

## РЕНТГЕНОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЗАДНЕЙ ФИКСАЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Кривошеин А.Е.<sup>1</sup>, Игнатьев Ю.Т.<sup>1</sup>, Дочилова Е.С.<sup>2</sup>, Колесов С.В.<sup>3</sup>

**Цель исследования.** Рентгенологически сопоставить динамические свойства позвоночно-двигательного сегмента (ПДС) с различными способами задней фиксации в эксперименте.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлись беспородные собаки массой тела  $12 \pm 1,5$  кг в возрасте около  $21 \pm 3$  месяцев. Экспериментальные животные были разделены на 2 группы. Животным I группы ( $n=5$ ) проводилась транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием ригидных стержней. Животным II группы ( $n=5$ ) выполнялась транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием динамических стержней из нитинола.

**Результаты.** Объем движений в исследуемом сегменте до операции при функциональном исследовании в обеих группах составлял  $18 \pm 1,2$  градусов. В группе I на 24 месяце ригидной фиксацией ПДС после оперативного вмешательства объем движений составил  $0 \pm 0,03$  градуса. При анализе динамики рентгенограмм оперированного ПДС при ригидной фиксации объем движений отсутствовал. В группе II с динамической (нитинольной) фиксацией у всех животных присутствовали движения в ПДС и были в среднем  $15 \pm 1,3$  градусов, что составило 78,9% от исходного.

**Выводы.** Динамическая транспедикулярная фиксация (нитинолом) по своим характеристикам позволяет более физиологично распределить динамическую нагрузку, сохраняет объем движений и снижает нагрузку на опорные элементы.

Ключевые слова: позвоночно-двигательный сегмент, нитинол, динамическая фиксация, ригидная фиксация.

Контактный автор: Игнатьев Ю.Т., [ogma.ray@rambler.ru](mailto:ogma.ray@rambler.ru)

Для цитирования: Кривошеин А.Е., Игнатьев Ю.Т., Колесов С.В., Дочилова Е.С. Рентгенофункциональная оценка позвоночника при различных способах задней фиксации в эксперименте. REJR. 2016; 6 (2):29-33. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-29-33.

Статья получена: 04.02.2016

Статья принята: 19.02.2016

## RENTGENOFUNCTIONAL EVALUATION OF THE SPINE WITH DIFFERENT METHODS OF POSTERIOR FIXATION IN THE EXPERIMENT

Krivoshein A. E.<sup>1</sup>, Ignatyev Yu. T.<sup>1</sup>, Dochilova E. S.<sup>2</sup>, Kolesov S.V.<sup>3</sup>

**Purpose.** To compare radiographically the dynamic properties of the vertebral-motor segment (VMS) with different methods of posterior fixation in the experiment.

**Materials and methods.** The object of research was outbred dogs weighing  $12 \pm 1.5$  kg at the age of about  $21 \pm 3$  months. Experimental animals were divided into 2 groups. Animals of group I ( $n=5$ ) underwent transpedicular fixation of the spine using rigid bolts. Transpedicular fixation of the spine with dynamic nitinol bolts was performed in animals of the II group ( $n=5$ ).

**Results.** During the functional study in both groups the range of motions in the test segment prior to surgery was  $18 \pm 1.2$  degree. After the surgery in group I the range of motion at 24 month of rigid VMS fixation was  $0 \pm 0.03$  degrees. During the analysis of the dynamic radiographs of the operated VMS within rigid fixation the motions were absent. In group II with dynamic (nitinol) fixation there were VMS movements in all animals at the average rate of  $15 \pm 1.3$  ° C, which was 78.9% of the initial.

**Conclusions.** Dynamic transpedicular (nitinol) fixation according to its characteris-

1 - ГБОУ ВПО «Омский Государственный медицинский университет».  
2 - ФГБОУ ВПО «Омский Государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина».  
г. Омск, Россия.  
3 - ФГБУ «Центральный Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова».  
г. Москва, Россия.

1 - Omsk State medical University.  
2 - P.A. Stolypin Omsk State agrarian University.  
Omsk, Russia.  
3 - N.N. Priorov Central research Institute of traumatology and orthopedics.  
Moscow, Russia.

tics allows allocating more physiological dynamic loading, maintaining the range of motion and reducing the load on the support elements.

Keywords: vertebral-motor segment, nitinol, dynamic fixation, rigid fixation.

Corresponding author: Ignatyev Yu.T., ogma.ray@rambler.ru

For citation: Krivoshein A.E., Ignatyev Yu.T., Kolesov S.V., Dochilova E.S. Rentgenofunctional evaluation of the spine with different methods of posterior fixation in the experiment. REJR. 2016; 6 (2):29-33. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-29-33.

Received: 04.02.2016

Accepted: 19.02.2016

**Д**егенеративные поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника являются актуальной медицинской и социальной проблемой. Каждый второй взрослый житель земли испытывает периодические боли в поясничном отделе. За последние годы отмечается увеличение хирургических методов лечения при дегенеративных поражениях поясничного отдела позвоночника.

Стандартом хирургического лечения за последние 20-30 лет при дегенеративных поражениях в поясничном отделе является декомпрессия невральных структур позвоночного канала с выполнением заднего спондилодеза. Однако, как показывают многочисленные исследования, выполнение спондилодеза в большинстве случаев приводит к дегенеративным изменениям в смежных позвоночно-двигательных сегментах за счет повышенной нагрузки на данный сегмент, а также резорбции костной ткани вокруг транспедикулярных винтов [1, 2].

За последние годы отмечается повышенный интерес к технике хирургических вмешательств, сохраняющих подвижность оперированного сегмента за счет дорсальной динамической стабилизации. Транспедикулярная динамическая фиксация позвоночника обеспечивается технологией использования нитинола в качестве стержней. Нитинол – уникальный сплав никеля (55%) и титана (45%), обладающий такими свойствами, как память формы и сверхупругость, которые проявляются в условиях температуры окружающих тканей и способен изменять свою ось при динамических нагрузках. Эффективный модуль упругости нитинола равен 15-20 ГПа, что практически равно модулю упругости кортикальной кости (18 ГПа). По своим характеристикам он в 8 раз пластичнее титана. По данным Коллерова и соав. кристаллическая решётка материала обладает большой устойчивостью к динамическим нагрузкам и стержни из нитинола выдерживают до 16 млн. нагрузочных циклов без усталостных переломов [3]. Использование таких свойств нитинола является перспективным для динамической стабилизации пояснично-крестцового отдела позвоночника по техноло-

гии «nofusion» (без спондилодеза).

Однако в литературе отсутствуют научные публикации, посвящённые использованию нитинольных стержней в сочетании с транспедикулярными винтами при задней фиксации позвоночника в эксперименте.

#### Цель исследования.

Рентгенологически сопоставить динамические свойства позвоночно-двигательного сегмента с различными способами задней фиксации в эксперименте.

#### Материалы и методы.

Исследования проводились на базе института ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина в период с октября 2013 г. по октябрь 2015 г. Объектом исследования являлись беспородные собаки массой тела  $12 \pm 1,5$  кг в возрасте около  $21 \pm 3$  месяцев. Оперативные вмешательства выполнялись с соблюдением правил асептики и антисептики согласно правилам «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и научных целей» [4]. Экспериментальные животные были разделены на 2 группы. Животным I группы ( $n=5$ ) проводилась транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием ригидных стержней. Животным II группы ( $n=5$ ) выполнялась транспедикулярная фиксация позвоночника с использованием динамических стержней из нитинола. По требованию эксперимента в заводских условиях изменены стандартные температурные условия нитинольных стержней с  $36^\circ$  до  $39^\circ-40^\circ$  – температура тела собаки.

Рентгенологический контроль оперированного позвоночника осуществлялся в боковой и прямой проекциях в нейтральных положениях позвоночника, а также с функциональными пробами до и после оперативного вмешательства в боковой проекции. Рентгенографию выполняли на аппарате «Арман» с использованием пленочных технологий и периодичностью 3, 6, 12, 18 и 24 месяцев. Весь период экспериментальные животные содержались в одинаковых условиях и вели активный образ жизни. Осложнения в исследуемые периоды не отмечены ни в

одной из групп животных.

С целью функциональной оценки позвоночника при различных способах задней транспедикулярной фиксации позвоночника у экспериментальных животных определены следующие рентгенологические критерии: 1 - ось позвоночника до и после фиксации в нейтральном положении; 2 - объем движений в исследуемом сегменте при функциональном исследовании (по методу Cobb); 3 - высота диска в фиксированном сегменте позвоночника; 4 - высота диска выше уровня фиксации позвоночника; 5 - высота диска ниже уровня фиксации позвоночника; 6 - высота суставной щели дугоотростчатых суставов при функциональном исследовании на уровне фиксации, а также выше и ниже уровня фиксации.

Статистические методы включали в себя процедуры описательной статистики, аналитической статистики: параметрическая и непараметрическая статистика, корреляционный анализ, анализ таблиц сопряженности (точный критерий Фишера, Хи-квадрат), оценка информативности (метод Кулбака, исследование специфичности и чувствительности методов исследования). Статистическая обработка материалов осуществлялась с использованием программных пакетов анализа Microsoft Excel, Statistica 10,0 (StatSoft Inc., США) [5 - 8].

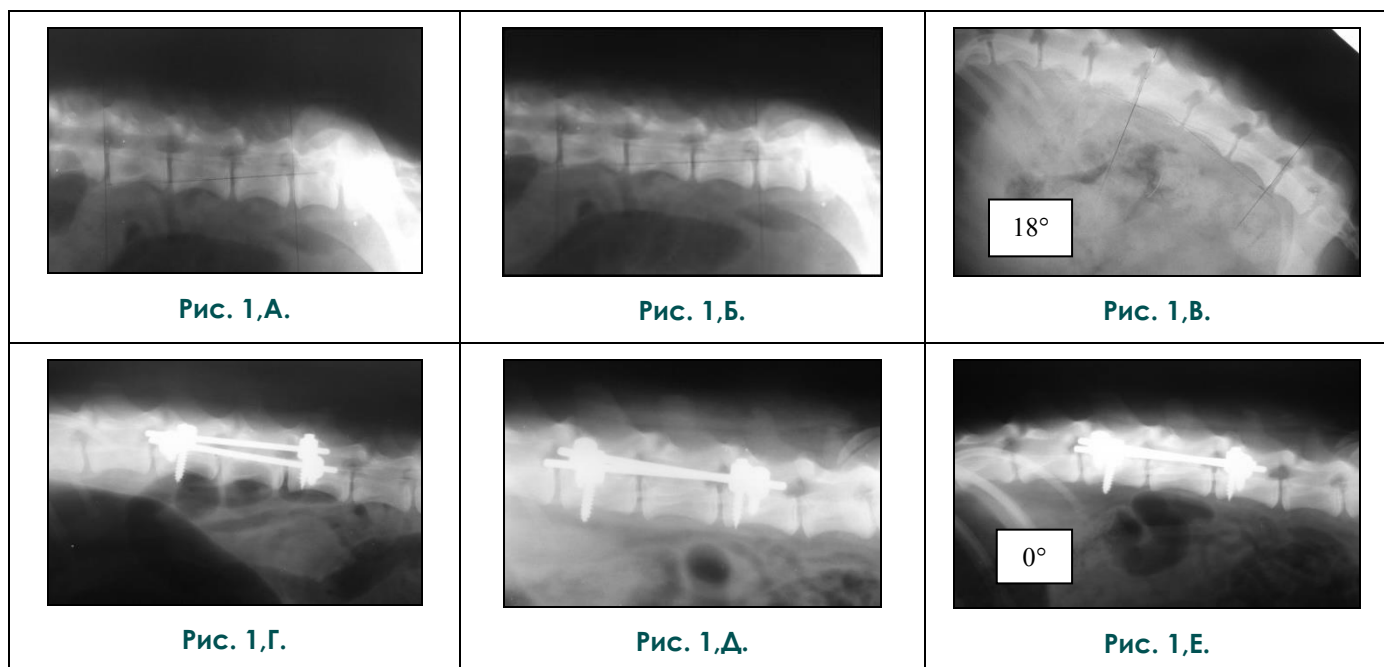
**Результаты исследования.**

Объем движений в исследуемом сегменте

позвоночника до операции при функциональном исследовании в обеих группах составляла  $18 \pm 1,2$  градусов. В группе I с ригидной фиксацией ПДС после оперативного вмешательства у всех животных объем движений составил  $0 \pm 0,03$  градуса (рис. 1). В группе II с динамической (нитиновой) фиксацией у всех животных объем движений в ПДС сохранялся на всем протяжении эксперимента и в среднем равнялся  $15 \pm 1,3$  градусов, что составило 78,9% от исходного объема (рис. 2).

Показатели высоты диска на уровне фиксации, а также выше и ниже фиксированного ПДС в двух группах экспериментальных животных до оперативного вмешательства составили  $0,3 \pm 0,02$  мм, после фиксации ПДС -  $0,3 \pm 0,003$  мм на всем протяжении эксперимента, что свидетельствует об отсутствии влияния различных видов задней фиксации позвоночника на функцию межпозвонковых дисков в раннем послеоперационном периоде.

Функцию в ПДС оценивали не только за счет определения объема движений по методу Cobb, но и за счет изменения высоты суставной щели дугоотростчатых суставов. Высота суставной щели до оперативного вмешательства в фиксированном сегменте у животных в двух группах составляла в среднем  $0,3 \pm 0,002$  мм. В группе животных с динамической фиксацией показатель не менялся и оставался прежним на всем протяжении эксперимента. В группе I с

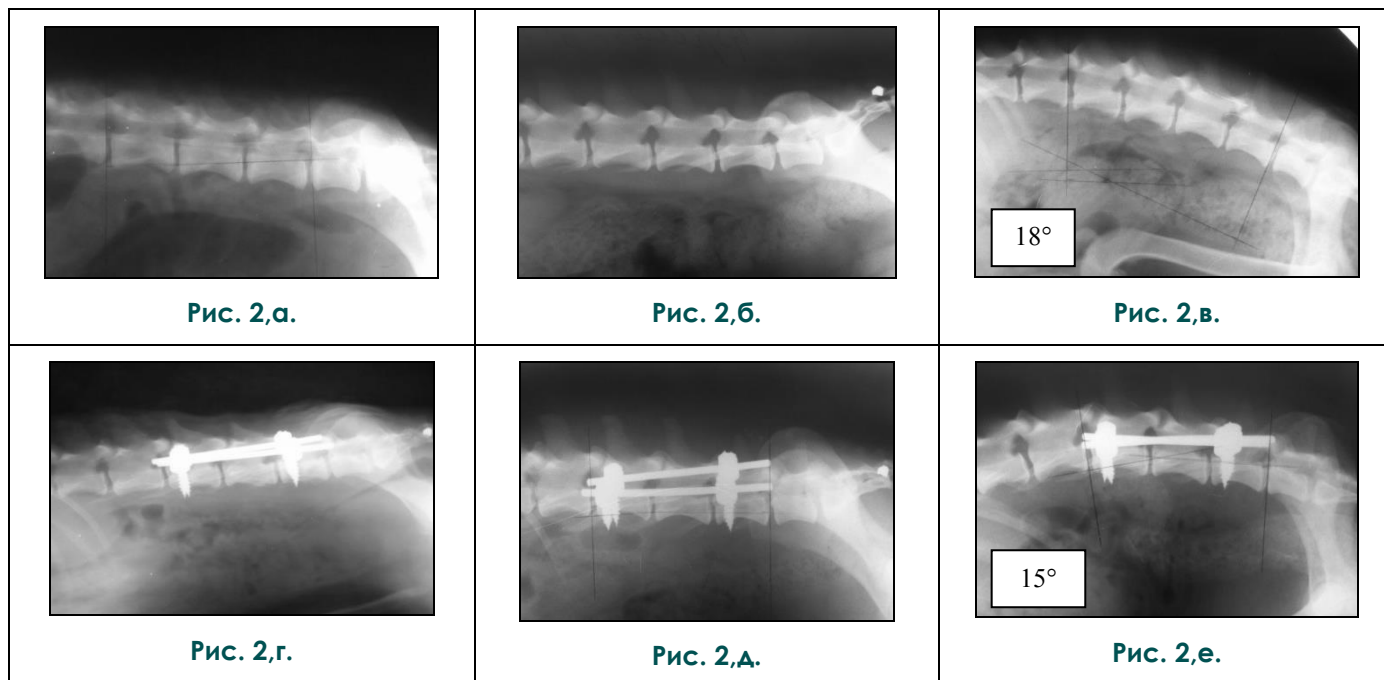


**Рис. 1. Рентгенограммы поясничного отдела позвоночника собаки (группа I);**

А, Б, В – до оперативного вмешательства, Г, Д, Е – после оперативного лечения (24 месяца).

А, Г - среднефизиологическое положение; Б, Д - функциональное положение разгибание;

В, Е - функциональное положение сгибание.



**Рис. 2. Рентгенограммы поясничного отдела позвоночника собаки (группа II);**

А, Б, В – до оперативного вмешательства, Г, Д, Е – после оперативного лечения (24 месяца).  
 А, Г - среднефизиологическое положение; Б, Д - функциональное положение разгибание;  
 В, Е - функциональное положение сгибание.

ригидной фиксацией высота суставной щели со временем уменьшалась, что особенно отчетливо было отмечено у животных в сроке 18 месяцев и составило  $0,2 \pm 0,003$  мм. Данный факт, можно объяснить началом проявления дистрофических изменений в дугоотростчатых суставах на уровне ригидной фиксации ПДС. Отмечено, что высота суставной щели у животных в группе I ниже уровня фиксации в отдаленном сроке (24 месяцев) изменилась на  $0,05 \pm 0,0004$  мм. Также был отмечен склероз суставных поверхностей дугоотростчатых суставов, что свидетельствовало о наличии дегенерации в суставах. В группе II изменений высоты суставной щели дугоотростчатых суставов выше и ниже уровня фиксации ПДС, а также склероза суставных поверхностей отмечено не было на всем протяжении эксперимента.

**Обсуждение результатов.**

Полученные результаты экспериментального исследования показывают, что применение ригидных систем фиксации в отдаленном периоде приводит к «выключению» фиксиро-

ванного ПДС позвоночника из движения. Данный факт ведет к дегенеративным изменениям как в зоне фиксации ПДС, так и в смежных сегментах. В первую очередь начинают подвергаться перегрузке смежные суставы в результате компенсаторно-приспособительной перегрузки. Аналогичные данные получены рядом авторов относительно ригидных систем фиксации на анатомических препаратах позвоночника [9, 10].

**Выводы.**

Динамическая транспедикулярная фиксация (нитиномом) по своим характеристикам позволяет более физиологично распределить динамическую нагрузку, сохраняет объем движений и снижает нагрузку на опорные элементы.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

**Список литературы:**

1. *Современные возможности задней динамической стабилизации позвоночника в профилактике синдрома смежного уровня: обзор литературы.* С.К. Макиров [и др.]. *Хирургия позвоночника.* 2015; 12(1): 46-62.  
 2. *Immediate biomechanical effects of lumbar posterior dynamic stabilization above a circumferential fusion.* B.C. Cheng [et al.].

*Spine.* 2007; 32(23): 2551-2557.  
 3. *Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. / С. Гланц. М.: Практика. 1999.*  
 4. *Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей. Вопросы реконструктивной и пластической*

хирургии. 2003; 4: 34-36.

5. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. В. Боровиков. Спб: Питер, 2001.

6. Выбор режимов термической обработки при производстве медицинского инструмента и имплантатов с памятью формы из сплава ТН1.

М.Ю. Коллеров [и др.]. Технология легких сплавов. 2007; 3: 52-56.

7. Крамер Г. Математические методы статистики. Г. Крамер. – М.: Мир, 1975.

### References:

1. Ivanova I.V., Briskin B.S., Ivanov A.E. Ways of optimization transpapillary endoscopic methods for diagnostics and treatment of patients with obstructive jaundice. *Health care*. 2009; 2: 25-29. (in Russian).

2. Zelencov M.E., Manakova Y.L., Dergilev A.P., Zlenko A.V., Balabanov Y.V. Experience in the use of magnetic resonance imaging in emergency abdominal surgery. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2012; 2 (2): 209-211. (in Russian).

3. Korjakina T.V., Cheremisin V.M., Kohanenko N.Y., Pavelets K.V., Avanesyan R.G., Antonov N.N, et al. Comparative characteristics of the ultrasound and magnetic resonance methods in the diagnosis and treatment for benign obstructive jaundice. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2012; 2 (2): 259. (in Russian).

8. Медик В. А. Математическая статистика в медицине и биологии. В.А. Медик, М.С. Токмачев. Нов-город: НовГУ, 1998.

9. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain. H. Sudo [et al.]. *J. Neurosurg. Spine*. 2006; 5(2): 150-155.

10. Rao R. D. Biomechanical changes at adjacent segments following anterior lumbar interbody fusion using tapered cases. R. D. Rao, K. S. David, M. Wang. *Spine*. 2005; 30(24): 27772-2776.

4. Bhat M., Romagnuolo J., da Silveira E., Reinhold C., Valois E., Martel M., et al. Randomised clinical trial: MRCP-first vs. ERCP-first approach in patients with suspected biliary obstruction due to bile duct stones. *Aliment Pharmacol Ther*. 2013; 38 (9): 1045-53. doi: 10.1111/apt.12481

5. Costi R., Gnocchi A., Di Mario F., Sarli L. Diagnosis and management of choledocholithiasis in the golden age of imaging, endoscopy and laparoscopy. *World J Gastroenterol*. 2014; 20 (37): 13382-401. doi: 10.3748/wjg.v20.i37.13382

6. Ward W.H., Fluke L.M., Hoagland B.D., Zarow G.J., Held J.M., Ricca R.L. The Role of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in the Diagnosis of Choledocholithiasis: Do Benefits Outweigh the Costs? *Am Surg*. 2015; 81 (7): 720-5.