

ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЪЕКЦИОННОГО ЛЕВОКАРНИТИНА НА ВЕСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И СОСТОЯНИЕ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ КРЫС

Л.И. Сабирзянова, С.П. Ковалев

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: l-sabirzyanova@list.ru

Для цитирования: Сабирзянова Л.И., Ковалев С.П. Эффекты применения инъекционного левокарнитина на весовые коэффициенты и состояние внутренних органов крыс // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 265–271. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-265-271.

Ключевые слова: L-карнитин, патологоанатомическое вскрытие, лабораторные животные, внутримышечное введение, субхроническая токсичность.

Реферат. L-карнитин – незаменимая аминокислота (строительный блок белка), необходимая для метаболизма жиров и энергии, а также питательное вещество, способствующее нормальной работе сердца и скелетных мышц. Экспериментальные и клинические результаты указывают на целесообразность применения препаратов L-карнитина в ветеринарной практике. На территории Российской Федерации нет зарегистрированной формы левокарнитина в инъекциях для применения у животных разных видов. Цель нашего исследования установить влияние инъекционного L-карнитина на внутренние органы лабораторных животных. При изучении субхронической токсичности животные были распределены на три группы по десять голов в каждой. Препарат вводили внутримышечно ежедневно в течение 42 дней, первой группе – в дозе 0,08 мг/кг, второй группе 0,04 мг/кг, третья группа была контрольной. Забой 50 % крыс с целью отбора биологического материала проводили на следующий день после окончания введения препарата (43-й день эксперимента), у оставшихся животных – через 10 дней после прекращения инъекции (53-й день). Патологоанатомическое исследование трупов непродуктивных животных было произведено согласно ГОСТ Р 57547–2017. Для обработки данных был использован статистический критерий Манна–Уитни. При патологоанатомическом исследовании (вскрытие) трупов лабораторных животных на 43-й и 53-й день эксперимента патологоанатомическая картина не изменилась, однако были выявлены единичные изменения в сердце и печени у крыс опытных групп. Отсутствие статистически значимых изменений со стороны весовых коэффициентов может свидетельствовать об устойчивости данного показателя при применении левокарнитина в изучаемых дозировках и сроках введения.

EFFECTS OF INJECTING LEVOCARNITINE ON WEIGHT COEFFICIENTS AND PATHOLOGICAL PICTURE OF RATS

L.I. Sabirzyanova, S.P. Kovalev

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

E-mail: l-sabirzyanova@list.ru

Keywords: L-carnitine, autopsy, laboratory animals, intramuscular administration, subchronic toxicity.

Abstract. L-carnitine is an essential amino acid (a building block of protein) required for fat and energy metabolism, and a nutrient that promotes normal functioning of the heart and skeletal muscles. Experimental and clinical results indicate the feasibility of using L-carnitine preparations in veterinary practice. There is no registered form of Levocarnitine injectables for use in animals of different species in the Russian Federation. The aim of our study was to establish the effect of injectable L-carnitine on the internal organs of laboratory animals. When studying subchronic toxicity, the animals were divided into 3 groups of 10 animals each. The drug was administered intramuscularly daily for 42 days, to the first group at a dose of 0.08 mg / kg, to the second group 0.04 mg / kg, the third group was a control. Slaughter of 50% of the rats for the purpose of collecting biological material was carried out the next day after the end of the drug administration (43rd day of the experiment), in the remaining animals - 10 days after the end of the injection (53rd day). Pathological examination of the corpses

of unproductive animals was carried out in accordance with GOST R 57547-2017. The Mann-Whitney statistical criterion was used to process the data. During the pathological examination (autopsy) of the corpses of laboratory animals on days 43 and 53 of the experiment, the pathological picture did not change, but isolated changes were found in the heart and liver of rats in the experimental groups. The absence of statistically significant changes in the weight coefficients may indicate the stability of this indicator when using levocarnitine in the studied dosages and administration times.

Л-карнитин – незаменимая аминокислота (строительный блок белка), необходимая для метаболизма жиров и энергии, а также питательное вещество, способствующее нормальной работе сердца и скелетных мышц. Данная аминокислота способствует транспортировке жирных кислот из цитозоля (внутриклеточной жидкости клетки) в митохондрии (энергетическую фабрику клетки). Это позволяет клетке использовать жир для производства энергии, что особенно полезно для работы мозга и сердца, а также для движения мышц [1, 2]. Исследования показали, что Л-карнитин улучшает функцию клеток миокарда (клеток, которые заставляют сердце сокращаться) и действует как антиоксидант. Он удаляет свободные радикалы, которые могут повредить клетки и ДНК. Л-карнитин, как правило, безопасен для применения, однако есть ряд заболеваний, когда Л-карнитин требуется применять с осторожностью [3, 4]. Что касается ветеринарии, то нет документально подтвержденных случаев побочных эффектов от Л-карнитина.

Обзор многочисленных опубликованных исследований подтверждает возможность применения Л-карнитина в качестве профилактического и терапевтического средства в ветеринарной практике [5, 6]. Совокупный объем фактических данных, указывающих на благоприятное влияние применения Л-карнитина для лечения и профилактики различных патологий, включает в себя широкий спектр результатов: карнитин принимает участие в осуществлении многих функций в организме, таких как катаболизм липидов, производство энергии, кардиопротекторные, гастропротекторные, антиапоптотические и нейропротекторные свойства [7, 8]. Карнитин благотворно влияет на продуктивность животных, повышая устойчивость к заболеваниям обмена веществ, предотвращает ряд заболеваний, укрепляет иммунную систему и играет важную роль в метаболических и физиологических процессах [9, 10].

На сегодняшний день на территории Российской Федерации нет зарегистрированной инъекционной лекарственной формы левокарнитина для ветеринарного применения. Исходя из вышесказанного, целью нашей работы была оценка

влияния инъекционной формы Л-карнитина на внутренние органы лабораторных животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках выполнения научно-исследовательской работы по теме «Изучение токсикологических свойств кормовой добавки «Protigen» была проведена оценка влияния инъекционной формы Л-карнитина на состояние внутренних органов крыс. Исследования токсичности были проведены на 30 аутбредных крысах на базе кафедры фармакологии и токсикологии Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины. Эксперимент по изучению влияния применения инъекционного левокарнитина был проведен на крысах ♀ весом 190–210 г, закупленных в Федеральном государственном унитарном предприятии «Питомник лабораторных животных «РАППОЛОВО».

При изучении влияния Л-карнитина на внутренние органы животные были распределены на три группы по десять голов в каждой.

Первая экспериментальная группа ($n = 10$) ежедневно в течение 42 дней получала препарат внутримышечно в дозе 0,08 мг/кг (1/5 от 2000 мг/кг). Вторая экспериментальная группа ($n = 10$) получала лекарственный препарат внутримышечно в дозе 0,04 мг/кг (1/10 от 2000 мг/кг). Крысам контрольной группы ($n = 10$) вводили внутримышечно натрия хлорид 0,9 % в дозе 1/5 от 2000 мг/кг. Дозы определялись на основании результатов опыта по острой токсичности: 1/5 и 1/10 от максимальной переносимой дозы.

Забой 50 % крыс с целью отбора биологического материала проводили на следующий день после окончания введения препарата (43-й день эксперимента), у оставшихся животных – через 10 дней после прекращения инъекции (53-й день).

Патологоанатомическое исследование трупов непродуктивных животных было произведено согласно ГОСТ Р 57547–2017 [11]. Процесс некропсии включает следующие ключевые этапы: труп лабораторного животного помещался на спину и фиксировался в специальном лотке, затем шерсть на шее, груди и брюшной стенке

обрабатывалась антисептическим раствором. Кожа в нижней части живота надрезалась, выполнялся продольный разрез по белой линии живота с сохранением целостности брюшной стенки. Кожу в области брюшной стенки отсекали тупыми ножницами, создавая два вертикальных разреза кожи от середины к конечностям, которые затем фиксировались иглами. Молочные железы удалялись путем иссечения кожного участка в паховой области, а поверхностные лимфатические узлы извлекались. Брюшную полость вскрывали разрезом мышечной стенки от паха вдоль средней линии, а грудную – двумя косыми разрезами по бокам от грудины. Сердце извлекалось путем перерезания связывающих сосудов, легкие, трахея и пищевод – через область шеи. Грудную часть аорты вырезали, селезенку извлекли из левого подреберья, желудок очищали от содержимого, тонкую и толстую кишки извлекали короткими фрагментами, печень – путем разрезания связующих связок, а почки – после отделения от окружающих тканей. Исходя из литературных данных, левокарнитин оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему, печень и почки, поэтому при длительном применении левокарнитина в первую очередь оценивали данные органы [10].

С целью определения весовых коэффициентов органов крыс, животных лишали корма на

ночь перед нероскопией, оставляя свободный доступ к воде. Массу тела определяли непосредственно перед некропсией. Рассчитывали процентное отношение массы органа к массе тела, определенной непосредственно перед некропсией [12].

Все манипуляции с животными проводились согласно правилам асептики и антисептики [13–15]. Для обработки данных был использован статистический критерий Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Патологоанатомическое исследование (вскрытие) трупов лабораторных животных осуществляли с соблюдением всех процедурных этапов. Внутримышечное введение левокарнитина в течение 42 дней не привело к статистически значимым изменениям весовых коэффициентов внутренних органов крыс опытных групп относительно контрольной, отсутствие влияния препарата на данный показатель сохранялось и через 10 дней после прекращения применения препарата (табл. 1, 2). Авторы при исследовании влияния L-карнитина на потерю веса и состав тела крыс также не выявили эффектов применения изучаемого вещества на весовые показатели [16].

Таблица 1

Сравнение коэффициентов внутренних органов опытной группы 1 с контрольной группой на 43-й день и 53-й день
Comparison of the coefficients of internal organs of the experimental group 1 with the control group on the 43rd day and 53rd day

Орган	Группа 1 (0,08 мг/кг), 43-й день		Группа 1 (0,08 мг/кг), 53-й день		Контрольная группа (0,08 мг/кг), 53-й день		Контрольная группа (0,08 мг/кг), 53-й день		Р (43-й день)	Р (53-й день)
	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%		
Легкие	3,3 ± 0,2	16,8	3,5 ± 0,1	8,6	3,6 ± 0,2	15,1	3,3 ± 0,1	5,2	0,6761	0,4633
Печень	14,0 ± 0,7	11,6	15,3 ± 0,7	10,2	15,6 ± 0,6	9,0	14,7 ± 0,6	9,6	0,1437	0,5309
Почки_L	1,2 ± 0,1	11,8	31,4 ± 30,1	214,5	1,2 ± 0,1	9,1	1,4 ± 0,1	9,5	0,4621	0,6761
Почки_R	1,2 ± 0,0	7,3	1,3 ± 0,1	9,1	1,3 ± 0,0	6,9	1,3 ± 0,1	9,2	0,6752	0,8341
Селезёнка	1,0 ± 0,1	18,8	1,2 ± 0,1	13,2	1,2 ± 0,1	17,2	1,2 ± 0,1	9,6	0,0593	0,7533
Сердце	1,3 ± 0,0	6,0	1,3 ± 0,1	10,2	1,5 ± 0,1	10,9	1,3 ± 0,0	4,3	0,1732	0,9166

Таблица 2

Сравнение коэффициентов внутренних органов опытной группы 2 с контрольной группой на 43-й день и 53-й день
Comparison of the coefficients of internal organs of the experimental group 2 with the control group on the 43rd day and 53rd day

Орган	Группа 2 (0,04 мг/кг), 43-й день		Группа 2 (0,04 мг/кг), 53-й день		Контрольная группа (0,04 мг/кг), 43-й день		Контрольная группа (0,04 г/кг), 53-й день		Р (43-й день)	Р (53-й день)
	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%	М ± SEM	Сv,%		
Легкие	3,6 ± 0,5	28,3	3,5 ± 0,2	10,2	3,6 ± 0,2	15,1	3,3 ± 0,1	5,2	0,5309	0,9166
Печень	14,9 ± 1,0	15,5	15,3 ± 0,5	7,4	15,6 ± 0,6	9,0	14,7 ± 0,6	9,6	0,4034	0,3457
Почки_L	1,4 ± 0,1	14,1	1,3 ± 0,1	9,6	1,2 ± 0,1	9,1	1,4 ± 0,1	9,5	0,4621	0,5284
Почки_R	1,3 ± 0,1	13,3	1,3 ± 0,1	10,1	1,3 ± 0,0	6,9	1,3 ± 0,1	9,2	0,6752	0,6761
Селезёнка	1,1 ± 0,1	17,6	1,2 ± 0,1	12,4	1,2 ± 0,1	17,2	1,2 ± 0,1	9,6	0,1679	0,8345
Сердце	1,3 ± 0,0	6,6	1,3 ± 0,0	7,0	1,5 ± 0,1	10,9	1,3 ± 0,0	4,3	0,0947	0,6004

При проведении осмотра на 43-й день приема L-карнитина во время вскрытия в опытной группе 1 у 10 % животных была обнаружена ссадина со струпом у основания хвоста, повреждение кожных покровов не обнаружено. Изменения в месте инъекции было у 20 % крыс из опытной группы 1. У 10 % крыс очаговое кровоизлияние в области большой ягодичной мышцы левой тазовой конечности, у 10 % крыс помимо вышеописанного было еще кровоизлияние в дерме в той же области. Сердце у 10 % крыс из опытной группы 1 имело овальную форму, было упругим, миокард темно-красного цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. У 10 % крысы из опытной группы 1 сердце шаровидной формы, упругое, миокард темно-красного цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. У 10 % крысы опытной группы 1 был обнаружен геморрагический энтерит в участках тощей и подвздошной кишки. У 10 % крыс опытной группы 1 было обнаружено сильное вздутие ободочной кишки. Величина и форма печени были правильными, без патологических изменений, параметры, характерные для данного вида животных; капсула печени была тонкой, прозрачной; ткань печени имела однородную окраску без кровоизлияний, коричневатый цвет и умеренно плотную консистенцию; у 10 % животных в опытной группе 1 печень имела темно-красный цвет, была упругой консистенции. Серозная оболочка гладкая, блестящая. Края немного притуплены. Без особенностей.

Местнораздражающего действия препарата L-карнитин не выявлено.

На 53-й день исследования было проведено контрольное взвешивание опытных животных с последующей декапитацией для выявления возможных изменений со стороны внутренних органов.

Изменения были у 10 % крыс в опытной группе 1: сердце овальной формы, упругое, миокард темно-красного цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. У 10 % крыс в опытной группе 1 сердце шаровидной формы, упругое, миокард темно-красного цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. Печень у 10 % крыс в опытной группе 1 была темно-красного цвета, упругой консистенции. Серозная оболочка гладкая, блестящая. Края немного притуплены. Без особенностей.

При вскрытии контрольной группы у 20 % крыс форма сердца была шаровидной, консистенция упругая, миокард бордового цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. У 10 % крыс в контрольной группе 1 сердце овальной формы, упругое, миокард темно-красного цвета. Камеры заполнены небольшим количеством частично свернувшейся крови. Эндокард гладкий, блестящий, без наложений. Печень у 20 % крыс в контрольной группе 1 была темно-красного цвета, упругой консистенции. Серозная оболочка гладкая, блестящая. Края немного притуплены. Без особенностей.

Изменения в месте инъекции у крыс, вероятнее всего, связаны с многократным введением препарата в мышцы. Печень у крыс имеет ярко окрашенную коричневую или красновато-коричневую окраску, но может принимать темно-красный оттенок в различных ситуациях. Это может быть обусловлено физиологическими особенностями определенных подвидов крыс, стрессовыми реакциями на неблагоприятные условия окружающей среды, генетическими факторами или метаболическими расстройствами. Однако появление темно-красного оттенка печени не всегда указывает на патологию. Для точной оценки состояния здоровья необходимо провести комплексный осмотр и лабораторные исследования, учитывая цвет печени в контексте всего спектра параметров здоровья животного. Форма сердца у крыс разнообразна, но преимущественно округло-коническая. Она может быть разной, в том числе шаровидной или овальной из-за нескольких факторов, включая генетические особенности, возраст, пол, диету и питание, стресс и условия окружающей среды, генетические модификации, хронические заболевания, физическую активность, гормональные факторы, экспериментальные модели и другие параметры, влияющие на развитие и функцию сердечно-сосудистой системы. Эти факторы могут способствовать различиям в форме сердца между отдельными животными и даже внутри одной популяции, что требует дальнейшего изучения для полной оценки их влияния на морфологию и функцию сердца. У здоровых крыс миокард обычно имеет темно-красный или бордовый цвет. Цвет миокарда может варьироваться в зависимости от возраста и состояния здоровья животного.

В области доклинических исследований используемые животные в своей популяции не являются абсолютно здоровыми. Часть патологии желудочно-кишечного тракта, в том числе геморрагический энтерит и сильное вздутие ободочной кишки, выявленные в ходе научно-исследовательской работы, не относятся к эффектам

исследуемого препарата, а являются следствием проводимых манипуляций или условий содержания. Таким образом, исследователи должны всесторонне рассматривать и анализировать полученные результаты, чтобы достоверно выявить все эффекты тестируемых веществ и учитывать наличие фоновой патологии. Также крайне важно постоянно контролировать здоровье животных, вести учет контрольных данных, в том числе по фоновой патологии колоний лабораторных животных, проводить ретроспективную оценку этих показателей.

Эндогенный синтез карнитина животных, очевидно, был адекватным для обеспечения эффективного бета-окисления жирных кислот во время катаболической фазы. Отсутствие статистически значимых изменений со стороны весовых коэффициентов может свидетельствовать об устойчивости данного показателя при применении левокарнитина в изучаемых дозировках и сроках введения. Однако при более длительном использовании препарата в больших дозировках возможен иной эффект, что вызывает необходимость дальнейших исследований с некоторой корректировкой сроков введения и увеличением разовой дозы.

ВЫВОДЫ

1. При патологоанатомическом исследовании (вскрытие) трупов лабораторных животных на 43-й и на 53-й день исследования патологоанатомическая картина не изменилась, однако были выявлены единичные изменения.

2. Используемая здесь крысиная модель не показала влияния добавок L-карнитина на коэффициент внутренних органов.

3. Полученные результаты обосновывают необходимость дальнейших исследований влияния L-карнитина в инъекционной форме при более длительном использовании и изменении дозировки препарата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *L-Carnitine metabolism, protein turnover and energy expenditure in supplemented and exercised Labrador Retrievers* / J.L. Varney, J.W. Fowler, T.C. McLaughry [et al.] // *J Anim Physiol Anim Nutr.* – 2020. – Vol. 104. – P. 1540–1550. – DOI: 10.1111/jpn.13391.
2. *Иванова Г.В.* Процессы пищеварения и обмена веществ у крупного рогатого скота при скормливания добавок с L-карнитином: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Дубровицы, 2012. – 131 с.
3. *Клименьева Ю.И.* Эффективность использования различных уровней защищенного L-карнитина в рационах высокопродуктивных коров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Дубровицы, 2017. – 22 с.

4. Ismail A.G., El-Nasharty M.A., El-Far A.H. Effect of ginger and L-carnitine on the reproductive performance of male rats // *World Academy of Science, Engineering and Technology*. – 2012. – Vol. 6 (4). – P. 1199–1205. – DOI: 10.5281/zenodo.1057985.
5. Yalçın S., Ergün A., Özsoy B. The Effects of dietary supplementation of L-carnitine and Humic substances on performance, egg traits and blood parameters in laying hens // *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2006. – Vol. 19 (10). – P. 1478–1483. – DOI: 10.5713 / ajas.2006.1478.
6. *The Effect of L-Carnitine Supplementation on Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical* / H. Yarizadh, S. Shab-Bidar, B. Zamani [et al.] // *Trials J Am Coll Nutr*. – 2020 Jul. – Vol. 39 (5). – P. 457–468. – DOI: 10.1080/07315724.2019.1661804.
7. *Effect of L-Carnitine Supplementation on Liver Enzymes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials* / M. Askarpour, K. Djafarian, E. Ghaedi [et al.] // *Arch Med Res*. – 2020 Jan. – Vol. 51 (1). – P. 82–94.
8. *Effects of Dietary L-carnitine Supplementation on Growth Performance, Organ Weight, Biochemical Parameters and Ascites Susceptibility in Broilers Reared Under Low-temperature Environment* / Y.W. Wang, D. Ning, Y.Z. Peng, Y.M. Guo // *Asian-Australas J Anim Sci*. – 2013. – Vol. 26 (2). – P. 233–240.
9. *The adverse effects of long-term l-carnitine supplementation on liver and kidney function in rats* / L. Liu, D-M. Zhang, M-X. Wang [et al.] // *Ham exp: toxicol*. – 2015 Nov. – Vol. 34 (11). – P. 1148–1161. – DOI: 10.1177/0960327115571767.
10. *L-карнитин: применение в животноводстве (обзор литературы)* / Л.И. Сабирзянова, А.М. Лунегов, Г.В. Коновалова, В.В. Токарь // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. – 2023. – № 1 (57). – С. 25–31.
11. *ГОСТ Р 57547-2017. Патологоанатомическое вскрытие. Технический регламент*. – М.: Стандартинформ, 2017. – 24 с.
12. *Справочник. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных* / Т.В. Абрашова, Я.А. Гущин, М.А. Ковалева [и др.]. – СПб., 2013. – 116 с.
13. *Закон РФ от 14 мая 1993 г. № 4979-1 О ветеринарии*.
14. *Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях* ETS N 123, (Страсбург, 18 марта 1986 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 14.09.2024).
15. *РД-АПК 3.10.07.02–09 Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений*. – М.: Мин-во сельского хозяйства РФ, 2009. – 28 с.
16. Brandsch S., Eder K. Влияние L-карнитина на потерю веса и состав тела крыс, получавших гипокалорийную диету // *Ann Nutr Metab*. – 2002. – Vol. 46 (5). – P. 205–210. – DOI: 10.1159/000065408. – PMID: 12378044.

REFERENCES

1. Varney J.L., Fowler J.W., McClaughry T.C. [et al.], L-Carnitine metabolism, protein turnover and energy expenditure in supplemented and exercised Labrador Retrievers, *J. Anim Physiol Anim Nutr.*, 2020, Vol. 104, pp. 1540–1550, DOI: 10.1111/jpn.13391.
2. Ivanova G.V., *Digestive and metabolic processes in cattle fed with L-carnitine supplements* (Digestion and metabolic processes in cattle fed with L-carnitine supplements), Abstract of Cand. Sci. (Biol.), Dubrovitsy, 2012, 131 p.
3. Klimentieva Yu.I., *Efficiency of using different levels of protected L-carnitine in diets of high producing cows* (Efficiency of using different levels of protected L-carnitine in diets of highly productive cows), Abstract of Cand. Sci. (Agricultural), Dubrovitsy, 2017, 22 p.
4. Ismail A.G., El-Nasharty M.A., El-Far A.H., Effect of ginger and L-carnitine on the reproductive performance of male rats, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2012, Vol. 6 (4), pp. 1199–1205, DOI: 10.5281/zenodo.1057985.
5. Yalçın S., Ergün A., Özsoy V., The Effects of dietary supplementation of L-carnitine and Humic substances on performance, egg traits and blood parameters in laying hens, *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2006, Vol. 19 (10), pp. 1478–1483, DOI: 10.5713/ajas.2006.1478.
6. Yarizadh H., Shab-Bidar S., Zamani B. [et al.], The Effect of L-Carnitine Supplementation on Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical, *Trials J Am Coll Nutr.*, 2020 Jul., Vol. 39 (5), pp. 457–468, DOI: 10.1080/07315724.2019.1661804.
7. Askarpour M., Djafarian K., Ghaedi E. [et al.], Effect of L-Carnitine Supplementation on Liver Enzymes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials, *Arch Med Res.*, 2020, pp. 82–94.
8. Wang Y.W., Ning D., Peng Y.Z., Guo Y.M., Effects of Dietary L-carnitine Supplementation on Growth Performance, Organ Weight, Biochemical Parameters and Ascites Susceptibility in Broilers Reared Under Low-temperature Environment, *Asian-Australas J Anim Sci.*, 2013, Vol. 26 (2), pp. 233–240.
9. Liu L., Zhang D-M., Wang M-X. [et al.], The adverse effects of long-term l-carnitine supplementation on liver and kidney function in rats, *Ham exp: toxicol*, 2015 Nov., Vol. 34 (11), pp. 1148–1161, DOI: 10.1177/0960327115571767.

10. Sabirzyanova L.I., Lunegov A.M., Konovalova G.V., Tokar V.V., *Aktual'nye voprosy veterinarnoy biologii*, 2023, No. 1 (57), pp. 25–31. (In Russ.)
11. GOST R 57547-2017. *Patologoanatomicheskoe vskrytie. Tekhnicheskiy reglament* (Pathological autopsy. Technical regulations), Moscow: Standartinform, 2017, 24 p. (In Russ.)
12. Abrashova T.V., Gushchin Ya.A., Kovaleva M.A. [i dr.], *Spravochnik. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i biometricheskie pokazateli normy eksperimental'nykh zhivotnykh* (Handbook. Physiological, biochemical and biometric parameters of experimental animals), SPb., 2013, 116 p. (In Russ.)
13. *Zakon RF ot 14 maya 1993 g. N 4979-1 O veterinarii* (Law of the Russian Federation of May 14, 1993 N 4979-I On Veterinary Medicine). (In Russ.)
14. *Evropeyskaya konventsia o zashchite pozvonochnykh zhivotnykh, ispol'zuemykh dlya eksperimentov ili v inykh nauchnykh tselyakh ETS N 123* (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes ETS N 123), Strasbourg, March 18, 1986, URL: <https://docs.cntd.ru/> (In Russ.)
15. RD-APK 3.10.07.02-09, *Metodicheskie rekomendatsii po sodержaniyu labortornykh zhivotnykh v vivariyakh nauchno-issledovatel'skikh institutov i uchebnykh zavedeniy* (Methodical recommendations for the maintenance of laboratory animals in vivariums of research institutes and educational institutions), Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2009, 28 p. (In Russ.)
16. Brandsch C, Eder K., *Ann Nutr Metab*, 2002, Vol. 46 (5), pp. 205–10, DOI: 10.1159/000065408, PMID: 12378044. (In Russ.)

Информация об авторах:

Л.И. Сабирзянова, кандидат ветеринарных наук, ассистент
С.П. Ковалев, доктор ветеринарных наук, профессор

Contribution of the authors:

L.I. Sabirzyanova, PhD in Veterinary Sciences, Assistant
S.P. Kovalev, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.