



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-387-395>

УДК 619:616.12:591.111:636.8

Биохимическая картина сыворотки крови при кардиоренальном синдроме у больных гипертрофической кардиомиопатией кошек

Ю. А. Ватников¹, Е. Д. Сотникова¹, В. И. Кузнецов¹, А. А. Разумова², И. В. Щуров¹, О. А. Петрухина¹, А. А. Руденко³

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Россия

² ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), мкр. Юрьевец, г. Владимир, 600901, Россия

³ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

РЕЗЮМЕ

В последнее время ветеринарными специалистами отмечается коморбидное течение заболеваний сердца и почек – кардиоренальный синдром. Обычно кардиоренальный синдром определяется как дисфункция первично интактной почки под воздействием комплекса патогенетических повреждающих факторов, возникающих на фоне основного кардиозаболевания. Цель работы – изучить биохимический профиль сыворотки крови у кошек при кардиоренальном синдроме, возникшем на фоне гипертрофической кардиомиопатии. Исследования проводили на 24 физиологически здоровых (контроль), 24 больных с неосложненными формами патологии (I группа) и 25 больных гипертрофической кардиомиопатией, осложненной кардиоренальным синдромом (II группа), кошках. Показано, что кардиоренальный синдром у животных может возникать как осложнение гипертрофической кардиомиопатии. Биохимическими исследованиями у больных кардиоренальным синдромом кошек верифицированы: цитолиз кардиомиоцитов (повышение сывороточной активности лактатдегидрогеназы в 2,69 раза, креатинфосфокиназы в 2,02 раза, увеличение сывороточной концентрации сердечного тропонина в 5,20 раза по сравнению со здоровыми животными), азотемия (повышение концентрации в сыворотке крови креатинина в 2,72 раза, мочевины в 2,94 раза, симметричного диметиларгинина в 2,60 раза и цистатина С в 1,90 раза по сравнению со здоровыми животными), усиленный кетогенез, системный воспалительный процесс (повышение сывороточной концентрации С-реактивного белка в 1,55 раза по сравнению со здоровыми животными), гиперхолестеринемия, оксидативный стресс (снижение сывороточной активности супероксиддисмутазы в 1,63 раза, каталазы в 4,67 раза и глутатионпероксидазы в 1,71 раза, повышение концентрации малонового диальдегида в 1,79 раза, церулоплазмينا в 2,50 раза и диеновых конъюгатов в 1,85 раза по сравнению со здоровыми животными), электролитный дисбаланс в виде гиперкалиемии, гипонатриемии, гиперфосфатемии и гипомagneмии. Надежными диагностическими маркерами наличия кардиоренального синдрома можно считать такие биохимические показатели, как концентрация в сыворотке крови креатинина, тропонина I, цистатина С, симметричного диметиларгинина и С-реактивного белка.

Ключевые слова: кардиоренальный синдром, патогенез, биохимия, патохимия, кошки, гипертрофическая кардиомиопатия

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-26-00090, <https://rscf.ru/project/24-26-00090>).

Для цитирования: Ватников Ю. А., Сотникова Е. Д., Кузнецов В. И., Разумова А. А., Щуров И. В., Петрухина О. А., Руденко А. А. Биохимическая картина сыворотки крови при кардиоренальном синдроме у больных гипертрофической кардиомиопатией кошек. *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (4): 387–395. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-387-395>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Ватников Юрий Анатольевич, д-р вет. наук, профессор, директор департамента ветеринарной медицины РУДН, ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Россия, vatnikov-yua@rudn.ru

Serum biochemical profile in case of cardiorenal syndrome in cats with hypertrophic cardiomyopathy

Yury A. Vatnikov¹, Elena D. Sotnikova¹, Vladimir I. Kuznetsov¹, Alisa A. Razumova², Igor V. Shchurov¹, Olesia A. Petrukhnina¹, Andrey A. Rudenko³

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117198, Russia

² Federal Centre for Animal Health, Yur'evets, Vladimir 600901, Russia

³ Russian Biotechnological University, 11 Volokolamskoe highway, Moscow 125080, Russia

ABSTRACT

Veterinary specialists have lately observed comorbidity of heart and kidney diseases known as cardiorenal syndrome. Cardiorenal syndrome is typically defined as dysfunction of a primarily intact kidney under the influence of a complex of pathogenetic damaging factors that arise against the background of an underlying cardiac

disease. The purpose of the work is to study the biochemical profile of blood serum in cats with cardiorenal syndrome arising against the background of hypertrophic cardiomyopathy. The studies were carried out on 24 physiologically healthy (control) cats, 24 diseased cats with uncomplicated forms of pathology (first group) and 25 cats with hypertrophic cardiomyopathy complicated by cardiorenal syndrome (second group). It was shown that cardiorenal syndrome may occur as a complication of hypertrophic cardiomyopathy in animals. Biochemical tests in animals with feline cardiorenal syndrome verified cytolysis of cardiomyocytes (increased serum activity of lactate dehydrogenase by 2.69 times, creatine phosphokinase by 2.02 times, increased serum concentration of cardiac troponin by 5.20 times as compared to healthy animals), azotemia (increased concentration in serum creatinine by 2.72 times, urea by 2.94 times, symmetric dimethylarginine by 2.60 times and cystatin C by 1.90 times as compared to healthy animals), enhanced ketogenesis, systemic inflammatory process (increased serum concentration of C-reactive protein by 1.55 times as compared to healthy animals), hypercholesterolemia, oxidative stress (decrease in serum activity of superoxide dismutase by 1.63 times, catalase by 4.67 times and glutathione peroxidase by 1.71 times, increase in the concentration of malondialdehyde by 1.79 times, ceruloplasmin by 2.50 times and diene conjugates by 1.85 times as compared to healthy animals), electrolyte imbalance in the form of hyperkalemia, hyponatremia, hyperphosphatemia and hypomagnesemia. Biochemical indicators such as serum concentrations of creatinine, troponin I, cystatin C, symmetric dimethylarginine and C-reactive protein can be considered reliable diagnostic markers for the presence of cardiorenal syndrome.

Keywords: cardiorenal syndrome, pathogenesis, biochemistry, pathochemistry, cats, hypertrophic cardiomyopathy

Acknowledgments: This work has been supported by the grants the Russian Science Foundation (project No. 24-26-00090, <https://rscf.ru/project/24-26-00090>).

For citation: Vatnikov Yu. A., Sotnikova E. D., Kuznetsov V. I., Razumova A. A., Shchurov I. V., Petrukina O. A., Rudenko A. A. Serum biochemical profile in case of cardiorenal syndrome in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (4): 387–395. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-387-395>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Yury A. Vatnikov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Director of the Department of Veterinary Medicine, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117198, Russia, vatnikov-yua@rudn.ru

ВВЕДЕНИЕ

Органы кровообращения и выделения морфофункционально тесно связаны между собой [1, 2, 3, 4, 5]. В практике ветеринарных врачей часто отмечается ассоциированное течение заболеваний сердца и почек как принципиально новое наднозологическое понятие – кардиоренальный синдром [6, 7, 8, 9]. Следует отметить, что термин «кардиоренальный синдром» верифицируется как вторичное поражение почек, возникающее на фоне основной кардиопатологии [9]. В литературе также описан ренокардиальный синдром, когда дисфункция сердца возникает на фоне развития хронической болезни почек [6]. На современном этапе становления ветеринарной науки многие аспекты клинической манифестации, патофизиологии, способов ранней диагностики и высокоэффективной коррекции кардиоренального синдрома у животных остается малоизученным. Как правило, клинические симптомы появляются на поздних стадиях развития патологии [3]. Поэтому особенно актуальной является разработка эффективных способов прогнозирования развития кардиоренального синдрома у высокопородных животных.

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) у домашних кошек часто регистрируется практикующими врачами ветеринарной медицины. На фоне возникновения декомпенсированной левожелудочковой сердечной недостаточности в организме кошек, больных ГКМП, может возникать повышенный риск развития кардиоренальных осложнений [10, 11, 12]. Следует констатировать, что базовые патобиохимические факторы, лежащие в основе формирования и прогрессирования кардиоренального синдрома у кошек, больных ГКМП, не описаны в научной литературе. Очевидно,

что существует высокая клиническая необходимость в проведении широкоформатных исследований по совершенствованию методов диагностики и терапии, патогенетическом обосновании применения нефропротекторов и кардиопротекторов у кошек, больных ГКМП.

Цель работы – изучить биохимический профиль сыворотки крови у кошек при кардиоренальном синдроме, возникшем на фоне ГКМП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в департаменте ветеринарной медицины РУДН и на базе ветеринарных клиник г. Москвы и области. В эксперименте использовали физиологически здоровых ($n = 24$, контрольная группа), больных ГКМП кошек без кардиоренальных осложнений ($n = 24$, I группа), а также животных, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом ($n = 25$, II группа).

Диагноз при ГКМП верифицировали комплексным способом. Артериальную тонометрию проводили по стандартной методике на приборе petMAP graphic II (Cardio Command, США) [13]. Эхокардиографию и доплерографию осуществляли на аппарате Mindray DP-60 (Китай) [14]. Электрокардиографические исследования проводили на приборе МИДАС-ЭК1Т-04 (Россия) [15]. В работе также использовали геманализатор PCE-90Vet (High Technology Inc., США) [16] и биохимический анализатор SpotChem EZ SP-4430 (ARKRAY Factory, Inc., Япония) [17]. Уровень азотемии (креатинин ≥ 200 мкмоль/л в сыворотке крови) считали достоверным критерием наличия кардиоренального синдрома.

Взятие крови у кошек осуществляли в утренние часы натошак из подкожной вены предплечья в вакуумные пробирки с активатором свертывания

крови. Определение в сыворотке крови кошек концентрации натрия, калия, ионизированного кальция, фосфора, магния, глюкозы, мочевины, креатинина, С-реактивного белка, общего белка, альбумина, а также сывороточной активности аспаратаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, креатинфосфокиназы, лактатдегидрогеназы проводили по общепринятым методикам. Концентрацию кетоновых тел в крови измеряли с помощью кетометра FreeStyle Optium Xceed (Abbott Diabetes Care Ltd., Великобритания) [18]. Исследование уровня симметричного диметиларгинина и цистатина С в сыворотке крови проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа. Функциональное состояние мембран кардиомиоцитов оценивали по сывороточной концентрации тропонина I [11]. Оценка интенсивности процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы в сыворотке крови кошек при кардиоренальном синдроме осуществлена с использованием коммерческих наборов Randox Laboratories Ltd. (Великобритания) согласно инструкции производителя на спектрофотометре UN2CO-WFT2100 (Китай).

Методами Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса выполняли статистический анализ полученных цифровых данных в STATISTICA 7.0 [10]. Определяли значения медианы (Me) и интерквартильного размаха (IQ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У больных кардиоренальным синдромом кошек при проведении анализа Краскела – Уоллиса установлены высокие значения критерия Н при высоком уровне статистической значимости в отношении следующих биохимических параметров, характеризующих такой феномен, как цитоллиз: сывороточная активность аспарагиновой, аланиновой аминотрансфераз, лактатде-

гидрогеназы, креатинфосфокиназы, концентрация тропонина I (табл. 1).

Так, у больных неосложненными формами ГКМП кошек (I группа), по сравнению со здоровыми, регистрировали статистически значимое повышение сывороточной активности аланиновой аминотрансферазы (в 1,17 раза; $p < 0,001$), аспарагиновой аминотрансферазы (в 1,95 раза; $p < 0,001$), лактатдегидрогеназы (в 1,51 раза; $p < 0,001$), креатинфосфокиназы (в 1,61 раза; $p < 0,001$) и концентрации тропонина I (в 4,00 раза; $p < 0,001$). В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом (II группа), по сравнению со здоровыми, отмечали статистически значимое повышение активности аланиновой аминотрансферазы (в 1,23 раза; $p < 0,001$), аспарагиновой аминотрансферазы (в 2,83 раза; $p < 0,001$), лактатдегидрогеназы (в 2,69 раза; $p < 0,001$), креатинфосфокиназы (в 2,02 раза; $p < 0,001$) и концентрации тропонина I (в 5,20 раза; $p < 0,001$). Следует также добавить, что у кошек, больных осложненной кардиоренальным синдромом ГКМП, по сравнению с больными кошками без такового осложнения, установили статистически значимое повышение сывороточной активности аспарагиновой аминотрансферазы (в 1,45 раза; $p < 0,001$), лактатдегидрогеназы (в 1,79 раза; $p < 0,001$), креатинфосфокиназы (в 1,26 раза; $p < 0,01$) и сывороточной концентрации тропонина I (в 1,30 раза; $p < 0,01$).

При проведении анализа Краскела – Уоллиса отмечены статистически значимые изменения в сывороточной концентрации мочевины, креатинина, симметричного диметиларгинина и цистатина С у кошек при развитии кардиоренального синдрома (табл. 2).

Выявлено, что у больных неосложненными формами ГКМП животных (I группа), по сравнению со здоровыми, регистрировали статистически значимое повышение

Таблица 1

Биохимическая характеристика синдрома цитолиза гепатоцитов и кардиомиоцитов у больных гипертрофической кардиомиопатией кошек в зависимости от наличия кардиоренальных осложнений

Table 1

Biochemical parameters of the syndrome of hepatocyte and cardiomyocyte cytolysis in cats with feline hypertrophic cardiomyopathy depending on cardiorenal complications

Параметр	Группы животных						Критерий Краскела – Уоллиса
	контроль (n = 24)		I (n = 24)		II (n = 25)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Креатинфосфокиназа, ед/л	207,00	183,00–227,00	333,50*	279,50–360,00	419,00* #	381,00–457,00	H = 49,40 $p < 0,001$
Аспарагиновая аминотрансфераза, ед/л	31,50	29,50–34,00	61,50*	52,00–70,50	89,00* ##	66,00–108,00	H = 41,90 $p < 0,001$
Аланиновая аминотрансфераза, ед/л	53,50	51,50–55,50	62,50*	58,00–64,50	66,00*	59,00–73,00	H = 22,70 $p < 0,001$
Лактатдегидрогеназа, ед/л	132,50	105,00–158,00	200,00*	152,00–230,00	357,00* ##	299,00–402,00	H = 33,80 $p < 0,001$
Тропонин I, нг/мл	0,10	0,08–0,11	0,40*	0,30–0,45	0,52* #	0,40–0,60	H = 41,60 $p < 0,001$

Me – медиана (median); IQ – интерквартильный размах (interquartile range);

* ($p < 0,001$) – достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I, II and clinically healthy animals according to the Mann – Whitney criterion);

($p < 0,01$), ## ($p < 0,001$) достоверность разницы между показателями I и II группы животных согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I and II animals according to the Mann – Whitney criterion).

Таблица 2

Биохимические параметры выделительной функции почек у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 2

Biochemical parameters of renal excretory function in cats with cardiorenal syndrome

Параметр	Группы животных						Критерий Краскела – Уоллиса
	контроль (n = 24)		I (n = 24)		II (n = 25)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Мочевина, ммоль/л	5,45	5,05–6,40	8,90*	6,75–9,75	16,00* #	14,80–17,10	H = 57,80 p < 0,001
Креатинин, мкмоль/л	106,50	93,00–136,50	135,00*	121,00–147,00	290,00* #	257,00–313,00	H = 50,70 p < 0,001
Симметричный диметиларгинин, мкг/дл	10,00	8,00–11,00	14,00*	11,00–17,00	26,00* #	24,00–30,00	H = 54,60 p < 0,001
Цистатин С, мг/л	1,00	0,75–1,40	1,05	0,85–1,45	1,90* #	1,40–2,20	H = 24,50 p < 0,001

Me – медиана (median); IQ – интерквартильный размах (interquartile range);

* (p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I, II and clinically healthy animals according to the Mann – Whitney criterion);

(p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I и II группы животных согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I and II animals according to the Mann – Whitney criterion).

Таблица 3

Биохимические параметры, характеризующие белковый, жировой, углеводный метаболизм у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 3

Biochemical parameters characterizing protein, fat, carbohydrate metabolism in cats with cardiorenal syndrome

Параметр	Группы животных						Критерий Краскела – Уоллиса
	контроль (n = 24)		I (n = 24)		II (n = 25)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Глюкоза, ммоль/л	4,85	4,50–5,60	5,50*	4,95–5,90	5,10	4,60–5,50	H = 3,60 p < 0,5
Кетоновые тела, ммоль/л	0,10	0,03–0,14	0,12	0,00–0,18	0,85** #	0,59–0,85	H = 36,60 p < 0,001
Холестерол, ммоль/л	3,35	2,80–4,45	3,45	3,00–4,00	5,60** #	5,20–6,50	H = 39,30 p < 0,001
Триглицериды, ммоль/л	0,70	0,70–0,85	0,90	0,50–1,10	0,70	0,60–0,80	H = 2,30 p < 0,5
Общий белок, г/л	66,00	61,00–72,00	64,00	61,00–68,00	62,00*	57,00–64,00	H = 7,90 p < 0,05
Альбумины, г/л	33,00	29,50–36,50	31,50	30,50–36,00	30,00*	28,00–32,00	H = 9,60 p < 0,01

Me – медиана (median); IQ – интерквартильный размах (interquartile range);

* (p < 0,05), ** (p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I, II and clinically healthy animals according to the Mann – Whitney criterion);

(p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I и II группы животных согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I and II animals according to the Mann – Whitney criterion).

сывороточной концентрации мочевины (в 1,63 раза; p < 0,001), креатинина (в 1,27 раза; p < 0,001), симметричного диметиларгинина (в 1,40 раза; p < 0,001). В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом (II группа), по сравнению со здоровыми, отмечали статистически значимое повышение сывороточной концентрации мочевины

(в 2,94 раза; p < 0,001), креатинина (в 2,72 раза; p < 0,001), симметричного диметиларгинина (в 2,60 раза; p < 0,001) и цистатина С (в 1,90 раза; p < 0,001). У кошек, больных осложненной кардиоренальным синдромом ГКМП, по сравнению с больными кошками без такового осложнения, установили статистически значимое повышение сывороточной концентрации мочевины

(в 1,80 раза; $p < 0,001$), креатинина (в 2,15 раза; $p < 0,001$), симметричного диметиларгинина (в 1,86 раза; $p < 0,001$) и цистатина С (в 1,81 раза; $p < 0,001$).

Методом Краскела – Уоллиса выявлены статистически значимые изменения в концентрации кетоновых тел, холестерина, общего белка и альбуминов в сыворотке крови кошек с кардиоренальным синдромом.

Из данных, приведенных в таблице 3, видно, что у больных неосложненными формами ГКМП кошек (I группа), по сравнению со здоровыми, регистрировали статистически значимое повышение сывороточной концентрации глюкозы (в 1,13 раза; $p < 0,05$). В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом (II группа), по сравнению со здоровыми, отмечали статистически значимое повышение сывороточной концентрации кетоновых тел (в 8,50 раза; $p < 0,001$), холестерина (в 1,67 раза; $p < 0,001$), снижение концентрации общего белка (в 1,06 раза; $p < 0,05$) и альбуминов (в 1,10 раза; $p < 0,05$). У кошек, больных осложненной кардиоренальным синдромом ГКМП, по сравнению с больными кошками без такового осложнения, установили статистически значимое повышение сывороточной концентрации кетоновых тел (в 7,08 раза; $p < 0,001$), холестерина (в 1,62 раза; $p < 0,001$).

У кошек, больных кардиоренальным синдромом, методом Краскела – Уоллиса отмечены статистически значимые изменения в патобиохимических параметрах, характеризующих оксидативный стресс.

Из цифровых данных, представленных в таблице 4, видно, что у больных неосложненными формами ГКМП кошек (I группа), по сравнению со здо-

ровыми, регистрировали статистически значимое повышение сывороточной концентрации малонового диальдегида (в 1,63 раза; $p < 0,001$), диеновых конъюгатов (в 1,49 раза; $p < 0,001$), снижение активности супероксиддисмутазы (в 1,53 раза; $p < 0,001$), каталазы (в 2,33 раза; $p < 0,001$), глутатионпероксидазы (в 1,23 раза; $p < 0,001$). В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом (II группа), по сравнению со здоровыми, отмечали статистически значимое повышение сывороточной концентрации малонового диальдегида (в 1,79 раза; $p < 0,001$), церулоплазмينا (в 2,50 раза; $p < 0,001$), диеновых конъюгатов (в 1,85 раза; $p < 0,001$) при одновременном снижении активности супероксиддисмутазы (в 1,63 раза; $p < 0,001$), каталазы (в 4,67 раза; $p < 0,001$), глутатионпероксидазы (в 1,71 раза; $p < 0,001$). У кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом, по сравнению с больными кошками без такового осложнения, установили статистически значимое повышение сывороточной концентрации малонового диальдегида (в 1,10 раза; $p < 0,001$), церулоплазмينا (в 2,14 раза; $p < 0,001$), диеновых конъюгатов (в 1,25 раза; $p < 0,001$), снижение активности каталазы (в 2,00 раза; $p < 0,001$), глутатионпероксидазы (в 1,35 раза; $p < 0,01$), повышение активности глутатионредуктазы (в 1,36 раза; $p < 0,01$).

При проведении анализа Краскела – Уоллиса выявлены статистически значимые изменения в биохимических параметрах электролитного метаболизма у кошек с кардиоренальным синдромом (табл. 5).

У больных неосложненными формами ГКМП кошек, по сравнению со здоровыми, регистрировали развитие

Таблица 4
Оксидативный стресс у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 4
Oxidative stress in cats with hepatorenal syndrome

Параметр	Группы животных						Критерий Краскела – Уоллиса
	контроль (n = 24)		I (n = 24)		II (n = 25)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Малоновый диальдегид, мкмоль/л	2,80	2,60–3,05	4,55*	4,05–4,95	5,00* ##	4,80–5,20	H = 51,80 $p < 0,001$
Церулоплазмин, ммоль/л	0,60	0,40–0,70	0,70	0,50–1,20	1,50* ##	1,30–1,90	H = 32,50 $p < 0,001$
Диеновые конъюгаты, усл. ед/мл	2,05	1,55–2,35	3,05*	2,70–3,55	3,80* ##	3,60–4,00	H = 47,40 $p < 0,001$
Супероксиддисмутазы, ед/мл	50,50	40,50–65,00	33,00*	30,50–35,50	31,00*	23,00–35,00	H = 28,90 $p < 0,001$
Каталаза, ед/мл	1,40	1,25–1,50	0,60*	0,50–0,75	0,30* ##	0,20–0,40	H = 59,70 $p < 0,001$
Глутатионредуктаза, ед/мл	1,35	1,10–1,75	1,10	0,80–1,45	1,50 #	1,20–1,60	H = 7,20 $p < 0,05$
Глутатионпероксидаза, ед/мл	2,90	2,60–3,60	2,30*	2,00–2,65	1,70* #	1,50–2,10	H = 38,30 $p < 0,001$

Me – медиана (median); IQ – интерквартильный размах (interquartile range);

* ($p < 0,001$) – достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I, II and clinically healthy animals according to the Mann – Whitney criterion);

($p < 0,01$), ## ($p < 0,001$) – достоверность разницы между показателями I и II группы животных согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I and II animals according to the Mann – Whitney criterion).

Таблица 5
Электролитный метаболизм у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 5
Electrolyte metabolism in cats with cardiorenal syndrome

Показатель	Группы животных						Критерий Краскела – Уоллиса
	Контроль (n = 24)		I (n = 24)		II (n = 25)		
	Me	IQ	Me	IQ	Me	IQ	
Натрий, ммоль/л	155,00	151,50–158,50	149,00**	146,00–152,50	148,00**	143,00–154,00	H = 12,40 p < 0,01
Калий, ммоль/л	3,60	3,35–3,75	4,05**	3,65–4,75	4,40***	3,80–5,50	H = 18,40 p < 0,001
Кальций ионизированный, мг/дл	9,52	8,95–9,40	9,20	8,75–9,80	10,30*** #	9,90–10,60	H = 25,40 p < 0,001
Фосфор неорганический, мг/дл	4,50	3,70–4,80	5,70*	5,25–6,45	11,00*** #	8,10–13,80	H = 41,10 p < 0,001
Магний, мг/дл	2,10	1,80–2,30	2,20	1,85–2,40	1,50*** #	1,30–1,80	H = 20,50 p < 0,001

Me – медиана (median); IQ – интерквартильный размах (interquartile range);

* (p < 0,05), ** (p < 0,01), *** (p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I, II группы и клинически здоровыми животными согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I, II and clinically healthy animals according to the Mann – Whitney criterion);

(p < 0,001) – достоверность разницы между показателями I и II группы животных согласно критерию Манна – Уитни (reliability of the difference between the indicators of groups I and II animals according to the Mann – Whitney criterion).

гипонатриемии, гиперкалиемии и гиперфосфатемии. В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом, по сравнению со здоровыми, отмечали тенденцию к формированию гипонатриемии, гиперкалиемии, гиперфосфатемии и гипوماгнемии. Установлено, что у кошек, больных осложненной кардиоренальным синдромом ГКМП, по срав-

нению с больными кошками без такового осложнения, установили наличие незначительной гиперкальциемии, существенной гиперфосфатемии и гипوماгнемии.

Результаты по изучению характеристик изменений концентрации С-реактивного белка у кошек при развитии кардиоренального синдрома представлены на рисунке.

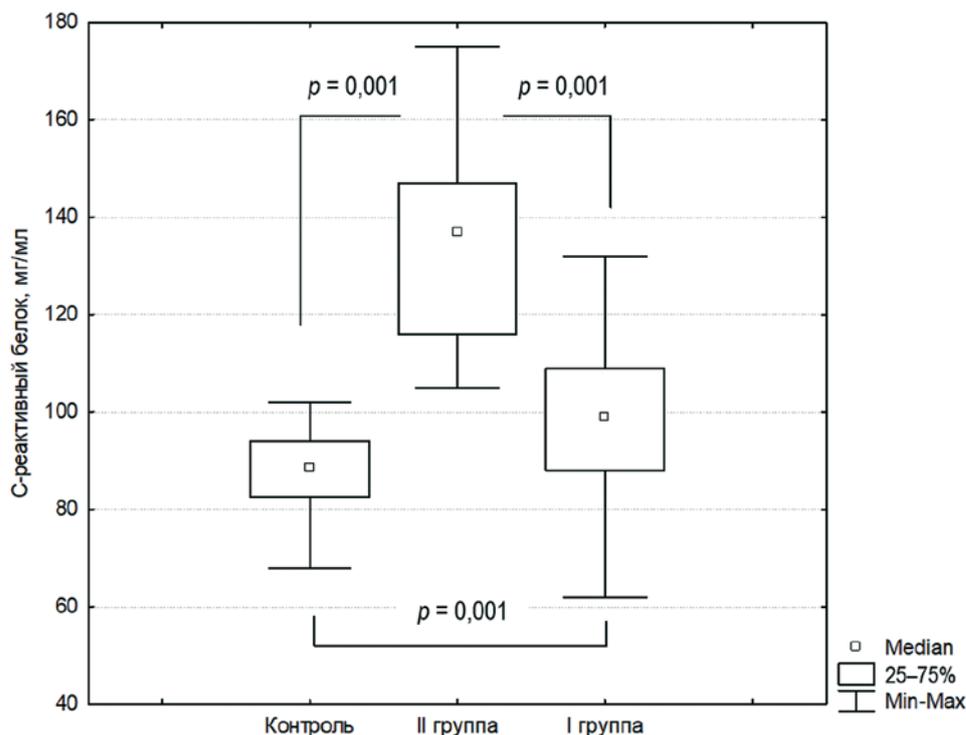


Рис. Концентрация С-реактивного белка у кошек при кардиоренальном синдроме

Fig. C-reactive protein concentration in cats with cardiorenal syndrome

Установлено наличие достоверных изменений в концентрации С-реактивного белка в сыворотке крови кошек разных опытных групп ($N = 50,50$; $p < 0,001$; тест Краскела – Уоллиса). У больных неосложненными формами ГКМП животных, по сравнению со здоровыми, регистрировали статистически значимое повышение сывороточной концентрации С-реактивного белка (в 1,15 раза; $p < 0,001$). В сыворотке крови кошек, больных ГКМП, осложненной кардиоренальным синдромом, по сравнению со здоровыми, отмечали статистически значимое повышение сывороточной концентрации С-реактивного белка (в 1,55 раза; $p < 0,001$). Также выявлено, что у кошек, больных осложненной кардиоренальным синдромом ГКМП, по сравнению с больными кошками без такового осложнения, происходит статистически значимое повышение сывороточной концентрации С-реактивного белка.

В нашем исследовании установлено, что у кошек, больных ГКМП, повышается активность аминотрансферазы и лактатдегидрогеназы в сыворотке крови. Значительное увеличение концентрации тропонина в сыворотке крови у больных ГКМП свидетельствует о повреждении клеточных мембран кардиомиоцитов. Подобные изменения были описаны ранее в литературе [1, 10, 12].

У кошек с кардиоренальным синдромом, возникшем на фоне ГКМП, происходит развитие азотемии. Очевидно, что первоначально данный патологический процесс развивается как преренальная азотемия, которая возникает на фоне хронической недостаточности кровообращения и, как следствие, плохой перфузии почек. Однако по мере прогрессирования патологии, вероятно, происходит дополнительное повреждение и гибель нефронов, что приводит к развитию азотемии. Нарушение выделительной функции почек усугубляет нейроэндокринные сдвиги в организме больных кошек, что также проявляется нарушением электролитного метаболизма (гиперкалиемия, гипонатриемия, гипомагниемия, гиперфосфатемия). Очевидно, что патофизиологическим механизмом развития выраженного повышения сывороточной концентрации неорганического фосфора у больных кардиоренальным синдромом является вторичный гиперпаратиреоз, который часто осложняет течение почечной недостаточности [18]. Уремические токсины, накапливающиеся в организме при кардиоренальном синдроме, оказывают дополнительный повреждающий эффект как на кардиомиоциты, так и на нефроны, что приводит к дальнейшему прогрессированию патологического состояния.

Неожиданным было выявление кетоза у кошек с кардиоренальным синдромом. Очевидно, что в организме больных кардиоренальным синдромом животных происходят глубокие изменения в метаболизме, проявляющиеся в мобилизации жировой ткани, повышенном катаболизме белков и липидов, дефиците энергии. Источником синтеза кетонных тел в таких случаях могут быть кетогенные аминокислоты и триглицериды. Данное явление требует проведения дальнейших широкомасштабных исследований. В нашем случае у больных кошек выявлялись гиперхолестеринемия, умеренную гипопропротеинемия и гипоальбуминемия.

Системное воспаление является ключевым патогенетическим звеном формирования кардиоренального синдрома у кошек, больных ГКМП. Провоспалительные

цитокины, которые продуцируются при развитии воспалительной реакции, оказывают дополнительное повреждающее воздействие на кардиомиоциты и нефроны. В качестве маркера наличия воспаления в организме кошек, больных кардиоренальным синдромом, можно считать высокие значения концентрации С-реактивного белка в сыворотке крови.

Очевидно, что активация нейрогуморальной системы на фоне недостаточности функции кровообращения и повышенной потребности ткани миокарда в кислороде может инициировать при кардиоренальном синдроме апоптоз сердечных клеток и фиброз. В этом направлении требуется проведение дальнейших исследований с целью морфологической верификации указанных выше патологических процессов. Расстройство метаболизма в кардиомиоцитах обуславливает развитие оксидативного стресса, который усиливает альтеративное влияние на миокард.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гипертрофическая кардиомиопатия приводит к развитию хронической недостаточности функции кровообращения у кошек и может осложниться кардиоренальным синдромом. В сыворотке крови больных кардиоренальным синдромом кошек существенно повышается активность аспарагиновой аминотрансферазы, лактатдегидрогеназы, креатинфосфокиназы, глутатионредуктазы, увеличиваются концентрации сердечного тропонина, мочевины, креатинина, симметричного диметиларгинина, цистатина С, кетонных тел, холестерина, малонового диальдегида, церулоплазмينا, диеновых конъюгатов, калия, кальция, фосфора, С-реактивного белка, снижаются активность супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, а также концентрации общего белка и альбуминов, натрия и магния. Кардиоренальные осложнения у больных гипертрофической кардиомиопатией кошек характеризуются следующими биохимическими синдромами: азотемией, цитолизом кардиомиоцитов, электролитным дисбалансом, системной воспалительной реакцией, оксидативным стрессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко А. А. Оценка частоты дыхания во время сна у кошек с застойной сердечной недостаточностью: степень приверженности к данному тесту владельцев животных и ее влияние на выживаемость пациентов. *Российский ветеринарный журнал*. 2018; (4): 9–14. https://doi.org/10.32416/article_5bd1c1f917fda5.38468318
2. Дудинская Е. Н. Кардиоренальное метаболическое здоровье. *Эффективная фармакотерапия. Эндокринология*. 2023; 19 (52): 14–28. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-52-14-28>
3. Острожинский Я. А., Копать Т. Т. О важности кардиоренального синдрома в терапии. *Научный медицинский вестник Югры*. 2021; (специальный выпуск): 98–100. <https://elibrary.ru/dynqtv>
4. Инатуллаева Л. Б., Ватников Ю. А., Вилковский И. Ф., Воронина Ю. Ю. Гистологические изменения в почках при хронической болезни почек у кошек, связанные с отложением амилоида. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2017; (5): 25–31. <https://elibrary.ru/ytvint>
5. Фан В. Т. Ф., Концева С. Ю. Особенности клинического проявления сердечной недостаточности у кошек, вызванной кардиомиопатией. *Ветеринарная хирургия: от истока к современности: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора, доктора ветеринарных наук Г. С. Мазыко (Витебск, 3–5 ноября 2022 г.)*. Витебск: УО ВГАВМ; 2022; 191–193. <https://elibrary.ru/zlrmnd>
6. Ватников Ю. А., Сотникова Е. Д., Бяхова В. М., Петрухина О. А., Матвеев А. В., Родионова Н. Ю., Руденко А. А. Особенности развития гепатокардиального синдрома у собак с дилатационной кардиомиопатией. *Ветеринария*. 2022; (10): 52–57. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.10.52-57>

7. Руденко А. А. Показатели специфического клеточного иммунитета у собак с дилатационной кардиомиопатией. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2018; (6): 21–27. <https://elibrary.ru/xvqzwv>

8. Сотникова Е. Д., Петрухина О. А., Бяхова В. М., Сибирцев В. Д. Особенности течения гепатокардиального синдрома у больных гипертрофической кардиомиопатией кошек. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2023; 18 (2): 264–272. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-2-264-272>

9. Шутеева Ю. А., Мариюшина Т. О. Изучение нарушения электролитного баланса у кошек с гипертрофической кардиомиопатией. *Молодежный научный форум: естественные и медицинские науки*. 2017; (4): 167–171. <https://elibrary.ru/ylixqh>

10. Хохлова Л. Н., Куркина Н. В. Выявление кардиоренального синдрома у больных с артериальной гипертензией. *Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: материалы XII Международной научно-практической конференции (Махачкала, 25 декабря 2016 г.)*. Махачкала: ООО «Апробация»; 2016; 167–168. <https://elibrary.ru/xvbbvr>

11. Карпенко Л. Ю., Козицына А. И., Бахта А. А., Полистовская П. А. Прогностические критерии оценки течения гипертрофической кардиомиопатии у кошек. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022; (1): 44–46. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.1.44>

12. Фан В. Т. Ф., Концевая С. Ю., Орлов С. М. Ретроспективная оценка заболевания кардиомиопатией у 27 кошек с сердечной недостаточностью. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2022; (4): 26–32. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2022-4-26-32>

13. Джунусбекова Г. А., Джусипов А. К. Ведущие патогенетические механизмы развития кардиоренального поражения при артериальной гипертензии. *I Евразийский конгресс кардиологов. I Национальный конгресс кардиологов Казахстана: сборник тезисов (Астана, 20–21 октября 2009 г.)*. М.: ООО «ИнтерМедсервис»; 2009; 94. <https://elibrary.ru/ynefjb>

14. Дзугкоева Ф. С., Гатагонова Т. М., Лолаева А. Т., Дзугкоев С. Г., Брциева З. С. Кардиоренальные микроциркуляторные нарушения при патологии висцеральных органов и их патогенетическая коррекция. *Фундаментальные исследования*. 2009; (7-5): 46–47. <https://elibrary.ru/kxqjed>

15. Костылев В. А., Гончарова А. В. Эхокардиографическая характеристика гипертрофической кардиомиопатии кошек породы мейн-кун. *Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения: сборник трудов научно-практической конференции (Москва, 8 ноября 2022 г.)*. Под общ. ред. С. В. Полябина, Л. А. Гнездиловой. М.: Сельскохозяйственные технологии; 2022; 100–102. <https://elibrary.ru/pvedob>

16. Крюковская Г. М., Крюковский Р. А., Луцай В. И., Бююнчан Н. Р. Фазово-контрастная микроскопия для оценки эритроцитов в посттравматическом периоде у животных после кровопотери. *Разработка инновационных инструментальных методов исследования внутренних болезней животных: сборник трудов II Научной конференции (Москва, 12–13 февраля 2015 г.)*. М.: МГУПП; 2015; 53–57. <https://elibrary.ru/untrlj>

17. Солдатенко Н. В. Особенности кардиоренальных нарушений и возможности их адекватной коррекции у больных артериальной гипертензией с первичным субклиническим гипотиреозом: дис. ... канд. мед. наук. Ставрополь; 2014. 157 с.

18. Филиппов Ю. И., Полябин С. В., Белогуров В. В. Диетотерапия кошек с хронической почечной недостаточностью. *VetPharma*. 2014; (5): 28–30. <https://elibrary.ru/sxqcqn>

REFERENCES

1. Rudenko A. A. Evaluation of sleeping respiratory rate in cats with congestive heart failure: the degree of adherence to this test of animal owners and its impact on patient survival. *Russian Veterinary Journal*. 2018; (4): 9–14. https://doi.org/10.32416/article_5bd1c1f917fda5.38468318 (in Russ.)

2. Dudinskaya E. N. Cardiorrenal metabolic health. *Effective Pharmacotherapy*. *Endocrinology*. 2023; 19 (52): 14–28. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2023-19-52-14-28> (in Russ.)

3. Astrazhynski Ya. A., Kopats T. T. About the importance of cardiorrenal syndrome in therapy. *Scientific Medical Bulletin of Ugra*. 2021; (Suppl.): 98–100. <https://elibrary.ru/dynqtv> (in Russ.)

4. Inatullaeva L. B., Vatnikov Yu. A., Vilkovskiy I. F., Voronina Yu. Yu. Histological changes in kidneys with chronic kidney diseases in cats, associated with the deposition of amyloid. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2017; (5): 25–31. <https://elibrary.ru/ytvint> (in Russ.)

5. Phan V. T. Ph., Kontsevaya S. Yu. Osobennosti klinicheskogo proyavleniya serdechnoi nedostatochnosti u koshek, vyzvannoi kardiomiopatii = Features of clinical manifestation of heart failure caused by cardiomyopathy in cats. *Veterinarnaya khirurgiya: ot istoka k sovremennosti: materi-*

alyMezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchenoi 110-letiyu so dnya rozhdeniya professora, doktora veterinarnykh nauk G. S. Mastyko (Vitebsk, 3–5 noyabrya 2022 g.) = Veterinary surgery: from the origin to the present. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of G. S. Mastyko, Professor, Doctor of Veterinary Science (Vitebsk, 3–5 November 2022). Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine; 2022; 191–193. <https://elibrary.ru/zlrmdnd> (in Russ.)

6. Vatnikov Yu. A., Sotnikova E. D., Biakhova V. M., Petrukhina O. A., Matveev A. V., Rodionova N. Yu., Rudenko A. A. Features of the development of hepatocardial syndrome in dogs with dilated cardiomyopathy. *Veterinariya*. 2022; (10): 52–57. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.10.52-57> (in Russ.)

7. Rudenko A. A. Indices of specific cellular immunity in dogs with dilated cardiomyopathy. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2018; (6): 21–27. <https://elibrary.ru/xvqzwv> (in Russ.)

8. Sotnikova E. D., Petrukhina O. A., Byakhova V. M., Sibirtsev V. D. Features of the course of hepatocardial syndrome in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18 (2): 264–272. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-2-264-272>

9. Shuteeva Yu. A., Maryushina T. O. Izuchenie narusheniya elektrolytnogo balansa u koshek s gipertroficheskoi kardiomiopatii = Study of electrolyte imbalance in cats with hypertrophic cardiomyopathy. *Molodezhnyi nauchnyi forum: estestvennye i meditsinskie nauki*. 2017; (4): 167–171. <https://elibrary.ru/ylixqh> (in Russ.)

10. Khokhlova L. N., Kurkina N. V. Vyyavlenie kardiorenalnogo sindroma u bol'nykh s arterial'noi gipertenziei = Identification of cardiorrenal syndrome in patients with arterial hypertension. *Aktual'nye problemy sovremennoi nauki v 21 veke: materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Makhachkala, 25 dekabrya 2016 g.) = Current issues of modern science in the 21st century: proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference (Makhachkala, 25 December 2016)*. Makhachkala: Approbation; 2016; 167–168. <https://elibrary.ru/xvbbvr> (in Russ.)

11. Karpenko L. Yu., Kozitsyna A. I., Bakhta A. A., Polistovskaya P. A. Prognostic criteria for assessing of hypertrophic cardiomyopathy in cats. *Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2022; (1): 44–46. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.1.44> (in Russ.)

12. Phan V. T. Ph., Kontsevaya S. Yu., Orlov S. M. Retrospective evaluation of cardiomyopathy disease in 27 cats with heart failure disease. *Actual Questions of Veterinary Biology*. 2022; (4): 26–32. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2022-4-26-32> (in Russ.)

13. Junusbekova G. A., Dzhusipov A. K. Vedushchie patogeneticheskie mekhanizmy razvitiya kardiorenalnogo porazheniya pri arterial'noi gipertonii = Leading pathogenetic mechanisms of cardiorrenal damage development in arterial hypertension. *I Evraziiskii kongress kardiologov. I Natsional'nyi kongress kardiologov Kazakhstana: sbornik tezisev (Astana, 20–21 oktyabrya 2009 g.) = I Eurasian Congress of Cardiologists. I National Congress of Cardiologists of Kazakhstan: collection of abstracts (Astana, 20–21 October 2009)*. Moscow: InterMedservis; 2009; 94. <https://elibrary.ru/ynefjb> (in Russ.)

14. Dzugkoeva F. S., Gatagonova T. M., Lolaeva A. T., Dzugkoev S. G., Brtsieva Z. S. Kardiorenal'nye mikrotsirkulyatornye narusheniya pri patologii visseral'nykh organov i ikh patogeneticheskaya korektsiya = Cardiorrenal microcirculatory disorders in pathology of visceral organs and their pathogenetic correction. *Fundamental Research*. 2009; (7-5): 46–47. <https://elibrary.ru/kxqjed> (in Russ.)

15. Kostylev V. A., Goncharova A. V. Ekhokardiograficheskaya kharakteristika gipertroficheskoi kardiomiopatii koshek porody mein-kun = Echocardiographic characteristics of hypertrophic cardiomyopathy in Maine Coon cats. *Aktual'nye problemy veterinarnoi meditsiny, zootekhnologii i ekspertizy syr'ya i produktov zhivotnogo proiskhozhdeniya: sbornik trudov nauchno-prakticheskoi konferentsii (Moskva, 8 noyabrya 2022 g.) = Current issues of veterinary medicine, zootechnics, biotechnology and veterinary and sanitary examination of raw materials and products of animal origin: proceedings of the Scientific and Practical Conference (Moscow, 8 November 2022)*. Ed. by S. V. Pozyabin, L. A. Gnezdiлова. Moscow: Agricultural technologies; 2022; 100–102. <https://elibrary.ru/pvedob> (in Russ.)

16. Kryukovskaya G. M., Kryukovsky R. A., Lutsay V. I., Buiyunchan N. R. Fazovo-kontrastnaya mikroskopiya dlya otsenki eritrotsitov v posttravmaticheskom periode u zhivotnykh posle krovopoteri = Phase-contrast microscopy for erythrocyte assessment in animals in the post-traumatic period after blood loss. *Razrabotka innovatsionnykh instrumental'nykh metodov issledovaniya vnutrennikh boleznei zhivotnykh: sbornik trudov II Nauchnoi konferentsii (Moskva, 12–13 fevralya 2015 g.) = Development of innovative instrumental methods for studying internal animal diseases: proceedings of the II Scientific Conference (Moscow, 12–13 February 2015)*. Moscow: Moscow State University of Food Production; 2015; 53–57. <https://elibrary.ru/untrlj> (in Russ.)

17. Soldatenko N. V. Features of cardiorenal disorders and the possibilities of their adequate correction in patients with arterial hypertension and primary subclinical hypothyroidism: Author's Thesis for Degree of Cand. Sci. (Medicine). Stavropol; 2014. 157 p. (in Russ.)

18. Filippov Yu. I., Pozyabin S. V., Belogurov V. V. Dietoterapiya koshek s khronicheskoi pochechnoi nedostatochnost'yu = Diet therapy for cats

with chronic renal failure. *VetPharma*. 2014; (5): 28–30. <https://elibrary.ru/sxcqrn> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 28.05.2024

Поступила после рецензирования / Revised 04.07.2024

Принята к публикации / Accepted 12.09.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ватников Юрий Анатольевич, д-р вет. наук, профессор, директор департамента ветеринарной медицины РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0036-3402>, vatnikov-yua@rudn.ru

Сотникова Елена Дмитриевна, канд. биол. наук, доцент департамента ветеринарной медицины РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1253-1573>, sotnikova-ed@rudn.ru

Кузнецов Владимир Иванович, д-р мед. наук, профессор кафедры общей врачебной практики РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-4739-6976>, kuznetsov-vi@pfur.ru

Разумова Алиса Алексеевна, канд. биол. наук, начальник отдела координации научно-исследовательских работ ФГБУ «ВНИИЗЖ», Владимир, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2778-7785>, staffilokokk@yandex.ru

Щуров Игорь Васильевич, канд. вет. наук, руководитель Центра ветеринарной инновационной медицины РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-8319-6680>, shchurov-iv@pfur.ru

Петрухина Олеся Анатольевна, канд. вет. наук, ассистент департамента ветеринарной медицины РУДН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-9102-2891>, petrukhina-oa@rudn.ru

Руденко Андрей Анатольевич, д-р вет. наук, доцент, профессор кафедры ветеринарной медицины, РОСБИОТЕХ, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-6434-3497>, vetrudek@yandex.ru

Yury A. Vatnikov, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor, Director of Department of Veterinary Medicine, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0036-3402>, vatnikov-yua@rudn.ru

Elena D. Sotnikova, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of Department of Veterinary Medicine, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1253-1573>, sotnikova-ed@rudn.ru

Vladimir I. Kuznetsov, Dr. Sci. (Medicine), Professor of Department of General Medical Practice, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-4739-6976>, kuznetsov-vi@pfur.ru

Alisa A. Razumova, Cand. Sci. (Biology), Head of the Department for Research Coordination, Federal Centre for Animal Health, Vladimir, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2778-7785>, staffilokokk@yandex.ru

Igor V. Shchurov, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Head of Center for Veterinary Innovative Medicine, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-8319-6680>, shchurov-iv@pfur.ru

Olesia A. Petrukhina, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Assistant of Department of Veterinary Medicine, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9102-2891>, petrukhina-oa@rudn.ru

Andrey A. Rudenko, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Associate Professor, Professor of Department of Veterinary Medicine, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-6434-3497>, vetrudek@yandex.ru

Вклад авторов: Ватников Ю. А. – концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, подготовка текста; Сотникова Е. Д. – проведение экспериментов, сбор материала, подготовка текста; Кузнецов В. И. – концепция исследования, работа с литературой; Разумова А. А. – валидация методов, работа с литературой; Щуров И. В. – валидация методов, работа с литературой, проведение эксперимента; Петрухина О. А. – проведение экспериментов, интерпретация данных; Руденко А. А. – администрирование, обработка данных, анализ и обобщение результатов исследования.

Contribution: Vatnikov Yu. A. – research concept, literature search, conducting experiments, text preparation; Sotnikova E. D. – conducting experiments, material collection, text preparation; Kuznetsov V. I. – research concept, literature search; Razumova A. A. – validation of methods, literature search; Shchurov I. V. – validation of methods, literature search, conducting experiments; Petrukhina O. A. – conducting experiments, data interpretation; Rudenko A. A. – administration, data processing, analysis and synthesis of research results.