

УДК: 621.384.3:617.577-07:636.1

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.373

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЙ СТРЕЛКИ КОПЫТА У ЛОШАДЕЙ

Кириллов А.А.* — канд. ветеринар. наук, ветеринарный врач;
Стекольников А.А. — д-р ветеринар. наук, проф., академик РАН (ORCID 0000-0002-9519-2839); Макарова Е.С. — ветеринарный врач.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины»

* Layka1981@mail.ru

Ключевые слова: термография, заболевания копыт, лошади, корреляция, гниение стрелки, теплокровные породы.

Keywords: thermography, hoof diseases, horses, correlation, arrow rot, warm-blooded breeds.

Поступила: 25.01.2025

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

Здоровые копыта имеют большое значение для нормальной жизни лошади, они несут вес животного и амортизируют ударную силу при каждом движении, защищая суставы от повреждения. При нагрузке копыто усиливает кровоснабжение конечности. Проблемы с копытами могут привести к хромоте, вызывая дискомфорт у лошади и потенциально ведет к выходу из тренинга. Для оценки здоровья копыт существуют различные методы. В ветеринарной практике широко используются рентгенография, УЗИ, компьютерная томография — КТ, магнитно-резонансная томография — МРТ. Все эти методы требуют специального и дорогостоящего оборудования, а также физических манипуляций с лошадьми. Термография — это неинвазивный диагностический метод, который включает сканирование температуры поверхности животного для поиска областей, представляющих потенциальные сосудистые изменения. Поскольку термография является неинвазивным и недорогим методом, ее можно использовать для обнаружения ранних изменений до возникновения хромоты. Для проведения исследования в 2024 г. в условиях конноспортивных комплексов Санкт-Петербурга и Ленинградской области было отобрано 15 здоровых лошадей и 15 лошадей с диагнозом гниение стрелки. Проведено термографическое исследование по изучению температуры копыта со здоровой стрелкой и копыт с ее гниением. На основании проведенных исследований сделан анализ. Исследование показало, что у здоровых животных достоверных различий между парными копытами не обнаружено, в то время как у животных, имеющих гниение стрелки отмечено различие температуры. Сравнение групп при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни показал статистически значимое отклонение температуры с подошвенной поверхности в области стрелки у животных с её поражением.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Для оценки здоровья копыт существуют различные методы. В ветеринарной практике широко используются рентгенография, УЗИ, компьютерная томография — КТ, магнитно-резонансная томография — МРТ [1, 2, 5, 9, 10]. Все эти методы требуют специального и дорогостоящего оборудования, а также физических манипуляций с лошадьми. [5,8,10].

Термографическое исследование является безвредным методом [1, 4]. При термографическом методе исследуемая анатомическая область не подвергается рентгеновскому излучению, как при рентгенографии; не требуется помещения ее в электромагнитное поле, как при магнитно-резонансной томографии. Данный метод является бесконтактным, позволяющий проводить исследования опасных объектов и может дать представление о воспалительных процессах, влияющих на приток крови к дистальному отделу конечности [6].

Изучая литературные источники, было отмечено широкое применение термографии, как метод исследования при заболеваниях конечностей у лошадей с целью изучения изменения температуры различных отделов конечности при хромоте, поражениях сухожилий, абсцессах, ламините, новиккулярном синдроме, травмах сухожилий. [3,4,7]. Отмечена единичная информация по исследованию температуры копыт у здоровых лошадей теплокровных пород. Но при этом отсутствуют данные по изучению температуры копыт лошадей непосредственно с гниением стрелки.

В связи с этим перед нами была поставлена **цель**: провести сравнительный анализ температуры здоровых копыт и копыт с поражением стрелки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследование проводили в 2024 году на базе конно-спортивных клубов Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Для исследования были подобраны лошади теплокровных пород. Контрольная группа 15 здоровых животных и

опытная группа 15 голов с клиническими признаками гниения стрелки.

Предварительно перед обследованием изучали условия содержания, степень нагрузки при тренировочном процессе. Определяли сроки планового обслуживания копыт животных. Ректальная температура составляла от 37 до 38 °С у лошадей обеих групп.

Перед началом исследования лошади не подвергались тренировочному процессу.

Все животные были обследованы на наличие травм опорно-двигательного аппарата осмотром. Тест на сгибание для выявления хромоты у животных контрольной и опытной групп был отрицательный. При помощи щипцов пробников для копыт проводили обследование подошвы и стрелки на чувствительность.

При необходимости применяли механическую обработку пораженной стрелки.

Измерения для каждой лошади в исследовании проводились при температуре воздуха 18–26 °С без экстремальной жары или холода. Тепловые изображения и измерения были сделаны на расстоянии 0,5–1 м. Фокус прибора настраивали строго на исследуемую зону.

Съемку проводили в сухом без сквозняков месте при отсутствии солнечных лучей. Обследуемые животные были чистыми и находились в помещении, где проводилось обследование не менее 30 мин.

Исследованию подвергались правое и левое (парные) копыта грудных и тазовых конечностей. Съемку проводили с дорсальной поверхности копыта, а также с подошвенной поверхности в области стрелки.

Инфракрасное термографическое исследование проводили при помощи термографа для мобильных устройств Thermal Expert Q1 Plus | I3 Systems.

Статистический анализ проводили при помощи пакета статистических программ SPSS 26.0

Сравнение групп проводили при помощи непараметрического критерия Манна-

Уитни. Сравнение внутри групп проводили при помощи парного критерия Вилкоксона. Описательная статистика представлена в виде среднего, стандартного отклонения, медианы и квартилей. Критический уровень статистической значимости $p = 0,05$

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

В ходе исследования температуры копыта с дорсальной и с подошвенной поверхности в области стрелки у животных контрольной группы методом термографии достоверных различий не установлено (таб. 1, 2), (рис. 1, 2).

В таблице 1, 2 видно, что с дорсальной поверхности разница (дельта) температуры между парными копытами была равномерной и варьировалась от 0 до $0,3^{\circ}$, общая температура копыта1 среднем составила $31,1^{\circ} \pm 2,1^{\circ}$, копыта2 $31,1^{\circ} \pm 2,1^{\circ}$. Идентичная картина с равномерной температурой просматривается в области стрелки с подошвенной поверхности разница (дельта) которой варьировалась от 0 до $0,4^{\circ}$ среднее значение общей температуры копыта1 составила $33,1^{\circ} \pm 1,5^{\circ}$, копыта2 $32,9^{\circ} \pm 1,5^{\circ}$.

В процессе исследования установлено достоверное изменение температуры копыта с дорсальной поверхности, а также в области стрелки с подошвенной поверхности у животных опытной группы, которые имели поражения стрелки (таб. 2, 3).

Так, у животных опытной группы в отличие от контрольной при обследовании копыта с дорсальной поверхности отмечено различие в температуры у 5 животных между парными копытами, т.е. здоровым и больным, разница (дельта) температуры между ними варьировалась от $0,2^{\circ}$ до $2,2^{\circ}$ среднее значение общей температуры копыта1 составило $29,3^{\circ} \pm 2,7^{\circ}$, копыта2 $29,0^{\circ} \pm 2,8^{\circ}$ (таб. 2, 3), (рис. 3).

Изменение температуры в области стрелки с подошвенной поверхности между парными копытами в опытной группе отмечено у 15 животных. Разница между копытами (дельта) варьировалась в пределах от $0,1^{\circ}$ до $2,2^{\circ}$ среднее значение общей температуры копыта1 составило $32,7^{\circ} \pm 2,0^{\circ}$, копыта2 $31,7^{\circ} \pm 2,2^{\circ}$ (таб. 2, 3), (рис. 4)

Таблица 1 – Температура копыта с дорсальной поверхности контрольной группы животных

Животные	Температура $^{\circ}\text{C}$ копыта 1 с дорсальной поверхности	Температура $^{\circ}\text{C}$ копыта 2 с дорсальной поверхности	Дельта	Температура $^{\circ}\text{C}$ копыта 1 в области стрелки	Температура $^{\circ}\text{C}$ копыта 2 в области стрелки	Дельта
1	28,8	28,8	0	30,6	30,7	0,1
2	29	28,9	0,1	32,8	32,5	0,3
3	28,4	28,2	0,2	30,3	30,7	0,4
4	28,4	28,4	0	32,7	32,5	0,2
5	32,3	32,3	0	33,6	33,6	0
6	31	30,8	0,2	31,9	31,9	0
7	30,9	31	0,1	33,9	33,8	0,1
8	32,7	32,6	0,1	34,2	34,4	0,2
9	32,5	32,8	0,3	35,1	35	0,1
10	32,3	32,3	0	33,6	33,6	0
11	29,2	29,2	0	30,4	30,1	0,3
12	33,7	33,7	0	34,7	34,5	0,2
13	34	34	0	33,6	33,5	0,1
14	29,3	29,3	0	33,7	33,7	0
15	34	34	0	33,6	33,5	0

Примечание: Копыто 1 и Копыто 2 – это парные копыта.

Таблица 2 – Описательная статистика

Группа животных		Копыто1 дорсальной поверхности	Копыто2 дорсальной поверхности	Дельта	Критерий Вилкоксона	Копыто1 в области стрелки	Копыто2 в области стрелки	Дельта	Критерий Вилкоксона
Контрольная	Количество животных	15	15	15	P=0,595	15	15	15	P=0,280
	Среднее	31,1 °C	31,1 °C	0,01		33,0 °C	32,9 °C	0,05	
	Среднеквадратическое отклонение	2,1	2,1	0,12		1,5	1,5	0,18	
	Медиана	31,0°C	31,0°C	0,00		33,6°C	33,5°C	0,10	
	Процентиль 25	29,0°C	28,9°C	0,00		31,9°C	31,9°C	0,00	
	Процентиль 75	32,7°C	32,8°C	0,10		33,9°C	33,8°C	0,20	
Опытная	Количество животных	15	15	15	P=0,043	15	15	15	P=0,001
	Среднее	29,3 °C	29,0 °C	0,33		32,7 °C	31,7 °C	0,97	
	Среднеквадратическое отклонение	2,7	2,8	0,65		2,0	2,2	0,66	
	Медиана	30,6°C	29,4°C	0,00		32,9°C	31,9°C	1,00	
	Процентиль 25	27,5°C	26,9°C	0,00		30,9°C	29,9°C	0,30	
	Процентиль 75	31,8°C	31,1°C	0,30		34,4°C	33,9°C	1,30	
	Критерий Манна Уитни	P=0,203				P<0,0001			

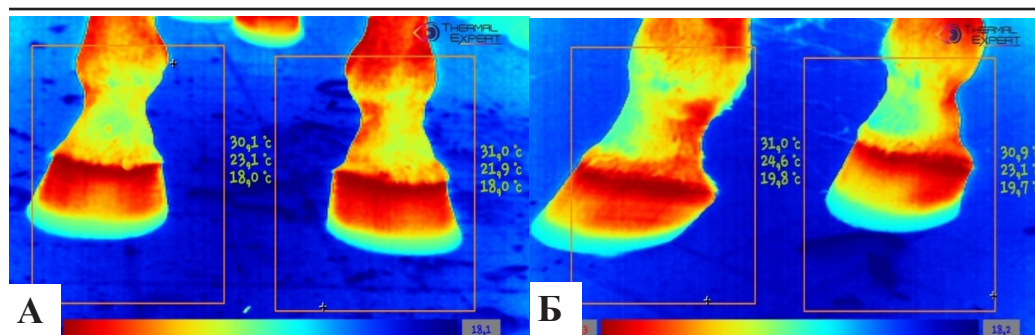


Рисунок 1 – Термографическое изображение с дорсальной поверхности здоровых копыт лошади. А-копыта грудных конечностей; Б-копыта тазовых конечностей.

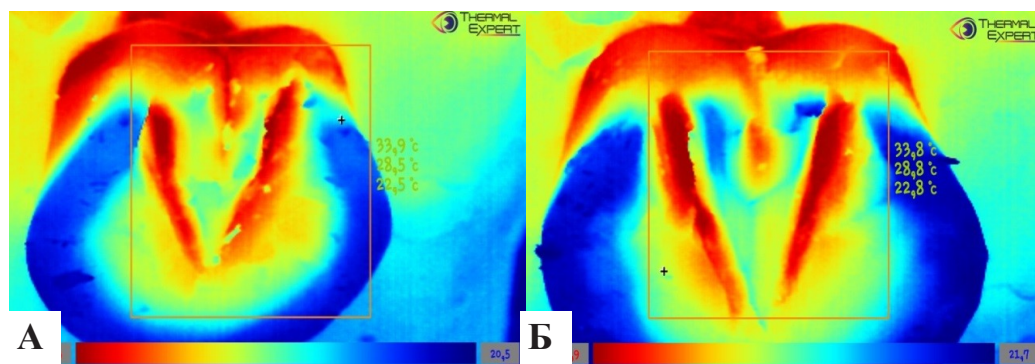


Рисунок 2 – Термографическое изображение с подошвенной поверхности в области стрелки у здоровых копыт лошади. А-правое копыто; Б-левое копыто.

Таблица 3 – Температура копыта с дорсальной поверхности опытной группы животных

Животные	Температура °С копыта 1 с дорсальной поверхности	Температура °С копыта 2 с дорсальной поверхности	Дельта	Температура °С копыта 1 в области стрелки	Температура °С копыта 2 в области стрелки	Дельта
1	32	31,1	0,9	34,4	33,4	1
2	30,7	29,4	1,3	32,9	31,9	1,3
3	28,3	28	0,3	32,9	32,1	0,8
4	27,2	25	2,2	30,9	28,7	2,2
5	26,9	26,9	0	31,6	30,8	0,8
6	32,5	32,5	0	34,4	34,3	0,1
7	31,8	31,8	0	35,5	34,4	1,1
8	32,8	32,8	0	35,5	34,2	1,3
9	27,4	27,4	0	30,7	29,9	0,8
10	27,6	27,6	0	32,8	30,6	2,2
11	30,7	30,5	0,2	32,6	32,4	0,2
12	31,1	31,1	0	34,1	33,9	0,2
13	30,6	30,6	0	32,9	31,9	1
14	25,2	25,2	0	29,5	27,9	1,6
15	24,4	24,4	0	29,3	29	0,3

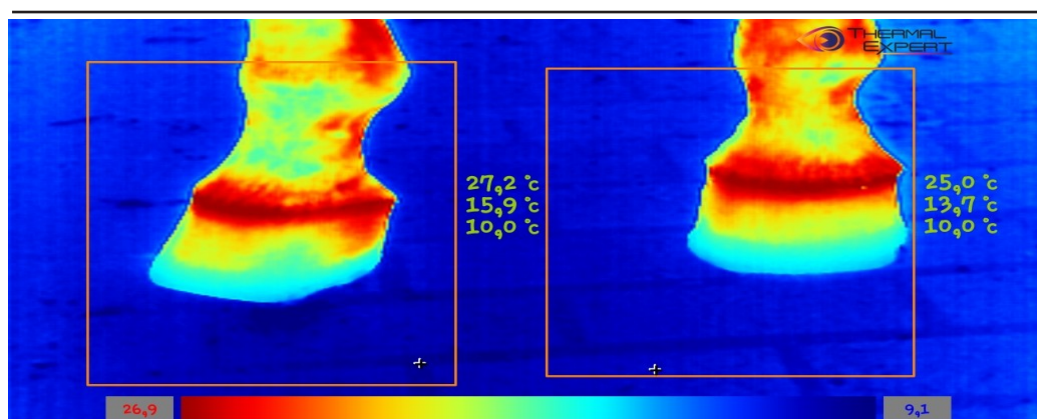


Рисунок 3 – Разница температуры копыт при гниении стрелки с дорсальной поверхности копыта лошади.

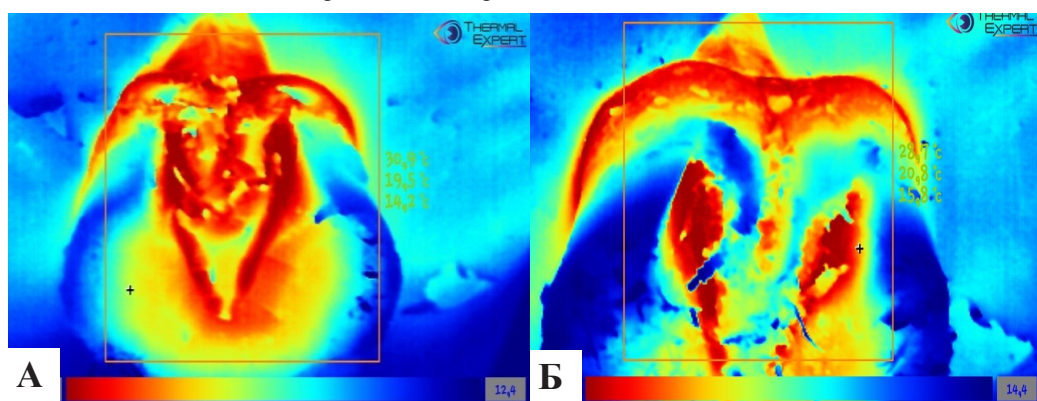


Рисунок 4 – Разница температуры копыт при гниении стрелки с подошвенной поверхности копыт лошади. А-правое копыто с гниением стрелки; Б-левое здоровое копыто.

На основании проведенных исследований и полученных данных сделан анализ.

Результат, полученный при сравнении группы здоровых животных и группы животных с поражениями стрелки показал достоверные различия температуры с подошвенной поверхности в области стрелки. Сравнение групп при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни показал не значимое изменение температуры с дорсальной поверхности $P=0,203$, в то время, как с подошвенной поверхности в области стрелки отмечено статистически значимое изменение $P<0,0001$.

Анализ результатов, полученных при

внутригрупповом сравнении с применением критерия Вилкоксона показал, что у здоровых животных разница показателей температуры между парными копытами с дорсальной поверхности была незначительной $P=0,595$, пиковое значение разницы (дельты) ее составляла $0,3^\circ$.

Так же не отмечено достоверных различий $P=0,280$ в данной группе при оценке температуры в области стрелки между парными копытами, где разница температуры (дельта) была в пределах до $0,4^\circ$.

Данные результаты говорят о том, что здоровое животное равномерно распределяет нагрузку на все копыта, не испытывает дискомфорта и болевых ощущений

на копытах при опоре. Присутствие незначительной разницы температуры копыт в пределах до $0,4^{\circ}$ между парными копытами можно объяснить влиянием внешних факторов окружающей среды, разницы температуры напольного покрытия при исследовании, а также присутствие незначительного движения воздуха. [8]

Противоположная картина просматривается у животных с поражением стрелки. При ее оценке с дорсальной поверхности и внутригрупповом сравнении парных копыт с использованием критерия Вилкоксона была установлена статистически достоверная разница $P=0.043$, дельта температуры доходила до $2,2^{\circ}$.

Вместе с этим, достоверные различия $P=0,001$ установлены при исследовании температуры в области стрелки с её поражениями, где дельта температуры так же доходила до $2,2^{\circ}$.

Такое локальное повышение температуры в области стрелки можно объяснить наличием воспалительного процесса, так называемого гниения стрелки. Присутствие данного процесса приводит к тому, что животное не полностью опирается на копыто с поражением стрелки, компенсируя это распределением веса тела на здоровые копыта. Как результат, копыта с поражением имеют большую температуру за счет увеличенного притока крови, в отличие от здоровых копыт, где приток крови уменьшается в следствии опоры и распределения на них излишнего веса с пораженного копыта [2].

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Результат проведенного исследования устанавливает стойкую корреляцию между наличием у лошадей воспаления стрелки копыта и отклонениями показаний термографического исследования пораженной конечности от референсных значений. На основании полученных результатов мы можем рекомендовать практическое применение термографической диагностики как доступный в полевых условиях метод подтверждения диагноза гниения стрелки копыта. Термографическое исследование дает возможность по-

лучить числовые показатели температурных отклонений и наглядное изображение патологических изменений, связанных с процессом воспаления, что позволяет задокументировать результаты диагностики и обеспечивает объективную оценку терапевтического ответа. Своевременное подтверждение диагноза и точная оценка ответа на терапию позволяют избежать хронизации гниения стрелки копыта, сократить сроки и стоимость лечения, что в свою очередь способствует сохранению работоспособности спортивной лошади необходимой для результативности тренировочного процесса.

PRACTICAL APPLICATION OF THERMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF HOOF ARROW PATHOLOGIES IN HORSES

Kirillov A.A.* – Candidate of Veterinary Sciences; Stekolnikov A.A. – Doctor of Veterinary Sciences; Makarova E.S. – Veterinarian.

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

* Layka1981@mail.ru

ABSTRACT

Healthy hooves are essential for the normal life of the horse, they carry the weight of the animal and cushion the impact force of each movement, protecting the joints from damage. Under load, the hoof increases blood flow to the limb. Hoof problems can lead to lameness causing discomfort to the horse and potentially leading to withdrawal from training. There are various methods for assessing hoof health. In veterinary practice, radiography, ultrasound, computed tomography (CT), and magnetic resonance imaging (MRI) are widely used. All of these methods require special and expensive equipment, as well as physical manipulation of horses. Thermography is a non-invasive diagnostic technique that involves scanning the animal's surface temperature to look for areas representing potential vascular changes. Because thermography is non-invasive and inexpensive, it can be used to detect early changes

before lameness occurs. Fifteen healthy horses and 15 horses diagnosed with arrowroot rot were selected for the study in 2024 under the conditions of equestrian complexes in St. Petersburg and the Leningrad region. A thermographic study of hoof temperature with healthy arrowroot and hooves with arrowroot thrush was carried out. Analyses were made based on the studies. The study showed that in healthy animals there were no significant differences between paired hooves, while in animals with arrowhead thrush there was a difference in temperature. Comparison of groups using non-parametric Mann-Whitney test showed statistically significant deviation of temperature from the plantar surface in the area of the arrow in animals with arrow lesions.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковач М. Ортопедические заболевания лошадей. Современные методы диагностики и лечения. / М.: «Королевский издательский дом», 2013. С. 76-78.
2. Титова Е.В., Захаров А.Ю. Сравнить степень информативности современных методов диагностики спортивных лошадей // Международный вестник ветеринарии. 2022. №3. С. 279
3. Захаров А.Ю., Горохов В.Е., Нарусбаева М.А., Стекольников А.А., Барч К.И., Бокарев А.В. Флебографические и термографические исследования ламинита у лошадей после ортопедического подковывания копыт // Иппология и ветеринария. 2022. № 2 (44). С. 7-15.
4. Cristian Zaha, Evaluation of Thermal Changes of the Sole Surface in Horses with Palmar Foot Pain: A Pilot Study/ Larisa Schuszler, Roxana Dascalu // Biology. - 2023. No. 12(3). P. 423
5. Russell L. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Equine Musculoskeletal Conditions / Tucker M.S., Ronald D.S // Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 2001. –No.17. – P. 145–157.
6. Radaelli V. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications. / Bergero D., Zucca E., Ferrucci F., Costa L., Crosta L., Luzi F.// J. Equine Vet. Sci. 2014. – No.34. – P.345–350.

7. Turner T.A. Diagnosis and treatment of the navicular syndrome in horses. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1989. – No.5. – P.131–144.
8. Turner T.A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1991. – No.7. – P.311–318.
9. Von Schweinitz D.G. Thermographic diagnosis in equine back pain. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1999. – No.15. – P.161–177.
10. Widmer W.R. Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse / Buckwalter K.A., Fessler J.F., Hill M.A., Van Sickle D., Inavchevic S. // Vet. Radiol. Ultrasound. 2000. – No.41. – P.108–116.

REFERENCES

1. Kovacs M. Orthopaedic diseases of horses. Modern methods of diagnosis and treatment. / M.: 'Royal Publishing House', 2013. С. 76-78.
2. Titova E.V., Zakharov A.Yu. Compare the degree of informativeness of modern methods of diagnostics of sport horses // International Veterinary Gazette. 2022. №3. С. 279
3. Zakharov AY, Gorokhov VE, Narusbaeva MA, Stekolnikov AA, Barch KI, Bokarev AV Phlebographic and thermographic studies of laminitis in horses after orthopaedic shoeing hooves // Hippology and Veterinary Medicine. 2022. № 2 (44). С. 7-15.
4. Cristian Zaha, Evaluation of Thermal Changes of the Sole Surface in Horses with Palmar Foot Pain: A Pilot Study/ Larisa Schuszler, Roxana Dascalu // Biology. - 2023. No. 12(3). P. 423
5. Russell L. Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Equine Musculoskeletal Conditions / Tucker M.S., Ronald D.S // Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 2001. –No.17. – P. 145–157.
6. Radaelli V. Use of thermography techniques in equines: Principles and applications / Bergero D., Zucca E., Ferrucci F., Costa L., Crosta L., Luzi F.// J. Equine Vet. Sci. 2014. – No.34. – P.345–350.
7. Turner T.A. Diagnosis and treatment of

- the navicular syndrome in horses. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1989. – No.5. – P.131–144.
8. Turner T.A. Thermography as an aid to the clinical lameness evaluation. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1991. – No.7. – P.311–318.
9. Von Schweinitz D.G. Thermographic diagnosis in equine back pain. Vet. Clin. N. Am. Equine Pract. 1999. – No.15. – P.161–177.
10. Widmer W.R. Use of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging for evaluation of navicular syndrome in the horse / Buckwalter K.A., Fessler J.F., Hill M.A., Van Sickle D., Inavchevic S. //Vet. Radiol. Ultrasound. 2000. – No.41. – P.108–116.