

# Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

## Russian Journal of Spine Surgery

2025. Т. 22. № 3



Классификация мальпозиций винтов при инструментальной фиксации деформаций позвоночника

Хирургия идиопатических сколиозов менее 40° по Cobb: результаты, вопросы, проблемы

Ультразвуковое исследование *m. erector spinae* у пациентов с грудным сколиозом после динамической и ригидной фиксации

Сегментарный лордоз при стабилизации на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией

Эпидуральный фиброз и его роль в структуре осложнений при повторных оперативных вмешательствах на поясничном отделе позвоночника

Дозы облучения хирургов при операциях на позвоночнике

Имплантация межтелового шейного кейджа кадаверной модели позвоночника барана



УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

ФГБУ «НОВОСИБИРСКИЙ НИИТО ИМ. Я.А. ЦИВЬЯНА» МИНЗДРАВА РОССИИ  
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ «АССОЦИАЦИЯ ХИРУРГОВ-ВЕРТЕБРОЛОГОВ»

**Главный редактор** А.Ю. Мушкин (Санкт-Петербург, Россия)  
**Заместитель главного редактора** А.О. Гушча (Москва, Россия)  
**Отв. секретарь** М.В. Михайловский (Новосибирск, Россия)

**Editor-in-Chief** A.Yu. Mushkin (St. Petersburg, Russia)  
**Deputy Editor** A.O. Gushcha (Moscow, Russia)  
**Executive Secretary** M.V. Mikhaylovskiy (Novosibirsk, Russia)

**Редакционная коллегия**

А.Г. Аганесов (Москва, Россия)  
А. Аланай (Стамбул, Турция)  
А.А. Афаунов (Краснодар, Россия)  
И.В. Басанкин (Краснодар, Россия)  
А.В. Бурцев (Курган, Россия)  
С.В. Виссарионов (Санкт-Петербург, Россия)  
А.А. Гринь (Москва, Россия)  
А.В. Губин (Москва, Россия)  
А.К. Дулаев (Санкт-Петербург, Россия)  
А.А. Ежевская (Нижний Новгород, Россия)  
А.М. Зайдман (Новосибирск, Россия)  
Л. Каплан (Иерусалим, Израиль)  
И.А. Кирилова (Новосибирск, Россия)  
Д.А. Клементс (Глассборо, США)  
С.В. Колесов (Москва, Россия)  
Н.А. Коновалов (Москва, Россия)  
Н.А. Корж (Харьков, Украина)  
М.Н. Кравцов (Санкт-Петербург, Россия)  
А.А. Кулешов (Москва, Россия)  
М.Н. Лебедева (Новосибирск, Россия)  
Х.М. Майер (Мюнхен, Германия)  
И.А. Норкин (Саратов, Россия)  
О.Г. Прудникова (Курган, Россия)  
Д.А. Пташников (Санкт-Петербург, Россия)  
В.В. Рерих (Новосибирск, Россия)  
С.О. Рябых (Москва, Россия)  
А.Е. Симонович (Новосибирск, Россия)  
В.А. Сороковиков (Иркутск, Россия)  
С.И. Станчев (София, Болгария)  
В.В. Ступак (Новосибирск, Россия)  
Г.Э. Ульрих (Санкт-Петербург, Россия)

**Editorial Board**

A.G. Aganesov (Moscow, Russia)  
A. Alanay (Istanbul, Turkey)  
A.A. Afaunov (Krasnodar, Russia)  
I.V. Basankin (Krasnodar, Russia)  
A.V. Burtsev (Kurgan, Russia)  
S.V. Vissarionov (St. Petersburg, Russia)  
A.A. Grin (Moscow, Russia)  
A.V. Gubin (Moscow, Russia)  
A.K. Dulaev (St. Petersburg, Russia)  
A.A. Ezhevskaya (Nizhny Novgorod, Russia)  
A.M. Zaidman (Novosibirsk, Russia)  
L. Kaplan (Jerusalem, Israel)  
I.A. Kirilova (Novosibirsk, Russia)  
D.A. Clements (Glassboro, USA)  
S.V. Kolesov (Moscow, Russia)  
N.A. Konovalov (Moscow, Russia)  
N.A. Korzh (Kharkov, Ukraine)  
M.N. Kravtsov (St. Petersburg, Russia)  
A.A. Kuleshov (Moscow, Russia)  
M.N. Lebedeva (Novosibirsk, Russia)  
H.M. Mayer (Munich, Germany)  
I.A. Norkin (Saratov, Russia)  
O.G. Prudnikova (Kurgan, Russia)  
D.A. Ptashnikov (St. Petersburg, Russia)  
V.V. Rerikh (Novosibirsk, Russia)  
S.O. Ryabikh (Moscow, Russia)  
A.E. Simonovich (Novosibirsk, Russia)  
V.A. Sorokovikov (Irkutsk, Russia)  
S.I. Stanchev (Sofia, Bulgaria)  
V.V. Stupak (Novosibirsk, Russia)  
G.E. Ulrikh (St. Petersburg, Russia)



содержание contents

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

4 EDITORIAL

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE DEFORMITIES

Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С., Евсюков А.В.  
КЛАССИФИКАЦИЯ МАЛЬПОЗИЦИЙ ВИНТОВ  
ПРИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ  
ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА

6 Prudnikova O.G., Strebkova M.S., Matveev E.A., Evsyukov A.V.  
CLASSIFICATION OF SCREW MALPOSITIONS  
IN INSTRUMENTAL FIXATION  
OF SPINAL DEFORMITIES

Михайловский М.В., Александрова Н.Л., Долотин Д.Н.  
ХИРУРГИЯ ИДИОПАТИЧЕСКИХ СКОЛИОЗОВ МЕНЕЕ 40°  
ПО СОВВ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ВОПРОСЫ, ПРОБЛЕМЫ

18 Mikhailovskiy M.V., Alexandrova N.L., Dolotin D.N.  
SURGERY FOR IDIOPATHIC SCOLIOSIS WITH A COBB ANGLE  
OF LESS THAN 40 DEGREES: RESULTS, QUESTIONS AND PROBLEMS

Васюра А.С., Бузунов А.В., Головнёва М.А.,  
Сергунин А.Ю., Новиков В.В.  
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО  
ЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ ИДИОПАТИЧЕСКИХ СКОЛИОЗОВ  
С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

26 Vasyura A.S., Buzunov A.V., Golovneva M.A.,  
Sergunin A.Yu., Novikov V.V.  
COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE RESULTS OF SURGICAL  
TREATMENT OF SEVERE FORMS OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS  
WITH A PRIMARY THORACIC CURVE

Распопов М.С., Колесов С.В., Швец В.В., Еськин Н.А.,  
Переверзев В.С., Казьмин А.И., Богдасhevская Е.Д., Морозова Н.С.,  
Багиров С.Б., Домрачев И.Е.  
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ *M. ERECTOR SPINAE*  
У ПАЦИЕНТОВ С ГРУДНЫМ СКОЛИОЗОМ  
ПОСЛЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ И РИГИДНОЙ ФИКСАЦИИ

37 Raspopov M.S., Kolesov S.V., Shvets V.V., Eskin N.A.,  
Pereverzev V.S., Kazmin A.I., Bogdashevskaya E.D., Morozova N.S.,  
Bagirov S.B., Domrachev I.E.  
ULTRASOUND EXAMINATION OF *M. ERECTOR SPINAE*  
IN PATIENTS WITH THORACIC SCOLIOSIS AFTER DYNAMIC  
AND RIGID FIXATION

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE INJURIES

Гринь А.А., Талыпов А.Э., Каландари А.А., Кордонский А.Ю.,  
Каранадзе В.А., Львов И.С., Абдрафиев Р.И.  
ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ  
ПАЦИЕНТОВ С НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ВЗРЫВНЫМИ  
ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНКОВ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ПЕРЕХОДА

47 Grin A.A., Talyпов A.E., Kalandari A.A., Kordonskiy A.Y.,  
Karanadze V.A., Lvov I.S., Abdrafiev R.I.  
LONG-TERM RESULTS OF SURGICAL TREATMENT  
IN PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY  
INTACT THORACOLUMBAR BURST FRACTURE

ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

DEGENERATIVE DISEASES OF THE SPINE

Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Малахов С.Б.,  
Диденко В.Г., Таюрский Д.А., Грицаев И.Е., Сычеников В.А.  
КОМБИНАЦИЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО  
И ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОГО ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ  
ДОСТУПОВ ПРИ УДАЛЕНИИ ГРЫЖ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА  
ПОЗВОНОЧНИКА С ОЧЕНЬ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ МИГРАЦИИ:  
МАЛАЯ СЕРИЯ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

57 Basankin I.V., Giulzatyan A.A., Afaunov A.A., Tahmazyan K.K., Malakhov S.B.,  
Didenko V.G., Tayurski D.A., Gritsaev I.E., Sychenikov V.A.  
COMBINATION OF TRANSPEDICULAR  
AND TRANSFORAMINAL ENDOSCOPIC APPROACHES  
FOR REMOVAL OF LUMBAR DISC HERNIATIONS  
WITH VERY HIGH DEGREE OF MIGRATION:  
A SMALL CASE SERIES AND LITERATURE REVIEW

<p>Леонова О.Н., Кузьмин Н.С., Байков Е.С., Крутько А.В.  СЕКМЕНТАРНЫЙ ЛОРДОЗ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ  НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ У ПАЦИЕНТОВ  С ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ:  НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</p>	<p>67</p>	<p>Leonova O.N., Kuzmin N.S., Baykov E.S., Krutko A.V.  SEGMENTAL LORDOSIS  IN LUMBAR STABILIZATION IN PATIENTS  WITH DEGENERATIVE PATHOLOGY:  A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW</p>
<p>Животенко А.П., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Шурыгина И.А.  ЭПИДУРАЛЬНЫЙ ФИБРОЗ И ЕГО РОЛЬ В СТРУКТУРЕ  ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ  НА ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА</p>	<p>79</p>	<p>Zhivotenko A.P., Sorokovikov V.A., Larionov S.N., Shurygina I.A.  EPIDURAL FIBROSIS AND ITS ROLE IN THE STRUCTURE  OF COMPLICATIONS IN REPEATED SURGICAL INTERVENTIONS  ON THE LUMBAR SPINE</p>
<p>ОБЩИЕ ВОПРОСЫ</p>		<p>GENERAL ISSUES</p>
<p>Кубасов М.В., Кравцов М.Н., Сарычева С.С., Шлеенкова Е.Н., Свистов Д.В.  ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ХИРУРГОВ  ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ПОЗВОНОЧНИКЕ</p>	<p>89</p>	<p>Kubasov M.V., Kravtsov M.N., Sarycheva S.S., Shleenkova E.N., Svistov D.V.  RADIATION EXPOSURE DOSES  OF SURGEONS PERFORMING SPINE SURGERIES</p>
<p>Спирин О.А., Аганесов А.Г., Алексанян М.М., Макаров С.А., Седуш Н.Г.,  Крупнин А.Е., Побежимов В.В.  ИМПЛАНТАЦИЯ МЕЖТЕЛОВОГО ШЕЙНОГО КЕЙДЖА  КАДАВЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНОЧНИКА БАРАНА:  БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ</p>	<p>97</p>	<p>Spirin O.A., Aganesov A.G., Aleksanyan M.M., Makarov S.A., Sedush N.G.,  Krupnin A.E., Pobezhimov V.V.  INTERBODY CERVICAL CAGE  IMPLANTATION INTO CADAVERIC MODEL OF THE RAM SPINE:  BIOMECHANICAL TESTS</p>
<p>104</p> <p>ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ</p>		<p>MEETING FOR SPINE SPECIALISTS</p>
<p>106</p> <p>КНИЖНЫЕ НОВИНКИ</p>		<p>NOVELTY BOOKS</p>
<p>111</p> <p>ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ</p>		<p>INFORMATION FOR AUTHORS</p>



Уважаемые коллеги!

Перед вами очередной выпуск журнала «Хирургия позвоночника». При его подготовке мы, с одной стороны, старались сохранить общие публикационные тенденции, с другой – учесть новые возможности размещения информации.

Мы надеемся, что темы двух представленных в номере публикаций станут поводом к дальнейшим дискуссиям. Что считать значимой мальпозицией транспедикулярных винтов, если при существенно разной их частоте при применении навигационных систем и метода свободной руки частота клинических проявлений практически не отличается и, соответственно, когда показаны ревизии при отсутствии клинических признаков такой мальпозиции? Почему идиопатический сколиоз величиной менее 40° традиционно рассматривается как показание к консервативному лечению, но при этом примеры его хирургической коррекции мы постоянно видим в презентациях как национальных, так и международных конференций?

Два оригинальных исследования отражают клинико-лучевые и функциональные аспекты коррекции идиопатических сколиозов, с одной стороны, превышающих 85°, с другой – не превышающих 60°. В трех публикациях обсуждается дегенеративная патология поясничного отдела позвоночника – его биомеханические особенности, возможности комбинированных доступов к мигрирующим грыжам дисков и послеоперационный эпидуральный фиброз. Раздел повреждений посвящен отдаленным результатам лечения неосложненных переломов позвонков зоны грудопоясничного перехода. И, наконец, в «Общие вопросы» мы вынесли данные о лучевой нагрузке, получаемой спинальными хирургами, и экспериментальном изучении биомеханических особенностей межтеловых шейных кейджей.

Кроме того, хочу отметить еще несколько аспектов работы, которые формируют имидж журнала.

Согласно обновленным данным отечественной электронной научной библиотеки eLibrary, за прошедший год журнал «Хирургия позвоночника» не только повысил двух- и пятилетний импакт-фактор до 0,775 и 0,756 соответственно, но и добился одновременного снижения коэффициента самоцитирования до уровня 11 % за 5 лет (один из самых низких показателей за всю историю журнала).

В подготовленной при участии Российской академии наук новой градации научных изданий наш журнал получил 1-й (высший) уровень.

В период между выходами 2-го и 3-го номеров на сайте журнала были размещены презентации наших коллег, представленные на мастер-классе XIII съезда Российской ассоциации хирургов-вертебрологов. Наиболее важную и интересную экспресс-информацию мы будем и дальше публиковать в электронной версии журнала и в телеграм-канале.

Мы в постоянном поиске того, как обеспечить дополнительный интерес к нашему изданию. Начиная с ближайших выпусков, в электронной версии планируется, помимо англоязычных переводов принятых к публикации статей, представлять резюме и на китайском языке. Уже со следующего номера решено размещать информацию о статьях отечественных спинальных хирургов в зарубежных журналах первого и второго кварталей (Q1 и Q2). Эти публикации не всегда известны нашим ученым. Мы просим авторов, опубликовавших такие исследования в 2025 г., прислать резюме своих статей.

Журнал планирует принимать к публикации протоколы научных исследований. На этапе планирования они будут подвергаться такому же двойному «слепому» рецензированию экспертами, как научные публикации. Это не только повысит уровень документов, но и расширит круг потенциальных участников мультицентровых исследований с сохранением авторского приоритета и станет одновременно препятствием для дублирования научных работ.

Объективность свидетельствует о постоянном расширении тематики наших конгрессов и конференций, участии в них специалистов внутри страны. Постепенно мы возвращаемся и на международные площадки. Надеемся, что планируемые изменения станут новой платформой для профессионального общения отечественных и зарубежных специалистов в области хирургии позвоночника.

*Проф. А.Ю. Мушкин,  
главный редактор  
журнала «Хирургия позвоночника»*

# Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2025. Т. 22. № 3

*Журнал представлен:*

- в «Белом списке» (Едином государственном перечне научных изданий), 1-й уровень
- в международной библиографической и реферативной базе данных Scopus
- Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science
- онлайн-платформе Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США)
- информационном сервисе EBSCO
- поисковой системе научных публикаций Google Scholar
- Перечне ведущих рецензируемых научных журналов и изданий России, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «травматология и ортопедия» и «нейрохирургия»
- Российском индексе научного цитирования
- Реферативном журнале и базах данных ВИНТИ РАН
- научной электронной библиотеке «КиберЛенинка»
- Национальном электронно-информационном консорциуме



# КЛАССИФИКАЦИЯ МАЛЬПОЗИЦИЙ ВИНТОВ ПРИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЗВОНОЧНИКА

О.Г. Прудникова, Е.А. Матвеев, М.С. Стребкова, А.В. Евсюков

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии  
им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, Курган

**Цель исследования.** Несистематизированный обзор классификаций мальпозиций винтов при транспедикулярной фиксации деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника и разработка тактической классификации мальпозиций винтов при инструментальной фиксации сколиотических деформаций позвоночника с согласительной оценкой (каппа-коэффициент).

**Материал и методы.** Проведен поиск исследований в базах данных Pubmed, eLibrary, Google, оценивающих расположение винтов с использованием или обоснованием классификации. С учетом узкой специфики темы в выборку включены публикации любого дизайна. На основании полученных данных авторами предложена тактическая классификация мальпозиций винтов при инструментальной фиксации сколиотических деформаций позвоночника с оценкой экспертной согласованности каппа-коэффициентом Коэна.

**Результаты.** Всего в базах данных было найдено 139 статей, из ссылок — 21 статья. Не соответствовали теме исследования 66 статей, не было полного текста — у 12, число статей с полным текстом — 85. Критериям включения соответствовали 20 статей. Проведенный анализ показал, что в основном используются классификации, определяющие смещение винтов в просвет позвоночного канала без учета клинических проявлений и тактики лечения. Для оценки положения винтов при сколиозе предложено пять классификаций, при этом лишь одна определяет тактику ведения пациентов на основании балльной оценки.

**Заключение.** Объективизированный метод оценки точности положения винтов необходим для дополнительных доказательств безопасности мальпозиций, определяет клиническую значимость мальпозиций, факторы риска, связанные с неправильной установкой, и дальнейшие действия хирурга.

**Ключевые слова:** точность проведения винтов; положение винтов; сколиоз; классификация положения винтов; мальпозиции винтов.

Для цитирования: Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С., Евсюков А.В. Классификация мальпозиций винтов при инструментальной фиксации деформаций позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 6–17. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.6-17>

## CLASSIFICATION OF SCREW MALPOSITIONS IN INSTRUMENTAL FIXATION OF SPINAL DEFORMITIES

O.G. Prudnikova, M.S. Strebkova, E.A. Matveev, A.V. Evsyukov

National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russia

**Objective.** To perform a non-systematic review of classifications of screw malpositions in transpedicular fixation of thoracic and lumbar spine deformities and to develop a tactical classification of screw malpositions in instrumental fixation of scoliotic deformities of the spine with a consensus assessment (kappa coefficient).

**Material and Methods.** A search of studies was conducted in the Pubmed, eLibrary, and Google databases that evaluated the location of screws using or justifying the classification. Given the narrow specificity of the topic, publications of any design were included in the sample. Based on the data obtained, the authors proposed a tactical classification of screw malpositions in instrumental fixation of scoliotic deformities of the spine with an assessment of expert agreement using the Cohen's kappa coefficient.

**Results.** A total of 139 articles were found in the databases, including 21 articles from references. Of them, 66 articles did not correspond to the topic of the study, 12 — did not have the open-text access, and 85 — had open-text access. Twenty articles met the inclusion criteria. The analysis showed that classifications used mainly determine the displacement of screws into the lumen of the spinal canal without taking into account clinical manifestations and treatment tactics. Five classifications have been proposed to assess the position of screws in scoliosis, while only one determines the tactics of patient management based on a score assessment.

**Conclusion.** An objectified method for assessing the accuracy of screw position is needed to provide additional evidence of the safety of malpositions and to determine the clinical significance of malpositions, risk factors associated with incorrect installation, and further actions of the surgeon.

**Keywords:** screw placement accuracy; screw position; scoliosis; screw position classification; screw malposition.

Please cite this paper as: Prudnikova OG, Strebkova MS, Matveev EA, Evsyukov AV. Classification of screw malpositions in instrumental fixation of spinal deformities. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):6–17. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.6-17>

В литературе приводятся разнородные данные о мальпозициях винтов при инструментальной фиксации позвоночника, особенно при сколиотических деформациях, в среднем их частота составляет 25–41 % случаев [1]. По данным Ansoerge et al. [2], частота смещений при хирургических вмешательствах по поводу сколиоза составляет 1,9–11,0 % при использовании навигации и 1,5–50,7 % при установке методом свободной руки. При этом частота осложнений, связанных с неправильным положением имплантата, одинакова для всех методов – 0–1,4 %. По мнению исследователей, обсуждающих эту тему, основной проблемой в хирургии деформаций позвоночника является оценка положения винтов и тактика дальнейшего ведения пациентов.

Цель исследования – несистематизированный обзор классификаций мальпозиций винтов при транспедикулярной фиксации деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника и разработка тактической классификации с согласительной оценкой (каппа-коэффициент).

## Материал и методы

**Стратегия поиска и отбора литературных данных.** Проведен поиск исследований в базах данных Pubmed, eLibrary, Google, оценивающих расположение винтов при транспедикулярной фиксации деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника с использованием или обоснованием классификации. Поиск литературных данных осуществляли три исследователя. С учетом узкой специфики темы в выборку включали публикации любого дизайна (табл. 1).

**Критерии включения:** полнотекстовые статьи на английском и русском языках, находящиеся в свободном доступе, систематические обзоры, метаанализы – рандомизированные и нерандомизированные, ретроспективные, проспективные исследования, серии клинических случаев при инструментальной фиксации деформаций грудного и поясничного

Таблица 1

Критерии включения/исключения и селекции публикаций

Элементы оценки	Включения	Исключения
Участники	Пациенты с инструментальной фиксацией позвоночника, у которых оценивали расположение транспедикулярных винтов по данным КТ после оперативного вмешательства с использованием классификации	Пациенты с инструментальной фиксацией позвоночника, у которых не оценивали расположение винтов по данным КТ после оперативного вмешательства
Вмешательство	Оперативное лечение деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника с применением транспедикулярной фиксации	
Сравнение	Классификация мальпозиций винтов	
Результат	Разработка классификации мальпозиции при инструментальной фиксации сколиотических деформаций позвоночника	
Дизайн исследования	Систематический обзор, рандомизированные и нерандомизированные, ретроспективные, проспективные исследования, серии клинических случаев	Клинические случаи
Публикации	На русском, английском языках, полнотекстовые	На любых других языках, без доступа к полному тексту

отделов позвоночника, при которых оценивалось расположение транспедикулярных винтов по данным КТ после оперативного вмешательства с использованием или обоснованием классификации мальпозиций.

**Критерии исключения:** отчеты о случаях, статьи, недоступные в полнотекстовом варианте, статьи без оценки расположения винтов по данным КТ после оперативного вмешательства по инструментальной фиксации деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника.

Первично выполнили поиск литературных источников с использованием ключевых слов «classifications for pedicle screw position» без фильтрации глубины поиска в период до февраля 2025 г. В дальнейшем исключили публикации, не соответствующие критериям исследования. На третьем этапе просматривали полные тексты отобранных статей на соответствие критериям включения и списки литературы на наличие релевантных исследований.

На основании полученных данных авторы предложили тактическую классификацию мальпозиций

винтов при инструментальной фиксации сколиотических деформаций позвоночника. Экспертная согласованность представляемой классификации проведена с использованием каппа-коэффициента Коэна, который используется для количественной оценки уровня согласия между двумя экспертами и показывает, насколько надежно два эксперта измеряют одно и то же, с учетом, что они могут соглашаться случайно.

Экспертная согласованность в контексте статьи разделена на внутри- и межэкспертную. В случае внутри-экспертной согласованности сравниваются оценки одного и того же эксперта, произведенные в разное время, представляющие собой аналог воспроизводимости. В свою очередь, межэкспертная согласованность представляет собой оценку несколькими экспертами одного и того же объекта.

Трем хирургам (1-й – с опытом более 20 лет, 2-й – с опытом 10 лет, 3-й – с опытом 1 год) были предоставлены 39 изображений мальпозиций в аксиальной и коронарной проекциях, боковая топограмма позвоночника и комментарии о клинических

Таблица 2

Использование классификаций в полнотекстовых статьях на этапе отбора

Авторы классификации	Количество статей	Этиология деформаций (некоторые авторы использовали одну классификацию для разной патологии в одной статье)
Gertzbein, Robbins [3]	38	Идиопатический сколиоз — 3; нейромышечный сколиоз — 2; посттравматические деформации — 4; спондилолистезы — 9; дегенеративные сколиозы — 7; деформации без уточнения этиологии — 15; эксперимент — 1
Laine et al. [5]	2	Идиопатический сколиоз — 1; деформации без уточнения этиологии — 1
Neo et al. [6]	4	Идиопатический сколиоз — 3; анкилозирующий спондилит — 1
Rao et al. [13]	1	Идиопатический сколиоз — 1
Heary et al. [7]	8	Идиопатический сколиоз — 1; посттравматические деформации — 3; дегенеративные сколиозы — 2; деформации без уточнения этиологии — 4
Zdichavsky et al. [11]	6	Посттравматические деформации — 3; спондилолистезы — 1; дегенеративные сколиозы — 1; деформации без уточнения этиологии — 2
Wiesner et al. [9]	2	Спондилолистезы — 1; деформации без уточнения этиологии — 1
Rampersaud et al. [12]	2	Идиопатический сколиоз — 1; посттравматические деформации — 1; дегенеративные сколиозы — 1; спондилолистезы — 1

проявлениях. Изображения не содержали никакой информации и маркеров, связанных с классификацией. Оценку проводили дважды с интервалом в две недели. Каппа-коэффициент определяли для каждого типа мальпозиций и для классификации в целом попарно для хирургов (1-й и 2-й; 2-й и 3-й; 1-й и 3-й). Нормально распределенные наборы данных представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения.

## Результаты

Всего в базах данных по ключевым словам найдено 139 статей. Из ссылок найдена 21 статья. Не соответствовали теме исследования 66 статей, не было полного текста у 12. Таким образом, число статей с полным текстом — 85. Критериям включения соответствовали 20 статей.

Еще на этапе предварительного отбора нас заинтересовал вопрос

о предпочтении авторов в использовании той или иной классификации при оценке положения винтов, поэтому 85 полнотекстовых статей были проанализированы на предмет выбора классификации и этиологии деформации, по поводу которой проводилась фиксация позвоночника. Наиболее популярной была классификация мальпозиций, предложенная Gertzbein и Robbins [3]. При оценке положения винтов при сколиозах авторы использовали различные варианты классификаций (табл. 2).

Статьи, соответствующие критериям отбора, разделили на две группы: 13 статей с предложенными классификациями; 7 обзорных статей (табл. 3).

Все классификации мальпозиций при транспедикулярном проведении винтов предложены авторами в ходе клинических исследований при анализе послеоперационных КТ-изображений. При этом лишь в пяти исследованиях проводится

оценка положения винтов при инструментальной фиксации позвоночника на фоне сколиотической деформации. В этих публикациях все авторы описывают особенности фиксации позвонков при сколиозе как в плане проведения винтов, так и оценки их положения после операции.

Так как в полнотекстовых статьях авторы ссылаются в том числе на классификации, не адаптированные для сколиоза, в представляемой работе анализируются и эти классификации (табл. 4).

Проведенный анализ полнотекстовых статей показал, что при оценке положения винтов в основном используют классификации, определяющие смещение винтов в просвет позвоночного канала. При этом даже используют классификацию Neo et al. [6], описывающую смещения относительно канала позвоночной артерии. Наиболее часто используемой определена классификация Gertzbein и Robbins [3]. Для оценки положения винтов при сколиозе используют различные типы классификаций, что определяет актуальность нашего исследования.

Большинство отобранных классификаций определяют степень медиального/латерального смещения винта относительно ножки позвонка на аксиальных срезах КТ (как правило, с шагом в 2 мм): Neo et al. [6], Zdichavsky et al. [11], Rampersaud et al. [12], Wiesner et al. [9], Rao et al. [13]. В русскоязычной статье А.В. Губина с соавт. [14] оценка смещения винтов также проводится на основании медиального/латерального расположения относительно ножки позвонка без сопоставления с клиническими проявлениями и определением тактики.

Классификация Oba et al. [15] объединяет пять основных методов оценки медиального/латерального смещения винтов и дополнительно определяет их по степени опасности повреждений расположенных рядом анатомических образований.

Другой тип классификаций дополнительно учитывает верхнее или нижнее смещение винта относи-

Таблица 3

Статьи, прошедшие критерии отбора и включенные в обзор

Авторы	Год публикации	Дизайн исследования	Направление исследования
Gertzbein, Robbins [3]	1990	Клиническое	Представлена классификация
Aoude et al. [4]	2018	Клиническое	Представлена классификация с межэкспертным соглашением
Laine et al. [5]	2006	Клиническое	Представлена классификация
Neo et al. [6]	2005	Клиническое	Представлена классификация
Heary et al. [7]	2004	Клиническое	Представлена классификация
Abul-Kasim et al. [8]	2009	Ретроспективное	Представлена классификация
Wiesner et al. [9]	2000	Клиническое	Представлена классификация
Sarwahi et al. [10]	2016	Ретроспективный анализ	Представлена классификация
Zdichavsky et al. [11]	2004	Ретроспективный анализ	Представлена классификация
Upendra et al. [1]	2008	Клиническое	Представлена классификация
Rampersaud et al. [12]	2005	Клиническое	Представлена классификация
Rao et al. [13]	2002	Ретроспективный анализ	Представлена классификация
Губин А.В. и соавт. [14]	2015	Клиническое	Послеоперационная оценка положения транспедикулярных винтов
Oba et al. [15]	2023	Систематический обзор Prisma (20 статей)	Характеристика пяти основных классификаций, группировка их в единую классификацию
Watanabe et al. [16]	2010	Проспективное	Оценка ножек позвонков при сколиозе для фиксации
Kosmopoulos, Schizas [17]	2007	Метаанализ (130 статей)	Анализ методов послеоперационной оценки транспедикулярных винтов
Ansorge et al. [2]	2023	Обзор (51 статья)	Сравнительный анализ классификаций мальпозиций винтов
Akazawa et al. [18]	2015	Оригинальная статья	Оценка ножек позвонков при сколиозе с обоснованием проведения винтов
Aoude et al. [19]	2015	Систематический обзор (68 статей)	Обзор классификаций мальпозиций винтов
Adamski et al. [20]	2023	Обзор (43 статьи)	Описание систем оценок положения винтов

тельно ножки: Laine et al. [5], Gertzbein и Robbins [3], но без сопоставления с клиническими проявлениями.

Gertzbein и Robbins [3] при оценке положения винтов определили, что пенетрация медиальной стенки дужки в грудном отделе от 1 до 3 мм возможна без неврологического дефицита, а на уровнях Th<sub>8</sub>–L<sub>4</sub> – до 4 мм. Эта область от 0 до 4 мм названа «эпидуральной безопасной зоной» (2 мм – эпидуральное пространство и 2 мм – субарахноидальное пространство).

Вариантом тактической классификации является предложенная на основании опроса врачей-вертебрологов классификация мальпозиций Aoude et al. [4], которая имеет балльную шкалу оценки расположения винтов, клинических проявлений и определяет тактику лечения.

Классификации, адаптированные для сколиоза: Heary et al. [7], Upendra et al. [1], Abul-Kasim et al. [8], Sarwahi et al. [10], они учитывают как анатомические особенности позвонков при деформациях, так и варианты мальпозиций относительно деформированных структур в сопоставлении с клиническими проявлениями, но не определяют тактические вопросы после диагностированного смещения.

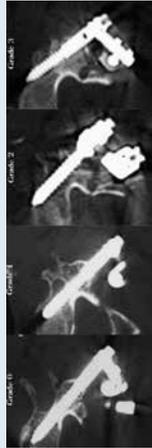
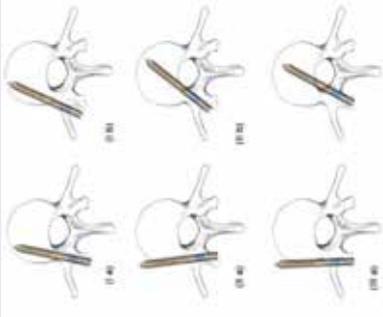
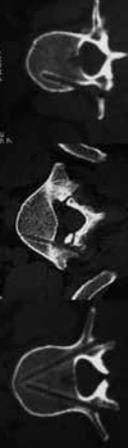
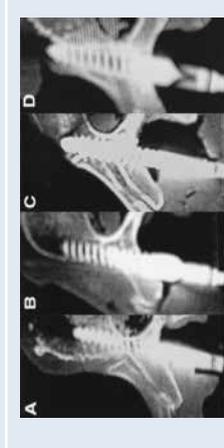
Из семи представленных обзорных статей одна является систематическим обзором, в одной проведен метаанализ, две – обзор литературы по теме исследования. Две работы (оригинальная статья и проспективное исследование) по соглашению авторов включены для анализа особенностей фиксации позвоночника при сколиозе

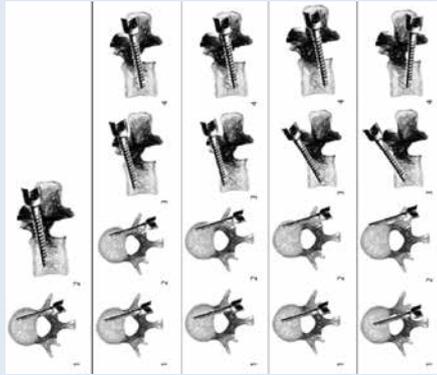
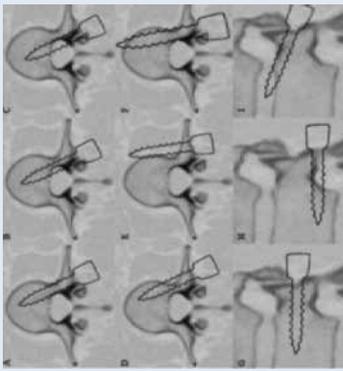
и оценке положения винтов при этой патологии.

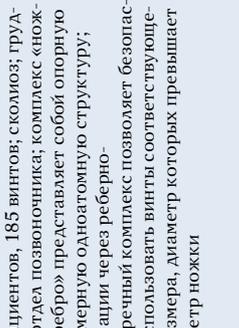
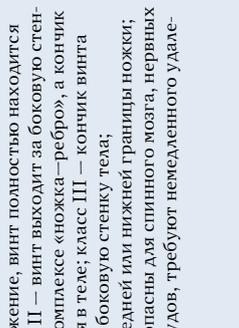
## Обсуждение

В настоящее время не существует стандартного метода оценки положения винтов после операций на позвоночнике [2, 4, 17]. Оценка положения винтов по данным рентгенографии является предварительным исследованием, для точной оценки используют КТ, которая включает серию КТ-срезов толщиной 2,5 мм, реконструированных с интервалом 2 мм и полем зрения, достаточным для визуализации позвоночника, а также для построения сагиттальных и коронарных реконструкций позвоночника. Оценка положения транспедикулярных винтов, как правило, включает смещение

Таблица 4  
Классификации мальпозиций винтов, включенных в обзор

Авторы	Классификации	Комментарии к классификации	Особенности
Neo et al. [6]		<p>0 — отклонение отсутствует; 1 — отклонение менее 2 мм (то есть менее половины диаметра винта); 2 — отклонение более 2 мм и менее 4 мм; 3 — отклонение более 4 мм (то есть полное отклонение)</p>	<p>18 пациентов; оценка винта относительно канала позвоночной артерии</p>
Zdichavsky et al. [11]		<p>Ia — полностью входит в ножку и тело позвонка; Ib — входит в тело позвонка, но латерально к ножке; IIa — частичная латеральная мальпозиция; IIb — частичная медиальная мальпозиция; IIIa — полностью латеральное смещение; IIIb — полностью медиальное смещение</p>	<p>43 пациента, 278 винтов; описана для травмы грудного отдела; нет сопоставления с клиническими проявлениями</p>
Rampersaud et al. [12]		<p>A — полностью в ножке; B — перфорация стенки ножки менее 2 мм; B — перфорация стенки ножки 2–4 мм; Г — перфорация стенки ножки более 4 мм</p>	<p>45 пациентов, 360 винтов; грудной, поясничный отдел</p>
Laine et al. [5]	<p>Мальпозицию оценивали как медиальное, латеральное, нижнее или верхнее смещение по отношению к ножке</p>	<p>0 — винт в ножке; 1 — смещение до 2,0 мм; 2 — смещение 2,1–4,0 мм; 3 — смещение 4,1–6,0 мм; 4 — винт снаружи ножки</p>	<p>30 пациентов, 152 винта; поясничный отдел</p>
Wiesner et al. [9]		<p>A — незначительная мальпозиция (&lt; 3 мм); B — умеренная мальпозиция (3–6 мм); C — выраженная мальпозиция (&gt; 6 мм)</p>	<p>51 пациент, 408 винтов; чрескожная установка винтов, поясничный отдел; оценивался канал после удаления винта; сопоставление с клиническими данными</p>
Rao et al. [13]		<p>0 (A) — отсутствие перфорации; 1 (B) — перфорация с одной резьбой, выходящей за пределы ножки; 2 (C) — перфорация ножки от 2 до 4 мм; 3 (D) — перфорация ножки более 4 мм</p>	<p>155 винтов, грудные позвонки; оценка перфораций по КТ и прямая визуализация на гругах; только аксиальные срезы; нет сопоставления с клиническими данными</p>

Продолжение таблицы 4 Классификация мальпозиций винтов, включенных в обзор		Классификации	Комментарии к классификации	Особенности																												
Gertzbein, Robbins [3]			<p>A — полностью интрапедикулярное положение без нарушения коркового слоя ножки; B — нарушение коркового слоя ножки менее 2 мм; C — нарушение коркового слоя ножки 2—4 мм; D — нарушение коркового слоя ножки 4—6 мм; E — нарушение коркового слоя ножки более 6 мм или расположение вне ножки</p>	40 пациентов, 167 винтов; грудной поясничный отдел; нет сопоставления с клиническими проявлениями																												
Loude et al. [4]	<table border="1" data-bbox="762 1310 928 1764"> <thead> <tr> <th rowspan="2">расположение винта</th> <th rowspan="2">смещение &gt; 6 мм</th> <th colspan="3">данные анисагитальных срезов</th> </tr> <tr> <th>смещение 4-6 мм</th> <th>смещение 2-4 мм</th> <th>смещение &lt; 2 мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>медиадальное</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>латеральное</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>верхнее</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>переднее</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	расположение винта	смещение > 6 мм	данные анисагитальных срезов			смещение 4-6 мм	смещение 2-4 мм	смещение < 2 мм	медиадальное	4	3	2	1	латеральное	2	2	1	0	верхнее	1	1	0	0	переднее	1	1	0	0		<p>Симптомы: радикулярная боль — 4; мышечная слабость — 4; нарушение чувствительности — 1; нет симптомов — 0. Сумма баллов более 6 требует перепроверки винта</p>	Предложена классификация на основании систематического обзора
расположение винта	смещение > 6 мм			данные анисагитальных срезов																												
		смещение 4-6 мм	смещение 2-4 мм	смещение < 2 мм																												
медиадальное	4	3	2	1																												
латеральное	2	2	1	0																												
верхнее	1	1	0	0																												
переднее	1	1	0	0																												
Abul-Kasim et al. [8]			<p>Медиадальная перфорация: степень 0, 1, 2; латеральная перфорация: степень 0, 1, 2; перфорация передней стенки тела позвонка: степень 0, 1; перфорация замыкающей пластинки: степень 0, 1; перфорация фораминального отверстия: степень 0, 1, 2 (степень перфорации указывается в мм)</p>	46 человек, 809 винтов; сколиоз; значительная несооснованность между наблюдателями и внутри наблюдателей (каппа-коэффициент 0,69 и 0,76 соответственно); сопоставление с клиническими данными																												
Sarwahi et al. [10]			<p>1) винты, представляющие опасность (SAR): расположены медиадально более чем на 4 мм, выступают латерально или вперед и соприкасаются с анатомическими структурами, представляющими опасность (расстояние между винтом и органом менее 1 мм); 2) неопределенное неправильное расположение (IMR): винты, проходящие медиадально на 2—4 мм, или винты, проходящие латерально или кпереди (расстояние &gt; 1—2 мм между винтом и органом); 3) допустимое смещение (BMR): винты, частично проходящие через ножку, но не подвергающие риску какие-либо структуры; 4) точно установленный (AR) винт через ножку</p>	127 пациентов, 2724 винта; идиопатический сколиоз (94), нервно-мышечный (16), другие виды (17); 87,96 % винтов установлены точно, в 14,17 % случаях винты представляли опасность, более чем у 40 % пациентов были винты, вызывающие опасность																												

Окончание таблицы 4 Классификация мальпозиций винтов, включенных в обзор	Авторы	Классификации	Комментарии к классификации	Особенности
	Heary et al. [7]	 <p>I II III IV V</p>	<p>Класс I — хорошее расположение, винт полностью находится внутри ножки и тела; класс II — винт выходит за боковую стенку ножки, но находится в комплексе «ножка—ребро», а кончик винта полностью находится в теле; класс III — кончик винта проникает в переднюю или боковую стенку тела; класс IV — повреждение средней или нижней границы ножки; класс V — винты, которые опасны для спинного мозга, нервных корешков или крупных сосудов, требуют немедленного удаления и/или переустановки</p>	<p>27 пациентов, 185 винтов; сколиоз; грудной отдел позвоночника; комплекс «ножка—ребро» представляет собой опорную трехмерную одноатомную структуру; фиксации через реберно-поперечный комплекс позволяет безопасно использовать винты соответствующего размера, диаметр которых превышает диаметр ножки</p>
	Urendra et al. [1]	 <p>Тип I Тип II Тип III</p>	<p>Тип I — приемлемая установка; тип II — неприемлемая установка без каких-либо клинически значимых нервно-сосудистых осложнений; тип III — установка винтов с клиническими нервно-сосудистыми осложнениями и документально подтвержденным повреждением соответствующих жизненно важных структур</p>	<p>60 человек, 341 винт; две группы: со сколиозом (24 человека) и без сколиоза (36 человек); мальпозиции — 49,28 %; сопоставление с клиническими данными</p>
	Oba et al. [15]	 <p>G0 G1 G2 G3</p>	<p>Медальное, латеральное смещение на основании объединенной оценки классификаций Rao, Neo, Gertzbein, Deswani, Tapikawa: G0 — нормальное положение; G1 и G2 — серьезное отклонение; G3 — опасное отклонение</p>	<p>Систематический обзор, Ritzka; дети со сколиозом; объединенная оценка пяти классификаций; нет сопоставления с клиническими данными</p>

относительно ножки позвонка (медиальное, латеральное, фораминальное) и тела позвонка (переднее).

В 2007 г. Kosmopoulos и Schizas [17] опубликовали метаанализ, посвященный точности установки транспедикулярных винтов, и обнаружили 35 различных методов оценки в рамках 130 статей.

По данным Adamski et al. [20], в связи с редкостью клинических проявлений и возникающих осложнений точное клиническое значение неправильной установки винтов остается неясным, и авторы предлагают проводить оценку с использованием нескольких классификаций одновременно.

В систематическом обзоре Aoude et al. [19] показано, что из 68 включенных в обзор статей в 37 (54 %) использовались сопоставимые между собой методологии: оценка целостности ножки с шагом в 2 мм (смещения до 2 мм считаются безопасными или приемлемыми, а более 2 мм – небезопасными). При этом не учитываются фиксация костных структур (опорность винтов) и положение винтов относительно важных анатомических структур. Вторая наиболее часто используемая система оценки (16 статей; 24 %) классифицирует винты относительно ножки «в пределах» или «за пределами» (винт полностью находится в ножке или допускается, что до 25 % диаметра винта выходит за пределы ножки), но без учета направления смещения и клинических проявлений [19].

В 2018 г. Aoude et al. [4] опубликовали исследование, в котором провели опрос 35 канадских хирургов-вертебрологов для стандартизации оценок мальпозиций транспедикулярных винтов. Опросник включал вопросы о клинических методах и критериях визуализации. Исследование показало, что клиническая картина имеет решающее значение для определения тактики лечения при неправильном положении винта. На основании проведенного анализа авторы предложили предварительную систему оценки для стандартизации классификации транспедикулярных винтов

и помощи хирургам в принятии решения о том, какие транспедикулярные винты нуждаются в операции по их перепроведению.

Sarwahi et al. [10] представили систему классификации, учитывающую потенциально клинически значимые смещения, направление смещения и оставшееся расстояние между винтом и анатомическими структурами, расположенными рядом. Установка винтов определяется ими как точное размещение, незначительное смещение, неопределенное смещение и угрожаемое смещение. По данным авторов, при медиальном смещении винта менее 4 мм не определяется неврологических нарушений. В представленном обзоре подробно описывают варианты и осложнения при переднем смещении винтов за тело позвонка, частота которых составляет от 10 до 15 %. Передние мальпозиции представляют опасность для аорты, подвздошной артерии и вены, пищевода, трахеи, бронхов, плевральной полости, легких. Проведенный ретроспективный анализ передних смещений винтов определяет расстояние в 1 мм между кончиком винта и органом как безопасное. При оценке смещения винта относительно аорты предлагается проведение КТ в положении пациента лежа на спине или животе, при отсутствии изменений – КТ с контрастированием, оценка морфологических изменений и деформация стенки аорты.

По мнению многих исследователей, большинство мальпозиций протекают бессимптомно, следовательно, они не являются неблагоприятным исходом или осложнением. Они могут оставаться скрытыми в течение длительного времени, поскольку их естественное течение неизвестно [1, 10]. Кроме того, авторы предполагают, что иногда на КТ переоценивается близость винтов [10].

Известно, что форма и размеры ножки позвонка при идиопатическом сколиозе значительно отличаются от здоровых позвонков. Watanabe et al. [16] и Akazawa et al. [18] классифицировали размеры ножек позвонков

и определили, что мальпозиции винтов для кортикального канала с внутренним диаметром ножки меньше 1 мм составили 31,5 %, и предлагают не проводить установку винтов при таких параметрах.

Другие исследователи определили, что реберно-поперечный комплекс представляет собой опорную трехмерную структуру, а установка винтов по типу «внутри–снаружи–внутри» на 70 % прочнее интрапедикулярной фиксации и не вызывает клинических осложнений [1, 7].

Сколиотические деформации позвоночника характеризуются изменением формы тела позвонка, размером и формой позвоночного канала, расположением дурального мешка внутри деформированного позвонка. Все эти морфологические характеристики позвонков определяют особенности установки винтов. При оперативном лечении сколиоза устанавливают опорные винты для дальнейшего исправления деформации за счет оперативных приемов. Именно поэтому основной характеристикой в таком случае будет безопасная опорная траектория введения.

Размеры и форма позвоночного канала и топография дурального мешка при сколиозе переменны, это связано с ротацией позвонков, изменением оси позвоночника, изменением формы ножек позвонков. Изменение формы позвоночного канала обусловлено и этиологией заболевания (узкий позвоночный канал при ахондроплазии и др.).

Исторически ножка позвонка определена как безопасная зона для проведения винтов, но только в ряде случаев (маленькие размеры, деформация позвонка, ротация) она является лишь ориентиром для выбора безопасной траектории.

На основании вышеизложенного считаем, что в хирургии деформаций позвоночника идет речь не о транспедикулярном проведении винтов, а о безопасной установке опорных точек и задней инструментальной фиксации с целью коррекции искривления.

При оценке положения винтов при сколиозе допустимо внепедикулярное проведение с фиксацией тела позвонка, проведение винта через реберно-поперечно-позвоночный комплекс, интраканальное положение

на выпуклой стороне (с учетом предоперационной визуализации дурально-го мешка) и интрадисковое смещение в протяженной зоне фиксации.

Представленные классификации мальпозиций винтов при сколиозе

определяют варианты внепедикулярной установки винтов. При этом клинические проявления и опасность повреждений или повреждение органов определяют тактику ведения пациента и необходимой повторной операции.

Таблица 5

Тактическая классификация мальпозиций винтов при инструментальной фиксации деформаций позвоночника

Тип	Топография	Интраоперационный КТ-контроль: тактика	Послеоперационный КТ-контроль: тактика
1-й — мальпозиции, не требующие перепроведения; безопасные; M1	<p>Мальпозиция:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— интраканально: грудной отдел до 2 мм, поясничный отдел до 2 мм;</li> <li>— фораминально: до 2 мм;</li> <li>— вентрально, паравертебрально: расстояние до расположенных рядом важных анатомических образований более 1 мм.</li> </ul> <p>Опорная траектория: большая часть винта (&gt;75 % длины) расположена в позвонке.</p> <p>Симптомы мальпозиции отсутствуют.</p> <p>Исключение: траектория определена как безопасная с учетом анатомических особенностей</p>	Не требует перепроведения	Не требует перепроведения
2-й — потенциально критичные мальпозиции; условно безопасные; M2—/+	<p>Мальпозиция:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— интраканально: грудной отдел до 4 мм, поясничный отдел более 2 мм, но менее диаметра винта;</li> <li>— фораминально: более 2 мм;</li> <li>— вентрально, паравертебрально: расстояние до расположенных рядом важных анатомических образований менее 1 мм, их деформация.</li> </ul> <p>Условно опорная траектория: винт частично проходит через костные структуры (от 75 до 50 % длины), костный канал не на всем протяжении винта, винт внутри конструкции (допустимо для нескольких винтов).</p> <p>Симптомы мальпозиции отсутствуют (M2—), выявляются (M2+).</p> <p>Исключение: траектория определена как безопасная с учетом анатомических особенностей</p>	Перепроведение винта	Комментарий, дополнительное обследование, показание к перепроведению: клинические проявления (M2+), высокий риск повреждения органов по данным обследования, бессимптомное повреждение внутренних органов
3-й — мальпозиции, требующие перепроведения; опасные или угрожающие; M3—/+	<p>Мальпозиция:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— интраканально: грудной отдел более 4 мм, поясничный отдел более диаметра винта;</li> <li>— фораминально: более 4 мм.</li> <li>— вентрально, паравертебрально: деформация или смещение анатомических образований.</li> </ul> <p>Неопорная траектория:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— винт введен через костные структуры (менее 50 %), но не фиксирует тело позвонка;</li> <li>— винт частично проходит через костные структуры (от 75 до 50 % длины), расположен на дистальном или проксимальном уровне фиксации.</li> </ul> <p>Симптомы мальпозиции отсутствуют (M3—), выявляются (M3+)</p>	Перепроведение винта	Перепроведение винта

Объективизированный метод оценки точности положения винтов необходим для дополнительных доказательств безопасности мальпозиций. Оптимальная система классификации должна быть воспроизводимой и простой, определять клиническую значимость мальпозиций, обсуждение факторов риска, связанных с неправильной установкой, и дальнейшие действия хирурга. Кроме того, она должна быть защитным механизмом при возникновении в дальнейшем судебных разбирательств.

Опыт хирургического лечения пациентов со сколиозом с послеоперационным КТ-контролем положения винтов (247 пациентов (4560 винтов), из них 81 человек (1729 винтов) с интраоперационной КТ-навигацией) и вечный вопрос спинальных хирургов «перепроводить/не перепроводить», «допустимо/не допустимо» послужил поводом для систематизации мальпозиций.

Таким образом, на основании вышеизложенного мы разработали тактическую классификацию расположения винтов при сколиотических деформациях позвоночника (табл. 5).

На основании проведенного анализа литературных данных и собственного опыта определены основные критерии для оценки положения винта при сколиотических деформациях позвоночника:

1) оценка положения винта проводится в аксиальной и сагиттальной проекциях с оценкой опорности и смещения за границы безопасной зоны;

2) границами безопасной зоны являются задневерхненааружная поверхность тела позвонка, образованная латеральной стенкой позвоночного канала (ножка или ее кортикальный слой), верхняя замыкательная пластинка, боковая поверхность тела позвонка (в том числе реберно-поперечный комплекс) и верхняя граница фораминального канала;

3) безопасная траектория введения: направление введения выбрано в связи с анатомическими особенностями позвонка и предполагает отсутствие повреждений органов; винт

проходит в тело позвонка в проекции ножки позвонка как анатомически безопасной зоны: внепедикулярно (несоответствие размеров ножек, траектория «внутри–наружи–внутри», через комплекс «ножка–ребро»), интраканально (визуализированное смещение дурального мешка на выпуклой стороне деформации или его отсутствие при повреждениях или заболеваниях);

4) при оценке интраканальных мальпозиций необходимо ориентироваться на диаметр винта, размеры позвоночного канала на данном уровне (стеноз при системных заболеваниях), топографию дурального мешка, в том числе на вогнутой стороне деформации;

5) важными анатомическими образованиями, требующими визуализации при мальпозициях, являются невральные структуры и их оболочки, аорта, подвздошные сосуды, пищевод и ЖКТ, трахея, бронхи, плевральная полость, легкие;

6) клинические проявления – интраоперационно: ликворея из винтового канала, снижение амплитуды ТКВП при нейромониторинге, кровотечение, воздух и др.; в послеоперационном периоде – симптомы, соответствующие топографии мальпозиции;

7) дополнительные обследования при мальпозициях для уточнения дальнейшей тактики: МРТ, КТ-миелография, КТ легких, КТ брюшной полости, КТ-ангиография в положении пациента лежа на спине/животе;

8) тактика ведения пациентов определяется по результатам интраоперационного либо послеоперационного КТ-контроля положения винтов;

9) интраоперационная КТ дает возможность выполнить перепроведение винта в ходе оперативного вмешательства; вышеизложенные анатомические особенности позвонков при сколиозе в ряде случаев не предполагают изменения траектории введения винта, поэтому 1-й тип расположения винтов считаем допустимым, а смещения 2-го и 3-го типов являются потенциально опасными и требуют интраоперационного перепроведения.

Если исходить из предложенной классификации мальпозиций винтов, становится понятным, что ее особенностью является то, что она может применяться как при интраоперационном, так и при послеоперационном КТ-контроле.

Межэкспертная оценка показала высокую согласованность и отличную воспроизводимость. Межэкспертную оценку проводили как по трем типам мальпозиций, так и по классификации в целом. Для 1-го типа мальпозиций среднее значение каппа-коэффициента составило  $0,63 \pm 0,065$ ; для 2-го типа –  $0,66 \pm 0,11$ ; для 3-го типа –  $0,87 \pm 0,09$ ; для классификации в целом –  $0,75 \pm 0,14$ , что показывает существенное согласие исследователей. Среднее значение каппа-коэффициента при внутриэкспертной оценке составило  $0,86 \pm 0,10$  (высокая согласованность).

*Ограничение исследования.* Ограниченная экспертная оценка.

## Заключение

Технические варианты установки винтов при сколиозе определяются морфологическими особенностями позвонков и позвоночника в целом и выполнением корригирующих маневров. Основной характеристикой их положения является безопасная опорная траектория введения.

Факт мальпозиции винта не равнозначен неадекватности его функции или опасности для здоровья. Определение неправильности при констатации мальпозиции имеет только ее степень.

Представленные классификации мальпозиций винтов при сколиозе определяют варианты внепедикулярной установки винтов. При этом клинические проявления и опасность повреждений или повреждение органов определяют тактику ведения пациента и проведение повторной операции.

Нами разработана тактическая классификация расположения винтов при сколиотических деформациях позвоночника с высокой экс-

пертной согласованностью, определяющая три типа мальпозиций: 1-й тип – не требующие перепроведения; 2-й тип – требующие уточнения и определения показаний к перепроведению; 3-й тип – однозначно требующие перепроведения. Особенностью классификации является и то, что она применима как при интраоперационном, так и послеоперационном КТ-контроле.

Объективизированный метод оценки точности положения винтов необходим для дополнительных доказательств безопасности мальпозиций, определяет клиническую значимость мальпозиций, факторов риска, связанных с неправильной установкой, и дальнейшие действия хирурга. Оптимальная система классификации

должна быть воспроизводимой и простой, определять клиническую значимость мальпозиций, факторов риска, связанных с неправильной установкой, и дальнейшие действия хирурга, классификация должна быть единой и применимой для интраоперационного и послеоперационного КТ-контроля. Кроме того, она должна быть защитным механизмом при возникновении в дальнейшем судебных разбирательств.

Один из основных обсуждаемых моментов – требования к временному промежутку для принятия решений и перепроведения винтов при мальпозиции M2+ и M3. При интраоперационном КТ-контроле, безусловно, единовременное перепроведение кажется наиболее рациональным

решением. В послеоперационном периоде на принятие решения возможно влияние многочисленных дополнительных факторов. В связи с этим постулировать какие-то временные рамки мы считаем нецелесообразным на данном этапе изучения проблемы. Вопрос требует дальнейшего мультицентрового изучения, что и запланировано авторами.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

## Литература/References

1. Upendra BN, Meena D, Chowdhury B, Ahmad A, Jayaswal A. Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement. *Spine*. 2008;33:384–390. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181646ba1
2. Ansoorge A, Sarwahi V, Bazin L, Vazquez O, De Marco G, Dayer R. Accuracy and safety of pedicle screw placement for treating adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review comparing available techniques. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13:2402. DOI: 10.3390/diagnostics13142402
3. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement *in vivo*. *Spine*. 1990;15:11–14. DOI: 10.1097/00007632-199001000-00004
4. Aoude A, Ghadakhzadeh S, Alhamzah H, Fortin M, Jarzem P, Ouellet JA, Weber MH. Postoperative assessment of pedicle screws and management of breaches: A survey among Canadian spine surgeons and a new scoring system. *Asian Spine J*. 2018;12:37–46. DOI: 10.4184/asj.2018.12.1.37
5. Laine T, Makitalo K, Schlenzka D, Tallroth K, Poussa M, Alho A. Accuracy of pedicle screw insertion: A prospective CT study in 30 low back patients. *Eur Spine J*. 1997;6:402–405. DOI: 10.1007/BF01834068
6. Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine*. 2005;30:2800–2805. DOI: 10.1097/01.brs.0000192297.07709.5d
7. Heary RF, Bono CM, Black M. Thoracic pedicle screws: postoperative computerized tomography scanning assessment. *J Neurosurg*. 2004;100(4 Suppl Spine):325–331. DOI: 10.3171/spi.2004.100.4.0325
8. Abul-Kasim K, Strubeck A, Ohlin A, Maly P, Sundgren PC. Reliability of low-radiation dose CT in the assessment of screw placement after posterior scoliosis surgery, evaluated with a new grading system. *Spine*. 2009;34:941–948. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819b224a
9. Wiesner L, Kothe R, Schulitz KP, Ruther W. Clinical evaluation and computed tomography scan analysis of screw tracts after percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine. *Spine*. 2000;25:615–621. DOI: 10.1097/00007632-200003010-00013
10. Sarwahi V, Wendolowski SF, Gecelter RC, Amaral T, Lo Y, Wollowick AL, Thornhill B. Are we underestimating the significance of pedicle screw misplacement? *Spine*. 2016;41:E548–E555. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001318
11. Zdichavsky M, Blauth M, Knop C, Lotz J, Krettek C, Bastian L. Accuracy of pedicle screw placement in thoracic spine fractures. Part II: A retrospective analysis of 278 pedicle screws using computed tomographic scans. *Eur J Trauma*. 2004;30:241–247. DOI: 10.1007/s00068-004-1423-8
12. Rampersaud YR, Pik JH, Salonen D, Farooq S. Clinical accuracy of fluoroscopic computer-assisted pedicle screw fixation: a CT analysis. *Spine*. 2005;30:E183–E190. DOI: 10.1097/01.brs.0000157490.65706.38
13. Rao G, Brodke DS, Rondina M, Dailey AT. Comparison of computerized tomography and direct visualization in thoracic pedicle screw placement. *J Neurosurg*. 2002;97(2 Suppl):223–226. DOI: 10.3171/spi.2002.97.2.0223
14. Губин А.В., Рябык С.О., Бурцев А.В. Ретроспективный анализ мальпозиции винтов после инструментальной коррекции деформаций грудного и поясничного отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(1):8–13. [Gubin AV, Ryabykh SO, Burtsev AV. Retrospective analysis of screw malposition following instrumented correction of thoracic and lumbar spine deformities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika)*. 2015;12(1):8–13]. DOI: 10.14531/ss2015.1.8-13. EDN: TODHKV
15. Oba H, Uehara M, Ikegami S, Hatakenaka T, Kamanaka T, Miyaoka Y, Kurogouchi D, Fukuzawa T, Mimura T, Tanikawa Y, Koseki M, Ohba T, Takahashi J. Tips and pitfalls to improve accuracy and reduce radiation exposure in intraoperative CT navigation for pediatric scoliosis: a systematic review. *Spine J*. 2023;23:183–196. DOI: 10.1016/j.spinee.2022.09.004
16. Watanabe K, Lenke LG, Matsumoto M, Harimaya K, Kim YJ, Hensley M, Stobbs G, Toyama Y, Chiba K. A novel pedicle channel classification describing osseous anatomy: how many thoracic scoliotic pedicles have cancellous channels? *Spine*. 2010;35:1836–1842. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d3cfd6

17. **Kosmopoulos V, Schizas C.** Pedicle screw placement accuracy: a meta-analysis. *Spine*. 2007;32:111–120. DOI: 10.1097/01.brs.0000254048.79024.8b
18. **Akazawa T, Kotani T, Sakuma T, Minami S, Tsukamoto S, Ishige M.** Evaluation of pedicle screw placement by pedicle channel grade in adolescent idiopathic scoliosis: should we challenge narrow pedicles? *J Orthop Sci*. 2015;20:818–822. DOI: 10.1007/s00776-015-0746-0
19. **Aoude AA, Fortin M, Figueiredo R, Jarzem P, Ouellet J, Weber MH.** Methods to determine pedicle screw placement accuracy in spine surgery: a systematic review. *Eur Spine J*. 2015;24:990–1004. DOI: 10.1007/s00586-015-3853-x
20. **Adamski S, Stogowski P, Roc awski M, Pankowski R, Kloc W.** Review of currently used classifications for pedicle screw position grading in cervical, thoracic and lumbar spine. *Chirurgia Narz d w Ruchu i Ortopedia Polska*. 2023;88:165–171. DOI: 10.31139/chnriop.2023.88.4.2

**Адрес для переписки:**

Прудникова Оксана Германовна  
640014, Россия, Курган, ул. М. Ульяновой, 6,  
НМИЦ травматологии и ортопедии  
им. акад. Г.А. Илизарова,  
pog6070@gmail.com

Статья поступила в редакцию 10.06.2025

Рецензирование пройдено 17.07.2025

Подписано в печать 08.08.2025

**Address correspondence to:**

Prudnikova Oxana Germanovna  
National Ilizarov Medical Research Center  
for Traumatology and Orthopedics,  
6 M. Ulyanovoj str., Kurgan, 640014, Russia,  
pog6070@gmail.com

Received 10.06.2025

Review completed 17.07.2025

Passed for printing 08.08.2025

Оксана Германовна Прудникова, д-р мед. наук, старший научный сотрудник научной лаборатории клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, заведующая травматолого-ортопедическим отделением № 10, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, eLibrary SPIN: 1391-9051, ORCID: 0000-0003-1432-1377, pog6070@gmail.com;

Евгений Александрович Матвеев, врач-нейрохирург травматолого-ортопедического отделения № 10, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0009-0003-6055-4013, matveeva@mail.ru;

Маргарита Сергеевна Стребкова, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и смежных специальностей, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, ORCID: 0009-0007-2618-6164, Strebkovams@mail.ru;

Алексей Владимирович Евсюков, канд. мед. наук, руководитель клиники патологии позвоночника и редких заболеваний, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, eLibrary SPIN: 7883-0390, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexeysukov@mail.ru.

Oxana Germanovna Prudnikova, DMSc, senior researcher, Scientific and Clinical laboratory of Axial Skeleton Pathology and Neurosurgery, Head of Trauma and Orthopedic Dept. No. 10, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, eLibrary SPIN: 1391-9051, ORCID: 0000-0003-1432-1377, pog6070@gmail.com

Evgenij Alexandrovich Matveev, neurosurgeon of Trauma and Orthopedic Dept. No. 10, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0009-0003-6055-4013, matveeva@mail.ru.

Margarita Sergeevna Strebkova, postgraduate student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Related Specialties, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, ORCID: 0009-0007-2618-6164, Strebkovams@mail.ru.

Alexey Vladimirovich Evsyukov, MD, PhD, neurosurgeon, head of the Clinic of spine pathology and rare diseases, National Ilizarov Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics, 6 M. Ulyanovoy str., Kurgan, 640014, Russia, eLibrary SPIN: 7883-0390, ORCID: 0000-0001-8583-0270, alexeysukov@mail.ru.



# ХИРУРГИЯ ИДИОПАТИЧЕСКИХ СКОЛИОЗОВ МЕНЕЕ 40° ПО СОВВ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ВОПРОСЫ, ПРОБЛЕМЫ

**М.В. Михайловский, Н.Л. Александрова, Д.Н. Долотин**

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

**Цель исследования.** Многокомпонентная оценка результатов оперативного лечения больных с идиопатическими сколиозами величиной менее 40° по Cobb и их соответствия ожиданиям пациентов.

**Материал и методы.** Оперированы 105 пациентов (ж/м — 97/8), средний возраст — 18,8 года, в том числе 51 (48,6 %) — 18 лет и старше, по поводу идиопатического сколиоза с основной дугой, на момент операции не превышавшей 40° (в среднем — 34,9°), с использованием инструментария Drummond (2 пациента), Antares (4), CDI (99), в том числе в 47 случаях — с использованием педикулярных шурупов. Срок послеоперационного наблюдения составил в среднем 51,1 мес. (мин. 24; макс. 170). Методы обследования: клиничко-рентгенологический, анкетирование по SRS-24, обследование клиническим психологом.

**Результаты.** В общей группе из 105 пациентов основная дуга уменьшилась в ходе вмешательства в среднем с 34,9° до 11,6° (коррекция — 66,7 %), а в конце периода наблюдения составила 14,1° (потеря коррекции — 10,7 %). Противоискривление исправлено на 60,1 % при последующей потере коррекции на 1,1° (7,4 % от достигнутого). Транспедикулярная фиксация позволила получить достоверно большую коррекцию основной дуги (24,7° vs 21,7°) при меньшей потере коррекции (0,7° vs 5,4°). Анкетирование с применением инструмента SRS-24 демонстрирует достоверную положительную динамику по общей сумме баллов (так называемый Grand Total), доменам общей и профессиональной активности. Отрицательная динамика отмечена для доменов оценки внешнего вида после операции и удовлетворенности результатами лечения.

**Заключение.** Идиопатические сколиозы с основной дугой менее 40° нередко подвергаются оперативному лечению в связи с настоятельным желанием пациентов. Значительная доля пациентов не в полной мере удовлетворена полученным результатом. Показания к операции при таких деформациях должны формулироваться строго индивидуально, а пациенты нуждаются в специальной подготовке, в первую очередь — психологической.

**Ключевые слова:** идиопатический сколиоз; угол Cobb менее 40°; хирургическое лечение.

**Для цитирования:** Михайловский М.В., Александрова Н.Л., Долотин Д.Н. Хирургия идиопатических сколиозов менее 40° по Cobb: результаты, вопросы, проблемы // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 18–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.18-25>

## SURGERY FOR IDIOPATHIC SCOLIOSIS WITH A COBB ANGLE OF LESS THAN 40 DEGREES: RESULTS, QUESTIONS AND PROBLEMS

*M.V. Mikhaylovskiy, N.L. Alexandrova, D.N. Dolotin*

*Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia*

**Objective.** To perform multicomponent assessment of the results of surgical treatment of patients with idiopathic scoliosis of less than 40° according to Cobb and their compliance with patients' expectations.

**Material and Methods.** A total of 105 patients (97 women and 8 men) with an average age of 18.8 years, including 51 (48.6%) patients aged 18 years and older, were operated on for idiopathic scoliosis with a primary curve that did not exceed 40° (average 34.9°) at the time of surgery. Surgery was performed using Drummond instrumentation (2 patients), Antares system (4), and CDI (99), including using pedicle screws in 47 cases. The average period of postoperative follow-up was 51.1 months (range 24 to 170 months). Examination methods included clinical and radiological examination, SRS-24 questionnaire, and examination by a clinical psychologist.

**Results.** In the overall group of 105 patients, the primary curve decreased during the intervention from 34.9° to 11.6° (correction — 66.7%), and at the end of the observation period it was 14.1° (loss of correction — 10.7%). The countercurvature correction was 60.1% with a subsequent loss of correction of 1.1° (7.4% of the achieved correction). Transpedicular fixation resulted in significantly greater correction of the primary curve (24.7° vs. 21.7°) with a smaller loss of correction (0.7° vs. 5.4°). Survey using the SRS-24 questionnaire demonstrated significant positive trends in the overall score (the so-called Grand Total) and in the domains of general and professional activity. Negative trends were noted for the assessment domains of postoperative appearance and satisfaction with treatment results.

**Conclusion.** Idiopathic scoliosis with a primary curve less than 40° is often treated surgically due to patient's demand. A significant proportion of patients are not fully satisfied with the outcome. Indications for surgery for such deformities should be formulated strictly on an individual basis, and patients require special preparation, primarily psychological.

**Keywords:** idiopathic scoliosis; Cobb angle less than 40°; surgical treatment.

Please cite this paper as: Mikhaylovskiy MV, Alexandrova NL, Dolotin DN. Surgery for idiopathic scoliosis with a Cobb angle of less than 40 degrees: results, questions and problems. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):18–25. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.18-25>

Первое сообщение об успешной хирургической коррекции прогрессирующего идиопатического сколиоза связано с появлением эндокорректора Harrington в начале 60-х гг. XX в. [1]. С этого времени использование металлоимплантатов является единственным эффективным методом исправления подобных деформаций. В последующем величина основной дуги, оцененная по методу Cobb в 40° [2], была принята как пограничная для показаний к оперативному вмешательству [3]. Такой подход сохранился до сегодняшнего дня, хотя некоторые хирурги считают показанием к операции деформации, достигшие 45° [4]. Однако это не означает, что операции никогда не проводятся при меньших величинах деформации: упоминания о них как о казуистике не только содержатся в статьях по хирургии идиопатического сколиоза с большими когортами [5], но и неоднократно демонстрируются в презентациях на конференциях разного уровня – национальных и международных.

Известно, что пациенты могут категорически отказываться от корсетного лечения сколиоза, чаще всего это девушки-подростки и женщины, весьма критично относящиеся к своему внешнему виду. Появление методов динамической коррекции сколиозов (VBT и ASC) несколько снизило границы для корригирующих операций, но показания к ним ограничиваются сохраненной мобильностью не менее чем на 50 %. Тем не менее в национальные клинические рекомендации и протоколы ортопедических отделений, где выполняются вмешательства, именно 40° внесены в качестве нижней границы показаний к хирургической коррекции деформаций позвоночника, хотя сколько-нибудь убедительных обоснований выбора именно такой величины обнаружить не удалось. Исследование современных

баз данных, содержащих информацию практически обо всех научных публикациях по хирургическому лечению идиопатического сколиоза, привело к обескураживающему результату – мы не обнаружили ни одной работы, посвященной хирургическому лечению больных с деформациями менее 40°.

Ретроспективный анализ опыта отделения детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна с сентября 1996 года (первое применение инструментария Cotrel – Dubousset в России) выявил более 200 пациентов, оперированных с идиопатическими сколиозами менее 40°. Основным показанием к хирургическому вмешательству у них, кроме прогрессирования патологии, было высказывавшееся самым убедительным образом настоятельное желание больных, не учитывать которое мы не могли. При этом складывалось впечатление, что среди пациентов весьма значительную часть составляли взрослые женщины, вполне успешные в остальных отношениях – семья, работа и т.д. Этот не совсем логичный факт побудил нас к исследованию накопленного материала.

Цель исследования – многокомпонентная оценка результатов оперативного лечения больных с идиопатическими сколиозами величиной менее 40° по Cobb и их соответствия ожиданиям пациентов.

Тип исследования – ретроспективное неинтервенционное неконтролируемое одноцентровое.

### Материал и методы

В клинике детской и подростковой вертебрологии Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна с 1996 по 2025 г. оперировано 3995 пациентов с идиопатическим

сколиозом, причем в 228 (5,7 %) случаях величина первичной дуги искривления составила менее 40°. Критерием включения в настоящее исследование явилось, помимо величины деформации, наличие полного пакета до- и послеоперационных рентгенограмм, в том числе функциональных (см. ниже) со сроками контролируемого послеоперационного наблюдения, превышавшими два года.

Указанным критериям соответствовали 105 пациентов (97 женщин и 8 мужчин), средний возраст которых составил 18,8 (11–43) года, в том числе в 51 (48,6 %) случае – 18 лет и старше. Средний срок послеоперационного наблюдения 51,1 мес. (24–170).

Все деформации были грудной локализации, причем только в четырех наблюдениях они трактовались как ригидные (менее 25 % коррекции в положении бокового наклона), в остальных – как мобильные. Протоискривление в поясничном отделе констатировано у 38 больных, в грудопоясничном – у одного. В 85 случаях деформация расценена как компенсированная или субкомпенсированная (отстояние линии отвеса от средней крестцовой линии менее чем на 2 см), в 20 – как декомпенсированная. В ходе операций использовали хирургический инструментарий Drummond (2 случая), Antares (4), CDI и его производные (99). В 47 случаях в качестве крепежных элементов использовали педикулярные шурупы.

Сопутствующая патология в дооперационном периоде выявлена у 48 (45,7 %) пациентов: из 59 выявленных заболеваний наиболее частыми являлись болезни ЖКТ (33 случая), межпозвоночный остеохондроз (5), патология мочевыводящей системы (5). До поступления в клинику 9 больных подверглись хирургическим вмешательствам, среди которых наиболее травматичными явились операции по поводу спондилолистеза

L<sub>5</sub> позвонка, эндопротезирование тазобедренного сустава, пластика суженного участка аорты и операция по поводу пилороспазма.

#### Методы обследования

В соответствии с задачами исследования для анализа отобраны хранящиеся в базе клиники следующие данные:

- результаты клинично-рентгенологического обследования всех пациентов на этапах лечения, в том числе стандартные рентгеноспондилограммы грудного и поясничного отделов позвоночника в двух проекциях в положении стоя и функциональные рентгенограммы тех же отделов – в прямой проекции лежа в положении активного бокового наклона;

- данные анкетирования пациентов в ближайшем и отдаленном послеоперационном периодах с помощью опросника SRS-24, оценивающие связанное со здоровьем качество жизни (Health Related Quality of Life – HRQoL) [6];

- заключения врача-психотерапевта.

#### Статистические методы

Из-за несоответствия нормальности распределений у большинства исследуемых показателей по критерию Шапиро – Уилка для сравнения групп использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Сравнение показателей до и после вмешательства проводили непараметрическим парным критерием Вилкоксона. Deskриптивные характеристики непрерывных показателей представлены как медиана [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), среднее ± стандартное отклонение (СРЕД ± СО), максимальное и минимальное значения (МИН–МАКС); для категориальных показателей – количество пациентов и частота в каждой категории. Для категориальных показателей применяли точный критерий Фишера. Все критерии сравнения были двусторонними. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , то есть различие считали статистически значимым при  $p \leq 0,05$ . Статистическую обработку результатов выпол-

Таблица 1

Динамика рентгенометрических показателей в общей группе оперированных пациентов

Количество пациентов, <i>n</i>	105
Соотношение мужчин и женщин	97 : 8
Возраст, лет	18,8 (11–43)
Сроки наблюдения, мес.	51,1 (24–170)
Основная дуга до операции (стоя), град.	34,9 (25–39)
Основная дуга до операции (лежа в положении бокового наклона), град.	11,2 (–14–34)
Основная дуга сразу после операции, град.	11,6 (1–25)
	Мобильность – 23,7 (67,9 %)
Основная дуга в конце периода наблюдения, град.	14,1 (4–30)
	Потеря коррекции – 2,5 (10,7 %)
Вторичная дуга до операции (стоя), град.	24,8 (2–37)
Вторичная дуга до операции (лежа в положении бокового наклона), град.	7,2 (–17–21)
Вторичная дуга сразу после операции, град.	9,9 (1–24)
	Мобильность – 14,9 (60,1 %)
Вторичная дуга в конце периода наблюдения, град.	11,0 (6–20)
	Потеря коррекции – 1,1 (7,4 %)
Грудной кифоз до операции, град.	30,05 (5–58)
Грудной кифоз сразу после операции, град.	24,1 (9–56)
Грудной кифоз в конце периода наблюдения, град.	25,3 (13–42)
Поясничный лордоз до операции, град.	59,1 (31–75)
Поясничный лордоз сразу после операции, град.	50,2 (27–73)
Поясничный лордоз в конце периода наблюдения, град.	51,3 (27–73)

няли в IDE Rstudio (версия 2024.09.1) на языке R (версия 4.3.3).

## Результаты

*Динамика основной и вторичной дуг, грудного кифоза и поясничного лордоза.* В табл. 1 представлены данные по динамике основной и вторичной дуг, грудного кифоза и поясничного лордоза, касающиеся всей изучаемой группы в целом, в табл. 2 – двух подгрупп, оперированных с применением инструментария CDI с различными типами опорных элементов (крюками и педикулярными шурупами).

Основная дуга деформации в ходе вмешательства в общей группе уменьшена с 34,9° до 11,6° (66,7 % коррекции), а в конце периода наблюдения составила 14,1° (потеря коррекции – 10,7 %). В свою очередь, противоиискривление исправлено на 60,1 %, потеря коррекции – 1,1° (7,4 %). Транспедикулярная фиксация обеспечила достоверно большую кор-

рекцию основной дуги искривления (24,7° vs. 21,7°) и ее меньшую потерю (0,7° vs. 5,4°).

Осложнения выявлены у 10 больных (0,095 осложнения/1 больной): 5 случаев связаны с имплантатом, 3 случая – с легкой и полностью купированной неврологической симптоматикой, 1 случай – инфекции области хирургического вмешательства, 1 случай – формирования верхнегрудного противоиискривления. Ни в одном случае не потребовалось дополнительных вмешательств.

*Результаты анкетирования с применением инструментария SRS-24.* Анализ большинства параметров (боль, общий внешний вид, функция после операции, общая активность, профессиональная активность) демонстрирует положительную динамику, хотя достоверность изменений подтверждается лишь применительно к доменам общей и профессиональной активности и общей сумме баллов (так называемый Grand Total; рис.).

Таблица 2

Динамика рентгенометрических показателей при использовании различных типов эндокорректоров CDI в группах пациентов

Параметры	Группа CDI (крючковые)	Группа ТПФ	p
Количество пациентов, n	51	48	—
Соотношение мужчин и женщин	47 : 4	44 : 4	—
Возраст, лет	19,2 (19–42)	18,3 (12–43)	—
Сроки наблюдения, мес.	56,9 (24–170)	42,3 (24–84)	—
Основная дуга до операции (стоя), град.	34,1 (25–39)	35,6 (27–39)	—
Основная дуга до операции (лежа в положении бокового наклона), град.	10,1 (–5–28)	12,3 ( 14–34)	0,696
Основная дуга сразу после операции, град.	12,4 (4–35)	10,9 (2–19)	0,045*
	Мобильность – 24,0 (70,4 %)	Мобильность – 24,7 (65,5 %)	
	Мобильность – 21,7 (63,6 %)	Мобильность – 24 (71,6 %)	
Основная дуга в конце периода наблюдения, град.	17,8 (5–30)	11,6 (4–19)	0,149
	Потеря коррекции – 5,4 (24,9 %)	Потеря коррекции – 0,7 (2,8 %)	
Вторичная дуга до операции (стоя), град.	24,9 (12–27)	24,6 (2–39)	—
Вторичная дуга до операции (лежа в положении бокового наклона), град.	6,2 (–17–21)	8,4 (–3–23)	0,689
Вторичная дуга сразу после операции, град.	10,2 (1–22)	9,4 (3–18)	0,847
	Мобильность – 18,7 (75,1 %)	Мобильность – 16,2 (65,8 %)	
	Мобильность – 14,7 (59 %)	Мобильность – 15,2 (61,8 %)	
Вторичная дуга в конце периода наблюдения, град.	12,8 (9–21)	9,2 (6–13)	—
	Потеря коррекции – 2,6 (17,7 %)	Потеря коррекции – 0,0 (0,0 %)	
Грудной кифоз до операции, град.	30,4 (5–58)	29,9 (5–48)	0,941
Грудной кифоз сразу после операции, град.	23,7 (9–56)	24,5 (5–44)	0,408
Грудной кифоз в конце периода наблюдения, град.	25,3 (13–42)	30,2 (20–53)	0,348
Поясничный лордоз до операции, град.	58,3 (31–75)	59,5 (37–44)	0,408
Поясничный лордоз сразу после операции, град.	49,4 (27–66)	50,8 (24–71)	0,481
Поясничный лордоз в конце периода наблюдения, град.	51,3 (28–77)	61,7 (38–83)	0,205

\* Статистически значимые различия; ТПФ – транспедикулярная фиксация; CDI – инструментарий Cotrel – Dubouset.

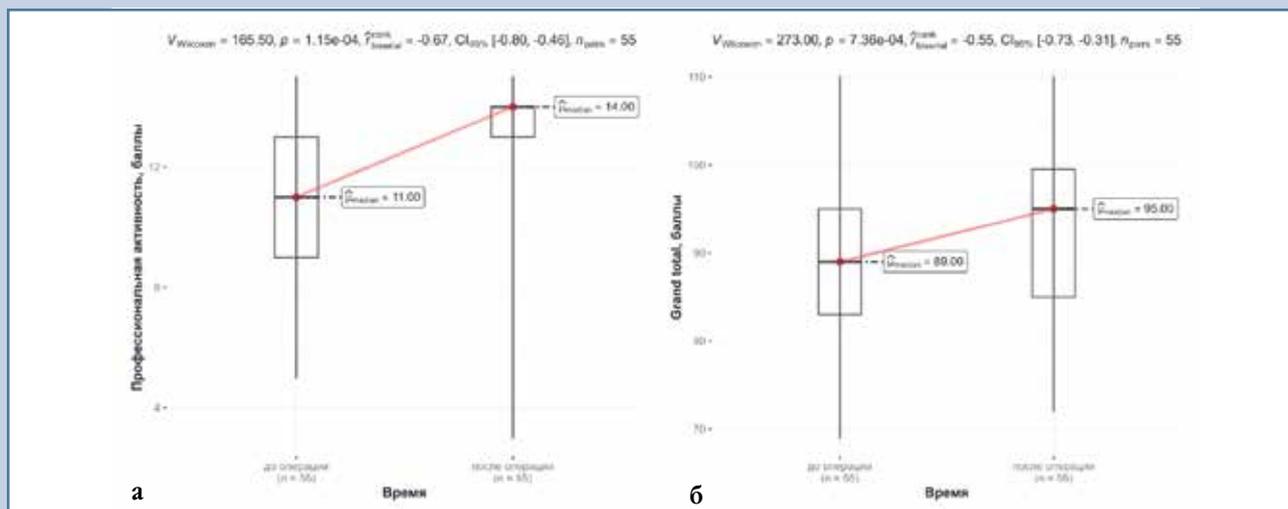


Рис.

Диаграммы типа boxplot, отражающие динамику домена профессиональной активности в послеоперационном периоде (а) и общего показателя Grand Total (б) у пациентов с идиопатическими сколиозами и величиной дуги менее 40°

Таблица 3

Результаты анкетирования пациентов с использованием инструмента SRS-24 ( $n = 55$ ), баллы

Показатель (домен)	До операции МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН–МАКС)	После операции МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН–МАКС)	Оценка различия ПСЕВДО МЕД [95 % ДИ] СРС [95 % ДИ]	Критерий Вилкоксона ( $p$ -уровень)
Боль (вопросы 1, 2, 3, 6, 8, 11, 18)	29 [26,0; 30,0] 27,84 ± 3,76 (17–34)	29 [26,0; 30,5] 28,31 ± 3,35 (21–35)	0,5 [0,5; 0,5] 0,13 [0,24; 0,51]	0,289
Общий внешний вид (5, 14, 25)	12 [11,0; 13,0] 12,11 ± 1,61 (9–15)	12 [11,0; 14,0] 12,47 ± 1,63 (10–15)	0,5 [0,5; 0,5] 0,22 [0,15; 0,60]	0,085
Внешний вид после операции (19, 20, 21)	12 [11,0; 14,0] 12,44 ± 1,77 (9–15)	12 [11,0; 14,0] 12,29 ± 2,11 (7–15)	0 [0,0; 0,0] –0,07 [–0,45; 0,30]	0,709
Функция после операции (16, 17)	2 [2,0; 4,0] 3,56 ± 2,23 (2–10)	4 [2,0; 6,0] 4,15 ± 2,46 (2–10)	0 [0,0; 0,0] 0,25 [–0,13; 0,62]	0,134
Общая активность (7, 12, 13)	10 [8,0; 10,5] 9,60 ± 2,00 (5–15)	10 [10,0; 12,0] 10,55 ± 1,98 (6–15)	1 [–0,5; 1,0] 0,48 [–0,10; 0,85]	0,015*
Профессиональная активность (4, 9, 10)	11 [9,0; 13,0] 10,95 ± 2,98 (5–15)	14 [13,0; 14,0] 12,73 ± 2,69 (3–15)	2 [2,0; 2,0] 0,63 [0,24; 1,01]	<0,001*
Удовлетворенность результатами лечения (22, 23, 24)	14 [11,5; 14,0] 12,76 ± 2,05 (7–15)	13 [11,0; 14,0] 12,51 ± 1,97 (8–15)	0 [0,0; 0,0] –0,13 [–0,50; 0,25]	0,290
Grand Total	89 [83,0; 95,0] 88,91 ± 8,86 (69–110)	95 [85,0; 99,5] 92,85 ± 9,06 (72–110)	0 [0,0; 0,0] 0,25 [–0,13; 0,62]	<0,001*

\* Статистически значимые различия.

При этом для доменов внешнего вида после операции и удовлетворенности результатами лечения отмечена отрицательная динамика (табл. 3).

## Обсуждение

Этот раздел традиционно начинают с анализа литературы, но, несмотря на предпринятые усилия, нам не удалось найти публикации, посвященные проблеме хирургического лечения идиопатических сколиозов с дугой менее 40°. Можно отметить лишь работу Friedman et al. [5], посвященную лечению пациентов с идиопатическим сколиозом и величиной угла Cobb от 40 до 50°. Основной вывод авторов: хирургическое лечение более эффективно, нежели

консервативное, что подтверждает изучение HRQoL с помощью опросника SRS-22, причем положительная статистически значимая динамика отмечена по всем пяти доменам (боль, самооценка внешнего вида, общая функция, ментальное здоровье, удовлетворение результатом) и общему (total) показателю. В свою очередь, Negrini et al. [7] расценивали деформации величиной 40–50° как «серую зону», применительно к которой решение о выборе метода лечения может быть затруднительным, а Duarte et al. [8] по данным анкетирования опросником SRS-22 пришли к выводу об отсутствии существенных различий у пациентов с деформациями от 30 до 50°, леченных с помощью корсета и AVBGM (anterior vertebral

body growth modulation). Все эти немногочисленные данные прямого отношения к изучаемой нами проблеме не имеют.

Нас, в свою очередь, интересовало, кто и почему высказывает настойчивое желание подвергнуться весьма массивному вмешательству по поводу незначительной с косметической точки зрения деформации позвоночника и как пациенты оценивают достигнутый результат.

Исследование позволило получить неоднозначные результаты. Если рассматривать всю исследуемую группу в целом, рентгенографическое отражение полученных результатов представляется вполне предсказуемым. Исходная первичная дуга (34,9°) демонстрирует практически

идентичную мобильность при боковом наклоне и в ходе вмешательства (до 11,2° и 11,6° соответственно), потеря коррекции в сроки более двух лет минимальна (2,5°), это можно сказать и о вторичной дуге. Поясничный лордоз и грудной кифоз на всех этапах обследования остаются в пределах физиологических параметров. Попытка сравнения результатов операций, проведенных с применением крючковой или транспедикулярной фиксации, не показала статистически достоверных различий за одним исключением: винтовая фиксация позволяет получить достоверно большую коррекцию основной дуги, хотя в абсолютных цифрах разница не очень велика. Этот результат также вполне предсказуем.

*Возрастной аспект.* В ранее опубликованной монографии [9] подвергнуты детальному анализу результаты оперативного лечения больных идиопатическим сколиозом всех типов деформаций и возрастных групп. Исследованную когорту объединяло то, что все пациенты были оперированы с применением инструментария CDI и его аналогов с использованием в качестве крепежных элементов исключительно крюков. Из 640 больных только 58 находились в возрасте 20 лет и старше, что составило 9,1 %, и это соотношение, вероятно, можно рассматривать как объективное, так как подбор больных был совершенно случайным. По данным настоящего исследования, 51 (48,6 %) из 105 больных с деформациями позвоночника менее 40° оперированы в возрасте 18 лет и старше, в том числе 33 (31,4 %) – в возрасте старше 20 лет. Неизбежно возникающий вопрос: почему среди больных, оперированных по поводу идиопатического сколиоза с деформацией менее 40°, так много взрослых пациенток?

Второй вопрос – почему молодые девушки и женщины, нередко уже имеющие полноценную семью, работу, социально и материально обеспеченные, настаивают на оперативной коррекции деформации позвоночника, имеющей минимальный косметический дефект, а в одежде (то есть в по-

вседневной жизни) вообще практически незаметной? Попытки получить ответ на эти вопросы на амбулаторном приеме не дают, по нашему опыту, сколько-нибудь определенного ответа.

Мы предполагали, что ситуацию могли прояснить данные анкетирования качества жизни (HRQoL). Почему два домена (внешний вид и удовлетворенность результатами лечения) демонстрируют отрицательную динамику? Может быть, их связь определяется завышенными ожиданиями пациентов, подавляющее большинство из которых женщины, почти в 49 % случаев – взрослые? Но о каких «ясно видимых» результатах можно говорить при изначально весьма умеренной деформации позвоночника?

Особый интерес в анкете SRS-24 представляет ответ на последний вопрос «Прошли бы вы лечение снова на тех же условиях?». В нашей когорте 9 (16,7 %) из 55 заполнивших опросник больных ответили на этот вопрос отрицательно. Поскольку вопрос 24 входит в число определяющих удовлетворенность результатами лечения, нетрудно предположить, что негативная оценка по этому параметру напрямую связана с отрицанием гипотетической возможности еще раз пройти лечение. Весьма вероятно, что отрицательная оценка удовлетворенности результатами связана с негативной оценкой внешнего вида после операции. Е.В. Губина с соавт. [10] приводят данные, свидетельствующие о прямой связи между удовлетворенностью внешним видом после оперативной коррекции идиопатического сколиоза и согласием на оперативное лечение на тех же условиях: сразу после корригирующей операции положительный ответ на вопрос 24 дали 75 % больных, перед операцией резекции реберного горба – 80 %, а после резекции – 100 % больных. Резекция реберного горба – операция, которую никоим образом нельзя назвать лечебной, поскольку единственное ее предназначение – устранение косметического дефекта, а именно асимметрии правого и левого гемитораксов. Чем вызвана такая оценка?

Вопросы, таким образом, множатся. Нестандартная проблема должна и решаться нестандартно.

*Мнение врача-психотерапевта.* Обсуждаемая группа пациентов не имеет критической необходимости в проведении операции, состояние их здоровья не вызывает опасений, но тем не менее люди настаивают на исправлении деформации, которую часто можно увидеть только на рентгенограмме. За таким решением могут скрываться психологические причины.

- *Низкая самооценка.* Самооценка человека формируется с рождения и зависит от множества факторов и ситуаций, на основании которых ребенок получил определенные убеждения, в том числе хороший он или плохой, насколько соответствует ожиданиям родителей, учителей, друзей, партнеров, общества, красив он или нет и почему. Обычно сколиотическая деформация проявляется в период интенсивного роста, когда человек находится в кризисе формирования себя, своей идентичности, своих отношений со сверстниками. Девочке очень важно принять свою женственность, привлекательность. На фоне нормальной в данный период подростковой дисморфофобии (непринятия изменений своего растущего тела) проявления деформации позвоночника наносят эмоциональную травму на формирующуюся личность. Появляется чувство неполноценности, ущербности, страх усиления деформации, появления реберного горба. Повышается уровень тревоги за будущее. Очень многое зависит от реакции окружения: если близкие сами напуганы поставленным диагнозом, то тревога ребенка усиливается. Часто травмирующим моментом становится воображаемая картинка себя уродливым, а затем негативное убеждение на основании этой картинки о своей внешности. Появляется идея избавиться от этого любой ценой, иногда даже спустя годы.

- *Высокий уровень личностной тревожности* не позволяет видеть ситуацию в реальности и лишает уверенности в себе и счастливом будущем.

На этом и других этапах очень важна помощь психолога или психотерапевта. Задача – уменьшить эмоциональную реакцию и объективно оценить ситуацию на данный момент. При спокойном, рациональном подходе взрослых, психолога и врача есть возможность получить поддержку, принять ситуацию и составить рациональный план по решению задач по мере их поступления.

• *Депрессивные расстройства* в любом возрасте способствуют негативному видению настоящего и будущего, негативной самооценке.

• *Личностные расстройства*, такие как эмоционально-неустойчивое, уклоняющееся, зависимое, параноидное, гистрионическое (истерическое) и смешанные типы.

При анализе результатов анкетирования по опроснику SRS-24, в частности неудовлетворенности результатами хирургического лечения, можно предположить, что пациенты ожидали от операции другого результата, а ожидания не совпали с реальностью. Возможные варианты:

1) ожидание, что внешний вид будет не просто другим, а идеальным; с учетом того, что исходно деформация внешне не особо заметна, разница не может быть грандиозной;

2) недооценка или несоответствие тяжести послеоперационного периода и длительности реабилитационного периода полученному результату;

3) избавление от сколиотической деформации предполагало избавление от всех нерешенных жизненных проблем, то есть некое переключивание ответственности за свою жизнь на обстоятельства («ожидание чуда»);

4) стремление избавиться от уязвимости, стать как все; эта внутренняя картина схемы своего тела может быть изменена только в работе с психологом или психотерапевтом;

5) сохранение негативных убеждений о себе, своей самооценки, идентичности;

б) недостаточная информированность о необходимости соблюдения ортопедического режима и возможных осложнений; вынужденный отказ от любимого хобби, например конного спорта или горных лыж.

Любая оценка носит субъективный характер и во многом зависит от призм, через которую оценивается результат. В случае пациентов с деформациями позвоночника до 40° многие жалобы носят характер психологической неудовлетворенности качеством жизни, что не может быть скорректировано хирургическим путем. Именно поэтому перед направлением на хирургическое лечение можно рекомендовать курс психотерапии, который позволит отличить внутренние проблемы от внешних и помочь человеку принять решение, результатами которого он останется доволен.

### Заключение

Идиопатические сколиозы с величиной основной дуги менее 40° нередко подвергаются оперативной коррекции в связи с настоятельным желанием пациентов, почти половина из которых старше 18 лет. При этом часть пациентов не в полной мере остаются удовлетворены полученным результатом, даже при достаточной, с точки зрения хирурга, коррекции. С учетом этого показание к операции у таких больных должны формулироваться очень продуманно и строго индивидуально, а пациенты нуждаются в специальной, в первую очередь психологической, подготовке.

*Ограничения достоверности.* Основное ограничение работы – ретроспективный дизайн, позволяющий изучать только данные, имевшиеся на момент лечения и доступные по архиву документов учреждения или исследователя. Этим объясняется и то, что не все пациенты исследуемой когорты имеют полный объем оцениваемых данных.

В рамках 30-летней ретроспекции в принципе невозможно использовать современные специализированные опросники. Именно поэтому мнение психолога базируется на данных общего опросника SRS-24 и представлено в разделе «Обсуждение», а не «Результаты».

Неоднородность технологий хирургического лечения, в том числе в рамках методики CDI (крючковые и винтовые конструкции), на которую суммарно приходится более 93 % операций.

Сравнительно небольшое количество пациентов не позволяет провести детальный анализ многих факторов, неизбежно влияющих на субъективную оценку результатов лечения. Их анализ внутри разных возрастных (в исследование вошли подростки, молодые и зрелые женщины в возрасте от 11 до 43 лет), профессиональных и социальных групп требует существенно большего набора материала и использования специализированных инструментов оценки.

На наш взгляд, проспективное психологическое исследование пациентов с деформациями позвоночника необходимо для оценки эффективности лечения у любых специалистов – ортопедов, хирургов, ортезистов, реабилитологов. Но с учетом исходно ограниченной клинической группы (идиопатические сколиозы менее 40°) такой анализ вряд ли возможен в рамках одной хирургической клиники.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

## Литература/References

- Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962;44-A:591–610. DOI: 10.2106/00004623-196244040-00001
- Cobb J. Outline for the study of scoliosis. *American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lect.* 1948;5:261–275.
- Tsutsui S, Pavelek J, Bastrom T, Lenke L, Lowe T, Betz R, Clements D, Newton PO. Dissecting the effects of spinal fusion and deformity magnitude on quality of life in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2009;34:E653–E658. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b2008f
- Dimitrijevic V, Raskovic B, Popovic M, Viduka D, Nikoli S, Drid P, Obradovi B. Treatment of idiopathic scoliosis with conservative methods based on exercises: a systematic review and meta-analysis. *Front Sports Act Living.* 2024;6:1492241. DOI: 10.3389/fspor.2024.1492241
- Friedman A, Koneru M, Gentile P, Clements D. Investigating the long-term outcomes and efficacy of surgical intervention in patients with adolescent idiopathic scoliosis and Cobb angles ranging between 40 and 50 degrees. *Spine Deform.* 2025;13:489–495. DOI: 10.1007/s43390-024-00984-y
- Haheer TR, Gorup JM, Shin TM, Homel P, Merola AA, Grogan DP, Pugh L, Lowe TG, Murray M. Results of the Scoliosis Research Society instrument for evaluation of surgical outcome in adolescent idiopathic scoliosis. A multicenter study of 244 patients. *Spine.* 1999;24:1435–1440. DOI: 10.1097/00007632-199907150-00008
- Negrini S, Donzelli S, Aulisa A, Czuprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, Diers H, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Lebel A, Marti C, Maruyama T, O'Brien J, Price N, Parent E, Rigo M, Romano M, Stikeleather L, Wynne J, Zaina F. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord.* 2018;13:3. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8
- Duarte V, Aubin C, Cobetto N, Roy-Beaudry M, Bellefleur C, Turgeon I, Labelle H, Guy A, Barchi S, Parent S. 3D radiological outcomes and quality of life of patients with moderate idiopathic scoliosis treated with anterior vertebral growth modulation versus bracing: two-year follow-up. *Spine.* 2022;47:1063–1070. DOI: 10.1097/BRS.00000000000004335
- Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты. Под ред. М.В. Михайловского. Новосибирск, 2007. [*Surgery for Idiopathic Scoliosis: Immediate and Long-Term Results*, ed. by M.V. Mikhaylovskiy. Novosibirsk, 2007]. ISBN: 978-5-91475-005-0
- Губина Е.В. Клиническое применение русскоязычного варианта анкеты Scoliosis Research Society Outcomes Instrument-24 (SRS-24). *Хирургия позвоночника.* 2004;(2):34–36. [Gubina EV. Clinical application of the Russian-language version of the Scoliosis Research Society outcomes instrument-24 (SRS-24) questionnaire. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika).* 2004;(2):34–36]. EDN: HSOYBP

## Адрес для переписки:

Михайловский Михаил Витальевич  
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна,  
MMikhailovsky@niito.ru

## Address correspondence to:

Mikhaylovskiy Mikhail Vitalevich  
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics  
n.a. Ya.L. Tsiyuan,  
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,  
MMikhailovsky@niito.ru

Статья поступила в редакцию 16.05.2025

Рецензирование пройдено 14.09.2025

Подписано в печать 19.09.2025

Received 16.05.2025

Review completed 14.09.2025

Passed for printing 19.09.2025

Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф., главный научный сотрудник отдела детской и подростковой вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 5828-8306, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMikhailovsky@niito.ru;

Наталья Леонидовна Александрова, врач-психотерапевт общеклинического медицинского подразделения, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-7397-7520, NAleksandrova@niito.ru;

Денис Николаевич Долотин, врач-травматолог-ортопед отделения детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 1716-6880, ORCID: 0000-0003-0430-6595, d.dolotin@mail.ru.

Mikhail Vitalevich Mikhaylovskiy, DMSc, Prof., chief researcher, Department of Pediatric and Adolescent Vertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 5828-8306, ORCID: 0000-0002-4847-100X, MMikhailovsky@niito.ru;

Natalya Leonidovna Alexandrova, psychotherapist, general clinical medical unit, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n. a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 3950-3322, ORCID: 0000-0002-7397-7520, NAleksandrova@niito.ru;

Denis Nikolayevich Dolotin, orthopedic traumatologist in the Department of Pediatric Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 1716-6880, ORCID: 0000-0003-0430-6595, d.dolotin@mail.ru.



# КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ФОРМ ИДИОПАТИЧЕСКИХ СКОЛИОЗОВ С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

**А.С. Васюра, А.В. Бузунов, М.А. Головнёва, А.Ю. Сергунин, В.В. Новиков**

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

**Цель исследования.** Определение основных негативных факторов, влияющих на комплексную оценку результатов хирургического лечения тяжелых идиопатических сколиозов с основной грудной сколиотической дугой.

**Материал и методы.** В 1999–2019 гг. прооперированы 288 пациентов по поводу идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой (типы 1–4 по Lenke) величиной  $93,0^\circ$  [ $85,0^\circ$ ;  $105,0^\circ$ ]. У 154 пациентов было поясничное противоискривление величиной  $62,0^\circ$  [ $53,0^\circ$ ;  $72,5^\circ$ ]. Все пациенты оперированы с применением дорсального сегментарного инструментария с крюковой, гибридной (крюковая фиксация в грудном и транспедикулярная в поясничном и грудопоясничном отделах позвоночника) и транспедикулярной фиксацией. Медиана возраста пациентов на момент операции – 15,0 [13,0; 17,0] лет, медианный срок послеоперационного наблюдения – 4,3 [3,0; 6,2] года. Проанализированы клиничко-рентгенологические данные в предоперационном, послеоперационном и в отдаленном послеоперационном периодах, а также данные анкетирования по SRS-24. Пороговые значения восьми клинических показателей оценены исходя из превышения референсных параметров физиологической нормы и данных, обоснованных ранее проведенными исследованиями.

**Результаты.** Остаточная грудная сколиотическая дуга более  $70^\circ$  выявлена у 32 (11,1 %) пациентов, грудной кифоз более  $60^\circ$  – у 22 (7,6 %), перекос надплечий более  $5^\circ$  – у 39 (13,5 %), коррекция менее 50 % – у 108 (37,5 %), клинический фронтальный дисбаланс – у 49 (17,0 %), гипокифоз – у 79 (27,4 %), гиполордоз – у 37 (12,8 %), общее количество баллов SRS-24 менее 80 – у 7 (2,4 %). Отличный результат констатирован у 123 (42,7 %) пациентов; хороший – у 118 (41 %), включая 42 (35,6 %) с одним и более значимыми негативными факторами; удовлетворительный результат – у 44 (15,3 %), в том числе 35 (79,5 %) имели критические негативные факторы; неудовлетворительный результат отмечен у 3 (1,0 %) пациентов.

**Заключение.** Путем выявления связанных статистически значимых различий по 398 параметрам выявлены 8 негативных факторов, оказывающих влияние на исход лечения тяжелых грудных сколиозов, и определены их пороговые значения. Три критических негативных фактора оказывают наибольшее влияние на результат хирургического лечения: остаточная грудная сколиотическая дуга более  $70^\circ$ , грудной гиперкифоз более  $60^\circ$  и перекос надплечий более  $5^\circ$ .

**Ключевые слова:** тяжелый идиопатический сколиоз; классификация результатов; негативные факторы.

**Для цитирования:** Васюра А.С., Бузунов А.В., Головнёва М.А., Сергунин А.Ю., Новиков В.В. Комплексная оценка результатов хирургического лечения тяжелых форм идиопатических сколиозов с основной грудной сколиотической дугой // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 26–36.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.26-36>

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF SEVERE FORMS OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS WITH A PRIMARY THORACIC CURVE

A.S. Vasyura, A.V. Buzunov, M.A. Golovneva, A.Yu. Sergunin, V.V. Novikov

*Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia*

**Objective.** To identify main negative factors influencing the comprehensive assessment of the results of surgical treatment of severe idiopathic scoliosis with a primary thoracic curve.

**Material and Methods.** A total of 288 patients were operated on for idiopathic scoliosis with main thoracic curve (Lenke types 1, 2, 3 and 4) measuring  $93.0^\circ$  [ $85.0^\circ$ ;  $105.0^\circ$ ] in 1999–2019. Out of them, 154 patients had the lumbar countercurvature of  $62.0^\circ$  [ $53.0^\circ$ ;  $72.5^\circ$ ]. All patients were operated on using posterior segmental instrumentation with hook fixation, hybrid (hook fixation in the thoracic and transpedicular one in the lumbar and thoracolumbar spine) and transpedicular fixation. The median age of patients at the time of surgery was 15.0 [13.0; 17.0] years, and the median period of postoperative follow-up – 4.3 [3.0; 6.2] years. Clinical and radiological data in the preoperative, postoperative and in long-term postoperative periods, and data of the SRS-24 survey were analyzed. The threshold values of eight clinical parameters were evaluated based on their excess of reference parameters of the physiological norm and data substantiated by previously conducted studies.

**Results.** The residual thoracic curvature of more than 70° was detected in 32 (11.1%) patients, thoracic kyphosis over 60° – in 22 (7.6%), shoulder girdle tilt more than 5° – in 39 (13.5%), correction less than 50% – in 108 (37.5%), clinical frontal imbalance – in 49 (17.0%), hypokyphosis – in 79 (27.4%), hypolordosis – in 37 (12.8%), and total SRS-24 score less than 80 points – in 7 (2.4%) patients. Excellent results were stated in 123 (42.7%) patients, good - in 118 (41%), including 42 (35.6%) with one or more significant negative factors; satisfactory results were stated in 44 (15.3%) patients, including 35 (79.5%) with critical negative factors. Unsatisfactory results were noted in 3 (1.0%) patients.

**Conclusion.** Identification of statistically significant differences in 398 parameters made it possible to reveal eight negative factors that affect the outcome of treatment of severe thoracic scoliosis, and to determine their threshold values. Three critical negative factors have the greatest impact on the result of surgical treatment: the residual thoracic scoliotic curve more than 70°, thoracic hyperkyphosis more than 60° and shoulder girdle tilt more than 5°.

**Keywords:** severe idiopathic scoliosis; classification of results; negative factors.

Please cite this paper as: Vasyura AS, Buzunov AV, Golovneva MA, Serquinin AYu, Novikov VV. Comprehensive assessment of the results of surgical treatment of severe forms of idiopathic scoliosis with a primary thoracic curve. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):26–36. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.26-36>

К тяжелым формам идиопатического сколиоза можно отнести деформации позвоночника, превышающие 70° или 80° по Cobb [1–3]. Тактика хирургического лечения таких пациентов может отличаться от стандартной из-за повышенного риска возникновения осложнений и неудовлетворительных результатов [4]. Цели хирургического лечения сколиоза – оптимальная коррекция деформации позвоночника, достижение баланса туловища, сохранение достигнутых результатов и удовлетворенность пациента [5, 6]. Исходя из этого, логично оценивать его результаты с помощью рентгенологических параметров, клинических изменений и субъективного мнения пациента об исходе лечения, выявляемого методом анкетирования. При оценке результатов лечения необходимо учитывать множество параметров, включая фронтальный и сагиттальный баланс, динамику физиологического кифоза и лордоза, изменение формы поверхности спины [7].

Некоторые авторы [8–10] оценивают результаты хирургического лечения по степени воздействия на вершину сколиотической деформации, важное значение приобретают отсутствие неврологических осложнений и улучшение функции внешнего дыхания [11].

До сих пор не существует единых критериев объективной оценки результата хирургического лечения тяжелых сколиотических деформаций,

исходы могут быть по-разному оценены несколькими хирургами-ортопедами, при этом нередко отсутствует корреляция между экспертной оценкой и удовлетворенностью пациентов результатами лечения [12].

Удалось найти лишь сообщение о модифицированной классификации осложнений Clavien – Dindo – Sink (CDS) при хирургическом лечении идиопатического сколиоза. Тяжесть осложнений определяется необходимостью и частотой внепланового дополнительного обследования и неизбежными повторными вмешательствами для купирования возникающих рисков [13]. Мы попытались оценить исходы лечения тяжелого идиопатического сколиоза с учетом факторов, интегрально влияющих на конечный результат.

Цель исследования – выявление основных негативных факторов, влияющих на комплексную оценку результатов хирургического лечения тяжелых идиопатических сколиозов с основной грудной сколиотической дугой.

### Материал и методы

Проведено ретроспективное моноцентровое когортное нерандомизированное контролируемое исследование результатов оперативного лечения 288 пациентов с тяжелыми формами идиопатического сколиоза с основной грудной сколиотической дугой (типы 1–4 по Lenke) – 93,0° [85,0°;

105,0°], у 154 пациентов было поясничное противоискривление величиной 62,0° [53,0°; 72,5°] по Cobb. Все пациенты прооперированы в 1999–2019 гг. с применением дорсального сегментарного инструментария с крюковой, гибридной и транспедикулярной фиксацией. Пациентов женского пола было 243 (84,4%), мужского – 45 (15,6%). Средний возраст пациентов на момент операции – 15,0 [13,0; 17,0] лет. Средний срок послеоперационного наблюдения – 4,3 [3,0; 6,2] года.

Оценивали данные анамнеза, рентгенографии позвоночника (C<sub>7</sub>–S<sub>1</sub>) в прямой и боковой проекциях в положении пациента стоя, ортопедического осмотра до операции, после операции и в конце наблюдения, а также результаты анкетирования с использованием опросника SRS-24 через 6 мес., 1 год, 2 года после операции и в конце наблюдения.

Из исследуемых в нашей клинике 398 клинко-рентгенологических параметров, согласно критериям оценки результатов лечения идиопатического сколиоза М.В. Михайловского [7], мы попытались выделить наиболее значимые, определить их пороговые значения, превышение которых может свидетельствовать о наличии негативного фактора, влияющего на результат лечения. В итоге оценивали 8 основных параметров с определенными пороговыми значениями, превышение которых свидетельствовало о негативном влиянии на исход хирургического лечения.

По данным В.В. Новикова [14], пороговым значением величины остаточной сколиотической дуги, при превышении которого возрастает риск механических осложнений и дальнейшей потери коррекции, является  $70^\circ$  по Cobb. Кроме того, эта величина может являться и нижним пороговым значением тяжелых сколиозов [2].

Тяжелые и ригидные сколиотические деформации чаще характеризуются исходным грудным гиперкифозом [15].

Пороговое значение остаточного грудного кифоза оценивали как превышающее условную норму ( $40^\circ$ ) [16] на 50 %,  $60^\circ$  по Cobb. Увеличение грудного кифоза до  $65\text{--}70^\circ$  неизбежно ухудшает внешний вид пациента и может являться самостоятельным показанием к корригирующей хирургии [4]. Грудной кифоз более  $60^\circ$  обуславливает увеличение ротации апикального позвонка, по Sullivan et al. [17], даже при умеренной остаточной грудной сколиотической дуге.

Пороговое значение клинического перекоса надплечий (Shoulder level angle) в  $5^\circ$  было больше принятого критического в  $2^\circ$  [18], чтобы полностью исключить субъективные ошибки измерения.

Пороговое значение степени коррекции основной сколиотической дуги в 50 % определено в соответствии с представлением о границе минимально допустимой степени оптимального воздействия на деформацию позвоночника [14, 19].

Пороговые значения грудного гипокифоза и поясничного гиполордоза определяли в соответствии с границей условной нормы  $20^\circ$  и  $40^\circ$  соответственно [4, 16].

Клинический фронтальный дисбаланс (расстояние от линии отвеса до пупка и межъягодичной складки более 15 мм) соответствовал состоянию суб- и декомпенсации рентгенологического фронтального баланса (CSVL) [5, 20].

Критический параметр по суммарному количеству баллов SRS-24 менее 80 был определен с учетом порога максимальной статистической значи-

мости отличия с остальными пациентами  $p < 0,001$ .

Группы пациентов формировали с учетом каждого из восьми негативных факторов. Группы сравнивали с выявлением статистически значимых различий по исследуемым 398 клинико-рентгенологическим параметрам. В зависимости от количества статистически значимых различий с группой сравнения определяли значимость восьми исследуемых негативных факторов по следующей градации: критические – остаточная основная сколиотическая дуга после операции более  $70^\circ$  (группа 1), грудной кифоз после операции более  $60^\circ$  (группа 2), перекос надплечий более  $5^\circ$  (группа 3); значимые – коррекция основной сколиотической дуги менее 50 % (группа 4), фронтальный дисбаланс в виде увеличения расстояния от линии отвеса спереди (от яремной вырезки грудины) до пупка, сзади (от остистого отростка 7-го шейного позвонка) до межъягодичной складки более чем на более 15 мм (группа 5), допустимые – грудной кифоз менее  $20^\circ$  (группа 6), поясничный лордоз менее  $40^\circ$  (группа 7), общее количество баллов SRS-24 менее 80 (группа 8). Затем оценивали результаты хирургического лечения каждого из 288 пациентов на основании выявленного количества и комбинации имеющихся восьми негативных факторов.

Отличный результат хирургического лечения определяли при отсутствии негативных факторов, хороший – при отсутствии критических негативных факторов, удовлетворительный – при наличии хотя бы одного критического негативного фактора либо нескольких значимых негативных факторов в комбинации с допустимыми факторами, неудовлетворительный – при наличии тяжелых стойких некупируемых осложнений (IVb по классификации CDS) [13].

Из-за несоответствия большинства (91 %) непрерывных данных нормальному закону распределения по критерию Шапиро – Уилка для их сравнения применяли непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Дескрип-

тивные характеристики представлены в виде медианы с указанием первого и третьего квартилей (МЕД [Q1; Q3]) для непрерывных данных, в виде количества (долей в процентах) – для категориальных данных. Для сравнения категориальных и бинарных данных использовали точный двусторонний критерий Фишера. Корректировку ошибок множественного сравнения осуществляли методом Бенжамини – Хохберга. Парные связи между показателями оценивали с помощью расчета коэффициента корреляции Спирмена. Для изучения связей показателей с изменениями уровня BDNF применяли одно- и многофакторные модели линейной регрессии. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Статистический анализ сделан с помощью IDE RStudio (версия 2025.05.0 Build 496, URL: <https://www.rstudio.com/>) на языке R (версии 4.4.2 (2024-10-31 ucrt), URL: <https://www.R-project.org/>).

Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике учреждения (выписка 002/25 из протокола заседания 001/25 от 24.02.2025) и соответствует международным и отечественным законодательным документам – этическим стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и приказу Минздрава Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики». Все участники дали добровольное согласие на исследование.

## Результаты

Исходная величина основной сколиотической дуги в среднем составила  $93,0^\circ$  [85,0°; 105,0°]. Величина поясничного противоискривления –  $62,0^\circ$  [53,0°; 72,5°]. Величина коррекции грудной сколиотической дуги в конце наблюдения – 58,6 % [46,9; 68,0], поясничного противоискривления – 65,35 % [57,4; 73,3]. Грудной кифоз до операции –  $44,0^\circ$  [29,0°; 65,0°], поясничный лордоз –  $55,0^\circ$

[46,0°; 62,0°], а в конце наблюдения – 28,0° [20,0°; 41,0°] и 55,0° [46,0°; 62,0°] соответственно. Перекос надплечий до операции – 4,0° [2,0°; 5,0°], в конце наблюдения – 3,0° [3,0°; 5,0°]. Расстояние от линии отвеса спереди (от яремной вырезки грудины) до пупка, сзади (от остистого отростка 7-го шейного позвонка) до межъягодичной складки до операции – 10,0 [5,0; 20,0] см, в конце наблюдения – 10,0 [10,0; 15,0] см.

Повторные хирургические вмешательства не понадобились 214 (74,3 %) пациентам; значительная доля повторных вмешательств – 53 (18,4 %) случая – являлись резекциями остаточного реберного горба.

Анкетирование при помощи опросника SRS-24 через 6 мес. проведено у 158 (53 %) пациентов. Общее количество баллов в течение двух лет после операции практически не изменилось – 89,0 [82,3; 94,0], 90,0 [83,3; 96,0] и 89,0 [83,5; 94,0] соответственно, а у пациентов с наиболее отдаленными сроками наблюдения несколько снизилось – 86,5 [80,8; 92,5].

Величина основной сколиотической дуги в конце наблюдения у 32 пациентов группы 1 составила 77,0° [74,0°; 79,6°] против 40,0° [32,0; 50,0°] в основной группе ( $p < 0,001$ ). У этих пациентов ухудшаются 9 клинорентгенологических параметров: поясничное и верхнегрудное противоискривление, грудной кифоз и поясничный лордоз, ротация апикального позвонка по Sullivan, рост сидя, снижение жизненной емкости легких, высота остаточного реберного горба и расстояние от линии отвеса спереди и сзади (табл. 1).

Различий по результатам анкетирования пациентов по SRS-24, типам оперативных вмешательств, количеству и характеру осложнений и типам дополнительных хирургических вмешательств не было.

У 22 пациентов группы 2 величина грудного кифоза в конце наблюдения составила 74,0° [63,0°; 79,0°] против 27,0° [19,5°; 37,5°] в основной группе ( $p < 0,001$ ), также у них значимо хуже 6 клинорентгенологических параметров: основная грудная сколиотиче-

ская дуга и ротация по Sullivan в конце наблюдения, рост стоя и сидя, высота остаточного реберного горба и перекол лопаток (табл. 2).

Других значимых различий от основной группы пациентов не было.

Перекол надплечий в конце наблюдения измерили у 123 пациентов. Перекол надплечий более 5° (группа 3) в конце периода наблюдения выявлен у 39 из них и составил 8,0° [6,0°; 8,5°] против 3,0° [3,0°; 5,0°] в основной группе ( $p < 0,001$ ). При сравнении группы 3 с основной выявлены различия в результатах анкетирования пациентов (SRS-24) по показателям боли – 3,2 [2,9; 3,5] балла против 4,0 [3,6; 4,3] баллов ( $p = 0,035$ ), общего внешнего вида – 2,8 [2,6; 3,1] против 3,3 [3,0; 3,7] балла ( $p = 0,028$ ) и общего количества баллов – 76,5 [71,8; 81,5] против 90,0 [83,0; 94,8] баллов ( $p = 0,013$ ) в конце наблюдения.

Коррекция менее 50 % (группа 4) выявлена у 108 пациентов и составила 42,3 % [35,0; 45,1] против 63,9 % [57,6; 71,0] в основной группе ( $p < 0,001$ ).

У пациентов группы 4 хуже были четыре клинорентгенологических параметра: основная сколиотическая дуга в конце наблюдения – 60,0° [53,0°; 74,0°] против 36,0° [29,8°; 45,0°] ( $p < 0,001$ ), грудной кифоз в конце наблюдения – 42,0° [25,0°; 56,0°] против 26,0° [19,0°; 34,0°] ( $p < 0,001$ ), перекол лопаток – 9,0° [6,0°; 12,0°] против 7,0° [5,0°; 8,0°], высота остаточного реберного горба после операции – 35,0 [25,0; 45,0] мм против 25,0 [20,0; 35,0] мм соответственно ( $p < 0,001$ ).

Показатели клинического фронтального баланса в конце наблюдения были определены у 66 пациентов со сроком наблюдения 2 года и более. Из них у 49 пациентов (группа 5) были изменения в виде отклонения линии отвеса спереди от пупка и сзади от межъягодичной складки – 20,0 [15,0; 20,0] мм против 10,0 [7,0; 10,0] мм у остальных 17 пациентов ( $p < 0,001$ ). У пациентов группы 5 хуже 2 рентгенологических параметра: остаточная сколиотическая дуга и ротация вершинного позвонка основной сколиотической дуги по Sullivan в конце

наблюдения – 69,0° [41,0°; 74,8°] против 43,0° [30,0°; 55,0°] ( $p = 0,026$ ) и 23,3° [16,6°; 42,6°] против 14,4° [10,0°; 20,1°] соответственно ( $p = 0,005$ ).

В конце наблюдения грудной гипокифоз отмечен у 79 пациентов, а поясничный гиполордоз у 37 пациентов – 16,0° [13,0°; 19,0°] против 34,0° [27,0°; 48,0°] и 35,0° [32,0°; 38,0°] против 57,0° [50,0°; 63,0°] ( $p < 0,001$ ) соответственно (группы 6, 7). Статистически значимых различий с основной группой пациентов ни по одному из других показателей в конце наблюдения выявлено не было.

Данные по анкетированию с использованием опросника SRS-24 через 6 мес. после операции получены у 141 пациента. У 32 пациентов общее количество баллов было менее 80 (группа 8) – 75,0 [73,0; 78,0] баллов против 91,5 [88,0; 96,5] в основной группе ( $p < 0,001$ ).

Статистически значимых различий по гендерному распределению, возрасту на момент операции, коррекции основной сколиотической дуги, периоду наблюдения, количеству осложнений и дополнительным оперативным вмешательствам не выявлено.

Оценка пациентами исследуемой группы результата хирургического лечения через 6 мес. была значимо ниже по всем основным доменам: боль – 2,9 [1,7; 3,7] балла против 4,0 [3,7; 4,3] баллов ( $p < 0,001$ ), общий внешний вид и внешний вид после операции – 3,0 [1,8; 3,4] против 3,3 [3,1; 3,7] и 3,7 [0,8; 4,7] против 4,7 [4,3; 5,0] ( $p < 0,001$ ), а также общая и профессиональная активность – 2,2 [1,0; 2,7] против 3,3 [2,7; 3,7] и 3,0 [1,0; 4,0] против 4,0 [3,4; 4,3] ( $p < 0,001$ ), удовлетворенность результатом операции – 3,8 [1,3; 4,3] против 4,7 [4,0; 5,0] в основной группе ( $p < 0,001$ ).

Более чем через 2 года после операции (результаты получены у 36 пациентов, у 7 из них менее 80 баллов) сохранялась статистическая значимость различий по общему количеству баллов, внешнему виду и удовлетворенности результатом лечения – 75,0 [73,0; 78,0] против 91,5 [88,0; 96,5], 3,0 [3,0; 3,3] против 4,7 [4,3; 5,0], 3,7

Таблица 1  
Сравнение показателей пациентов с остаточной сколиотической дугой более 70° (группа 1) с показателями пациентов основной группы

Показатель МЕА [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН–МАКС)	Основная группа (n = 256)		Группа (n = 32)		Сравнение		p-уровень
	пациенты	значения	пациенты	значения	различия пМЕА [95% ДИ] СРС [95% ДИ]		
Поясничное противокривление, град.	190 (74,0 %)	30,5 [22,0; 38,0] 31,1 ± 12,4 (2,0–68,0)	20 (62,0 %)	52,5 [42,5; 59,8] 52,7 ± 14,5 (32,0–86,0)	21,0 [15,0; 27,0]; –1,71 [–2,20; –1,23]	<0,001*	
Верхнегрудное противокривление (при наличии), град.	56 (22,0 %)	26,0 [20,0; 30,0] 26,4 ± 8,5 (7,0–54,0)	6 (19,0 %)	40,0 [33,8; 47,0] 41,0 ± 8,6 (32,0–53,0)	15,0 [7,0; 23,0] –1,8 [–2,6; –0,9]	0,001*	
Грудной кифоз в конце наблюдения, град.	256 (88,9 %)	27,0 [19,0; 37,0] 29,6 ± 15,0 (1,0–91,0)	32 (11,0 %)	52,5 [41,0; 62,5] 54,0 ± 20,7 (19,0–114,0)	24,0 [18,0; 30,0] –1,5 [–1,9; –1,2]	<0,001*	
Поясничный лордоз в конце наблюдения, град.	252 (98,0 %)	53,0 [46,0; 61,0] 53,3 ± 12,3 (11,0–110,0)	31 (97,0 %)	60,0 [55,5; 68,5] 61,5 ± 12,6 (33,0–87,0)	8,0 [3,0; 13,0] –0,7 [–1,0; –0,3]	<0,001*	
Ротация по Sullivan в конце наблюдения, град.	256 (88,9 %)	15,3 [11,7; 19,9] 16,4 ± 7,1 (от –0,8 до –36,6)	32 (11,0 %)	33,8 [31,0; 39,4] 35,5 ± 7,0 (26,0–56,2)	18,9 [16,7; 21,3] –2,7 [–3,1; –2,3]	<0,001*	
Рост сидя в конце наблюдения, см	227 (89,0 %)	85,0 [82,5; 87,5] 84,6 ± 4,5 (64,0–96,0)	30 (94,0 %)	80,0 [77,6; 84,6] 8,8 ± 5,0 (69,5–89,0)	–4,0 [–5,5; –2,0] 0,84 [0,5; 1,2]	<0,001*	
Жизненная емкость легких, мл	90 (34,0 %)	1500,0 [1100,0; 1700,0] 952,0 ± 776,2 (700,0–1808,0)	11 (46,0 %)	1100,0 [1050,0; 1200,0] 1145,5 ± 220,7 (900,0–1700,0)	–300,0 [–500,0; –10,0] 0,1 [–0,5; 0,7]	0,021*	
Высота заднего реберного горба после операции, мм	253 (88,0 %)	30,0 [20,0; 35,0] 30,1 ± 11,5 (1,0–70,0)	22 (92,0 %)	45,0 [30,0; 50,0] 41,4 ± 13,2 (15,0–60,0)	15,0 [10,0; 20,0] –1,1 [–1,5; –0,6]	<0,001*	
Линия отвеса спереди и сзади в конце наблюдения, мм	44 (17,0 %)	10,0 [10,0; 15,0] 11,3 ± 5,4 (1,0–25,0)	7 (22,0 %)	20,0 [17,0; 20,0] 18,6 ± 4,8 (10,0–25,0)	10,0 [5,0; 10,0] –1,4 [–2,2; –0,5]	0,003*	

\* Статистически значимые различающиеся параметры; СРС — стандартизированная разница средних; пМЕА — псевдомедиана парных разностей; СРЕД ± СО — среднее ± стандартное отклонение.

Таблица 2  
Сравнение показателей пациентов с грудным кифозом более 60° в конце наблюдения (группа 2) с показателями пациентов основной группы

Показатель МЕА [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН–МАКС)	Основная группа (n = 266)		Группа 2 (n = 22)		Сравнение		p-уровень
	пациенты	значения	пациенты	значения	различия пМЕА [95% ДИ] СРС [95% ДИ]		
Ротация по Sullivan в конце наблюдения, град.	266 (100 %)	15,4 [12,0; 20,8] 17,0 ± 7,7 (от –0,8 до –41,2)	22 (100 %)	34,7 [32,4; 40,4] 37,4 ± 7,3 (29,0–56,2)	20,3 [17,4; 23,3] –2,7 [–3,2; –2,2]	<0,001*	
Рост стоя в конце наблюдения, см	260 (98 %)	163,0 [157,5; 168,5] 163,0 ± 8,7 (133,0–189,0)	22 (100 %)	159,5 [148,0; 163,50] 156,8 ± 10,6 (137,5–176,0)	–6,0 [–11,0; –1,5] 0,7 [0,3; 1,2]	0,013*	
Рост сидя в конце наблюдения, см	237 (89 %)	85,0 [82,5; 87,5] 84,5 ± 4,4 (64,0–96,0)	20 (90 %)	79,3 [76,3; 84,3] 79,7 ± 5,7 (69,5–90,0)	–5,0 [–7,5; –2,0] 1,1 [0,6; 1,5]	<0,001*	
Высота заднего реберного горба в конце наблюдения, мм	236 (89 %)	30,0 [20,0; 35,0] 29,4 ± 11,7 (1,0–0,0)	19 (86 %)	40,0 [27,5; 50,0] 38,4 ± 13,7 (15,0–60,0)	10,0 [5,0; 15,0] –0,8 [–1,2; –0,3]	0,007*	
Перекося лопаток в конце наблюдения, мм	229 (86 %)	7,0 [5,0; 10,00] 7,6 ± 3,6 (2,0–20,0)	22 (100 %)	10,0 [7,0; 12,0] 10,3 ± 4,0 (5,0–20,0)	2,0 [1,0; 5,0] –0,8 [–1,2; –0,3]	0,002*	

\* Статистически значимые различающиеся параметры; СРС — стандартизированная разница средних; пМЕА — псевдомедиана парных разностей; СРЕД ± СО — среднее ± стандартное отклонение.

[3,3; 3,83] против 4,7 [4,3; 5,0] балла ( $p < 0,001$ ).

Различия же в доменах боли и оценке общего внешнего вида через 2 года после операции были уже не столь выражены – 3,1 [2,7; 3,6] против 4,0 [3,6; 4,3] ( $p = 0,023$ ) и 3,0 [3,0; 3,2] против 3,3 [3,3; 3,7] балла соответственно ( $p = 0,022$ ).

Отличный результат констатирован у 123 пациентов, хороший – у 118, включая 42 (35,6 %) с одним и более значимыми негативными факторами, удовлетворительный – у 44, в том числе у 35 (79,5 %) с критическими негативными факторами, неудовлетворительный – у трех, включая 1 случай стойкого неврологического дефицита и 2 случая удаления металлоконструкции с полной потерей коррекции деформации позвоночника (рис. 1).

#### Клинические примеры

Пациентка К. с идиопатическим правосторонним грудным кифосколиозом IV степени с поясничным противоискривлением. Удовлетворительный результат (1 критический негативный фактор – перекос лопаток более 5°; 1 значимый негативный фактор – расстояние от линии отвеса более 15 мм). Необходимость в дополнительном корригирующем вмешательстве и возможность его выполнения (рис. 2).

Пациентка З. с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом IV степени с поясничным противоискривлением. Хороший результат (2 допустимых негативных фактора – грудной гипокифоз 16° и суммарная оценка SRS-24 – 75 баллов; рис. 3). Оценка по SRS-24 через 2 года после операции – 75 баллов (боль 3 балла и удовлетворенность результатами 3,5 балла).

Пациентка Н. с идиопатическим правосторонним грудным лордосколиозом IV степени с поясничным противоискривлением. Отличный результат: отсутствие негативных факторов (рис. 4).

#### Обсуждение

При хирургическом лечении идиопатического сколиоза иногда воз-

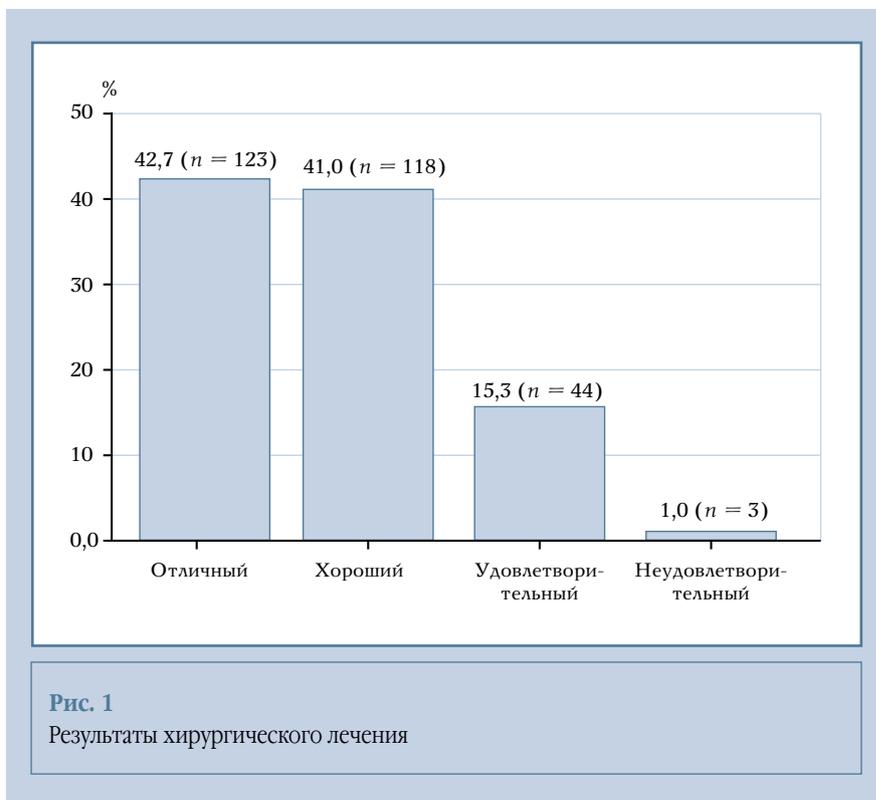


Рис. 1  
 Результаты хирургического лечения

никают нежелательные явления или осложнения, которые приводят к изменению тактики хирургического лечения, послеоперационного наблюдения и могут вызвать необходимость повторных хирургических вмешательств или манипуляций. Эти состояния описаны и классифицированы в работе Guissé et al. [13].

Мы предположили, что возникающие негативные изменения основных параметров и влияющие в совокупности на результат хирургического лечения не всегда можно отнести к осложнениям, однако различная степень их динамики не только может позволить стандартизировать оценку успешности лечения, но и повлиять на его тактику с целью купирования нежелательных явлений.

Существует трехмерная классификация исходов хирургического лечения идиопатического сколиоза на основе трехплоскостного моделирования данных рентгенографического исследования, предложенная Pasha et al. [21]. Авторы выделяют 3 типа трехмерных рентгенологических исходов через 2 года наблюде-

ния. Такая классификация использовалась для прогнозирования результатов хирургического лечения, однако сам результат оценивался только по параметрам трехмерного моделирования рентгенограмм позвоночника.

Нашей задачей было определение основных параметров результата хирургического лечения грубых форм идиопатического сколиоза грудной локализации, их значимости, а также пороговых значений, отклонения от которых могут свидетельствовать о неоптимальном клиническом исходе.

За основу взяли критерии оценки результатов хирургического лечения идиопатического сколиоза, приведенные в исследовании М.В. Михайловского [7].

Наибольшее значение имели 8 клинико-рентгенологических показателей, так как их изменение с превышением пороговых значений становилось негативным фактором влияния на исход хирургического лечения.

Пороговые значения определяли исходя из превышения референсных значений физиологической нормы



**Рис. 2**

Данные пациентки К: **а** – правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $103^\circ$ , поясничное противоискривление –  $55^\circ$ , грудной кифоз –  $81^\circ$ ; **б** – после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $30^\circ$ , поясничное противоискривление отсутствует, верхнегрудная сколиотическая дуга –  $58^\circ$ , грудной кифоз –  $35^\circ$ ; **в** – через 2 года после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $37^\circ$ , поясничное противоискривление отсутствует, верхнегрудная сколиотическая дуга –  $71^\circ$ , грудной кифоз –  $56^\circ$ ; **г** – клинически до операции перекося надплечий –  $15^\circ$  вправо, линия отвеса по левому краю межъягодичной складки; **д** – через 2 года после операции перекося надплечий –  $20^\circ$  вправо, линия отвеса на 40 мм справа от межъягодичной складки



**Рис. 3**

Данные пациентки З: **а** – правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $87^\circ$ , поясничное противоискривление –  $79^\circ$ , грудной гипокифоз –  $14^\circ$ , поясничный лордоз –  $42^\circ$ ; **б** – после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $27^\circ$ , поясничное противоискривление –  $16^\circ$ , грудной гипокифоз –  $13^\circ$ , поясничный лордоз –  $40^\circ$ ; **в** – в конце наблюдения правосторонняя грудная сколиотическая дуга –  $29^\circ$ , поясничное противоискривление –  $22^\circ$ , грудной гипокифоз –  $16^\circ$ , поясничный лордоз –  $42^\circ$ ; **г** – до операции отсутствие фронтального дисбаланса и перекося надплечий более  $5^\circ$ ; **д** – через 2 года после операции отсутствие фронтального дисбаланса и перекося надплечий более  $5^\circ$

и статистически значимого изменения показателей, обоснованных ранее проведенными исследованиями [7, 14, 16, 18–20, 22].

Согласно данным В.В. Новикова [14], абсолютная величина остаточной основной сколиотической дуги более  $70^\circ$  по Cobb приводит к повышенному риску нарушения целостности применяемого корригирующего инструментария, псевдоартрозам артифициального костного блока, полной или частичной потере достигнутой коррекции деформации позвоночника.

Мы не обнаружили статистически значимой разницы в частоте встречаемости перечисленных осложнений у пациентов с этим негативным фактором, однако остаточная сколиотическая дуга более  $70^\circ$  сопровождалась значимыми изменениями 9 клинико-рентгенологических параметров, обуславливающих его критическое влияние на исход лечения. Как критический оценивался и итоговый гиперкифоз грудного отдела позвоночника более  $60^\circ$ , связанный со статистически значимыми изменениями других

шести клинико-рентгенологических параметров.

Мы учитывали в качестве негативного фактора недостаточную первичную коррекцию основной сколиотической дуги. Если ее степень составляет менее 50 % от исходной величины деформации, результат хирургического лечения нельзя считать оптимальным [14, 19]. Несмотря на статистически значимое влияние этого фактора на 4 других клинико-рентгенологических параметра, средние абсолютные величины остаточной основной ско-



Рис. 4

Данные пациентки Н.: **а** – правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 83°, поясничное противоискривление – 59°, грудной кифоз – 42°; **б** – после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 37°, поясничное противоискривление – 15°, грудной кифоз – 22°; **в** – через 2 года после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 38°, поясничное противоискривление – 18°, грудной кифоз – 34°; **г** – до операции перекося лопаток влево на 7°; **д** – через 2 года после операции перекося лопаток менее 5°, линия отвеса по левому краю межъягодичной складки

лиотической дуги и грудного кифоза в конце наблюдения не превышали пороговых значений, определенных нами как негативные факторы исхода хирургического лечения. Исходя из этого мы оценили данный показатель как значимый, но не критический.

Не менее важными являются клинические параметры фронтального дисбаланса как проявление видимых асимметрий туловища [5, 20].

Мы определили как критический параметр перекося надплечий более 5°, так как только у этой группы пациентов выявлены значимые различия по результатам анкетирования (боль, общий внешний вид и общее количество баллов). Появление либо увеличение верхнегрудного противоискривления (при двойных грудных дугах Lenke 2) [18] отдельно не оценивали, так как эти изменения не всегда приводят к выраженному перекося надплечий и необходимости повторного хирургического вмешательства. Мы не оценивали и феномен adding-on [22], так как у исследуемой группы пациентов не применялся селективный спондилодез, во всех случаях инструментировался поясничный отдел позвоночника.

Клиническое нарушение фронтального баланса (расстояние от линии отвеса спереди и сзади более 15 мм) оценивалось как значимый негатив-

ный фактор, связанный с остаточной грудной сколиотической дугой и ротацией верхнего позвонка.

Грудной гипокифоз и поясничный гиполордоз рассматривали как негативные, но допустимые параметры, так как сохранение физиологических сагиттальных изгибов важно для сохранения глобального сагиттального баланса и профилактики развития ранних дегенеративных процессов в поясничном отделе позвоночника [7], но статистически значимых различий у таких пациентов с основной группой по иным параметрам выявлено не было.

Мы не оценивали отдельно динамику параметров позвоночно-газового сагиттального баланса, так как большинство наших пациентов на момент хирургического лечения были подростками и основной целью была коррекция внешнего вида в результате исправления грубого косметического дефекта [23].

По данным В.В. Белозерова и соавт. [23], в послеоперационном периоде у пациентов с идиопатическим сколиозом основные показатели, влияющие на риск дисбаланса (грубая остаточная сколиотическая дуга, грудной гиперкифоз и поясничный гиполордоз, а в отдаленном послеоперационном периоде выраженный позвоночный дисбаланс) не снижают качества

жизни, но при этом увеличивают риск механических послеоперационных осложнений до 50 %.

К допустимым показателям мы отнесли пороговое значение менее 80 баллов по результатам анкетирования пациентов при помощи опросника SRS-24, так как у этой группы пациентов не было выявлено значимых отличий ни по одному из других исследованных параметров. Применяемый русскоязычный вариант опросника позволяет оценить результат хирургического лечения с позиции пациента, дополняя клинико-рентгенологические методы обследования [4]. Использование в качестве порогового показателя суммарного количества баллов без разделения на домены объяснялось тем, что на результаты анкетирования влияет множество факторов, которые могут быть не связаны с патологией позвоночника, с ее лечением, а влияние объема и структуры деформации позвоночника на качество жизни – сложный и многокомпонентный вопрос [24]. Именно поэтому суммарная оценка качества жизни представляется наиболее простой для попытки стандартизации результатов. По аналогии с классификацией CDS [13] мы попытались оценить результаты хирургического лечения по возможным отклонениям от рутинного

послеоперационного наблюдения и необходимости дополнительных незапланированных оперативных вмешательств в зависимости от выявления различного количества и комбинаций критических, значимых и допустимых негативных факторов. При отсутствии критических и значимых негативных факторов не было необходимости в дополнительном, незапланированном клинико-рентгенологическом обследовании и хирургическом лечении. При выявлении единичных значимых и допустимых негативных факторов возможно дополнительное обследование и консервативное лечение, а также увеличение периода наблюдения. При выявлении критических негативных факторов в некоторых случаях необходимо дополнительное плановое хирургическое вмешательство.

Неудовлетворительным результатом мы считали случаи с имеющимися осложнениями, которые не удалось полностью купировать [13].

Предложенная градация результатов позволяет определять тактику послеоперационного наблюдения и лечения пациентов анализируемой выборки.

### Заключение

Проведенная оценка клинико-рентгенологических показателей результатов хирургического лечения тяжелых грудных сколиозов с определением их пороговых значений позволила выявить 8 негативных факторов, оказывающих влияние на исход лечения. Значимость их негативного влияния определялась путем выявления связанных статистически значимых различий по 398 исследованным пара-

метрам. Выявлены 3 критических негативных фактора, оказывающие наибольшее влияние на результат хирургического лечения. Это остаточная грудная сколиотическая дуга более 70° (значимые различия по девяти параметрам), грудной гиперкифоз более 60° (значимые различия по шести параметрам) и перекос надплечий более 5° (единственный негативный фактор, влияющий на результаты анкетирования пациентов с использованием опросника SRS-24).

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

### Литература/References

1. De Giorgi G, Stella G, Becchetti S, Martucci G, Miscioscia D. Cotel–Dubuset instrumentation for the treatment of severe scoliosis. *Eu. Spine J.* 1999;8:8–15. DOI: 10.1007/s005860050120
2. Luhmann SJ, Lenke LG, Kim YJ, Bridwell KH, Schootman M. Thoracic adolescent idiopathic scoliosis curves between 70 degrees and 100 degrees: is anterior release necessary? *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:2061–2067. DOI: 10.1097/01.brs.0000179299.78791.96
3. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, Luhmann SJ, Bridwell KH. Anterior/posterior spinal instrumentation versus posterior instrumentation alone for the treatment of adolescent idiopathic scoliotic curves more than 90 degrees. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31:2386–2391. DOI: 10.1097/01.brs.0000238965.81013.c5
4. Михайловский М.В., Фомичев Н.Г. *Хирургия деформаций позвоночника.* Новосибирск, 2011. [Mikhailovskiy MV, Fomichev NG. *Surgery of Spinal Deformities.* Novosibirsk, 2002]. ISBN: 978-5-91475-010-43
5. Kubat O, Ovadia D. Frontal and sagittal imbalance in patients with adolescent idiopathic deformity. *Ann Transl Med.* 2020;8:29. DOI: 10.21037/atm.2019.10.49
6. Banno T, Yamato Y, Hasegawa T, Yoshida G, Arima H, Oe S, Ide K, Yamada T, Kurosu K, Matsuyama Y. Evaluation of the changes in waistline asymmetry using digital photography in adolescents with idiopathic thoracolumbar/lumbar scoliosis after corrective surgery. *Spine Deform.* 2024;12:1079–1088. DOI: 10.1007/s43390-024-00850-x
7. *Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты.* Под ред. М.В. Михайловского. Новосибирск, 2007. [Mikhailovskiy MV, ed. *Surgery for Idiopathic Scoliosis: Immediate and Long-Term Results.* Novosibirsk, 2007]. ISBN: 978-5-91475-005-0
8. Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Мурашко В.В., Картавенко К.А., Надилов Н.Н. Хирургическое лечение детей с идиопатическим сколиозом типа LENKE I с применением тотальной транспедикулярной фиксации. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2014;2(2):3–8. [Vissarionov SV, Kokushin DN, Belyanchikov SM, Murashko VV, Kartavenko KA, Nadirov NN. Surgical treatment of children with idiopathic scoliosis of Lenke type I with the use of total transpedicular fixation. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2014;2(2):3–8. DOI: 10.17816/PTORS223-8 EDN: ORTWLB
9. Kim HJ, Chang DG, Lenke LG, Pizones J, Castelein R, Trobisch PD, Watanabe K, Yang JH, Suh SW, Suk SI. Rotational changes following use of direct vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis: a long-term radiographic and computed tomography evaluation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2024;49:1059–1068. DOI: 10.1097/BRS.00000000000004869
10. Chang DG, Suk SI, Kim JH, Song KS, Suh SW, Kim SY, Kim GU, Yang JH, Lee JH. Long-term outcome of selective thoracic fusion using rod derotation and direct vertebral rotation in the treatment of thoracic adolescent idiopathic scoliosis: more than 10-year follow-up data. *Clin Spine Surg.* 2020;33:50–57. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000833
11. Zhang H, Yang G, Guo C, Deng A, Xiao L. Preoperative halo-femoral traction with posterior surgical correction for the treatment of extremely severe rigid congenital scoliosis (Cobb angle >120°). *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30:421–427. DOI: 10.5435/JAAOS-D-21-01095
12. Buchanan R, Birch JG, Morton AA, Browne RH. Do you see what I see? Looking at scoliosis surgical outcomes through orthopedists' eyes. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28:2700–2704; discussion 2705. DOI: 10.1097/01.BRS.0000103383.81904.5A
13. Guissé NF, Stone JD, Keil LG, Bastrom TP, Erickson MA, Yaszay B, Cahill PJ, Parent S, Gabos PG, Newton PO, Glotzbecker MP, Kelly MP, Pahys JM, Fletcher ND. Modified Clavien-Dindo-sink classification system for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2022;10:87–95. DOI: 10.1007/s43390-021-00394-4

14. Новиков В.В. Хирургическая тактика и оказание специализированной помощи больным с тяжелыми формами сколиоза. Москва, 2022. [Novikov VV. *Surgical Tactics and Provision of Specialized Care to Patients with Severe Scoliosis*. Moscow, 2022]. EDN: CXADPV
15. Zhang Z, Wang L, Li JC, Liu LM, Song YM, Yang X. Characteristics of sagittal alignment in patients with severe and rigid scoliosis. *Orthop Surg*. 2023;15:1607–1616. DOI: 10.1111/os.13749
16. Roaf R. Vertebral growth and its mechanical control. *J Bone Joint Surg Br*. 1960;42-B:40–59. DOI: 10.1302/0301-620X.42B1.40
17. Sullivan TB, Bastrom T, Reighard F, Jeffords M, Newton PO. A novel method for estimating three-dimensional apical vertebral rotation using two-dimensional coronal Cobb angle and thoracic kyphosis. *Spine Deform*. 2017;5:244–249. DOI: 10.1016/j.jspd.2017.01.012
18. Gotfryd AO, Silber Caffaro MF, Meves R, Avanzi O. Predictors for postoperative shoulder balance in Lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis: a prospective cohort study. *Spine Deform*. 2017;5:66–71. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.09.046
19. Min K, Sdzuy C, Farshad M. Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow-up. *Eur Spine J*. 2012;22:345–354. DOI: 10.1007/s00586-012-2533-3
20. Gardner A, Berryman F, Pynsent P. The use of statistical modelling to identify important parameters for the shape of the torso following surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *J Anat*. 2021;239:602–610. DOI: 10.1111/joa.13454
21. Pasha S, Shah S, Newton P. Machine learning predicts the 3D outcomes of adolescent idiopathic scoliosis surgery using patient-surgeon specific parameters. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46:579–587. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003795
22. Li Z, Yang H, Zhou C, Xiu P, Yang X, Wang L, Feng G, Liu L, Song Y. Nomogram for predicting the distal adding-on phenomenon in severe and rigid scoliosis. *Front Surg*. 2023;9:1065189. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1065189
23. Белозеров В.В., Пелеганчук А.В., Михайловский М.В. Влияние хирургической коррекции сколиотических деформаций типов I и III по Lenke на баланс позвоночника у пациентов 15–35 лет. *Хирургия позвоночника*. 2023;20(3):16–25. [Belozеров VV, Peleganchuk AV, Mikhaylovskiy MV. The effect of surgical correction of Lenke types I and III scoliotic deformities on the spinal balance in patients aged 15–35 years. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2023;20(3):16–25]. DOI: 10.14531/ss2023.3.16-25 EDN: ZCBTGE
24. Молотков Ю.В., Евсюков А.В., Рябых С.О., Савин Д.М. Влияние нехирургических факторов на результаты лечения пациентов с идиопатическим сколиозом по данным SRS-22 (систематизированный обзор). *Гений ортопедии*. 2024;30(4):608–619. [Molotkov YuV, Evsyukov AV, Ryabykh SO, Savin DM. Impact of non-surgical factors on treatment results of patients with idiopathic scoliosis according to SRS-22 data (systematic review). *Genij Ortopedii*. 2024;30(4):608–619]. DOI: 10.18019/1028-4427-2024-30-4-608-619 EDN: VYNEQF

**Адрес для переписки:**

Васюра Александр Сергеевич  
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна,  
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
awasera@mail.ru

**Address correspondence to:**

Vasyura Aleksandr Sergeyevich,  
Novosibirsk Research Institute of Traumatology  
and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan,  
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,  
awasera@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.04.2025

Рецензирование пройдено 20.07.2025

Подписано в печать 30.07.2025

Received 08.04.2025

Review completed 20.07.2025

Passed for printing 30.07.2025

Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 5631-3912, ORCID: 0000-0002-2473-3140, awasera@mail.ru;

Алексей Владимирович Бузунов, канд. мед. наук, научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 3105-2089, ORCID: 0000-0003-4438-8863, alekseibuzunov@mail.ru;

Марина Александровна Головинёва, врач-невролог, врач функциональной диагностики, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0009-0002-0131-7475, m.golovineva@list.ru;

Александр Юрьевич Сергунин, младший научный сотрудник отдела детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 8567-7637, ORCID: 0000-0001-6555-2007, Saport2010@ngs.ru;

Вячеслав Викторович Новиков, д-р мед. наук, начальник научно-исследовательского отделения детской ортопедии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 4367-4143, ORCID: 0000-0002-9130-1081; priboy\_novikov@mail.ru.

Aleksander Sergeyevich Vasyura, MD, PhD, senior researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 5631-3912, ORCID: 0000-0002-2473-3140, awasera@mail.ru;

Aleksei Vladimirovich Buzunov, MD, PhD, senior researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 3105-2089, ORCID: 0000-0003-4438-8863, alekseibuzunov@mail.ru;

*Marina Aleksandrovna Golovneva, neurologist, functional diagnostics physician, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvy-an, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0009-0002-0131-7475, m.golovneva@list.ru;*

*Aleksandr Yuryevich Sergunin, junior researcher of Department of Children Orthopaedics, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvy-an, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0001-6555-2007, Saport2010@ngs.ru;*

*Vyacheslav Viktorovich Novikov, DMSc, head of the Research Department of pediatric orthopedic surgery, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsvy-an, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 4367-4143, ORCID: 0000-0002-9130-1081, priboy\_novikov@mail.ru.*

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна  
проводит индивидуальное тематическое обучение на рабочем месте  
в виде краткосрочных курсов повышения квалификации  
по следующим циклам:**

1. Эндопротезирование и эндоскопическая хирургия суставов конечностей (80 ч).
2. Современная диагностика, консервативное и хирургическое лечение деформаций позвоночника детского возраста (144 ч).
3. Хирургия заболеваний и повреждений позвоночника (144 ч).
4. Дегенеративные заболевания позвоночника (80 ч).
5. Артроскопия плечевого сустава (80 ч).

**Занятия проводятся по мере поступления заявок.  
После прохождения курсов выдается свидетельство о повышении квалификации.**

**E-mail: [niito@niito.ru](mailto:niito@niito.ru)**

**Тел.: 8 (383) 363-39-81**



# УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ М. ERECTOR SPINAE У ПАЦИЕНТОВ С ГРУДНЫМ СКОЛИОЗОМ ПОСЛЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ И РИГИДНОЙ ФИКСАЦИИ

М.С. Распопов, С.В. Колесов, В.В. Швеи, Н.А. Еськин, В.С. Переверзев, А.И. Казьмин, Е.Д. Богдасhevская, Н.С. Морозова, С.Б. Багиров, И.Е. Домрачев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

**Цель исследования.** Оценить состояние и функциональные параметры *m. erector spinae* у пациентов после динамической вентральной и ригидной дорсальной фиксации грудного сколиоза с помощью УЗИ по собственной методике.

**Материал и методы.** В сравнительном исследовании участвовали 95 пациентов 15–55 лет с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом (угол Cobb 35–60°): 33 из них после динамической фиксации, 32 — после ригидной фиксации, 30 — до операции (контрольная группа). Срок наблюдения превышал 12 мес. С использованием УЗИ в области вершины сколиотической дуги измеряли угол пинации волокон, толщину мышцы, индекс контрактильности и относительную асимметрию. Измерения проводили в двух положениях пациента: в покое и при максимальном разгибании (30°, контролируемым гониометром).

**Результаты.** Обнаружены статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) между группами. В состоянии покоя угол пинации после динамической фиксации ( $20,06^\circ \pm 0,15^\circ$ ) был на 26,5 % выше, чем после ригидной ( $15,85^\circ \pm 0,62^\circ$ ), но ниже контрольных значений ( $23,57^\circ \pm 0,93^\circ$ ). Толщина *m. erector spinae* при динамической фиксации ( $1,23 \pm 0,01$  см) была близка к контролю ( $1,35 \pm 0,02$  см), тогда как при ригидной фиксации наблюдалось выраженное уменьшение толщины ( $0,89 \pm 0,01$  см). При разгибании (30°) угол пинации в группе пациентов, оперированных с помощью динамической системы, резко увеличивался до  $39,5^\circ$  (близко к контролю  $40,5^\circ$ ), что в 2,4 раза превышало показатель группы с ригидной фиксацией ( $16,2^\circ$ ). Толщина *m. erector spinae* при нагрузке после динамической фиксации ( $2,15 \pm 0,05$  см) соответствовала контролю ( $2,20 \pm 0,03$  см), в то время как при ригидной фиксации отмечалось истончение ( $1,21 \pm 0,14$  см). Средний индекс контрактильности после динамической фиксации ( $60,59\% \pm 0,14\%$ ) был значительно ниже ( $p < 0,05$ ), чем после ригидной ( $84,65 \pm 0,35\%$ ), и близок к контрольному значению ( $53,9\%$ ), что указывает на сохранение сократительной способности мышцы. Относительная асимметрия была минимальной в группе динамической фиксации (1,6 %) по сравнению с ригидной (2,24 %) и контролем (2,96 %).

**Заключение.** Использованная в исследовании ультразвуковая методика показала высокую эффективность в оценке состояния паравертебральных мышц. Вентральная динамическая фиксация грудного сколиоза продемонстрировала сохранение функциональной активности *m. erector spinae*, поддержание естественного сокращения и улучшение мышечной симметрии, тогда как дорсальная ригидная фиксация сопровождается структурными изменениями, включая снижение эластичности и дегенерацию мышечных волокон.

**Ключевые слова:** хирургия позвоночника; динамическая система; УЗИ-диагностика мышц.

Для цитирования: Распопов М.С., Колесов С.В., Швеи В.В., Еськин Н.А., Переверзев В.С., Казьмин А.И., Богдасhevская Е.Д., Морозова Н.С., Багиров С.Б., Домрачев И.Е. Ультразвуковое исследование *m. erector spinae* у пациентов с грудным сколиозом после динамической и ригидной фиксации // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 37–46. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.37-46>

## ULTRASOUND EXAMINATION OF M. ERECTOR SPINAE IN PATIENTS WITH THORACIC SCOLIOSIS AFTER DYNAMIC AND RIGID FIXATION

M.S. Raspopov, S.V. Kolesov, V.V. Shvets, N.A. Eskin, V.S. Pereverzev, A.I. Kazmin, E.D. Bogdashevskaya, N.S. Morozova, S.B. Bagirov, I.E. Domrachev

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia

**Objective.** To assess the condition and functional parameters of *m. erector spinae* in patients who underwent dynamic anterior and rigid posterior fixation for thoracic scoliosis, using ultrasound diagnostics (US) and a proprietary methodology.

**Materials and Methods.** The comparative study involved 95 patients aged 15–55 years with idiopathic right-sided thoracic scoliosis (Cobb angle 35–60°): 33 of them after dynamic fixation, 32 after rigid fixation, and 30 patients awaiting surgery (control group). The follow-up period exceeded 12 months. Ultrasound examination included measuring of the fiber pennation angle, muscle thickness, contractility index, and relative asymmetry at the apex of the scoliotic curve. Measurements were performed in two patient positions: at rest and during maximum extension (30°, controlled by a goniometer).

**Results.** Statistically significant differences ( $p \leq 0.05$ ) between the groups were found. At rest, the pennation angle after dynamic fixation ( $20.06^\circ \pm 0.15^\circ$ ) was 26.5% higher than after rigid fixation ( $15.85^\circ \pm 0.62^\circ$ ), but lower than control values ( $23.57^\circ \pm 0.93^\circ$ ). The thickness of *m. erector spinae* with dynamic fixation (1.23 cm  $\pm$  0.01 cm) was close to the control (1.35 cm  $\pm$  0.02 cm), whereas with rigid fixation

a pronounced decrease in thickness was observed ( $0.89 \text{ cm} \pm 0.01 \text{ cm}$ ). During extension ( $30^\circ$ ), the pennation angle in patients operated on with the dynamic system sharply increased to  $39.5^\circ$  (close to the control value of  $40.5^\circ$ ), which was 2.4 times higher than the indicator ( $16.2^\circ$ ) in the group with rigid fixation. The thickness of *m. erector spinae* ( $2.15 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$ ) under load after dynamic fixation corresponded to the control ( $2.20 \text{ cm} \pm 0.03 \text{ cm}$ ), while rigid fixation showed thinning ( $1.21 \text{ cm} \pm 0.14 \text{ cm}$ ). The mean contractility index after dynamic fixation was significantly lower ( $p < 0.05$ ) than that ( $84.65\% \pm 0.35\%$ ) after rigid fixation and close to the control value ( $53.9\%$ ), indicating preservation of muscle contractility. Relative asymmetry was minimal in the dynamic fixation group ( $1.6\%$ ) compared to that in the rigid fixation ( $2.24\%$ ) and control ( $2.96\%$ ) groups.

**Conclusion.** The ultrasound technique used in the study demonstrated high efficiency in assessing the condition of the paraspinal muscles. Anterior dynamic fixation for thoracic scoliosis provided the preservation of *m. erector spinae* functional activity, the maintenance of natural contraction and improved muscle symmetry, whereas posterior rigid fixation was accompanied by structural changes, including reduced elasticity and degeneration of muscle fibers.

**Keywords:** spine surgery; dynamic stabilization system; ultrasound diagnostics of muscles.

Please cite this paper as: Raspopov MS, Kolesov SV, Shvets VV, Eskin NA, Pereverzev VS, Kazmin AI, Bogdashevskaya ED, Morozova NS, Bagirov SB, Domrachev IE. Ultrasound examination of *m. erector spinae* in patients with thoracic scoliosis after dynamic and rigid fixation. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):37–46. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.37-46>

Сколиоз – это трехмерная деформация позвоночника, которая затрагивает всю его структуру, влияя на биомеханику окружающих мышц [1].

Известно, что по мере развития сколиоза происходят изменения в тонусе и распределении нагрузок на мышцы спины, что может приводить к боли и дисфункции. С прогрессированием деформации идет перестройка *m. erector spinae*, динамические коэффициенты которой являются одним из ключевых предикторов сколиотической деформации и стабильности позвоночника [2, 3]. Исследования показали, что состояние и работа параспинальных мышц оказывают прямое влияние на сагиттальный баланс [4], поэтому роль мышечного фактора вызывает большой интерес и активно обсуждается [5].

На сегодняшний день золотым стандартом хирургического лечения идиопатического грудного сколиоза является коррекция деформации с помощью ригидных металлоконструкций из дорсального доступа [6, 7]. Но с недавнего времени для коррекции сколиоза стали применять вентральную динамическую систему, основным преимуществом которой является сохранение подвижности в зоне фиксации при удовлетворительной коррекции деформации [8]. Кроме того, осуществляют переднебоковой доступ к позвоночнику, поэтому сохранение паравертебральной мускулатуры приводит к более раннему вос-

становлению пациентов по сравнению с ригидной фиксацией [9, 10].

Имеются единичные работы, исследующие характеристику мышц у пациентов со сколиотической деформацией после хирургического лечения с использованием различных методов оценки [11–13].

Например, электромиография в ряде исследований показывает снижение мышечного тонуса у пациентов со сколиотической деформацией после ригидной фиксации, снижение мышечного тонуса связано с атрофией на уровне оперированных сегментов [11, 14], что может быть определено прямым визуальным УЗ-мониторингом, который для изучения мускулатуры спины позволяет оценить размеры, структуру, расположение мышечных пучков [15] без инвазивных методов [16, 17]. Публикаций по поводу применения УЗИ и характеристики угла пинации после операций на позвоночнике с использованием динамической фиксации мы не нашли. В данной статье исследуется влияние двух типов систем (динамической и ригидной) на глубокие мышцы спины, в частности *m. erector spinae*, с помощью ультразвуковой диагностики по собственной методике.

Цель исследования – оценка *m. erector spinae* у пациентов после селективной динамической и ригидной фиксации грудного сколиоза методом ультразвуковой диагностики.

## Материал и методы

Данное исследование выполнено в формате сравнительного когортного анализа с ретроспективно-проспективным дизайном. В него включены пациенты от 15 до 55 лет, проходившие оперативное лечение грудного сколиоза с помощью вентральной динамической и дорсальной ригидных систем в 2018–2023 гг.

Критерии включения в исследование: идиопатический грудной сколиоз, угол Cobb – от  $35^\circ$  до  $60^\circ$  до операции, заверченный рост, хирургическое лечение, селективная фиксация грудного отдела позвоночника, срок наблюдения более 12 мес. Критерии исключения: неврологические заболевания, предыдущие операции на позвоночнике, системные патологии.

Согласно методу хирургической фиксации пациентов разделили на 3 группы (табл. 1). Первая группа – 33 пациента, которые прооперированы с использованием вентральной динамической системы коррекции (рис. 1); вторая группа – 32 пациента, прооперированные с применением ригидной транспедикулярной фиксации из дорсального доступа (рис. 2), третья (контрольная) группа – 30 пациентов до хирургического вмешательства.

Всем пациентам ультразвуковое исследование паравертебральных мышц на аппарате Canon Aplio700

Таблица 1

Демографические и клинические характеристики пациентов исследуемых групп

Группа	Возраст, лет (среднее ± стандартное отклонение)	Пол (М/Ж), n	Уровни фиксации (наиболее частые)	Период наблюдения, мес. (среднее ± стандартное отклонение)
1 (n = 33)	19,8 ± 4,7	10/23	Th <sub>5</sub> –Th <sub>12</sub> (n = 22); Th <sub>6</sub> –L <sub>1</sub> (n = 11)	14,2 ± 3,5
2 (n = 32)	20,1 ± 5,0	12/20	Th <sub>3</sub> –L <sub>1</sub> (n = 18); Th <sub>5</sub> –Th <sub>12</sub> (n = 14)	16,8 ± 4,2
Контрольная (n = 30)	21,5 ± 5,2	8/22	–	–



Рис. 1

Рентгенограммы до (а, в) и после (б, г) хирургического лечения с применением вентральной динамической системы с фиксацией на уровне Th<sub>6</sub>–L<sub>1</sub>



Рис. 2

Рентгенограммы до (а, в) и после (б, г) хирургического лечения с применением дорсальной ригидной системы с фиксацией на уровне Th<sub>3</sub>–L<sub>1</sub>

ки [2]. Исследование проводили в двух позициях: расслабленное положение лежа для оценки базового состояния *m. erector spinae* и максимальная экстензия для анализа функции мышцы при нагрузке. Для стандартизации измерения угла экстензии поясничного отдела фиксировали гониометром, целевой диапазон которого составлял 25–35°, что соответствует физиологическим возможностям и позволяет избежать компенсаторных движений [18]. Гониометр размещали между подвздошным гребнем (неподвижная планка) и подмышечной линией (подвижная планка) для обеспечения контроля наклона туловища (рис. 3).

**Методика визуализации.** Для диагностики использовали линейный ультразвуковой датчик с частотой 7,5–10,0 МГц. Сонограф устанавливали под углом 30–45° и смещали латерально на 2 см от остистых отростков в области вершины сколиотической дуги, что обеспечивало четкую визуализацию *m. erector spinae*. Выполняли по два снимка в области вершины деформации при разных функциональных положениях, что позволило провести сравнительный анализ состояния мышц.

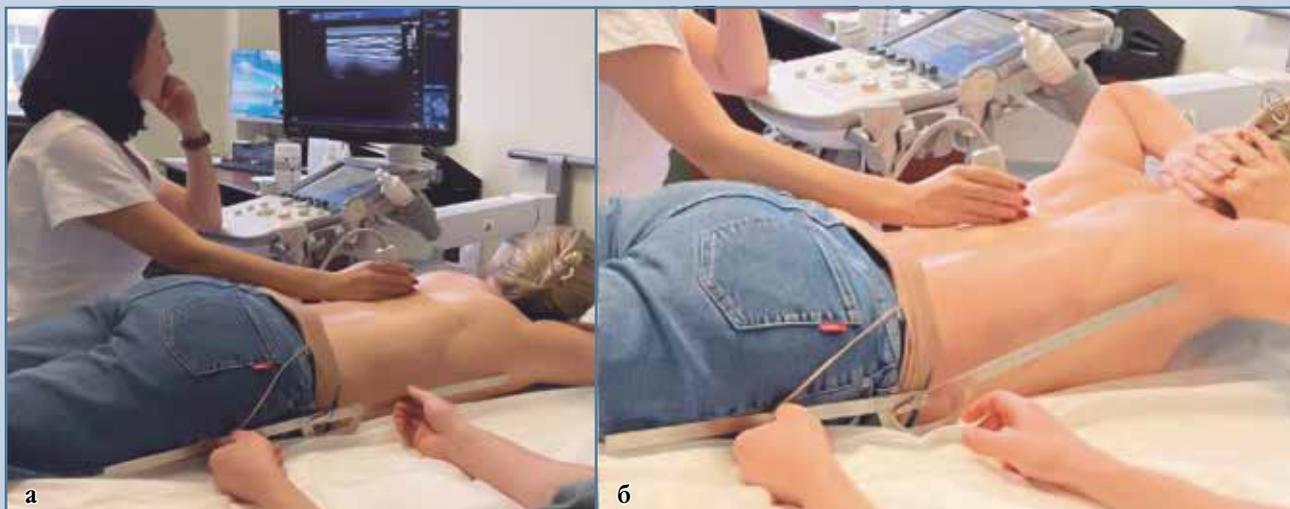
Угол пинации (ϑ) волокон мышц определяли как угол, создаваемый линией между направлением мышечных волокон и линией апоневроза [19]. Индекс контрактности рассчитывали как отношение толщины при нагрузке к толщине в покое × 100, асимметрию – по формуле: |(левая сторона – правая сторона)| / среднее значение × 100.

Толщина мышцы по ультразвуковому исследованию определяется

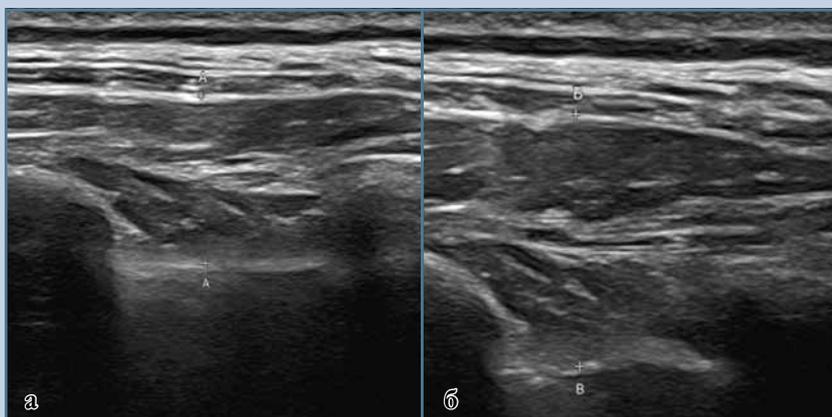
выполнял один исследователь со стажем работы более 15 лет.

**Техника ультразвукового исследования.** Подготовка пациента к исследованию заключалась в занятии им комфортного положения лежа

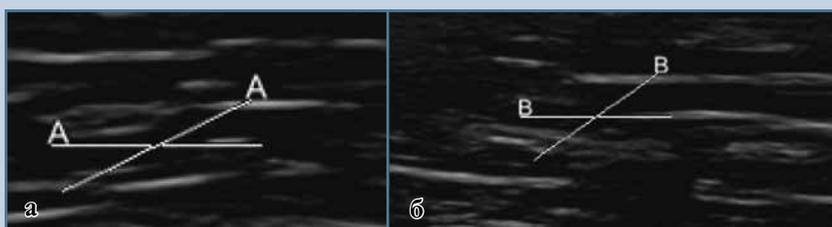
на животе для расслабления мышц спины, что важно для достижения качественного и информативного изображения *m. erector spinae* – наиболее мощной и длинной мышцы спины, выбранной для количественной оцен-



**Рис. 3**  
 Методология ультразвукового исследования структуры разгибателей спины в расслабленном (а) и напряженном (б) положении с использованием гониометра



**Рис. 4**  
 Сонограмма *m. erector spinae*: а – расслабленное положение; б – максимальная экстензия



**Рис. 5**  
 Угол пинации волокон *m. erector spinae* в условиях покоя (а – пассивное состояние) и при максимальной экстензии (б – активное состояние)

как расстояние между поверхностной и глубокой фасциями мышцы, измеренное перпендикулярно к ее длине [15, 20] (рис. 4).

Толщина  $\varnothing$  волокон *m. erector spinae* была измерена в условиях покоя (пассивное состояние) и при максимальной экстензии (активное состояние). В каждой позиции были получены ультразвуковые изображения структуры исследуемых мышц (рис. 5).

**Статистический анализ.** Ультразвуковые изображения сохраняли на жестком диске ультразвуковой системы, полученные результаты анализировали с помощью программного обеспечения Statistica 6.1.2. При анализе данных рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение ( $M \pm SD$ ). Для сравнения групп применяли непараметрические критерии Манна – Уитни и Краскела – Уолиса. Различия считали статистически значимыми при уровне  $p < 0,05$ .

### Результаты

Исследование выявило статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ) в функциональных параметрах *m. erector*

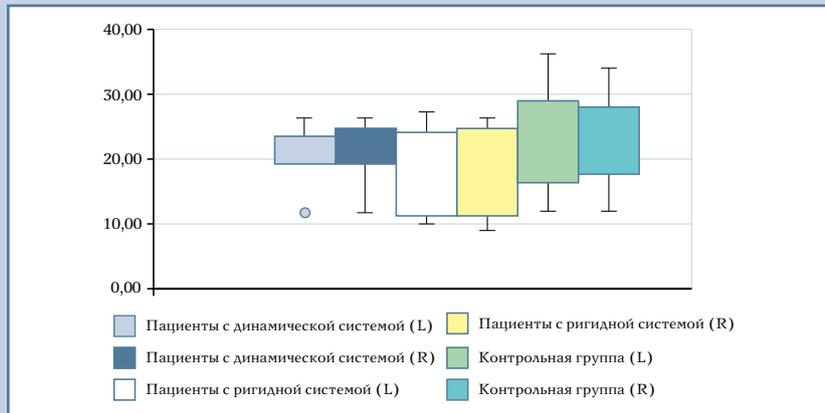


Рис. 6

Угол пинации в покое по группам: L – левая сторона; R – правая сторона

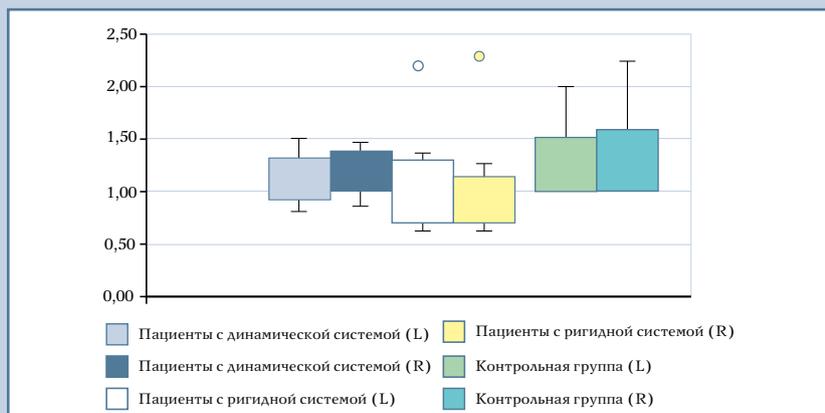


Рис. 7

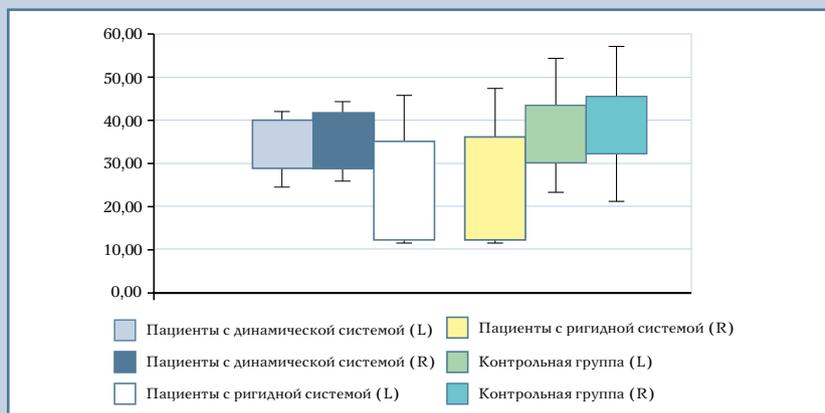
Толщина *m. erector spinae* в покое по группам: L – левая сторона; R – правая сторона

Рис. 8

Угол пинации при напряжении по группам: L – левая сторона; R – правая сторона

*spinae* между группами после хирургической коррекции грудного сколиоза. В состоянии покоя  $\theta$  в группе динамической фиксации ( $20,06 \pm 0,15^\circ$ ; L: $19,91^\circ$ /R: $20,21^\circ$ ) на 26,5 % превышал показатели ригидной группы ( $15,85 \pm 0,62^\circ$ ; L: $15,25^\circ$ /R: $6,48^\circ$ ), хотя оставался ниже контрольных значений ( $23,57 \pm 0,93^\circ$ ; L: $2,64^\circ$ /R: $24,5^\circ$ ), что визуализировано на рис. 6. Аналогично, толщина мышц в покое при динамическом методе ( $1,23 \pm 0,01$  см; L: $1,24$ /R: $1,22$ ) демонстрировала близость к контрольной группе ( $1,35 \pm 0,02$  см), в отличие от выраженного снижения при ригидной фиксации ( $0,89 \pm 0,01$  см; L: $0,90$ /R: $0,88$ ), что отражено на рис. 7. При функциональной нагрузке (экстензия  $30^\circ$ ) динамическая система обеспечила резкий прирост до  $39,5^\circ$  (L: $38^\circ$ /R: $41^\circ$ ), что в 2,4 раза превышало ригидную группу ( $16,2^\circ$ ; L: $16,2^\circ$ /R: $16,25^\circ$ ) и соответствовало физиологической норме (контроль:  $40,5^\circ$ ; L: $39^\circ$ /R: $42^\circ$ ), как показано на рис. 8. Толщина *m. erector spinae* при нагрузке в динамической группе ( $2,15 \pm 0,05$  см; L: $2,10$ /R: $2,20$ ) практически не отличалась от контроля ( $2,20 \pm 0,03$  см), тогда как ригидная фиксация сопровождалась критическим истончением мышц ( $1,21 \pm 0,14$  см; L: $1,35$ /R: $1,08$ ), что иллюстрирует рис. 9. Индекс контрактильности подтвердил сохранение сокращения при динамической методике ( $60,59 \pm 0,14$ ; L: $60,73$  %/R: $60,45$  %) в сравнении с его резким снижением при ригидной фиксации ( $84,65 \pm 0,35$ ; L: $85,0$  %/R: $84,3$  %) и близостью к контрольным значениям (53,9 %), что представлено на рис. 10. Минимальная относительная асимметрия в динамической группе (1,6 % против 2,24 % в ригидной и 2,96 % в контроле) свидетельствует о восстановлении симметрии. Все количественные данные, включая прирост угла при нагрузке ( $+19,44^\circ$  при динамике vs  $+0,4^\circ$  при ригидной фиксации), систематизированы в табл. 2, где также отражены межгрупповые различия толщины, индекса контрактильности и стандартных отклонений, подтверждающие преимущество динамической систе-

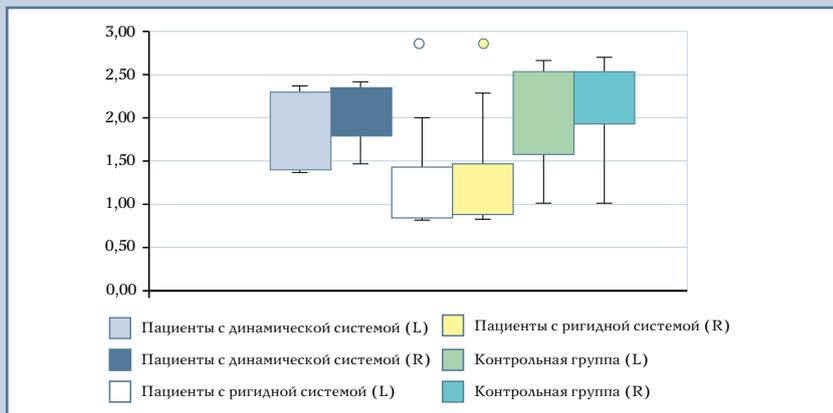


Рис. 9

Толщина *m. erector spinae* при напряжении по группам: L – левая сторона; R – правая сторона

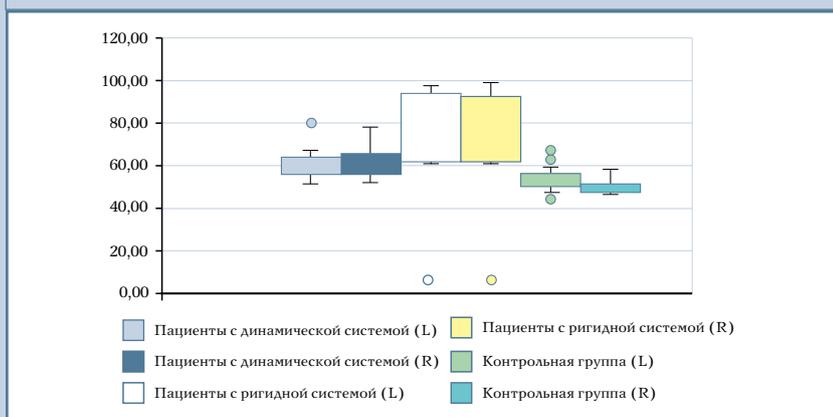


Рис. 10

Индекс контрактильности по группам: L – левая сторона; R – правая сторона

мы в сохранении функциональности паравертебральной мускулатуры.

## Обсуждение

Первое описание  $\theta$  (угла между мышечными волокнами и апоневрозом) в контексте физиологии мышц связано с работой Nicolaus Steno. В трактате «Elementorum Mythologiae Specimen» (1667) он использовал геометрические модели мышц и описал изменение углов между волокнами при сокращении, отметив «*dum contrahitur musculus, anguli eius acuti fiunt ampliores*», что означает «при сокращении мышцы ее углы увеличи-

ваются». Именно Steno впервые обратил внимание на связь архитектуры мышечных волокон с их функцией [21]. Позже, в XIX в., Ernst H. Weber (1846) формализовал математические отношения между мышечными размерами и силой, а Haxton (1944) разработал метод расчета физиологической поперечной площади сечения (PCSA), учитывающий данный угол, что связывал с механическими свойствами мышц [22]. В современных исследованиях с использованием ультразвуковой диагностики *in vivo* у шести испытуемых выявлено, что  $\theta$  трехглавой мышцы голени увеличивается при переходе от дорсифлексии ( $-15^\circ$ ) к планта-

флексии ( $+30^\circ$ ): на  $6-12^\circ$  (39–67 %) в покое и на  $9-16^\circ$  (29–43 %) при максимальном изометрическом сокращении [23]. В исследовании Franchi et al. [24] 10-недельные концентрические (CON) и эксцентрические (ECC) тренировки вызвали различные изменения  $\theta$  в мышцах: CON увеличил на 30 % за счет укорочения волокон и добавления саркомеров параллельно, тогда как ECC привел к незначительному росту PA (+5 %) при удлинении волокна на 12 %, что связано с механическими стимулами и активацией системы митогенактивируемых протеинкиназ и подтверждает роль пинационного угла в отображении характеристики мышц при нагрузке. Sinha et al. [25] демонстрируют возможность *in vivo* с помощью диффузионно-тензорной визуализации (DTI) икроножных мышц человека для отслеживания ориентации мышечных волокон. С использованием EPI-последовательности на МРТ у пяти испытуемых измерены углы ориентации волокон относительно оси магнита (SI-ось), отражающие архитектуру мышц. Углы варьировали от  $13,4^\circ$  (латеральная головка икроножной мышцы) до  $48,5^\circ$  (медиальная головка камбаловидной мышцы), что согласуется с данными спектроскопии и ультразвуковых исследований. Роль паравертебральных мышц в патогенезе идиопатического сколиоза, их связь с болевым синдромом и функциональными ограничениями из-за дисбаланса развития мышц и фасций активно исследуется [26–29]. Pan et al. [16] при ультразвуковой диагностике выявили снижение эластичности и асимметрии паравертебральных мышц после хирургического лечения у пациентов с разными типами сколиоза. Lu et al. [14], анализируя электромиографическую активность параспинальных мышц у 19 пациентов с идиопатическим сколиозом до и после селективной стабилизации грудного отдела позвоночника, которую регистрировали билатерально по грудным и поясничным параспинальным мышцам в различных позах, отметили снижение асимметрии и актив-

Таблица 2

Сравнение ультразвуковых параметров *m. erector spinae* в группах пациентов

Параметр	Динамическая фиксация (n = 33)	Ригидная фиксация (n = 32)	Контрольная группа (n = 30)	p-значение*
Угол пинации в покое, град.	20,06 (19,91L*/20,20R*)	15,85 (15,25L/16,48R)	23,57 (22,64L/24,5R)	0,009
Угол пинации при разгибании 30°, град.	39,5 (38L/41R)	16,2 (16,2L/16,25R)	40,5 (39L/42R)	0,001
Увеличение угла пинации при разгибании 30°, град.	+19,44	+0,40	+19,50	0,001
Толщина в покое, см	1,23°	0,89	1,35	0,05
Толщина при нагрузке, см	2,15	1,21	2,20	0,001
Индекс контрактности (левая сторона)	60,73	85,00	55,17	0,001
Индекс контрактности (правая сторона)	60,45	84,30	52,63	0,001
Средний индекс контрактности, %	60,59	84,65	53,90	0,001
Относительная асимметрия, %	1,60	2,24	2,96	0,001

\* Показатель статистической значимости по критерию Краскела – Уоллиса; L – левая сторона; R – правая сторона.

ности, что, вероятно, связано с атрофией. В долгосрочном исследовании Kim et al. [30] с участием 42 пациентов со сколиотической деформацией, перенесших заднюю фиксацию позвоночника, проанализировали данные КТ за 9,9 года. Выявлено, что площадь поперечного сечения большинства паравертебральных мышц значительно уменьшилась за период наблюдения. Исключение составила поясничная мышца, которая, напротив, демонстрировала тенденцию к симметричному развитию. Такие различия обусловлены хирургической техникой: при заднем доступе происходит повреждение мышц-выпрямителей позвоночника и многораздельных мышц, тогда как глубоко расположенная поясничная мышца практически не затрагивается. Более того, со временем она берет на себя компенсаторную нагрузку, обеспечивая вертикальное положение тела, что и объясняет

ее выраженный рост [31]. В настоящем исследовании мы применили парасагитальное УЗИ для оценки влияния ригидной и динамической фиксации на морфофункциональные параметры мышцы-выпрямителя позвоночника, *m. erector spinae*:  $\vartheta$  (индикатор функциональной активности), индекс контрактности и толщину мышцы (маркер гипер-/атрофии) [12, 32]. Данный подход позволил детально изучить воздействие методов коррекции на ключевую мышцу, обеспечивающую вертикальную стабильность, что важно для оптимизации лечения идиопатического сколиоза.

### Заключение

Примененная ультразвуковая методика продемонстрировала высокую эффективность в оценке состояния паравертебральных мышц, обеспечивая объективное сравнение резуль-

татов ригидной дорсальной и динамической вентральной фиксации при коррекции грудного сколиоза. Вентральная динамическая фиксация грудного сколиоза предпочтительна для сохранения функциональной активности *m. erector spinae*, поддержания естественной биомеханики и улучшения мышечной симметрии, тогда как дорсальная ригидная фиксация сопровождается структурными изменениями, включая снижение эластичности и дегенерацию мышечных волокон.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

### Литература/References

1. Yaman O, Dalbayrak S. Idiopathic scoliosis. *Turk Neurosurg.* 2014;24:646–657. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.8838-13.0
2. Stokes IA. Mechanical effects on skeletal growth. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2002;2:277–280.
3. Yagi M, Machida M, Asazuma T. Pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis. *JBJS Rev.* 2014;2:e4. DOI: 10.2106/JBJS.REV.M.00037

4. **Yagi M, Hosogane N, Watanabe K, Asazuma T, Matsumoto M.** The paravertebral muscle and psoas for the maintenance of global spinal alignment in patient with degenerative lumbar scoliosis. *Spine J.* 2016;14:451–458. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.001
5. **Diab AA.** The role of forward head correction in management of adolescent idiopathic scoliotic patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2012;26:1123–1132. DOI: 10.1177/0269215512447085
6. **Lenke IG, Betz RR, Clements D, Merola A, Haheer T, Lowe T, Newton P, Bridwell KH, Blanke K.** Curve prevalence of a new classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: does classification correlate with treatment? *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2002;27:604–611. DOI: 10.1097/00007632-200203150-00008
7. **Newton PO, Bartley CE, Bastrom TP, Kluck DG, Saito W, Yaszay B.** Anterior spinal growth modulation in skeletally immature patients with idiopathic scoliosis: a comparison with posterior spinal fusion at 2 to 5 years postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102:769–777. DOI: 10.2106/JBJS.19.01176
8. **Pehlivanoglu T, Oltulu I, Erdag Y, Akturk UD, Korkmaz E, Yildirim E, Sarioglu E, Ofluoglu E, Aydogan M.** Comparison of clinical and functional outcomes of vertebral body tethering to posterior spinal fusion in patients with adolescent idiopathic scoliosis and evaluation of quality of life: preliminary results. *Spine Deform.* 2021;9:1175–1182. DOI: 10.1007/s43390-021-00323-5
9. **Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатьюк Д.С.** Первый опыт вентральной динамической коррекции сколиозов у подростков с законченным ростом и взрослых: хирургическая техника и ближайшие результаты. *Хирургия позвоночника.* 2021;18(3):19–29. [Kolesov SV, Pereverzev VS, Panteleyev AA, Shvets VV, Gorbatyuk DS. The first experience of anterior dynamic correction of scoliosis in adolescents with complete growth and adults: Surgical technique and immediate results. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2021;18(3):19–29]. DOI: 10.14531/ss2021.3.19-29 EDN: DBPVYY
10. **Переверзев В.С., Колесов С.В., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В.** Вентральная динамическая или дорсальная транспедикулярная коррекция и фиксация при хирургическом лечении идиопатического сколиоза типа Lenke 5: сравнение отдаленных результатов. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(2):18–28. [Pereverzev VS, Kolesov SV, Kazmin AI, Morozova NS, Shvets VV. Anterior dynamic versus posterior transpedicular spinal fusion for Lenke type 5 idiopathic scoliosis: a comparison of long-term results. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;30(2):18–28]. DOI: 0.17816/2311-2905-3189 EDN: DSCCDA
11. **Tsai YT, Leong CP, Huang YC, Kuo SH, Wang HC, Yeh HC, Lau YC.** The electromyographic responses of paraspinal muscles during isokinetic exercise in adolescents with idiopathic scoliosis with a Cobb's angle less than fifty degrees. *Chang Gung Med J.* 2010;33:540–550.
12. **Stokes M, Hides J, Elliott J, Kiesel K, Hodges P.** Rehabilitative ultrasound imaging of the posterior paraspinal muscles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37:581–595. DOI: 10.2519/jospt.2007.2599
13. **Wong C, Shayestehpour H, Koutras C, Dahl B, Otaduy MA, Rasmussen J, Bencke J.** Using electric stimulation of the spinal muscles and electromyography during motor tasks for evaluation of the role in development and progression of adolescent idiopathic scoliosis. *J Clin Med.* 2024;13:1758. DOI: 10.3390/jcm13061758
14. **Lu WW, Hu Y, Luk KD, Cheung KM, Leong JC.** Paraspinal muscle activities of patients with scoliosis after spine fusion: an electromyographic study. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2002;27:1180–1185. DOI: 10.1097/00007632-200206010-00009
15. **Smith JM, Jones SP, White LD.** Rapid Communication. *Gastroenterology.* 1977;72:193. DOI: 10.1016/S0016-5085(77)80340-5
16. **Pan A, Cao W, Wu B, Yin L, Ding H, Guo R, Liu Y, Hai Y, Zhou L.** Elasticity change of the paravertebral fascia and muscle in adolescent idiopathic scoliosis after posterior selective fusion surgery. *Clin Biomech (Bristol).* 2022;99:105763. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2022.105763
17. **Peterson G, Leary SO, Nilsson D, Moodie K, Tucker K, Trygg J, Peolsson A.** Ultrasound imaging of dorsal neck muscles with speckle tracking analyses – the relationship between muscle deformation and force. *Sci Rep.* 2019;9:13688. DOI: 10.1038/s41598-019-49916-1
18. **Chertman C, Campoy Dos Santos HM, Pires L, Wajchenberg M, Martins DE, Puertas EB.** A comparative study of lumbar range of movement in healthy athletes and non-athletes. *Rev Bras Ortop.* 2010;45:389–394. DOI: 10.1016/S2255-4971(15)30385-2
19. **Narici M V, Binzoni T, Hiltbrand E, Fasel J, Terrier F, Cerretelli P.** *In vivo* human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. *J Physiol.* 1996;496:287–297. DOI: 10.1113/jphysiol.1996.sp021685
20. **Kawakami Y, Ichinose Y, Fukunaga T.** Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *J Appl Physiol (1985).* 1998;85:398–404. DOI: 10.1152/jappl.1998.85.2.398
21. **Narici M, Franchi M, Maganaris C.** Muscle structural assembly and functional consequences. *J Exp Biol.* 2016;219:276–284. DOI: 10.1242/jeb.128017
22. **Haxton H.A.** Absolute muscle force in the ankle flexors of man. *J Physiol.* 1944;103:267–273. DOI: 10.1113/jphysiol.1944.sp004075
23. **Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant AJ.** *In vivo* measurements of the triceps surae complex architecture in man: implications for muscle function. *J Physiol.* 1998;512:603–614. DOI: 10.1111/j.1469-7793.1998.603be.x
24. **Franchi MV, Atherton PJ, Reeves ND, Flck M, Williams J, Mitchell WK, Selby A, Beltran Valls RM, Narici MV.** Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiol (Oxf).* 2014;210:642–654. DOI: 10.1111/apha.12225
25. **Sinha S, Sinha U, Edgerton VR.** *In vivo* diffusion tensor imaging of the human calf muscle. *J Magn Reson Imaging.* 2006;24:182–190. DOI: 10.1002/jmri.20593
26. **Burwell RG, Dangerfield PH.** Pathogenesis of progressive adolescent idiopathic scoliosis. Platelet activation and vascular biology in immature vertebrae: an alternative molecular hypothesis. *Acta Orthop Belg.* 2006;72:247–260.
27. **Whyte Ferguson L.** Adolescent idiopathic scoliosis: The Tethered Spine III: Is fascial spiral the key? *J Bodyw Mov Ther.* 2017;21:948–971. DOI: 10.1016/j.jbmt.2017.01.013
28. **Lpez-Torres O, Mon-Lpez D, Gomis-Marz C, Lorenzo J, Guadalupe-Grau A.** Effects of myofascial release or self-myofascial release and control position exercises on lower back pain in idiopathic scoliosis: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;27:16–25. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.02.017
29. **Rigo M.** Patient evaluation in idiopathic scoliosis: Radiographic assessment, trunk deformity and back asymmetry. *Physiother Theory Pract.* 2011;27:7–25. DOI: 10.3109/09593985.2010.503990
30. **Kim HJ, Yang JH, Chang DG, Suk SI, Suh SW, Nam Y, Kim SI, Song KS.** Long term influence of paraspinal muscle quantity in adolescent idiopathic scoliosis following deformity correction by posterior approach. *J Clin Med.* 2021;10:4790. DOI: 10.3390/jcm10204790
31. **Watanabe K, Ohashi M, Hirano T, Katsumi K, Shoji H, Mizouchi T, Endo N, Hasegawa K.** The influence of lumbar muscle volume on curve progression after skeletal maturity in patients with adolescent idiopathic scoliosis: a long-term follow-up study. *Spine Deform.* 2018;6:691–698.e1. DOI: 10.1016/j.jspsd.2018.04.003
32. **Hebert JJ, Kopenhagen SL, Parent EC, Fritz JM.** A systematic review of the reliability of rehabilitative ultrasound imaging for the quantitative assessment of the abdominal and lumbar trunk muscles. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2009;34:E848–E856. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181ae625c

**Адрес для переписки:**

Распопов Михаил Сергеевич  
НМИЦ травматологии и ортопедии  
им. Н.Н. Приорова,  
127299, Россия, Москва, ул. Приорова, 10,  
mihail.raspopov74@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.06.2025

Рецензирование пройдено 19.08.2025

Подписано в печать 27.08.2025

**Address correspondence to:**

Raspopov Mikhail Sergeevich  
National Medical Research Center  
of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov,  
10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia,  
mihail.raspopov74@mail.ru

Received 10.06.2025

Review completed 19.08.2025

Passed for printing 27.08.2025

Михаил Сергеевич Распопов, врач-травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 1843-2864, ORCID: 0009-0005-9517-7347, mihail.raspopov74@mail.ru; Сергей Васильевич Колесов, д-р мед. наук, врач-травматолог-ортопед, заведующий отделением патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 1989-6994, ORCID: 0000-0001-9657-8584, dr-kolesov@yandex.ru;

Владимир Викторович Швеиц, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0000-0001-8884-2410, vsbvetsv@yandex.ru;

Николай Александрович Еськин, д-р мед. наук, врач-травматолог-ортопед, заведующий отделением функциональной диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 1215-9279, ORCID: 0000-0003-4738-7348, cito-uchsovet@mail.ru;

Владимир Сергеевич Переверзев, канд. мед. наук, врач отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 8164-1389, ORCID: 0000-0002-6895-8288, vcpereverz@gmail.com;

Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 4944-4173, ORCID: 0000-0003-2330-0172, KazminAI@cito-priorov.ru;

Екатерина Дмитриевна Богдасhevская, врач ультразвуковой диагностики, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, ORCID: 0009-0005-8217-0808, bogdashevskaya83@mail.ru;

Наталья Сергеевна Морозова, канд. мед. наук, врач отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 4593-3231, ORCID: 0000-0003-4504-6902, morozcito@gmail.com;

Самир Бекюшиши оглы Багиров, врач-травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 9620-7038, ORCID: 0000-0003-1038-1815, bagirov.samir22@gmail.com;

Иван Евгеньевич Домрачев, врач-травматолог-ортопед, аспирант, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10, eLibrary SPIN: 1367-3096, ORCID: 0009-0005-9014-3068, VaniaD97@yandex.ru.

Mikhail Sergeevich Raspopov, MD, orthopedic surgeon, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 1843-2864, ORCID: 0009-0005-9517-7347, mihail.raspopov74@mail.ru;

Sergey Vasilyevich Kolesov, DMSc, Prof., traumatologist-orthopedist, head of the Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 1989-6994, ORCID: 0000-0001-9657-8584, dr-kolesov@yandex.ru;

Vladimir Viktorovich Shvets, DMSc, orthopedic surgeon, leading researcher at the Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0000-0001-8884-2410, vsbvetsv@yandex.ru;

Nikolay Aleksandrovich Eskin, DMSc, traumatologist-orthopedist, head of the Functional Diagnostics Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 1215-9279, ORCID: 0000-0003-4738-7348, cito-uchsovet@mail.ru;

Vladimir Sergeevich Pereverzev, MD, PhD, orthopedic surgeon, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 8164-1389, ORCID: 0000-0002-6895-8288, vcpereverz@gmail.com;

Arkadii Ivanovich Kazmin, MD, PhD, orthopedic surgeon, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 4944-4173, ORCID: 0000-0003-2330-0172, KazminAI@cito-priorov.ru;

Ekaterina Dmitryevna Bogdashevskaya, MD, ultrasound specialist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, ORCID: 0009-0005-8217-0808, bogdashevskaya83@mail.ru;

*Nataliia Sergeevna Morozova, MD, PhD, orthopedic surgeon, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 4593-3231, ORCID: 0000-0003-4504-6902, morozcito@gmail.com;*  
*Samir Beyukisbi oglu Bagirov, MD, orthopedic surgeon, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 9620-7038, ORCID: 0000-0003-1038-1815, bagirov.samir22@gmail.com;*  
*Ivan Evgenyevich Domrachev, MD, orthopedic surgeon, postgraduate student, Spine Pathology Department, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia, eLibrary SPIN: 1367-3096, ORCID: 0009-0005-9014-3068, VaniaD97@yandex.ru.*



# ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ВЗРЫВНЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНКОВ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ПЕРЕХОДА

А.А. Гринь, А.Э. Талыпов, А.Ю. Кордонский, В.А. Каранадзе, И.С. Львов, Р.И. Абдрафиев

Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия

**Цель исследования.** Анализ отдаленных рентгенологических и клинических результатов лечения неосложненных взрывных переломов груднопоясничного перехода и определение оптимального метода хирургического лечения.

**Материал и методы.** Проведено одноцентровое ретроспективное когортное исследование. Критерии включения: перелом позвонков типа А3 или А4 по AOSpine на уровне Th<sub>11</sub>–L<sub>2</sub>; отсутствие травмы спинного мозга и его корешков; доступность пациента для контрольного осмотра через 12 мес. и более после операции. Методы хирургического лечения разделены на 6 групп в зависимости от доступа (задний, передний или комбинированный) и факта выполнения декомпрессии. Проанализированы стандартные рентгенологические показатели на момент поступления, сразу после операции и при финальном осмотре. Для оценки клинических результатов применяли инструменты ВАШ и Освестри.

**Результаты.** В исследование включены 57 пациентов (женщин – 50,9 %; мужчин – 49,1 %; средний возраст – 41,1 ± 14,6 года). Медиана срока наблюдения – 57,6 мес. [28,9–110,4]. Исследуемые группы однородны по полу, возрасту и большинству рентгенологических показателей. Динамика рентгенологических показателей между группами значимо не отличалась. Исключением был стеноз позвоночного канала (СтПК), который при поступлении в группах без декомпрессии был значимо ниже ( $p = 0,008$ ). Среди пациентов после стабилизирующих вмешательств выделена отдельная подгруппа со СтПК при поступлении более 30 % ( $n = 10$ , Ме 34,8 % [32,6–48,8]). Общая динамика СтПК у этих пациентов была наибольшей и составила –28,9 % [–31,3; –13,6]. Общая частота осложнений степени Ia по Ibañez – 26,3 %. Типы Ib и IIIa выявлены у 4 (7,0 %) пациентов, преимущественно из групп с декомпрессией ( $p = 0,025$ ). Сращение выявлено у большинства ( $n = 50$ ; 87,7 %) пациентов, в том числе стабильный псевдоартроз – 4 (7,0 %) наблюдения, нестабильный псевдоартроз – 3 (5,3 %). Значимых различий между группами в рентгенологических исходах не выявлено ( $\chi^2$ -тест,  $p = 0,535$ ), однако декомпрессия была значимым фактором развития псевдоартроза ( $p = 0,039$ ). Псевдоартроз развивался значимо чаще при двусторонней резекции фасеточных суставов ( $p = 0,010$ ). При оценке клинических результатов выраженность болевого синдрома в зоне операции значимо не отличалась в исследуемых группах (тест Краскела – Уоллиса;  $p = 0,944$ ). Наименьшие значения по шкале Освестри отмечены в группе транспедикулярной фиксации без декомпрессии.

**Заключение.** Короткая транспедикулярная фиксация без ламинэктомии может быть эффективным методом лечения пациентов с неосложненными взрывными переломами позвонков груднопоясничного перехода с кифотической деформацией до 21,5°, снижением высоты тела позвонка по переднему контуру до 53,2 % и индексом тела позвонка более 0,53. При стенозе позвоночного канала до 49 % в случае жесткой внутренней иммобилизации сегмента возможен спонтанный лизис костных отломков с частичным или полным восстановлением просвета позвоночного канала без декомпрессивного вмешательства. Дальнейшие проспективные исследования с высоким уровнем доказательности должны быть проведены в будущем для определения оптимального метода хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами груднопоясничного перехода.

**Ключевые слова:** неосложненный перелом позвоночника; взрывной перелом позвоночника; перелом грудного отдела; перелом поясничного отдела; транспедикулярная фиксация.

Для цитирования: Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Каранадзе В.А., Львов И.С., Абдрафиев Р.И. Отдаленные результаты хирургического лечения пациентов с неосложненными взрывными переломами позвонков груднопоясничного перехода // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 47–56. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.47-56>

## LONG-TERM RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH NEUROLOGICALLY INTACT BURST FRACTURES OF THE THORACOLUMBAR JUNCTION

A.A. Grin, A.E. Talyпов, A.Yu. Kordonskiy, V.A. Karanadze, I.S. Lvov, R.I. Abdrafiev

N.V. Sklifosovsky Scientific Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia

**Objective.** To analyze long-term radiological and clinical outcomes of treatment of neurologically intact burst fractures of the thoracolumbar junction and to determine the optimal method of surgical treatment.

**Material and Methods.** A single-center retrospective cohort study was conducted. Inclusion criteria were: AOSpine type A3 or A4 fracture at the T11–L2 level; absence of spinal cord and its nerve root injury; patient availability for a follow-up examination 12 months or later

after surgery. Surgical treatment methods were divided into six groups depending on surgical approach (posterior, anterior, or combined) and whether decompression was performed. Standard radiological parameters were evaluated at admission, immediately after surgery, and at the final examination. Clinical outcomes were assessed using the Visual Analogue Scale (VAS) and the Oswestry Disability Index (ODI).

**Results.** A total of 57 patients (50.9% female, 49.1% male; mean age  $41.1 \pm 14.6$  years) were included in the study. The median follow-up period was 57.6 months [28.9–110.4]. The study groups were homogeneous in terms of sex, age, and most radiological parameters. The dynamics of radiological parameters did not differ significantly between the groups, with the exception of spinal canal stenosis (SS), which was significantly lower ( $p = 0.008$ ) in the groups without decompression upon admission. Among patients who underwent stabilization procedures, a separate subgroup of patients with stenosis of more than 30% ( $n = 10$ , Me 34.8% [32.6–48.8]) on admission was identified. This subgroup showed the greatest reduction in stenosis over time, with a median decrease of  $-28.9\%$  [ $-31.3$ ;  $-13.6$ ]. The overall incidence of Grade Ia complications according to Landriel-Ibañez classification was 26.3%. Grades IIb and IIIa were detected in four patients (7.0%), predominantly from groups with decompression ( $p = 0.025$ ). Bony fusion was detected in the majority of patients ( $n = 50$ , 87.7%), including stable pseudarthrosis in four patients (7.0%) and unstable pseudarthrosis in three cases (5.3%). There were no significant differences in radiological outcomes between the groups ( $\chi^2$  test,  $p = 0.535$ ), however, decompression was found to be a significant risk factor for pseudarthrosis ( $p = 0.039$ ). Pseudarthrosis developed significantly more often in cases involving bilateral facet joint resection ( $p = 0.010$ ). When assessing the clinical results, the pain severity at the surgical site did not differ significantly between the groups ( $p = 0.944$ ). The lowest ODI scores were observed in the group of transpedicular fixation without decompression.

**Conclusion.** Short-segment posterior pedicle screw fixation without laminectomy could be an effective treatment option for patients with neurologically intact burst fractures of the thoracolumbar junction with kyphotic deformity up to  $21.5^\circ$ , a decrease in the vertebral body anterior height down to 53.2%, and a vertebral body index over 0.53. In cases of spinal canal stenosis up to 49%, spontaneous bone fragment lysis with partial or complete canal remodeling can occur without decompressive surgery, provided rigid internal immobilization of the segment is achieved. Further prospective studies with a high level of evidence are necessary to determine the optimal surgical approach for treating neurologically intact thoracolumbar junction fractures.

**Keywords:** neurologically intact spinal fracture; burst fracture of the spine; thoracic fracture; lumbar fracture; pedicle screw fixation.

Please cite this paper as: Grin AA, Talyrov AE, Kordonskiy AY, Karanadze VA, Lvov IS, Abdrafiev RI. Long-term results of surgical treatment of patients with neurologically intact burst fractures of the thoracolumbar junction. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):47–56. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.47-56>

Проблема хирургического лечения неосложненных переломов позвонков грудного отдела позвоночника (ГПП) до сих пор не утратила актуальности. Несмотря на колоссальное число исследований, вопрос выбора оптимального метода лечения остается открытым. Наиболее актуальный в Российской Федерации протокол лечения неосложненных переломов позвоночника обновлен ассоциацией травматологов-ортопедов в 2023 г. [1]. В нем обозначено, что ряд переломов нуждается в артротомии и/или корпоротомии, а часть – нет. Критерии, по которым необходимо сделать выбор метода хирургического лечения, в рекомендациях нечеткие, даже опытный хирург не всегда может определить тактику лечения. Протокол лечения неосложненной травмы позвоночника ассоциации нейрохирургов России [2], напротив, предоставляет довольно четкие рекомендации в отношении каждого типа перелома по AOSpine с перечис-

лением конкретных методов, однако он издан в 2013 г. и в настоящее время, несмотря на выпущенные обновления, является устаревшим. В рекомендациях Американского общества нейрохирургов (CNS) также отсутствуют четкие данные о выборе конкретного метода хирургического лечения [3]. Наиболее актуальный консенсус Всемирной федерации нейрохирургических обществ (WFNS) склоняется в пользу стандартной транспедикулярной фиксации (ТПФ) [4], однако при этом остается открытым вопрос о необходимости декомпрессии в случаях неосложненных переломов.

Систематизированные исследования неосложненных переломов позвоночника свидетельствуют о тенденции отказа от декомпрессивных вмешательств даже при значительных степенях стеноза позвоночного канала (СтПК) и уходе от передних вмешательств в пользу ТПФ [5, 6]. В то же время в отече-

ственной литературе крайне мало работ, детально исследующих отдаленные результаты лечения неосложненных переломов ГПП. Об этом свидетельствует полное отсутствие российских исследований в последнем метаанализе, посвященном ближайшим и отдаленным результатам применения ТПФ при неосложненной травме [6].

Цель исследования – анализ отдаленных рентгенологических и клинических результатов лечения неосложненных взрывных переломов ГПП и определение оптимального метода хирургического лечения.

## Материал и методы

Данная работа является одноцентровым ретроспективным когортным исследованием и проведена в соответствии с Хельсинкской декларацией, принятой Всемирной медицинской ассоциацией. Согласие на участие

в исследовании получено у всех пациентов.

Материалом исследования послужили истории болезни и рентгенологические данные пациентов, оперированных в 2009–2022 гг. Критерии включения в исследование: 1) перелом типа А3 или А4 по AOSpine [7] на уровне Th<sub>11</sub>–L<sub>2</sub> позвонков; 2) отсутствие травмы спинного мозга и его корешков; 3) доступность пациента для контрольного осмотра после операции через 12 мес. и более. Всех пациентов, соответствующих данным критериям, вызывали в стационар для клинического осмотра и выполнения КТ зоны операции.

#### Методы хирургического лечения

В зависимости от доступа и факта выполнения декомпрессии позвоночного канала все вмешательства разделили на 6 групп:

- 1) ТПФ без декомпрессии;
- 2) ТПФ с ламинэктомией, резекцией одного или двух фасеточных суставов и передней декомпрессией из заднего доступа (декТПФ);
- 3) передний спондилодез без декомпрессии;
- 4) передний спондилодез с удалением костных отломков из позвоночного канала;
- 5) комбинированный спондилодез без декомпрессии;
- 6) комбинированный спондилодез с декТПФ.

#### Оценка отдаленных результатов лечения

При изучении рентгенологических результатов измеряли бисегментарный угол Cobb (CobbA), а также высоту переднего и заднего краев тела позвонка и площадь позвоночного канала на уровне перелома и в смежных с ним сегментах.

После измерений рассчитывали следующие показатели:

$$1) AVBH = \left( \frac{A_0}{(A_1 + A_2)/2} \right) \times 100 \%,$$

где AVBH – относительная высота тела позвонка по переднему контуру; A<sub>0</sub> – высота переднего края тела сломанного позвонка (мм); A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub> – высота переднего края тела выше- и нижележащих позвонков (мм);

$$2) VBI = \frac{A_0}{P_0},$$

где VBI – индекс тела позвонка, A<sub>0</sub> – высота тела позвонка по переднему контуру (мм), P<sub>0</sub> – высота тела позвонка по заднему контуру (мм);

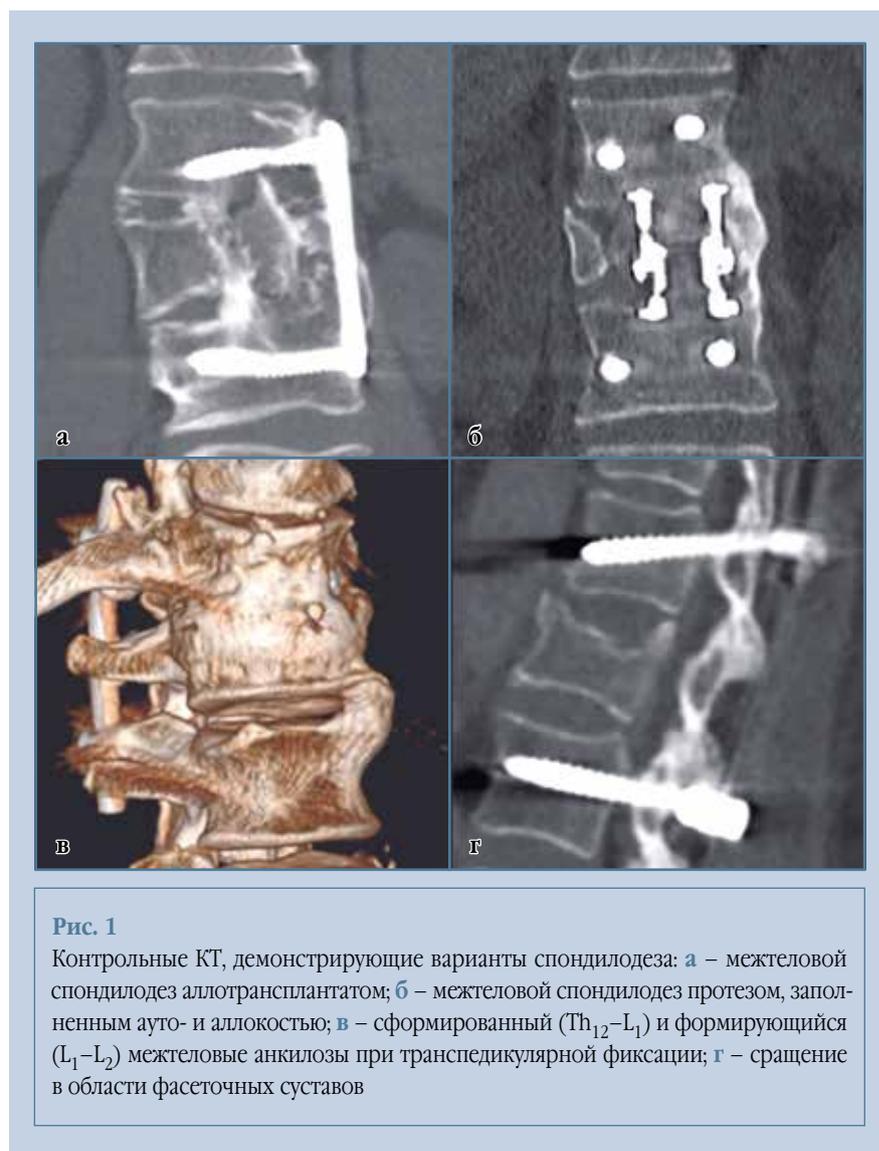
$$3) \text{СтПК} = \left( 1 - \frac{S_{\text{ПК0}}}{(S_{\text{ПК1}} + S_{\text{ПК2}})/2} \right) \times 100 \%,$$

где СтПК – степень стеноза позвоночного канала (%); S<sub>ПК0</sub> – площадь позвоночного канала на уровне перелома (см<sup>2</sup>); S<sub>ПК1</sub> и S<sub>ПК2</sub> – площадь позвоночного канала на выше- и нижележащих уровнях (см<sup>2</sup>).

Всем пациентам рассчитывали ΔCobbA<sub>п/о</sub> и ΔCobbA<sub>фин</sub>, которые соответствовали значениям интраоперационной коррекции CobbA

и его нарастания с момента операции до финального осмотра соответственно. ΔAVBH рассчитывали только для ТПФ и декТПФ, поскольку при прочих методах выполняли дискэктомию или корпэктомию, что могло повлиять на данный показатель. ΔСтПК был рассчитан как общая динамика с момента травмы до финального осмотра, поскольку части пациентов сразу после операции выполняли контрольную рентгенографию, что не позволяло рассчитать промежуточное значение площади позвоночного канала.

Рентгенологические результаты классифицировали на три группы [8, 9]:



**Рис. 1**

Контрольные КТ, демонстрирующие варианты спондилодеза: а – межтеловой спондилодез аллотрансплантатом; б – межтеловой спондилодез протезом, заполненным ауто- и аллокостью; в – сформированный (Th<sub>12</sub>–L<sub>1</sub>) и формирующийся (L<sub>1</sub>–L<sub>2</sub>) межтеловые анкилозы при транспедикулярной фиксации; г – сращение в области фасеточных суставов

1) сращение – присутствие множественных костных мостиков между трансплантатом и позвонками либо анкилозирование фиксированного сегмента в области тел позвонков или фасеточных суставов (рис. 1);

2) стабильный псевдоартроз – отсутствие сращения в оперированных сегментах без прогрессирования кифотической деформации, степени компрессии позвонка и клинических проявлений нестабильности; возможен остеолит вокруг винтов фиксирующей системы;

3) псевдоартроз с клиническими и рентгенологическими признаками нестабильности (отсутствие костного блока с нестабильностью в сегменте), с прогрессированием кифотической деформации и степени компрессии тела позвонка на фоне несостоятельности конструкции.

Осложнения, возникшие в отдаленном периоде травмы, оценивали в соответствии со шкалой Paine et al. [10]. Для оценки болевого синдрома на спине на момент контрольного осмотра применяли ВАШ. Качество жизни изучали при помощи опросника Освестри.

#### Статистический анализ

Все рентгенологические показатели рассчитаны в программе Radiant DICOM Viewer, версия 2024.1. Статистическая обработка данных выполнена в программе PC STATISTICA (версия 10).

Нормальность распределения данных проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Данные с ненормальным распределением отражали в виде медианных значений, межквартильный размах – в квадратных скобках. Для сравнения непрерывных данных между группами использовали критерий Манна – Уитни (M–U-тест) или Краскела – Уоллиса (K–U-тест). Для категориальных и дихотомических переменных различия между группами оценивали с использованием критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ -тест) или двустороннего точного теста Фишера (F-тест). Статистические гипотезы проверяли при уровне значимости  $p = 0,05$ .

#### Результаты

##### Общая характеристика пациентов

Всего в исследование включены 57 пациентов, из них 29 (50,9 %) женщин и 28 (49,1 %) мужчин. Сред-

ний возраст на момент операции –  $41,1 \pm 14,6$  года. Распределение пациентов в исследуемых группах было следующим: декТПФ – 15 человек; ТПФ – 11; передний спондилодез с декомпрессией или без декомпрессии – 9 и 11 соответственно; комбинированный спондилодез с декомпрессией или без декомпрессии – 5 и 6 соответственно. Значимых различий по возрасту и полу в этих группах не выявлено (K–U-тест;  $p = 0,676$  и  $\chi^2$ -тест;  $p = 0,876$  соответственно).

Необходимо отметить, что до 2016 г. включительно в хирургии взрывных переломов ГПП чаще применяли передние и комбинированные вмешательства с декомпрессией. С 2017 г. преимущественно использовали ТПФ, а также передние и комбинированные вмешательства без декомпрессии ( $\chi^2$ -тест;  $p = 0,002$ ), при этом декТПФ стали выполнять в 2 раза реже.

Медиана срока наблюдения за пациентами составила 57,6 мес. [28,9–110,4].

##### Анализ рентгенологических показателей

Основные рентгенологические показатели и их динамика представле-

Таблица 1

Рентгенологические показатели (медиана и межквартильный размах) пациентов исследуемых групп после декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств

Показатели	Вид вмешательства после декомпрессии (ДК+)			p
	транспедикулярная фиксация	передний спондилодез	комбинированный спондилодез	
CobbA при поступлении, град.	11,1 [6,6–7,9]	6,5 [4,6–12,8]	8,8 [5,0–20,3]	0,518
$\Delta$ CobbA <sub>п/о</sub>	–6,4 [–21,3–1,4]	–3,0 [–9,5; –1,1]	–6,8 [–8,6; –3,6]	0,894
$\Delta$ CobbA <sub>фин</sub>	+8,4 [3,7–17,2]	+4,1 [1,1–5,7]	+14,9 [11,2–17,3]	0,128
AVBH при поступлении, %	66,8 [58,8–75,7]	69,8 [60,8–84,5]	69,0 [63,0–85,6]	0,699
$\Delta$ AVBH <sub>п/о</sub>	+17,0 [2,6–21,2]	–	–	–
$\Delta$ AVBH <sub>фин</sub>	–22,1 [–29,1; –5,5]	–	–	–
VBI при поступлении	0,76 [0,57–0,78]	0,78 [0,69–0,91]	0,79 [0,69–0,96]	0,575
СтПК при поступлении, %	36,7 [28,6–53,3]	32,2 [22,6–42,0]	41,5 [33,3–43,1]	0,597

Таблица 2

Рентгенологические показатели (медиана и межквартильный размах) пациентов исследуемых групп после стабилизирующих вмешательств

Показатели	Вид вмешательства без декомпрессии (ДК–)			p
	транспедикулярная фиксация	передний спондилодез	комбинированный спондилодез	
CobbA при поступлении, град.	16,0 [10,3–21,5]	14,3 [12,0–18,2]	12,4 [11,8–14,0]	0,738
$\Delta$ CobbA <sub>п/о</sub>	–8,0 [–13,3; –3,6]	–1,0 [–8,5–1,7]	–0,9 [–4,8; –0,7]	0,180
$\Delta$ CobbA <sub>фин</sub>	+1,0 [–0,15–4,0]	+7,0 [6,3–12,6]	+4,1 [1,4–5,3]	0,015
AVBH при поступлении, %	64,3 [53,2–77,4]	66,7 [58,2–70,8]	73,2 [61,9–74,0]	0,881
$\Delta$ AVBH <sub>п/о</sub>	–0,8 [–8,2–12,4]	–	–	–
$\Delta$ AVBH <sub>фин</sub>	+1,4 [–9,3–7,2]	–	–	–
VBI при поступлении	0,66 [0,53–0,75]	0,67 [0,64–0,71]	0,72 [0,62–0,85]	0,692
СтПК при поступлении, %	22,2 [17,4–28,4]	18,7 [7,9–32,6]	33,7 [31,3–49,0]	0,086
$\Delta$ СтПК	–17,4 [–22,2; –10,1]	–13,6 [–28,9; –7,9]	–22,5 [–31,3; –21,0]	0,416

ны в табл. 1 и 2. Более высокое значение CobbA при поступлении в группе ТПФ оказалось статистически незначимым (К–У-тест;  $p = 0,248$ ). AVBH и VBI в исследуемых группах не отличались, единственным значимым фактором выбора метода вмешательства (с декомпрессией или без нее) был стеноз позвоночного канала (М–У-тест;  $p = 0,008$ ). Так, медиана СтПК при задней декомпрессии с резекцией одного или двух фасеточных суставов составила 37,0 % [28,6–53,3 %], в то время как у всех пациентов без декомпрессии – 24,4 % [13,5–33,9 %]. Необходимо отметить, что СтПК в группах с резекцией одного или обоих фасеточных суставов значимо не отличался (М–У-тест;  $p = 0,914$ ). Во всех наблюдениях без декомпрессии степень СтПК после операции снизилась в среднем с 13,6 до 22,5 % (рис. 2) в зависимости от метода вмешательства (К–У-тест;  $p = 0,551$ ).

Среди пациентов после стабилизирующих вмешательств без декомпрессии следует отдельно выделить подгруппу пациентов с СтПК при поступлении более 30 % ( $n = 10$ ). Медиана

данного показателя в этой подгруппе была 34,8 % [32,6–48,8 %]. Общая динамика СтПК у этих пациентов была наибольшей и составила –28,9 % [–31,3; –13,6 %].

Интраоперационная коррекция CobbA была наименьшей в группах передних и комбинированных доступов без декомпрессии, тем не менее статистической значимости это не имело (К–У-тест;  $p = 0,519$ ). Нарастание CobbA к моменту финального осмотра было наименьшим в группе ТПФ и в качестве медианы составило 1,0°, в то время как для остальных оно было значимо больше (К–У-тест;  $p = 0,011$ ), медиана колебалась в пределах от 4,1 до 14,9° в зависимости от метода.

Общая динамика AVBH с момента поступления и до финального осмотра для ТПФ и декТПФ значимо не отличалась (М–У-тест; 0,776). Медианы  $\Delta$ AVBH составили –2,1 и –3,3 % соответственно.

#### Анализ осложнений

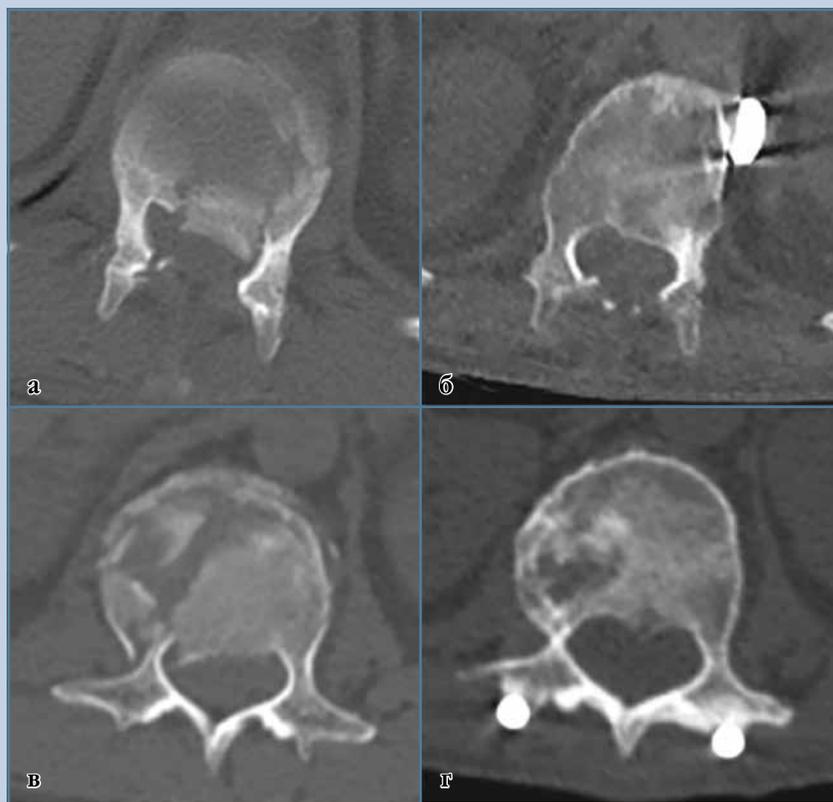
Общая частота имплант-ассоциированных осложнений (табл. 3), которые не привели к повторному хирургическому вмешательству (Ia по Ibañez), соста-

вила 26,3 %. В большинстве случаев (11 человек; 19,3 %), несмотря на это, сформировался костный блок, а все осложнения были случайными находками на контрольных снимках. При этом лишь у 5,3 % пациентов результат лечения был трактован как стабильный псевдоартроз.

Осложнения типов IIb и IIIa были выявлены у 4 (7,0 %) пациентов, преимущественно из групп с декомпрессией позвоночного канала (F-тест;  $p = 0,025$ ). Результаты лечения части этих пациентов были расценены как псевдоартроз с прогрессированием кифотической деформации, дислокации позвонков и ухудшением клинической картины, что потребовало реопераций в отдаленном периоде.

#### Отдаленные результаты лечения

При оценке данных КТ в большинстве наблюдений (50 человек; 87,7 %) было верифицировано сращение в оперированных сегментах (табл. 4). Частота нестабильного псевдоартроза на контрольном осмотре составила 5,3 % (3 пациента). В целом при сравнении методов хирургического лечения значимых различий в рент-

**Рис. 2**

Данные КТ, демонстрирующие лизис костных отломков после переднего спондилодеза без декомпрессии позвоночного канала (**а, б**) и транспедикулярной фиксации (**в, г**): **а** – перелом Th<sub>12</sub>, тип А3; **б** – контрольные снимки через 10 лет после вмешательства, ΔСтПК = 34 %, в области левого края тела позвонка визуализируется фрагмент металлической пластины; **в** – перелом L<sub>1</sub>, тип А3; **г** – данные КТ через 1,5 года после операции, ΔСтПК = 21 %

генологических исходах не было ( $\chi^2$ -тест;  $p = 0,535$ ), однако декомпрессия позвоночного канала была значимым фактором развития псевдоартроза ( $F$ -тест;  $p = 0,039$ ). При этом при декомпрессивной ламинэктомии во время комбинированного вмешательства или декТПФ псевдоартроз развивался значимо чаще при двусторонней резекции фасеточных суставов ( $\chi^2$ -тест;  $p = 0,010$ ). Так, сохранность фасеточных суставов хотя бы с одной стороны привела к сращению в оперированных сегментах у четырех пациентов после декТПФ. В шести наблюдениях из девяти при ТПФ сращение было достигнуто за счет анкилозирования суставов. Также у одного

пациента после комбинированного вмешательства, несмотря на отсутствие консолидации в области установленных трансплантатов, анкилоз в области фасеточных суставов позволил трактовать результат как сращение.

При оценке клинических результатов выраженность болевого синдрома в зоне операции значимо не отличалась в исследуемых группах ( $K$ -У-тест;  $p = 0,944$ ). Наименьшие значения по шкале Освестри наблюдались в группе ТПФ без декомпрессии. По сравнению с передним спондилодезом с декомпрессией эта разница была значимой ( $M$ -У-тест;  $p = 0,031$ ), прослеживалась тенден-

ция к большему значению по сравнению с декТПФ ( $M$ -У-тест;  $p = 0,08$ ). По сравнению с прочими методами фиксации это преимущество было недостоверным ( $K$ -У-тест;  $p = 0,707$ ).

#### *Сравнение короткой и протяженной ТПФ без декомпрессии*

В зависимости от протяженности системы фиксации мы поделили группу ТПФ без декомпрессии на 2 подгруппы: короткая ТПФ (4-винтовая система с фиксацией двух смежных со сломанным позвонков) и длинная ТПФ (фиксация трех и более позвоночно-двигательных сегментов). Рентгенологические показатели переломов при поступлении у этих групп (С CobbA, AVBH, VBI и СтПК) значимо не отличались ( $M$ -У-тест;  $p = 0,556, 0,413, 0,412$  и  $0,903$  соответственно).  $\Delta\text{CobbA}_{\text{п/о}}$ ,  $\Delta\text{CobbA}_{\text{фин}}$ ,  $\Delta\text{AVBH}_{\text{п/о}}$ ,  $\Delta\text{AVBH}_{\text{фин}}$ , а также  $\Delta\text{СтПК}$  также значимо не отличались в этих двух подгруппах ( $M$ -У-тест;  $p = 0,136, 0,868, 0,371, 0,175$  и  $0,903$  соответственно). Частота развития имплант-ассоциированных осложнений, не требующих ревизионного вмешательства (Ia по Ibañez), была одинаковой для обеих подгрупп ( $\chi^2$ -тест;  $p = 0,658$ ). Клинические результаты по ВАШ и Освестри также не имели существенных различий ( $M$ -У-тест;  $p = 0,905$  и  $0,769$  соответственно).

## Обсуждение

Выбор метода хирургического лечения неосложненных переломов ГПП до сих пор остается актуальным. Большое число исследований, а также регулярные публикации метаанализов и систематизированных обзоров свидетельствуют об отсутствии единой точки зрения на такие аспекты, как выбор оптимального доступа и необходимость декомпрессии позвоночного канала при значительных степенях СтПК [6]. Представленная в статье выборка пациентов условно разделена на 2 временные группы: до 2016 г. включительно пациенты были пролечены в строгом соответствии с рекомендательным протоколом ассоциации нейрохирургов Рос-

Таблица 3

Имплант-ассоциированные осложнения, выявленные в отдаленном периоде травмы, n

Осложнения	Транспедикулярная фиксация		Передний спондилодез		Комбинированный спондилодез		Всего
	ДК+	ДК–	ДК+	ДК–	ДК+	ДК–	
<i>Ia по Ibañez</i>							
Нарастание кифоза + остеолит	1	–	–	–	–	–	1
Нарастание кифоза + поломка винтов	–	–	–	–	1	–	1
Нарастание кифоза + пролом концевой пластинки протезом	–	–	–	–	1	–	1
Нарастание кифоза + миграция имплантата	–	–	–	1	–	–	1
Пролом концевой пластинки протезом	–	–	1	2	–	–	3
Пролом концевой пластинки протезом + миграция винта	–	–	1	–	–	–	1
Перивинтовой остеолит	2	1	–	1	–	–	4
Поломка винтов	–	1	–	–	–	–	1
Лизис аллокости	–	–	–	–	–	1	1
Миграция имплантатов	–	–	1	–	–	–	1
Всего	3	2	3	4	2	1	15
<i>IIb и IIIa по Ibañez</i>							
Нагноение имплантатов	1	–	–	–	1	–	2
Поломка винтов + нарастание кифоза	1	–	–	–	–	–	1
Миграция имплантатов + нарастание кифоза	1	–	–	–	–	–	1
Всего	3	–	–	–	1	–	4

ДК+ – передняя и/или задняя декомпрессия; ДК– – без декомпрессии.

Таблица 4

Отдаленные результаты лечения пациентов исследуемых групп

Показатели	Транспедикулярная фиксация		Передний спондилодез		Комбинированный спондилодез		Итого (n = 57)
	ДК+ (n = 15)	ДК– (n = 11)	ДК+ (n = 9)	ДК– (n = 11)	ДК+ (n = 5)	ДК– (n = 6)	
<i>Рентгенологические результаты, n (%)</i>							
Сращение	12 (80)	11 (100)	8 (88,9)	10 (90,9)	3 (60,0)	6 (100)	50 (87,7)
– в области трансплантатов	–	–	6	9	2	5	22
– межтеловой анкилоз	8	3	2	1	1	–	15
– только в области суставов	4	6	–	–	–	1	11
– только перелома с удалением конструкции	–	2	–	–	–	–	2
Стабильный псевдоартроз	2 (13,3)	–	–	1 (9,1)	1 (20)	–	4 (7,0)
Псевдоартроз с признаками нестабильности	1 (6,7)	–	1 (11,1)	–	1 (20)	–	3 (5,3)
<i>Клинические результаты, Ме [Q1–Q3]</i>							
ВАШ	3 [1–3]	3 [1–4]	2 [1–3]	2 [1–3]	2 [1–4]	2 [1–2]	–
Освестри	6 [4–11]	3 [1–5]	11 [6–13]	5 [2–15]	4,5 [2–8]	5 [4–8]	–

ДК+ – передняя и/или задняя декомпрессия; ДК– – без декомпрессии.

сийской Федерации, в связи с чем предпочтение при взрывных переломах отдавали методам переднего

или комбинированного спондилодеза [2, 11]. Декомпрессию позвоночного канала, как правило, выполняли паци-

ентам со СтПК более 20 %. С 2017 г. в клинике начали более широко применять методы перкутанной ТПФ,

при этом число декомпрессивных вмешательств существенно снизилось. Это позволило сформировать группы сравнения для шести основных существующих в настоящее время вариантов хирургического лечения переломов ГПП.

Необходимо отметить, что значимой разницы CobbA, AVBH и VBI при поступлении между исследуемыми группами пациентов не выявлено, единственным достоверным отличием являлся СтПК, который был выше при декомпрессивных вмешательствах. В то же время у 10 пациентов в группе без декомпрессии СтПК превышал 30 %, из них в трех наблюдениях он был выше 49 %. При этом ни одного случая нарастания неврологического дефицита не зафиксировано, на контрольных снимках выявлен лизис отломков восстановления просвета позвоночного канала до значений Me более 28 % (рис. 2). Эти данные в совокупности с результатами метаанализов [5] позволяют предположить, что при отсутствии неврологического дефицита и СтПК костными отломками менее 49 % передняя или задняя декомпрессия у некоторых пациентов может быть необязательной. Более того, иммобилизация при помощи стандартной ТПФ без переднего корпородеза может быть достаточной для существенного лизиса костных отломков в отдаленном периоде травмы.

Другим немаловажным аспектом нашего исследования является наглядная демонстрация необходимости сохранения задней опорной колонны при ортопедических вмешательствах у пациентов с неосложненными переломами ГПП. Мы не обнаружили в литературе исследований, прицельно определяющих роль спонтанного сращения в области фасеточных суставов в трактовании рентгенологических результатов при травме позвоночника. В то же время это сращение биомеханически может не уступать переднему костному блоку [12]. Так, в нашем исследовании осложнения, приведшие к ревизионным вмешательствам в отдаленном периоде, значимо чаще

развивались у пациентов после декомпрессивной ламинэктомии. Развитие различных вариантов псевдоартроза также коррелировало с двусторонней резекцией фасеточных суставов. С одной стороны, резекция фасеточных суставов существенно облегчала манипуляции и позволяла лучше корригировать кифоз. С другой стороны – у 11 (19,3 %) пациентов из 57 сращение в области фасеточных суставов сыграло решающую роль в результатах лечения. Их более частое анкилозирование отмечено в случаях ТПФ, поскольку большинство операций были выполнены открыто и во время скелетирования задних структур происходило повреждение суставной капсулы, что могло усилить прогрессирование дегенеративных изменений в фасеточном суставе. Одновременно с этим в группе декТПФ выявлено более частое межтеловое анкилозирование, что мы связываем с передней декомпрессией из заднего доступа. У одного пациента из группы комбинированных доступов отсутствовала консолидация в области трансплантатов, однако анкилоз в области фасеточных суставов также позволил избежать развития псевдоартроза. Все это свидетельствует о важности сохранения фасеточных суставов хотя бы с одной стороны при выполнении декомпрессивной ламинэктомии. В любом случае требуется дальнейшее изучение проблемы дегенеративных изменений фасеточных суставов после различных методов хирургического лечения ГПП для определения их роли в формировании костного блока в оперированном сегменте.

В отношении клинических результатов в отдаленном периоде травмы выраженность болевого синдрома значимо не отличалась между группами. Наилучший показатель качества жизни в позднем периоде травмы отмечен в группе ТПФ.

Таким образом, исследуемые группы лечения не имели значимых различий по демографическим и большинству рентгенологических показателей. Анализ отдаленных результатов лечения показал, что стандартный метод

ТПФ без ламинэктомии у пациентов даже при условии значительной компрессии позвоночного канала может продемонстрировать схожие с комбинированными и передними вмешательствами клинические и рентгенологические результаты. С учетом того, что мы не получили значимых отличий по всем параметрам между подгруппами длинной и короткой ТПФ, а также данных имеющихся систематизированных обзоров и метаанализов [5], использование протяженных систем фиксации может быть излишним у некоторых пациентов при неосложненных переломах ГПП.

#### *Ограничения исследования*

Основными ограничениями исследования являются ретроспективный характер работы и относительно маленькие выборки пациентов. Тем не менее их размеры достаточны для статистического анализа. Имеющиеся данные позволяют продемонстрировать основные тенденции в отношении исследуемых методов, а также еще раз обратить внимание хирургов на необходимость ограничения инвазивных и деструктивных вмешательств у ряда пациентов с неосложненными переломами ГПП.

Проспективное рандомизированное исследование с большими группами пациентов позволило бы сформировать четкие рекомендации с высоким уровнем доказательности.

#### **Выводы**

1. Короткая ТПФ без ламинэктомии может быть эффективным методом лечения пациентов с неосложненными взрывными переломами ГПП с кифотической деформацией до 21,5°, снижением высоты тела позвонка по переднему контуру до 53,2 % и VBI более 0,53.

2. При стенозе позвоночного канала до 49 % в случае обеспечения жесткой внутренней иммобилизации сегмента возможен спонтанный лизис костных отломков с частичным или полным восстановлением его просвета без декомпрессивного вмешательства.

3. Сохранение фасеточных суставов может играть важную роль в формировании костного блока в оперированном сегменте, в том числе при передних и комбинированных вмешательствах.

4. Двусторонняя резекция фасеточных суставов позволяет лучше скорригировать кифотическую деформацию и выполнить декомпрессию, однако

она ассоциируется с более высокой частотой развития осложнений и псевдоартроза в оперированном сегменте.

5. Дальнейшие проспективные исследования с высоким уровнем доказательности должны быть проведены в будущем для определения оптимального метода хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами ГПП.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## Литература/References

1. Перелом (вывих) грудного и поясничного отделов позвоночника. Клинические рекомендации. Утверждены Минздравом РФ. Москва, 2023. Режим доступа: <https://rass.pro/wp-content/uploads/2024/03/perelom-vyivih-grudnogo-i-poyasnichno-krestcovogo-otdela-pozvonochnika.pdf> Дата обращения: 07.05.2025. [Fracture (dislocation) of the thoracic and lumbar spine. Clinical guidelines. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow, 2023. Access mode: <https://rass.pro/wp-content/uploads/2024/03/perelom-vyivih-grudnogo-i-poyasnichno-krestcovogo-otdela-pozvonochnika.pdf> Date of access: 07.05.2025].
2. Перелом (вывих) грудного и пояснично-крестцового отдела позвоночника. Клинические рекомендации. Разработчики: ассоциация нейрохирургов России, ассоциация травматологов и ортопедов России, ассоциация хирургов-вертебрологов, союз реабилитологов России, 2024. Режим доступа: [file:///C:/Users/spine/Downloads/KP448\\_4.pdf](file:///C:/Users/spine/Downloads/KP448_4.pdf) Дата обращения: 07.05.2025. [Fracture (dislocation) of the thoracic and lumbosacral spine Clinical recommendations. Developers: the Association of Neurosurgeons of Russia, the Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia, the Association of surgeons-vertebrologists, the Union of Rehabilitologists of Russia, 2024. Access mode: [file:///C:/Users/spine/Downloads/KP448\\_4.pdf](file:///C:/Users/spine/Downloads/KP448_4.pdf) Date of access: 07.05.2025].
3. Anderson PA, Raksin PB, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, Eichholz KM, Harrop JS, Hoh DJ, Qureshi S, Rabb CH, Kaiser MG, O'Toole JE. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Evaluation and Treatment of Patients with Thoracolumbar Spine Trauma: Surgical Approaches. *Neurosurgery*. 2019;84:E56–E58. DOI: 10.1093/neuros/nyy363
4. Sharif S, Shaikh Y, Yaman O, Zileli M. Surgical Techniques for Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurosurgery*. 2021;18:667–680. DOI: 10.14245/ns.2142206.253
5. Diniz JM, Botelho RV. Is fusion necessary for thoracolumbar burst fracture treated with spinal fixation? A systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2017;27:584–592. DOI: 10.3171/2017.1.SPINE161014
6. Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Каранадзе В.А., Львов И.С., Смирнов В.А., Абдрафиев Р.И. Эффективность и безопасность короткой транспедикулярной фиксации при неосложненных взрывных переломах нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника: метаанализ исследований, опубликованных за последние 20 лет. *Хирургия позвоночника*. 2024;21(3):14–24. [Grin AA, Talypov AE, Kordonskiy AY, Karanadze VA, Lvov IS, Smirnov VA, Abdrafiev RI. Efficacy and safety of short segment pedicle screw fixation in patients with neurologically intact burst fractures of the lower thoracic and lumbar spine: a meta-analysis of studies published over the last 20 years. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(3):14–24. DOI: 10.14531/ss2024.3.14-24 EDN: RBBLQI
7. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, Reinhold M, Aarabi B, Kandziora F, Chapman J, Shanmuganathan R, Fehlings M, Vialle L. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38:2028–2037. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381
8. Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18:2106–2107. DOI: 10.1097/00007632-199310001-00030
9. Lee YP, Sclafani J, Garfin SR. Lumbar pseudarthrosis: diagnosis and treatment. *Semin Spine Surg*. 2011;23:275–281. DOI: 10.1053/j.semss.2011.05.009
10. Landriel Ibañez FA, Hem S, Ajler P, Vecchi E, Ciraolo C, Vaccanelli M, Tramontano R, Knezevich F, Carrizo A. A new classification of complications in neurosurgery. *World Neurosurg*. 2011;75:709–715; discussion 604–611. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.11.010
11. Гринь А.А., Ощепков С.К., Кайков А.К., Алейникова И.Б. Видеоэндоскопический способ лечения повреждений и заболеваний позвоночника. *Нейрохирургия*. 2013;(1):53–58. [Grin AA, Oshepkov SK, Kaykov AK, Aleynikova IB. Videoendoscopic technique for treatment of spinal trauma and spinal diseases. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2013;(1):53–58. EDN: SDNOXX
12. Toth JM, Foley KT, Wang M, Seim HB 3rd, Simon Turner A. Is lumbar facet fusion biomechanically equivalent to lumbar posterolateral onlay fusion? *J Neurosurg Spine*. 2017;26:586–593. DOI: 10.3171/2016.10.SPINE16649

### Адрес для переписки:

Абдрафиев Ринат Ирфанович  
129090, Россия, Москва, Большая Сухареvская пл., 3,  
Научно-исследовательский институт  
скорой помощи им. Н.В. Склифосовского,  
[rinat-abdrafiyev@mail.ru](mailto:rinat-abdrafiyev@mail.ru)

### Address correspondence to:

Abdrafiyev Rinat Irfanovich  
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,  
3 Bolshaya Sukharevskaya sq.,  
Moscow, 129090, Russia,  
[rinat-abdrafiyev@mail.ru](mailto:rinat-abdrafiyev@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 11.05.2025

Рецензирование пройдено 27.08.2025

Подписано в печать 01.09.2025

Received 11.05.2025

Review completed 27.08.2025

Passed for printing 01.09.2025

Андрей Анатольевич Гринь, д-р.мед. наук, член-корреспондент РАН, главный внештатный специалист-нейрохирург Департамента здравоохранения Москвы; заведующий научным отделением неотложной нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, eLibrary SPIN: 2194-2598, ORCID: 0000-0003-3515-8329, aagreen@yandex.ru;

Александр Эрнестович Талыпов, д-р.мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения нейрохирургии, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3; профессор кафедры фундаментальной нейрохирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Россия, 117513, Москва, ул. Островитянова, 1, eLibrary SPIN: 3415-8260, ORCID: 0000-0002-6789-8164, dr.talypova@mail.ru;

Антон Юрьевич Кордонский, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения неотложной нейрохирургии, врач-нейрохирург, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, eLibrary SPIN: 8101-3583, ORCID: 0000-0001-5344-3970, akord.neuro@mail.ru;

Василий Амиранович Каранадзе, канд. мед. наук, заведующий нейрохирургическим отделением для лечения больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга, врач-нейрохирург, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, eLibrary SPIN: 8101-3583, ORCID: 0000-0003-0180-9154, karanadzev@mail.ru;

Иван Сергеевич Львов, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, eLibrary SPIN: 1252-3377, ORCID: 0000-0003-1718-0792, speleolog@mail.ru;

Ринат Ирфанович Абдрафиев, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения для лечения больных с сосудистыми заболеваниями головного мозга, Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3, ORCID: 0000-0003-3328-8349, rinat-abdrafiyev@mail.ru.

Andrey Anatolyevich Grin, DMSc, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Freelance Specialist on Neurosurgery of the Moscow Healthcare Department; Head of the Scientific Department of Emergency Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, eLibrary SPIN: 2194-2598, ORCID: 0000-0003-3515-8329, aagreen@yandex.ru;

Alexandr Ernestovich Talypov, DMSc, leading researcher, Department of Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia; Professor of the Department of Fundamental Neurosurgery, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovitianova str., Moscow, 117513, Russia, eLibrary SPIN: 3415-8260, ORCID: 0000-0002-6789-8164, dr.talypova@mail.ru;

Anton Yuryevich Kordonskiy, MD, PhD, neurosurgeon, researcher of the Department of Emergency Neurosurgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, eLibrary SPIN: 8101-3583, ORCID: 0000-0001-5344-3970, akord.neuro@mail.ru;

Vasily Amiranovich Karanadze, MD, PhD, neurosurgeon, Head of the Neurosurgical Department for the treatment of patients with vascular diseases of the brain, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, eLibrary SPIN: 8101-3583, ORCID: 0000-0003-0180-9154, karanadzev@mail.ru;

Ivan Sergeyevich Lvov, MD, PhD, neurosurgeon, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, eLibrary SPIN: 1252-3377, ORCID: 0000-0003-1718-0792, speleolog@mail.ru;

Rinat Irfanovich Abdrafiev, neurosurgeon, Neurosurgical Department for the treatment of patients with vascular diseases of the brain, N.V. Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, 3 Bolsbaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia, ORCID: 0000-0003-3328-8349, rinat-abdrafiyev@mail.ru.



# КОМБИНАЦИЯ ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО И ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОГО ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ДОСТУПОВ ПРИ УДАЛЕНИИ ГРЫЖ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ОЧЕНЬ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ МИГРАЦИИ: МАЛАЯ СЕРИЯ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**И.В. Басанкин<sup>1,2</sup>, А.А. Гюльзатян<sup>1</sup>, А.А. Афаунов<sup>1,2</sup>, К.К. Тахмазян<sup>1</sup>, С.Б. Малахов<sup>1</sup>, В.Г. Диденко<sup>1</sup>,  
Д.А. Таюрский<sup>1</sup>, И.Е. Грицаев<sup>1</sup>, Б.А. Сычеников<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт — Краснодарская краевая клиническая больница № 1  
им. проф. С.В. Очаповского, Краснодар, Россия;

<sup>2</sup>Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия;

<sup>3</sup>Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», Москва, Россия

**Цель исследования.** Анализ эффективности комбинации транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов при удалении грыж поясничного отдела позвоночника, имеющих двойной компримирующий интраканальный компонент: значимое выпячивание в плоскости диска в сочетании с крайне высокой степенью ростральной или каудальной миграции.

**Материал и методы.** Проведен анализ двух клинических случаев и данных литературы о применении комбинации транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов через один кожный разрез. В клинических наблюдениях оценивали динамику болевого синдрома по ВАШ, неврологический статус и результаты МРТ.

**Результаты.** В обоих случаях достигнуто удаление мигрировавших секвестров и значимых выпячиваний в плоскости диска с полным регрессом болевого синдрома и восстановлением функции. Осложнений не зарегистрировано.

**Заключение.** Представленная комбинация транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов является перспективным и безопасным методом хирургического лечения пациентов с грыжами, компримирующими невральные структуры как в плоскости диска, так и в зоне расположения мигрировавшего фрагмента. Необходимы дальнейшие исследования на более широкой выборке.

**Ключевые слова:** позвоночник; грыжа диска; миграция; эндоскопическая хирургия; транспедикулярно-трансфораминальный доступ; комбинация.

Для цитирования: Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Малахов С.Б., Диденко В.Г., Таюрский Д.А., Грицаев И.Е., Сычеников Б.А. Комбинация транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов при удалении грыж поясничного отдела позвоночника с очень высокой степенью миграции: малая серия клинических случаев и обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 57–66.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.57-66>

## COMBINATION OF TRANSPEDICULAR AND TRANSFORAMINAL ENDOSCOPIC APPROACHES FOR REMOVAL OF LUMBAR DISC HERNIATIONS WITH VERY HIGH DEGREE OF MIGRATION: A SMALL CASE SERIES AND LITERATURE REVIEW

**I.V. Basankin<sup>1,2</sup>, A.A. Giulzatyan<sup>1</sup>, A.A. Afaunov<sup>1,2</sup>, K.K. Tahmazyan<sup>1</sup>, S.B. Malakhov<sup>1</sup>, V.G. Didenko<sup>1</sup>, D.A. Tayurski<sup>1</sup>,  
I.E. Gritsaev<sup>1</sup>, B.A. Sychenikov<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Research Institute — Krasnodar Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, Krasnodar, Russia;

<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

<sup>3</sup>Moscow Multidisciplinary Clinical Center “Kommunarka”, Moscow, Russia

**Objective.** To evaluate the effectiveness of a combination of transpedicular and transforaminal endoscopic approaches for the removal of lumbar spine herniations with a double compressive intracanal component: significant protrusion in the disc plane combined with an extremely high degree of rostral or caudal migration.

**Material and Methods.** An analysis of two clinical cases and literature data on the use of a combination of transpedicular and transforaminal endoscopic approaches through a single skin incision was performed. The dynamics of pain syndrome according to the Visual Analog Scale (VAS), neurological status and MRI results were assessed.

**Results.** In both cases, the migrated sequestered fragments and significant disc plane protrusions were successfully removed, with complete regression of pain syndrome and restoration of function. No complications were reported.

**Conclusion.** The presented combination of transpedicular and transforaminal endoscopic approaches is a promising and safe surgical method for treating patients with disc herniations, compressing neural structures both in the plane of the disc and in the area of the migrated fragment. Further studies on a larger sample are required.

**Key Words:** spine; disc herniation; migration; endoscopic surgery; transpedicular-transforaminal approach; combination.

Please cite this paper as: *Basankin IV, Giulzatyan AA, Afaunov AA, Tahmazyan KK, Malakhov SB, Didenko VG, Tayurski DA, Gritsaev IE, Syche-nikov VA. Combination of transpedicular and transforaminal endoscopic approaches for removal of lumbar disc herniations with very high degree of migration: a small case series and literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):57–66. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.57-66>*

Статистические данные о частоте миграции фрагментов межпозвоноковых грыж варьируют от 35 до 72 % [1]. По данным Daghghi et al. [2], ростральные и каудальные миграции наблюдаются соответственно у 27,8 и 72,2 % пациентов. При этом мы не обнаружили в литературе данных о частоте сочетания значимого по размерам грыжевого выпячивания в плоскости диска и наличия далеко мигрировавшего секвестра. Удаление грыж с высокой степенью миграции через интраламинарный доступ требует значительной резекции межсуставной части дужки позвонка и фасеточного сустава, это, в свою очередь, может приводить к сегментарной нестабильности. Использование эндоскопических методик при удалении мигрировавших фрагментов является технически более сложным, однако позволяет сохранять стабильность позвоночно-двигательного сегмента. В настоящее время в литературе описаны разноплановые эндоскопические доступы для удаления мигрировавших грыж, такие как трансфораминальный доступ с различными вариациями (фораминопластика, техника half-and-half, эпидуроскопическая техника и т.д.), транспедикулярный и интерламинарный доступы [3–5].

Несмотря на наличие широкого арсенала эндоскопических методик для лечения дискордикулярного конфликта, результаты в некоторых случаях не удовлетворяют как пациента, так и хирурга. Причинами этого могут быть не только опыт и навыки хирурга, но и особенности расположения патологического субстрата. Сохранение остаточных фраг-

ментов грыжи после операции является одной из частых причин неблагоприятных исходов [6].

Насколько нам известно, в настоящее время нет исследований, в которых сообщалось бы о комбинированном транспедикулярно-трансфораминальном эндоскопическом доступе при удалении грыж поясничного отдела позвоночника с крайне дальней миграцией и при наличии значительного компонента в плоскости диска.

Цель исследования – анализ эффективности комбинации транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов при удалении грыж поясничного отдела позвоночника, имеющих двойной компримирующий интраканальный компонент: значимое выпячивание в плоскости диска в сочетании с крайне высокой степенью ростральной или каудальной миграции.

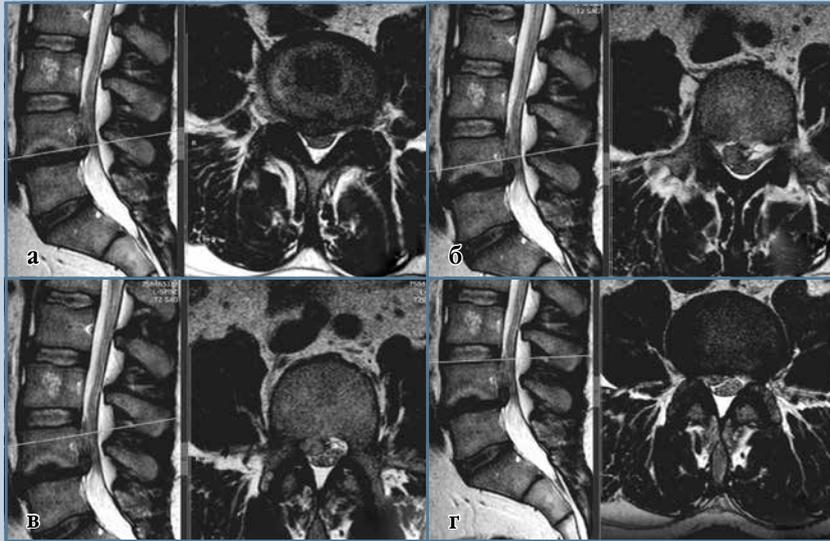
### Материал и методы

Исследование выполнено на базе НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского (Краснодар). Рассмотрены случаи лечения двух пациентов с грыжами поясничного отдела позвоночника с крайне высокой степенью миграции секвестра в зоны 1 и 6 по классификации Ahn et al. [7] и наличием значительного компонента в плоскости диска, с неврологическим дефицитом и отсутствием эффекта от консервативного лечения. Результаты анализировали по ВАШ боли, неврологическому статусу и контрольной МРТ для оценки декомпрессии. Исследование одобрено локальным этичес-

ким комитетом учреждения, пациенты предоставили информированное согласие.

Анализ данных литературы проведен по рекомендациям PRISMA-2020 (качественный обзор без метаанализа из-за клинической и методологической неоднородности исследований). Поиск проведен в PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary. Поиск выполнен по публикациям с 01.01.2000 г. по 01.06.2024 г. без языковых ограничений; дополнительно вручную анализировали списки литературы включенные в обзор статей. Были использованы следующие запросы: (“lumbar disc herniation” OR “migrated disc” OR “far-migrated” OR “high-grade migration”) AND (endoscopic OR “transforaminal” OR “suprapedicular” OR “interlaminar” OR “transpedicular” OR UBE) и их русскоязычные эквиваленты: («грыжа диска поясничного отдела» И/ИЛИ «миграция секвестра» И («эндоскопический» ИЛИ «трансфораминальный» ИЛИ «интерламинарный» ИЛИ «транспедикулярный»). Критерии включения: клинические исследования (рандомизированные, когортные, ретроспективные, серии случаев), посвященные эндоскопическому удалению грыж поясничного отдела с высокой/очень высокой степенью миграции (в том числе зоны 1 и 6 по Ahn et al. [7]), с описанием доступа и клинических результатов/осложнений.

На этапе идентификации найдено 420 записей; после удаления дубликатов осталось 384. На этапе скрининга заголовков/рефератов исключено 310 публикаций с нерелевантными тема-

**Рис. 1**

Грыжа в плоскости диска, суживающая правый латеральный карман на уровне L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub> (а); грыжа в инфрапедикулярном пространстве (б); секвестр за ножкой L<sub>4</sub> позвонка (в); верхний полюс секвестра на уровне верхней замыкательной пластины L<sub>4</sub> позвонка (г)

ми. Полнотекстово оценены 74 статьи; из них исключены 55 по следующим причинам: смешанные вмешательства без отдельного анализа эндоскопической подгруппы ( $n = 14$ ), отсутствие фокуса на высокой миграции ( $n = 16$ ), отсутствие клинических исходов/сообщения только о технике ( $n = 9$ ), экспериментальные исследования ( $n = 6$ ), обзоры/редакционные письма/комментарии ( $n = 10$ ). В итоговый качественный синтез включены 19 исследований. Метааналитическое объединение не проводили из-за методологической и клинической неоднородности.

## Результаты

### Клинический случай 1

Пациент С., 38 лет, поступил с жалобами на боль в правой нижней конечности (7 баллов из 10 по ВАШ), в поясничном отделе позвоночника (4 балла), на слабость и онемение в правой стопе. Из анамнеза известно, что в течение года пациента беспокоили периодические боли в поясничном

отделе позвоночника и в правой нижней конечности. В последние недели боль носила постоянный характер с тенденцией к прогрессированию, консервативная терапия без существенного положительного эффекта. По данным инструментальной диагностики выявлена правосторонняя грыжа диска L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub> с секвестрированным вверх и мигрировавшим фрагментом в зону 1 по Ahn et al. [7]. Следует отметить, что бо́льшая часть грыжи находилась за ножкой позвонка, ее верхний полюс был на уровне верхней замыкательной пластины L<sub>4</sub> позвонка, а в плоскости диска – грыжевое выпячивание, сужающее латеральный карман (рис. 1).

**Объективный осмотр.** Нормостенического телосложения. Органы и системы без патологии. Передвигается самостоятельно, прихрамывая на правую ногу.

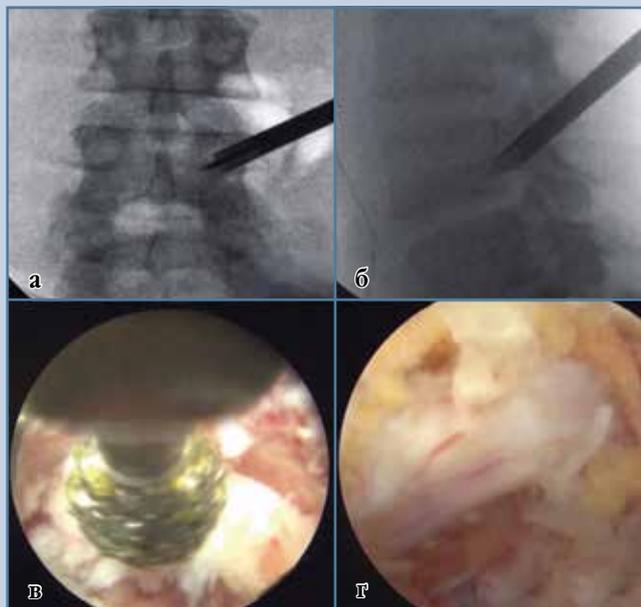
**Неврологический статус.** В сознании. Ориентирован в месте, времени и собственной личности правильно. Движения ограничены в поясничном отделе из-за болевого синдро-

ма. Мышечная сила в левой нижней конечности 5 баллов во всех группах мышц, в правой нижней конечности парез разгибателей правой стопы 3 балла из 5. Положительный симптом Ласега справа с угла 40°. Гипестезия с гиперпатией в зоне иннервации L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> справа. Функция тазовых органов не нарушена.

С учетом клинико-рентгенологической картины заболевания и топографо-анатомических особенностей секвестра выбрали тактику эндоскопического удаления грыжи диска одномоментным комбинированным транспедикулярно-трансфораминальным доступом. Продолжительность операции – 80 мин. Интраоперационная кровопотеря – 50 мл.

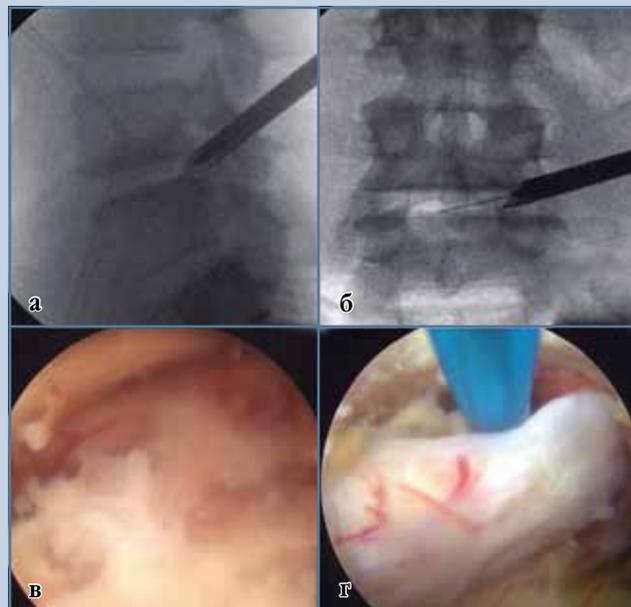
**Ход операции.** Обезболивание общее. Положение на животе. Разметка (центр правой ножки позвонка L<sub>4</sub>). Обработка кожи спины антисептиками. Единый кожный разрез длиной 1 см. В центр правой ножки L<sub>4</sub> позвонка под R-ЭОП-контролем установлена трепанационная игла, которая проведена к основанию и медиальной кортикальной пластинке ножки. Поэтапно подведена канюля, система ретракторов и эндоскоп. Визуализированы анатомические структуры, корешок и дуральный мешок. Под корешком обнаружен и удален секвестр межпозвонкового диска, находящийся за ножкой позвонка. Достигнута декомпрессия нервного корешка (рис. 2). Путем последовательного разворота эндоскопа в краниальном и каудальном направлениях проведен визуальный осмотр эпидурального пространства с удалением остатков дискового материала и осуществлена попытка удаления проксимальной части секвестра в плоскости диска, которая оказалась безуспешной в связи с опасностью повреждения нервных структур в ходе неконтролируемых манипуляций за зоной визуального контроля.

После извлечения эндоскопа и порта из ножки позвонка через тот же кожный разрез в межпозвонковое отверстие L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub> справа под R-ЭОП-контролем поэтапно подведены канюля, система ретракторов и эндоскоп. Визуализированы анатомические



**Рис. 2**

Интраоперационное рентген-обследование, демонстрирующее позиционирование эндоскопического инструментария в ножке позвонка (а, б); доступ к мигрировавшему секвестру, локализирующемуся за ножкой позвонка с использованием высокоскоростного бора (в), декомпримированный корешок L<sub>4</sub> после удаления секвестра (г)



**Рис. 3**

Интраоперационное рентген-обследование, демонстрирующее позиционирование эндоскопического инструментария при трансфораминальном доступе (а, б); компрессия корешка грыжей на уровне межпозвонкового диска (в); полная декомпрессия корешка после удаления грыжи (г)

структуры, корешок и дуральный мешок, последние компримированы, не флотируют. Поэтапное удаление фрагментов грыжи диска (рис. 3). Гемостаз коагуляцией. Узловой шов. Кровопотеря около 20 мл.

В послеоперационном периоде полный регресс болевого синдрома. По данным инструментальной диагностики полная декомпрессия нервных структур (рис. 4).

Пациент выписан из стационара на 2-е сут после операции. Катамнез 1 год, при последнем осмотре в правой нижней конечности парез разгибателей правой стопы 4 балла из 5 (положительная динамика). Полный регресс болевого синдрома и чувствительных нарушений.

#### **Клинический случай 2**

Пациент М., 48 лет, поступил в стационар с жалобами на боль в правой нижней конечности (8 баллов из 10 по ВАШ), в поясничном отделе

позвоночника (5 баллов). Из анамнеза известно, что в течение года беспокоили периодические боли в поясничном отделе позвоночника и в правой нижней конечности. По данным инструментальной диагностики выявлена правосторонняя грыжа диска L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> с миграцией секвестрированного фрагмента каудально в зону 6 по Ahn et al. (рис. 5). В плоскости диска экструзия с тотальным сужением правого латерального кармана.

**Объективный осмотр.** Нормостенического телосложения. Органы и системы без патологии. Передвигается самостоятельно, прихрамывая на правую ногу.

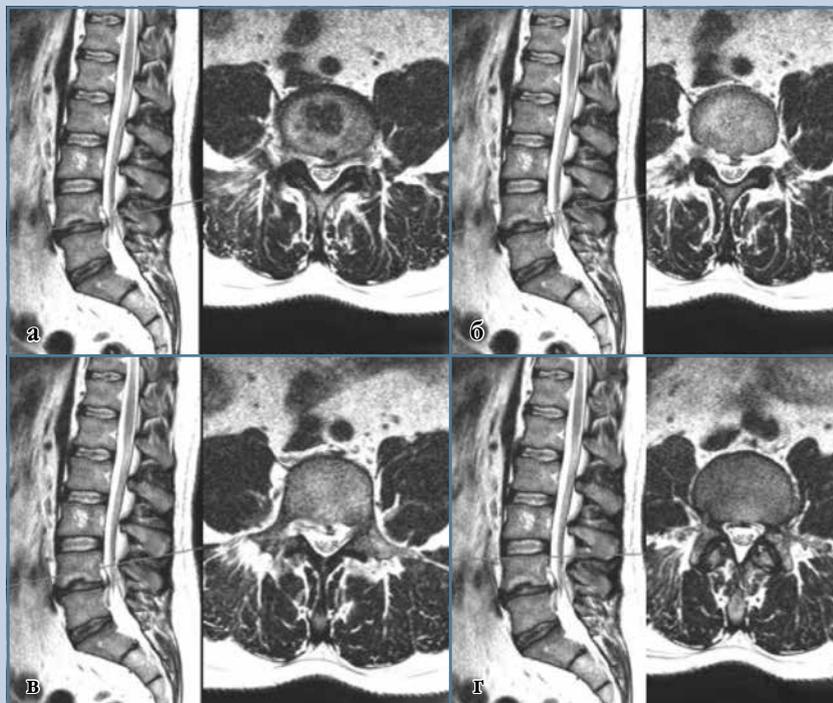
**Неврологический статус.** В сознании. Ориентирован в месте, времени и собственной личности правильно. Мышечная сила левой и правой нижних конечностей 5 баллов во всех группах мышц. Положительный симптом Ласега справа с угла 60°. С учетом клини-

ко-рентгенологической картины заболевания и топографо-анатомических особенностей секвестра выбрали тактику эндоскопического удаления грыжи диска одномоментным комбинированным транспедикулярно-трансфораминальным доступом. Продолжительность операции – 100 мин. Интраоперационная кровопотеря – 60 мл.

Операцию выполняли по описанной в предыдущем клиническом примере технологии, в аналогичной последовательности, вне зависимости от направления миграции секвестра.

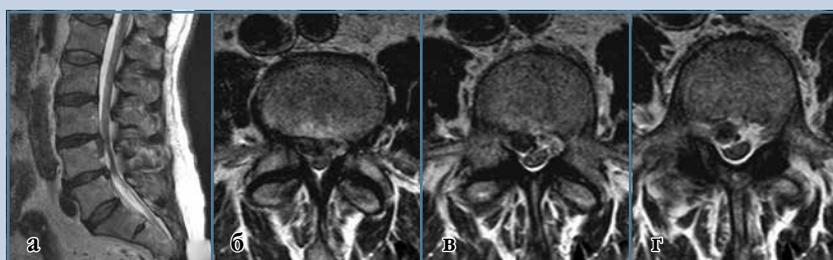
В послеоперационном периоде полный регресс болевого синдрома. По данным инструментальной диагностики полная декомпрессия нервных структур (рис. 6).

Пациент выписан из стационара на 2-е сут после операции. Катамнез 1 год, при последнем осмотре у пациента отмечался полный регресс болевого синдрома.



**Рис. 4**

На послеоперационных МРТ-снимках (а–г) отмечается тотальное удаление секвестрированной грыжи; в плоскости межпозвонкового диска визуализируется «парус» задней продольной связки, полная декомпрессия правого латерального кармана L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub> справа



**Рис. 5**

Грыжа межпозвонкового диска L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> справа с миграцией в зону 6 по Ahn et al. (а); грыжа в плоскости диска, сужающая латеральный карман и сдавливающая корешок (б); часть секвестра за ножкой позвонка (в); часть секвестра, находящаяся ниже нижнего края ножки позвонка (г)

## Обсуждение

Согласно Daghighi et al. [2], возраст и уровень межпозвонкового диска являются независимыми значимыми факторами, обуславливающими направление миграции грыжи

в вертикальной плоскости. Частота ростральной миграции значительно увеличивается у пожилых пациентов и на уровнях L<sub>1</sub>–L<sub>2</sub>, L<sub>2</sub>–L<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> [2].

Вопрос классификации миграции секвестра крайне важен при планировании доступа. Ранее Lee et al. [8]

предложили делить миграцию на зоны по расстоянию от диска. Однако использование фиксированного порога в 3 мм оказалось не универсальным, так как высота диска и анатомия позвонков индивидуальны. Позднее Kim et al. [9] предложили более сложную, но трудноприменимую на практике классификацию.

В 2022 г. Ahn et al. [7] предложили усовершенствованную и более универсальную систему, которая учитывает индивидуальную анатомию позвоночного сегмента (рис. 7). Суть этой классификации состоит в том, что в качестве анатомических ориентиров используются межпозвонковый диск и нижние и верхние края ножек смежных позвонков. Все уровни разделены по естественным анатомическим границам, а не по произвольным расстояниям. Для краниальной миграции – зоны 1, 2 и 3, для каудальной – зоны 4, 5 и 6. Основа – разделение миграции грыжевых фрагментов на три степени:

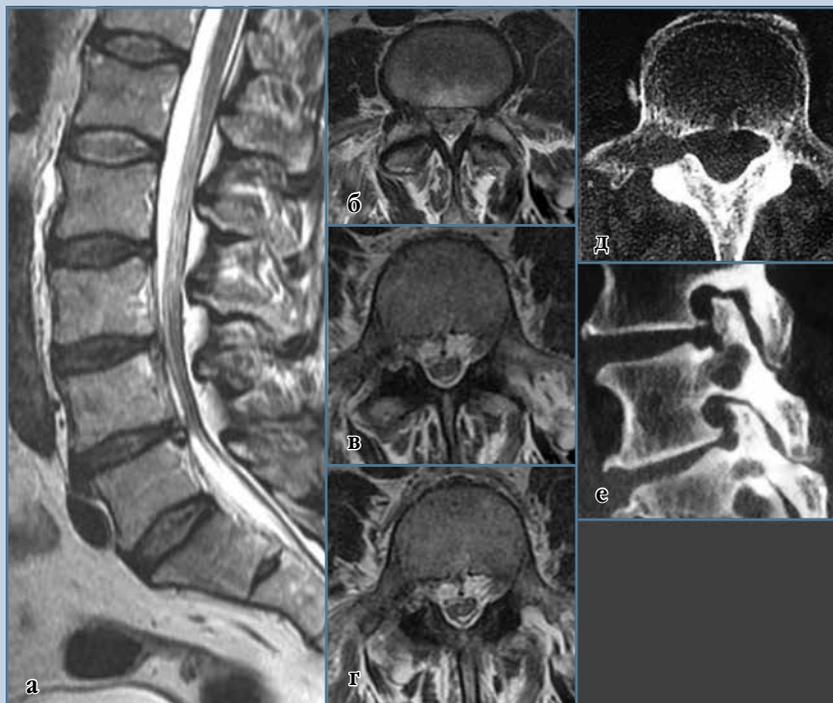
1) низкая миграция (зоны 3 и 4) – фрагмент слегка выходит за пределы диска, но остается в его непосредственной близости;

2) высокая миграция (зоны 2 и 5) – грыжа значительно смещается вверх или вниз, достигая уровня ножки позвонка, но не выходя за ее границы;

3) очень высокая миграция (зоны 1 и 6) – грыжевой фрагмент смещается настолько далеко, что оказывается за ножкой позвонка; именно эти случаи представляют наибольшую сложность для удаления.

Главное достоинство классификации Ahn et al. заключается в том, что для ее применения не требуется сложных измерений – врач ориентируется по четким анатомическим рубежам, которые легко определить на стандартных МРТ-снимках. Такой подход позволяет быстрее оценить сложность случая и заранее выбрать оптимальный хирургический доступ.

Важно подчеркнуть, что миграция грыжи – это не всегда одинаковый сценарий. Существует два разных типа очень высоко мигрировавших грыж. В одних случаях секвестрированный фрагмент практически полностью сме-



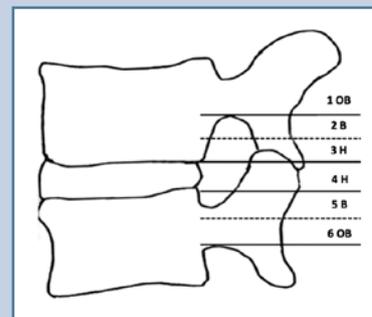
**Рис. 6**  
 На послеоперационных МРТ-снимках (а–г) отмечается тотальное удаление секвестрированной грыжи как в плоскости диска, так и его мигрировавшей части; на послеоперационных КТ-сканах отчетливо виден костный дефект в ножке L<sub>4</sub> позвонка после транспедикулярного доступа (д, е)

щается за ножку позвонка, на уровне межпозвонкового диска либо не остается значимого грыжевого выпячивания, либо сохраняется минимальный, клинически несущественный остаток. В таких ситуациях основной задачей хирурга становится удаление фрагмента в зоне миграции. Однако существуют и более сложные случаи, когда фрагменты грыжи отмечаются как за ножкой позвонка, так и в плоскости межпозвонкового диска. Именно такие грыжи представляют особую сложность: при попытке удаления их через один доступ возрастает риск оставить клинически значимый остаточный фрагмент.

Наша работа сосредоточена именно на таких грыжах, где требуется комбинированный подход для полноценного удаления как мигрировавшего по вертикали, так и грыжевого материала в плоскости диска.

Перкутанная трансфораминальная эндоскопическая поясничная дискэктомия (Percutaneous Transforaminal endoscopic lumbar discectomy — PTELD) при грыжах высокой и очень высокой степени миграции все еще является сложным вызовом даже для опытных нейрохирургов. В 2006 г. Lee et al. [10] в своем исследовании показали, что у пациентов с грыжами высокой и очень высокой степенями миграции при выполнении PTELD удовлетворительный результат был достигнут в 78,9 % случаев. В связи с этим авторы рекомендовали микродискэктомию как метод выбора при грыжах высокой степени миграции.

По мере развития эндоскопического инструментария и совершенствования хирургической техники в последнее десятилетие показания к перкутанной эндоскопической дискэктомии постоянно расширялись



**Рис. 7**  
 Схематическая иллюстрация шести степеней миграции межпозвонковой грыжи поясничного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости по Ahn [7]. Степени смещения диска: очень высокая (ОВ), высокая (В) и низкая (Н)

и, что немаловажно, были достигнуты отличные клинические результаты [11, 12]. Choi et al. [13] представили технику фораминопластики при дальних мигрировавших грыжах с использованием эндоскопической фрезы. Часть верхнего суставного отростка и верхний край ножки нижележащего позвонка были резецированы при мигрировавших вниз грыжах. Успешный результат был достигнут у 91,4 % пациентов в течение 25-месячного наблюдения. Kim et al. [14] также продемонстрировали похожую технику фораминопластики (так называемый супрапедикулярный доступ) при грыжах очень высокой степени миграции с благоприятным клиническим результатом у 94 % пациентов. Wu et al. [15] описали двухуровневый доступ (L<sub>2</sub>–L<sub>3</sub> и L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub>) при грыже L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> с высокой степенью миграции вверх с отличным клиническим результатом. Krzok et al. [16] в 2016 г. предложили транспедикулярный доступ при грыжах высокой степени миграции, в дальнейшем этот доступ был популяризирован и в настоящее время активно используется в повседневной практике [17].

Эндоскопический интерламинарный доступ также широко применя-

ется при грыжах с высокой и очень высокой миграцией и демонстрирует сопоставимые клинические результаты. В ряде сценариев он снижает лучевую нагрузку на команду, обеспечивает прямой доступ при медианном расположении фрагментов и позволяет обойтись без сочетания с другими доступами [18]. Дополнительно в литературе недавно описана бипортальная перкутанная трансламинарная эндоскопия (UBE) как альтернатива, потенциально упрощающая удаление многофрагментарных секвестров [19].

Вышеперечисленные эндоскопические методики надежно зарекомендовали себя. Результаты исследований, где использовались данные доступы, несомненно, были лучше, чем у Lee et al. [10], однако при применении данных оперативных вмешательств также есть потенциальный риск послеоперационных резидуальных грыж. Согласно данным Choi et al. [13], 5 (8 %) пациентов перенесли повторную операцию в течение периода наблюдения. У 3 (5 %) из них отмечался болевой синдром в ноге после операции из-за неполного удаления мигрировавшего фрагмента. В работе Kim et al. [14] у 7 (13 %) пациентов из 53 после операции сохранялись остаточные фрагменты грыжи по данным МРТ, однако ввиду их крайне малых размеров клинических симптомов не отмечалось, пациенты были удовлетворены результатами хирургического лечения. Согласно Kim et al. [9], при интерламинарном доступе полное удаление грыжи диска по данным МРТ отмечалось у 89 % пациентов (16/18). Двум пациентам в последующем выполняли ревизионные операции для удаления резидуальных грыж.

Вероятной причиной менее благоприятных результатов лечения при грыжах с очень высокой миграцией является их морфология. Ключевым фактором – это многофрагментарность секвестра и его дополнительная фрагментация при тракции дискового материала. По данным

Kim et al. [14], многофрагментарные секвестры отмечены у 19 ( $\approx 36$  %) из 53 пациентов. Такая морфология ограничивает эффективность изолированной техники захвата и вытягивания проксимального фрагмента и требует таргетной ревизии ложа миграции.

В своей работе мы использовали 2 доступа, чтобы одновременно решить данные проблемы и полностью удалить секвестр, тотально визуализируя его ложе из двух точек входа.

Данная техника может применяться при наличии краниально или каудально мигрировавшей грыжи со смещением дистального полюса секвестра глубоко за ножку позвонка, а также с наличием экструзии в плоскости диска.

Представляемый подход сочетанного эндоскопического доступа объясняется соображениями необходимости удаления дискового материала как от плоскости диска, так и из зоны миграции за ножкой позвонка. При этом мы учитываем факт того, что пульпозное ядро, составляющее основу секвестра, может быть фрагментировано, особенно при длительно существующем секвестре и спаячных изменениях. Соответственно, попытки удаления грыжи из монодоступа исключительно в зоне ее образования или в области «хвоста» сопряжены с риском удаления лишь части патологического субстрата и сохранения резидуального объема. Оба доступа выполняются из одного кожного разреза, меняется лишь траектория инструментов, а использование изогнутых грасперов в разных направлениях встречным курсом с двух точек входа позволяет гарантированно удалить весь объем патологического субстрата.

Очередность доступов с целью удаления секвестра имеет стратегическое значение. В подавляющем большинстве случаев рассматриваемого вида грыж максимальный объем дискового материала находится непосредственно за ножкой позвон-

ка, а меньшая его часть – на уровне диска и вокруг него. При этом тот самый объем грыжи за ножкой позвонка является своеобразной подушкой между ножкой и твердой мозговой оболочкой, которая делает безопасной окончатую трепанацию ножки при помощи корончатой фрезы. Принимая во внимание этот факт, а также высокую вероятность наличия фрагментированного секвестра, можно сказать, что первым из двух доступов должен выполняться транспедикулярный – с удалением секвестра и тщательной ревизией эпидурального пространства как в области фенестрации, так и в краниальном и каудальном направлениях в зоне прямой визуализации. После завершения работы в области ножки эндоскоп переставляют в межпозвонковое отверстие, где проводят удаление остатков грыжи в плоскости диска и ревизию в краниальном или каудальном направлениях по ходу ее распространения под полным визуальным контролем. Таким образом обеспечивается тотальное и безопасное удаление грыжи.

Обратная последовательность (трансфораминально–транспедикулярно) не гарантирует полного удаления патологического субстрата и самое главное не обеспечивает безопасности вмешательства.

После удаления грыжи в плоскости диска следующей задачей является работа по ходу мигрировавшего секвестра в каудальном (более благоприятный сценарий) или в краниальном (менее благоприятный сценарий) направлении. Мигрировавший фрагмент может быть удален целиком или какая-то его часть. При этом хирург зачастую не может быть уверен в отношении того, удалил он секвестр тотально или частично. Дальнейшая, более удаленная ревизия небезопасна для нервных структур по причине отсутствия прямого визуального контроля. Последующий транспедикулярный доступ сопряжен с риском повреждения твердой мозговой оболочки или нервного корешка, если секвестр все же был удален

полностью из трансфораминального доступа.

Таким образом, первично необходимо начинать удаление грыжи с области максимального объема секвестра, а затем продолжить удаление меньших фрагментов.

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено малым числом наблюдений (два клинических случая), одноцентровым дизайном и отсутствием контрольной группы. Оценка исходов носила преимущественно клинический характер (ВАШ, неврологический статус), без стандартизованной количественной оценки лучевой нагрузки и длительности вмешательства. Получен-

ные результаты следует рассматривать как гипотезоформирующие.

### Заключение

Представленная комбинация транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов обеспечивает надежную визуализацию ложа секвестра за ножкой в случаях с очень высокой миграцией, а также адресное удаление дискового материала в плоскости диска. При этом выбор оперативной тактики должен быть индивидуализирован: в зависимости от анатомии и локализации миграции могут быть показаны и иные эндоскопические подходы

либо их комбинации (трансфораминальный, интерламинарный, трансламинарный, транспедикулярный). Необходимы исследования на более крупных когортах с сопоставлением альтернативных методик.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

## Литература/References

1. **Мереджи А.М., Орлов А.Ю., Назаров А.С., Беляков Ю.В., Лалаян Т.В., Сингаевский С.Б.** Перкутанное эндоскопическое трансфораминальное и интерламинарное удаление грыж поясничного отдела позвоночника с краниальной миграцией. *Хирургия позвоночника.* 2020;17(3):81–90. [Meredzhi AM, Orlov AYu, Nazarov AS, Belyakov YuV, Lalayan TV, Singaevskiy SB. Percutaneous endoscopic transforaminal and interlaminar lumbar discectomy for cranially migrated disc hernia. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika).* 2020;17(3):81–90]. DOI: 10.14531/ss2020.3.81-90 EDN: AWHVIZ
2. **Daghghi MH, Pouriesa M, Maleki M, Fouladi DF, Pezeshki MZ, Mazaheri Khameneh R, Bazzazi AM.** Migration patterns of herniated disc fragments: a study on 1,020 patients with extruded lumbar disc herniation. *Spine J.* 2014;14:1970–1977. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.11.056
3. **Басанкин И.В., Порханов В.А., Тахмазян К.К., Гюльзатян А.А., Малахов С.Б., Калугин Л.Ю., Томина М.И., Шаповалов В.К.** Транспедикулярное эндоскопическое удаление грыж поясничного отдела позвоночника с высокой степенью миграции. *Нейрохирургия.* 2020;22(3):42–50. [Basankin IV, Porkhanov VA, Takhmazyan KK, Giulzatyany AA, Malakhov SB, Kalugin LYu, Tomina MI, Shapovalov VK. Transpedicular endoscopic removal of highly migrated disc herniations of lumbar spine. *Russian Journal of Neurosurgery.* 2020;22(3):42–50]. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-3-42-50 EDN: DKIUZY
4. **Kim HS, Raorane HD, Wu PH, Yi YJ, Jang IT.** Evolution of endoscopic transforaminal lumbar approach for degenerative lumbar disease. *J Spine Surg.* 2020;6:424–437. DOI: 10.21037/jss.2019.11.05
5. **Krzok G.** Transpedicular endoscopic surgery for highly downmigrated L5-S1 disc herniation. *Case Rep Med.* 2019;2019:5724342. DOI: 10.1155/2019/5724342
6. **Choi KC, Lee JH, Kim JS, Sabal LA, Lee S, Kim H, Lee SH.** Unsuccessful percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a single-center experience of 10,228 cases. *Neurosurgery.* 2015;76:372–380; discussion 380–381; quiz 381. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000628
7. **Ahn Y, Kim JE, Yoo BR, Jeong YM.** A new grading system for migrated lumbar disc herniation on sagittal magnetic resonance imaging: an agreement study. *J Clin Med.* 2022;11:1750. DOI: 10.3390/jcm11071750
8. **Lee S, Kim SK, Lee SH, Kim WJ, Choi WC, Choi G, Shin SW.** Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for migrated disc herniation: classification of disc migration and surgical approaches. *Eur Spine J.* 2007;16:431–437. DOI: 10.1007/s00586-006-0219-4
9. **Kim CH, Chung CK, Woo JW.** Surgical outcome of percutaneous endoscopic interlaminar lumbar discectomy for highly migrated disk herniation. *Clin Spine Surg.* 2016;29:E259–E266. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31827649ea
10. **Lee SH, Kang BU, Ahn Y, Choi G, Choi YG, Ahn KU, Shin SW, Kang HY.** Operative failure of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a radiologic analysis of 55 cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31:E285–E290. DOI: 10.1097/01.brs.0000216446.13205.7a
11. **Кравцов М.Н.** Исторические аспекты видеоэндоскопической хирургии поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2021;18(1):70–77. [Kravtsov MN. Historical aspects of video endoscopic surgery of the lumbar spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika).* 2021;18(1):70–77]. DOI: 10.14531/ss2021.1.70-77 EDN: SVWBNE
12. **Бывальцев В.А., Сороковиков В.А., Егоров А.В., Белых Е.Г.** Эндоскопические задние доступы в спинальной нейрохирургии. *Эндоскопическая хирургия.* 2012;18(5):51–60. [Byval'tsev VA, Sorokovikov VA, Egorov AV, Belykh EG. Endoscopic posterior approaches in spinal neurosurgery. *Endoscopic Surgery.* 2012;18(5):51–60]. EDN: PTXYJ
13. **Choi G, Lee SH, Lokhande P, Kong BJ, Shim CS, Jung B, Kim JS.** Percutaneous endoscopic approach for highly migrated intracanal disc herniations by foraminoplasty technique using rigid working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33:E508–E515. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817bfa1a
14. **Kim HS, Ju CI, Kim SW, Kim JG.** Endoscopic transforaminal suprapedicular approach in high grade inferior migrated lumbar disc herniation. *J Korean Neurosurg Soc.* 2009;45:67–73. DOI: 10.3340/jkns.2009.45.2.67
15. **Wu X, Fan G, Guan X, Zhu Y, Huang L, He S, Gu X.** Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for far-migrated disc herniation through two working channels. *Pain Physician.* 2016;19:E675–E680. DOI: 10.36076/ppj.2019.19.E675

16. **Krzok G, Telfeian AE, Wagner R, Ipreburg M.** Transpedicular lumbar endoscopic surgery for highly migrated disk extrusions: preliminary series and surgical technique. *World Neurosurg.* 2016;95:299–303. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.018
17. **Басанкин И.В., Порханов В.А., Гюльзатян А.А., Малахов С.Б., Тахмазян К.К., Томина М.И., Шевченко Е.Г.** Сравнительная оценка эффективности транспедикулярной эндоскопической секвестрэктомии и микродискектомии в лечении межпозвоноковых грыж поясничного отдела с высокой степенью миграции. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко.* 2020;84(6):15–25. [Basankin IV, Porkhanov VA, Gyulzatyan AA, Malakhov SB, Takhmazyan KK, Tomina MI, Shevchenko EG. Comparison of transpedicular endoscopic sequestrectomy and discectomy in the treatment of lumbar intervertebral disc herniation with
- a high degree of migration. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2020;84(6):15–25]. DOI: 10.17116/neiro20208406115 EDN: EGEERD
18. **Yang F, Ren L, Ye Q, Qi J, Xu K, Chen R, Fan X.** Endoscopic and microscopic interlaminar discectomy for the treatment of far-migrated lumbar disc herniation: a retrospective study with a 24-month follow-up. *J Pain Res.* 2021;14:1593–1600. DOI: 10.2147/JPRS302717
19. **Chen WC, Wang WT, Pao JL.** Unilateral biportal endoscopic discectomy via trans-laminar approach for highly upward-migrated lumbar disc herniation: a technical note and preliminary treatment outcomes. *BMC Musculoskelet Disord.* 2024;25:722. DOI: 10.1186/s12891-024-07819-x

**Адрес для переписки:**

Гюльзатян Абрам Акопович  
НИИ – Краевая клиническая больница № 1  
им. проф. С.В. Очаповского,  
350086, Россия, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1,  
Neuro8@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.07.2025

Рецензирование пройдено 04.09.2025

Подписано в печать 18.09.2025

**Address correspondence to:**

Giulzatyan Abram Akopovich  
Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1  
n.a. Prof. S.V. Ochapovsky,  
167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia,  
Neuro8@mail.ru

Received 09.07.2025

Review completed 04.09.2025

Passed for printing 18.09.2025

*Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук, травматолог-ортопед, нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1; ассистент кафедры хирургии № 1, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, eLibrary SPIN: 3541-8946, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru;*

*Абрам Акопович Гюльзатян, нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 6853-4861, ORCID: 0000-0003-1260-4007, Neuro8@mail.ru;*

*Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, профессор, травматолог-ортопед, нейрохирург, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4; врач нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 8039-9920, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaitovkr@mail.ru;*

*Карамет Каратетович Тахмазян, канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 4792-9506, ORCID: 0000-0002-4496-2709, drkarpo@gmail.com;*

*Сергей Борисович Малахов, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 8403-0335, ORCID: 0000-0001-5419-4208, malakbouserg@gmail.com;*

*Владислав Геннадьевич Диденко, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, dr.didenkovg@gmail.com;*

*Давид Александрович Таюрский, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 5674-8909, ORCID: 0000-0002-1107-2857, David021294@me.com;*

*Иван Евгеньевич Грицаев, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 3, НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, к. 1, eLibrary SPIN: 3164-1021, ORCID: 0000-0001-7854-7741, felicio94@yandex.ru;*

*Борис Анатольевич Сычеников, врач-травматолог-ортопед, руководитель центра малоинвазивной хирургии позвоночника, Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», Россия, 108814, Москва, ул. Сосенский Стан, 8; соискатель ученой степени, кафедра хирургии № 1, Кубанский государственный медицинский университет, Россия, 350063, Краснодар, ул. Митрофана Седина, 4, ORCID: 0000-0001-9699-6786, borislav77@yandex.ru.*

*Igor Vadimovich Basankin, DMSc, traumatologist-orthopedist, neurosurgeon, Head of the Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia; Assistant Professor of the Department of Surgery No. 1, Kuban State Medical University, 4 Mitrofan Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, eLibrary SPIN: 3541-8946, ORCID: 0000-0003-3549-0794, basankin@rambler.ru; Abram Akopovich Giulzatyan, MD, PhD, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, eLibrary SPIN: 6853-4861, ORCID: 0000-0003-1260-4007, Neuro8@mail.ru;*

*Asker Alievich Afaunov, DMSc. Prof., traumatologist-orthopedist, neurosurgeon, Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Field Surgery, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia; neurosurgeon, Neurosurgery Department No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No.1 n.a. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350901, Russia, eLibrary SPIN: 8039-9920, ORCID: 0000-0001-7976-860X, afaunovkr@mail.ru;*

*Karapet Karapetovich Tabmazyan, MD, PhD, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, eLibrary SPIN: 4792-9506, ORCID: 0000-0003-4146-6790, dr.karpo@gmail.com;*

*Sergei Borisovich Malakhov, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, eLibrary SPIN: 8403-0335, ORCID: 0000-0001-5419-4208, malakhovserg@gmail.com;*

*Vladislav Gennadievich Didenko, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, dr.didenkovg@gmail.com;*

*David Aleksandrovich Tayurski, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, eLibrary SPIN: 5674-8909, ORCID: 0000-0002-1107-2857, David021294@me.com;*

*Ivan Evgenyevich Gritsaev, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 n.a. Prof. S.V. Ochapovsky, 167/1 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia, eLibrary SPIN: 3164-1021, ORCID: 0000-0001-7854-7741, felicio94@yandex.ru;*

*Boris Anatolyevich Sychenikov, traumatologist-orthopedist, Head of the Center for Minimally Invasive Spine Surgery, Moscow Multidisciplinary Clinical Center “Kommunarka”, 8 Sosensky Stan str., Moscow, 108814, Russia; Postgraduate, Degree Candidate, Department of Surgery No. 1, Kuban State Medical University, 4 Mitrofana Sedina str., Krasnodar, 350063, Russia, ORCID: 0000-0001-9699-6786, borislaw77@yandex.ru.*



# СЕГМЕНТАРНЫЙ ЛОРДОЗ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ У ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ: НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

О.Н. Леонова, Н.С. Кузьмин, Е.С. Байков, А.В. Крутько

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии  
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия

**Цель исследования.** На основании несистематического обзора литературы сравнить возможности наиболее распространенных методов открытого и минимально-инвазивного TLIF при коррекции сегментарного лордоза у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.

**Материал и методы.** Дизайн исследования: несистематический структурированный обзор литературы. Проведен поиск статей за последние 5 лет по следующим ключевым словам: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration, сегментарный лордоз, дегенеративный, позвоночник, TLIF.

**Результаты.** В исследование вошли 17 источников, соответствующих критериям включения. Среди включенных оригинальных исследований выявлена большая вариабельность корригирующих возможностей открытого и минимального TLIF — достигаемые значения сегментарного лордоза/объем коррекции могут различаться более чем в 4 раза у разных авторов. Выявлен ряд причин, оказывающих на это влияние, однако не упоминающихся в систематических обзорах: отсутствие должного предоперационного обследования больных и планирования вмешательства, неоднозначная интраоперационная техника выполнения коррекции, различные исходные значения сегментарного угла (кифоз), отсутствие стандартизированной техники измерения угловых параметров.

**Заключение.** Корригирующие возможности открытого и минимально-инвазивного TLIF еще нуждаются в уточнении. Большой разброс значений сегментарного лордоза в существующих статьях затрудняет корректную интерпретацию результатов для стороннего наблюдателя и требует тщательно спланированных скрупулезных исследований.

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника; сагиттальный баланс; сегментарный угол; поясничный отдел позвоночника; TLIF; трансфораминальный межтеловой спондилодез.

**Для цитирования:** Леонова О.Н., Кузьмин Н.С., Байков Е.С., Крутько А.В. Сегментарный лордоз при стабилизации на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией: несистематический обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 67–78.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.67-78>

## SEGMENTAL LORDOSIS IN LUMBAR STABILIZATION IN PATIENTS WITH DEGENERATIVE PATHOLOGY: A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

O.N. Leonova, N.S. Kuzmin, E.S. Baykov, A.V. Krutko

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia

**Objective.** To compare the capabilities of the most common open and minimally invasive TLIF techniques in the correction of segmental lordosis in patients with degenerative diseases of the lumbar spine, based on a non-systematic literature review.

**Material and Methods.** Study design: non-systematic structured literature review. Articles published for the last 5 years were searched using the following keywords: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration, segmental lordosis, degenerative, spine, TLIF.

**Results.** Seventeen sources that met the inclusion criteria were included in the study. Among the included original studies, a large variability in the corrective capabilities of open and minimal TLIF was revealed - the achieved values of segmental lordosis/amount of correction can differ by more than 4 times among authors. A number of reasons were identified influencing this but not mentioned in systematic reviews: lack of proper preoperative examination of patients and planning of intervention, ambiguous intraoperative technique for performing correction, different initial values of the segmental angle (kyphosis), and lack of standardized technique for measuring angular parameters.

**Conclusion.** The corrective possibilities of open and minimally invasive TLIF still need to be clarified. The wide variation of segmental lordosis values in existing articles makes it difficult for an outside observer to correctly interpret the results and requires carefully designed meticulous studies.

**Key Words:** degenerative diseases of the spine; sagittal balance; segmental angle; lumbar spine; TLIF, transforaminal interbody fusion.

Please cite this paper as: Leonova ON, Kuzmin NS, Baykov ES, Krutko AV. Segmental lordosis in lumbar stabilization in patients with degenerative pathology: a non-systematic literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):67–78. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.67-78>

Проявлениями дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника являются региональные и/или глобальные сагиттальные деформации и потеря угловых взаимоотношений [1], которая может проявляться различными вариантами клинической симптоматики: аксиальными болями [2], сегментарной нестабильностью [3], анталгической установкой туловища [4], что в конечном счете снижает качество жизни пациента [1, 5, 6].

Хирургическое лечение больных с региональными и/или глобальными дегенеративными деформациями позвоночника, особенно с применением металлоконструкции, требует обязательного учета угловых параметров и их коррекции при необходимости [1, 5–7]. Существуют разные способы декомпрессии и одновременной стабилизации позвоночника, выполняемых для создания необходимого сегментарного лордоза. Все они имеют схожие результаты по интраоперационной кровопотере, длительности операции, регрессу клинических симптомов по данным опросников и шкал, длительности пребывания в стационаре [8–10]. Однако данные, которые касаются корригирующих возможностей по созданию необходимого сегментарного лордоза, весьма противоречивы: значения по объему коррекции либо не приводятся, либо не являются однозначными.

Наиболее распространенными и универсальными методиками декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств являются открытый и минимально-инвазивный TLIF [11]. Однако при их выполнении, по данным метаанализов и систематических обзоров, значения достигаемого сегментарного лордоза и целевого угла коррекции находятся в очень широком диапазоне. Например, в результате выполнения MIS-TLIF зарегистрированы следующие значения: до операции – 11,2°, после операции – 13,9°, объем коррекции – 1,5° [12], а значение сегментарного угла после операции – в диапазоне от 4,5° ± 2,1° до 16,9° ± 3,3° [13]. В результате открытого TLIF динамика

изменения сегментарного угла варьирует от –1,6° до 2,5° [14], составляет 1,604° ± 0,344° [15]. Объем коррекции обеих технологий TLIF вместе (открытой и минимально-инвазивной) варьирует в диапазоне от 0,05° ± 2,85° до 7,20° ± 11,46° [16]. Таким образом, данные о корригирующих возможностях наиболее распространенных методик открытого и минимально-инвазивного TLIF могут различаться в 4 раза. Нас заинтересовала такая изменчивость полученного сегментарного лордоза после, казалось бы, изученного вмешательства, что и побудило провести поиск причин этой вариативности данных.

Цель исследования – на основании несистематического обзора литературы уточнить возможности коррекции сегментарного лордоза наиболее распространенных методик открытого и минимально-инвазивного TLIF при лечении больных с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника.

### Материал и методы

Исследование соответствует пунктам 2–10, 13, 16, 17, 19, 23 протокола PRISMA, тем не менее обзор не является систематическим: не произведена стратификация рисков систематических ошибок и не выполнено систематическое представление анализируемых данных из-за невозможности их сопоставления.

Для поиска статей использовали научные базы данных PubMed, Google Scholar и eLibrary, глубина поиска – 5 лет (с 2020 по 2025 г.) Поисковый запрос включал следующие ключевые слова в англоязычной базе данных: degenerative, lumbar open mis TLIF, segmental restoration; для поиска русскоязычных статей в системе были применены комбинации следующих слов: сегментарный лордоз, дегенеративный, позвоночник, TLIF.

Критерии включения в обзор: 1) доступность полнотекстовых статей на русском или английском языках; 2) проведение моносегментарного трансфораминального спондило-

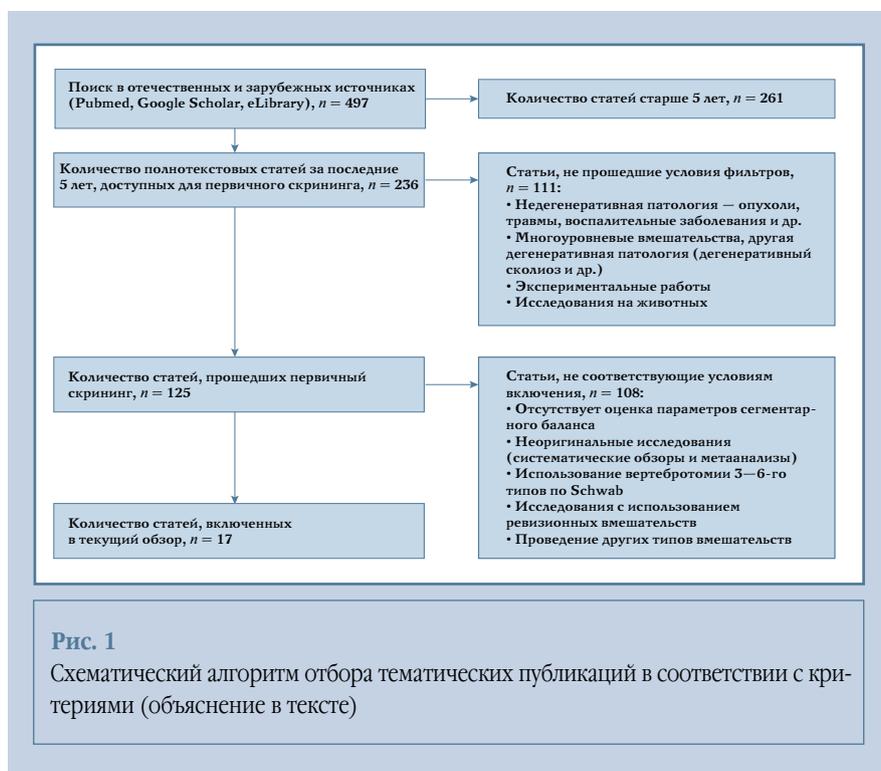
деза (TLIF) по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника; 3) описание параметров сегментарного лордоза. Все статьи, не соответствующие данным критериям, исключены из обзора (рис. 1). Не вошли в анализ (критерии невключения) экспериментальные работы, исследования с участием животных, изучение нецелевых типов операций, в том числе ревизионных вмешательств, изучение других недегенеративных патологий. Также из исследования исключали статьи, в которых описано выполнение трехколонных вертебротомий (3–6 типы по Schwab).

Проводили анализ найденных публикаций по следующим критериям: дегенеративная патология, приведенные в статье хирургические техники, изучаемые параметры баланса, значения сегментарного лордоза, определенного до и после открытого и/или минимального TLIF. Также оценивали особенности хирургической техники (стабилизация сегмента *in situ*, выполнение каких-либо корригирующих маневров, сегментарного релиза, тип межтелового кейджа, его положение) и особенности измерения сегментарного угла (изображения, техники измерения, значения сегментарного угла до и после вмешательства или объем коррекции угла).

### Результаты

Всего обнаружено 236 полнотекстовых научных статей, соответствующих исходно заявленным критериям, опубликованных за последние 5 лет. Далее из анализа были исключены исследования, в которых нет конкретного указания значений сегментарного лордоза до и после операции или объема коррекции сегментарного угла и 7 неоригинальных исследований (метаанализы, систематические обзоры).

Таким образом, в работу включили 17 источников, представленных ретроспективными исследованиями разного типа, оценивающими открытый TLIF и/или MIS-TLIF. Основные параметры этих источников представлены в табл.



Наиболее часто статьи представляли собой серию случаев ( $n = 7$ ) или ретроспективный анализ выполненных вмешательств ( $n = 10$ ). Проспективные исследования по изучению сегментарного угла при TLIF представлены сериями случаев без уточнения значений лордоза, поэтому в итоговый анализ не вошли. Количество пациентов в анализируемых случаях в исследованиях варьировало от 51 [29] до 192 [6].

Статьи в абсолютном большинстве посвящены сравнению результатов выполнения декомпрессивно-стабилизирующих вмешательств различными хирургическими технологиями межтелового спондилодеза (82,4%; 14/17):

- сравнение открытого или минимально-инвазивного TLIF с ALIF (17,65%; 3/17);
- сравнение с боковыми технологиями OLIF, XLIF, LLIF (35,3%; 6/17);
- сравнение с задними доступами PLIF, PLF (11,76%; 2/17);
- сравнение между собой (17,65%; 3/17).

Также обнаружены 4 (23,53%; 4/17) статьи, где проанализированы результаты однотипных вмешательств

открытого или минимально-инвазивного TLIF (серии клинических случаев) [17, 24, 25, 29]. Чаще исследовали исключительно моносегментарные вмешательства (82,4%, 14/17), но также встречались исследования, где изучали моно- и бисегментарные операции (17,65%; 13/17).

Варианты патологии, при которых выполнялись декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства, представляют собой всю палитру дегенеративных заболеваний позвоночника: дегенеративные спондилолистезы, дегенеративные стенозы позвоночного канала, грыжи межпозвонковых дисков, кисты дугоотростчатых суставов, сборная формулировка – «дегенеративные заболевания позвоночника», а также истмические спондилолистезы.

Что касается предоперационного обследования для оценки угловых параметров позвоночника, то только в одном исследовании авторы указали, что выполняли постуральную рентгенографию позвоночника в двух проекциях (при помощи EOS imaging platforms) [31], при этом не определяли параметры глобального сагиттального баланса; во всех остальных исследова-

ниях выполняли рентгенографию поясничного отдела позвоночника (с редким упоминанием, что в положении пациента стоя).

Ни в одном исследовании нет указания о предоперационном планировании декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства – расчете идеальных и фактических параметров регионального и/или глобального сагиттального баланса. Hung et al. [30] описали использование межтеловых кейджей большей высоты, чем высота диска, что можно считать вариантом предоперационного планирования. Berlin et al. [25] прямо сообщили, что целевое планирование сагиттальных параметров и воссоздания лордоза на момент сбора данных в клинике еще не проводилось.

Анализируя полученные разными авторами параметры сегментарного лордоза, мы выяснили еще одно чрезвычайно интересное наблюдение – применение различной техники измерения сегментарного угла. В статьях встречаются следующие варианты:

- измерение угла между смежными замыкательными пластинками позвоночно-двигательного сегмента [18]; некоторые авторы трактуют этот угол как сегментарный лордоз, другие – как дисковый угол [24] (рис. 2а);
- измерение угла между нижней замыкательной и верхней замыкательной пластинками позвоночно-двигательного сегмента [25] (рис. 2б).

В 13 анализируемых статьях измерение сегментарного угла проводили с включением тел позвонков по методу Cobb, в четырех статьях сегментарный угол определяли как «дисковый угол». Так как использовали различные методики измерения, эти исследования невозможно сопоставить между собой или как-либо усреднить.

Лордотические кейджи применялись в семи исследованиях (41,18%; 14/17) [19, 22, 23, 25, 29, 30, 32], нейтральные – в четырех (23,53%; 4/17) [17, 20, 23, 24], в том числе банановидные или почковидные – в четырех (23,53%; 4/17) [17, 20, 24, 29]; в прочих исследованиях указания на тип кейджа нет. Таким образом, оценка коррекции

Таблица  
Основные анализируемые параметры включенных в обзор статей

Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Детали хирургической техники	Сегментарный лордоз при методах TLIF * до операции, град. *	Сегментарный лордоз при методах TLIF * после операции, град. *
Martin et al. [17]	Дегенеративный стеноз и спондилолистез, n = 100; истмический спондилолистез, n = 1; фасеточные кисты, n = 4; грыжа диска, n = 2	MIS-TLIF	LL, SL с телами, DH (высота диска); измерение SL с телами, DA без тел	Банановидный кейдж, коррекция только столбом	SL с телами: MIS-TLIF 18,6 ± 6,4; 14,3 ± 5,7; DA без тел: MIS-TLIF 8,4 ± 4,2	SL с телами: MIS-TLIF 20,48; 18,68°
Li et al. [18]	Дегенеративный стеноз, n = 59; грыжа диска, n = 29	MIS-TLIF, O-TLIF	SL, DH; измерение SL без тел	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	Угол коррекции: ΔMIS-TLIF 2,5° (от -9° до 16°)	SL без тел: MIS-TLIF 10,24 ± 4,79; SL без тел: O-TLIF 12,34 ± 4,74
Wang et al. [6]	Дегенеративный спондилолистез, n = 192	TLIF, PLIF, OLIF	DH, DA, SL, LL; измерение SL L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> с телами, DA без тел	Тип кейджа не указан, положение кейджа кпереди	—	—
O'Connor et al. [19]	Дегенеративный и истмический спондилолистез, n = 98	ALIF, TLIF	LL, SL, PI, измерение SL с телами	Лордотический кейдж, корригирующие маневры не указаны	Угол коррекции: ΔSL 6,29 ± 1,9; ΔSL 0,93 ± 2,32	SL с телами: L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 16,78 ± 6,46; L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> 7,56 ± 4,08; L <sub>3</sub> -L <sub>4</sub> 5,46 ± 3,64
Kim et al. [20]	Дегенеративный спондилолистез, n = 113	LLIF, TLIF	SL, LL, PI, PI-LL; измерение SL без тел	Банановидный кейдж, положение кейджа кпереди, только непрямая декомпрессия	Угол коррекции: ΔTLIF 1,04 ± 4,34	—
Loubeyre et al. [21]	Дегенеративный спондилолистез, n = 103	TLIF, PLF	PI, PT, C <sub>7</sub> -ST, SSA, LL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан или без кейджа, иногда выполняли заднюю компрессию	SL с телами: TLIF 14,2 ± 6,6	SL с телами: TLIF 15,6 ± 8,9
Farber et al. [22]	Спондилолистез, спондилез, n = 108	MIS-TLIF, ALIF	SL, LL, DA, NH; измерение SL с телами, DA без тел	Лордотический кейдж, только непрямая декомпрессия	SL с телами: TLIF 19,1 ± 6,3; DA без тел: TLIF 8,8 ± 5,5	SL с телами; DA без тел: TLIF 21,1 ± 5,5; DA TLIF 11,7 ± 4,1
Yingsakmongkol et al. [23]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 90	MIS-TLIF, XLIF, OLIF	DH, FH, SL, LL; измерение SL с телами	Для TLIF прямой кейдж, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: MIS-TLIF 10,6 ± 5,93	SL с телами: MIS-TLIF 12,8 ± 6,0
Xie et al. [24]	Дегенеративный спондилолистез, n = 66; истмический спондилолистез, n = 59	Односторонний TLIF с редуцированной опорой	F/A; DH, FH, SL, IA; измерение SL с телами, IA без тел	Почковидный кейдж, положение кейджа кпереди, выполняли заднюю компрессию	SL с телами: L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> 18,96 ± 5,88; L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 29,10 ± 5,69; IA без тел: L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> 5,27 ± 3,26; L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 7,53 ± 4,40	SL с телами: L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> 19,89 ± 6,11; L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 31,43 ± 5,89; IA без тел: L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub> 6,58 ± 2,77; L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 9,90 ± 4,04
Berlin et al. [25]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 121	TLIF	SL, LL; измерение SL с телами	Лордотический кейдж, положение кейджа кпереди, дополнили остеотомией Schwab 2	SL с телами: 21,0 ± 7,2	SL с телами: 25,8 ± 6,0

Окончание таблицы Основные анализируемые параметры включенных в обзор статей						
Статья	Патология, количество пациентов	Хирургические техники	Параметры баланса и способ измерения сегментарного угла	Детали хирургической техники	Сегментарный лордоз при методиках TLIF до операции, град.*	Сегментарный лордоз при методиках TLIF после операции, град.*
Li et al. [26]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 63	OLIF, TLIF	DH, FH, SL, LL, PT, PI, SS; измерение fused segmental lordosis (FSL; с телами)	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	FSL с телами: TLIF 6,20 ± 3,27	FSL с телами: TLIF 7,20 ± 4,02
А.В. Спиридонов и др. [27]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 98	MIS-TLIF, O-TLIF	GLL, SLL, PI, PT, SS; измерение SLL = L <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> с телами, SL	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны	SLL с телами: L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 22,1 ± 8,9; 22,3 ± 8,6	SLL с телами: L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub> 20,2 ± 9,5; 24,9 ± 6,9
Zhu et al. [28]	Low grade дегенеративный спондилолистез, n = 112	MIS-TLIF, anterolateral LIF	DH, LL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан, выполняли заднюю компрессию	SL с телами: MIS-TLIF 14,7 ± 6,2	SL с телами: MIS-TLIF 16,9 ± 5,3
Khalifeh et al. [29]	Дегенеративный low grade спондилолистез, n = 51	MIS-TLIF	DH, FH, SL; измерение SL с телами	Банановидный кейдж, иногда лордотический или расширяемый, положение кейджа кпереди	SL с телами: общий 12,2 ± 8,8; статический кейдж 5,6 ± 3,3; расширяемый 13,7 ± 9,0	SL с телами: общий 16,5 ± 7,7; статический кейдж 9,9 ± 2,9; расширяемый 18,0 ± 7,7
Hung et al. [30]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 62	MIS-TLIF, OLLIF	SL, DH; измерение SL с телами	Лордотический буллет-кейдж, подбирался чем высота диска, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: MIS-TLIF 17,12 ± 8,73	SL с телами: MIS-TLIF 11,43 ± 5,89
Bassani et al. [31]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 72	ALIF, TLIF	PI, PT, SS, LL, LLL, SL; измерение SL с телами	Тип кейджа не указан, корригирующие маневры не указаны, постуральные рентгенограммы перед операцией (EOS imaging)	SL с телами: TLIF 19,8 ± 12,3	SL с телами: TLIF 22,9 ± 5,7
Oikonomidis et al. [32]	Дегенеративные заболевания поясничного отдела, n = 138	TLIF, PLIF	PI, PT, SS, LL, SL; измерение SL с телами	Лордотический кейдж при TLIF, корригирующие маневры не указаны	SL с телами: TLIF 21,7 ± 10,1	SL с телами: TLIF 25,9 ± 10,1

\* Значения сегментарного лордоза представлены только для открытого TLIF и/или минимально-инвазивного TLIF, описанных в источниках. ALIF – anterior lumbar interbody fusion (передний поясничный межтеловой спондилодез); AL (anterolateral) LIF – anterolateral lumbar interbody fusion (переднебоковой поясничный межтеловой спондилодез); MIS – minimally invasive surgery (минимально-инвазивная хирургия); TLIF – transforaminal lumbar interbody fusion (трансфораминальный поясничный межтеловой спондилодез); PLIF – posterior lumbar interbody fusion (задний поясничный межтеловой спондилодез); OLLIF – oblique lumbar interbody fusion (косой поясничный межтеловой спондилодез); SL – segmental lordosis; SA – sacral angle; LL – lumbar lordosis; SA – segmental angle; SL – lumbar lordosis; SA – sacral angle; PT – pelvic tilt; SS – sacral slope; PI – pelvic incidence; PT – pelvic tilt; SS – sacral slope; LL – lumbar lordosis; LLL – global lumbar lordosis; GLL – foramen height; SLL – (neuro) foramen height; GLL – global lumbar lordosis; LLL – lower lumbar lordosis; FJA – facet joint angle; C<sub>7</sub>ST – C<sub>7</sub> sagittal tilt; SSA – spinosacral angle.

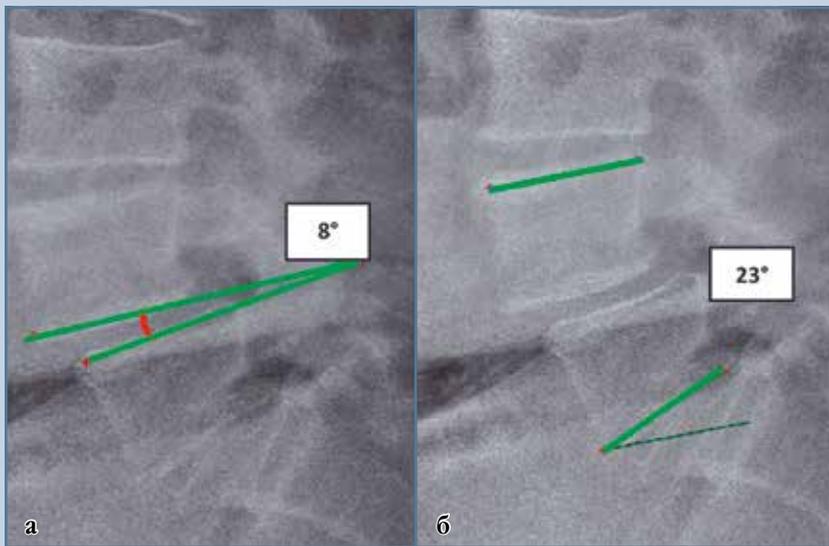


Рис. 2

Примеры измерения сегментарного угла без включения тел позвонков (а) и с включением тел позвонков (б) в измерение

сегментарного лордоза за счет применения кейджей различной формы проводилась в семи исследованиях (41,18 %; 7/17).

Berlin et al. [25] описывают, что дополнили стандартную технику TLIF остеотомией Schwab 2, что, безусловно, позволяет сформировать больший сегментарный угол [33], однако авторы достигли средней коррекции сегментарного лордоза только в  $4,8^\circ \pm 5,7^\circ$ . Сегментарный релиз не задокументирован ни в одном исследовании, другие интраоперационные корректирующие маневры представлены расположением кейджа в передней трети дискового пространства в пяти исследованиях (29,4 %; 5/17) [6, 20, 24, 25, 29], коррекцией при помощи операционного стола – в одном (5,9 %; 1/17) [17], задней контракцией по стержням транспедикулярной конструкции – в трех [24, 28], в том числе контракцией – только в некоторых случаях [21] ( $n = 3$ ; 17,65 %; 3/17). Обращает на себя внимание то, что в 10 исследованиях (58,8 %; 10/17) никакой интраоперационной коррекции сегментарного угла не проводилось, а только стабилизация сегмента *in situ*, хотя во всех статьях одним из основных параметров

оценки результата вмешательства являлось восстановление сегментарного лордоза.

В большинстве проанализированных статей описано увеличение или сохранение сегментарного лордоза после операции, кроме одного исследования, где отмечено уменьшение угла примерно на  $6^\circ$  после MIS-TLIF [30]. В другом исследовании объем коррекции при MIS-TLIF и использовании лордотических буллет-кейджей варьировал от  $-9^\circ$  до  $16^\circ$  [17], то есть в ряде случаев авторы получали послеоперационный сегментарный кифоз.

Наибольшие послеоперационные значения сегментарного лордоза ( $31,43^\circ \pm 5,89^\circ$ ) зарегистрированы при TLIF с интраоперационным выполнением корректирующих маневров [24], наименьшие – при открытом TLIF ( $5,46^\circ \pm 3,64^\circ$ ) на уровне L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> при использовании лордотических кейджей [19] и при открытом TLIF ( $7,2^\circ \pm 4,02^\circ$ ) со стабилизацией *in situ* [26]. Объем коррекции (разница сегментарного лордоза до и после вмешательства) составляет для минимально-инвазивного TLIF  $2,5^\circ$  (диапазон

от  $-9^\circ$  до  $16^\circ$ ) при интраоперационной коррекции столом [17], для открытого TLIF –  $1,04^\circ \pm 4,34^\circ$  при стабилизации без какой-либо коррекции [20], при общем значении динамики лордоза для TLIF, PLIF, OLIF (трех методик вместе) – от  $6,29^\circ \pm 1,9^\circ$  до  $0,93^\circ \pm 2,32^\circ$  [6]. Часто авторы представляют усредненное значение сегментарного лордоза всех оперируемых уровней, не делая разбивку по уровням вмешательства или типам поясничного лордоза. Таким образом, в оригинальных исследованиях объем коррекции различается также более чем в 4 раза.

## Обсуждение

В настоящее время происходит изменение стандартов применения металлофиксации при дегенеративных заболеваниях позвоночника – ее применение обосновано при необходимости коррекции угловых взаимоотношений в сегменте или во всем сагиттальном балансе позвоночника. Ранее показанием к выполнению стабилизирующих вмешательств являлось наличие нестабильности в сегменте позвоночника [3], однако по сей день нет четкого однозначного определения данной нозологии, поэтому применение здесь металлофиксации является дискуссионным.

Недоучет угловых параметров при выполнении металлофиксации на поясничном уровне может быть причиной развития дисбаланса после операции или формирования деформации *de novo* [34], привести к снижению качества жизни и увеличению послеоперационных болей [1], а также невозстановленный сегментарный лордоз является причиной ускоренной дегенерации на смежном с костным блоком сегменте [12, 32, 35]. В большинстве анализируемых статей достаточно затруднительно провести анализ возможностей коррекции TLIF из-за отсутствия или неструктурности данных, сложного изложения, а также разнообразия методов измерения и анализа данных [27].

*Предоперационное планирование, гармоничный профиль, уровни вмешательства.* Решение о необходи-

мости коррекции сегментарного угла выполняется на основании предоперационного планирования с измерением параметров сагиттального баланса [36]. Сагиттальный баланс оценивается по данным постуральной рентгенографии позвоночника [36, 37] или, что менее предпочтительно, по данным рентгенографии поясничного отдела позвоночника в положении пациента стоя с захватом проксимальных отделов бедренных костей, что позволяет оценить только позвоночно-тазовые параметры. Однако, несмотря на оценку угловых параметров в каждом из анализируемых источников, золотого стандарта диагностики нарушений сагиттального профиля нет: одни авторы использовали для оценки рентгенограммы поясничного отдела [17], другие – постуральные рентгенограммы [31], третьи – разные лучевые методы для разных групп больных [38].

Многие авторы [18, 21, 27, 29, 30, 32] приводят усредненные значения полученного сегментарного угла для всех оперированных уровней ( $L_1-S_1$ ). Создание лордоза на каждом из них целесообразно планировать в соответствии с его гармоничным распределением на всем поясничном отделе позвоночника и в соответствии с типами Roussouly, где на нижнепоясничный лордоз должно приходиться не менее 70 % от всего поясничного лордоза [39]; это позволит улучшить результаты хирургического лечения пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника. Однако ни в одной статье подобных данных о гармоничном распределении сегментарного лордоза до и/или после операции на поясничном уровне не представлено. Формирование сегментарного лордоза в  $25,9^\circ \pm 10,1^\circ$  на одном уровне из  $L_3-S_1$  [32] выглядит несколько опрочетливо без предварительных расчетов либо является недостатком методологии оценки параметров.

Изменения значения угла до  $4^\circ$  могут быть погрешностью метода угловых измерений [17], поэтому сообщения о такой разнице в сегментарном лордозе до и после операции

(объеме коррекции), представленные многими авторами [6, 17, 20, 21, 23, 24, 26–28], должны приниматься в расчет с большой осторожностью.

*Интероперационная коррекция.* При необходимости восстановления сегментарного угла целесообразно выполнять интраоперационные корригирующие маневры, поскольку изолированное применение лордотического кейджа не всегда создает желаемый сегментарный лордоз – даже при большом угле кейджа его формирование ограничено костно-связочными структурами [12]. При отсутствии интраоперационной коррекции мы считаем применение металлофиксации на поясничном уровне стабилизацией сегмента *in situ* и, судя по анализируемым источникам, такой практикой занимается абсолютное большинство оперирующих хирургов. Этим может быть объяснен такой незначительный объем коррекции только за счет применения лордотического кейджа или погрешности измерения сегментарного лордоза. Следует учитывать, что чем меньше значение сегментарного лордоза (чем больше сегментарный кифоз) до вмешательства, тем больший объем коррекции можно получить после операции [12, 29]. Таким образом, при выполнении одной и той же стандартной хирургической технологии TLIF, но с учетом предоперационного сегментарного угла (кифоза), объем коррекции сегментарного лордоза может значительно различаться, что мы и продемонстрировали нашими клиническими примерами. В качестве иллюстрации корригирующих возможностей одной и той же технологии приводим клинические примеры из нашей практики: выполнение открытого TLIF с одинаковыми корригирующими маневрами, но имеющими разный итоговый объем сегментарной коррекции.

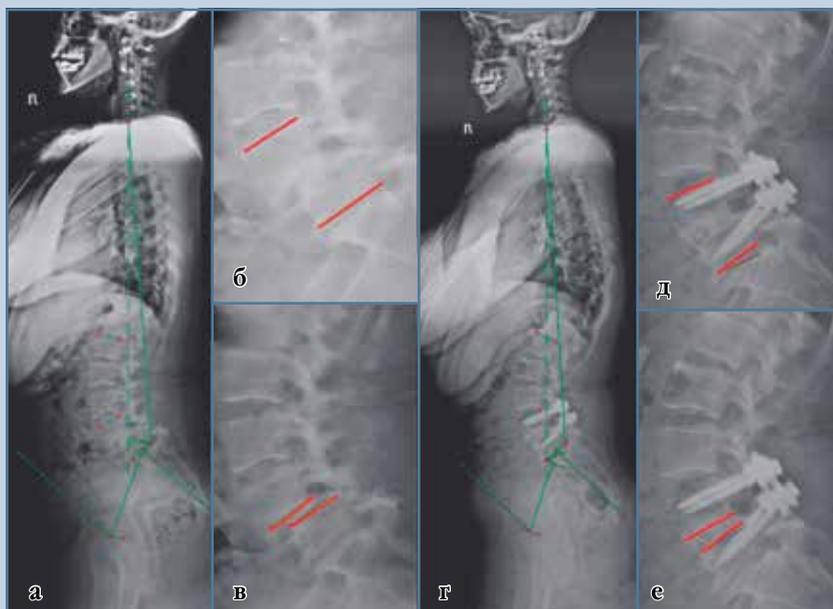
*Клинический пример 1.* Пациентка Е., 55 лет, поступила с синдромом полирадикулярной компрессии резистентным к консервативной терапии на протяжении 6 мес. Диагноз: распространенные дегенератив-

ные изменения поясничного отдела позвоночника; дегенеративный спондилолистез  $L_4$  I степени, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне  $L_4-L_5$  (Shizas C), сегментарная кифотическая деформация  $L_4-L_5$ ; синдром нейрогенной перемежающейся хромоты; синдром полирадикулярной компрессии.

Выполнено хирургическое лечение: декомпрессивная ламинэктомия  $L_4$ , транспедикулярная фиксация и трансфораминальный межтеловой спондилодез имплантатом на уровне  $L_4-L_5$ . Во время вмешательства выполнен редуцирующий маневр и контракция на стержнях с целью коррекции сагиттальной угловой деформации согласно предоперационному планированию. Радиологические параметры спустя два года после операции представлены в подписи к рис. 3. На протяжении всего срока наблюдения осложнений не отмечено, пациентка довольна результатом проведенного лечения.

*Клинический пример 2.* Пациентка С., 67 лет, поступила с нижним дистальным вялым умеренным парализом, синдромом полирадикулярной компрессии, резистентным к консервативной терапии на протяжении 4 мес. Диагноз: распространенные дегенеративные изменения поясничного отдела позвоночника; дегенеративный спондилолистез  $L_4$  I степени, дегенеративный стеноз позвоночного канала на уровне  $L_4-L_5$  (Shizas C); синдром нейрогенной перемежающейся хромоты; компрессионно-ишемическая полирадикулопатия.

Выполнено хирургическое лечение: декомпрессивная ламинэктомия  $L_4$ , транспедикулярная фиксация и трансфораминальный межтеловой спондилодез на уровне  $L_4-L_5$ . Во время вмешательства выполнен редуцирующий маневр и контракция на стержнях с целью коррекции сагиттальной угловой деформации согласно предоперационному планированию. Радиологические параметры спустя два года после операции представлены в подписи к рис. 4. Спустя 12 мес. после оперативного лечения отмечен регресс неврологическо-

**Рис. 3**

Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции) пациентки Е., 55 лет. Сагиттальные параметры до операции: PI – 64°, SVA – 32 мм, LL – 57°, LLL – 13° (а), SL с телами позвонков – 1° (б), SL без тел позвонков – –4,0° (в). Расчетные (оптимальные) параметры баланса для пациента: LL – 60°, LLL – 40°, SVA – ≤ 40 мм. Сагиттальные параметры спустя 2 года после операции: PI – 64°, SVA – 29 мм, LL – 66°, LLL – 23° (г), SL с телами позвонков 13° (д), SL без тел позвонков – 7° коррекция ~11° (е). С учетом сегментарного кифоза до операции достигнута значительная коррекция сегментарного угла и воссоздан сегментарный лордоз

го дефицита в виде восстановления силы всех групп мышц до пяти баллов. На протяжении срока наблюдения осложнений не отмечено, однако у пациентки сохранялся стойкий болевой синдром в поясничном отделе позвоночника (выше и ниже уровня вмешательства), не купируемый консервативной терапией, пациентка оценивает результат лечения как «несколько лучше, чем было изначально». Данное обстоятельство дважды потребовало проведения пункционных методов лечения. Резидуальный болевой синдром в нижних конечностях значительно уменьшается на фоне консервативной терапии.

Таким образом, клинические примеры показывают, что выполнение одинаковых хирургических методик и интероперационных корригиру-

ющих маневров привело к разным результатам при сравнении угловых параметров до и после операции: в первом случае получены хороший объем коррекции сегментарного угла (~11°) при маневре из кифоза в лордоз и гармонизация других угловых взаимоотношений, во втором – коррекции практически не было (~2°), стандартных корригирующих маневров по формированию еще большего лордоза было недостаточно. Исходные значения сегментарного угла (кифоз) во многом определяют достигаемый объем коррекции, несмотря на проведение корригирующих маневров при TLIF.

*Техника измерения, погрешность метода.* Сегментарный лордоз, или, как его называют некоторые авторы, «угол диска», является абсолютной величиной и не включает

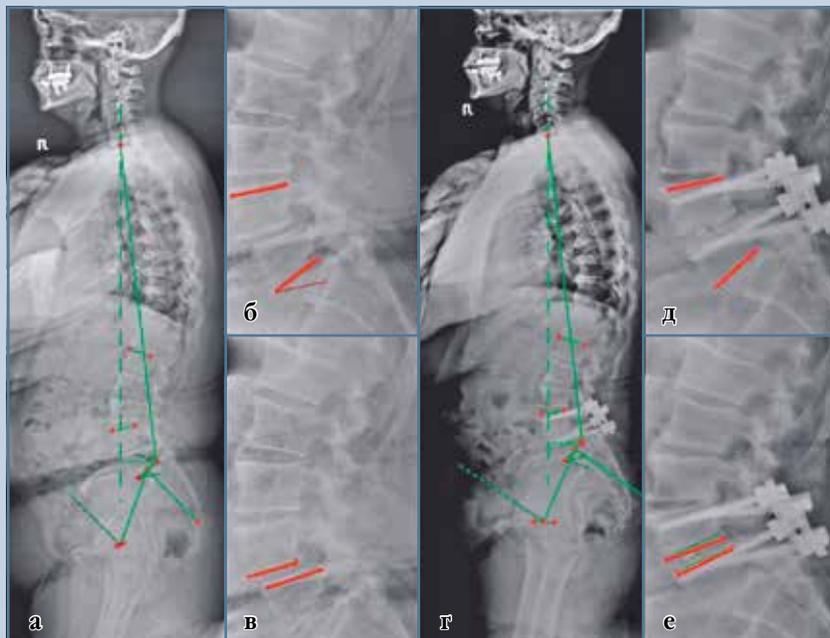
дополнительных структур, кроме объекта вмешательства при спондилодезе – межтелового промежутка. Тела позвонков имеют трапециевидную форму, угол между верхней и нижней замыкательными пластинками одного позвонка не является стандартным, типичным или постоянным. Сравнение значений сегментарного лордоза, полученных путем измерения угла Cobb с учетом тел позвонков у разных больных, не представляется возможным, только угол коррекции (разница между до- и послеоперационными значениями лордоза) в таком случае дает представление о корригирующих возможностях метода. Таким образом, создается большая гетерогенность методов оценки и их результатов, что затрудняет представление стороннего наблюдателя о формировании итогового лордоза.

Большой разброс значений сегментарного лордоза при выполнении TLIF вызывает недоумение. Высказано предположение, что столь существенные отличия связаны с различиями в технике выполнения отдельных этапов операции [40], в том числе коррекции или фиксации сегмента *in situ*. Однако на основе анализа литературы мы пришли к дополнительным выводам:

- во всех статьях коррекция сегментарного лордоза не являлась целью вмешательства; была ли в этом нужда – неизвестно, поскольку никто из авторов не рассчитывал фактические и/или гармоничные параметры сагиттального баланса;

- разные техники измерения сегментарного угла, исходное значение сегментарного угла (кифоз), уровни вмешательства не позволяют сопоставить результаты авторов между собой, поэтому выводы существующих метаанализов и систематических обзоров подлежат разумному сомнению.

Таким образом, корригирующие возможности TLIF еще нуждаются в уточнении. Необходимы проспективные исследования по единому протоколу, где предоперационное обследование больных, планирование



**Рис. 4**

Постуральная рентгенография позвоночника (сагиттальные проекции) пациентки С., 67 лет. Сагиттальные параметры до операции: PI – 68°, SVA – 50 мм, LL – 64°, LLL – 30° (а), SL с телами позвонков – 26° (б), SL без тел позвонков 1° (в). Расчетные (оптимальные) параметры баланса для пациента: LL – 61°, LLL – 40°, SVA ≤ 40 мм. Сагиттальные параметры спустя 2 года после операции: PI – 68°, SVA – 48 мм, LL – 69°, LLL – 35° (г), SL с телами позвонков – 26° (д), SL без тел позвонков – 3° (е). Несмотря на значимое увеличение LLL, значение SL практически не изменилось

вмешательства, интраоперационная техника выполнения коррекции, а также измерение угловых параметров будут проводиться согласно отработанным стандартам. Результаты таких исследований можно будет экстраполировать на другие центры и другие когорты пациентов.

*Ограничение исследования.* Данный обзор является несистематическим и сконцентрирован только на вопросах корригирующих возможностей открытого или минимально-инвазивного TLIF. Проведение систематического обзора гомогенных источников со стратификацией оши-

бок может предоставить данные более высокого уровня доказательности.

### Заключение

Корригирующие возможности открытого и минимально-инвазивного TLIF нуждаются в уточнении. Существующие данные литературы, в том числе высокодоказательных мета-анализов и систематических обзоров, не представляется возможным подвергнуть методичной и систематизированной оценке из-за различных целей хирургических вмешательств, неуточненных исходных значений сегментарного угла (кифоз), разных уровней вмешательства и отсутствия общепринятой/единой методологии оценки сегментарного угла. Как было выявлено, авторы используют множество вариаций TLIF, как с остеотомией, так и с фиксацией *in situ*, что, в свою очередь, приводит не только к сохранению недостаточного сегментарного угла, но даже к созданию локального кифоза. Необходимо проведение проспективных, в том числе мультицентровых, исследований, выполняемых по единому протоколу предоперационного обследования больных, планирования вмешательства, единой интраоперационной техники коррекции, а также измерения угловых параметров.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в про-*

### Литература/References

1. **Le Huec J, Faundez A, Dominguez D, Hoffmeyer P, Aunoble S.** Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review. *Int Orthop.* 2015;39:87–95. DOI: 10.1007/s00264-014-2516-6
2. **Lazennec JY, Ramaré S, Arafati N, Laudet CG, Gorin M, Roger B, Hansen S, Saillant G, Maurs L, Trabelsi R.** Sagittal alignment in lumbosacral fusion: relations between radiological parameters and pain. *Eur Spine J.* 2000;9:47–55. DOI: 10.1007/s005860050008
3. **Крутько А.В., Байков Е.С., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г.** Сегментарная нестабильность позвоночника: нерешенные вопросы. *Хирургия позвоночника.* 2017;14(3):74–83. [Krutko AV, Baikov ES, Kononov NA, Nazarenko AG. Segmental spinal instability: unsolved problems. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocbnika).* 2017;14(3):74–83]. DOI: 10.14531/ss2017.3.74-83 EDN: ZRUYKX
4. **Barrey C, Jund J, Noseda O, Roussouly P.** Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J.* 2007;16:1459–1467. DOI: 10.1007/s00586-006-0294-6

5. Tani Y, Naka N, Ono N, Kawashima K, Paku M, Ishihara M, Adachi T, Taniguchi S, Ando M, Saito T. Lumbar lordosis restoration by minimally invasive short-segment fusion with anterior column realignment for adult spinal deformity: minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2024;40:152–161. DOI: 10.3171/2023.9.SPINE23829
6. Wang D, Chen X, Han D, Wang W, Kong C, Lu S. Radiographic and surgery-related predictive factors for increased segmental lumbar lordosis following lumbar fusion surgery in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2024;33:2813–2823. DOI: 10.1007/s00586-024-08248-z
7. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine*. 2009;34:E599–E606. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219
8. Amaral R, Pokorny G, Marcelino F, Moriguchi R, Pokorny J, Barreira I, Mizael W, Yozo M, Fragoso S, Pimenta L. Lateral versus posterior approaches to treat degenerative lumbar pathologies - systematic review and meta-analysis of recent literature. *Eur Spine J*. 2023;32:1655–1677. DOI: 10.1007/s00586-023-07619-2
9. Kunadt M, Barleben L, Bttner-Janx K. One-level open vs. minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review and advanced meta-analytic assessment of prospective studies with at least two years follow-up. *Eur Spine J*. 2022;31:2557–2571. DOI: 10.1007/s00586-022-07223-w
10. Miller LE, Bhattacharyya S, Pracyk J. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for single-level degenerative disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *World Neurosurg*. 2020;133:358–365.e4. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.162
11. Sebaaly A, Kreichati G, Tarchichi J, Kharrat K, Daher M. Transforaminal lumbar interbody fusion using banana-shaped and straight cages: meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *Eur Spine J*. 2023;32:3158–3166. DOI: 10.1007/s00586-023-07797-z
12. Сангинов А.Д., Байков Е.С., Пелеганчук А.В., Маркин С.П., Леонова О.Н., Крутько А.В. Минимально инвазивный трансфораминальный межтеловой спондилодез и восстановление сегментарного и поясничного лордоза. *Современные проблемы науки и образования*. 2020;(4):149. [Sanginov AD, Baykov ES, Peleganchuk AV, Markin SP, Leonova ON, Krutko AV. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and restoration of segmental and lumbar lordosis. *Modern problems of science and education*. 2020;(4):149]. DOI: 10.17513/spno.29917 EDN: DAKKNL
13. Liu D, Huang X, Zhang C, Wang Q, Jiang H. Meta-analysis of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus oblique lumbar interbody fusion for treating lumbar degenerative diseases. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:891. DOI: 10.1186/s13018-024-05422-3
14. Ajiboye RM, Alas H, Mosich GM, Sharma A, Pourtaheri S. Radiographic and clinical outcomes of anterior and transforaminal lumbar interbody fusions: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Spine Surg*. 2018;31:E230–E238. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000549
15. Lechtholz-Zey EA, Ayad M, Gettleman BS, Mills ES, Shelby H, Ton A, Karakash WJ, Shah I, Wang JC, Alluri RK, Hah RJ. Changes in segmental and lumbar lordosis following lumbar interbody fusion: a systematic review and meta-analysis. *Clin Spine Surg*. 2025;38:294–303. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001728
16. Lin GX, He LR, Nan JN, Xu WB, Xiao K, Que Z, Jhang SW, Chen CM, Zhu MT, Rui G. Comparing outcomes of banana-shaped and straight cages in transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases: a systematic review and meta-analysis. *Neurospine*. 2024;21:261–272. DOI: 10.14245/ns.2347078.539
17. Martin C, Niu S, Whicker E, Ward L, Yoon ST. Radiographic factors affecting lordosis correction after transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral facetectomy. *Int J spine Surg*. 2020;14:681–686. DOI: 10.14444/7099
18. Li F, Li C, Xi X, Zeng Z, Ma B, Xie N, Wang H, Yu Y, Cheng L. Distinct fusion intersegmental parameters regarding local sagittal balance provide similar clinical outcomes: a comparative study of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. *BMC Surg*. 2020;20:97. DOI: 10.1186/s12893-020-00765-0
19. O'Connor B, Bansal A, Leveque JC, Drolet CE, Shen J, Nemani V, Canlas G, Louie PK. Early compensatory segmental angle changes at L3-L4 and L4-L5 after a L5-S1 interbody fusion for a grade 1 spondylolisthesis. *Spine*. 2024;49:865–872. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004845
20. Kim M, Kumar R, Drolet CE, Bs MA, Hanks T, Yamaguchi K, Krause K, Nemani VM, Leveque JC, Louie PK. What is the early fate of adjacent segmental lordosis compensation at L3-4 and L5-S1 following a lateral versus transforaminal lumbar Interbody Fusion at L4-5? *Eur Spine J*. 2024;33:3503–3508. DOI: 10.1007/s00586-024-08384-6
21. Loubeyre J, Ferrero E, Jmal MM, Guigui P, Khalif M. Surgical treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis: Effect of TLIIF and slip reduction on sagittal alignment. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2023;109:103541. DOI: 10.1016/j.otsr.2022.103541
22. Farber SH, Dugan RK, White MD, Walker CT, Neill LKO, Alan N, Zhou JJ, Turner JD, Tumial n LM, Uribe JS. A comparison of modern-era anterior lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion at the lumbosacral junction. *J Neurosurg Spine*. 2023;39:785–792. DOI: 10.3171/2023.5.SPINE221224
23. Yingsakmongkol W, Jitpakdee K, Varakornpipat P, Choentrakool C, Tanasansomboon T, Limthongkul W, Singhatanadgige W, Kotheeranurak V. Clinical and radiographic comparisons among minimally invasive lumbar interbody fusion: a comparison with three-way matching. *Asian Spine J*. 2022;16:712–722. DOI: 10.31616/asj.2021.0264
24. Xie H, Ouyang Z, Zhang H. Radiographic analysis of pedicle screw retractor-assisted transforaminal lumbar interbody fusion for single-segment spondylolisthesis in adults: a retrospective study and technical note. *Orthop Surg*. 2022;14:2219–2229. DOI: 10.1111/os.13441
25. Berlin C, Zang F, Halm H, Quante M. Preoperative lordosis in L4/5 predicts segmental lordosis correction achievable by transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2021;30:1277–1284. DOI: 10.1007/s00586-020-06710-2
26. Li R, Shao X, Li X, Liu Y, Jiang W. Comparison of clinical outcomes and spino-pelvic sagittal balance in degenerative lumbar spondylolisthesis: Minimally invasive oblique lumbar interbody fusion (OLIF) versus transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF). *Medicine (Baltimore)*. 2021;100:e23783. DOI: 10.1097/MD.00000000000023783
27. Спиридонов А.В., Пестряков Ю.Я., Калинин А.А., Бывальцев В.А. Анализ влияния параметров позвоночно-тазового баланса на риск развития дегенерации и дегенеративного заболевания смежных сегментов после проведения поясничной ригидной фиксации. *Инновационная медицина Кубани*. 2021;(3): 24–30. [Spiridonov AV, Pestryakov YuYa, Kalinin AA, Byvaltsev VA. Analysis of the influence parameters spino-pelvic balance on the risk of development degeneration and degenerative disease of adjacent segments after lumbar spine rigid fixation. *Innovative Medicine of Kuban*. 2021;(3):24–30]. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-23-3-24-30 EDN: FVMJWN
28. Zhu L, Wang P, Zhang L, Feng X, Zhang W. Comparison of minimally invasive transforaminal and anterolateral lumbar interbody fusion for treatment of low-grade lumbar spondylolisthesis. *Clin Spine Surg*. 2022;35:E285–E291. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001256
29. Khalifeh JM, Massie LW, Dibble CF, Dorward IG, Macki M, Khandpur U, Alshohatec K, Jain D, Chang V, Ray WZ. Decompression of lumbar central spinal canal stenosis following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Clin Spine Surg*. 2021;34:E439–E449. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001192

30. **Hung SF, Liao JC, Tsai TT, Li YD, Chiu PY, Hsieh MK, Kao FC.** Comparison of outcomes between indirect decompression of oblique lumbar interbody fusion and MIS-TLIF in one single-level lumbar spondylosis. *Sci Rep.* 2021;11:12783. DOI: 10.1038/s41598-021-92330-9
31. **Bassani R, Morselli C, Querenghi AM, Nuara A, Sconfienza LM, Peretti GM.** Functional and radiological outcome of anterior retroperitoneal versus posterior transforaminal interbody fusion in the management of single-level lumbar degenerative disease. *Neurosurg Focus.* 2020;49:E2. DOI: 10.3171/2020.6.FOCUS20374
32. **Oikonomidis S, Heck V, Bantle S, Scheyerer MJ, Hofstetter C, Budde S, Eysel P, Bredow J.** Impact of lordotic cages in the restoration of spinopelvic parameters after dorsal lumbar interbody fusion: a retrospective case control study. *Int Orthop.* 2020;44:2665–2672. DOI: 10.1007/s00264-020-04719-2
33. **Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V.** The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery.* 2014;74:112–120. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001820.
34. **Климов В.С., Халепа Р.В., Амелина Е.В., Евсюков А.В., Кривошапкин А.Л., Рябых С.О.** Синдромальная оценка дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника у пациентов пожилого и старческого возраста. *Травматология и ортопедия России.* 2023;29(3):31–45. [Klimov VS, Khalepa RV, Amelina EV, Evsukov AV, Krivoshapkin AL, Ryabikh SO. Syndromic assessment of degenerative disorders of the lumbar spine in elderly patients. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2023;29(3):31–45]. DOI: 10.17816/2311-2905-12024 EDN: GKVIBG
35. **Tian H, Wu A, Guo M, Zhang K, Chen C, Li X, Cheng X, Zhou T, Murray SS, Sun X, Zhao J.** Adequate restoration of disc height and segmental lordosis by lumbar interbody fusion decreases adjacent segment degeneration. *World Neurosurg.* 2018;118:e856–e864. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.075
36. **Крутько А.В., Рерих В.В., Прохоренко В.М., Леонова О.Н.** Нарушение сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника. Новосибирск, 2020. [Krutko AV, Rerikh VV, Prokhorenko VM, Leonova ON. *Violation of the Sagittal Balance in Diseases and Injuries of the Spine: a textbook.* Novosibirsk, 2020]. EDN: DXCFPO
37. **Le Huec JC, Leijssen P, Duarte M, Aunoble S.** Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:669–680. DOI: 10.1007/s00586-011-1935-y
38. **Сериков В.В., Мануковский В.А., Виссарионов С.В., Тамаев Т.И., Афанасьева И.С.** Нейроортопедический подход в лечении дегенеративных стенозов при короткосегментных декомпрессивно стабилизирующих вмешательствах на нижнепоясничном отделе позвоночника. *Современные проблемы нау-*
- ки и образования.* 2023;(1):37–37. [Serikov VV, Manukovskiy VA, Vissarionov SV, Tamaev TI, Afanaseva IS. Neuroorthopedic approach in the degenerative stenosis treatment with short-segment decompression and fusion on the lower lumbar spine. *Modern Problems of Science and Education.* 2023;(1):37–37]. DOI: 10.17513/spno.32403 EDN: EUOAEW
39. **Pizones J, Moreno-Manzanaro L, Sánchez Pérez-Grueso FJ, Vila-Casademunt A, Yilgor C, Obeid I, Alanay A, Kleinst ck F, Acaroglu ER, Pellis F.** Restoring the ideal Roussouly sagittal profile in adult scoliosis surgery decreases the risk of mechanical complications. *Eur Spine J.* 2020;29:54–62. DOI: 10.1007/s00586-019-06176-x
40. **Алейник А.А., Млявых С.Г., Бокон А.Е., Тарамженин М.В.** Влияние локального лордозующего трансфораминального межтелового спондилодеза на смежные сегменты и позвоночно-тазовые отношения. Рентгенологическое исследование. *Гений Ортопедии.* 2018;24(3):341–348. [Aleinik A, Mliavykh S, Bokov A, Taramzhenin M. Influence of local lordosing transforaminal lumbar interbody fusion on adjacent segments and spino-pelvic relationships. Radiographic study. *Genij Ortopedii.* 2018;24(3):341–348]. DOI: 10.18019/1028-4427-2018-24-3-341-348 EDN: XZLFRJ

**Адрес для переписки:**

Кузьмин Никита Сергеевич  
115172, Россия, Москва, Новоспасский переулок, 9,  
НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова,  
nikkuzmin1997@gmail.com

**Address correspondence to:**

Kuzmin Nikita Sergeevich  
National Medical Research Center  
of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov,  
9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia,  
nikkuzmin1997@gmail.com

Статья поступила в редакцию 01.06.2025

Рецензирование пройдено 08.08.2025

Подписано в печать 12.08.2025

Received 01.06.2025

Review completed 08.08.2025

Passed for printing 12.08.2025

Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук, ученый секретарь, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, onleonova@gmail.com;  
Никита Сергеевич Кузьмин, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 2978-5700, ORCID: 0009-0007-7447-024X, nikkuzmin1997@gmail.com;  
Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук, врач-нейрохирург отделения хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajk@mail.ru;  
Александр Владимирович Крутько, д-р мед. наук, заведующий отделением хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский переулок, 9, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.

*Olga Nikolayevna Leonova, MD, PhD, scientific secretary, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, onleonova@gmail.com;*

*Nikita Sergeevich Kuzmin, MD, orthopedic traumatologist, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 2978-5700, ORCID: 0009-0007-7447-024X, nikkuzmin1997@gmail.com;*

*Evgenii Sergeevich Baykov, MD, PhD, neurosurgeon, Department of spine surgery, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Evgen-bajk@mail.ru;*

*Aleksandr Vladimirovich Krutko, DMSc, head of Department of spine surgery, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru.*



# ЭПИДУРАЛЬНЫЙ ФИБРОЗ И ЕГО РОЛЬ В СТРУКТУРЕ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ПОВТОРНЫХ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ

А.П. Животенко<sup>1</sup>, В.А. Сороковиков<sup>1,2</sup>, С.Н. Ларионов<sup>1</sup>, И.А. Шурыгина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Иркутск, Россия;

<sup>2</sup>Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования — филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Иркутск, Россия

**Цель исследования.** Многофакторная оценка риска интраоперационного повреждения твердой мозговой оболочки (ТМО) у пациентов, перенесших первичные и повторные вмешательства на поясничном отделе позвоночника.

**Материал и методы.** Проведен ретроспективный сравнительный анализ данных двух групп пациентов, перенесших повторное ( $n = 144$ ) и первичное ( $n = 153$ ) хирургическое лечение по поводу дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. Все операции выполняли два опытных хирурга с использованием стандартного заднего доступа, интраоперационной флюороскопии, микрохирургической техники и бинокулярного увеличения. Анализировали интраоперационные (наличие спаек, повреждение ТМО, продолжительность операции, кровопотеря, доступ, стабилизация) и клинико-anamnestические (пол, возраст, индекс массы тела, диагноз, гемотрансфузия, ревизии) данные. Повреждение ТМО оценивали интраоперационно, при ревизии и по данным МРТ. Статистический анализ проводили с применением модели бинарной логистической регрессии.

**Результаты.** При повторных операциях эпидуральный фиброз встречался у 92,36 % пациентов, что значимо повышало риск повреждения ТМО в сравнении с первичными вмешательствами (15,2 % против 1,9 %;  $p < 0,001$ ). Согласно многофакторному анализу, объем хирургического доступа не оказывает статистически значимого влияния на повреждение ТМО, наличие фиброза увеличивает риск повреждения в 4 раза, тогда как стабилизация позвоночника снижает его в 6 раз. Влияние времени операции на риск повреждения ТМО статистически не доказано. Основное ограничение исследования — недостаточный послеоперационный МРТ-скрининг, что может привести к недооценке частоты осложнений.

**Заключение.** Эпидуральный фиброз — ключевой фактор риска повреждения ТМО при ревизионных операциях. Его профилактика является острой проблемой хирургии дорсопатий поясничного отдела позвоночника.

**Ключевые слова:** повреждение твердой мозговой оболочки; осложнения; эпидуральный фиброз; синдром неудачно оперированного позвоночника; повторные хирургические вмешательства; ревизионная хирургия.

**Для цитирования:** Животенко А.П., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Шурыгина И.А. Эпидуральный фиброз и его роль в структуре осложнений при повторных оперативных вмешательствах на поясничном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 79–88.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.79-88>

## EPIDURAL FIBROSIS AND ITS ROLE IN THE STRUCTURE OF COMPLICATIONS IN REPEATED SURGICAL INTERVENTIONS ON THE LUMBAR SPINE

A.P. Zhivotenko<sup>1</sup>, V.A. Sorokovikov<sup>1,2</sup>, S.N. Larionov<sup>1</sup>, I.A. Shurygina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia;

<sup>2</sup>Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Irkutsk, Russia

**Objective.** To conduct a multifactorial assessment of the risks of intraoperative damage to the dura mater (DM) in patients who underwent primary and repeated interventions on the lumbar spine.

**Material and Methods.** A retrospective comparative analysis of data from two groups of patients who underwent repeated ( $n = 144$ ) and primary ( $n = 153$ ) surgery for degenerative diseases of the lumbar spine was conducted. All surgeries were performed by two experienced surgeons using a standard posterior approach, intraoperative fluoroscopy, microsurgical techniques and binocular magnification. Intraoperative (presence of adhesions, damage to the dura mater, duration of surgery, blood loss, approach and stabilization) and clinical and anamnestic data (gender, age, body mass index, diagnosis, blood transfusion and revisions) were analyzed. Damage to the dura mater was assessed intraoperatively, during revision and based on MRI data. Statistical analysis was performed using the binary logistic regression model.

**Results.** In repeated surgeries, epidural fibrosis was observed in 92.36% of patients, which significantly increased the risk of dura mater injury as compared to primary surgeries (15.2% vs. 1.9%;  $p < 0.001$ ). According to multivariate analysis, the extent of surgical access does not have a statistically significant effect on dura mater injury. The presence of fibrosis increases the risk of injury by 4 times, while spine stabilization reduces it by 6 times. The effect of surgery duration on the risk of dura mater injury was not statistically proven. The main limitation of the study is the insufficient postoperative MRI screening, which may lead to the underestimation of the incidence of complications.

**Conclusion.** Epidural fibrosis is a key risk factor for damage to the dura mater during revision surgery. Its prevention is a pressing issue in surgery for lumbar spine dorsopathies.

**Key Words:** damage to the dura mater; complications; epidural fibrosis; failed back surgery syndrome; repeated surgical interventions; revision surgery.

Please cite this paper as: Zhivotenko AP, Sorokovikov VA, Larionov SN, Shurygina IA. Epidural fibrosis and its role in the structure of complications in repeated surgical interventions on the lumbar spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(3):79–88. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.79-88>

Оперативные вмешательства у пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника всегда сопряжены с рисками ревизионной хирургии и рецидивом болевых синдромов [1–4]. Эффективность первичных операций редко превышает 50 %, причем рецидив боли у повторно оперированных пациентов связан с эпидуральным фиброзом, выявляемым в 95,6 % случаев при эпидуроскопии, тогда как при традиционной МРТ он обнаруживается лишь в 16,1 % случаев [5–7]. Различия результатов интроскопических технологий и видеомониторинга подтверждают Dessouky et al. [8], согласно которым широкое внедрение новых диагностических методик, таких как магнитно-резонансная нейрография (МРН), у 40–67 % пациентов приводит к улучшению исходов лечения за счет изменения тактики лечения и, соответственно, снижения частоты повторных операций. В свою очередь, Amirdelfan et al. [9] показали ограниченную эффективность как фармакотерапии, так и повторных хирургических вмешательств при синдроме неудачно оперированного позвоночника (СНОП). В отличие от них, активная реабилитация и стимуляционные методы демонстрируют лучшие результаты [6, 10, 11]. Так, стимуляция спинного мозга превосходит по долгосрочному эффекту как медикаментозное лечение, так и ревизионные операции [11]. Не менее важно, что ревизионные вмешательства не только снижают удовлетворенность пациентов, но и повышают риск интраоперационных осложнений, что связано с техническими сложностями, вызванными эпидуральным фиброзом, который затрудняет доступ к оперируемой зоне и увеличивает травматичность процедур.

Авторы настоящей работы ранее опубликовали данные ретроспективного анализа частоты и структуры осложнений у пациентов, оперированных повторно и первично [12]. Недостатком работы являлась несопоставимость групп по хирургической технике, что потребовало расширенной и дополнительной статистической обработки материала для определения силы влияния и взаимосвязи ключевых факторов риска повреждения твердой мозговой оболочки (ТМО). В связи с этим в дополнительно проведенном анализе поставлена цель количественно оценить отношение шансов (ОШ) для каждого ключевого фактора в собственном массиве данных с использованием модели бинарной логистической регрессии.

Цель исследования – многофакторная оценка риска интраоперационного повреждения ТМО у пациентов, перенесших первичные и повторные вмешательства на поясничном отделе позвоночника.

### Материал и методы

Дизайн исследования – ретроспективное сравнение двух групп пациентов с оцениваемыми параметрами, перенесших хирургическое вмешательство по поводу дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника (рис. 1). Исследование охватило 144 пациента, повторно оперированных в 2010–2020 гг., и 153 пациента с первичными вмешательствами, выполненными в 2015 г. Операции проводили два опытных хирурга с использованием заднего доступа к позвоночному каналу с интраоперационным флюороскопическим контролем, декомпрессией позвоночного канала под бинокулярной оптикой

с 3,5-кратным увеличением и использованием микрохирургического инструментария и электронно-оптического преобразователя при установке транспедикулярных винтов.

Из медицинской документации извлекли следующие параметры:

- интраоперационные показатели: по операционным журналам отмечали указания на наличие рубцово-спаечных изменений в эпидуральном пространстве, факты нарушения целостности ТМО, длительность вмешательства, объем кровопотери, вид хирургического доступа к позвоночному каналу (трансламинарный, гемиламинэктомия, ламинэктомия), применение стабилизирующих транспедикулярных систем фиксации или их отсутствие;

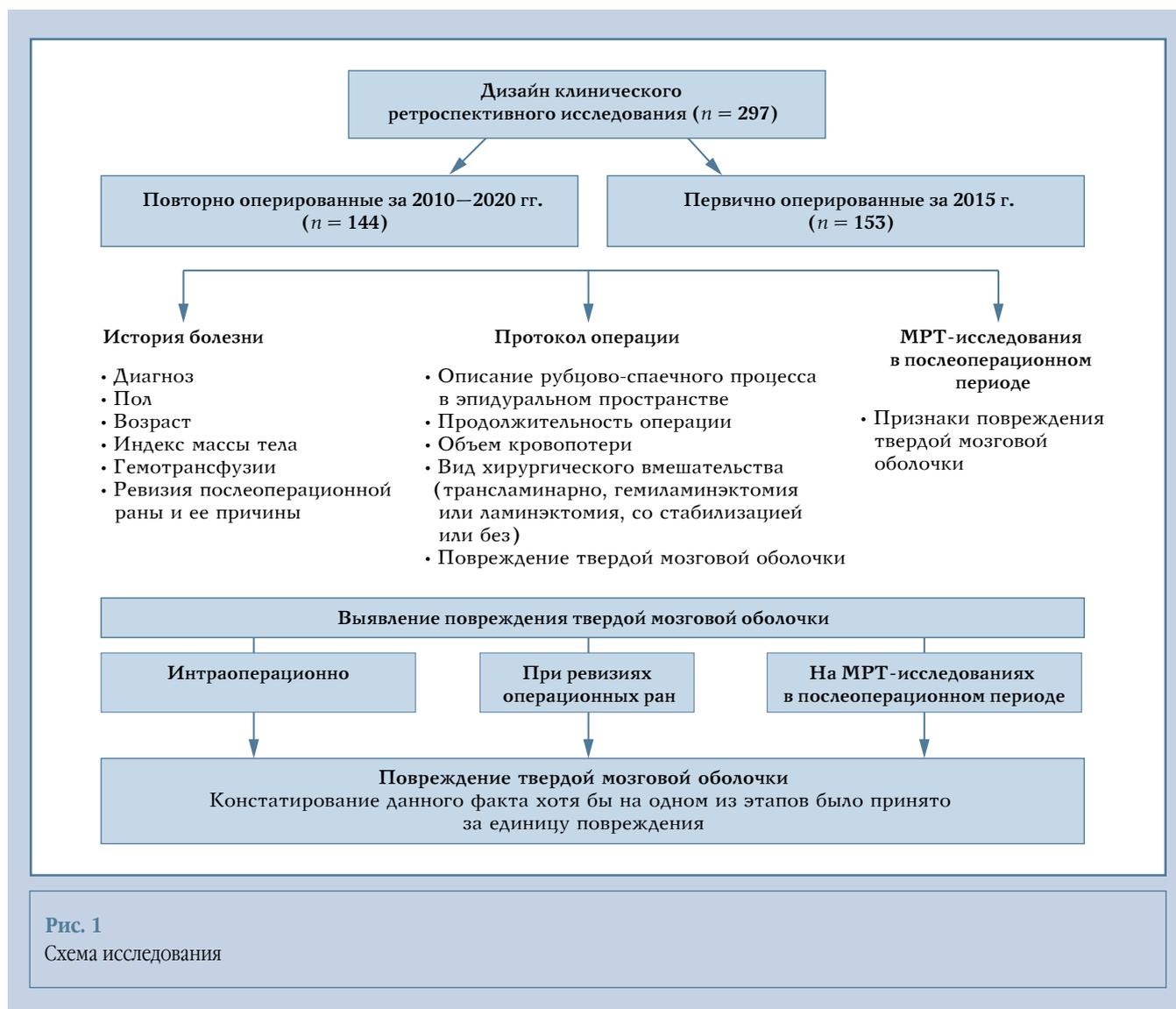
- клинико-анамнестические данные: пол, возраст, индекс массы тела (ИМТ), нозологическая форма заболевания, использование гемотрансфузии, причины ревизии послеоперационной раны;

- МРТ-исследования в послеоперационном периоде: проводилась оценка МРТ-признаков повреждения ТМО.

Из базы данных клиники Иркутского научного центра хирургии и травматологии ретроспективно отобрали МРТ-исследования пациентов, проходивших рекомендованное плановое амбулаторное наблюдение после выписки из стационара, с использованием их идентификационных данных (ФИО и дата рождения).

Повреждение ТМО фиксировали на трех этапах – интраоперационно, при ревизии раны или по результатам послеоперационной МРТ-визуализации. Подтвержденным считалось наличие факта повреждения на любом из этих этапов.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Иркутско-



го научного центра хирургии и травматологии (протокол № 1 от 22.01.2019).

**Статистический анализ.** Статистическую обработку проводили при помощи программы Statistica 10.0. Данные представлены в виде количественного и процентного соотношения, среднего значения, стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ) и медианой (25; 75) в группах. Различия между группами оценивали с использованием коэффициента Пирсона  $\chi^2$  и по критерию Манна – Уитни ( $U$ -критерий). Провели многофакторный анализ с использованием модели бинарной логистической регрессии с оценкой риска повреждения ТМО при вмешивающихся факторах в группах пациентов, прооперированных

повторно и первично. Модели построены с помощью языка программирования R версии 4.3.3 в программе RStudio версии 2023.12.1 Build 402.

### Результаты

При сравнении показателей анализируемых групп установлена их сопоставимость по полу и возрасту, однако отмечены отличия по нозологическим формам дегенеративной патологии: у повторно оперированных пациентов преобладал дегенеративный стеноз позвоночного канала (код по МКБ-10 M99.0, M99.5, M48.0), в то время как у оперированных первично – грыжа межпозвонкового диска (M51.1).

Повторные операции характеризовались значительно более высокой частотой интраоперационного эпидурального фиброза (92,36 %) и повреждений ТМО (15,2 %) по сравнению с первичными (1,9 %). Кроме того, повторные операции сопровождалась увеличением продолжительности хирургического вмешательства, объема кровопотери и, как следствие, более частыми гемотрансфузиями. Статистический анализ ( $p < 0,001$ ) подтвердил значимые различия в частоте повреждений ТМО (рис. 2).

Статистически значимых различий в частоте ревизионных операций при сравнении групп не выявлено ( $p = 0,409$ ): ревизия потребовалась



Рис. 2 Повреждения твердой мозговой оболочки (ТМО) в группах

8,33 % (12 из 144) пациентов с повторными операциями и 5,88 % (9 из 153) – с первичными. В то же время различия между группами отмечены в профиле причин таких операций: в группе повторно оперированных, помимо гематом (50,00 %; 6 случаев), зафиксированы ликворея (16,67 %; 2 случая), псевдоменингоцеле (16,67 %; 2 случая) и нагноение раны (16,67%; 2 случая), тогда как в группе первично оперированных преобладали гематомы (77,78 %; 7 случаев) и необходимость дополнительной декомпрессии с коррекцией фиксации (22,22 %; 2 случая).

Поскольку повторные операции более травматичны, чем первичные, пациенты были разделены на подгруппы для нивелирования разницы между

сопоставляемыми группами. Разделение проводили по виду хирургического доступа (трансламинарный, гемиламинэктомия или ламинэктомия) и наличию/отсутствию использования стабилизирующих транспедикулярных систем позвоночника во время оперативного вмешательства.

При анализе данных по инструментальной стабилизации позвоночника установлено различие групп по частоте применения изолированных систем транспедикулярной фиксации (ТПФ) при отсутствии различий по частоте комбинации ТПФ и кейджа: так, при повторных и первичных операциях ТПФ проведена в 106 и 136 (73,61 % и 88,89 %) случаях соответственно ( $p < 0,0001$ ),

в то время как ТПФ с кейджем – в 34 и 57 (32,08 % и 41,91 %) операциях ( $p = 0,1171$ ). В связи с этими результатами сформирована подгруппа «стабилизация». Дальнейший анализ проводили для выявления различий между этими подгруппами по следующим параметрам: объем интраоперационной кровопотери, продолжительность хирургического вмешательства и частота повреждения ТМО. Статистический анализ продемонстрировал достоверные различия ( $p < 0,001$ ) для пациентов со стабилизацией позвоночника по всем исследуемым параметрам. Также выявлены значимые различия в подгруппах с гемиламинэктомией и ламинэктомией (табл. 1, 2).

На основании полученных данных можно заключить, что эпидуральный фиброз как частое следствие перенесенных хирургических вмешательств следует рассматривать в качестве важного предиктора осложнений повторных операций, включая интраоперационное повреждение ТМО, увеличение продолжительности вмешательства и объема кровопотери. Во время повторных операций повреждение ТМО было зафиксировано в 16 случаях. В двух из четырех случаев ревизионных вмешательств возникшие дефекты ТМО не были диагностированы интраоперационно, что привело к формированию псевдоменингоцеле. Анализ данных послео-

Таблица 1

Объем кровопотери, продолжительность операции и повреждение твердой мозговой оболочки в подгруппах пациентов со стабилизацией и без стабилизации

Параметры	Стабилизация		p	Без стабилизации		p
	повторно оперированные (n = 106)	первично оперированные (n = 136)		повторно оперированные (n = 38)	первично оперированные (n = 17)	
Кровопотеря, мл	352,50 ± 269,50 250 [150; 500]	191,18 ± 134,56 200 [100; 200]	<0,000 <sup>2</sup>	241,32 ± 216,36 150 [150; 300]	155,88 ± 160,94 50 [100; 200]	0,035 <sup>2</sup>
Время операции, мин	137,40 ± 48,00 132 [100; 160]	100,00 ± 23,89 95 [80; 115]	<0,001 <sup>2</sup>	82,89 ± 25,62 75 [60; 100]	65,88 ± 21,52 60 [55; 65]	0,009 <sup>2</sup>
Повреждение твердой мозговой оболочки, n (%)	15 (14,15)	2 (1,60)	<0,001 <sup>1</sup>	7 (18,42)	1 (5,88)	0,192 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Коэффициент Пирсона  $\chi^2$ ; <sup>2</sup> критерий Манна – Уитни (U-test).

Таблица 2  
Объем кровопотери, продолжительность операции и повреждение твердой мозговой оболочки в подгруппах гемиламинэктомии, ламинэктомии и трансламинарного доступа

Параметры	Гемиламинэктомия		Ламинэктомия		Трансламинарный доступ		p
	повторно оперированные (n = 41)	первично оперированные (n = 85)	повторно оперированные (n = 93)	первично оперированные (n = 58)	повторно оперированные (n = 10)	первично оперированные (n = 10)	
Кровопотеря, мл	232,9 ± 191,9 150 [150; 200]	170,00 ± 156,54 150 [100; 200]	380,9 ± 278,4 300 [200; 500]	230,2 ± 133,8 200 [150; 250]	155 ± 130,1 125 [100; 150]	85 ± 78,35 50 [50; 100]	0,045 <sup>2</sup>
Время операции, мин	88,65 ± 28,12 85 [75; 100]	91,41 ± 21,71 85 [75; 100]	142,6 ± 48 140 [110; 160]	109 ± 24,7 105 [90; 125]	82 ± 23,83 85 [70; 90]	63,5 ± 24,84 57,5 [50; 60]	0,064 <sup>2</sup>
Повреждение твердой мозговой оболочки, n (%)	5 (12,2)	2 (2,4)	17 (18,28)	0	0	1 (10)	0,305 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Коэффициент Пирсона  $\chi^2$ ; <sup>2</sup> критерий Манна – Уитни (U-test).

перационных МРТ выявил признаки повреждения ТМО у шести пациентов, перенесших повторные операции. Особый интерес представляют 2 случая: несмотря на ревизию раны, выполненную ранее по поводу гематомы, интраоперационно дефекты ТМО не были обнаружены, однако на МРТ визуализировалось радикулоцеле (рис. 3). Полученные результаты подтверждают статистически значимую ассоциированность повторных операций с повышенным риском повреждения ТМО ( $p < 0,001$ ).

Основным ограничением исследования явилось отсутствие системного послеоперационного МРТ-скрининга. Контрольные МРТ-исследования выполнены лишь у части пациентов после повторных и первичных операций – 49 и 36 (34,03 % и 23,53 %

соответственно). Отсутствие статистически значимых различий между группами ( $p = 0,405$ ) позволило прогнозировать вероятность повреждения ТМО при расширении МРТ-мониторинга. Из 297 случаев интраоперационно повреждение ТМО зафиксировано в 19, тогда как среди 85 послеоперационных МРТ признаки дефекта выявлены в 6 случаях. Расчеты продемонстрировали, что по данным МРТ общая вероятность повреждения ТМО составила 7,06 % ( $\approx 15$  пациентов); 0,00 % в группе первичных операций; 12,24 % ( $\approx 12$  пациентов) – в группе повторных.

Также существенным ограничением исследования явилась невозможность анализа протяженности и степени эпидурального фиброза из-за отсутствия предоперационных



Рис. 3

МРТ в аксиальной, сагиттальной и фронтальной проекциях в T2-взвешенном изображении: стрелкой показано радикулоцеле

МРТ-данных, даже с учетом ограниченной чувствительности и специфичности этого метода верификации фиброза [7, 8], а также из-за недостаточной детализации информации в операционных журналах и анализируемых ретроспективных данных.

В связи с оцененными ограничениями достоверности дополнительно провели многофакторный анализ с использованием модели бинарной логистической регрессии с оценкой риска повреждения ТМО при вмешивающихся факторах в группах пациентов, оперированных повторно и первично.

При бинарном отклике (в нашем случае повреждение ТМО является бинарным и принимает два значения: 0 – повреждение отсутствует, 1 – повреждение есть) для исследования влияния факторов на отклик используют модели логистической регрессии. Регрессионной моделью называют уравнение, в котором зависимая переменная представлена в виде функции от независимых переменных (факторов, предикторов). Модель логистической регрессии отличается от регрессионной модели тем, что для нее используется трансформация регрессионного уравнения с помощью логистической функции. Это делается, чтобы в качестве отклика можно было получать только два значения: 0 и 1.

Логистическая регрессия предсказывает не конкретное число, а вероятность того, что событие произойдет. Чтобы превратить эту вероятность в четкий ответ «да» (1) или «нет» (0), используют порог отсечения. Если вероятность больше 50 % – ответ «да», меньше – «нет». Чтобы понять, насколько сильно каждый фактор влияет на вероятность, используют ОШ. Таким образом, ОШ – это простой и понятный способ измерить силу и направление влияния каждого фактора на интересующий нас исход.

Поставлена задача исследовать связь повреждения ТМО и сопутствующих факторов, таких как наличие рубца, объем операции (вид доступа в позвоночный канал), наличие стабилизации, продолжительность

операции. Особенностью признаков «наличие рубца» и «наличие стабилизации» является их дихотомический характер – выполнена регистрация значений признаков на двух уровнях: 0 и 1. Признак объема операции является категориальным признаком и может принимать три значения: 0 – гемиламинэктомия; 1 – ламинэктомия; 2 – трансламинарный доступ. Продолжительность операции – количественный признак (время операции в минутах). Дихотомический характер признаков-факторов, а также признака-отклика определил выбор инструмента логистической регрессии в качестве математико-статистического аппарата для моделирования вероятности развития повреждения ТМО в зависимости от значений признаков-факторов. Модели построены с целью прогнозировать риск повреждения ТМО.

На модели логистической регрессии изучили взаимосвязь объема операции (вид доступа в позвоночный канал) с риском повреждения ТМО в группах, выделенных по признаку первичной и повторной операций на поясничном отделе позвоночника. Для этого сначала выделили группу

первично оперированных (153 человека) и построили модель логистической регрессии.

Полученная модель описывает связь объема операции и вероятности повреждения ТМО. Значимый здесь свободный член  $a_0 = 3,725$ : полученное значение коэффициента указывает на то, что вне зависимости от объема операции повреждение ТМО в группе первичных пациентов возникает крайне редко. ОШ для свободного члена вычислено для значения фактора  $X_1 = 0$  (то есть доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии). Другие виды операции доступа в позвоночный канал не показали значимого влияния на отклик. Как видно из коэффициентов и их значимости, ни один из показателей фактора не является значимым, следовательно в группе первично оперированных статистическая связь между объемом операции и наличием повреждения ТМО не была обнаружена. ОШ для свободного члена равно 0,024; доверительный интервал (ДИ): [0,004; 0,076] (табл. 3).

В группе повторно оперированных (144 пациента) также построена модель логистической регрессии

Таблица 3

Показатели модели логистической регрессии в группе первично оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
$a_0$ , свободный член	-3,725	-5,529; -2,573	0,024	1,92e-07*
Ламинэктомия	-16,840	NA; 373,267	0,000	0,994
Трансламинарный доступ	1,528	-1,596; 3,971	4,611	0,230

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; \*  $p < 0,001$ .

Таблица 4

Показатели модели логистической регрессии в группе повторно оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
$a_0$ , свободный член	-1,9741	-3,042; 1,130	0,139	3,53e-05*
Ламинэктомия	0,4766	-0,537; 1,649	1,611	0,384
Трансламинарный доступ	-15,5920	NA; 56,704	0,000	0,990

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; \*  $p < 0,001$ .

для уточнения связи повреждения ТМО и объема операции.

Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 4.

В этой группе, как и в группе первично оперированных, отсутствует статистически значимая связь между объемом операции и наличием повреждения ТМО. Значение свободного члена  $a_0 = 1,9741$  (ОШ = 0,139; ДИ: [0,048; 0,323]) указывает на то, что повреждение ТМО в группе повторно оперированных происходит значительно чаще. Сравнивая ОШ для свободного члена в группах первично и повторно оперированных, можно заключить, что повреждение ТМО в группе повторно оперированных происходит приблизительно в 6 раз чаще, чем в группе первично оперированных, при нулевом значении уровня

фактора (то есть доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии).

В моделях регрессии, в том числе логистической, следует избегать включения в модель коррелирующих признаков. В нашем случае сильно коррелируют дихотомические признаки «первичный/повторный» и «наличие/отсутствие» рубца (эпидурального фиброза). Именно поэтому для определения меры связанности рубца и повреждения ТМО при разном объеме операции построили модель логистической регрессии по всей выборке: объединили группы первично и повторно оперированных в одну группу. Получилась выборка объемом 297 человек.

Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 5.

Коэффициенты модели указывают на то, что при отсутствии руб-

ца и доступа в позвоночный канал при гемиламинэктомии повреждение ТМО возникает достаточно редко (ОШ = 0,020; ДИ: [0,005; 0,056]). При этом вид хирургического доступа в позвоночный канал не оказывает значимого влияния на повреждение ТМО. Значимое влияние оказывает наличие или отсутствие эпидурального рубца. По данным модели, наличие рубца почти в 9 раз (ОШ = 8,775; ДИ: [2,788; 38,897]) увеличивает риск повреждения ТМО. И это влияние статистически значимо. ДИ для ОШ приведены на рис. 4.

Полученные значения говорят о том, что не выявлена статистически значимая связь между объемом операции и повреждением ТМО, при этом, возможно, она существует между повреждением ТМО и наличием или отсутствием рубца.

С учетом того, что объем операции ни в одной модели не был статистически связан с наличием повреждения ТМО, проведено исследование с определением статистической связи между повреждением ТМО и факторами наличия/отсутствия рубца, наличия/отсутствия стабилизации и продолжительности операции. Коэффициенты модели и оценка их значимости приведены в табл. 6.

Наличие такого фактора, как продолжительность операции (время приближается к 0), не оказывает значимого влияния на повреждение ТМО. Все коэффициенты в модели оказались статистически значимы. Наличие рубца сильно связано с повреждением ТМО. Значение коэффициента  $a_1 = 1,37$  (ОШ = 3,942; ДИ: [1,184; 17,921]), что говорит о том, что при наличии рубца повреждение ТМО происходит приблизительно в 4 раза чаще. Наличие стабилизирующей системы снижает вероятность повреждения ТМО (значение коэффициента  $a_2 = -1,881$  (ОШ = 0,152; ДИ: [0,044; 0,512]) приблизительно в 6 раз. Однако данный результат необходимо рассматривать с осторожностью, так как он является следствием сложного взаимодействия факторов и различной селекции случаев в группах

Таблица 5

Показатели модели логистической регрессии в объединенной группе первично и повторно оперированных пациентов в зависимости от вида доступа в позвоночный канал

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
$a_0$ , свободный член	3,932	5,391; 2,886	0,020	2,3e-10*
Есть рубец	2,169	1,025; 3,661	8,755	0,000858*
Ламинэктомия	0,098	0,846; 1,130	1,104	0,842
Трансламинарный доступ	0,272	3,260; 1,612	0,762	0,809

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов; \*  $p < 0,001$ .

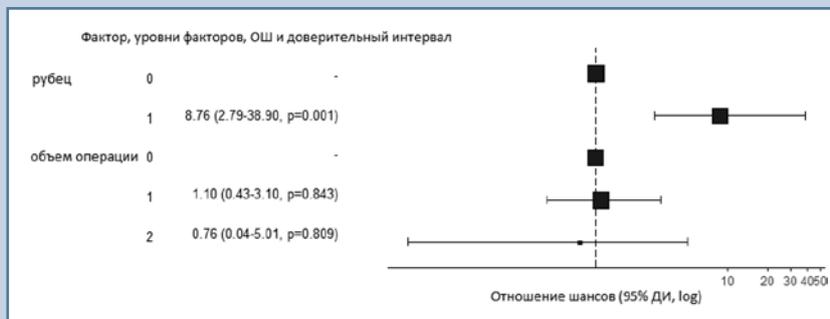


Рис. 4

Отношение шансов (ОШ) и доверительные интервалы для факторов повреждения твердой мозговой оболочки при наличии эпидурального рубца и объема операции (вида доступа в позвоночный канал) в группах первично и повторно оперированных пациентов

Таблица 6

Показатели модели логистической регрессии в объединенной группе первично и повторно оперированных пациентов в зависимости наличия или отсутствия рубца и стабилизации и продолжительности (времени) операции

Фактор	Коэффициент	95 % ДИ	ОШ	p-value
Константа	-4,57078	-6,217; -3,243	0,010	7,82e-10***
Есть рубец	1,37170	0,169; 2,886	3,942	0,04061*
Есть стабилизация	-1,88106	-3,126; -0,669	0,152	0,00241**
Время операции	0,02122	0,011; 0,033	1,021	0,00012***

95 % ДИ – 95 % доверительный интервал; ОШ – отношение шансов;

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

первичного и повторного вмешательства, степени выраженности фиброза и технических аспектов оперативного подхода. Возможно, стабилизация не снижает риск механического повреждения ТМО напрямую, однако коррелирует с комплексом факторов. Технически транспедикулярная стабилизация при первичных операциях предшествует этапу декомпрессии, что позволяет хирургу работать в условиях стабильного опорного комплекса, не подверженного рубцовым изменениям, и не вызывать агрессивного воздействия на дуральный мешок и корешки при установке кейджей во время тракции невралных структур. Продолжительность операции, несмотря на то что статистически значима ( $p$ -value = 0,00012), не оказывает существенного влияния на повреждение ТМО (ОШ = 1,021; ДИ: [1,011; 1,033]). Визуализация модели показана на рис. 5.

## Обсуждение

Ключевая проблема ретроспективного исследования анализируемой категории больных – сложность организации послеоперационного МРТ-обследования, что приводит к недооценке частоты повреждений ТМО. Для устранения этого ограничения возможен двухэтапный подход: ретроспективный анализ с проспективным сбором данных и широкое применение послеоперационного МРТ-скрининга. Это позволит уточнить характер повреждений моз-

говых оболочек при ревизионных операциях на пояснично-крестцовом отделе у пациентов с дегенеративными патологиями, выявить субклинические дефекты (например, радикулоцеле), остающиеся незамеченными при стандартной интраоперационной ревизии, провести корреляционный анализ между техникой операции, объемом вмешательства и структурой повреждений ТМО. Широкое использование послеоперационной МРТ-визуализации необходимо для раннего выявления субклинических повреждений ТМО (радикулоцеле, псевдоменингоцеле), анализа структуры фиброза и корреляции морфологических изменений с учетом клинической симптоматики.

Результаты исследования показали, что эпидуральный фиброз имеет клиническую значимость: существенно осложняет проведение ревизионных операций на позвоночнике, повышая риски интраоперационного разрыва ТМО, кровотечения, повреждения нервных корешков (вследствие выраженных анатомических деформаций в зоне рубцово-спаечного процесса), являясь ключевым триггером СНОП и оставаясь одной из сложных проблем в спинальной хирургии [13–17]. Частота СНОП достигает 30–46 % после спондилодеза, 19–25 % – после микродискэктомии [5]. При этом 50 % случаев СНОП требуют повторного вмешательства, формируя порочный круг «осложнение → реоперация → новое осложнение», приводя к формированию хронического послеоперационного болевого синдрома, этиология которого включает структурные факторы (эпидуральный фиброз) и функциональные механизмы (нейрогенное воспаление, периферическая/центральная сенситизация, активация клеток микроглии) [11, 12, 18–21]. В связи с этим для профилактики требуются индивидуальный подбор методов антифибротической защиты (с учетом анамнеза и объема вмешательства), мультимодальная аналгезия с учетом нейропатического компонента боли. Таким образом, профилактика

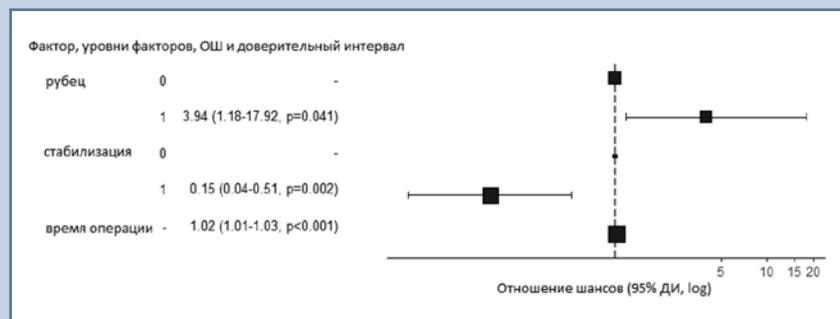


Рис. 5

Отношение шансов (ОШ) и доверительные интервалы для факторов повреждения твердой мозговой оболочки при наличии эпидурального рубца, проведения стабилизации и продолжительности операции в группах первично и повторно оперированных пациентов

эпидурального фиброза становится приоритетной задачей, включающей разработку биоактивных материалов для интраоперационного применения и являющейся критически важным направлением. Ее внедрение позволит снизить частоту интраоперационных осложнений, уменьшить риск хронического послеоперационного болевого синдрома, улучшить долгосрочные исходы, особенно у пациентов, которым требуются множественные ревизии.

### Заключение

Эпидуральный фиброз является ключевым фактором риска повреждения ТМО при ревизионных операциях.

Послеоперационный МРТ-скрининг для выявления субклинических повреждений ТМО (радикулоцеле) необходим для объективной оценки частоты СНОП и механизмов формирования хронической послеоперационной боли. Разработка и практическое внедрение интраоперационных материалов, направленных на профилактику послеоперационного эпидурального фиброза, остается острой проблемой в хирургии дорсопатий поясничного отдела позвоночника, особенно при необходимости повторных хирургических вмешательств, которые сопряжены с более высоким риском развития интраоперационных осложнений и неблагоприятных исходов. В связи с полученными дан-

ными целесообразно включить послеоперационное МРТ-исследование в клинические рекомендации по лечению дегенеративных заболеваний позвоночника.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

### Литература/References

- Zileli M, Crostelli M, Grimaldi M, Mazza O, Anania C, Fornari M, Costa F. Natural course and diagnosis of lumbar spinal stenosis: WFNS Spine Committee recommendations. *World Neurosurg* X. 2020;7:100073. DOI: 10.1016/j.wnsx.2020.100073
- Daniell JR, Osti OL. Failed back surgery syndrome: a review article. *Asian Spine J*. 2018;12:372–379. DOI: 10.4184/asj.2018.12.2.372
- Гринь А.А., Никитин А.С., Юсупов С.-Э.Р. Хирургическая тактика лечения стеноза позвоночного канала на поясничном уровне у пациентов пожилого и старческого возраста. *Нейрохирургия*. 2020;22(1):93–102. [Grin AA, Nikitin AS, Yusupov S-ER. Surgical treatment of spinal canal stenosis at the lumbar level in the elderly and senile patients. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2020;22(1):93–102]. DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-93-102 EDN: LCMLHK
- Завьялов Д.М., Орлов В.П., Кравцов М.Н., Бабичев К.Н. Сравнительный анализ методов профилактики рубцово-спаечного эпидурита при микродискектомиях на пояснично-крестцовом отделе позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(2):56–65. [Zavyalov DM, Orlov VP, Kravtsov MN, Babichev KN. Comparative analysis of methods to prevent cicatricial adhesive epiduritis after microdiscectomy in the lumbosacral spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2018;15(2):56–65]. DOI: 10.14531/ss2018.2.56-65 EDN: URBQTG
- Weigel R, Capelle HH, Al-Affif S, Krauss JK. The dimensions of “failed back surgery syndrome”: what is behind a label? *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163:245–250. DOI: 10.1007/s00701-020-04548-7
- Papalia GF, Russo F, Vadal G, Pascarella G, De Salvatore S, Ambrosio I, Di Martino S, Sammartini D, Sammartini E, Carassiti M, Papalia R, Denaro V. Non-invasive treatments for failed back surgery syndrome: a systematic review. *Global Spine J*. 2023;13:1153–1162. DOI: 10.1177/21925682221141385
- Boscher HA, Heavner JE. Incidence and severity of epidural fibrosis after back surgery: an endoscopic study. *Pain Pract*. 2010;10:18–24. DOI: 10.1111/j.1533-2500.2009.00311.x
- Dessouky R, Khaleel M, Khalifa DN, Tantawy HI, Chhabra A. Magnetic resonance neurography of the lumbosacral plexus in failed back surgery syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43:839–847. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002460
- Amirdelfan K, Webster L, Poree L, Sukul V, McRoberts P. Treatment options for failed back surgery syndrome patients with refractory chronic pain: an evidence based approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42 Suppl 14:S41–S52. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002217
- Ramnarayan R, Chaurasia B. The post spinal surgery syndrome: A review. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2023;14:4–10. DOI: 10.4103/jcvjsjcvjs\_118\_22
- Wu Q, Cui X, Guan LC, Zhang C, Liu J, Ford NC, He S, Chen X, Cao X, Zang L, Guan Y. Chronic pain after spine surgery: Insights into pathogenesis, new treatment, and preventive therapy. *J Orthop Translat*. 2023;42:147–159. DOI: 10.1016/j.jot.2023.07.003
- Сороковиков В.А., Животенко А.П., Ларионов С.Н., Шурьгина И.А. Анализ рисков повреждения твердой мозговой оболочки в хирургии дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Политравма*. 2023;(2):64–73. [Sorokovikov VA, Zhivotenko AP, Larionov SN, Shurygina IA, Potapov VE. Analysis of risks of damage to the dura mater in surgery for degenerative pathology of the lumbar spine. *Polytrauma*. 2023;(2):64–73]. DOI: 10.24412/1819-1495-2023-2-64-73 EDN: WXUWWQ
- Alizadeh R, Sharifzadeh SR. Pathogenesis, etiology and treatment of failed back surgery syndrome. *Neurochirurgie*. 2022;68:426–431. DOI: 10.1016/j.neuchi.2021.09.005
- Weigel R, Capelle HH, Al-Affif S, Krauss JK. The dimensions of “failed back surgery syndrome”: what is behind a label? *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163:245–250. DOI: 10.1007/s00701-020-04548-7
- Никитин А.С. Синдром оперированного позвоночника. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2016;116(5):112–118. [Nikitin AS. Failed back surgery syndrome. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2016;116(5):112–118]. DOI: 10.17116/jnevro20161165112-118 EDN: WAPALV
- Козлов Д.М., Крутько А.В., Булатов А.В. Применение оригинального способа мобилизации дуральных структур при эпидуральном фиброзе позвоночного канала на уровне поясничного отдела позвоночника при повторных операциях. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(3):44–48. [Kozlov DM, Krutko AV, Bulatov AV. Application of the original method to mobilize dural structures for epidural fibrosis

- of the lumbar spinal canal in reoperations. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2015;12(3):44–48]. DOI: 10.14531/ss2015.3.44-48 EDN: UMGWJP
17. **Шнякин П.Г., Ботов А.В., Амелченко А.А.** Хирургические методы лечения рецидива болевого синдрома при дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018;12(3):61–68. [Shnyakin PG, Botov AV, Amelchenko AA. Surgical methods of treatment of back pain syndrome recurrence in the degenerative pathology of the lumbar spine. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018;12(3):61–68]. DOI: 10.25692/ACEN.2018.3.8 EDN: XZEYTB
  18. **Tsuda M, Koga K, Chen T, Zhuo M.** Neuronal and microglial mechanisms for neuropathic pain in the spinal dorsal horn and anterior cingulate cortex. *J Neurochem*. 2017;141:486–498. DOI: 10.1111/jnc.14001
  19. **Zhu X, Liu S, Tian L, Li X, Yao R, Zhao Y, Gao Z, Liu XR, Liu XQ, Huo FQ, Liang L.** Spinal interleukin-16 mediates inflammatory pain via promoting glial activation. *Int Immunopharmacol*. 2024;127:111411. DOI: 10.1016/j.intimp.2023.111411
  20. **Khangura RK, Sharma J, Bali A, Singh N, Jaggi AS.** An integrated review on new targets in the treatment of neuropathic pain. *Korean J Physiol Pharmacol*. 2019;23:1–20. DOI: 10.4196/kjpp.2019.23.1.1
  21. **Ye G, Lin C, Zhang Y, Ma Z, Chen Y, Kong L, Yuan L, Ma T.** Quercetin alleviates neuropathic pain in the rat CCI model by mediating AMPK/MAPK pathway. *J Pain Res*. 2021;14:1289–1301. DOI: 10.2147/JPR.S298727

**Адрес для переписки:**

Животенко Александр Петрович  
Иркутский научный центр хирургии и травматологии,  
664003, Россия, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1,  
sivotenko1976@mail.ru

**Address correspondence to:**

Zhivotenko Aleksandr Petrovich  
Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology,  
1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia,  
sivotenko1976@mail.ru

Статья поступила в редакцию 31.03.2025

Рецензирование пройдено 08.08.2025

Подписано в печать 10.09.2025

Received 31.03.2025

Review completed 08.08.2025

Passed for printing 10.09.2025

Александр Петрович Животенко, младший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 8016-5626, ORCID: 0000-0002-4032-8575, sivotenko1976@mail.ru; Владимир Алексеевич Сороковиков, д-р мед. наук, проф., директор, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, 664049, Иркутск, м/р Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, vasorokovikov@mail.ru;

Сергей Николаевич Ларионов, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий научно-клиническим отделом нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru;

Ирина Александровна Шурьгина, д-р мед. наук, профессор РАН, заместитель директора по научной работе, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, ул. Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6745-5426, ORCID: 0000-0003-3980-050X, irinasburygina@gmail.com.

Aleksandr Petrovich Zhivotenko, junior researcher at the Research Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 8016-5626, ORCID: 0000-0002-4032-8575, sivotenko1976@mail.ru;

Vladimir Alekseyevich Sorokovikov, DMSc, Prof., Director, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; Head of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100 Yubileiny Microdistrict, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, vasorokovikov@mail.ru;

Sergey Nikolaevich Larionov, DMSc, leading researcher; Head of the Scientific and Clinical Department of Neurosurgery, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru;

Irina Aleksandrovna Shurygina, DMSc, Professor of RAS, Deputy Director for Science, Irkutsk Scientific Centre of Surgery and Traumatology, 1 Botsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6745-5426, ORCID: 0000-0003-3980-050X, irinasburygina@gmail.com.



## ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ХИРУРГОВ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ПОЗВОНОЧНИКЕ

М.В. Кубасов<sup>1</sup>, М.Н. Кравцов<sup>1,2,3</sup>, С.С. Сарычева<sup>4</sup>, Е.Н. Шлеенкова<sup>4</sup>, Д.В. Свистов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup>Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева, Санкт-Петербург, Россия

**Цель исследования.** Определение доз облучения хирургов при выполнении стабилизирующих операций на позвоночнике с использованием рентгеноскопии и рентгенографии.

**Материал и методы.** Дизайн: проспективное исследование, описание серии случаев. Выборку составили методики стабилизации позвоночника, наиболее ассоциированные с дозовой нагрузкой: чрескожная транспедикулярная фиксация (ЧТПФ;  $n = 11$ ) и пункционная кифопластика (ПК;  $n = 10$ ). Оценивали эффективные дозы облучения и эквивалентные дозы облучения хрусталиков глаз и кожи рук.

**Результаты.** В группах ЧТПФ и ПК соответственно получены следующие значения: эффективные дозы облучения хирурга — 0,07 мЗв и 0,09 мЗв; эквивалентные дозы облучения хрусталика глаза — 1,2 мЗв и 2,45 мЗв, кожи кистей — 11,96 мЗв и 5,59 мЗв.

**Заключение.** Полученные значения эффективных доз облучения хирурга соответствуют рекомендованным нормам облучения персонала операционной. Безопасный уровень облучения будет превышен после выполнения примерно 150 ЧТПФ или 82 ПК, без учета других оперативных вмешательств, проводимых под рентгенологическим наведением.

**Ключевые слова:** транспедикулярная фиксация; кифопластика; рентгенография; рентгеноскопия; радиационная безопасность; эффективные дозы облучения; эквивалентные дозы облучения.

Для цитирования: Кубасов М.В., Кравцов М.Н., Сарычева С.С., Шлеенкова Е.Н., Свистов Д.В. Дозы облучения хирургов при операциях на позвоночнике // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 89–96. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.89-96>

### RADIATION EXPOSURE DOSES OF SURGEONS PERFORMING SPINE SURGERIES

M.V. Kubasov<sup>1</sup>, M.N. Kravtsov<sup>1,2,3</sup>, S.S. Sarycheva<sup>4</sup>, E.N. Shleenkova<sup>4</sup>, D.V. Svistov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia;

<sup>2</sup>Research Institute of Emergency Medicine n.a. I.I. Dzhanelidze, St. Petersburg, Russia;

<sup>3</sup>North-West State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia;

<sup>4</sup>St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene n.a. Prof. P.V. Ramzaev, St. Petersburg, Russia

**Objective.** To determine the radiation doses of surgeons performing spinal stabilization operations using fluoroscopy and X-ray.

**Material and Methods.** Design: prospective study and description of a case series. The sample included the most dose-related spine stabilization techniques: percutaneous transpedicular fixation (PTF,  $n = 11$ ) and puncture kyphoplasty (PKP,  $n = 10$ ). Effective radiation doses and equivalent radiation doses to the lenses of the eyes and the skin of the hands were evaluated.

**Results.** In the PTF and PKP groups, the following values were obtained, respectively: effective radiation doses to the surgeon — 0.07 mSv and 0.09 mSv; equivalent radiation doses to the lens of the eye — 1.2 mSv and 2.45 mSv, and to the skin of the hands — 11.96 mSv and 5.59 mSv.

**Conclusion.** The obtained values of effective radiation doses to the surgeon correspond to the recommended standards for radiation exposure to operating room personnel. The safe level of radiation will be exceeded after approximately 150 transpedicular fixation procedures or 82 PKPs, without taking into account other surgical interventions performed under radiographic guidance.

**Key Words:** transpedicular fixation; kyphoplasty; radiography; fluoroscopy; radiation safety; effective radiation doses; equivalent radiation doses.

Please cite this paper as: Kubasov MV, Kravtsov MN, Sarycheva SS, Shleenkova EN, Svistov DV. Radiation exposure doses of surgeons performing spine surgeries. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):89–96. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.89-96>

В связи с увеличением количества выполняемых малоинвазивных операций на позвоночнике хирурги-вертебрологи (нейрохирурги, травма-

тологи) подвергаются воздействию рентгеновского излучения, что сопряжено с вероятным повышением рисков возникновения у них стохастических

эффектов [1]. Сокращение времени экспозиции, применение средств индивидуальной радиационной защиты, использование КТ-навигации

при интервенционных пособиях на позвоночнике, безусловно, способствуют снижению воздействия ионизирующего излучения на всех членов операционной бригады [2, 3]. Однако проблему дозиметрического контроля у этой категории медицинских специалистов в Российской Федерации на настоящий момент нельзя считать решенной.

В России медицинский персонал, работа которого связана с воздействием ионизирующего излучения, разделяется на категории. Дозы персонала группы А, непосредственно работающего с техногенными источниками ионизирующего излучения, контролируются методом индивидуального дозиметрического контроля (ИДК), заключающемся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов измерений облучения тела или отдельных органов каждого работника с помощью индивидуальных дозиметров, носимых на поверхности тела в течение периода контроля (ежеквартально). Для персонала группы Б (не работающего с источниками ионизирующего излучения, но находящегося в сфере их воздействия) дозы рассчитываются путем группового дозиметрического контроля. Персонал операционной бригады, участвующий в специальных рентгенологических исследованиях, условия работы которого сопряжены с резко неоднородным полем излучения, внутренним приказом медицинского учреждения относится к персоналу группы А, соответственно с проведением ИДК [4–6]. К этой категории относят и вертебрологов, у которых регистрируется факт высокого перепада доз по телу [7–9]. Chauhan et al. [7] и Yoshihara et al. [8] показали, что у спинальных хирургов подвергаются значительно большему воздействию внешнего облучения (или ионизирующего излучения) хрусталики глаз и верхние конечности, нежели защищенные свинцовым фартуком части тела. Результаты некоторых исследований свидетельствуют, что эффективные дозы облучения хирургов-вертебрологов могут превы-

шать предельные ежегодные показатели, установленные Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), а частота развития злокачественных новообразований у травматологов-ортопедов оказалась выше, чем у других врачей [10].

Исследований, касающихся изучения особенностей распределения и величины доз хирургов при оперативных пособиях на позвоночнике с использованием современных средств интраоперационного рентгеновского контроля, в Российской Федерации крайне недостаточно [11]. На практике в большинстве хирургических стационаров спинальные хирурги обеспечены далеко не всеми средствами индивидуальной защиты, а ИДК порой и вовсе не проводится.

Все вышеперечисленное обуславливает актуальность данной работы с целью разработки рекомендаций по радиационной защите и ИДК спинальных хирургов.

Цель исследования – определение доз облучения хирургов при выполнении стабилизирующих операций на позвоночнике под рентгеноскопией.

Дизайн: проспективное исследование, описание серии случаев.

## Материал и методы

Исследование дозовых нагрузок спинальных хирургов проводили на кафедре нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург) совместно с Санкт-Петербургским НИИ радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева с января по июнь 2024 г. Для исследования были выбраны наиболее ассоциированные с дозовой нагрузкой методики стабилизации позвоночника, такие как чрескожная транспедикулярная фиксация (ЧТПФ) и пункционная кифопластика (ПК).

Критерии включения в исследование: оперативные пособия при дегенеративно-дистрофических заболеваниях и травмах позвоночника (уровень с Th<sub>10</sub> по S<sub>1</sub>) по методике ЧТПФ или ПК; количество фиксируемых позвонков – не более 4 (3 сегмента/

не более 8 винтов); количество аугментированных позвонков – не более двух.

Критерии исключения: случаи, ассоциированные со значительным увеличением дозовой нагрузки (сочетание ЧТПФ и аугментации, переустановка транспедикулярных винтов вследствие недопустимой мальпозиции, обнаруженной при этапной рентгенографии).

В соответствии с методом оперативного пособия выделили две группы исследования. Первую группу ( $n = 11$ ) составили случаи стабилизирующих операций, выполненных методом ЧТПФ. Во вторую группу вошли две серии из пяти оперативных вмешательств ( $n = 10$ ), проведенных по методике ПК.

В группе ЧТПФ для интраоперационной рентген-навигации использовали мобильный ангиографический комплекс Zeihm Vision RFD, параметры излучения для которого устанавливали в автоматическом режиме, в зависимости от антропометрических данных пациента. Средние значения напряжения и силы тока на аноде рентгеновской трубки составили 87,6 кВ и 13,1 мА.

В группе ПК костную репозицию проводили из одностороннего транспедикулярного доступа с использованием раздуваемого управляемого баллона-катетера, позиционируемого в середине тела поврежденного позвонка. Параметры излучения были стандартными и обеспечивались заводским протоколом исследования Vertebro DR. Значения напряжения и силы тока на аноде рентгеновской трубки были равны 71,3 кВ и 108,0 мА соответственно.

Оценивали эффективные дозы облучения, эквивалентные дозы облучения хрусталиков глаз и кожи рук спинальных хирургов. Кроме того, проанализировали время, потраченное на этап транспедикулярного металлоостеосинтеза. Исходы лечения, положение винтов и наличие миграции костного цемента за пределы тел позвонков в данном исследовании не оценивали.

Значения доз облучения персонала, согласно методическим указаниям по контролю доз облучения персонала (далее МУ 2.6.1.3015-12) [4], определяли по операционным величинам с помощью индивидуальных дозиметров. Операционной величиной для ИДК внешнего излучения является индивидуальный эквивалент дозы –  $H_p(d)$ . Значение параметра  $d$  (мм), определяющего требования к индивидуальному дозиметру внешнего излучения, а также положение дозиметра на теле работника определяются эквивалентом ее нормируемой величины. В данной работе в качестве средств измерения использовали термолюминесцентные дозиметры трех типов (рис.).

1. DTU-01 – термолюминесцентные дозиметры для измерения индивидуального эквивалента дозы на глубине 10 мм –  $H_p(10)$ , их показания использовали для расчета величины эффективной дозы облучения персонала. Поскольку спинальные хирурги относятся к персоналу, работающему в полях неравномерного облучения (в частности, за счет ношения рентгенозащитной одежды), использовали показания двух индивидуальных дозиметров  $H_p(10)$ , которые располагали над защитным фартуком на воротнике халата и под защитным фартуком на уровне груди.

2. Eye-D – термолюминесцентные дозиметры для измерения индивидуального эквивалента дозы в хрусталике глаза на глубине 3 мм –  $H_p(3)$ . Данная измеряемая величина является консервативной оценкой эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза. При измерениях дозиметр располагался максимально близко к глазам, но так, чтобы не мешать работе.

3. Finger Ring Type G – термолюминесцентные дозиметры, измеряющие индивидуальный эквивалент дозы пальцев рук в базальных слоях кожи на глубине 0,07 мм –  $H_p(0,07)$  и позволяющие оценить эквивалентную дозу внешнего облучения кожи.

Дозиметры на теле хирурга и ассистента располагали в соответствии рекомендуемым МУ 2.6.1.3015-12 (рис.) [4].

Радиационная безопасность во время вмешательств обеспечивалась индивидуальными средствами рентген-защиты (фартуком, воротником) с коэффициентом ослабления 0,25. Рентгенозащитные перчатки и очки в ходе исследования не использовали. При проведении пункционной кифопластики оценивали дозы облучения одного хирурга.

Учитывали погрешность фонового излучения, набираемого дозиметрами в ходе многомесячного исследования. Фоновый дозиметр DTU-01,  $H_p(10)$ , размещался вне зоны рентгеновского излучения на время оперативных вмешательств.

Для расчета эффективных доз облучения использовали формулу, рекомендованную МУ 2.6.1.3015-12, вне зависимости от анодного напряжения, характеристик фартука и наличия защитного воротника [4]:

$$E = 0,6H(10)_{\text{Г,под}} + 0,025H(10)_{\text{В,над}}$$

где:  $H(10)_{\text{Г,под}}$  – доза (мЗв), зарегистрированная дозиметром, расположенным на груди под защитным фартуком;  $H(10)_{\text{В,над}}$  – доза (мЗв), зарегистри-

рованная дозиметром, расположенным над фартуком на воротнике халата или на шапочке.

Аппаратное сопровождение для двух групп оперативных вмешательств различалось. Для проведения ЧТПФ использовали мобильный ангиографический комплекс Zeihm Vision RFD, для ПК – ангиографический комплекс Siemens Artis Q.

Результаты исследований заносили в электронную базу данных с помощью программы Microsoft Excel 2007. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Statistica for Windows 10.0 (StatSoft Inc., США) в соответствии с рекомендациями по статистическому анализу результатов медико-биологических исследований.

## Результаты

### Исследование доз при ЧТПФ

Основные характеристики выполненных оперативных вмешательств отображены в табл. 1. Медиана времени излучения составила 69 с [интерквартиль-



**Рис.**

Места расположения дозиметров на теле хирурга и ассистента: 1 – дозиметр DTU-01,  $H_p(10)$ , расположенный над рентгенозащитным фартуком; 2 – дозиметр DTU-01,  $H_p(10)$ , расположенный под рентгенозащитным фартуком; 3 – индивидуальный дозиметр Eye-D,  $H_p(3)$ ; 4 – индивидуальный дозиметр Finger Ring Type G,  $H_p(0,07)$  на кисти

Таблица 1

Основные характеристики оперативных вмешательств, выполненных по методике чрескожной транспедикулярной фиксации

Уровень	Количество винтов, шт.	Время излучения, с	Время металлоостеосинтеза, мин
Th <sub>11</sub> –Th <sub>12</sub> , L <sub>2</sub>	6	72	65
Th <sub>11</sub> –L <sub>1</sub>	5	71	74
L <sub>5</sub> –S <sub>1</sub>	4	65	63
Th <sub>6</sub> –Th <sub>8</sub>	4	67	69
L <sub>1</sub> –L <sub>3</sub>	5	83	71
Th <sub>12</sub> –L <sub>2</sub>	6	69	68
L <sub>4</sub> –L <sub>5</sub>	4	74	64
L <sub>3</sub> –L <sub>5</sub>	6	60	84
L <sub>3</sub> –L <sub>5</sub>	6	67	77
L <sub>4</sub> –S <sub>1</sub>	6	65	65
Th <sub>11</sub> –L <sub>1</sub>	6	76	70
Всего	58	769	770

Таблица 2

Дозиметрические показатели операционной бригады при проведении чрескожной транспедикулярной фиксации (значения, накопленные за 11 операций)

Дозиметрический показатель	Хирург, мЗв	Ассистент, мЗв
Hr(10) под фартуком	<0,05	<0,05
Hr(10) над фартуком	1,7	0,95
Эффективная доза	0,07	0,05
Hr(3) хрусталик глаза	1,2	1,1
Hr(0,07) кожа кистей	11,96	1,73

Hr — индивидуальный эквивалент дозы.

Таблица 3

Дозиметрические показатели, измеренные для хирурга при проведении пункционной кифопластики (суммарные значения за 10 операций в двух сериях)

Дозиметрический показатель	I серия, мЗв	II серия, мЗв
Hr(10) под фартуком	0,01	0,02
Hr(10) над фартуком	1,12	1,78
Эффективная доза	0,03	0,05
Hr(3) хрусталик глаза	0,56	1,89
Hr(0,07) кожа кистей	3,77	1,79

Hr — индивидуальный эквивалент дозы.

ный размах: 66; 73]. Медиана времени, затраченного на установку металлоконструкции, – 69 мин [интерквартильный размах: 65,0; 72,5], процедура установки одного винта заняла

в среднем 13,3 мин [95 % доверительный интервал: 12,58; 13,62].

Дозиметрические показатели, полученные операционной бригадой, приведены в табл. 2.

В ходе расчета эффективных доз облучения за значения доз на груди под фартуком были приняты значения, равные порогу чувствительности дозиметра DTU-1 (0,05 мЗв).

Несущественные различия в полученных значениях эквивалентной дозы в хрусталиках глаз хирурга и ассистента объясняются их равноудаленностью от облучаемого участка тела пациента как источника рассеянного излучения. Разница эквивалентной дозы на коже рук (более чем в 6,5 раза) объясняется тем, что транспедикулярное введение пункционных игл в позвонки выполнял только хирург под контролем (в прямой и боковой проекциях) рентгеноскопии. Относительно высокие показатели облучения рук связаны с тем, что при прямой проекции рентгеноскопии руки хирурга эпизодически находились в прямом пучке рентгеновского излучения. Этим же объясняется большая эффективная доза облучения и доза над фартуком хирурга в сравнении с ассистентом. Для уменьшения облучения при выполнении боковых рентгеновских проекций хирург располагался строго напротив излучателя, так как известно, что дозовая нагрузка на персонал формируется в большей степени за счет излучения, рассеянного от тела пациента, со стороны входа рентгеновского пучка его уровень гораздо выше за счет обратного рассеяния [12].

### Исследование доз при ПК

Результаты дозиметрического контроля хирургов в группе ПК представлены в табл. 3. Медиана времени излучения составила 508 с [интерквартильный размах: 492,0; 590,5]. В обеих сериях оперативных вмешательств в зависимости от рентгеновской проекции источник излучения размещался под операционным столом или на противоположной стороне от хирурга.

В зависимости от особенностей систем доставки костного цемента менялись возможности дистанцирования хирурга от источника излучения,

что, вероятно, объясняет различия значений доз над фартуком и в области глаз в двух сериях исследования. Суммарная эффективная доза облучения хирурга за 10 оперативных вмешательств, полученная расчетным методом, составила 0,09 мЗв.

## Обсуждение

Согласно регламентирующим документам Российской Федерации, при контроле доз персонала с невысоким перепадом доз по телу индивидуальный дозиметр размещается на уровне груди. Для этих целей используется дозиметр, откалиброванный для измерения индивидуального эквивалентна дозы Нp(10). Принимается, что в этом случае его показание отражает и эффективные дозы облучения человека [4–6]. Однако в настоящем исследовании подтвержден факт высокого перепада доз по телу спинального хирурга. К медицинскому персоналу, по условиям труда находящемуся в резко неоднородном поле излучения и работающему с напряжением на рентгеновской трубке от 40 до 120 кВ в защитном фартуке, в качестве метода определения индивидуальной дозы необходимо применять ИДК, для чего он должен быть обеспечен как минимум двумя индивидуальными дозиметрами, расположенными над защитным фартуком на воротнике халата или на шапочке и на груди под защитным фартуком. Для оценки эффективных доз облучения применяется формула, приведенная выше [4].

По результатам исследования установлено, что значения эффективных доз облучения спинального хирурга при проведении стабилизирующего пособия на позвоночнике под рентгенологическим наведением (ЧТПФ и ПК) не превысили 0,01 мЗв. Для достижения рекомендованного годового дозового предела, составляющего 20 мЗв, специалисту необходимо произвести около 2000 подобных вмешательств, что, конечно, не осуществимо на практике. Однако следует учесть, что работа на пределе допу-

стимых пороговых значений является крайне рискованной из-за индивидуальной радиочувствительности организма и вероятности развития детерминированных и стохастических эффектов ионизирующего излучения. Именно поэтому следует стремиться к показателям дозового предела, не превышающим 5 мЗв в год. Так, в МУ 2.6.1.3015-12 указано, что значения пределов доз, как и значения допустимых уровней воздействия для персонала группы Б, должны быть равны 1/4 соответствующих значений для персонала группы А [4]. В таком случае годовой дозовый предел для спинального хирурга достигается выполнением 500 подобных операций. Безусловно, практическая реализация и такого числа операций одним специалистом за указанный период маловероятна. С позиции величины эффективной дозы облучения следует признать данные операции на позвоночнике безопасными для хирурга при условии сопоставимого уровня облучения. Защита хирурга фартуком, по данным литературы, оценивается снижением дозы в 20–50 раз [7].

При проведении ИДК у персонала, работающего в резко неоднородном поле излучения (интервенционисты, спинальные хирурги и др.), помимо эффективных доз облучения, следует также оценивать эквивалентную дозу отдельных частей тела. В рекомендации МКРЗ акцентируется внимание на непредсказуемости негативных эффектов, вызванных длительным (годы) крайне неравномерным облучением органов или тканей [10, 13].

Согласно данным ранее проведенных исследований, при оценке потенциального радиационного вреда для здоровья персонала операционной приоритетное значение имеют дозы облучения хрусталиков глаз [14]. В документе МАГАТЭ и публикации 139 МКРЗ приводятся результаты исследования, показавшего, что частота помутнения хрусталиков (лучевой катаракты) у интервенционистов в 4–5 раз выше, чем у необлученных лиц контрольной группы [10, 15, 16].

Эквивалентная доза в хрусталике глаза, согласно действующим на территории Российской Федерации МУ 2.6.1.3015-12, не должна превышать 150 мЗв в год [6]. Однако в стандарте безопасности МАГАТЭ GSR Part 3 предел эквивалентной дозы для хрусталика глаза ужесточен до 20 мЗв/год [10]. По результатам наших измерений эквивалентная доза облучения хрусталиков глаз спинального хирурга при выполнении 10 кифопластик может достигать 2,45 мЗв. Если следовать рекомендациям МАГАТЭ GSR Part 3, то без применения защитных очков хирургу не рекомендовано выполнять более 82 подобных операций в год.

Для хирургов-вертебрологов, в отличие от рентгенохирургов, важное значение имеют дозы кожи рук, подвергающихся воздействию прямого пучка рентгеновского излучения [7, 8]. Fujibayashi et al. [17] с целью исследования последствий длительного воздействия низких доз ионизирующего излучения сравнили состояние ногтя и кожи первого пальца доминирующей руки у хирургов-вертебрологов с контрольной группой. В результате исследования была установлена тенденция к развитию контактного дерматита, меланонихии и эрозий ногтевого ложа среди вертебрологов. МКРЗ и МУ 2.6.1.3015-12 устанавливают предельную величину эквивалентной дозы облучения кожи рук – 500 мЗв за год [4, 10]. Суммарная доза облучения кистей хирурга, выполнившего 21 стабилизирующую операцию (ЧТПФ и ПК), по нашим данным, составила 17,52 мЗв. Если стремиться к безопасному уровню облучения, составляющему 1/4 от рекомендованной дозы, то предельное число подобных операций в год без применения защитных перчаток составит 150. При этом Yamashita et al. [13] сообщают об эквивалентной дозе 368 мЗв, зафиксированной на индивидуальном кистевом дозиметре в ходе выполнения 52 оперативных вмешательств одним хирургом за 3-месячный период!

Вышеприведенные значения эквивалентной дозы, полученные в ходе исследования, не в полной мере учи-

тывают способы защиты медицинского персонала от рентгеновского излучения, способные их снизить. К такому относится защита расстоянием, экранированием и временем.

Рассеяние со стороны выхода луча из пациента менее интенсивно, чем обратное рассеяние со стороны входа луча, поскольку тело пациента поглощает от 80 до 99 % от первичного исходящего излучения [12]. Расположение хирурга со стороны детектора, в сравнении с его расположением со стороны излучателя, позволяет уменьшить дозу примерно в 6 раз [18].

В ранее опубликованном исследовании показана эффективность применения защитных очков [19]. Рентгенозащитные очки могут пятикратно уменьшить дозу воздействия на хрусталик, что зависит от площади защитного стекла и его удаления от глаз. Вероятность «затекания» рассеянного излучения под стекло с боков и снизу уменьшается специальной конструкцией очков, плотно прилегающих к лицу со всех сторон [9].

Облучение кожи рук снижается использованием защитных перчаток на 37 %, а использование зажима или любого другого инструмента, фиксирующего иглу Ямшиди, снижает дозу воздействия на кисти рук на 65 % [20].

Защитный экран (ширма) обеспечивает радиационную защиту всего тела персонала операционной (эффективная доза <5 мкЗв на расстоянии 2,5 м от источника излучения за месяц проведения стабилизирующих операций на позвоночнике) [19]. К сожалению, несмотря на очевидные преимущества экранирования, следует учитывать, что ряд манипуляций требует

расположения хирурга непосредственно у источника рентгеновского излучения. Кроме того, размещение защитного экрана в операционной существенно осложняется большим количеством требований к операционному залу, ряд из которых необходимо соблюдать на первоначальных этапах проектирования и строительства [18].

Один из значимых факторов снижения дозы – время излучения, зависящее от опыта специалиста, выполняющего операции под рентгеновским наведением [20]. Среднее время, потраченное на установку одного транспедикулярного винта, в нашем исследовании соответствует данным, приведенным в мировой литературе [21–24].

### Заключение

В ходе исследования установлено, что у спинальных хирургов (нейрохирургов, травматологов) при выполнении ЧТПФ и КП под рентгеноскопией при допустимых значениях эффективных доз облучения имеется высокий перепад доз по телу, что связано с необходимостью мануальных действий вблизи от источника ионизирующего излучения и ношением рентгенозащитной одежды. В долгосрочной перспективе этот факт может увеличивать риск развития стохастических эффектов.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) эффективная доза облучения хирурга при выполнении под рентгеноскопией стабилизирующей операции на позвоночнике при условии работы в рентгенозащитном фартуке не превышает 0,01 мЗв, что соответствует рекомендованным нормам облучения персонала операционной

с учетом количества выполняемых операций в год;

2) эквивалентная доза облучения хрусталиков глаз и кожи рук спинального хирурга может достигать соответственно 0,25 мЗв и 1,1 мЗв в пересчете за одну операцию; безопасный уровень облучения будет превышен после выполнения примерно 150 чрескожных транспедикулярных фиксаций или 82 кифопластик без учета других оперативных вмешательств, проводимых под рентгенологическим наведением; увеличение предельного количества операций может быть достигнуто использованием средств индивидуальной защиты глаз и рук хирурга, применением интраоперационной КТ-навигации;

3) специфика работы спинальных хирургов в полях рентгеновского излучения с резкими перепадами доз по телу требует разработки рекомендаций и требований по радиационной защите и контролю доз облучения для данной группы медицинского персонала.

*Ограничения исследования.* Ограничения исследования связаны с малым числом наблюдений. В исследовании не оценивали эффективность дополнительных средств индивидуальной защиты, таких как рентгенозащитные очки, шапочка, перчатки, ширма.

*Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

*Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.*

### Литература/References

1. **Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, Giovanazzi A, Scozzato L, Saia B.** Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)*. 2005;55:498–500. DOI: 10.1093/occmed/kqi048
2. **Lester JD, Hsu S, Ahmad CS.** Occupational hazards facing orthopedic surgeons. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2012;41:132–139.
3. **Arif S, Brady Z, Enchev Y, Peev N, Encheva E.** Minimising radiation exposure to the surgeon in minimally invasive spine surgeries: A systematic review of 15 studies. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107:102795. DOI: 10.1016/j.otsr.2020.102795
4. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций: метод указания МУ 2.6.1.3015-12. Москва: Роспотребнадзор, 2012. [Organization and implementation of individual dosimetric monitoring. Personnel of medical organizations: Guidelines MU 2.6.1.3015-12. Moscow: Rospotrebnadzor, 2012].

5. Приказ Минздрава РФ от 31.07.2000 № 298 «Об утверждении Положения о единой государственной системе контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 03.01.2019). [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of July 31, 2000 No. 298 "On approval of the Regulation on the unified state system for monitoring and recording individual radiation doses of citizens" [Electronic resource]. URL: <http://www.consultant.ru> (date accessed: January 3, 2019)].
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 № 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с «НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы») [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 07.07.2009 No. 47 "On approval of SanPiN 2.6.1.2523-09" (together with "NRB-99/2009. SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation safety standards. Sanitary rules and regulations") [Electronic resource]. URL: <http://www.consultant.ru>].
7. Chauhan D, Ahmad HS, Singh S, Albayar A, Patel A, Welch WC, Yoon JW. A prospective cohort study of radiation exposure to a spine surgeon's exposed body parts during utilization of intraoperative radiation-based imaging. *Clin Spine Surg*. 2023;36:90–95. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001450
8. Yoshihara H, Paulino CB. Radiation exposure to the surgeons and patients in fluoroscopic-guided segmental pedicle screw placement for pediatric scoliosis. *Spine*. 2018;43:1398–1402. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002718
9. Loose R. Occupational overexposures in medical field. In: *EU Scientific Seminar 2003 – Medical Overexposures*. 2008:9–24.
10. International Atomic Energy Agency. *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*. GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2015.
11. Бадалов В.И., Спицын М.И., Коростелев К.Е., Ярмошук Р.В., Родионова А.А. Нейронавигационное ассистирование. Снижение лучевой нагрузки при операциях на позвоночнике у пострадавших с тяжелой сочетанной травмой. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2020;22(2):59–65. [Badalov VI, Spitsyn MI, Korostelev KE, Yarmoshuk RV, Rodionova AA. Neuronavigation assistance. Decreased radiation exposure during spinal surgery in patient with severe combined trauma. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2020;22(2):59–65]. DOI: 10.17816/brmma50047 EDN: IVXIAJ
12. Сарычева С.С. Особенности применения средств радиационной защиты для персонала рентгенохирургических операционных. *Радиационная гигиена*. 2021;14(4):76–84. [Sarycheva SS. Features of radiation protection equipment for the staff of X-ray operating rooms. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(4):76–84]. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-76-84 EDN: RWHNOC
13. Yamashita K, Ikuma H, Tokashiki T, Maehara T, Nagamachi A, Takata Y, Sakai T, Higashino K, Sairyu K. Radiation exposure to the hand of a spinal interventionalist during fluoroscopically guided procedures. *Asian Spine J*. 2017;11:75-81. DOI: 10.4184/asj.2017.11.1.75
14. Шлеенкова Е.Н., Голиков В.Ю., Кайдановский Г.Н., Бажин С.Ю., Ильин В.А. Результаты контроля доз облучения хрусталиков глаз у медицинского персонала г. Санкт-Петербурга. *Радиационная гигиена*. 2020;12(4):29–36. [Shleenkova EN, Golikov VYu, Kaidanovsky GN, et al. Results of eye lens doses control of medical personnel in St. Petersburg. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(4):29–36]. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-29-36 EDN: AUGSJC
15. ICRP. 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. In: *Ann ICRP*. 2018;47(2).
16. Кайдановский Г.И., Шлеенкова Е.Н., Бажин С.Ю., Ильин В.А., Тарита В.А., Фирсанов В.Б. Инструментальное исследование доз облучения и условий работы персонала рентгенохирургических бригад. *Радиационная гигиена*. 2023;16(4):148–157. [Kaidanovsky GN, Shleenkova EN, Bazhin SYu, Ilyin VA, Tarita VA, Firsanov VB. Instrumental study of radiation doses and working conditions for personnel of X-ray surgical teams. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(4):148–157]. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-148-157 EDN: WCMZZL
17. Fujibayashi S, Murata K, Shimizu T, Otsuki B, Masamoto K, Shimizu Y, Matsuda S. An observational survey of nail and skin of spine surgeons-possible damage by occupational ionizing radiation exposure. *Spine Surg Relat Res*. 2021;5:359–364. DOI: 10.22603/ssrr.2020-0204
18. Delgado-Lopez PD, Sanchez-Jimenez J, Herrero-Gutierrez AI, Inclan-Cuesta MT, Corrales-Garcia EM, Martin-Alonso J, Galacho-Harriero AM, Rodriguez-Salazar A. Radiation protection measures: Implications on the design of neurosurgery operating rooms. *Neurocirugia (Engl Ed)*. 2018;29:187–200. DOI: 10.1016/j.neucir.2018.02.007
19. Ciraj-Bjelac O, Carinou E, Ferrari P, Gingaume M, Merce MS, O'Connor U. Occupational exposure of the eye lens in interventional procedures: how to assess and manage radiation dose. *J Am Coll Radiol*. 2016;13:1347–1353. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.06.015
20. Chen R, Joo EH, Baas C, Hartman J, Amasyali AS, Shete K, Belle JD, Ritchie C, Baldwin EA, Okhunov Z, Farkouh A, Baldwin DD. Reducing hand radiation during renal access for percutaneous nephrolithotomy: a comparison of radiation reduction techniques. *Urolithiasis*. 2024;52:27. DOI: 10.1007/s00240-023-01510-x
21. Ipreburg M, Wagner R, Godschalx A, Telfeian AE. Patient radiation exposure during transforaminal lumbar endoscopic spine surgery: a prospective study. *Neurosurg Focus*. 2016;40:E7. DOI: 10.3171/2015.11.FOCUS15485
22. Assaker R, Reyns N, Vinchon M, Demondion X, Louis E. Transpedicular screw placement: image-guided versus lateral-view fluoroscopy: in vitro simulation. *Spine*. 2001;26:2160–2164. DOI: 10.1097/00007632-200110010-00024
23. Gang C, Haibo L, Fancai L, Weishan C, Qixin C. Learning curve of thoracic pedicle screw placement using the free-hand technique in scoliosis: how many screws needed for an apprentice? *Eur Spine J*. 2012;21:1151–1156. DOI: 10.1007/s00586-011-2065-2
24. Gonzalvo A, Fitt G, Liew S, de la Harpe D, Turner P, Ton L, Rogers MA, Wilde PH. The learning curve of pedicle screw placement: how many screws are enough? *Spine*. 2009;34:E761–E765. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b2f928

**Адрес для переписки:**

Кравцов Максим Николаевич  
192242, Россия, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, 3,  
Научно-исследовательский институт скорой помощи  
им. И.И. Джанелидзе,  
[neuromax@mail.ru](mailto:neuromax@mail.ru)

**Address correspondence to:**

Kravtsov Maksim Nikolayevich  
Research Institute of Emergency Medicine n.a. I.I. Dzhanelidze,  
3 Budapeshtskaya str., St. Petersburg, 192242, Russia,  
[neuromax@mail.ru](mailto:neuromax@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 16.02.2025

Рецензирование пройдено 03.06.2025

Подписано в печать 16.07.2025

Received 16.02.2025

Review completed 03.06.2025

Passed for printing 16.07.2025

Максим Валерьевич Кубасов, врач-нейрохирург отделения скорой медицинской помощи лечебно-диагностического центра, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6, eLibrary SPIN: 8497-0248, ORCID: 0009-0002-5101-1925, [kubasov-maxim.kubasov@yandex.ru](mailto:kubasov-maxim.kubasov@yandex.ru);

Максим Николаевич Кравицов, д-р мед. наук, старший преподаватель кафедры нейрохирургии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6; руководитель отдела нейрохирургии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Россия, 192242, Санкт-Петербург, ул. Будапештская, 3; доцент кафедры нейрохирургии им. проф. А.Л. Поленова, Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41, eLibrary SPIN: 2742-6397, ORCID: 0000-0003-2486-6995, [neuromax@mail.ru](mailto:neuromax@mail.ru);

Светлана Сергеевна Сарычева, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева, Россия, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, 8, eLibrary SPIN: 5132-1416, ORCID: 0000-0002-4493-0280, [svetlana2003@mail.ru](mailto:svetlana2003@mail.ru);

Екатерина Николаевна Шлеенкова, младший научный сотрудник лаборатории радиационного контроля, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева, Россия, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, 8, eLibrary SPIN: 3712-6325, ORCID: 0009-0006-6391-1639, [esbleenkova@mail.ru](mailto:esbleenkova@mail.ru);

Дмитрий Владимирович Свистов, канд. мед. наук, доцент, начальник кафедры нейрохирургии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6, eLibrary SPIN: 3184-5590, ORCID: 0000-0003-0966-1852, [dusvistov@mail.ru](mailto:dusvistov@mail.ru).

*Maxim Valerievich Kubasov, Neurosurgeon of the Emergency Department of the Medical Diagnostic Center, S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russia, eLibrary SPIN: 8497-0248, ORCID: 0009-0002-5101-1925, [kubasov-maxim.kubasov@yandex.ru](mailto:kubasov-maxim.kubasov@yandex.ru);*

*Maksim Nikolayevich Kravtsov, DMSc, senior lecturer of the Department of Neurosurgery, S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russia; Head of the Department of Neurosurgery, Research Institute of Emergency Medicine n.a. I.I. Dzhanelidze, 3 Budapeshtskaya str., St. Petersburg, 192242, Russia; Associate Professor of the Department of Neurosurgery n.a. Prof. A.L. Polenov, North-Western State Medical University n. a. I.I. Mechnikov, 41 Kirochnaya str., St. Petersburg, 191015, Russia, eLibrary SPIN: 2742-6397, ORCID: 0000-0003-2486-6995, [neuromax@mail.ru](mailto:neuromax@mail.ru);*

*Svetlana Sergeyevna Sarycheva, PhD in Biology, senior researcher, Laboratory of Radiation Hygiene of Medical Organizations, St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene n.a. Prof. P.V. Ramzaev, 8 Mira str., St. Petersburg, 197101, Russia, eLibrary SPIN: 5132-1416, ORCID: 0000-0002-4493-0280, [svetlana2003@mail.ru](mailto:svetlana2003@mail.ru);*

*Ekaterina Nikolayevna Shleenkova, junior researcher, Radiation Control Laboratory, St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene n.a. Prof. P.V. Ramzaev, 8 Mira str., St. Petersburg, 197101, Russia, eLibrary SPIN: 3712-6325, ORCID: 0009-0006-6391-1639, [esbleenkova@mail.ru](mailto:esbleenkova@mail.ru);*

*Dmitry Vladimirovich Svistov, MD, PhD, associate professor, Head of the Department of Neurosurgery, S.M. Kirov Military Medical Academy, 6 Akademika Lebedeva str., St. Petersburg, 194044, Russia, eLibrary SPIN: 3184-5590, ORCID: 0000-0002-3922-9887, [dusvistov@mail.ru](mailto:dusvistov@mail.ru).*



# ИМПЛАНТАЦИЯ МЕЖТЕЛОВОГО ШЕЙНОГО КЕЙДЖА КАДАВЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЗВОНОЧНИКА БАРАНА: БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

О.А. Спири<sup>1</sup>, А.Г. Аганесов<sup>1</sup>, М.М. Алексанян<sup>1</sup>, С.А. Макаров<sup>1</sup>, Н.Г. Седуш<sup>2</sup>, А.Е. Крупнин<sup>2</sup>, В.В. Побежимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

**Цель исследования.** Оценка биомеханических свойств биоразлагаемых кейджей из поли-L-лактида на кадаверной модели шейного отдела позвоночника крупного рогатого скота.

**Материал и методы.** Разработаны прототипы межтеловых шейных устройств на 3D-принтере Ender 3v2. Проведена оценка механических характеристик экспериментальных образцов кейджей, исследована ориентация образцов при 3D-печати. В 12 случаях на кадаверных моделях выполнена одноуровневая шейная дискэктомия с фиксацией кейджем из поли-L-лактида. Проведены биомеханические испытания прооперированного позвоночного сегмента в условиях циклического нагружения.

**Результаты.** В данном виде испытаний разработанные модели шейных кейджей продемонстрировали высокую деформационную стабильность при компрессионной нагрузке, отсутствие деформации и миграции в статических и циклических испытаниях.

**Заключение.** Разработка биосовместимых биоразлагаемых шейных кейджей является перспективным направлением в медицине. С учетом высокого процента послеоперационных осложнений, связанных с миграцией и проседанием кейджей из нерезорбируемых материалов, биоразлагаемые имплантаты могут стать конкурентноспособным аналогом для фиксации шейного сегмента.

**Ключевые слова:** шейная дискэктомия; шейный кейдж; кадаверная модель; биомеханические испытания.

Для цитирования: Спири О.А., Аганесов А.Г., Алексанян М.М., Макаров С.А., Седуш Н.Г., Крупнин А.Е., Побежимов В.В. Имплантация межтелового шейного кейджа кадаверной модели позвоночника барана: биомеханические испытания // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 3. С. 97–103.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.97-103>

## INTERBODY CERVICAL CAGE IMPLANTATION INTO CADAVERIC MODEL OF THE RAM SPINE: BIOMECHANICAL TESTS

O.A. Spirin<sup>1</sup>, A.G. Aganesov<sup>1</sup>, M.M. Aleksanyan<sup>1</sup>, S.A. Makarov<sup>1</sup>, N.G. Sedush<sup>2</sup>, A.E. Krupnin<sup>2</sup>, V.V. Pobezhimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Scientific Center of Surgery n.a. acad. B.V. Petrovsky, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

**Objective.** To evaluate the biomechanical properties of biodegradable poly-L-lactide cages on a cadaveric model of the cattle cervical spine.

**Material and Methods.** Prototypes of interbody cervical implants were developed on the Ender 3v2 3D printer. The mechanical characteristics of experimental cage specimens were evaluated, and the orientation of the specimens during 3D-printing was investigated. Single-level cervical discectomy with fixation by a cage made of poly-L-lactide was performed in 12 cadaveric models. Biomechanical tests of the operated vertebral segment were carried out under cyclic loading conditions.

**Results.** In this type of testing, the developed cervical cage models demonstrated high deformation stability under compression load, and the absence of deformation and migration in static and cyclic tests.

**Conclusion.** The development of biocompatible biodegradable cervical cages is a promising direction in medicine. Given the high rate of postoperative complications associated with migration and subsidence of cages made of non-resorbable materials, biodegradable implants may become a competitive analog for cervical segment fixation.

**Keywords:** cervical discectomy; cervical cage; cadaveric model; biomechanical testing.

Please cite this paper as: Spirin OA, Aganesov AG, Aleksanyan MM, Makarov SA, Sedush NG, Krupnin AE, Pobezhimov VV. Interbody cervical cage implantation into cadaveric model of the ram spine: biomechanical tests. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(3):97–103.

In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.97-103>

Выбор материала для последующей фиксации шейного кейджа после передней шейной дискэктомии является актуальной темой в мировом медицинском сообществе. Наибольшую распространенность в хирургической практике получили кост-

ные аутоотрансплантаты, ригидные шейные пластины с фиксацией винтами и межтеловые кейджи. Основными осложнениями при данном методе фиксации являются миграция пластин, винтов, переломы пластин, дислокация аутоотрансплантата,

гематомы и нагноение в области забора трансплантата [1–4]. У 1,3–15,0 % больных происходит миграция металлоконструкции (винтов, пластин), у 0,2–21,0 % – дислокация костного трансплантата [5]. По данным метаанализа исследований, посвящен-

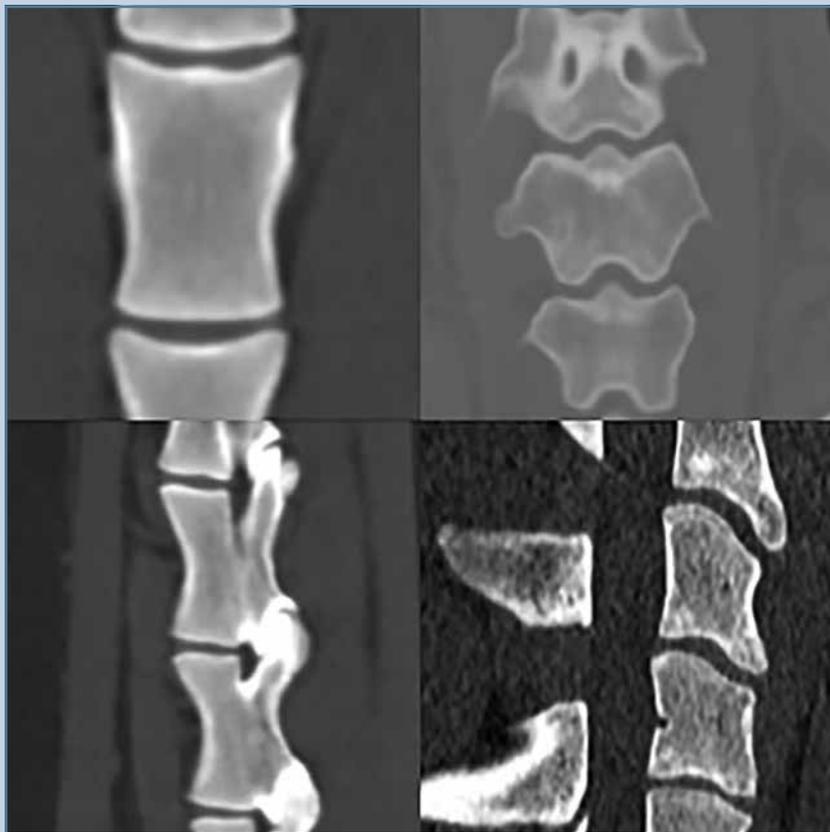


Рис. 1

Предоперационное КТ-исследование

ных фиксации шейного сегмента кейджами из небioresорбируемых материалов (титан, РЕЕК), частота формирования костного блока составила 46–100 % у титановых кейджей, 76–100 % – у кейджей из РЕЕК,

частота проседания кейджа – 16–35 % и 0–28 % соответственно [6]. По данным других авторов, межтеловой костный блок наблюдался у 94,3–100 % пациентов, проседание межтелового имплантата – у 0–10 % пациентов [7].

Неоднозначность полученных результатов и высокая частота осложнений явились катализатором развития технологии производства биорезорбируемых материалов [8, 9]. Так, например, биосовместимые пористые композитные скаффолды из полилактида/ $\beta$ -трикальцийфосфата (PLA/ $\beta$ -TCP) могут быть использованы для лечения остеохондральных дефектов [10]. В работе Laubach et al. [11] показаны результаты испытаний биодеградируемых кейджей из разных полимеров лактида. Материалом для изготовления был выбран поли-L-лактид и сополимер поли-L-лактид-со-D,L-лактид. Кейджи устанавливали крупным парнокопытным животным *in vivo*. Авторы сообщают о полной биорезорбции установленного кейджа через 2 года и формировании костного блока через 4 года после оперативного лечения. Актуальным остается вопрос оценки стабильности кейджей *ex vivo*. Работа в лаборатории на испытательных силовых машинах дает возможность моделирования разных видов механической нагрузки на позвоночный сегмент кадаверной модели позвоночника. В работе Teunissen et al. [12] сообщается об установке титановых кейджей в поясничный отдел позвоночника после дискэктомии. В качестве материала для исследования использовали кадаверные модели собак. Позвоночные сегменты до дискэктомии и после помещали в устройство для четырехточечного изгиба (сгибание–разгибание, боко-

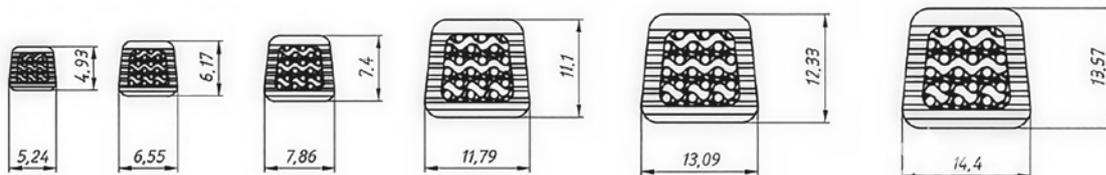


Рис. 2

Размерная линейка прототипов шейных кейджей

Таблица

Параметры 3D-печати экспериментальных образцов кейджей

Параметры	Кейджи с высотой 2,0; 2,5; 3,0 мм	Кейджи с высотой 4,5; 5,0; 5,5 мм
Температура сопла, °С	200	200
Температура стола, °С	70	70
Плотность заполнения, %	100	100
Скорость печати, мм/с	40	60
Высота слоя, мм	0,15	0,2



Рис. 3

Прототип шейного кейджа

вые наклоны и осевое вращение). По данным авторов, имплантация титановых кейджей без пластины (stand-alone-cage) восстанавливает стабильность позвоночного сегмента до состояния, аналогичного неоперированному позвоночному сегменту. К сожалению, в современных литературных источниках отсутствуют статьи о биомеханических испытаниях *ex vivo* с использованием биоразлагаемых шейных кейджей.

### Материал и методы

Для исследования отобраны 12 кадаверных моделей шейного отдела позвоночника овец. Все модели были подвергнуты предоперационному КТ-исследованию (рис. 1) для оценки межтелового расстояния. Оценивали расстояние во фронтальной и сагитальной плоскостях, размер варьировал от 2,5 до 5,0 мм.

Прототипы шейных кейджей по намеченным эскизам и рассчитанным заранее параметрам производили на 3D-принтере Ender 3v2. Размерная линейка прототипов шейных кейджей варьировала в следующих диапазонах: 2,0–5,5 мм в высоту, 5,24–14,4 мм в ширину, 4,93–13,57 мм в длину (рис. 2, табл.).

Прототипы кейджей нарезали при помощи программного обеспечения PrusaSlicer 2.7.1. Образцы производили из филамента на основе полилактида-L-лактида (рис. 3).

Механические характеристики экспериментальных образцов кейджей оценивали на испытательной машине INSTRON5982 при температуре 37 °С.

Испытания на сжатие проводили между параллельными пластинами при постоянной скорости деформирования 50 % в минуту. Дополнительно исследовали влияние ориентации образцов при 3D-печати на механические свойства (рис. 4).

После производства устройства на 12 моделях выполнили субтотальную резекцию межпозвонкового диска (рис. 5а). Кюретаж диска производили с помощью конхотомов и кусачек Керрисона, затем измеряли дисковое пространство и устанавливали опытные образцы шейных кейджей (рис. 5б, в).

Механические характеристики экспериментальных образцов кейджей оценивали на испытательной машине INSTRON5965 при температуре 23 °С и постоянной скорости деформирова-

ния 5 мм/мин (рис. 6а). Провели статические и циклические испытания (10 циклов) в условиях действия компрессионной силы 300 Н.

### Результаты

Независимо от ориентации изделий на печатном столе, образцы демонстрировали пластические свойства под действием компрессионной нагрузки без разрушения в заданном диапазоне деформаций. Для образцов с параллельной печатному столу ориентацией слоев сила текучести F<sub>т</sub> составила 4,5 кН, после достижения которой наблюдали упрочнение.

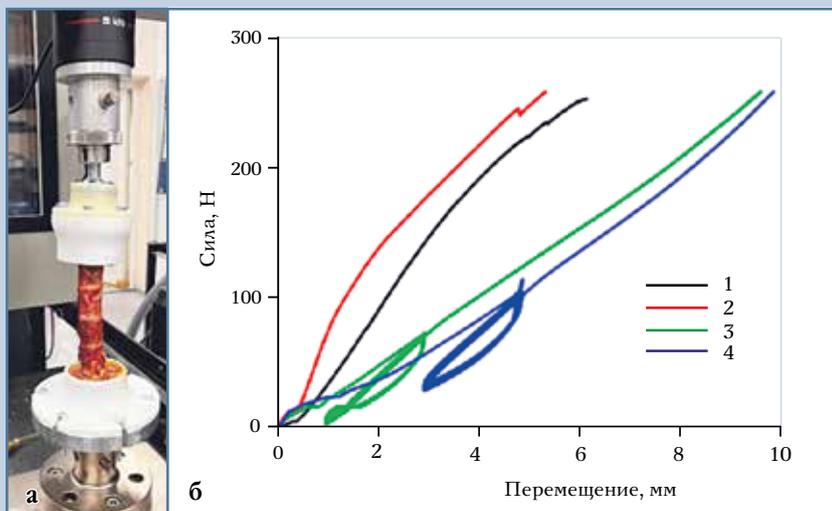


Рис. 4

Экспериментальные образцы кейджей: **а** – с параллельной печатному столу ориентацией слоев (as built); **б** – с перпендикулярной печатному столу ориентацией слоев (transverse)

**Рис. 5**

Сегмент после субтотальной дискэктомии (а), установленный кейдж, вид сбоку (б), установленный кейдж, вид спереди (в)

**Рис. 6**

Биомеханические испытания кейджа толщиной 5 мм: а – сегмент позвоночника с установленным кейджем и оснастка в сборке; б – деформационные кривые: 1 – сегмент позвоночника без кейджа, 2 – статическое нагружение сегмента позвоночника с установленным кейджем, 3 – циклические (в диапазоне 20–80 Н) испытания сегмента позвоночника с установленным кейджем, 4 – циклические (в диапазоне 40–120 Н) испытания сегмента позвоночника с установленным кейджем

Образцы с перпендикулярной печатному столу ориентацией слоев показали меньшую жесткость (наклон

прямолинейного участка на кривой), но большую силу текучести:  $F_T = 5,5$  кН. При этом фиксировали на диаграмме

участок разупрочнения, вызванный изгибом отдельных слоев и потерей их устойчивости (рис. 7). Для прототипов из каждой серии установлены параметры компрессионной нагрузки, при наступлении которой возникают нежелательные пластические деформации.

Полученные значения превышают физиологическую компрессионную нагрузку, действующую в шейном отделе позвоночника человека и равную 736 Н [13–15].

На рис. 6б показаны деформационные кривые, полученные по итогам проведенных испытаний. Гистерезис при циклических испытаниях обусловлен вязкоупругими свойствами межпозвонковых дисков и не связан со свойствами материала изделия. При достижении силы, равной 300 Н, в позвоночном сегменте возникали большие, не свойственные реальным биомеханическим системам перемещения до 10 мм. В данном виде испытаний разработанные модели кейджей продемонстрировали высокую устойчивость к деформации при компрессионной нагрузке, отсутствие деформации и миграции в статических и циклических испытаниях. Так как естественными ограничениями использованной биомеханической системы являлось низкое значение силы, сопровождаемое большими перемещениями и деформациями межпозвонковых дисков, а также изменение свойств живых тканей *ex vivo*, проведены циклические (10 циклов) испытания в соответствии со стандартом ASTM F2077 на универсальной испытательной машине INSTRON 5965 при температуре 23 °С и постоянной скорости деформирования 1 мм/мин (рис. 8). Нагружение проводили до значения силы 5000 Н (500 кг) с предварительным циклированием для каждого из образцов в диапазоне от 1000 до 2000 Н, от 2000 до 3000 Н и от 3000 до 4000 Н соответственно.

Образцы с перпендикулярной печатному столу ориентацией слоев показали меньшую жесткость, но большую силу текучести ( $F_T = 5,5$  кН). Таким образом, для произведенных

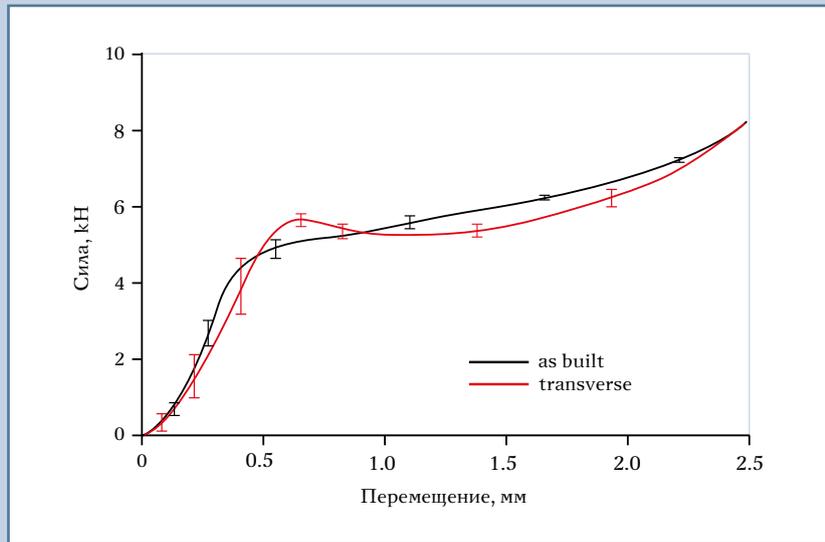


Рис. 7

Кривые деформирования экспериментальных образцов кейджей

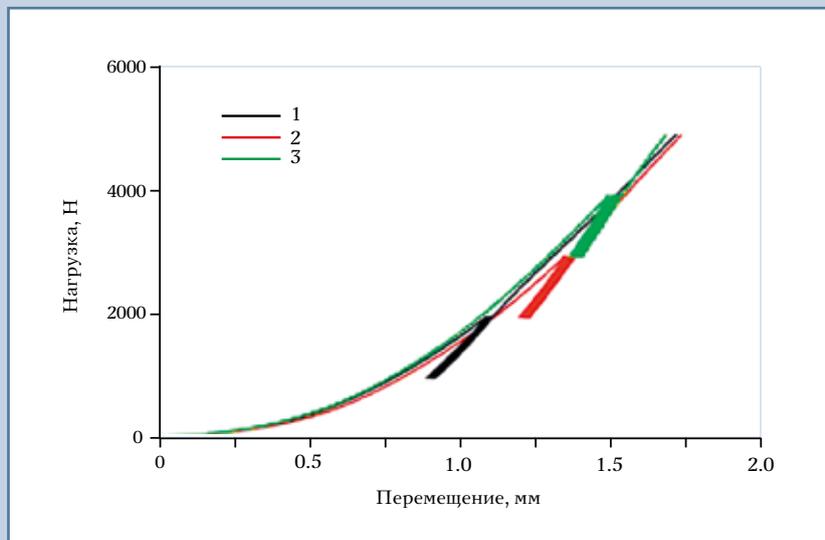


Рис. 8

Результаты механических испытаний с предварительным циклированием конструкций кейджей

устройств из каждой серии установлены значения компрессионной нагрузки, при достижении которой в опытном образце возникают нежелательные пластические деформации. Полученные значения кратно превы-

шают физиологическую компрессионную нагрузку, действующую в шейном отделе позвоночника человека. Кейджи высотой 5 мм, шириной 7,86 мм и длиной 7,4 мм показали оптимальную жесткость и стабильность в позво-

ночном сегменте. При заданных значениях амплитудных нагрузок циклов гистерезис практически отсутствует, что говорит о высокой устойчивости к деформации разработанных шейных изделий (рис. 8).

### Заключение

Изделия демонстрируют пластические свойства и отсутствие разрушения независимо от ориентации на печатном столе. Параметры компрессионной нагрузки в данном виде испытаний несвойственны для биомеханических систем и значительно превышают компрессионную нагрузку, действующую в шейном отделе позвоночника человека, что доказывает высокую устойчивость кейджей к деформации и миграции в статических и циклических испытаниях. Разработанные и протестированные *ex vivo* модели шейных кейджей, возможно, могут использоваться в качестве альтернативы небiorазлагаемым металлофиксаторам и кейджам, что предположительно позволит уменьшить количество вышеописанных послеоперационных осложнений за счет пластических свойств и biorазлагаемого компонента кейджей из поли-L-лактида. В дальнейшем планируется оценка механических, биосовместимых и биорезорбируемых свойств установленных имплантатов.

Работа частично проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» (проектирование и 3D-печать образцов кейджей), частично – в рамках соглашения между НИЦ «Курчатовский институт» и РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского (подготовка кадаверных моделей и испытания).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

## Литература/References

1. **Аганесов А.Г., Арестов С.О., Асютин Д.С., Бадалов Н.Г., Бородулина И.В., Вершинин А.В., Вершинина Н.С., Гринь А.А., Гуца А.О., Древал М.Д., Кашцев А.А., Колесов С.В., Коновалов Н.А., Кордонский А.Ю., Королишин В.А., Кротенкова И.А., Крутько А.В., Курочкина Н.С., Мартынова М.А., Назаренко А.Г., Назаметдинова Д.М., Петросян Д.В., Полторако Е.Н., Юсупова А.Р.** Хирургия дегенеративных поражений позвоночника: национальное руководство. Под ред. А.О. Гуцы, Н.А. Коновалова, А.А. Гриня. Москва, 2019. [Aganesov AG, Arestov SO, Asyutin DS, Aganesov AG, Arestov SO, Asyutin DS, Badalov NG, Borodulina IV, Vershinin AV, Vershinina NS, Grin AA, Gushcha AO, Dreval MD, Kashcheev AA, Kolesov SV, Kononov NA, Kordonsky AYu, Korolishin VA, Krotenkova IA, Krutko AV, Kurochkin NS, Martynova MA, Nazarenko AG, Nazametdinova DM, Petrosyan DV, Poltorako EN, Yusupova AR. *Surgery of degenerative lesions of the spine: national manual*. Ed. by AO Gushcha, NA Kononov, AA Grin. Moscow, 2019. IJ. ISBN: 978-5-9704-5001-7
2. **Ваккаро А.Р., Барон И.М.** Хирургия позвоночника. Оперативная техника. Пер. с англ. под ред. Ю.А. Шербука. Москва, 2015. [Vaccaro AR, Baron IM. *Spine surgery. Operative technique*. Trans. from English ed by Yu.A. Shcherbuk. Moscow, 2015. ISBN: 978-5-91839-068-9.
3. **Bohlman HH, Emery SE, Goodfellow DB, Jones PK.** Robinson anterior cervical discectomy and arthrodesis for cervical radiculopathy. Long-term follow-up of one hundred and twenty-two patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(9):1298–307. DOI: 10.2106/00004623-199309000-00005
4. **Emery SE, Bohlman HH, Bolesta MJ, Jones PK.** Anterior cervical decompression and arthrodesis for the treatment of cervical spondylotic myelopathy. Two to seventeen-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(7):941–951. DOI: 10.2106/00004623-199807000-00002
5. **Гринь А.А., Касаткин Д.С.** Несостоятельная фиксация шейного отдела позвоночника при его травмах и заболеваниях. *Клиническая практика*. 2017;2(30):49–55. [Grin AA, Kasatkin DS. Cervical spine insolvent fixation in the cases of its traumas and diseases. *Journal of Clinical Practice*. 2017;2(30):49–55]. EDN: YLYKMU
6. **Seaman S, Kerezoudis P, Bydon M, Torner JC, Hitchon PW.** Titanium vs. polyetheretherketone (PEEK) interbody fusion: Meta-analysis and review of the literature. *J Clin Neurosci*. 2017;44:23–29. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.06.062
7. **Ahmed AF, Al Dosari MAA, Al Kuwari A, Khan NM.** The outcomes of stand alone polyetheretherketone cages in anterior cervical discectomy and fusion. *Int Orthop*. 2020;45:173–180. DOI: 10.1007/s00264-020-04760-1
8. **Аржакова О.В., Аржаков М.С., Бадамшина Э.Р., Брюзгина Е.Б., Брюзгин Е.В., Быстрова А.В., Ваганов Г.В., Василевская В.В., Вдовиченко А.Ю., Галлямов М.О., Гумеров Р.А., Диденко А.Л., Зефилов В.В., Карпов С.В., Комаров П.В., Куличихин В.Г., Курочкин С.А., Ларин С.В., Малкин А.А., Миленин С.А., Музафаров А.М., Молчанов В.С., Навроцкий А.В., Новаков И.А., Панарин Е.Ф., Панова И.Г., Потемкин И.И., Светличный В.М., Седуш Н.Г., Серенко О.А., Успенский С.А., Филиппова О.Е., Хохлов А.Р., Чвалун С.Н., Шейко С.С., Шибяев А.В., Эльманович И.В., Юдин В.Е., Якиманский А.В., Ярославов А.А.** Полимеры будущего. *Успехи химии*. 2022;91(12):RCR5062. [Arzhakova OV, Arzhakov MS, Badamshina ER, Bryuzgina EB, Bryuzgin EV, Bystrova AV, Vaganov GV, Vasilevskaya VV, Vdovichenko AYu, Gallyamov MO, Gumerov RA, Didenko AL, Zefirov VV, Karpov SV, Komarov PV, Kulichikhin VG, Kurochkin SA, Larin SV, Malkin AYu, Milenin SA, Muzafarov AM, Molchanov VS, Navrotsky AV, Novakov IA, Panarin EF, Panova IG, Potemkin II, Svetlichny VM, Sedush NG, Serenko OA, Uspensky SA, Filippova OE, Khokhlov AR, Chvalun SN, Sheiko SS, Shibaev AV, Elmanovich IV, Yudin VE, Yakimansky AV, Yaroslavov AA. Polymers of the future. *Uspekhi Khimii (Russ. Chem. Rev)*. 2022;91(12):RCR5062]. DOI: 10.57634/RCR5062 EDN: EFUAAAB
9. **Crouzier T, Sailhan F, Becquart P, Guillot R, Logeart-Avramoglou D, Picart C.** The performance of BMP-2 loaded TCP/HAP porous ceramics with a polyelectrolyte multilayer film coating. *Biomaterials*. 2011;32:7543–7554. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2011.06.062
10. **Haaparanta AM, Haimi S, Ell V, Hopper N, Miettinen S, Suuronen R, Kellomaki M.** Porous polylactide/beta-tricalcium phosphate composite scaffolds for tissue engineering applications. *J Tissue Eng Regen Med*. 2010;4:366–373. DOI: 10.1002/term.249
11. **Laubach M, Kobbe P, Hutmacher DW.** Biodegradable interbody cages for lumbar spine fusion: Current concepts and future directions. *Biomaterials*. 2022;288:121699. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2022.121699
12. **Teunissen M, van der Veen AJ, Smit TH, Tryfonidou MA, Meij BP.** Effect of a titanium cage as a stand-alone device on biomechanical stability in the lumbosacral spine of canine cadavers. *Vet J*. 2017;220:17–23. DOI: 10.1016/j.tvjl.2016.12.007
13. **Sun B, Han Q, Sui F, Zhang A, Liu Y, Xia P, Wang J, Yang X.** Biomechanical analysis of customized cage conforming to the endplate morphology in anterior cervical discectomy fusion: A finite element analysis. *Heliyon*. 2023;9:e12923. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e12923
14. **Moussa A, Tanzer M, Pasini D.** Cervical fusion cage computationally optimized with porous architected Titanium for minimized subsidence. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018;85:134–151. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2018.05.040
15. **Wang Y, Liu Y, Zhang A, Han Q, Jiao J, Chen H, Gong X, Luo W, Yue J, Zhao X, Wang J, Wu M.** Biomechanical evaluation of a novel individualized zero-profile cage for anterior cervical discectomy and fusion: a finite element analysis. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023;11:1229210. DOI: 10.3389/fbioe.2023.1229210

## Адрес для переписки:

Спирин Олег Артемович

119991, Россия, Москва, Абрикосовский пер., 2,  
Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского,  
spirinoleg94@gmail.com

## Address correspondence to:

Spirin Oleg Artyomovich,

Russian Scientific Center of Surgery n.a. Acad. B.V. Petrovsky,  
2 Abrikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russia,  
spirinoleg94@gmail.com

Статья поступила в редакцию 29.12.2024

Рецензирование пройдено 19.06.2025

Подписано в печать 14.07.2025

Received 29.12.2024

Review completed 19.06.2025

Passed for printing 14.07.2025

Олег Артемович Спирин, младший научный сотрудник, врач отделения хирургии позвоночника, Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., 2, eLibrary SPIN: 2168-6039, ORCID: 0000-0002-3243-4327, spirinoleg94@gmail.com;  
Александр Георгиевич Аганесов, д-р мед. наук, проф., руководитель отделения хирургии позвоночника, Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., 2, eLibrary SPIN: 1805-5790, ORCID: 0000-0001-8823-5004, aaganesov@gmail.com;  
Марк Микаелович Алексанян, канд. мед. наук, старший научный сотрудник, врач отделения хирургии позвоночника, Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., 2, eLibrary SPIN: 3477-2860, ORCID: 0000-0003-1321-086X, Alexanyanmm@gmail.com;  
Сергей Александрович Макаров, научный сотрудник, врач отделения хирургии позвоночника, Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Россия, 119991, Москва, Абрикосовский пер., 2, eLibrary SPIN: 2010-9879, ORCID: 0000-0001-7237-240X, makarov.spine@gmail.com;  
Никита Геннадьевич Седуш, канд. физ.-мат. наук, начальник лаборатории полимерных материалов, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1, ORCID: 0000-0002-6744-7662, Sedush\_NG@nrcki.ru;  
Артур Евгеньевич Крупнин, младший научный сотрудник, и.о. руководителя ресурсного центра аддитивных и виртуальных технологий, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1, ORCID: 0000-0002-5674-4143, artkrupnin@gmail.com;  
Всеволод Васильевич Побежимов, лаборант-исследователь ресурсного центра аддитивных и виртуальных технологий, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1, eLibrary SPIN: 9760-4662, ORCID: 0009-0003-6326-2382, vsemvladeyu@mail.ru.

Oleg Artemovich Spirin, junior researcher of the Spine Surgery Department, Russian Scientific Center of Surgery n.a. Acad. B.V. Petrovsky, 2 Abrikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russia, eLibrary SPIN: 2168-6039, ORCID: 0000-0002-3243-4327, spirinoleg94@gmail.com;  
Alexander Georgyevich Aganesov, DMSc, Prof., Chief of the Spine Surgery Department, Russian Scientific Center of Surgery n.a. Acad. B.V. Petrovsky, 2 Abrikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russia, eLibrary SPIN: 1805-5790, ORCID: 0000-0001-8823-5004, aaganesov@gmail.com;  
Mark Mikaelovich Aleksanyan, MD, PhD, senior researcher of the Spine Surgery Department, Russian Scientific Center of Surgery n.a. Acad. B.V. Petrovsky, 2 Abrikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russia, eLibrary SPIN: 3477-2860, ORCID: 0000-0003-1321-086X, Alexanyanmm@gmail.com;  
Sergei Aleksandrovich Makarov, researcher of the Spine Surgery Department, Russian Scientific Center of Surgery n.a. Acad. B.V. Petrovsky, 2 Abrikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russia, eLibrary SPIN: 2010-9879, ORCID: 0000-0001-7237-240X, makarov.spine@gmail.com;  
Nikita Gennadyevich Sedush, PhD in Physics and Mathematics, Head of the Laboratory of Polymeric Materials, National Research Center "Kurchatov Institute", 1 Akademika Kurchatova Square, Moscow, 123182, Russia, ORCID: 0000-0002-6744-7662, Sedush\_NG@nrcki.ru;  
Artur Evgenyevich Krupnin, junior researcher of the Laboratory of Polymeric Materials, Acting Head of the Resource Center for Additive and Virtual Technologies, National Research Center "Kurchatov Institute", 1 Akademika Kurchatova Square, Moscow, 123182, Russia, ORCID: 0000-0002-5674-4143, artkrupnin@gmail.com;  
Vsevolod Vasilyevich Pobezhimov, research assistant of the Resource Center for Additive and Virtual Technologies, National Research Center "Kurchatov Institute", 1 Akademika Kurchatova Square, Moscow, 123182, Russia, eLibrary SPIN: 9760-4662, ORCID: 0009-0003-6326-2382, vsemvladeyu@mail.ru.

# ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

# ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

[www.spinesurgery.ru](http://www.spinesurgery.ru)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Ежегодный конгресс Европейского общества вертебрологов EUROSPINE  
European congress for spine surgery and spinal care  
EUROSPINE 2025  
Время проведения: 22–24 октября 2025 г.

Место проведения: Копенгаген, Дания  
Контактная информация:  
<https://www.eurospine.org/events/annual-meeting/2025>

Научно-практическая конференция  
«Актуальные вопросы травматологии  
и ортопедии мирного и военного времени»  
Время проведения: 23–24 октября 2025 г.

Место проведения: Донецк, Россия  
Контактная информация:  
<https://trmo.ru/>

Научно-практическая конференция «Актуальные  
вопросы травматологии и ортопедии»  
Время проведения: 23–24 октября 2025 г.

Место проведения: Тюмень, Россия  
Контактная информация:  
[rtc-dnr.gosuslugi.ru](http://rtc-dnr.gosuslugi.ru)

Сибирский форум («Цивьяновские чтения»)  
Время проведения: 31 октября – 1 ноября 2025 г.

Место проведения: Новосибирск, Россия  
Контактная информация:  
<https://niitconf.ru/>

11-я Международная конференция по заболеваниям  
позвоночника и спинного мозга  
11th International Conference on Spine and Spinal  
Disorders  
Время проведения: 3–4 ноября 2025 г.

Место проведения: Рим, Италия  
Контактная информация:  
<https://spine.neurologyconference.com>

III Межрегиональная научно-практическая  
конференция «Колокольцевские чтения»  
Время проведения: 7 ноября 2025 г.

Место проведения: Нижний Новгород, Россия  
Контактная информация:  
<https://nn-terra.ru/index.php?id=1246&idx=print-event>

108-й Национальный конгресс Итальянского  
общества ортопедов и травматологов (SIOT 2025)  
108th Congresso Nazionale della Società Italiana  
di Ortopedia e Traumatologia (SIOT 2025)  
Время проведения: 6–8 ноября 2025 г.

Место проведения: Рим, Италия  
Контактная информация:  
<https://congressosiot.it>

IV научно-практический форум  
«Огнестрельная рана. Хирургия повреждений»  
Время проведения: 20–21 ноября 2025 г.

Место проведения: Москва, Россия  
Контактная информация:  
<https://ognestrel-conf.ru/>

9-я ежегодная междисциплинарная конференция  
по лечению заболеваний позвоночника  
9th Annual Multidisciplinary Spine Care Conference  
Время проведения: 20–22 ноября 2025 г.

Место проведения: Амелия-Айленд, Флорида, США  
Контактная информация:  
<https://ce.mayo.edu/neurology-and-neurologic-surgery/content/9th-annual-multidisciplinary-spine-care-conference-2025>

5-я Всемирная конференция по ортопедической  
хирургии  
5th Global Conference on Orthopedic Surgery  
Время проведения: 26–27 ноября 2025 г.

Место проведения: Дубай, ОАЭ  
(гибридное мероприятие)  
Контактная информация:  
<https://orthopedics.cmesociety.com>

Региональная научно-практическая конференция  
«Классические и инновационные решения  
в лечении травматолого-ортопедических больных»  
Время проведения: 28 ноября 2025 г.

Место проведения: Самара, Россия  
Контактная информация:  
<https://mbfrazvitie.ru/>

## ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

## ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

[www.spinesurgery.ru](http://www.spinesurgery.ru)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



<p>III Межрегиональный форум по травматологии и реабилитации Время проведения: 28–29 ноября 2025 г.</p>	<p>Место проведения: Челябинск, Россия Контактная информация: <a href="https://travma-rehab.ru/">https://travma-rehab.ru/</a></p>
<p>20-й ежегодный конгресс общества вертебрологов Германии 20th Annual Meeting of the German Spine Society Время проведения: 10–12 декабря 2025 г.</p>	<p>Место проведения: Висбаден, Германия Контактная информация: <a href="https://dwg-kpngfess.de">https://dwg-kpngfess.de</a></p>
<p>XII Всероссийский Приоровский форум, посвященный 140-летию со дня рождения Н.Н. Приорова Время проведения: 12–13 декабря 2025 г.</p>	<p>Место проведения: Москва, Россия Контактная информация: <a href="https://www.cito-priorov.ru/science/nauchno-obrazovatelnye-seminary-i-konferentsii.php">https://www.cito-priorov.ru/science/nauchno-obrazovatelnye-seminary-i-konferentsii.php</a></p>
<p>29-й форум по хирургии позвоночника Немецкого общества хирургии позвоночника 29 Forum Wirbelsäulenchirurgie der Akademie der DWG gGmbH Время проведения: 15–17 января 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Санкт-Антон-ам-Аральберг, Австрия Контактная информация: <a href="https://forum-wirbelsaeulenchirurgie.de">https://forum-wirbelsaeulenchirurgie.de</a></p>
<p>33-я Международная конференция Общества по исследованию сколиоза (SRS) по передовым методам лечения позвоночника (IMAST 2026) International Meeting on Advanced Spine Techniques (IMAST) Время проведения: 15–17 апреля 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Торонто, Канада Контактная информация: <a href="https://www.srs.org/Meetings-Conferences/IMAST/IMAST2026">https://www.srs.org/Meetings-Conferences/IMAST/IMAST2026</a></p>
<p>Ежегодная конференция Международного общества изучения поясничного отдела позвоночника (ISSLS) ISSLS Annual Meeting 2026 International Society for the Study of the Lumbar Spine Время проведения: 11–15 мая 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Кейптаун, Южно-Африканская республика Контактная информация: <a href="https://www.issls.org/2026-annual-meeting">https://www.issls.org/2026-annual-meeting</a></p>
<p>4-й Всемирный симпозиум по ортопедии (WSO 2026) гибридный The 4th World Symposium on Orthopaedics 2026 (WSO 2026) Время проведения: 27–29 мая 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Сингапур Контактная информация: <a href="https://wso2026.lmsii.org">https://wso2026.lmsii.org</a></p>
<p>41-я ежегодная конференция Европейского общества исследований шейного отдела позвоночника 41st Annual Meeting of Cervical Spine Research Society Europe Время проведения: 27–29 мая 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Лондон, Соединенное Королевство Контактная информация: <a href="https://csrs-europe-congress.com">https://csrs-europe-congress.com</a></p>
<p>Всемирный конгресс вертебрологов Global Spine Congress Время проведения: 27–30 мая 2026 г.</p>	<p>Место проведения: Стамбул, Турция Контактная информация: <a href="https://globalspinecongress.org">https://globalspinecongress.org</a></p>

## КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

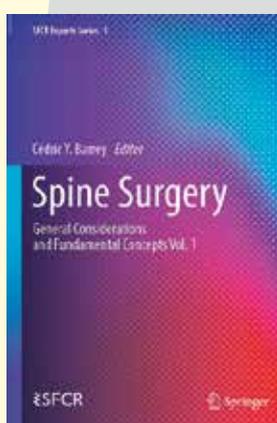
## ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

[www.spinesurgery.ru](http://www.spinesurgery.ru)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



**Хирургия позвоночника:  
Общие положения и основные концепции.  
SFCR Expert Series, Том 1  
Spine Surgery:  
General Considerations and Fundamental Concepts.  
SFCR Expert Series, Vol. 1  
Ed. by. Cédric Y. Barrey**



**Springer Cham, 2025**

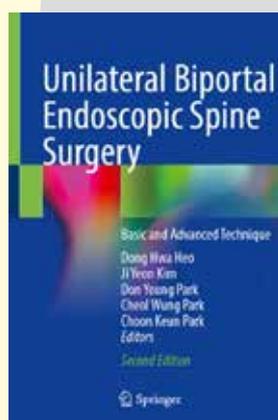
**181 с.**

«SFCR Experts Series» представляет собой серию книг под эгидой Французского общества хирургии позвоночника (SFCR), посвященную спинальной хирургии. Цель первого тома – объединить все основные концепции хирургии позвоночника и предложить хирургу-вертебрологу современный обзор достижений в этой области.

Чтобы понять настоящее и предвидеть будущее, важно знать прошлое. Поэтому том начинается с истории хирургии позвоночника с описанием наиболее значимых вех развития этой дисциплины. Затем следует обсуждение современного состояния хирургии позвоночника, в том числе эпидемиологии спинальной практики и всего спектра спинальных патологий.

«Сердце» книги – это основы хирургии позвоночника, включающие хирургическую анатомию, биомеханику, спинальный инструментарий и биоматериалы, биологию сращения костей и их заменителей, травмы и регенерацию спинного мозга, представленные и проиллюстрированные известными экспертами. Экономическая среда важна для спинальной хирургии, обсуждаются проблемы рынка хирургии позвоночника. Наконец, раздел об управлении данными, искусственном интеллекте, инновациях и новых технологиях представит читателю перспективы и будущее спинальной хирургии. Первый том «SFCR Experts Series» наверняка будет высоко оценен нейрохирургами и ортопедами как важный вклад в современные знания о спинальной хирургии.

**Односторонняя бипортальная эндоскопическая  
хирургия позвоночника:  
Базовый и усовершенствованный методы  
Unilateral Biportal Endoscopic Spine Surgery:  
Basis and Advanced Technique  
Ed. by. D.H. Heo, J.Y. Kim, D.Y. Park,  
C.W. Park, C.K. Park**



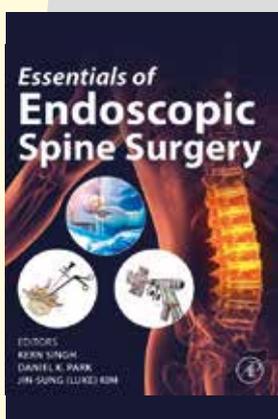
**Springer Singapore, 2025**

**2-е изд., 426 с.**

Бипортальная эндоскопическая хирургия позвоночника в последние годы привлекла значительное внимание и получила распространение в области хирургии позвоночника благодаря своей минимально-инвазивной природе и преимуществам, которые она предлагает. Эта методика становится все более популярной среди хирургов-вертебрологов при лечении различных заболеваний позвоночника, таких как грыжи межпозвоночного диска, стеноз позвоночного канала и спондилолистез. Ее минимально-инвазивный подход позволяет делать меньшие разрезы, меньше нарушать работу мышц, снижать интенсивность послеоперационной боли и сокращать время восстановления по сравнению с традиционной открытой хирургией. Многочисленные исследования подтверждают благоприятные результаты бипортальной эндоскопической хирургии позвоночника, включая сокращение времени операции, более низкие показатели осложнений и повышение удовлетворенности пациентов. Эти результаты способствуют ее постоянному распространению. Инновации, вероятно, еще больше утвердят бипортальную эндоскопическую хирургию в качестве стандартной практики для соответствующих заболеваний позвоночника. В книге представлены фундаментальные концепции эндоскопической анатомии и основные характеристики эндоскопического оборудования и методов. Включены подробные описания бипортальных эндоскопических процедур с пошаговой демонстрацией выполнения, включая настройку, точки входа и использование инструментов.



## Основы эндоскопической хирургии позвоночника Essentials of Endoscopic Spine Surgery Ed. by. Kern Singh, Daniel K. Park, Jin-Sung (Luke) Kim

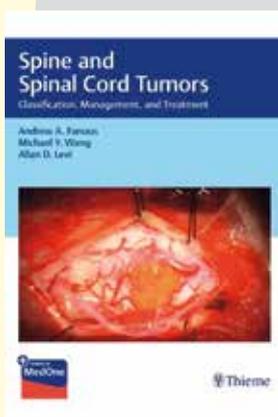


Academic Press, 2025

350 с.

Книга является подробным руководством по эндоскопии для специалистов, стремящихся повысить квалификацию в области эндоскопических методов. Этот бесценный источник информации делает акцент на хирургической точности, безопасности пациентов и достижении оптимальных результатов. Книга, состоящая из восьми разделов, содержит исчерпывающие знания и практические рекомендации для развития клинической практики. Она охватывает основы эндоскопической хирургии позвоночника, новейшие инструменты и технологии, а также конкретные процедуры эндоскопии шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника. Помимо основных тем, в книге рассматриваются передовые эндоскопические методы, лечение осложнений, послеоперационный уход за пациентами и будущие направления развития этой области. Книга, составленная сертифицированными вертебрологами и ортопедами, предназначена для практикующих хирургов-ортопедов и аспирантов, стремящихся освоить малоинвазивные хирургические методы.

## Опухоли позвоночника и спинного мозга. Классификация, лечение и тактика ведения Spine and Spinal Cord Tumors. Classification, Management, and Treatment A. Fanous, M. Wang, A. Levi



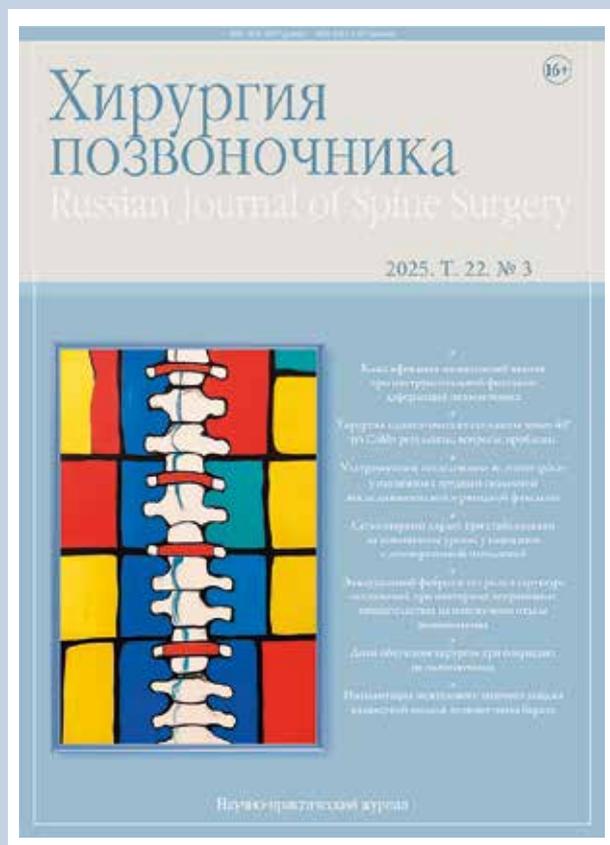
Thieme, 2025

524 с.

Полное руководство по лечению опухолей позвоночника от мировых экспертов. Благодаря последним достижениям в области молекулярной генетики и биотехнологий, понимание проблем опухолей позвоночника стремительно развивается и существенно меняет парадигмы лечения этих патологий. Книга «Опухоли позвоночника и спинного мозга: классификация, лечение и тактика ведения» заполняет пробел в литературе, предоставляя подробный и актуальный источник информации по диагностике, классификации и лечению опухолей позвоночника и спинного мозга. Удобный для чтения учебник, подготовленный под редакцией известных хирургов-ортопедов, содержит статьи ведущих международных экспертов из девяти стран и шести континентов. Текст разделен на шесть частей, которые содержат 44 главы, охватывающих новейшие стандарты лечения, включая современную лучевую терапию и хирургическое лечение. Во введении (часть I) обсуждаются анатомия позвоночника, а также общая классификация, симптоматика, оценка и диагностика опухолей позвоночника. Часть II, посвященная первичным опухолям позвоночника, включает главы по стадированию, классификации, патологии и цитогенетике поражений у взрослых и детей. Части III и IV описывают опухоли спинного мозга, менингеальных оболочек и периферических нервов, а также метастатические опухоли позвоночника. В части V обсуждаются методы альювантного лечения, в том числе химиотерапии, лучевой терапии и ангиографической эмболизации. Последняя часть содержит 17 глав, посвященных хирургическому лечению, включая интраоперационный нейрофизиологический мониторинг, технологические достижения, хирургические подходы и методы реконструкции.

# Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery



ПОДПИШИТЕСЬ СЕЙЧАС  
www.spinesurgery.ru



Форма № ПД -4	
Извещение	УФК по НСО (ИНН 5406011563, ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, л/с 20516Х89550) <small>(наименование получателя платежа)</small>
	5406102179 № 40501810700042000002 <small>(ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)</small>
	В ГРКЦ ГУ Банка России по Новосибирской области <small>(наименование банка получателя платежа)</small>
	БИК 045004001 № — <small>(номер кор./сч. банка получателя платежа)</small>
	Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» <small>(наименование платежа)</small>
	Сумма платежа _____ руб. _____ коп.
	Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.
	Итого _____ руб. _____ коп.
Кассир	
УФК по НСО (ИНН 5406011563, ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна, л/с 20516Х89550) <small>(наименование получателя платежа)</small>	
	5406102179 № 40501810700042000002 <small>(ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)</small>
	В ГРКЦ ГУ Банка России по Новосибирской области <small>(наименование банка получателя платежа)</small>
	БИК 045004001 № — <small>(номер кор./сч. банка получателя платежа)</small>
	Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» <small>(наименование платежа)</small>
	Сумма платежа _____ руб. _____ коп.
	Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.
	Итого _____ руб. _____ коп.
Квитанция Кассир	





## Редакционная подписка

Объем издания 100–150 страниц. Периодичность 4 раза в год. Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам хирургии позвоночника и смежным дисциплинам.

**Стоимость годовой подписки по России:**

для физических лиц – 4800 р., для организаций – 6400 р.

**Стоимость годовой подписки по странам зарубежья:**

для физических лиц – 6400 р., для организаций – 7200 р.

Организациям для подписки необходимо отправить заявку на требуемое количество комплектов, а также реквизиты для выставления счета по e-mail: MBedulina@niito.ru.

**Подписчикам журнала предоставляется доступ к полным версиям статей на сайте [www.spinesurgery.ru](http://www.spinesurgery.ru)**

Архивные номера журнала можно приобрести в редакции.



С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О., адрес плательщика)

\_\_\_\_\_  
(ИНН)

№ \_\_\_\_\_  
(номер лицевого счета (код) плательщика)

С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О., адрес плательщика)

\_\_\_\_\_  
(ИНН)

№ \_\_\_\_\_  
(номер лицевого счета (код) плательщика)



Копию платежного документа направляйте в редакцию по e-mail: MBedulina@niito.ru.  
или по адресу: 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, редакция.  
Тел.: 8-383-363-12-91, факс: 8-383-363-39-73.

Научно-практический журнал «Хирургия позвоночника» – регулярное печатное издание для клиницистов, научных работников и руководителей органов здравоохранения. Журнал публикует оригинальные статьи по теоретическим, клиническим и экспериментальным исследованиям, случаи из практики, дискуссии, обзоры литературы, информационные материалы, посвященные актуальным проблемам вертебродологии. Журнал «Хирургия позвоночника» включен в международную библиографическую и реферативную базу данных Scopus, Российский научный индекс цитирования RSCI на платформе Web of Science и в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий России, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «травматология и ортопедия» (3.1.8.) и «нейрохирургия» (3.1.10.).

Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией на основании мнения независимых рецензентов – специалистов по проблеме при условии соответствия исследований этическим требованиям, а также требованиям к оформлению рукописи. В качестве базового способа рецензирования применяется двойное слепое (рецензент не знает автора, автор не знает рецензента) с привлечением двух экспертов. В случае непредоставления экспертного мнения в течение четырех недель статья направляется другим рецензентам. На повторное рецензирование отводится 2 недели. В спорных ситуациях (при расхождении мнения рецензентов о принятии/отклонении статьи) привлекаются дополнительные рецензенты. Окончательное решение о публикации статьи принимает главный редактор. Публикации в журнале бесплатны. Редакция оставляет за собой право редактировать стиль изложения и оформление статьи. Тексты всех статей, поступающих в журнал, проходят обязательную проверку на уникальность с помощью системы «Антиплагиат». При оригинальности текста менее 85 % рукопись отклоняется от публикации.

#### О соответствии этическим нормам

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться правилами, составленными с учетом «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы» ([www.icmje.org/index.html](http://www.icmje.org/index.html)), которые разработаны Международным комитетом редакторов медицинских журналов, а также Рекомендациями COPE, изданными Комитетом по издательской этике (<http://publicationethics.org/about>). Проведение и описание всех клинических исследований должно полностью соответствовать стандартам CONSORT ([www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org)).

При описании исследований с участием людей необходимо указать, соответствовали ли исследования стандартам биоэтического комитета, входящего в состав учреждения, в котором выполнялась работа, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава России от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, должны дать информированное согласие на участие. В статьях, описывающих эксперименты на животных, необходимо указать, что они проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). В обоих случаях необходимо указать, был ли протокол исследования одобрен этическим комитетом (с приведением названия соответствующей организации, ее расположения, номера протокола и даты заседания комитета).

#### Оформление рукописи

**Общие правила.** Рукопись должна быть направлена в редакцию по электронной почте ([spine.surgery@mail.ru](mailto:spine.surgery@mail.ru)) или через систему электронной редакции на сайте журнала. К статье прилагаются направления к публикации на бланках всех учреждений с экспертным заключением об отсутствии в материале сведений, не подлежащих опубликованию, с указанием, что данный материал не был опубликован в других изданиях, и письмо-сопровождение, подтверждающее передачу прав на публикацию, с подписями всех авторов.

**Формат.** Текст статьи следует предоставлять в текстовом редакторе Word, с размером полей не менее 2,5 см, через 1,5 межстрочных интервала, используя шрифт Times New Roman, размер 12. Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в нижнем правом углу, начиная с титульной. Графики предоставляются в формате Microsoft Excel. Общий объем оригинальной статьи не должен превышать 12 страниц, обзорной работы – 16, кратких сообщений – 4.

**Титульный лист** должен содержать название статьи; имена, отчества и фамилии авторов с указанием высших из имеющихся у них ученых степеней (званий) и должности, которую они занимают; полное название учреждения(ий), где выполнялась работа; контактную информацию (e-mail, тел.) всех авторов, личные международные идентификаторы ORCID и eLibrary SPIN всех авторов (обязательно) для опубликования в журнале. Всю информацию необходимо предоставить на русском и английском языках.



**Авторство.** Данные об авторах указываются в последовательности, которая определяется их совместным решением и подтверждается подписями на титульном листе. Кроме того, следует указать вклад каждого автора в исследование (в словесном и процентном выражении). Иные лица, внесшие вклад в выполнение работы, недостаточный для признания авторства (не могущие принять на себя ответственность за содержание работы, но оказавшие техническую, финансовую, интеллектуальную помощь), должны быть перечислены (с их письменного согласия) в разделе «Выражение признательности» после текста статьи.

**Резюме и ключевые слова.** В структурированном резюме (на русском и английском языках) объемом не менее 200 слов должны быть отражены предмет исследования (наблюдения), цель, материал и методы, основные результаты, область их применения и выводы, приведены 3–8 ключевых слов (словосочетаний).

**Рубрикация.** Оригинальная статья обычно имеет следующую композицию: введение, методы (материал и методы), результаты, обсуждение, заключение (выводы). В больших статьях главы «Результаты» и «Обсуждение» могут иметь подзаголовки. В обзорах, описаниях случаев возможна другая структура текста. Во вводной части статьи следует указать тип публикации и уровень доказательности исследования.

**Библиографические ссылки** должны быть сверены с оригиналами и приведены по мере цитирования под заголовком «Литература». В тексте ссылки нумеруются в квадратных скобках: [1], [3–6], [8, 9]. В названиях журналов следует пользоваться сокращениями, принятыми в Index Medicus. В оригинальных статьях рекомендуется использовать литературные источники последних 10 лет. Не рекомендуется ссылаться на материалы конференций, на диссертации и авторефераты диссертаций. Если по исследуемой теме у одних и тех же авторов имеется несколько публикаций, ссылаться рекомендуется на последнюю из них.

Список литературных источников на русском языке должен быть представлен и в транслитерированном виде. Библиографическое описание на русском языке выполняется на основе ГОСТ Р 7.0.5–2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской национальной организацией по информационным стандартам (National Information Standards Organisation – NISO), принятому National Library of Medicine (NLM) для ее баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database: [www.nlm.nih.gov/citingmedicine](http://www.nlm.nih.gov/citingmedicine)). В библиографическом описании приводятся фамилии всех авторов. Указание DOI приветствуется.

**Иллюстрации.** Рисунки, графики, схемы, фотографии нумеруются и подписываются фамилией первого автора и началом названия статьи. В тексте указываются ссылки на каждый рисунок в соответствии с первым упоминанием. Иллюстрации должны быть четкими, пригодными для воспроизведения, в формате TIF или JPG с разрешением 300 точек; их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригинальный источник и предоставить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

**Таблицы** нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (примемлемо не больше пяти). Каждый столбец должен иметь краткий заголовок, пропуски в строках обозначаются знаком тире. Для данных из других источников необходима ссылка на эти источники. Дублирование сведений в тексте, графиках, таблице недопустимо.

**Сокращения.** Следует ограничиться общепринятыми сокращениями (ГОСТ 7.12–93 для русского и ГОСТ 7.11–78 для иностранных европейских языков), избегая новых без достаточных на то оснований. Аббревиатуры расшифровываются при первом использовании терминов и остаются неизменными по всему тексту. Сокращения, аббревиатуры в таблице разъясняются в примечании к ней.

### Английский язык и транслитерация

При транслитерации рекомендуется использовать стандарт BGN/PCGN (United States Board on Geographic Names/Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use), рекомендованный международным издательством Oxford University Press как British Standard. Для транслитерации текста в соответствии со стандартом BGN можно воспользоваться ссылкой <http://ru.translit.ru/?account=bgn>. Англоязычное название статьи должно быть грамотно с точки зрения языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию. Фамилию, имя и отчество необходимо писать в соответствии с заграничным паспортом или так, как в ранее опубликованных статьях. Авторам, публикующимся впервые и не имеющим заграничного паспорта, следует воспользоваться стандартом транслитерации BGN/PCGN. Необходимо указывать официальное англоязычное название учреждения. Полный список названий учреждений и их официальные англоязычные версии можно найти на сайте РУНЭБ [eLibrary.ru](http://elibrary.ru). Англоязычная версия резюме статьи должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной. Для выбора ключевых слов на английском следует использовать тезаурус Национальной медицинской библиотеки США – Medical Subject Headings (MeSH).