

Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. Б. Балыкина, А. А. Бахта

Физиологическое обоснование применения лейкоцитарных индексов при оценке состояния здоровья хорьков

Аннотация.

Несмотря на относительно широкую распространенность, многие физиологические показатели, в том числе, крови, у хорьков еще требуют изучения. Лейкоцитарные индексы – это расчетные показатели, получаемые на основе значений лейкограммы. Как правило, они не являются прямым показателем конкретного заболевания, однако, являются важными косвенными маркерами, которые могут оказать помощь при составлении списка дифференциальных диагнозов.

Цель исследования – оценка показателей лейкоцитарных индексов у клинически-здоровых хорьков, а также сравнение полученных показателей с некоторыми имеющимися референсными значениями у других видов животных.

Материалы и методы. Проведен анализ морфологических показателей крови 10 клинически-здоровых хорьков. В стабилизированной крови определяли количество лейкоцитов и лейкограмму по общепринятым методикам с последующим вычислением следующих лейкоцитарных индексов: индекс Кребса (ИК), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), ядерный индекс Г. Д. Даштаянца (ЯИ), индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК), лейкоцитарный индекс (ЛИ), индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ), индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ).

Результаты. Результаты представленного исследования могут потенциально позволить улучшить диагностику и прогнозирование течения различных болезней у хорьков, выявить маркеры ранней смертности, оценить динамику патологических процессов. Используемые показатели лейкоцитарных индексов косвенно отражают степень активности иммунной системы, в то числе, фагоцитоз, пролиферацию и регенерацию клеток, а также взаимодействие гуморального и клеточного иммунитета. В дальнейшем исследование планируется расширить, увеличив размер выборки, проведя анализ отдельных заболеваний, физиологических состояний, особенностей влияния рациона, и связи с тяжестью состояния, продолжительностью и качеством жизни.

Ключевые слова: хорек; лабораторная диагностика; гематология; лейкоцитарные индексы; морфология крови.

Авторы:

Карпенко Л. Ю. — доктор биологических наук; e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Козицына А. И. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: anna.kozitzyna@yandex.ru;

Балыкина А. Б. — кандидат ветеринарных наук; e-mail: annbalykina@yandex.ru;

Бахта А. А. — кандидат биологических наук; e-mail: ab-2003@yandex.ru.

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; 196084, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Черниговская ул., 5.

Введение. В настоящее время использование хорьков в качестве лабораторных моделей, а также домашних питомцев увеличивается. В отношении лабораторных животных, за счет особенностей физиологического развития, хорьков часто используют в исследованиях, посвященных работе дыхательной и сердечно-сосудистой систем, а также в изучении гриппа, онкологических болезней и пр [1, 2]. Благодаря своему уникальному характеру, обучаемости, игривости и компактным размерам, многие также рассценивают их как отличных компаньонов [3–5].

Несмотря на относительно широкую распространенность, многие физиологические показатели, в том числе, крови, у многих лабораторных

животных, а также так называемых экзотических животных-компаньонов, в том числе и хорьков еще требуют изучения [6–11]. В целом, лабораторные исследования крови в работе ветеринарного специалиста играют зачастую критически важную роль в диспансеризации и диагностике [12–14]. Они позволяют выявлять различные патологические состояния, прогнозировать течение болезни, оценивать общее состояние здоровья [15, 16]. В свою очередь, лейкоцитарные индексы — это расчетные показатели, получаемые на основе значений лейкограммы. Как правило, они не являются прямым показателем конкретного заболевания, однако, являются важными косвенными маркерами, которые

могут оказать помощь при составлении списка дифференциальных диагнозов [17, 18].

Цель исследования — оценка показателей лейкоцитарных индексов у клинически-здоровых хорьков, а также сравнение полученных показателей с некоторыми имеющимися референсными значениями у других видов животных.

Материалы и методы. В представленном исследовании был проведен анализ морфологических показателей крови 10 клинически-здоровых хорьков, поступивших в частную ветеринарную клинику г. Санкт-Петербурга в летне-осенний период. Возрастное распределение было от 1 до 5 лет ($3,10 \pm 1,14$ лет).

Объект исследования — стабилизированная кровь. В стабилизированной крови определяли количество лейкоцитов и лейкограмму по общепринятым методикам с последующим вычислением следующих лейкоцитарных индексов: индекс Кребса (ИК), лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ), ядерный индекс Г. Д. Даштаянца (ЯИ), индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК), лейкоцитарный индекс (ЛИ), индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ), индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ). Соотношения для каждого из индексов представлены в таблице 1 [18].

При оценке показателей лейкоцитарных индексов следует учитывать индивидуальные особенности воспалительных и иммунных реакций отдельных видов животных, поэтому интерпретацию данных показателей у хорьков еще предстоит установить и обосновать. Однако, в качестве исходных данных, предлагаем следующие варианты интерпретации и диагностического значения исследуемых параметров. Показатель

ИК указывает на взаимное распределение нейтрофилов и лимфоцитов, считается лейкоцитарным индексом интоксикации, характеризуя течение реакций фагоцитоза, а также факторов специфического иммунитета, статус общей реактивности организма. Некоторые авторы указывают соотношение данного показателя с процессами тканевой дегенерации и остроты воспаления [19]. ЛИИ указывает на параметры фагоцитарной активности в совокупности с оценкой количества нейтрофилов в кровеносном русле. ЯИ характеризует количество моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов, дополнительно фиксируя параметр времени циркуляции нейтрофилов в кровеносном русле. Данный может возрастать при бактериальных инфекциях, воспалительных процессах, интоксикации организма [17]. ЯИ представляет собой отношение суммы количества моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов к количеству сегментоядерных нейтрофилов, его повышение характеризует увеличение скорости регенерации нейтрофилов и моноцитов и повышение продолжительности циркуляции данных типов лейкоцитов в кровеносном русле. Это в свою очередь говорит о потенциальном хроническом процессе [20]. ИСЛК характеризует относительное количество гранулоцитов и агранулоцитов. Повышение данного показателя может указывать на активные воспалительные процессы, а также на снижение степени иммунологической реактивности [21]. ЛИ предположительно характеризует связь звеньев гуморального и клеточного иммунитета [18, 20]. ИСНМ характеризует показатели микрофагально-макрофагального звена, о соотношении компонентов данной системы [18, 19]. ИСЛМ указывает на степень баланса между лимфоцитами и моноци-

Таблица 1. Результаты биохимического исследования крови тигров в возрастной динамике

Лейкоцитарный индекс	Соотносимые показатели лейкограммы (%)	
Индекс Кребса (ИК)	Общее процентное количество нейтрофилов	Общее процентное количество лимфоцитов
Лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ)	Общее процентное количество нейтрофилов	Сумма лимфоцитов, эозинофилов и моноцитов
Ядерный индекс Г.Д. Даштаянца (ЯИ)	Сумма процентного количества моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов	Процентное количество сегментоядерных нейтрофилов
Индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК)	Сумма процентного количества эозинофилов, базофилов и нейтрофилов	Сумма процентного количества моноцитов и лимфоцитов
Лейкоцитарный индекс (ЛИ)	Общее процентное количество лимфоцитов	Общее процентное количество нейтрофилов
Индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ)	Процентное количество нейтрофилов	Процентное количество моноцитов
Индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ)	Процентное количество лимфоцитов	Процентное количество моноцитов

Таблица 2. Лейкоцитарные индексы клинически здоровых хорьков (n=10)

№ п/п	Лейкоцитарный индекс	Ед. изм.	M±m	Min	Max	Медиана	Экссесс
1	Индекс Кребса (ИК)	Усл. ед.	1,57±0,47	0,96	2,39	1,46	-0,48
2	Лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ)		1,29±0,41	0,75	2,03	1,2	-0,49
3	Ядерный индекс Г. Д. Даштаянца (ЯИ)		0,07±0,05	0,02	0,2	0,06	2,23
4	Индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК)		1,59±0,41	1	2,33	1,5	-0,49
5	Лейкоцитарный индекс (ЛИ)		0,69±0,20	0,42	1,04	0,68	-0,74
6	Индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ)		25,83±13,66	6,5	51	20,5	-0,4
7	Индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ)		18,84±14,68	4,38	49	12,83	1,12

тами и отражает взаимоотношения аффекторного и эффекторного звеньев иммунологического процесса [19, 20].

Статистическая обработка полученных данных включала вычисление среднего арифметического, определение стандартного отклонения, максимального и минимального значения, расчет медианы и эксцесса, построение кривых распределения Гаусса с помощью программы Microsoft Excel 2007.

Результаты и обсуждение. Полученные результаты представлены в таблице 2 и рисунках 1–7. Результаты представленного исследования

могут потенциально позволить улучшить диагностику и прогнозирование течения различных болезней у хорьков, выявить маркеры ранней смертности, оценить динамику патологических процессов. Используемые показатели лейкоцитарных индексов косвенно отражают степень активности иммунной системы, в том числе, фагоцитоз, пролиферацию и регенерацию клеток, а также взаимодействие гуморального и клеточного иммунитета. Эти показатели уже применяются в гуманной и ветеринарной медицине (хирургия, пульмонология, онкология, гастроэнтерология, нефрология и др.).

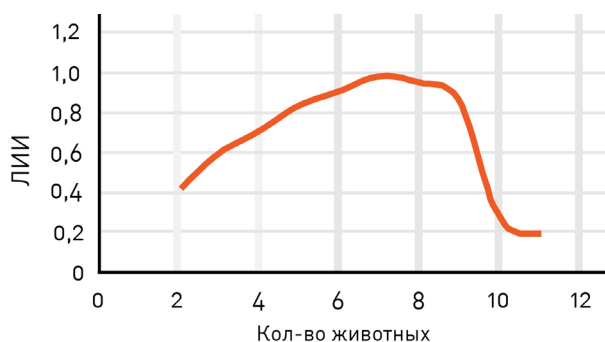


Рис. 1. Кривая распределения Гаусса для полученных значений лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ)

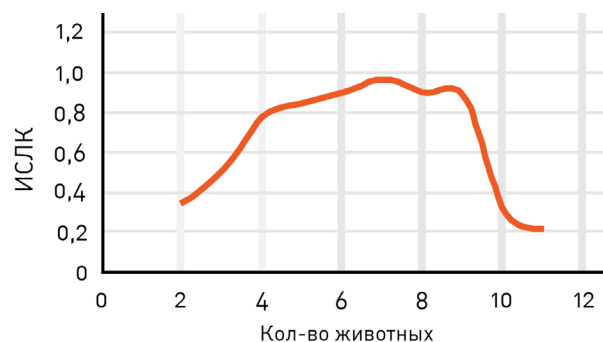


Рис. 2. Кривая распределения Гаусса для полученных значений индекса сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК)



Рис. 3. Кривая распределения Гаусса для полученных значений лейкоцитарного индекса (ЛИ)



Рис. 4. Кривая распределения Гаусса для полученных значений индекса Кребса (ИК)

При сравнении полученных лейкоцитарных индексов хорьков с лейкоцитарными индексами собак других исследователей [17, 22, 23], сходные паттерны были выявлены в отношении показателей ИК, ИСЛК, ИСЛМ, в то время как показатели ЯИ, ЛИ и ИСНМ у хорьков были выше, чем у собак. Примечательно, что показатели нормы ЛИИ собак имели тенденцию как к превышению [17, 22], так и к понижению [23] относительно полученных в данном исследовании показателей хорьков, что в свою очередь указывает на необходимость выделения индивидуальных показателей особей, в том числе в ходе проведения плановых диспансеризаций. В отношении кошек, при оценке показателей, полученных в ранее проведенных исследованиях [18], сходные паттерны были выявлены в отношении показателей ИСЛК и ЛИ, в то время, как тенденция к снижению была в отношении показателей ЛИИ, ИК и ЯИ у кошек по сравнению с хорьками, и тенденция к повышению наблюдалась в отношении ИСНМ и ИСЛМ в крови кошек, относительно крови хорьков.

Заключение. Сравнение полученных данных с результатами исследований на других видах животных обосновывает необходимость дальнейшей работы по установлению референтных значений для хорьков при конкретных патологиях и болезнях [18, 21]. В дальнейшем исследование планируется расширить, увеличив размер выборки, проведя анализ отдельных заболеваний, физиологических состояний, особенностей влияния рациона, и связи с тяжестью состояния, продолжительностью и качеством жизни.

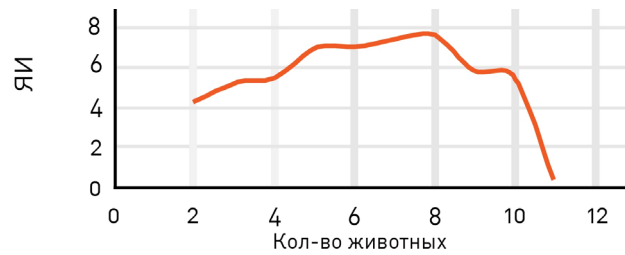


Рис. 5. Кривая распределения Гаусса для полученных значений ядерного индекса (ЯИ)

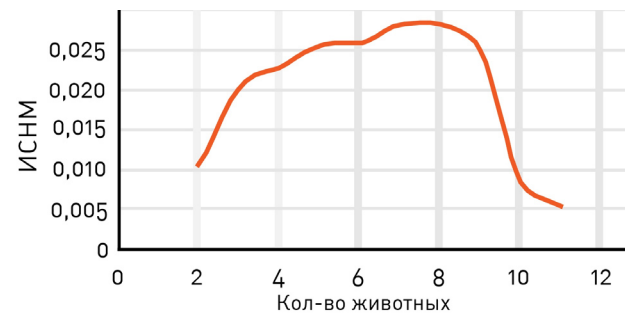


Рис. 6. Кривая распределения Гаусса для полученных значений индекса соотношения нейтрофилов и моноцитов (ИСНМ)

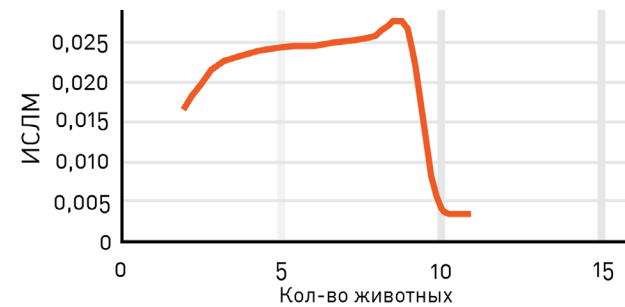


Рис. 7. Кривая распределения Гаусса для полученных значений индекса соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ)

Литература

1. Прокопенко П. И. Использование живого вируса для оценки SARS-COV-2-специфического т-клеточного иммунитета у хорьков / П. И. Прокопенко, Е. А. Степанова, А. К. Чистякова [и др.] // IX Межд. конференция молодых ученых: вирусологов, биотехнологов, биофизиков, молекулярных биологов и биоинформатиков : Сборник тезисов, Новосибирск, 27–30 сентября 2022 года. — Новосибирск: Новосибирский нац. исследовательский гос. университет, 2022. — С. 436–437. — EDN JGZPMJ.
2. Воронин С. Е. Хорьки, как лабораторные животные / С. Е. Воронин, М. Н. Макарова, К. Л. Крышень [и др.] // Международный вестник ветеринарии. — 2016. — № 2. — С. 103–116.
3. Quesenberry K. E. Ferrets Rabbits and Rodents: Clinical Medicine and Surgery. / К. Е. Quesenberry, С. J. Orcutt, С. Mans, J. W. Carpenter. Fourth ed. St. Louis Missouri: Elsevier; 2021. 646 pp.
4. Карпенко Л. Ю. Лабораторные критерии диагностики гипернадренкортицизма у хорьков / Л. Ю. Карпенко, А. А. Стекольников, А. И. Козицына, А. А. Бахта // Кролиководство и звероводство. — 2022. — № 2. — С. 39–44. Doi: 10.52178/00234885_2022_2_39. — EDN FJTAPI.
5. Шарипова Д. Ю. Анализ биохимических показателей крови у хорьков в норме и при гипернадренкортицизме / Д. Ю. Шарипова, Л. А. Минюк // Сборник материалов межд. научно-практ. конф-ции «совр. направления развития науки в животноводстве и вет. медицине», Тюмень, 11 февраля 2021 года. Том Часть II. — Тюмень: Гос. агр. университет Северного Зауралья, 2021. — С. 166–170. — EDN MDJLLU.
6. Мирошников М. В. Вариабельность биохимических показателей крови и установление референтных интервалов в доклинических исследованиях. Сообщение 5: хорьки / М. В. Мирошников, К. Т. Султанова, М. А. Ковалева, М. Н. Макарова // Лабораторные животные для научных исследований. — 2021. — № 4. — С. 29–39. Doi: 10.29296/2618723X-2021-04-04. — EDN XXSCIA.

7. Карпенко, Л. Ю. Физиология и биохимия лабораторных животных : учебное пособие / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. — 118 с. — EDN ULNDVW.
8. Кузнецова А. И. Качественные реакции для определения патологических показателей в моче лабораторных животных как альтернатива тест-полоскам / А. И. Кузнецова, Н. М. Фаустова, А. Е. Аргинтаева // Лабораторные животные для научных исследований. — 2022. — № 3. — С. 68–85. Doi: 10.57034/2618723X-2022-03-08. — EDN ZATNXX.
9. Мирошников М. В. Определение референтных интервалов клиренса эндогенного креатинина у лабораторных животных / М. В. Мирошников, К. Т. Султанова, М. А. Ковалева [и др.] // Лабораторные животные для научных исследований. — 2022. — № 4. — С. 21–30. Doi: 10.57034/2618723X-2022-04-03. — EDN MBXUAV.
10. Симонова Е. В. Содержание общих желчных кислот в крови и желчи лабораторных животных / Е. В. Симонова, К. Т. Султанова, Н. М. Фаустова, А. Ю. Романенко // Лабораторные животные для научных исследований. — 2023. — № 4. — С. 87–94. Doi: 10.57034/2618723X-2023-04-08. — EDN QKKGQF.
11. Шульгина, Н. К. Становление в онтогенезе и сезонная динамика эндокринной функции гонад у пушных зверей семейства куньих (соболь, хорь) в условиях клеточного содержания / Н. К. Шульгина // Проблемы биологии продуктивных животных. — 2008. — № 4. — С. 34–41. — EDN KBDSGV.
12. Карпенко Л. Ю. Влияние кадмия на гематологические показатели карпа / Л. Ю. Карпенко, П. А. Полистовская, А. И. Енукашвили, А. Б. Балькина // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 1. — С. 92–96. — Doi: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.92. — EDN SBFPAM.
13. Taraskin A. Blood biochemical markers in Saanen goats depending on month of pregnancy / A. Taraskin, A. Bakhta, L. Karpenko [et al.] // FASEB Journal. — 2021. — Vol. 35. — № S1. — P. 05198. Doi: 10.1096/fasebj.2021.35.S1.05198. — EDN JSVGFR.
14. Kurtz D. M. The Clinical Chemistry of Laboratory Animals / D. M. Kurtz, G. S., Travlos. Third ed. Boca Raton FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2018. 1139 pp.
15. Карпенко Л. Ю. Сравнительный анализ биохимических показателей крови кастрированных и некастрированных кроликов / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта // Кролиководство и звероводство. — 2023. — № 1. — С. 40–44. Doi: 10.52178/00234885_2023_1_40. — EDN FG CYHU.
16. Thrall M. A. Veterinary Hematology Clinical Chemistry and Cytology. /M. A. Thrall, G. Weiser, R. W. Allison, T. W. Campbell. Third ed. Chichester: Wiley Blackwell; 2022. 1042 pp.
17. Гапонова В. Н. Роль гематологических лейкоцитарных индексов в оценке почечных патологий у собак / В. Н. Гапонова, О. В. Крячко // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 25–29 января 2021 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2021. — С. 29–31. — EDN SHNRXP
18. Карпенко Л. Ю. Лейкоцитарные индексы клинически здоровых кошек / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. — 2023. — № 2. — С. 153–156. Doi: 10.52419/issn2782-6252.2023.2.153. — EDN SNSPVE.
19. Крячко О. В. Влияние технологического стресса на иммунологическую реактивность поросят / О. В. Крячко, А. О. Будник // Международный вестник ветеринарии. — 2020. — № 2. — С. 155–161. Doi: 10.17238/ISSN2072-2419.2020.2.155. — EDN YEWZRI.
20. Ткаченко Е. А. Лейкоцитарные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышей / Е. А. Ткаченко, М. А. Дерхо // Известия ОГАУ. — 2014. — № 3. — С. 81–83.
21. Козицына А. И. Лейкоцитарные индексы у собак при приобретенном первичном гипотиреозе / А. И. Козицына, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта // Российский иммунологический журнал. — 2024. — Т. 27. — № 3. — С. 477–482. Doi: 10.46235/1028-7221-16747-LII. — EDN QVXUVA.
22. Краснолобова Е. П. Диагностическое значение лейкоцитарных индексов у животных / Е. П. Краснолобова, Н. А. Череменина, С. П. Ковалев // Международный вестник ветеринарии. — 2018. — № 4. — С. 140–143. — EDN SLYCQX.
23. Шарафутдинова Е. Б. Оценка уровней реактивности, интоксикации и активности воспаления у собак при бронхопневмонии с использованием лейкоцитарных индексов / Е. Б. Шарафутдинова, Н. В. Сорокин, А. П. Жуков, А. О. Клесова-Засорина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2022. — № 6(98). — С. 204–212. Doi: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-204-212.

Karpenko L., Kozitcyna A., Balykina A., Bakhta A.

Physiological justification for the use of leukocyte indices in assessing the health status in ferrets

Abstract.

Despite its relatively widespread, many physiological parameters, including blood, in ferrets still need to be studied. Leukocyte indices are calculated values obtained on the basis of leukogram values. As a rule, they are not a direct indicator of a specific disease, however, they are important indirect markers that can help in compiling a list of differential diagnoses.

The aim of the study was to evaluate the indicators of leukocyte indices in clinically healthy ferrets, as well as to compare the obtained indicators with some available reference values in other animal species.

Materials and methods. *The morphological parameters of the blood of 10 clinically healthy ferrets were analyzed. In the stabilized blood, the number of leukocytes and the leukogram were determined according to generally accepted methods, followed by the calculation of the following leukocyte indices: Krebs index (KI), leukocyte intoxication index (LII), nuclear index of GD Dashtyantsa (NI), leukocyte displacement index (LDI), leukocyte index (LI), neutrophil-monocyte ratio index (NMRI), lymphocyte-monocyte ratio index (LMRI).*

Results. *The results of the presented study can potentially improve the diagnosis and prognosis of various diseases in ferrets, identify markers of early mortality, and assess the dynamics of pathological processes. The indicators of leukocyte indices used indirectly reflect the degree of activity of the immune system, including phagocytosis, cell proliferation and regeneration, as well as the interaction of humoral and cellular immunity. In the future, the study is planned to expand by increasing the sample size, analyzing individual diseases, physiological conditions, dietary effects, and the relationship with the severity of the condition, duration, and quality of life.*

Key words: *ferret; laboratory diagnostics; hematology; leukocyte indices; blood morphology.*

Authors:

Karpenko L. — Dr Habil. (Biol. Sci.); e-mail: l.u.karpenko@mail.ru;

Kozitcyna A. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: anna.kozitcyna@yandex.ru;

Balykina A. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: annbalykina@yandex.ru;

Bakhta A. — PhD (Biol. Sci.); e-mail: ab-2003@yandex.ru.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation, 196084, Saint-Petersburg, Chernigovskaya st., 5.

References

1. Prokopenko P. I. Using a live virus to assess SARS-COV-2-specific T-cell immunity in ferrets / P. I. Prokopenko, E. A. Stepanova [et al.] // IX Int. Conf. of Young Scientists: Virologists, Biotechnologists, Biophysicists, Molecular Biologists and Bioinformaticians: Collection of Abstracts, September 27–30, 2022. — Novosibirsk: Novosibirsk Nat. Research State University, 2022. — P. 436–437.
2. Voronin S. E. Ferrets as laboratory animals / S. E. Voronin, M. N. Makarova, K. L. Kryshen [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. — 2016. — № 2. — P. 103–116.
3. Quesenberry K. E. Ferrets Rabbits and Rodents: Clinical Medicine and Surgery. / K. E. Quesenberry, C. J. Orcutt, C. Mans, J. W. Carpenter. Fourth ed. St. Louis Missouri: Elsevier; 2021. 646 pp.
4. Karpenko L. Yu. Laboratory criteria for the diagnosis of hyperadrenocorticism in ferrets / L. Yu. Karpenko, A. A. Stekolnikov, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta // Rabbit breeding and animal husbandry. — 2022. — № 2. — P. 39–44. Doi: 10.52178/00234885_2022_2_39. - EDN FJTAPI.
5. Sharipova D. Yu. Analysis of biochemical blood parameters in ferrets in norm and with hyperadrenocorticism / D. Yu. Sharipova, L. A. Minyuk // Collection of materials of the int. scientific and practical. conference "Modern. directions of science development in animal husbandry and vet.medicine", February 11, 2021. Vol. II. — Tyumen: State. Agr. University of Northern Trans-Urals, 2021. — P. 166–170.
6. Miroshnikov M. V. Variability of blood biochemical parameters and establishment of reference intervals in preclinical studies. Communication 5: ferrets / M. V. Miroshnikov, K. T. Sultanova, M. A. Kovaleva, M. N. Makarova // Laboratory animals for scientific research. — 2021. — № 4. — P. 29–39. Doi: 10.29296/2618723X-2021-04-04. — EDN XXSCIA.

7. Karpenko, L. Yu. Physiology and biochemistry of laboratory animals: a textbook / L. Yu. Karpenko, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2023. - 118 p. - EDN ULNDVW.
8. Kuznetsova A. I. Qualitative reactions for determining pathological parameters in the urine of laboratory animals as an alternative to test strips / A. I. Kuznetsova, N. M. Faustova, A. E. Argintaeva // Laboratory animals for scientific research. - 2022. - № 3. - P. 68–85. Doi: 10.57034/2618723X-2022-03-08. - EDN ZATNXX.
9. Miroshnikov M. V. Determination of reference intervals for endogenous creatinine clearance in laboratory animals / M. V. Miroshnikov, K. T. Sultanova, M. A. Kovaleva [et al.] // Laboratory animals for scientific research. - 2022. - № 4. - P. 21–30. Doi: 10.57034/2618723X-2022-04-03. - EDN MBXUAV.
10. Simonova E. V. Content of total bile acids in the blood and bile of laboratory animals / E. V. Simonova, K. T. Sultanova, N. M. Faustova, A. Yu. Romanenko // Laboratory animals for scientific research. - 2023. - № 4. - P. 87–94. Doi: 10.57034/2618723X-2023-04-08. - EDN QKKGQF.
11. Shulgina, N. K. Formation in ontogenesis and seasonal dynamics of the endocrine function of the gonads in fur animals of the mustelid family (sable, polecat) under conditions of cage maintenance / N. K. Shulgina // Problems of biology of productive animals. - 2008. - № 4. - P. 34–41. - EDN KBDSGV.
12. Karpenko L. Yu. Effect of cadmium on hematological parameters of carp / L. Yu. Karpenko, P. A. Polistovskaya, A. I. Erukashvili, A. B. Balykina // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2020. - № 1. - P. 92–96. Doi: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.92. - EDN SBFPAM.
13. Taraskin A. Blood biochemical markers in Saanen goats depending on month of pregnancy / A. Taraskin, A. Bakhta, L. Karpenko [et al.] // FASEB Journal. - 2021. - Vol. 35. - № S1. - P. 05198. Doi: 10.1096/fasebj.2021.35.S1.05198. - EDN JSVGFR.
14. Kurtz D. M. The Clinical Chemistry of Laboratory Animals / D. M. Kurtz, G. S., Travlos. Third ed. Boca Raton FL: CRC Press Taylor & Francis Group; 2018. 1139 pp.
15. Karpenko L. Yu. Comparative analysis of biochemical parameters of blood of castrated and uncastrated rabbits / L. Yu. Karpenko, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta // Rabbit breeding and animal husbandry. - 2023. - № 1. - P. 40–44. Doi: 10.52178/00234885_2023_1_40. - EDN FG CYHU.
16. Thrall M. A. Veterinary Hematology Clinical Chemistry and Cytology / M. A. Thrall, G. Weiser, R. W. Allison, T. W. Campbell. Third ed. Chichester: Wiley Blackwell; 2022. 1042 pp.
17. Gaponova V. N. The role of hematological leukocyte indices in the assessment of renal pathologies in dogs / V. N. Gaponova, O. V. Kryachko // Proceedings of the national scientific conference of the faculty, researchers and postgraduate students of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, January 25-29, 2021. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2021. - P. 29–31. - EDN SHNRXP
18. Karpenko L. Yu. Leukocyte indices of clinically healthy cats / L. Yu. Karpenko, A. I. Kozitsyna, A. A. Bakhta // Normative and legal regulation in veterinary medicine. - 2023. - № 2. - P. 153–156. Doi: 10.52419/issn2782-6252.2023.2.153. - EDN SNSPVE.
19. Kryachko O. V. Effect of technological stress on the immunological reactivity of piglets / O. V. Kryachko, A. O. Budnik // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2020. - № 2. - P. 155–161. Doi: 10.17238/ISSN2072-2419.2020.2.155. - EDN YEWZRI.
20. Tkachenko E. A. Leukocyte indices in experimental cadmium intoxication of mice / E. A. Tkachenko, M. A. Derkho // Bulletin of the OGAU. - 2014. - № 3. - P. 81–83.
21. Kozitsyna AI Leukocyte indices in dogs with acquired primary hypothyroidism / AI Kozitsyna, L. Yu. Karpenko, AA Bakhta // Russian Journal of Immunology. - 2024. - Vol. 27. - № 3. - P. 477–482. Doi: 10.46235/1028-7221-16747-LII. - EDN QVXUVA.
22. Krasnolobova EP Diagnostic value of leukocyte indices in animals / EP Krasnolobova, NA Cheremenina, SP Kovalev // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2018. - № 4. - P. 140–143. - EDN SLYCQX.
23. Sharafutdinova E. B. Evaluation of reactivity levels, intoxication and inflammation activity in dogs with bronchopneumonia using leukocyte indices / E. B. Sharafutdinova, N. V. Sorokin, A. P. Zhukov, A. O. Klesova-Zasorina // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. - 2022. - № 6(98). - P. 204–212. Doi: 10.37670/2073-0853-2022-98-6-204-212.