

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ И ИММУНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ



Научная статья

УДК 578

<https://doi.org/10.23947/2949-4826-2023-22-3-25-31>

Коронавирусная инфекция кошек: геномика и эпизоотология

Е.В. Ткачева , М.Ю. Вакуленко , И.В. Попов , А.М. Ермаков

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ dremusrnd@yandex.ru

Аннотация

Введение. Вопрос распространения коронавирусной инфекции среди кошек по-прежнему стоит остро. Особая опасность заражения животных заключается в возможных мутациях вируса, бессимптомном течении данного заболевания, широком распространении вирусносительства среди кошек и развитии у некоторых особей вирусного перитонита, который часто становится причиной смерти животных. Целью работы явилось изучение взаимосвязи условий содержания и распространенности коронавирусной инфекции в популяциях кошек разных стран, а также возможности развития у данного вида животных вирусного перитонита.

Материалы и методы. Был проведен анализ русскоязычных и иностранных источников, опубликованных до марта 2023 г. На примере исследований ученых из Нидерландов, Кореи, Германии, Тайваня, Австралии, Швеции, Чехии, Малайзии и Турции была изучена взаимосвязь условий содержания кошек и распространенности коронавирусной инфекции в их популяциях, а также дана краткая характеристика болезни.

Результаты исследования. На основе результатов анализа нескольких эпизоотологических исследований сделали вывод, что процент домашних кошек, зараженных коронавирусной инфекцией, достигает 80 %, а один из самых высоких показателей зафиксирован в Германии: 76,5 % (95 % ДИ: 69,8 %; 82,2 %) и 84 % (95 % ДИ: 73,3 %; 94,9 %) соответственно. При групповом содержании, а также у бездомных кошек распространенность коронавирусной инфекции значительно выше, чем у животных, которые содержатся изолированно.

Обсуждение и заключение. Изучение распространения FCoV в различных популяциях кошек позволило выявить прямую связь с условиями содержания. Показана необходимость контроля и ограничения количества животных, которые находятся вместе, а также соблюдения всех норм содержания и карантинирования, чем владельцы кошек могут способствовать пресечению передачи возбудителей инфекционных заболеваний.

Ключевые слова: кошки, коронавирус, коронавирусная инфекция кошек, вирусный перитонит кошек

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям, договор №17756ГУ/2022 от 13.05.2022.

Для цитирования. Ткачева Е.В., Вакуленко М.Ю., Попов И.В., Ермаков. А.М. Коронавирусная инфекция кошек: геномика и эпизоотология. *Ветеринарная патология*. 2023;22(3):25–31.

<https://doi.org/10.23947/2949-826-2023-22-3-25-31>

Original article

Feline Coronavirus Infection: Genomics and Epizootology

Elizaveta V. Tkacheva , Maya Yu. Vakulenko , Igor V. Popov , Alexey M. Ermakov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ dremusrnd@yandex.ru

Abstract

Introduction. The issue of coronavirus infection prevalence in cats is still acute. Particular danger of infecting the animals lies in possible mutations of the virus, the asymptomatic course of the disease, high prevalence of the virus carriage in cats and development of the viral peritonitis in some of the specimens often causing the death of animals. The aim of this work is to study the relation between the keeping conditions and the coronavirus infection prevalence in cat populations in different countries, as well as the possibility of the viral peritonitis development in this species of animal.

Materials and Methods. The analysis of the Russian and foreign sources published before March 2023 was carried out. Based on the research made by the scientists from the Netherlands, Korea, Germany, Taiwan, Australia, Sweden, Czech Republic, Malaysia and Turkey, the relation between the cat keeping conditions and the coronavirus infection prevalence in their populations was studied and the brief characteristics of the disease was given.

Results. Based on the analysis of the several epizootological study results, it was concluded that the rate of companion cats infection with the coronavirus reached 80 %, and one of the highest rates was recorded in Germany: 76.5 % (Confidence Interval (CI) 95 %: 69.8 %; 82.2 %) and 84 % (CI 95 %: 73.3 %; 94.9 %), respectively. Coronavirus infection prevalence in cats kept in groups, as well as in stray cats was significantly higher than in animals kept in isolation.

Discussion and Conclusions. Studying the FCoV prevalence in various cat populations revealed its direct dependence from the keeping conditions. The need to control and limit the number of animals that are kept together, as well as to comply with all the keeping and quarantine standards, is shown, and could become the way for the cat owners to suppress the infectious disease agents transmission.

Keywords: cats, coronavirus, feline coronavirus infection, feline viral peritonitis

Funding. The work was carried out with the financial support of the Foundation for the Promotion of Innovation, Contract No. 7756ГУ/2022 of 13/05/2022.

For citation. Tkacheva EV, Vakulenko MYu, Popov IV, Ermakov AM. Feline Coronavirus Infection: Genomics and Epizootology. *Veterinary Pathology*. 2023;22(3):25–31. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2023-22-3-25-31>

Введение. Коронавирусные инфекционные заболевания широко распространены как среди домашних кошек, так и среди особей, содержащихся в крупных питомниках. Особая опасность заключается в том, что болезнь длительное время может протекать бессимптомно и способствовать распространению вируса. Данное заболевание всегда возникает из-за немутировавшего биотипа вирусного агента. Однако у небольшого процента кошек (у 7–14 % в среде с несколькими особями), инфицированных кошачьим коронавирусом (далее FCoV), наблюдается спонтанная мутация. Это приводит к изменению клеточного тропизма, что считается ключевым моментом в патогенезе кошачьего инфекционного перитонита (далее FIP). Немутировавшие и мутировавшие биотипы FCoV из одной и той же среды на >99 % родственны, но при этом различаются по вирулентности [1–5]. Не исключена возможность преодоления межвидового барьера коронавирусом собак и возможности заражения кошек некоторыми штаммами [1, 6]. Цель обзора — изучение взаимосвязи условий содержания и распространенности коронавирусной инфекции в различных популяциях кошек, а также возможности развития у них вирусного перитонита.

Материалы и методы. В данном обзоре собраны сведения из 26 источников. Проанализированы публикации, в том числе и зарубежных коллег, опубликованные до марта 2023 года. Изучено развитие у животных вирусного перитонита, а также взаимосвязь условий содержания кошек и распространенности коронавирусной инфекции в популяциях.

Результаты исследования. Коронавирусы — оболочечные РНК-содержащие вирусы, которые способны заражать различных млекопитающих-хозяев и вызывать энтеральные, респираторные, неврологические, а также системные заболевания. Тяжесть клинических проявлений варьируется от субклинического течения до смертельного исхода [1, 7].

FCoV принадлежит к роду альфакоронавирусов. На основе генетических и антигенных свойств их делят на два серотипа: тип I и тип II [1, 8, 9].

Существуют различные пути заражения кошек коронавирусной инфекцией: алиментарный, воздушно-капельный, через слюну, при взаимном груминге и тесном контакте в целом. Общеизвестна также передача трансплацентарным путем: от матери — к развивающемуся плоду [10, 11]. Часто FCoV поражает верхние дыхательные пути или желудочно-кишечный тракт у раз-

ных животных. 25–40 % домашних кошек заражены FCoV, однако этот процент возрастает до 80–100 % при групповом содержании. Коронавирусные инфекции обнаруживают в фекалиях, но у большинства из данных особей вирус не вызывает никаких симптомов заболевания или наблюдается легкое течение [2, 7, 10, 12].

FCoV разделяют на два биотипа: вирусный энтерит кошек (далее FECV) и FIP. FECV эндемичен в популяциях домашних животных во всем мире и в первую очередь инфицирует энтероциты кишечника. Обычно это влечет за собой легкое течение кишечной формы заболевания либо отсутствие клинических признаков (субклинические инфекции) [1, 13].

У особи, зараженной коронавирусной инфекцией, инкубационный период длится от 2-х до 4-х недель. Особенно подвержены заболеванию котята в период отъема. Симптомы у ослабленных животных проявляются к 3–4-му дню, у детенышей — на 2–7 сутки. Вирусоносительство может сформироваться и без клинических проявлений [14].

При течении средней тяжести быстро развивается энтерит. Заболевание сопряжено с диареей, иногда — с рвотой [14].

Клинический FIP обычно проявляется в одной из двух форм: «влажная» (эффузивная), «сухая» (гранулематозная) либо их комбинация. «Влажная» достаточно распространена и считается классической формой заболевания. Обычно она ассоциируется с быстрым развитием болезни и экссудацией жидкости в полости брюшины или грудной клетки [1, 8].

При «сухой» форме FIP, как правило, отсутствует полостной выпот: вместо этого в различных органах отмечается образование мультифокальных гранул и более сложное развитие заболевания. В результате изначально клинические признаки FIP часто неспецифичны: истощение, хроническая лихорадка. Неврологические симптомы, включая атаксию, судороги, нистагм, гиперестезию и/или дефицит черепных нервов, а также патологии глаз встречаются у некоторых кошек чаще с «сухой» формой FIP. Она отличается серозными и паренхимальными пиогранулемами различного размера в пораженных органах, однако отсутствует экссудация, которая характерна для «влажной» формы. При «сухой» форме гранулематозные поражения могут распространяться с серозных поверхностей в паренхиму и ограничиваться одним органом. Другие часто поражаемые органы при «сухой» форме FIP — брыжеечные

и средостенные лимфатические узлы, печень, сальник, кишечник [1].

Периваскулярные воспалительные поражения содержат скопления макрофагов и меньшее количество нейтрофилов в инфильтратах преимущественно В-лимфоцитов и плазматических клеток, которые распространяются на окружающие ткани с наличием или без наличия васкулита. Нередко у больных животных наблюдается сочетание эффузивной и гранулематозной форм заболевания [1].

Важную роль играет факт возможной мутации возбудителя в организме кошки, так как обнаружение у животного FCoV еще не означает развитие FIP. Последовательно отличить коронавирусный агент, который вызовет FIP, от не приводящего к клиническому проявлению по обнаружению самого вируса в настоящий момент невозможно. У особей с FIP течение вируса может принимать генерализованный характер и вызывать широкий спектр различных признаков из-за того, как он взаимодействует с иммунной системой кошки [10]. Животные могут подвергаться многократным циклам рецидивирующих инфекционных заболеваний.

Мутации, которые приводят к образованию усеченных белков 3 с менее 237 аа или полной потере белка,

были обнаружены в одном из исследований в 39 образцах от 33 кошек. В общем было собрано 183 пробы фекалий животных из приюта. Две делеции и одна инсерция не привели к образованию преждевременных стоп-кодонов. У других генов 3 с, амплифицированных из 37 образцов от 31 кошки, наблюдались мутации, приводящие к преждевременным стоп-кодонам или отсутствию экспрессии белка из-за мутации, затрагивающей стартовый кодон каждой последовательности. Наиболее распространенным типом мутации, вызывающим преждевременный стоп-кодон, был сдвиг рамки считывания в результате делеции или вставки: 18 проб, что составило 48,6 % от 16 кошек. Делеции имели большинство (17 из 18) сдвигов рамки считывания [13].

Для FCoVs в 19 образцах фекалий, полученных из приюта для животных, ни один вирус не нес миссенс-мутации в кодонах 1, 058 и 1, 060 S-гена. Только в одном из них наблюдалась делеция трех последовательных нуклеотидов в гене 3 с, что привело к отсутствию одного аа. У четырех особей одного владельца был обнаружен коронавирус с мутацией M1,058L вместе с усекающими мутациями генов 3 с. FCoVs в остальных десяти пробах не несли мутаций в генах S и 3 с. В выпоте в коронавирусе кошек типа I выявлены мутации в

Таблица 1

Распространённость FCoV среди кошек разных стран

Страна	Количество кошек и условия содержания	Распространённость, % (95 % доверительный интервал)	Метод диагностики	Источник
Австралия	49 (бродячие)	0	сыворотка крови, ELISA	15
	135 (групповое содержание)	44 (35,3 %; 52,1 %)		
	140 (одиночное содержание)	24 (16,5 %; 30,6 %)		
Корея	212 (групповое содержание)	6,6 (3,3 %; 9,9 %)	фекалии, РТ-ПЦР	16
Малайзия	44 (групповое содержание)	84 (73,3 %; 94,9 %)	фекалии, РТ-ПЦР	17
Швеция	129 (<5 особей)	29 (20,9 %; 36,5 %)	сыворотка крови, ИФА	18
Турция	22 (бездомные)	45 (24,6 %; 66,3 %)	сыворотка крови, РТ-ПЦР	19
	29 (групповое содержание)	62 (43,6 %; 80,6 %)	сыворотка крови, анализ нейтрализации вируса	20
	71 (одиночное содержание)	4 (–5 %; 8,9 %)	сыворотка крови, анализ нейтрализации вируса	
Нидерланды	424 (групповое содержание)	5 (3,3 %; 7,6 %)	исследование крови, РТ-ПЦР	21
Германия	179 (групповое содержание)	76,5 (69,8 %; 82,2 %)	фекалии, РТ-ПЦР	22
Чехия	60 (групповое содержание)	32 (19,9 %; 43,4 %)	фекалии, РТ-ПЦР	23
Тайвань	81 (домашнее содержание*)	65,4 (55,1 %; 75,8 %)	различный биоматериал, ИФА, РТ-ПЦР	24

*В источнике условия содержания не прописаны.

генах S и 3 с в 24 из 30 проб. Мутация в кодоне 1,058 или 1,060 присутствовала в 4 из 30 образцов [13].

В двух пробах выпота были выявлены только усеченные мутации гена 3 с. В данном исследовании также были найдены два FCoV II типа. Оба вируса несли усеченные мутации в гене 3 с. В тканях четырех кошек одного владельца FCoV обнаруживали как с мутацией M1,058L, так и с усеченной мутацией гена 3 с [13].

На основании проанализированных данных (таблица 1) можно сказать, что процент домашних кошек, зараженных FCoV, достигает 80 % [8, 11]. Преvalентность коронавирусной инфекции возрастает, если животных содержат большими группами. Чрезвычайно актуальна эта проблема в приютах. По сведениям, собранным в Австралии, наглядно видно, что процент распространенности FCoV почти в два раза выше у кошек при групповом содержании [2].

Один из самых высоких показателей зафиксирован в Германии и в Малайзии у кошек при групповом содержании: 76,5 % (95 % ДИ: 69,8 %; 82,2 %) и 84 % (95 % ДИ: 73,3 %; 94,9 %) соответственно. По породам сложно выявить взаимосвязь, однако отмечается высокая заболеваемость (96 %) у особей персидской породы в Малайзии. Это может быть связано как с неблагоприятной эпизоотической ситуацией в целом, так и с индивидуальной восприимчивостью животных. Большую роль могут играть особенности вида, погрешности разведения, несоблюдение норм содержания и карантинирования. Не исключено, что ранней диагностикой не всегда можно точно выявить животных-носителей вирусного агента [2, 17, 22].

Значительное количество зараженных кошек было зафиксировано в Тайване: 65,4 % (95 % ДИ: 55,1 %; 75,8 %). Все исследованные особи были домашними. Условия содержания неизвестны, однако, исходя из предыдущих данных, можно предположить, что большая часть животных могла находиться на групповом содержании [24]. Более низкий процент был обнаружен в Чехии: 32 % (95 % ДИ: 19,9 %; 43,4 %). Все исследованные кошки содержались группами [23].

Самый низкий показатель зафиксирован в Турции: 4 % при одиночном содержании, что также указывает

на уровень влияния этого фактора на распространение вируса. В результатах исследования корейских ученых чаще упоминаются домашняя короткошерстная кошка и шотландская вислоухая, что может быть следствием как сниженного иммунитета представителей этих пород, так и их популярности [2, 16, 25]. Также у 96 % (95 % ДИ: 87,8 %; 103,8 %) исследованных представителей персидской породы в Малайзии и 80 % (95 % ДИ: 59,8 %; 100,2 %) в Швеции при групповом содержании был обнаружен FCoV. Подобные результаты могут указывать как на особенности и популярность породы, так и на погрешности в содержании, карантинировании и профилактике распространения заболевания [2].

Обсуждение и заключение. Проведенный анализ эпизоотической ситуации и обзор иностранных и отечественных научных публикаций показал, что одиночное содержание, профилактические мероприятия, ранняя диагностика, грамотная организация разведения и карантинирования позволяют снизить процент заражения животных FCoV, остановить распространение возбудителя в популяциях кошек, а также заранее выявить потенциально опасных особей. Погрешности в разведении тоже могут быть причиной ослабления иммунной системы животного и дальнейшего развития у него вируса [2, 16, 17, 22, 23, 26].

FCoV может мутировать в организме. Наиболее известным типом мутации, который приводит к преждевременному стоп-кодону, можно назвать сдвиг рамки считывания в результате делеции или вставки: 18 образцов, что составило 48,6 % от 16 особей [11, 13].

Очевидно, что распространение FCoV в популяциях кошек напрямую связано с условиями содержания. По этой причине владельцам желательно содержать животных отдельно друг от друга. В случае коллективного размещения, рекомендуется доводить количество особей в группе до минимума, контролировать состояние и соблюдать все нормы содержания и карантинирования, тем самым пресекая передачу возбудителей инфекционных заболеваний.

Ранняя диагностика FCoV может способствовать купированию распространения данного заболевания.

Список литературы

- Christine H., Sarah C., Nicola P., Murphy B. Coronavirus Infections in Companion Animals: Virology, Epidemiology, Clinical and Pathologic Features. *Viruses*. 2020;12(9):1023. <https://doi.org/10.3390/v12091023>
- Drechsler Y., Alcaraz A., Bossong F.J., Collisson E. W., Diniz P.P.V.P. Feline Coronavirus in Multicat Environments. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2011;41(6):1133–1169. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.08.004>
- Felten S., Hartmann K. Diagnosis of Feline Infectious Peritonitis: A Review of the Current Literature. *Viruses*. 2019;11(11):1068. <https://doi.org/10.3390/v11111068>
- Stout A.E., André N.M., Whittaker G.R. Feline coronavirus and feline infectious peritonitis in nondomestic felid species. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2021;52(1):14–27. <https://doi.org/10.1638/2020-0134>
- Thayer V., Gogolski S., Felten S., Hartmann K., Kennedy M., Olah G.A. 2022 AAEP/EveryCat Feline Infectious Peritonitis Diagnosis Guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2022;24(9):905–933. <https://doi.org/10.1177/1098612X221118761>
- Halfmann P.J., Hatta M., Chiba S., Maemura T., Fan S., Takeda M. и др. Transmission of SARS-CoV-2 in Domestic Cats. *New England Journal of Medicine*. 2020;383(6):592–594. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMc2013400>
- Izes A.M., Yu J., Norris J.M., Govendir M. Current status on treatment options for feline infectious peritonitis and SARS-CoV-2 positive cats. *Veterinary Quarterly*. 2020;40(1):322–330. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1845917>
- Крыжановская Е.М., Семина В.Е., Герунов Т.В. Коронавирусная инфекция кошек: современный взгляд на проблему. *Евразийский Союз Ученых*. 2015;5(14):167–168. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koronavirusnaya-infektsiya-koshek-sovremennyy-vzglyadna-problemu> (Дата обращения: 25.04.2023).

9. Stout A.E., André N.M., Jaimes J.A., Millet J.K., Whittaker G.R. Coronaviruses in cats and other companion animals: Where does SARS-CoV2/COVID-19 fit? *Veterinary Microbiology*. 2020;247:108777. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108777>
10. Csiszar A., Jakab F., Valencak T.G., Lanszki Z., Tóth G.E., Kemenesi G. и др. Companion animals likely do not spread COVID-19 but may get infected themselves. *GeroScience*. 2020;42(5):1229–1236. <https://doi.org/10.1007/s11357-020-00248-3>
11. Licitra B.N., Millet J.K., Regan A.D., Hamilton B.S., Rinaldi V.D., Duhamel G.E. и др. Mutation in Spike Protein Cleavage Site and Pathogenesis of Feline Coronavirus Emerging Infectious Diseases. Centers for Disease. Control and Prevention. 2013;19(7):1066–1073. <http://doi.org/10.3201/eid1907.121094>
12. Tasker S. Diagnosis of feline infectious peritonitis: Update on evidence supporting available tests. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2018;20(3):228–243. <https://doi.org/10.1177/1098612X18758592>
13. Oguma K., Ohno M., Yoshida M., Sentsui H. Mutation of the S and 3c genes in genomes of feline coronaviruses. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 2018;80(7):1094–1100. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0704>
14. Пальцева Е.Д., Плешакова В.И. Клиническое проявление и диагностика коронавирусных инфекций кошек. *Вестник КрасГАУ*. 2022;(9):159–164. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-159-164>
15. Bell E.T., Toribio J.A.L.M.L., White J.D., Malik R., Norris J.M. Seroprevalence study of feline coronavirus in owned and feral cats in Sydney, Australia. *Australian Veterinary Journal*. 2007;84(3):74–81. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2006.tb12231.x>
16. An D.J., Jeoung H.Y., Jeong W., Park J.Y., Lee M.H., Park B.K. Prevalence of Korean cats with natural feline coronavirus infections. *Virology Journal*. 2011;8:455. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-8-455>
17. Sharif S., Arshad S.S., Hair-Bejo M., Omar A.R., Zeenathul N.A., Hafidz M.A. Prevalence of feline coronavirus in two cat populations in Malaysia. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2009;11(12):1031–1034. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.08.005>
18. Holst B.S., Englund L., Palacios S., Renström L., Berndtsson L.T. Prevalence of antibodies against feline coronavirus and Chlamydophila felis in Swedish cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2006;8(3):207–211. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2005.12.004>
19. Can-Şahna K., Ataseven V.S., Pinar D., Oğuzoğlu T.Ç. The detection of feline coronaviruses in blood samples from cats by mRNA RT-PCR. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2007;9(5):369–372. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.03.002>
20. Pratelli A., Yesilbag K., Siniscalchi M., Yağcı E., Yılmaz Z. Prevalence of feline coronavirus antibodies in cats in Bursa province, Turkey, by an enzyme-linked immunosorbent assay. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2009;11(10):881–884. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.02.008>
21. Simons F.A., Vennema H., Rofina J.E., Pol J.M., Horzinek M.C., Rottier P.J. и др. A mRNA PCR for the diagnosis of feline infectious peritonitis. *Journal of Virological Methods*. 2005;124(1–2):111–116. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2004.11.012>
22. Klein-Richers U., Hartmann K., Hofmann-Lehmann R., Unterer S., Bergmann M., Rieger A. и др. Prevalence of Feline Coronavirus Shedding in German Catteries and Associated Risk Factors. *Viruses*. 2020;12(9):1000. <https://doi.org/10.3390/v12091000>
23. Černá P., Lobová D., Bubeníková J., Vrabelová J., Molínková D., Hořín P. Shedding persistency and intensity patterns of feline coronavirus (FCoV) in feces of cats living in breeding catteries in the Czech Republic. *Research in Veterinary Science*. 2022;152:524–529. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.09.010>
24. Luo Y.C., Liu I.L., Chen Y.T., Chen H.W. Detection of Feline Coronavirus in Feline Effusions by Immunofluorescence Staining and Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction. *Pathogens*. 2020;9(9):698. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090698>
25. Gaudreault N.N., Trujillo J.D., Carossino M., Meekins D., Morozov I., Madden D. W. и др. SARS-CoV-2 infection, disease and transmission in domestic cats. *Emerging Microbes & Infections*. 2020;9(1):2322–2332. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1833687>

References

1. Christine H, Sarah C, Nicola P, Murphy B. Coronavirus Infections in Companion Animals: Virology, Epidemiology, Clinical and Pathologic Features. *Viruses*. 2020;12(9):1023. <https://doi.org/10.3390/v12091023>
2. Drechsler Y, Alcaraz A, Bossong FJ, Collisson EW, Diniz, PPVP. Feline Coronavirus in Multicat Environments. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2011;41(6):1133–1169. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.08.004>
3. Felten S, Hartmann K. Diagnosis of Feline Infectious Peritonitis: A Review of the Current Literature. *Viruses*. 2019;11(11):1068. <https://doi.org/10.3390/v11111068>
4. Stout AE, André NM, Whittaker GR. Feline Coronavirus and Feline Infectious Peritonitis in Nondomestic Felid Species. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 2021;52(1):14–27. <https://doi.org/10.1638/2020-0134>
5. Thayer V, Gogolski S, Felten S, Hartmann K, Kennedy M, Olah GA. 2022 AAEP/Every Cat Feline Infectious Peritonitis Diagnosis Guidelines. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2022;24(9):905–933. <https://doi.org/10.1177/1098612X221118761>
6. Halfmann PJ, Hatta M, Chiba S, Maemura T, Fan S, Takeda M. et al. Transmission of SARS-CoV-2 in Domestic Cats. *New England Journal of Medicine*. 2020;383(6):592–594. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMc2013400>
7. Izes AM, Yu J, Norris JM, Govendir M. Current Status on Treatment Options for Feline Infectious Peritonitis and SARS-Cov-2 Positive Cats. *Veterinary Quarterly*. 2020;40(1):322–330. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1845917>

8. Kryzhanovskaya EM, Semina VE, Gerunov TV. Koronavirusnaya Infektsiya Koshek: Sovremennyy Vzglyad na Problemu. *Eurasian Union of Scientists*. 2015;5(14):167–168. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koronavirusnaya-infektsiya-koshek-sovremennyy-vzglyadna-problemu> (accessed: 25.04.2023). (In Russ.).
9. Stout AE, André NM, Jaimes JA, Millet JK, Whittaker GR. Coronaviruses in Cats and Other Companion Animals: Where Does SARS-Cov2/COVID-19 Fit? *Veterinary Microbiology*. 2020;247:108777. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108777>
10. Csiszar A, Jakab F, Valencak TG, Lanszki Z, Tóth GE, Kemenesi G, et al. Companion Animals Likely Do Not Spread COVID-19 but May Get Infected Themselves. *GeroScience*. 2020;42(5):1229–1236. <https://doi.org/10.1007/s11357-020-00248-3>
11. Licitra BN, Millet JK, Regan AD, Hamilton BS, Rinaldi VD, Duhamel GE et al. Mutation in Spike Protein Cleavage Site and Pathogenesis of Feline Coronavirus Emerging Infectious Diseases. Centers for Disease. Control and Prevention. 2013;19(7):1066–1073. <http://doi.org/10.3201/eid1907.121094>
12. Tasker S. Diagnosis of Feline Infectious Peritonitis: Update on Evidence Supporting Available Tests. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2018;20(3):228–243. <https://doi.org/10.1177/1098612X18758592>
13. Oguma K, Ohno M, Yoshida M, Sentsui H. Mutation of the S and 3c genes in genomes of feline coronaviruses. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 2018;80(7):1094–1100. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0704>
14. Pal'tseva ED, Pleshakova VI. Clinical Signs and Coronavirus Diagnosis Infections in Cats. *The Bulletin of KrasGAU*. 2022;(9):159–164. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-159-164> (In Russ.).
15. Bell ET, Toribio JALML, White JD, Malik R, Norris JM. Seroprevalence Study of Feline Coronavirus in Owned and Feral Cats in Sydney, Australia. *Australian Veterinary Journal*. 2007;84(3):74–81. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2006.tb12231.x>
16. An DJ, Jeoung HY, Jeong W, Park JY, Lee MH, Park BK. Prevalence of Korean Cats with Natural Feline Coronavirus Infections. *Virology Journal*. 2011;8:455. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-8-455>
17. Sharif S, Arshad SS, Hair-Bejo M, Omar AR, Zeenathul NA, Hafidz MA. Prevalence of Feline Coronavirus in Two Cat Populations in Malaysia. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2009;11(12):1031–1034. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.08.005>
18. Holst BS, Englund L, Palacios S, Renström L, Berndtsson LT. Prevalence of Antibodies Against Feline Coronavirus and Chlamydia felis in Swedish Cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2006;8(3):207–211. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2005.12.004>
19. Can-Şahna K, Ataseven VS, Pinar D, Oğuzoğlu TÇ. The Detection of Feline Coronaviruses in Blood Samples from Cats by mRNA RT-PCR. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2007;9(5):369–372. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.03.002>
20. Pratelli A, Yesilbag K, Siniscalchi M, Yalçın E, Yilmaz Z. Prevalence of Feline Coronavirus Antibodies in Cats in Bursa Province, Turkey, by an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2009;11(10):881–884. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2009.02.008>
21. Simons FA, Vennema H, Rofina JE, Pol JM, Horzinek MC, Rottier PJ, et al. A mRNA PCR for the Diagnosis of Feline Infectious Peritonitis. *Journal of Virological Methods*. 2005;124(1–2):111–116. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2004.11.012>
22. Klein-Richers U, Hartmann K, Hofmann-Lehmann R, Unterer S, Bergmann M, Rieger A, et al. Prevalence of Feline Coronavirus Shedding in German Catteries and Associated Risk Factors. *Viruses*. 2020;12(9):1000. <https://doi.org/10.3390/v12091000>
23. Černá P, Lobová D, Bubeníková J, Vrábelová J, Molínková D, Hořín P Shedding Persistency and Intensity Patterns of Feline Coronavirus (FCoV) in Feces of Cats Living in Breeding Catteries in the Czech Republic. *Research in Veterinary Science*. 2022;152:524–529. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.09.010>
24. Luo YC, Liu IL, Chen YT, Chen HW. Detection of Feline Coronavirus in Feline Effusions by Immunofluorescence Staining and Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction. *Pathogens*. 2020;9(9):698. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090698>
25. Gaudreault NN, Trujillo JD, Carossino M, Meekins D, Morozov I, Madden DW, et al. SARS-Cov-2 Infection, Disease and Transmission in Domestic Cats. *Emerging Microbes & Infections*. 2020;9(1):2322–2332. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1833687>

Об авторах:

Ткачева Елизавета Владимировна, ветеринарный врач учебного вивария Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), remusrnd@yandex.ru

Вакуленко Майя Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и общей патологии Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), Nikdentella-22@yandex.ru

Попов Игорь Витальевич, ассистент кафедры биологии и общей патологии Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9151-1010), doc.igor.popov@gmail.com

Ермаков Алексей Михайлович, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и общей патологии, декан факультета биоинженерии и ветеринарной медицины Донского государственного технического университета (344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), amermakov@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

Е.В. Ткачева — подготовка текста, анализ результатов, формирование обсуждений и выводов.

М.Ю. Вакуленко — научное руководство, цели и задачи исследования, подготовка текста, анализ результатов.

И.В. Попов — цели и задачи исследования, подготовка текста.

А.М. Ермаков — научное руководство, формирование обсуждений и выводов.

Поступила в редакцию 13.06.2023

Поступила после рецензирования 29.06.2023

Принята к публикации 03.07.2023

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the authors:

Elizaveta V. Tkacheva, veterinarian of the study vivarium, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), remusrnd@yandex.ru

Maya Yu. Vakulenko, Cand.Sci.(Biology), associate professor of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), Nikdentella-22@yandex.ru

Igor V. Popov, assistant of the Biology and General Pathology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), doc.igor.popov@gmail.com

Alexey M. Ermakov, Dr.Sci. (Biology), professor of the Biology and General Pathology Department, Dean of the Bioengineering and Veterinary Medicine Faculty, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [ORCID](#), amermakov@yandex.ru

Claimed contributorship:

EV Tkacheva: preparing the text, analysis of the results, formulating the issues for discussion and conclusions.

MYu Vakulenko: scientific supervision, aims and objectives of the study, preparing the text, analysis of the results.

IV Popov: aims and objectives of the study, preparing the text.

AM Ermakov: scientific supervision, formulating the issues for discussion and conclusions.

Received 13.06.2023

Revised 29.06.2023

Accepted 03.07.2023

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.