

ПАТОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ, МОРФОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

ANIMAL PATHOLOGY, MORPHOLOGY, PHYSIOLOGY, PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY



УДК 636.09:616.12: 636.7:636.8:619:616-073.7
<https://doi.org/10.23947/2949-4826-2025-24-2-43-54>

Обзор научной литературы



EDN: GPKBZO

Применение метода определения кардиовертебрального индекса у собак и кошек при рентгенодиагностике грудной полости: обзор научной литературы

Ю.С. Шмаренкова¹ , С.В. Акчурин² , М.А. Габдава¹ , Т.А. Спасская¹ ,
 О.А. Воронкова¹

¹Калужский филиал Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Калуга, Российская Федерация

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

✉ 1shmarenkova_11@mail.ru

Аннотация

Введение. Рентгенодиагностика является в ветеринарии одним из самых популярных и наиболее доступных методов визуальной диагностики патологий не только опорно-двигательного аппарата, но и некоторых паренхиматозных органов грудной и брюшной полостей. Выявление кардиологических патологий чаще всего начинают именно с проведения рентгенологического исследования, однако без применения специальных методик не всегда удастся визуально достоверно определить наличие или отсутствие кардиомегалии у исследуемых животных. Одним из наиболее надежных способов оценки состояния сердца является метод определения кардиовертебрального индекса (VHS). Цель данного обзора — обобщение литературных данных по применению расчета кардиовертебрального индекса при рентгенодиагностике грудной полости у кошек и собак, оценка целесообразности и перспективы развития данной методики.

Материалы и методы. Поиск статей для научного обзора проводился в базах данных PubMed и eLIBRARY.RU. В поиск включались только публикации на русском и английском языках, размещенные за период с 1 января 1995 г. по 31 декабря 2024 г. Согласно критериям включения научной работы в обзор, статья должна: 1) содержать информацию о применении расчета кардиовертебрального индекса у собак или кошек, 2) иметь полнотекстовую версию. Результаты оформлены в виде блок-схемы PRISMA и таблицы.

Результаты исследования. В обзор была включена 31 статья. В работах рассматривалось следующее: определение показателей VHS у собак и кошек в норме и при патологии; требования к технике получения рентгенограмм для расчета кардиовертебрального индекса; применение технологии искусственного интеллекта для расчета кардиовертебрального индекса у собак и кошек. Значения VHS для разных пород собак структурированы в таблице с указанием года проведения исследований.

Обсуждение и заключение. Методика расчета кардиовертебрального индекса зарекомендовала себя, согласно имеющимся научным данным, как действующая альтернатива другим, более трудоемким и дорогостоящим методам диагностики кардиомегалий у кошек и собак. Однако необходимо помнить, что данный метод имеет свои ограничения. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на получение новых данных относительно видовых, породных, возрастных, физиологических и патологических особенностей показателя VHS у собак и кошек. Весьма перспективное направление — применение технологии искусственного интеллекта для расчета кардиовертебрального индекса у собак и кошек.

Ключевые слова: обзор научной литературы, рентгенодиагностика, собаки, кошки, кардиовертебральный индекс, КВИ, VHS, кардиомегалия

Для цитирования. Шмаренкова Ю.С., Акчурин С.В., Габдава М.А. Спасская Т.А., Воронкова О.А. Применение метода определения кардиовертебрального индекса у собак и кошек при рентгенодиагностике грудной полости: обзор научной литературы. *Ветеринарная патология*. 2025;24(2):43–54. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2025-24-2-43-54>

Using the Vertebral Heart Scale Method of Measurement during X-Ray Diagnostics of Thoracic Cavity in Dogs and Cats: A Literature Review

Yulia S. Shmarenkova¹✉, Sergey V. Akchurin², Margarita A. Gabedava¹, Tatyana A. Spasskaya¹, Olga A. Voronkova¹

¹Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev, Kaluga, Russian Federation

²Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

✉ 1shmarenkova_11@mail.ru

Abstract

Introduction. In veterinary medicine, X-ray diagnostics is one of the most popular and affordable methods of visual diagnostics of pathologies not only of the musculoskeletal system, but also of some parenchymatous organs in the thoracic and abdominal cavities. Identification of cardiac pathologies most often begins with X-ray examination, however, the use of special techniques is sometimes required for reliable determination of the presence or absence of cardiomegaly in animals under examination. One of the most reliable methods for assessing the condition of the heart is the vertebral heart scale (VHS) method. The aim of the present review is to summarise the data available in literature sources on the use of the vertebral heart scale method during X-ray diagnostics of the feline and canine thoracic cavity, and to assess the relevance and prospects for development of this technique.

Materials and Methods. The search for the articles for the scientific review was conducted in the PubMed and eLIBRARY.RU databases. The search covered only publications in Russian and English, published between January 1, 1995 and December 31, 2024. According to the criteria of including a scientific paper in a review, the article should have met the following selection criteria: 1) contain information about using the vertebral heart scale method of measurement in dogs or cats, 2) have a full-text version. The results were presented in the form of PRISMA flow chart and a table.

Results. The review encompassed 31 articles. In the papers, the following aspects were in the focus of study: vertebral heart scale (VHS) measurements in dogs and cats in the normal and pathological condition; requirements to the technique of taking X-rays intended for vertebral heart scale measurement; the use of artificial intelligence technologies to measure the vertebral heart scale in dogs and cats. The VHS values for different dog breeds were presented in a form of a table indicating the year of the study.

Discussion and Conclusion. According to the available scientific data, the vertebral heart scale method of measurement has proved to be an efficient alternative to other more labor-consuming and expensive methods of feline and canine cardiomegaly diagnostics. However, it is necessary to remember that this method has limitations. Further research in this area could aim at obtaining new data on species-, breed-, age-specific, physiological and pathological features of VHS measurements in dogs and cats. The use of artificial intelligence technologies for measuring the vertebral heart scale in cats and dogs is a highly potential trend.

Keywords: literature review, X-ray diagnostics, dogs, cats, vertebral heart scale, VHS, cardiomegaly

For Citation. Shmarenkova YuS, Akchurin SV, Gabedava MA, Spasskaya TA, Voronkova OA. Using the Vertebral Heart Scale Method of Measurement during X-Ray Diagnostics of Thoracic Cavity in Dogs and Cats: A Literature Review. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2025;24(2):43–54. <https://doi.org/10.23947/2949-4826-2025-24-2-43-54>

Введение. На сегодняшний день одним из самых доступных и распространенных методов визуальной диагностики патологий внутренних органов и систем в ветеринарной медицине является рентгенологическое исследование. Особое место данный метод занимает при исследованиях грудной полости, позволяя оценить паренхиму легких, состояние магистральных и легочных сосудов, а также форму, размер и расположение сердечного силуэта [1]. Рентгенограмму грудной полости можно использовать в качестве скрининг-исследования для определения кардиологического и некардиологического статуса пациента, что особенно актуально для по-

жилых животных с присутствием неоднозначной симптоматики [1]. С целью более точной и стандартизированной оценки размеров сердечного силуэта в ветеринарную практику были внедрены некоторые методы гуманной медицины, например определение кардиоторакального индекса (соотношение сердечного силуэта к межреберным промежуткам), однако применительно к животным данные методы дают большие погрешности.

В настоящий момент в ветеринарии одной из самых достоверных систем оценки размеров сердечного силуэта на рентгенограммах является кардиовертебральный индекс (КВИ или VHS (Vertebral Heart Scale)) —

соотношение суммы длин короткой и длинной осей силуэта сердца к длине тел грудных позвонков. На рис. 1 представлена рентгенограмма грудной клетки собаки в латеральной проекции, где показан принцип измерения осей сердца [1].

Длинная ось сердца измеряется от вентральной границы главного левого бронха до наиболее удаленной

вентральной точки вершины сердца. Короткая ось измеряется по линии, перпендикулярной длинной оси, на уровне каудальной полой вены. Сумма длин двух осей сравнивается с длиной позвонков, начиная с краниального края Т4 (четвертый грудной позвонок) [2]. Данная методика была предложена в качестве одного из методов оценки кардиомегалии у собак и кошек.

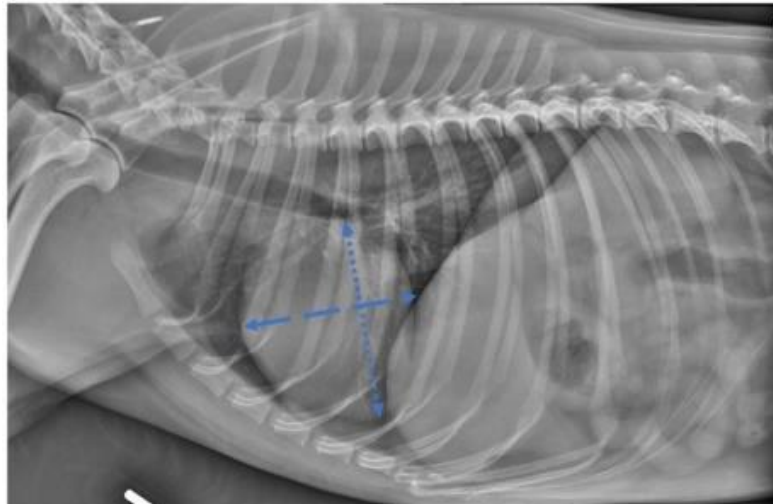


Рис. 1. Принцип расчета кардиовертебрального индекса [1]

В 2001 г. Н. Nakayama и др. провели исследование, чтобы определить, насколько хорошо результаты эхокардиографии и электрокардиографии коррелируют с показателем VHS. В эксперименте участвовали собаки с кардиомегалией различной степени. Они находились под наблюдением, которое осуществлялось с помощью рентгенографии грудной клетки, эхокардиографии и электрокардиографии в динамике. Затем эхокардиографические и электрокардиографические параметры сравнивались с VHS. Результаты исследования показали, что соотношение левого предсердия к аорте, конечный диастолический объем и конечный систолический объем левого желудочка, длительность зубца Р и продолжительность интервала QRS достоверно коррелировали с VHS [3].

Однако использование метода определения кардиовертебрального индекса имеет свои ограничения. Во-первых, он позволяет достаточно объективно определить наличие кардиомегалии у животных, но не дает возможности оценить всю площадь сердца: VHS является одномерным методом и имеет функциональное ограничение, заключающееся в том, что для определения размера сердца используются только два линейных измерения, а не вся окружность сердца. Во-вторых, существенные ограничения метода связаны с интерпретацией изображений, которая имеет субъективный характер, так как во многом зависит от образования и опыта специалиста-рентгенолога (частыми причинами ошибок интерпретации являются ошибки восприятия, опущения, связанные с невнимательно-

стью, когнитивные искажения, усталость, рассеянность). В настоящее время предпринимаются определенные шаги по интеграции в рентгенодиагностику технологий искусственного интеллекта (ИИ): предположительно, это даст ряд преимуществ, включая автоматизированную способность выполнять сложное распознавание образов и вычисление тех или иных показателей. В 2021 г. ИИ был экспериментально применен для расчета кардиовертебрального индекса у собак и кошек [1].

Цель обзора — обобщение и анализ имеющихся литературных данных по применению расчета кардиовертебрального индекса при рентгенодиагностике грудной полости у кошек и собак, оценка целесообразности данной методики и перспективы развития.

Материалы и методы. Поиск научных статей для обзора осуществлялся по базам данных PubMed (www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/) и eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru/defaultx.asp). В поиск включались только работы на русском и английском языках, опубликованные за период с 1 января 1995 г. по 31 декабря 2024 г. В PubMed поиск проводился по ключевым словам: ((radiomics or x-ray) and (Vertebral Heart Scale or VHS) and (radiographs or diagnostic imaging) and (cats) and (dogs)). Для поиска научных публикаций в eLIBRARY.RU была использована опция «расширенный поиск» с внесением в диалоговое окно сочетания слов: ((рентген or рентгенодиагностика) and (кардиовертебральный индекс or КВИ) and (кошки и собаки or мелкие домашние животные)). В окне «Где искать?»

поиск определялся критериями: «в названии», «в аннотации», «в ключевых словах». «Тип публикации» обозначался как «статьи в журналах». Дополнительными критериями поиска служили параметры «искать с учетом морфологии» и «искать в публикациях, имеющих полный текст на eLIBRARY.RU».

Включение научной работы в обзор осуществлялось по следующим критериям: 1) статья должна содержать информацию о применении расчёта кардиовертебрального индекса у собак или кошек, 2) статья должна иметь полнотекстовую версию. Несоответствие источника критериям для включения в обзор являлось основанием для его исключения. Результаты оформлены в виде блок-схемы PRISMA и таблицы.

Результаты исследования. В результате поиска, проведенного в базах данных, было выявлено 63 источника. В общей сложности было исключено 13 дублирующих источников, а 50 статей отобраны для дальнейшего анализа. После проверки заголовков и аннотаций было удалено 5 источников. Потенциально подходящие полные тексты ($n = 45$) были загружены в облачное хранилище и изучены всеми экспертами, чтобы убедиться в их актуальности. После данного этапа еще 14 публикаций были исключены. Окончательное количество отобранных для включения в обзор статей — 31. Краткое изложение процесса проверки показано на блок-схеме PRISMA (рис. 2).

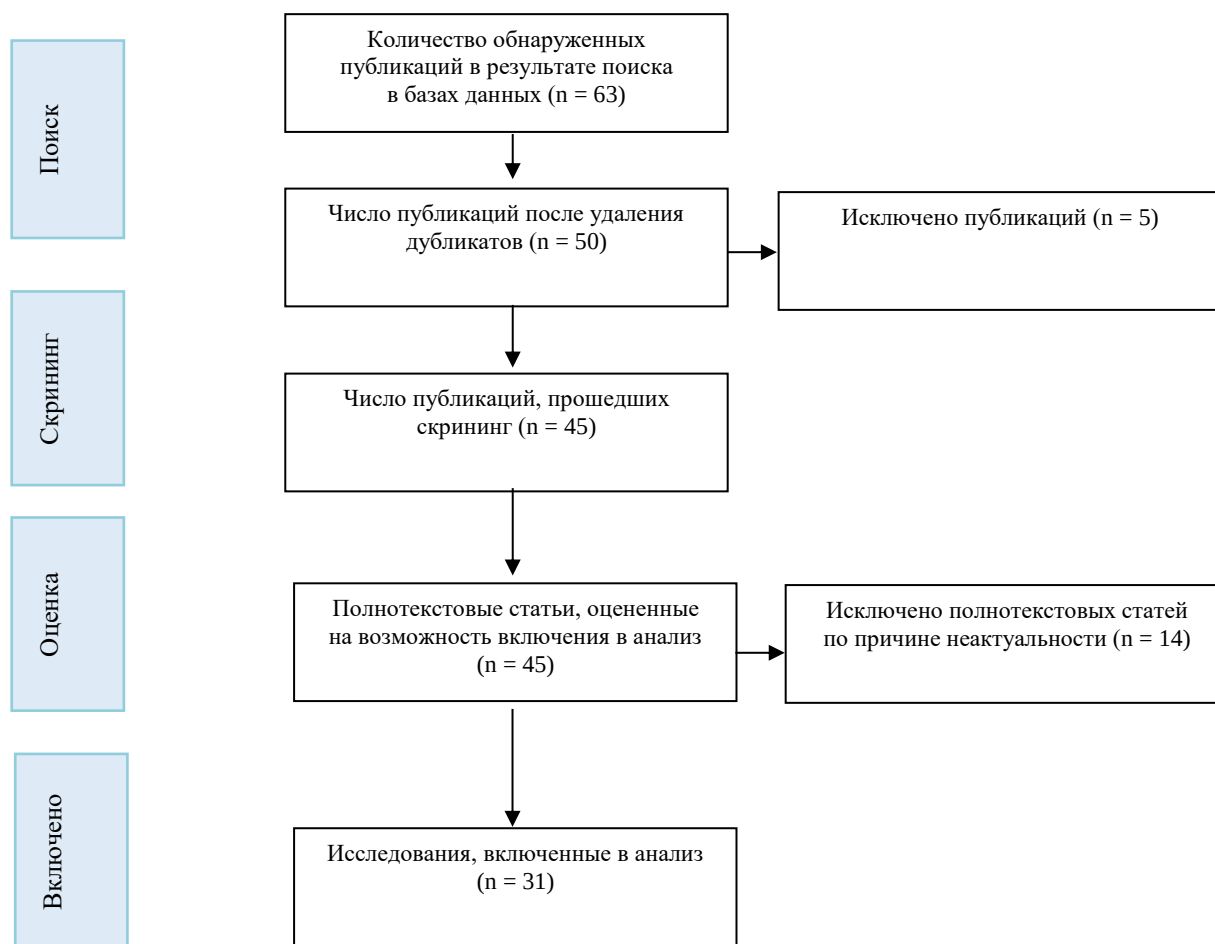


Рис. 2. Блок-схема PRISMA по результатам отбора публикаций

Большинство научных публикаций (28 статей) касалось определения показателей кардиовертебрального индекса у собак и кошек в норме и при патологии; в 2-х статьях рассматривались требования к технике получения рентгенограмм для расчета показателя VHS; 1 статья была посвящена применению технологии искусственного интеллекта для расчета кардиовертебрального индекса у собак и кошек.

Первое упоминание использования расчетов кардиовертебрального индекса для оценки размера сердечного силуэта при рентгенодиагностике собак приходится на

1995 г. [2]. J.W. Buchanan и J. Bücheler разработали данный метод на основании того, что существует хорошая корреляция между размером сердца и длиной тела позвонков независимо от формы грудной клетки собак. Для исследования было отобрано 100 клинически здоровых собак возрастом старше одного года (без учета пола). Размеры длинной и короткой осей на полученных рентгенограммах сердечного силуэта определяли с помощью штангенциркуля, суммировали и сравнивали с длиной позвонков, начиная с T4: соотношение составило $9,7 \pm 0,5$ позвонка. Различия показателей у собак с

широкой или глубокой грудной клеткой, самцами и самками, а также между правой или левой боковыми проекциями были незначительными и не учитывались. В дальнейшем полученное значение VHS долгое время считалось нормой для собак различных пород [2].

Позже, в 2000 г. в аналогичном исследовании участвовали 100 клинически здоровых кошек. Средний размер сердца по отношению к позвонкам при рентгенодиагностике в боковой проекции составлял $7,5 \pm 0,3$ позвонка. Полученные данные позволили заключить, что метод определения размеров сердца по отношению к позвонкам прост в использовании, позволяет объективно оценить размеры сердца и может быть полезен при определении наличия кардиомегалии и в сравнении размеров сердечного силуэта на серии последовательных рентгенограмм. Кроме того, данное исследование показало, что метод расчета VHS эффективен в отношении не только собак, но и кошек [4].

В самых первых экспериментах по вычислению VHS участвовали только здоровые животные. Поэтому, чтобы оценить влияние вычисления кардиовертебрального индекса на описание рентгенологических снимков грудной клетки животных с кардиологической патологией, в том же 2000 г. было проведено ещё одно исследование: рентгенограммы грудной клетки 50 собак с установленным заболеванием сердца, 26 рентгенограмм собак с респираторными патологиями и 50 рентгенограмм собак без клинических признаков сердечно-сосудистых или респираторных заболеваний были перемешаны между собой и изучены тремя ветеринарными специалистами. При первом изучении рентгенограмм вычисление VHS не производилось, диагноз был поставлен на основании других рентгенологических признаков. Каждый наблюдатель был умеренно точен в диагностике сердечных заболеваний, используя субъективную оценку рентгенограмм без расчета индекса (в диапазоне от 76 % до 83 % правильно определенных диагнозов). Затем специалисты повторно изучили рентгенограммы и измерили VHS как на боковых, так и на дорсовентральных или вентродорсальных рентгенограммах. Стоит отметить, что вычисление кардиовертебрального индекса на исследуемых рентгенограммах почти не повлияло на принятое ранее решение о достоверности диагноза. Однако у всех ветеринарных врачей среднее значение VHS у собак с заболеваниями сердца было выше, чем у собак с другими патологиями или без них. По результатам опыта был сделан вывод, что значение VHS более 10,7 на снимках в боковой проекции можно считать достаточно достоверным признаком патологии сердца [5].

В 2001 г. кардиовертебральный индекс был рассчитан на 11 щенках без признаков патологий. Установлено, что стандарты определения показателей увеличения сердца у щенков и взрослых собак схожи [6].

В дальнейшем из-за большой вариабельности породных особенностей у собак исследования по вычислению кардиовертебрального индекса проводились индивидуально для конкретной породы. В 2005 г. VHS был рассчитан для 44 собак породы уиппет, без заболеваний сердца и легких. Среднее значение кардиовертебрального индекса для данной породы при оценке рентгенограмм в правой боковой проекции составило $11,3 \pm 0,5$ позвонка [7].

В 2007 г. расчет проводился на борзых собаках. Его целью было сравнить VHS у нормальных борзых с таковым у ротвейлеров и группы собак других пород. В результате выяснилось, что VHS был значительно выше у борзых по сравнению с ротвейлерами и другими породами. Среднее значение VHS на латеральных рентгенограммах для борзых составляло $10,5 \pm 0,1$, для ротвейлеров — $9,8 \pm 0,1$, а для собак смешанных пород — $10,1 \pm 0,2$. Это исследование также подтвердило, что относительная кардиомегалия, выявленная впоследствии при вскрытии и ЭКГ у борзых, легко обнаруживается с помощью обычной рентгенографии [8].

В 2007 г. исследовали рентгенограммы 50 взрослых бездомных кошек. Все кошки были короткошерстными, не страдали ожирением и были признаны здоровыми на основании клинического осмотра и электрокардиографии. Длинная и короткая оси сердца измерялись в миллиметрах. Длина позвонков измерялась каудально от Т4. Сумма длинной и короткой осей сердца, выраженная в виде VHS, составила $7,3 \pm 0,49$ позвонка в правой боковой проекции и $7,3 \pm 0,55$ позвонка в левой боковой проекции. Различия между правой и левой боковыми проекциями были незначительными [9].

В 2008 г. 19 собак породы бигль подверглись обследованию с помощью эхокардиографии, электрокардиограммы, неинвазивного измерения артериального давления, общего анализа крови и химического профиля сыворотки. Затем всем исследуемым собакам была проведена рентгенограмма грудной клетки в правой и левой боковых проекциях, и рассчитан кардиовертебральный индекс. VHS у собак породы бигль составил $10,3 \pm 0,4$ позвонка, демонстрируя отличие от средних показателей $9,7 \pm 0,5$ в оригинальном исследовании JW Buchanan с собаками разных пород [2]. Полученные данные ещё раз подтвердили тот факт, что результаты следует интерпретировать, принимая во внимание различия, характерные для конкретной породы, особенно при тех показателях, которые значительно отличаются от контрольного диапазона [10].

В 2009 г. была проведена оценка эффективности определения показателя VHS у собак с кашлем и с установленным дегенеративным заболеванием митрального клапана сердца. Рентгенограммы грудной клетки 90 собак с кашлем в анамнезе и с эхокардиогра-

фическими признаками заболевания митрального клапана были оценены двумя независимыми специалистами. Для начала их попросили определить источник кашля (кардиогенный, некардиогенный или смешанный), а затем измерить VHS. У собак с кашлем некардиогенного происхождения был значительно более низкий VHS (среднее значение $11,0 \pm 0,9$) по сравнению с собаками с кашлем кардиогенного или смешанного происхождения ($12,8 \pm 1$ и $12,9 \pm 0,9$ соответственно). Анализ результатов показал, что VHS меньшее или равное 11,4 является достаточно точным показателем для исключения кашля сердечного происхождения у собак с патологией митрального клапана. Результаты исследования говорят о том, что расчет VHS может быть дополнительным инструментом для дифференциации происхождения кашля у собак с кардиологическими заболеваниями [11].

В 2013 г. опубликована работа, описывающая изменение VHS у собак пород мопс, померанский шпиц, йоркширский терьер, такса, бульдог, ши-тцу, лхаса апсо и бостон-терьер. В исследование были включены здоровые животные без субъективных рентгенологических признаков кардиомегалии, без шумов или неправильного ритма сердца во время клинического осмотра. Было обнаружено, что в группах собак, где были мопсы, померанские шпицы, бульдоги и бостон-терьеры, VHS в среднем составлял $10,7 \pm 0,5$ [12].

Целью другого эксперимента в том же 2013 г. было оценить эффективность системы VHS для дифференциации застойной сердечной недостаточности от других причин одышки у кошек. Для включения в исследование кошки проходили обследование с помощью эхокардиографии и рентгенографии грудной клетки в течение 12 часов после поступления в клинику. Во время исследования удалось установить, что если показатель VHS составлял $> 9,3$ позвонка, то он являлся специфичным для выявления заболеваний сердца. Измерения между 8,0 и 9,3 позволили предположить, что причина одышки может быть неоднозначной (т. е. вторичной по отношению к застойной сердечной недостаточности или респираторному заболеванию), и в этом случае эхокардиография была бы наиболее полезной для предоставления дополнительной диагностической информации. Результаты исследования показали, что система VHS может быть полезным инструментом, помогающим дифференцировать кардиогенные и некардиогенные причины дыхательной недостаточности у кошек в экстренной ситуации, когда эхокардиографическое исследование недоступно или не оправдано у нестабильного пациента [13].

В 2014 г. было проведено эхокардиографическое и рентгенографическое исследование грудной клетки 150 кошек. Цель — оценить диагностическую точность VHS и других связанных с ним рентгенографических индексов при выявлении увеличения сердца из-

за различных сердечных заболеваний у кошек. У 83 кошек были различные сердечные заболевания, у 22 кошек не было сердечно-сосудистых аномалий. В результате вычислений получили следующие показатели: VHS в боковой проекции у здоровых кошек составлял $7,56 \pm 0,54$; у кошек с левосторонними заболеваниями сердца — $8,62 \pm 1,04$; у кошек с левосторонними заболеваниями сердца, но без увеличения левого предсердия или с умеренным увеличением левого предсердия, — $8,29 \pm 0,83$; у кошек с левосторонними заболеваниями сердца и с увеличением левого предсердия от умеренного до тяжелого — $8,95 \pm 1,13$ [14].

Исследование 2016 г. было проведено с целью установления контрольных значений показателя VHS у индийского шпица, лабрадора-ретривера и беспородных собак. Всего в исследовании участвовало 60 животных (20 индийских шпицев, 20 лабрадоров-ретриверов и 20 беспородных собак), не имевших рентгенологических и клинических признаков сердечно-сосудистых или легочных заболеваний. В результате исследования был установлен VHS в правой боковой проекции, составляющий для шпицев $10,21 \pm 0,13$, для лабрадоров-ретриверов $10,39 \pm 0,19$ и для беспородных собак $9,8 \pm 0,21$ [15].

Эксперимент, целью которого было определить кардиовертебральный индекс для собак породы такса и сравнить результаты с установленным эталонным диапазоном $9,7 \pm 0,5$, был проведен в 2017 г. В нем принимала участие 51 собака породы такса, которым были сделаны рентгенограммы и эхокардиограммы. В результате исследования удалось установить, что в среднем VHS при рентгенодиагностике в правой латеральной проекции составляет 10,3 позвонка (диапазон 9,25–11,55). При этом VHS у самок был больше, чем у самцов: 10,8 (9,50–11,55) против 9,99 (9,25–10,8). Результаты показали, что у здоровых такс средний показатель VHS превышает опубликованный стандартный диапазон для собак [16].

В 2019 г. было проведено вычисление кардиовертебрального индекса у 75 собак с доклинической стадией эндокардиоза атриовентрикулярных клапанов. В результате исследования установлено, что при данной патологии увеличение кардиовертебрального индекса подтверждает наличие кардиомегалии, но не уточняет, в каких отделах сердца происходят патологические изменения [17].

Ещё одной работой 2019 г. было вычисление VHS у 61 собаки породы норвич-терьер без клинических признаков сердечно-сосудистых заболеваний. Обнаружено, что VHS для собак данной породы составляет $10,6 \pm 0,6$, что превышает эталонное значение для собак ($9,7 \pm 0,5$) [18].

Также в 2019 г. был проведен расчет VHS у австралийской пастушьей собаки. В исследовании участвовали 20 особей, не страдающих заболеваниями сердца и легких. Средний VHS у австралийской пастушьей собаки также оказался выше ($10,5 \pm 0,4$) по сравнению со

средним VHS для 100 здоровых собак разных пород, который был первоначально обозначен ($9,7 \pm 0,5$) [19].

В исследовании 2021 г. было определено среднее контрольное значение VHS у персидских кошек — 8,16 позвонка (выше, чем значение 7,5, указанное в ранних исследованиях, проведенных с кошками других пород). Было установлено, что половой фактор не оказывал влияния на эти значения [20].

В том же 2021 г. был произведен расчет VHS для собак породы мальтийская болонка. В нём принимали участие 81 клинически здоровая собака, прошедшая полное кардиологическое обследование. Средний VHS составил $9,53 \pm 0,46$ позвонка [21].

В конце 2021 г. был оценен VHS у собак породы бретонский эпаньоль. Участие в исследовании приняли 28 здоровых собак и 15 собак с миксоматозным поражением митрального клапана. Измерения проводились на рентгенограммах в правой латеральной проекции. Среднее значение VHS $\pm$ SD (стандартное отклонение) составило $10,6 \pm 0,2$ у здоровых животных и $11,9 \pm 1,1$ у животных с выявленной патологией [22].

Ещё одна работа 2021 г. включала вычисление VHS у 30 собак породы чихуахуа. Целью исследования была оценка VHS у здоровых взрослых особей, так как данная порода предрасположена как к врожденным, так и к приобретенным заболеваниям сердца. Значения VHS в выборочной популяции составили $10,0 \pm 0,6$ [23].

В 2022 г. был определен VHS у собак породы вельш-корги пемброк и оценено влияния характеристик грудных позвонков на данный показатель. В результате удалось вычислить, что кардиовертебральный индекс данных животных составляет $9,36 \pm 0,27$ (ниже контрольного значения). Авторы предполагают, что это может быть из-за того, что характеристики грудных позвонков корги немного отличаются от других пород [24].

В 2022 г. проводилось исследование, участниками которого стали собаки породы кавалер-кинг-чарльз-спаниель. Собаки данной породы предрасположены к развитию миксоматозного заболевания митрального клапана, при этом рентгенограммы часто используются для выявления признаков левосторонней кардиомегалии, вторичной по отношению к данному заболеванию. Исследование проводилось на 30 клинически здоровых взрослых особях (22 самки и 8 кобелей), возраст варьировался от 1 до 6 лет. Критерии включения: отсутствие патологий при физикальном осмотре, нормальная эхокардиография и наличие рентгенограмм грудной клетки без аномалий. Среднее значение VHS в выборке составило $10,08 \pm 0,56$. Данные показатели превышают ранее опубликованное общее справочное значение для собак в $9,7 \pm 0,5$ позвонка [25].

В предыдущих опытах 2021 г. производилось вычисление VHS для здоровых собак породы чихуахуа.

Целью работы 2022 г. стала оценка влияния увеличения сердца на VHS у чихуахуа с миксоматозным заболеванием митрального клапана. В эксперимент были включены 10 клинически нормальных чихуахуа и 97 чихуахуа с заболеванием. Больные собаки были разделены на 3 группы, в зависимости от тяжести течения заболевания: легкая, средняя, тяжелая. VHS у здоровых собак в среднем составил $9,66 \pm 0,36$; с миксоматозным заболеванием митрального клапана легкой тяжести — $10,13 \pm 0,64$; средней — $10,87 \pm 0,71$; тяжелой — $11,71 \pm 0,78$. Вывод: VHS у данной породы собак увеличивается в соответствии с увеличением сердца при миксоматозном заболевании митрального клапана [26].

В 2023 г. было проведено рентгенологическое исследование грудной клетки 10 собак с диагнозом дилатационная кардиомиопатия (ДКМП). Расчет кардиовертебрального индекса показал, что его значение в среднем увеличилось на 0,5–1,0, что достоверно свидетельствует о наличии кардиомегалии, которая также была подтверждена другими методами визуальной диагностики [27].

В том же 2023 г. удалось установить VHS у 29 клинически здоровых собак породы американский стаффордширский терьер. Каждой собаке были выполнены ЭКГ, рентгенография грудной клетки и эхокардиография. Все особи не имели кардиологических или легочных патологий. Среднее значение VHS у данной породы составило $10,9 \pm 0,6$. Данный показатель достоверно не отличался у кобелей и сук, а также не был достоверно коррелирован с возрастом или массой тела животного [28].

В конце 2023 г. была определена целесообразность расчета VHS для прогнозирования левосторонней застойной сердечной недостаточности у собак с респираторными симптомами. В исследовании приняли участие 114 собак с респираторными симптомами и рентгенологическими нарушениями в легких, животным были сделаны эхокардиограмма и рентгенограмма грудной клетки. Диагноз «левосторонняя застойная сердечная недостаточность» был подтвержден на основании наличия респираторных симптомов, увеличения левого желудочка и кардиогенного отека легких. У половины животных, принимавших участие в исследовании, была зарегистрирована данная патология, у другой половины — нет. По итогам расчета VHS у животных без патологии он составлял в среднем 11,1 ($10,1–11,8$), а у собак с установленным диагнозом — 12,9 ($11,9–14,1$). Эти результаты могут быть полезны для исключения кардиогенной патологии у собак с респираторными симптомами [29].

Значения VHS для разных пород собак представлены в таблице 1 с указанием года проведения исследования.

Таблица 1

Значения кардиовертебрального индекса для разных пород собак

Порода собак	Год проведения исследования	Установленное значение VHS
Уиппет	2005	$11,3 \pm 0,5$
Борзые	2007	$10,5 \pm 0,1$
Ротвейлеры	2007	$9,8 \pm 0,1$
Бигль	2008	$10,3 \pm 0,4$
	2015	$10,59 \pm 0,49$ (справа) и $10,35 \pm 0,50$ (слева) на фазе вдоха. $10,11 \pm 0,37$ (справа) и $9,92 \pm 0,50$ (слева) на фазе выдоха
Мопс, померанский шпиц, ши-тцу, йоркширский терьер, лхаса апсо, английский бульдог, бостон-терьер	2013	$10,7 \pm 0,5$
Индийский шпиц	2016	$10,21 \pm 0,13$
Лабрадор-ретривер	2016	$10,39 \pm 0,19$
Такса	2017	$10,3$
Норвич-терьер	2019	$10,6 \pm 0,6$
Австралийская пастушья собака	2019	$10,5 \pm 0,4$
Мальтийская болонка	2021	$9,53 \pm 0,46$
Бретонский эпаньоль	2021	$10,6 \pm 0,2$
Чихуахуа	2021	$10,0 \pm 0,6$
	2022	$9,66 \pm 0,36$
Вельш-корги пемброк	2022	$9,36 \pm 0,27$
Кавалер-кинг-чарльз-спаниель	2022	$10,08 \pm 0,56$
Американский стаффордширский терьер	2023	$10,9 \pm 0,6$

В обзор были включены также литературные источники, рассматривающие требования к технике получения рентгенограмм и перспективы применения технологии искусственного интеллекта для расчета VHS.

В 2008 г. была опубликована работа, описывающая влияние использования левой или правой латеральной проекции у собак при расчете VHS. Исследование проводилось на 63 здоровых собаках. VHS был незначительно выше при положении лежа на правом боку ($9,8 \pm 0,6$) по сравнению с левым ($9,5 \pm 0,8$). Пол и размер собаки существенно не влияли на показатели VHS [30].

В 2015 г. проведено исследование, целью которого было оценить вариабельность показателей VHS, вызванную сердечными и дыхательными циклами у собак породы бигль. В эксперименте принимали участие 14 особей, которых подвергали рентгеноскопическому исследованию,

VHS измеряли в момент фазы вдоха и фазы выдоха, а также во время систолы и диастолы в положении лежа на левом и правом боку. Сравнивали среднее значение VHS в пределах сердечной и дыхательной фаз и между ними. Среднее значение VHS для каждой фазы дыхательного и сердечного циклов было больше на изображениях, полученных в положении лежа на правом боку по сравнению с положением лежа на левом боку. Наибольшие различия наблюдались между VHS в диастолической фазе вдоха ($10,59 \pm 0,49$ и $10,35 \pm 0,50$ для правой и левой латеральной проекции соответственно) и систолической фазе выдоха ($10,11 \pm 0,37$ и $9,92 \pm 0,50$ для правой и левой латеральной проекции соответственно). Результаты исследования подчеркивают, что клиницистам необходимо знать о потенциальном влиянии этих факторов при оценке VHS у собак [31].

Перспективным направлением для рентгенодиагностики в ветеринарной медицине является применение технологии искусственного интеллекта (ИИ) для расчета кардиовертебрального индекса. В исследовании 2021 г. ученые сравнили результаты измерения VHS у кошек и собак, выполненные искусственным интеллектом и двумя сертифицированными специалистами [1]. Использовались 30 рентгенограмм грудной клетки собак и 30 рентгенограмм грудной клетки кошек в латеральных проекциях. Изображения были оценены каждым специалистом с использованием двух различных методов определения короткой оси сердца на рентгенограммах собак: оригинального подхода, опубликованного Buchanan JW, и модифицированного подхода, и только методом Buchanan JW для рентгенограмм кошек. В целом, показатели VHS, рассчитанные искусственным интеллектом, рентгенологом и кардиологом, имели высокую степень согласия как у собак, так и у кошек (коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC) = 0,998). Способность ИИ, обученного находить контрольные точки VHS, согласована с ручными расчетами специалистов как для кошек, так и для собак. Данное исследование показывает, что такой компьютеризированный метод может стать важным преимуществом для ветеринарных врачей общей практики, позволив ограничить вариабельность в интерпретации результатов и получить более сопоставимые показатели VHS с течением времени [1].

Список литературы / References

1. Boissady E, De La Comble A, Zhu X, Abbott J, Adrien-Maxence H. Comparison of a Deep Learning Algorithm vs. Humans for Vertebral Heart Scale Measurements in Cats and Dogs Shows a High Degree of Agreement Among Readers. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;8:764570. <http://doi.org/10.3389/fvets.2021.764570>
2. Buchanan JW, Bücheler J. Vertebral Scale System to Measure Canine Heart Size in Radiographs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1995;206(2):194–199. <http://doi.org/10.2460/javma.1995.206.02.194>
3. Nakayama H, Nakayama T, Hamlin RL. Correlation of Cardiac Enlargement as Assessed by Vertebral Heart Size and Echocardiographic and Electrocardiographic Findings in Dogs with Evolving Cardiomegaly Due to Rapid Ventricular Pacing. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2001;15(3):217–221. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2001\)015%3C0217:coceaa%3E2.3.co;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2001)015%3C0217:coceaa%3E2.3.co;2)
4. Litster AL, Buchanan JW. Vertebral Scale System to Measure Heart Size in Radiographs of Cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2000;216(2):210–214. <http://doi.org/10.2460/javma.2000.216.210>
5. Lamb CR, Tyler M, Boswood A, Skelly BJ., Cain M. Assessment of the Value of the Vertebral Heart Scale in the Radiographic Diagnosis of Cardiac Disease in Dogs. *Veterinary Record*. 2000;146(24):687–690. <http://doi.org/10.1136/vr.146.24.687>
6. Ghadiri A, Avizeh R, Rasekh A, Yadegari A. Radiographic Measurement of Vertebral Heart Size in Healthy Stray Cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2008;10(1):61–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfms.2007.06.015>
7. Sleeper M.M, Buchanan JW. Vertebral Scale System to Measure Heart Size in Growing Puppies. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2001;219(1):57–59. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.219.57>
8. Bavegems V, Van Caelenberg A, Duchateau L, Sys SU, Van Bree H, De Rick A. Vertebral Heart Size Ranges Specific for Whippets. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2005;46(5):400–403. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00073.x>
9. Marin LM, Brown J, McBrien C, Baumwart R, Samii VF, Couto CG. Vertebral Heart Size in Retired Racing Greyhounds. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2007;48(4):332–334. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00252.x>
10. Kraetschmer S, Ludwig K, Meneses F, Nolte I, Simon D. Vertebral Heart Scale in the Beagle Dog. *Journal of Small Animal Practice*. 2008;49(5):240–243. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5827.2007.00531.x>

Обсуждение и заключение. Обзор и анализ научной литературы, посвященной применению метода определения кардиовертебрального индекса у собак и кошек при рентгенодиагностике грудной полости, позволил сделать следующие выводы:

1. Исследования в области расчета кардиовертебрального индекса у собак и кошек ведутся в трех основных направлениях: определение показателей VHS у животных в норме и при патологии; требования к технике получения рентгенограмм для расчета кардиовертебрального индекса; применение технологии искусственного интеллекта для расчета VHS у собак и кошек.
2. Методика расчета кардиовертебрального индекса в ветеринарии зарекомендовала себя как действующая альтернатива другим, более трудоемким и дорогостоящим методам диагностики кардиоমেгалий у кошек и собак. Она может применяться в ветеринарных клиниках для определения кардиогенного или некардиогенного статуса пациента.
3. Дальнейшие исследования могут быть направлены на получение новых данных в области видовых, породных, возрастных, физиологических и патологических особенностей показателя VHS у собак и кошек.
4. Опыт применения искусственного интеллекта в ветеринарной рентгенодиагностике показывает его перспективность для расчета VHS у животных.

11. Guglielmini C, Diana A, Pietra M, Di Tommaso M, Cipone M. Use of the Vertebral Heart Score in Coughing Dogs with Chronic Degenerative Mitral Valve Disease. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2009;71(1):9–13. <https://doi.org/10.1292/jvms.71.9>
12. Jepsen-Grant K, Pollard RE, Johnson LR. Vertebral Heart Scores in Eight Dog Breeds. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2013;54(1):3–8. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2012.01976.x>
13. Sleeper MM, Roland R, Drobatz KJ. Use of the Vertebral Heart Scale for Differentiation of Cardiac and Noncardiac Causes of Respiratory Distress in Cats: 67 Cases (2002–2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2013;242(3):366–371. <http://dx.doi.org/10.2460/javma.242.3.366>
14. Guglielmini C, Toaldo MB, Poser H, Menciotti G, Cipone M, Cordella A, Contiero B., Diana A. Diagnostic Accuracy of the Vertebral Heart Score and Other Radiographic Indices in the Detection of Cardiac Enlargement in Cats with Different Cardiac Disorders. *Journal of Feline Medicine and Surgery*. 2014;16(10):812–825. <https://doi.org/10.1177/1098612x14522048>
15. Bodh D, Hoque M, Saxena AC, Gugjoo MB, Bist D, Chaudhary JK. Vertebral Scale System to Measure Heart Size in Thoracic Radiographs of Indian Spitz, Labrador Retriever and Mongrel Dogs. *Veterinary World*. 2016;9(4):371–376. <http://doi.org/10.14202/vetworld.2016.371-376>
16. Birks R, Fine DM, Leach SB, Clay SE, Eason BD, Britt LG. et al. Breed-Specific Vertebral Heart Scale for the Dachs-hund. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2017;53(2):73–79. <http://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-6474>
17. Анников В.В., Анникова Л.В., Егунова А.В., Михалкин А.С., Пантюлин А.М., Шайхразиева Э.Ш. Динамика изменений торакальных рентгенограмм у собак, больных эндокардиозом АВ-клапанов на доклинической стадии при терапии ингибитором АПФ и антагонистом альдостерона. В: *Сборник статей XII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании»*. Пенза, 05 июля 2019 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.); 2019. С. 324–329.
- Annikov VV, Annikova LV, Yegunova AV, Mikhalkin AS, Pantyulin AM, Shaykhraziyeva ESh. Dynamics of Changes in Thoracic Radiographs in Dogs with Endocardial AV Valves at the Preclinical Stage during Therapy with an Ace Inhibitor and an Aldosterone Antagonist. In: *Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference “Innovative technologies in science and education”*. Penza, July 05, 2019. Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gul-yaev G.Yu.) Publ.; 2019. P. 324–329. (In Russ.)
18. Taylor CJ, Simon BT, Stanley BJ, Lai GP, Thieman Mankin KM. Norwich Terriers Possess a Greater Vertebral Heart Scale than the Canine Reference Value. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2020;61(1):10–15. <https://doi.org/10.1111/vru.12813>
19. Luciani MG., Withoef J.A., Cardoso Pisetti H.M., de Souza L.P., Sombrio M.S., Bach E.C. et al. Vertebral Heart Size in Healthy Australian Cattle Dog. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2019;48(3):264–267. <https://doi.org/10.1111/ahe.12434>
20. Sak D, Pazvant G. Estimation of Vertebral Heart Size and Cardiothoracic Ratio in Persian Cats. *Anatomia, Histo-logia, Embryologia*. 2021;50(3):543–549. <https://doi.org/10.1111/ahe.12659>
21. Baisan RA, Vulpe V. Vertebral Heart Size and Vertebral Left Atrial Size Reference Ranges in Healthy Maltese Dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2022;63(1):18–22. <https://doi.org/10.1111/vru.13027>
22. Kallassy A, Calendrier E, Bouhsina N, Fusellier M. Vertebral Heart Scale for the Brittany Spaniel: Breed-Specific Range and Its Correlation with Heart Disease Assessed by Clinical and Echocardiographic Findings. *Veterinary Sciences*. 2021;8(12):300. <https://doi.org/10.3390/vetsci8120300>
23. Puccinelli C, Citi S, Vezzosi T, Garibaldi S, Tognetti R. A Radiographic Study of Breed-Specific Vertebral Heart Score and Vertebral Left Atrial Size in Chihuahuas. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2021;62(1):20–26. <https://doi.org/10.1111/vru.12919>
24. Tangpakornsak T, Saisawart P, Sutthigran S, Jaturunratsamee K, Tachampa K, Thanaboonpipat C, et al. Thoracic Vertebral Length-to-Height Ratio, a Promising Parameter to Predict the Vertebral Heart Score in Normal Welsh Corgi Pembroke Dogs. *Veterinary Sciences*. 2023;10(2):168. <https://doi.org/10.3390/vetsci10020168>
25. Bagardi M, Locatelli C, Manfredi M, Bassi J, Spediacci C, Ghilardi S. et al. Breed-Specific Vertebral Heart Score, Vertebral Left Atrial Size, and Radiographic Left Atrial Dimension in Cavalier King Charles Spaniels: Reference Interval Study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2022;63(2):156–163. <https://doi.org/10.1111/vru.13036>
26. Ito D. Vertebral Heart Size is Associated with Cardiac Enlargement in Chihuahuas with Myxomatous Mitral Valve Disease. *Canadian Veterinary Journal*. 2022;63(6):627–632.
27. Сенчук, И.В., Моцарь К.А., Мальгинов Д.Е. Значение инструментальных методов исследования при ком-плексной диагностике дилатационной кардиомиопатии у собак. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2023;(33(196)):115–124.

Senchuk IV, Mozar KA, Malginov DE. The Importance of Instrumental Research Methods in the Complex Diagnosis of Dilated Cardiomyopathy in Dogs. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavriydy*. 2023;(33(196)):115–124. (In Russ.)

28. Szpinda O, Parzeniecka-Jaworska M, Czopowicz M, Jońska I, Bonecka J, Jank M. Cardiological Reference Intervals in Adult American Staffordshire Terrier Dogs. *Animals*. 2023;13(15):2436. <https://doi.org/10.3390/ani13152436>

29. Ross ES, Visser LC, Sbardellati N, Potter BM, Ohlendorf A, Scansen BA. Utility of Vertebral Left Atrial Size and Vertebral Heart Size to Aid Detection of Congestive Heart Failure in Dogs with Respiratory Signs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2023;37(6):2021–2029. <https://doi.org/10.1111/jvim.16918>

30. Greco A, Meomartino L, Raiano V, Fatone G, Brunetti A. Effect of Left vs. Right Recumbency on the Vertebral Heart Score in Normal Dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2008;49(5):454–455. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2008.00406.x>

31. Olive J, Javard R, Specchi S, Bélanger MC, Bélanger C, Beauchamp G, et al. Effect of Cardiac and Respiratory Cycles on Vertebral Heart Score Measured on Fluoroscopic Images of Healthy Dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2015;246(10):1091–1097. <https://doi.org/10.2460/javma.246.10.1091>

Об авторах:

Шмаренкова Юлия Сергеевна, старший преподаватель кафедры ветеринарии и физиологии животных факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), [SPIN-код](#), [ORCID](#), 1shmarenkova_11@mail.ru

Акчурин Сергей Владимирович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарной медицины института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49) [SPIN-код](#), [ORCID](#), sakchurin@rgau-msha.ru

Габедава Маргарита Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), [SPIN-код](#), [ORCID](#), gabedava.margo@yandex.ru

Спасская Татьяна Аркадьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), [SPIN-код](#), [ORCID](#), ta_spasskaya@mail.ru

Воронкова Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных факультета ветеринарной медицины и зоотехнии Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (248007, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), [SPIN-код](#), [ORCID](#), olgha121267@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Ю.С. Шмаренкова: поиск и анализ научных статей, подготовка текста, формирование выводов.

С.В. Акчурин: научное руководство, корректировка текста и выводов.

М.А. Габедава: доработка текста.

Т.А. Спасская: помощь в доработке текста.

О.А. Воронкова: помощь в доработке текста.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Yulia S. Shmarenkova, Senior Lecturer of the Veterinary Medicine and Animal Physiology Department, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev (27, Vishnevsky Str., Kaluga, 248007, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), 1shmarenkova_11@mail.ru

Sergey V. Akchurin, Dr. Sci. (Veterinary Medicine), Professor of the Veterinary Medicine Department, Institute of Animal Science and Biology, Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), sakchurin@rgau-msha.ru

Margarita A. Gabedava, Cand. Sci. (Agricultural Science) Associate Professor of the Veterinary Medicine and Animal Physiology Department, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev (27, Vishnevsky Str., Kaluga, 248007, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), gabedava.margo@yandex.ru

Tatyana A. Spasskaya, Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Veterinary Medicine and Animal Physiology Department, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University —Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev (27, Vishnevsky Str., Kaluga, 248007, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), ta_spasskaya@mail.ru

Olga A. Voronkova, Cand. Sci. (Agricultural Science), Associate Professor of the Veterinary Medicine and Animal Physiology Department, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University —Moscow Agricultural Academy Named after K.A. Timiryazev (27, Vishnevsky Str., Kaluga, 248007, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), olgha121267@mail.ru

Claimed Contributorship:

YuS Shmarenkova: search and analysis of scientific articles, text preparation, formulating the conclusions.

SV Akchurin: scientific supervision, correcting the text and conclusions.

MA Gabedava: refining the text.

TA Spasskaya: assistance in refining the text.

OA Voronkova: assistance in refining the text.

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию / Received 31.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.04.2025

Принята к публикации / Accepted 30.04.2025