

Ю.А. Ватников ✉

В.М. Бяхова

О.А. Петрухина

Е.А. Нотина

Е.А. Кротова

В.И. Семёнова

Российский университет
дружбы народов им. Патриса
Лумумбы, Москва, Россия

✉ vatnikov_yu@rudn.ru

Поступила в редакцию: 07.03.2025

Одобрена после рецензирования: 08.04.2025

Принята к публикации: 22.04.2025

© Ватников Ю.А., Бяхова В.М.,
Петрухина О.А., Нотина Е.А.,
Кротова Е.А., Семёнова В.И.

Yuri A. Vatnikov ✉

Varvara M. Byakhova

Olesya A Petrukhnina

Elena A. Notina

Elena A. Krotova

Valentina I. Semenova

Patrice Lumumba Peoples' Friendship
University of Russia, Moscow, Russia

✉ vatnikov_yu@rudn.ru

Received by the editorial office: 07.03.2025

Accepted in revised: 08.04.2025

Accepted for publication: 22.04.2025

© Vatnikov Yu.A., Byakhova V.M.,
Petrukhnina O.A., Notina E.A.,
Krotova E.A., Semenova V.I.

Патогенетические факторы возникновения и прогрессирования кардиоренального синдрома у кошек

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассматриваются вопросы изучения патогенетических коррелятивных связей между разнообразными клинико-лабораторными параметрами у кошек, больных кардиоренальным синдромом. Отмечена достоверная корреляция между уровнем креатининемии и частотой пульса ($r = 0,4$), частотой дыхания ($r = 0,7$), частотой дыхания во сне ($r = 0,6$), систолическим ($r = 0,3$), диастолическим ($r = 0,3$), средним артериальным давлением ($r = 0,3$), продолжительностью комплекса QRS на ЭКГ ($r = 0,5$), интервала QT ($r = 0,3$), вольтажом зубца P ($r = 0,3$) и R во втором стандартном отведении ($r = 0,4$), размером левого предсердия на ЭХО-КГ ($r = 0,7$), толщиной межжелудочковой перегородки в диастолу ($r = 0,7$), толщиной свободной стенки левого желудочка в диастолу ($r = 0,6$), конечно-диастолическим размером ($r = -0,6$; $p \leq 0,05$), конечно-систолическим размером камеры левого желудочка ($r = -0,5$), сывороточной активностью аланиновой аминотрансферазы ($r = 0,5$), лактатдегидрогеназы ($r = 0,6$), аспарагиновой аминотрансферазы ($r = 0,7$), креатининфосфокиназы ($r = 0,7$), сердечного тропонина ($r = 0,5$), концентрации в сыворотке крови мочевины ($r = 0,7$), кетоновых тел ($r = 0,7$), малонового диальдегида ($r = 0,7$), диеновых конъюгатов ($r = 0,7$), церулоплазмينا ($r = 0,6$), активностью супероксиддисмутазы ($r = -0,5$), каталазы ($r = -0,7$), глутатионпероксидазы ($r = -0,6$). В организме кошек, больных кардиоренальным синдромом, происходит активизация симпатoadrenalной системы, процессов ремоделирования миокарда в виде концентрической гипертрофии, оксидативного стресса и повреждения клеточных мембран кардиомиоцитов и других клеток организма, при этом происходят увеличение массы и количества кардиомиоцитов, нарушение диастолической функции миокарда, возникает синдром повреждения клеточных мембран сердечных клеток, развивается прогрессирующая преренальная азотемия на фоне хронической декомпенсации органов кровообращения. Изменения в коррелятивных патогенетических связях между клиническими и лабораторными показателями у больных кардиоренальным синдромом кошек можно рассматривать как предикторы более злокачественного течения патологического процесса.

Ключевые слова: кардиоренальный синдром, патогенез, корреляция, кошки, гипертрофическая кардиомиопатия

Для цитирования: Ватников Ю.А., Бяхова В.М., Петрухина О.А., Нотина Е.А., Кротова Е.А., Семёнова В.И. Патогенетические факторы возникновения и прогрессирования кардиоренального синдрома у кошек. *Аграрная наука*. 2025; 394(05): 56–62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-394-05-56-62>

Pathogenetic factors of occurrence and progression of cardiorenal syndrome in cats

ABSTRACT

This article examines the issues of studying pathogenetic correlative links between various clinical and laboratory parameters in cats with cardiorenal syndrome. A significant correlation was found between the level of creatininemia and the pulse rate ($r = 0.4$), respiratory rate ($r = 0.7$), sleep breathing rate ($r = 0.6$), systolic ($r = 0.3$), diastolic ($r = 0.3$), mean arterial pressure ($r = 0.3$), QRS complex duration ($r = 0.5$), QT interval ($r = 0.3$), P wave voltage ($r = 0.3$) and R in the second standard lead ($r = 0.4$), left atrium size ($r = 0.7$), interventricular septum thickness in diastole ($r = 0.7$), left ventricular free wall thickness in diastole ($r = 0.6$), end-diastolic size ($r = -0.6$; $p \leq 0.05$), end-systolic size of the left ventricular chamber ($r = -0.5$), serum alanine aminotransferase ($r = 0.5$), lactate dehydrogenase ($r = 0.6$), aspartic aminotransferase ($r = 0.7$), creatinine phosphokinase ($r = 0.7$), cardiac troponin ($r = 0.5$), serum concentration of urea ($r = 0.7$), ketone bodies ($r = 0.7$), malondialdehyde ($r = 0.7$), diene conjugates ($r = 0.7$), ceruloplasmin ($r = 0.6$), superoxide dismutase activity ($r = -0.5$), catalase ($r = -0.7$), glutathione peroxidase ($r = -0.6$). In the body of cats with cardiorenal syndrome, there is an activation of the sympathoadrenal system, myocardial remodeling processes in the form of concentric hypertrophy, oxidative stress and damage to the cell membranes of cardiomyocytes and other cells of the body, while there is an increase in the mass and number of cardiomyocytes, a violation of the diastolic function of the myocardium, a syndrome of damage to the cell membranes of cardiac cells occurs, progressive prerenal azotemia develops against the background of chronic decompensation of the circulatory organs. Changes in the correlative pathogenetic relationships between clinical and laboratory parameters in cats with cardiorenal syndrome can be considered as predictors of a more malignant course of the pathological process.

Key words: cardiorenal syndrome, pathogenesis, correlation, cats, hypertrophic cardiomyopathy

For citation: Vatnikov Yu.A., Byakhova V.M., Petrukhnina O.A., Notina E.A., Krotova E.A., Semenova V.I. Pathogenetic factors of occurrence and progression of cardiorenal syndrome in cats. *Agrarian science*. 2025; 394(05): 56–62 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-394-05-56-62>

Введение/Introduction

Хроническая недостаточность органов кровообращения и мочеотделения остается актуальной проблемой в ветеринарии и медицине человека в связи с их широкой распространенностью, чрезвычайно тяжелым течением, высокой вероятностью фатальных осложнений [1–4]. Ежегодно на территории Российской Федерации регистрируют огромное количество случаев заболеваний у кошек, сопровождающихся сердечной недостаточностью и (или) хронической болезнью почек [5, 6].

Следует отметить, что реальная заболеваемость животных кардиомиопатиями и хронической болезнью почек может быть гораздо выше в связи с феноменом внезапной смерти [7–10]. Развитие стойкого нарушения функций почек на фоне первичной недостаточности органов кровообращения в ветеринарии и медицине характеризуют как развитие кардиоренального синдрома [1, 4]. При этом как множество аспектов патогенеза, так саногенетические характеристики при кардиоренальном синдроме у домашних кошек, нивелирование которых позволит улучшить параметры эффективности терапевтических мероприятий и существенно снизить частоту госпитализации.

Цель данной работы — установить патогенетические коррелятивные связи между клиническими, лабораторными и инструментальными показателями у больных кардиоренальным синдромом кошек, связанных с осложнением в виде преренальной азотемии.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Клинико-инструментальные и лабораторные исследования проведены на протяжении 2023–2025 гг. в ветеринарном центре «Эпиона» (г. Москва). Объектом исследования были кошки, больные кардиоренальным синдромом, который возник на фоне первичной кардиомиопатии (гипертрофический фенотип), по мере поступления их в ветеринарный центр. Подбор больных кошек осуществляли, применяя комплексную методологию, с использованием четко обозначенных критериев включения и исключения.

Критерий включения больных кардиоренальным синдромом кошек в исследование — наличие клинико-лабораторных, эхокардиографических, рентгенографических признаков концентрической гипертрофии миокарда левого желудочка или дилатации левого предсердия, а также наличие коморбидности в виде стойкой гиперкреатининемии (более 200 мкмоль/л). Критерии исключения — другие разновидности кардиомиопатий, паразитарные, инфекционные заболевания (вирусная лейкемия, иммунодефицит кошек,

инфекционный перитонит, гемотропный микоплазмоз), высокая легочная гипертензия, некардиогенный отек легких, неоплазии или патологии респираторного тракта.

Диагностический поиск при гипертрофической осуществляли комплексно с учетом анализа клинико-anamnestических данных, физикальной диагностики, биохимического анализа крови, рентгенографии (EcoRay Orange-1060HF, Южная Корея) и эхокардиографии (Mindray DC-60, Китай) [9]. Физикальное обследование больных кардиоренальным синдромом кошек осуществляли методами осмотра, термометрии, пальпации, перкуссии, аускультации [8, 9]. По критериям включения и исключения в исследование включены 25 кошек, больных кардиоренальным синдромом. Для изучения патогенетических характеристик кардиоренального синдрома у кошек проводили построение матрицы интеркорреляций клинико-лабораторных и инструментальных показателей [12].

Биохимические показатели сыворотки крови исследовали на аппарате URIT-880 Vet (Китай) с использованием унифицированных наборов диагностикумов [15–17]. Степень кетонемии оценивали при помощи FreeStyle Optimum Xceed (Abbott Diabetes Care, США); оксидативный стресс — коммерческими наборами Antioxidant Reagents (RANDOX Laboratories Ltd, Соединённое Королевство) на спектрофотометре (UNICO-WFT2100, United products & instruments, США) [16–18].

Статистическую обработку данных проводили с помощью Statistica 7.0 по методологии Шапиро — Уилка (оценка нормальности распределения) и тесту Спирмена (корреляционный анализ непараметрических данных) [19, 20]. Наличие корреляций определяли в непараметрической статистике, а статистическую значимость идентифицировали достаточной при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Корреляционный анализ, проведенный по методу Спирмена, позволил построить матрицу клинических параметров у кошек, больных кардиоренальным синдромом, в зависимости от степени креатининемии (табл. 1).

Из представленных данных (табл. 1) можно констатировать тот факт, что у кошек, больных кардиоренальным синдромом, показатель сывороточной концентрации креатинина статистически значимо отрицательно коррелировал с температурой тела ($r = -0,7$; $p \leq 0,05$). При этом положительная корреляция отмечена между уровнем креатининемии и частотой пульса ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$), частотой дыхания ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), частотой дыхания во сне ($r = 0,6$; $p \leq 0,05$), САД ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$), ДАД ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$), СрАД ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$).

Температура тела у кошек, больных кардиоренальным синдромом, отрицательно коррелировала с частотой пульса ($r = -0,5$; $p \leq 0,05$), дыхания ($r = -0,8$; $p \leq 0,05$), дыхания во сне ($r = -0,7$;

Таблица 1. Матрица корреляций Спирмена (r) общеклинических показателей у кошек при кардиоренальном синдроме в зависимости от степени гиперкреатинемии

Table 1. Spearman correlation matrix (r) of general clinical parameters in cats with cardiorenal syndrome depending on the degree of hypercreatinemia

Параметр	температура	Пульс	Дыхание	Дыхание _{сон}	САД	ДАД	СрАД	Креатинин
Температура	1,0	-0,5*	-0,8	-0,7*	-0,4*	-0,4*	-0,4*	-0,7*
Пульс	-0,5*	1,0	0,5*	0,4*	0,4*	0,3*	0,4*	0,4*
Дыхание	-0,8*	0,5*	1,0	0,8*	0,5*	0,5*	0,5*	0,7*
Дыхание _{сон}	-0,7*	0,5*	0,8*	1,0	0,4*	0,5*	0,5*	0,6*
САД	-0,4*	0,4*	0,5*	0,4*	1,0	0,8*	0,9*	0,3*
ДАД	-0,4*	0,3*	0,5*	0,5*	0,8*	1,0	0,9*	0,3*
СрАД	-0,4*	0,4*	0,5*	0,5*	0,9*	0,9*	1,0	0,3*
Креатинин	-0,7*	0,4*	0,7*	0,6*	0,3*	0,3*	0,3*	1,0

Примечание: * уровень статистической значимости коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$), дыхание_{сон} — частота дыхания во сне; САД — систолическое давление крови, ДАД — диастолическое давление крови, СрАД — среднее давление крови.

$p \leq 0,05$), САД ($r = -0,3$; $p \leq 0,05$), ДАД ($r = -0,3$; $p \leq 0,05$), СрАД ($r = -0,3$; $p \leq 0,05$). Частота пульса положительно коррелировала с частотой дыхания ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), дыхания во сне ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$), САД ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$), ДАД ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$), СрАД ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$).

В механизмах развития и прогрессирования кардиоренальных осложнений у кошек происходит снижение перфузии почек на фоне нарушения системного кровообращения, что обуславливает развитие преренальной азотемии [4, 13, 20]. Очевидно, что активизация симпатoadренальной системы обеспечивает стимуляцию функции дыхания, частоты сердцебиений и уровня артериального давления и является важнейшим звеном адаптационно-компенсаторных реакций на начальных стадиях болезни, однако при истощении физиологических возможностей превращается в важнейший патогенетический фактор прогрессирования кардиоренального синдрома у кошек. Клинически важным является раннее выявление гипотермии, которая является неблагоприятным фактором прогрессирования кардиоренального континуума у домашних кошек.

В дальнейшем был осуществлен анализ матрицы коэффициентов корреляций электрокардиографических показателей кошек при кардиоренальном синдроме в зависимости от степени гиперкреатинемии (табл. 2).

Установлено, что в организме животных (табл. 2) в рамках патогенеза развития и прогрессирования кардиоренального синдрома формируются статистически значимые множественные связи между

основными электрокардиографическими детерминантами. Так, верифицирована положительная корреляционная связь между показателем сывороточной концентрации креатинина и продолжительностью комплекса QRS ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), интервала QT ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$), вольтажом зубца P ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$) и R во втором стандартном отведении ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$).

У больных кардиоренальным синдромом кошек констатируется наличие статистически значимых коррелятивных связей между продолжительностью PQ и вольтажом PII ($r = -0,3$; $p \leq 0,05$), продолжительностью QRS и вольтажом RII ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$), продолжительностью QT и вольтажом зубца P ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$) и R во втором стандартном отведении ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$).

При кардиоренальном синдроме у домашних кошек формируется ремоделирование миокарда в виде концентрической гипертрофии, при этом происходит увеличение массы и количества кардиомиоцитов, которые суммарно генерируют больший вектор электродвижущей силы, что и приводит к повышению вольтажа зубцов R и продолжительности желудочкового комплекса. Изменения продолжительности атриовентрикулярной проводимости и электрической систолы, по мнению авторов, происходят на фоне повышения активности симпатoadренальной системы и вторичного изменения уровня метаболизма в кардиомиоцитах.

Результаты корреляционного анализа Спирмена эхокардиографических параметров у больных кардиоренальным синдромом в зависимости от

Таблица 2. Матрица корреляций Спирмена (r) электрокардиографических показателей у кошек при кардиоренальном синдроме в зависимости от степени гиперкреатинемии

Table 2. Spearman correlation matrix (r) of electrocardiographic parameters in cats with cardiorenal syndrome depending on the degree of hypercreatinemia

Параметр	Продолжительность, P	Продолжительность, PQ	Продолжительность, QRS	Продолжительность, QT	Вольтаж, PII	Вольтаж, RII	Вольтаж, TII	Вольтаж, ST	Креатинин
Продолжительность, P	1,0	-0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	-0,1	0,2
Продолжительность, PQ	-0,1	1,0	0,1	-0,2	-0,3*	0	0,1	0,1	-0,3*
Продолжительность, QRS	0,1	0,1	1,0	0,1	0,2	0,4*	0,2	-0,1	0,5*
Продолжительность, QT	0,1	-0,2	0,1	1,0	0,3*	0,3*	0	-0,2	0,3*
Вольтаж, PII	0	-0,3*	0,2	0,3*	1,0	0,4*	0,1	0	0,3*
Вольтаж, RII	0,1	0	0,4*	0,3*	0,4*	1,0	0,1	0	0,4*
Вольтаж, TII	0	0,1	0,2	0	0,1	0,1	1,0	0	0,1
Вольтаж, ST	-0,1	0,1	-0,1	-0,2	0	0	0	1,0	0
Креатинин	0,2	-0,3*	0,5*	0,3*	0,3*	0,4*	0,1	0	1,0

Примечание: * уровень статистической значимости коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$).

концентрации в сыворотке крови креатинина приведены в таблице 3.

Установлено, что у кошек, больных кардиоренальным синдромом (табл. 3), формируются множественные статистически значимые корреляционные патогенетические связи между уровнем креатининемии и эхокардиографическими параметрами, а именно: размером ЛП ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), толщиной МЖПд ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), толщиной СЛЖд ($r = 0,6$; $p \leq 0,05$), КДР ($r = -0,6$; $p \leq 0,05$), КСР ($r = -0,5$; $p \leq 0,05$).

Таким образом, прогрессирование азотемии у больных кардиоренальным синдромом кошек негативно влияет на структурно-функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы: у животных прогрессируют дилатация левого предсердия и степень концентрической гипертрофии миокарда левого желудочка, что негативно сказывается на параметрах его податливости и наполнения в фазу диастолы.

Был установлен ряд других важных корреляционных связей: ЛВ с ПВЛА (отрицательная; $r = -0,3$; $p \leq 0,05$), ЛП (положительная; $r = -0,6$; $p \leq 0,05$), МЖПд (положительная; $r = -0,6$; $p \leq 0,05$), СЛЖд (положительная; $r = -0,6$; $p \leq 0,05$), КДР (отрицательная; $r = -0,5$; $p \leq 0,05$), КСР (отрицательная; $r = -0,5$; $p \leq 0,05$); ЛП с МЖПд (положительная; $r = -0,7$; $p \leq 0,05$), СЛЖд (положительная; $r = -0,7$; $p \leq 0,05$), КДР (отрицательная; $r = -0,6$; $p \leq 0,05$), КСР (отрицательная; $r = -0,4$; $p \leq 0,05$); МЖПд и СЛЖд (положительная; $r = -0,9$; $p \leq 0,05$), КДР и КСР (положительная; $r = 0,6$; $p \leq 0,05$).

Застойные явления в легочной вене ассоциируются с ухудшением притока крови в легочную артерию, что можно объяснить тенденцией к развитию прекапиллярной легочной гипертензии. Гипертрофия стенок сердца при кардиоренальном синдроме у кошек происходит симметрично со стороны межжелудочковой перегородки и свободной стенки левого желудочка. Степень дилатации левого предсердия связана с величиной концентрической гипертрофии левого желудочка и ассоциирована с его контрактильными и диастолическими характеристиками.

В результате корреляционного анализа Спирмена (табл. 4) установлены патогенетические связи между показателем креатининемии у больных кошек и сывороточной активностью АЛТ ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), ЛДГ ($r = 0,6$; $p \leq 0,05$), АСТ ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), КФК ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), сердечного тропонина ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), мочевины ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$) и кетоновыми телами ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$).

Были идентифицированы множественные статистически значимые корреляционные связи между биохимическими параметрами сыворотки крови у больных кошек: АЛТ и ЛДГ ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$), АСТ ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), КФК ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$); тропонином ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), мочевиной ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), кетоновыми телами ($r = 0,3$; $p \leq 0,05$); тропонином и КФК ($r = 0,5$; $p \leq 0,05$), мочевиной ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), кетоновыми телами ($r = 0,4$; $p \leq 0,05$).

Таблица 3. Матрица корреляций Спирмена (r) эхокардиографических показателей у кошек при кардиоренальном синдроме в зависимости от степени гиперкреатинемии

Table 3. Spearman correlation matrix (r) of echocardiographic parameters in cats with cardiorenal syndrome depending on the degree of hypercreatinemia

Параметр	ЛВ	ПВЛА	ЛП	Ао	МЖПд	СЛЖд	КДР	КСР	Креатинин
ЛВ	1,0	-0,3*	0,6*	0,1	0,6*	0,6*	-0,5*	-0,5*	0,5*
ПВЛА	-0,3*	1,0	-0,2	0,1	-0,2	-0,2	0,1	0,2	-0,2
ЛП	0,6*	-0,2	1,0	0,1	0,7*	0,7*	-0,6*	-0,4*	0,7*
Ао	0,1	0,1	0,1	1,0	0	0	0	0	0
МЖПд	0,6*	-0,2	0,7*	0	1,0	0,9*	-0,7*	-0,5*	0,7*
СЛЖд	0,6*	-0,2	0,7*	0	0,9*	1,0	-0,6*	-0,5*	0,6*
КДР	-0,5*	0,1	-0,6*	0	-0,7*	-0,6*	1,0	0,6*	-0,6*
КСР	-0,5*	0,2	-0,4*	0	-0,5*	-0,5*	0,6*	1,0	-0,5*
Креатинин	0,5*	-0,2	0,7*	0	0,7*	0,6*	-0,6*	-0,5*	1,0

Примечание: * уровень статистической значимости коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$), ЛВ — диаметр легочной вены, ПВЛА — диаметр легочной артерии (правая ветвь), ЛП — размер левого предсердия, Ао — диаметр аорты, МЖПд — диастолический размер межжелудочковой перегородки, СЛЖд — диастолический размер стенки, КДР — конечно-диастолический размер, КСР — конечно-систолический размер левого желудочка.

Таблица 4. Матрица корреляций Спирмена (r) биохимических показателей сыворотки крови у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 4. Spearman correlation matrix (r) of serum biochemical parameters in cats with cardiorenal syndrome

Параметр	АЛТ	ЛДГ	АСТ	КФК	Тропонин	Мочевина	Креатинин	Кетоновые тела	Альбумин
АЛТ	1,0	0,4*	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*	0,3*	0
ЛДГ	0,4*	1,0	0,6*	0,7*	0,6*	0,6*	0,6*	0,4*	-0,2
АСТ	0,5*	0,6*	1,0	0,7*	0,6*	0,7*	0,7*	0,5*	-0,2
КФК	0,5*	0,7*	0,7*	1,0	0,5*	0,7*	0,7*	0,6*	-0,2
Тропонин	0,5*	0,6*	0,6*	0,5*	1,0	0,6*	0,5*	0,4*	-0,1
Мочевина	0,5*	0,6*	0,7*	0,7*	0,6*	1,0	0,7*	0,6*	-0,3*
Креатинин	0,5*	0,6*	0,7*	0,7*	0,5*	0,7*	1,0	0,7*	-0,2
Кетоновые тела	0,3*	0,4*	0,5*	0,6*	0,4*	0,6*	0,7*	1,0	-0,3*
Альбумин	0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,3*	-0,2	-0,3*	1,0

Примечание: * уровень статистической значимости коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$), АЛТ — аланиновая аминотрансфераза, ЛДГ — лактатдегидрогеназа, АСТ — аспарагиновая аминотрансфераза, КФК — креатинфосфокиназа.

Тенденцию к гипоальбуминемии, кетонемии у кошек, больных кардиоренальным синдромом, можно объяснить формированием вторичных метаболических нарушений на фоне выраженного эндотоксикоза. Повышение сывороточной активности АСТ, КФК, ЛДГ и концентрации тропонина связано с синдромом повреждения клеточных мембран сердечных клеток, концентрации креатинина — с развитием преренальной азотемии на фоне хронической декомпенсации органов кровообращения.

Матричным корреляционным анализом по методологии Спирмена (табл. 5) установлены патогенетические связи между биохимическими показателями состояния перекисного окисления жиров и антиоксидантной системы у кошек, больных кардиоренальным синдромом.

Установлены статистически значимые связи между показателями сывроточной концентрации креатинина и малонового диальдегида ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), диеновых конъюгатов ($r = 0,7$; $p \leq 0,05$), церулоплазмينا ($r = 0,6$; $p \leq 0,05$), активностью супероксиддисмутазы ($r = -0,5$; $p \leq 0,05$), каталазы ($r = -0,7$; $p \leq 0,05$), глутатионпероксидазы ($r = -0,6$; $p \leq 0,05$).

Концентрация малонового диальдегида в сыворотке крови у кошек при кардиоренальном синдроме достоверно коррелировала с концентрацией церулоплазмينا, диеновых конъюгатов, активностью супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы; концентрация церулоплазмينا — с концентрацией диеновых конъюгатов, с активностью супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы; сывороточная активность супероксиддисмутазы — с активностью глутатионпероксидазы и концентрацией диеновых конъюгатов.

Очевидно, что процессы окислительного стресса, связанные с избыточным синтезом активных форм кислорода при одновременном снижении функционального состояния системы антиоксидантной защиты, играют важную роль в патофизиологии сердечного ремоделирования, хронической сердечной недостаточности и кардиоренального синдрома у домашних кошек.

Указанные выше изменения инициируют каскад тонких изменений во внутриклеточных метаболических путях, окислительно-восстановительном потенциале органелл и вызывают клеточную дисфункцию и повреждение клеточных мембран кардиомиоцитов, нефроцитов и других клеток организма больных животных.

Выводы/Conclusions

В организме кошек, больных кардиоренальным синдромом, формируются стойкие интеркоррелятивные связи между показателем сывороточной концентрации креатинина и частотой пульса, дыхания, систолическим, диастолическим, средним артериальным давлением, продолжительностью желудочкового комплекса на электрокардиограммах, интервала QT, вольтажом предсердного и желудочкового зубца во втором стандартном отведении, размером

Таблица 5. Матрица корреляций Спирмена (r) показателей сыворотки крови, характеризующих процессы перекисного окисления липидов и состояние системы антиоксидантной защиты, у кошек при кардиоренальном синдроме

Table 5. Spearman correlation matrix (r) of blood serum parameters characterizing lipid peroxidation processes and the state of the antioxidant defense system in cats with cardiorenal syndrome

Параметр	Креатинин	Малоновый диальдегид	Церулоплазмин	Супероксиддисмутаза	Каталаза	Глутатионредуктаза	Глутатионпероксидаза	Диеновые конъюгаты
Креатинин	1,0	0,7*	0,6*	-0,5*	-0,7*	0,1	-0,6*	0,7*
Малоновый диальдегид	0,7*	1,0	0,6*	-0,6*	-0,8*	0,1	-0,6*	0,7*
Церулоплазмин	0,6*	0,6*	1,0	-0,3*	-0,6*	0,2	-0,5*	0,5*
Супероксиддисмутаза	-0,5*	-0,6*	-0,3*	1,0	0,6*	0	0,4*	-0,5*
Каталаза	-0,7*	-0,8*	-0,6*	0,6*	1,0	-0,1	0,7*	-0,8*
Глутатионредуктаза	0,1	0,1	0,2	0	-0,1	1,0	-0,1	0,2
Глутатионпероксидаза	-0,6*	-0,6*	-0,5*	0,4*	0,7*	-0,1	1,0	-0,6*
Диеновые конъюгаты	0,7*	0,7*	0,5*	-0,5*	-0,8*	0,2	-0,6*	1,0

Примечание: * уровень статистической значимости коэффициента корреляции Спирмена ($p \leq 0,05$).

левого предсердия на эхокардиограммах, толщиной межжелудочковой перегородки в диастолу, толщиной свободной стенки левого желудочка в диастолу, конечно-диастолическим и конечно-систолическим размером камеры левого желудочка, сывороточной активностью аланиновой аминотрансферазы, лактатдегидрогеназы, аспарагиновой аминотрансферазы, креатининфосфокиназы, концентрацией в сыворотке крови сердечного тропонина, мочевины, кетоновых тел, малонового диальдегида, диеновых конъюгатов, церулоплазмينا, сывороточной активностью супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы, что свидетельствует об активизации симпатoadреналовой системы, процессов ремоделирования миокарда, окислительного стресса, диастолической дисфункции миокарда, возникает синдром цитолиза кардиомиоцитов и нефроцитов.

Изменение коррелятивных связей может свидетельствовать об истощении адаптационно-компенсаторных реакций в организме у кошек при кардиоренальном синдроме.

Параметры сыворотки крови, характеризующие процессы перекисного окисления липидов и состояние системы антиоксидантной защиты, можно использовать как предикторы тяжести патологического процесса и формирования кардиоренальных осложнений у домашних кошек.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов:

Ю.А. Ватников — концептуализация и проектирование исследования. Анализ и обобщение данных

В.М. Бяхова — сбор экспериментальных данных, проведение физического обследования животных

О.А. Петрухина — сбор данных. Анализ и обобщение первичных экспериментальных данных

Е.А. Нотина — статистический анализ данных, анализ и перевод зарубежной литературы

Е.А. Кротова — составление черновика рукописи, регистрация электрокардиограмм и эхокардиограмм

В.И. Семёнова — проведение лабораторных методов исследования, сбор экспериментальных данных

All authors bear responsibility for the work and presented data.

The authors declare no conflict of interest

Contribution of the participants

Yu.A. Vatinikov — Conceptualization and design of research. Data analysis and generalization

V.M. Byakhova — Experimental data collection, physical examination of animals

O.A. Petrukhnina — Data collection. Analysis and generalization of primary experimental data

E.A. Notina — Statistical data analysis, analysis and translation of foreign literature

E.A. Krotova — Drafting of the manuscript, registration of electrocardiograms and echocardiograms

V.I. Semenova Conducting laboratory research methods, collecting experimental data

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 00090-26-24.

<https://rscf.ru/project/24-26-00090/>

FUNDING

The study was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 24-26-00090.

<https://rscf.ru/project/24-26-00090/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдошина С.В., Ефремовцева М.А., Виллевалде С.В., Кобалава Ж.Д. Острый кардиоренальный синдром: эпидемиология, патогенез, диагностика и лечение. *Клиническая фармакология и терапия*. 2013; 22(4): 11–17. <https://elibrary.ru/rdxryp>
2. Ватников Ю.А. и др. 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>
3. Kumar U., Wettersten N., Garimella P.S. Cardiorenal Syndrome: Pathophysiology. *Cardiology Clinics*. 2019; 37(3): 251–265. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2019.04.001>
4. Ефремова Е.В., Шутов А.М., Подусов А.С., Трошина И.Ю., Сакаева Э.Р. Оценка коморбидности у больных с хроническим кардиоренальным синдромом. *Нефрология*. 2019; 23(S1): 26–27. <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2019-23-5-18-43>
5. 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, зоотехника и биотехнология*. 2017; (5): 25–31. <https://elibrary.ru/ytvint>
6. 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>
7. Kittleson M.D., Côté E. The Feline Cardiomyopathies: 2. Hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2021; 23(11): 1028–1051. <https://doi.org/10.1177/1098612X211020162>
8. Schober K.E. et al. Effects of pimobendan in cats with hypertrophic cardiomyopathy and recent congestive heart failure: Results of a prospective, double-blind, randomized, nonpivotal, exploratory field study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2021; 35(2): 789–800. <https://doi.org/10.1111/jvim.16054>
9. Tang P.-K. et al. Dietary magnesium supplementation in cats with chronic kidney disease: A prospective double-blind randomized controlled trial. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(4): 2180–2195. <https://doi.org/10.1111/jvim.17134>
10. Quimby J.M. et al. Assessment of the effect of gabapentin on blood pressure in cats with and without chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2024; 26(5): 1098612X241240326. <https://doi.org/10.1177/1098612X241240326>
11. 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

REFERENCES

1. Avdoshina S.V., Efremovtseva M.A., Villevalde S.V., Kobalava Zh.D. Acute cardiorenal syndrome: epidemiology, pathogenesis, diagnosis and treatment. *Clinical pharmacology and therapy*. 2013; 22(4): 11–17 (in Russian). <https://elibrary.ru/rdxryp>
2. Vatinikov Yu.A. et al. Features of the development of hepatocardial syndrome in dogs with dilated cardiomyopathy. *Veterinary medicine*. 2022; (10): 52–57 (in Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.10.52-57>
3. Kumar U., Wettersten N., Garimella P.S. Cardiorenal Syndrome: Pathophysiology. *Cardiology Clinics*. 2019; 37(3): 251–265. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2019.04.001>
4. Efremova E.V., Shutov A.M., Podusov A.S., Troshina I.Yu., Sakaeva E.R. Assessment of comorbidity in patients with chronic cardiorenal syndrome. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2019; 23(S1): 26–27 (in Russian). <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2019-23-5-18-43>
5. Inatullaeva L.B., Vatinikov 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 (in Russian). <https://elibrary.ru/ytvint>
6. 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 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2022.1.44>
7. Kittleson M.D., Côté E. The Feline Cardiomyopathies: 2. Hypertrophic cardiomyopathy. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2021; 23(11): 1028–1051. <https://doi.org/10.1177/1098612X211020162>
8. Schober K.E. et al. Effects of pimobendan in cats with hypertrophic cardiomyopathy and recent congestive heart failure: Results of a prospective, double-blind, randomized, nonpivotal, exploratory field study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2021; 35(2): 789–800. <https://doi.org/10.1111/jvim.16054>
9. Tang P.-K. et al. Dietary magnesium supplementation in cats with chronic kidney disease: A prospective double-blind randomized controlled trial. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(4): 2180–2195. <https://doi.org/10.1111/jvim.17134>
10. Quimby J.M. et al. Assessment of the effect of gabapentin on blood pressure in cats with and without chronic kidney disease. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2024; 26(5): 1098612X241240326. <https://doi.org/10.1177/1098612X241240326>
11. 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 (in Russian). https://doi.org/10.32416/article_5bd1c1f917fda5.38468318

12. Карамян А.С., Куприна Э.А., Луцай В.И., Кузнецов В.И., Семёнова В.И. Патогенетические факторы, ассоциирующиеся с формированием острого абдоминального болевого синдрома собак при гастроэнтерите. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2023; 18(3): 418–427. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-3-418-427>
13. Руденко Т.Е., Кутырина И.М., Швецов М.Ю., Шилов Е.М., Новикова М.С. Терапевтические стратегии лечения кардиоренального синдрома. *Лечащий врач*. 2012; (1): 71. <https://elibrary.ru/sdbttj>
14. 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>
15. Reynolds B.S., Boudet K.G., Germain C.A., Braun J.-P.D., Lefebvre H.P. Determination of reference intervals for plasma biochemical values in clinically normal adult domestic shorthair cats by use of a dry-slide biochemical analyzer. *American Journal of Veterinary Research*. 2008; 69(4): 471–477. <https://doi.org/10.2460/ajvr.69.4.471>
16. Reynolds B.S., Concordet D., Germain C.A., Daste T., Boudet K.G., Lefebvre H.P. Breed Dependency of Reference Intervals for Plasma Biochemical Values in Cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2010; 24(4): 809–818. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0541.x>
17. Irvine K.L., Burt K., Papasouliotis K. Evaluation of an in-practice wet-chemistry analyzer using canine and feline serum samples. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2016; 28(1): 38–45. <https://doi.org/10.1177/1040638715618990>
18. Chen H., Segev G. Evaluation of oxidative stress in dogs and cats with chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(6): 3105–3110. <https://doi.org/10.1111/jvim.17230>
19. Eden S.K., Li C., Shepherd B.E. Nonparametric Estimation of Spearman's Rank Correlation with Bivariate Survival Data. *Biometrics*. 2022; 78(2): 421–434. <https://doi.org/10.1111/biom.13453>
20. Schober P., Boer C., Schwarte L.A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*. 2018; 126(5): 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>

ОБ АВТОРАХ

Юрий Анатольевич Ватников

доктор ветеринарных наук, профессор,
директор департамента ветеринарной медицины
vatnikov_yu@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0036-3402>

Варвара Михайловна Бяхова

кандидат ветеринарных наук, доцент
департамента ветеринарной медицины
byakhova-vm@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6041-2144>

Олеся Анатольевна Петрухина

кандидат ветеринарных наук, ассистент
Petrukhina-oa@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9102-2891>

Елена Александровна Нотина

кандидат филологических наук,
доцент, заведующая кафедрой иностранных языков
notina-ea@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1283-8834>
SPIN-код: 5031-6764

Елена Александровна Кротова

кандидат ветеринарных наук, доцент
департамента ветеринарной медицины
krotova-ea@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1771-6091>

Валентина Ивановна Семёнова

кандидат ветеринарных наук, доцент
департамента ветеринарной медицины
semenova-vi@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1610-1637>

Российский университет дружбы
народов им. Патриса Лумумбы,
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Россия

12. Karamyan A.S., Kuprina E.A., Lutsay V.I., Kuznetsov V.I., Semenova V.I. Pathogenetic factors associated with formation of acute abdominal pain syndrome in dogs with gastroenteritis. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(3): 418–427 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-3-418-427>

13. Rudenko T.E., Kutyryna I.M., Shvetsov M.Yu., Shilov E.M., Novikova M.S. Therapeutic strategies for the treatment of cardiorenal syndrome. *Lechaschi Vrach*. 2012; (1): 71 (in Russian). <https://elibrary.ru/sdbttj>

14. 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 (in Russian). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2023-18-2-264-272>

15. Reynolds B.S., Boudet K.G., Germain C.A., Braun J.-P.D., Lefebvre H.P. Determination of reference intervals for plasma biochemical values in clinically normal adult domestic shorthair cats by use of a dry-slide biochemical analyzer. *American Journal of Veterinary Research*. 2008; 69(4): 471–477. <https://doi.org/10.2460/ajvr.69.4.471>

16. Reynolds B.S., Concordet D., Germain C.A., Daste T., Boudet K.G., Lefebvre H.P. Breed Dependency of Reference Intervals for Plasma Biochemical Values in Cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2010; 24(4): 809–818. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0541.x>

17. Irvine K.L., Burt K., Papasouliotis K. Evaluation of an in-practice wet-chemistry analyzer using canine and feline serum samples. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2016; 28(1): 38–45. <https://doi.org/10.1177/1040638715618990>

18. Chen H., Segev G. Evaluation of oxidative stress in dogs and cats with chronic kidney disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38(6): 3105–3110. <https://doi.org/10.1111/jvim.17230>

19. Eden S.K., Li C., Shepherd B.E. Nonparametric Estimation of Spearman's Rank Correlation with Bivariate Survival Data. *Biometrics*. 2022; 78(2): 421–434. <https://doi.org/10.1111/biom.13453>

20. Schober P., Boer C., Schwarte L.A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*. 2018; 126(5): 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>

ABOUT THE AUTHORS

Yuri Anatolyevich Vatnikov

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Director of the Department of Veterinary Medicine
vatnikov_yu@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0036-3402>

Varvara Mikhailovna Byakhova

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
of the Department of Veterinary Medicine
byakhova-vm@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6041-2144>

Olesya Anatolyevna Petrukhina

Candidate of Veterinary Sciences, Assistant
Petrukhina-oa@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9102-2891>

Elena Alexandrovna Notina

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Head
of the Department of Foreign Languages
notina-ea@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1283-8834>
SPIN-код: 5031-6764

Elena Alexandrovna Krotova

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
of the Department of Veterinary Medicine
krotova-ea@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1771-6091>

Valentina Ivanovna Semenova

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
of the Department of Veterinary Medicine
semenova-vi@rudn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1610-1637>

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University
of Russia,
6 Miklukho-Maklay Str., Moscow, 117198, Russia