

DOI 10.56618/2071-2693\_2023\_15\_2\_6  
УДК 616.711.1.001.6-007.43-089-091.1/7



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕЖТЕЛОВОГО ИМПЛАНТА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ШЕЙНЫХ ПОЗВОНКОВ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ГРЫЖИ МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА НА ОСНОВЕ СКТ-МЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ (КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ) С АПРОБАЦИЕЙ ЕГО В КАДАВЕРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

И. В. Балязин-Парфенов<sup>1</sup>, И. В. Басанкин<sup>2</sup>, В. А. Балязин<sup>1</sup>,  
Е. В. Балязина<sup>1</sup>, Р. Ш. Абу Авимер<sup>1</sup>, А. Б. Багаудинов<sup>2</sup>, А. А. Гюльзатян<sup>2</sup>,  
Г. Р. Тулендинов<sup>3</sup>, Г. П. Золотых<sup>1</sup>, Л. А. Зиброва<sup>1</sup>, А. В. Скоропис<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «РостГМУ» МЗ РФ, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29, кафедра нервных болезней и нейрохирургии

<sup>2</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт —

Краевая клиническая больница № 1 МЗ Краснодарского Края, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, д. 16, отделение нейрохирургии № 3

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО Куб ГМУ МЗ РФ, кафедра судебной медицины, 350063, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. имени Митрофана Седина, 4

**РЕЗЮМЕ:** Остеохондроз шейного отдела позвоночника составляет 49,2 %, будучи причиной болевого синдрома в 60 % случаев, в 23 % случаев чувствительных нарушений, в 18 % — двигательных, как проявления цервикальной миелопатии. Передняя микродискэктомия с применением переднего доступа в сочетании со стабилизацией является золотым стандартом лечения. Происхождение межтеловых имплантов остается иностранным, актуальность импортозамещения крайне высока.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Разработать на основе СКТ-метрических данных модель импланта для одноуровневой межтеловой стабилизации позвонков шейного отдела позвоночника после удаления грыжи межпозвонкового диска.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** проведен анализ метрических показателей (длины высоты и межтеловых промежутков на уровнях C2/3, C3/4, C4/5, C6/7, C7/Th1) по данным СКТ шейного отдела позвоночника у 47 мужчин и 122 женщин в возрасте от 18 до 75 лет для разработки импланта для одноуровневой межтеловой стабилизации шейки позвонков, держателя импланта для его установки. Проведен кадаверный эксперимент по установке импланта с флюороскопическим контролем.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Разработан межтеловой имплант, держатель импланта для его установки, предложены 2 универсальных образца модели импланта по длине, а высота для пациента подбирается в зависимости от высоты межтелового промежутка. Опытный образец импланта испытан в кадаверном эксперименте. Флюороскопический контроль показал состоятельную стабилизацию тел смежных позвонков.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Разработан один из вариантов экспериментального импланта-кейджа для одноуровневой межтеловой стабилизации оперированного сегмента, установка которого осуществима как при открытом оперативном вмешательстве, так и малоинвазивным эндоскопическим порталным доступом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** межтеловой имплант, стабилизация тел позвонков, остеохондроз шейного отдела позвоночника, грыжи межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника.

*Для цитирования:* Балязин-Парфенов И. В., Басанкин И. В., Балязин В. А., Балязина Е. В., Р. Ш. Медведов Р. Ш., Багаудинов А. Б., Гюльзатян А. А., Тулендинов Г. Р., Золотых Г. П., Зиброва Л. А., Скоропис А. В. Экспериментальная модель межтелового импланта для стабилизации шейных позвонков после удаления грыжи межпозвонкового диска на основе СКТ-метрических данных (краткий обзор литературы и собственные исследования) с апробацией его в кадаверном эксперименте. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. DOI 10.56618/2071-2693\_2023\_15\_2\_6.

AN EXPERIMENTAL MODEL OF AN INTERBODY IMPLANT  
FOR STABILIZING CERVICAL VERTEBRAE AFTER REMOVAL  
OF A HERNIATED INTERVERTEBRAL DISC BASED ON CT-METRIC DATA  
(A BRIEF REVIEW OF THE LITERATURE AND OWN RESEARCH)  
WITH ITS APPROBATION IN A CADAVER EXPERIMENT

I. V. Balyazin-Parfenov<sup>1</sup>, I. V. Basankin<sup>2</sup>, V. A. Balyazin<sup>1</sup>, E. V. Balyazina<sup>1</sup>,  
R. Sh. Abu Awimer<sup>1</sup>, A. B. Bagaudinov<sup>2</sup>, A. A. Gulzatyán<sup>2</sup>, G. R. Tulendinov<sup>3</sup>,  
G. P. Zolotykh<sup>1</sup>, L. A. Zibrova<sup>1</sup>, A. V. Skoropis<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Osteochondrosis of the cervical spine is 49.2 %, being the cause of pain syndrome in 60 % of cases, in 23 % of cases of sensitive disorders, in 18 % of motor disorders, as manifestations of cervical myelopathy. Anterior microdiscectomy with anterior access combined with stabilization is the gold standard of treatment. The origin of interbody implants remains foreign, the relevance of import substitution is extremely high.

**THE PURPOSE OF THE STUDY:** To develop an implant model based on CT-metric data for single-level interbody stabilization of the vertebrae of the cervical spine after removal of a herniated intervertebral disc.

**MATERIALS AND METHODS:** the analysis of metric indicators (length of height and interbody gaps at levels C2/3, C3/4, C4/5, C6/7, C7/Th1) was carried out according to the CT of the cervical spine in 47 men and 122 women aged 18 to 75 years for the development of an implant for a single-level interbody stabilization of the vertebral neck, the implant holder for its installations. A cadaver experiment was conducted to install an implant with fluoroscopic control.

**RESULTS.** An interbody implant has been developed, an implant holder for its installation, 2 universal samples of the implant model in length have been proposed, and the height for the patient is selected depending on the height of the interbody gap. The prototype of the implant was tested in a cadaver experiment. Fluoroscopic control showed a consistent stabilization of the bodies of adjacent vertebrae.

**CONCLUSION.** One of the variants of an experimental cage implant for single-level interbody stabilization of the operated segment has been developed, the installation of which is feasible both with open surgical intervention and minimally invasive endoscopic portal access.

**Введение:** По данным современной литературы частота клинических проявлений остеохондроза позвоночника достигает 95 % всех заболеваний периферической нервной системы [1], остеохондроз шейного отдела позвоночника встречается в 49,2 % [2], часто осложняется появлением грыж межпозвонковых дисков, которые приводят к развитию цервикальной миелопатии. Дискогенные нейрокомпрессионные поражения шейного отдела позвоночника составляют 42 % (Абакиров М. Д., Чмутин Г. И., Аль Баварид О. А., 2022) [3]. Отмечается постоянный рост количества оперативных вмешательств при дегенерации шейных сегментов [4], приводящих к стенозирующему процессу позвоночного канала с компрессией сосудисто-невральных структур [5], составляющего до 60 % пациентов [6], с развитием синдрома радикулопатии и синдрома шейной миелопатии.

Золотым стандартом хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями шейных межпозвонковых дисков является передняя шейная дискэктомия с фиксацией [7,8,9,10], которая позволяет устранить дискогенную компрессию, минимизировать хирургическую травму. Применение имплантов позволяет сохранять декомпрессию и стабилизацию позвоночника в отдаленном послеоперационном периоде, что приводит к полному восстановлению у 85,9 % пациентов [11]. С середины 50 годов 20 Века в вертебрологии применяются титан и его сплавы, так как установлена способность титановой кон-

струкции вращать в живую костную ткань. Однако все имеющиеся импланты являются иностранного производства и актуальность разработки отечественных имплантов в условиях необходимости импортозамещения в России сохраняется.

По мнению А. В. Бурцев, А. В. Губин, С. О. Рябых (2020) [11] стабилизация одного позвоночно-двигательных сегмента составляет около 64,2 %, поэтому мы решили разработать имплант преимущественно для стабилизации одного позвоночно-двигательных сегмента позвоночника.

Отдаленные результаты хирургического лечения больных дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника показывают, что оправданной является установка на шейном уровне только протезов диска [3], поскольку авторы доказали, что использование функциональных кейджей на шейном уровне ведет к образованию спондилодеза, а это свидетельствует об их несостоятельности [3]. После установки протеза межпозвонкового диска пациентам не требуется ношение полужесткого воротника, и пациенты в более короткие сроки могут вернуться к активному образу жизни [13,14]. Нами разработан и изготовлен экспериментальный межтеловой имплант для стабилизации шейных позвонков после удаления грыж межпозвонковых дисков в шейном отделе позвоночника по типу жесткого протеза диска, который возможно подбирать индивидуально — по высоте межтелового промежутка. Поскольку требуется дифференцированный подход

к хирургическому лечению больных с вертебральными компрессионными синдромами на шейном уровне [15], измерение объема межпозвонкового канала, полученное с помощью КТ, дает возможность определить степень его уменьшения как по костному, так и по мягкотканному компонентам [16]. Мы не считаем его совершенным и готовы принять все замечания для последующего усовершенствования нашей разработки.

**Цель исследования:** Разработать на основе СКТ-метрических данных модель импланта для межтеловой стабилизации позвонков шейного отдела позвоночника после удаления грыжи межпозвонкового диска.

**Материалы и методы исследования:** Нашими коллегами уже применяется использование математических расчетов в вертебрологии [16]. На этом основании в процессе разработки формы и размера модели предлагаемого межтелового импланта мы провели анализ метрических показателей (длины высоты и межтеловых промежутков на уровнях C2/3, C3/4, C4/5, C6/7, C7/Th1) по данным СКТ шейного отдела позвоночника у 47 мужчин и 122 женщин в возрасте от 18 до 75 лет. В таблице 1 представлены средний возраст пациентов и данные метрических показателей (длины высоты и межтеловых промежутков на уровнях C2/3, C3/4, C4/5, C6/7, C7/Th1). Средние значения полученных метрических показателей длины и высоты межтеловых промежутков обработаны математически для возможности определения универсальной длины и высоты разработанного импланта.

Полученные результаты математической обработки метрических показателей длины и высоты межтеловых промежутков представлены в Таблице 1.

Из расчетов средних значений высоты межтелового промежутка 3,67 мм (средняя высота межтелового промежутка)+4 мм (высота «шипов») для мужчин и 3,45 мм (средняя высота межтелового промежутка)+4 мм (высота «шипов») — для женщин. В зависимости от длины межтелового промежутка и длина погружной части импланта: 15 мм — мужской и 14 мм — женский имплант, предлагается 2 универсальных образца модели импланта по длине. Высота модели импланта включает и высоту расположенных на обращенных к телам смежных позвонков «шипов», вхождение которых в тела смежных позвонков стабилизирует их и фиксирует имплант в межтеловом промежутке. Высота «шипов» составляет 2 мм. Учитывая результаты рентгенологического контроля проведенного впоследствии кадаверного эксперимента, для плотной стабилизации кейджа в межтеловом промежутке при выборе кейджа необходимо учитывать высоту межтелового промежутка. Подбор кейджа рассчитывается по толщине его тела (при этом высота шипов не учитывается, так как они входят в тела смежных позвонков. Толщина кейджа должна соответствовать высоте межтелового промежутка). В плане

обследования пациентов для оперативного лечения по поводу грыж межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника при помощи СКТ шейного отдела уточняем биометрические параметры (длину и высоту межтелового промежутка на оперируемом уровне), с учетом которых будет выбран имплант соответствующего размера.

#### Результаты.

На основании математических расчетов из титана марки ВТ 1–00 была изготовлена модель импланта. Изготовление модели импланта возможно как методом цельного литья, так и порошково-гальваническим методом с последующей полировкой. Изготовили модели импланта в Научно-производственной компании ООО «Тексент», г. Таганрог, специализирующейся на аддитивных технологиях выращивания изделий из металлов (руководитель, профессор Лисоченко Виталий Николаевич). Держатель модели импланта изготовлен из нержавеющей стали.

Модель межтелового импланта (рисунки 1,2,3,5) для стабилизации шейного отдела позвоночника и устройство для его установки состоит из втулки прямоугольного сечения с двумя закругленными углами, расположенными по диагонали друг другу и двумя прямыми углами, имеет ножку (диаметром 2 мм), соединяющуюся с опорной пластиной в виде диска диаметром 12 мм; ширина модели импланта 9 мм, высота — 8 мм, длина — от 12 до 15 мм (планируется несколько вариантов по длине, в зависимости от передне-заднего размера тел шейных позвонков и по толщине, в зависимости от высоты межтелового промежутка). Торец втулки, обращенный к спинномозговому каналу — гладкий, закругленный; противоположный торец втулки содержит шипы для упора в кость тел позвонков и предупреждения миграции модели импланта вперед. Опорная пластина в виде диска препятствует излишнему погружению импланта и внедрению его в спинномозговой канал; на опорной пластине выполнены два полукруглых паза, такие же два паза имеются и во втулке для фиксации модели импланта в держателе. Параллельные боковые поверхности импланта в его широкой горизонтальной плоскости гладкие, а на боковых поверхностях по его вертикальной плоскости имеются пилообразные зубцы, напоминающие резьбу; между боковыми поверхностями по его вертикальной плоскости имеется сквозное отверстие 3,5x3,5 мм. Способ его изготовления подразумевает как цельное литье из титана марки ВТ 1–00, так и порошково-гальванический метод изготовления с последующей полировкой. Учитывая разные анатомические размеры тел шейных позвонков межтеловой имплант может быть изготовлен разных размеров, индивидуально подобран для каждого пациента по данным СКТ шейного отдела позвоночника, при этом постоянной величиной в импланте является размер полукруглых пазов на опорной пластине и втулке для захвата модели импланта держателем.

**Таблица 1. Метрические показатели длины высоты и межтеловых промежутков мужчин и женщин.**  
**Table 1. Metric indicators of the length of height and interbody spaces of men and women.**

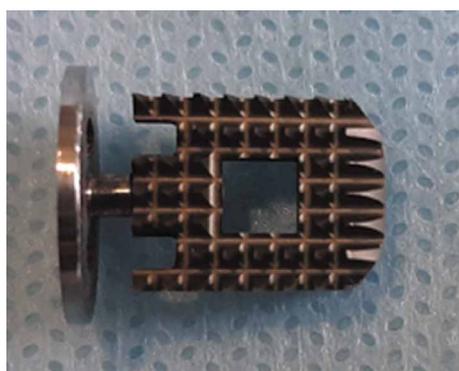
| Пол          | Средний возраст | C2/3                    | C3/4                    | C4/5                    | C5/6                    | C6/7                    | C7/Th1                  |                                    |
|--------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| М<br>(n=47)  | 42±1,12         | 16.96±0,23<br>3.72±0,15 | 17.9±0,31<br>3,74±0,32  | 18.0±0,35<br>3.57±0,37  | 18.94±0,47<br>3.35±0,38 | 18,68±0,36<br>3,8±0,46  | 17.40±0,44<br>3.89±0,39 | Ср. длина 17,98<br>Ср. высота 3,67 |
| Ф<br>(n=122) | 48±1,24         | 14.59±0,18<br>3.38±0,12 | 15,16±0,36<br>3.49±0,28 | 15,41±0,44<br>3.28±0,29 | 16,83<br>3.27±0,35      | 16,93±0,27<br>3.61±0,39 | 15.4±0,27<br>3.66±0,31  | Ср. длина 15,72<br>Ср. высота 3,45 |



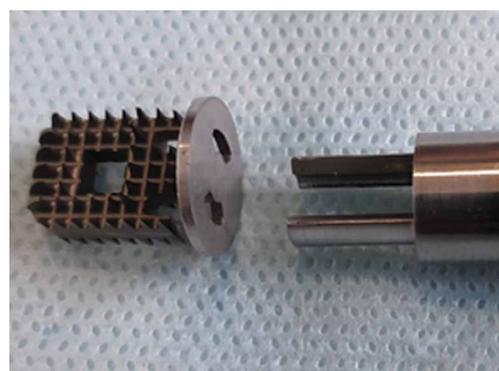
**Рисунок 1. Модель импланта (вид спереди)**  
**Figure 1. Implant model (front view)**



**Рисунок 2 а, б. Модель импланта (вид сбоку)**  
**Figure 2 а, б. Implant model (side view)**



**Рисунок 3. Модель импланта (вид сверху)**  
**Figure 3. Implant model (view from above)**



**Рисунок 4. Модель импланта и наконечник держателя импланта**  
**Figure 4. Implant model and implant holder**

Держатель импланта (рисунок 5,6,7) представляет собой стальной инструмент, состоящий из рабочей части, предназначенной для захвата импланта и Т-образной рукоятки и цангового механизма для удержания кейджа и предотвращения его падения. Имплант надевается на два дугообразных зубца держателя, удерживается цанговым механизмом, затем вводится в межтеловой промежуток оперируемого сегмента шейного отдела позвоночника. Получен патент на изобретение РФ № 2778201, Приоритет изобретения 17 июня 2020 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 15 августа 2022 г.

Разработанный экспериментальный кейдж испытан на кадаверном эксперименте установкой в межтеловой промежуток после выполнения передней дискэктомии. В экспериментальной операционной на-

ших коллег благодаря содействию и при участии заведующего нейрохирургическим отделением № 3, ГБУЗ НИИ ККБ № 1 им. С.В. Очаповского, Краснодар, заслуженный врач Российской Федерации д.м.н, профессора Басанкина Игоря Вадимовича и Тулендинова Гамира Равильевича, старшего преподавателя кафедры судебной медицины ФГБУ Куб ГМУ МЗ РФ, был проведен кадаверный эксперимент. После укладки кадавера на рентгенпрозрачном операционном столе и разметки (рис. 8) выполнен ретрофарингеальный доступ по Кловарду (рис. 9), осуществлена тотальная дискэктомия с резекцией задней продольной связки (рис. 10). С помощью разработанного специализированного устройства для установки кейджа с цанговым механизмом для удерживания кейджа и предотвращения его падения (рис. 5–7) экспериментальный кейдж установлен в межтеловой промежуток C5-C6 (рис. 11).



Рис. 5. Разработанное специализированное устройство для установки кейджа с цанговым механизмом.

Fig. 5. The developed specialized device for installing a cage with a collet mechanism



Рис. 6. Захват и удержание кейджа цанговым механизмом.

Fig. 6. Capture and retention of the cage by the collet mechanism.

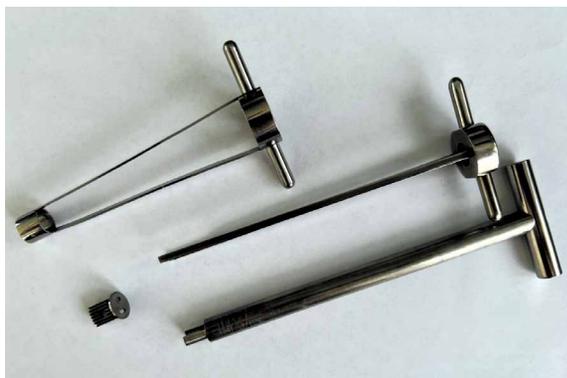


Рис. 7. Держатель модели имплантата с цанговым механизмом в разобранном виде.

Fig. 7. The holder of the implant model with a collet mechanism in disassembled form.



Рис. 8. Укладка трупа и разметка.

Fig. 8. Laying of the cadaver and marking.



Рис. 9. Доступ к диску на уровне C5-C6 осуществлен.

Fig. 9. The disk has been accessed at the C5-C6 level.



Рис. 10. Тотальная дискэктомия с резекцией задней продольной связки.

Fig. 10. Total discectomy with resection of the posterior longitudinal ligament.

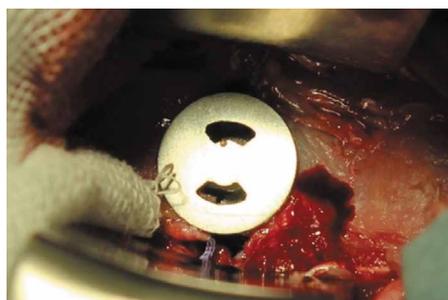


Рис. 11. Экспериментальный кейдж установлен в межтеловой промежуток C5-C6

Fig. 11. The experimental cage is installed in the interbody gap C5-C6

Контроль положения установленного имплантата в двух проекциях производили с помощью интраоперационной флюороскопии (рис. 12 и 13).

После установки экспериментального кейджа в межтеловой промежуток проведено силовое тестирование его устойчивости при помощи мощных механических захватов. Выявлена его достаточная механическая устойчивость на попытку вырывания и раскачивания, а также сохранение стабильности сегмента.



Рис. 12. Боковая проекция промежутка C5-C6 с установленным экспериментальным кейджем  
 Fig. 12. Lateral projection of the interval C5-C6 with an experimental cage installed



Рис. 13. Прямая проекция промежутка C5-C6 с установленным экспериментальным кейджем  
 Fig. 13. Direct projection of the interval C5-C6 with an experimental cage installed.

**Заключение.** В результате проведенных исследований разработан один из вариантов экспериментального импланта-кейджа для межтеловой стабилизации оперированного сегмента, установка которого осуществима как при открытом оперативном вмешательстве, так и при малоинвазивном эндоскопическом порталном вмешательстве.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и использование их данных СКТ. **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients signed an informed consent to participate in The study and use their spiral computed tomography.

**ORCID авторов / ORCID of authors:**

Балязин Парфенов Игорь Викторович/  
 Balyazin-Parfenov Igor Viktorovich  
<https://orcid.org/0000-0002-3239-5954>

Балязин Виктор Александрович/  
 Balyazin Victor Alexandrovich  
<https://orcid.org/0000-0001-8381-8876>

Басанкин Игорь Вадимович/Basankin Igor Vadimovich  
<https://orcid.org/0000-0003-3549-0794>

Балязина Елена Викторовна/ Balyazina Elena Victorovna  
<https://orcid.org/0000-0002-9967-4405>

Абу Авимер Роман Шабанович /  
 Abu Awimer Roman Shabanovich  
<https://orcid.org/0009-0003-8513-3397>

Багаудинов Ахмат Багаудинович/  
 Bagaudinov Achmat Bagaudinovich  
<https://orcid.org/0000-0003-0270-6800>

Гюльзатян Абрам Акопович/ Giulzatyan Abram Akopovich  
<https://orcid.org/0000-0003-1260-4007>

Зиброва Лилия Александровна/Zibrova Lilia Alexandrovna  
<https://orcid.org/0000-0001-9088-3369>

Скоропис Анастасия Валерьевна/  
 Skoropis Anastasia Valeryevna  
<https://orcid.org/0000-0002-3864-5360>

Золотых Глеб Павлович/Zolotykh Gleb Pavlovich  
<https://orcid.org/0009-0007-4410-1750>

Тулендинов Гамир Равильевич/  
 Tulendinov Gamir Ravilyevich  
<https://orcid.org/0000-0001-9321-0274>

## Литература/References

1. Тюлькин О.Н., Щедренко В.В., Захматова Т.В., Каурова Т.А., Могучая О.В. Опыт хирургического лечения стеноза позвоночного канала у пациентов с дегенеративными заболеваниями шейного и поясничного отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2011;(4):69–74. [Tyulkin ON, Shchedrenko VV, Zakhmatova TV, Kaurova TA, Moguchaya OV. Experience of surgical treatment for spinal canal stenosis patients with degenerative cervical and lumbar spine diseases. *Spine Surgery*. 2011;(4):69–74. (In Russ.)] <https://doi.org/10.14531/ss2011.4.69-74>
2. Хижняк М.В., Педаченко Ю.Е., Танасейчук А.Ф., Фурман А.Н., Бондарчук Ю.А. Ближайшие и отдаленные результаты дифференцированного хирургического лечения пациентов с множественными грыжами шейного отдела позвоночника. *Военная медицина*. 2017;(4):50–52. [Hizhnyak MV, Pedachenko YuE, Tanaseychuk AF, Fuhrman AN. The immediate and long-term results of differentiated surgical treatment of patients with multiple hernias of the cervical spine. *Voennaya Meditsina*. 2017;(4):50–52. Accessed June 6, 2022. (In Russ.)] <https://www.bsmu.by/militarymedicine/category70/>
3. Абакиров М.Д., Чмутин Г.И., Аль Баварид О.А., Панин М.А., Аленизи А.А., Петросян А.С., Алм Алдин М., Майер А.Р. Эффективность интервенционной хирургии в лечении хронической боли шейного отдела позвоночника и плечевого сустава. *Вестник РУДН. Серия: Медицина*. 2022;26 (2):129–137. [Abakirov MD, Chmutin GE, Al-Bawareed OA, Panin MA, Alenizi AA, Petrosyan AS, Aldin M Alm, Mayer AR. Interventional surgery effectiveness in treatment of the cervical spine and shoulder joint chronic pain. *RUDN Journal of Medicine*. 2022;26 (2):129–137. (In Russ.)] <https://doi.org/10.22363/2313-0245-2022-26-2-129-137>
4. Щедренко В.В., Себелев К.И., Чижова М.В., Иваненко А.В., Могучая О.В. Измерение объема межпозвоночных каналов

- с помощью спиральной компьютерной томографии при дегенеративных заболеваниях позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2011;(4):47–50. [Shchedrenok VV, Sebelev KI, Chizhova MV, Ivanenko AV, Moguchaya OV. Measurement of intervertebral foramen volume using spiral computed tomography in degenerative spine disease. *Khirurgiya Pozvonochnika*. 2011;(4):47–50. Accessed June 6, 2022 (In Russ.)] <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-obemamezhpozvonkovykh-kanalov-s-pomoschyu-spiralnoy-kompyuternoy-tomografii-pri-degenerativnyh-zabolevaniyah-pozvonochnika>
5. Бывальцев В.А., Шепелев В.В., Никифоров С.Б., Калинин А.А. Изолированные и сочетанные дегенеративные тандем-стенозы позвоночного канала шейного и поясничного отделов позвоночника: обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(2):52–61. [Byvaltsev VA, Shepelev VV, Nikiforov SB, Kalinin AA. Isolated and combined degenerative tandem cervical and lumbar spinal stenosis. *Khirurgiya Pozvonochnika*. 2016;13(2):52–61. Accessed June 6, 2022 (In Russ.)] <https://cyberleninka.ru/article/n/izolirovannyye-i-sochetannyye-degenerativnyye-tandem-stenozy-pozvonochnogokanala-sheynogo-i-poyasnichnogo-otdelov-pozvonochnika-obzor>
  6. Гараев И.Д. Оглы Хирургическое лечение дискогенной компрессии нервных элементов шейного отдела позвоночника. *Астраханский медицинский журнал*. 2019;14(3):109–115. [Garayev Ismail D. Surgical treatment of discogenic compression of nervous elements of the cervical spine. *Astrakhan Medical Journal*. 2019;14(3):109–115. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17021/2019.14.3.109.115>
  7. Charalampidis A, Hejrati N, Ramakonar H, Kalsi PS, Massicotte EM, Fehlings MG. Clinical outcomes and revision rates following four level anterior cervical discectomy and fusion. *Scientific Reports*. 2022;12:5339. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09389-1>
  8. Mazas S, Benzakour A, Castelain J-E, Damade C, Ghailane S., Gille O. Cervical disc herniation: which surgery? *International Orthopaedics (SICOT)*. 2019;43:761–766. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4221-3>
  9. Ren Y, Yang J, Chen Ch-M, Liu K, Wang X-F, Wei J-M, Shi L, Liu W, Jiang H, Zhou H, Li Sh, Xu Zh, Zhang W, Deng Zh, Chu L. Outcomes of Discectomy by Using Full-Endoscopic Visualization Technique via the Transcorporeal and Transdiscal Approaches in the Treatment of Cervical Intervertebral Disc Herniation: A Comparative Study. *Biomed Res Int*. 2020;2020:5613459. <https://doi.org/10.1155/2020/5613459>
  10. Zhang T, Guo N, Gao G, Liu H, Li Y, Gao F, Zhang Q, Tao X, Yang W, Wang Y. Comparison of outcomes between Zero-p implant and anterior cervical plate interbody fusion systems for anterior cervical decompression and fusion: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2022;17 (1):47. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02940-w>
  11. Бурцев А.В., Губин А.В., Рябых С.О., Сергеев О.М., Очирова П.В. Сравнительная характеристика технологий передней и задней стабилизации при оперативных вмешательствах на шейном отделе позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(3):108–116. [Burtsev AV, Gubin AV, Ryabykh SO, Sergeenko (Pavlova) OM, Ochirova PV. Comparative characteristic of anterior and posterior stabilization of the cervical spine during surgical interventions. *Spine Surgery*. 2020;17(3):108–116. (In Russ.)] <https://doi.org/10.14531/ss2020.3.108-116>
  12. Гринь А.А., Холодов С.А., Алейникова И.Б. Эндопротезирование шейных межпозвоночных дисков при дискогенных компрессионных миелорадикулопатиях. *Нейрохирургия*. 2017;(3):79–87. [Grin' AA, Kholodov SA, Aleinikova IB. Endoprosthesis of cervical intervertebral disks for treatment of diskal compressive myeloradiculopathy. *Russian journal of neurosurgery*. 2017;(3):79–87. Accessed June 6, 2022 (In Russ.)] <https://www.therjn.com/jour/article/view/455/0>
  13. Вишневецкий А.А., Казбанов В.В., Баталов М.С. Перспективы применения титановых имплантатов с заданными остеогенными свойствами. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(1):50–58. [Vishnevsky AA, Kazbanov VV, Batalov MS. Prospects of using titanium implants with predetermined osteogenic properties. *Spine Surgery*. 2016;13(1):50–58. (In Russ.)] <https://doi.org/10.14531/ss2016.1.50-58>
  14. Алейникова И.Б., Гринь А.А., Кайков А.К. Результаты хирургического лечения больных дегенеративно-дистрофическими заболеваниями шейного и поясничного отделов позвоночника с применением динамических имплантатов. *Нейрохирургия*. 2015;(4):24–30. [Aleinikova IB, Grin' AA, Kaikov AK. The treatment outcomes at patients with degenerative dystrophic diseases of cervical and lumbar spine underwent surgery with usage of dynamic spinal implants. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2015;(4):24–30. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2015-0-4-24-30>
  15. Чехонацкий А.А., Комлева Н.Е., Чехонацкий В.А., Бубашвили А.И. Некоторые особенности патогенеза течения, диагностики и лечения радикуло- и миелопатических синдромов остеохондроза шейного отдела позвоночника. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020;16(1):64–68. [Chekhonatskiy AA, Komleva NE, Chekhonatskiy VA, Bubashvili AI. Some features of pathogenesis of the course, diagnosis and treatment of radicular and myelopathic syndromes of cervical osteochondrosis. *Saratovskii Nauchno-Meditsinskii Zhurnal*. 2020;16(1):64–68. Accessed June 6, 2022 (In Russ.)] <https://ssmj.ru/2020/1/64>
  16. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Долгушин А.А. Математические расчеты по моделированию поврежденного тела позвонка со смежными дисками и сагиттального угла на грудном и поясничном отделах. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова*. 2022;(4):98–111. [Usikov V.D., V.S. Kuflov, Monashenko D.N., Dolgushin A.A. Mathematical calculations for modeling the damaged vertebral body with adjacent discs and the sagittal angle in the thoracic and lumbar regions. *Russ. Neurosurg. journal named after prof. A.L. Polenov* 2022;(4):98–111. (In Russ.)]
  17. Шевелев И.Н., Шулев Ю.А., Гуца А.О., Тиссен Т.П., Ремениц В.В., Е.И. Денисенко, Степаненко В.В. Дифференцированная тактика хирургического лечения больных с вертебральными компрессионными синдромами на шейном уровне. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2003;(3):12–16. [Shevelev IN, Shulev YuA, Guschcha AO, Tissen TP, Remenets VV, Denisenko YeI, Stepanenko VV. Differential surgical treatment policy for patients with vertebral compression syndromes at the cervical level. *Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2003;(3):12–16. (In Russ.)]