

Научная статья
УДК 636.3.033:612.112:615.272
doi: 10.48612/vch/79nt-x53h-a1nn

ДИНАМИКА ЛЕЙКОЦИТОВ И ЛЕЙКОЦИТАРНЫХ ИНДЕКСОВ КАК МАРКЕРОВ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ У ЯГНЯТ ПОСЛЕ ОТЪЕМА

Людмила Владимировна Клетикова, Людмила Викторовна Вирзум, Юлия Николаевна Шашурина,
Сергей Сергеевич Терентьев, Павел Александрович Горбунов
Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет
153012, Ивановская область, г. Иваново, Российская Федерация

Аннотация. Общий анализ крови является рутинной практикой в оценке гомеостаза животных. О состоянии адаптивности и резистентности животных можно судить по соотношению отдельных видов лейкоцитов и интегральным показателям. Сформировав чувствительную, первую и вторую опытные группы, получившие препараты-эрготропики в дозах, установленных наставлением по применению, соответственно, юберин + тетравит и юберин + элеовит, анализировали общее содержание лейкоцитов, лейкограмму, лейкоцитарные индексы (ЛИР, ИГ, ИИР, НЛК ИСЛ, ЛГИ, ИА, ИСНМ, ИСЛМ, РОН). Исследования выполняли по стандартным методикам и общепринятым формулам. В контрольной (чувствительной) группе ягнят изменения количества лейкоцитов, их соотношений и интегральных показателей более выражены. Значительные изменения во всех группах наблюдались на фоне проведения второго цикла исследований, что обусловлено температурным фактором среды и началом пастбищного сезона. На завершающем этапе исследований концентрация лейкоцитов в крови чувствительной группы, получавшей только основной рацион, и опытных групп находилась в интервале $(12,30-12,40) \times 10^9/\text{л}$. В этот период в лейкограмме ягнят контрольной группы содержание моноцитов составило более 10 %, превысив данные опытных групп. Динамичность интегральных индексов у помесных ягнят во время эксперимента связана не только с возрастными, но и генетическими особенностями. На фоне проведения четвертого этапа у ягнят наблюдался физиологический перекрест нейтрофилов и лимфоцитов. Таким образом, проведенный эксперимент выявил, что причиной лейкоцитарных перестроек является общая мобилизация защитных механизмов организма и неспецифической реакции адаптации. При диагностике статуса стада целесообразно проводить исследование содержания лейкоцитов, их процентного соотношения, лейкоцитарных индексов, совокупность которых позволит оценить реактивность и адаптивность животных. Наибольшая подвижность отдельных видов лейкоцитов выявлялась у ягнят контрольной группы. В связи с этим целесообразно циклическое применение препаратов-эрготропиков, стимулирующих неспецифическую адаптивность и резистентность молодняка.

Ключевые слова: ягнята, кровь, лейкоциты, лейкограмма, лейкоцитарные индексы, динамика, эрготропики.

Для цитирования: Клетикова Л. В., Вирзум Л. В., Шашурина Ю. Н., Терентьев С. С., Горбунов П. А. Динамика лейкоцитов и лейкоцитарных индексов как маркеров адаптационных процессов у ягнят после отъема // Вестник Чувашиского государственного аграрного университета. 2025 №3(34). С. 59-67.
doi: 10.48612/vch/79nt-x53h-a1nn

Original article

DYNAMICS OF LEUCOCYTES AND LEUCOCYTE INDICES AS MARKERS OF ADAPTATION PROCESSES IN LAMBS AFTER WEANING

Lyudmila V. Kletikova, Lyudmila V. Virzum, Yulia N. Shashurina, Sergey S. Terentyev, Pavel A. Gorbunov
Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology
153012 Ivanovo region, Ivanovo, Russian Federation

Abstract. A complete blood count is a routine practice in assessing animal homeostasis. The state of animal adaptability and resistance can be judged by the ratio of individual types of leukocytes and integral indices. Having formed the sensitive, first and second experimental groups that received ergotropic preparations in doses established by the instructions for use, respectively, uberin + tetravit and uberin + eleovit, the total leukocyte content, leukogram, leukocyte indices (LIR, IG, IIR, NLK ISL, LGI, IA, ISNM, ISLM, RON) were analyzed. The studies were carried out using standard methods and generally accepted formulas. In the control (sensitive) group of lambs, changes in the number of leukocytes, their ratios and integral indices were more pronounced. Significant changes in all groups were observed against the background of the second cycle of studies, which is due to the temperature factor of the environment and the beginning of the grazing season. At the final stage of the research, the concentration of leukocytes in the blood of the sensitive group, which received only the basic diet, and the experimental groups was in the range of $(12.30-12.40) \times 10^9/\text{l}$. During this period, the content of monocytes in the leukogram of the lambs of the control group was more than 10 %, exceeding the data of the experimental groups. The dynamism of the integral indices in crossbred lambs during the experiment is associated not only with age, but also with genetic characteristics. During the fourth stage, a physiological crossover of neutrophils and lymphocytes was observed in the lambs. Thus, the experiment revealed that the cause of

leukocyte rearrangements is the general mobilization of the body's defense mechanisms and a non-specific adaptation reaction. When diagnosing the status of the herd, it is advisable to study the content of leukocytes, their percentage, leukocyte indices, the totality of which will allow assessing the reactivity and adaptability of animals. The highest mobility of individual types of leukocytes was detected in the lambs of the control group. In this regard, it is advisable to cyclically use ergotropic drugs that stimulate non-specific adaptability and resistance of young animals.

Keywords: lambs, blood, leukocytes, leukogram, leukocyte indices, dynamics, ergotropics.

For citation: Kletikova L. V., Virzum L. V., Shashurina Yu. N., Terentyev S. S., Gorbunov P. A. Dynamics of leukocytes and leukocyte indices as markers of adaptation processes in lambs after weaning // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2025 No. 3(34). Pp. 59-67.

doi: 10.48612/vch/79nt-x53h-a1nn

Введение.

Кровь – подвижная жидкая субстанция, непрерывно циркулирующая в замкнутой системе кровеносных сосудов. В практике врача анализ крови является неотъемлемым атрибутом. Исследование клеточного состава крови служит одним из наиболее доступных и информативных лабораторных методов, поскольку показатели гемограммы в норме изменяются в относительно узком диапазоне значений [8, 15]. Форменные элементы крови включают эритроциты, тромбоциты и лейкоциты. Лейкоциты – самая малочисленная группа клеток представленная морфологически и функционально разнообразными элементами. Клетки лейкоцитарного ряда обеспечивают защиту организма от патогенов путем фагоцитоза и выработки специфических антител и способны мигрировать в соединительную ткань [1]. Кроме анализа абсолютного и относительного количества лейкоцитов практическое значение имеют расчетные лейкоцитарные индексы [12, 13]. Интегральные показатели лейкограммы позволяют оценить механизмы резистентности организма, адаптационные реакции крови, определить устойчивость молодняка животных к воздействию различных факторов среды. В качестве сигнальных показателей используется относительное содержание лимфоцитов с выделением типа неспецифической адаптации и значение показателей реактивно-защитного потенциала. Для определения уровня эндогенной интоксикации при заболеваниях различного профиля применяются лейкоцитарные индексы интоксикации, которые также могут служить маркерами при обострении хронических процессов. В частности, лейкоцитарный индекс интоксикации по Островскому отражает реакцию костного мозга на бактериальную инфекцию, а степень его повышения показывает ответную реакцию костного мозга на силу воздействия бактериальной инфекции, при этом степень его «напряжения» имеет важное диагностическое значение. Прогностическое значение имеет ядерный индекс интоксикации, отражающий тяжесть клинической картины болезни и указывающий на скорость регенерации нейтрофилов и моноцитов, продолжительность их циркуляции в крови. Индекс Кребса позволяет опосредованно оценить активность фагоцитарных реакций, показателей специфического иммунитета, а также показатель общей резистентности организма. Индекс сдвига лейкоцитов крови позволяет охарактеризовать относительное количество гранулоцитов и агранулоцитов. Лейкоцитарный индекс по Л. Х. Гаркави дает представление о взаимосвязи гуморального и клеточного иммунитета. Индекс соотношения ней-

трофилов и моноцитов характеризует показатели микрофагально-макрофагального звена, а индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов демонстрирует взаимосвязь эффекторного и аффекторного звеньев иммунитета [2, 3, 6, 7, 10, 11, 14].

Лейкоцитарные индексы широко используются в медицине и биологии и находят свое применение в ветеринарной практике мелких домашних и сельскохозяйственных животных, выполняя роль индикаторов степени тяжести патологического процесса и устойчивости организма.

Цель исследования заключалась в поиске маркеров, определяющих адаптивные реакции организма ягнят после отъема от овец-матерей.

Материал и методы исследования.

Исследование выполнено в 2025 г. на платформе КФХ, специализирующегося на выращивании помесных овец на мясо. Животные содержались в типовой постройке, кормление и поение осуществлялось согласно возрасту и соответствовало Приказу № 774 от 1 ноября 2022 года «Об утверждении “Ветеринарных правил содержания овец и коз в целях их воспроизводства, выращивания и реализации”».

Для достижения цели сформировали три группы по 6 ягнят, полученных от одноплодной беременности овец. Отъем ягнят от матерей провели в возрасте 60 ± 4 дня. Все ягнята имели одинаковую живую массу (10,00-10,46 кг) и клинический статус.

Сенситивная (индикаторная) группа служила контролем и получала только основной рацион. Первой и второй опытным группам дополнительно вводили эрготропики, позволяющие оптимизировать энергию питательных веществ. Первая опытная группа получала юберин и дополнительно тетравит, вторая опытная группа также получала юберин и дополнительно элеовит согласно наставлению по применению. Всего за период выращивания проведено четыре цикла с периодичностью три недели каждый (рис.).

Кровь у ягнят получали в утренние часы до кормления из яремной вены в вакуумные пробирки с ЭДТ КЗ+. Исследование гематологических показателей выполняли с помощью гемализатора DF-50 Vet. Используя полученную лейкограмму рассчитывали лейкоцитарные индексы:

– лейкоцитарный индекс резистентности по Хими-чу (ЛИР):

$$\text{ЛИР} = (0,1 \text{ Лейкоциты} \times \text{Н}) / (100 - \text{Н}) \quad (1),$$

– индекс по Л. Х. Гаркави:

$$\text{ИГ} = \text{Л} / \text{Н} \quad (2),$$

– индекс иммунореактивности по Д. О. Иванову с соавторами:

ИИР = (Л+Э)/М (3),

– нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент:

НЛК = Н/Л (4),

– индекс сдвига лейкоцитов:

ИСЛ = (Э+Б+Н)/М+Л (5),

– лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс:

ЛГИ = (Л×10)/Э+Б+Н (6),

– индекс алергизации:

ИА = (Л+10×(Э+1))/Н+М+Б (7),

– индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов:

ИСНМ = Н/М (8),

– индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов:

ИСЛМ = Л/М (9),

– реактивный ответ нейтрофилов Т. Ш. Хабирова:

РОН = Н/((Л+М+Б)×Э) (10),

где Лейкоциты – число лейкоцитов, выраженное в $10^9/\text{л}$, Н – нейтрофилы, Л – лимфоциты, Э – эозинофилы, Б – базофилы, М – моноциты, выраженные в процентах.

Статистическая обработка результатов проведена в стандартной программе Microsoft Excel.



Рис. Дизайн проведения эксперимента

Fig. Design of the experiment

Результаты исследования.

Концентрация лейкоцитов в периферической крови у ягнят контрольной и опытных групп на стартовом этапе не имела достоверных различий и находилась в референсном интервале (табл. 1). Первый цикл эксперимента у ягнят индикаторной – контрольной – группы показал незначительное повышение лейкоцитов (на 4,44 %), второй цикл выявил снижение концентрации лейкоцитов на 14,92 % относительно предыдущего показателя и на 11,15 % относительного стартового периода, третий – выявил повышение лейкоцитов на 26,49 % относительно предыдущего показателя ($P \leq 0,05$). Во время проведения четвертого цикла исследований достоверных изменений в этой группе не установлено.

В первой и второй опытных группах повышение лейкоцитов отмечалось во время второго цикла эксперимента относительно предыдущего периода на 9,82 % и 12,39 % соответственно ($P \leq 0,05$). При дальнейших исследованиях динамика лейкоцитов в опытных группах не отмечалась.

Анализ лейкограммы показал, что в стартовый период данные не выходили за пределы референса, однако у контрольной группы процентное содержание нейтрофилов было меньше, а лимфоцитов больше, чем в опытных группах.

У контрольной группы ягнят установлена высокая подвижность лейкограммы. Так, во втором и третьем циклах отмечено повышение базофилов, в четвертом – эозинофилов. В четвертом цикле выражено снижение нейтрофилов и повышение моноцитов. Возможно

моноцитоз (10,10 %) обусловлен психоэмоциональным стрессом, связанным с интеграцией в стадо новых животных.

В первой опытной группе в четвертом цикле отмечено снижение нейтрофилов до 39,10 % и повышение лимфоцитов до 52,10 % относительно ранее проведенных исследований, где содержание нейтрофилов находилось в пределах 54,20–56,37 %, а лимфоцитов – 36,60–39,25 %.

Во второй опытной группе во время второго и третьего циклов эксперимента содержание нейтрофилов и лимфоцитов находилось на одинаковом уровне – соответственно 46,40 % и 47,40–47,80 %. В четвертом цикле процентная концентрация нейтрофилов и лимфоцитов соответствовала значениям, установленным в первой опытной группе.

Следует отметить, что у ягнят чувствительной и опытных групп в период проведения 4 цикла исследований отмечается процентное увеличение лимфоцитов и параллельное снижение нейтрофилов. Вероятно, в это время происходит второй физиологический перекрест нейтрофилов и лимфоцитов и соотношение становится типичным для взрослых животных.

В клинической практике для оценки адаптивных процессов и устойчивости животных к стрессовым нагрузкам различного генеза находят применение различные лабораторные маркеры, в том числе и расчетные показатели, диагностическая информативность которых выше, чем у клинического анализа крови.

Таблица 1. Динамика лейкоцитов и лейкограммы у ягнят контрольной и опытных групп
Table 1. Dynamics of leukocytes and leukogram in lambs of control and experimental groups

Показатель	Контрольная группа	Опытная 1 группа	Опытная 2 группа
стартовые данные			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	11,30 $\pm$ 0,87	11,24 $\pm$ 0,55	11,35 $\pm$ 0,60
Базофилы, %	0,10 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,01
Эозинофилы, %	1,17 $\pm$ 0,16	1,17 $\pm$ 0,14	0,85 $\pm$ 0,07
Нейтрофилы, %	42,26 $\pm$ 1,36	56,37 $\pm$ 1,51	50,75 $\pm$ 2,27
Лимфоциты, %	52,55 $\pm$ 2,53	39,25 $\pm$ 1,51	44,57 $\pm$ 2,11
Моноциты, %	2,92 $\pm$ 0,17	2,13 $\pm$ 0,10	3,75 $\pm$ 0,30
1 цикл			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	11,80 $\pm$ 1,17	11,20 $\pm$ 0,72	11,30 $\pm$ 0,76
Базофилы, %	0,10 $\pm$ 0,01	1,40 $\pm$ 0,13	0,10 $\pm$ 0,01
Эозинофилы, %	1,30 $\pm$ 0,08	0,10 $\pm$ 0,01	1,00 $\pm$ 0,50
Нейтрофилы, %	47,40 $\pm$ 1,46	54,50 $\pm$ 1,44	50,60 $\pm$ 1,81
Лимфоциты, %	45,00 $\pm$ 1,39	38,30 $\pm$ 1,45	43,00 $\pm$ 1,66
Моноциты, %	6,20 $\pm$ 0,32	5,70 $\pm$ 0,09	5,30 $\pm$ 0,48
2 цикл			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	10,04 $\pm$ 0,68	12,30 $\pm$ 0,24	12,70 $\pm$ 0,38
Базофилы, %	1,00 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,07	0,30 $\pm$ 0,06
Эозинофилы, %	1,50 $\pm$ 0,18	1,60 $\pm$ 0,23	1,70 $\pm$ 0,18
Нейтрофилы, %	40,20 $\pm$ 1,81	54,60 $\pm$ 2,08	46,40 $\pm$ 1,28
Лимфоциты, %	53,10 $\pm$ 1,85	38,00 $\pm$ 1,79	47,40 $\pm$ 1,51
Моноциты, %	4,20 $\pm$ 2,05	5,60 $\pm$ 0,64	4,20 $\pm$ 0,52
3 цикл			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	12,70 $\pm$ 1,24	12,30 $\pm$ 0,35	12,60 $\pm$ 0,78
Базофилы, %	1,40 $\pm$ 0,29	0,10 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,02
Эозинофилы, %	0,10 $\pm$ 0,01	2,20 $\pm$ 0,55	1,50 $\pm$ 0,28
Нейтрофилы, %	46,50 $\pm$ 8,73	54,20 $\pm$ 2,94	46,40 $\pm$ 2,34
Лимфоциты, %	43,70 $\pm$ 7,83	36,60 $\pm$ 1,63	47,80 $\pm$ 2,85
Моноциты, %	8,30 $\pm$ 1,62	5,90 $\pm$ 0,15	4,20 $\pm$ 0,63
4 цикл			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	12,40 $\pm$ 1,38	12,30 $\pm$ 0,41	12,40 $\pm$ 0,81
Базофилы, %	0,10 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,01
Эозинофилы, %	3,50 $\pm$ 0,67	3,20 $\pm$ 0,76	2,70 $\pm$ 0,58
Нейтрофилы, %	35,20 $\pm$ 2,85	39,10 $\pm$ 1,64	39,40 $\pm$ 2,9
Лимфоциты, %	51,10 $\pm$ 3,76	52,10 $\pm$ 2,31	50,80 $\pm$ 2,66
Моноциты, %	10,10 $\pm$ 2,10	5,50 $\pm$ 1,22	7,00 $\pm$ 1,21

Информации в доступных литературных источниках об исследовании лейкоцитарных индексов крови у помесных ягнят мы не обнаружили, поэтому установленные стартовые данные можем считать референсными показателями.

Во всех группах лейкоцитарные индексы изменялись в зависимости от цикла исследования.

В контрольной группе ЛИР, НЛК, ИСЛ повышались на фоне 1 и 3 циклов. На фоне 2 цикла стремительно снижался РОН и повышались ИГ, ИИР, ЛГИ, ИА, ИСЛМ относительно предыдущего исследования (табл. 2).

Таблица 2. Динамика лейкоцитарных индексов у ягнят контрольной группы
Table 2. Dynamics of leukocyte indices in lambs of the control group

Лейкоцитарный индекс, ед.	стартовые данные	1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл
ЛИР по Химичу	0,827	1,063	0,675	1,104	0,674
ИГ по Л. Х. Гаркави	1,137	0,949	1,321	0,940	1,452
ИИР по Д. О. Иванову с соавторами	18,40	7,468	13,00	5,434	5,406
НЛК	0,804	1,053	0,757	1,064	0,689
ИСЛ	0,783	0,953	0,745	0,923	0,634
ЛГИ	12,072	9,221	12,436	9,100	13,170
ИА	1,356	1,266	1,720	0,973	2,117
ИСНМ	14,473	7,645	9,571	5,602	3,478
ИСЛМ	17,997	7,258	12,643	5,265	5,059
РОН	0,649	0,710	0,460	8,708	0,164

В первой опытной группе динамика лейкоцитарных индексов отличалась от таковой в контрольной группе. На протяжении первого-третьего циклов применения препаратов незначительно колебались такие индексы, как ЛИР, ИГ, НЛК, ИСЛ, ЛГИ, снижались

ИИР, ИСНМ, ИСЛМ. В то же время ИА постепенно повышался и достиг максимума во время проведения 4 цикла. Отмечалось стремительное повышение РОН во время 1 цикла и последующее его быстрое падение до 0,212 ед. (табл. 3).

Таблица 3. Динамика лейкоцитарных индексов у ягнят первой опытной группы
Table 3. Dynamics of leukocyte indices in lambs of the first experimental group

Лейкоцитарный индекс, ед.	стартовые данные	1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл
ЛИР по Химичу	1,602	1,342	1,479	1,456	0,790
ИГ по Л. Х. Гаркави	0,696	0,703	0,696	0,675	1,332
ИИР по Д. О. Иванову с соавторами	18,98	6,965	7,071	6,576	10,54
НЛК	1,436	1,423	1,437	1,481	0,750
ИСЛ	1,392	1,273	1,324	1,329	0,739
ЛГИ	6,815	6,964	6,738	6,479	12,259
ИА	0,699	0,800	1,140	1,140	2,105
ИСНМ	26,465	9,561	9,750	9,864	7,109
ИСЛМ	18,427	6,719	6,785	6,153	9,473
РОН	1,163	12,004	0,779	0,578	0,212

Во второй опытной группе изменения лейкоцитарных индексов также были отличными от контрольной и первой опытной групп, в частности поэтапно снижались ЛИР, ИСЛ и РОН. В период проведения вто-

рого-четвертого циклов повышались ИГ, ЛГИ, ИА. Доле динамичные изменения установлены при анализе ИИР, НЛК, ИСНМ, ИСЛМ (табл. 4).

Таблица 4. Динамика лейкоцитарных индексов у ягнят второй опытной группы
Table 4. Dynamics of leukocyte indices in lambs of the second experimental group

Лейкоцитарный индекс, ед.	стартовые данные	1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл
ЛИР по Химичу	1,391	1,157	1,099	1,091	0,806
ИГ по Л. Х. Гаркави	0,878	0,850	1,022	1,030	1,289
ИИР по Д. О. Иванову с соавторами	12,112	8,302	11,690	11,738	7,643
НЛК	0,878	1,177	0,979	0,971	0,776
ИСЛ	1,070	1,070	0,938	0,923	0,730
ЛГИ	8,624	8,317	9,793	9,958	12,038
ИА	1,156	1,125	1,436	1,430	1,888
ИСНМ	13,533	9,547	11,078	11,048	5,629
ИСЛМ	11,885	8,113	11,28	11,38	7,257
РОН	1,234	1,045	0,526	0,594	0,252

При сравнительном анализе лейкоцитарного индекса резистентности по Химичу установлено, что на фоне первого цикла в контрольной группе индекс повышался, а в опытных группах, напротив, снижался. Во втором-третьем циклах индекс был относительно стабилен и на финальном этапе при проведении четвертого цикла исследований индекс во всех группах находился в диапазоне 0,674-0,806 ед.

Индекс иммунореактивности, предложенный Д. О. Ивановым с соавторами, показывает отношение относительного содержания лимфоцитов и эозинофилов в крови к числу моноцитов, что отражает баланс лимфокинов и монокинов. Этот индекс может быть использован для контроля за состоянием иммунной системы в условиях стресса [3]. Снижение иммунореактивности отмечалось во всех группах во время первого цикла исследований, причем значительные изменения показателя были в контрольной и первой

опытной группах. При дальнейшем наблюдении в контрольной группе ИИР увеличился во втором цикле, во второй группе – в период проведения второго и третьего циклов. В этих группах во время проведения четвертого цикла индекс снизился до 5,406-7,643 ед. В первой опытной группе ИИР в период первого-третьего цикла был ниже, чем в контрольной и второй опытных, но на финальном этапе исследований достиг 10,54 ед. (табл. 2, 3, 4).

Адаптационный показатель определяли методом, разработанным Л. Х. Гаркави с соавторами (1990). В период роста ягнят ИГ изменялся в широком интервале, особенно у ягнят контрольной группы, что свидетельствует о динамичности адаптационных процессов. Периоды снижения ИГ указывали на преобладание клеточного звена иммунитета. На финальном этапе исследований ИГ во всех группах не имел дос-

товерной разницы и составил 1,289-1,452 ед. (табл. 2, 3, 4).

НЛК косвенно характеризует активность фагоцитарных реакций и факторов специфического иммунитета, их участие в поддержании общей реактивности организма и позволяет провести оценку реакций адаптации организма [6]. НЛК в контрольной группе нестабилен и подвержен значительным колебаниям. Во второй опытной группе показатель снижался постепенно, а в первой опытной группе коэффициент оставался высоким на протяжении первых трех циклов исследований. В конце периода исследований НЛК во всех группах снизился и достиг 0,689-0,776 ед., что является хорошим прогностическим признаком адаптивности животных.

ИСЛ характеризует соотношение гранулоцитов и агранулоцитов. Повышение данного индекса наблюдается при активных воспалительных процессах и нарушениях иммунологической толерантности. Однако динамика индекса в данном случае может быть обусловлена физиологическим перекрестом нейтрофилов и лимфоцитов. Во всех группах отмечается снижение ИСЛ, в опытных группах более плавное, в контрольной – скачкообразное. Во время 4 цикла исследований индекс находился в разрезе 0,634-0,739 ед.

В нашем случае лимфоцитарно-гранулоцитарный индекс дополняет ИСЛ и подчеркивает произошедший физиологический перекрест клеток лейкоцитарного ряда.

Индексом, позволяющим судить о взаимодействии аффекторного и эффекторного звеньев иммунитета, является соотношение лимфоцитов и моноцитов. Аффекторное звено инициирует иммунный ответ, а эффекторное звено обеспечивает его реализацию, уничтожение патогенов и восстановление тканей. Эти звенья тесно взаимосвязаны и работают совместно для защиты организма [4]. У ягнят в процессе исследования наблюдалось как снижение, так и относительное повышение ИСЛМ. По сравнению со стартовыми показателями индекс снизился в 1,64-3,56 раза. Снижение ИСЛМ указывает на преобладание доли моноцитов в периферической крови по сравнению с долей лимфоцитов и свидетельствует об изменении взаимоотношений аффекторного и эффекторного звеньев иммунологического процесса в сторону эффекторного звена.

Индекс соотношения нейтрофилов и моноцитов представляет равновесие между процентным содержанием нейтрофилов и моноцитов и дает представление о соотношении компонентов микрофагально-макрофагальной системы и свидетельствует о фагоцитарной активности. В начале исследования ИСНМ варьировал от 13,533 до 26,465 ед. При дальнейшем исследовании ИСНМ значительно снижался (табл. 2,

3, 4). При проведении 4 цикла ИСНМ в контрольной группе снизился до 3,478 ед. и был ниже, чем в первой и второй опытных группах в 2,04 раза и 1,62 раза соответственно ($P \leq 0,05$).

Реактивный ответ нейтрофилов является более информативным и чувствительным, чем лейкоцитарный индекс интоксикации, т. к. менее подвержен погрешностям. При проведении исследований можем отметить отсутствие эндогенной интоксикации, т. к. РОН постепенно снижался во всех группах.

Индекс алергизации при недостоверных его колебаниях в процессе исследования во время четвертого цикла достигает максимума, что составляет 1,888-2,117 ед. Повышение значения ИА указывает на рост уровня аллергенов и флогогенов в организме, что вполне объяснимо увеличением контактов с различными объектами среды обитания и расширением кормового рациона при выпасе животных.

Заключение.

Проведенные исследования позволяют сделать некоторые выводы.

1. Значительные изменения содержания лейкоцитов, их процентного соотношения и лейкоцитарных индексов на фоне проведения второго цикла исследований связаны с резким изменением температуры воздуха и началом пастбищного сезона. Вероятной причиной лейкоцитарных перестроек является общая мобилизация защитных механизмов организма и неспецифической реакции адаптации.
2. Концентрация лейкоцитов в периферической крови отличалась относительным постоянством и не выходила за пределы референсной величины на протяжении всего периода исследований.
3. Наиболее выраженная динамика лейкограммы отмечена у ягнят контрольной группы.
4. Отклонения в лейкограмме у помесных ягнят, включенных в эксперимент, обусловлены не только возрастными, но и генетическими особенностями.
5. Четвертый, финальный, цикл исследования соответствовал пятимесячному возрасту ягнят, на фоне которого произошел физиологический перекрест нейтрофилов и лимфоцитов и анализируемые показатели соответствовали таковым у взрослых животных.
6. При диагностике статуса стада целесообразно проводить исследование содержания лейкоцитов и их процентного соотношения, а также расчетных лейкоцитарных индексов, которые могут служить кандидными маркерами, позволяющими оценить реактивность и адаптивность животных.
7. Комплексное применение препаратов-эрготропиков в период роста ягнят необходимо и оправдано для повышения пластичности адаптивных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков, В. Л. Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека) / В. Л. Быков. – Санкт-Петербург : Сотис, 2002. – С. 180-246.
2. Динамика лейкоцитарных индексов у несушек-бройлеров на фоне применения кормовых добавок. / М. А. Щербинина, Л. В. Клетикова, Н. В. Кокурина, Н. Н. Якименко // БИО. – 2024. – № 1. – С.16-21.
3. Жуков, А. П. Информативность лейкоцитарных индексов в лабораторном скрининге лёгочной патологии у телят / А. П. Жуков, Е. Б. Шарафутдинова, А. П. Датский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3(59). – С. 101-104.

4. Захарьян, Е. А. Нейтрофильно-лимфоцитарное соотношение у больных с ишемической болезнью сердца / Е. А. Захарьян, Р. Э. Ибрагимова // Уральский медицинский журнал. – 2023. – № 22(1). – С. 51-56. – <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2023-22-1-51-56>.
5. Интегральные гематологические показатели у больных с сочетанной травмой / Л. П. Ефимова, Т. Ю. Винокурова, А. М. Кондратьева, Н. И. Матвеева // Здоровье и образование в XXI веке. – 2009. – № 5, Т. 11. – С. 229-231.
6. Карпенко, Л. Ю. Лейкоцитрные индексы клинически здоровых кошек / Л. Ю. Карпенко, А. И. Козицына, А. А. Бахта // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 2. – С. 153-156.
7. Козицына, А. И. Лейкоцитрные индексы у собак при приобретенном первичном гипотиреозе / А. И. Козицына, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахия // Российский иммунологический журнал. – 2024. – Т. 27, № 3. – С. 477-482. – doi: 10.46235/1028-7221-16747-LII.
8. Крячко, О. В. Влияние технологического стресса на иммунологическую реактивность поросят / О. В. Крячко, А. О. Будник // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № 2. – С. 155-161.
9. Лейкоцитрная формула крови при действии низкоинтенсивного лазерного излучения на фоне моделированного стресса / А. В. Дерюгина, К. Р. Сидей, М. Н. Иващенко [и др.] // Лазерная медицина. – 2017. – Т. 21, вып. 4. – С. 46-49.
10. Лейкоцитрные индексы и микроядра в эритроцитах как популяционные маркеры иммунного статуса *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Amphibia: ranidae), обитающих в различных биотопических условиях / Е. Б. Романова, К. В. Шаповалова, Е. С. Рябинина, Д. Б. Гелашвили // Поволжский экологический журнал. – 2018. – № 1. – С. 60-75.
11. Лейкоцитрный индекс интоксикации по В. К. Островскому как критерий оценки бактериальной инфекции / М. И. Громов, А. В. Рысев, Ю. Ф. Журавлев [и др.] // Вестник хирургии. – 2023. – Т. 182, № 2. – С. 53-58. – doi: 10.24884/0042-4625-2023-182-2-53-58.
12. Мокашева, Ек. Н. Лейкоцитрные индексы у пациентов терапевтического и хирургического профиля / Ек. Н. Мокашева, Евг. Н. Мокашева. – Текст : электронный // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2024. – № 3. – С. 24-29. – URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1400> (дата обращения : 21.07.2025). – <https://doi.org/10.17513/srms.1400>.
13. Путилова, Н. В. Диагностическое значение лейкоцитрных индексов клеточной реактивности у пациенток с тромбофилией / Н. В. Путилова, Н. В. Башмакова, Г. Е. Стоцкая // Gynaecology. – 2009. – № 3(57). – С. 45-47.
14. Ткаченко, Е. А. Лейкоцитрные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышей / Е. А. Ткаченко, М. А. Дерхо // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3. – С. 81-83.
15. Birhaneselassie M. How useful are complete blood count and reticulocyte reports to clinicians in Addis Ababa hospitals, Ethiopia? / M. Birhaneselassie, A. Birhanu, A. Gebremedhin, A. Tsegaye // BMC Hematology. 2013. Vol. 13 (11). P. 1-7.

REFERENCES

1. By`kov, V. L. Citologiya i obshhaya gistologiya (funkcional'naya morfologiya kletok i tkanej cheloveka) / V. L. By`kov. – Sankt-Peterburg : Sotis, 2002. – S. 180-246.
2. Dinamika lejkocitarny`x indeksov u nesushek-brojlerov na fone primeneniya kormovy`x dobavok. / M. A. Shherbinina, L. V. Kletikova, N. V. Kokurina, N. N. Yakimenko // BIO. – 2024. – № 1. – S.16-21.
3. Zhukov, A. P. Informativnost` lejkocitarny`x indeksov v laboratornom skrininge lyogochnoj patologii u telyat / A. P. Zhukov, E. B. Sharafutdinova, A. P. Datskij // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2006. – № 3(59). – S. 101-104.
4. Zaxar`yan, E. A. Nejtrofil`no-limfocitarnoe sootnoshenie u bol`ny`x s ishemicheskoy bolezn`yu serdca / E. A. Zaxar`yan, R. E`. Ibragimova // Ural`skij medicinskij zhurnal. – 2023. – № 22(1). – S. 51-56. – <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2023-22-1-51-56>.
5. Integral`ny`e gematologicheskie pokazateli u bol`ny`x s sochetannoj travmoj / L. P. Efimova, T. Yu. Vinokurova, A. M. Kondrat`eva, N. I. Matveeva // Zdorov`e i obrazovanie v XXI veke. – 2009. – № 5, Т. 11. – S. 229-231.
6. Karpenko, L. Yu. Lejkocitrany`e indeksy` klinicheski zdorovy`x koshek / L. Yu. Karpenko, A. I. Kozicyna, A. A. Baxta // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2023. – № 2. – S. 153-156.
7. Kozicina, A. I. Lejkocitarny`e indeksy` u sobak pri priobretennom pervichnom gipotireoze / A. I. Kozicina, L. Yu. Karpenko, A. A. Baxia // Rossijskij immunologicheskij zhurnal. – 2024. – Т. 27, № 3. – S. 477-482. – doi: 10.46235/1028-7221-16747-LII.
8. Kryachko, O. V. Vliyanie texnologicheskogo stressa na immunologicheskuyu reaktivnost` porosyat / O. V. Kryachko, A. O. Budnik // Mezhdunarodny`j vestnik veterinarii. – 2020. – № 2. – S. 155-161.
9. Lejkocitarnaya formula krovi pri dejstvii nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya na fone modelirovannogo stressa / A. V. Deryugina, K. R. Sidej, M. N. Ivashhenko [i dr.] // Lazernaya medicina. – 2017. – Т. 21, vy`p. 4. – S. 46-49.
10. Lejkocitarny`e indeksy` i mikroyadra v e`ritrocitax kak populyacionny`e markery` immunnogo statusa *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Amphibia: ranidae), obitayushhix v razlichny`x biotopicheskix usloviyax / E. B.

- Romanova, K. V. Shapovalova, E. S. Ryabinina, D. B. Gelashvili // Povolzhskij e`kologicheskij zhurnal. – 2018. – № 1. – S. 60-75.
11. Lejkocitarny`j indeks intoksikacii po V. K. Ostrovskomu kak kriterij ocenki bakterial`noj infekcii / M. I. Gromov, A. V. Ry`sev, Yu. F. Zhuravlev [i dr.] // Vestnik xirurgii. – 2023. – Т. 182, № 2. – S. 53-58. – doi: 10.24884/0042-4625-2023-182-2-53-38.
 12. Mokasheva, Ek. N. Lejkocitarny`e indeksy` u pacientov terapevticheskogo i xirurgicheskogo profilya / Ek. N. Mokasheva, Evg. N. Mokasheva. – Tekst : e`lektronny`j // Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki. – 2024. – № 3. – S. 24-29. – URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1400> (data obrashheniya : 21.07.2025). – <https://doi.org/10.17513/srms.1400>.
 13. Putilova, N. V. Diagnosticheskoe znachenie lejkocitarny`x indeksov kletочноj reaktivnosti u pacientok s trombofiliej / N. V. Putilova, N. V. Bashmakova, G. E. Stoczka // Gynaecology. – 2009. – № 3(57). – S. 45-47.
 14. Tkachenko, E. A. Lejkocitarny`e indeksy` pri e`ksperimental`noj kadmievoj intoksikacii my`shej / E. A. Tkachenko, M. A. Derxo // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 3. – S. 81-83.
 15. Birhaneselassie M. How useful are complete blood count and reticulocyte reports to clinicians in Addis Ababa hospitals, Ethiopia? / M. Birhaneselassie, A. Birhanu, A. Gebremedhin, A. Tsegaye. // BMC Hematology. 2013. Vol. 13 (11). P. 1-7.

Информация об авторах

1. **Клетикова Людмила Владимировна**, доктор биологических наук, профессор центра клинических дисциплин, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, 153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45, Россия; e-mail: doktor_xxi@mail.ru.
2. **Вирзум Людмила Викторовна**, кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой прикладных биотехнологий, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, 153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45, Россия; e-mail: virzum@list.ru.
3. **Шашурина Юлия Николаевна**, старший преподаватель центра клинических дисциплин, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, 153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45, Россия; e-mail: y.shashurina@mail.ru.
4. **Терентьев Сергей Сергеевич**, кандидат биологических наук, директор института ветеринарной медицины и биоинженерии, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, 153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45, Россия; e-mail: sergei.terentev.14@mail.ru.
5. **Горбунов Павел Александрович**, кандидат ветеринарных наук, доцент центра клинических дисциплин, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, 153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45, Россия; e-mail: pa-gorbunov@bk.ru.

Information about authors

1. **Kletikova Lyudmila Vladimirovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Center for Clinical Disciplines, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, 153012, Ivanovo Region, Ivanovo, Sovetskaya St., 45; e-mail: doktor_xxi@mail.ru.
2. **Virzum Lyudmila Viktorovna**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Applied Biotechnology, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, 153012, Ivanovo Region, Ivanovo, Sovetskaya St., 45; e-mail: virzum@list.ru.
3. **Shashurina Yulia Nikolaevna**, Senior Lecturer at the Center for Clinical Disciplines, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, 153012, Ivanovo Region, Ivanovo, Sovetskaya St., 45; e-mail: y.shashurina@mail.ru.
4. **Terentyev Sergey Sergeevich**, Candidate of Biological Sciences, Director of the Institute of Veterinary Medicine and Bioengineering, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, 153012, Ivanovo Region, Ivanovo, Sovetskaya St., 45; e-mail: sergei.terentev.14@mail.ru.
5. **Gorbunov Pavel Aleksandrovich**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Center for Clinical Disciplines, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnology, 153012, Ivanovo Region, Ivanovo, Sovetskaya St., 45; e-mail: pa-gorbunov@bk.ru.

Вклад авторов

Клетикова Л. В. – определение цели исследования, научное руководство исследованием, анализ результатов исследования, написание статьи.

Вирзум Л. В. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Шашурина Ю. Н. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Терентьев С. С. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Горбунов П. А. – определение цели исследования, организация и проведение исследования, анализ результатов исследования, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Kletikova L. V. – definition of the research goal, scientific research management, analysis of research results, writing an article.

Virzum L. V. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Shashurina Yu. N. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Terentyev S. S. – definition of the research goal, organization and conduct of research, analysis of research results, writing an article.

Gorbunov P. A. – defining the research goal, organizing and conducting the research, analyzing the research results, and writing the article.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 25.07.2025. Одобрена после рецензирования 30.07.2025. Дата опубликования 29.09.2025.

The article was received by the editorial office on 25.07.2025. Approved after review on 30.07.2025. Date of publication: 29.09.2025.