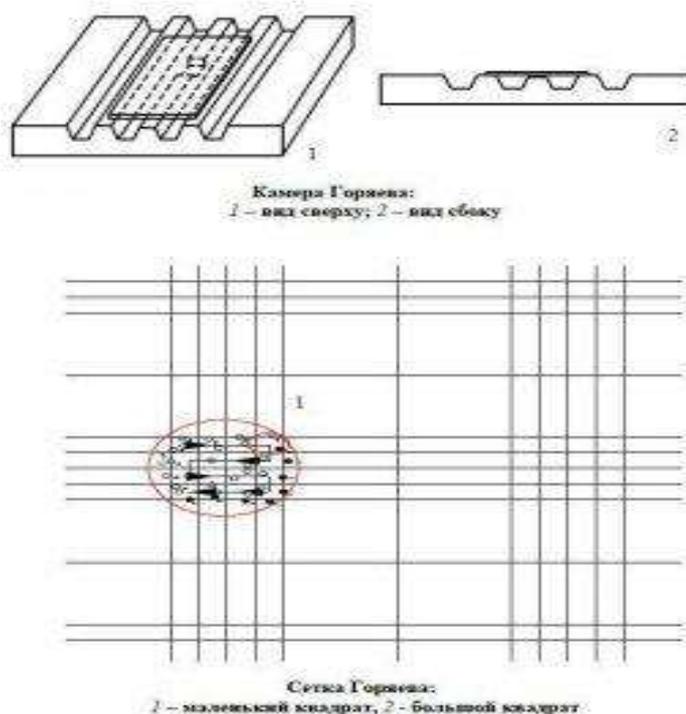


Рис.1 Сетка Горяева

Размеры малых делений клетки сетки составляют 0,05 мм, а больших — 0,2 мм. При этом сетка нанесена на площадку (участок стекла), расположенный на 0,1 мм ниже, чем две соседние площадки. Эти площадки служат для притирания покровного стекла. В результате объем жидкости над квадратом, образованным большими делениями сетки Горяева, составляет 0,004 микролитра.

Камера Горяева также используется для подсчёта количества клеток в культуре.

Формула для подсчета кровяных телец в камере Горяева -

$$X = \frac{a \cdot 400 \cdot v}{b}$$

где:

X — искомое количество форменных элементов в 1 мм³;

a — сумма форменных элементов, сосчитанных в определенном объеме камеры;

b — количество сосчитанных малых квадратов; v — разведение крови.

Правила дезинфекции камеры Горяева

После использования камеру Горяева необходимо продезинфицировать 3% раствором перекиси водорода, промыть дистиллированной водой и вытереть мягкой салфеткой. Хранить камеру следует в сухом месте.

ПОДСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ЭРИТРОЦИТОВ В КАМЕРЕ ГОРЯЕВА И ИХ КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Эритроциты (красные кровяные тельца, red blood cells, RBC).

Эритроциты являются самыми многочисленными форменными элементами крови. Эритроциты — мелкие клетки крови, содержащие гемоглобин, благодаря чему способны переносить кислород от легких к

тканям и углекислый газ от тканей к легким. Зрелые эритроциты млекопитающих — безъядерные клетки, имеют форму двояковогнутого диска. В нефиксированном (нативном) препарате эритроциты выглядят как желтоватые округлые образования. В фиксированных и окрашенных мазках крови они обнаруживаются как круглые клетки розового или серовато-розового цвета с просветлением в центре. Средний срок жизни эритроцитов - 120 дней. У новорожденных размер эритроцитов несколько больше, чем у взрослых.

Цель работы: Освоить методику подсчета количества эритроцитов в счетной камере Горяева.

Реактивы и оборудование: 0,9% раствор хлорида натрия (1) или раствор Гайема (2), в который входят (в г) ртуть хлористая – 0,5; натрия сульфат – 5,0; натрия хлорид – 1,0; вода дистиллированная до 200 мл; счётная камера Горяева; микроскоп; меланжер (пробирка Флоринского или пенициллиновый флакончик).

Порядок определения. Исследуемую кровь разводят в 200 раз. Разведение в 100 раз применяют в случае, когда количество форменных элементов значительно меньше нормы.

В эритроцитарный меланжер набирают кровь до метки 0,5 и разбавляют раствором 1-го или 2-го реактива, наполняя меланжер до метки 101. Заполненный меланжер энергично встряхивают в течение 20-30 секунд для равномерного распределения в жидкости.

Кровь можно разбавить и без меланжера. Для этого в пробирку Флоринского или пенициллиновый флакончик отмеряют 4 мл одного из реактивов. В пипетку от гемометра Сали набирают 0,02 мл крови. Кончик пипетки вытирают, кровь выдувают на дно пробирки. Пипетку тщательно промывают верхним слоем жидкости. Содержимое пробирки перемешивают и оставляют до момента счёта. Перед заполнением счётной камеры пробирку несколько раз тщательно встряхивают. Пастеровской пипеткой или стеклянной палочкой отбирают каплю разведённой крови и заполняют

камеру. Рекомендуется считать эритроциты в ближайшие 2-3 ч после взятия крови, при гемолитических и В₁₂-дефицитных анемиях – сразу после взятия, т.к. эритроциты могут разрушиться. Недопустимо оставлять взятую кровь с несосчитанными эритроцитами на следующий день, так как эритроциты частично разрушаются.

Перед заполнением камеры к её поверхности тщательно притирают покровное стекло. Прикладывают его к краю счётной камеры, прижимают большими пальцами и двигают в поперечном направлении до появления по краям стекла радужных разводов (это свидетельствует о требуемой высоте камеры - 0,01 мм).

Предварительно встряхнув несколько раз меланжер, выдувают на ватку 3-5 капель смеси и заполняют камеру. Разведённую кровь наносят на среднюю пластинку камеры, прикоснувшись кончиком меланжера с каплей жидкости к краю покровного стекла и следя за тем, чтобы она равномерно, без пузырьков воздуха заполнила всю поверхность камеры с сеткой, не затекая в бороздки. Заполненную камеру оставляют в горизонтальном положении в течение 1 мин для оседания эритроцитов.

Для подсчёта эритроцитов камеру помещают на столик микроскопа и с помощью малого увеличения (об. 8, ок. 10 или 15) находят левый верхний край сетки (рекомендуется опустить конденсор, прикрыть диафрагму). Счёт производят в пяти больших квадратах, каждый из которых разделён на 16 малых, т.е. в 80 малых квадратах. Клетки считают в квадратах сетки, расположенных по диагонали. Для того, чтобы одно и те же эритроциты, находящиеся на линиях, не попали в счёт дважды, принято в каждом квадрате, кроме элементов, лежащих внутри него, считать только расположенные на определённых линиях (например, на левой и верхней).

Расчет количества эритроцитов в 1 мкл крови производят, исходя из разведения крови (200), числа сосчитанных квадратов (80) и объема 1 малого квадрата (1/4000мкл), по следующей формуле:

$$X=(a \times 4000 \times 200)/80$$

где: X — число эритроцитов в 1 мкл крови;

- a — число сосчитанных эритроцитов.

В результате сокращения $X=a \times 10000$.

Подсчет эритроцитов в счетной камере является трудоемким и недостаточно точным методом.

Содержание эритроцитов в крови здоровых животных отражено в таблице 5.

Таблица 5

Содержание эритроцитов в крови здоровых животных, $10^{12}/л$

Вид животного	Средний показатель	Предел колебания	Диаметр эритроцитов (мкм)
Крупный рогатый скот	6,5	5,5-8,0	5,1
Овца	10,0	8,0-16,0	4,3
Свинья	6,5	6,0-8,0	5,0-6,0
Лошадь верховая	10,0	8,0-12,0	5,6
Лошадь рысистая	8,6	7,0-11,0	5,6
Лошадь рабочая	6,5	5,5-8,0	5,6
Собака	7,2	5,5-9,8	5,6
Кошка	7,4	6,6-9,4	5,8
Кролик	5,2	4,5-6,5	6,0
Курица	3,5	3,0-4,0	12,0
	3,5	3,0-4,0	7,5

Основными источниками ошибок при подсчете эритроцитов являются:

- неточное взятие крови в пипетку;
- образование сгустка, поглощающего часть клеток и занижающего результат исследования;
- недостаточное перемешивание содержимого пробирки перед заполнением камеры.

Неправильная подготовка камеры:

- недостаточное притирание покровных стекол;
- неравномерное заполнение камеры;
- образование пузырьков воздуха;

- подсчет эритроцитов сразу после заполнения камеры, не выжидая 1 минуту;
- подсчет меньшего, чем требуется по методике, количества квадратов;
- плохо вымытые камера, пробирки, пипетка, капилляр для взятия крови;
- недостаточно просушенные пробирки и пипетки;
- использование недоброкачественного разводящего раствора.

Для выражения количества эритроцитов в 1л в единицах Международной системы (СИ) нужно их число в миллионах умножить на 10¹². Например, 4,27 x10¹²/л.

Следует иметь в виду, что число красных клеток может колебаться в зависимости от пола, возраста и конституции животного, от высоты местности, времени года и других факторов

Эритроциты обладают физиологическими и физико-химическими свойствами:

1. *Пластичностью.* Пластичность во многом обусловлена строением цитоскелета, в котором очень важным является соотношение фосфолипидов и холестерина. Это соотношение выражается в виде липолитического коэффициента и в норме составляет 0,9. Пластичность эритроцитов – способность к обратимой деформации при прохождении через узкие капилляры и микропоры. При снижении количества холестерина в мембране наблюдается снижение стойкости эритроцитов.

2. *Осмотической стойкостью* (эритроциты способны противостоять разрушительному осмотическому воздействию).

3. *Наличием креаторных связей,* благодаря которым эритроциты являются идеальными переносчиками, транспортируют различные вещества и осуществляют межклеточное взаимодействие.

4. *Способностью к оседанию.* Способность к оседанию обусловлена удельным весом клеток, который выше, чем все плазмы крови. В норме она

невысока и связана с наличием белков альбуминовой фракции, которые способны удерживать гидратную оболочку эритроцитов. Глобулины являются лиофобными коллоидами, которые препятствуют образованию гидратной оболочки. Соотношение альбуминовой и глобулиновой фракций крови (белковый коэффициент) определяет скорость оседания эритроцитов. В норме он составляет 1,5–1,7.

5. *Агрегацией.* Агрегация наблюдается при уменьшении скорости кровотока и увеличении вязкости. При быстрой агрегации образуются «монетные столбики» – ложные агрегаты, которые распадаются на полноценные клетки с сохраненной мембраной и внутриклеточной структурой. При длительном нарушении кровотока появляются истинные агрегаты, вызывающие образование микротромба.

6. *Деструкцией.* Деструкция (разрушение эритроцитов) происходит через 120 дней в результате физиологического старения. Оно характеризуется:

- постепенным уменьшением содержания липидов и воды в мембране;
- увеличенным выходом ионов К и Na;
- преобладанием метаболических сдвигов;
- ухудшением способности к восстановлению метгемоглобина в гемоглобин;

- понижением осмотической стойкости, приводящей к гемолизу.

Стареющие эритроциты за счет понижения способности к деформации застревают в миллиметровых фильтрах селезенки, где поглощаются фагоцитами. Около 10 % клеток подвергаются разрушению в сосудистом русле.

Функции эритроцитов

Эритроцитам присущи три основные функции: транспортная, защитная и регуляторная.

Транспортная функция эритроцитов заключается в том, что они транспортируют O₂ и CO₂, аминокислоты, полипептиды, белки, углеводы,

ферменты, гормоны, жиры, холестерин, различные биологически активные соединения (простагландины, лейкотриены и др.), микроэлементы и др.

Защитная функция эритроцитов заключается в том, что они играют существенную роль в специфическом и неспецифическом иммунитете и принимают участие в сосудисто-тромбоцитарном гемостазе, свертывании крови и фибринолизе.

Регуляторную функцию эритроциты осуществляют благодаря содержащемуся в них гемоглобину; регулируют рН крови, ионный состав плазмы и водный обмен. Проникая в артериальный конец капилляра, эритроцит отдает воду и растворенный в ней O₂ и уменьшается в объеме, а переходя в венозный конец капилляра, забирает воду, CO₂ и продукты обмена, поступающие из тканей и увеличивается в объеме.

Благодаря эритроцитам во многом сохраняется относительное постоянство состава плазмы. Это касается не только солей. В случае увеличения концентрации в плазме белков эритроциты их активно адсорбируют. Если же содержание белков в крови уменьшается, то эритроциты отдают их в плазму.

Эритроциты являются носителями глюкозы и гепарина, обладающего выраженным противосвертывающим действием. Эти соединения при увеличении их концентрации в крови проникают через мембрану внутрь эритроцита, а при снижении — вновь поступают в плазму.

Эритроциты являются регуляторами эритропоэза, так как в их составе содержатся эритропоэтические факторы, поступающие при разрушении эритроцитов в костный мозг и способствующие образованию эритроцитов. В случае разрушения эритроцитов из освобождающегося гемоглобина образуется билирубин, являющийся одной из составных частей желчи.

Клиническое значение. Эритроциты составляют основную массу форменных элементов крови, важнейшей функцией которых является участие в тканевом дыхании, на основе чего осуществляются энергетические процессы в организме. Эритроциты участвуют в доставке питательных

веществ (аминокислот, липидов) к клеткам, тканям, выполняя питательную функцию. Защитная функция осуществляется за счёт их способности связывать токсины и переносить на своей поверхности антитела. В эритроцитах содержатся различные ферменты, катализирующие жизненно важные биохимические процессы организма. Эритроциты участвуют в гемостазе, гликолизе, поддержании буферных систем крови, регуляции ионного равновесия плазмы.

При различных патологиях появляются патологические формы эритроцитов.

Патологические формы эритроцитов

Патология крови, связанная с патологией эритроцитов, называется анемией. Ключевым моментом диагностики анемий является оценка морфологии эритроцитов. В патологических условиях могут изменяться форма и размер эритроцитов, количества ретикулоцитов в периферической крови.

Форма эритроцитов может изменяться, в частности, от химического состава гемоглобина. При насыщении гемоглобина углекислотой эритроциты несколько набухают и округляются. В медицине известно своеобразное заболевание, сопровождающееся превращением гемоглобина в особую его форму (S-гемоглобин). При этом растворимость гемоглобина уменьшается в 100 раз, естественно, меняется и его коллоидальное состояние, частицы S-гемоглобина сливаются в веретенообразные тактоиды, а сами эритроциты становятся серповидными.

Появление эритроцитов разного размера (анизоцитоз)

Полихромазия – наличие полихроматофильных эритроцитов более 1 % от всех эритроцитов. Полихроматофильный эритроцит – большая клетка серо-фиолетового цвета матовая, в ней отсутствует бледность в центре. В норме такие клетки называют ретикулоцитами, так как при суправитальном

окрашивании в цитоплазме проявляется сетчатый узор. Увеличение их количества обусловлено анемией.

Микроцитоз - преобладание в мазках крови эритроцитов с диаметром малой величины (5,0-6,5 мкм). Они гипохромны, усилена бледность в центре. Этот признак наблюдается при наследственном сфероцитозе, железодефицитной анемии свинцовой интоксикации и др. Клетки имеют уменьшенный объем и количество гемоглобина. Основным фактором является нарушение синтеза гемоглобина, что характерно для железодефицитной анемии, а также некоторых гемоглобинопатий.

Сфероцитоз – присутствие эритроцитов (микро-, макро- или нормоцитарные), у которых в центре отсутствует бледная область. Этот признак выявляется при наследственном сфероцитозе или любой гемолитической анемии, при которой мембрана эритроцита удаляется селезенкой или клетками МНФС, а количество гемоглобина остается постоянным.

Мегалоцитоз - появление в мазках крови эритроцитов, диаметром 11,0-12,0 мкм, гиперхромных, без просветления в центре, овальной формы. Обнаруживаются при анемии, обусловленной дефицитом витамина В₁₂ и фолиевой кислоты, при анемии беременных, глистной инвазии, дизэритропоэзах.

Макроцитоз — состояние, когда 50% и более от общего числа эритроцитов составляют макроциты - это присутствие в мазках крови эритроцитов (круглых или овальных) диаметром > 8,5 мкм. Этот признак выявляется у новорожденных как физиологическая особенность, а также у взрослых при усиленном эритропоэзе, при макроцитарных (мегалобластных) анемиях, заболеваниях печени, дефиците витамина В₁₂ и фолиевой кислоты, при анемии беременных, у больных со злокачественными опухолями, при понижении функции щитовидной

железы, миелопролиферативных заболеваниях. При мегалобластных анемиях нарушение синтеза ДНК при нормальном синтезе РНК и белка приводит к задержке клеточного деления и количество гемоглобина в клетке увеличивается.

Эхиноцитоз – присутствие клеток, напоминающих по форме ежа. Это может быть артефактом при неправильно сделанном мазке (сильное надавливание шлифовальным стеклом на предметное при приготовлении мазка).

Изменения формы эритроцитов разной степени выраженности (пойкилоцитоз)

Шизоциты - мелкие фрагменты эритроцитов, либо дегенеративно измененные клетки неправильной формы диаметром 2,0-3,0 мкм. Они встречаются в мазках крови при микроангиопатической гемолитической анемии, васкулитах, гломерулонефритах, уремии, гемоглобинопатиях, миелодиспластическом синдроме и других заболеваниях.

Овалоциты (эллиптоциты) - в норме составляют менее 1% всех клеток. При различных анемиях (железодефицитная и особенно мегалобластная анемии) их содержание доходит до 10%.

Акантоциты - поверхность этих клеток имеет зубчатую форму, в отличие от эритроцитов, не способны к возврату в нормальное состояние при помещении в свежую плазму. Объем, площадь поверхности, содержание гемоглобина обычно нормальны. Акантоциты встречаются при тяжелых формах гемолитической анемии, болезнях печени. Незначительное число акантоцитов можно наблюдать у пациентов после спленэктомии.

Изменение окраски эритроцитов

Гипохромия - уменьшение интенсивности окрашивания эритроцитов вследствие низкого насыщения гемоглобином. Площадь пэллора в эритроците увеличена. Гипохромия обычно сочетается с микроцитозом.

Встречается при анемиях, связанных с дефицитом железа, а также при гемолитических анемиях и т.д.

Гиперхромия увеличение интенсивности окрашивания эритроцитов. Насыщение гемоглобином таких эритроцитов повышено. Пэллор уменьшен или отсутствует. Гиперхромия может сочетаться как с макро-, так и с микроцитозом. Эти изменения эритроцитов характерны для В₁₂-фолиево-дефицитной анемии, наследственного сфероцитоза.

Полихромазия – наличие полихроматофильных эритроцитов более 1 % от всех эритроцитов. Полихроматофильный эритроцит – большая клетка серо-фиолетового цвета матовая, в ней отсутствует бледность в центре. В норме такие клетки называют ретикулоцитами, так как при суправитальном окрашивании в цитоплазме проявляется сетчатый узор. Увеличение их количества обусловлено анемией.

Полихроматофильные эритроциты способны воспринимать как кислые, так и основные красители, за счет чего имеют окраску от серо-розовой до сине-фиолетовой. Причина полихроматофилии - в одновременном присутствии слабощелочной субстанции — гемоглобина и кислой, характерной для незрелых эритроидных клеток. Встречается в ситуациях, связанных с интенсивным выходом в периферическую кровь молодых форм эритроцитов (постгеморрагические, гемолитические анемии). Говорит о хорошей регенеративной способности костного мозга.

Включения в эритроцитах

Ретикулофиламентозная субстанция.

Синие зернистые сетевидные включения, которые выявляются при окрашивании основными красителями (бриллиант-крезиловой синью, метиленовым синим) в молодых формах эритроцитов. Представляет собой остатки агрегаций рибосом и митохондрий.

По Гейльмейеру различают 5 групп ретикулоцитов в соответствии со степенью их созревания:

0 — ядродержащие эритроидные клетки с густой ретикулоцитарной сетью вокруг пикнотического ядра;

1 — эритроциты с густой ретикулоцитарной сетью, больше в центре клетки;

2 — эритроциты с менее густой ретикулоцитарной сетью, распространяющейся по всей цитоплазме;

3 — эритроциты с обрывками ретикулоцитарной сети, локализующимися в разных участках цитоплазмы;

4 — эритроциты с единичными ретикулоцитарными зернами или нитями в разных участках цитоплазмы.

У взрослого животного содержится от 2 до 10 ретикулоцитов на 1000 эритроцитов, при этом в норме встречаются только клетки 3-й и 4-й групп.

Ретикулоцитоз со сдвигом влево (в мазке появляются ретикулоциты 0-й, 1-й и 2-й групп) имеет место при усиленной регенерации эритроидного ростка и является важным показателем регенераторной способности костного мозга. Высокий ретикулоцитоз наблюдается при гемолитических анемиях, при успешном лечении В12 -фолиево-дефицитной анемии.

Тельца Жолли. Мелкие темно-фиолетовые включения (1, реже 2), представляющие собой остатки ядерного вещества. Тельца Жолли

встречаются при мегалобластных анемиях, гемолизе, состоянии после спленэктомии.

Кольца Кебота (Кабо). Бледно-розовые включения в эритроцитах в виде колец, эллипсов или восьмерок. Предполагают, что это остатки ядерной мембраны. Часто встречаются вместе с базофильной пунктацией в эритроцитах. Данные включения могут появляться при тяжелых формах анемии с нарушением дифференцировки клеток эритроидного ряда, в частности, при В₁₂-дефицитной анемии.

Изменения формы эритроцитов разной степени выраженности (пойкилоцитоз)- овалциты, шизоциты, сфероциты, мишеневидные эритроциты и пр., наличие включений, присутствие ядерных форм эритроцитов - нормоцитов, изменения окраски могут наблюдаться практически при любой анемии, вне зависимости от ее генеза. В норме незначительная часть клеток также может иметь форму, которая отличается от дисковидной. При пойкилоцитозе наблюдаются эритроциты разного типа: вытянутые, грушевидные, звездчатые, отростчатые, в виде ракеток, песочных часов и т. д.

Количество форменных элементов крови изменчиво (их увеличение называется эритроцитозом, а при уменьшение – эритропенией).

Снижение количества эритроцитов в крови является одним из основных лабораторных критериев анемии. Однако степень эритроцитопении (олигоцитемии) широко варьирует при разных формах малокровия. Так, при железодефицитной анемии на почве хронических кровопотерь количество эритроцитов нормальное или нередко сниженное. При острой кровопотере, В₁₂ - дефицитной, гипопластической и гемолитических анемиях (инфекционных, паразитарных) число эритроцитов в крови может значительно снижаться. Количество эритроцитов может физиологически несколько снизиться после еды, в период между 17.00 и 7.00, а также при взятии крови в положении лежа.

Повышение количества эритроцитов в крови – эритроцитоз, полиглобулия, полицитемия – может быть обусловлено многими причинами.

Физиологический эритроцитоз отмечается у новорожденных в первые дни жизни, при стрессовом состоянии, повышенной физической нагрузке, усиленном потоотделении, голодании. После длительного сжатия жгутом возможно получение ложно завышенных результатов.

Патологический эритроцитоз является одним из важнейших симптомов эритремии (форма гемобластоза). Другие гемобластозы миелопролиферативной природы (сублейкемический миелоз или миелофиброз и хронический миелолейкоз) сопровождаются эритроцитозом реже и только в начальной стадии заболевания.

Вторичный (симптоматический) эритроцитоз может сопутствовать широкому кругу различных заболеваний и бывает абсолютным (связанный с усилением нормального эритропоэза) и относительным (гемоконцентрационный). Абсолютные эритроцитозы сопутствуют некоторым опухолям мозжечка, печени, заболевания ЦНС и др. Относительные эритроцитозы связаны с нарушением гемоконцентрации и характеризуются нормальным объёмом циркулирующих эритроцитов при снижении массы циркулирующей плазмы.

ЭРИТРОЦИТАРНЫЕ ИНДЕКСЫ

Эритроцитарные индексы - это расчетные величины, позволяющие количественно характеризовать важные показатели состояния эритроцитов.

MCV - средний объем эритроцитов (mean cell volume) вычисляется путем деления гематокритной величины 1мм^3 крови на число эритроцитов. Это более точный параметр, чем визуальная оценка размера эритроцитов (изменение диаметра эритроцита на 5% приводит к изменению его объема на 15%). Однако он не является достоверным при большом количестве эритроцитов с измененной формой (MCV может иметь нормальное значение при наличии у пациента одновременно выраженного макро- и микроцитоза).

Следует помнить, что микросфероциты имеют диаметр меньше нормы, в то время как средний объем их чаще остается в норме, поэтому необходимо всегда производить микроскопию мазка крови.

На основании значения *MCV* различают анемии микроцитарные (дефицит железа), нормоцитарные (апластическая анемия) и макроцитарные (B_{12} и фолиеводефицитные, апластические анемии).

Повышение MCV (макроцитоз):

- мегалобластная анемия (B_{12} , фолиеводефицитная);
- макроцитоз (апластическая анемия, гипотиреоз, болезни печени, метастазы злокачественных опухолей).

Понижение MCV (микроцитоз):

- гипохромные и микроцитарные анемии (анемия при дефиците железа, хронической патологии);
- гемоглобинопатии;
- гипертиреоз (редко).

MCH - среднее содержание гемоглобина в эритроците (mean cell hemoglobin). Вычисляется в абсолютных единицах делением величины концентрации гемоглобина на число эритроцитов. Этот параметр определяет среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците и аналогичен цветовому показателю, но более точно отражает его уровень в эритроците. На основании этого индекса анемии можно разделить на нормо-, гипо- и гиперхромные.

Нормохромия характерна для здоровых животных, но может встречаться и при гемолитических и апластических анемиях, а также анемии, связанной с острой кровопотерей.

Гипохромия обусловлена уменьшением объема эритроцитов (микроцитоз) или снижением уровня гемоглобина в эритроците нормального объема. Т.е. гипохромия может сочетаться как с уменьшением объема эритроцитов, так и наблюдаться при нормо- и макроцитозе.

Гиперхромия не зависит от степени насыщения эритроцитов гемоглобином, а обусловлена только объемом красных кровяных клеток, т.к. повышение концентрации гемоглобина выше физиологического может закончиться кристаллизацией его и гемолизом эритроцита.

Повышение МСН:

- мегалобластные анемии (витамин В₁₂ и фолиеводефицитные);
- заболевания печени;
- ложное повышение (множественная миелома, гиперлейкоцитоз).

Понижение МСН:

- железодефицитная анемия, талассемия.

МСНС - средняя концентрация гемоглобина в эритроците (mean cell hemoglobin concentration) рассчитывается путем деления концентрации гемоглобина крови (в г/100 мл) на гематокрит и умножения на 100. Показатель отражает насыщение эритроцита гемоглобином (концентрацию гемоглобина в одном эритроците). Она характеризует отношение количества гемоглобина к объему клетки. Не зависит, таким образом, от объема клетки, в отличие от МСН, и является чувствительным тестом при нарушениях процессов гемоглобинообразования.

Повышение МСНС фактически быть не может, т.к. повышение концентрации гемоглобина выше физиологического может закончиться кристаллизацией его и гемолизом эритроцита. Поэтому повышение МСНС свидетельствует об:

- ошибках на аналитическом этапе при измерении данной пробы (погрешности определения гемоглобина или среднего объема эритроцитов);
- ошибках на преаналитическом этапе (частичный гемолиз эритроцитов).

Понижение МСНС:

- железодефицитная анемия;
- некоторые гемоглобинопатии.

При B_{12} и фолиеводефицитной анемиях МСНС будет в норме, а гиперхромия в данном случае будет обусловлена увеличением объема эритроцитов.

RDW – ширина распределения эритроцитов по объему (red cell distribution width). Показатель гетерогенности эритроцитов по объему, характеризует степень анизоцитоза. По этому параметру анизоцитоз улавливается прибором значительно быстрее, чем при визуальном просмотре мазка крови. В то же время, показатель RDW характеризует колебания объема клеток внутри популяции и не связан с абсолютной величиной объема эритроцитов. Поэтому, при наличии в крови популяции эритроцитов с измененным, но достаточно однородным размером (например, микроциты), значения RDW могут быть в пределах нормы.

КЛАССИФИКАЦИИ АНЕМИЙ

Анемия – это не самостоятельное заболевание, а патологическое состояние, характеризующееся снижением содержания гемоглобина и, зачастую, количества эритроцитов в единице объема крови, что приводит к уменьшению транспорта кислорода к тканям.

Выделяют несколько принципов классификации анемий:

I - По механизму развития (патогенетическая классификация анемий),

II - По морфологии эритроцитов,

III - По степени тяжести,

IV - По степени насыщения эритроцитов гемоглобином,

V - По степени регенерации.

I. Патогенетическая классификация анемий (Л.И.Идельсон, 1979):

1. Анемии, связанные с повышенной кровопотерей:

- вследствие острой кровопотери - острая постгеморрагическая анемия;

- вследствие хронической кровопотери - хроническая постгеморрагическая анемия.

2. Анемии, обусловленные нарушением кровообразования.

Анемии, связанные с нарушением синтеза гемоглобина:

2.1. Железодефицитная анемия.

- абсолютный дефицит железа;
- относительный дефицит железа - анемия при хронических заболеваниях.

2.2. Анемии, связанные с нарушением синтеза или утилизации порфиринов:

- наследственная сидероахрестическая анемия;
- анемия при отравлении свинцом;
- эритропоэтическая порфирия.

2.3. Анемии, связанные с количественными нарушениями синтеза цепей гемоглобина - талассемии.

3. Мегалобластные анемии, обусловленные нарушением синтеза ДНК и РНК:

- приобретенная В12 дефицитная анемия;
- врожденная В12 дефицитная анемия - синдром Иммерслунд-Гресбека;
- фолиево-дефицитная анемия.

4. Апластические анемии:

- наследственная апластическая анемия с общим поражением гемопоэза и врожденными аномалиями развития (анемия Фанкони);
- наследственная апластическая анемия с общим поражением гемопоэза без врожденных аномалий развития (анемия Дамешека);

- наследственная апластическая анемия с избирательным поражением эритропоэза;

- приобретенная идиопатическая апластическая анемия.

5. Анемии вследствие опухолевой метаплазии костного мозга при:

- остром лейкозе;

- терминальной стадии хронических лейкозов и генерализованных лимфомах;

- множественной миеломе;

- метастазах рака в костный мозг.

6. Анемия при первичной и вторичной миелодисплазии-миелодиспластические синдромы:

- рефрактерная анемия с кольцевыми сидеробластами, без кольцевых сидеробластов;

- рефрактерная цитопения с мультилинейной дисплазией;

- рефрактерная анемия с избытком бластов;

- неклассифицируемый МДС.

7. Анемия, связанная с дефицитом эритропоэтина при хронической почечной недостаточности.

8. Анемии, обусловленные повышенным разрушением эритроцитов

1. Наследственные гемолитические анемии

Мембранопатии:

- наследственный микросфероцитоз (болезнь Минковского-Шоффара);

- овалоцитоз;

- стоматоцитоз;

- акантоцитоз.

2 Ферментопатии:

- дефицит эритроцитарных гликолитических ферментов активности – пируваткиназы;

- аномалии обмена эритроцитарных нуклеотидов;

- дефицит ферментов, участвующих в пентозофосфатном и ГЛЮТАТИОНОВОМ

метаболизме - дефицит глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы.

3. Гемоглинопатии

Серповидно клеточные синдромы:

- носительство признаков серповидноклеточности (гемоглобин AS);
- серповидно-клеточная анемия (гемоглобин SS);
- двойной гетерозиготный статус:
 - а) сочетание гетерозиготной формы;
 - б) серповидно-клеточной анемии с бета-талассемией;
 - в) гетерозиготных форм;
 - г) гемоглинопатий S и C (SC), S и D (SD);
 - д) гомозиготная форма гемоглинопатии CC.

4. Анемии с нестабильными гемоглибинами:

- врожденная гемолитическая анемия с тельцами Гейнца.

Приобретенные гемолитические анемии

1. Неиммунные:

- гемолитическая анемия, обусловленная действием механических факторов;
- гемолитическая анемия, обусловленная действием химических факторов;
- гемолитическая анемия, обусловленная действием физических факторов;
- гемолитическая анемия, обусловленная действием биологических факторов.

2. Иммунные (идиопатические и симптоматические):

- изоиммунные;
- гетероиммунные (гаптенковые);
- аутоиммунные:

а) АИГА с неполными тепловыми агглютинами: идиопатическая, симптоматическая;

б) АИГА с полными холодowymi агглютинами: идиопатическая холодовая гемагглютининовая болезнь, симптоматическая;

в) Пароксизмальная холодовая гемоглобинурия (анемия Доната—Ландштейнера): острая и хроническая формы;

г) Гемолизинная (с кислотными и тепловыми гемолизинами) форма.

д) АИГА, протекающая с синдромом парциальной красноклеточной аплазии.

3. Приобретенная мембранопатия: пароксизмальная ночная гемоглобинурия (ПНГ).

II. По морфологии эритроцитов анемии делят на:

- гипохромные нормо- микроцитарные (обусловленные нарушением синтеза гемоглобина);

- нормохромные микросфероцитарные (наследственный микросфероцитоз);

- нормохромные нормоцитарные (гемолитические анемии, апластическая анемия, анемии при опухолевой метаплазии костного мозга);

- гиперхромные макрооцитарные (обусловленные нарушением синтеза ДНК и РНК, анемии при опухолевой метаплазии костного мозга;

- миелодисплазии, анемии у алкоголиков, при гипотиреозе).

III. По степени тяжести анемии классифицируют:

I степени (легкая) - гемоглобин - 130 (М)- 120 (Ж) - 99 г/л

II степени (средняя) - 99-66 г/л

III степени (тяжелая) - 66-33 г/л

IV степени (крайней тяжести) - ниже 33 г/л.

IV. По степени насыщения эритроцитов гемоглобином анемии классифицируют:

- гипохромная - ПГ или Цветной Показатель < 0,8;

- нормохромная - ЦП= 0,8-1,0;

- гиперхромная - ЦП > 1,0

У. По степени регенерации выделяют:

- гипорегенераторную - ретикулоцитов меньше 0,5%;

- норморегенераторную - ретикулоцитов 0,5-1,5%;

- гипергеренераторную - ретикулоцитов больше 1,5%.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦВЕТОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

Цветовой показатель крови (цветной показатель) – это параметр, который отражает относительное содержание гемоглобина в эритроцитах по отношению к норме. Содержание гемоглобина в норме в одном эритроците колеблется от 27 до 33,3 пикограмм (пг), при этом величина 33,0пг условно принята за единицу и названа цветовым показателем, значения которого в норме составляют соответственно 0,85 – 1,05. Патологическим считается отклонение в ту или другую сторону свыше 15-30%.

В клинической практике используют различные расчётные характеристики, отражающие физико-химические свойства эритроцитов. Наиболее широко применяют расчёт цветового показателя (ЦП).

Вычисляют его по формуле:

$$\text{ЦП} = \frac{\text{Эр нормы} \times \text{Нв опыта}}{\text{Эр опыта} \times \text{Нв нормы}}$$

где Эр и Нв нормы – среднее нормальное количество эритроцитов и гемоглобина в крови данного вида животных;

Эр и Нв опыта – найденное количество эритроцитов и гемоглобина больного животного.

Клиническое значение.

Определение цветового показателя крови имеет значение для проведения дифференциального диагноза при анемиях различной этиологии. По цветовому показателю все анемии можно разделить на нормохромные, гипохромные и гиперхромные.

Цветовой показатель крови пропорционален международно принятому показателю – МСН (среднее содержание гемоглобина в эритроците).

гипохромия – снижение ЦП, а значит и уменьшение количества гемоглобина в одном эритроците указывает либо на уменьшение размера эритроцита – микроцитоз, либо на недостаточную насыщенность эритроцита гемоглобином. Как правило, гипохромия свидетельствует о дефиците железа или нарушении его метаболизма.

Повышение ЦП – гиперхромия – сопровождается макро- или мегалоцитозом, т.е. увеличением объема эритроцитов и является характерным признаком В₁₂-, полицитемию, фолиево-дефицитную или хроническую гемолитическую анемию. При этих формах анемии в мазках крови обнаруживают мегалоциты. Высокий ЦП указывает на дегенерацию эритропоэза. Свойственную здоровым животным нормохромия наблюдают при острых гемолитических и постгеморрагических анемиях, когда в равной мере уменьшается содержание эритроцитов и гемоглобина, а также при гипо- и апластической анемиях.

Понижение ЦП – гипохромия – снижение ЦП, а значит и уменьшение количества гемоглобина в одном эритроците указывает либо на уменьшение размера эритроцита – микроцитоз, либо на недостаточную насыщенность эритроцита гемоглобином. Как правило, гипохромия свидетельствует о дефиците железа вызванной различными причинами, или хроническими кровопотерями и нарушением его метаболизма.

У автоматических анализаторов нет функции расчета цветового показателя крови, но они определяют среднее содержание гемоглобина в одном эритроците (МСН), одного из эритроцитарных индексов. Определение МСН производят делением концентрации гемоглобина на число эритроцитов в одинаковом объеме крови (1 мкл). Практически среднее содержание гемоглобина в одном эритроците представляет частное деления гемоглобина (Hb) (г/л) на число эритроцитов в миллионах.

Вопросы к коллоквиуму №1.

1. Характеристика наиболее часто используемых антикоагулянтов.
2. Техника взятия крови у разных видов животных.
3. Методы исследования крови.
4. Функции крови.
5. Физико-химическим свойствам крови.
6. Охарактеризуйте буферные системы крови.
7. Ацидоз и алкалоз крови их виды.
8. Что в себя включает клинический анализ крови.
9. Эмбриональный гемопоэз млекопитающих.
10. Органы кроветворения и гемопоэз в постэмбриональный период.
11. Приготовление, фиксация мазков крови.
12. Окраска мазков крови по Нохту.
13. Окраска мазков крови по Паппенгейму.
14. Окраска мазков крови по Романовскому -Гимзе.
15. Определение гематокрита.
16. Определение цветового показателя.
17. Клиническое значение гематокрита.
18. Определения скорости оседания эритроцитов микрометодом Панченкова.
19. Определение количество гемоглобина по Салли.
20. Физиологические и патологические формы гемоглобина.
21. Плейохромия и олигохромия их характеристика.
22. Устройство камеры Горяева.
23. Охарактеризуйте физиологические и физико-химическими свойства эритроцитов.
24. Методика подсчета количества эритроцитов в счетной камере Горяева.
25. Количественные и качественные изменения эритроцитов.
25. Характеристика эритроцитарных индексов.
26. Классификации анемий

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ СИНДРОМЫ ПРИ ЗАБОЛЕВАНИЯХ КРОВИ

Существует несколько принципов систематизации заболеваний крови, принятых в ветеринарной и гуманитарной медицине. Наиболее подходящим для современной клинической ветеринарной гематологии является следующий.

При этом выделяются четыре основных универсальных гематологических синдрома, непосредственно связанных с клетками крови:

1. *Анемический, или гипоксический*, — обусловлен снижением количества гемоглобина и эритроцитов в единице объема крови.
2. *Иммунодефицитный*, или инфекционно-воспалительный, обусловлен снижением количества различных типов лейкоцитов в единице объема крови.
3. *Геморрагический* — обусловлен снижением или нарушением функции тромбоцитов, а также дефицитом коагуляционных факторов свертывания крови.
4. *Гиперпластический* — обусловлен появлением и пролиферацией в организме опухолевых клеток гемопоэтической ткани.

Помимо основных гематологических синдромов при заболеваниях крови и костного мозга могут иметь место и другие клинические синдромы:

1. *Синдром гемолиза* — обусловлен повышенным распадом эритроцитов и ускоренным (акселерированным) эритропоэзом вследствие укорочения продолжительности жизни красных клеток крови.
2. *Синдром дефицита железа* (сидеропенический синдром).
3. *Синдром перегрузки железом* (сидероахрестический синдром).
4. *Синдромы желудочно-кишечных нарушений и полинейропатии*, связанные с анемией и дефицитом витамина В12.

Анемический синдром, или «малокровие», анемия, - это патологическое состояние, которое может быть охарактеризовано одним из

трех показателей клинического анализа крови: снижением содержания гемоглобина (HGB, Hb), величины гематокрита (HCT) и количества эритроцитов (RBC) в единице объема крови.

Патофизиологическим следствием анемии является нарушение транспорта дыхательных газов (O₂ и CO₂) от легких к органам, тканям и клеткам организма и обратно. Непосредственно функцию переносчика дыхательных газов выполняет гемоглобин. Поэтому факт наличия анемии и степень ее тяжести принято определять именно по уровню гемоглобина.

Симптоматика анемии может быть весьма разнообразной.

Самым заметным, видимым на глаз признаком анемии является бледность кожи и слизистых оболочек (в частности конъюнктивы глаз, полости рта). Бледность кожи и слизистых обусловлена снижением содержания Hb в эритроцитах и/или снижением количества эритроцитов в единице объема крови. От анемической гипоксии в первую очередь страдают центральная нервная система и нервно-мышечный аппарат.

Данные патологические состояния могут проявляться повышенной сонливостью днем, бессонницей ночью, нарушением активности высшей нервной деятельности, памяти, а также различными признаками мышечной слабости.

Анемическая гипоксия негативно сказывается и на трофике тканей с высокой регенеративной активностью. Прежде всего, это касается эпителиальных клеток кожи и ее производных, а также слизистой желудочно-кишечного тракта, в которых развиваются атрофические процессы. По этой причине при анемии весьма часто встречаются сухость кожи, нарушение ее эластичности и тургора, ломкость когтей или копытного рога, выпадение шерсти, афтозный стоматит, гастрит с нарушением секреторной функции. В генезе этих изменений, как правило, участвует, наряду с гипоксией, еще и дефицит железа.

Анемия сопровождается компенсаторной гиперфункцией со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем с появлением таких симптомов,

как сердцебиение (тахикардия), повышение пульсового давления, одышка при физической нагрузке. Особенно выраженными эти симптомы становятся с возрастом в связи с частой сопутствующей патологией со стороны сердца и легких. Нельзя назвать конкретный уровень гемоглобина, который сопровождается явными признаками патологии, так как при отсутствии заболеваний сердца и легких низкий уровень Hb может долго компенсироваться их повышенной работой.

ПОДСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЛЕЙКОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ГОРЯЕВА И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Лейкоциты (белые кровяные тельца, white blood cells, WBC)

Лейкоциты — разнообразные по морфологическим признакам и функциям клетки сосудистой системы крови. Они формируют в организме млекопитающих мощный кровяной и тканевой барьеры против микробной, вирусной и паразитарной инфекций, поддерживают тканевой гомеостазис (постоянство) и регенерацию тканей. По морфологическим признакам (вид ядра, наличие и характер цитоплазматических включений) выделяют 5 основных видов лейкоцитов — нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, лимфоциты и моноциты. Кроме того, лейкоциты различаются по степени зрелости, большая часть клеток-предшественников зрелых форм лейкоцитов (юные, миелоциты, промиелоциты, пролимфоциты, промоноциты, бластные формы клеток), а также плазматические клетки, молодые ядерные клетки эритроидного ряда и др. в периферической крови появляются только в случае патологии. Лейкоциты, в цитоплазме которых содержится специфическая зернистость, называются зернистыми, или гранулоцитами. К ним относятся нейтрофилы (палочкоядерные, сегментоядерные и юные), эозинофилы и базофилы. Незернистые лейкоциты (агранулоциты) характеризуются отсутствием специфической зернистости в цитоплазме и несегментированными ядрами. В группе агранулоцитов выделяют два вида — лимфоциты и моноциты.

Цель работы: Освоить методику подсчета количества лейкоцитов в счетной камере Горяева.

Реактивы и оборудование: 3-5% раствор уксусной кислоты, подкрашенный несколькими каплями метиленового синего (жидкость Тюрка) для окраски ядер лейкоцитов; лейкоцитарный меланжер (пробирка Флоринского или пенициллиновый флакончик), микроскоп, счётная камера Горяева.

Порядок определения. От каждого животного целесообразно готовить 2—3 образца разведенной крови. Исследуемую кровь разводят в 20 раз. Для этого в лейкоцитарный меланжер набирают кровь до метки 0,5 и разбавляют жидкостью Тюрка, наполняя меланжер до метки 11. Заполненный меланжер энергично встряхивают в течение 20-30 секунд для равномерного распределения жидкости.

Или в сухую пробирку (пенициллиновый флакончик) вносят 0,4 мл 3 или 5 % раствора уксусной кислоты, подкрашенного метиленовым синим (жидкость Тюрка). Капиллярной пипеткой от гемометра Сали набирают 0,02 мл крови, конец пипетки тщательно протирают вначале увлажненной, а затем сухой ватой или марлей. Переносят кровь в пробирку, осторожно выдувая. Пипетку ополаскивают жидкостью Тюрка. Кровь в пробирке тщательно перемешивают, закрывают и оставляют стоять на 4 мин, периодически перемешивая содержимое.

Счетную камеру предварительно тщательно обезжиривают спиртом, промывают дистиллированной водой и высушивают под феном, протирают мягкой фланелью. Чистое сухое покровное стекло притирают к камере так, чтобы появились радужные кольца. Кровь в пробирке снова перемешивают стеклянной палочкой. Берут каплю крови Пастеровской пипеткой или стеклянной палочкой и заполняют счётную камеру.

Подсчитывают лейкоциты через 1 мин после заполнения камеры, когда осядут клетки крови, пользуясь малым увеличением микроскопа (объектив

x8, окуляр x Ю) при затемненном поле, для чего опускают конденсор или суживают диафрагму.

Подсчитывают лейкоциты в 100 больших (1600 малых) квадратах расположенных по всей сетке группами по четыре.

Считать лейкоциты следует не позже 2-4 ч после взятия крови.

Расчёт числа лейкоцитов в 1 мкл (X) проводят по формуле:

$$X = \frac{n}{1600} \times 4000 \times 20 \quad (10)$$

$$\text{т.е. } X = n \times 50$$

где n – число сосчитанных лейкоцитов;

1600 - среднеарифметическое число лейкоцитов в одном малом квадрате;

4000 – во столько раз объём одного малого квадрата меньше 1 мкл;

20 – разведение крови.

Ошибка при подсчете составляет в среднем +7 %. Наиболее вероятные источники ошибок:

- травмирование тканей ушной раковины при выжимании, выдавливании крови;

- неравномерное перемешивание крови;

- не очень чистый микрокапилляр и др.

Каждый лабораторный работник должен выявить собственную ошибку путем многократных анализов одной и той же пробы, включая взятие крови.

Для выражения количества лейкоцитов в единицах Международной системы (СИ) их число в тысячах следует умножить на 10^9 . Например, $6,25 \times 10^9/\text{л}$.

Содержание лейкоцитов в крови здоровых животных отражено в таблице 6.

Содержание лейкоцитов в крови здоровых животных, $10^9/л$

Вид животного	Средний показатель	Предел колебаний
Крупный рогатый скот	8,2	5,0-12,0
Овца	8,0	4,0-12,0
Свинья	10,0	6,0-14,0
Лошадь	8,0	6,0-12,0
Собака	12,0	6,0-17,0
Кошка	11,0	5,5-18,0
Кролик	8,0	5,0-12,5

Клиническое значение. Лейкоциты формируют в живом организме мощный кровяной и тканевый барьеры против микробной, вирусной и паразитарной инфекций, поддерживают тканевую гомеостазис (постоянство) и регенерацию тканей.

Основная функция лейкоцитов.

Лейкоциты выполняют многообразные функции, направленные, прежде всего на защиту организма от агрессивных чужеродных влияний, распознавание и обезвреживание чужеродных компонентов, иммунную защиту организма от вирусов и бактерий, устранение отмирающих клеток собственного организма. Одни из них обеспечивают специфический иммунитет, другие фагоцитируют микроорганизмы и уничтожают их с помощью ферментов, третьи оказывают бактерицидное действие. Особенностью лейкоцитов является то, что они могут самостоятельно двигаться, проходить сквозь стенки капилляров и проникать в межтканевое пространство

Образование лейкоцитов (лейкопоэз) проходит в костном мозге и лимфоузлах. Число лейкоцитов в течение дня может изменяться под

действием различных факторов, не выходя, однако, за пределы референсных значений.

Физиологическое повышение уровня лейкоцитов (физиологический лейкоцитоз) возникает:

- при поступлении их в кровеносное русло из кровяных депо после приёма богатой белком пищи у плотоядных, (поэтому желательно проводить анализ натощак);
- после физической нагрузки (не рекомендуются физические усилия до взятия крови);
- во второй половине дня (желательно взятие крови для анализа проводить утром);
- при стрессах;
- воздействие физиологических факторов (боль, физическая нагрузка, воздействие солнечного света и УФ-лучей);
- во второй половине беременности и при родах.

Реактивный физиологический лейкоцитоз обеспечивается перераспределением пристеночного и циркулирующего пулов нейтрофилов, мобилизацией костномозгового пула. При стимуляции лейкопоэза под действием инфекционных агентов, токсинов, под действием факторов воспаления и некроза тканей, эндогенных токсинов число лейкоцитов растёт за счёт увеличения их образования в костном мозге и лимфоузлах.

Патологический лейкоцитоз в результате стимуляции лейкопоэза при:

- инфекционно-воспалительных процессах (остеомиелит, пневмония, сепсис, менингит, флегмона, абсцесс, полиартрит, пиелонефрит, перитонит), бактериальной, вирусной или грибковой этиологии;
- интоксикациях, в том числе эндогенные (диабетический ацидоз, эклампсия, уремия, подагра);
- ожогах и травмах;
- острых кровотечениях;
- оперативных вмешательствах;

- инфарктах внутренних органов (миокарда, легких, почек, селезенки);
- злокачественных опухолях;
- глюкокортикоидной терапии;
- острых и хронических анемиях различной этиологии (гемолитическая, постгеморрагическая);
- опухолевых лейкоцитозах: миело- и лимфолейкозах.

Снижение числа лейкоцитов (лейкопения) является результатом угнетения функций кроветворных органов, пониженной реактивности организма. Смена лейкоцитоза лейкопенией при воспалительных и септических заболеваниях служит показателем снижения резистентности организма, ухудшения состояния больного животного.

Различают функциональные и органические лейкопении.

Функциональные лейкопении возникают:

- при морфологически полноценном костном мозге в результате угнетающего действия различных веществ;
- некоторых вирусных и бактериальных инфекциях (грипп, вирусный гепатит, сепсис, милиарный туберкулез);
- дачи сульфаниламидов, левомецетина, анальгетиков, нестероидных противовоспалительных средств, тиреостатиков, цитостатиков;
- воздействию ионизирующего излучения;
- лейкопенических формах лейкозов;
- спленомегалии, состоянии после спленэктомии;
- гипо- и аплазии костного мозга;
- анафилактическом шоке;
- истощении и кахексии;

Некоторые инфекционные и фармакологические агенты могут вызывать снижение содержания лейкоцитов (лейкопению). Отсутствие лейкоцитоза в острой фазе инфекционного заболевания, особенно при наличии сдвига влево в лейкоцитарной формуле (увеличенным содержанием молодых форм) является неблагоприятным признаком.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ ФОРМУЛЫ

Лейкоциты это высокоспециализированные клетки крови, обладающие различными защитными функциями, отличающиеся характерной структурой и сложным внутриклеточным метаболизмом. Они различаются по форме, и структуре ядра, характеру цитоплазмы, её грануляции, ядерно-цитоплазматическому соотношению. Эти признаки являются основными критериями при исследовании лейкограммы в окрашенных мазках крови. Лейкограмма или лейкоцитарная формула – это процентное соотношение в периферической крови различных форм лейкоцитов.

В норме в крови выявляются лейкоциты следующих форм: базофилы, эозинофилы, нейтрофилы палочкоядерные и сегментоядерные, лимфоциты, моноциты. При наличии в мазках крови плазматических клеток, незрелых, бластных и трудно дифференцируемых форм лейкоцитов их также вводят в лейкограмму, описывают их морфологию. Одновременно с выведением лейкограммы оценивают морфологию лейкоцитов. Если в анализе крови не было выявлено отклонений от нормы количественного состава форменных элементов крови, а при подсчете 100 лейкоцитов не обнаружено никаких отклонений от нормы ни в лейкограмме, ни в морфологии лейкоцитов, то можно ограничиться подсчетом 100 клеток. Если при этом были выявлены какие-либо отклонения от нормы, то необходимо подсчитывать не менее 200 лейкоцитов. Лейкоцитарная формула дает представление только об относительных величинах. Более объективное представление о составе лейкоцитов крови дает вычисление их абсолютного количества, т. е. содержание каждого вида лейкоцитов в определенном объеме крови.

Лейкоцитарная формула имеет возрастные особенности, поэтому ее сдвиги должны оцениваться с позиции возрастной нормы, так у молодняка, особенно в период новорожденности, соотношение клеток резко отличается от взрослых.

Цель работы: Освоить методику подсчета относительного количества (%) нейтрофилов, лимфоцитов, эозинофилов, базофилов, моноцитов в мазке крови.

Реактивы и оборудование: микроскопы; иммерсионное масло, окрашенные мазки крови; бинтовая салфетка, ксилол.

Порядок определения: микроскопия мазка крови с подсчетом лейкоцитарной формулы на 100- 200 клеток.

Клиническое значение показателей лейкограммы. Процесс образования, развития и созревания клеток крови (гемопоз — кроветворение) и животных происходит в костном мозге, селезенке и в лимфатических узлах. В костном мозге образуются эритроциты, тромбоциты, моноциты и зернистые лейкоциты (базофилы, сегментоядерные нейтрофилы); в лимфатических узлах и селезенке — лимфоциты.

При анализе лейкограммы учитывают количество зрелых клеток: базофилов, эозинофилов, палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов и моноцитов. При ряде патологических состояний дают оценку незрелых, молодых форм эритроцитов и лейкоцитов (лимфобластов, промегакариоцитов, мегакариоцитов, нормобластов, промиелоцитов, миелоцитов, метамиелоцитов, пролимфоцитов).

Различные виды лейкоцитов выполняют разные функции, поэтому определение соотношения разных видов лейкоцитов, содержания молодых форм, выявление патологических клеточных форм, описание характерных изменений морфологии клеток, отражающих изменение их функциональной активности, несет ценную диагностическую информацию. Лейкоциты крови представлены гранулоцитами, в цитоплазме которых при окрашивании выявляется зернистость (нейтрофильные, эозинофильные и базофильные лейкоциты), и агранулоцитами, цитоплазма которых не содержит зернистости (лимфоциты и моноциты). Около 60% общего числа гранулоцитов находится в костном мозге, составляя костномозговой резерв, 40% - в других тканях и лишь менее 1% - в периферической крови.

Морфологически различают пять основных популяций лейкоцитов: лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, эозинофилы и базофилы. Следует отметить, что каждая популяция лейкоцитов несет в себе функциональную специфическую нагрузку

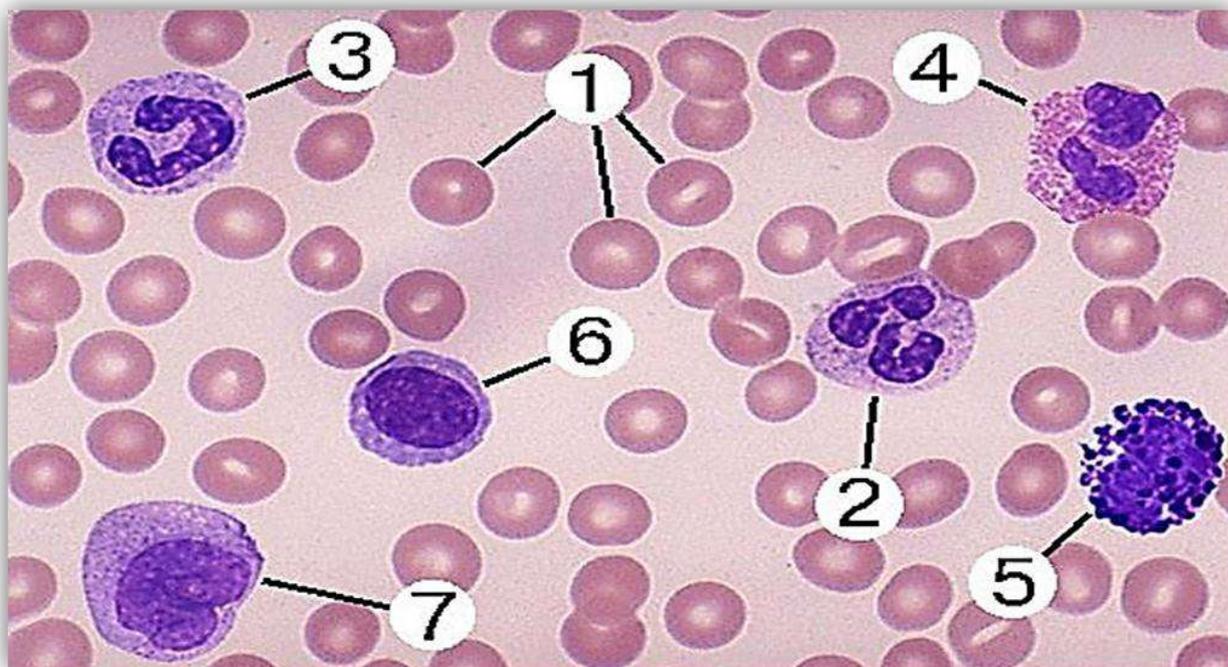


Рис. 2. Мазок крови (окраска по Романовскому-Гимза): 1) эритроциты; 2) сегментоядерный нейтрофил; 3) палочкоядерный нейтрофил; 4) эозинофил; 5) базофил; 6) лимфоцит; 7) моноцит.

Исследование лейкоцитарной формулы имеет большое значение в диагностике гематологических, инфекционных, воспалительных заболеваний, а также оценке тяжести состояния и эффективности проводимой терапии. В то же время, изменения лейкоцитарной формулы не являются специфичными - они могут иметь сходный характер при разных заболеваниях или, напротив, могут встречаться непохожие изменения при одной и той же патологии у разных больных. По ней можно прогнозировать исход болезни. Для постановки правильного диагноза полученные данные лейкоцитарной формулы крови однозначно нужно сопоставлять с клиническим проявлением болезни, которые наблюдаются у пациента.

Нейтрофилы - это наиболее объемная популяция лейкоцитов, выполняющая защитную функцию в ходе воспалительных процессов. Основная их функция – защита от инфекций. Обладая положительным хемотаксисом (направленным движением к стимулирующим агентам) и амёбоподобным движениям, они захватывают микроб, переваривают и уничтожают. Это явление было открыто И.И. Мечниковым и названо фагоцитозом. Нейтрофилы, как наиболее подвижные клетки, первыми приходят к месту вторжения чужеродного агента и стимулируют приход в данный очаг других элементов (моноцитов, эозинофилов, лимфоцитов). Выбрасывая свои гранулы в ближайшее окружение, нейтрофилы влияют практически на все основные механизмы воспалительной реакции. Они секретируют вещества, обладающие бактерицидными эффектами, способствуют регенерации тканей, удаляя из них повреждённые клетки и секретируя стимулирующие регенерацию вещества.

Варианты изменения (сдвига) лейкоцитарной формулы:

Сдвиг лейкоцитарной формулы влево – увеличение количества незрелых (палочкоядерных) нейтрофилов в периферической крови, появление метамиелоцитов (юных), миелоцитов.

Сдвиг лейкоцитарной формулы вправо – уменьшение нормального количества палочкоядерных нейтрофилов и увеличение числа сегментоядерных нейтрофилов с гиперсегментированными ядрами (мегалобластная анемия, болезни почек и печени, состояние после переливания крови).

Нейтрофильные лейкоциты (нейтрофилы), наиболее многочисленная разновидность белых клеток крови, они составляют 45-70% всех лейкоцитов. В зависимости от степени зрелости и формы ядра в периферической крови выделяют палочкоядерные (более молодые) и сегментоядерные (зрелые) нейтрофилы. Более молодые клетки нейтрофильного ряда – юные (метамиелоциты), миелоциты, промиелоциты – появляются в периферической крови в случае патологии и являются свидетельством

стимуляции образования клеток этого вида. Длительность циркуляции нейтрофилов в крови составляет в среднем примерно 6,5 часов, затем они мигрируют в ткани.

Увеличение общего числа нейтрофилов:

- острые бактериальные инфекции (абсцессы, остеомиелит, острый отит, пневмония, острый пиелонефрит, сальпингит, менингиты, острый холецистит, сепсис, перитонит, эмпиема плевры и др.);

- воспаление или некроз тканей (инфаркт миокарда, обширные ожоги, гангрена, быстро развивающаяся злокачественная опухоль с распадом, острый ревматизм, ревматоидный артрит, панкреатит, дерматит);

- состояние после оперативного вмешательства;

- миелопролиферативные заболевания (хронический миелолейкоз, эритремия);

- острые геморрагии;

- приём кортикостероидов;

- эндогенные интоксикации (уремия, эклампсия, диабетический ацидоз, подагра);

- экзогенные интоксикации (свинец, змеиный яд, вакцины);

- выделение адреналина при стрессовых ситуациях, физическом напряжении (может привести к удвоению количества нейтрофилов в периферической крови).

Различают регенеративный, дегенеративный и лейкомоидный ядерные сдвиги.

Регенеративный ядерный сдвиг влево - увеличение в крови палочкоядерных и юных нейтрофилов на фоне повышенного общего содержания лейкоцитов, происходящего за счет абсолютного увеличения количества нейтрофилов. Выделяют несколько степеней ядерного сдвига влево:

Регенеративный: появление в умеренном количестве (больше 1%) метамиелоцитов и умеренное увеличение процентного содержания

палочкоядерных при выраженном лейкоцитозе ($\sim 12-20 \times 10^9/\text{л}$, где индекс ядерного сдвига равен (ЯИ)=0,3..0,5) с абсолютной нейтрофилией и отсутствием в крови патологических форм нейтрофилов. При этом лейкоцитарная формула остается сбалансированной, в костном мозге имеет место стимуляция миелопоэза. Является благоприятным в прогностическом отношении признаком, указывающим на высокий уровень резистентности организма, например, в борьбе с возбудителями острого гнойного процесса (Г.№10), критерием остроты процесса.

Гиперрегенеративный: высокое процентное содержание миелоцитов, метамиелоцитов, палочкоядерных нейтрофилов при значительно выраженном лейкоцитозе ($\sim 30-50 \times 10^9/\text{л}$, где индекс ядерного сдвига равен (ЯИ)=1,0-2,0) с абсолютной нейтрофилией и наличием в крови патологических форм нейтрофилов; лейкоцитарная формула не сбалансирована; в костном мозге чрезмерная стимуляция миелопоэза. Данный вид сдвига является крайне неблагоприятным прогностическим признаком, указывающим на особую тяжесть состояния больного: возможные септические осложнения в динамике гнойного процесса, развитие эндотоксемии, ДВС-синдрома, требующие проведения интенсивных лечебных мероприятий для спасения жизни больного. Гиперрегенеративный сдвиг, выявляемый при лейкомоидных реакциях миелоидного типа, называют лейкомоидным гиперрегенеративным сдвигом. При этом в крови могут обнаруживаться нормальные (а не опухолевые) миелобласты, более высокое содержание миелоцитов, появление значительного количества промиелоцитов (при промиелоцитарной лейкомоидной реакции), а суммарное количество лейкоцитов может быть выше $50 \times 10^9/\text{л}$. Такое гиперактивное состояние миелопоэза особенно опасно последующим истощением костного мозга и развитием костномозговой недостаточности. Гиперрегенеративный сдвиг, выявляемый при хронических миелолейкозах в стадии акселерации, называют лейкоэмическим гиперрегенеративным сдвигом л.ф. влево. При этом содержание лейкоцитов может быть чрезмерно

высоким ($\geq 100 \times 10^9/\text{л}$), а миелобласты и многочисленные созревающие гранулоциты — атипичны, т.к. являются лейкозными клетками. В костном мозге — опухолевая гиперплазия миелоидных ростков.

Гипорегенераторный сдвиг - незначительное повышение содержания палочкоядерных нейтрофилов выше нормы на фоне умеренного лейкоцитоза (индекс ядерного сдвига - $\text{ЯИ} = 0,25$ при норме $0,05-0,08$)

Регенераторно-дегенеративный ядерный сдвиг - увеличение палочкоядерных и юных нейтрофилов с появлением в них признаков дегенерации, которые являются проявлением токсического воздействия различных агентов на лейкопоэз.

Регенеративный сдвиг наблюдается главным образом при воспалительных и гнойно-септических процессах. Появление в лейкограмме молодых и дегенеративных форм нейтрофилов (ядерный сдвиг нейтрофилов) — характерный признак, свойственный инфекционным и воспалительным процессам, злокачественным новообразованиям, различного рода интоксикациям. При регенеративном сдвиге увеличивается содержание палочкоядерных и юных нейтрофилов. Лейкемоидный сдвиг характеризуется появлением более незрелых форм (миелоцитов, промиелоцитов, миелобластов и др.).

Дегенеративный ядерный сдвиг влево - общее число лейкоцитов не увеличено, относительное содержание нейтрофилов снижено, повышение числа нормальных или дегенеративных палочкоядерных нейтрофилов происходит без нарастания юных, что свидетельствует о гистологической дегенерации и угнетении костного мозга. Такие состояния могут наблюдаться при ряде инфекционных заболеваний с выраженным токсическим компонентом.

- острые воспалительные процессы (крупозная пневмония);
- злокачественные опухоли (рак паренхимы почки, молочной желез) и метастазирование в костный мозг;

- миелопролиферативные заболевания, особенно хронический миелолейкоз;

- туберкулёз;

- инфаркт миокарда;

- кровотечения;

- сепсис;

- интоксикации;

- шок;

- физическое перенапряжение;

- ацидоз и коматозные состояния.

Увеличение числа нейтрофилов (нейтрофилез, нейтрофилия, нейтроцитоз), как правило, сочетается с увеличением общего числа лейкоцитов в крови.

Увеличение количества зрелых нейтрофилов (сдвиг вправо или дегенеративный сдвиг):

Дегенеративный сдвиг — показатель функционального угнетения костного мозга, встречается при интоксикациях (сальмонеллез, острый перитонит, уремическая и диабетическая кома). При дегенеративном сдвиге

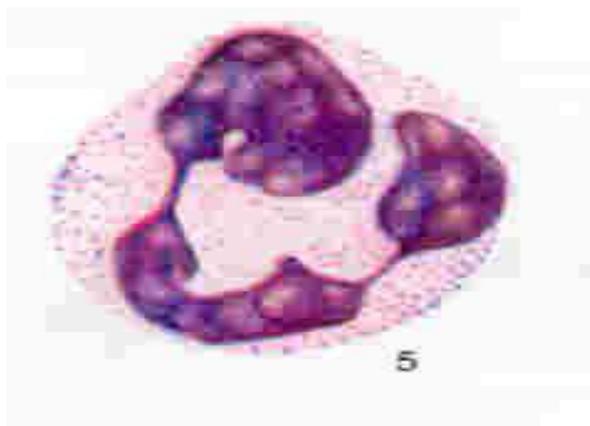


Рис.3 Сегментоядерный лейкоцит

увеличивается содержание только палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов наряду с дегенеративными изменениями в клетках.

Лейкемоидные сдвиги являются обычно отражением своеобразной реактивности больного организма при самых различных заболеваниях.

Ядерный сдвиг вправо - увеличивается число гиперсегментированных нейтрофилов, что нередко сочетается с уменьшением содержания палочкоядерных нейтрофилов и появлением признаков их дегенерации (дегенеративный ядерный сдвиг вправо). Следует учитывать, что сдвиг вправо с преобладанием зрелых нейтрофилов, содержащих до 5-6 ядерных сегментов, встречается и у здоровых особей, а появление его при инфекциях или воспалительных процессах зачастую указывает на благоприятный исход болезни.

Снижение числа нейтрофилов (нейтропения):

- бактериальные инфекции (паратиф, бруцеллез, подострый бактериальный эндокардит, милиарный туберкулез, сальманеллез, эрлихиоз собак и кошек);
- вирусные инфекции (инфекционный гепатит, парагрипп, вирусный иммунодефицит кошек, панлейкопения кошек, лейкоз кошек, парвовирусные инфекции собак);
- хронические воспалительные заболевания (особенно у старых и ослабленных животных);
- почечная недостаточность;
- тяжелые формы сепсиса с развитием септического шока;
- гемобластозы (в результате гиперплазии опухолевых клеток и редукции нормального гемопоэза);
- острый лейкоз,
- апластическая анемия;
- хронический лимфолейкоз;
- спленомегалия;
- ионизирующая радиация;
- токсические агенты (бензол, анилин и др.);

- недостаточность витамина В12 и фолиевой кислоты;
- приём некоторых медикаментов (производные пиразолона, нестероидные противовоспалительные препараты, антибиотики, особенно левомецетин, сульфаниламидные препараты, препараты золота);
- прием противоопухолевых препаратов (цитостатики и иммунодепрессанты);
- алиментарно-токсические факторы (употребление в пищу испорченных перезимовавших злаков и др.).

Резкое снижение количества нейтрофилов может привести к угрожающим жизни инфекционным осложнениям. Агранулоцитоз – резкое уменьшение числа гранулоцитов в периферической крови вплоть до полного их исчезновения, ведущее к снижению сопротивляемости организма к инфекции и развитию бактериальных осложнений.

Эозинофилы составляют всего 0,5-5% числа лейкоцитов. Диаметр их 12-17 мкм. Они участвуют в реакциях организма на паразитарные (гельминтные и протозойные), аллергические, инфекционные и онкологические заболевания, при включении в патогенез заболевания аллергического компонента, который сопровождается гиперпродукцией IgE.

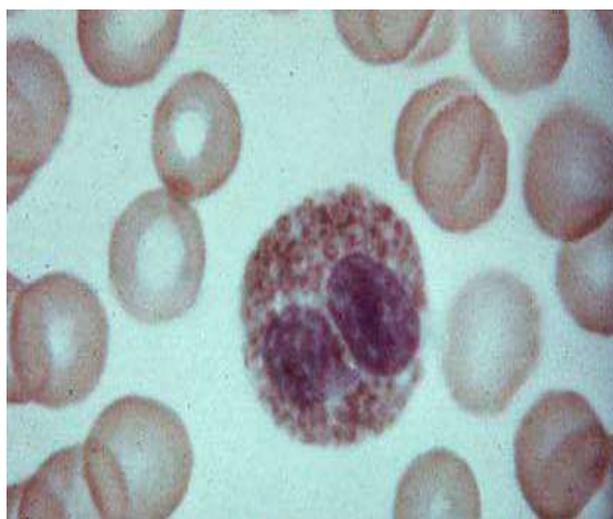
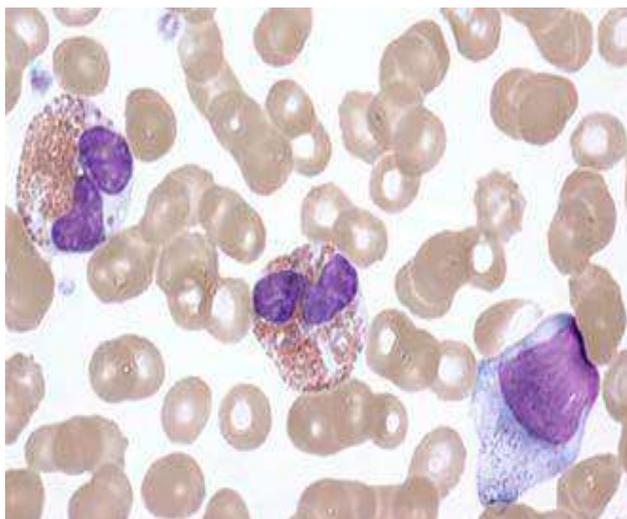


Рис.4 Эозинофилы

После созревания в костном мозге эозинофилы несколько часов (около 3-4 часов) находятся в циркулирующей крови, а затем мигрируют в ткани, где продолжительность их жизни составляет 8-12 дней. Для человека

характерно накопление эозинофилов в тканях, контактирующих с внешней средой – в лёгких, желудочно-кишечном тракте, коже, урогенитальном тракте. Их количество в этих тканях в 100-300 раз превышает содержание в крови.

При аллергических заболеваниях эозинофилы накапливаются в тканях, участвующих в аллергических реакциях, и нейтрализуют образующиеся в ходе этих реакций биологически активные вещества, тормозят секрецию гистамина тучными клетками и базофилами, обладают фагоцитарной и бактерицидной активностью.

Для эозинофилов характерен суточный ритм колебания в крови, самые высокие показатели отмечаются ночью, самые низкие – днем. Оценка динамики изменения количества эозинофилов в течение воспалительного процесса имеет прогностическое значение. Эозинопения (снижение количества эозинофилов в крови менее 1%) часто наблюдается в начале воспаления. Эозинофилия (рост числа эозинофилов $>5\%$) соответствует началу выздоровления. Однако ряд инфекционных и других заболеваний с высоким уровнем IgE характеризуются эозинофилией после окончания воспалительного процесса, что указывает на незаконченность иммунной реакции с ее аллергическим компонентом. В то же время снижение числа эозинофилов в активной фазе заболевания зачастую свидетельствует о тяжести процесса и является неблагоприятным признаком. В целом изменение количества эозинофилов в периферической крови является результатом дисбаланса процессов продукции клеток в костном мозге, их миграции и распада в тканях.

Увеличение числа эозинофилов:

- аллергическая сенсibilизация организма (бронхиальная астма, аллергический ринит, экзема, эозинофильный гранулематозный васкулит, пищевая аллергия);

- лекарственная аллергия (часто на следующие препараты - аспирин, эуфиллин, преднизолон, карбамазепин, пенициллины, левомецетин, сульфаниламиды, тетрациклины, противотуберкулезные средства);
- заболевания кожи (экзема);
- паразитарные - глистные и протозойные инвазии (лямблиоз, эхинококкоз, аскаридоз, трихинеллез, стронгилоидоз, описторхоз, токсокароз, дирофиляриоз собак и кошек и т.д.);
- острый период инфекционных заболеваний (туберкулез);
- злокачественные опухоли (особенно метастазирующие и с некрозом);
- пролиферативные заболевания кроветворной системы (острый и хронический лейкоз, лимфома, миелопролиферативные заболевания, состояние после спленэктомии);
- воспалительные процессы соединительной ткани (артрит);
- заболевания легких (легочная эозинофильная пневмония, эозинофильный плеврит);
- инфаркт миокарда (неблагоприятный признак).

Уменьшение числа эозинофилов и их отсутствие (эозинопения и анэозинофилия): начальная фаза воспалительного процесса; тяжелые гнойные инфекции; шок; стресс; интоксикация различными химическими соединениями, тяжелыми металлами; начальный период инфекционно-токсического (воспалительного) процесса; повышение адренокортикоидной активности.

Базофилы наиболее малочисленная популяция лейкоцитов. От общего числа лейкоцитов они составляют всего 0,5 – 1%, что обуславливает трудности их обнаружения в мазках. В крови они циркулируют в течение 4-8 часов, а затем они мигрируют в ткани. Продолжительность жизни базофилов 8-12 суток. Ядро базофила разделено на неправильные доли, которые трудно различить из-за обилия гранул. Органеллы цитоплазмы малочисленные. В цитоплазме содержатся специфические (метахроматические) и неспецифические (аурофильные) лизосомоподобные гранулы.

Специфические гранулы (числом 400) крупные $d=0,5-1\mu\text{м}$, метакроматичные, содержат пероксидазу, гистамин, гепарин, субстанцию медленной анафилаксии, АТФ, хемотаксические факторы нейтрофилов и эозинофилов. Гепарин препятствует свертыванию крови, предотвращает образование кровяного сгустка и фибрина. Гистамин повышает проницаемость кровеносных сосудов, приводя, к раздвиганию эндотелиоцитов друг от друга, в результате чего развивается отек ткани за счет выхода плазмы и форменных элементов крови из кровотока в ткани. Субстанция медленной анафилаксии вызывает стойкое сокращение гладких миоцитов бронхов, расширение кровеносных сосудов и увеличение их порозности.

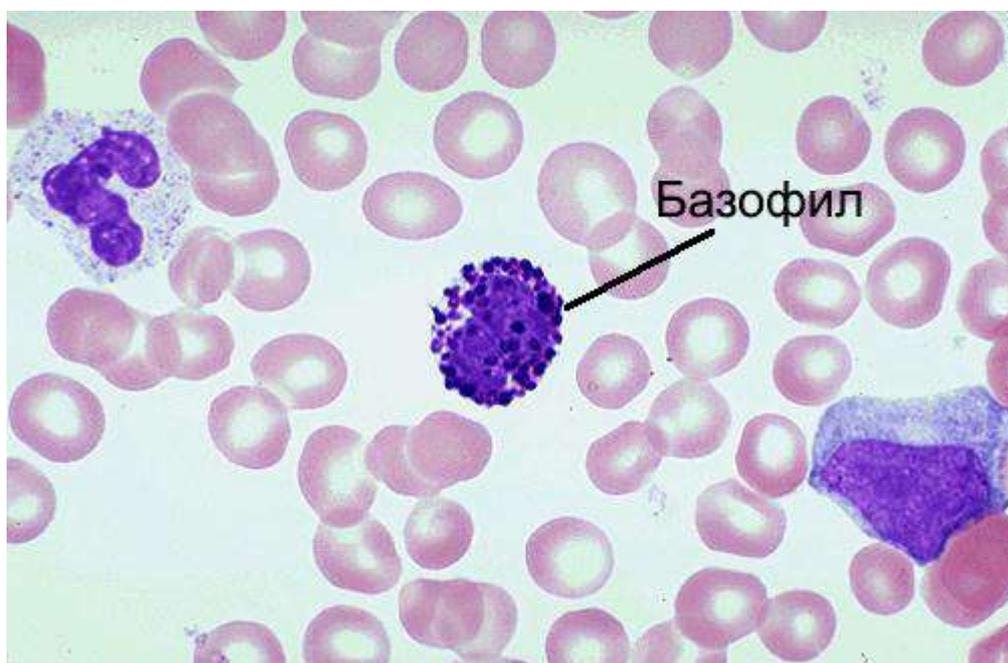


Рис.5 Базофил

Базофилы по содержанию гранул и по его биологическому действию сходны с тучными клетками соединительной ткани. И те и другие имеют на цитолемме рецепторы IgE, которые могут образовываться в организме в результате бурной иммунной реакции на различные антигены - аллергены. IgE фиксируются на рецепторах этих клеток и при повторном контакте с тем же аллергеном связываются с ним. В результате цитолемма разрушается, и гранулы выходят из клеток. Проявлением этих воздействий могут быть

мгновенные высыпания, волдыри, отеки и удушье – аллергические реакции немедленного типа, вплоть до анафилактического шока со смертельным исходом.

Таким образом, базофильные гранулоциты крови и тканей (к последним относятся и тучные клетки) выполняют множество функций: поддерживают кровоток в мелких сосудах, способствуют росту новых капилляров, обеспечивают миграцию других лейкоцитов в ткани. Участвуют в аллергических и клеточных воспалительных реакциях замедленного типа в коже и других тканях, вызывая гиперемию, формирование экссудата, повышенную проницаемость капилляров. Базофилы при дегрануляции (разрушении гранул) инициируют развитие анафилактической реакции гиперчувствительности немедленного типа. Содержат биологически активные вещества (гистамин; лейкотриены, вызывающие спазм гладкой мускулатуры; «фактор, активирующий тромбоциты» и др.).

Функции базофильных гранулоцитов крови и тканей: поддержание кровотока в мелких сосудах; трофика тканей и рост новых капилляров; обеспечение миграции других лейкоцитов в ткани; защита кишечника, кожи и слизистых оболочек при инфицировании гельминтами и клещами; участие в формировании аллергических реакций. Базофильные гранулоциты способны к фагоцитозу, миграции из кровеносного русла в ткани и передвижению в них.

Увеличение количества базофилов (базофилия):

- аллергические реакции на пищу, лекарства, введение чужеродного белка;
- хронический миелолейкоз, миелофиброз, эритремия;
- гипофункция щитовидной железы (гипотиреоз);
- нефрит;
- хронический язвенный колит;
- гемолитические анемии;
- дефицит железа, после лечения железодефицитных анемий;

- В₁₂ - дефицитная анемия;
- после спленэктомии;
- лечение эстрогенами;
- во время овуляции, беременности, в начале эструса;
- рак легких;
- истинная полицитемия;
- сахарный диабет;
- острый гепатит с желтухой.

Моноциты – самые крупные клетки среди лейкоцитов, в мазках крови они округлые (d=12-20 мкм) ядро с 1-2 ядрышками располагается эксцентрично, имеет овальную форму. Цитоплазма моноцита слабо базофильна и часто содержит азурофильные гранулы. Некоторые из гранул хорошо различимы при световой микроскопии, мелкие плохо. Азурофильные гранулы моноцитов являются лизосомами. В цитоплазме макрофагов выявляются лизосомы, фаголизосомы, остаточные тельца, пиноцитозные пузырьки, ЭПС, комплекс Гольджи, множество митохондрий и незначительное количество полисом. Поверхность моноцита неровная, с множеством псевдоподий. Они участвуют в формировании и регуляции иммунного ответа. Моноциты составляют 2-10% всех лейкоцитов, способны к амёбовидному движению, проявляют выраженную фагоцитарную и бактерицидную активность. Макрофаги – моноциты способны поглотить до 100 микробов, в то время как нейтрофилы – лишь 20-30. В очаге воспаления макрофаги фагоцитируют микробы, денатурированный белок, комплексы антиген-антитело, а также погибшие лейкоциты, поврежденные клетки воспаленной ткани, очищая очаг воспаления и подготавливая его для регенерации. Секретируют более 100 биологически активных веществ. Стимулируют фактор, вызывающий некроз опухоли (кахексин), обладающий цитотоксическим и цитостатическим эффектами на опухолевые клетки. Секретируемые интерлейкин I и кахексин воздействуют на терморегуляторные центры гипоталамуса, повышая температуру тела.

Макрофаги участвуют в регуляции кроветворения, иммунном ответе, гемостазе, метаболизме липидов и железа.

Моноциты образуются в костном мозге из монобластов. После выхода из костного мозга циркулируют в крови от 36 до 104 часов, а затем мигрируют в ткани. В тканях моноциты дифференцируются в органо- и тканеспецифичные макрофаги. В тканях содержится в 25 раз больше моноцитов, чем в крови. В тканях макрофаги, взаимодействуя с лимфоцитами, играют ключевую роль в распознавании антигенов и во взаимодействии с ними иммунокомпетентных клеток. Тканевые макрофаги являются активными фагоцитами, которые могут фагоцитировать остатки разрушившихся тканей, эритроциты, грибы, простейших, некоторые бактерии (микобактерии, листерии, бруцеллы)

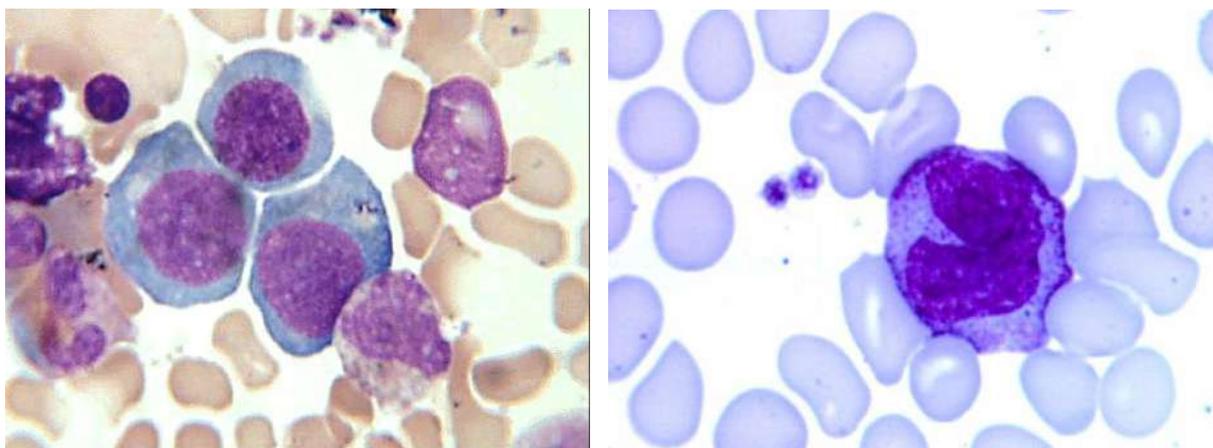


Рис.6 Моноциты

Любое воздействие на костный мозг может вызвать активизацию гранулоцитарного и моноцитарного ростков с образованием нейтрофилов и моноцитов. Так, применение глюкокортикоидов приводит к моноцитозу уже через 1 час, подобная картина может наблюдаться в стрессовых ситуациях. Продолжительность жизни макрофагов в тканях составляет около 30 дн.

Увеличение числа моноцитов в крови (моноцитоз):

- вирусные инфекции;
- грибковые, протозойные инфекции (лейшманиоз);
- период выздоровления после острых инфекций;

- гранулематозы (туберкулез, бруцеллез);
- коллагенозы (системная красная волчанка, ревматоидный артрит);
- болезни крови (острый монобластный и миеломонобластный лейкозы, хронические моноцитарный, миеломоноцитарный и миелолейкоз);
- подострый септический эндокардит;
- энтерит;
- вялотекущий сепсис.

Уменьшение числа моноцитов в крови:

- гипоплазия кроветворения;
- роды;
- оперативные вмешательства;
- шоковые состояния.

Лимфоциты являются главными клеточными элементами иммунной системы, образуются в костном мозге, активно функционируют в лимфоидной ткани. Главная функция лимфоцитов состоит в узнавании чужеродного антигена и участии в адекватном иммунологическом ответе организма.

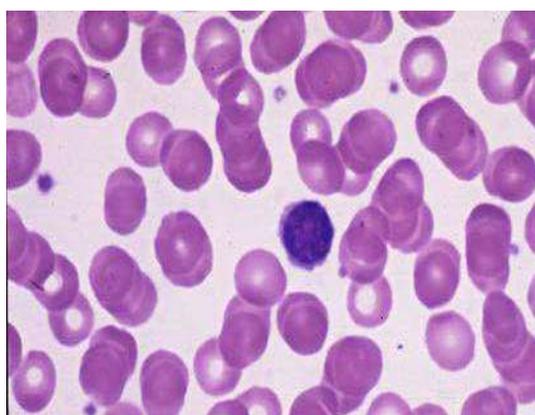


Рис.7 Лимфоциты

Лимфоциты составляют 19-47% всех лейкоцитов крови. Они представляют собой уникальную по разнообразию популяцию клеток, происходящих из различных предшественников и объединяемых единой морфологией. По происхождению лимфоциты подразделяются на две

основные субпопуляции: Т-лимфоциты и В-лимфоциты и естественные киллерные клетки (ЕКК или НК). Выделяется также группа лимфоцитов называемых «ни Т- ни В-», или «0-лимфоциты» (null lymphocytes). Клетки, входящие в состав указанной группы, по морфологической структуре идентичны лимфоцитам, но отличаются по происхождению и функциональным особенностям – клетки иммунологической памяти, клетки-киллеры, хелперы, супрессоры. Т-лимфоциты и НК клетки осуществляют клеточные формы иммунного ответа, при которых для уничтожения клетки мишени (чужой или своей изменившейся вследствие патологии) нужен непосредственный контакт лимфоцита и клетки мишени. В популяции Т-лимфоцитов киллеры непосредственно воздействуют на клетки мишени, вызывая их лизис. В-лимфоциты и плазматические клетки ответственны за гуморальный иммунитет, они выделяют особые белки - антитела, поступающие в кровь и другие жидкости организма. Уничтожение мишеней идет при участии антител. В результате адекватного ответа на антигенную стимуляцию происходит увеличение количества лимфоцитов и появление реактивных лимфоцитов и плазматических клеток. Количество плазматических клеток резко возрастает в селезенке, костном мозге, лимфатических узлах при хронически протекающих процессах.

Продолжительность жизни лимфоцитов значительно варьирует, в зависимости от популяции и участия в иммунном ответе, от нескольких дней до десятков лет. В течение своей жизни они успевают побывать в разных кроветворных органах, тканях и обратно циркулируют из крови в лимфу. Один лимфоцит за свою жизнь может проходить от 1×10^2 до 1×10^6 км. Они способны к самостоятельному движению и прижизненные съемки позволяют видеть, как они обследуют каждый встречный предмет – клетку, волокно и др. выполняя свою цензорную функцию. Показательно распределение лимфоцитов в организме: из 1500 лимфоцитов - 100 находятся в костном мозге, 100 в лимфоидных органах, 3- в кровотоке и 1300 – в соединительных тканях, где и разворачиваются иммунные реакции.

Разные субпопуляции лимфоцитов выполняют различные функции:

- обеспечение эффективного клеточного иммунитета (в том числе отторжение трансплантата, уничтожение опухолевых клеток);
- формирование гуморального ответа (синтез антител к чужеродным белкам - иммуноглобулинов разных классов);
- регуляция иммунного ответа и координации работы всей иммунной системы в целом (выделение белковых регуляторов – цитокинов);
- обеспечение иммунологической памяти (способности организма к ускоренному и усиленному иммунному ответу при повторной встрече с чужеродным агентом).

Увеличение количества лимфоцитов (лимфоцитоз):

- вирусная инфекция (инфекционный мононуклеоз, острый вирусный гепатит, токсоплазмоз);
- заболевания лимфатической системы (острый и хронический лимфолейкоз);
- туберкулез;
- бруцеллез;
- интоксикация (тетрахлорэтан, свинец, мышьяк).

Уменьшение количества лимфоцитов:

- острые инфекции и заболевания;
- начальная стадия инфекционно-токсического процесса;
- тяжелые вирусные заболевания;
- милиарный туберкулез;
- прием кортикостероидов;
- злокачественные новообразования;
- вторичные иммунные дефициты;
- почечная недостаточность;
- недостаточность кровообращения;
- прием препаратов с цитостатическим действием.

Лейкоцитарная формула отражает относительное (процентное) содержание лейкоцитов различных видов, и увеличение или снижение процентного содержания лимфоцитов может не отражать истинный (абсолютный) лимфоцитоз или лимфоцитопению, а быть следствием снижения или повышения абсолютного числа лейкоцитов других видов (обычно нейтрофилов).

ХАРАКТЕРИСТИКА ТРОМБОЦИТЫ И МЕТОДЫ ИХ ПОДСЧЕТА

Тромбоциты (кровяные пластинки, platelets) - форменные элементы крови, участвующие в гемостазе. Тромбоциты - мелкие безъядерные клетки, овальной или круглой формы; их диаметр 2-4 мкм. Предшественником тромбоцитов являются мегакариоциты. В кровеносных сосудах тромбоциты могут располагаться у стенок и в кровотоке. В спокойном состоянии (в кровотоке) тромбоциты имеют дисковидную форму. При активации клеток тромбоциты приобретают сферичность и образуют специальные выросты (псевдоподии). С помощью подобных выростов кровяные пластинки могут слипаться друг с другом или прилипать к поврежденной сосудистой стенке.

Тромбоциты выполняют в гемостазе три основные функции. Во-первых, в месте повреждения сосуда образуется тромбоцитарная пробка. Уже этого достаточно, чтобы остановить кровотечение из небольшого сосуда. Во-вторых активация тромбоцитов вызывает перемещение отрицательно заряженных фосфолипидов (главным образом фосфатидилсирин) с внутренней поверхности тромбоцита на его наружную поверхность. Эти амин фосфолипиды связываются с находящимися неподалеку некоторыми факторами свертывания, и тем самым ускоряют процесс свертывания. И, наконец, присутствие тромбоцитов в какой-то степени поддерживает нормальную целостность сосуда. Сосудистый эндотелий тонкий и у животных с низким числом тромбоцитов (тромбоцитопенией) эндотелий в большей степени склонен к разрыву.

Тромбоциты обладают следующими способностями: к агрегации, адгезии, дегрануляции, ретракции сгустка. На своей поверхности они могут переносить факторы свертывания (фибриноген), антикоагулянты, биологически активные вещества (серотонин), а также циркулирующие иммунные комплексы. Адгезия и агрегация тромбоцитов позволяют обеспечивать гемостаз в мелких сосудах: они скапливаются в области повреждения, прилипают к поврежденной стенке.

Тромбопластинки (кровяные пластинки, тромбоциты) участвуют в свертывании крови, снижают проницаемость сосудов, депонируют антитела (как на своей поверхности так и в гиалоплазме) и транспортируют их в ткани к местам иммунных реакций, участвуют в удалении из крови инородных макромолекулярных комплексов путем фагоцитоза.

Стимуляторами агрегации тромбоцитов являются тромбин, адреналин, серотонин, коллаген. Тромбин вызывает агрегацию кровяных пластинок и образование псевдоподий. В гранулах тромбоцитов содержатся факторы свертывания, фермент пероксидаза, серотонин, ионы кальция Ca^{2+} , АДФ (аденозиндифосфат), тромбоцитарный фибриноген, фактор роста тромбоцитов. Ретракция кровяного сгустка - это свойство тромбоцитов к уплотнению тромба и отжатию сыворотки. При этом тромбоциты прилипают к нитям фибрина и высвобождают тромбостенин, который осаждается на нитях фибрина, в результате последние уплотняются и скручиваются, образуя первичный тромб.

Цель работы: Определение тромбоцитов в 1 мкл крови методом подсчета в мазке крови.

Реактивы и оборудование: Стерильный раствор сульфата магния 14%. Фиксаторы Лейшмана или Май-Грюнвальд; краситель Романовского - Гимзы. Для предотвращения агглютинации кровяных пластинок на место укола наносят каплю 14%-ного раствора сульфата магния. Выделившуюся каплю, крови смешивают с магнезией и из смеси готовят мазки на

предметных стеклах и окрашивают по Романовскому—Гимзе в течение 2-3 часов.

Порядок определения. Подсчет кровяных пластинок производят под иммерсионной системой микроскопа с использованием сетчатого окуляра или вкладного окошка. В окрашенной мазке сосчитывают 1000 эритроцитов и все встретившиеся при этом тромбоциты. Таким образом, получают относительное число, выражаемое промилле (промилле). Для вычисления абсолютного количества тромбоцитов эту величину следует умножить на количество эритроцитов в 1 мкл и разделить на 1000.

Пример: в мазках найдено 64 промилле тромбоцитов;

количество эритроцитов у пациента составляет $3,5 \times 10$ в 1 мкл; отсюда число тромбоцитов в 1 мкл будет равно $64 \times 3,5 \times 10$

----- = 224×10 в 1 мкл.

1000

Метод подсчет тромбоцитов в камере (модификация И.И. Данилина)

Цель работы: Определение тромбоцитов в 1 мкл крови методом подсчета в камере.

Реактивы и оборудование: 3,5% раствор цитрата натрия или 5—7%-ный раствор трилона Б, фурациллин. Разводящая жидкость готовится из расчета 0,025 г фурациллина на 100 мл 3,5% раствора цитрата натрия. Введение фурациллина позволяет готовить разводящую жидкость на длительное время: 1 - 2 месяца, при условии хранения в холодильнике.

Порядок определения. Кровь из пальца набирают в эритроцитарный меланжер до метки 0,5, разводящую жидкость - цитратно-фурациллиновую смесь - до метки 101. Подсчет ведется в 5 или 10 средних квадратах камеры Горяева, аналогично подсчету эритроцитов. Результат в абсолютных цифрах

получают умножением числа тромбоцитов, найденных в камере, на 10000 или 5000.

Метод подсчета тромбоцитов на счетчике частиц.

Цель работы: Освоить метод подсчета тромбоцитов на счетчике частиц.

Реактивы и оборудование. Счетчик частиц типа «Культер» и «Целлоскоп», измерительная трубка с капиллярным отверстием.

Порядок определения. Венозную кровь, смешанную с антикоагулянтом (цитрат натрия), оставляют на несколько часов для оседания эритроцитов и лейкоцитов. Тромбоциты практически не оседают и остаются равномерно распределенными в плазме крови. Плазму разводят изотоническим раствором хлорида натрия и пропускают через счетчик. Используется измерительная трубка с капиллярным отверстием для подсчета тромбоцитов (50 мкм). Затем производят второй подсчет, пользуясь измерительной трубкой с большим капиллярным отверстием, для подсчета оставшихся в плазме и не осевших эритроцитов (60 мкм). Разность между результатами первого и второго подсчета показывает истинное количество тромбоцитов.

Клиническое значение

Количество тромбоцитов изменяется в зависимости от времени суток, а также в течение года. Физиологическое снижение уровня тромбоцитов отмечается во время эструса и в период беременности, а повышение - после физической нагрузки.

Таблица 7

Содержание тромбоцитов в крови здоровых животных, $10^9/л$

Вид животного	Среднее значение	Предел колебаний
Крупный рогатый скот	480	260-700
Овца	390	270-500
Свинья	240	180-300

Лошадь	350	200-500
Коза	600	300-900
Буйвол	300	220-380
Верблюд	400	250-600
Северный олень	350	200-500
Осел	300	200-400
Собака	400	250-500
Кошка	300	100-500

Повышение уровня тромбоцитов (тромбоцитоз - $>300 \times 10^9$ клеток/L): функциональные (реактивные) тромбоцитозы - временные, вызваны активацией гемопоэза;

- спленэктомия;
- воспалительные процессы (системные воспалительные заболевания, остеомиелит, туберкулез);
- анемии разного генеза (после кровопотери, железодефицитная, гемолитическая);
- состояния после хирургического вмешательства;
 - онкологические заболевания (рак, лимфома);
- физическое перенапряжение;
- острая кровопотеря или гемолиз;
- опухолевые тромбоцитозы: миелопролиферативные расстройства (миелолейкозы);
- эритремия.

Понижение уровня тромбоцитов (тромбоцитопения - $<100 \times 10^9$ клеток/L):

- врожденные тромбоцитопении;
- приобретенные тромбоцитопении;
 - лекарственная тромбоцитопения;

-тромбоцитопения, ассоциированная с инфекцией (вирусные и бактериальные инфекции, риккетсиоз, малярия, токсоплазмоз);

- спленомегалия;

- апластическая анемия и миелофтиз (замещение костного мозга опухолевыми клетками или фиброзной тканью);

- метастазы опухолей в костный мозг;

- мегалобластные анемии;

- ДВС-синдром (диссеминированного внутрисосудистого свертывания);

- массивные гемотрансфузии, экстракорпоральное кровообращение.

Время свертывания крови (норма 3-7 минут) это время с момента взятия крови до момента ее свертывания. Оно определяется активностью плазменных факторов, тромбоцитов, состояния сосудистой стенки.

Повышается время свертывания крови при избытке антикоагулянтов, постгеморрагической анемии, дефиците факторов свертывания крови, при тромбоцитопении (наследственные, иммунные, аллергические, инфекционно-токсические, при заболеваниях крови, циррозе печени и др.), изменении сосудистой стенки (С- гиповитаминоз, микроангиопатия).

Избыточное кровотечение, обусловленное снижением количества циркулирующих тромбоцитов или нарушением их функции, обычно можно остановить длительным сдавливанием. Как правило, кровотечение, обусловленное тромбоцитарными нарушениями, начинается сразу после повреждения и, будучи остановленным, не возобновляется.

Уменьшается время кровотечения при повышенной спастической способности периферических капилляров.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСУДИСТО-ТРОМБОЦИТАРНОГО ГЕМОСТАЗА

Время кровотечения. Это время от момента нанесения стандартной раны кожи до момента прекращения вытекания крови. Оно фиксируется посредством промокания раны фильтровальной бумагой или калори

метрически по цвету жидкости, куда поступает вытекающая кровь. В норму время кровотечения составляет 3–10 мин. Оно характеризует функциональную активность тромбоцитов и взаимодействие тромбоцитов с сосудистой стенкой, но не выявляет всех тромбоцитарных нарушений. Этот скрининговый тест позволяет заподозрить тромбоцитопатии различного генеза, болезнь Виллебранда и нарушения проагрегантных свойств сосудистой стенки. Метод мало поддается стандартизации и подвержен большому влиянию внешних факторов (глубина прокола кожи, температура конечности, уровень артериального давления). Не должен использоваться для предоперационного планового скрининга.

Метод Бюркера. На предметное стекло наносят каплю предварительно прокипяченной дистиллированной воды, к которой добавляют каплю крови, забранной из подушечки пальца (важно брать вторую каплю, поскольку к первой может примешиваться тканевая жидкость). При этом точно фиксируют время забора крови. Специальной стерильной стеклянной палочкой капли перемешивают, после чего стекло с ними опускают в чашку Петри, на дно которой помещают фрагмент фильтровальной бумаги, смоченной водой. Влажность внутри чашки Петри играет важную роль в исследовании, а оптимальная температура воды для проведения анализа составляет 25 °С. Примерно каждые 30 с. к краю капли приставляют тоненький кончик вытянутой стеклянной палочки, постепенно продвигают его к центру капли и образуют внутри нее спиральные завитки, направленные от центра к периферии. Важно помнить, что каждый раз палочку следует промывать и вытирать насухо. Началом свертывания крови считается момент, когда за кончиком стеклянной палочки потянется нить фибрина. Как правило, это происходит через 5-9 мин. от начала исследования.

Метод Фолио. Альтернативой методу Бюркера считается метод Фолио, который заключается в следующем: на чистое и обезжиренное с помощью этанола и эфира сухое предметное стекло помещают

приблизительно 1 мл крови пациента, затем стекло убирают во влажную камеру и каждые 30-60 с. наклоняют в разные стороны.

Определение времени свертывания венозной крови.

Подготавливают водяную баню температурой 37 °С, сухую серологическую пробирку и секундомер. 1 мл. венозной крови, взятой из локтевой вены обследуемого сухим и стерильным шприцем, помещают в серологическую пробирку, одновременно включают секундомер. Пробирку устанавливают в водяную баню. Через 2 мин после взятия крови, а затем через каждые 30 с. пробирку наклоняют на 45°, при этом желательно не выносить пробирку из воды. В момент, когда образуется плотный сгусток и кровь не выливается при переворачивании пробирки вверх дном, определение заканчивают. Время свертывания крови регистрируют от момента взятия ее до появления плотного сгустка. В норме время свертывания крови, взятой из вены, составляет от 5 до 10 мин.

Определение длительности кровотечения (укороченная проба Дукке).

Наносят более глубокий, чем обычно, укол в палец (3 мм). Через каждые 30 с полоской фильтровальной бумаги прикасаются к капле крови (1-ю каплю не удаляют!). Постепенно капли крови на бумаге становятся все меньше и в конце концов исчезают. Время кровотечения подсчитывают по количеству капель на фильтровальной бумаге, снятых через известные промежутки времени. В норме время кровотечения равно 2—4 мин.

Определение скорости свертывания крови. На край хорошо обезжиренного предметного стекла, поставленного под углом 50°, наносят каплю крови. Стекая по стеклу, капля оставляет след. Через каждые 30 секунд по следу крови проводят острием иглы. Появление нитей фибрина на острие иглы указывает на начало свертывания крови. В норме скорость свертывания крови равна у крупного рогатого скота 5-6, лошади - 8-10, собак - 10 минутам. Ускорение свертывания крови отмечается при миоглобинурии, крупозном воспалении легких, постгеморрагических анемиях. Замедление

свертывания крови встречается при анемиях, нефритах, холемиях, сибирской язве, гемофилии, удушье.

ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОК КРОВИ НЕКОТОРЫХ ГРУПП ЖИВОТНЫХ

Кровь рыб

Эритроциты рыб имеют овальную форму с повторяющим их форму плотным ядром красно-фиолетового цвета. Хроматин образует скопления в виде специфических глыбок.

Лейкоциты крови рыб представлены в большем количестве, по сравнению с млекопитающими. Для рыб характерен лимфоцитарный профиль, т.е. более 90% белых клеток составляют лимфоциты. Лимфоцит рыб - мелкая клетка. При микрокопировании мазков крови лимфоциты можно спутать с другими мелкими клетками крови - тромбоцитами. У лимфоцитов окрашенность цитоплазмы синяя, у тромбоцитов - розовая.

Фагоцитирующими формами являются моноциты и полиморфно ядерные клетки. Моноцит имеет крупное ядро красно-фиолетового цвета с относительно небольшим количеством хроматинового вещества. Форма ядра чаще неправильная. На окрашенных препаратах цитоплазма сохраняет дымчатость. В крови рыб присутствуют полиморфно ядерные клетки (гранулоциты), находящиеся на разных стадиях зрелости. У большинства видов рыб имеются типичные эозинофилы с простым округлым ядром, однако у некоторых видов они вообще отсутствуют. В мазках крови обнаруживают, как минимум, четыре морфологические формы тромбоцитов - шиловидную, веретенообразную, овальную и округлую. Овальные тромбоциты внешне практически неотличимы от мелких лимфоцитов.

Кровь амфибий

Эритроциты имеют большие размеры, содержат центрально расположенное ядро. Лимфоциты имеют узкий ободок цитоплазмы. Моноциты часто находятся в состоянии фагоцитоза. У лягушек количество

базофилов может достигать 23%, цитоплазма их густо заполнена зернами средней величины. Цитоплазма эозинофилов окрашена в интенсивно голубой цвет, в которой расположены правильные округлые гранулы. Тип созревания ядра гранулоцитов – кольцевой. Тромбоциты довольно крупные, эллиптической вытянутой формы.

Кровь рептилий

Зрелые эритроциты рептилий крупнее красных клеток птиц, костных рыб и млекопитающих, но мельче эритроцитов большинства амфибий. Эритроциты рептилий имеют форму тупоконечных эллипсов с центрально расположенным овальным или округлым ядром, содержащим окрашивающийся в интенсивно-фиолетовый цвет хроматин. Край ядер эритроцитов рептилий неровный. Незрелые эритроциты периодически встречаются в периферической крови рептилий, особенно у молодых животных и в период линьки. Они имеют округлую, слегка неровную форму и крупное ядро. Митотическая активность эритроцитов в периферической крови рептилий является нормой.

Лейкоциты рептилий можно разделить на две большие группы: гранулоциты и мононуклеары (то есть имеющие сегментированное и несегментированное ядро). Гранулоциты также можно разделить на две группы — ацидофилы и базофилы— по цвету, в который окрашивается их цитоплазма в мазках крови по Романовскому. Ацидофилы, в свою очередь, делятся на гетерофилы и эозинофилы, отличающиеся друг от друга формой и цветом гранул. Базофилы, лимфоциты и моноциты крови рептилий схожи с таковыми у млекопитающих и птиц. Шестой тип клеток, азурофилы, часто описывается в литературе и считается моноцитами с азурофильными гранулами.

Большинство лейкоцитов может приходиться на эозинофилы. Ацидофильные зерна плотно располагаются в цитоплазме клеток и имеют округлую, шарообразную, иногда – неправильную форму.

Кровь птиц

Картина крови птиц резко отличается от картины крови млекопитающих наличием больших эллиптических ядерных эритроцитов.

Лейкоциты птиц имеют меньшие размеры по сравнению с таковыми млекопитающих. Лимфоциты обычно малые, часто цитоплазма их имеет выступы. В крови птиц 3-4% составляют базофилы с мелкими гранулами. Эозинофилы также содержат в цитоплазме мелкие гранулы. Моноциты имеют серо-голубую цитоплазму, напоминают большие лимфоциты, мельчайшая азурофильная зернистость практически не просматривается.

Тромбоциты представляют собой клетки с большими ядрами сравнительно тонким слоем цитоплазмы, в котором нередко располагается несколько азурофильных зерен. Иногда цитоплазма вакуолизирована. Окрашивается в нежно-голубой цвет. Ядро содержит мелкие глыбки хроматина.

Кровь мозолоногих

Наиболее характерной особенностью крови мозолоногих (верблюдов и лам) является эллипсоидная форма эритроцитов. Зона просветления в них отсутствует. В мазке они располагаются очень густо, деформации подвергаются редко. Такая особенность формы эритроцитов препятствует их разрушению при обезвоживании и наоборот – при насыщении водой.

Лейкоциты имеют относительно малые размеры. Эозинофилы выглядят несколько крупнее, имеют довольно большие округлые гранулы, рассеянные среди ясно-голубой цитоплазмы. Ядро моноцитов имеет неправильную форму, образуя петли или лопасти. Иногда в цитоплазме моноцитов содержатся крупные базофильные тельца.

Кровь морских млекопитающих

Клетки крови морских млекопитающих имеют особенности, так как этим животным необходимо надолго задерживать дыхание. В крови тюленей присутствуют предшественники эритроцитов, базофильные и полихроматофильные нормоциты. Оксифильные и полихроматофильные

нормоциты, а также гипохромные эритроциты постоянно встречаются также в мазках крови взрослых дельфинов.

В окрашенных по Романовскому-Гимза мазках крови у афалин, обыкновенных морских свинок и белух наиболее многочисленный тип лейкоцитов – нейтрофилы. Цитоплазма нейтрофильных гранулоцитов тюленей, как правило, окрашивается менее интенсивно, чем у дельфинов. Гранулы слабо различимы. В мазках крови тюленей встречаются клетки с сегментированным ядром и розовыми цитоплазматическими гранулами неправильной формы с размытыми границами, «гетерофилы». Их число составляет 0-2,5% от всех гранулоцитов. Гетерофилы дают положительную реакцию на миелопероксидазу (МПО), подобно нейтрофилам человека, собаки, кошки или лошади.

Среди лимфоидных клеток дельфинов, белух и тюленей наиболее часты типичные малые лимфоциты с узким ободком базофильной цитоплазмы.

Моноциты дельфинов, морских свинок и белух отличаются большим разнообразием по величине клетки, форме, плотности и относительным размерам ядра. Часть их содержит в цитоплазме мелкие азурофильные гранулы. В типичных случаях ядро бобовидное, подковообразное или неправильной формы с одной или несколькими лопастями.

КАРТИНА КРОВИ ПРИ НЕКОТОРЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Картина крови при инфекционных заболеваниях

Соп лошадей. Наблюдается лейкоцитоз, повышается количество нейтрофилов, при снижении количества лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов. СОЭ увеличивается. Показатели эритроцитов непостоянны. Тяжесть изменений крови зависит от стадии болезни: ярко выражены при остром течении, менее – при хроническом. Наибольшие сдвиги в составе крови отмечаются на 10-12 час после экспериментального введения культуры и сохраняются не менее 7 дней.

Мыт лошадей. В начале болезни отмечается резко выраженный лейкоцитоз, за счет повышения нейтрофилов, иногда моноцитов, лимфоцитопения и эозинопения. В начале заболевания увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина, впоследствии развивается анемия. СОЭ всегда повышена.

Туберкулез. Протекает чаще всего хронически. Изменения в крови зависят от клинико-морфологических проявлений и тяжести болезни, вызваны не только прямым воздействием микобактерий, но и сопровождающимися ее кровотоками и вторичной присоединяющейся инфекции пневмококками, стафилококками и другими микроорганизмами. Количество лейкоцитов повышается, причем относительный и абсолютный лимфоцитоз – показатель благоприятного течения туберкулеза. СОЭ увеличена. Отмечается уменьшение количества гемоглобина и эритроцитов.

Туберкулинизация также вызывает изменения в состоянии крови. Увеличивается количество лейкоцитов, эозинофилов и нейтрофилов. Максимальное количество лейкоцитов отмечается через 9 часов и возвращается к норме через 30 часов.

Ящур. Лейкоцитоз, нейтрофилия со сдвигом ядра влево, вначале заболевания развивается моноцитоз, позднее – лимфоцитоз. Эта картина крови продолжается до вскрытия афт. С появлением клинических признаков абсолютное количество эритроцитов и лейкоцитов падает ниже нормы.

Классическая чума свиней. Изменения в крови зависят от клинико-морфологического проявления болезни, тяжести основного процесса и сопутствующей инфекции и могут являться дифференциально-диагностическим и прогностическим моментом.

В начале заболевания количество эритроцитов и гемоглобина остается близким к норме, затем отмечается анемия гиперхромного типа (с повышением цветного показателя) с полихромазией, пойкилоцитозом и анизоцитозом. При выздоровлении количество ретикулоцитов резко увеличивается. При остром течении чумы вследствие обезвоживания может

отмечаться увеличение уровня гемоглобина и эритроцитов. При подостром и хроническом течении чумы свиней уровень гемоглобина и эритроцитов понижаются длительно. Количество лейкоцитов уменьшается с начала заболевания с резким сдвигом влево. В конце заболевания перед гибелью животного резко возрастает количество лимфоцитов – до 90 и более %.

Африканская чума свиней. В инкубационном периоде и в первые 1-2 дня после повышения температуры тела особых отклонений в картине крови не наблюдается. Затем развивается умеренная анемия гиперхромного типа. Число лейкоцитов уменьшается еще в инкубационном периоде, затем, при ярких клинических признаках, лейкопения более выражена. По мере развития заболевания развивается лимфоцитопения и постепенно увеличивается число молодых форм нейтрофилов. Незадолго до смерти животного наступает фаза относительного лимфоцитоза. Отличием от классической чумы свиней является отсутствие выраженной эозинопении.

Рожа свиней. Число лейкоцитов повышается до 20 и более тысяч. Отмечается незначительная нейтрофилия со сдвигом ядра влево, лимфопения и резкое увеличение эозинофилов до 15 и более %. СОЭ обычно ускорена. Эритроцитарная картина характеризуется появлением анизоцитоза, пойкилоцитоза, полихромазии и эритробластов.

Лептоспироз. У животных при остром течении отмечается анемия, анизоцитоз, пойкилоцитоз, полихромация и базофильная зернистость эритроцитов. Количество лейкоцитов увеличивается, наблюдается нейтрофилия со сдвигом ядра влево, лимфопения и в некоторых случаях – моноцитоз.

Чума собак. С развитием заболевания появляются анемия, уменьшается количество эритроцитов и гемоглобина, полихромазия, пойкилоцитоз, эритробластоз и тени эритроцитов. Число лейкоцитов, как правило, всегда увеличено (до 50 и более тысяч), нейтрофилия до 96% и моноцитоз. Эозинофилы и базофилы отсутствуют. Ядро нейтрофилов резко сдвинуто влево.

Бешенство. Сопровождается развитием лейкоцитоза с резко выраженной нейтрофилией, которую можно установить даже после смерти.

Столбняк. Лейкопения и нейтропения, которые характерны для развития летального исхода. При благоприятном исходе заболевания изменений в крови не отмечают.

Сепсис. В зависимости от тяжести патологического процесса находят анемию, лейкоцитоз с нейтрофилией или лейкопенией. Наблюдается сдвиг ядра влево до миелоцитов. В начале процесса количество гемоглобина понижается до 29%, эритроцитов – до 2-3 млн., число лейкоцитов сначала понижается, затем возрастает до 17 тысяч. При очень тяжелых случаях картина крови напоминает лейкоемическую анемию, ярко выражены лейкопения, лимфопения, моноцитопения, базофилы и эозинофилы в периферической крови отсутствуют.

Картина крови при микотоксикозах

Стахиботриотоксикоз. При остром течении отмечается увеличение количества гемоглобина, эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов, сдвиг ядра влево. В первой стадии отмечают относительное увеличение количества лейкоцитов с нейтрофилией. Вторая стадия начинается с уменьшения количества лейкоцитов, тромбоцитов. Иногда у лошадей и крупного рогатого скота отмечают выраженную эозинофилию (до 20-30%).

Началом третьей стадии является снижение количества лейкоцитов, гемоглобина и эритроцитов с развитием анизоцитоза и пойкилоцитоза.

Фузариотоксикоз. При остром течении болезни количество гемоглобина увеличивается, лейкоцитоз с нейтрофилией и сдвигом ядра влево. При подостром течении развивается нейтрофильная лейкопения со сдвигом ядра влево, увеличением числа тромбоцитов. В лейкоцитах отмечают дегенеративные изменения.

Аспергиллотоксикоз. Острое течение болезни характеризуется нейротоксическими явлениями. При этом наблюдается выраженный нейтрофильный лейкоцитоз со сдвигом ядра влево. Содержание гемоглобина

и эритроцитов увеличивается. При хроническом течении развивается относительная лейкопения.

Картина крови при гельминтозах. При длительном паразитировании гельминтов развивается анемия, которая может перейти в тяжелую форму. Причиной анемии может быть действие гемолитических веществ, выделяемых некоторыми гельминтами. Для полного восстановления крови после дегельминтизации требуется несколько недель (примерно 2 месяца). Часто регистрируют более или менее выраженную эозинофилию, которая при тканевых гельминтозах (трихинеллез) или миграции личинок через кровотоки и органы может достигать 30-40% и даже 70%.

Картина крови при поражении эктопаразитами

Вшивость. Наблюдается понижение количества эритроцитов и содержания гемоглобина, вызванная потерей крови за счет питания паразитических насекомых. Может быть лейкоцитоз.

Чесотка. Анемия, эозинофилия и неярко выраженная базофилия. Лейкоцитоз отмечается в различной степени, наиболее он выражен при осложнении процесса гноеродной микрофлорой.

Картина крови при протозойных заболеваниях

Су-ауру лошадей. Понижается количество эритроцитов до 2-2,5 млн. Появляются анизоцитоз, пойкилоцитоз, полихромазия. Количество лейкоцитов увеличивается до 20 и более тысяч. Отмечается перемежающаяся нейтрофилия и лимфоцитоз, другие клетки белой крови изменяются незначительно. СОЭ ускоряется до 70-90мм за 15мин. В плазме крови обнаруживают трипаносом.

Случная болезнь лошадей. Количество эритроцитов и гемоглобина понижается, анизоцитоз, пойкилоцитоз и полихромазия. Нейтрофилия со сдвигом влево, лимфопения. Количество эозинофилов, базофилов и моноцитов остается в норме. СОЭ по мере развития инвазии ускоряется. В крови обнаруживают трипаносом.

Нутталлиоз лошадей. При всех пироплазмидозах характерным признаком является появление в эритроцитах паразитов определенной формы, расположения и размеров. Количество эритроцитов понижается до 2-3млн, гемоглобина – до 20-40%. Количество лейкоцитов повышается до 17,5 тыс., особенно в содержании нейтрофилов, СОЭ ускорена. Моноцитоз может достигать 30%, попадают миелоциты, эозинофилы исчезают. В лейкоцитах встречаются дегенеративные формы (выпадение ядра, вакуолизация цитоплазмы).

При всех пироплазмидозах характерным признаком является появление в эритроцитах паразитов определенной формы, расположения и размеров. Количество эритроцитов понижается до 2-3млн, гемоглобина – до 20-40%. Количество лейкоцитов повышается до 17,5 тыс., особенно в содержании нейтрофилов, СОЭ ускорено. Моноцитоз может достигать 30%, попадают миелоциты, эозинофилы исчезают. В лейкоцитах встречаются дегенеративные формы (выпадение ядра, вакуолизация цитоплазмы).

Анаплазмозы. Резко выражена анемия вследствие снижения количества эритроцитов (до 1млн). В эритроцитах появляется базофильная пунктация, нормобласты и тельца Жолли. Количество лейкоцитов снижается, но не всегда, уменьшается процент нейтрофилов со сдвигом ядра влево, снижение базофилов и эозинофилов. Количество лимфоцитов и моноцитов резко увеличивается.

Картина крови при болезнях неинфекционного характера

Большинство внутренних незаразных болезней сопровождается неспецифическими изменениями в составе крови. Может развиваться анемия. При развитии воспалительных процессов ускоряется СОЭ. Нагноение может сопровождаться лейкоцитозом, нейтрофилией со сдвигом ядра влево. При экземах, дерматитах и других заболеваниях кожи в зависимости от тяжести процесса отмечается эозинофилия и базофилия. Хроническое течение, сопровождающееся нагноением, протекает с развитием лейкоцитоза и нейтрофилии. При ожогах наблюдается повышение количества

эритроцитов, лейкоцитов и эозинофилия. В периферической крови появляются патологические формы эритроцитов.

Беломышечная болезнь. Снижение количества эритроцитов и гемоглобина бывает незначительным. Количество лейкоцитов иногда повышается, однако в лейкоцитарной формуле особенных изменений не происходит.

Аллергии. Основной показатель при аллергических состояниях – это эозинофилия, которая наиболее выражена при гиперчувствительности к компонентам корма (пищевая аллергия). Реже проявляется базофилия, которая наиболее характерна при реакции медикаменты. При сывороточной болезни в картине крови во время продромального периода наблюдается небольшой лейкоцитоз, на высоте заболевания — обычно лейкопения, с повышением относительного процента лимфоцитов. СОЭ в начале заболевания низкая, затем увеличивается. При медикаментозных сывороточноподобных реакциях часто – эозинофилия.

Эндометриты. При катаральном эндометрите у коров находят незначительное увеличение количества лейкоцитов за счет нейтрофилов, в красной крови изменений не отмечено.

При гнойных и тяжело протекающих эндометритах находят резко выраженный лейкоцитоз, нейтрофилию со сдвигом ядра влево. Незначительно понижается количество эритроцитов и гемоглобина.

При хронических гнойных эндометритах – усиливающая анемия и нередко лейкопения.

Маститы. В начале болезни отмечена лейкопения, которая через 1-2 дня сменяется лейкоцитозом. В красной крови изменения не регистрируются. При гнойных маститах отмечается анемия, лейкоцитоз сменяется лимфопенией.

Вопросы к коллоквиуму №2

1. Гематологические синдромы при заболевании крови.
2. Морфологическая характеристика лейкоцитов.
3. Методика подсчета количества лейкоцитов в счетной камере Горяева.
4. Исследование лейкограммы.
5. Клиническое значение показателей лейкограммы.
6. Нейтрофилия с регенеративным ядерным сдвигом.
7. Нейтрофилия с дегенеративным ядерным сдвигом.
8. Эозинофилия и эозинопения их характеристика.
9. Морфологическая характеристика лимфоцитов.
10. Морфологическая характеристика моноцитов.
11. Морфологическая характеристика базофилов.
12. Определение тромбоцитов методом подсчета в мазке крови.
13. Тромбоцитоз и тромбоцитопения.
14. Исследование сосудисто-тромбоцитарного гемостаза.
15. Характеристика форменных элементов крови рыб, амфибий и рептилий.
16. Характеристика форменных элементов крови птиц.
17. Каковы особенности строения эритроцитов мозолоногих?
18. У каких животных эритроциты ядерные?
19. Для какой группы животных митоз в периферической крови является нормой?
20. Картина крови у животных при инфекционных заболеваниях.
21. Картина крови у животных при микотоксикозах.
22. Картина крови при протозойных заболеваниях.
23. Картина крови при болезнях неинфекционного характера.
24. Морфологические особенности клеток крови у животных.

АНАЛИЗ ГЕМОГРАММЫ

Анализ гемограммы включает поэтапное изучение состояния системы эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов на основании оценки данных показателей периферической крови с целями:

- установления типа нарушений в системе форменных элементов крови (наличие анемии, эритроцитоза, лейкоцитоза, лейкопении, лейкоза, тромбоцитоза, тромбоцитопении);
- установления каждого отдельного вида таких нарушений (вида анемии по одному или нескольким из пяти известных критериев;
- вида лейкоцитоза и лейкопении – по типу лейкоцитов, их абсолютному содержанию;
- лейкоза – на основании типирования бластов, что становится возможным при условии знания их этиологии, патогенеза, особенностей картины крови, костного мозга, а также отдельных гематологических симптомов и признаков, как-то: абсолютный и относительный лейкоцитозы и лейкопении, агранулоцитозы, костномозговая недостаточность, сдвиги лейкоцитарной формулы и индекс ядерного сдвига нейтрофилов, лейкомоидные реакции и т.п.;
- распознавания определенных нозологических форм патологии крови, например, анемии Аддисона-Бирмера, анемии Минковского-Шоффара, болезни Вакеза и др.;
- предположения характера заболевания и процессов, при которых имеют место установленные гематологические нарушения и их прогнозе.

Соответственно поставленным задачам строится заключение, являющееся окончательным этапом анализа гемограммы. В результате сформулированное заключение в ряде случаев является важным структурным звеном клинического диагноза заболеваний системы крови или имеет определенное диагностическое и прогностическое значение при оценке состояния больного, имеющего вторичные изменения показателей крови. Проведенный таким образом патофизиологический анализ гемограммы

способствует правильному выбору этиопатогенетической коррекции выявленных гематологических нарушений.

Гемограмма

Показатели крови здоровой собаки

Эритроциты	$(5,6 - 7,8) \times 10^{12}/\text{л}$
Гемоглобин	(142-180) х г /л
Цветной показатель	(0,9 – 1,1)
Гематокрит	(0,36 -0, 55)
Ретикулоциты	$(0,2 -1) \times 10^{12}/\text{л}$
СОЭ	(2 -15) мм/ч
Тромбоциты	$(180-300) \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$(5,9 -11,9) \times 10^9/\text{л}$
Эозинофилы	(2-10)%
Базофилы	(0 -2)%

Нейтрофилы

Юные	(0-1)%
Палочкоядерные	(0 – 3)%
Сегментоядерные	(60 – 77)%
Лимфоциты	(12 – 30)%
Моноциты	(3 – 10)%

При разборе гемограмм сделать лишь предположительное заключение о состоянии каждой из линий кроветворения и только после этого, основываясь на результатах полученных данных, можно попытаться дать интегральную оценку состояния кроветворной системы.

Пример разбора гемограмм

Гемограмма № 1

Показатели крови коровы

Эритроциты	$3,2 \times 10^{12}/\text{л}$
Гемоглобин	78г/л
Цветной показатель	0,9

Гематокрит	12
Ретикулоциты	$0,4 \times 10^{12}/л$
СОЭ	6,8 мм/ч
Тромбоциты	$750 \times 10^9/л$
Лейкоциты	$3,8 \times 10^9/л$
Эозинофилы	2%
Базофилы	1%

Нейтрофилы

Юные	1%
Палочкоядерные	6%
Сегментоядерные	20%
Лимфоциты	70%
Моноциты	0%

1. Количество эритроцитов уменьшено – анемия
2. Содержание гемоглобина уменьшено – анемия
3. Цветной показатель – нормохромная анемия
4. Относительное содержание ретикулоцитов (0,5%)

свидетельствует о гипорегенерации.

5. Гематокрит снижен
6. В мазке анизоцитоз, гипохромия, шизоцитоз, мегалоцитоз
7. Наличие мегалоцитов указывает на наличие

мегалобластического типа кроветворения

8. СОЭ повышено
9. Количество тромбоцитов снижено – тромбоцитопения
10. Количество лейкоцитов уменьшено – лейкоцитопения
11. Лейкограмма без изменений

Общее заключение по гемограмме

Мегалобластическая нормохромная анемия. Совокупность гематологических симптомов позволяет предположить о хроническом

кровотечении. Для постановки диагноза необходимо изучение полной клинической картины и проведения дополнительных исследований.

Гемограмма № 3

Показатели крови коровы

Эритроциты	3,2 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	78г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	12
Ретикулоциты	0,4 x 10 ¹² /л
СОЭ	6,8 мм/ч
Тромбоциты	750 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	3,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	2%
Базофилы	1%

Нейтрофилы

Юные	1%
Палочкоядерные	6%
Сегментоядерные	20%
Лимфоциты	70%
Моноциты	0%

1. Количество эритроцитов уменьшено – анемия
2. Содержание гемоглобина уменьшено – анемия
3. Цветной показатель – нормохромная анемия
4. Относительное содержание ретикулоцитов (0,5%)

свидетельствует о гипорегенерации.

5. Гематокрит снижен
6. В мазке анизоцитоз, гипохромия, шизоцитоз, мегалоцитоз
7. Наличие мегалоцитов указывает на наличие мегалобластического типа кроветворения
8. СОЭ повышено

9. Количество тромбоцитов снижено – тромбоцитопения
10. Количество лейкоцитов уменьшено – лейкоцитопения
11. Лейкограмма без изменений

Общее заключение по гемограмме

Мегалобластическая нормохромная анемия. Совокупность гематологических симптомов позволяет предположить о хроническом кровотечении. Для постановки диагноза необходимо изучение полной клинической картины и проведения дополнительных исследований.

ГЕМОГРАММЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Гемограмма № 1

Показатели крови свиньи

Эритроциты	3,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	82г/л
Цветной показатель	1,2
Гематокрит	20
Ретикулоциты	0,2 x 10 ¹² /л
СОЭ	2,8 мм/ч
Тромбоциты	230 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	4,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	5%
Базофилы	1%

Нейтрофилы

Юные	1%
Палочкоядерные	1%
Сегментоядерные	40%
Лимфоциты	50%
Моноциты	2%

1. В мазке анизоцитоз, пойкилоцитоз, эритроциты с тельцами Жоли, кольцами Кебота.

Гемограмма № 2

Показатели крови коровы

Эритроциты	3,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	78г/л
Цветной показатель	1,1
Гематокрит	12
Ретикулоциты	0,4 x 10 ¹² /л
СОЭ	6,8 мм/ч
Тромбоциты	550 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	31,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	0%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	1%
Сегментоядерные	6%
Лимфобласты	10%
Пролимфоциты	15%
Лимфоциты	68%
Моноциты	0%

Гемограмма №3

Показатели крови собаки

Эритроциты	10,2 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	190г/л
Цветной показатель	0,8
Гематокрит	38
Ретикулоциты	8,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	2,8 мм/ч
Тромбоциты	450 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	8,8 x 10 ⁹ /л

Эозинофилы 2%

Базофилы 0%

Нейтрофилы

Юные 0%

Палочкоядерные 2%

Сегментоядерные 64%

Лимфоциты 28 %

Моноциты 4%

1. В мазке анизоцитоз, пойкилоцитоз, полихроматофилия, единичные нормобласты

Гемограмма № 4

Показатели крови лошади

Эритроциты $3,6 \times 10^{12}/л$

Гемоглобин 220г/л

Цветной показатель 1,2

Гематокрит 18

Ретикулоциты $2,0 \times 10^{12}/л$

СОЭ 4,2 мм/ч

Тромбоциты $450 \times 10^9/л$

Лейкоциты $11,8 \times 10^9/л$

Эозинофилы 2%

Базофилы 0%

Нейтрофилы

Юные 0%

Палочкоядерные 2%

Сегментоядерные 54%

Лимфоциты 40 %

Моноциты 2%

1. В мазке крови анизоцитоз, шизоцитоз, мегалоцитоз, гиперхромия, овалоциты, ретикулоциты.

Гемограмма № 5

Показатели крови кошки

Эритроциты	4,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	80г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	4,2 мм/ч
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	21,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	2%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	5%
Палочкоядерные	14%
Сегментоядерные	51%
Лимфоциты	25 %
Моноциты	3%

Гемограмма № 6

Показатели крови свиньи

Эритроциты	4,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	80г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	6,2 мм/ч
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	21,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	52%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	3%
Палочкоядерные	6%
Сегментоядерные	21%
Лимфоциты	18 %
Моноциты	1%

В мазке крови обнаружены мегалоциты.

Гемограмма № 7

Показатели крови свиньи

Эритроциты	$4,8 \times 10^{12}/\text{л}$
Гемоглобин	78г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	$1,0 \times 10^{12}/\text{л}$
СОЭ	3,2 мм/ч
Тромбоциты	$320 \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$6,8 \times 10^9/\text{л}$
Эозинофилы	25%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	4%
Сегментоядерные	21%
Лимфоциты	50 %
Моноциты	0%

В мазке крови обнаружены мегалоциты

Гемограмма № 8

Показатели крови теленка

Эритроциты	$4,8 \times 10^{12}/\text{л}$
------------	-------------------------------

Гемоглобин	80г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	$1,0 \times 10^{12}/л$
СОЭ	3,2 мм/ч
Тромбоциты	$320 \times 10^9/л$
Лейкоциты	$7,8 \times 10^9/л$
Эозинофилы	2%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	8%
Палочкоядерные	14%
Сегментоядерные	31%
Лимфоциты	45 %
Моноциты	0%

Гемограмма № 9

Показатели крови собаки

Эритроциты	$5,4 \times 10^{12}/л$
Гемоглобин	115г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	$1,0 \times 10^{12}/л$
СОЭ	0,2 мм/ч
Тромбоциты	$320 \times 10^9/л$
Лейкоциты	$20,8 \times 10^9/л$
Эозинофилы	20%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	0%

Сегментоядерные	63%
Лимфоциты	17 %
Моноциты	0%

Гемограмма № 10

Показатели крови свиньи

Эритроциты	4,4 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	80г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	0,2 мм/ч
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	12,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	21%
Базофилы	3%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	2%
Сегментоядерные	34 %
Лимфоциты	40 %
Моноциты	0%

В мазке крови гипохромные эритроциты.

Гемограмма № 11

Показатели крови собаки

Эритроциты	5,4 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	115г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	4 мм/ч

Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	20,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	2%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	5%
Палочкоядерные	12%
Сегментоядерные	43%
Лимфоциты	38 %
Моноциты	0%

Гемограмма № 12

Показатели крови собаки

Эритроциты	4,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	90 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	2 мм/ч
Тромбоциты	200 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	32,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	2%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	0%
Сегментоядерные	4 %
Лимфоциты	11 %
Монобласты	35%
Промоноциты	30%
Моноциты	23%

Гемограмма № 13

Показатели крови коровы

Эритроциты	4,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	90 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	25
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	2 мм/ч
Тромбоциты	200 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	62,8 x 10 ⁹ /л
Миелоциты	30%
Промиелоциты	23%
Эозинофилы	7%
Базофилы	5%

Нейтрофилы

Юные	10%
Палочкоядерные	10%
Сегментоядерные	15 %
Лимфоциты	0 %
Моноциты	0%

Гемограмма № 14

Показатели крови собаки

Эритроциты	5,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	120 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	35
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	2 мм/ч
Тромбоциты	300 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	10,8 x 10 ⁹ /л

Эозинофилы 12%

Базофилы 4%

Нейтрофилы

Юные 0%

Палочкоядерные 3%

Сегментоядерные 40 %

Лимфоциты 31 %

Моноциты 2%

Гемограмма № 15

Показатели крови кошки

Эритроциты $1,8 \times 10^{12}/л$

Гемоглобин 54 г/л

Цветной показатель 0,8

Гематокрит 20%

Ретикулоциты 0

СОЭ 42 мм/ч

Тромбоциты $80 \times 10^9/л$

Лейкоциты $3,8 \times 10^9/л$

Эозинофилы 0

Базофилы 0

Нейтрофилы

Юные 0

Палочкоядерные 1%

Сегментоядерные 21 %

Лимфоциты 76 %

Моноциты 2%

В мазке крови анизоцитоз, пойкилоцитоз, эритроциты с тельцами Жолли и Кольцами Кебота.

Гемограмма № 16

Показатели крови свиньи

Эритроциты	2,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	64 г/л
Цветной показатель	0,8
Гематокрит	20%
Ретикулоциты	21 x 10 ¹² /л
СОЭ	3 мм/ч
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	10,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	1
Базофилы	0

Нейтрофилы

Юные	8
Палочкоядерные	15%
Сегментоядерные	50 %
Лимфоциты	24 %
Моноциты	2%

В мазке крови анизоцитоз, полихроматофилия. Встречаются нормобласты и эритробласты.

Гемограмма №17

Показатели крови собаки

Эритроциты	5,4 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	115 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	38
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	0,2 мм/ч
Тромбоциты	330 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	10,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	1%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	3%
Сегментоядерные	40%
Лимфоциты	56%
Моноциты	0%

Гемограмма № 18

Показатели крови свиньи

Эритроциты	$4,8 \times 10^{12}/\text{л}$
Гемоглобин	102 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	0,4
Ретикулоциты	$1,0 \times 10^{12}/\text{л}$
СОЭ	3 г/л
Тромбоциты	$320 \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$25,8 \times 10^9/\text{л}$
Эозинофилы	3%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	4%
Палочкоядерные	15%
Сегментоядерные	38%
Лимфоциты	40%
Моноциты	2%

В мазке нейтрофилы с токсической зернистостью.

Гемограмма № 19

Показатели крови лошади

Эритроциты	4,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	102 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	0,4
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	80 г/л
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	22,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	1%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	2%
Сегментоядерные	41%
Лимфоциты	48%
Моноциты	8%

Гемограмма № 20

Показатели крови овцы

Эритроциты	5,8 x 10 ¹² /л
Гемоглобин	102 г/л
Цветной показатель	0,9
Гематокрит	0,4
Ретикулоциты	1,0 x 10 ¹² /л
СОЭ	3 г/л
Тромбоциты	320 x 10 ⁹ /л
Лейкоциты	25,8 x 10 ⁹ /л
Эозинофилы	4%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	10%
------	-----

Палочкоядерные	32%
Сегментоядерные	35%
Лимфоциты	17%
Моноциты	2%

Гемограмма № 21

Показатели крови свиньи

Эритроциты	$2,8 \times 10^{12}/л$
Гемоглобин	62 г/л
Цветной показатель	0,8
Гематокрит	0,2
Ретикулоциты	$21,0 \times 10^{12}/л$
СОЭ	3 г/л
Тромбоциты	$320 \times 10^9/л$
Лейкоциты	$10,8 \times 10^9/л$
Эозинофилы	1%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	8%
Палочкоядерные	15%
Сегментоядерные	50%
Лимфоциты	24%
Моноциты	2%

В мазке анизоцитоз, полихроматофилия эритроцитов. Встречаются нормобласты и эритробласты.

Гемограмма № 22

Показатели крови собаки

Эритроциты	$1,8 \times 10^{12}/л$
Гемоглобин	54 г/л
Цветной показатель	0,8

Гематокрит	0,2
Ретикулоциты	$0 \times 10^{12}/\text{л}$
СОЭ	43 г/л
Тромбоциты	$80 \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$2,8 \times 10^9/\text{л}$
Эозинофилы	0%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	1%
Сегментоядерные	21%
Лимфоциты	76%
Моноциты	2%

Гемограмма № 23

Показатели крови кошки

Эритроциты	$1,8 \times 10^{12}/\text{л}$
Гемоглобин	54 г/л
Цветной показатель	0,8
Гематокрит	0,2
Ретикулоциты	$0 \times 10^{12}/\text{л}$
СОЭ	43 г/л
Тромбоциты	$80 \times 10^9/\text{л}$
Лейкоциты	$2,8 \times 10^9/\text{л}$
Эозинофилы	0%
Базофилы	0%

Нейтрофилы

Юные	0%
Палочкоядерные	1%
Сегментоядерные	21%

Лимфоциты 76%

Моноциты 2%

В мазке анизоцитоз, пойкилоцитоз, эритроциты с тельцами Жолли, Кольцами Кебота.

Сокращения гематологических терминов

ККМ - красный костный мозг.

СКК - стволовые клетки крови.

СОЭ - скорость оседания эритроцитов.

MCV — средний объем эритроцита.

HCT — гематокрит.

MPO - миелопероксидаза.

MCH — среднее содержание гемоглобина в эритроците.

MCHC — средняя концентрация гемоглобина в эритроците.

RDW – ширина распределения эритроцитов по объему(показатель анизоцитоза эритроцитов).

MPV — средний объем тромбоцитов.

PDW — распределение тромбоцитов по ширине (показатель анизоцитоза тромбоцитов).

ЭДТА - этилендиаминтетра ацетат.

ОЦП - объема циркуляции плазмы.

WBC - лейкоциты.

RBC - эритроцитов.

ЦП - цветовой показатель.

ОЦП - объема циркуляции плазмы

ЯИ - индекс ядерного сдвига равен

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Характеристика лейкограммы

Показатели	Физиологическая норма	Патологические изменения
<p>Нейтрофилы – это клетки, отвечающие за воспаление, борьбу с инфекцией (кроме вирусных), неспецифическую защиту иммунитет), удаление собственных погибших клеток. Зрелые нейтрофилы имеют сегментированное ядро, молодые – палочковидное.</p> <p>Диагностическое значение при воспалении имеет именно относительное повышение числа палочкоядерныхнейтрофилов (палочкоядерный сдвиг)</p>	<p>Норма 60-75%от общего числа лейкоцитов, палочкоядерных - до 6.</p> <p>Сегментоядерных до 56-77</p>	<p>Увеличение числа палочкоядерных нейтрофилов и появление миелоцитов говорит о сепсисе, злокачественных опухолях, миелолейкозе</p> <p>Повышение - нейтрофилия: инфекции (грибковые,бактериальные,паразитарные), воспалительный процесс (ревматизм, повреждение тканей, панкреатит и т.п.), отравление, интоксикации (почечная, печеночная недостаточность),психозэмоциональное возбуждение, злокачественные опухоли, шок, гемолитическая анемия кровопотери,</p> <p>Снижение - нейтропения (уменьшение сегментоядерных нейтрофилов): некоторые инфекции (вирусные, хронические), апластическая анемия, патология костного мозга, генетические нарушения иммунитета, воздействие некоторых антибиотиков, токсических веществ и цитостатиков, лучевая болезнь, апластическая анемия, агранулоцитоз.</p>
<p>Эозинофилы – это клетки, которые участвуют в борьбе с паразитарными инвазиями, аллергией</p>	<p>Норма - 1- 4%от общего числа лейкоцитов.</p>	

	Собаки 1-3 %, кошки 1-4 %	
Базофилы – это клетки, которые участвуют в реакциях гиперчувствительности немедленного типа. Встречаются редко	Норма - 0-1 от общего числа лейкоцитов.	Повышение - базофилия: аллергические реакции на введение чужеродного белка, в том числе, аллергия на корм, хронические воспалительные процессы в ЖКТ, гипотиреоз, заболевания крови (острый лейкоз, лимфогранулематоз)
Лимфоциты – это основные клетки иммунной системы. Борются с вирусными инфекциями. Уничтожают чужеродные клетки и измененные собственные клетки. Они распознают чужеродные белки - антигены и избирательно разрушают клетки, их содержащие - специфический иммунитет, выделяют в кровь антитела (иммуноглобулины) - вещества, блокирующие молекулы антигенов и выводящие их из организма.	Норма - 18-25% от общего числа лейкоцитов. Кошки 36-60 , собаки 18 - 30	Повышение - лимфоцитоз: Гипертиреозидизм, вирусные инфекции, лимфолейкоз, инфекции Снижение - лимфопения: применение кортикостероидов, иммунодепрессантов, злокачественные новообразования, почечная недостаточность, хронические заболевания печени, иммунодефицитные состояния, недостаточность кровообращения
Моноциты – это самые крупные лейкоциты, большую часть жизни проводят в тканях - тканевые макрофаги. Окончательно уничтожают чужеродные клетки и белки, очаги воспаления, разрушенные ткани. Важнейшие клетки иммунной системы, первые встречающие антиген, и представляющие его лимфоцитам для развития полноценного иммунного ответа.	Норма - 0-2% от общего числа лейкоцитов. Кошки: 1-3 , собаки: 0-6	Повышение - моноцитоз: инфекции вирусные, грибковые, протозойные, кровепаразитарные заболевания, опухоли, тканевые воспалительные процессы, хронический моноцитарный лейкоз.
Клетки требующие внимания		
Миелоциты		Обнаружение: хронический миелолейкоз, острые и хронические воспалительные процессы, сепсис, кровотечения, шок.
Ретикулоциты - это незрелые эритроциты, содержащие остатки РНК в рибосомах. Циркулируют в крови в течение 2-х дней, после чего, по мере уменьшения РНК, превращаются в зрелые эритроциты		Повышение: кровопотери, гемолитическая анемия, острый недостаток кислорода Понижение: гипопластическая анемия, угнетение эритропоэза, апластические и гипопластические анемии, В12-фолиеводефицитная анемия

Таблица 2

Гематологические показатели у различных видов животных

Показатели	СИ	Собаки	Кошка	Корова	Лошадь	Свиньи	Овца	Коза	Кролик	Лама	Страус	
Гематокрит	x 10 ⁻² L/L	37-55 (25-34)	30-45 (24-34)	24-46	32-48	36-43 (26-35)t	27-45	22-38	33-50	29-39	3% x 2	
Тромбоциты	10 ¹¹ /L	2-9	3-7	1-8	1-6	2-5	2.5- 7.5	3-6	2.5-6.5			
Гемоглобин	x 10 ³ g/L	12-18	8-15	8-15	10-18	9-13	9-15	8-12	10-17	13-18	12	
Эритроциты	x 10 ¹² g/L	5.5-8.5	5-10	5-10	6-12	5-7	9-15	8-18	5-8	11-18	1.7	
Ретикулоциты	%	0-1.5	0-1	0	0	0-12	0	0				
Средний объем эритроцита	fL	60-77	39-55	40-60	34-58	52-62	28-40	16-25	58-67	21-28	174	
Среднее содержание гемоглобина в эритроците*	pg в	19.5- 24.5	13-17	11-17	13-19	17-24	8-12	5.2-8	17-24	43-47	61	
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците	x 10 ³ g/L в	32-36	30-36	30-36	31-37	29-34	31-34	30-36	29-37		33	
Тромбоциты	10 ¹¹ /L	2-9	3-7	1-8	1-6	2-5	2.5- 7.5	3-6	2.5-6.5			
Лейкоциты	x 10 ⁹ /L	6-17	5.5-19.5	4-12	6-12	11-22	4-12	4-13	5-12.5	7.5- 21.5	5.5	
Сегментоядерные нейтрофилы	% x 10 ⁹ /L	60-70 3-11.4	35-75 12.5	2.5- 15-45 0.6-4	15-45 0.6-4	30-75 3- 6	20-70 2- 15	10-50 0.7- 6.0	30-48 1.2- 7.2	20-75 1- 9.4	60-74 4.6-16	63 3.4
Палочкоядерные нейтрофилы	% x 10 ⁹ /L	0-3 0.3	0-3 0-0.3	0-2 0- 0.12	0-2 0- 0.1	0-1 0- 0.1	0-4 0- 0.8	0-0	редко		0-1 0- 0.35	
Юные нейтрофилы	%	0	0-1	0-1	0-1	0-2	0-2	0				
Лимфоциты	% x	12-30	20-55	1.5- 45-75	25-60	35-75	40-75	50-70	30-85	13-35	34	

	10 ⁹ /L	1-4.8	7			3.8-16.5	2-9	2-9	1.6-10.6	1-7.5	188
Моноциты	% x 10 ⁹ /L	3-10 0.15-1.35	1-4 0-0.85			0-10 0-1	0-6 0.75	0-4 0-0.55	1-4 0.05-0.5	1-4 0.05-0.8	2.8 0.15
Эозинофилы	% x 10 ⁹ /L	2-10 0.1-0.75	2-12 0-0.75	0-2-20 0-2.4	1-10 0-0.8	0-15 0-1.5	0-10 0-1	1-8 0.05-0.65	1-4 0.05-0.5	0-15 0-3.3	0.3 0.02
Базофилы	% x 10 ⁹ /L	редко	редко	0-2 0.2	0-3 0.3	0-3 0.5	0-3 0.3	0-1 0.12	1-7 0.05-0.9	0-2 0.4	0-0.2
Общий белок	x 10 ³ g/L	6-7.5	6-7.5	6-8	6-8.5	6-8	6-7.5	6-7.75	5.4-8.3		
СОЭ	x 10 ³ g/L	0.15-0.3	0.15-0.3	0.1-0.6	0.1-0.4	0.2-0.4	0.1-0.5	0.1-0.4	0.2-0.4	0.1-0.4	

Таблица 3

Содержание эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов у животных

Вид животного	Эритроциты, млн/мкл (10 ¹² /л)	Лейкоциты, тыс/мкл (10 ⁹ /л)	Тромбоциты тыс/мкл (10 ⁹ /л)
Крупный рогатый скот	5,0-7,5	4,5-12,0	260-700
Лошадь	6,0-9,0	7,0-12,0	200-500
Овца	7,0-12,0	6,0-14,0	270-500
Свинья	6,0-7,5	8,0-16,0	180-300
Коза	12,0-17,0	6,0-12,0	300-900
Буйвол	5,2-8,7	5,5-12,1	220-380
Верблюд	10,6-16,6	11,5-20,5	200-400
Северный олень	9,0-14,0	6,0-10,0	200-500
Осел	5,0-7,0	7,0-9,0	200-500
Мул	5,1-6,8	7,0-8,0	200-400
Собака	5,2-7,4	6,0-12,0	250-550
Кошка	6,6-9,4	10,5-15,0	100-500
Птица (курица,	2,5-4,5	20,0-40,0	—

утка, гусь)			
Морская свинка	4,6-6,7	7,8-15,5	—
Норка	8,1-9,3	4,3-7,1	—
Лисица	8,3-10,3	4,2-7,0	—
Песец	7,6-9,0	4,7-6,9	—
Кролик	5,0-7,5	6,5-9,5	—

Таблица 4

Лейкограмма различных видов животных

Вид ж / Показатели	Б	Э	Ю	П	С	Л	М	Профиль крови
Лошадь	0-1	1-4	0-1	3-6	45-62	25-44	2-4	нейтрофильный
КРС	0-2	3-20	0-1	2-5	20-35	40-75	2-7	лимфоцитарный
Овца	0-1	4-12	0-2	3-6	35-45	40-50	2-5	лимфоцитарный
Свиньи	0-1	1-4	0-2	2-4	40-48	40-50	2-6	смешанный
Собаки	0-1	2-9	0	1-6	40-71	21-40	1-5	нейтрофильный
Кролик	0-2	1-3	0	5-9	33-39	43-62	1-3	лимфоцитарный
Кошка	0-1	2-8	0-1	3-9	40-45	36-53	1-5	лимфоцитарный
Курица	1-5	4-26	0	0-1	14-33	34-82	3-10	лимфоцитарный
Морская свинка	0-2	4-12	0	1-5	30-45	36-54	3-5	лимфоцитарный
Мышь	0-2	0-4	0	1-5	13-30	60-78	2-5	лимфоцитарный
Крыса	0	0-1	0	0	13-30	65-77	0-4	лимфоцитарный

Таблица 5

Физиологические показатели крови собак и кошек

Показатели	Собаки	Кошки
Количество эритроцитов, $10^{12}/л$	5.4-7.8	5.8-10.7

Количество лейкоцитов, $10^9/\text{л}$	7-12	10-19
Гемоглобин, г/л	13-19	9-15
Гематокрит, %	37-54	30-47
Количество тромбоцитов, $10^9/\text{л}$	160-430	300-800
СОЭ, мм/ч	2-5	6-10

Таблица 5

Относительное содержание ретикулоцитов и наличие нормобластов в крови как критерии классификации анемий по уровню регенераторной активности костного мозга

%ретикулоцитов, наличие нормобластов	Виды анемий (по патогенезу)	Уровень эритропоэза	Регенераторная активность КМ	Виды анемий по регенераторной активности КМ
Норма* – 0.2-1.5% отсутствие нормобластов.	Анемия отсутствует.	Нормальный: ежедневная замена до 0,2-1,5% Эр ретикулоцитами.	В пределах нормы	–
Ретикулоцитоз – >1.5% единичные нормобласты.	Острая постгеморрагическая, острая / хроническая гемолитическая.	Возрастает: замена более 1,5 % Эр ретикулоцитами – стимуляция эритропоэза.	Увеличена	Регенераторная ***
Гиперретикулоцитоз** – >5% ≥15%, иногда до 100% (у взрослых) обилие нормобластов.	Гемолитическая анемия в период гемолитического (ретикулоцитарного) криза.	Значительно возрастает: замена 20-100% Эр ретикулоцитами – синдром усиленного эритропоэза → увеличение объема активнопролиферирующего КМ, экстрamedулярный гемопоэз (в костях черепа, что приводит к их размягчению и	Чрезмерно увеличена	Гипер-регенераторная ***

		деформации).		
0.2-1.5% отсутствие нормобластов.	ЖДА, ЖНА, В ₁₂ -дефицитная, др. приобретенные.	Снижен: замена 0.2-1.5% Эр ретикулоцитами - норма, но в условиях анемии для восполнения дефицита Эр недостаточная – нарушение эритропоэза.	Снижена	Гипо-регенераторная****
<0.2% – 0% отсутствие нормобластов.	Апластическая, метапластическая, тяжелая В ₁₂ -дефицитная.	Крайне низкий: замена <0.2% Эр или отсутствует – подавление эритропоэза.	Подавлена	Арегенераторная

Таблица 6

Критерии оценки анемий

Этиопатогенез	Тип эритропоэза	Цветовой показатель	Способность костного мозга к регенерации	Размер эритроцитов
Постгеморрагические анемии				
Острая постгеморрагическая Хроническая постгеморрагическая (ЖДА)	нормобластическая нормобластическая	гипохромная гипохромная	регенераторная гипорегенераторная	нормоцитарная микроцитарная
Дизэритропоэтические анемии				
Железодефицитная	нормобластическая	гипохромная	гипорегенераторная	микроцитарная
Железонасыщенная	нормобластическая	гипохромная	гипорегенераторная	микроцитарная
В ₁₂ -фолиеводефицитная	мегалобластическая	гиперхромная	гипо- / арегенераторная	макроцитарная
Апластическая	нормобластическая	нормохромная	арегенераторная	нормоцитарная, макроцитарная
Метапластическая (при лейкозах)	нормобластическая	нормохромная	гипоарегенераторная	нормоцитарная
Гемолитические наследственные анемии				

Гемоглобинопатии Серповидно- клеточная анемия	нормобластическая	гипохромная	гипер-/ ре- генераторная	нормоцитарная
Талассемии	нормобластические	гипохромные	гипер-/ ре- генераторные	микроцитарные
Эритропатия – (анемия Минковского- Шоффара)	нормобластическая	нормо- гипохромная	гипер-/ ре- генераторная	микроцитарная
Гемолитические приобретенные анемии				
Иммунные, неиммунные	нормобластические	гипохромные	регенераторные гиперрегенераторные	нормоцитарные

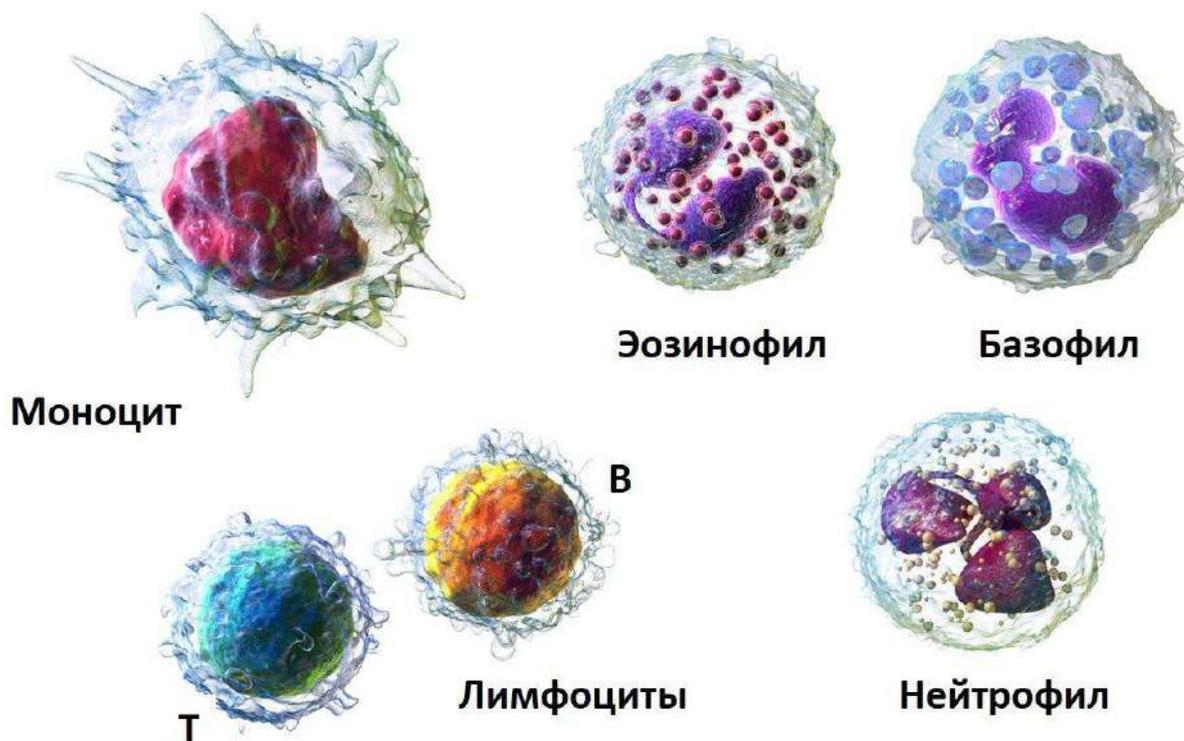


Рисунок 1. Модель форменных элементов крови

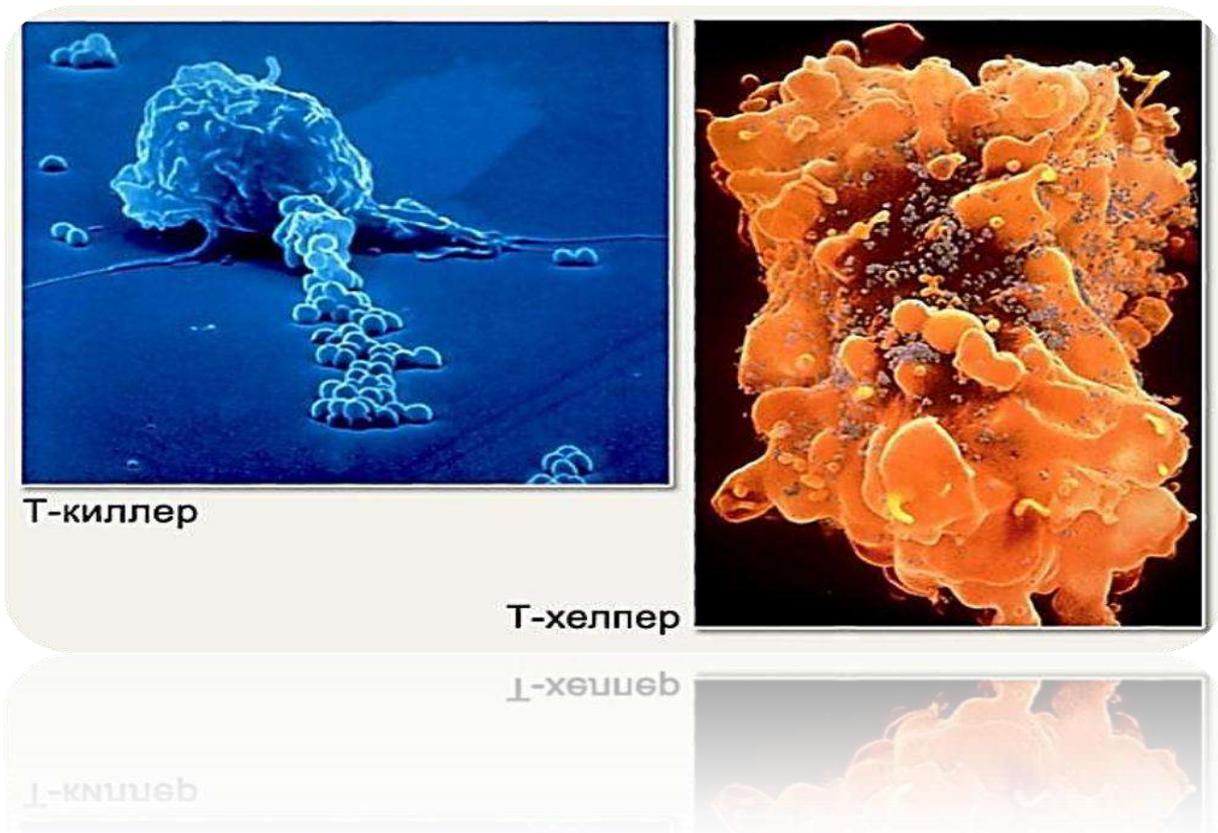


Рисунок 2. Разновидность лимфоцитов

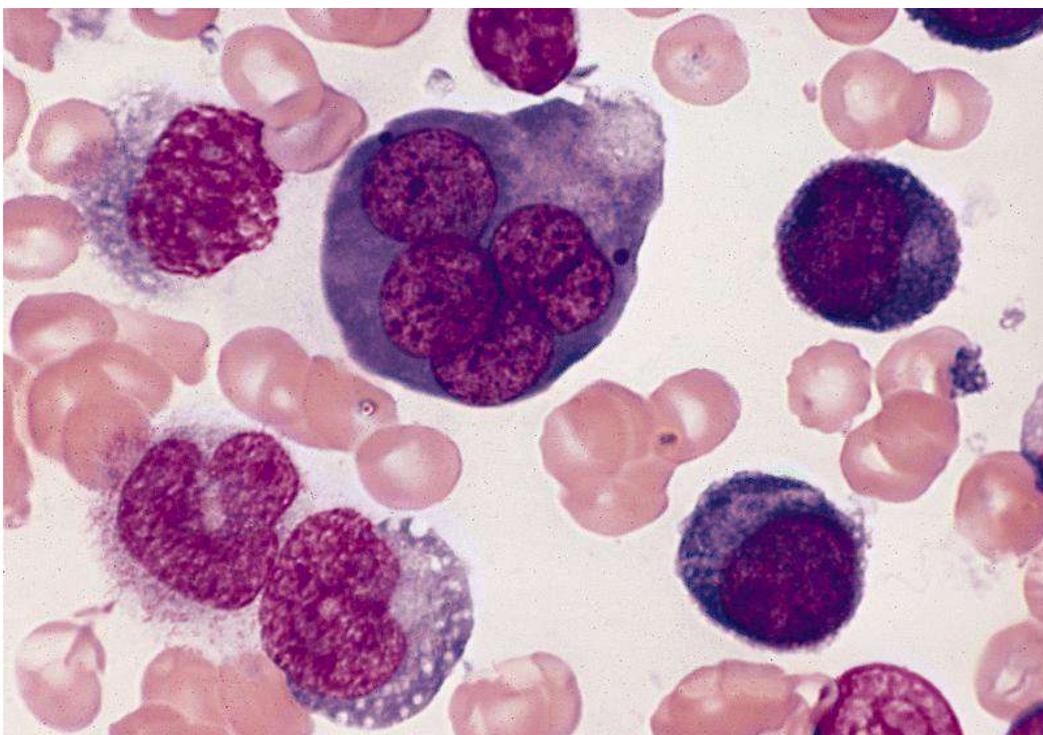


Рисунок 3. Гемобластозы

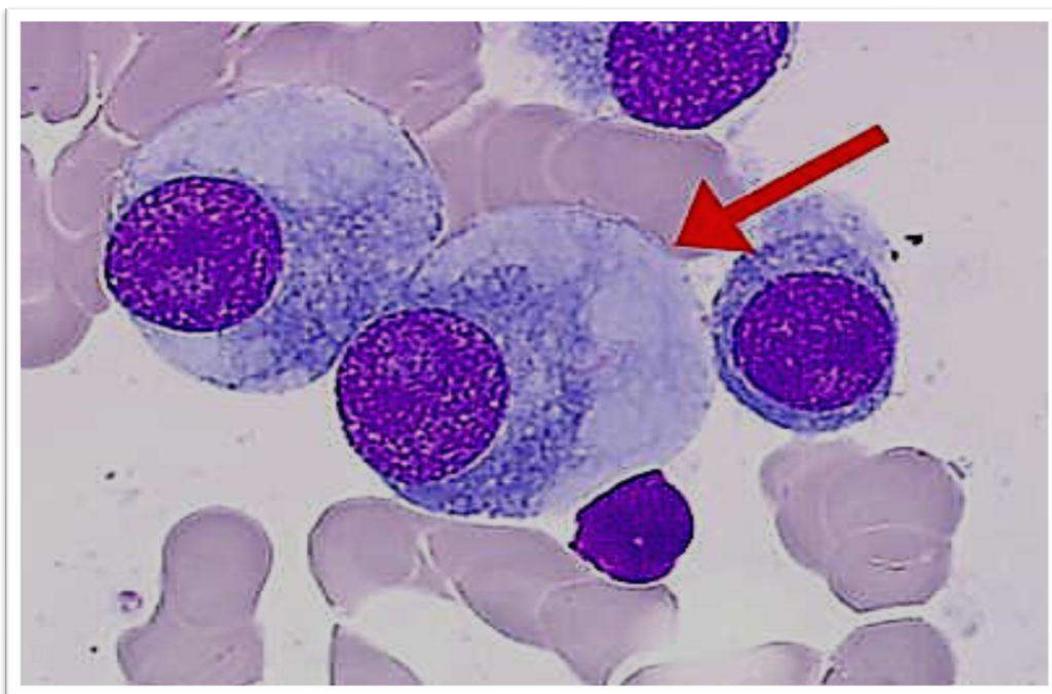


Рисунок 4. Миелобласты

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, Н.И. Медленные инфекции животных / Н.И. Архипов, И.А. Бакулов, Л.И. Соковых. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 191 с.
2. Методологические основы оценки клинико-морфологических показателей крови домашних животных / Е.Б. Бажибина [и др.]. – Москва : Аквариум, 2004. – 126 с.
3. Жарков, А.Д. Практикум по клинической биохимии животных / А.Д. Жарков. - Воронеж, 2007. - 110 с.
4. Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии : справочное издание / И.П. Кондрахин [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1985.-287с.
5. Кудрявцев, А.А. Клиническая гематология животных / А.А. Кудрявцев, Л.А. Кудрявцева. – Москва : Колос,1974. - 397 с.
6. Мейер, Д. Ветеринарная лабораторная медицина / Д. Мейер, Дж. Харви. – Москва : Софион, 2007. – 458 с.

7. Нахмансон, В.М. Лейкоз крупного рогатого скота / В.М. Нахмансон. Москва : Россельхозиздат, 1986. – 221 с.
 8. Симонян, Г.А. Ветеринарная гематология / Г.А. Симонян, Ф.Ф. Хисамутдинов. – Москва : Колос, 1995. – 256 с.
 9. Сюрин, В.Н. Частная ветеринарная вирусология / В.Н. Сюрин, Н.В. Фомина. – Москва : Колос, 1979. – 472 с.
 10. Уиллард, М. Лабораторная диагностика в клинике мелких домашних животных / М. Уиллард, Г. Тведтен, Г. Торнвальд. – Москва : Аквариум, 2004. – 430 с.
-

Учебное издание

**Полозюк Ольга Николаевна,
Ушакова Татьяна Михайловна**

ГЕМАТОЛОГИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Издаётся в авторской редакции

Подписано в печать 26.12. 2018 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура шрифта Times.

Усл. печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 12,0

Тираж 300. Заказ № 123