

2. Chabaev, M.G. Effektivnost ispolzovaniya silosa kukuruznogo, prigotovlennogo s vneseniem biologicheskogo preparata, v ratsionakh rastushchego molodnyaka krupnogo rogatogo skota / M.G. Chabaev, R.V. Nekrasov, E.V. Tuaeveva, Zh.N. Ramazanov // Kormoproizvodstvo. – 2024. – No. 6. – S. 38-43. – DOI: 10.30906/1562-0417-2024-6-38-43.

3. Bogatyreva, E.V. Vliyanie biologicheskikh konservantov na izmenenie pitatelnosti i energeticheskoy tsennosti silosa, prigotovlennogo iz bobovo-zlakovykh komponentov v usloviyakh vologodskogo regiona / E.V. Bogatyreva, P.A. Fomenko, E.A. Tretyakov, N.A. Shchekuteva // Molochnokhozyaystvennyy vestnik. – 2025. – No. 2 (58). – S. 46-63. – DOI: 10.52231/2225-4269_2025_2_46.

4. Vorobeva, L.I. Propionovokislye bakterii / L.I. Vorobeva. – Moskva: Izd-vo MGU, 1995. – 288 s.

5. Sheyda, E.V. Effektivnaya znachimost raznykh variantov zagotovki fermentirovannykh kormov / E.V. Sheyda, O.V. Kvan, V.V. Grechkina, Yu.A. Sechnev, A.V. Kharlamov // Agrarnaya nauka. – 2024. – No. 6. – S. 87-92. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-383-6-87-92.

6. Ott, E.F. Izuchenie regionalnykh shtammov laktobatsill i vvedenie ikh v sostav bakterialnoy zakvaski dlya biokonservirovaniya kormov / E.F. Ott, T.N. Orlova, I.A. Funk, R.V. Dorofeev // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 6 (188). – S. 132-137.

7. Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K., et al. (2006). Use of absorbants and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian Journal of Animal Science*. 86. 97-107.



УДК 57.089.67

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-258-4-67-72

М.К. Салман
M.K. Salman

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ 3D-МОДЕЛИРУЕМЫХ НАПРАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО СТЕНОЗА У СОБАК

USE OF CUSTOM 3D-MODELED GUIDES FOR THE TREATMENT OF LUMBOSACRAL STENOSIS IN DOGS

Ключевые слова: компьютерная томография, пояснично-крестцовый стеноз, хирургическое лечение, собаки, 3D-моделирование, индивидуальные направлятели, дорсальная ламинэктомия, стабилизация сегмента, транспедикулярная фиксация, гайды-направлятели.

Представлен метод лечения пояснично-крестцового стеноза у собак с использованием 3D-моделируемых направлятелей. Четырём собакам, имеющим пояснично-крестцовый стеноз, средней возрастной группы (5-8 лет), пород – немецкая овчарка и метисы, не имеющим противопоказаний к общей анестезии, с характерными симптомами, проводились дорсальная ламинэктомия и стабилизация сегмента L7 и S1 (L7 – последний поясничный позвонок, S1 – 1-й крестцовый) транспедикулярной конструкцией с использованием 3D-моделируемых гайдов-направлятелей. Окончательный диагноз был поставлен по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ), в рамках одной общей анестезии проведена компьютерная томография (КТ), необходимая для моделирования гайдов-направлятелей в 3D-ре-

дакторе BonaPlanner v 1.1.0. Гайды-направлятели печатали на 3D-принтере anycubic photon m3 max из фотополимера Harz Labs Dental Clear Pro. У 3 собак хирургическое лечение с использованием 3D-моделируемых направлятелей прошло успешно, у 1 собаки в ходе операции головки транспедикулярных винтов оказались слишком крупными для того, чтобы стоять параллельно, из-за чего 1 из винтов в поясничном позвонке пришлось установить каудальнее, что не оказало влияния на стабильность конструкции, однако заняло больше времени при выполнении хирургического вмешательства. После проведения хирургического лечения пояснично-крестцового стеноза с использованием 3D-моделирования все собаки чувствовали себя хорошо, не испытывали проблем при вставании и болей. В результате исследования можно заключить, что использование 3D-моделируемых направлятелей позволяет сократить время проведения дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией и снизить степень травматизации тканей за счет прицельного скелетирования позвонков. Данный метод лечения имеет ряд минусов: высокая стоимость, ско-

рость изготовления имплантов, необходимость выполнения КТ, однако представляет способ усовершенствования стандартной техники операции, являясь перспективным направлением в лечении пояснично-крестцового стеноза у собак.

Keywords: *computed tomography, lumbosacral stenosis, surgical treatment, dogs, 3D modeling, custom guides, dorsal laminectomy, segment stabilization, transpedicular fixation, guide wires.*

A method of treating lumbosacral stenosis in dogs using 3D-modeled guiding templates is discussed. Four dogs with confirmed lumbosacral stenosis, of middle age, including German Shepherds and mixed-breed dogs, without contraindications to general anesthesia and exhibiting characteristic clinical signs, underwent dorsal laminectomy and stabilization of the seventh lumbar (L7) and first sacral (S1) segments (L7 - the last lumbar vertebra; S1 - the first sacral vertebra) using a transpedicular fixation system assisted by 3D-modeled

guides. The final diagnosis in all cases was made based on magnetic resonance imaging (MRI). Within the same general anesthesia session, computed tomography (CT) was performed to obtain the data required for guide modeling in the 3D software BonaPlanner v1.1.0. The guides were printed on an Anycubic Photon M3 Max 3D printer using Harz Labs Dental Clear Pro photopolymer resin. Surgical treatment using 3D-modeled guides was successful in three of the four dogs. In one dog, the heads of the transpedicular screws were too large to be placed strictly parallel; therefore, one of the screws in the lumbar vertebra had to be inserted more caudally. This did not affect the stability of the construct but extended the duration of the surgical procedure. Following surgical treatment of lumbosacral stenosis using 3D modeling technology, all dogs recovered well, without difficulties rising or signs of pain. The results suggest that the use of 3D-modeled guides may reduce the time required for dorsal laminectomy and L7-S1 transpedicular stabilization, as well as decrease the degree of tissue trauma due to more precise screw placement.

Салман Мишель Карамович, аспирант, Институт «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана», ФГБОУ ВО Казанский ГАУ, г. Казань, Российская Федерация, e-mail: salmanvet@mail.ru.

Salman Mishel Karamovich, post-graduate student, Institute Kazan State Academy of Veterinary Medicine, Kazan State Agricultural University, Kazan, Russian Federation, e-mail: salmanvet@mail.ru.

Введение

Пояснично-крестцовый стеноз – это состояние, характеризующееся локальным сужением просвета спинномозгового канала в области поясничного (L7) и крестцового (S1) (L7 – последний поясничный позвонок, S1 – первый крестцовый) отделов позвоночного столба, приводящее к компрессии спинного мозга и/или его корешков (рис. 1) [1].

Нестабильность между L7-S1 позвонками, приводящая к пояснично-крестцовому стенозу, вероятно, вызвана наследственной предрасположенностью. Так, немецкие овчарки являются абсолютными лидерами по данному заболеванию [2, 3, 10].

Хроническая нестабильность приводит к комплексу проблем, значительно ухудшающим качество жизни собак. Основными клиническими проявлениями являются боли в спине, двигательные нарушения и изменения в поведении животных.

Глобально все методы лечения пояснично-крестцового стеноза можно разделить на консервативные и хирургические. Хирургическое вмешательство является одним из основных методов лечения. Выбор метода зависит от степени неврологического дефицита, возраста, кар-

тины по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ), противопоказаний к проведению общей анестезии, телосложения, лекарственного анамнеза и ряда других факторов [2].

Наименее травматичный метод – дорсальная ламинэктомия. Выполняется дорсальная (верхняя) декомпрессия корешков (иногда при выраженной протрузии можно также выполнить дискотомию) (рис. 2) [3, 4].

Наиболее классический метод – дорсальная декомпрессия и стабилизация сегмента. В данном случае после декомпрессии устанавливается транспедикулярная конструкция для обездвиживания сегмента в положении тракции для обеспечения наиболее комфортного положения корешков, без сдавливания на уровне фораминальных отверстий [5, 6]. Если компрессия фораминальная (т.е. по фораминальным отверстиям), выполняется латеральная фораминомия – расширение фораминальных отверстий для уменьшения сдавливания корешков [7, 8].

Использование 3D-моделируемых гайдов-направителей и имплантов для стабилизации сегмента может применяться при любой из методик стабилизации. Операция предварительно моделируется в 3D-редакторе, после чего печатаются направители и, если необходимо, им-

планты, позволяя быстрее и менее инвазивно выполнить коррекцию патологического состояния. Метод имеет ряд минусов, однако на дан-

ный момент это самое перспективное направление в хирургии пояснично-крестцового стеноза [9, 10].

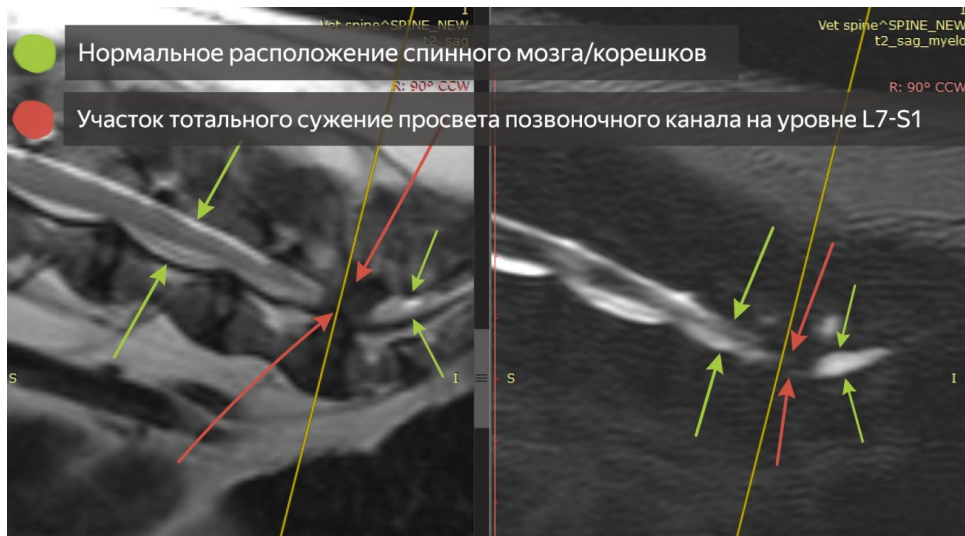


Рис. 1. Пояснично-крестцовый стеноз на МРТ

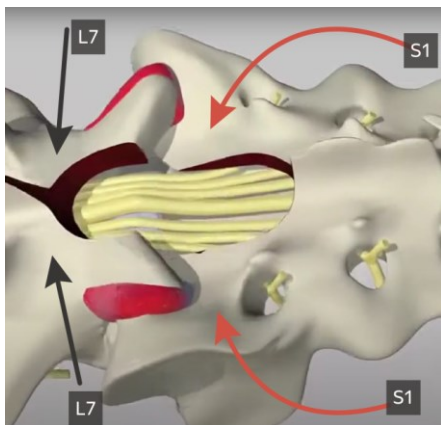


Рис. 2. Дорсальная ламинэктомия (схематично)

Цель исследования: проанализировать использование 3D-моделируемых направителей при проведении дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией как метод лечения пояснично-крестцового стеноза у собак.

Задача исследования: определить эффективность использования индивидуальных 3D-моделируемых гайдов-направителей при хирургическом лечении пояснично-крестцового стеноза у собак.

Объекты и методы

Работа выполнена на базе центра ветеринарной неврологии, нейрохирургии и травматологии «Нейровет». С использованием Фотополномерного принтера anycubic photon m3 max, фотополимера Harz Labs Dental Clear Pro, программы для 3D-моделирования VonaPlanner v 1.1.0.

Объектом исследования послужили 4 собаки возрастом от 7 до 10 лет, пород – немецкая овчарка и метисы, с подтвержденным, по результатам МРТ, пояснично-крестцовым стенозом, не имеющие противопоказаний к общей анестезии. Всем собакам дополнительно была выполнена компьютерная томография (КТ).

Метод исследования

Собакам выполняли хирургическое лечение пояснично-крестцового стеноза – дорсальную ламинэктомию и стабилизацию сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией мультиаксиальными винтами с использованием 3D-моделирования, а именно индивидуальных гайдов-направителей. Фиксация мультиаксиальными винтами была выбрана как наиболее надежный метод транспедикулярной фиксации [12, 13]. Гайды-направители представляют своего рода накладку на кость, в которых имеются заранее смоделированные в программе отверстия под спицу/сверло в строго заданной плоскости. Направители формируются индивидуально по анатомическим ориентирам позвонков, что позволяет выполнить операцию, заранее спроектированную в программе.

Экспериментальная часть

Дорсальная ламинэктомия и стабилизация сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией проводились 4 собакам с использованием индивидуального 3D-моделирования (рис. 3).

Клинически у собак наблюдались спонтанные боли, тяжесть при вставании. На фоне приема препаратов отмечается положительная динамика, после отмены боли возвращались. Предварительно были исключены все прочие возможные причины болезненности (инфекции ЦНС, дископатии и прочие патологии шейного и грудно-поясничного отделов, ортопедические патологии, абдоминальные боли), так как симптоматика некоторых заболеваний может быть схожа с пояснично-крестцовым стенозом [11].

Вместе с МРТ была сразу выполнена КТ пояснично-крестцового сочленения для дальнейшего 3D-планирования в случае, если операция все же потребует. Оба исследования выполнены в рамках одной анестезии.

Первым делом в программе моделируется проведение винтов, далее определяется площадь, в рамках которой будет установлен будущий гайд-направитель. Далее совместно с биоинженером формируется конечный вид гайдов-направителей, и, после их утверждения, направители печатают с помощью фотополимерного принтера anycubic photon m3 max из фотополимера Harz Labs Dental Clear Pro.

Этап доступа выполняется так же, как при классической методике операции, но после скелетирования позвонков вместо того, чтобы приступать к фрезерованию ламинэктомического

отверстия, на позвонки предварительно накладывают направлятели и выполняют просверливание отверстий для будущей конструкции. Отверстия точно соответствуют таковым на 3D-модели, из-за чего положение транспедикулярной конструкции получается более надежным. Само рассверливание при этом занимает значительно меньше времени, а травматичность снижается за счет того, что скелетировать нужно только место под установку гайда, а не все анатомические структуры-ориентиры.

После рассверливания каналов под винты ламинэктомия и установка транспедикулярной конструкции проводятся в уже готовые отверстия.

В ходе операции у одной из собак возникли сложности при установке конструкции. Головки транспедикулярных винтов оказались слишком крупными для того, чтобы они стояли параллельно, из-за чего один из винтов в поясничном позвонке пришлось установить каудальнее. На стабильность конструкции это не оказало влияния.

После установления конструкции была выполнена рентгенограмма, где выявлено, что длины и направления всех винтов соответствуют предоперационному планированию, за исключением каудального винта в поясничном позвонке, его установили согласно общепринятой методике введения.

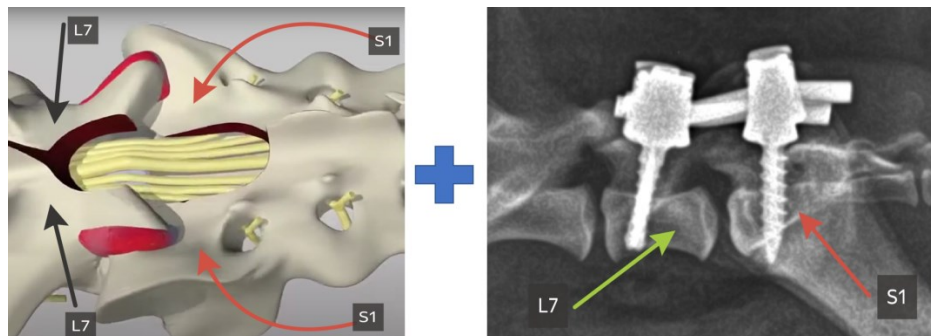


Рис. 2. Дорсальная ламинэктомия и стабилизация L7-S1. Схематичное изображение + послеоперационный рентген

Через месяц после операции состояние этой собаки определялось как стабильное, боли и сложности при вставании животное более не испытывало. При проведении дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией с использованием индивидуальных 3D-моделируемых направителей у 3 других собак не возникло проблем, и хирургическое вмешательство было выполнено согласно смоделированной ранее операции в программе BonaPlanner v 1.1.0.

Результаты и их обсуждение

При проведении дорсальной ламинэктомии и стабилизации сегмента L7-S1 транспедикулярной конструкцией использование индивидуальных 3D-моделируемых направителей является способом усовершенствования стандартной техники операции. Такой метод позволяет выполнить операцию быстрее и свести к минимуму травматизацию тканей.

Основными минусами при использовании 3D-моделируемых направителей являются:

- Скорость изготовления. Гайды-направители необходимо сначала смоделировать в программе, затем напечатать на принтере, поэтому для животных, которым необходима неплановая (экстренная) операция, этот метод пока не используется.

- Необходимость КТ снимков. В ветеринарии индивидуальное моделирование невозможно без выполнения компьютерной томографии. У животных такая манипуляция требует анестезиологического сопровождения, что является значимым минусом для животных с высоким анестезиологическим риском.

- Стоимость. В последнее время вопрос стоимости лечения становится все более актуальным. К примеру, изготовление (полный цикл от моделирования до доставки, без учета стоимости самой операции) импланта для стабилизации шейного отдела (пластина и 2 индивидуальных направителя) стоит 400\$, КТ – около 130\$, в то время как использование классической транспедикулярной конструкции обойдется владельцам в 170-300\$, цены актуальны на ноябрь 2025 г.

Заключение

1. Использование индивидуальных 3D-моделируемых направителей является на сегодняшний день одним из самых перспективных направлений в хирургии пояснично-крестцового стеноза.

2. Такая техника имеет ряд минусов при хирургическом лечении пояснично-крестцового стеноза: необходимость выполнения КТ для печати гайдов-направителей, более долгое относительно стандартной методики время ожидания операции за счет процессов моделирования и печати имплантов.

3. Однако актуальность использования 3D-моделируемых направителей при лечении пояснично-крестцового стеноза обусловлена значительным облегчением выполнения операции за счет снижения скорости ее выполнения, минимальной травматизации и повышенной точности позиционирования транспедикулярных винтов.

Библиографический список

1. Scharf, G., Steffen, F., Grünfelder, F., Morgan, J. P., Flückiger, M. (2004). The lumbosacral junction in working German shepherd dogs -- neurological and radiological evaluation. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology,*

Clinical Medicine, 51(1), 27–32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00587.x>

2. Worth, A., Meij, B., & Jeffery, N. (2019). Canine Degenerative Lumbosacral Stenosis: Prevalence, Impact and Management Strategies. *Veterinary Medicine (Auckland, N.Z.),* 10, 169–183. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S180448>.

3. Suwankong, N., Meij, B. P., Voorhout, G., de Boer, A. H., Hazewinkel, H. A. (2008). Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T.,* 21(3), 285–293.

4. Козлов Н. А. Опыт лечения дегенеративного пояснично-крестцового стеноза (синдром конского хвоста) у собак / Н. А. Козлов, А. Б. Склярова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (159), С. 141-144.

5. Tellegen, A. R., Willems, N., Tryfonidou, M. A., Meij, B. P. (2015). Pedicle screw-rod fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. *BMC Veterinary Research,* 11, 299. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0614-3>.

6. Smolders, L. A., Voorhout, G., van de Ven, R., et al. (2012). Pedicle screw-rod fixation of the canine lumbosacral junction. *Veterinary Surgery: VS,* 41(6), 720–732. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2012.00989.x>.

7. Gödde, T., Steffen, F. (2007). Surgical treatment of lumbosacral foraminal stenosis using a lateral approach in twenty dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Veterinary Surgery: VS,* 36(7), 705–713. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00324.x>

8. Andrade Gomes, S., Lowrie, M., Targett, M. (2018). Long-term outcome following lateral foraminotomy as treatment for canine degenerative lumbosacral stenosis. *The Veterinary Record,* 183(11), 352. <https://doi.org/10.1136/vr.104741>.

9. Toni, C., Oxley, B., Clarke, S., Behr, S. (2021). Accuracy of Placement of Pedicle Screws in the Lumbosacral Region of Dogs Using 3D-Printed Patient-Specific Drill Guides. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T.,* 34(1), 53–58. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716840>.

10. Применение 3D-моделирования в ветеринарии / П. В. Везуб, Е. А. Яковлева, Д. А. Мосенц, А. С. Романова. – Текст: непо-

средственый // Дневник науки: электронный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 1-8.

11. Плотникова Д. Д. Дегенеративные заболевания межпозвонковых дисков у собак, находящиеся в условиях домашнего содержания / Д. Д. Плотникова, М. Н. Лебедев. – Текст: электронный // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 167-169. – URL: <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.3.167> (дата обращения: 24.02.2026).

12. Оперативная коррекция дегенеративного пояснично-крестцового стеноза у собак / Ю.А. Ватников, С. А. Ягников, Д. В. Шпиньков, И. А. Руснак. – Текст: электронный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2022. – № 12. – С. 161-167. – URL: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-161-167> (дата обращения: 24.02.2026).

13. Zindl, C., Litsky, A. S., Fitzpatrick, N., Allen, M. J. (2018). Kinematic behavior of a novel pedicle screw-rod fixation system for the canine lumbosacral joint. *Veterinary Surgery: VS*, 47(1), 114–124. <https://doi.org/10.1111/vsu.12742>.

References

1. Scharf, G., Steffen, F., Grünenfelder, F., Morgan, J. P., Flückiger, M. (2004). The lumbosacral junction in working German shepherd dogs -- neurological and radiological evaluation. *Journal of Veterinary Medicine. A, Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 51(1), 27–32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2004.00587.x>

2. Worth, A., Meij, B., & Jeffery, N. (2019). Canine Degenerative Lumbosacral Stenosis: Prevalence, Impact and Management Strategies. *Veterinary Medicine (Auckland, N.Z.)*, 10, 169–183. <https://doi.org/10.2147/VMR.S180448>.

3. Suwankong, N., Meij, B. P., Voorhout, G., de Boer, A. H., Hazewinkel, H. A. (2008). Review and retrospective analysis of degenerative lumbosacral stenosis in 156 dogs treated by dorsal laminectomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T.*, 21(3), 285–293.

4. Kozlov, N. A. Opyt lecheniya degenerativnogo poyasnichno-kresttsovogo stenoza (sindrom konskogo khvosta) u sobak / N. A. Kozlov, A. B. Sklyarova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 1 (159). – S. 141-144.

5. Tellegen, A. R., Willems, N., Tryfonidou, M. A., Meij, B. P. (2015). Pedicle screw-rod

fixation: a feasible treatment for dogs with severe degenerative lumbosacral stenosis. *BMC Veterinary Research*, 11, 299. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0614-3>.

6. Smolders, L. A., Voorhout, G., van de Ven, R., et al. (2012). Pedicle screw-rod fixation of the canine lumbosacral junction. *Veterinary Surgery: VS*, 41(6), 720–732. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2012.00989.x>.

7. Gödde, T., Steffen, F. (2007). Surgical treatment of lumbosacral foraminal stenosis using a lateral approach in twenty dogs with degenerative lumbosacral stenosis. *Veterinary Surgery: VS*, 36(7), 705–713. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2007.00324.x>

8. Andrade Gomes, S., Lowrie, M., Targett, M. (2018). Long-term outcome following lateral foraminotomy as treatment for canine degenerative lumbosacral stenosis. *The Veterinary Record*, 183(11), 352. <https://doi.org/10.1136/vr.104741>.

9. Toni, C., Oxley, B., Clarke, S., Behr, S. (2021). Accuracy of Placement of Pedicle Screws in the Lumbosacral Region of Dogs Using 3D-Printed Patient-Specific Drill Guides. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology: V.C.O.T.*, 34(1), 53–58. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1716840>.

10. Verezubova N. A. Ispolzovanie 3-D modelirovaniya v veterinarii / N. A. Verezubova, O. A. Yakovleva, P. A. Mosenz, E. D. Romanova // Dnevnik nauki. – 2024. – No. 12 (96).

11. Plotnikova, D. D. Degenerativnye zabolovaniya mezhpozvonkovykh diskov u sobak, nakhodyashchikhsya v usloviyakh domashnego soderzhaniya / D. D. Plotnikova, M. N. Lebedev // Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. – 2022. – No. 3. – S. 167-169. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.3.167.

12. Vilkovyskiy I. F. Operativnaya korrektsiya degenerativnogo poyasnichno-kresttsovogo stenoza u sobak / I. F. Vilkovyskiy, Yu. A. Vatinov, S. A. Yagnikov [i dr.] // Vestnik KrasGAU. – 2022. – No. 12 (189). – S. 161-167. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-12-161-167.

13. Zindl, C., Litsky, A. S., Fitzpatrick, N., Allen, M. J. (2018). Kinematic behavior of a novel pedicle screw-rod fixation system for the canine lumbosacral joint. *Veterinary Surgery: VS*, 47(1), 114–124. <https://doi.org/10.1111/vsu.12742>.

