

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Департамент ветеринарного и продовольственного надзора
Министерства сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины

Кафедра внутренних незаразных болезней

**НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ
ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ЖИВОТНЫХ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БИОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ КРОВИ**

РЕКОМЕНДАЦИИ

Витебск
ВГАВМ
2019

УДК 619:616-074

ББК 48.612

Н83

Утверждены Департаментом ветеринарного
и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства
и продовольствия Республики Беларусь 14.02.2019 года

Рекомендовано к изданию Научно-техническим советом
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины» от 1 февраля 2019 г. (протокол № 1)

Авторы:

кандидат ветеринарных наук, доцент *С. В. Петровский*; кандидат ветеринарных наук, доцент *А. А. Белко*; доктор ветеринарных наук, профессор *А. П. Курдеко*; кандидат ветеринарных наук, доцент *В. П. Баран*; старший научный сотрудник НИИ ПВМ и Б *Ю. Г. Соболева*; ассистент *В. Н. Васькин*; начальник отдела биохимии и микологии Государственного учреждения «Белорусский государственный ветеринарный центр» *В. Г. Шут*; главный ветеринарный врач-биохимик отдела биохимии и микологии ГУ «БГВЦ» *Ю. В. Васильева*; доктор ветеринарных наук, доцент *И. В. Насонов*; ветеринарный врач УП «Витебский комбинат хлебопродуктов» *Н. К. Хлебус*

Рецензенты:

доктор ветеринарных наук, профессор *Ю. К. Ковалёнок*;
кандидат ветеринарных наук, доцент *Г. Э. Дремач*

**Нормативные требования к показателям обмена веществ у
Н83 животных при проведении биохимических исследований крови /
С. В. Петровский [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 68 с.**

Методические указания содержат сведения о методике проведения биохимического контроля состояния здоровья животных различных видов при лабораторных исследованиях крови. Приведены сведения о нормативных значениях, используемых для контроля биохимических показателей, диагностическом значении их изменений. Предназначены для работников ветеринарных лабораторий различных уровней, руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, врачей ветеринарной медицины, слушателей ФПК, докторантов, аспирантов, магистрантов, студентов факультета ветеринарной медицины.

УДК 619:616-074

ББК 48.612

© УО «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной
медицины», 2019

Содержание

Введение	5
1. Биохимические исследования крови: порядок проведения и требования к отбору материала	7
2. Методы определения биохимических показателей в крови у животных	10
3. Клинико-диагностическое значение биохимических показателей крови	12
3.1. Белок общий	12
3.2. Альбумин	12
3.3. Глобулины	13
3.4. Мочевина (азот мочевины)	14
3.5. Креатин и креатинин	15
3.6. Мочевая кислота	15
3.7. Кетоновые тела	16
3.8. Глюкоза	16
3.9. Молочная и пировиноградная кислоты	17
3.10. Щелочной резерв плазмы крови (резервная щелочность)	17
3.11. Липиды	19
3.12. Триглицериды (триглицеролы, триацилглицерины)	19
3.13. Холестерол (холестерин)	19
3.14. Кальций общий	20
3.15. Магний	21
3.16. Калий	21
3.17. Натрий	22
3.18. Хлориды	22
3.19. Фосфор неорганический	23
3.20. Микроэлементы (железо, медь, цинк, кобальт, йод, селен)	23
3.21. Витамин А и его провитамин каротин	25
3.22. Витамин Е	26
3.23. Билирубин (общий, прямой, непрямой)	26
3.24. Амилаза	27
3.25. Холинэстераза	28
3.26. Аспартатаминотрансфераза	28
3.27. Аланинаминотрансфераза	29
3.28. Щелочная фосфатаза	29
3.29. Гамма-глутамилтранспептидаза	30
3.30. Лактатдегидрогеназа	30
3.31. Креатинкиназа (креатиновая киназа)	30
4. Нормативные значения биохимических показателей крови животных	32
4.1. Нормативные значения биохимических показателей крови животных (сыворотка крови)	32
4.2. Нормативные значения содержания в крови микроэлементов (стабилизированная кровь)	34

4.3. Нормативные значения показателей в сыворотке крови у крупного рогатого скота (молодняк)	34
4.4. Нормативные значения биохимических показателей у коров с различной продуктивностью	35
4.5. Нормативные значения биохимических показателей в сыворотке крови у крупного рогатого скота (быки-производители)	35
4.6. Нормативные значения биохимических показателей крови у свиней (молодняк)	35
4.7. Нормативные значения биохимических показателей крови у свиней (взрослые животные)	36
4.8. Нормативные значения биохимических показателей крови у птиц	36
Литература	37
Приложение 1. Инструкция по контролю качества при проведении биохимических лабораторных исследований	39
Приложение 2. Стабильность компонентов в сыворотке (плазме) крови и моче в зависимости от температуры хранения	64
Приложение 3. Коэффициенты пересчета единиц измерения биохимических показателей	65
Приложение 4. Коэффициенты пересчета единиц измерения активности ферментов	67
Приложение 5. Относительное содержание белковых фракций в сыворотке крови животных	67

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация животноводства оказывает существенное влияние на характер обмена веществ у животных. Биохимические исследования уже давно стали составным элементом современной ветеринарной практики. Развитие клинической биохимии дало возможность выявлять не только больных животных с клинически выраженными признаками, но и целые группы животных, находящихся на стадиях субклинического течения нарушений обмена веществ.

Тенденция к максимальному повышению продуктивности животных и получению наибольшей прибыли от отдельных отраслей животноводства за счет внедрения промышленных систем производства часто ведет к так называемой метаболической переориентации организма, а в результате — к выраженным нарушениям обмена веществ. Эти нарушения не только являются причиной значительных прямых экономических потерь, но и в существенной степени обуславливают уровень продуктивности животных, их воспроизводительную способность, а также биологическую ценность готовой животноводческой продукции.

Обеспечить эффективную организацию профилактических мероприятий и ликвидацию болезней в условиях промышленного животноводства можно только при всестороннем изучении процессов, происходящих в организме животных при воздействии этиологических факторов, а также при выяснении принципов их взаимодействия с окружающей средой.

Правильная интерпретация биохимических показателей организма невозможна без знания параметров нормальных показателей крови животных. Следует помнить, что простые (моноэтиологические) нарушения обмена веществ с преобладающим действием одного фактора на практике встречаются редко. И наоборот, комбинированные (полиэтиологические) нарушения являются преобладающими, и их частота увеличивается.

Таким образом, разработка современных параметров нормативных значений биохимических показателей крови у животных с учетом их физиологического состояния, которая позволяет проводить комплексную оценку состояния обмена веществ у сельскохозяйственных животных при интенсивном выращивании на современных промышленных комплексах, является крайне актуальной задачей.

В настоящих указаниях изложен разработанный и апробированный способ клинико-биохимического контроля состояния здоровья животных, получаемых и выращиваемых в условиях промышленной технологии, а также собак и кошек. Он включает перечень наиболее значимых, объективных и воспроизводимых биохимических показателей крови. В указаниях приведены сведения по клинической интерпретации полученных результатов, а также описаны методики взятия крови у животных и подготовки ее к исследованиям. В указаниях также даны усредненные нормативные (референтные) значения ряда биохимических показателей для различных видов животных.

Разработаны и введены взамен МУ 02-1-31/31 от 28.11.2017 г. «Методические указания по биохимическому контролю состояния здоровья жи-

вотных», «Методических указаний по контролю за состоянием обмена веществ у крупного рогатого скота, овец, свиней» №493, утвержденных ГУВ МСХ и П РБ от 22.03.2000 г., «Изменений и дополнений к Методическим указаниям по контролю за состоянием обмена веществ у крупного рогатого скота, овец, свиней», утвержденных ГУВ МСХ и П РБ от 23.11.2001 г.

1. Биохимические исследования крови: порядок проведения и требования к отбору материала

Для подтверждения клинического диагноза, выявления болезней на ранних стадиях (особенно при субклиническом течении болезней обмена веществ), контроля лечебных и профилактических мероприятий исключительно важное значение приобретают биохимические исследования крови. С целью повышения достоверности проводимых исследований необходимо проведение контроля их качества (приложение 1).

Изучение биохимического состава крови в условиях промышленного производства с целью контроля за состоянием обмена веществ и группового выявления метаболических нарушений необходимо проводить не менее чем у 5 животных из каждой технологической группы. Это обусловливается тем, что условия кормления, технология кормления и содержания у животных одной технологической группы однотипны. Поэтому обменные нарушения у животных одной технологической группы носят сходный характер, что позволит выявлять метаболические болезни на ранних стадиях развития и своевременно устранять причины, предупреждать клиническое проявление болезней.

Биохимические исследования крови должны проводиться не реже одного раза в квартал, при проведении диспансерных исследований в соответствии с планом-графиком, составляемым в хозяйстве и согласованным с ветеринарными лабораториями, в которых предполагается проведение исследований.

Отбор крови для биохимических исследований следует проводить в следующих технологических группах животных:

- в условиях скотоводческих хозяйств по производству молока – у стельных сухостойных коров (8-9 месяцев стельности) и нетелей, у дойных коров в 1-й месяц лактации, у дойных коров на 6-7-й месяц лактации;

- в условиях свиноводческих хозяйств: у супоросных свиноматок на 30-45-й дни супоросности, у супоросных свиноматок за 20-30 дней до опороса, у подсосных свиноматок на 10-15-й день лактации;

- в условиях овцеводческих хозяйств – у суягных овцематок на 30-45-й день суягности, у суягных овцематок на 4-5-й месяц суягности, у овцематок на 10-15-й день лактации, у овцематок перед осеменением.

При массовых заболеваниях молодняка наряду с биохимическим исследованием крови животных данной технологической группы необходимо исследовать кровь маточного поголовья.

Следует отметить, что для повышения эффективности лабораторной диагностики наряду с исследованием крови необходимо проводить исследования мочи, фекалий, рубцового содержимого, молока. Для установления взаимосвязи выявленных нарушений с условиями кормления следует осуществлять исследования кормов (их химического состава и показателей безопасности).

Методы взятия и получаемое количество крови зависят от того, с какой целью осуществляют ее отбор. Большое количество крови у животных обычно берут при необходимости ее биохимического исследования (таблица 1).

Таблица 1 – Место взятия крови для биохимического исследования

Вид животного	Место взятия крови
Крупный рогатый скот	Ярёмная вена, молочная вена (у дойных коров), хвостовая вена
Лошадь	Ярёмная вена
Верблюд	Ярёмная вена
Свинья	Сосуды уха, сосуды хвоста, краниальная полая вена, венозный орбитальный синус
Собака	Вена сафена, подкожная вена предплечья
Кошка	Вена сафена, подкожная вена предплечья
Пушные звери (песцы, лисы)	Плантарная вена
Кролик	Ушная вена, подкожная вена предплечья, вена сафена, сердце
Морская свинка	Сердце
Птица (куриные, гуси, утки, индюки)	Локтевая вена, сердце
Попугай	Палец тазовых конечностей
Рыбы	Хвостовая артерия

При получении крови шерсть или щетину на месте прокола тщательно выстригают или выбривают, перо - выщипывают. Кожу протирают спиртово-эфирной смесью (смесь этанола и этилового эфира в соотношении 1:1) для развития местной гиперемии. Дезинфицировать место укола можно 70%-ным этиловым спиртом и другими дезинфектантами. Используемые инструменты должны быть стерильными. Повторное их использование допускается только после дезинфекции.

Для получения крови в больших количествах используют стерильные кровопускательные иглы различных конструкций. Кровь набирают либо непосредственно в пробирку, либо в одноразовые шприцы.

Взятие крови осуществляют в утренние часы, **до кормления или через 5-6 часов после кормления** животных в сухие чистые пробирки. **Кровь отбирают до введения лекарственных препаратов, поскольку многие из них искажают результаты исследований.**

Во избежание гемолиза перед взятием крови пробирки нагревают до температуры тела (в руке, термостате), кровь набирают по стенке пробирки, после взятия не допускают резкого охлаждения или замораживания.

В зависимости от предполагаемого исследования получают стабилизированную (иногда ее называют цельной) и дефибринированную кровь, плазму, сыворотку. Стабилизированную и дефибринированную кровь, плазму крови, сыворотку отправляют в лабораторию в день взятия в закрытых пробками пробирках. Температурный режим транспортировки и ее длительность определяют с учетом спектра определяемых показателей.

В пробирку, предназначенную для получения цельной крови, добавляют антикоагулянт (таблица 2).

Таблица 2 – Приготовление растворов антикоагулянтов и противопоказания к их применению

Антикоагулянт	Дозировка антикоагулянта	Биохимические показатели крови, определению которых препятствует антикоагулянт
Тринатрий цитрат	1 объем раствора с концентрацией 38 г/л на 9 объемов крови или 10-20 мг порошка на 10 см ³ крови	α -амилаза
Натрия оксалат	0,5 мл раствора (300 мг натрия оксалата растворяют в 20 см ³ бидистиллированной воды) на 10 см ³ крови или 10-20 мг порошка на 10 см ³ крови	Электролиты (калий, натрий, кальций), щелочная фосфатаза, α -амилаза, рН крови
Гепарин (1000 ЕД в 1 см ³)	2-3 капли на 10 см ³ крови	-
Этилендиаминтетрауксусная кислота или ее натриевая соль (ЭДТА-натрий, хелатон, трилон Б)	0,5 см ³ раствора (300 мг трилона Б растворяют в 20 см ³ бидистиллированной воды) на 10 см ³ крови или 10-15 мг на 10 см ³ крови	Электролиты (калий, натрий, кальций), остаточный азот

Примечание: добавление антикоагулянтов в завышенных количествах может вызвать гемолиз крови, изменить показатель гематокрита и, соответственно, концентрацию тех или иных веществ в крови.

Чтобы кровь хорошо перемешивалась с антикоагулянтом в пробирке, ее закрывают пробкой и 10-15 раз легко переворачивают не взбалтывая. Стабилизированную кровь хранят в холодильнике при температуре +4-6^oC.

Цельная (стабилизированная) кровь используется для определения количества форменных элементов, концентрации гемоглобина и некоторых микроэлементов, выведения лейкограммы. Для большинства биохимических тестов применяется плазма или сыворотка крови. Плазму крови получают центрифугированием или отстаиванием стабилизированной крови.

Сыворотку крови получают после свертывания крови в термостате при температуре +37^oC (в течение 10-15 минут). Образовавшийся сгусток крови отделяют от стенок пробирки тонкой проволокой или стеклянной палочкой, пробирку центрифугируют в течение 5-10 минут при 2-3 тысячи оборотов в минуту. Сыворотку сливают или отсасывают пипеткой.

Для лабораторных исследований пригодна сыворотка без следов гемолиза. При невозможности быстрого исследования стабилизированную кровь допустимо хранить в холодильнике в плотно закрытых пробирках до 24 часов, сыворотку крови для биохимических исследований – в зависимости от определяемых показателей. Не допускается хранение сыворотки крови на свету и повторное замораживание. Сроки стабильности ряда биохимических показателей приведены в приложении 2.

2. Методы определения биохимических показателей в крови у животных

Проведенные с многократным повторением анализы в условиях НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» позволили избрать наиболее специфичные и воспроизводимые биохимические методики исследования крови у животных. Большинство из них несложно освоить в лаборатории, оснащенной таким основным оборудованием, как фотоэлектроколориметр любой модели, центрифуга, термостат, весы аналитические и т.д. Для определения большинства из приводимых ниже тестов в Республике Беларусь имеются наборы реактивов. Полученные при биохимических исследованиях крови результаты интерпретируют с учетом референтных значений, приведенных в разделе 4.

Таблица 3 – Основные биохимические методики исследования крови у животных

Показатель	Метод
Белок общий	Рефрактометрический Колориметрический (с биуретовым реактивом*) Спектрофотометрический
Альбумин	Колориметрический (с бромкрезоловым зеленым)
Гамма-глобулины (иммуноглобулины)	Нефелометрический (с цинка сульфатом; с натрия сульфитом)
Мочевина	Колориметрический неферментативный (с диацетилмонооксимом) Ферментативный (уреазный метод)
Креатинин	Колориметрический с тикриновой кислотой (реакция Яффе)
Глюкоза	Колориметрический (с ортолуидином; глюкозооксидазный метод)
Липиды общие	Колориметрический (с сульфофосфованилиновым реактивом (по Цельнеру))
Общий холестерол	Колориметрический (По Ильку; ферментативно)
Ретинол (витамин А)	Колориметрический (по Бессею) Спектрофотометрический флюориметрический
Токоферол (витамин Е)	Колориметрический Спектрофотометрический (с α, α – дитиридиллом) Флюориметрический
Пировиноградная кислота	Колориметрический (в модификации Умбрайта; ферментативно)
Молочная кислота	Колориметрический (по Баркеру и Саммерсону; ферментативно)
Билирубин общий	Колориметрический (метод Йендрашика-Клеггорна-Грофа в моди- фикации Сенько-Курдеко)
Билирубин прямой	Колориметрический (метод Йендрашика-Клеггорна-Грофа в моди- фикации Сенько-Курдеко)
Щелочной резерв плазмы	По Кондрахину И. П. (с использованием сдвоенных колб)

Показатель	Метод
Кальций общий	Колориметрический (с глюксаль-бис [2-оксианилом]; с арсеназо-III реактивом)
Фосфор неорганический	Колориметрический (с ванадат-молибденовым реактивом)
Натрий	Колориметрический (с уранилацетатом) Потенциометрический
Калий	Колориметрический (с ацетатом натрия) Потенциометрический
Хлориды	Колориметрический (с роданидом ртути; с тиоционатом ртути) Потенциометрический Титриметрический (с дифенилкарбазоном)
Медь	Атомно-абсорбционный метод Колориметрический (с 4-(3,5-дибромо-2-пиридилазо)-N-этил-N-сульфопропил)-анилином) Колориметрический (с батокупроином)
Железо	Атомно-абсорбционный метод Колориметрический (с батофенантролином)
Кобальт	Атомно-абсорбционный метод
Цинк	Атомно-абсорбционный метод Колориметрический (с нитро-PAPS реагентом)
Холинэстераза	Колориметрический Спектрофотометрический
АсАт ¹⁾	Колориметрический Кинетически (По Райтману-Френкелю)
АлАт ²⁾	Колориметрический Кинетически (По Райтману-Френкелю)
ЩФ ³⁾	Колориметрический (по Бессею-Лоури-Броку) Кинетически
ГГТП ⁴⁾	Спектрофотометрический Кинетически
ЛДГ ⁵⁾	Колориметрический (с 2,4-динитрофенилгидразином) Кинетически
α -амилаза	Колориметрический (с 2-хлоро-4-нитрофенил- α -мальтотриозидом (CNP-G3)) Кинетически

Примечания: * – курсивом выделены наиболее объективные и воспроизводимые методики; ¹⁻⁵⁾ АсАт – аспаргатаминотрансфераза; АлАт – аланинаминотрансфераза; ЩФ – щелочная фосфатаза; ГГТП – гамма-глутаматтранспептидаза; ЛДГ – лактатдегидрогеназа.

При проведении интерпретации биохимических показателей следует учитывать единицы измерения, в которых выражена их концентрация или активность. Для перевода концентраций из одной размерности в другую необходимо пользоваться коэффициентами пересчета, приведенными в приложениях 3 и 4.

3. Клинико-диагностическое значение биохимических показателей крови

3.1. Белок общий

Общий белок – совокупность белков сыворотки (плазмы) крови, определяемых одной общей для отдельных их представителей реакцией (обычно биуретовой). Альбуминовая фракция синтезируется главным образом в печени, глобулиновая – в гепатоцитах и В-лимфоцитах. Информация об относительном содержании тех или иных белковых фракций в крови животных различных видов приведена в приложении 5.

На уровень белка в плазме влияют особенности кормления, функциональная активность почек и печени, желудочно-кишечного тракта.

Понижение концентрации общего белка обозначается термином гипопроотеинемия, повышение – гиперпротеинемия. Изменение содержания общего белка может носить как абсолютный, так и относительный характер (вследствие нарушения водного баланса).

Абсолютное увеличение содержания общего белка в сыворотке крови может быть связано со следующими патологическими состояниями: болезни печени (гепатит, дистрофия печени), острые и хронические инфекционные болезни, аутоиммунные болезни, кетоз. Гиперпротеинемия возникает также при белковом перекорме.

Относительное увеличение содержания общего белка в сыворотке крови, связанное со сгущением крови, возникает при рвоте, поносе, непроходимости кишечника и желудка, хроническом нефрите, генерализованном перитоните.

Гипопроотеинемия возникает при недостаточном поступлении белка в организм (белковое голодание), нарушении функции желудочно-кишечного тракта и снижении усвоения белка из корма (гастрит, энтерит, энтероколит), подавлении биосинтеза белка, связанным с болезнями печени (гепатоз, цирроз печени), повышенном выведении белка из организма с мочой при нефротическом синдроме, гломерулонефрите, с калом – при диарейном синдроме, кровью – при кровотечениях. У жвачных животных гипопроотеинемия может быть обусловлена снижением синтеза белка в преджелудках при гибели микроорганизмов на фоне различных болезней, сопровождающихся гипотонией и атонией, ацидоза рубца и т.д.

3.2. Альбумин

Альбумин - это основная белковая фракция плазмы (сыворотки) крови, которая синтезируется в печени животных.

Увеличение уровня альбумина в сыворотке (плазме) крови практически не встречается. Как правило, псевдо- или относительная гиперальбуминемия развивается при уменьшении содержания воды в русле крови вследствие дегидратации, а также при внутривенном введении больших количеств концентрированных «растворов» альбумина.

Уменьшение содержания альбумина в сыворотке (плазме) крови (гипоальбуминемия) происходит при недостаточном поступлении белка с кормом, нарушении всасывания продуктов распада белка через слизистую оболочку же-

лудочно-кишечного тракта (энтериты, гастроэнтериты), пониженном синтезе альбумина (токсические поражения печени, гепатоз, цирроз печени), повышенной потере белка (кровотечения, образование экссудата или трансудата), выходе в просвет кишечника (при завороте кишок, язвенном колите, перитоните), потерях с мочой при нефротическом синдроме.

3.3. Глобулины

Белки глобулиновой фракции представлены α (альфа)-глобулинами, β (бета)-глобулинами и γ (гамма)-глобулинами (иммуноглобулинами). Иммунные глобулины обладают свойствами антител. Среди иммуноглобулинов в крови здоровых животных преобладают иммуноглобулины классов А, G, М (около 99%). На иммуноглобулины классов Е и D в норме приходится менее 1% от общего количества γ -глобулинов.

Общее количество белков глобулиновой фракции определяется в сыворотке крови по разности между концентрациями общего белка и альбумина. Установление содержания отдельных фракций глобулинов проводится методом электрофореза. Общее количество глобулинов в крови изменяется при различных патологических состояниях, перечисленных ниже.

Количество альфа-глобулинов в крови увеличивается при острых, подострых и хронических воспалительных процессах в организме животного различной этиологии, аллергических болезнях, стрессах, травмах, ожогах, после проведения хирургических операций, злокачественных новообразованиях, сепсисе, болезнях печени и почек, длительном применении кортикостероидов.

Низкий уровень альфа-глобулинов в крови отмечается при дыхательной недостаточности и при внутрисосудистом гемолизе.

Уровень бета-глобулинов в крови увеличивается при злокачественных новообразованиях, гепатите, механической желтухе (при холецистите, желчекаменной болезни), железодефицитной анемии, сахарном диабете.

Снижается уровень бета-глобулинов при воспалительных болезнях различной этиологии, злокачественных новообразованиях.

Увеличение содержания гамма-глобулинов в сыворотке крови происходит при гаммаглобулинопатиях: хронических воспалительных процессах в лоханках почек (пиелите), желчном пузыре (холецистите), мочевом пузыре (уроцистите), печени (гепатите, токсической дистрофии, циррозе), механической (обтурационной) желтухе, аутоиммунных болезнях.

Снижение содержания гамма-глобулинов обнаруживается при развитии у животных нефротического синдрома, экземе, гнойных ранах, хронических инфекционных болезнях, иммунных дефицитах (врожденных, возрастных (у молодняка) и приобретенных).

Уменьшение содержания глобулинов всех фракций происходит при белковом голодании и нарушении усвоения белка при различных болезнях желудочно-кишечного тракта.

Важное значение при проведении дифференциальной диагностики и контроле за эффективностью лечебных мероприятий имеет определение альбумин-глобулинового соотношения (коэффициента). Данная величина определяется

посредством деления значения концентрации альбумина в сыворотке крови на концентрацию глобулинов. Альбумин-глобулиновый коэффициент снижается при хронических болезнях печени, воспалительных болезнях различной этиологии и локализации, злокачественных новообразованиях.

Для контроля за своевременностью выпойки молозива в первые дни после рождения телят производится исследование их крови с использованием «осадочных» тестов (цинк-сульфатного или натрий-сульфитного). При проведении данных тестов необходимо учитывать то, что под действием натрия сульфита или цинка сульфата происходит осаждение всех белков глобулиновой фракции и частично – альбуминовой фракции. В глобулиновой фракции у телят молозивного периода при своевременной выпойке достаточного количества полноценного молозива преобладают иммунные глобулины (γ -глобулины). Однако полученные значения могут оказаться высокими и при высоких уровнях α - и β -глобулинов (причины повышения приведены выше). Это следует учитывать для предупреждения ложной интерпретации результатов исследований.

Информация о процентном содержании различных белковых фракций в крови животных приведена в приложении 5, о содержании иммунных глобулинов в крови новорожденных телят – в разделе 4.3.

3.4. Мочевина (азот мочевины)

Мочевина (диамид угольной кислоты) – основной конечный продукт распада белка в организме. Существует прямая связь между концентрацией мочевины крови и потреблением белка, а также обратная связь между скоростью выведения мочевины с мочой и уровнем ее в крови.

Незначительное изменение концентрации мочевины в крови (снижение или увеличение) может наблюдаться при потреблении корма, содержащего слишком мало или чрезмерно много белка. Уменьшение содержания мочевины в крови возникает при беременности.

Увеличение содержания мочевины, характеризующее развитие интоксикации, называется уремией. Сама по себе мочевина не токсична, развивающаяся при увеличении ее концентрации в крови интоксикация обусловлена накоплением в организме других, токсичных продуктов. Вместе с тем следует иметь в виду, что мочевина, относительно легко проходя через плазматические мембраны клеток и будучи осмотически активным веществом, увлекает в клетки паренхиматозных органов и воду. Это приводит к увеличению объема клеток (клеточной гипергидратации) и нарушению их функционального состояния.

Увеличение содержания мочевины в крови наблюдается при усиленном ее образовании вследствие высокого уровня белка в рационе, повышенном распаде белков (при некротических и гнойно-некротических процессах в организме), синдроме желтухи, тяжело протекающих инфекционных болезнях, непроходимости кишечника, ожогах, дизентерии, шоковых состояниях, сердечной недостаточности, кровотечении из передних отделов желудочно-кишечного тракта, нерациональном применении некоторых лекарств – сульфаниламидов, левомицетина, тетрациклина, гентамицина, фуросемида.

Наиболее часто содержание мочевины в крови увеличивается при острой

и хронической почечной недостаточности, опухолях в мочевыводящих путях, предстательной железе, почечно(моче)каменной болезни (нефро(уро)литиазе).

Поскольку биосинтез мочевины происходит в печени (обезвреживание аммиака в орнитиновом цикле), то снижение содержания мочевины в крови происходит при тяжело протекающих гепатитах и гепатозах, отравлениях гепатотропными ядами (фосфором, мышьяком, четыреххлористым углеродом и т. д.), декомпенсированном циррозе. Низкий уровень мочевины в крови характеризует энергодефицитные состояния, голодание (прежде всего, продолжительный белковый недокорм), пониженный катаболизм белков.

3.5. Креатин и креатинин

Креатин и креатинин – компоненты остаточного азота, содержание которых в крови характеризует выделительную функцию почек и мышечную массу. Следует иметь в виду, что в организме помимо эндогенного креатинина присутствует и экзогенный креатин, поступающий в основном с кормами животного происхождения. Эндогенный креатинин экскретируется путем фильтрации в клубочках.

Увеличение содержания креатинина в крови (гиперкреатининемия) наблюдается при состояниях, связанных с его усиленным образованием или с задержкой в организме. Наиболее часто отмечается при нарушении функции почек и расценивается как ранний признак почечной недостаточности. Возрастное увеличение концентрации креатинина в крови характеризует развитие интоксикации и уремический синдром. Гиперкреатининемия регистрируется также при обтурации (нарушении проходимости) мочевыводящих путей, резко выраженном нарушении функции печени, сердечной недостаточности, воспалительных болезнях легких, лихорадочных состояниях, кишечной непроходимости, сахарном диабете (вследствие нарушения гормонального баланса), голодании и распаде белков тканей, остром распаде мышечной ткани.

Уменьшение содержания креатинина (гипокреатининемия) в крови выявляется при кахексии, различных болезнях с хроническим течением, голодании, низкобелковых рационах, атрофии скелетной мускулатуры и дистрофических изменениях в ней, длительном применении глюкокортикоидов, при беременности, тяжело протекающих болезнях печени (циррозе). Гипокреатининемия регистрируется при избыточных физических нагрузках, сочетающихся с низким уровнем белка в рационе.

3.6. Мочевая кислота

Мочевая кислота - конечный (у приматов) или промежуточный (у остальных млекопитающих) продукт обмена пуриновых оснований, а у птиц — также и белкового обмена.

Причины повышения концентрации мочевой кислоты в крови (гиперурикемии): избыточное белковое кормление, длительное голодание, мочекишный диатез (подагра), острые и хронические воспалительные болезни верхних дыхательных путей и легких, болезни печени и желчного пузыря (гепатит, цирроз, холецистит), болезни, характеризующиеся развитием почечной недостаточно-

сти (нефрит, нефроз, нефросклероз, поликистоз), гипо- и авитаминоз витаминов А, В₆, В₁₂, сахарный диабет (при развитии кето- или лактоацидоза), аллергические заболевания, длительный прием лекарственных средств (мочегонные препараты, нестероидные противовоспалительные препараты) и отравления (свинцом, аммиаком).

Снижение концентрации мочевой кислоты в крови (гипоурикемия) происходит при низкобелковых рационах, некоторых болезнях печени, обширных ожогах, патологиях почек различного происхождения. Болезни печени и почек, сопровождающиеся гипоурикемией, характеризуются также снижением активности ферментов, необходимых для образования мочевой кислоты.

3.7. Кетоновые тела

Различают три вида кетоновых тел: ацетоуксусную кислоту (ацетоацетат), β-гидроксимасляную кислоту (β-гидроксibuтират) и ацетон.

Концентрация кетоновых тел в крови повышается при первичном и вторичном кетозе, голодании животных, сахарном диабете (при развитии кетоацидоза).

3.8. Глюкоза

Глюкоза – основной представитель простых углеводов (моносахаридов), главный энергетический субстрат организма. Уровень глюкозы в крови регулируется деятельностью нейроэндокринной системы и паренхиматозных органов (печени, почек и др.)

Увеличение содержания глюкозы в крови (гипергликемия) отмечается при сахарном диабете, поражении центральной нервной системы, вызванном травмой или опухолью головного мозга, состояниях, связанных с тяжелыми патологиями печени, при которых нарушается синтез гликогена, гиперфункции щитовидной железы (гипертиреоз), гипофиза, надпочечников, поджелудочной железы (в том числе на фоне острого и хронического панкреатита), стрессовых ситуациях (стадия тревоги), ожогах, после применения кофеина, адреналина, препаратов глюкозы. Возникновение гипергликемии может быть обусловлено углеводным перекормом (скармливание больших количеств сахарной и полусахарной свеклы, сахара, патоки) или нарушением правил отбора крови.

Снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия) выявляется при голодании, кетозе, гиперсекреции инсулина, возникающей при инсулиноме (опухоли островкового аппарата поджелудочной железы), гипофункции щитовидной железы (гипотиреоз), надпочечников, гипофиза, токсических гепатозах (отравление хлороформом, четыреххлористым углеродом, салициловой кислотой и др.). Гипогликемия также характеризует энергодефицитное состояние организма.

Низкая концентрация глюкозы в крови возникает также при нарушениях правил отбора проб крови (позднее отделение сыворотки от сгустка, длительная транспортировка, неприменение консервантов (фторида натрия) и т.д.).

3.9. Молочная и пировиноградная кислоты

Молочная (лактат) и пировиноградная (пируват) кислоты – вещества, образующиеся в процессе окисления глюкозы.

Наличие и соотношение лактата и пирувата в крови - показатель адекватной доставки кислорода к органам и тканям, что позволяет оценить степень «кислородного голодания» тканей и энергодифицита.

Накопление в крови лактата (гиперлактатемия) называют также лактатацидозом (одна из форм метаболического ацидоза). Лактатацидоз развивается при нарушениях доставки или утилизации кислорода тканями (сердечная и дыхательная недостаточность (пневмонии, бронхит, болезни сердца), шок, тяжелые течения анемий, отравления животных окисью углерода или цианидами, кровопотери). Также уровень лактата в крови возрастает при избыточном его образовании или недостаточной утилизации (сахарный диабет, печеночная недостаточность (при гепатите, гепатозе, токсических поражениях печени), злокачественные новообразования, отравление салицилатами). Гиперлактатемия устанавливается также при кетозе, ацидозе рубца, гиповитаминозе В₁ и миоглобинурии однокопытных.

Содержание пировиноградной кислоты в крови (гиперпируватемия) резко увеличивается при гиповитаминозе В₁, миоглобинурии однокопытных, гиперфункции гипофизадrenalовой системы, сахарном диабете, циррозе печени, сердечной декомпенсации, токсикозах. Возможно повышение уровня пирувата при введении в терапевтических дозах некоторых лекарственных препаратов (камфоры, адреналина).

3.10. Щелочной резерв плазмы крови (резервная щелочность)

Определение щелочного резерва плазмы крови предназначено для изучения состояния кислотно-щелочного равновесия в организме и установления ацидотических или алкалозных состояний.

Снижение щелочного резерва плазмы крови характеризует ацидоз. При ацидозе происходит смещение кислотно-щелочного баланса организма в сторону увеличения кислотности. В зависимости от значения водородного показателя (рН) выделяют компенсированный ацидоз (рН находится в пределах физиологических значений (7,2-7,3)) и некомпенсированный ацидоз (рН выходит за нижнюю физиологическую границу).

Различают также газовый (респираторный) ацидоз, метаболический (обменный) ацидоз, выделительный ацидоз, экзогенный ацидоз и смешанный ацидоз.

Газовый ацидоз возникает при дыхательной и сердечной недостаточности, сопровождающей болезни дыхательной и сердечно-сосудистой систем (пневмонии, бронхиты, плевриты, эндокардит, миокардит и др.) или при вдыхании воздуха с повышенным содержанием углекислого газа.

Метаболический ацидоз связан как с кетоацидозом (повышенным образованием кетоновых тел при кетозе, длительном голодании или сахарном диабете), так и лактатацидозом (возникает при снижении доставки кислорода к тканям, что приводит к увеличению образования лактата с сопутствующим тяже-

лым метаболическим ацидозом, а также при повышенном образовании лактата в рубце при ацидозе). Метаболический ацидоз развивается также при ацидозной форме остеодистрофии или рахита, возникающих вследствие дефицита в рационе кальция, витамина D и избытка фосфора.

Выделительный ацидоз обусловлен нарушением выведения кислых продуктов из организма при почечной недостаточности (при нефрите, нефрозе), потерями бикарбонатов через почки или желудочно-кишечный тракт (при болезнях, сопровождающихся поносом).

Экзогенный ацидоз связан с повышенным введением кислот в организм в составе кормов или с лекарственными препаратами (хлоридом аммония, кальция хлоридом, аргинином, соляной кислотой и др.), а также при отравлениях.

Смешанный ацидоз сочетает указанные причины. На фоне развития ацидоза у животных возникают энергодефицитные состояния и вторичные дистрофические изменения во внутренних органах.

Увеличение щелочного резерва плазмы крови характеризует алкалоз, т.е. смещение кислотно-щелочного равновесия в сторону накопления щелочных эквивалентов. Различают компенсированный и некомпенсированный алкалоз, а по происхождению – газовый, негазовый и смешанный.

Газовый (респираторный) алкалоз возникает вследствие гипервентиляции легких, приводящей к избыточному выведению углекислого газа из организма. Гипервентиляция легких наблюдается при органических поражениях головного мозга (энцефалиты, опухоли и др.), действии на дыхательный центр различных токсических и фармакологических веществ (например, некоторых микробных токсинов, кофеина, коразола), при повышенной температуре тела, острой кровопотере и др.

Основными формами негазового алкалоза являются: выделительный, экзогенный и метаболический. Выделительный алкалоз может возникнуть вследствие больших потерь кислого желудочного сока при желудочных свищах, неукротимой рвоте, при длительном приеме диуретиков, некоторых болезнях почек, при эндокринных расстройствах, приводящих к избыточной задержке натрия в организме, усиленном потоотделении.

Экзогенный алкалоз наиболее часто наблюдается при избыточном введении бикарбоната натрия с целью коррекции метаболического ацидоза или нейтрализации повышенной кислотности желудочного сока при язвенной болезни. Умеренный компенсированный алкалоз может быть обусловлен длительным употреблением кормов, содержащих большое количество основных эквивалентов.

Метаболический алкалоз встречается при нарушениях минерального обмена (например, вследствие избытка в организме кальция и недостатка фосфора, что ведет к развитию алкалозных форм остеодистрофии и рахита).

Смешанный алкалоз (сочетание газового и негазового) может наблюдаться, например, при травмах головного мозга, сопровождающихся одышкой, гипоканией (состояние, вызванное недостаточностью углекислого газа в крови) и рвотой кислым желудочным соком.

3.11. Липиды

Липиды – разные по химической природе вещества, способные хорошо растворяться в неполярных органических растворителях и незначительно – в воде. К липидам относят нейтральные жиры – триглицериды (триацилглицерины), холестерол (общий, включающий свободный и эфирсвязанный), фосфолипиды (липиды, содержащие в качестве обязательного компонента фосфор), а также гликолипиды.

Увеличение содержания липидов в плазме (сыворотке) крови наблюдается через 1-3 ч после кормления (хилёзная сыворотка).

Основными заболеваниями, обуславливающими возрастание уровня общих липидов, являются: ожирение, болезни печени и поджелудочной железы. Также повышение их уровня наблюдается при механической (обтурационной) желтухе, циррозе печени, болезнях почек, сопровождающихся отеками, при кровопотерях.

Снижение концентрации липидов возникает чаще при анемиях, жировой дистрофии и циррозе печени, гиперфункции щитовидной железы.

3.12. Триглицериды (триглицеролы, триацилглицерины)

Триглицериды - это сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот (стеариновой, пальмитиновой и др.). Образующиеся в процессе липолиза жировой ткани свободные жирные кислоты используются в печени для биосинтеза триглицеридов, которые секретируются в кровяное русло в составе липопротеинов очень низкой плотности (пребета-липопротеинов). Если содержание нейтрального жира оказывается больше 5,6 ммоль/л, сыворотка становится мутной (хилёзной).

Увеличение концентрации триглицеридов (гипертриглицеридемия) отмечается при гепатите, болезнях, связанных с застоем желчи в печени, обтурацией (закупоркой) желчных ходов и общего желчного протока, острым и хроническом панкреатите, хронической почечной недостаточности и нефротическом синдроме, гипофункции щитовидной железы (микседеме), подагре, ожирении. Гипертриглицеридемия типична для сахарного диабета.

Уровень триглицеридов в крови снижается при дистрофии печени (вследствие нарушения синтеза липопротеинов печеночной паренхимой), гипертиреозе, голодании, нарушении всасывания в кишечнике.

3.13. Холестерол (холестерин)

Холестерол представляет собой циклический одноатомный ароматический спирт. Он обнаруживается во всех тканях и жидкостях организма животных так в свободном состоянии, как и в виде сложных эфиров. До 80% холестерола синтезируется в печени и его уровень в крови является показателем сохранения ее синтетической функции.

Увеличение содержания холестерола в сыворотке крови (гиперхолестеролемия) возникает при болезнях печени и желчевыводящих путей (гепатит, первичный билиарный цирроз печени, механическая желтуха), болезнях почек, сопровождающихся отеками, развитием нефротического синдрома и хронической

почечной недостаточности, гипофункции щитовидной железы (гипотиреоз), болезнях поджелудочной железы (хронический панкреатит), болезнях гипофиза, сопровождающихся сниженной секрецией в кровь соматотропного гормона, ожирении, беременности.

Уменьшение концентрации общего холестерина в сыворотке крови (гипохолестеролемиа) обнаруживается при голодании, болезнях печени (цирроз в поздней стадии, дистрофия, инфекционные болезни, осложняющиеся гепатитом), болезнях легких (неспецифические пневмонии), гиперфункции щитовидной железы, анемиях, болезнях с поражениями центральной нервной системы, лихорадочных состояниях, гнойно-воспалительных процессах в мягких тканях, сепсисе.

3.14. Кальций общий

Кальций является внутриклеточным катионом, около 99% кальция сосредотачивается в костях. Около 50% кальция плазмы крови находятся в ионизированном виде, 35% представлено в связанном с альбумином состоянии и около 5% – с комплексирующими ионами (фосфат, цитрат). Физиологически активным является ионизированный кальций, который находится в плазме крови.

Увеличение содержания кальция в плазме (сыворотке) крови (гиперкальциемия) происходит при передозировке витамина D (способствует повышению всасывания кальция в кровь и снижению выведения его из организма), алкалозной форме рахита и остеодистрофии, распаде тканей при перитоните, гангрене, гиперфункции паращитовидных желез и аденогипофиза (при акромегалии), проведении терапии эстрогенами, передозировке витамина A, почечной недостаточности. Гиперкальциемия возможна при злокачественных новообразованиях с поражениями костной ткани, молочной железы, легких, почек.

Физиологическая гиперкальциемия возникает у новорожденных поросят на 2-3-й день жизни, а также у поросят-гипотрофиков.

Уменьшение концентрации кальция в сыворотке (плазме) крови (гипокальциемия) отмечается при дефиците витамина D, ацидозной форме рахита и остеодистрофии, спазмофилии (у телят и поросят), нарушении всасывания кальция в кишечнике и его повышенном выведении с калом при диспепсии, гастроэнтерите и других болезнях с поражениями желудка (сычуга) и кишечника, при болезнях почек, сопровождающихся развитием хронической почечной недостаточности, уменьшении содержания альбумина в плазме крови, гипомагниемии, остром панкреатите, гипопаратиреозе (снижении функции паращитовидных желез).

Гипокальциемия сопровождается различными заболеваниями печени, характеризующиеся дистрофическими явлениями и снижением выработки желчи. Вследствие этого нарушается усвоение жирорастворимых витаминов (в том числе витамина D) в тонком отделе кишечника. Кроме того, при снижении синтетической функции печени нарушается образование предшественника активной формы витамина D - 25-гидрокси-холекальциферола.

Гипокальциемия обнаруживается также при исследовании плазмы крови, стабилизированной трилоном Б, что следует учитывать при отправке образцов

на исследования и формировании перечня тестов.

Перед проведением анализа по определению концентрации кальция важно тщательно ополаскивать посуду водой, лишенной солей кальция.

3.15. Магний

Магний – внутриклеточный катион, который поступает в организм вместе с растительными кормами (имеется в хлорофилле) и кормами животного происхождения.

Низкий уровень магния вызывает мышечное дрожание, судороги. Недостаток магния в организме встречается и при нормомагниемии. Гипомагниемия обычно свидетельствует о глубокой нехватке магния в организме.

Гипермагниемия обуславливает появление сонливости (магнезиальный наркоз), которую можно снять введением препаратов кальция. При повышенном содержании ионов магния в крови могут наступить угнетение дыхательного центра, кома, нарушения проводимости миокарда, блокада и остановка сердца.

Увеличение концентрации магния в сыворотке крови отмечается при острой и хронической почечной недостаточности, гипофункции надпочечников, анурии (прекращении отделения мочи), уремии, кетоацидозе, гипертрофическом артрите, обезвоживании; передозировке препаратов магния.

Клиническая симптоматика гипомагниемии проявляется обычно при концентрации магния 0,5 ммоль/л и менее. Данное явление возникает у крупного рогатого скота при пастбищной тетании. Уменьшение содержания магния в крови происходит также при голодании (минеральном (низкий уровень магния в рационе) и белковом), нарушении всасывания его в кишечнике при воспалительных болезнях желудка и кишечника, супоросности свиноматок (II и III триместры), остром и хроническом панкреатите, циррозе печени, остеодистрофии и рахите (у молодняка), тетании (при нормальном уровне ионов кальция и pH), в послеродовой период, при диарее различной этиологии, стеаторее (происходит образование нерастворимых соединений магния с желчными кислотами), эндокринных нарушениях (гипофункции щитовидной железы, гиперфункции паращитовидных желез, первичном гиперальдостеронизме, сахарном диабете). Гипомагниемия развивается при применении диуретиков.

У беременных животных дефицит магния ведет к осложнениям – абортam и преждевременным родам.

3.16. Калий

Калий – один из важнейших электролитов в организме. Содержание калия в организме зависит от баланса поступления калия с кормом, распределения его в организме и выведения (почками, потовыми железами, кишечником). Для калия в организме не существует «депо», поэтому даже незначительный недостаток калия, вызванный недостаточным поступлением калия с кормом, провоцирует нарушения в нервной и мышечной ткани, слабость, ослабление рефлексов, гипотонию, непроходимость кишечника и полиурию.

Гиперкалиемия (повышенное содержание калия в крови) возникает при повреждении клеток (гемолизе, длительном голодании, судорогах, тяжелых

травмах, глубоких ожогах), обезвоживании, ацидозе, острой почечной недостаточности (нарушено выведение калия почками), надпочечниковой недостаточности, а также при избытке в рационе и передозировке солей калия. Также уровень калия в крови повышается вследствие приема противовоспалительных препаратов. Развитию гиперкалиемии способствует ацидоз и выпас крупного рогатого скота на лугах с молодым травостоем.

К дефициту калия в крови (гипокалиемии) приводит недостаточное поступление его в организм животных с кормами, функциональные расстройства выделительных систем (почки, кожа, кишечник, легкие), усиленное выведение калия из организма под действием гормональных препаратов, мочегонных и слабительных средств, чрезмерные или хронически действующие стресс-факторы, а также избыточное поступление элементов-антагонистов калия (например, натрия).

3.17. Натрий

В организме натрия находится большей частью в межклеточной жидкости клеток (примерно в 15 раз больше, чем в цитоплазме). Разность концентраций поддерживает встроенный в мембраны клетки натрий-калиевый насос, доставляющий ионы натрия из цитоплазмы в межклеточную жидкость.

Сывороточный натрий повышен (гипернатриемия) при водном голодании, гиперфункции коры надпочечников, отравлении поваренной солью, а также вследствие приема андрогенов и эстрогенов, кортикостероидов, парентерального введения препаратов, содержащих натрия (физиологический раствор, раствор Рингера и др.).

Понижение сывороточного натрия (гипонатриемия) регистрируется при недостатке натрия в кормах, потере жидкости через кожу при сильной потливости (при высокой температуре в помещении), через легкие – при тяжелой одышке, через желудочно-кишечный тракт – при рвоте и диарее, при лихорадке (при инфекционных болезнях). Гипонатриемия типична для передозировки диуретиков, кортикостероидов, препаратов калия и кальция, недостаточности надпочечников и щитовидной железы, сахарного диабета, болезней, характеризующихся развитием отеков, почечной (хронический нефрит), печеночной или сердечной недостаточностью.

3.18. Хлориды

Хлор в ионизированном виде – основной анион биологических жидкостей. Хлорид-анионы являются постоянными спутниками ионов натрия. Они поступают в организм в виде поваренной соли и в основном содержатся во внеклеточной жидкости.

Повышение уровня хлоридов в крови (гиперхлоремия) указывает на нарушение проходимости почечного фильтра при острой почечной недостаточности, сопровождающейся олигурией или анурией, а также на сгущение крови и нарушение водного обмена при обезвоживании. Гиперхлоремия наблюдается при острых гломерулонефритах, отеках почечного происхождения, гиперфункции коры надпочечников.

Понижение содержания хлоридов в крови (гипохлоремия) наблюдается при ряде инфекционных болезней (в первую очередь, сопровождающихся поражением легких и лихорадкой). Гипохлоремия наблюдается при усиленном потоотделении, рвоте, ацидотическом состоянии (связано с повышенным выведением хлора с мочой), болезнях почек, сопровождающихся повышением уровня остаточного азота крови, при непроходимости кишечника, ущемленных грыжах, осложненных илеусом (непроходимостью), при сахарном и несахарном диабете.

3.19. Фосфор неорганический

Фосфор – элемент, обмен которого тесно связан с метаболизмом кальция. Встречается главным образом в виде аниона PO_3^{-3} . Содержание фосфора неорганического в циркулирующей плазме зависит от интенсивности всасывания его в кишечнике (витамин- D -зависимый процесс), функции паращитовидных желез и потребления витамина D (оказывающих влияние на всасывание фосфора через слизистую оболочку кишечника), а также от функции почек, процессов обмена веществ в костной ткани, характера кормления.

Перед проведением анализа по определению количества фосфора важно тщательно ополаскивать посуду, вымытую с помощью средств, содержащих фосфат.

Увеличение содержания неорганического фосфора в крови (гиперфосфатемия) отмечается при почечной недостаточности (нефритах, нефротическом синдроме), токсикозах беременности; заживлении переломов (благоприятный признак), избыточном поступлении в организм витамина D (гипервитаминозе D), кетоацидозе, ацидозной форме остеодистрофии и рахита, недостаточности магния, респираторном ацидозе.

Уменьшение содержания неорганического фосфора в крови (гипофосфатемия) выявляется при кишечной мальабсорбции со стеатореей (снижении усвоения фосфора в кишечнике), спазмофилии, алкалозной форме рахита и осеодистрофии, гипофункции щитовидной железы (гипотиреозе), гиповитаминозе D , иногда у супоросных свиноматок (токсикозы беременности), при длительном применении препаратов алюминия, гипокалиемии.

3.20. Микроэлементы (железо, медь, цинк, кобальт, йод, селен)

Железо, цинк, медь, кобальт, йод и селен относят к эссенциальным (жизненно важным) микроэлементам.

Увеличение содержания сывороточного железа происходит при усиленном высвобождении железа из эритроцитов крови (гемолитических анемиях, что обусловлено выходом ионов железа из разрушающихся в кровяном русле эритроцитов), гипопластических и апластических анемиях, B_{12} и B_9 (фолиеводефицитных) анемиях, чрезмерной резорбции железа при повышении всасывания его через желудочно-кишечный тракт, передозировке препаратов железа, используемых с лечебной и профилактической целью, нефрите, остром и хроническом гепатите и других болезнях печени. Повышение в крови концентрации железа также может быть обусловлено его высоким содержанием в кормах или питьевой воде.

Уменьшение концентрации железа в сыворотке крови наблюдается при железодефицитной анемии вследствие недостаточного поступления железа в организм, болезней желудочно-кишечного тракта (гипосекреторные и гипоацидные гастриты, снижение усвоения и выведение с фекалиями при энтеритах различной этиологии), острых и хронических постгеморрагических анемиях (вследствие кровопотерь) и анемиях, связанных с перераспределением железа в организме из-за поглощения клеточными элементами системы мононуклеарных фагоцитов железа плазмы крови (при воспалениях, гнойной септической инфекции, остеомиелите).

Низкое содержание железа в крови выявляют при хронической почечной недостаточности (вследствие недостаточной продукции эритропоэтина), болезнях почек, сопровождающихся повышением уровня остаточного азота крови и развитием нефротического синдрома, при непроходимости кишечника, при сахарном и несахарном диабете (вследствие увеличения экскреции с мочой), беременности (усиленное расходование в связи с развитием плодов), холестатическом синдроме (обтурационная желтуха), дефиците витамина С, а также в период активного роста и при интенсивной физической нагрузке.

Снижение концентрации цинка в крови (гипоцинкемия) возникает при недостаточном содержании цинка в кормах, паракератозе молодняка, при нарушении всасывания цинка при воспалительных болезнях тонкого кишечника различной этиологии (в том числе и при глистных инвазиях), хронических болезнях печени (особенно при циррозе), почек (особенно при нефрозе) и желчного пузыря, гемолитической анемии, у свиноматок в заключительный период супоросности, особенно при недостатке микроэлемента в рационе, повышенной потребности животных в данном элементе в период беременности и лактации, ожогах, дерматитах и других поражениях кожи, при остром стрессе, применении диуретиков, эстрогенов, кортикостероидов. Повышение концентрации цинка (гиперцинкемия) происходит при отравлении цинком, передозировке цинксодержащих препаратов и кормовых добавок, приеме кортикостероидов и эстрогенсодержащих препаратов.

Повышенное содержание меди в крови (гиперкупроемия) наблюдается при острых стрессах, болезнях печени, гипертиреозе (гиперфункции щитовидной железы), апластической (вследствие нарушений костномозгового кроветворения) и железодефицитной анемиях, злокачественных новообразованиях (в желудочно-кишечном тракте, легких, костной ткани, молочной железе), пневмонии, а также при травмах, применении эстрогенов, в период беременности. Гиперкупроемия возможна при передозировке медьсодержащих препаратов.

Пониженное содержание меди в крови (гипокупроемия) возникает при низком содержании микроэлемента в кормах, снижении усвоения меди в тонком отделе кишечника при воспалительных болезнях желудочно-кишечного тракта, нефротическом синдроме, возникающем при нефрите и нефрозе, а также при болезнях печени (вследствие снижения синтеза медьсодержащего белка церулоплазмينا), ожогах. Гипокупроемия характеризует также избыточное поступление элементов-антагонистов меди (молибдена и цинка), при котором происходит нарушение усвоения меди из кормов.

Интерпретация результатов может быть осложнена тем, что церулоплазмин (медьсодержащий белок) является белком острой фазы воспаления, поэтому его уровень повышен при любом воспалительном или инфекционном заболевании.

Причинами дефицита кобальта в организме и в крови (гипокобальтемии) являются недостаточное поступление с кормами микроэлемента кобальта и витамина В₁₂, нарушение всасывания при воспалительных болезнях тонкого кишечника различной этиологии (в том числе и при глистных инвазиях), гипоацидный и анацидный гастриты, повышенная потребность животных в кобальте в период беременности и лактации, анемиях. Повышение концентрации кобальта (гиперкобальтемия) характерно для острого или хронического отравления данным элементом.

Снижение содержания в крови йода (йода, связанного с белком (СБИ)) характеризует йодную недостаточность организма и возникающий на ее фоне эндемический зоб. К низкой концентрации СБИ чаще всего приводит недостаток йода в кормах, а также избыточное поступление в организм элементов-антагонистов йода.

Недостаток селена в крови (гипоселенемия) возникает при неполноценности кормов по содержанию селена и беломышечной болезни, а гиперселенемия – при отравлении селеном или передозировке селеносодержащих препаратов и кормовых добавок.

Снижение концентрации йода и селена в крови возможно при снижении усвоения данных микроэлементов в кишечнике при энтеритах различной этиологии.

Низкие значения концентраций микроэлементов в крови могут быть обусловлены нарушениями их усвоения и включения в метаболические процессы при наличии в составе кормов или питьевой воды избыточных количеств макро- и микроэлементов-антагонистов или других антипитательных веществ (таблица 4).

Таблица 4 – Микроэлементы и их антагонисты

Микроэлемент	Элементы-антагонисты и антипитательные вещества
Йод	кальций, стронций, свинец, фтор, кобальт, марганец, сера, марганец, бром, хлор
Медь	фосфор, молибден, цинк, сера, кальций, стронций, хром, кадмий, марганец, железо, танины
Кобальт	железо, марганец, стронций, бор
Марганец	фосфор, кальций, йод, молибден, магний, никель, стронций, барий
Цинк	кальций, железо, фосфор, кадмий, медь, свинец, фитаты
Селен	сера (сульфаты), азот (в составе удобрений), ртуть, медь
Железо	кальций, цинк, фосфаты, антацидные препараты и добавки

3.21. Витамин А и его провитамин каротин

Витамин А (ретинол) относится к жирорастворимым витаминам. Его провитамином является каротин.

В крови лошадей, мелкого рогатого скота, собак, кошек, свиней и птиц, а также у телят каротин практически не определяется, поэтому для

контроля за состоянием обмена витамина А в крови определяют концентрацию ретинола.

Причинами дефицита ретинола в крови (гипоретинолемии) могут стать недостаточное поступление витамина А и каротина с кормами, недостаток в кормах жиров, необходимых для усвоения жирорастворимых витаминов, наличие в кормах большого количества перекисных соединений, нарушение всасывания при воспалительных болезнях тонкого кишечника различной этиологии (в том числе инфекционной и инвазионной), повышенная потребность самок в данном витамине в период беременности и лактации, молодняка – в период интенсивного роста.

Гипоретинолемия возникает при хронических болезнях печени, сопровождающихся снижением желчевыделения, почек (происходит повышение выведения витаминов с мочой), дефиците цинка в организме (нарушается транспорт витамина А).

Описанные состояния являются причинами возникновения гипокароти-немии у взрослого крупного рогатого скота.

Повышение витамина А и каротина в крови практически не регистрируется.

3.22. Витамин Е

Витамин Е (токоферол) выполняет антигипоксантную функцию, т.е. способствует экономному потреблению кислорода клетками, что обеспечивает их нормальную работу в условиях недостатка кислорода (пневмонии, гепатиты, токсическая дистрофия печени, анемии, инфекционные заболевания, сахарный диабет). При этом происходит устранение явлений энергодефицита и эндогенной интоксикации. Токоферол является иммуномодулятором клеточной составляющей иммунитета.

Токоферол участвует в образовании коллагеновых и эластичных волокон. За счет этого укрепляется стенка сосудов; кожа начинает лучше удерживать влагу и происходит ускорение процессов заживления кожи. Витамин Е участвует в гемопоэзе и предотвращает развитие гипопластической анемии. Стабилизируя клеточные мембраны эритроцитов (предохраняя их от разрушения), он предотвращает развитие гемолитической анемии.

Витамин Е (токоферол) предохраняет витамин А от окисления как в кишечнике, так и в тканях. Поэтому при недостатке витамина Е организм животного не может усвоить нужное количество витамина А.

Причины снижения содержания витамина Е в крови (гипотокоферолемии) в основном те же, что и причины гипоретинолемии.

3.23. Билирубин (общий, прямой, непрямой)

Билирубин - один из пигментов крови и других биологических жидкостей. Является продуктом распада небелковой части гема белка гемоглобина. Общий билирубин плазмы крови представлен двумя основными компонентами: непрямой (свободным) и прямой (конъюгированным, т. е. связанным с глюкуроновой кислотой или просто связанным).

Увеличение уровня билирубина в крови сопровождается желтушной ок-

раской слизистых оболочек и кожных покровов, при этом она развивается у свиней при концентрации билирубина более 33 мкмоль/л (при данной концентрации у свиней возникает сильнейшая интоксикация, сопровождающаяся летальным исходом).

Увеличение содержания непрямого (свободного) и общего билирубина в крови происходит при усиленном распаде эритроцитов в кровяном русле (гемолитической анемии). К этому состоянию (надпеченочные желтухи) приводят гемолитические анемии (острые и хронические), гемолитическая болезнь новорожденных, В₁₂-дефицитные анемии, обширные гематомы.

Печеночная (паренхиматозная) гипербилирубинемия возникает при болезнях печени: гепатите, циррозе и дистрофии печени (гепатозе, в том числе и жировом). В крови увеличивается концентрация прямого и связанного билирубина.

К надпеченочным желтухам, обусловленным застоем желчи в печени, относят механическую, или обтурационную желтуху. Данное явление возникает вследствие закупорки желчных ходов камнями (при холелитиазе), сдавливании их опухолями, абсцессами, отеками тканей, снижении проходимости вследствие набухания слизистой оболочки при воспалении (холецистите, холангите). Причинами застоя желчи в печени может стать медикаментозная терапия, при которой длительно и в высоких дозах применяют пенициллин, эритромицин, тилан, сульфаниламидные и некоторые другие антимикробные, в т.ч. и комплексные, препараты.

Низкая концентрация общего билирубина в крови (гипобилирубинемия) выявляется при болезнях с острой и хронической почечной недостаточностью, апластической анемии, алиментарной дистрофии и длительном недокорме (голодании).

Снижение концентрации общего билирубина в крови происходит при длительном хранении образцов на свету, применении некоторых препаратов (амикацина, барбитуратов, кофеина, кортикостероидов, салицилатов, сульфаниламидов).

3.24. Амилаза

Амилаза (α -амилаза) – пищеварительный фермент, расщепляющий крахмал и гликоген до мальтозы. В организме вырабатывается поджелудочной железой и слюнными железами.

Повышение активности амилазы в крови (гиперамилаземия) происходит при остром или хроническом панкреатите, кистозе, новообразованиях, камнях в поджелудочной железе, перитоните, болезнях, характеризующихся развитием почечной недостаточности (нефрите, нефрозе, нефросклерозе), язвенной болезни желудка, гастрите, острой кишечной непроходимости. Гиперамилаземия возможна при применении кортикостероидов, фуросемида, нестероидных противовоспалительных препаратов, воспалении слюнных желез.

Снижение активности амилазы в крови возможно при остром или хроническом течении гепатита, циррозе печени, злокачественных новообразованиях (при наличии метастазов в печени), обширных ожогах кожи, сахарном диабете, гипотиреозе, голодании и кахексии.

3.25. Холинэстераза

Холинэстераза (ХЭ) – фермент, расщепляющий эфиры холина (ацетилхолин, бутирилхолин и некоторые другие производные холина).

Уменьшение активности ХЭ отмечается при застойных явлениях в печени (вследствие нарушения гемодинамики), механической (обтурационной) желтухе (холелитиаз, холецистит, холангит), циррозе печени, застойных явлениях в почках (нефриты, нефротический синдром), воспалительных процессах в печени (при гепатите происходит значительное снижение активности холинэстеразы), рахите, воспалительном поражении кожи и мышц (дерматомиозит), мышечной дистрофии, поздних сроках беременности; состояниях, связанных со снижением уровня альбумина в плазме (холинэстераза синтезируется в клетках печени совместно с альбуминовой фракцией); отравлении фосфорорганическими соединениями.

Увеличение активности ХЭ в сыворотке крови отмечается при тяжелом течении болезней почек, воспалительных болезнях тонкого кишечника (экссудативный энтерит), язве желудка, ожирении, сахарном диабете.

3.26. Аспаратаминотрансфераза

Аспаратаминотрансфераза (АсАт) – внутриклеточный фермент класса трансфераз, подкласса трансаминаз, который катализирует превращение α -кетокислот в аминокислоты путем переноса аминогруппы. Фермент катализирует обратимую реакцию перехода оксалоацетата (щавелево-уксусная кислота) в аспарат (аспарагиновая кислота).

Активность АсАт преобладает в мышечной ткани (сердца и скелетных мышц). Увеличение активности АсАт устанавливают при остром и хроническом гепатите, циррозе печени, жировой и токсической (вызванной тетрахлометаном, ядами, некоторыми фармакологическими препаратами, например тиланом, нортрилом, левотетрасульфимом и др.) гепатодистрофии, болезнях, сопровождающихся развитием механической желтухи, поражениях мышц (мышечной дистрофии, дерматомиозите, травмах), болезнях сердца (инфаркт миокарда, миокардит), гемолитической анемии, лептоспирозе, остром панкреатите. Активность фермента повышается после приема аскорбиновой кислоты и некоторых лекарственных препаратов, обладающих холестатическим или гепатотоксическим действием (эритромицина, гентамицина, линкомицина, тетрациклина, нестероидных противовоспалительных препаратов, сульфаниламидов, препаратов меди и железа, препаратов, содержащих мужские и женские половые гормоны).

Уменьшение активности фермента в сыворотке крови происходит при недостаточном поступлении или образовании в организме пиридоксина (витамина В₆), при почечной недостаточности, беременности. Снижение активности возможно при болезнях печени с разрушениями больших участков паренхимы и невозможностью синтеза данного фермента (при циррозе печени, некротических изменениях в паренхиме печени).

В дифференциальной диагностике болезней печени и сердца большое значение принадлежит расчету коэффициента де Ритиса (отношение активно-

стей АсАт и АлАт). Этот коэффициент увеличивается при болезнях сердца, в то время как при поражениях печени – снижается.

3.27. Аланинаминотрансфераза

Аланинаминотрансфераза (АлАт) - внутриклеточный фермент класса трансфераз, подкласса трансаминаз, который катализирует превращение α -кетокислот в аминокислоты путем переноса аминогрупп. Фермент катализирует обратимую реакцию перехода пирувата (пировиноградной кислоты) в аланин.

Увеличение активности АлАт наблюдается при остром и хроническом гепатите, циррозе печени, жировой гепатодистрофии, болезнях, сопровождающихся развитием механической желтухи, токсическом повреждении печени (четырёххлористым углеродом, отравлении ядами, некоторыми фармакологическими препаратами, например тиланом, нортрилом, левотетрасульфидом и др.), сахарном диабете, поражениях мышц (мышечной дистрофии, миозите, травмах и некрозе скелетных мышц), болезнях сердца (миокардит), ожогах, панкреатите, гемолитической анемии (активность повышена умеренно). Активность трансаминаз повышается после приема аскорбиновой кислоты и некоторых лекарственных препаратов (эритромицина, гентамицина, линкомицина).

Уменьшение активности АлАт в крови происходит в основном по тем же причинам, что и фермента АсАт.

3.28. Щелочная фосфатаза

Фосфатазы – энзимы, отщепляющие остаток фосфорной кислоты от ее органических эфирных соединений. Таким образом, они участвуют в минеральном (фосфорно-кальциевом) обмене. Термин «щелочная фосфатаза» (ЩФ) объединяет ряд ферментов, оптимум рН которых для проявления активности в условиях *in vitro* составляет около 10.

Увеличение активности ЩФ (гиперфосфатаземия) происходит вследствие гиперсекреции в кровь изоферментов (печеночного изоэнзима – отмечается при повреждении паренхимы печени, желчных путей – при холестазах и механической желтухе, кишечника – при воспалительных болезнях кишечника, костного – при рахите и остеодистрофии, образовании костной мозоли при переломах, плаценты – во время беременности). Возрастание в крови активности изоферментов сопровождается повышением общей активности щелочной фосфатазы.

Активность щелочной фосфатазы оказывается более высокой при следующих физиологических состояниях: у молодняка в периоде активного роста и у беременных животных в заключительный период беременности.

Снижение активности фермента (гипофосфатаземия) происходит при тяжелом течении анемий, гипотиреозе (недостаточности щитовидной железы), недостаточном поступлении в организм белка, магния и цинка, витаминов В₆, В₉, С, избыточном поступлении витамина D. У беременных животных гипофосфатаземия возможна при плацентарной недостаточности, а у молодняка – при гипотрофии.

3.29. Гамма-глутамилтранспептидаза

Гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП) – фермент, локализующийся в наружной мембране клеток (желчных путей, печени и других органов) и принимающий участие в образовании белковых молекул. Катализирует реакцию переноса глутамилового остатка с гамма-глутамилового пептида на аминокислоту, а также реакцию гидролиза гамма-глутамилового пептида.

Повышение активности ГГТП указывает на наличие холестаза. Определение активности ГГТП особенно важно в диагностике малосимптомных гепатитов, а также при наблюдении за течением хронических болезней печени.

Увеличение активности ГГТП в крови наблюдается при механической (застойной) желтухе вследствие обтурации (закупорки) внутрипеченочных и внепеченочных желчных ходов (при этом внутри- и внепеченочный холестаз сочетается с повышением активности ЩФ), острым (возрастание активности фермента начинается с момента падения активности трансаминаз) и хроническом гепатите, токсической и жировой дистрофии печени, панкреатите (остром и хроническом), хроническом гломерулонефрите и амилоидозе почек.

Таким образом, значительное повышение активности ГГТП происходит в основном при болезнях печени и желчевыводящих путей. Определение активности данного фермента является чувствительным тестом на выявление интоксикации и может использоваться для диагностики токсикозов различной этиологии.

Повышение активности ГГТП возможно при приеме нестероидных противовоспалительных препаратов, некоторых антибиотиков и противогрибковых препаратов.

Уменьшение активности ГГТП отмечается при циррозе и некротических изменениях в печени, гипотиреозе (гипофункции щитовидной железы), длительном приеме витамина С, а также в начальный период беременности.

3.30. Лактатдегидрогеназа

Лактатдегидрогеназа (ЛДГ) – фермент, катализирующий превращение молочной кислоты в пировиноградную, и, наоборот, пировиноградной – в молочную.

Увеличение активности ЛДГ происходит при болезнях миокарда, острых и хронических гепатитах и нефритах, пневмонии, повреждениях мышц, анемиях. Реже возрастание активности наблюдается при остром панкреатите.

Снижение активности лактатдегидрогеназы может произойти при добавлении оксалатов в кровь в качестве антикоагулянтов.

3.31. Креатинкиназа (креатиновая киназа)

Креатинкиназа (креатинфосфокиназа) - это фермент, катализирующий образование из АТФ и креатина макроэргического соединения креатинфосфата.

Повышение активности креатинкиназы в крови происходит при болезнях сердца, характеризующихся воспалительными и некротическими изменениями в миокарде (миокардит, миокардиодистрофия) и скелетной мускулатуре, травмах скелетной мускулатуры, болезнях центральной нервной системы (при че-

репно-мозговых травмах, некрозе в мозговой ткани), гипотиреозе, злокачественных опухолях. Гиперферментемия возникает при любых хирургических вмешательствах, судорогах и болезнях, сопровождающихся судорогами (столбняк, эпилепсия).

Повышение активности фермента может быть следствием тяжелых физических нагрузок, беременности, родов, применения кортикостероидов и барбитуратов.

Понижение уровня креатинкиназы происходит при истощении животных, атрофии скелетной мускулатуры, гиподинамии.

Снижение активности фермента в крови происходит при действии на образец сыворотки или плазмы прямых солнечных и ультрафиолетовых лучей.

4. Нормативные значения биохимических показателей крови животных

4.1. Нормативные значения биохимических показателей крови животных (сыворотка крови)

Показатель, единица измерения	Крупный рогатый скот	Лошади	Свиньи	Овцы	Козы	Собаки	Кошки
1	2	3	4	5	6	7	8
α-амилаза, ИЕ/л	до 98,3	до 188	44-88	245-323	140-270	226-1063	550-1458
Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	1,3-60	0-24	5,0-76,0	до 24	5-11	10-109	25-97
Аспаргатаминотрансфераза, ИЕ/л	11-160	12-369	1,0-49	до 280	до 513	10-43	7-38
Альбумин, г/л	18-46	25-38	20-48	24-30	27-39	23-31	28-39
Альбумин-глобулиновое соотношение	0,8-1,1	0,6-1,5	0,8-1,1	0,8-1,1	0,6-1,3	0,8-2,0	0,4-1,5
Белок общий, г/л	72-90	55-78	75-90	60-79	64-70	54-75	60-79
Билирубин общий, мкмоль/л	0,3-8,2	8,5-47,9	0,2-5,1	1,7-8,6	1,71-29,2	до 8,0	до 5,1
Гаммаглутамилтранспептидаза, ИЕ/л	до 39	до 22	30-60	20-52	20-56	1,0-9,7	0,8-2,0
Глюкоза, ммоль/л	2,2-4,4	2,7-5,5	4,4-5,6	2,8-4,4	2,8-4,2	4,2-6,6	3,3-6,6
Железо, мкмоль/л	15,2-37,6	17-36	18,6-42,9	9,7-39,7	11,6-21,8	9,6-36,0	12,2-38,5
Йод, связанный с белком, нмоль/л	315-630	158-315	315-630	315-630	315-630	-	-
Калий, ммоль/л	3,8-6,5	2,8-9,0	4,1-7,2	2,8-9	3,3-7,3	3,9-5,1	3,7-6,1
Кальциево-фосфорное соотношение	1,6-2,0	1,6-2,5	1,5-2,2	1,3-2,0	1,0-2,1	1,7-2,8	1,5-2,9
Кальций общий, ммоль/л	2,5-3,1	2,5-3,5	2,3-3,3	2,8-3,2	2,2-2,9	2,3-2,9	2,2-2,9
Каротин, мг%	0,3-3,5	0,04-0,31	0-0,01	0-0,02		-	-
Кетоновые тела (общие), г/л	до 0,109	-	0,005-0,067		-	-	
Креатинин, мкмоль/л	80-180	106-168	40-60	106,1-168,1	88,5-161	44,2-150,3	79,6-194,5
Креатинкиназа, ИЕ/л	14,4-409	119-287	221-1746	40-285	40-285	52-895	50-450
Лактатдегидрогеназа, ИЕ/л	119-1445	162-1285	255-672	238-440	123-392	до 236	до 350
Магний, ммоль/л	0,5-1,6	0,7-2,1	0,8-1,5	0,9-1,2	1,2-1,5	0,7-1,0	0,7-1,07

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Медь, мкмоль/л	6,3-24,3	5,5-47,1	11,5-47,1	9,1-25,2	7,8-39,2	-	11-22
Молочная кислота (лактат), ммоль/л	0,6-2,2	0,3-1,7	0,9-1,2	1,0-1,3	1,0-1,2	1,4-2,8	1,9-3,3
Мочевая кислота, мкмоль/л	до 120	24-65	6-280	24-65	6-110	до 150	до 100
Мочевина, ммоль/л	0,8-6,9	1,7-6,6	1,8-9,5	1,7-6,6	1,3-7,1	2,9-10,0	6,8-12,1
Натрий, ммоль/л	126-162	126-154	140,8-162,8	121,3-154	112,6-157,1	142-152	146-156
Общие липиды, г/л	2,5-8,6	1,6-2,6	4,0-12,0	1,6-2,6	1,5-5,1	7-15	3-6
Пировиноградная кислота, мкмоль/л	114-193	27,4-145,9	120-420	27,4-145,9		193-341	-
Ретинол (витамин А), мкмоль/л	0,46-6,3	0,31-0,56	0,7-1,2	0,5-4,2	0,5-4,2	0,3-0,7	-
Среднемолекулярные вещества, ед. опт. плотности	до 0,1	-	до 0,1	-	-	-	-
Токоферол (витамин Е), мкмоль/л	3,0-34,5	4,6-25,3	2,3-36,0	6,9-13,8		-	11,5-46,5
Триглицериды, ммоль/л	0,03-0,6	0,1-1,4	0,2-1,3	0,02-0,6	до 0,6	0,5-1,9	0,3-1,1
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,35-1,94	1,0-1,6	1,5-2,2	1,6-2,4	1,4-2,9	0,9-1,7	1,0-2,0
Хлориды, ммоль/л	86-113	95-106	88,5-107,2	95-105,7	90,2-124,9	102-117	108-130
Холестерин общий, ммоль/л	1,3-4,4	1,4-4,5	1,5-2,9	1,4-2,0	2,1-3,4	3,5-7,2	1,8-4,0
Холинэстераза, ИЕ/л	1200-2800	1500-3000	240-660	-	-	1347-2269	1000-2000
Цинк, мкмоль/л	15,3-33,7	9,2-24,5	8,26-35,2	9,2-24,5	12,2-35,2	10,8-18,5	11,6-18,6
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	до 164	до 380	41-180	68-387	93-387	до 150	до 130
Щелочной резерв плазмы, об% CO ₂	50-60	50-65	45-55	50-70	48-60	55-65	-
Щелочной резерв (по Раевскому), мг%	270-480	-	270-480	-	-	-	-

4.2. Нормативные значения содержания в крови микроэлементов (стабилизированная кровь)

Показатель	Крупный рогатый скот		Лошади		Свиньи		Мелкий рогатый скот		Куры	
	мкмоль/л	мг/л	мкмоль/л	мг/л	мкмоль/л	мг/л	мкмоль/л	мг/л	мкмоль/л	мг/л
Кобальт	0,5-0,8	0,03-0,05	0,4-0,8	0,025-0,05	0,4-0,8	0,025-0,05	0,5-0,8	0,03-0,05	0,3-0,5	0,02-0,03
Марганец	2,7-4,5	0,15-0,20	-	-	1,4-3,0	0,02-0,1	0,7-1,4	0,04-0,08	0,36-1,82	0,02-0,1
Медь	14-17	0,9-1,0	3,5-7	0,35-0,45	19-38	1,5-2,4	8-11	0,5-0,7	8-11	0,5-0,7
Селен	1,0-1,5	0,08-0,12	1,0-1,4	0,08-0,11	0,4-0,8	0,035-0,065	1,0-1,5	0,08-0,12	1,016-1,40	0,08-0,11
Цинк	46-77	3-5	-	-	40-72	3,5-5,6	12-15	0,8-1,0	-	-

4.3. Нормативные значения показателей в сыворотке крови у крупного рогатого скота (молодняк)

Показатель, единица измерения*	Группа животных			
	До 1 месяца	1-3 Месяца	3-6 месяцев	6-12 месяцев
Общий белок, г/л	54-70	53-70	59-82	70,0-80,0
Кальций, ммоль/л	2,7-3,1	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-2,9
Неорганический фосфор, ммоль/л	1,8-2,2	1,8-2,1	1,8-2,3	1,8-2,0
Глюкоза, ммоль/л	2,2-4,4	2,2-4,4	2,2-4,4	2,2-4,4
Иммунные глобулины (возраст один день), г/л (мг/мл)**	не менее 13			
Иммунные глобулины (возраст третий день), г/л (мг/мл)**	не менее 15			
Иммунные глобулины (возраст седьмой день), г/л (мг/мл)**	не менее 15			

* - другие биохимические показатели рекомендуется оценивать в соответствии с разделом 4.1

** - в реакции с натрия сульфитом или цинка сульфатом происходит осаждение всех белков глобулиновой фракции, в которой у телят молозивного периода при своевременной выпойке достаточного количества полноценного молозива преобладают иммунные глобулины (γ-глобулины)

4.4. Нормативные значения биохимических показателей у коров с различной продуктивностью*

Показатель, единица измерения	Коровы		
	Сухостойные	Дойные (удой до 5000 кг)	Дойные (удой свыше 5000 кг)
Белок общий, г/л	71-84	77-86	72-90
Гаммаглутамилтранспептидаза, ИЕ/л	6,7-29,0	4,9-25,7	10-39
Глюкоза, ммоль/л (сыворотка крови)	3,3-4,0	2,3-3,8	3,6-4,1
Кальций общий, ммоль/л	2,5-3,1	2,5-3,1	2,2-3,1
Креатинин, мкмоль/л	85-180	55,8-160	73,8-180
Магний, ммоль/л	0,7-1,2	0,5-1,6	0,6-1,3
Пировиноградная кислота, мкмоль/л	114-193	104-235	208-254
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,2-2,2	1,3-2,0	0,8-1,8
Холестерин общий, ммоль/л	1,3-4,4	1,3-4,4	1,3-5,0
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	до 164	до 164	до 164

* - другие биохимические показатели рекомендуется оценивать в соответствии с разделом 4.1

4.5. Нормативные значения биохимических показателей в сыворотке крови у крупного рогатого скота (быки-производители)*

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
Общий белок	г/л	75,0-90,0
Кальций	ммоль/л	2,5-2,9
Фосфор неорганический	ммоль/л	1,5-1,9
Каротин	мг%	0,3-0,7
Глюкоза	ммоль/л	2,2-8,3
Витамин А	мкмоль/л	0,46-6,3
Витамин Е	мкмоль/л	11,5-39,1

* - другие биохимические показатели рекомендуется оценивать в соответствии с разделом 4.1

4.6. Нормативные значения биохимических показателей крови у свиней (молодняк)*

Показатель, единица измерения	Группа животных		
	поросята-сосуны (0-2 месяца)	2-4 месяца	4-6 месяцев
Белок общий, г/л	52-63	52-70	58-63
Глюкоза, ммоль/л	4,5-6,1	4,5-5,6	4,5-5,6
Кальций общий, ммоль/л	1,6-3,7	1,6-3,5	1,6-3,3
Токоферол (витамин Е), мкмоль/л	4,6-21,6	6,9-23,0	6,9-32,2
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,5-3,0	1,9-2,5	1,6-2,2

* - другие биохимические показатели рекомендуется оценивать в соответствии с разделом 4.1

4.7. Нормативные значения биохимических показателей крови у свиней (взрослые животные)*

Показатель, единица измерения	Группа животных			
	свиноматки холостые	свиноматки супоросные	свиноматки подсосные	хряки
Белок общий, г/л	75-85	75-90	75-85	75-90
Глюкоза, ммоль/л	4,4-5,6	2,8-6,1	2,8-6,1	4,4-5,5
Кальций общий, ммоль/л	2,3-3,3	2,3-3,3	2,3-3,3	2,3-3,3
Ретинол (витамин А), мкмоль/л	0,5-1,6	0,4-1,8	0,4-1,4	-
Токоферол (витамин Е), мкмоль/л	6,9-18,4	4,6-18,4	6,9-13,8	-
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,9-2,9	1,9-3,0	1,9-2,9	1,6-2,2

* - другие биохимические показатели рекомендуется оценивать в соответствии с разделом 4.1

4.8. Нормативные значения биохимических показателей крови у птиц

Показатель, единица измерения	Яичные кроссы		Мясные кроссы	
	Молодняк	Куры- несушки	Цыплята- бройлеры	Родительское стадо
Аланинаминотрансфераза, ИЕ/л	6-21	7-26	2,5-20	9-21
Аспаратаминотрансфераза, ИЕ/л	120-215	240-450	53-400	53-400
Альбумин, % от общего белка	31-35	31-35	31-35	31-35
Белок общий, г/л	30-60	27-55	20-40	23-70
Билирубин общий, мкмоль/л	0,2-1,7	0,2-1,7	0,2-1,7	0,2-1,7
Глюкоза, ммоль/л	11-17	10-18	7-30	12-17
Железо, мкмоль/л	28,6-35,8	28,6-35,8	28,6-35,8	28,6-35,8
Калий, ммоль/л	4,9-5,9	4,9-5,9	4,9-5,9	4,9-5,9
Кальций общий, ммоль/л	1,9-6,0	2,1-7,5	2,0-4,0	6,5-10,0
Кальций-фосфорное соотношение	1,4-1,8	1,4-1,9	0,8-1,8	1,5-1,9
Креатинин, мкмоль/л	25-50	21-47	15-30	20-45
Магний, ммоль/л	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
Медь, мкмоль/л	7,8-11,0	7,8-11,0	7,8-11,0	7,8-11,0
Молочная кислота (лактат), ммоль/л	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1
Мочевая кислота, мкмоль/л	180-360	120-330	130-700	340-570
Натрий, ммоль/л	152-165	152-165	152-165	152-165
Ретинол (витамин А), мкмоль/л	0,5-3,5	0,5-3,5	0,5-3,5	0,5-3,5
Токоферол (витамин Е), мкмоль/л	10,4-34,8	10,4-34,8	10,4-34,8	10,4-34,8
Триглицериды, ммоль/л	0,1-4,5	0,1-4,5	0,1-4,5	0,1-4,5
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,1-2,4	1,2-4,0	1,0-5,0	1,7-3,1
Хлориды, ммоль/л	127-138	127-138	127-138	127-138
Холестерин общий, ммоль/л	1,5-4,0	0,8-3,0	1-9*	3-8
Цинк, мкмоль/л	25,0-42,0	25,0-42,0	25,0-42,0	25,0-42,0
Щелочная фосфатаза, ИЕ/л	400-1100	310-740	1000-4000	200-900
Щелочной резерв плазмы, ммоль/л (об%СО ₂)	20-23 (48-55)	20-23 (48-55)	20-23 (48-55)	20-23 (48-55)

* - у цыплят в возрасте 1-3 дня – 11-17 ммоль/л

Литература

1. Бышевский, А. Ш. Биохимия для врача / А. Ш. Бышевский, О. А. Терсенов. – Екатеринбург : Уральский рабочий, 1994. – 383 с.
2. Ветеринарна клінічна біохімія / В. І. Левченко [та ін.] ; за ред. В. І. Левченко, В. Л. Галяса. – Біла Церква, 2002. – 400 с.
3. Взятие крови у животных : учебно-методическое пособие для студентов по специальности «Ветеринарная медицина» / А. П. Курдеко [и др.] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины, Кафедра клинической диагностики. – Витебск : ВГАВМ, 2008. – 33 с.
4. Камышников, В. С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В. С. Камышников. – М. : МЕДпрессинформ, 2009. – 896 с.
5. Камышников, В. С. Клинические лабораторные тесты от А до Я и их диагностические профили / В. С. Камышников. – Мн. : Беларуская навука, 1999. – 415 с.
6. Карпуть, И. М. Иммунология и иммунопатология болезней молодняка / И. М. Карпуть. – Минск : Ураджай, 1993. – С. 83.
7. Комаров, Ф. И. Биохимические исследования в клинике / Ф. И. Комаров, Б. Ф. Коровкин, В. В. Меньшиков. – Элиста : АПП «Джангар», 1999. – 250 с.
8. Контроль качества клинических лабораторных исследований : практическое руководство / Е. Т. Зубовская [и др.]. – Минск : БГУФК, 2009. – 119 с.
9. Кондрахин, И. П. Алиментарные и эндокринные болезни животных / И. П. Кондрахин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 256 с.
10. Кучинский, М. П. Биоэлементы – фактор здоровья и продуктивности животных : монография / М. П. Кучинский. – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 372 с.
11. Лабораторные методы исследования в клинике : справочник / В. В. Меньшиков [и др.] ; под ред. В. В. Меньшикова. – М. : Медицина, 1987. – 368 с.
12. Мацинович, А. А. Микроэлементозы сельскохозяйственных животных : диагностика, лечение и профилактика : справочник / А. А. Мацинович, А. П. Курдеко, Ю. К. Коваленок. – Витебск : ВГАВМ, 2005. – 169 с.
13. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов / И. В. Насонов [и др.]. – Минск : РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского, 2014. – 32 с.
14. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / под ред. И. П. Кондрахина. – М. : КолосС, 2004. – 520 с.
15. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов / Н. В. Садовников [и др.]. – Екатеринбург : Уральская ГСХА ; Санкт-Петербург : НПП «АВИВАК», 2009. – 85 с.

16. Рекомендации по диспансеризации свиноматок в условиях промышленных комплексов / А. П. Курдеко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2009. – 30 с.
17. Рекомендации по использованию биохимических показателей сыворотки крови для оценки клинического статуса цыплят-бройлеров / Б. Я. Бирман [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2003. – 23 с.
18. Рекомендации по клинико-биохимическому контролю состояния здоровья свиней / А. П. Курдеко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2013. – 56 с.
19. Холод, В. М. Справочник по ветеринарной биохимии / В. М. Холод, Г. Ф. Ермолаев. – Минск : Ураджай, 1988. – 168 с.
20. Kenneth, S. Latimer. Duncan and Prasse's Veterinary Laboratory Medicine : Clinical Pathology / S. Latimer Kenneth. – 5-th ed. – Wiley-Blackwell, 2011. – 524 p.
21. Pugh, D. G. Sheep and Goat Medicine / D. G. Pugh, A. N. Baird. – 2-nd ed. – Saunders : Maryland Heights. – 640 p.
22. Usual values of serum vitamin A using a modified fluorimetric method / M. J. Cals [et al.] // Ann. Biol. Clin. (Paris). – 1982. – Vol. 40, № 6. – P. 685–689.

ИНСТРУКЦИЯ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БИОХИМИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Введение

1. Возможные источники ошибок
2. Внутрилабораторные источники ошибок
3. Классификация аналитических ошибок
4. Система внутрилабораторного контроля качества
5. Внутренний (внутрилабораторный) контроль воспроизводимости
6. Контроль правильности результатов исследований
7. Проведение контроля качества без контрольного материала
8. Рекомендуемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Проведение контроля качества (КК) клинических лабораторных исследований является неотъемлемой частью работы каждой диагностической лаборатории (ДЛ). Осуществление КК в ДЛ позволяет предупредить и устранить ошибки, повысить точность и диагностическую надежность результатов анализа, что, в свою очередь, способствует уменьшению количества дублируемых исследований и экономических затрат на производство анализов. Расширение диапазона исследований и усложнение лабораторных тестов, внедрение все более сложных измерительных приборов и средств механизации лабораторного труда не исключают возможности возникновения ошибок и требуют контроля исследований.

Использование методов контроля дает возможность оценить качество проводимых лабораторных исследований, выявить возникающие при исследовании всевозможные ошибки, их характер и причины, выработать способы устранения ошибок. Контроль исследований обеспечивает хорошую воспроизводимость и правильность результатов анализа на протяжении всего периода работы лаборатории.

Таким образом, под контролем качества работы ДЛ понимают систему мер, направленную на количественную оценку точности, сходимости, воспроизводимости и правильности лабораторных исследований. КК должен проводиться на всех этапах выполнения анализа - от получения материала и подготовки проб к исследованию до выдачи результата анализа и его интерпретации.

Контроль качества должен быть объективным, ежедневным, охватывать все лабораторные тесты и все области измерения, как нормальные, так и патологические результаты. Основная цель программы контроля лабораторных показателей - выявить и устранить ошибки.

В аналитической лаборатории надежность исполнения правильности анализов гарантируется путем:

- постоянного наблюдения за вариабельностью аналитических процессов;

- исправления чрезмерной variability;
- оценки результатов измерения согласно определенным критериям;
- документации всех этих действий.

1. Возможные источники ошибок

Имеется определенная степень ненадежности в каждом лабораторном измерении, как при ручных исследованиях, так в какой-то мере и при автоматизированных. Можно выделить доаналитические, аналитические и постаналитические факторы погрешностей.

Ошибки обычно разделяют на две основные группы:

1. Внелабораторные.
2. Лабораторные.

Доаналитические (внелабораторные) ошибки составляют около 20% всех ошибок. Их подразделяют на основные группы:

- канцелярские ошибки;
- ошибки, связанные с состоянием животных;
- ошибки взятия проб;
- хранения биологического материала;
- хранения и чистоты реактивов, инструментов и посуды, необходимых для взятия биологического материала.

Канцелярские ошибки включают в себя ошибочные образцы, перепутывание инвентарных номеров животных или их кодирующих номеров и прочие.

При взятии крови частой причиной искажения лабораторных анализов является гемолиз крови. В гемолизированных сыворотках завышаются результаты определения железа, калия, билирубина, холестерина, активности ферментов (лактатдегидрогеназы, кислой и щелочной фосфатаз, альдолазы и др.).

Для получения сыворотки крови пробирку с взятой нативной кровью отстаивают в течение 20-25 минут при комнатной температуре (18-25°C) либо 10-15 минут в термостате (37°C) до образования фибринового сгустка, после чего сгусток аккуратно обводят тонкой стеклянной палочкой и пробирку с кровью центрифугируют 10-15 минут при 1500 об/мин.

В настоящее время для взятия крови используют также пробирки с активаторами (ускорителями) процесса свертывания крови. После центрифугирования незамедлительно отбирают сыворотку крови и переносят ее в другую сухую чистую соответственно промаркированную пробирку для дальнейшего исследования. Получение сыворотки должно быть произведено не позднее чем через час после взятия крови. Гемолизированные сыворотки бракуют.

При получении плазмы крови к лабораторным погрешностям может привести неправильно подобранный антикоагулянт. Так, цитрат и оксалат натрия ингибируют большинство ферментов, ЭДТА ингибирует активность щелочной и кислой фосфатазы, влияет на определение калия, натрия, кальция, гепарин активирует постгепариновую липазу, расщепляющую хиломикроны, и не может использоваться для получения плазмы на исследование показателей липидного обмена. Гепарин может использоваться как антикоагулянт при

гематологических исследованиях. Набирая кровь в пробирку с антикоагулянтом, необходимо пробирку вращать для перемешивания крови и антикоагулянта, затем ее плотно закрыть и тотчас осторожно без вспенивания, но тщательно 6-8 раз перемешать. Плазма отстаивается не более 10-15 минут, а затем ее центрифугируют 10-15 минут при 1500 об/мин.

К ошибкам может привести неучет времени приема и качество кормов. Липемия искажает результаты определения не только показателей липидного обмена, но также и общего белка, билирубина, активности ферментов и др. В течение суток (суточные, циркадные ритмы) происходят колебания таких параметров, как хлориды, фосфор, креатинин, азот мочевины, общие липиды, железо, общий белок, глюкокортикоиды.

Необходимо унифицировать время забора биологического материала, исследовать кровь, взятую перед кормлением животных натошак во избежание возникновения источников погрешностей указанного рода.

Стрессы перед взятием крови могут повлиять на показатели гормонального статуса, глюкозы, калия и др. Физическая нагрузка приводит к сдвигам значений активности ферментов.

На концентрацию в крови тех или иных веществ оказывают влияние различные лекарственные вещества. Результаты лабораторных исследований нередко изменяют не сами лекарственные вещества, а их промежуточные или конечные продукты. Поэтому собирать материал для исследования необходимо до начала введения лекарственных препаратов, а также до проведения профилактических, диагностических и лечебных мероприятий. Следует также иметь в виду, что следы детергентов в стеклянных пробирках влияют на исследование активности ферментов, показателей липидного обмена (холестерина, фосфолипидов). Использование вместо стеклянных пробирок одноразовых пластмассовых позволяет избегать указанных недостатков. Весьма существенной причиной возникновения погрешностей анализа является нарушение условий хранения проб. Длительный контакт сыворотки со сгустком (эритроцитами) приводит к сдвигам концентрации ряда показателей (таблица 1).

Таблица 1 - Изменение концентрации (активности) некоторых биохимических компонентов сыворотки крови после продолжительного контакта ее со сгустком крови

№ п/п	Компонент	Время (часы)	
		24	48
1	Глюкоза	-30%	-50%
2	Лактатдегидрогеназа	+30%	+40%
3	Калий	+25%	+52%
4	Железо	+8%	+17%
5	Щелочная фосфатаза	-2%	-4%

Некоторые вещества чувствительны к влиянию ультрафиолетовых лучей (например, билирубин, каротин), поэтому образцы нельзя держать на свету. Время контакта сыворотки со сгустком крови или плазмы с эритроцитами

должно строго ограничиваться (не более 1 ч после взятия крови). При необходимости сохранить сыворотку на 2-3 месяца, ее следует заморозить при температуре -20- -70°C и хранить, избегая оттаивания.

Условия транспортировки биопроб могут оказать определенное влияние на точность получаемых результатов исследования. Во время транспортировки следует оберегать пробы от сильного встряхивания и перегрева. Нередко источники погрешностей не поддаются качественному контролю.

Необходимо помнить о важности регулярного инструктирования ветеринарных врачей хозяйств, районных ветеринарных станций и лабораторий о правилах и условиях отбора, а также хранения и транспортировки биологического материала для различных диагностических исследований.

2. Внутрिलाбораторные источники ошибок

Надежность результатов исследования при производстве анализов в лаборатории зависит от целого ряда факторов. Выполнение анализов, правильное в качественном отношении, гарантируется эффективным использованием всех элементов, составляющих измерение, т.е.

- оборудование,
- оснащение,
- методы,
- реактивы,
- стандарты,
- пробы,
- система контроля качества.

Внутрिलाбораторные ошибки часто связаны с приготовлением стандартов, калибровкой прибора, расчетами, приготовлением образца, чистотой и качеством реагентов, их хранением, состоянием измерительной аппаратуры и ее энергообеспечением. Ошибки зависят от метода и техники исследования, интерпретации результатов, квалификации исполнителя. При выполнении исследования вручную большой процент ошибок связан с пипетированием, при этом лаборанты допускают индивидуальные грубые ошибки, как при взятии биологического материала, так и реагентов. Перед отбором сыворотки, мочи и других проб необходимо их тщательно, но без встряхивания перемешать. Эти факторы непосредственно зависят от лаборанта. Если пробы или реагенты были заморожены, то перед анализом образцы и реагенты следует согреть до комнатной температуры. Обычно на это требуется около часа. Перед исполнением анализа тщательно перемешать образцы проб и реагентов, не допуская чрезмерного пенообразования и микробиологического загрязнения. Работа с эталонированными пипетками дает меньше погрешностей, чем с обычными. Обычные пипетки нередко не точные по объему, а при работе дозаторами может быть плохо подогнана насадка (наконечник). К ошибке может привести висючая капля на пипетке, неполный забор дозатором и его физический износ.

Существенным источником погрешностей является обработка стандарта.

Стандартное вещество должно быть химически чистым (х.ч.), точно взвешено на аналитических весах, растворено в мерной калиброванной посуде. При возможности следует предпочитать стандарты, содержащие белок. Стандарты - это основа точных анализов. Единичное калибрование не является надежным, поэтому анализу необходимо подвергать стандарты с разной концентрацией вещества. Если в лаборатории используются дозаторы, то и стандартное вещество обрабатывается также дозаторами. Реактивы в лабораториях должны приготавливаться с большой точностью, быть чистыми, обозначены после приготовления и храниться согласно предписаниям. Одной из причин погрешностей в работе может быть использование реактивов с истекшим сроком годности. Вода, употребляемая для приготовления реагентов, должна соответствовать требованиям ГНПА и методикам (иметь рН, близкий к нейтральной реакции, не содержать примесей солей и т.п.). Чтобы исключить методические погрешности, необходимо пользоваться унифицированными (стандартизированными) методами исследований или проводить валидацию методов. Важным фактором является также качество оборудования и оснащения в лаборатории, стабильность энергообеспечения и температурного режима. Состояние измерительной аппаратуры должно периодически проверяться.

В идеальном случае при фотометрическом измерении между значением концентрации вещества и экстинкцией (оптической плотностью) прибора соблюдается линейная зависимость (закон Ламберта-Бугера-Бэра). Ошибки будут тем больше, чем больше разница между концентрацией стандарта и анализируемой пробой.

Особенно указанное правило становится важным при выполнении сложных анализов в большом интервале концентраций. Надежность результатов измерений при работе на приборах лаборатории, в первую очередь, обеспечивается правильной установкой и соответствующей эксплуатацией приборов, их техническим обслуживанием. Приступать к измерениям можно только после тщательного ознакомления с устройством прибора и правилами его эксплуатации. Проверка приборов производится органами метрологической службы, в ведении которых находятся поверочные средства, и лицами, имеющими допуск (сертификат) к данной аппаратуре, а также представителем фирмы-производителя данной аппаратуры. Если в лаборатории имеются калибраторы, то прибор калибруется персоналом, работающим на данном приборе. Однако, это не исключает метрологической поверки прибора.

Немаловажное значение для правильности исследований имеет чистота лабораторной посуды. Пробирки и измерительные кюветы должны быть химически чистыми, сухими. Для гарантии оптимальных условий работы лаборатория должна быть оснащена хорошей вентиляцией и кондиционерами. Из суммы всех перечисленных погрешностей получается интегральная ошибка, выражающаяся в неточности конечного результата.

3. Классификация аналитических ошибок

Наиболее распространена следующая классификация аналитических ошибок:

- грубые;
- случайные;
- систематические.

Грубые ошибки - это ошибки одиночного значения, результаты исследований выходят за пределы области определяемого компонента, как нормы, так и патологии. Такие ошибки обычно замечаются сразу и отбрасываются. Эти ошибки могут быть субъективными, которые зависят от квалификации лаборанта, а также недостаточной тщательности его работы, ошибкой в разведении, подсчете, небрежностью в проведении метода исследования. Они могут быть объективными, зависящими от чистоты лабораторной посуды, реактивов, состояния приборов и др.

Случайные ошибки - это ошибки также одиночного значения, нет закономерности в их появлении, они не выходят за пределы области исследуемого компонента и влияют на индивидуальные результаты исследования. Эти ошибки могут быть также субъективными и объективными. Наличие случайных ошибок сказывается в том, что при повторном определении того или иного компонента получают, как правило, не одинаковые, а несколько различающиеся между собой результаты. Такого рода ошибки обусловлены:

1. Свойствами самой пробы (гомогенностью, неравномерностью перемешивания).
2. Некачественным инструментарием (неточность пипеток, дозаторов, нестабильностью фотометров и т.д.).
3. Неточностью работы персонала (ошибка пипетирования, разведения, считывания, утомление лаборанта и т.д.).

Случайные ошибки происходят при всяком измерении, в том числе при любом аналитическом определении, как бы тщательно оно не проводилось. Величина случайных ошибок (разброс данных) является мерой прецизионности лабораторных результатов (степени близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных установленных условиях). Чем меньше величина случайных ошибок и меньше разброс индивидуальных показателей, тем лучше прецизионность данных лабораторных показателей. Распространенным способом характеристики прецизионности результатов является величина среднеквадратического отклонения (S).

Прецизионность определяется как:

- прецизионность в условиях повторяемости (условия, при которых независимые результаты испытаний получены одним методом, на том же образце, в одной лаборатории, с той же калибровкой, одним оператором за короткий интервал времени);

- прецизионность в условиях воспроизводимости (условия, при которых независимые результаты испытаний получены одним методом, на том же образце, в разных лабораториях, с другой калибровкой, разными операторами

за длительный интервал времени). Воспроизводимость в условиях одной лаборатории обозначается как промежуточная прецизионность.

Систематические ошибки - это ошибки одинаковые по знаку, т.е. результаты лабораторных исследований либо завышены, либо занижены и происходят от одинаково определенных причин. Как бы хорошо не совпадали результаты параллельных проб, т.е. были воспроизводимы, они могут быть далеки от истинного значения. В таких случаях допущены систематические ошибки. Наиболее характерными являются следующие виды систематических ошибок:

1. Ошибки методические. Они зависят от особенностей применяемого метода анализа, например, некачественно протекает реакция, влияние посторонних примесей и т.д. Поэтому колориметрические методы уступают более точным спектрофотометрическим, иммуноферментным методам. Методические ошибки составляют серьезную причину искажения результатов количественного определения.

2. Ошибки, зависящие от применяемых приборов, их состояния и реактивов (неточные весы, нечувствительность фотоэлементов, загрязнение растворов, неправильно выбранный светофильтр, сбивка длины волны, использование реагентов с истекшим сроком годности, загрязненная вода и т.п.).

3. Ошибки оперативные. Они происходят от неправильного или недостаточно тщательного выполнения аналитических операций (неточный отбор растворов, пробы, разведение, нарушение температурного режима и др.).

4. Ошибки, допущенные при обработке стандарта, построения калибровочного графика, вычислении фактора пересчета и составлении калибровочной таблицы. Для подготовки лиофилизированных стандартов перед вскрытием флаконов легким постукиванием стряхнуть частицы, прилипшие к пробке, точно добавить необходимое количество растворителя, закрыть пробку и оставить при комнатной температуре на 10 минут. Затем аккуратно перемешать содержимое флаконов, наклоняя и вращая до полного растворения вещества. Избегать сильного встряхивания и пенообразования. Растворы лиофилизатов должны быть прозрачными. Наличие муты, хлопьев, взвеси свидетельствует о непригодности вещества.

Систематические ошибки влияют на всю серию определений. Величина систематической ошибки характеризует правильность результатов. Обнаружение систематической ошибки является сложной задачей.

Первым и совершенно необходимым шагом в решении этой проблемы является тщательное подведение итогов ежедневной работы лаборатории. Большинство анализов, выполняемых в повседневной практической работе лаборатории, дает нормальные результаты, и только небольшая часть анализов показывает патологические отклонения. Поэтому, если в один из дней все или большинство ответов при данном определении сдвинуты в какую-либо сторону, то такие данные должны натолкнуть на мысль о погрешности, общей для всей серии анализов, т.е. о систематической ошибке. Кроме того, необходима тесная

связь между лабораторией и ветеринарными врачами хозяйств, ветеринарных станций. Контакт между лабораторией и лечащим врачом оказывается весьма полезным для выявления не только случайных, но и систематических ошибок. Нередко ошибки могут возникнуть при интерпретации результатов анализа ветеринарным врачом.

Необходимо четко фиксировать данные контрольных проб и стандартов со свежеприготовленной порцией реактивов, начало использования реактива другой квалификации, другой фирмы, данные калибровочных кривых.

Сопоставление показателей позволяет критически оценить характер наблюдаемых сдвигов в результатах и дает возможность во многих случаях легко установить непосредственную причину систематической ошибки. Использование автоматических анализаторов постепенно уменьшает число случайных ошибок (ошибок манипуляций), но не исключает систематических ошибок. Постоянное измерение точности выполнения анализов, точности работы лабораторий, т.е. проведение контроля качества работы позволяет предупредить систематические ошибки и свести до минимума случайные ошибки. Анализы не должны уходить из-под ежедневного контроля. Контроль качества лабораторных исследований должен проводиться на всех этапах производства анализа, быть объективным, непринудительным, систематическим и охватывать все области измерений.

Таким образом, система мер, направленная на количественную оценку точности, внутрилабораторной воспроизводимости и правильности лабораторных определений, является системой контроля. Сущность контроля качества лабораторных исследований состоит в сопоставлении результатов диагностических исследований проб биологических жидкостей, производимых в лаборатории с результатами исследований контрольных материалов и в измерении величины отклонения.

Целью контроля качества работы диагностических лабораторий является:

- устранение систематических ошибок и сведение до минимума случайных ошибок, а также достичь оптимальных стандартных условий исследования биологических жидкостей во всех диагностических лабораториях. Для этого контроль качества должен быть:

- систематическим;
- объективным;
- охватывать все области измерения;

- производиться в реальных условиях работы лаборатории с применением точно установленных методов и средств контроля.

В каждой лаборатории необходимо поддерживать на должном уровне воспроизводимость (промежуточную прецизионность), правильность и точность результатов исследования.

В тех случаях, когда нет возможности поддерживать и воспроизводимость (промежуточную прецизионность), и правильность из-за технических трудностей и приходится делать выбор между ними, то воспроизводимость (промежуточную прецизионность) можно рассматривать как более важную

характеристику качества в практическом смысле, чем правильность. Пока лаборатория получает воспроизводимые результаты, решение проблемы правильности можно заменить установлением устойчивых жестких нормальных значений и при повторном исследовании будут получены сопоставимые результаты, удовлетворяющие врача. Однако, это крайняя мера и при значительных отклонениях является нежелательной, т.к. результаты будут искажать истинную концентрацию вещества. Точность анализа в целом определяется его воспроизводимостью и правильностью и характеризуется общей ошибкой анализа, которая представляет собой сумму случайных и систематических ошибок.

При оценке анализа необходимо всегда приводить обе величины, характеризующие правильность и воспроизводимость. Эти показатели характеризуют общую погрешность (точность) результатов измерений, т. е. разность между результатом измерения определяемого показателя и истинным значением измеряемой величины.

4. Система внутрилабораторного контроля качества клинических лабораторных исследований

Основной формой контроля всех видов исследований практических лабораторий является внутрилабораторный контроль качества. Он должен быть ежедневным, объективным и охватывать как нормальные, так и патологические результаты. Наиболее объективный критерий надежности работы лаборатории дает систематический контроль. Надежность результатов исследования можно охарактеризовать следующими критериями:

- правильность;
- точность;
- чувствительность;
- специфичность;
- диагностическая значимость.

Внутрилабораторный контроль качества лабораторных исследований включает определение воспроизводимости (промежуточную прецизионность) и правильности исследований.

Контроль может осуществляться с помощью способов, использующих специальные контрольные материалы, или средства и ряда способов, не требующих контрольных материалов.

Контрольный материал.

Наиболее полно удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к контрольному материалу, являются контрольные сыворотки, именуемые в зависимости от их квалификации стандартными, эталонными, контрольными, калибраторами и т.п. Контрольные сыворотки могут быть лиофилизированными (сухими) или жидкими, изготовленными промышленным путем, а также слитые сыворотки, замороженные, приготовленные непосредственно в каждой лаборатории. На упаковке промышленных сывороток указывается номер серии, количество добавляемого растворителя, условия хранения и срок годности.

Виды контрольных материалов.

1. Контрольные материалы промышленного производства, допущенные в установленном порядке к применению на территории Республики Беларусь. Среди них выделяют:

- контрольные сыворотки с известным содержанием компонентов, указанным в инструкции, используются для контроля правильности и воспроизводимости лабораторных исследований. Они включают три уровня контроля - уровень нормальных значений и два уровня патологических значений;

- контрольные сыворотки с неизвестным содержанием компонентов применяются только для контроля воспроизводимости (промежуточную прецизионность) лабораторных исследований.

Требования, предъявляемые к контрольным материалам, следующие:

а) контрольный материал должен быть идентичен по своим физико-химическим свойствам анализируемому образцу;

б) стабилен при длительном хранении и транспортировке;

в) должен иметь минимальную вариабельность внутри серии;

г) давать возможность контролировать весь аналитический процесс;

д) быть пригодным для контроля точности и правильности, то есть выявлять систематические и случайные ошибки. Водные растворы, несмотря на простоту изготовления, не совпадают с биологической природой исследуемой среды.

Контрольный материал включается в серию однотипных исследований и производится тем же персоналом, с использованием той же аппаратуры, методов, реактивов, пипеток, дозаторов и т.д. Применение контрольных материалов с известным содержанием компонентов определяет правильность выдаваемых результатов. Результат исследования контрольного материала с известным содержанием компонентов должен укладываться в пределы допустимых отклонений, указанных в инструкции (паспорте) к контрольному материалу. Если результат выходит за пределы допустимого отклонения, то показатели исследований сывороток животных являются неправильными, необходимо установить и устранить причину полученной ошибки.

Например, в контрольной сыворотке содержание глюкозы составляет 7,6-8,4 ммоль/л. В лаборатории получен результат 6,11 ммоль/л. Следовательно, в этот день допущена ошибка, т.е. результаты глюкозы занижены.

Наиболее подходящими для контроля являются нормальные и патологические контрольные сыворотки, изготовленные промышленным путем. При отсутствии промышленных сывороток можно приготовить в лаборатории слитую сыворотку. Для ее изготовления остатки сывороток, оставшиеся после исследований, сливают в одну емкость (исключая желтушные, липемические, мутные, инфицированные сыворотки) и замораживают при температуре -20°C . Собирают не менее 1 литра сыворотки, затем размораживают при температуре $+37^{\circ}\text{C}$, фильтруют, разливают в стерильные флаконы малого объема и запаивают или плотно закрывают. Флаконы хранят при температуре -20°C . Такие сыворотки используют для

контроля воспроизводимости (промежуточной прецизионности) основных биохимических показателей - общего белка, глюкозы, кальция, фосфора, холестерина, мочевины и др.

Для проведения контроля правильности исследуют три контрольных материала:

- с нормальными величинами;
- с низкими значениями;
- с высокой концентрацией вещества.

Контрольные материалы не могут применяться в роли калибраторов. Калибратор всегда имеет точно определенную величину, установленную производителем или потребителем референтного метода. Эту величину надо воспринимать как надежную. Калибратор применяется для стандартизации метода или приборов.

Внутрилабораторная программа контроля качества может проводиться по методам, не требующим контрольных материалов:

- исследование параллельных, случайных, повторных и смешанных проб.

Воспроизводимость результатов проводится при исследовании сыворотки с неизвестным, неисследованным содержанием компонентов. При этом следует учитывать, что для проведения контроля воспроизводимости (промежуточной прецизионности) необходимо располагать достаточным количеством сыворотки одной серии, чтобы ее хватило не менее чем на 6-8 месяцев работы, т.к. в разных сериях сыворотки содержится разная концентрация вещества. Внутрилабораторный контроль воспроизводимости должен проводиться в лаборатории постоянно и по всем видам анализов, его качество и эффективность оценивается межлабораторным контролем.

Для контроля качества биохимических показателей крови чаще всего используют контрольные лиофилизированные сыворотки. Сухая лиофилизированная сыворотка представляет собой порошкообразное вещество золотисто-желтого цвета. На этикетке ампулы и упаковки указаны номер серии, количество добавляемого растворителя, условия хранения и срок годности. При растворении лиофилизованного материала необходимо соблюдать все требования, касающиеся работы с контрольным материалом. Сыворотка заказывается из расчета растворенного количества, т.е. в мл.

Типичными ошибками, возникающими при манипуляции с лиофилизированными контрольными образцами (сыворотка или плазма), являются:

- 1) потеря вещества лиофилизованной пробы при небрежном открывании пузырьков;
- 2) ошибки, возникающие при пипетировании растворителя;
- 3) недостаточное выдерживание времени, необходимого для полного растворения сыворотки;
- 4) сильное встряхивание;
- 5) несоблюдение условий хранения как сухого, так и растворенного контрольного материала.

Контрольные лиофилизированные сыворотки растворяют в точно отмеренном количестве дистиллированной воды (температура 20-25°C), как указано на этикетке. Весь порошок материала должен быть полностью в растворе. Через 15-20 минут пузырек с сывороткой плавно наклоняют в разные стороны и оставляют до полного растворения лиофилизированной сыворотки. Время, необходимое для полного ее растворения, составляет 30-60 минут. Следует избегать образования пены в образцах, содержащих фермент или факторы свертывания крови, так как это ведет к потере активности.

5. Внутренний (внутрилабораторный) контроль воспроизводимости

После выбора контрольного материала и определения продолжительности аналитической серии для каждого аналита приступаем к внутрилабораторному контролю. Рекомендуется использовать паспортные данные контрольного материала как для контроля правильности, так и для первоначальной оценки повторяемости и в дальнейшем воспроизводимости (промежуточной прецизионности) результатов во времени.

Контроль внутрилабораторной воспроизводимости (промежуточной прецизионности) результатов анализа в диагностической лаборатории подразделяется на 4 этапа:

1. Система накопления результатов исследований контрольной сыворотки.
2. Статистическая обработка полученных результатов.
3. Построение контрольных карт.
4. Оценка контрольных карт по предупредительным и контрольным критериям.

Определение концентрации вещества в контрольной сыворотке (аттестованной или неаттестованной) и установление расчетных параметров для дальнейшего контроля качества (предпериод контроля) проводится в два этапа. Первый этап - это система накопления результатов исследований контрольной сыворотки на внутрисерийную (оценка правильности) и внутрилабораторную воспроизводимую (промежуточную прецизионность). Он делится на две стадии:

- 1-я стадия – оценка повторяемости (внутрисерийной воспроизводимости) результатов исследований.

На данной стадии проводят проверку соответствия повторяемости методики установленным нормам точности. Для этого проводят 10 (20) измерений определяемого показателя в контрольном материале в нормальном диапазоне. Эта серия измерений выполняется в один день, одним оператором, одним методом, на одном приборе с той же калибровкой. Максимальная продолжительность аналитической серии – 24 часа

Из полученных 10 (20) результатов рассчитывают среднее значение (X_{cp}) и коэффициент сходимости (CV_{cx}) или внутрисерийной вариации (CV_{bc}) методики, т.е. коэффициент вариации ($CV, \%$).

Для этого используют формулы:

$$1) \quad \sum X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots X_n,$$

где n - количество исследований, $X_1 \dots X_n$ - результат измерения,

$\sum X$ - сумма результатов всех исследований.

2) среднюю величину вычисляют по формуле:

$$X_{cp} = \sum X / n$$

3) среднее квадратическое отклонение (S) вычисляют по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

где X_i – результат измерения (1-го, 2-го, 3-его... i-ого)

4) коэффициент вариации (CV, %) вычисляют по формуле:

$$CV_{cx} = S \times 100 / X_{cp}$$

Последовательность процедур при проведении внутрилабораторного контроля качества приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Последовательность процедур при внутрилабораторном контроле качества

№ ПП	Наименование процедуры	Исследуемый материал	Число серий	Число измерений в серии для каждого материала	Рассчитываемые показатели
1	Оценка повторяемости метода	Контрольный материал или приготовленная проба	1	10	CV_{bc}
2	Предварительная оценка систематической погрешности	Аттестованный контрольный материал	10	1	V_{10}
3	Предварительная оценка воспроизводимости методики	Контрольный материал или приготовленная проба	10	1	CV_{10}
4	Окончательная оценка систематической погрешности	Аттестованный контрольный материал	20	1	V_{20}
5	Окончательная оценка воспроизводимости методики	Контрольный материал или приготовленная проба	20	1	CV_{20}
6	Построение контрольной карты	Контрольный материал или приготовленная проба	20	1	X_{cp}, S
7	Текущий внутрилабораторный контроль качества	Контрольный материал или приготовленная проба	В каждой аналитической серии	1-2	Оценка результатов по контрольным правилам

4. Оценивают соответствие полученного $CV_{cx}(CV_{bc})$ установленным нормам точности (значение $CV_{cx}(CV_{bc})$ таблицы 3):

$$CV_{cx}(CV_{bc}) \leq 0,5 \times CV_{10}$$

Допустимые пределы аналитической вариации (разброса) (CV , %) и предельно допустимые значения смещения (B , %), рассчитанные по результатам 10 и 20 измерений для ряда анализируемых компонентов, принятые рабочей группой экспертов по лабораторной диагностике стран, бывших членами СЭВ (Совета Экономической Взаимопомощи), приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Допустимые пределы аналитической вариации и смещения

Показатель	$B_{10}, \%$	$CV_{10}, \%$	$B_{20}, \%$	$CV_{20}, \%$
Аланинаминотрансфераза	17	18	15	15
Аспаргатаминотрансфераза	11	12	10	10
Альбумин	5	5	4	4
Амилаза	16	12	15	10
Общий билирубин	17	18	15	15
Общий белок	5	4	5	3
Глюкоза	6	6	5	5
Железо	12	19	10	16
Калий	5	5	4	4
Кальций	3,4	3,6	3	3
Креатинкиназа	23	24	20	20
Креатинин	11	8	10	7
Лактатдегидрогеназа	11	12	10	10
Магний	7	7	6	6
Мочевая кислота	11	8	10	7
Мочевина	11	12	10	10
Натрий	1,8	2,0	1,5	2
Фосфор неорганический	8	8	7	7
Хлориды	3,4	3,6	3	3
Холестерин	9	8	8	7
Щелочная фосфатаза	16	12	15	10

Если значение коэффициента $CV_{cx}(CV_{bc})$ методики соответствует больше половины предельной погрешности величины коэффициента вариации ($0,5 \times CV_{10}$), следует выявить источник недопустимо больших погрешностей, устранить их и повторить эксперимент.

Если несоответствий не установлено, то продолжают набор статистики в условиях повторяемости (20-25 измерений для исключения выбросов).

Коэффициент вариации (CV) используется для оценки результатов исследований, выполненных одним или разными методами, сравнения методов исследования, разных измерительных приборов, оценки результатов, выполненных в разных лабораториях.

При соответствии сходимости (повторяемости метода) установленным нормам переходят к оценке внутрилабораторной воспроизводимости (промежуточной прецизионности).

2-я стадия – это система накопления результатов исследований контрольной сыворотки на внутрилабораторную воспроизводимость (промежуточной прецизионности). Так как в сыворотке концентрация вещества неизвестна и не исследована, то необходимо иметь запас сыворотки одной серии, чтобы хватило ее для работы на 1 год или хотя бы на 6 месяцев.

По 10 результатам исследования неаттестованного материала, рассчитывают коэффициент общей аналитической вариации (CV_{10}), который сравнивают с данными таблицы 3.

Если значение коэффициента CV_{10} и B_{10} методики превышает предельно допустимые значения, следует выявить источник недопустимо больших случайных погрешностей, устранить их и повторить эксперимент.

Если значение коэффициента CV_{10} и B_{10} методики не превышает предельно допустимые значения, то набор статистики продолжают. Для этого по 10 результатам, полученным при измерении аттестованного контрольного материала, рассчитывают величины относительного смещения по формуле:

$$B_{10} = (X_{cp} - U_3) \times 100 / U_3,$$

где X_{cp} - полученное среднее значение измерений контрольного материала,

U_3 - установленное (паспортное) значение контрольного материала,

B - систематическая погрешность, которая характеризует правильность измерений и определяется степенью совпадений среднего результата и паспортного значения контрольного материала.

Полученное значение B сравнивают с данными таблицы 3.

Набор результатов контрольного материала на внутрилабораторную воспроизводимость проводится в течение 20-25 дней. Ежедневно (при проведении исследований) или один раз в 2 дня готовят контрольную сыворотку и определяют необходимые показатели (глюкозу, холестерин, общий белок, кальций, фосфор, мочевины и т.п.).

При этом наряду с опытными пробами обрабатывают контрольную сыворотку в двух параллельных пробах, причем результаты измеряют на тех же приборах, что и опытные образцы. Приготовленную контрольную сыворотку можно хранить 2 суток при температуре $+4^{\circ}$ - $+6^{\circ}$ С или в замороженном состоянии 1 месяц (если другие сроки не указаны в инструкции производителя). Из двух параллельных проб контрольной сыворотки вычисляют среднюю величину для каждого анализируемого параметра. Каждая величина одного дня обозначается статистическим знаком X . Результаты рекомендуется приводить в следующей форме:

№ п/п	дата	X_1 . единица измерения	X_2 . единица измерения	X_{cp} . единица измерения
1				
2				
.....				
20				

После набора материала переходят ко второму этапу - статистической обработке полученных данных. Все результаты за 20-25 дней по отдельным видам исследований оценивают (сравнивают между собой). Если какая-либо величина (одна или более) X выходит далеко за пределы ряда показателей (используют критерии оценки выбросов (Граббса или Кохрена)), то она «отбрасывается» и число дней исследований (n) уменьшается. Затем рассчитывают средний показатель (\bar{X}), для чего все результаты суммируют:

$$\sum X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_n,$$

где

n - число дней исследования;

$\sum X$ - сумма результатов всех дней исследований.

Среднюю величину вычисляют по формуле:

$$\bar{X} = \sum X / n$$

Затем определяется отклонение от средней величины результатов каждого дня исследования без учета знака (плюс или минус), т.е. вычисляют:

$$\bar{X} - X_1; \bar{X} - X_2; \bar{X} - X_3 \text{ и т.д.}$$

Все отклонения от средней величины возводят в квадрат, суммируют и находят среднее квадратическое отклонение (S) по формуле:

$$S = \sqrt{\sum (\bar{X} - X_i)^2 / (n-1)}$$

Коэффициент вариации находят по формуле:

$$CV\% = S \times 100\% / \bar{X}$$

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение показывает разброс результатов от средней величины в одну (+) и другую (-) сторону. Пределом минимального разброса результатов (предел достоверности) допускают $\pm 2S$ от средней величины ($\bar{X} + 1S$; $\bar{X} + 2S$; $\bar{X} - 1S$; $\bar{X} - 2S$).

Пример расчета данных показателей приведен в таблице 4:

Таблица 4 - Пример исследования на воспроизводимость результатов (концентрация хлоридов) ($n=20$)

№ п/п	дата	X , ммоль/л	$(X - \bar{X})$, ммоль/л	$(X - \bar{X})^2$, ммоль/л
1	2	3	4	5
1	05.01.2017	98	-2	4
2	06.01.2017	102	+2	4
3	09.01.2017	100	0	0
4	11.01.2017	101	+1	1
5	12.01.2017	105	+5	25
6	14.01.2017	101	+1	1
7	17.01.2017	99	-1	1

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
8	19.01.2017	97	-3	9
9	22.01.2017	100	0	0
10	25.01.2017	95	-5	25
11	27.01.2017	103	+3	9
12	28.01.2017	99	-1	1
13	30.01.2017	102	+2	4
14	04.02.2017	100	0	0
15	07.02.2017	98	-2	4
16	08.02.2017	104	+4	16
17	12.02.2017	101	+1	1
18	15.02.2017	96	-4	16
19	16.02.2017	99	-1	1
20	21.02.2017	100	0	0
21	20.01.2017	109	выбросовое значение	
22	26.01.2017	93	выбросовое значение	
23	14.02.2017	92	выбросовое значение	
Сумма*		2000		122

* - без учета выбросовых значений

Среднее арифметическое: $\bar{X} = 2000 / 20 = 100$ ммоль/л.

Среднее квадратическое отклонение: $S = \sqrt{122 / (20-1)} = 2,53$ ммоль/л.

Коэффициент вариации $CV\% = 2,53 \times 100/100 = 2,53\%$.

После вычисления величины S проводят анализ результатов значимости статистики наименьшего и наибольшего наблюдений на совместимость и наличие выбросов по критерию Граббса:

$$G_{\min} = (X_{\text{cp}} - X_{\min})/S$$

$$G_{\max} = (X_{\max} - X_{\text{cp}})/S$$

Полученные значения сравнивают с данными СТБ ИСО 5725-2 (таблица № 5).

При наличии выбросов их значения исключают, и приведенные выше расчеты проводятся для оставшейся статистики (оставшихся показателей).

Если результат за какой-либо день не укладывается в установленные пределы, то такой показатель за день выбрасывают и статистическую обработку проводят заново, т.е. рассчитывают новое стандартное отклонение S и так до тех пор, пока величины ряда не будут входить в пределы $\pm 2S$.

Так, в приведенном выше примере от значений $\bar{X} \pm 2S$ отклоняются результаты 109, 93 и 92 ммоль/л. Эти величины были отброшены до проведения статистической обработки, иначе после проведенной обработки данных вновь необходимо было бы находить отклонения от средней и вычислять S . Если оценим выброшенные величины с помощью G , то они также «выпадут»:

$$G_{\max} = (109-100)/2,53 = 3,56$$

$$G_{\min} = (100-92)/2,53 = 3,16,$$

т.е. показатели выходят за пределы табличных данных (для 23 значений статистика для своего 1%-ного критического значения составляет 3,087).

Вычисления среднеквадратического отклонения (S) можно проводить экспресс-статистикой по Р.П. Бирюковой (1962):

$$S = \pm (X_{\max} - X_{\min}) / K,$$

где

X_{\max} - максимальное значение ряда величин,

X_{\min} - минимальное значение ряда величин,

K - коэффициент корреляции, найденный по таблице 5 в зависимости от количества исследований (n).

Таблица 5 - Коэффициент корреляции для расчета среднеквадратического отклонения (S) в зависимости от количества наблюдений (n) (по Р.П. Бирюковой, 1962)

№ п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,70	2,85	2,97
10	3,08	3,17	3,26	3,34	3,41	3,46	3,53	3,59	3,64	3,69
20	3,73	3,78	3,82	3,86	3,90	3,93	3,96	4,00	4,03	4,06
30	4,09	4,11	4,14	4,16	4,19	4,21	4,24	4,26	4,28	4,3
40	4,32	4,34	4,36	4,38	4,40	4,42	4,43	4,45	4,47	4,48
50	4,50	4,51	4,53	4,54	4,56	4,57	4,59	4,60	4,61	4,63
60	4,64	4,65	4,66	4,68	4,69	4,70	4,71	4,72	4,73	4,74
70	4,75	4,76	4,77	4,78	4,80	4,81	4,82	4,83	4,83	4,84
80	4,85	4,86	4,87	4,88	4,89	4,90	4,91	4,91	4,92	4,93
90	4,94	4,95	4,96	4,96	4,97	4,98	4,99	4,99	5,00	5,01
n	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
K	5,02	5,49	5,76	5,94	6,07	6,18	6,28	6,35	6,42	6,48

Так, при определении концентрации хлоридов $X_{\max}=105$ ммоль/л, $X_{\min}=95$ ммоль/л; $n=20$, $K = 3,73$.

$$S = \pm (105-95) / 3,73 = 2,68 \text{ ммоль/л}$$

После этого приступают к вычислению коэффициента вариации (CV).

В приведенном примере по определению концентрации хлоридов:

$$CV = 2,68 \times 100/100 = 2,68\%$$

Для большинства биохимических исследований значения коэффициента вариации (CV) не должны превышать 4-5%, для исследования активности ферментов - 7-10%.

Сведения о допустимых пределах аналитической вариации приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Максимально допустимые пределы аналитической вариации (разброса анализируемых компонентов (по А.А. Кишкуну, 2005)

Показатель	CV, %	Показатель	CV%
Аланинаминотрансфераза	7	Креатинкиназа	7
Аспартатаминотрансфераза	7	Креатинин	5
Альбумин	3	лдг	7
Амилаза	10	Магний	2
Общий билирубин	10	Мочевая кислота	7
Общий белок	3	Мочевина	7
Глюкоза	5	Натрий	2
Железо	5	Фосфор неорганический	5
Калий	2	Медь	5
Кальций	2	Холестерин	7
Иммуноглобулины	7	Щелочная фосфатаза	7

Допустимый предел ошибок (ДПО)

Допустимый диапазон аналитического рассеивания (критерий Тонкса) зависит от пределов физиологических колебаний компонентов.

Требования к точности исследований должны быть едины для всех лабораторий и для объективной оценки качества аналитических результатов необходим определенный критерий. Очевидно, что в хорошо работающей лаборатории величина среднеквадратического отклонения всегда будет ниже, чем в плохо работающей лаборатории. Если имеется большой разброс результатов, несмотря на то, что ежедневные контрольные значения лежат в пределах допустимой области ($X \pm 2S$), то может быть допущена ошибка. ДПО для каждого исследуемого компонента можно рассчитать по формуле:

$$\text{ДПО, \%} = 0,125 \times (\text{верхний предел нормы} - \text{нижний предел нормы}) / \text{средняя величина нормы}$$

Если область нормальных значений узко ограничена, то соответствующие определения и методы должны иметь высокую точность, т.е. допустимая область имеет узкие границы. Если же область нормы относительно широка, то и точность определений может быть несколько меньшей.

При использовании в качестве ориентира 1/4 части диапазона физиологических колебаний допустимая аналитическая ошибка может увеличиться на 40% и более, следовательно, необходимо стремиться к более жестким допустимым пределам ошибки. Для большинства лабораторий более реально рассчитывать ДПО исходя из 1/8 диапазона нормативных значений.

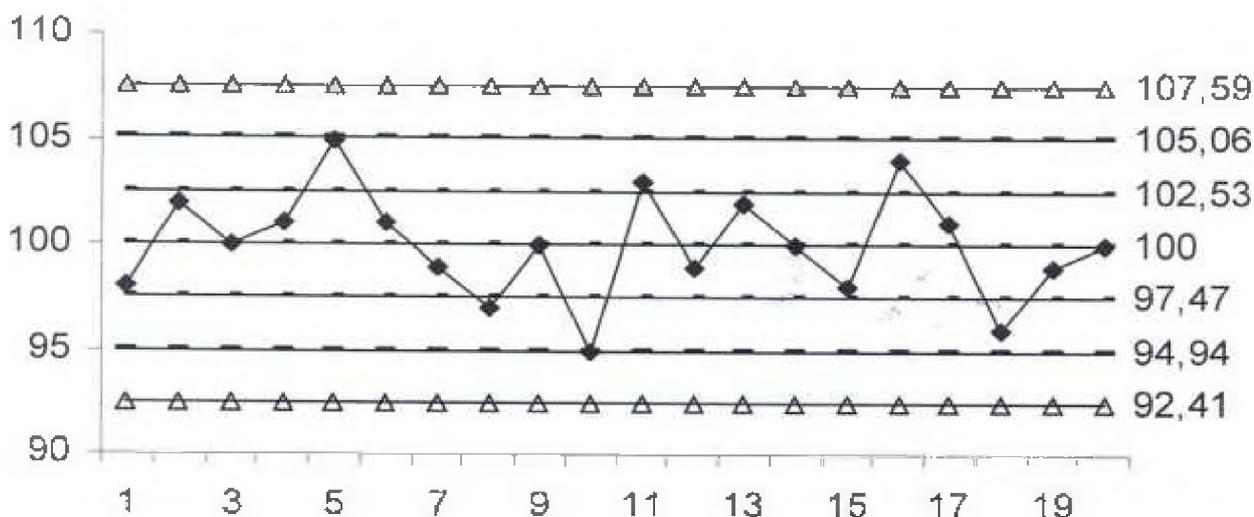
Таким образом, полученные результаты контроля по каждому компоненту (глюкоза, мочевина, холестерин, общий белок, кальций, фосфор и т.д.) подвергают статистическому анализу. При получении удовлетворительного CV и сравнении его с ДПО переходят к следующему этапу:

3-й этап - построение контрольной карты. Контрольные карты строятся отдельно в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности. Для каждого показателя (мочевина, глюкоза, белок и т.д.) после получения стати-

стических показателей строятся контрольные карты. Указывается дата построения, метод исследования, тип прибора, подписи ответственных за контроль качества.

Для этих целей на миллиметровой (или другой) бумаге откладывают полученные значения X и отклонения от средней в пределах $\pm 2S$, $\pm 3S$. На оси ординат отмечают среднюю концентрацию компонента в соответствующих единицах измерения. Вверх и вниз от средней параллельно ей проводят (в соответствии с масштабом) прямые, которые обозначают $X_{cp}+1S$, $X_{cp}+2S$, $X_{cp}+3S$ и $X_{cp}-1S$, $X_{cp}-2S$, $X_{cp}-3S$. Контрольные карты готовятся для каждого контролируемого теста, определяемого в лаборатории.

После подготовки формата карты без перерыва ко времени продолжают проводить текущий контроль качества на том же контрольном материале (продолжают исследовать контрольную сыворотку той же серии, с которой работали в предпериоде). Если это лиофилизированная сыворотка, то также ежедневно (или раз в 2 дня) вскрывается ампула и разводится сыворотка водой, как и раньше, согласно инструкции. Результаты исследования двух параллельных проб записывают в журнал, а среднее значение двух проб откладывают на карте в виде точки с указанием даты исследования. Для наглядности точки соединяют между собой линией.



**Пример контрольной карты концентрации хлоридов
(промежуточная прецизионность)**

4-й этап. Оценка контрольных карт. Результаты последующих исследований контрольного материала (сыворотки той же серии, с которой работали в предпериоде) должны распределяться с одинаковой частотой на каждой стороне от линии средней арифметической и находиться в пределах $\pm 2S$ от средней. Контрольная карта дает в наглядной форме возможность своевременно выявить и предотвратить ошибки даже тогда, когда результаты анализа не выходят за границы $\pm 2S$.

Контрольную карту оценивают по предупредительным и контрольным критериям, ориентируясь на которые можно обнаружить погрешности в работе лаборатории.

Предупредительные критерии

1. Шесть результатов подряд находятся по одну сторону от средней линии (\bar{x}).
2. Три результата подряд расположились за пределами одного среднеквадратического отклонения ($\pm 1S$).
3. Один результат находится за пределами двух средних квадратических отклонений ($\pm 2S$).
4. Шесть результатов подряд имеют тенденцию наклона результатов в одну сторону от средней (\bar{X}).

При наличии предупредительных критериев следует проверить качество калибровочных или стандартных растворов, качество реактивов и сроки их приготовления, работу измерительных приборов. Возможно, появились субъективные погрешности (другой лаборант проводит исследования). Появление предупредительных критериев свидетельствует, что анализ может выйти из-под контроля, необходимо провести поиск причин, устранить их и провести контроль правильности.

Контрольные критерии

1. Восемь результатов подряд находятся по одну сторону от средней арифметической величины.
2. Пять результатов подряд расположены за линией одного среднеквадратического отклонения ($\pm 1S$).
3. Три результата выходят за рамки $\pm 2S$.
4. Один результат располагается за пределами $\pm 3S$.

При наличии контрольных критериев результаты исследований становятся под сомнение (анализ вышел из-под контроля) и до исправления недостатков результаты анализов не должны выдаваться. В таких случаях необходимо проверить все этапы производства анализа (чистоту реактивов, качество стандарта, контрольную сыворотку, мытье посуды, работу приборов и т.п.). Необходимо срочно провести контроль правильности по контрольным сывороткам.

6. Контроль правильности результатов исследований

Исследование контрольного материала с известным содержанием компонентов - наиболее простой способ оценки правильности. Он может быть использован для быстрой ориентировочной оценки правильности результатов. Обязательным условием, ограничивающим возможность этого способа, является использование только того метода исследования, который указан в аннотации к контрольному материалу. Кроме того, проводящий анализ контрольной сыворотки с известной концентрацией может слишком внушительно придерживаться того, что работает с контрольным материалом, и более тщательно будет проводить исследование. Если есть возможность избежать этого, то контроль будет более объективным. Контроль правильности должен осуществляться-

ся по всем диапазонам прямолинейного хода калибровочного графика, то есть контролю подвергаются как нормальные, так и патологические результаты. Контроль правильности результатов анализа периодически осуществляется как самим лаборантом, так и сотрудником лаборатории, ответственным за контроль качества. Для проведения контроля правильности необходимо иметь контрольный материал с нормальными и патологическими концентрациями вещества в контрольной сыворотке. Если полученные в лаборатории результаты исследования контрольной сыворотки укладываются в пределы допустимых отклонений содержания вещества, указанного в инструкции к сыворотке, то правильность удовлетворительна.

Оценка правильности результатов исследования проводится, высчитывая среднее квадратическое (стандартное) отклонение и построение контрольных карт (возможна с использованием статистического критерия Лорда (L)). Для этих целей определяют 10-20 параллельных проб контрольного материала, вычисляют среднюю арифметическую величину, а затем сравнивают со средней величиной, указанной для контрольного материала (m). Расчет осуществляется по формуле:

$$L = (\bar{X} - m) / (X_{\max} - X_{\min}),$$

где \bar{X} – средняя величина из 10-20 проб, m – среднее значение контрольной сыворотки, X_{\max} – максимальное значение из 10-20 проб, X_{\min} – минимальное значение этого же ряда.

Статистически установлено, что различие недостоверно при $L = 0,23$ или меньше этой величины.

Например, при исследовании содержания глюкозы получены следующие результаты:

$X_{\max} = 5,85$ ммоль/л, $X_{\min} = 5,05$ ммоль/л, $\bar{X} = 5,65$ ммоль/л, $m = 5,45$ ммоль/л.

$$L = (5,65 - 5,45) / (5,85 - 5,05) = 0,25$$

Если полученное значение больше 0,23, то различие достоверно, а результаты неправильные. Критерий Лорда можно использовать только тогда, когда воспроизводимость результатов в лаборатории удовлетворительная. Наличие неправильности результатов требует мер по их устранению. Меру своей систематической погрешности лаборатория может определить при участии в межлабораторном контроле качества путем сравнения с результатами других лабораторий, работающих тем же методом.

Если в контрольной сыворотке указано только среднее значение, при необходимости найти отклонение от средней величины, можно рассчитать S, исходя из коэффициента вариации. Для большинства биохимических исследований (как было указано выше) CV должен находиться в пределах 3-5%. Правильность результатов исследований зависит от наличия систематических ошибок.

Систематические ошибки могут быть обусловлены рядом причин: недостаточная степень чистоты стандарта, неправильно построенный калибровочный график, некачественные реактивы, неисправность измерительных приборов и т.д. Постоянная и пропорциональная погрешность составляют общую систематическую ошибку.

Для оценки правильности результатов исследования можно использовать достоверность различия результатов и наличие статистической связи. Для этой цели используют ошибку средней арифметической величины (S_x) и критерий t , которые вычисляются по формулам:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_{x1}^2 + S_{x2}^2}} \quad S_x = S / \sqrt{n},$$

где \bar{X}_1 и \bar{X}_2 - средние арифметические результаты сравниваемых величин, n - число наблюдений.

Например, X_1 - величина, полученная в лаборатории, а X_2 - величина в контрольной сыворотке. Различия считаются достоверными, если t будет равным 2,0 или больше 2,0 (p – показатель достоверности различий при этом будет равен 0,05 или меньше 0,05). Если p больше 0,05, то различия на достигнутом уровне значимости не достоверны, следовательно, определяемая сравниваемая величина правильная.

Таким образом, для статистической оценки правильности результатов при применении контрольных сывороток с известным содержанием компонентов наряду с тестом Лорда можно использовать и разностный метод критерий t -распределения по Стьюденту.

7. Проведение контроля качества без контрольного материала

Внутрилабораторный контроль качества лабораторных исследований может осуществляться не только с помощью специальных контрольных материалов, но и методов, не требующих контрольных материалов.

К ним относятся: исследование параллельных, случайных, исследование повторных проб и смешанных проб. Исследование параллельных проб позволяет оценить воспроизводимость результатов исследований с помощью образцов крови животных. Для этого выбранную пробу исследуют дважды. Результаты таких дублированных анализов используют для характеристики качества исследований. На принципе параллельных проб И. Георгиев (1985) рекомендует использовать контрольные R-карты. Принцип построения контрольных R-карт основан на использовании разницы двукратного определения исследуемого лабораторного показателя одного и того же исходного образца.

По предварительно выбранному показателю пробу биологического материала произвольно выбранного животного исследуют дважды, первый раз - под № 1, а второй раз - под последним номером и определяют арифметическую

разницу. Все это проделывают ежедневно в течение 15-20 дней (можно выбрать и другой срок), затем заполняют таблицу, подобную предложенной (таблица 7).

Таблица 7 - Вычисления для получения R-карты содержания глюкозы (ммоль/л)

№ пп	X'	X''	$ \Delta X $	$ \Delta X ^2$
1	4,44	5,56	1,12	1,2544
2	4,92	6,42	1,5	2,2500
3	6,69	6,62	0,07	0,0049
4	5,57	6,59	1,02	1,0404
5	4,06	6,65	2,59	6,7081
6	6,16	5,8	0,36	0,1296
7	6,54	6,22	0,32	0,1024
8	5,2	4,06	1,14	1,2996
9	4,36	5,27	0,91	0,8281
10	5,26	6,34	1,08	1,1664
11	6,57	5,39	1,18	1,3924
12	5,23	4,91	0,32	0,1024
13	5,71	5,66	0,05	0,0025
14	5,35	5,94	0,59	0,3481
15	6,25	4,14	2,11	4,4521

Расчеты: $R = \sqrt{\sum |\Delta X|^2 / 2n}$, где (в таблице 7 и формуле)

n - число наблюдений; X' - первое определение в серии; X'' - второе определение в серии; $|\Delta X|$ - абсолютное значение (модуль) разности X'' - X'; $\sum |\Delta X|^2$ - сумма квадратов разностей.

В данном случае: $R = \sqrt{21,0814/30} = \sqrt{0,703} = 0,838$

Затем вычисляют границы допустимого предела (2R, 2,5R, 3R), на ось ординат контрольной карты наносят величины различий $|\Delta X|$ от 0 и обозначают уровень рангов: 2R, 2,5R, 3R. Определенный таким образом предел различий обозначает допустимые границы контроля воспроизводимости. Теоретически вычислено, что в 95% всех исследований разница между двумя параллельными пробами должна быть в интервале между 0 и 2,5R. На карту ежедневно наносят разницу между двумя параллельными пробами. В случаях, когда разница больше 3R ранга, серию исключают и повторно исследуют пробы. Однако нельзя определить точные причины ошибок и проверить правильность результатов, а только воспроизводимость.

Исследование случайных проб. Этот метод аналогичен методу параллельных проб. Отличие заключается лишь в том, что лаборант выборочно исследует повторно одну или две пробы. Таким путем можно оценить воспроизводимость результатов исследования.

Исследование повторных проб. Для этого несколько случайно выбранных проб исследуется повторно. Сравнение соответствующих пар результатов

дает объективные данные о качестве проведенных исследований. При проведении этого метода 5% образцов должны исследоваться повторно. Метод дает возможность оценить качество работы лаборанта и аппаратуры.

Исследование смешанных проб. Метод смешанных проб состоит в следующем: из группы образцов случайно выбирают два (А и Б); из каждого образца берут равные объемы и смешивают (получают образец С). Исследуют все три образца.

Данные первого и второго образцов складывают и делят пополам. Затем определяют различия между величиной, полученной в смешанной пробе, и средней первого и второго образцов. Для построения контрольной карты по этому методу рекомендуют проводить исследования смешанных проб в течение 30-40 дней.

Приложение 2

Стабильность компонентов в сыворотке (плазме) крови и моче в зависимости от температуры хранения (по Долгову В. В. и др., 1997)

Компонент	Стабильность		
	-20 ⁰ С	4-6 ⁰ С	20-25 ⁰ С
Кровь			
Альбумин	3 мес.	3 мес.	3 мес.
Альфа-амилаза	1 год	7 сут.	7 сут.
Белок общий	Несколько лет	4 нед.	6 сут.
Белковые фракции	3 нед.	3 сут.	1 сут.
Билирубин	6 мес.	7 сут.	2 сут.
Глюкоза (стабилизированная)	-	7 сут.	1 сут.
Гамма-глутамилтранспептидаза	Несколько лет	7 сут.	1 сут.
Витамин Е	1 год	4 нед.	-
Железо	Несколько лет	3 нед.	-
Иммуноглобулины:			
А	6 мес.	3 мес.	3 мес.
D	6 мес.	7 сут.	7 сут.
Е	-	7 сут.	7 сут.
G	6 мес.	3 мес.	3 мес.
M	6 мес.	3 мес.	7 сут.
Калий	1 год	1 нед.	1 нед.
Кальций общий	8 мес.	3 нед.	7 сут.
Креатинин	3 мес.	7 сут.	7 сут.
Лактатдегидрогеназа	4 нед.	4 сут.	-
Магний	1 год	7 сут.	7 сут.
Молочная кислота	-	3 сут.	3 сут.
Мочевина	1 год	7 сут.	7 сут.
Мочевая кислота	6 мес.	7 сут.	3 сут.
Натрий	1 год	2 нед.	2 нед.
С-реактивный белок	3 года	8 сут.	3 сут.
Трансаминазы (аспартат- и аланин)	2 нед.	7 сут.	3 сут.
Трансферрин	6 мес.	8 сут.	8 сут.
Ферритин	1 год	7 сут.	7 сут.
Фосфор неорганический	1 год	4 сут.	1 сут.
Хлориды	1 год	7 сут.	7 сут.
Холестерол общий	-	7 сут.	7 сут.
Холинэстераза	3 мес.	17 сут.	17 сут.
Церулоплазмин	3 мес.	2 нед.	2 нед.
Щелочная фосфатаза общая	2 мес.	7 сут.	7 сут.
Щелочная фосфатаза костная	2 мес.	7 сут.	7 сут.

Коэффициенты пересчета единиц измерения биохимических показателей

Биохимический Показатель	Обозначение единиц		Коэффициент пересчета в рекомендуемые единицы (K _p)	Коэффициент пересчета в традиционные единицы (K _T)
	традиционные	рекомендуемые		
Альбумины	г%	г/л	10,0	0,10
Белок общий	г%	г/л	10,0	0,10
Билирубин	мг ⁰ %**	мкмоль/л	17,10	0,585
Глюкоза	мг ⁰ %	ммоль/л	0,0555	18,02
Железо	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,179	5,59
	мкг/л		0,0179	55,87
Йод, связанный с белком	мкг ⁰ %	нмоль/л	78,795	0,0127
Калий***	мг ⁰ %	ммоль/л	0,256	3,91
Кальций	мг ⁰ %	ммоль/л	0,25	4,01
Кобальт	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,17	5,88
	мкг/л		0,017	58,8
Кетоновые тела	мг ⁰ %	г/л	0,01	100
		мкмоль/л	172	0,0058
Креатинин	мг ⁰ %	мкмоль/л	88,45	0,0113
Липиды общие	мг ⁰ %	г/л	0,01	100
Мочевая кислота	мг ⁰ %	ммоль/л	0,0590	16,94
		мкмоль/л	59,5	0,0168
Марганец	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,182	5,494
	мкг/л		0,0182	54,94
Магний	мг ⁰ %	ммоль/л	0,4110	2,431
Медь	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,157	6,354
	мкг/л		0,01574	63,54
Мочевина	мг ⁰ %	ммоль/л	0,167	6,006
Молочная кислота (лактат)	мг ⁰ %	ммоль/л	0,111	9,008
Натрий***	мг ⁰ %	ммоль/л	0,435	2,299
Пировиноградная кислота	мг ⁰ %	мкмоль/л	113,6	0,0088
Ретинол (витамин А)	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,0349	28,65
	мкг/мл		3,491	0,2865
Селен	мкг/л	мкмоль/л	0,0127	78,96
Токоферол	мг ⁰ %	мкмоль/л	23	0,0435
	мкг/мл		2,32	0,431
Триглицериды	мг ⁰ %	ммоль/л	0,0114	87,5
Фосфор неорганический	мг ⁰ %	ммоль/л	0,3230	3,097
Хлориды***	мг ⁰ %	ммоль/л	0,2820	3,545
Холестерин	мг ⁰ %	ммоль/л	0,0259	38,66
Цинк	мкг ⁰ %	мкмоль/л	0,153	6,54
	мкг/л		0,0153	65,4

*- для пересчета единиц измерения из традиционных в рекомендуемые, необходимо результат в традиционных единицах умножить на коэффициент пересчета для рекомендуемых единиц.

Пересчет в традиционные единицы измерения производится путем умножения результата, полученного в рекомендуемых единицах, на коэффициент перерасчета для традиционных единиц.

Например: $X_p = P_t \times K_p$, где X_p – результат в рекомендуемых единицах, P_t – результат в традиционных единицах, K_p – коэффициент пересчета в рекомендуемые единицы. Концентрация креатинина в сыворотке крови составила 5 мг%. Для перевода в мкмоль/л полученное значение умножают на 88,4 и получают результат 442 мкмоль/л.

$X_t = P_p \times K_t$, где X_t – результат в традиционных единицах, P_p – результат в рекомендуемых единицах,

K_t – коэффициент пересчета в традиционные единицы. Концентрация холестерина в сыворотке крови составила 5 ммоль/л. Для перевода в мг% полученное значение умножают на 38,66 и получают результат 193,3 мг%.

** - в зарубежной литературе и справочных материалах единица мг% обозначается как mg/dL или mg/dl.

*** - концентрации электролитов (натрия, калия, хлоридов, иногда кальция и магния) в зарубежной и отечественной литературе и справочных материалах часто обозначают в мэкв/л или mEq/l. Для одновалентных электролитов (натрия, калия, хлоридов) 1 мэкв/л соответствует 1 ммоль/л, для двухвалентных (кальция, магния) 1 мэкв/л соответствует 0,5 ммоль/л.

Приложение 4

Коэффициенты пересчета единиц измерения активности ферментов*

Единицы измерения	Коэффициент пересчета	Единицы измерения
мккат/л	60	ИЕ/л
нкат/л	0,06	ИЕ/л
ИЕ/л	0,0167	мккат/л
ИЕ/л	16,67	нкат/л

* - ИЕ (МЕ, U/l) – интернациональные (международные) единицы

Например:

Активность аспаратаминотрансферазы составила 0,5 мккат/л. Для перевода в международные единицы полученное значение умножают на 60 и получают результат 30 ИЕ/л.

Активность аланинаминотрансферазы составила 62 ИЕ/л. Для перевода в мккат/л полученное значение умножают на 0,0167 и получают результат 1,04 мккат/л.

Приложение 5

Относительное содержание белковых фракций в сыворотке крови животных, %

Фракция	Вид животных						
	Крупный рогатый скот	Лошадь	Свинья	Овца	Коза	Собака	Кошка
Альбумин	35-54,1	30-52,6	35-50	35-45	35-54,1	20-40	22-32
α -глобулины	8,5-22,5	7,5-22	9,8-19,8	14-18	8,5-22,5	6,1-12	7-23
β -глобулины	7-21,9	6,2-19,8	10,4-21	20-26	7-21,9	12,5-23	4-18
γ -глобулины	16,5-46	14,0-40,0	17-32,2	18-24	16,5-46	3,5-9,5	4,5-10

* - у телят до приема молозива – 4,08-5,52%, в 1-й день жизни – 13,04-15,96%, на 3-й день жизни – 14,36-17,24%, на 7-й день жизни – 13,87-16,13% (по А. Г. Ульянову).

Нормативное производственно-практическое издание

Петровский Сергей Владимирович,
Белко Александр Александрович,
Курдеко Александр Павлович и др.

**НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
К ПОКАЗАТЕЛЯМ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ЖИВОТНЫХ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БИОХИМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ КРОВИ**

РЕКОМЕНДАЦИИ

Ответственный за выпуск А. А. Белко
Технический редактор О. В. Луговая
Компьютерный набор С. В. Петровский
Компьютерная верстка Е. В. Морозова
Корректоры Т. А. Драбо, Е. В. Морозова

Подписано в печать 29.11.2019. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,25. Уч.-изд. л. 3,60. Тираж 100 экз. Заказ 1988.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.
ЛП №: 02330/470 от 01.10.2014 г.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 51-75-71.
E-mail: rio_vsavm@tut.by
<http://www.vsavm.by>