



АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ВИНТОВ ПОД НАГРУЗКОЙ В ТЕЛАХ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ И ИХ ИСКУССТВЕННЫХ ИМИТАТОРОВ

Вилковский Илья Федорович¹, канд.ветеринар.наук, доц.
Ягников Сергей Александрович¹, д-р.ветеринар.наук, проф.
Ватников Юрий Анатольевич¹, д-р.ветеринар.наук
Гаврюшенко Николай Свиридович², д-р.техн.наук
Фомин Леонид Владимирович², канд.физ.-мат.наук

¹ Российский университет дружбы народов, Россия

² Испытательной лаборатории медицинских изделий и материалов, Россия
"НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова" Минздрава РФ, Россия

РЕФЕРАТ

Устойчивость металлоконструкций является наиболее острым вопросом при проведении операций в области позвоночного столба, и в этой связи необходим поиск альтернативных моделей для изучения возможностей их применения. В основу работы положено определение начальных усилий, приводящих к смещению винта из своего исходного положения внутри позвонков и их имитаторов. В исследовании были использованы кадаверные позвонки, а также модели, выполненные на 3D-принтере из различных возобновляемых источников. Все образцы позвонков были проанализированы на способность устойчивой фиксации в них винтов посредством воздействия автоматизированной силы тяги. В результате было установлено, что синтетический материал, состоящий из термопластического полимера, полученного из кукурузного крахмала, показал наиболее близкие характеристики устойчивости (удержания) кортикальных винтов к позвонкам полученным из кадаверного материала.

Ключевые слова. Собаки, кадаверный позвонок, металлоконструкция, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Оперативные вмешательства на позвонках у животных стали повседневной практикой большинства специализированных клиник, и дискуссия в отношении оптимального оперативного подхода с каждым годом приобретает все более широкий масштаб. В этой связи проблема устойчивости металлоконструкций является наиболее острой при проведении операций в области позвоночного столба, ведь огромная двигательная и мышечная нагрузка на позвоночный столб требует от фиксатора определенной устойчивости, а учитывая конфигурацию объекта, его физическое состояние, ограниченный выбор металлоконструкций, точки введения винтов заставляют находить пути оптимального их применения. Разработка имитаторов позвонков является залогом стандартизации хирургического доступа и приема при патологиях позвоночного столба, ведь моделирование металлоконструкций на имитаторах позволит отработать все возможные приемы обеспечивая как визуальную, так и тактильную составляющую работы хирурга.

Основу металлических фиксаторов составляют винты, и их надежная установка в структурные компоненты позвонка является залогом успешно проведенной операции [2, 3, 7, 8]. В исследовании М. Hofstetter et al. (2009) [4], К.А. Agnello et al. (2010) [1] приведены обширные данные о вариантах использования металлоконструкций на кадаверных позвонках шейного отдела позвоночника у собак. Но следует отметить, что использование кадаверного материала за-

труднено; сложно найти идентичные позвонки у собак из-за разного возраста, живой массы, их плотности и размеров. Вместе с этим, другим способом исследования хирургических методик стало моделирование позвонков из смол, пластика, нейлона и других материалов. Так, Р. Lewchalermwong et al. (2018) для разработки системы фиксации винтов и стержней использовали модели из высокомолекулярного полиэтилена [6], что поддержало усилия в данной области и поиск материалов для имитаторов позвонков у животных, обладающих всеми необходимыми характеристиками для устойчивости винтов, многообразием типоразмеров, становится все более востребованным и необходимым элементом при подготовке к операциям на позвоночнике.

Цель исследования. Определить начальные усилия, приводящие к смещению винта из своего исходного положения внутри позвонков и их имитаторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в испытательной лаборатории медицинских изделий и материалов ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава РФ и Сети ветеринарных центров «МедВет», департаменте ветеринарной медицины РUDH.

В работе использовали позвонки собак – кадаверный материал с металлическим винтом в сборе (n=3). Позвонки взяты у эутаназированных животных в возрасте 5 лет, не имеющих структурной и функциональной патологии шейного

отдела (С6) позвоночного столба (образцы для исследований маркированы как Образец 1, 1-1, 1-2). Кроме того, мы апробировали синтетические материалы из акрилонитрилбутадиенстирола, полиэтилен терефталата и синтетического полимера – нейлона, а также термопластического полимера полимолочной кислоты полученный из кукурузного крахмала, которые использовали для выполнения имитаторов позвонков на 3D-принтере Sybercom. После получения готового имитатора позвонка использовали их в сборе с металлическим винтом ($n=4$) (образцы исследований маркированы нами как Образец 2, 3, 4, 5) (Рис.1). В каждый позвонок установили кортикальный винт диаметром 3,5 мм. Винт вводили в тело позвонка с перфорацией только одной кортикальной поверхности.

Испытания проведены на электромеханической испытательной машине LFM-50 Walter and Bai (Швейцария). Параметры 0-50 кН, скорость нагружения 0-500 мм/мин. Точность измерения 0,5%. Климатические условия по ГОСТ 15150-69: температура воздуха – 18°C; относительная влажность 64%; атмосферное давление 98 кПа (745 мм рт. ст.).

Образцы позвонков и их имитаторов помещали в рабочую зону испытательной установки LFM-50 и фиксировали с помощью специальной оснастки (Рис. 2, 3).

Процесс извлечения винтов из образцов позвонков происходил посредством приложения к соответствующему винту усилия тяги вдоль оси винта. При испытании на извлечение винта из тела позвонка скорость перемещения составляла 5 мм/мин. В процессе испытания на извлечение винтов определяли текущие показания силы и перемещения нагружающего захвата испытательной машины. Данные фиксировали в цифровом формате и отображали в виде графика на мониторе компьютера испытательной установки. Статистическую обработку осуществляли посредством программного обеспечения Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные научной литературы показывают, что биомодели все чаще используются при планировании операций, это позволило хирургам прорабатывать особенности представленного случая путем визуализации и тактильного манипулирова-

ния анатомической копией [5, 9], что безусловно является все более востребованным, так как оперативное вмешательство должно быть однократным и импровизация во время оперативного приёма, может обернуться серьёзными осложнениями.

В результате исследований проведен анализ диаграмм механического испытания на извлечение винта из тела позвонка (кадаверный материал и их имитаторы). Определены начальные усилия, приводящие к смещению винта из своего исходного положения внутри тела позвонка. Результаты приведены в таблице 1. Цифровые значения собственных исследований, отображенные в графической форме, показали динамику механических усилий, приводящую к смещению винта из своего исходного положения внутри тела позвонка. Так, при исследовании кадаверного материала, усилие тяговой силы на винты составило в представленных образце от 0,2 кН, до 0,54 кН (Рис. 4, 5). При этом, значимой разницы в количественном показателе отмечено не было, что дает основание считать идентичность образцов кадаверного материал.

При исследовании отпечатанных на 3D-принтере имитаторов позвонков нами установлено, что наибольшая сила тяги вдоль оси винта пришлось на образец 5 и составила 0,49 кН. Близкое значение получено нами в образце 2 (0,48 кН). Значения образца 3 уступали предыдущим и составили 0,46 кН. Наименьшее значение было продемонстрировано образцом 4, которое было отмечено на уровне 0,18 кН, что конечно же говорит о недостаточной прочности примененного нами материала (Рис. 6).

Графические изменения на представленных диаграммах продемонстрировали схожую динамику воздействия силы тяги на установленные в телах позвонков винты. Нагрузочный тест испытательной установки показал подъем кривой диаграммы как в кадаверных позвонках, так и в их имитаторах. Увеличение нагрузки было в диапазоне 0,46-0,54 кН, после чего сила воздействия на винт превосходила сопротивление материалов и винт свободно выходил из тела позвонка.

Проведенные исследования показали, что нагрузки, соответствующие смещению винта из исходного положения в теле позвонка или имитатора как кадаверного образца, так и имитаторов



Рисунок 1. Внешний вид образцов (Позвонок темного цвета из кадаверного материала).

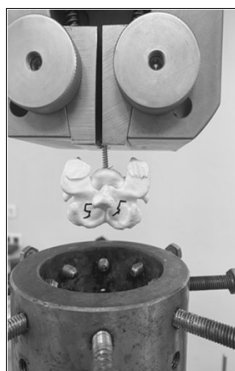


Рисунок 2. Процесс закрепления образца в специальной оснастке.

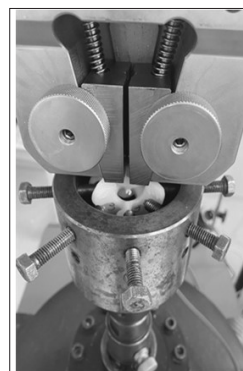


Рисунок 3. Образец в процессе испытания

Таблица 1.

Количественный показатель начальных усилий, приводящий к смещению винта из своего исходного положения внутри тела позвонка

Номер образца кадаверного позвонка	Усилия на извлечение винта, кН	Номер образца имитаторов позвонков	Усилия на извлечение винта, кН
Образец 1	0,2	Образец 2	0,48
Образец 1-1	0,4	Образец 3	0,46
Образец 1-2	0,54	Образец 4	0,18
Среднее арифметическое значение полученных усилий	0,38	Образец 5	0,49

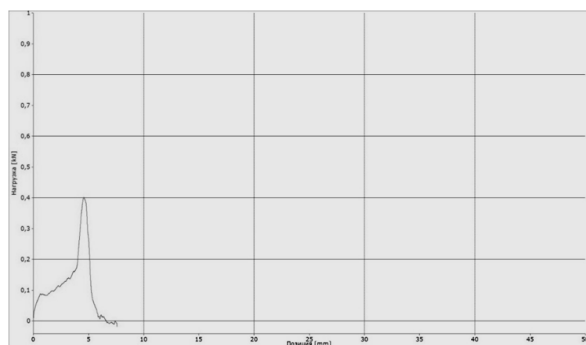


Рисунок 4. Диаграмма механического испытания на извлечение винта из тела позвонка (кадаверный материал). Образец 1-1.

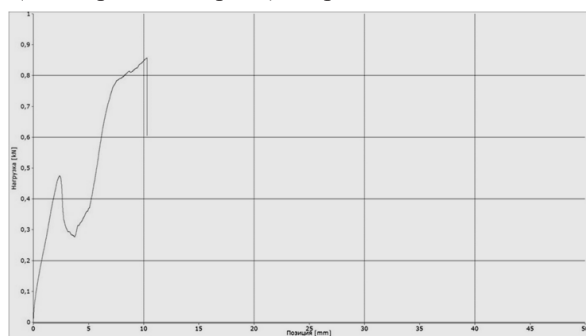


Рисунок 6. Диаграмма механического испытания на извлечение винта из имитатора позвонка. Образец 2.

образцов лежат в единой области от 0 до 5 мм по абсолютным деформациям. Этот факт позволяет прогнозировать применение всех исследуемых имитаторов позвонков в качестве потенциальных заменителей нативного позвонка животного. Определение начальных усилий, приводящих к смещению винтов из своего исходного положения внутри имитаторов позвонков, позволяет сделать вывод о возможности применения имитаторов (Образцы 2, 3, 5) в ортопедической практике. Значения, наиболее приближенные к результатам исследования кадаверных позвонков, наблюдались у образца 2 (термопластический полимер, полученный из кукурузного крахмала). Этот вывод имеет место, т.к. соответствующие усилия для извлечения винтов в указанных образцах превышают среднее арифметическое значение полученных усилий образцов 1, 1-1 и 1-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что синтетический

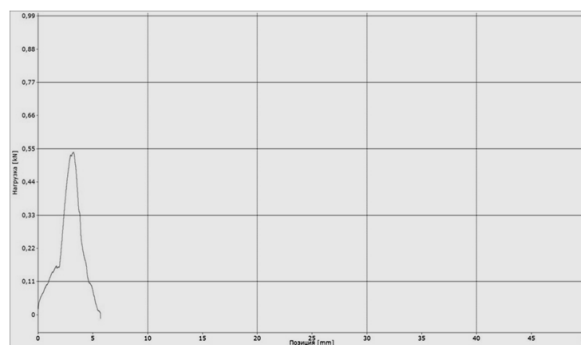


Рисунок 5. Диаграмма механического испытания на извлечение винта из тела позвонка (кадаверный материал). Образец 1.2

материал, состоящий из термопластического полимера, полученного из кукурузного крахмала, показал наиболее близкие характеристики устойчивости (удержания) кортикальных винтов к позвонкам, полученным из кадаверного материала. Следовательно, выполненные на-3D принтере позвонки позволяют изучать возможность крепления на их теле различные металлоконструкции. Данный полимер можно использовать в качестве модели для изучения возможностей создания и применения различных металлоконструкций при моделировании методов коррекции патологии позвоночного столба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Agnello K.A., Kapatkin A.S., Garcia T.C., Hayashi K., Welihozkiy A.T., Stover S.M. Intervertebral biomechanics of locking compression plate monocortical fixation of the canine cervical spine // Vet Surg. – 2010. - №39(8). – P. 991-1000.
2. D'Urso P.S., Askin G., Earwaker J.S., et al. Spinal Biomechanics // Spine. – 1999. - №24. – P. 1247-1251.
3. Hermann A., Voumard B., Waschke M.A., Hettlich B.F., Forterre F. In Vitro Biomechanical Comparison of Four Different Ventral Surgical Procedures on the Canine Fourth-Fifth Cervical Vertebral Motion Unit // Vet Comp Orthop Traumatol. – 2018. - №31(6). – P. 413-421.
4. Hofstetter M., Gédet P., Doherr M., Ferguson S.J., Forterre F. Biomechanical analysis of the three-dimensional motion pattern of the canine cervical spine segment C4-C5 // Vet Surg. – 2009. - №38(1). – P. 49-58.
5. Izatt M.T., Thorpe P.L.P.J., Thompson R.G., et al. The use of physical biomodelling in complex spinal surgery // Eur Spine J. – 2007. - №16. – P. 1507-1518.

6. Lewchalermwong P., Suwanna N., Meij B.P. Canine Vertebral Screw and Rod Fixation System: Design and Mechanical Testing // *Vet Comp Orthop Traumatol.* – 2018. - №31(2). – P. 95-101.
 7. Vizcaíno Revés N., Bürki A., Ferguson S., Geissbühler U., Stahl C., Forterre F. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study // *Vet Surg.* – 2012. - №41(2). – P. 228-234.

8. Waran V., Narayanan V., Karuppiiah R., et al. Utility of multimaterial 3D printers in creating models with pathological entities to enhance the training experience of neurosurgeons // *J Neurosurg.* – 2014. - №120. – P. 489-492.
 9. Wurm G., Tomancok B., Pogady P., et al. Cerebrovascular stereolithographic biomodeling for aneurysm surgery // *J Neurosurg.* - 2004. - №100. – P. 139-145.

ANALYSIS OF SCREWS STABILITY UNDER LOAD IN THE BODIES OF CERVICAL VERTEBRAE AND THEIR ARTIFICIAL MODEL

*Ilya F. Vilkovysky¹, PhD of Veterinary Sciences, Docent
 Sergey A. Yagnikov¹, Dr.Habil. of Veterinary Sciences, Prof.
 Yuri A. Vatnikov¹, Dr.Habil. of Veterinary Sciences
 Nikolai S. Gavryushenko², Dr.Habil. of Technical Sciences
 Leonid V. Fomin², PhD of Physical and Mathematical Sciences*

¹Peoples' Friendship University of Russia

²Testing laboratory of medical devices and materials of the Federal State Budgetary Institution, Russia
 "NMITS TO them. N.N. Priorov" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russia

The stability of metal structures is the most acute issue during operations in the spinal column, and in this regard, it is necessary to search for alternative models to explore the possibilities of their application. The work is based on the determination of the initial forces leading to the displacement of the screw from its initial position inside the vertebrae and their simulators. The study used cadaver vertebrae as well as 3D printed models from various renewable sources. All vertebral samples were analyzed for the ability to securely fix screws in them by means of an automated traction force. As a result, it was found that the synthetic material, consisting of a thermoplastic polymer derived from corn starch, showed the closest stability (retention) characteristics of cortical screws to vertebrae obtained from cadaveric material.

Key words. Dogs, cadaver vertebra, metal construction, modeling.

REFERENCES

1. Agnello K.A., Kapatkin A.S., Garcia T.C., Hayashi K., Welihozkiy A.T., Stover S.M. Intervertebral biomechanics of locking compression plate monocortical fixation of the canine cervical spine // *Vet Surg.* – 2010. - №39(8). – P. 991-1000.
 2. D'Urso P.S., Askin G., Earwaker J.S., et al. Spinal Bio-modeling // *Spine.* – 1999. - №24. – P. 1247-1251.
 3. Hermann A., Voumard B., Wasch M.A., Hettlich B.F., Forterre F. In Vitro Biomechanical Comparison of Four Different Ventral Surgical Procedures on the Canine Fourth-Fifth Cervical Vertebral Motion Unit // *Vet Comp Orthop Traumatol.* – 2018. - №31(6). – P. 413-421.
 4. Hofstetter M., Gédet P., Doherr M., Ferguson S.J., Forterre F. Biomechanical analysis of the three-dimensional motion pattern of the canine cervical spine segment C4-C5 // *Vet Surg.* – 2009. - №38(1). – P. 49-58.
 5. Izatt M.T., Thorpe P.L.P.J., Thompson R.G., et al. The

use of physical biomodelling in complex spinal surgery // *Eur Spine J.* – 2007. - №16. – P. 1507-1518.

6. Lewchalermwong P., Suwanna N., Meij B.P. Canine Vertebral Screw and Rod Fixation System: Design and Mechanical Testing // *Vet Comp Orthop Traumatol.* – 2018. - №31(2). – P. 95-101.
 7. Vizcaíno Revés N., Bürki A., Ferguson S., Geissbühler U., Stahl C., Forterre F. Influence of partial lateral corpectomy with and without hemilaminectomy on canine thoracolumbar stability: a biomechanical study // *Vet Surg.* – 2012. - №41(2). – P. 228-234.
 8. Waran V., Narayanan V., Karuppiiah R., et al. Utility of multimaterial 3D printers in creating models with pathological entities to enhance the training experience of neurosurgeons // *J Neurosurg.* – 2014. - №120. – P. 489-492.
 9. Wurm G., Tomancok B., Pogady P., et al. Cerebrovascular stereolithographic biomodeling for aneurysm surgery // *J Neurosurg.* - 2004. - №100. – P. 139-145.

УДК 616.831/832-002-02:615.371

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2022.4.96

ОФТАЛЬМОФОРМА ГРАНУЛЕМАТОЗНОГО МЕНИНГОЭНЦЕФАЛОМИЕЛИТА У СОБАК

Егян Сюзанна Петросовна, студент

Гапонова Виктория Николаевна, канд.ветеринар.наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Россия

РЕФЕРАТ

Гранулематозный менингоэнцефаломиелит (ГМЕ) – воспалительное заболевание центральной нервной системы у животных, характеризующееся очаговыми или диссеминированными гранулематозными поражениями головного и спинного мозга. Локальная форма может поражать перекрест зрительных нервов. Воспаление данного участка приводит к офтальмоформе гранулематозного энцефаломиелита, которая характеризуется прогрессирующим возникновением слепоты из-за неврита зрительного нерва, может сопровождаться увеитом. Цель работы: изучение влияния вакцинации на развитие офтальмоформы гранулематозного менингоэнцефаломиелита и возможность профилактики. Исследования проводились на базе Онкологического Центра «Прайд» и в ФГБОУ ВО СПбГУВМ. По данным исследованиям у всех вакцинированных животных был поставлен предварительный диагноз неврит зрительного нерва и окончательный - гранулематозный менингоэнцефаломиелит. Развитие офтальмо-