

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КОРОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СТРЕССЕ*

Анна Вячеславовна Дерюгина¹, доктор биологических наук
Марина Николаевна Иващенко², кандидат биологических наук
Мария Николаевна Таламанова¹, кандидат биологических наук
Владимир Александрович Петров², аспирант
Дарья Александровна Еробкина¹, аспирант
Александра Андреевна Кустова¹, аспирант

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
имени Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет»,
г. Нижний Новгород, Россия

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование гематологических показателей у коров при действии низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на фоне технологического стресса. Объект изучения — высокопродуктивные коровы голштинской черно-пестрой породы, которым моделировали технологический стресс и в дальнейшем воздействовали НИЛИ (длина волны — 830 нм) на холку или ухо с экспозицией 5 и 15 мин. в зависимости от группы животных. Установили увеличение количества лейкоцитов до четырнадцатых суток, уменьшение эритроцитов и гемоглобина к третьим суткам эксперимента относительно значений интактных животных. При действии НИЛИ на фоне технологического стресса регистрировали повышение в крови эритроцитов, гемоглобина. Содержание лейкоцитов соответствовало уровню интактных животных, возрастала их функциональная активность. Концентрация глутатиона восстановленного у животных при технологическом стрессе была понижена на протяжении всего срока наблюдения, с использованием НИЛИ на фоне технологического стресса ее изменения были менее выражены. Применяя НИЛИ на холку регистрировали рост содержания глутатиона восстановленного. Показатели крови свидетельствуют об активации компенсаторно-приспособительных реакций организма при действии НИЛИ на фоне технологического стресса.

Ключевые слова: технологический стресс, низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), коровы, глутатион восстановленный, эритроциты, гемоглобин, лейкоциты

THE INFLUENCE OF LOW-INTENSITY LASER RADIATION ON THE BLOOD PARAMETERS OF COWS UNDER TECHNOLOGICAL STRESS

A.V. Deryugina¹, Grand PhD in Biological Sciences
M.N. Ivashchenko², PhD in Biological Sciences
M.N. Talamanova¹, PhD in Biological Sciences
V.A. Petrov², PhD Student
D.A. Erobkina¹, PhD student
A.A. Kustova¹, PhD student

¹National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia

²Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: kafedra2577@mail.ru

Abstract. The study of clinical-hematologic parameters under technological stress at cows and the effect of low-intensity laser radiation (LILR) under technological stress was carried out. The study was carried out on high-yielding Holstein black-breed cows which were modeled technological stress and subsequently exposed to LILR on the withers or ear with exposure time of 5 or 15 depending on the group of animals. LILR with a wavelength of 830 nm was used. The study of hematological parameters of blood under technological stress in animals showed an increase in the number of leukocytes up to 14 days, a decrease in the number of erythrocytes and hemoglobin by 3 days of the experiment relative to the values of intact animals. At action of LILR under technological stress the increase of erythrocytes and hemoglobin in blood was registered. The content of leukocytes in blood corresponded to the level of intact animals, their functional activity increased. The concentration of reduced glutathione in animals under technological stress was decreased throughout the entire observation period. When using LILR under technological stress in animals, changes in reduced glutathione were less pronounced compared to animals after technological stress. When cows were exposed to LILR on the withers, an increase in the content of reduced glutathione in blood was registered. The obtained results indicate that the changes in blood parameters are directed to the activation of compensatory-adaptive reactions of the organism under the action of LILR under technological stress.

Keywords: technological stress, low-intensity laser radiation (LILR), cows, glutathione, erythrocytes, hemoglobin, leukocytes

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-26-00311 / The work was carried out with the financial support of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-26-00311.

Молочное скотоводство — перспективная отрасль животноводства России. [8] При промышленном содержании повышение продуктивности животных сопровождается увеличением чувствительности к негативным факторам кормления и эксплуатации. [17] Из-за развития стресс-реакции организма снижается резистентность, которая зависит от работы его кислородно-транспортной системы и антиоксидантного состояния, возникает риск метаболического дисбаланса и заболеваемости. [7, 10, 14] Эритроциты транспортируют дыхательные газы и влияют на приспособительные реакции организма к различным условиям. Антиоксидантные свойства в значительной степени связаны с системой глутатиона, восстановленная форма которого взаимодействует с активными формами кислорода непосредственно, либо в качестве субстрата ферментов антиоксидантной системы. [4, 5] Исследование особенностей состояния крови и глутатиона восстановленного при воздействии физико-химических факторов, особенно стрессов и их коррекции, важно для оценки способности организма к адаптации.

Экспериментально-клинические испытания свидетельствуют об использовании низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) в ветеринарной медицине при коррекции функциональных нарушений, подавления болевых и провоспалительных реакций. [6, 13, 15]

Цель работы — изучение гематологических показателей крови и антиоксидантной системы у коров при технологическом стрессе и действии НИЛИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В условиях промышленного комплекса Нижегородской области проводили исследования на клинически здоровой молочной популяции высокопродуктивных коров голштинской черно-пестрой породы второй лактации ($n = 60$) в соответствии с нормами Российской академии сельскохозяйственных наук, рекомендациями Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных или научных целях (ETS № 123, Страсбург, 1986 год).

Методом аналогов было сформировано шесть групп по 10 гол. в каждой: 1 группа — интактная; коровы 2, 3, 4, 5, 6 — подвергались действию технологического стресса (взвешивание, перегруппировка, смена рациона, проведение ветообработок). Затем на животных 3, 4, 5, 6 групп ежедневно в течение семи дней воздействовали НИЛИ (длина волны — 830 нм, мощность — 90 мВт): 3...5 мин. на ухо; 4...5 мин. на холку; 5...15 мин. на ухо; 6...15 мин. на холку.

Для лазеротерапии применяли автономный лазерный душ «МарсИК» (НПО «Петролазер», Санкт-Петербург).

Животных опытных и контрольных групп содержали в одинаковых условиях. Постоянно наблюдали за температурой тела, частотой пульса, дыханием, состоянием вымени (реакция секрета с 2%-м раствором мастидина).

Забор крови проводили на 1, 3, 14 и 30 сутки после первого воздействия НИЛИ. Гематологические

показатели исследовали на гемоанализаторе Abacus (Австрия).

Оценивали морфофункциональное состояние нейтрофилов на лазерном интерференционном микроскопе МИМ-340 (Россия, Екатеринбург), используя лазер с длиной волны 650 нм и объектив с увеличением 30×. Для захвата изображений применяли видеокамеру VS-415U (НПК Videoscan, Россия) с разрешением 782×582 пикселей. Реконструкцию изображения из интерферограмм проводили методом фазовых шагов в программе WinPhast, для последующей работы использовали программу FIJI (США) и Microcal Origin (Microcal Inc., США). Протокол микроскопии включал визуализацию фазово-интерференционного образа клетки.

Концентрацию глутатиона определяли в плазме крови с применением 5,5'-ди-тио-бис(-2-нитробензойной) кислоты (ДТНБ) и 20%-го раствора сульфосалициловой кислоты. [16] Пробы фотометрировали при длине волны 412 нм на спектрофотометре.

Полученные данные обрабатывали в программе BIOSTAT. Рассчитывали среднюю арифметическую и ее ошибку ($M \pm m$), достоверность разницы (p) по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование гематологических показателей выявило их изменение при технологическом стрессе и показало корректирующее влияние НИЛИ, которое зависело от места воздействия и времени экспозиции.

Общее количество лейкоцитов в крови коров после технологического стресса увеличивалось в течение первых 14 сут., что свидетельствует о сверхмобилизации защитных сил организма. У животных после воздействия НИЛИ в области уха не отмечено изменений общего количества лейкоцитов. Лазеротерапия на холку после технологического стресса способствовала его повышению до третьих суток эксперимента, с 14 сут. оно достигло уровня животных интактной группы.

Подтверждением служат интерферограммы нейтрофилов, которые выявили при технологическом стрессе увеличение функционально активных нейтрофилов и дегенеративно измененных клеток, что отображалось на интерферограммах пространственным перераспределением цитоплазмы, внутриклеточных органелл и ядра, по сравнению с нейтрофилами интактных животных. При НИЛИ на фоне стресса в течение первых трех суток регистрировали повышение функционально активных нейтрофилов из-за снижения количества дегенеративно измененных форм. Наиболее выраженные изменения наблюдали при действии НИЛИ в области холки.

Содержание эритроцитов и гемоглобина после технологического стресса и НИЛИ в исследуемых группах также уменьшилось, по сравнению с интактной. У животных после применения НИЛИ в области уха оно статистически не отличалось от показателей интактной группы на протяжении всего эксперимента.

Таблица 1.
Гематологические показатели крови коров
при воздействии НИЛИ
для коррекции технологического стресса, (M±m)

Группа животных	Этап исследования, сутки	Эритроциты, *10 ¹² /л	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, *10 ⁹ /л
Интактные	1	7,43±0,46	121±3,41	6,72±0,79
	3	7,42±0,31	123±2,27	6,73±0,82
	14	7,38±0,39	126±2,18	6,67±0,75
	30	7,41±0,42	121±2,18	6,69±0,81
Технологический стресс	1	5,33±0,58*	99±4,74*	8,96±1,09*
	3	5,42±0,52*	115±3,68*	9,88±1,41*
	14	6,43±0,74	127±3,01	9,33±0,65*
	30	7,33±0,65	120±2,31	6,98±0,47
НИЛИ, 5 мин. ухо	1	6,72±0,48	113±2,48*	7,54±1,55
	3	6,71±0,39	113±2,54*	7,42±1,33
	14	6,88±0,59	121±2,24	7,22±0,86
	30	6,74±0,56	123±2,17	6,82±0,97
НИЛИ, 15 мин. ухо	1	6,91±0,57	121±4,37	7,47±1,13
	3	7,04±0,61	122±3,35	7,36±0,93
	14	7,89±0,85	121±3,08	7,41±1,15
	30	7,75±0,74	121±2,24	7,14±1,06
НИЛИ, 5 мин. холка	1	7,57±0,24*	123±2,48	8,32±0,97*
	3	7,51±0,34*	122±2,32	8,15±1,02*
	14	7,48±0,74	123±2,12	7,11±1,07
	30	7,52±0,56	120±2,17	7,26±1,12
НИЛИ, 15 мин. холка	1	7,62±0,39*	120±3,24	7,98±0,64*
	3	7,94±0,61*	121±3,31	7,85±1,14*
	14	7,87±0,64*	124±2,91	7,25±1,22
	30	7,76±0,82	122±2,37	7,44±1,06
Норма по Кондрахину, 2004		5...7,5	99...129	4,5...12,0

Примечание. Среднее ± SEM, * – статистически значимые различия относительно значений группы животных при технологическом стрессе, p≤0,05. То же в табл. 2.

Воздействие НИЛИ на холку (особенно продолжительностью 15 мин.) способствовало увеличению количества эритроцитов в течение всего эксперимента. Содержание гемоглобина при направлении НИЛИ на холку в течение 5 или 15 мин. не отличалось от показателей животных интактной группы (табл. 1).

В качестве оценки состояния антиоксидантной системы был проведен анализ глутатиона восстановленного в крови коров. Значительно изменилась динамика его концентрации, зафиксирована разница по данному показателю между интактной и группой после технологического стресса на протяжении всего исследования. У животных после технологического стресса отмечен низкий уровень восстановленного глутатиона, что говорит о снижении антиоксидантной защиты организма. После использования НИЛИ происходит ее активация. Через трое суток после воздействия НИЛИ в область уха с экспозицией 5 и 15 мин. и холки (5 мин.) уровень глутатиона восстановленного был выше, чем у животных после технологического стресса,

но ниже интактной группы. При НИЛИ, направленном в холку в течение 15 мин. к третьим суткам содержание глутатиона восстановленного статистически значимо не отличалось от показателей интактной группы.

Начиная с 14 суток и до конца эксперимента между животными интактной группы и опытными, которым проводили лазеротерапию, изменений по анализируемому параметру не установлено.

Содержание эритроцитов и концентрация гемоглобина в крови – параметры для оценки пропускной способности кислорода, отражающие его количество, которое может быть доставлено на периферию на единицу объема сердечного выброса. [11] При действии НИЛИ выявлено повышение данных показателей, что свидетельствует об активации адаптационных реакций организма коров. Увеличение содержания эритроцитов позволяет ожидать большего выброса АТФ и оксида азота из красных кровяных клеток, что усиливает вазодилатацию и улучшает приток крови к органам и тканям. [2] Глутатион и глутатионзависимые ферменты способствуют адаптации к окислительному стрессу. [3, 18] При всех видах воздействия НИЛИ, используемых в работе, восстановление глутатиона произошло раньше, чем при технологическом стрессе. Установлено, что НИЛИ активирует компенсаторно-приспособительную работу организма. При стрессе β₂-адренорецепторы повышают содержание цАМФ, снижают количество ионов Ca²⁺

Таблица 2.
Содержание глутатиона восстановленного в крови коров
при воздействии НИЛИ
для коррекции технологического стресса, (M±m)

Группа животных	Этап исследования, сутки	Восстановленный глутатион, ммоль/л
Интактные	1	0,21±0,07
	3	0,22±0,03
	14	0,25±0,06
	30	0,24±0,04
Технологический стресс	1	0,14±0,01*
	3	0,12±0,01*
	14	0,18±0,01*
	30	0,19±0,03
НИЛИ, 5 мин. ухо	1	0,16±0,06*
	3	0,16±0,12*
	14	0,23±0,11
	30	0,23±0,07
НИЛИ, 15 мин. ухо	1	0,15±0,3*
	3	0,18±0,07*
	14	0,23±0,07
	30	0,25±0,03
НИЛИ, 5 мин. холка	1	0,17±0,05*
	3	0,19±0,07*
	14	0,27±0,14
	30	0,25±0,12
НИЛИ, 15 мин. холка	1	0,19±0,06*
	3	0,23±0,07
	14	0,24±0,08
	30	0,23±0,09

в цитозоле в нейтрофилах, ингибируют образование супероксида и выделение эластазы, таким образом препятствуют работе нейтрофилов как участников иммунитета. [19] Известно, что существует процесс переключения (switching) β_2 -адренорецепторов с Gs-белка на Gi-белок, уровень цАМФ при их активации будет снижаться в результате фосфорилирования. [20] Видимо это происходит при действии НИЛИ, когда на интерферогенных регистрируется увеличение функционально активных нейтрофилов. Это обусловлено тем, что энергия электромагнитных волн, преобразуясь в акустоэлектрические колебания, инициирует метаболические процессы в клетке, приводя к существенным изменениям биохимических, физиологических и функциональных параметров, и проявляется в увеличении активности нейтрофилов и усилении синтеза глутатиона восстановленного. [1, 9, 12]

Таким образом, действие НИЛИ приводит к повышению адаптационных реакций организма животных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Высокогорский В.Е., Ефременко Е.С., Грицаев И.Е. Характеристика обмена глутатиона при алкогольном абстинентном синдроме // Наркология. 2006. № 56 (8). С. 59–61.
2. Голубева М.Г. Влияние физической нагрузки на функциональное состояние мембран эритроцитов // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. № 10 (2). С. 55–64. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55.
3. Кудряшов А.М., Титова Н.М., Кудряшова Е.В. Влияние поллютантов с различными стресс-характеристиками на антиоксидантный статус эритроцитов in vitro // Экология человека. 2005. № 1. С. 14–18. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-006-014.
4. Кулинский В.И. Колесниченко Л.С. Система глутатиона. I. Синтез, транспорт, глутатионтрансферазы, глутатионпероксидазы // Биомед. химия. 2009. № 55 (3). С. 255–277. DOI: 10.1134/S1990750809020036.
5. Нестеров Ю.В. Морфологические показатели эритроцитов при оксидативном стрессе на разных этапах онтогенеза // Живые и биокосные систем. 2015. № 11. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-11/article-5>.
6. Нечипуренко Н.И., Пашковская И.Д., Степанова Ю.И. Механизмы действия и биологические эффекты низкоинтенсивного лазерного излучения // Медицинские новости. 2008. № 12. С. 17–21.
7. Осочук, С.С. Марцинкевич А.Ф. Физико-химические свойства мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта // Вестник ВГМУ. 2013. № 12 (3). С. 25–31.
8. Прохоренко П.Н. Методы повышения генетического потенциала продуктивности и его реализация в молочном скотоводстве // Журнал Вестник ОрелГАУ. 2008. № 2 (18). С. 11–13.
9. Чуян Е.Н. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. Симферополь: Эльинь, 2003. 448 с.
10. Шамонина А.И. Влияние стресса на молочную продуктивность первотелок // Зоотехническая наука Беларуси. 2021. № 56 (2). С. 261–268.
11. Шумилова А.В., Дерюгина А.В., Гордлеева С.Ю., Бояринов Г.А. Действие цитофлавина на электрокинетические и агрегационные показатели эритроцитов в посттравматический период черепно-мозговой травмы в эксперименте // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2018. Т. 81. № 3. С. 20–23. DOI: 10.30906/0869-2092-2018-81-3-20-23.
12. Эйдус Л.Х. Мембранный механизм биологического действия малых доз. Новый взгляд на проблему. М., 2001. 81 с.
13. Alves A. C., Vieira R., Leal-Junior E. et al. Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation // Arthritis Res. Ther. 2013. № 15 (5). P. 116. DOI: 10.1186/ar4296.
14. Banfi G. Dolci A., Schonhuber H., Costantino B. Values of the parameter IRF in elite athletes // Clin Lab Haematol. 2004. № 26 (3). P. 241–244. DOI: 10.1111/j.1365-2257.2004.00610.x.
15. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Samodelkin A.G. et al. Low-level laser therapy as a modifier of erythrocytes morphokinetic parameters in hyperadrenalinemia // Lasers in Medical Science. 2019. № 34 (8). С. 1603–1612. DOI: 10.1007/s10103-019-02755-y.
16. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl groups // Arch. Biochem. Biophys. 1959. Vol. 82. № 1. P. 70–77.
17. Lyles J.L., Calvo-Lorenzo M.S., Bill E. Kunkle Interdisciplinary Beef Symposium: Practical developments in managing animal welfare in beef cattle: What does the future hold? // J. Anim. Sci. 2014. № 9. P. 5334–5344. DOI: 10.2527/jas.2014-8149.
18. Mantovani G., Maccio A., Madeddi C. Reactive oxygen species, antioxidant mechanisms and serum cytokine levels in cancer patients: impact of an antioxidant treatment // J. Cell. Mol. Med. 2002. № 6 (6). P. 570–582. DOI: 10.1111/j.1582-4934.2002.tb00455.x.
19. Tintinger G.R., Theron A.J., Anderson R., Ker J.A. The Anti-Inflammatory Interactions of Epinephrine with Human Neutrophils in vitro Are Achieved by Cyclic AMP-Mediated Accelerated Re-sequestration of Cytosolic Calcium // Biochem. Pharmacol. 2001. Vol. 61. № 10. P. 1319–1328. DOI: 10.1016/S0006-2952(01)00588-3.
20. Woo A.Y., Song Y., Xiao R.P., Zhu W. Biased β_2 -Adrenoceptor Signaling in Heart Failure: Pathophysiology and Drug Discovery // Br.J. Pharmacol. 2015. Vol. 172. № 23. P. 5444–5456. DOI: 10.1111/bph.12965.

REFERENCES

1. Vysokogorskiy V.E., Efremenko E.S., Gricev I.E. Harakteristika obmena glutationa pri alkogol'nom abstinentnom syndrome // Narkologiya. 2006. № 56 (8). S. 59–61.
2. Golubeva M.G. Vliyanie fizicheskoy nagruzki na funkcional'noe sostoyanie membran eritrocitov // Sportivnaya medicina: nauka i praktika. 2020. № 10 (2). S. 55–64. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.2.55.
3. Kudryashov A.M., Titova N.M., Kudryashova E.V. Vliyanie pollyutantov s razlichnymi stress-harakteristikami na antioksidantnyj status eritrocitov in vitro // Ekologiya cheloveka. 2005. № 1. S. 14–18. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-006-014.
4. Kulinskiy V.I. Kolesnichenko L.S. Sistema glutationa. I. Sintez, transport, glutationtransferazy, glutationperoksidazy // Biomed. himiya. 2009. № 55 (3). S. 255–277. DOI: 10.1134/S1990750809020036.
5. Nesterov Yu.V. Morfofiziolicheskie pokazateli eritrocitov pri oksidativnom stresse na raznyh etapah ontogeneza // Zhivye i biokosnye sistem. 2015. № 11. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-11/article-5>.

6. Nechipurenko N.I., Pashkovskaya I.D., Stepanova Yu.I. Mekhanizmy dejstviya i biologicheskie efekty nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya // Medicinskie novosti. 2008. № 12. S. 17–21.
7. Osouchuk, S.S. Marcinkevich A.F. Fiziko-himicheskie svoystva membran eritrocitov sportsmenov ciklicheskih vidov sporta // Vestnik VGMU. 2013. № 12 (3). S. 25–31.
8. Prohorenko P.N. Metody povysheniya geneticheskogo potentsiala produktivnosti i ego realizatsiya v molochnom skotovodstve // Zhurnal Vestnik OrelGAU. 2008. № 2 (18). S. 11–13.
9. Chuyan E.N. Fiziologicheskie mekhanizmy biologicheskikh effektov nizkointensivnogo EMI KVCH. Simferopol': El'in'o, 2003. 448 s.
10. Shamonina A.I. Vliyaniye stressa na molochnuyu produktivnost' pervotelok // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2021. № 56 (2). S. 261–268.
11. Shumilova A.V., Deryugina A.V., Gordleeva S.Yu., Boyarinov G.A. Deystvie citoflavina na elektrokineticheskie i agregatsionnye pokazateli eritrocitov v posttravmaticheskij period cherepno-mozgovoy travmy v eksperimente // Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya. 2018. T. 81. № 3. S. 20–23. DOI: 10.30906/0869-2092-2018-81-3-20-23.
12. Ejduš L.H. Membrannyj mekhanizm biologicheskogo dejstviya mal'yx doz. Novyj vzglyad na problemu. M., 2001. 81 s.
13. Alves A. C., Vieira R., Leal-Junior E. et al. Effect of low-level laser therapy on the expression of inflammatory mediators and on neutrophils and macrophages in acute joint inflammation // Arthritis Res. Ther. 2013. № 15 (5). P. 116. DOI: 10.1186/ar4296.
14. Banfi G. Dolci A., Schonhuber H., Costantino B. Values of the parameter IRF in elite athletes // Clin Lab Haematol. 2004. № 26 (3). P. 241–244. DOI: 10.1111/j.1365-2257.2004.00610.x.
15. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Samodelkin A.G. et al. Low-level laser therapy as a modifier of erythrocytes morphokinetic parameters in hyperadrenalinemia // Lasers in Medical Science. 2019. № 34 (8). P. 1603–1612. DOI: 10.1007/s10103-019-02755-y.
16. Ellman G.L. Tissue sulfhydryl groups // Arch. Biochem. Biophys. 1959. Vol. 82. № 1. P. 70–77.
17. Lyles J.L., Calvo-Lorenzo M.S., Bill E. Kunkle Interdisciplinary Beef Symposium: Practical developments in managing animal welfare in beef cattle: What does the future hold? // J. Anim. Sci. 2014. № 9. P. 5334–5344. DOI: 10.2527/jas.2014-8149.
18. Mantovani G., Maccio A., Madeddi C. Reactive oxygen species, antioxidant mechanisms and serum cytokine levels in cancer patients: impact of an antioxidant treatment // J. Cell. Mol. Med. 2002. № 6 (6). P. 570–582. DOI: 10.1111/j.1582-4934.2002.tb00455.x.
19. Tintinger G.R., Theron A.J., Anderson R., Ker J.A. The Anti-Inflammatory Interactions of Epinephrine with Human Neutrophils in vitro Are Achieved by Cyclic AMP-Mediated Accelerated Resequstration of Cytosolic Calcium // Biochem. Pharmacol. 2001. Vol. 61. № 10. P. 1319–1328. DOI: 10.1016/s0006-2952(01)00588-3.
20. Woo A.Y., Song Y., Xiao R.P., Zhu W. Biased 2-Adrenoceptor Signaling in Heart Failure: Pathophysiology and Drug Discovery // Br. J. Pharmacol. 2015. Vol. 172. № 23. P. 5444–5456. DOI: 10.1111/bph.12965.

Поступила в редакцию 03.09.2023

Принята к публикации 18.09.2023