

Хирургия позвоночника

Russian Journal of Spine Surgery

2025. Т. 22. № 4



Причины проседания раздвижных телозамещающих кейджей при хирургическом лечении повреждений позвоночника

Планирование репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника

Роль телозамещающих имплантатов расширяемого типа при лечении повреждений грудных и поясничных позвонков

Предоперационное экспресс-определение типов вегетативной регуляции у подростков с идиопатическим сколиозом

Динамика сагиттального профиля позвоночника после изолированной декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований при дегенеративном поясничном стенозе

Предикторы непрямой декомпрессии у пациентов с моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе

Анализ клинико-неврологических и дегенеративных изменений у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника на основе балльной шкалы ИНДИ

Научно-практический журнал



УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

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

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

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 (Glassboro, 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)

Editor-in-Chief A.Yu. Mushkin (St. Petersburg, Russia)

Deputy Editor A.O. Gushcha (Moscow, Russia)

Executive Secretary M.V. Mikhaylovskiy (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board

A.G. Aganесов (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. Ryabykh (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

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE INJURIES

Ластевский А.Д., Анкин К.А., Ахметьянов Ш.А., Борисов Н.Н.,
Кучук Л.Е., Назаров Ж.А., Рерих В.В.
АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОСЕДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ
РАЗДВИЖНЫХ ТЕЛОЗАМЕШАЮЩИХ КЕЙДЖЕЙ
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ГРУДНОГО
И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

6 Lastevskiy A.D., Anikin K.A., Akhmetyanov Sh.A., Borisov N.N.,
Kuchuk L.E., Nazarov Zh.A., Rerikh V.V.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF SUBSIDENCE OF MODERN
EXPANDABLE CAGES FOR VERTEBRAL BODY REPLACEMENT
IN THE SURGICAL TREATMENT
OF THORACOLUMBAR SPINE INJURIES

Куфтов В.С., Усиков В.Д.

19 Kuftov V.S., Usikov V.D.

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕПОЗИЦИОННО-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО
ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА
ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО
ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

PLANNING OF TRANSPEDICULAR OSTEOSYNTHESIS
WITH REPOSITION AND STABILIZATION
FOR THORACIC AND LUMBAR
SPINE INJURIES

Шувалов С.Д., Шульга А.Е., Бажанов С.П.,
Островский В.В., Толкачев В.С.

30 Shuvalov S.D., Shulga A.E., Bazhanov S.P.,
Ostrovskij V.V., Tolkachev V.S.

THE ROLE OF EXPANDABLE CAGES
FOR VERTEBRAL BODY REPLACEMENT IN SURGICAL TREATMENT
OF PATIENTS WITH THORACIC AND LUMBAR
SPINE INJURIES: A SYSTEMATIC REVIEW

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE DEFORMITIES

Иванова А.А., Лебедева М.Н.

42 Ivanova A.A., Lebedeva M.N.

ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ У ПОДРОСТКОВ
С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

PREOPERATIVE RAPID DETERMINATION OF TYPES
OF AUTONOMIC REGULATION IN ADOLESCENTS
WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

DEGENERATIVE DISEASES OF THE SPINE

Крутко А.В., Захарин В.Р., Байков Е.С., Кокорев А.И.,
Балычев Г.Е., Леонова О.Н.

49 Krutko A.V., Zakharin V.R., Baykov E.S., Kokorev A.I.,
Balychev G.E., Leonova O.N.

ДИНАМИКА САГИТТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПОЗВОНОЧНИКА
ПОСЛЕ ИЗОЛИРОВАННОЙ ДЕКОМПРЕССИИ
ИНТРАКАНАЛЬНЫХ СОСУДИСТО-НЕРВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНОМ ПОЯСНИЧНОМ СТЕНОЗЕ:
ПРОТОКОЛ ПРОСПЕКТИВНОГО МУЛЬТИЦЕНТРОВОГО
ИССЛЕДОВАНИЯ

DYNAMICS OF THE SAGITTAL PROFILE OF THE SPINE
AFTER ISOLATED DECOMPRESSION
OF INTRACANAL NEUROVASCULAR FORMATIONS
IN DEGENERATIVE LUMBAR STENOSIS:
PROTOCOL OF A PROSPECTIVE MULTICENTER
STUDY

56
Исааков И.Д., Сангинов А.Д., Мушкин Е.А., Пелеганчук А.В.
ПРЕДИКТОРЫ НЕПРЯМОЙ ДЕКОМПРЕССИИ У ПАЦИЕНТОВ
С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ
ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА В ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ

66
Самойлов Е.П., Семенов А.В., Сорокинов В.А., Ларionov S.N.
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ
И ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ
С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ
БАЛЛЬНОЙ ШКАЛЫ ИНДИ

ОПУХОЛИ И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

74
Асадулаев М.С., Виссарионов С.В., Маламашин Д.Б.,
Нилов А.Д., Мурашко Т.В.
ОСТЕОХОНДРОМА ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТКИ
С МНОЖЕСТВЕННОЙ ЭКЗОСТОЗНОЙ ХОНДРОДИСПЛАЗИЕЙ:
КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

ПАТЕНТЫ ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ

РЕЗОЛЮЦИЯ СИБИРСКОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ФОРУМА

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2025 ГОДУ

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ № 1-4, 2025

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Isakov I.D., Sanginov A.J., Mushkachev E.A., Peleganchuk A.V.
PREDICTORS OF INDIRECT DECOMPRESSION
IN PATIENTS WITH MONOSEGMENTAL
LUMBAR SPINAL STENOSIS

Samoilov E.P., Semenov A.V., Sorokovikov V.A., Larionov S.N.
RETROSPECTIVE ANALYSIS OF CLINICAL NEUROLOGICAL
AND DEGENERATIVE CHANGES IN PATIENTS
WITH SINGLE-LEVEL CERVICAL SPINAL
STENOSIS BASED ON THE USE
OF THE INDI SCALE

TUMORS AND INFLAMMATORY DISEASES OF THE SPINE

Asadulaev M.S., Vissarionov S.V., Malamashin D.B.,
Nilov A.D., Murashko T.V.
THORACOLUMBAR OSTEochondroma
IN A PATIENT
WITH MULTIPLE EXOSTOTIC CHONDRODYSPLASIA:
A CASE REPORT

SPINE MEDICINE PATENT NEWS

RESOLUTION OF THE SIBERIAN ORTHOPEDIC FORUM

MEETING FOR SPINE SPECIALISTS

NOVELTY BOOKS

INDEX OF ARTICLES
PUBLISHED IN 2025

AUTHORS INDEX N 1-4, 2025

INFORMATION FOR AUTHORS

Воспроизведение текстовых и изобразительных материалов
без письменного согласия редакции не допускается.
Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции.
Ответственность за достоверность рекламы
несут рекламодатели.

Подписано в печать 25.12.2025. Дата выхода в свет 30.12.2025.
Формат 60×90/8. Печать офсетная.
Печ. л. 14,0. Усл. печ. л. 7,0. Тираж 100 экз. Заказ № 1331-25.
Отпечатано в типографии «ДЕАЛ».
Адрес типографии: 630033, Новосибирск, ул. Брюллова, 6а.
E-mail: deal@dealprint.ru
Цена: 1200 р.

16+



Уважаемые коллеги!

Очередной выпуск нашего журнала традиционно посвящен разным вариантам патологии позвоночника с преобладанием работ по его повреждениям и дегенеративным заболеваниям, то есть тем состояниям, которые превалируют в структуре хирургической вертебральной патологии. Также представлены исследование по особенностям типов вегетативной регуляции у пациентов с идиопатическим сколиозом и редкое клиническое наблюдение массивной остеохондромы позвоночника у подростка с системной экзостозной хондродисплазией. Достаточно большой раздел посвящен опубликованным в прошедшем году патентам по вертебрологической тематике, отечественным и зарубежным монографиям, отвечающим запросам широкого круга специалистов-вертебрологов.

Завершая 2025 г., хотел бы обратить внимание на некоторые особенности работы журнала «Хирургия позвоночника» в ушедшем году и изменения, которые запланированы на 2026 г.

В прошедшем году, помимо традиционных тем публикаций, мы уделили особое внимание боевым повреждениям позвоночника (в современных условиях интерес к лечению и реабилитации таких пациентов неизбежно будет увеличиваться), вопросам внедрения элементов искусственного интеллекта и программ поддержки принятия решений в вертебрологии и совершенно новой для нас, но принятой в некоторых ведущих зарубежных журналах практике публикации планируемых проспективных мультицентровых исследований (первый такой опыт представлен в сегодняшнем номере). Надеемся, что активная реакция читателей в виде комментариев или даже желания участия в исследованиях позволит расширить интерес и активность вертебрологов к научно-исследовательской работе.

В электронной версии журнала мы начинаем публиковать резюме статей на китайском языке (что расширит информацию о наших авторах и их исследованиях для зарубежных коллег) и резюме уже опубликованных статей отечественных авторов в высокорейтинговых зарубежных журналах уровня Q1–Q2 (что позволит коллегам видеть представительство наших исследований на международной арене). Первая такая информация уже размещена на сайте Российской ассоциации хирургов-вертебрологов.

Надеюсь, что 2026 г. расширит наше возвращение на профессиональные международные площадки и сохранит тенденции уходящего года, отмеченные в рамках SICOT, Глобального спинального конгресса (GSC) и других. Мы будем продолжать знакомить нашу аудиторию с информацией об участии наших коллег в таких форумах, а также о других учебных и научно-практических мероприятиях, проводимых в Российской Федерации и зарубежом.

В 2025 г. состоялись несколько крупных отечественных форумов, на которых хирургия позвоночника была либо основной темой (Съезд ассоциации хирургов и вертебрологов России), либо позвоночнику были посвящены целые тематические блоки (Евразийский ортопедический форум, Сибирский ортопедический форум, его резолюция представлена в этом номере журнала, и Приоровский ортопедический форум). В рамках последнего состоялся круглый стол редакторов научно-практических журналов, публикующих исследования по вертебрологии. Ряд вопросов по категорированию журналов, этике публикаций, научной составляющей и публикационному уровню статей найдет свое отражение в виде дополнительных рекомендаций как для авторов журнала, так и рецензентов.

Надеюсь, наступающий год будет не менее интересным, чем прошедший.

Проф. А.Ю. Мушкин,

главный редактор

журнала «Хирургия позвоночника»

Хирургия позвоночника

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2025. Т. 22. № 4

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 ВИНИТИ РАН
- научной электронной библиотеке «КиберЛенинка»
- Национальном электронно-информационном консорциуме



АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОСЕДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАЗДВИЖНЫХ ТЕЛОЗАМЕЩАЮЩИХ КЕЙДЖЕЙ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

А.Д. Ластевский, К.А. Аникин, Ш.А. Ахметьянов, Н.Н. Борисов, Л.Е. Кучук, Ж.А. Назаров, В.В. Рерих

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяни, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Анализ причин проседания современных телозамещающих опорных кейджей в раннем послеоперационном периоде при хирургическом лечении повреждений грудопоясничного отдела позвоночника.

Материал и методы. Ретроспективно оценены данные 46 пациентов, оперированных в одну хирургическую сессию по поводу нестабильных повреждений грудопоясничного отдела позвоночника в объеме циркулярной стабилизации с использованием раздвижного телескопического телозамещающего кейджа. Оценили проседание кейджа по степени в соответствии с критериями Marchi et al.: внедрение имплантата в тело смежного краинального или каудального позвонка на 25 % – 1-я степень, 25–50 % – 2-я степень, 50–70 % – 3-я степень, 75–100 % – 4-я степень. Выполнили сравнительную оценку демографических, клинико-рентгенологических параметров у пациентов с наличием и отсутствием проседания кейджа в течение одного года после операции.

Результаты. Проседание имплантата у 76,5 % ($n = 13$) выявлено в момент проведения операции, у 23,5 % ($n = 4$) – через 4 мес. на амбулаторном приеме. Преобладало проседание в краинальное тело (76,5 %, $n = 13$). Передняя/задняя этапность операции в сочетании с остеопенией и остеопорозом доминирует в группе исследования (83,3 %; $n = 10$). Такие количественные параметры, как возраст, сегментарный угол, показатели ROI (интересующей области) в НИ, индекс площади контакта поверхностей, а также качественные параметры (женский пол, период травмы, ее низкоэнергетический характер), имели статистически значимые различия в группах исследования и контроля ($p < 0,05$). Аугментация винтов и протяженность фиксации не влияли на формирование проседания, но имеют связь с его величиной.

Заключение. Применение современных раздвижных телозамещающих кейджей при реконструкции передней колонны позвоночника приводит в ряде случаев к их проседанию. Возраст пациента, женский пол, сниженная плотность костной ткани, площадь контакта имплантат/кость, передняя/задняя стабилизация и поздний период травмы значимо влияют на формирование проседания при применении раздвижных телозамещающих имплантатов. Отношение средней площади контакта поверхности имплантата и замыкающей пластинки тела позвонка менее 0,4 является перспективным с точки зрения прогнозирования проседания показателем, требующим дальнейшего изучения.

Ключевые слова: вентральный спондилодез; реконструкция передней колонны; телозамещающий имплантат; Hydrolift; раздвижной кейдж; спондилодез 360°; циркулярная стабилизация; проседание имплантата; имплантат-ассоциированные механические осложнения; дистрагируемый кейдж.

Для цитирования: Ластевский А.Д., Аникин К.А., Ахметьянов Ш.А., Борисов Н.Н., Кучук Л.Е., Назаров Ж.А., Рерих В.В. Анализ причин проседания современных раздвижных телозамещающих кейджей при хирургическом лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 6–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.6-18>

ANALYSIS OF THE CAUSES OF SUBSIDENCE OF MODERN EXPANDABLE CAGES FOR VERTEBRAL BODY REPLACEMENT IN THE SURGICAL TREATMENT OF THORACOLUMBAR SPINE INJURIES

A.D. Lastevskiy, K.A. Anikin, Sh.A. Akhmetyanov, N.N. Borisov, L.E. Kuchuk, Zh.A. Nazarov, V.V. Rerikh

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

Objective. To analyze the causes of subsidence of modern support cages for vertebral body replacement in the early postoperative period after surgical treatment of thoracolumbar spine injuries.

Material and Methods. A retrospective analysis of the data of 46 patients operated on in a single surgical session for unstable injuries of the thoracolumbar spine using a telescopic extendable vertebral body cage was performed. The degree of cage subsidence was assessed according to the criteria of Marchi et al.: penetration of the implant into the body of the adjacent cranial or caudal vertebral by 25% – grade 1, 25–50% – grade 2, 50–70% – grade 3, 75–100% – grade 4. A comparative assessment of demographic, clinical, and radiographic parameters was performed in patients with and without cage subsidence within one year after surgery.

Results. Implant subsidence was detected in 76.5% ($n = 13$) of patients intraoperatively and in 23.5% ($n = 4$) after 4 months during an outpatient appointment. Subsidence into the cranial body prevailed (76%, $n = 13$). The anterior/posterior sequence of surgery stages combined with osteopenia and osteoporosis dominated in the study group (83.3%, $n = 10$). Quantitative parameters such as age, segmental angle, ROI in HU, surface contact area index, as well as qualitative parameters such as female gender, period of injury, and its low-energy nature had statistically significant differences between the study and control groups ($p < 0.05$). The augmentation of the screws and the length of fixation did not affect the formation of subsidence, but were associated with its magnitude.

Conclusion. The use of modern expandable body replacement cages for reconstruction of the anterior spinal column leads to their subsidence in some cases. Patient age, female gender, reduced bone density, the area of the bone-implant contact, anterior/posterior stabilization, and the late period of injury significantly affect the formation of subsidence when using expandable vertebral body replacement cages. A mean implant-to-vertebral endplate contact area ratio of less than 0.4 is a promising predictor of subsidence which requires further study.

Key Words: anterior fusion; anterior column reconstruction; vertebral body implant; Hydrolift; expandable cage; 360° fusion; circumferential stabilization; implant subsidence; implant-associated mechanical complications; distractible cage.

Please cite this paper as: Lastevskiy AD, Anikin KA, Akhmetyanov ShA, Borisov NN, Kuchuk LE, Nazarov ZhA, Rerikh VV. Analysis of the causes of subsidence of modern expandable cages for vertebral body replacement in the surgical treatment of thoracolumbar spine injuries. 2025;22(4):6–18. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.6-18>

Передний корригирующий спондилодез в различных модификациях сохраняет свои позиции в структуре наиболее применяемых хирургических технологий в мире, в том числе при повреждениях позвоночника грудопоясничной локализации [1]. Комбинированная (передняя и задняя) хирургическая стабилизация является одной из актуальных опций при лечении нестабильных повреждений позвоночника и их последствий [2, 3]. В Европейские рекомендательные протоколы по лечению переломов грудопоясничной локализации, созданные немецкой ассоциацией травматологов-ортопедов DGOU [2], внесены морфологические модификаторы (степень разрушения тела позвонка, степень повреждения межпозвонкового диска), которые предполагают переднюю реконструкцию при наличии показаний при типах A2, A3, A4, B2, C по AO/Spine.

Классификация остеопоротических переломов OF и внедренная коллективом немецких авторов из DGOU стратегия лечения постулируют применение реконструкции передней колонны при переломах типов OF 4 и OF 5 с применением опорных телозамещающих имплантатов [4]. Она применима при грубых нередуцируемых коллапсах тела позвонка, в том числе при трехколонных нестабильных повреждениях. По мнению Spiegl et al. [5], комбинированная ста-

билизация 360° показана пожилым пациентам с острой или подострой травмой и выраженным разрушением задней стенки тела позвонка, а также пациентам с грубым сегментарным кифозом более 20°.

Предметом дискуссий в научной литературе остаются очередность выполнения этапов операции (передний–задний, задний–передний), протяженность задней фиксации, объем резекции тела позвонка, способы укрепления первичной прочности фиксации погружных конструкций, а также целесообразность применения технологии телозамещения при остеопорозе [2, 6]. За последние два десятилетия значительно изменилось отношение к биомеханике передней фиксации. Эволюция передних фиксирующих имплантатов прослеживается от простых сетчатых статических кейджей до современных раздвижных телескопических систем, позволяющих осуществить реконструкцию высоты передней колонны максимально щадящим способом, обеспечив достаточную первичную стабильность фиксации и опорность на весь период формирования межтелевого костного блока [7–9]. С биомеханической точки зрения несущая способность (load bearing) и способность к распределению нагрузки (load sharing) у раздвижных телозамещающих имплантатов значительно выше, чем у статических (сетчатых) [9]. В публикациях

акцентируется внимание на высоких клинических и рентгенологических показателях эффективности применения раздвижных телозамещающих имплантатов при хирургической реконструкции передней опорной колонны по поводу повреждений позвоночника [6, 7, 10].

Весьма оптимистичные ранние публикации, посвященные клиническим и рентгенологическим исходам лечения с применением телозамещающих имплантатов [11], сменились достаточно критическими исследованиями, свидетельствующими о необходимости совершенствования данной технологии [12, 13]. Серьезным препятствием для хирурга является снижение минеральной плотности костной ткани (МПКТ) позвонков, что существенно осложняет достижение поставленных целей во время операции [14]. В 30–80 % случаев сохраняется неудовлетворенность результатами лечения в связи с механическими осложнениями в виде проседания имплантата в тела смежных позвонков (cage subsidence), при этом величина проседания составляет от 2 до 7 мм [7, 10, 12, 14] (рис. 1).

Последствия проседания имплантата могут варьировать от асимптомной потери высоты сегмента и уменьшения сегментарного индекса до сужения межпозвонкового отверстия, фораминального стеноза, развития сагиттального пояснично-тазо-

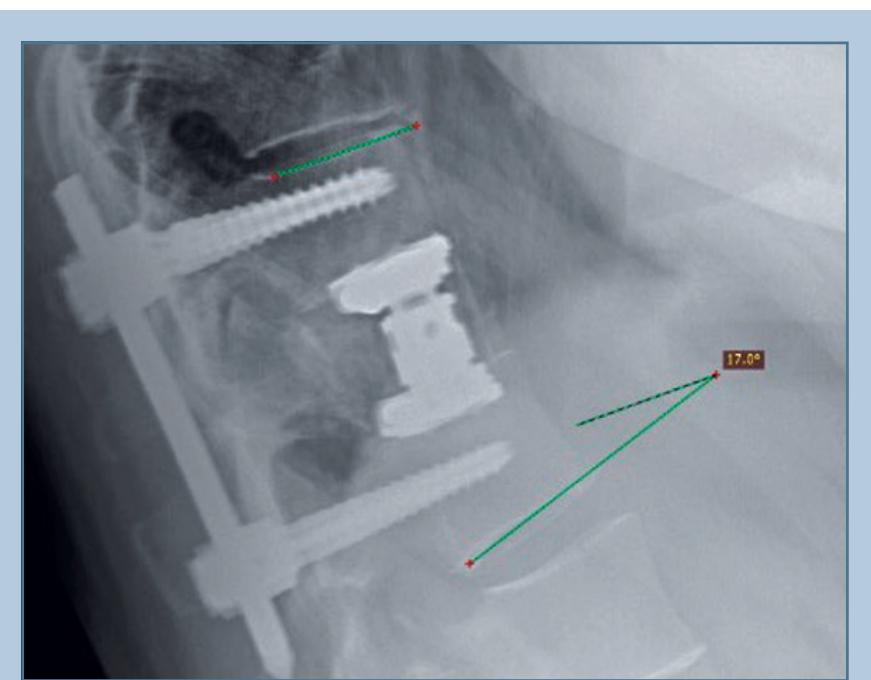


Рис. 1
Проседание раздвижного кейджа в каудальное тело позвонка

вого дисбаланса и формирования псевдоартроза [15]. Разработки, направленные на создание спинальных межтеловых имплантатов с оптимальными биомеханическими фиксирующими свойствами, непрерывно ведутся во многих вертебрологических научно-исследовательских центрах. Публикации, посвященные эффективности применения раздвижных опорных телозамещающих имплантатов при повреждениях грудопоясничной локализации, противоречивы [16]. Кроме того, в современной литературе мало исследований, посвященных изучению проседания. Вопросы прогнозирования проседания телозамещающих опорных имплантатов остаются открытыми.

Цель исследования – анализ причин проседания современных телозамещающих опорных кейджей в раннем послеоперационном периоде при хирургическом лечении повреждений грудопоясничного отдела позвоночника.

Дизайн исследования: ретроспективноеmonoцентровое исследование типа «случай–контроль» [17].

Материал и методы

В исследование включены пациенты, прооперированные в 2018–2022 гг. в ФГБУ ННИИТО им. Я.Л. Цивяяна Минздрава России по поводу нестабильных повреждений грудопоясничной локализации. Критерии включения в исследование: взрослые пациенты с неосложненными повреждениями позвоночника в анамнезе, которым выполнена циркулярная инструментальная стабилизация с применением транспедикулярной конструкции и переднего раздвижного телозамещающего имплантата гидравлического типа, относящегося к современным динамическим телозамещающим имплантатам. Критерии исключения: повреждения позвоночника на фоне DISH-синдрома, анкилозирующего спондилоартрита, новообразований и инфекционных поражений, возраст младше 15 лет.

По механизму травмы в общей выборке ($n = 46$) пациенты распределились следующим образом: дорожно-транспортные происшествия – 13,0 % ($n = 6$), кататравма – 39,1 % ($n = 18$), падение с высоты роста – 26,0 % ($n = 12$), подъем тяжести – 2,2 % ($n = 1$), иные механизмы травмы – 9,5 % ($n = 9$). Выборка представлена в 71,7 % случаев переломами позвоночника ($n = 33$), в 13,0 % ($n = 6$) – посттравматическими кифозами, в 15,2 % ($n = 7$) – аваскулярными остеонекрозами тел позвонков на фоне предсуществующей травмы. В 93,4 % случаев ($n = 43$) корпэктомию выполняли на уровнях Th₁₂, L₁ и L₂. В структуре повреждений преобладали взрывные переломы по AO/Spine [18] типов A4/A3 – 89,1 % случаев ($n = 41$). Пациенты были ранжированы по давности спинальной травмы: в остром периоде (до 3 недель) прооперированы 54,3 % ($n = 25$), в промежуточном периоде (от 3 недель до 3 мес.) – 21,7 % ($n = 10$), в позднем периоде (более 3 мес.) – 21,9 % ($n = 11$). По этапности доступов при хирургическом вмешательстве были выделены три группы: передний/задний (V/D) – 63,0 % ($n = 29$), задний/передний (D/V) – 26,1 % ($n = 12$), задний/передний/задний (D/V/D) – 10,9 % ($n = 5$).

В ходе анализа из общей выборки ($n = 46$) выделена группа исследования (1-я группа; $n = 17$) с рентгенологическими признаками проседания телозамещающего кейджа. Критериями оценки стали следующие признаки: внедрение имплантата в тело смежного краниального и/или каудального позвонка на 25 % высоты диска – 0 степень, 25–50 % – 1-я степень, 50–70 % – 2-я степень, 75–100 % – 3-я степень [19]. Остальные пациенты из выборки вошли в группу контроля (2-я группа; $n = 29$).

В группе исследования преобладали женщины (4 : 13), в группе контроля – мужчины (16 : 13). Возраст в группах статистически значимо различался и составил 57 [52; 65] лет и 44 [35; 52] года соответственно ($p = 0,007$; табл. 1).

При реконструкции передней колонны всем пациентам выполняли

Таблица 1

Межгрупповое сравнение клинических и рентгенологических количественных параметров в группах исследования, Me [Q1; Q2]

Параметры	Общая выборка (n = 46)	1-я группа (n = 17)	2-я группа (n = 29)	U-критерий Манна – Уитни; p-уровень; 1-я vs. 2-я группа
Возраст, лет	50 [36; 60]	57 [52; 65]	44 [35; 52]	0,007
Длительность госпитализации, сут	14 [12; 17]	14 [12; 15]	14 [12; 18]	0,64
Давность травмы, сут	24,5 [9; 90]	32,0 [10; 163]	18,0 [9; 63]	0,21
Время операции, мин	147,5 [130; 175]	135,0 [125; 160]	155,0 [140; 180]	0,1
Кровопотеря, мл	200 [150; 300]	200 [150; 350]	250 [150; 300]	0,77
Бисегментарный угол до операции, град.	17,0 [10; 22]	17,0 [12; 22]	17,0 [10; 22]	0,60
Бисегментарный угол после операции, град.	4,5 [7; 0]	5,0 [7; 1]	4,0 [7; 0]	0,86
Бисегментарный угол 4 мес., град.	3,0 [0,5; 5,5]	5,0 [3; 10]	2,0 [0; 4]	0,005
Бисегментарный угол 8 мес., град.	1,5 [0; 5,5]	4,0 [1; 10]	0,0 [0; 5]	0,12
Высота передняя до операции, мм	25,0 [17; 28]	23,0 [15; 28]	26,0 [20; 28]	0,53
Высота задняя до операции, мм	29,5 [26; 34]	29,0 [23; 31]	31,0 [27; 35]	0,24
Высота передняя после операции, мм	35,5 [30; 43]	32,0 [27; 39,5]	36,5 [34; 43]	0,07
Высота задняя после операции, мм	34,0 [29; 38]	30,5 [27,5; 35]	35,0 [32; 39]	0,004
ROI краинальное тело до операции	133,5 [99; 181]	99,0 [72; 116]	143,0 [126; 192]	0,001
ROI каудальное тело до операции	116,0 [95; 161]	95,0 [62; 103]	136,0 [110; 169]	0,009
Проседание после операции, мм	—	2 [2; 3]	—	—
Проседание через 4 мес., мм	—	4 [3; 6]	—	—
Проседание через 8 мес., мм	—	5 [3; 6]	—	—
Проседание через 12 мес., мм	—	5 [3; 7]	—	—
Площадь контакта поверхностей, см ²	0,50 [0,41; 0,58]	0,40 [0,34; 0,41]	0,56 [0,51; 0,60]	0,00001

передний бисегментарный спондилодез аутокостными трансплантатами из резецированных тел позвонка и ребра, которые укладывали вокруг телозамещающего кейджа. В случае выявления ригидной сегментарной кифотической деформации, что фиксировалось путем боковой рентгенографии на валике, первым этапом выполняли переднюю мобилизацию, коррекцию валиком операционного стола и передний бисегментарный спондилодез. Ригидные деформации, при которых проводили трехэтапную коррекцию, выявлены в 1-й и 2-й группах в одном и четырех случаях соответственно. В этих случаях первым этапом проводили мобилизацию на уровне костно-фиброзного сращения суставных отростков, устанавливали транспедикулярные винты, вторым этапом – реконструкцию передней колонны путем корпэктомии и телозамещения раздвижным имплантатом, завершали операцию задней фиксацией. Степень коррекции рассчитывали исходя из предоперацион-

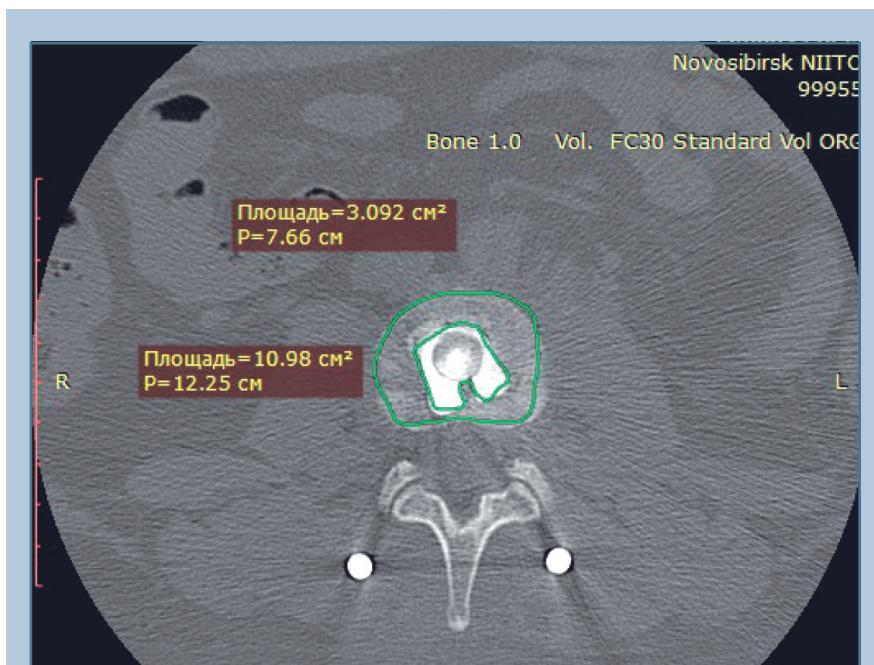


Рис. 2

Измерение площади поверхности концевой площадки имплантата и площади замыкающей пластиинки тела позвонка на уровне краинального позвонка

Таблица 2

Степень проседания в тела смежных позвонков по Marchi et al. [19], % (n)

Степень по Marchi	Краниальное проседание	Каудальное проседание
0	11,8 (2)	—
1	29,4 (5)	5,9 (1)
2	5,9 (1)	5,9 (1)
3	29,4 (5)	11,8 (2)

Таблица 3

Межгрупповое сравнение ранговых параметров

Параметры	1-я группа (n = 17)	2-я группа (n = 29)	р-уровень (Хи-квадрат)
Пол			
Мужчины	23,5 % (4)	55,2 % (16)	0,03
Женщины	76,5 % (13)	44,8 % (13)	
Этапность операции			
Передняя/задняя	70,6 % (12)	58,6 % (17)	0,63
Задняя/передняя	23,5 % (4)	27,6 % (8)	
Задняя/передняя/задняя	5,9 % (1)	13,8 % (4)	
Механизм травмы			
Дорожно-транспортное происшествие	0	20,7 % (6)	0,03
Кататравма	23,5 % (4)	48,3 % (14)	
Подъем тяжестей	5,9 % (1)	0	
Падение с высоты роста	41,2 % (7)	17,2 % (5)	
Иной механизм травмы	29,4 % (5)	14,0 % (4)	
Протяженность фиксации			
Короткосегментарная	65,0 % (11)	69,0 % (20)	0,76
Длинносегментарная	35,3 % (6)	31,0 % (9)	
Период травмы			
Острый	41,2 % (7)	62,0 % (18)	0,30
Промежуточный	23,5 % (4)	21,0 % (6)	
Поздний	35,3 % (6)	17,2 % (5)	
Морфология			
Травма	59,0 % (10)	79,0 % (23)	0,12
Посттравматический кифоз	11,8 % (2)	13,8 % (4)	
Остеонекроз тела позвонка	29,4 % (5)	7,0 % (2)	
Уровень корпэктомии			
Th ₁₂	53,0 % (9)	31,0 % (9)	0,40
L ₁	23,5 % (4)	35,0 % (10)	
L ₂	17,6 % (3)	27,6 % (8)	
Иные	5,8 % (1)	7,0 % (2)	
Плотность костной ткани			
T-критерий более -1	17,6 % (3)	65,5 % (19)	0,004
T-критерий от -1 до -2,5	41,2 % (7)	24,1 % (7)	
T-критерий менее -2,5	41,2 % (7)	10,3 % (3)	

ной оценки данных МСКТ. Независимо от типа операции коррекцию взаимоотношений на сегменте осуществляли валиком операционного стола, дополнительную дистракцию при помощи кейджа путем его элевации не применяли, учитывая возможность повреждения замыкательных пластинок тел позвонков. Планируемую высоту межтелового промежутка рассчитывали исходя из полусуммы высот смежных сегментов. Показанием для реконструкции передней колонны являлась сумма баллов по шкале «load sharing classification» (LSC) 7 и более [20]. Мобильные деформации в «свежих» случаях оперировали первым этапом из заднего доступа, выполняли заднюю коррекцию и транспедикулярную стабилизацию. Вторым этапом в эту же хирургическую сессию проводили передний опорный спондилодез.

В обеих группах изучали демографические и эпидемиологические параметры, плотность губчатой костной ткани смежных тел позвонков по методике Zaidi et al. [21], отношение средней площади краниальной и каудальной опорных площадок кейджа к средней площади замыкательных пластинок тела позвонка: S контакта поверхностей (A/B ratio, см³) [22] (рис. 2), степень проседания имплантата по Marchi [19]. Оцениваемые спондилометрические параметры представлены в табл. 1.

Интерпретацию результатов лечения проводили по рентгенологическим данным при поступлении, сразу после операции, спустя 4, 8 и 12 мес. после операции. Спондилометрические данные, соответствующие срокам 8 и 12 мес. после операции, в работе не представлены в связи с отсутствием вновь выявленных случаев проседания в указанные сроки.

Статистический анализ. Описательные характеристики представлены в виде медианы и первого и третьего квартилей (Me [Q1; Q3]). Для сравниваемых групп с проседанием и без проседания имплантатов

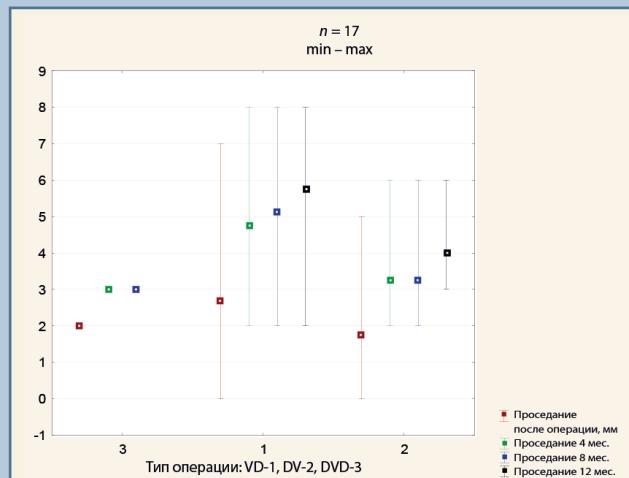


Рис. 3

Влияние этапности операции на величину проседания

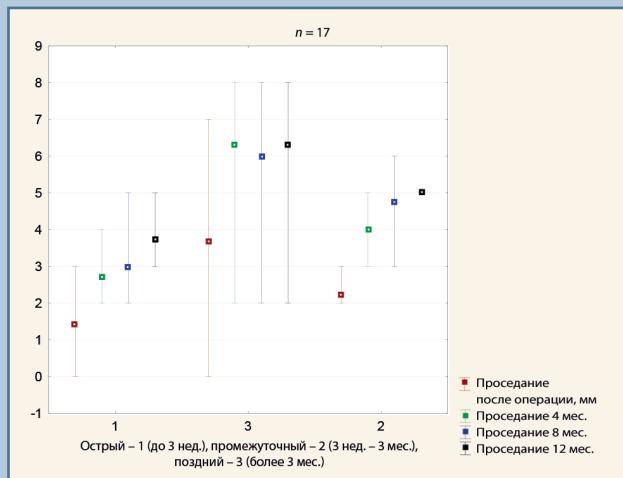


Рис. 4

Зависимость величины проседания от срока травмы

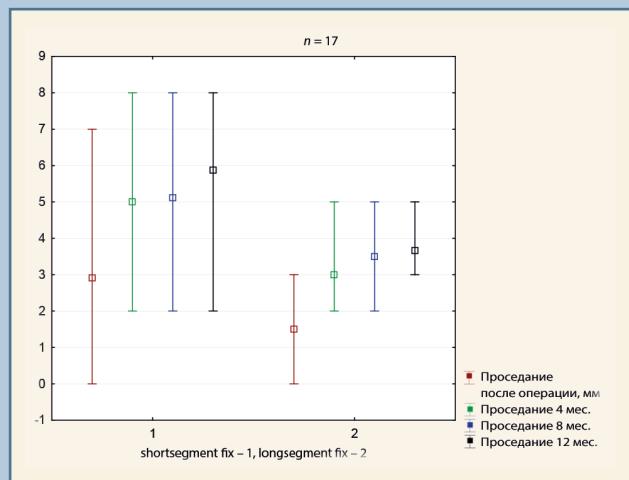


Рис. 5

Зависимость величины проседания от протяженности фиксации

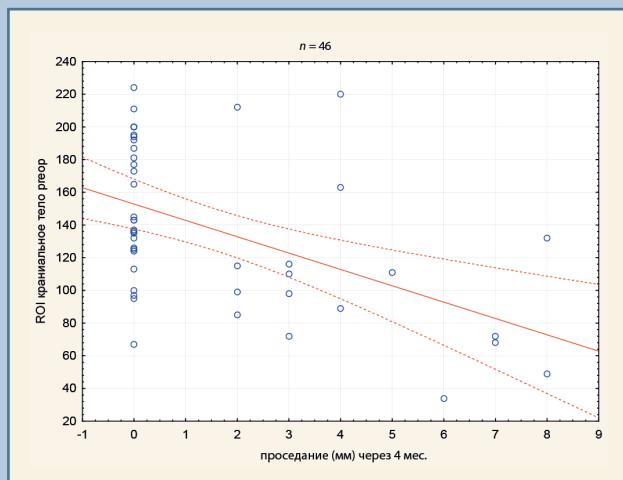


Рис. 6

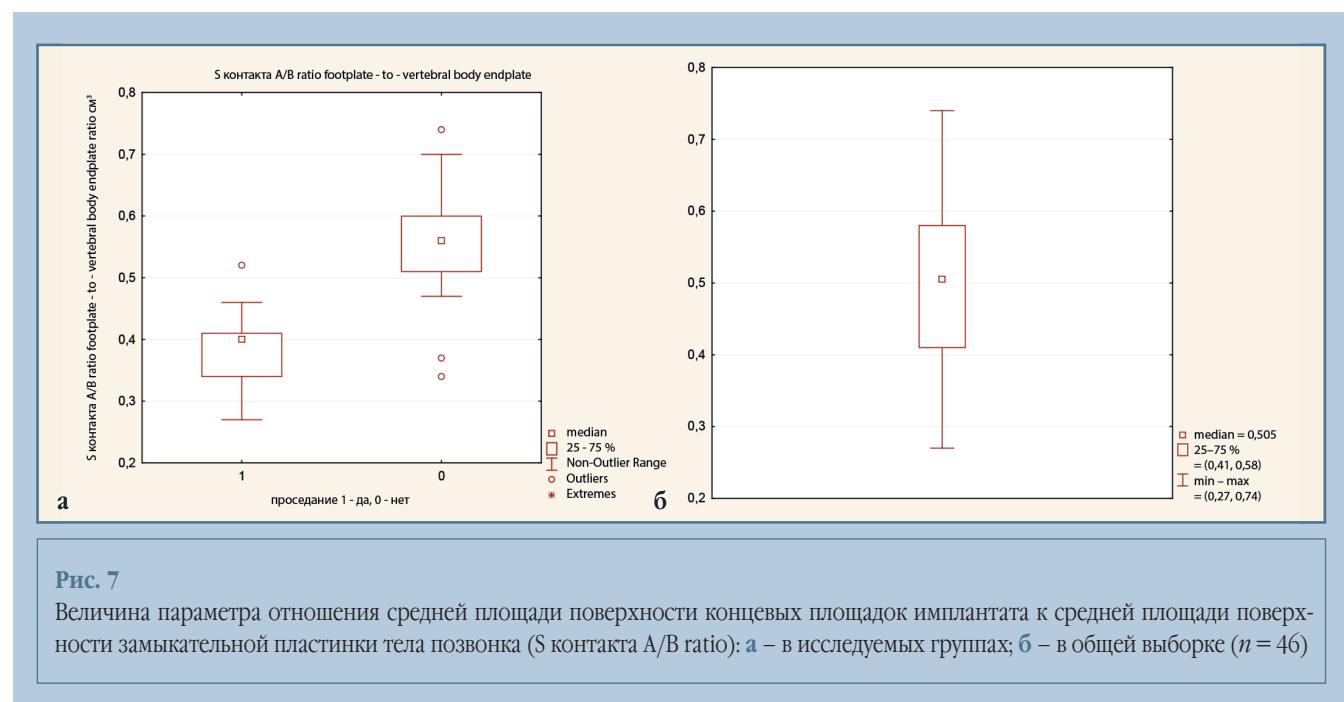
Диаграмма рассеивания. Переменные: величины ROI (интересующей области) краинального тела и величина проседания

не выявлено непрерывных показателей, одновременно согласующихся с нормальным законом распределения по критерию Шапиро – Уилка, поэтому для их сравнения использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни. Для сравнения качественных номинальных, ранговых и дихотомических параметров применяли критерий Хи-квадрат. Для определения

силы связи между количественными переменными рассчитывали коэффициенты корреляции Спирмена и достигнутый уровень значимости. Проверку статистических гипотез проводили при критическом уровне значимости $p = 0,05$, то есть различие считалось статистически значимым, если $p < 0,05$. Все статистические расчеты проводили в программе Statistica 12.

Результаты

В исследуемых группах значения таких показателей, как койкодень, время операции, кровопотеря, морфология повреждения (по AO Spine), а также спондилометрические параметры, такие как высота сегмента передняя и задняя до и после операции, через 4 мес. после операции, статистически значимо не различались (табл. 1).

**Рис. 7**

Величина параметра отношения средней площади поверхности концевых площадок имплантата к средней площади поверхности замыкающей пластиинки тела позвонка (S контакт A/B ratio): **a** – в исследуемых группах; **б** – в общей выборке ($n = 46$)

Проседание имплантата в 1-й группе у 76,5 % ($n = 13$) пациентов выявлено интраоперационно при рентгенологическом контроле после внедрения межтелевого кейджа и устранило экстензии позвоночника валиком операционного стола. У 23,5 % ($n = 4$) проседание не было выявлено в пределах госпитализации и обнаружено через 4 мес. на амбулаторном приеме. Дальнейшие динамические осмотры в 8 и 12 мес. после операции не выявили дополнительных случаев проседания кейджа.

Проседание в краиимальное тело преобладало и составило 76,5 % ($n = 13$) случаев. Одновременного проседания в оба тела не выявлено (табл. 2).

Как в 1-й, так и во 2-й группе преобладала этапность операции V/D (табл. 3). При этом остеопения ($T = \text{от } -1,0 \text{ до } -2,5$) и остеопороз ($T\text{-критерий менее } -2,5$) в когорте V/D выявлены в 1-й группе у 83,3 % ($n = 10$) пациентов, во 2-й – у 35,2 % ($n = 6$). Величина проседания при типе операции V/D достигала максимальных величин по сравнению с типами D/V и D/V/D (рис. 3).

Чаще проседание выявляли у пациентов, оперированных в остром и позднем периодах травмы (табл. 3). В остром пе-

риоде травмы превалировало деликатное проседание 2–3 мм (степень 0–1 по Marchi), в то же время все грубые проседания величиной 5–8 мм (степень 2–3 по Marchi) были выявлены в сроки до 12 мес. после операции у пациентов, оперированных в позднем периоде травмы методом V/D (рис. 3, 4).

Протяженность фиксации статистически значимо не влияет на формирование проседания (табл. 3), однако при внутргрупповом анализе определено, что имеется ее влияние на величину проседания (рис. 5).

Она в группе исследования в сроки сразу после операции, через 4 и 12 мес. имела тенденцию к прогрессированию и составила 2 [2; 3], 4 [3; 6], 5 [3; 6], 5 [3; 7] мм соответственно. В 1-й группе у 82,4 % ($n = 14$) пациентов отмечены признаки снижения МПКТ как по данным денситометрии, так и по показателю ROI в единицах HU (табл. 3). Имеется статистически значимая ($p < 0,05$) корреляция выявления проседания имплантата с величиной T-критерия. Стоит отметить, что величина ROI в краиимальных/каудальных телах позвонков при межгрупповом сравнении статистически значимо различалась

(табл. 1). При внутргрупповом анализе выявлена статистически незначимая слабая корреляция величины ROI краиимальных и каудальных тел позвонков и степени проседания позвонков в срок 4 мес. (табл. 4, рис. 6). Фактор «давность травмы» показал высокую статистически значимую положительную корреляцию со степенью проседания (табл. 4).

Показательным является критерий, представляющий собой отношение средней площади контакта концевых площадок кейджа к средней площа-ди замыкальных пластинок тела позвонка, величина которого в 1-й и 2-й группах составила 0,40 [0,34; 0,41] и 0,56 [0,51; 0,60] соответственно ($p < 0,001$; рис. 7, табл. 1).

При помощи теста ранговой корреляции Спирмена обнаружена статистически значимая ($p < 0,001$) обратная корреляция ($\rho = 0,5–0,9$) величин параметров S контакт A/B ratio и проседания имплантата (мм) сразу после операции и через 4 мес. (табл. 5, рис. 8). Значимой корреляции со спондилометрическими показателями при этом не обнаружено. Вероятно, это связано с малым объемом выборки.

Изменения спондилометрических показателей после операции име-

Таблица 4

Корреляция проседания и количественных параметров

Параметры	Тест ранговой корреляции Спирмена (проседание через 4 мес.)
ROI (интересующая область) краинального тела до операции	-0,33
Проседание через 4 мес.	1,00
ROI (интересующая область) каудального тела до операции	-0,38
Возраст	0,53
Койкодень	0,15
Давность травмы, сут	0,80
Кровопотеря	0,06

Значимая корреляция при $p < 0,001$ ($n = 17$).

ют статистически значимую слабую или умеренную связь с параметром «проседание» в исследуемой группе в послеоперационном периоде (табл. 6).

Сравнение параметров через 4 мес. после операции демонстрирует, что величина проседания слабоположительно влияет на величину сегментарного кифоза в послеоперационном периоде (рис. 9).

Пациенты с аугментацией винтов костным цементом в группе исследования предсказуемо преобладали

по сравнению с группой контроля: 35,3 % ($n = 6$) и 3,4 % ($n = 1$) соответственно. Стоит отметить, что ее вклад в профилактику проседания противоречив. У пациентов с аугментацией винтов в исследуемой группе преобладали более грубые величины проседания (рис. 10). Данный факт требует дополнительного изучения на более крупных выборках.

В группе исследования не выявлены пациенты с признаками нестабильности или нарушения целостности транспедикулярной системы,

а также с признаками остеолиза вокруг винтов в период наблюдения до 12 мес.

Обсуждение

С течением времени в литературе накопился критический материал, посвященный причинам неудовлетворительных результатов хирургического лечения повреждений позвоночника в виде проседания имплантата в тела смежных позвонков (cage subsidence), встречаемость которого в послеоперационном периоде достигает 25–50 % [7, 23]. Средняя величина проседания в раннем послеоперационном периоде варьирует от $5,5 \pm 2,7$ до $9,3 \pm 5,1$ мм [7]. К основным факторам риска относят избыточную дистракцию передней колонны [7], излишний или недостаточный кюретаж замыкателевой пластины [24], недостаточный размер пятна контакта [25], сниженную МПКТ [23], недостаточное количество остеоиндуктивного материала [7], центральное расположение имплантата [26], несоответствие угла наклона концевой площадки кейджа сегментарному углу [27], короткосегментарную заднюю фиксацию [23].

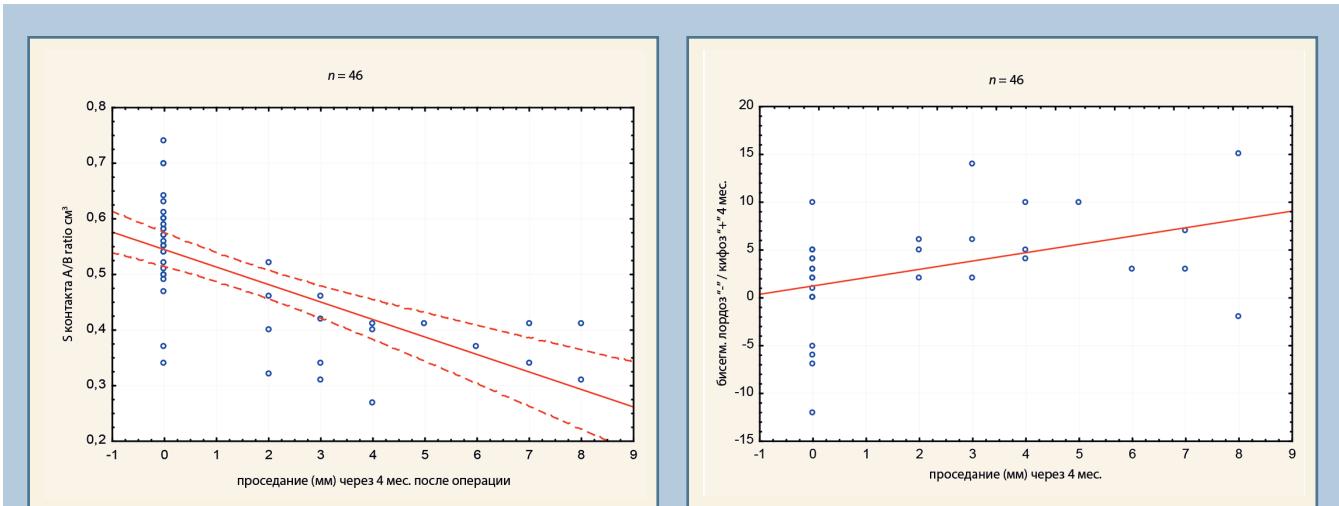


Рис. 8

Диаграмма рассеивания для параметров «S контакт A/B ratio» и «величина проседания»

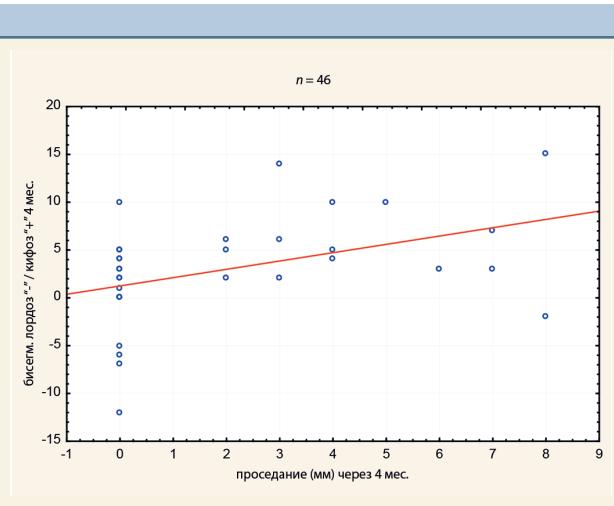


Рис. 9

Диаграмма рассеивания. Переменные: сегментарный кифоз/лордоз и величина проседания через 4 мес. после операции

Таблица 5

Сила связи между площадью контакта поверхностей (S контакта A/B ratio), спондилометрическими параметрами и проседанием

Параметры	Тест ранговой корреляции Спирмена; S контакта A/B ratio, см^3
Бисегментарный кифоз до операции, град.	-0,10
Бисегментарный лордоз после операции, град.	0,02
Бисегментарный лордоз «-»/кифоз «+» 4 мес.	-0,41
Бисегментарный лордоз 8 мес.	-0,47
Высота передняя до операции, мм	0,07
Высота задняя до операции, мм	0,12
Высота передняя после операции, мм	0,16
Высота задняя до операции, мм	0,19
Проседание после операции, мм	-0,56
Проседание через 4 мес., мм	-0,73
Проседание через 8 мес., мм	-0,70
Проседание через 12 мес., мм	-0,68
S контакта A/B ratio, см^3	1,00

Значимая корреляция при $p < 0,001$.

С биомеханической точки зрения проблема снижения межтелового пространства обусловлена несоответствием между внутренней прочностью костной ткани и нагрузкой, прикладываемой межтеловым устройством к замыкающей пластинке позвонка. Костная прочность описывается модулем Юнга, который сам по себе определяется структурой трабекулярной и губчатой кости. Кроме того, важным фактором является напряжение, создаваемое на замыкающей пластинке тела позвонка [28]. В случае сверхди斯特ракции телескопического кейджа высота сегмента превышает

долженствующую, что приводит к увеличению давления на замыкающую пластинку. Поскольку общая сила, приложенная к межтеловому промежутку, при нормальных условиях осевой нагрузки постоянна, то приложенное давление определяется соотношением площади контактной поверхности имплантата и тела позвонка. Более широкие концевые площадки имплантата распределяют усилие по большей площади, снижая как среднее, так и максимальное напряжение. В идеале это повышает вероятность того, что приложенная при вертикализации пациента сила

будет вызывать деформацию костной ткани в пределах эластической зоны, то есть ниже предела текучести костной ткани в области замыкающей пластиинки тела позвонка, и снижать риск проседания имплантата [29].

В исследовании мы получили подтверждение, что женский пол, возраст, давность травмы, ее низкоэнергетический характер являются параметрами, опосредованно говорящими о снижении плотности костной ткани, которая является, по данным литературы, краеугольной в реализации проседания.

V/D-этапность операции при сниженной плотности костной ткани создает все условия для формирования интраоперационного проседания кейджа либо при устраниении гиперэкстензии валиком операционного стола, либо при некорректном перекладывании в прон-позицию перед задним этапом.

В биомеханических исследованиях подтверждается, что площадь контакта имплантата с костью имеет значение для первичной стабильности фиксации. Однако в специальной литературе выявлены некоторые противоречия. Так, в исследовании Lau et al. [7] показано статистически значимое ($p = 0,046$) влияние величины параметра S контакта A/B ratio менее 0,5 на проседание телозамещающего имплантата, диагностированное в первый месяц после операции. Reinke et al. [30] в ретроспективном исследовании изучали у 20 пациент-

Таблица 6

Сила связи между спондилометрическими показателями и проседанием

Параметры	Бисегментарная высота задняя после операции, мм	Бисегментарная высота передняя после операции, мм	Проседание после операции, мм	Бисегментарный лордоз после операции, град.
Бисегментарная высота задняя после операции, мм	1,00	0,94	-0,44	-0,27
Бисегментарная высота передняя после операции, мм	0,94	1,00	-0,38	-0,28
Проседание после операции, мм	-0,44	-0,38	1,00	-0,13
Бисегментарный лордоз после операции, град.	-0,27	-0,28	-0,13	1,00

Тест ранговой корреляции Спирмена; значимая корреляция при $p < 0,001$ ($n = 17$).

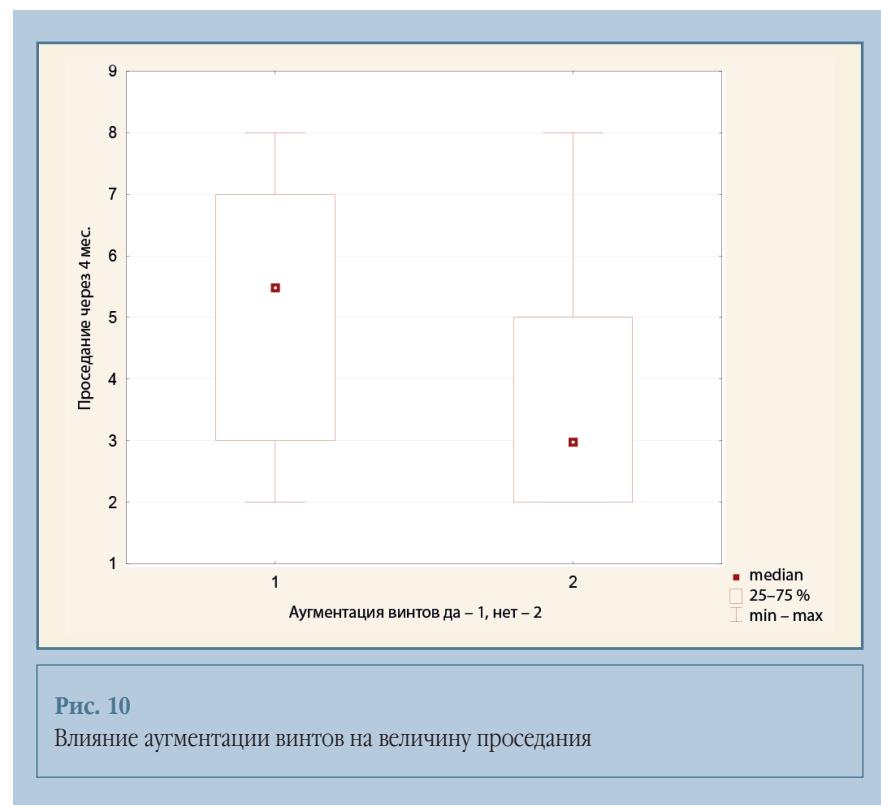


Рис. 10
Влияние аугментации винтов на величину проседания

тов с повреждениями типов A2 и A4 использование имплантатов со средней величиной S контакта A/B ratio, равной 0,81. У пациентов с годовым катамнезом не выявлено значимых клинических и рентгенологических неблагоприятных исходов. В то же время авторы не утверждают, что применение имплантатов с большой площадью контакта значительно влияет на частоту проседания имплантата, требуется дополнительное изучение этого вопроса. Terai et al. [13] рассматривали применение телозамещающих имплантатов с большой площадью контакта у 69 пациентов с остеопоротическими переломами грудопоясничной ($n = 35$) и поясничной ($n = 34$) локализации. Средний возраст в первой группе составил $76,5 \pm 5,9$ года, во второй – $75,1 \pm 7,2$ года. Проседание имплантата более 2 мм выявлено в обеих группах в раннем послеоперационном периоде в 46 и 44 % случаев соответственно. У пяти пациентов на фоне прогрессирования проседания и нарастания кифоза потребовалась реоперация. Авторы указывают

ют, что при реконструкции передней колонны на фоне остеопороза площадь контакта кейджя и кости не может быть значимым фактором, влияющим на проседание имплантата, и подвергают сомнению значимость влияния параметра «площадь контакта имплантат/кость» на проседание имплантата.

Ulrich et al. [31] определили, что костная плотность, оцененная с помощью HU, оказывает доминирующее влияние на проседание телозамещающего кейджя и потерю редукции. При HU менее 110 выявлено 100 % проседание диапазоном 8 ± 2 мм. Авторы рекомендуют измерять HU перед операцией и применять дополнительные способы аугментации смежных замыкательных пластин при помощи костного цемента для пациентов с $HU < 180$. Мы подтвердили эти данные. У более возрастной группы пациентов со сниженной МПКТ смежных тел позвонков в HU значимо отличалась в сторону уменьшения в сравнении с группой контроля, что соответствует устоявшейся в литературе точке зрения.

Альтернативой титановым телозамещающим кейджам в литературе выступают модульные кейджи из PEEK-материала. Имея модуль упругости Юнга 3,5 Гпа, материал PEEK, по сравнению с титаном (110 ГПа), имеет преимущество и обеспечивает оптимальный трансфер нагрузки «load sharing» на уровне фиксированных сегментов. Модуль упругости PEEK близок к таковому у костной ткани (12 ГПа). Тем самым, согласно закону Вольфа, кейдж из PEEK должен обеспечивать меньшее экранирование нагрузки «stress shielding» и создавать условия для костного сращения [32].

В литературе мерами борьбы с предполагаемым проседанием опорного имплантата при остеопорозе предлагаются избегание сверхдистракции имплантата [28], применение широких прямоугольных площадок с целью увеличения площади контакта [25, 29] и передней аугментации тел позвонков под площадками костным цементом [15, 33], планирование угла наклона площадки имплантата в соответствии с анатомией замыкательной пластиинки позвонка [34, 35], транспедикулярную фиксацию не менее двух уровней выше и ниже уровня корпектомии [7, 23].

Мы не обнаружили значимого влияния аугментации педикулярных винтов костным цементом и протяженности задней фиксации на возникновение проседания, при этом выявили связь этих параметров с величинами проседания.

Основываясь на полученных данных и данных литературы, можно резюмировать, что причинные факторы проседания целесообразно разделять на три группы: связанные с биологией в месте фиксации, связанные с хирургической техникой и связанные с биомеханикой фиксации. Тщательное предоперационное планирование с учетом показаний и противопоказаний, хирурги с соответствующей подготовкой могут редуцировать первую и вторую группу причин. Биомеханика же фиксации требует более сложных настроек и может быть скорректирована, например, путем применения опор-

ных кейджей с персонифицированным модулем упругости поверхности контактных площадок. Сочетание таких факторов, как возраст пациента, сниженная плотность костной ткани, недостаточная площадь контакта имплантат/кость, передняя/задняя стабилизация и поздний период травмы значимо влияют на формирование проседания при применении раздвижных телозамещающих имплантатов. Из этого следует, что у современных промышленных раздвижных телозамещающих кейджей при применении их у пациентов с остеопорозом имеется предел возможностей, за границами которого происходит его проседание, даже при учете всех возможных факторов риска. Таким образом, для пациентов со сниженной плотностью МПКТ при реконструкции передней колонны, вероятно, требуется создание имплантатов с принципиально иными биомеханическими характеристиками.

Ограничения исследования. В исследовании не учитывали параметры сагittalного баланса в связи с преобладанием в когорте пациентов, находящихся в остром периоде травмы.

Заключение

Применение современных раздвижных телозамещающих кейджей при реконструкции передней колонны позвоночника приводит в ряде случаев к их проседанию, которое происходит чаще у женщин, преимущественно в краниальное тело, возникает чаще интраоперационно либо в период между этапами операции. Давность травмы влияет на возникновение проседания и высоко коррелирует с ее величиной. В случае выявления проседания в раннем послеоперационном периоде отмечается его прогрессирование в течение одного года после операции. Очередность выполнения этапов при цир-

кулярной фиксации не оказывает сама по себе влияния на возникновение проседания, при этом пациентам с остеопорозом при циркулярной фиксации целесообразно первым этапом выполнять задний доступ. Проседание имплантата значительно влияет на сегментарный кифоз в послеоперационном периоде. Отношение средней площади контакта поверхности имплантата и замыкающей пластинки тела позвонка менее 0,4 является показателем, перспективным для прогнозирования проседания и требующим дальнейшего изучения.

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

- Vercoulen TFG, Niemeyer MJS, Peuker F, Verlaan JJ, Oner FC, Sadiqi S. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: A systematic review. *Brain Spine*. 2024;4:102745. DOI: 10.1016/j.bas.2024.102745
- Verheyden AP, Spiegl UJ, Ekkelenkamp H, Gericke E, Hauck S, Josten C, Kandziora F, Katscher S, Kobbe P, Knop C, Lehmann W, Meffert RH, Müller CW, Partenheimer A, Schinkel C, Schleicher P, Scholz M, Ulrich C, Hoelzl A. Treatment of fractures of the thoracolumbar spine: recommendations of the spine section of the German society for orthopaedics and trauma (DGOU). *Global Spine J*. 2018;8(2 Suppl):34S–45S. DOI: 10.1177/2192568218771668
- Joaquim AF, Patel AA, Schroeder GD, Vaccaro AR. Clinical application and cases examples of a new treatment algorithm for treating thoracic and lumbar spine trauma. *Spinal Cord Ser Cases*. 2018;4:56. DOI: 10.1038/s41394-018-0093-4
- Blattert TR, Schnake KJ, Gonsiorek O, Gericke E, Hartmann F, Katscher S, Mörk S, Morrison R, Müller M, Partenheimer A, Piltz S, Scherer MA, Ullrich BW, Verheyden A, Zimmermann V. Nonsurgical and surgical management of osteoporotic vertebral body fractures: recommendations of the spine section of the German society for orthopaedics and trauma (DGOU). *Global Spine J*. 2018;8(2 Suppl):50S–55S. DOI: 10.1177/2192568217745823
- Spiegl U, Jarvers JS, Heyde CE, Josten C. Osteoporotic vertebral body fractures of the thoracolumbar spine: indications and techniques of a 360°-stabilization. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2017;43:27–33. DOI: 10.1007/s00068-016-0751-9
- Lang S, Neumann C, Schwaige C, Voss A, Alt V, Loibl M, Kerschbaum M. Radiological and mid- to long-term patient-reported outcome after stabilization of traumatic thoraco-lumbar spinal fractures using an expandable vertebral body replacement implant. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22:744. DOI: 10.1186/s12891-021-04585-y
- Lau D, Song Y, Guan Z, La Marca F, Park P. Radiological outcomes of static vs expandable titanium cages after corpectomy: A retrospective cohort analysis of subsidence. *Neurosurgery*. 2013;72:529–539. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318282a558
- Eleraky MA, Duong HT, Esp E, Kim KD. Expandable versus nonexpandable cages for thoracolumbar burst fracture. *World Neurosurg*. 2011;75:149–154. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.09.018
- Lee GJ, Lee JK, Hur H, Jang JW, Kim TS, Kim SH. Comparison of clinical and radiologic results between expandable cages and titanium mesh cages for thoracolumbar burst fracture. *J Korean Neurosurg Soc*. 2014;55:142–147. DOI: 10.3340/jkns.2014.55.3.142
- Graillon T, Rakotozanany P, Blondel B, Adetchessi T, Dufour H, Fuentes S. Circumferential management of unstable thoracolumbar fractures using an anterior expandable cage, as an alternative to an iliac crest graft, combined with a posterior screw fixation: Results of a series of 85 patients. *Neurosurg Focus*. 2014;37:E10. DOI: 10.3171/2014.5.FOCUS1452
- Arts MP, Peul WC. Vertebral body replacement systems with expandable cages in the treatment of various spinal pathologies: a prospectively followed case series of 60 patients. *Neurosurgery*. 2008;63:537–545. DOI: 10.1227/01.NEU.0000325260.00628.DC
- Parisien A, Wai EK, Elsayed MSA, Frei H. Subsidence of spinal fusion cages: a systematic review. *Int J Spine Surg*. 2022;16:1103–1118. DOI: 10.14444/8363
- Terai H, Takahashi S, Yasuda H, Konishi S, Maeno T, Kono H, Matsumura A, Namikawa T, Kato M, Hoshino M, Tamai K, Toyoda H, Suzuki A, Nakamura H. Differences in surgical outcome after anterior corpectomy and reconstruction with an expandable cage with rectangular footplates between thoracolumbar and lumbar osteoporotic vertebral fracture. *N Am Spine Soc J*. 2021;6:100071. DOI: 10.1016/j.xnsj.2021.100071
- Ullrich BW, Schenk P, Spiegl UJ, Mendel T, Hofmann GO. Hounsfield units as predictor for cage subsidence and loss of reduction: following posterior-anterior

- or stabilization in thoracolumbar spine fractures. *Eur Spine J.* 2018;27:3034–3042. DOI: 10.1007/s00586-018-5792-9
15. Schöming F, Becker L, Schönnagel L, Völker A, Disch AC, Schnake KJ, Pumberger M. Avoiding spinal implant failures in osteoporotic patients: a narrative review. *Global Spine J.* 2023;13(1_suppl):52S–58S. DOI: 10.1177/21925682231159066
16. Schnake KJ, Stavridis SI, Kandziora F. Five-year clinical and radiological results of combined anteroposterior stabilization of thoracolumbar fractures. *J Neurosurg Spine.* 2014;20:497–504. DOI: 10.3171/2014.1.SPINE13246
17. Середа А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России.* 2019;25(3):165–184. [Sereda AP, Andrianova MA. Study design guidelines. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2019;25(3):165–184. In Russian]. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184 EDN: NJCXSG
18. 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.* 2013;38:2028–2037. DOI: 10.1097/brs.0b013e3182a8a381
19. Marchi L, Abdala N, Oliveira L, Amaral R, Coutinho E, Pimenta L. Radiographic and clinical evaluation of cage subsidence after stand-alone lateral interbody fusion. *J Neurosurg Spine.* 2013;19:110–118. DOI: 10.3171/2013.4.SPINE12319
20. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine.* 1994;19:1741–1744. DOI: 10.1097/00007632-199408000-00014
21. Zaidi Q, Danisa OA, Cheng W. Measurement techniques and utility of Hounsfield unit values for assessment of bone quality prior to spinal instrumentation: a review of current literature. *Spine.* 2019;44:E239–E244. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002813
22. Hasegawa K, Abe M, Washio T, Hara T. An experimental study on the interface strength between titanium mesh cage and vertebra in reference to vertebral bone mineral density. *Spine.* 2001;26:957–963. DOI: 10.1097/00007632-200104150-00022
23. Takeuchi T, Yamagishi K, Konishi K, Sano H, Takahashi M, Ichimura S, Kono H, Hasegawa M, Hosogane N. Radiological evaluation of combined anteroposterior fusion with vertebral body replacement using a minimally invasive lateral approach for osteoporotic vertebral fractures: verification of optimal surgical procedure. *J Clin Med.* 2022;11:e629. DOI: 10.3390/jcm11030629
24. Taiji R, Takami M, Yukawa Y, Hashizume H, Minamide A, Nakagawa Y, Nishi H, Iwasaki H, Tsutsui S, Okada M, Okada S, Teraguchi M, Murata S, Kozaki T, Yamada H. A short-segment fusion strategy using a wide-foot-plate expandable cage for vertebral pseudarthrosis after an osteoporotic vertebral fracture. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:862–869. DOI: 10.3171/2020.5.SPINE2062
25. Segi N, Nakashima H, Kanemura T, Satake K, Ito K, Tsushima M, Tanaka S, Ando K, Machino M, Ito S, Yamaguchi H, Koshimizu H, Tomita H, Ouchida J, Morita Y, Imagama S. Comparison of outcomes between minimally invasive lateral approach vertebral reconstruction using a rectangular footplate cage and conventional procedure using a cylindrical footplate cage for osteoporotic vertebral fracture. *J Clin Med.* 2021;10:5664. DOI: 10.3390/jcm10235664
26. Okuwaki S, Tatsumura M, Eto F, Funayama T, Yamazaki M. Usefulness of the round endcap expandable cage placed on the vertebral ring apophysis in anterior spinal reconstruction. *Cureus.* 2022;14:e23586. DOI: 10.7759/cureus.23586
27. Iwata S, Kotani T, Sakuma T, Iijima Y, Okuwaki S, Ohyama S, Maki S, Eguchi Y, Orita S, Inage K, Shiga Y, Inoue M, Akazawa T, Minami S, Ohtori S. Risk factors for cage subsidence in minimally invasive lateral corpectomy for osteoporotic vertebral fractures. *Spine Surg Relat Res.* 2023;7:356–362. DOI: 10.22603/ssrr.2022-0215
28. Sircar K, Weber M, Walter SG, Ott N, Prescher A, Eysel P, Kernich N. Torque forces of expandable titanium vertebral body replacement cages during expansion and subsidence in the osteoporotic lumbar spine. *Clin Biomech (Bristol).* 2024;114:106239. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2024.106239
29. Pekmezci M, Tang JA, Cheng L, Modak A, McClellan T, Buckley JM, Ames CP. Comparison of expandable and fixed interbody cages in a human cadaver corpectomy model, part I: endplate force characteristics. *J Neurosurg Spine.* 2012;17:321–326. DOI: 10.3171/2012.7.SPINE12171
30. Reinke A, Magudya B, Schmid G, Stemmer B, Kraus M, Wild AT, Shiban E. One year experience with the use of a new expendable cage and large endplates for thoracolumbar vertebral body replacement. *J Surgery.* 2022;2:1070. [Electronic resource]. Available at: www.journalonsurgery.org
31. Ulrich BW, Schenk P, Spiegel UJ, Mendel T, Hofmann GO. Hounsfield units as predictor for cage subsidence and loss of reduction: following posterior-anterior or stabilization in thoracolumbar spine fractures. *Eur Spine J.* 2018;27:3034–3042. DOI: 10.1007/s00586-018-5792-9
32. Brandão RACS, Martins WCDS, Arantes AA Jr, Gusmão SNS, Perrin G, Barrey C. Titanium versus polyetheretherketone implants for vertebral body replacement in the treatment of 77 thoracolumbar spinal fractures. *Surg Neurol Int.* 2017;8:191. DOI: 10.4103/sni.sni_113_17
33. Oberkircher L, Krüger A, Hörrth D, Hack J, Ruchholtz S, Flege C, Rauschmann M, Arabmotlagh M. Anterior cement augmentation of adjacent levels after vertebral body replacement leads to superior stability of the corpectomy cage under cyclic loading – a biomechanical investigation. *Spine J.* 2018;18:525–531. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.10.068
34. Mohammad-Shahi MH, Nikolaou VS, Giannitsios D, Ouellet J, Jarzem PF. The effect of angular mismatch between vertebral endplate and vertebral body replacement endplate on implant subsidence. *J Spinal Disord Tech.* 2013;25:268–273. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182425cab
35. Stinchfield T, Vadapalli S, Pennington Z, Sivagnanam R, Prevost J, Schroeder G, Sciubba DM. Improvement in vertebral endplate engagement following anterior column reconstruction using a novel expandable cage with self-adjusting multiaxial end cap. *J Clin Neurosci.* 2019;67:249–254. DOI: 10.1016/j.jocn.2019.06.017

Адрес для переписки:

Ластевский Алексей Дмитриевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяна,
Lastevskiy@mail.ru

Address correspondence to:

Lastevskiy Alexey Dmitrievich
Novosibirsk Research Institute
for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
Lastevskiy@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15.11.2024

Рецензирование прошло 11.11.2025

Подписано в печать 25.11.2025

Received 15.11.2024

Review completed 11.11.2025

Passed for printing 25.11.2025

Алексей Дмитриевич Ластевский, канд. мед. наук, заместитель директора по лечебной работе, врач-травматолог-ортопед, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 2049-1623, ORCID: 0000-0001-5917-1910, Lastevskiy@mail.ru;

Кирилл Александрович Аникин, врач-нейрохирург, врач-травматолог-ортопед нейрохирургического отделения № 1, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 5324-3891, ORCID: 0000-0002-3800-3405, aka.nsc@mail.ru;

Шамиль Альфирович Ахметьянов, врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением № 1, старший научный сотрудник научно-исследовательского отделения нейрохирургии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 3183-5008, ORCID: 0000-0003-0505-8319, sh.abmetyanov@yandex.ru;

Норайр Норайрович Борисов, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, младший научный сотрудник научно-исследовательского отделения нейрохирургии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-5644-3500, norajrborisov@gmail.com;

Леонид Евгеньевич Кучук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, младший научный сотрудник научно-исследовательского отделения нейрохирургии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0009-0001-8967-0777, leonid.evgenyevich@yandex.ru;

Жорахан Анварович Назаров, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, младший научный сотрудник научно-исследовательского отделения нейрохирургии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 2508-3710, ORCID: 0009-0005-2759-4309, twix_939@mail.ru;

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук, главный научный сотрудник, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 1223-8142, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru.

Alexey Dmitrievich Lastevskiy, MD, PhD, deputy medical director, trauma orthopaedist, neurosurgeon of Neurosurgical Department No.1, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 2049-1623, ORCID: 0000-0001-5917-1910, Lastevskiy@mail.ru;

Kirill Alexandrovich Anikin, neurosurgeon, trauma orthopaedist, Neurosurgical Department No.1, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 5324-3891, ORCID: 0000-0002-3800-3405, aka.nsc@mail.ru;

Shamil Alfirovich Akhmetyanov, MD, PhD, neurosurgeon, head of the Neurosurgical Department No. 1, senior researcher of the Research Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 3183-5008, ORCID: 0000-0003-0505-8319, sh.abmetyanov@yandex.ru;

Norayr Norayrovich Borisov, neurosurgeon, Neurosurgical Department No. 1, junior researcher of the Research Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-5644-3500, norajrborisov@gmail.com;

Leonid Evgenyevich Kuchuk, neurosurgeon, Neurosurgical Department No. 1, junior researcher of the Research Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0009-0001-8967-0777, leonid.evgenyevich@yandex.ru;

Zborakhan Anvarovich Nazarov, neurosurgeon, Neurosurgical Department No. 1, junior researcher of the Research Department of Neurosurgery, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 2508-3710, ORCID: 0009-0005-2759-4309, twix_939@mail.ru;

Viktor Viktorovich Rerikh, DMSc, chief researcher, Novosibirsk Research Institute for Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 1223-8142, ORCID: 0000-0001-8545-0024, clinic@niito.ru.



ПЛАНИРОВАНИЕ РЕПОЗИЦИОННО-СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

В.С. Куфтов¹, В.Д. Усиков²

¹Городская больница №1, Брянск, Россия;

²Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии

им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Анализ эффективности планирования транспедикулярной репозиции у пациентов с одноуровневыми повреждениями грудных и поясничных позвонков в зависимости от достигнутых целевых параметров.

Материал и методы. Исследование двух репрезентативных групп пациентов с переломами в грудном и поясничном отделах (ретроспективной и проспективной) по 80 человек в каждой (средний возраст – $39,2 \pm 2,2$ года). В проспективной группе по данным КТ проводили морфометрию позвоночника для планирования восстановления вертикальных размеров тела позвонка и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала с использованием транспедикулярной репозиционной системы в сроки до месяца от момента травмы. По результатам морфометрии рассчитывали основные целевые показатели, к выполнению которых стремились во время операции.

Результаты. В основной группе достоверно уменьшились дефицит просвета – с $39,5 \pm 4,1\%$ до $14,2 \pm 3,1\%$ (в контрольной группе – с $39,3 \pm 4,6$ до $22,1 \pm 5,1\%$; $p = 0,01$) и площадь поперечного сечения позвоночного канала – с $37,4 \pm 5,1\%$ до $14,2 \pm 3,1\%$ (в контрольной группе – с $39,6 \pm 5,3\%$ до $24,1 \pm 5,5\%$; $p = 0,01$), максимально восстановилась передняя высота тела позвонка и уменьшилась величина смещения костных фрагментов в позвоночный канал ($t < 0,05$). Выявлена прямая корреляционная связь между размером межтеловых промежутков и высотой тела позвонка: передний межтеловой промежуток и передняя высота тела позвонка в основной группе – $r = 0,485$, в контрольной – $r = 0,594$; задний межтеловой промежуток и задняя высота тела позвонка в основной группе – $r = 0,309$, в контрольной – $r = 0,252$. Выявлена сильная корреляционная связь между задней высотой тела позвонка и позвоночным каналом: $r = 0,625$ в основной группе, $r = 0,461$ – в контрольной. Разница между исходным и рассчитанным углом после операции: $3,1^\circ \pm 0,5^\circ$ в основной группе и $5,6^\circ \pm 1,2^\circ$ – в контрольной ($p = 0,01$).

Заключение. Предоперационное планирование с использованием во время операции рассчитанных целевых показателей в виде межтеловых промежутков и сегментарного угла позволяет максимально восстанавливать вертикальные размеры тела поврежденного позвонка и выполнять закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала.

Ключевые слова: перелом позвонка; морфометрия позвоночника; восстановление позвонка; закрытая декомпрессия.

Для цитирования: Куфтов В.С., Усиков В.Д. Планирование репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 19–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.19-29>

PLANNING OF TRANSPEDICULAR OSTEOSYNTHESIS WITH REPOSITION AND STABILIZATION FOR THORACIC AND LUMBAR SPINE INJURIES

V.S. Kuftov¹, V.D. Usikov²

¹Bryansk City Hospital No. 1, Bryansk, Russia;

²National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n a. R.R. Vreden, Saint Petersburg, Russia

Objective. To evaluate the effectiveness of transpedicular reposition planning in patients with single-level injuries of the thoracic and lumbar vertebrae, depending on the target parameters.

Material and Methods. The study included two representative groups, retrospective and prospective, each of 80 patients with thoracic and lumbar fractures with an average age of 39.2 ± 2.2 years. In the prospective group, morphometry of the spine was performed using CT data, to plan the restoration of the vertical dimensions of the vertebral body and closed decompression of the contents of the spinal canal using a transpedicular repositioning system within up to a month from the moment of injury. Based on the results of morphometry, the main target parameters were calculated, which were aimed at being achieved during the operation.

Results. In the main group, the lumen deficit significantly decreased (from $39.5 \pm 4.1\%$ to $14.2 \pm 3.1\%$) versus that in the control group (from 39.3 ± 4.6 to $22.1 \pm 5.1\%$; $p = 0.01$), as well as the cross-sectional area of the spinal canal (from $37.4 \pm 5.1\%$ to $14.2 \pm 3.1\%$) versus that in the control group (from $39.6 \pm 5.3\%$ to $24.1 \pm 5.5\%$; $p = 0.01$). The anterior vertebral body height was maximally restored, and the magnitude of bone fragment displacement into the spinal canal decreased ($t < 0.05$). A direct correlation was found between the size

of the interbody spaces and the height of the vertebral body: between the anterior interbody space and the anterior height of the vertebral body in the main group – $r = 0.485$, in the control group – $r = 0.594$; and between the posterior interbody space and the posterior height of the vertebral body in the main group – $r = 0.309$, in the control group – $r = 0.252$. A strong correlation was obtained between the posterior height of the vertebral body and the spinal canal: $r = 0.625$ in the main group, $r = 0.461$ in the control group. The difference between the initial and calculated angle after surgery was $3.1^\circ \pm 0.5^\circ$ in the main group and $5.6^\circ \pm 1.2^\circ$ in the control group ($p = 0.01$).

Conclusion. Preoperative planning which includes the use of calculated target parameters such as interbody spaces and segmental angles during surgery, allows for the maximum restoration of the vertical dimensions of the injured vertebral body and the performance of closed decompression of the spinal canal contents.

Key Words: vertebral fracture; spinal morphometry; vertebral reconstruction, closed decompression.

Please cite this paper as: Kuftov VS, Usikov VD. Planning of transpedicular osteosynthesis with reposition and stabilization for thoracic and lumbar spine injuries. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):19–29. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.19-29>

Переломы грудного и поясничного отделов составляют до 60 % от всех повреждений позвоночника [1, 2], из которых до 90 % приходится на грудопоясничный переход Th₁₁–L₂ [3]. Это связано с особенностями биомеханики перехода от жесткого грудного отдела в подвижный поясничный и концентрацией нагрузки в этом сегменте [4]. Частота переломов позвонков в данных отделах увеличивается и приводит к нарастанию осложнений в виде повреждения спинного мозга [5].

Декомпрессия содержимого позвоночного канала с восстановлением биомеханической оси и достижение стабильности позвоночника для предотвращения его вторичной деформации являются основной целью лечения переломов грудного и поясничного отделов позвоночника [6, 7]. Большое внимание уделяется непрямой декомпрессии содержимого позвоночного канала, которая осуществляется за счет лигаментотаксиса и связочного аппарата диска без удаления компримирующей ткани [8, 9]. Для непрямой декомпрессии невральных структур разработаны транспедикулярные устройства, которые позволяют проводить независимую дистракцию и коррекцию лордоза [10].

Результаты хирургического лечения пациентов с различными типами повреждений в грудопоясничном отделе свидетельствуют о том, что успех зависит от восстановления сагittalного профиля [11, 12]. При этом важно анатомически восстановить тела позвонков, чтобы биомеханически и функционально приблизить позвоночник к исходному состоянию. Для этого необходимо

знать исходные анатомические параметры позвоночника, как линейные, так и угловые. Выявлению морфометрических закономерностей и расчету необходимых параметров между разными анатомическими образованиями позвонков посвящены многие работы [13–15]. Проведенные статистические корреляции между анатомическими образованиями позвоночника человека указывают на возможность расчета необходимых величин.

При исправлении деформации позвоночника использование абсолютных значений сегментарных углов в качестве эталона осложняется разнообразием величины грудных кифозов нормальной анатомии позвоночника [16]. Вместе с тем необходимость в восстановлении исходных параметров поврежденного позвоночного сегмента и их ожидаемая корреляция с клиническим исходом по-прежнему являются предметом обсуждения среди хирургов [17, 18]. В настоящее время опубликовано слишком мало исследований о результатах лечения пациентов с повреждениями позвоночника в зависимости от восстановленного сагиттального профиля.

Цель исследования – анализ эффективности планирования транспедикулярной репозиции у пациентов с одноуровневыми повреждениями грудных и поясничных позвонков в зависимости от достигнутых целевых параметров.

Материал и методы

Изучены результаты лечения пациентов с одноуровневыми повреждениями нижнегрудного и поясничного

отделов позвоночника в двух репрезентативных группах по 80 человек (средний возраст – $39,2 \pm 2,2$ года).

Критерии включения пациентов в исследование: одноуровневые повреждения с вовлечением одного или двух смежных дисков, отсутствие врожденных аномалий и предшествующих операций в поврежденном отделе позвоночника.

В контрольную группу вошли 49 (61,3 %) мужчин и 31 (38,7 %) женщины (средний возраст $37,7 \pm 3,2$ года). В данной группе анализ результатов коррекции деформации, восстановления вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и эффективности закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала проводили ретроспективно по данным КТ до и после оперативного лечения.

Основную группу составили 47 (58,8 %) мужчин и 33 (41,2 %) женщины (средний возраст $40,6 \pm 3,1$ года). При выполнении коррекции деформации и закрытой декомпрессии содержимого позвоночного канала придерживались рассчитанных целевых показателей межтеловых промежутков и сегментарного угла [19].

Для коррекции деформации позвоночника всем пациентам выполняли репозиционно-стабилизирующий транспедикулярный остеосинтез в срок до 30 дней с момента травмы. Среднее время от травмы до операции в контрольной группе – $11,5 \pm 2,3$ дня, в основной – $8,2 \pm 1,9$ дня. У всех пациентов использовали моноаксиальные винты диаметром 6 мм в среднегрудном отделе, 7 мм – в нижнегрудном и поясничном отделах.

У 36 (45,0 %) пациентов контрольной группы и у 33 (41,3 %) пациентов основной группы диагностированы сочетанные повреждения. В грудном и поясничном отделах повреждения соотносились: в контрольной группе – 26/54, в основной – 24/56.

По классификации AO/Spine пациентов распределили следующим образом: в контрольной группе с повреждениями A3 – 15 человек, A4 – 36, B – 13, C – 16; в основной группе 15, 46, 9, 10 соответственно. Неврологический статус оценивали по шкале ASIA: в контрольной группе степень А – 8 случаев, В – 4, С – 19, D – 11, E – 38; в основной группе степень А – 6, В – 2, С – 20, D – 14, E – 38.

Оперативное вмешательство планировали по данным КТ в формате DICOM с помощью программы RadiAnt после мультипланарной реконструкции. На модели позвоночника, состоящей из трех тел позвонков и четырех смежных межпозвонковых дисков, выполняли измерение вертикальных размеров тел позвонков и межпозвонковых дисков, диаметра и площади поперечного сечения позвоночного канала, величины смещения костных фрагментов в позвоночный канал спереди (X), угла сегментарной деформации (α), образованного нижней кортикалльной пластинкой тела вышележащего и верхней кортикалльной пластинкой тела нижележащего позвонка. Минеральную плотность костной ткани оценивали в этой же программе по среднему значению в двух смежных позвонках (рис. 1).

По результатам измерений позвоночника проводили следующие математические расчеты: дефицита просвета и площади позвоночного канала, вертикальных передних (AVH) и задних (PVH) размеров поврежденного тела позвонка (расстояния $|D-E|$ и $|D1-E1|$ на схемах измерения), переднего (Mta) и заднего (Mtp) межтеловых промежутков (расстояния $|C-I|$ и $|C1-I1|$), сегментарного угла α и $\Delta\alpha$ (разница между рассчитанным и достигнутым во время операции углом). Расчеты необходимых параметров выполняли по следующим формулам:

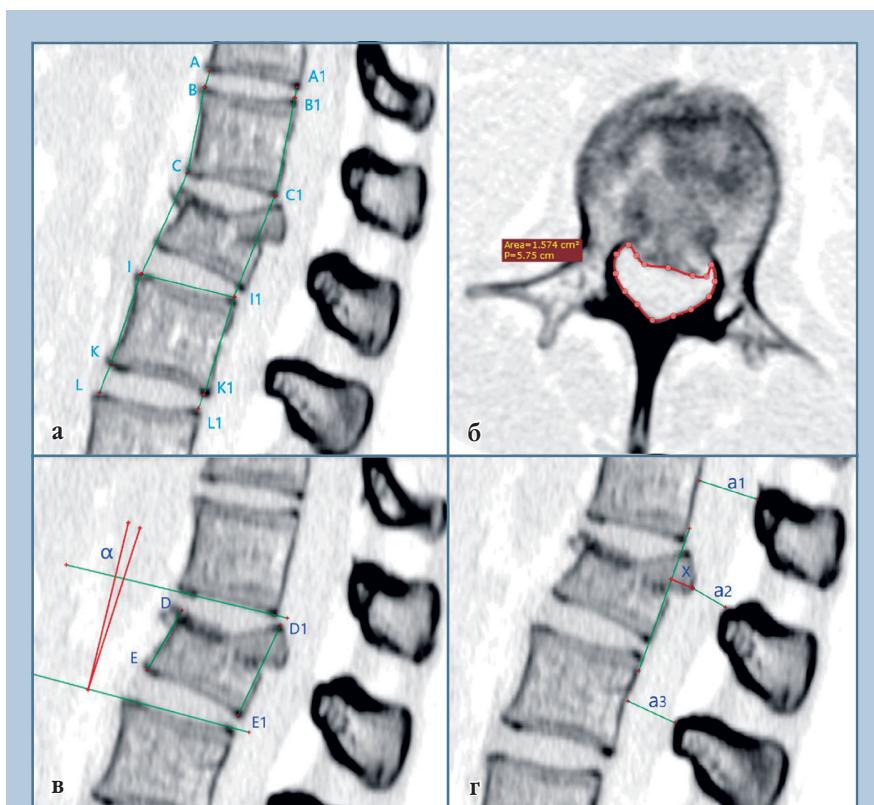


Рис. 1

Схема измерений: **а** – тел позвонков и межпозвонковых дисков; **б** – площади поперечного сечения; **в** – вертикальных размеров тела поврежденного позвонка и сегментарного угла; **г** – просвета позвоночного канала (α) и величины смещения костных фрагментов (X) в позвоночный канал

1) дефицит просвета позвоночного канала: $((a1 + a3) : 2 \times a2) / (a1 + a3) : 2 \times 100\%;$

2) дефицит площади позвоночного канала: $((S1 + S3) : 2 \times S2) / ((S1 + S3) : 2 \times 100\%;$

3) передняя высота тела позвонка (AVH): $(D - E) / ((B - C) + (I - K)) : 2 \times 100\%;$

4) задняя высота тела позвонка (PVH): $(D1 - E1) / ((B1 - C1) + (I1 - K1)) : 2 \times 100\%;$

5) передний межтеловой промежуток (Mta): $(C - I) / (((B - C) + (I - K)) : 2 + (A - B) + (K - L)) \times 100\%;$

6) задний межтеловой промежуток: $(C1 - I1) / (((B1 - C1) + (I1 - K1)) : 2 + (A1 - B1) + (K1 - L1)) \times 100\%;$

7) угол $\alpha = \sin^{-1} ((B - C) + (I - K)) : 2 + (A - B) + (K - L) - ((B1 - C1) + (I1 - K1)) : 2 + (A1 - B1) + (K1 - L1)$.

Упростить выполнение расчетов с архивированием данных помогает разработанная компьютерная программа [20].

Оперативные вмешательства выполняли в положении пациента на животе с реклинационными валиками под грудиной и тазом. В контрольной группе после установки транспедикулярных винтов в тела позвонков, смежные с поврежденным, монтировали репозиционную систему. Выполняли тракцию по оси с коррекцией угловой деформации. На данном этапе выравнивалась ось позвоночника и происходило восстановление формы позвонка. После чего проводили винты (один или два) в тело поврежденного позвонка. Далее по-

очередно с двух сторон демонтировали и снова монтировали репозиционную систему с вовлечением уже промежуточных винтов, которые позволяли продолжить реформацию позвоночного канала. В основной группе при монтаже репозиционной системы заранее были предусмотрены муфты для введения винтов в поврежденный позвонок и исключался процесс перемонтажа системы. Во время выполнения репозиции придерживались рассчитанных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла, которые контролировали по экрану монитора ЭОП.

Статистическую обработку материала выполняли в компьютерном статистическом пакете SPSS Statistica ver. 23. Проверку гипотезы о нормальности распределения проводили при помощи критерия Колмогорова – Смирнова. В зависимости от распределения в выборках использовали параметрические и непараметрические тесты. Критический уровень статистической значимости установлен на уровне $p < 0,05$.

Результаты

Сравнительная характеристика пациентов двух групп до операции с расчетом статистических различий представлена в табл. 1.

Группы близки по сравниваемым параметрам, данные статистически достоверны, кроме задней высоты тела позвонка (PVH).

Для оценки стеноза позвоночного канала использовали два параметра: дефицит просвета позвоночного канала и дефицит площади позвоночного канала, между которыми отмечена сильная прямая корреляционная связь: коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе – 0,912, в основной – 0,853. Это при том, что дефицит площади позвоночного канала отражает весь просвет позвоночного канала, а дефицит просвета оценивается по срединному сагittalному срезу. С учетом сопоставимости данных по компрессии содержимого позвоночного канала удобнее использовать расчеты дефицита просвета позвоночного канала.

Статистический анализ показал, что дефицит просвета позвоночного

канала не оказывает достоверного влияния на степень неврологических нарушений (Хи-квадрат Пирсона – 0,34). При ASIA степени А средний дефицит позвоночного канала – 55,7 %, степени В – 49,1 %, С – 48,6 %, D – 37,4 %, E – 33,6 %. На рис. 2 это представлено в виде диаграммы «ящик с усами».

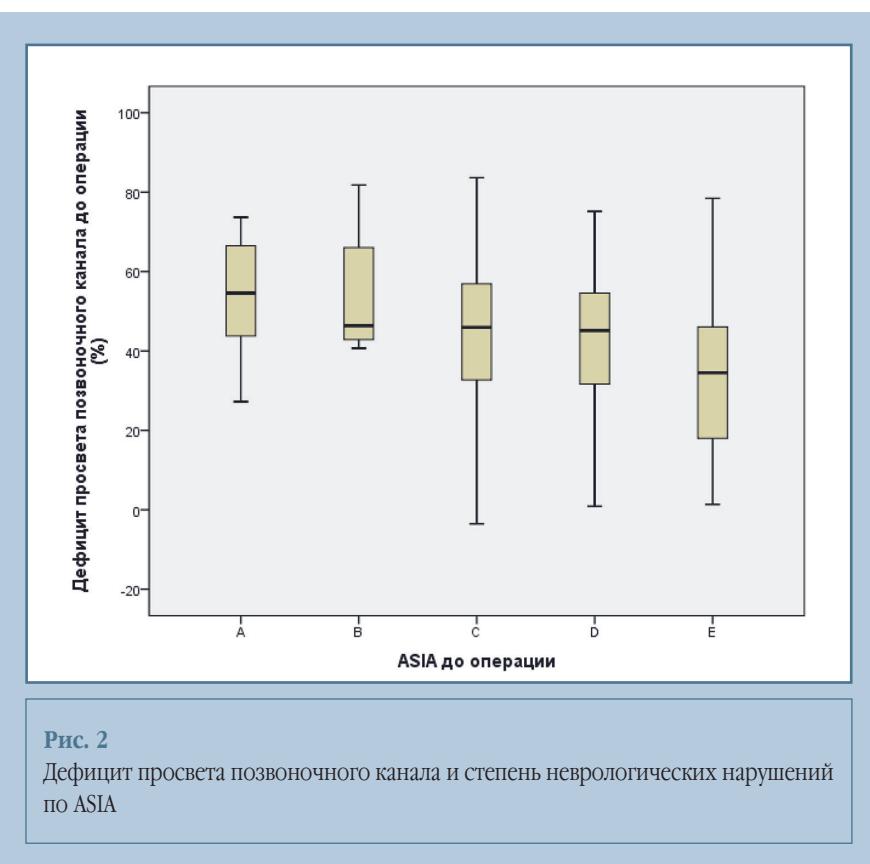
После оперативного лечения результаты оценивали у всех пациентов по контрольному КТ-исследованию. Дефицит просвета и дефицит площади поперечного сечения позвоночного канала оценили у 62 пациентов контрольной группы и у 68 пациентов основной группы в связи с выполненной ламинэктомией. Так, дефицит просвета позвоночного канала после операции в группах достоверно отличается: в контрольной группе он составил $22,1 \pm 5,1$ %, в основной – $14,2 \pm 3,1$ % (тест Манна – Уитни; $p = 0,01$). Сравнение дефицита просвета позвоночного канала до и после операции в двух группах подтверждает достоверные различия (t -критерий парных выборок $<0,001$).

Дефицит площади позвоночного канала после операции был

Таблица 1

Характеристика пациентов основной и контрольной групп до операции

Параметры	Контрольная группа (n = 80)	Основная группа (n = 80)	Достоверность различий
Пол (мужской/женский), n	43/31	47/33	Тест Фишера, 0,32
Грудной/поясничный отдел, n	26/54	24/56	Тест Фишера, 0,86
Дефицит просвета позвоночного канала, %	$39,3 \pm 4,6$	$39,5 \pm 4,1$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,96$
Дефицит площади позвоночного канала, %	$39,6 \pm 5,3$	$37,4 \pm 5,1$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,47$
Смещение фрагментов в просвет, мм	$6,7 \pm 0,7$	$6,8 \pm 0,6$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,9$
Передняя высота тела позвонка, %	$59,8 \pm 3,7$	$58,4 \pm 3,2$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,54$
Задняя высота тела позвонка, %	$91,8 \pm 2,3$	$88,5 \pm 3,2$	Тест Манна – Уитни, $p = 0,014$
Передний межтеловой промежуток, %	$74,2 \pm 2,6$	$71,2 \pm 3,3$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,15$
Задний межтеловой промежуток, %	$87,6 \pm 2,0$	$86,7 \pm 1,8$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,49$
Разница между исходным и рассчитанным углом, град.	$9,7 \pm 1,3$	$10,8 \pm 1,5$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,28$
Минеральная плотность костной ткани, HU	$175,5 \pm 10,4$	$169,6 \pm 11,4$	t -Критерий для независимых выборок, $p = 0,46$



следующим: в контрольной группе $24,1 \pm 5,5\%$, в основной – $14,2 \pm 3,1\%$ (тест Манна – Уитни; $p = 0,01$). Статистически достоверные различия получены и при сравнении дефицита площади позвоночного канала до и после операции (t -критерий для парных выборок $<0,01$).

Остальные параметры рассчитываются у всех пациентов, они представлены в табл. 2.

На восстановление вертикальных размеров тела поврежденного

позвонка оказывает влияние и время от травмы до операции. При анализе получена слабая обратная корреляционная связь между величиной восстановления передних размеров тела позвонка (ΔAVH) и временем до операции: в контрольной группе коэффициент корреляции Пирсона – $-0,214$, в основной группе – $-0,353$. При восстановлении задних размеров тела позвонка (ΔPVH) коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе – $-0,198$, в основной – $-0,247$.

Прямая корреляционная связь выявлена между размером межтеловых промежутков (Mta) после операции и передней высотой поврежденного позвонка (AVH). Коэффициент корреляции Пирсона составил $0,594$ в контрольной группе и $0,485$ – в основной. Прямая корреляционная связь наблюдалась и при восстановлении задней высоты тела позвонка (PVH) в зависимости от величины задних межтеловых промежутков (Mtp): в контрольной группе – $-0,252$, в основной – $-0,309$.

Достоверно изменились после операции передняя высота тела позвонка (ΔAVH) и величина смещения костных фрагментов из позвоночного канала (ΔX); t -критерий парных выборок $<0,05$. Величина Х позволяет оценить декомпрессию невральных структур, особенно у пациентов с выполненной ламинэктомией. Получена умеренная прямая корреляционная связь между PVH и ΔX : коэффициент корреляции Пирсона в контрольной группе – $0,461$, в основной – $0,625$.

В качестве примера использования методики предоперационного планирования представляем клинический случай пациента Б., 25 лет, после кататравмы. При обследовании выявлен изолированный неосложненный перелом тела L_1 позвонка (тип А3 по AO Spine) с дефицитом просвета позвоночного канала $40,7\%$ и дефицитом площади позвоночного канала – $39,6\%$. Необходимые измерения для последующих расчетов представлены на рис. 3. Рассчитанные параметры: передний межтеловой промежуток – $40,9$ мм; задний – $37,4$; рас-

Таблица 2
Характеристика пациентов основной и контрольной групп после операции

Параметры	Контрольная группа (n = 80)	Основная группа (n = 80)	Достоверность различий (тест Манна – Уитни)
Смещение фрагментов в просвет, мм	$3,9 \pm 0,3$	$3,1 \pm 0,3$	$p = 0,04$
Передняя высота тела позвонка, %	$86,5 \pm 2,6$	$94,5 \pm 1,6$	$p < 0,001$
Задняя высота тела позвонка, %	$93,6 \pm 4,0$	$96,4 \pm 2,8$	$p = 0,05$
Передний межтеловой промежуток, %	$93,9 \pm 1,7$	$99,7 \pm 1,4$	$p < 0,001$
Задний межтеловой промежуток, %	$98,7 \pm 1,8$	$100,6 \pm 1,4$	$p = 0,16$
Разница между исходным и рассчитанным углом, град.	$5,6 \pm 1,2$	$3,1 \pm 0,5$	$p = 0,01$

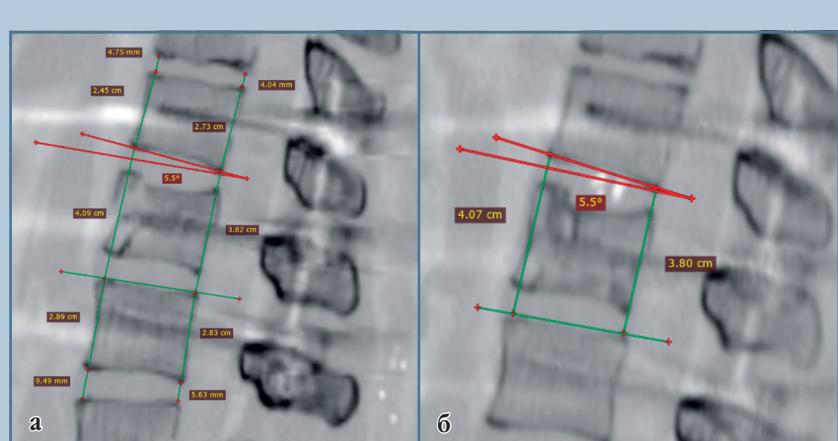
**Рис. 3**

Морфометрия пациента Б., 25 лет, по данным КТ: **а** – измерение вертикальных размеров тел позвонков и межпозвонковых дисков; **б** – измерение межтеловых промежутков, величины смещения костных фрагментов в сторону позвоночного канала и минеральной плотности тел смежных позвонков; **в** – измерение площади поперечного сечения позвоночного канала на уровне повреждения

считанный сегментарный угол – 6,6°. Пациенту выполнен 6-винтовой репозиционно-стабилизирующий транспедикулярный остеосинтез с интраоперационным контролем за восстановлением межтеловых промежутков и сегментарного угла.

На контрольных КТ (рис. 4а) видно, что передний межтеловой промежуток восстановлен до 40,9 мм (на 100 %), задний – до 38,2 мм (на 102 % от рассчитанного размера); дефицит просвета позвоночного канала уменьшился до 11,2 %. Передняя высота тела позвонка восстановлена до 100,4 %, задняя – до 99,6 % от рассчитанных размеров. Сегментарный угол исправлен на 13,9° (с 8,4° до 5,5°) и отличается на 1,1° от рассчитанного угла. Небольшая неточность по коррекции угла связана с перерастяжением задних межтеловых промежутков на 2 %. В отдаленном периоде (через 2,5 года) нет нарастания деформации поврежденного сегмента, сохранились рассчитанные индивидуальные параметры (рис. 4б).

Стремление к восстановлению рассчитанных размеров межтеловых промежутков и сегментарного угла способствует лучшему восстановлению

**Рис. 4**

Контрольная КТ пациента Б., 25 лет: **а** – после операции; **б** – через 2,5 года после операции

вертикальных размеров поврежденного тела позвонка и закрытой декомпрессии позвоночного канала.

Обсуждение

Статистические корреляции между анатомическими образованиями позвоночника человека указывают на возможность прогнозирования морфометрических параметров, которые

в перспективе могут быть применены для создания упрощенных геометрических моделей позвоночника. Выявлению морфометрических закономерностей позвонков и расчету необходимых параметров посвятили свои исследования многие авторы [21–23]. Известно, что в настоящее время не существует справочных данных, отражающих всю вариабельность размеров позвонков в норме [24].

Рассчитать до операции точные размеры сагиттального профиля травмированного отдела позвоночника возможно только после спондилографии позвоночника с тазом, выполненной накануне перед операцией в положении пациента стоя, и с использованием множества позвоночно-тазовых параметров [25]. Провести такое исследование пациентам с осложненной травмой позвоночника затруднительно.

Предоперационное планирование с расчетами необходимых целевых параметров более наглядно при повреждениях типа А по классификации AO/Spine. В данном исследовании мы рассматриваем тип С, где повреждается и тело позвонка. В случаях переломов типов В и С, где высота тел не нарушена, также считаем необходимым проводить расчеты для коррекции деформации. Это высота межтелевых промежутков и сегментарный угол.

Для устранения деформации позвоночника и декомпрессии содержимого позвоночного канала разработано множество внешних и внутренних репозиционных устройств. Внешние репозиционные устройства позволяют провести полноценную дозированную коррекцию посттравматических многоплоскостных деформаций поврежденного отдела позвоночника в более поздние сроки от травмы, а после демонтажа аппарата наблюдалась потеря достигнутой коррекции, несмотря на центральную стабилизацию [26]. Так, наружная система не получила широкого распространения из-за потенциального риска осложнений и особенностей ведения пациентов.

Довольно широко применяется непрямая декомпрессия позвоночного канала за счет дистракции и лигаментотаксиса, при которой можно уменьшить стеноз позвоночного канала почти наполовину [27, 28]. Методом непрямой декомпрессии нам удалось уменьшить стеноз позвоночного канала на 25,3 %. Benek et al. [29] выявили, что эффективность непрямой репозиционной декомпрессии позвоночного канала в нижнегрудном и пояснич-

ном отделах коррелирует с процентом компрессии позвоночного канала и сопоставима с декомпрессивной ламинэктомией. Для дозированной трехплоскостной репозиции и фиксации разработана отечественная внутренняя транспедикулярная система «Синтез» [30].

Непрямая декомпрессия содержимого позвоночного канала с помощью задней дистракции и короткосегментарной стабилизации считается оптимальным методом лечения большинства нестабильных взрывных переломов грудопоясничного отдела и может быть эффективной при смещении костного фрагмента в позвоночный канал не более чем на 50,0 % при сохранении задней продольной связки [31]. По данным Whang et al. [32], лигаментотаксис может быть эффективным при смещении костного фрагмента в канал до 67,0 %. Повреждение задней продольной связки мешает выполнению закрытой непрямой декомпрессии содержимого позвоночного канала [33]. При сомнении в результатах декомпрессии Е.К. Валеев с соавт. [34] предлагают интраоперационно выполнять контрастирование переднего эпидурального пространства.

При взрывных переломах грудных и поясничных позвонков изучалась эффективность ремоделирования позвоночного канала из дорсального и центрального доступов в зависимости от формы и типа смещения костных фрагментов задней стенки поврежденных позвонков [35]. Лигаментотаксис из заднего доступа с транспедикулярной фиксацией признан эффективным при крупных костных фрагментах, занимающих все межпедикулярное пространство в краниальной части позвоночного канала. Ремоделирование позвоночного канала из центрального доступа по разработанной авторами технологии эффективно при всех типах переломов, однако условием его успешного выполнения является формирование адекватного дефекта в теле позвонка спереди от смещенных фрагментов.

При осложненной травме необходимы открытая декомпрессия и фиксация. Поскольку в преобладающем

большинстве случаев сдавление спинного мозга происходит спереди, предпочтительно производить декомпрессию из доступов передней направленности. Вместе с тем исправить ось позвоночника и выполнить надежную стабилизацию из центральных доступов значительно сложнее по сравнению с транспедикулярной фиксацией позвонков [36].

Эффективность проводимой репозиции из дорсального доступа мы рассматриваем не только при всех типах смещений костных фрагментов, но и при всех типах повреждений позвоночника (А, В, С) и связываем с вовлечением в процесс поврежденного позвонка. Вы можете указать на отсутствие дифференцированного подхода и будете правы, но задний подход мы считаем оптимальным для выполнения всего объема вмешательств. С помощью транспедикулярной репозиции позвоночника эффективно устраняется компрессия при типах А, особенно в грудопоясничном переходе, где шире и не повреждена задняя продольная связка. При повреждениях типов В и С преимущества репозиции из заднего доступа очевидны. У пациентов с неврологическими нарушениями потребуется открытая декомпрессия с ревизионными вмешательствами, что проще выполнить из заднего доступа.

Установка педикулярного винта в сломанный позвонок во время лигаментотаксиса приводит к дополнительной декомпрессии содержимого позвоночного канала и уменьшению послеоперационной боли [37]. Клинико-экспериментальные исследования свидетельствуют о целесообразности дополнительного введения промежуточных транспедикулярных винтов в поврежденные позвонки [38]. Использование промежуточных винтов на уровне перелома повышает эффективность репозиции и стабильность конструкции, а также минимизирует потери коррекции деформации [39].

Нам удавалось введение одного или двух винтов для репозиции и в поврежденные ножки позвонков. Вводятся редукционные винты уже

в последнюю очередь, когда выполнена дозированная тракция позвоночника по оси с угловой коррекцией. Вводить винты в поврежденное тело позвонка без данных манипуляций будет крайне сложно, это может привести к дополнительному смещению отломков или мальпозиции винта.

Для более эффективного восстановления высоты тела позвонка предлагается вводить верхние винты с наклоном к нижней кортикалной пластинке [40]. Некоторые авторы считают, что за счет длинных винтов репозиция более эффективна [41], другие – что длинные винты в поврежденном позвонке не влияют направление перелома, но лучше могут поддержать восстановленную переднюю высоту и уменьшить потерю кифоза [37]. Эффективность фиксации была наиболее заметной при использовании моноаксиальных винтов диаметром 7 мм с вовлечением поврежденного позвонка, особенно при переломах типа С [42]. В нашем исследовании залогом успеха также считаем использование моноаксиальных винтов диаметром

7 мм, введенных до передней кортикалной пластинки тела позвонка.

На качество репозиции и фиксации позвоночника влияет минеральная плотность костной ткани [43]. По данным СКТ, значение минеральной плотности костной ткани на уровне 135 HU квалифицировалось как пороговое значение между нормальной и сниженной.

Сроки от момента травмы до операции являются немаловажными при устраниении локальной посттравматической деформации [44]. Уже через 72 ч в позвоночном канале развиваются рубцовые сращения и происходит фиксация порочного положения [45]. Высокая эффективность закрытой репозиционной декомпрессии при повреждениях в нижнегрудном и поясничном отделах получена в сроки до 10 дней [46]. Попытки реклинации позвоночника через 3 недели обречены на неудачу, так как к этому времени соединительная ткань еще больше организуется, наблюдаются очаги пролиферации элементов соединительной

ткани с формированием хондрогенных островков и остеоида [47]. В своей работе мы указывали на эффективность репозиции позвоночника и через месяц после травмы [48].

Заключение

Предоперационное планирование с использованием во время операции рассчитанных целевых показателей в виде межтеловых промежутков и сегментарного угла позволяет максимально восстанавливать вертикальные размеры тела поврежденного позвонка и выполнять закрытую декомпрессию содержимого позвоночного канала.

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

- Liao JC, Chen WP, Wang H. Treatment of thoracolumbar burst fractures by short-segment pedicle screw fixation using a combination of two additional pedicle screws and vertebroplasty at the level of the fracture: a finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18:262. DOI: 10.1186/s12891-017-1623-0
- Mulcahy MJ, Dower A, Tait M. Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures: A systematic review. *J Clin Neurosci.* 2021;85:49–56. DOI: 10.1016/j.jocn.2020.11.044
- Mishra S, Mishra PK, Verma VK, Issrani M, Prasad SS, Hodigere VC. Surgical decision-making in thoracolumbar fractures: a systematic review of anterior and posterior approach. *J Orthop Case Rep.* 2025;15:204–211. DOI: 10.13107/jocr.2025.v15.i05.5612
- Wood KB, Li W, Lebl DR, Ploumis A. Management of thoracolumbar spine fractures. *Spine J.* 2014;14:145–164. DOI: 10.1016/j.spinee.2012.10.041
- Azizi A, Azizzadeh A, Tavakoli Y, Vahed N, Mousavi T. Thoracolumbar fracture and spinal cord injury in blunt trauma: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Neurosurg Rev.* 2024;47:333. DOI: 10.1007/s10143-024-02553-3
- Olivares OB, Carrasco MV, Pinto GI, Tonda FN, Riera Martínez JA, González AS. Preoperative and postoperative sagittal alignment and compensatory mechanisms in patients with posttraumatic thoracolumbar deformities who undergo corrective surgeries. *Int J Spine Surg.* 2021;15:585–590. DOI: 10.14444/8079
- Tammam H, Alkot A, Ahmed AM, Said E. Long- versus short-segment fixation with an index vertebral screw for management of thoracolumbar fractures. *Acta Orthop Belg.* 2022;88:423–431. DOI: 10.52628/88.39657
- Song Y, Pang X, Zhu F. Finite element analysis of the indirect reduction of posterior pedicle screw fixation for a thoracolumbar burst fracture. *Medicine (Baltimore).* 2022;101:e30965. DOI: 10.1097/MD.00000000000030965
- Venier A, Roccatagliata L, Isalberti M, Scarone P, Kuhlen DE, Reinert M, Bonaldi G, Hirsch JA, Cianfoni A. Armed kyphoplasty: an indirect central canal decompression technique in burst fractures. *AJR Am J Neuroradiol.* 2019;40:1965–1972. DOI: 10.3174/ajrn.A6285
- Ullrich BW, Ottich M, Lawson McLean A, Mendel T, Hofmann GO, Schenk P. [Local spinal profile following operative treatment of thoracolumbar and lumbar fractures: Impact of reduction technique and bone quality]. *Unfallchirurg.* 2022;125:295–304. In German. DOI: 10.1007/s00113-021-01013-7
- Перих В.В., Борзыkh К.О. Посттравматические деформации грудного и поясничного отделов позвоночника у пациентов в позднем периоде позвоночно-спинномозговой травмы после ранее проведенных оперативных вмешательств. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2015;(12-4):657–660. [Perikh VV, Borzykh KO. Posttraumatic deformities of the thoracic and lumbar spine in patients with late period spinal cord injury after previous surgical interventions. *International Journal of Applied and Fundamental Research.* 2015;(12-4):657–660. EDN: VBUMWX]
- Mayer M, Ortmaier R, Koller H, Koller J, Hitzl W, Auffarth A, Resch H, von Keudell A. Impact of sagittal balance on clinical outcomes in surgically treated T12 and L1 burst fractures: analysis of long-term outcomes after posterior-only

- and combined posteroanterior treatment. *Biomed Res Int.* 2017;2017:1568258. DOI: 10.1155/2017/1568258
13. Hey HWD, Lau ET, Tan KA, Lim JL, Choong D, Lau LL, Liu KG, Wong HK. Lumbar spine alignment in six common postures: An ROM analysis with implications for deformity correction. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42:1447–1455. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002131
 14. Lafage R, Steinberger J, Pesenti S, Assi A, Elysee JC, Iyer S, Lenke LG, Schwab FJ, Kim HJ, Lafage V. Understanding thoracic spine morphology, shape, and proportionality. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020;45:149–157. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003227
 15. Machino M, Morita D, Ando K, Kobayashi K, Nakashima H, Kanbara S, Ito S, Inoue T, Koshimizu H, Ito K, Kato F, Imagama S. Dynamic changes in longitudinal stretching of the spinal cord in thoracic spine: Focus on the spinal cord occupation rate of dural sac. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020;198:106225. DOI: 10.1016/j.clineuro.2020.106225
 16. Zappal M, Lightbourne S, Heneghan NR. The relationship between thoracic kyphosis and age, and normative values across age groups: a systematic review of healthy adults. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:447. DOI: 10.1186/s13018-021-02592-2
 17. Афаунов А.А., Чайкин Н.С. Анализ технических вариантов декомпрессивно-стабилизирующих операций при повреждениях нижнегрудного и пояснично-грудного отделов позвоночника: систематический обзор литературы. *Хирургия позвоночника.* 2022;19(3):22–37. [Afaunov AA, Chaikin NS. Analysis of technical options for decompression and stabilization surgery for injuries of the lower thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2022;19(3):22–37]. DOI: 10.14531/ss2022.3.22-37 EDN: NLVLNV
 18. Дулаев А.К., Мануковский В.А., Кутянов Д.И. Позвоночно-спинномозговая травма. Под ред. проф. В.Е. Парфенова. Санкт-Петербург, 2018. [Dulaev AK, Manukovsky VA, Kutyakov DI. *Spinal Cord Injury.* Ed. by Prof. V.E. Parfyonov. Saint Petersburg, 2018]. DOI: 10.23682/120525 EDN: YTlNGI
 19. Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н., Долгушин А.А. Математические расчеты по моделированию поврежденного тела позвонка со смежными дисками и сагиттального угла на грудном и поясничном отделах. *Российский нейрохирургический журнал им. А.Л. Поленова.* 2022;14(4):98–110. [Usikov VD, Kuftov VS, Monashenko DN, Dolgushin AA. Mathematical calculations for modeling the damaged vertebral body with adjacent discs and the sagittal angle in the thoracic and lumbar regions. *Russian Neurosurgical Journal named after Professor A.L. Polenov.* 2022;14(4):98–110]. DOI: 10.56618/20712693_2022_14_4_98 EDN: GVFZZV
 20. Куфтов В.С., Усиков В.Д. Программа для расчета восстановления исходной анатомии позвоночника: св-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023668665. 2023. Бюл. 9. [Kuftov VS, Usikov VD. Program for calculating the restoration of the original anatomy of the spine: Certificate of state registration of a computer program No. 2023668665. 2023. Bull. 9]. EDN: XHOEVA
 21. Волков А.А., Белосельский Н.Н., Прибыtkov Ю.Н. Рентгеновская морфометрия межпозвонковых пространств позвоночного столба в норме и при дистрофических изменениях межпозвонковых дисков. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2015;(3):23–30. [Volkov AA, Belosel'skiy NN, Pribytkov YuN. Radiographic morphometry of intervertebral spaces of the vertebral column in health and dystrophic changes in the intervertebral disks. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2015;(3):23–30]. DOI: 10.20862/0042-4676-2015-0-3-23-30 EDN: UCBDRV
 22. Kaur K, Singh R, Prasath V, Magu S, Tanwar M. Computed tomographic-based morphometric study of thoracic spine and its relevance to anaesthetic and spinal surgical procedures. *J Clin Orthop Trauma.* 2016;7:101–108. DOI: 10.1016/j.jcot.2015.12.002
 23. Ning L, Song LJ, Fan SW, Zhao X, Chen YL, Li ZZ, Hu ZA. Vertebral heights and ratios are not only race-specific, but also gender- and region-specific: establishment of reference values for mainland Chinese. *Arch Osteoporos.* 2017;12:88. DOI: 10.1007/s11657-017-0383-7
 24. Hipp JA, Grieco TF, Newman P, Reitman CA. Definition of normal vertebral morphometry using NHANES-II radiographs. *JBM Plus.* 2022;6:e10677. DOI: 10.1002/jbm2.10677
 25. Koller H, Acosta F, Hempfing A, Rohrmiller D, Tauber M, Lederer S, Resch H, Zenner J, Klampfer H, Schwaiger R, Bogner R, Hitzl W. Long-term investigation of nonsurgical treatment for thoracolumbar and lumbar burst fractures: an outcome analysis in sight of spinopelvic balance. *Eur Spine J.* 2008;17:1073–1095. DOI: 10.1007/s00586-008-0700-3
 26. Химич Ю.В., Томилов А.Б., Рягутов А.И. Результаты хирургического лечения пациентов с оскольчатыми проникающими переломами тел нижних грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника.* 2010;(1):13–17. [Khimitch YuV, Tomilov AB, Reutov AI. Outcomes of surgery in patients with comminuted penetrating fractures of lower thoracic and lumbar vertebrae. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2010;(1):13–17]. DOI: 10.14531/ss2010.1.13-17 EDN: LPAQKH
 27. Афаунов А.А., Кузьменко А.В. Транспедикулярная фиксация при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника, сопровождающихся травматическим стенозом позвоночного канала. *Хирургия позвоночника.* 2011;(4):8–17. [Afaunov AA, Kuzmenko AV. Transpedicular fixation for thoracic and lumbar spine injury with post-traumatic spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2011;(4):8–17]. DOI: 10.14531/ss2011.4.8-17 EDN: ONTTIB
 28. Hadgaonkar S, Shah K, Khurjekar K, Krishnan V, Shyam A, Sancheti P. A levering technique using small parallel rods for open reduction of high-grade thoracolumbar dislocation. *Global Spine J.* 2017;7:302–308. DOI: 10.1177/2192568217699184
 29. Benek HB, Akcay E, Yilmaz H, Yurt A. Efficiency of distraction and ligamentotaxis in posterior spinal instrumentation of thoracolumbar retropulsed fractures. *Turk Neurosurg.* 2021;31:973–979. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.34860-21.3
 30. Усиков В.Д. Руководство по транспедикулярному остеосинтезу позвоночника. Санкт-Петербург, 2006. [Usikov VD. *Transpedicular Spine Osteosynthesis Guideline.* Saint Petersburg, 2006]. EDN: QLOEF
 31. Huang J, Zhou L, Yan Z, Zhou Z, Gou X. Effect of manual reduction and indirect decompression on thoracolumbar burst fracture: a comparison study. *J Orthop Surg Res.* 2020;15:532. DOI: 10.1186/s13018-020-02075-w
 32. Whang PG, Vaccaro AR. Thoracolumbar fracture: posterior instrumentation using distraction and ligamentotaxis reduction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15:695–701. DOI: 10.5435/00124635-200711000-00008
 33. Wang XB, Li GH, Li J, Wang B, Lu C, Phan K. Posterior distraction and instrumentation cannot always reduce displaced and rotated posterosuperior fracture fragments in thoracolumbar burst fracture. *Clin Spine Surg.* 2017;30:E317–E322. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000192
 34. Валеев Е.К., Валеев И.Е., Шульман И.А., Ахатов А.Ф. Диагностика состояния элементов средней остеолигаментарной колонны позвоночного столба при травме грудопоясничного отдела. *Хирургия позвоночника.* 2015;12(2):16–19. [Valeev EK, Valeev IE, Shulman IA, Akhatov AF. Diagnosis of the condition of osteoligament column elements in thoracolumbar spine injury. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2015;12(2):16–19]. DOI: 10.14531/ss2015.2.16-19 EDN: UAHIGX
 35. Перих В.В., Борзыkh К.О. Посттравматическое сужение позвоночного канала и его хирургическое ремоделирование при взрывных переломах грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника.* 2011;(3):15–20. [Perikh VV, Borzykh KO. Post-traumatic spinal canal narrowing and its surgical remodeling for tho-

- racic and lumbar fractures. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2011;(3):15–20]. DOI: 10.14531/ss2011.3.15-20 EDN: OEFQRD
36. **Луцик А.А., Бондаренко Г.Ю., Булгаков В.Н., Епифанцев А.Г.** Передние декомпрессивно-стабилизирующие операции при осложненной травме грудного и грудопоясничного отделов. *Хирургия позвоночника*. 2012;(3):8–16. [Lutsik AA, Bondarenko GYu, Bulgakov VN, Yefifantsev AG. Anterior decompressive and stabilizing surgery for complicated thoracic and thoracolumbar spinal injuries. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2012;(3):8–16]. DOI: 10.14531/ss2012.3.8-16 EDN: PCCSZH
37. **Rezvani M, Asadi J, Sourani A, Foroughi M, Tehrani DS.** In-fracture pedicular screw placement during ligamentotaxis following traumatic spine injuries, a randomized clinical trial on outcomes. *Korean J Neurotrauma*. 2023;19:90–102. DOI: 10.13004/kjnt.2023.19.e9
38. **Dobran M, Nasi D, Brunozi D, di Somma L, Gladi M, Iacoangeli M, Scerrati M.** Treatment of unstable thoracolumbar junction fractures: short-segment pedicle fixation with inclusion of the fracture level versus long-segment instrumentation. *Acta Neurochir (Wien)*. 2016;158:1883–1889. DOI: 10.1007/s00701-016-2907-0
39. **Kapoen C, Liu Y, Bloemers FW, Deunk J.** Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures: conventional short segment versus short segment with intermediate screws at the fracture level - a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2020;29:2491–2504. DOI: 10.1007/s00586-020-06479-4
40. **Gómez-Vega JC, Vergara Lago MF.** Open reduction of thoraco-lumbar fractures and sagital balance correction using Schanz screws. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed)*. 2021;65:229–236. In English, Spanish. DOI: 10.1016/j.rec.2020.07.009
41. **Zhang G, Li P, Qi C, Wang P, Wang J, Duan Y.** [The effect of the sequence of intermediate instrumentation and distraction-reduction of the fractured vertebrae on the surgical treatment of mild to moderate thoracolumbar burst fractures]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2022;36:600–608. In Chinese. DOI: 10.7507/1002-1892.202112047
42. **Kose KC, Inanmaz ME, Isik C, Basar H, Caliskan I, Bal E.** Short segment pedicle screw instrumentation with an index level screw and cantilevered hyperlordotic reduction in the treatment of type-A fractures of the thoracolumbar spine. *Bone Joint J*. 2014;96-B:541–547. DOI: 10.1302/0301-620X.96B4.33249
43. **Леонова О.Н., Байков Е.С., Пелеганчук А.В., Крутко А.В.** Плотность костной ткани позвонков в единицах Хаунсфилда как предиктор несостоятельности межтелового блока и проседания имплантата при круговом поясничном спондилодезе. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(3):57–65. [Leonova ON, Baikov ES, Pelleganchuk AV, Krutko AV. Vertebral bone density in Hounsfield units as a predictor of interbody non-union and implant subsidence in lumbar circumferential fusion. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):57–65]. DOI: 10.14531/ss2022.3.57-65 EDN: GZQCAY
44. **Рерих В.В., Садовой М.А., Рахматиллаев Ш.Н.** Остеопластика в системе лечения переломов тел грудных и поясничных позвонков. *Хирургия позвоночника*. 2009;(2):25–34. [Rerikh VV, Sadovoy MA, Rakhmatillaev ShN. Application of osteoplasty for complex treatment of the thoracic and lumbar vertebrae fractures. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(2):25–34]. DOI: 10.14531/ss2009.2.25-34 EDN: KTYEYD
45. **Аганесов А.Г.** Хирургическое лечение осложненной травмы позвоночника – прошлое и настоящее. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2013;(1):5–12. [Aga-nesov AG. The future and the past of surgery for the complicated spine trauma. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2013;(1):5–12]. EDN: PWYZIP
46. **Афаунов А.А., Кузьменко А.В., Басанкин И.В.** Дифференцированный подход к лечению пациентов с переломами тел нижнегрудных и поясничных позвонков с травматическими стенозами позвоночного канала. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(2):8–17. [Afaunov AA, Kuzmenko AV, Basankin IV. Differentiated approach to the treatment of patients with fractures of lower thoracic and lumbar vertebral bodies and traumatic spinal stenosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2016;13(2):8–17]. DOI: 10.14531/ss2016.2.8-17 EDN: VXVRQB
47. **Богомолова Н.В., Шульга А.Е., Зарецков В.В., Смолькин А.А., Норкин И.А.** Особенности репаративного остеогенеза поврежденных тел грудных и поясничных позвонков в различные сроки после травмы. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2016;23(4):44–49. [Bogomolova NV, Shul'ga AE, Zaretskov VV, Smol'kin AA, Norkin IA. Peculiarities of reparative osteogenesis of injured thoracic and lumbar vertebral bodies at different terms after trauma. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2016;23(4):44–49]. DOI: 10.17816/vto201623444-49 EDN: YGKMWZ
48. **Усиков В.Д., Куфтов В.С., Монашенко Д.Н.** Ретроспективный анализ восстановления анатомии поврежденного позвоночно-двигательного сегмента в грудном и поясничном отделах транспедикулярным репозиционным устройством. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(3):38–48. [Usikov VD, Kuftov VS, Monashenko DN. Retrospective analysis of restoration of the anatomy of the damaged thoracic and lumbar spinal motion segment using transpedicular repositioning device. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):38–48]. DOI: 10.14531/ss2022.3.38-48 EDN: PRTYGK

Адрес для переписки:

Куфтов Владимир Сергеевич
241035, Россия, Брянск, ул. Камозина, 11,
Брянская городская больница № 1,
kuftov@mail.ru

Address correspondence to:

Kuftov Vladimir Sergeyevich
Bryansk City Hospital No. 1,
11 Kamozina str., Bryansk, 241035, Russia,
kuftov@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 05.05.2025**Рецензирование пройдено 18.09.2025**Подписано в печать 05.11.2025**Received 05.05.2025**Review completed 18.09.2025**Passed for printing 05.11.2025*

Владимир Сергеевич Куфтов, врач-нейрохирург, канд. мед. наук, Брянская городская больница № 1, Россия, 241035, Брянск, ул. Камозина, 11, eLibrary SPIN: 1558-5875, ORCID: 0000-0002-0548-8944, kuftov@mail.ru;

Владимир Дмитриевич Усиков, старший научный сотрудник отделения нейрохирургии с костной онкологией, д-р мед. наук, проф., Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Россия, 195427, Санкт-Петербург, ул. Байкова, 8, eLibrary SPIN: 3499-8679, ORCID: 0000-0001-7350-6772, usikov@list.ru.

Vladimir Sergeyevich Kuftov, MD, PhD, neurosurgeon, Bryansk City Hospital No. 1, 11 Kamozina str., Bryansk, 241035, Russia, eLibrary SPIN: 1558-5875, ORCID: 0000-0002-0548-8944, kuftov@mail.ru;

Vladimir Dmitryevich Usikov, DMSc, Prof., senior researcher at the Department of Neurosurgery with Bone Oncology, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n a. R.R. Vreden, 8 Baykova str., Saint Petersburg, 195427, Russia, eLibrary SPIN: 3499-8679, ORCID: 0000-0001-7350-6772, usikov@list.ru.



РОЛЬ ТЕЛОЗАМЕЩАЮЩИХ ИМПЛАНТАТОВ РАСШИРЯЕМОГО ТИПА В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ГРУДНЫХ И ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

С.Д. Шувалов, А.Е. Шульга, С.П. Бажанов, В.В. Островский, В.С. Толкачев

Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов, Россия

Цель исследования. Систематический анализ современных научных данных, характеризующих клиническую эффективность расширяемых телозамещающих имплантатов в комплексном хирургическом лечении пациентов с травмами грудного и поясничного отделов позвоночника.

Материал и методы. Поиск научных источников осуществляли в соответствии с рекомендациями Кокрейновского руководства и принципами PRISMA в базах данных Кокрейновской библиотеки, PubMed и Medline за период 2015–2025 гг. Проанализировано 19 публикаций, посвященных рентгенологическим и функциональным результатам применения раздвижных эндофиксаторов при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника.

Результаты. В последние десятилетия отмечается активное развитие технологий хирургии позвоночника. Совершенствование малоинвазивных методик потребовало модификации имплантируемых конструкций, включая устройства для переднего опорного спондилодеза. Особый интерес представляют имплантаты с трансформируемой геометрией, которые позволяют замещать дефекты позвоночника, значительно превышающие их исходные размеры. Современные телескопические эндофиксаторы различаются материалом изготовления и механизмом трансформации. В литературе описаны успешные случаи их применения при травмах грудного и поясничного отделов позвоночника. Авторы демонстрируют благоприятные исходы операций с использованием комбинаций винтового спондилосинтеза и межтеловых имплантатов.

Заключение. Расширяемые эндофиксаторы характеризуются широким спектром применения в лечении травм позвоночника. Благодаря появлению у межпозвонковых эндофиксаторов механизмов вертикального лифта, наметилась тенденция к модификации хирургической техники, в частности к изменению последовательности этапов вмешательства. Несмотря на различия в подходах, специалисты отдают предпочтение малоинвазивной установке имплантатов, при этом рентгенологические и функциональные результаты не имеют значимых различий.

Ключевые слова: травматический перелом позвонка; корпорэктомия; реконструкция позвоночника; спондилосинтез; расширяемый имплантат.

Для цитирования: Шувалов С.Д., Шульга А.Е., Бажанов С.П., Островский В.В., Толкачев В.С. Роль телозамещающих имплантатов расширяемого типа в хирургическом лечении пациентов с повреждениями грудных и поясничных позвонков: систематический обзор // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 30–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.30-41>

THE ROLE OF EXPANDABLE CAGES FOR VERTEBRAL BODY REPLACEMENT IN SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH THORACIC AND LUMBAR SPINE INJURIES: A SYSTEMATIC REVIEW

S.D. Shuvalov, A.E. Shulga, S.P. Bazhanov, V.V. Ostrovskij, V.S. Tolkachev

Saratov State Medical University n.a V.I. Razumovsky, Saratov, Russia

Objective. To perform a systematic analysis of contemporary scientific data characterizing the clinical effectiveness of expandable implants for vertebral body replacement in the complex surgical treatment of patients with thoracic and lumbar spine injuries.

Material and Methods. The search for scientific sources was carried out in accordance with the recommendations of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions and the PRISMA principles in the Cochrane Library, PubMed and Medline databases for the period 2015–2025 a total of 19 studies on the radiological and functional outcomes of the surgeries involving implantation of expandable spinal cages for thoracic and lumbar spine injuries were analyzed.

Results. The technologies for spinal surgery have been developing rapidly over the recent decades. The improvements in minimally invasive techniques have required modifications to implants including those for anterior support spinal fusion. The implants of transformable geometry which allow the replacement of spinal defects that significantly exceed their original dimensions are of particular interest. The contemporary expandable spinal cages vary in the material they are made from and their transformation mechanisms. The literature

describes successful cases of their use in thoracic and lumbar spine injuries. The authors demonstrate favorable surgical outcomes using combinations of screw-assisted fusion and interbody implants.

Conclusion. Expandable spinal cages feature a wide range of applications in the treatment of spinal injuries. The advent of vertical lift mechanisms in intervertebral implants has led to a trend towards modifying surgical techniques, particularly the sequence of intervention stages. Despite differences in approaches, specialists favor minimally invasive implant placement, with radiographic and functional results showing no significant differences.

Key Words: traumatic vertebral fracture; corpectomy; spinal reconstruction; spondylodesis; expandable implant.

Please cite this paper as: Shuvalov SD, Shulga AE, Bazhanov SP, Ostrovskij VV, Tolkachev VS. The role of expandable cages for vertebral body replacement in surgical treatment of patients with thoracic and lumbar spine injuries: a systematic review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):30–41. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.30-41>

Повреждения грудных и поясничных позвонков составляют до 70 % всех травм позвоночного столба [1]. В наибольшей степени травматизму подвержен грудопоясничный отдел (Th₁₁–L₂), что обусловлено его анатомической локализацией и особенностями сагittalной биомеханики [2, 3]. Урбанизация мегаполисов, увеличение ритма жизни, а также числа локальных военных конфликтов служат причинами неуклонного роста пострадавших [1, 4], а социальная значимость данной проблемы обусловлена тяжелой инвалидизацией, которая, по мнению разных авторов, колеблется от 30,2 до 51,0 % [1, 3, 4].

Хирургические вмешательства при травмах грудного и поясничного отделов позвоночника направлены на максимально раннюю активизацию пациентов, что достигается посредством стабилизации поврежденного сегмента металлоконструкциями различного типа [1]. В частности, наибольшее распространение получила транспедикулярная фиксация, позволяющая из дорсального доступа осуществить внеочаговый спондилосинтез [1–3]. Тем не менее при проникающих переломах зачастую возникает необходимость в резекции тела поврежденного позвонка с целью декомпрессии нервральных структур [2–4]. Кроме того, спондилэктомия может потребоваться в случаях оскольчатых переломов (типов A3 и A4 по AO/Spine), а также для сегментарного релиза при ригидных посттравматических кифозах [5, 6]. Так, формируется широкий дефект центральной колонны, который исключает ее опорность

и требует замещения имплантатом, выполняющим несущую функцию.

Рутинное применение переднего спондилодеза началось в 1950-х гг. [5]. Первоначально резецированный участок позвоночного столба заполнялся ауто- либо аллогостным трансплантом [7]. В дальнейшем с этой целью использовали имплантаты из неорганических материалов, которые обладали большей устойчивостью к аксиальным нагрузкам. Новой вехой в центральной хирургии позвоночника стал титановый сетчатый эндофиксатор (Harms – Korb), предложенный Harms в 1986 г. [8, 9]. Данное устройство до настоящего времени находит применение в хирургической вертебрологии, а на протяжении многих лет считалось основным [6, 8, 9]. Тем не менее большой опыт его использования выявил ряд недостатков, ключевым из которых является низкая точность подбора протяженности эндофиксатора под величину костного дефекта [6, 8, 10]. В этой связи с серединией 1990-х гг. началась разработка устройств, позволяющих регулировать величину имплантата непосредственно в зоне резекции [5, 6, 8]. Следующий этап развития технологий опорного межтелевого спондилодеза обусловлен эрой малоинвазивной хирургии [2]. Установка эндофиксатора в условиях ограниченного визуального и мануального контроля, а также необходимость существенного увеличения высоты устройства *in situ* послужили причинами внедрения с конца 2000-х гг. имплантатов нового типа [5, 10]. Принципиальным отличием современных расширяемых устройств является механизм верти-

кального лифта, обеспечивающий прямую реконструкцию межтелевого про- межутка [7, 10, 11].

Большое число публикаций, посвященных данной проблеме, подчеркивает ее актуальность и требует анализа роли и места этих устройств в структуре современного хирургического лечения травмы позвоночника.

Цель исследования – систематический анализ современных научных данных, характеризующих клиническую эффективность расширяемых телозамещающих имплантатов в комплексном хирургическом лечении пациентов с травмами грудного и поясничного отделов позвоночника.

Материал и методы

В соответствии с рекомендациями Кокрейновского руководства по систематическим обзорам [12] и с рекомендациями по предпочтительным элементам отчетности для систематических обзоров и метаанализов PRISMA [13] провели систематический обзор литературы. Протокол обзора предварительно не регистрировали.

Поиск литературы осуществляли в базах данных (на платформах) Кокрейновской библиотеки, PubMed, Medline с момента публикации первой статьи до февраля 2025 г., без ограничений по уровню доказательности или статусу публикаций. Поиск в каждой базе выполняли отдельно с использованием индивидуально адаптированных стратегий поиска. Дополнительно осуществили ручной просмотр списков литературы включенных исследований для выявления потенциально релевантных публи-

каций. Контактов с авторами статей для получения дополнительных данных не было.

Поиск выполняли с использованием терминов и ключевых слов: травматический перелом позвонка, корпоректомия, реконструкция позвоночника, спондилосинтез, расширяемый имплантат.

В систематический обзор включены исследования, соответствующие следующим критериям:

- ретроспективные рандомизированные клинические исследования;
- возраст пациентов старше 18 лет;
- одноуровневые травматические переломы позвонков грудопоясничного отдела от T_{h10} до L_2 взрывного типа, оперированные в объеме декомпрессии содержимого позвоночного канала и невральных структур путем корпоректомии с последующим корпородезом раздвижными эндофиксаторами с различными механизмами трансформации;
- минимальный срок катамнеза 12 мес.;

– наличие в каждой группе (со сращением/без сращения) не менее семи пациентов;

– доступность клинических и рентгенологических данных до и после операции.

Критерии исключения представлены исследованиями, которые не соответствуют целям анализа и подлежат удалению на этапах скрининга: экспериментальные исследования, многоуровневые переломы, дегенеративные и онкологические заболевания.

Первичный отбор проводили два независимых рецензента по названиям и аннотациям, затем просматривали полнотекстовые варианты работ. Разногласия на этапах рассмотрения названия, аннотации или полного текста статьи решали путем обсуждения между рецензентами и старшим автором. Дубликаты удаляли с использованием автоматической функции в программе Zotero, с последующей ручной проверкой.

Данные извлекали два независимых исследователя. Были получены следующие результаты: общая информа-

ция о публикации; количество пациентов; вид раздвижного эндофиксатора, использованного для корпородеза; данные о показателях качества жизни до и после операции.

В результате поиска было найдено 697 публикаций в базах данных и дополнительно 23 при ручном поиске. После удаления дубликатов осталось 718 статей для первичного скрининга. После оценки названий и аннотаций исключено 604 статьи. Полные тексты 114 статей изучили более подробно, из них 95 исключили по следующим причинам: ретроспективные нерандомизированные исследования ($n = 41$), исследования, проводимые на кадаверном материале ($n = 4$), статьи, посвященные дегенеративным заболеваниям ($n = 21$), недостаточно данных по показателям качества жизни ($n = 17$), обзоры со сроком наблюдения менее 12 мес. ($n = 12$). Таким

образом, в итоговый анализ включили 19 исследований. Визуальное отображение процесса отбора статей представлено на рис.

В связи с гетерогенным характером включенных исследований, которые существенно различались по дизайну (ретроспективные когортные исследования, серии случаев), используемым хирургическим техникам (виды доступов, комбинации с фиксацией), типам имплантатов и оцениваемым исходам, проводить количественный синтез данных (метаанализ) было признано нецелесообразным.

Несмотря на то что количественный синтез (метаанализ) не представлялся возможным из-за значительной методологической и клинической гетерогенности включенных исследований, провели качественную оценку риска систематической ошибки. Для этого использовали инстру-

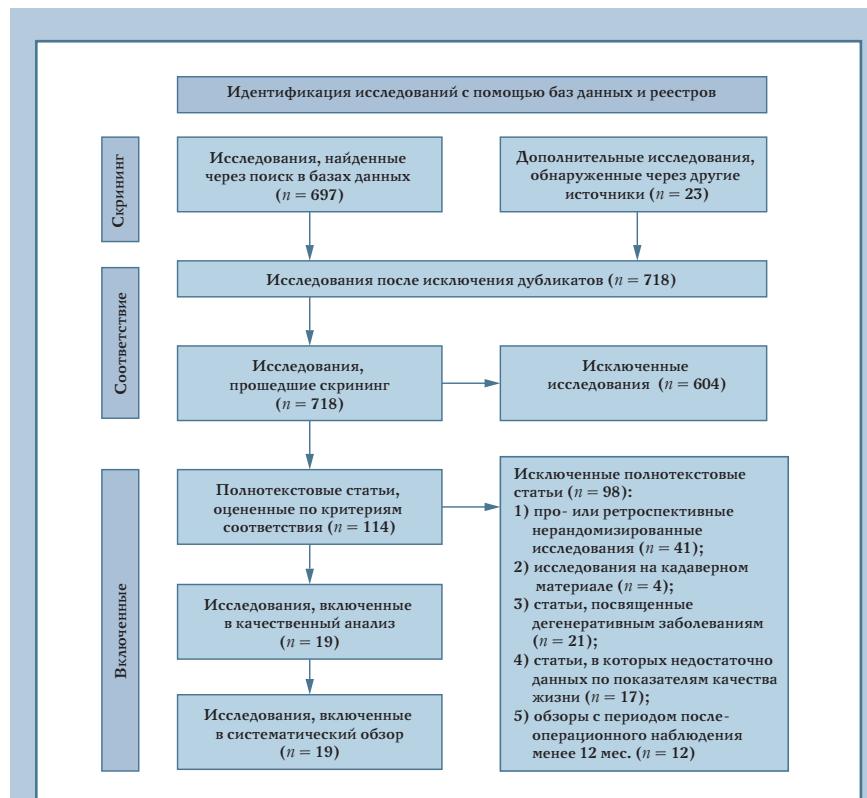


Рис.

Схематическое изображение стратегии систематического поиска в соответствии с рекомендациями PRISMA

мент ROBINS-I (Risk Of Bias In Non-randomized Studies – of Interventions) в адаптированной форме, поскольку все включенные работы являлись нерандомизированными исследованиями (ретроспективные когорты, серии случаев). Оценка проводилась по семи ключевым доменам: смещение вследствие отбора участников, классификации вмешательства, отклонения от запланированного вмешательства, отсутствия данных, измерения исходов и выбора отчетного результата. Большинство исследований продемонстрировали умеренный или серьезный риск систематической ошибки, преимущественно в доменах отбора участников (отсутствие рандомизации и контрольных групп) и измерения исходов (отсутствие ослепления оценщиков, использование невалидированных критериев оценки рентгенологических результатов). Исследования, в которых применяли стандартизированные протоколы оценки функциональных исходов (например, вопросы качества жизни) и рентгенологические замеры, выполненные независимыми экспертами, оценивали как имеющие низкий риск смещения в соответствующих доменах. Однако в целом из-за преобладания ретроспективного дизайна и отсутствия сравнительных групп общий риск систематической ошибки по всем включенным исследованиям можно охарактеризовать как умеренно высокий, что ограничивает силу выводов обзора и требует осторожности при интерпретации результатов.

Результаты и их обсуждение

Эволюция методик переднего спондилодеза и устройств для его реализации неразрывно связана с историческими этапами становления хирургической вертебрологии. Этот процесс привел к созданию статичных имплантатов, которые изначально обеспечивали надежную фиксацию. Однако рутинное применение комбинированной (posterior/anterior) стабилизации выявило существенный недостаток такого типа эндопротезов, обусловив

ленный сложностью их точной адаптации под размер замещаемого дефекта. Установка такого эндофиксатора между позвонками в условиях жесткой дорсальной инструментализации нередко приводила к повреждению замыкательных пластин и, как следствие, нестабильной фиксации [6, 7, 10, 16, 18]. Данное обстоятельство создало предпосылки для разработки устройств с возможностью регулировки высоты непосредственно в зоне имплантации. Первые раздвижные эндофиксаторы для опорного спондилодеза появились в середине 1990-х гг. и в течение нескольких лет прочно вошли в стандартную хирургическую практику [5, 6, 11]. Установка этих устройств осуществлялась из классических (открытых) доступов к передним отделам позвоночного столба, после чего выполнялось их заклинивание между позвонками путем постепенного раскрытия при помощи механизмов различного типа (винтовой, червячный).

Таким образом, ключевым преимуществом первых раздвижных имплантатов перед статичными стала возможность их плотного размещения между смежными позвонками, наряду с минимальным риском повреждения костной ткани [6, 11, 18]. Эндофиксаторы данного типа обозначили принципиально новое направление в технологии опорного спондилодеза, которое в дальнейшем легло в основу концепции прямой реконструкции передней опорной колонны [6, 8, 18, 19]. Большую роль в трансформации хирургической идеологии и конструктивных особенностей имплантатов сыграла общемировая тенденция к малоинвазивности вмешательств, наметившаяся в вертебрологии с середины 2000-х гг. [20–24]. Активно внедряющиеся торакоскопические доступы и мини-люмботомии резко сократили объем прямого визуального контроля и мануальные возможности хирурга, что в свою очередь предъявило новые требования к устройствам для спондилодеза. В частности, необходимость доставки эндофиксатора через узкий рабочий порт способствовала разра-

ботке рукояток, позволяющих жестко зафиксировать имплантат, разместить его в зоне резекции и передать усилие хирурга на расширяющий механизм [6, 20, 23, 24]. Вершиной развития технологий опорного спондилодеза является концепция прямой реконструкции высоты межтелового промежутка, которая реализовалась благодаря появлению устройств с функцией вертикального лифта [6, 15, 22]. Имплантаты данного типа в процессе контролируемого расширения создают достаточное для коррекции сагиттального профиля усилие, при этом имеют возможность существенного увеличения своей высоты (относительно сложенного состояния), что значительно облегчает их установку в зону резекции [6, 11, 18, 24]. Вышеописанные концептуальные и технические решения ключевым образом повлияли на тактику хирургического лечения как острых повреждений позвоночника, так и фиксированных посттравматических деформаций [6, 14, 18]. Открытым остается вопрос формирования условий для костно-металлического блока из-за сложности заполнения имплантата аутокостью, однако внедрение пластичных остеоиндуктивных материалов отчасти стало решением данной проблемы.

Типы раздвижных эндофиксаторов и их механические особенности

За последние два десятилетия предложено большое количество расширяемых устройств с разными конструктивными особенностями. Анализ актуальных публикаций показал, что принципиальным отличием современных имплантатов является механизм вертикального лифта, обеспечивающий прямую реконструкцию межтелового промежутка. В зависимости от способа передачи внешнего усилия на расширяющий модуль эндофиксатора в настоящее время выделяют механический и гидравлический типы устройств (табл. 1). Как свидетельствуют литературные источники, в механических конструкциях наиболее часто используется система винтового лифта, представленная врачающимися цилиндрами, движение которых задается специальным инструмен-

Таблица 1

Биомеханические особенности механизмов раздвижных эндофиксаторов

Характеристика	Гидравлическая конструкция устройства	Механическая конструкция устройства	
		Винтовой механизм	Храповый механизм
Материал	Титан (Ti6Al4V)	Титан (Ti6Al4V); PEEK	Титан (Ti6Al4V)
Механизм расширения	Гидравлический (0,9 % стерильный раствор NaCl)	Винтовой механизм расширения (<i>in situ</i>)	Самоблокирующийся храповый механизм
Точность расширения	Непрерывная регулировка	Непрерывная регулировка высоты	Дискретное расширение (фиксированный шаг по 2,5 мм)
Фиксирующий механизм	Осевая фиксация (12 Nm)	Стопорный винт	Расширительное кольцо

том через зубчатую передачу [18, 24]. Помимо винтовых устройств, к группе механических эндофиксаторов можно отнести имплантаты храпового типа, раскрывающиеся посредством дистракции [5, 11]. Публикации, касающиеся гидравлических устройств, встречаются гораздо реже, тем не менее наличие лицензированных имплантатов этого типа [14, 25] и данных об успешном применении позволили нам рассматривать их в качестве альтернативной группы.

Принимая во внимание тот факт, что результаты хирургического лечения могут во многом определяться техническими характеристиками эндофиксатора, были систематизированы источники литературы, анализирующие конструктивные особенности механических и гидравлических устройств в аспекте их клинико-рентгенологической эффективности.

Механические имплантаты для опорного спондилодеза являются высокотехнологичными ортопедическими устройствами, имеющими возможность трансформировать продольный размер посредством раскручивания или раздвигания. Основа конструкции представлена двумя полыми перфорированными цилиндрами, выполненными из биосовместимых материалов.

В случае винтового лифта эти элементы сочленяются между собой резьбовым соединением. Сложенный эндофиксатор жестко фиксируется на установочной рукоятке и имплантируется между позвонками, после чего вращением внутренней части рукоят-

ки через зубчатую передачу задается циркуляция поворотному модулю наружного цилиндра, который, в свою очередь, имеет резьбовое соединение с внутренним цилиндром. Благодаря непрерывной резьбе, нарезанной вдоль всего внутреннего цилиндра, обеспечивается его равномерное выкручивание, тем самым достигается линейное расширение имплантата [10, 33]. Устройства на основе винтового лифта получили наибольшее распространение и выпускаются под брендами ведущих медицинских компаний. Основным достоинством этих систем является плавность расширения, которая во многом зависит от характеристик резьбы (профиль, шаг), заявленных конкретным производителем. Сочетанная работа зубчатой передачи и вертикального лифта позволяет создать равномерное дистракционное усилие, достаточное для сегментарной коррекции сагittalного профиля [11, 18]. Тем не менее, как считают ряд авторов [7, 10], чрезмерное механическое воздействие и жесткость конструкции создают локальные зоны повышенного напряжения в местах контакта площадок имплантата с замыкателями пластинами позвонков. В этой связи рекомендуется добиваться их максимальной конгруэнтности путем подбора углов контактных поверхностей под физиологические изгибы позвоночника [11, 19]. Особая осторожность необходима при использовании данного типа эндофиксаторов у больных со сниженной минеральной

плотностью костной ткани, когда риск пролапса замыкательных пластин возрастает в разы [14, 18, 19]. В некоторых исследованиях обращается внимание на тот факт, что сочетание расширяемых имплантатов винтового типа с опорными площадками увеличенной площади значительно улучшает клинико-рентгенологические исходы хирургического лечения пациентов с остеопорозом [8, 11, 14, 19].

В механических эндофиксаторах дистракционного типа внутренний и наружный элементы (цилиндры) соединяются посредством аналога храпового механизма [5, 18]. Установочный инструментарий представляет собой расширитель с двумя браншами, одна из которых закрепляется на несущем (нижнем) цилиндре, а вторая фиксирует дистальный конец мобильной части имплантата (верхний цилиндр). После правильного расположения устройства между позвонками выполняется дистракция элементов эндофиксатора, при этом происходит заклинивание зубовидных ступеней, находящихся на стенах верхнего цилиндра в стопорном кольце нижнего цилиндра. Плавность расширения такого имплантата определяется высотой ступеней самоблокирующего модуля [6, 9, 18]. К примеру, в наиболее известном устройстве этого типа SynEx заклинивание происходит через каждые 2,5 мм [18]. Таким образом, несмотря на простоту и надежность храпового механизма, данные системы не могут обеспечить равномерного вертикального лифта,

а следовательно, существенно возрастает риск гиперэкстензии оперируемого позвоночного сегмента. Как указывают литературные источники [7, 10, 14, 18], неблагоприятные последствия чрезмерного механического воздействия на замыкательные пластины позвонков наиболее часто возникают при использовании имплантатов дистракционного типа. По всей видимости, для применения этих устройств должны быть сформулированы более четкие показания, особенно у лиц с низкой минеральной плотностью костной ткани.

Системы с гидравлическим механизмом расширения являются относительно новым направлением в технологии опорного спондилодеза, тем не менее имеющиеся публикации позволяют сделать выводы об их биомеханических особенностях и клинической эффективности. Конструкция данных устройств (в частности, Hydrolift, Aesculap AG) представлена корпусом из биоинертных материалов с интегрированной в него гидравлической системой, состоящей из расширяемой полимерной камеры, жидкостного резервуара и клапанного механизма. Мобильной (выдвигающейся) частью имплантата служит цилиндрический узел, встроенный в основной корпус над полимерной камерой. Концы эндофиксатора снабжены опорными площадками с регулируемым углом наклона. Установочный инструментарий представляет собой тубус, на котором закрепленное устройство доставляется в межтеловой промежуток. Данное оборудование используется для всех последующих манипуляций. В частности, после размещения имплантата через тубус проводится гидравлический аппарат, через который под давлением (до 30 bar) подается стерильный физиологический раствор. Благодаря контролируемому нагнетанию давления и расширению полимерной камеры достигается плавный выход мобильной части эндофиксатора, что обеспечивает дозированное расширение и высокую точность коррекции. После реализации основных целей операции

затягивается осевой зажим имплантата (блокирующий обратное вытекание физраствора) и последовательно демонтируется гидравлический аппарат с установочным тубусом. Конструктивную специфику также имеют опорные площадки, которые за счет свободного осевого люфта (в пределах 10°), упираясь в замыкательные пластины позвонков, саморегулируются под углы физиологических искривлений позвоночника. По достижении сегментарной коррекции площадки фиксируются стопорными винтами. К особенностям установки, придерживающейся которых рекомендуют производители устройства и ряд авторов, можно отнести необходимость щадящей резекции позвонка (строго по размеру имплантата), что в условиях взрывных переломов (A3, A4) нередко бывает затруднительным. Одним из основных критерии оценки эффективности опорного спондилодеза является целостность замыкательных пластин позвонков, повреждение которых чревато проседанием имплантата и нестабильной фиксацией. Как указывается в литературных источниках [14, 25], при использовании гидравлических эндофиксаторов риск повреждения замыкательных пластин значительно ниже по сравнению с механическими, особенно у пациентов с остеопорозом, что ассоциируется авторами с более плавной дистракцией и физиологичной саморегуляцией опорных площадок. К относительным недостаткам можно отнести больший по сравнению с механическими системами процент потери коррекции (негерметичность камеры, нестабильная фиксация опорных площадок), замкнутость контура и низкую остеointеграцию, высокую стоимость. Также сомнительной является целесообразность применения имплантатов с гидравлическим лифтом в случае подострой и застарелой травмы, когда для коррекции сагittalного профиля при рекомендуемом экономном объеме резекции давления в 30 bar может оказаться недостаточно [14, 17].

Таким образом, можно сказать, что каждый из современных типов

устройств для опорного спондилодеза характеризуется специфической биомеханикой, особенности которой необходимо учитывать при планировании хирургических вмешательств.

Анализ клинико-рентгенологической эффективности расширяемых эндофиксаторов

Включенные в анализ публикации, касающиеся применения расширяемых имплантатов для опорного спондилодеза при хирургическом лечении пациентов с повреждениями грудного и поясничного отделов позвоночника, представлены в табл. 2.

Как свидетельствуют литературные данные, современные расширяемые эндофиксаторы характеризуются широким спектром применения при травме позвоночника. Авторы демонстрируют благоприятные исходы хирургических вмешательств с различными комбинациями винтового спондилосинтеза и межтеловых имплантатов. Чаще всего публикации касаются сочетания транспедикулярной фиксации и переднего опорного спондилодеза в последовательности posterior/anterior (P/A). Объективные данные о положительном влиянии дистрагируемых имплантатов на результаты P/A-вмешательств приводятся в ряде исследований [17, 18, 20, 21, 28]. Grobost et al. [28] подчеркивают необходимость ранней реконструкции передней опорной колонны, которая, наряду с использованием расширяемых устройств, позволяет добиться стойкой реабилитации пациентов с повреждениями грудных и поясничных позвонков. При этом Pesenti et al. [20] говорят о средней потере достигнутой редукции через 12 мес. в пределах 1° и формировании полноценного костно-металлического блока в 100 % наблюдений, что согласуется с данными Lang et al. [17], согласно которым значения этих показателей составляют $2,4^\circ \pm 4,0^\circ$ и 97,9 % соответственно. Также ряд специалистов отмечают ключевую роль современных эндофиксаторов в этапном (anterior/posterior/anterior – A/P/A) оперативном лечении фиксированных посттравматических кифозов [22].

Таблица 2

Результаты клинических исследований применения раздвижных эндофиксаторов

Источник	Количество наблюдений	Период наблюдения	Заключение
Graillon et al. [6]	93	12 мес.	Передний доступ с использованием расширяемого эндофиксатора является относительно безопасным и эффективным методом, обеспечивающим долгосрочное восстановление высоты позвонка и коррекцию кифотической деформации, при грудных переломах — без повреждения задней стенки
Pesenti et al. [20]	39	12 мес.	Комбинация чрескожной фиксации с передним спондилодезом расширяемым эндофиксатором обеспечивает стабильную коррекцию деформации, низкую частоту осложнений и быстрое снижение болевого синдрома
De la Cruz-Álvarez et al. [16]	8	21 мес.	Корпорэктомия из заднего доступа с установкой расширяемого имплантата и транспедикулярной фиксацией является эффективным методом лечения тораколюмбальных переломов, обеспечивающим декомпрессию, стабилизацию и коррекцию деформации позвоночника, при этом минимизирует риски, связанные с передним или комбинированным доступами, сокращает продолжительность операции и уменьшает интраоперационную кровопотерю
Pham et al. [15]	7	28,8 мес.	Корпорэктомия через задний доступ с транспедикулярной фиксацией и установкой раздвижных имплантатов — эффективная альтернатива комбинированным подходам, позволяющая избежать рисков переднего доступа
Richardson et al. [27]	42	12,9 мес.	Передняя корпорэктомия с реконструкцией расширяемым титановым эндофиксатором способна обеспечить полную декомпрессию спинного мозга, стабильное восстановление передней колонны и является относительно безопасной альтернативой задней фиксации
Lee et al. [11]	42	39,5 мес.	Расширяемые эндофиксаторы обеспечивают лучшую коррекцию угла кифоза и меньшую частоту осложнений, таких как проседание имплантата, по сравнению со статичными имплантатами
Grobost et al. [28]	44	12 мес.	Раннее выполнение корпорэктомии (в течение 72 ч после травмы) ассоциируется с лучшими функциональными исходами и меньшей частотой осложнений по сравнению с отсроченным вмешательством, особенно у пациентов с высоким риском несравнения (McCormack score ≥ 7)
Lindtner et al. [18]	37	38 мес.	Моносегментарная реконструкция передней колонны расширяемым эндофиксатором допустима при неполных взрывных переломах или переломах с единичной линией раскола замыкательной пластинки, сохраняя двигательный сегмент у молодых пациентов, тогда как при множественных линиях перелома или значительном повреждении замыкательной пластинки рекомендуется бисегментарная реконструкция
Smits et al. [21]	105	49 мес.	Торакоскопический доступ с использованием расширяемого имплантата является безопасным и эффективным методом для лечения нестабильных переломов, обеспечивая стабильную реконструкцию передней колонны позвоночника с низкой частотой осложнений и удовлетворительными долгосрочными функциональными исходами
Smits et al. [22]	14	26 мес.	Торакоскопический доступ с использованием расширяющей клетки обеспечивает стабильную коррекцию кифоза, высокий процент сращения и хорошие функциональные исходы при минимальной хирургической травме
Cappelletto et al. [26]	39	12 мес.	Расширяемые имплантаты обеспечивают стабильную реконструкцию, коррекцию деформации и восстановление высоты позвонка с низким риском осложнений
Lang et al. [17]	96	24 мес.	Использование расширяемого имплантата обеспечивает надежную стабилизацию, высокую частоту сращения и клинически незначительную потерю коррекции, при этом функциональные исходы остаются удовлетворительными даже в долгосрочной перспективе, несмотря на неполное восстановление качества жизни до нормы
Kreinest et al. [14]	47	36 мес.	Гидравлический расширяемый эндофиксатор обеспечивает долгосрочную стабильность, сохраняет коррекцию позвоночника и демонстрирует клинические результаты, сопоставимые с использованием костного аутотрансплантата

Окончание таблицы 2

Результаты клинических исследований применения раздвижных эндофиксаторов

Источник	Количество наблюдений	Период наблюдения	Заключение
Kreinest et al. [25]	7	39 мес.	Комбинированная дорсовентральная стабилизация с использованием гидравлического имплантата позволяет достичь стабильной репозиции и долгосрочного удовлетворительного клинического результата у пациентов с многосегментарными переломами, хотя и не восстанавливает полностью прежнее качество жизни
Segi et al. [19]	46	24 мес.	Минимально-инвазивный латеральный доступ с использованием кейджа с прямоугольной опорной пластиной демонстрирует превосходство над традиционной методикой с цилиндрическим кейджем при лечении остеопоротических переломов позвоночника, обеспечивая меньшую интраоперационную кровопотерю, сокращение времени операции, снижение риска просадки имплантата и лучшую коррекцию деформации с высокой частотой костного сращения
Urbanski et al. [23]	28	12 мес.	Малоинвазивный заднебоковой транспедикулярный доступ при тораколюмбальной корпоректомии демонстрирует высокую эффективность в коррекции кифоза при посттравматических переломах тел позвонков. Результаты исследования показали значительное улучшение спинальной стабильности и неврологического статуса пациентов с коррекцией кифоза в среднем на 14,3° и низким процентом серьезных осложнений (7 %)
Felton et al. [24]	123	Не указано	Использование методики сборки эндофиксатора <i>in situ</i> в корпоректомическом пространстве позволяет раздельно транспортировать крупногабаритные компоненты имплантата, что упрощает их установку в условиях ограниченного операционного доступа. Ключевым преимуществом данного подхода является возможность увеличения диаметра торцевой пластины, что значительно повышает площадь опоры на смежные тела позвонков. Это снижает риск проседания имплантата и обеспечивает более стабильную фиксацию
Deml et al. [29]	48	21 мес.	Модульный расширяемый PEEK-имплантат для замещения тел позвонков доказал свою эффективность и безопасность при реконструкции передней колонны позвоночника после корпоректомии, обеспечивая стабильную коррекцию кифоза с минимальной потерей коррекции (1,6°) и высокой частотой сращения (92,1 %). Биомеханические преимущества и радиопрозрачность делают его перспективной альтернативой титановым аналогам
Ortiz Torres et al. [30]	96	14 мес.	Переднебоковая корпоректомия при взрывных переломах грудопоясничного отдела обеспечивает удовлетворительную коррекцию кифоза (средняя коррекция — 7,7°), однако в 36,5 % случаев наблюдается потеря коррекции, ассоциированная с использованием костных аутотрансплантатов, их смещением и субсиденцией, тогда как расширяемые титановые клетки демонстрируют лучшую стабильность

Благодаря появлению у межтеловых имплантатов механизмов вертикального лифта наметилась тенденция к модификации хирургической техники, в частности к изменению последовательности этапов вмешательства. Если раньше опорный спондилодез, как правило, завершал операцию, то в настоящее время предпочитают осуществлять его вместе с редукцией сегментарного кифоза. Рассматриваемая стратегия anterior/posterior

(А/Р) вмешательства применима исключительно при повреждениях типа А по классификации AOSpine, поскольку в этих случаях отсутствует риск трансляции, в отличие от трехлонговых повреждений типов В и С, где первоочередная задняя стабилизация (Р/А-подход) остается обязательной для предотвращения интраоперационного смещения позвонка. В этой связи появились исследования, изучающие эффективность опорного спондило-

деза в структуре А/Р-вмешательств. К примеру, Cappelletto et al. [26] представили клинико-рентгенологические исходы у 13 пациентов после передней реконструкции и транспедикулярной фиксации, сопоставимые с результатами привычной Р/А-методики.

Публикации, анализирующие функциональность расширяемых устройств при изолированных центральных вмешательствах, встречаются гораздо реже. Тем не менее исследования,

включенные в обзор, позволяют говорить о результативности прямой (межтеловой) редукции кифоза при острой тораколюмбальной травме, а также о надежности передней фиксации (эндофиксатор + винтовая передняя конструкция), которая допускает потери коррекции в рамках минимальных среднестатистических значений [6, 27].

Также интересными представляются исследования, касающиеся использования имплантатов расширяемого типа при экстракавитарном удалении грудных и поясничных позвонков. Техническими особенностями выполнения опорного спондилодеза из заднебокового доступа являются узкий коридор, ограниченный невральными структурами, а также расположение зоны резекции не под прямым углом хирургической атаки. Установить эндофиксатор адекватного размера в таких условиях нередко бывает затруднительно, что чревато осложнениями, связанными с проседанием устройства. В этой связи большинство специалистов рекомендуют использовать при заднебоковых вмешательствах имплантаты с функцией вертикального лифта. В частности, Lee et al. [11] приводят объективные данные, демонстрирующие лучшие корrigирующие и стабилизирующие возможности расширяемых эндофиксаторов по сравнению со статичными. Согласно De la Cruz-Álvarez et al. [16], дорсальные хирургические вмешательства с применением трансформирующихся имплантатов позволяют добиться адекватной редукции сегментарного кифоза и надежной стабилизации грудного и поясничного отделов позвоночника (потеря коррекции в пределах 1°). Также следует отметить специфичность заднебокового опорного спондилодеза в поясничном отделе позвоночника, которая обусловлена необходимостью установки имплантатов большого размера наряду с недопустимостью грубых манипуляций (чрезмерная тракция, резекция) со спинно-мозговыми корешками. Данное обстоятельство диктует целесообразность применения устройств с возможностью кратного увеличения продольного размера и модульной сборки в полости резекции. К примеру, Felton et al. [24] предложили способ последовательной установки и монтажа крупных узлов эндофиксатора (опорные площадки, центральный модуль) непосредственно в межтеловом пространстве, который продемонстрировал свою клиническую эффективность и безопасность.

Таким образом, анализ публикаций показал, что хирургическое лечение с использованием расширяемых

эндофиксаторов характеризовалось удовлетворительными клинико-рентгенологическими исходами вне зависимости от способа их установки. Данное обстоятельство, по всей видимости, обусловлено как положительными качествами современных имплантатов, так и малоинвазивным характером вмешательств, который в последнее время приветствуется большинством специалистов.

Для наглядного сравнения рентгенологических исходов применения эндофиксаторов с различными механизмами расширения составлена сводная таблица (табл. 3), в которой представлены данные о проседании имплантата и потере коррекции угла кифоза в послеоперационном периоде. Анализ демонстрирует, что все типы устройств обеспечивают стабильную реконструкцию с приемлемыми показателями потери коррекции, однако наблюдаются некоторые различия в зависимости от механизмов расширения.

Как видно из табл. 3, наименьшие показатели проседания и потери коррекции отмечаются при использовании имплантатов с гидравлическим и винтовым механизмами расширения. Устройства храпового типа демонстрируют более высокую, но все же клинически приемлемую степень про-

Таблица 3

Рентгенологические исходы применения расширяемых эндофиксаторов с различными механизмами расширения

Механизм расширения телозамещающего имплантата	Источник	Проседание, мм	Потеря коррекции, град.
Гидравлический (0,9 % стерильный раствор NaCl)	Kreinest et al. [14]	1,8 ± 1,9*	3,4 ± 3,1 за 36 мес.
	Kreinest et al. [25]	Данные не представлены	3,5 ± 2,0 за 39 мес.
Винтовой механизм расширения (<i>in situ</i>)	Lang et al. [17]	2,4 ± 1,1	2,4 ± 4,0
	Lindtner et al. [18]	Данные не представлены	2,8 (медиана) за 38 мес.
	Deml et al. [29]	1,5 ± 0,7	1,6 ± 0,9
	Cappelletto et al. [26]	Данные не представлены	2,1**
	Pesenti et al. [20]	Данные не представлены	~1,0**
	Lee et al. [11]	3,5 ± 1,8	4,2 ± 2,1 (в группе расширяемых)
Самоблокирующийся храповый механизм	Graillon et al. [6]	7 % (частота >4 мм)	3,6**
	Urbanski et al. [23]	3,6 ± 1,7	2,1 ± 1,4
	Ortiz Torres et al. [30]	Данные не представлены	7,7**

* Авторы значение 1,8 ± 1,9 мм указывают как «среднюю сегментарную высоту диска», которая косвенно отражает проседание; ** в исходной статье указано только среднее значение без стандартного отклонения.

седания и потери коррекции. Полученные данные согласуются с ранее описанными биомеханическими особенностями каждого типа имплантатов и подтверждают их общую эффективность в хирургической практике.

Также необходимо отметить, что в вышеперечисленных публикациях не проводится прямого сравнительного анализа ближайших и отдаленных клинических результатов в зависимости от типа расширяемого устройства. Несмотря на предметный поиск, научных работ с подобными задачами найти не удалось, поэтому выводы о преимущественной эффективности эндофиксаторов с разным механизмом расширения могут носить только косвенный характер. Тем не менее данные приведенных описательных исследований позволяют говорить о тождественности клинико-рентгенологических исходов при использовании как механических устройств, так и имплантатов гидравлического типа [14, 17, 26, 28].

Отдельно рассматривается вопрос опорного спондилодеза у пациентов с низкой минеральной плотностью костной ткани. Авторы сходятся во мнении, что расширяемые имплантаты при сопутствующем остеопорозе предпочтительнее статичных

из-за плавного и сбалансированного (соблюдение углов замыкательных пластин) заклинивания устройства между позвонками [7, 10, 19, 29]. Как считают некоторые специалисты [14, 25], в наибольшей степени данным требованиям соответствуют имплантаты гидравлического типа. Кроме того, ряд исследователей [8, 19, 24] считает, что риск пролабирования эндофиксатора у больных с сопутствующим остеопорозом может быть существенно нивелирован посредством использования опорных площадок большой площади.

Заключение

Проведенный систематический обзор демонстрирует, что расширяемые телозамещающие имплантаты занимают важное место в современной хирургической вертебрологии, существенно расширяя технические возможности как при открытых, так и при малоинвазивных вмешательствах у пациентов с травмой позвоночника.

Анализ литературных источников показал, что современные расширяемые имплантаты характеризуются универсальностью применения: они эффективно используются при изолированных вентральных вмешатель-

ствах, в комбинации с транспедикулярной фиксацией по методикам P/A и A/P, а также при сложных многоуровневых реконструкциях. Особенno следует отметить их роль в малоинвазивной хирургии, когда возможность значительного увеличения высоты имплантата *in situ* и модульная система доставки позволяют выполнять адекватный спондилодез через ограниченные доступы.

Таким образом, расширяемые телозамещающие имплантаты стали не просто техническим усовершенствованием, а инструментом, позволяющим реализовывать персонализированный хирургический подход при травме позвоночника, адаптируя технику вмешательства к конкретным анатомическим условиям и особенностям патологии каждого пациента.

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

- O'Toole JE, Kaiser MG, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, Eichholz KM, Harrap JS, Hoh DJ, Qureshi S, Rabb CH, Raksin PB. Congress of Neurological Surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: executive summary. *Neurosurgery*. 2019;84:2–6. DOI: 10.1093/neuro/nny394
- Gonschorek O, Hauck S, Weiß T, Bührer V. [Fractures of the thoracic and lumbar spine]. *Chirurg*. 2015;86:901–914; quiz 915–6. In German. DOI: 10.1007/s00104-015-0045-5
- Мазуренко А.Н., Матюшова Т.А. Вентральный спондилодез в хирургическом лечении оскольчатых переломов грудного и поясничного отделов позвоночника. *Медицинские новости*. 2022;(6):39–43. [Mazurenko AN, Matushova TA. Ventral stabilization and fusion in the surgical treatment of the thoraco-lumbar spine fractures. *Meditinskie novosti*. 2022;(6):39–43]. EDN: MOFAWK
- Усиков В.Д., Воронцов К.Е., Куфтов В.С., Ершов Н.И. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения позвоночно-спинномозговой травмы грудного и поясничного отделов. *Травматология и ортопедия России*. 2014;(2(72)):37–44. [Usikov VD, Vorontsov KE, Kuftov VS, Ershov NI. Early and long-term results of surgical treatment of the thoracic and lumbar vertebral and spinal trauma. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2014;(2(72)):37–44]. EDN: SIWBOV
- Tarhan T, Froemel D, Rickert M, Rauschmann M, Flege C. [History of vertebral body replacement]. *Unfallchirurg*. 2015;118 Suppl 1:73–79. In German. DOI: 10.1007/s00113-015-0084-x
- Graillon T, Farah K, Rakotozanany P, Blondel B, Adetchessi T, Dufour H, Fuentes S. Anterior approach with expandable cage implantation in management of unstable thoracolumbar fractures: Results of a series of 93 patients. *Neurochirurgie*. 2016;62:78–85. DOI: 10.1016/j.neuchi.2016.01.001
- Lau D, Song Y, Guan Z, La Marca F, Park P. Radiological outcomes of static vs expandable titanium cages after corpectomy: a retrospective cohort analysis of subsidence. *Neurosurgery*. 2013;72:529–539; discussion 528–529. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318282a558
- Вишневский А.А., Казбанов В.В., Баталов М.С. Титановые имплантаты в вертебрологии: перспективные направления. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(4):49–55. [Vishnevsky AA, Kazbanov VV, Batalov MS. Titanium implants in spine surgery: promising directions. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2015;12(4):49–55]. DOI: 10.14531/ss2015.4.49–55 EDN: VGMHVR

9. Klezl Z, Bagley CA, Bookland MJ, Wolinsky JP, Rezek Z, Gokaslan ZL. Harms titanium mesh cage fracture. *Eur Spine J.* 2007;16 Suppl 3:306–310. DOI: 10.1007/s00586-007-0377-z
10. Pekmezci M, Tang JA, Cheng L, Modak A, McClellan RT, Buckley JM, Ames CP. Comparison of expandable and fixed interbody cages in a human cadaver corpectomy model: fatigue characteristics. *Clin Spine Surg.* 2016;29:387–393. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31826eb0f7
11. Lee JH, Oh HS, Choi JG. Comparison of the posterior vertebral column resection with the expandable cage versus the nonexpandable cage in thoracolumbar angular kyphosis. *Clin Spine Surg.* 2017;30:E398–E406. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000236
12. Cumpston M, Li T, Page MJ, Chandler J, Welch VA, Higgins JP, Thomas J. Updated guidance for trusted systematic reviews: a new edition of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;10:ED000142. DOI: 0.1002/14651858.ED000142
13. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6:e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097
14. Kreinest M, Schmahl D, Grützner PA, Matschke S. Radiological results and clinical patient outcome after implantation of a hydraulic expandable vertebral body replacement following traumatic vertebral fractures in the thoracic and lumbar spine: a 3-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42:E482–E489. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001862
15. Pham MH, Tuchman A, Chen TC, Acosta FL, Hsieh PC, Liu JC. Transpedicular corpectomy and cage placement in the treatment of traumatic lumbar burst fractures. *Clin Spine Surg.* 2017;30:360–366. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000312
16. De la Cruz-Alvarez S, Canales-Nájera JA, Hurtado-Padilla A, Guevara-Villazón F, Ledezma-Ledezma J. Posterior corpectomy, transpedicular fixation and expandable cage placement in thoracolumbar fractures. *Acta Ortop Mex.* 2017;31:82–85. In Spanish
17. Lang S, Neumann C, Schwaiger C, Voss A, Alt V, Loibl M, Kerschbaum M. Radiological and mid- to long-term patient-reported outcome after stabilization of traumatic thoraco-lumbar spinal fractures using an expandable vertebral body replacement implant. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22:744. DOI: 10.1186/s12891-021-04585-y
18. Lindtner RA, Mueller M, Schmid R, Spicher A, Zegg M, Kammerlander C, Krappinger D. Monosegmental anterior column reconstruction using an expandable vertebral body replacement device in combined posterior-anterior stabilization of thoracolumbar burst fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018;138:939–951. DOI: 10.1007/s00402-018-2926-9
19. Segi N, Nakashima H, Kanemura T, Satake K, Ito K, Tsushima M, Tanaka S, Ando K, Machino M, Ito S, Yamaguchi H, Koshimizu H, Tomita H, Ouchida J, Morita Y, Imagama S. Comparison of outcomes between minimally invasive lateral approach vertebral reconstruction using a rectangular footplate cage and conventional procedure using a cylindrical footplate cage for osteoporotic vertebral fracture. *J Clin Med.* 2021;10:5664. DOI: 10.3390/jcm10235664
20. Pesenti S, Graillon T, Mansouri N, Rakotozanana P, Blondel B, Fuentes S. Minimal invasive circumferential management of thoracolumbar spine fractures. *Biomed Res Int.* 2015;2015:639542. DOI: 10.1155/2015/639542
21. Smits AJ, Noor A, Bakker FC, Deunk J, Bloemers FW. Thoracoscopic anterior stabilization for thoracolumbar fractures in patients without spinal cord injury: quality of life and long-term results. *Eur Spine J.* 2018;27:1593–1603. DOI: 10.1007/s00586-018-5571-7
22. Smits AJ, Deunk J, Bakker FC, Bloemers FW. Thoracoscopic correction of post-traumatic kyphosis with an expandable cage: radiologic and patient-reported outcomes. *Asian Spine J.* 2020;14:157–168. DOI: 10.31616/asj.2019.0062
23. Urbanski W, Zaluski R. Minimally invasive transpedicular posterolateral approach (MITPA) corpectomy in the treatment of traumatic or metastatic vertebral collapse with kyphosis. *Global Spine J.* 2025;15:3612–3618. DOI: 10.1177/21925682251325167
24. Felton J, John AA, Daneshfar SC, Cox CT, Grochmal J. Novel nerve-sparing in situ assembly of an expandable titanium cage to maximize endplate coverage after posterior corpectomy for comminuted lumbar burst fractures. *Oper Neurosurg.* 2023;25:386–393. DOI: 10.1227/ons.0000000000000827
25. Kreinest M, Schmahl D, Grützner PA, Matschke S. Trisegmental fusion by vertebral body replacement: Outcome following traumatic multisegmental fractures of the thoracic and lumbar spine. *Unfallchirurg.* 2018;121:300–305. In German. DOI: 10.1007/s00113-017-0335-0
26. Cappelletto B, Giorgiutti F, Balsano M. Evaluation of the effectiveness of expandable cages for reconstruction of the anterior column of the spine. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2020;28:2309499019900472. DOI: 10.1177/2309499019900472
27. Richardson B, Paulzak A, Rusyniak WG, Martino A. Anterior lumbar corpectomy with expandable titanium cage reconstruction: a case series of 42 patients. *World Neurosurg.* 2017;108:317–324. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.08.179
28. Grobost P, Boudissa M, Kerschbaumer G, Ruatti S, Tonetti J. Early versus delayed corpectomy in thoracic and lumbar spine trauma. A long-term clinical and radiological retrospective study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020;106:261–267. DOI: 10.1016/j.jotsr.2018.11.019
29. Deml MC, Mazurek Sepulveda CA, Albers CE, Hoppe S, Bigdon SF, Häckel S, Milavec H, Benneker LM. Anterior column reconstruction of the thoracolumbar spine with a new modular PEEK vertebral body replacement device: retrospective clinical and radiologic cohort analysis of 48 cases with 1.7-years follow-up. *Eur Spine J.* 2020;29:3194–3202. DOI: 10.1007/s00586-020-06464-x
30. Ortiz Torres MJ, Ravipati K, Smith CJ, Norby K, Pleitez J, Galichich W, Bergman T, Roark C, Siddiq F. Outcomes for standalone anterolateral corpectomy for thoracolumbar burst fractures. *Neurosurg Rev.* 2024;47:816. DOI: 10.1007/s10143-024-03049-w

Адрес для переписки:

Шувалов Станислав Дмитриевич
 410002, Россия, Саратов, ул. Чернышевского, 148,
 Саратовский государственный медицинский университет
 им. В.И. Разумовского,
 i@shuvalovstan.ru

Address correspondence to:

Shuvalov Stanislav Dmitrievich
 V.I. Razumovsky Saratov State Medical University,
 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia,
 i@shuvalovstan.ru

Статья поступила в редакцию 01.07.2025

Рецензирование пройдено 22.09.2025

Подписано в печать 05.11.2025

Received 01.07.2025

Review completed 22.09.2025

Passed for printing 05.11.2025

Станислав Дмитриевич Шувалов, врач-нейрохирург, младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Россия, 410002, Саратов, ул. Чернышевского, 148, eLibrary SPIN: 7454-5759, ORCID: 0000-0002-8095-9398, i@shuvalovstan.ru; Алексей Евгеньевич Шульга, канд. мед. наук, врач-нейрохирург, старший научный сотрудник отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Россия, 410002, Саратов, ул. Чернышевского, 148, eLibrary SPIN: 4018-3890, ORCID: 0000-0001-8476-0231, doc.shulg@yandex.ru;

Сергей Петрович Бажанов, д-р мед. наук, врач-нейрохирург, начальник отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Россия, 410002, Саратов, ул. Чернышевского, 148, eLibrary SPIN: 2621-4519, ORCID: 0000-0001-9474-9095, baj.s@mail.ru;

Владимир Владимирович Островский, д-р мед. наук, врач-нейрохирург, директор научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Россия, 410002, Саратов, ул. Чернышевского, 148, eLibrary SPIN: 7078-8019, ORCID: 0000-0002-8602-2715, sarniito@yandex.ru;

Владимир Сергеевич Толкачев, врач-нейрохирург, младший научный сотрудник отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Россия, 410002, Саратов, ул. Чернышевского, 148, eLibrary SPIN: 9093-0492, ORCID: 0000-0001-6580-4403, vladimir.tolkache@yandex.ru.

Stanislav Dmitrievich Shuvalov, MD, neurosurgeon, junior researcher, Department of Innovative Projects for Neurosurgery and Vertebral Surgery, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia, eLibrary SPIN: 7454-5759, ORCID: 0000-0002-8095-9398, shuvalov.stan@yandex.ru;

Aleksey Evgenyevich Shulg, MD, PhD, neurosurgeon, senior researcher, Department of Innovative Projects for Neurosurgery and Vertebral Surgery, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia, eLibrary SPIN: 4018-3890, ORCID: 0000-0001-8476-0231, doc.shulg@yandex.ru;

Sergey Petrovich Bazhanov, DMSc, neurosurgeon, Head of the Department of Innovative Projects for Neurosurgery and Vertebral Surgery, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia, eLibrary SPIN: 2621-4519, ORCID: 0000-0001-9474-9095, baj.s@mail.ru;

Vladimir Vladimirovich Ostrovskij, DMSc, neurosurgeon, director of the Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia, eLibrary SPIN: 7078-8019, ORCID: 0000-0002-8602-2715, sarniito@yandex.ru;

Vladimir Sergeyevich Tolkachev, MD, neurosurgeon, junior researcher, Department of Innovative Projects for Neurosurgery and Vertebral Surgery, Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, 148 Chernyshevskogo str., Saratov, 410002, Russia, eLibrary SPIN: 9093-0492, ORCID: 0000-0001-6580-4403, vladimir.tolkache@yandex.ru.



ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ У ПОДРОСТКОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

А.А. Иванова, М.Н. Лебедева

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

Цель исследования. По данным анализа вариабельности сердечного ритма на предоперационном этапе установить типы вегетативной регуляции у пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом.

Материал и методы. У 69 подростков с идиопатическим сколиозом с целью оценки резервов вегетативной регуляции провели регистрацию кардиоинтервалограмм с последующим спектральным анализом в состоянии покоя и при проведении активной ортостатической пробы. Анализировали очень низкочастотные колебания спектrogramмы, индекс напряжения регуляторных систем – стресс-индекс и общую мощность спектра. Определены 4 типа вегетативной регуляции: I – с умеренным преобладанием симпатической и центральной регуляции, II – с выраженным преобладанием симпатической и центральной регуляции, III – с умеренным преобладанием парасимпатической регуляции, IV – с выраженным преобладанием парасимпатической регуляции.

Результаты. У 15 (22 %) пациентов в покое установлено умеренное преобладание симпатической активности и центральной регуляции с умеренным напряжением регуляторных систем, соответствующее I типу регуляции, у 2 (3 %) – резкое увеличение активности центральной регуляции с развитием состояния вегетативной дисфункции (II тип), у 39 (56 %) – умеренное преобладание парасимпатической активности (III тип), у 13 (19 %) – выраженное преобладание парасимпатической регуляции с перенапряжением регуляторных систем (IV тип). После ортостатической пробы большинство обследованных имели I тип регуляции – 44 (64 %), тип II зарегистрирован у 7 (10 %) пациентов, тип III – у 14 (20 %), тип IV – у 4 (6 %).

Заключение. Фоновое состояние вегетативной регуляции сердечного ритма у большинства подростков с идиопатическим сколиозом отражает устойчивость адаптационных механизмов. Проведение ортостатической пробы позволяет выявить случаи неустойчивости системы регуляции с риском гемодинамической нестабильности из-за регистрации у большинства пациентов умеренного преобладания симпатической вегетативной регуляции.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз; вариабельность сердечного ритма; ортостатическая проба; адаптационный резерв.

Для цитирования: Иванова А.А., Лебедева М.Н. Предоперационное экспресс-определение типов вегетативной регуляции у подростков с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 42–48. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.42-48>

PREOPERATIVE RAPID DETERMINATION OF TYPES OF AUTONOMIC REGULATION IN ADOLESCENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

A.A. Ivanova, M.N. Lebedeva

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

Objective. To establish the types of autonomic regulation in patients with adolescent idiopathic scoliosis based on the analysis of heart rate variability at the preoperative stage.

Material and Methods. The study included 69 adolescents with idiopathic scoliosis, who underwent cardiotintervalogram recording with subsequent spectral analysis at rest and during an active orthostatic test in order to assess the reserves of autonomic regulation. Very low frequency oscillations of the spectrogram, stress index of regulatory systems, and the total power of the spectrum were analyzed. Four types of autonomic regulation were determined: type I with moderate predominance of sympathetic and central regulation, type II with pronounced predominance of sympathetic and central regulation, type III with moderate predominance of parasympathetic regulation, and type IV with pronounced predominance of parasympathetic regulation.

Results. At rest, a moderate predominance of sympathetic activity and central regulation with moderate stress of regulatory systems, or type I regulation was observed in 15 (22%) patients; a sharp increase in the activity of central regulation with the development of a state of vegetative dysfunction, or type II regulation – in two (3%) patients; a moderate predominance of parasympathetic activity, or type III regulation – in 39 (56%) examined patients; and a pronounced predominance of parasympathetic regulation with overstrain of the regulatory systems, or type IV regulation – in 13 (19%) patients. After the orthostatic test, most of the examined patients, 44 (64%), had type I regulation, while type II was registered in seven (10%) patients, type III – in 14 (20%), and type IV – in four (6%) patients.

Conclusion. The background state of autonomic regulation of the heart rate in most adolescents with idiopathic scoliosis reflects the stability of adaptation mechanisms. Orthostatic testing allows identifying cases of instability of regulatory system associated with the risk of hemodynamic instability due to the moderate predominance of sympathetic autonomic regulation observed in most patients.

Key Words: idiopathic scoliosis; heart rate variability; orthostatic test; adaptation reserve.

Please cite this paper as: *Ivanova AA, Lebedeva MN. Preoperative rapid determination of types of autonomic regulation in adolescents with idiopathic scoliosis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):42–48. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.42-48>*

Распространенность идиопатического сколиоза (ИС) среди подростков составляет 2–4 %. [1]. Хирургическая коррекция деформации позвоночника связана с длительным нефизиологичным положением пациента во время операции, агрессивными манипуляциями, значительной кровопотерей и высоким риском развития интраоперационной гемодинамической нестабильности [2, 3]. На интраоперационный гемодинамический статус также оказывают влияние исходное состояние сердечно-сосудистой системы и вегетативной нервной системы (ВНС) пациента, а также препараты, используемые для анестезии [4–6]. В этой связи обеспечение интраоперационной гемодинамической стабильности является приоритетной задачей анестезиологического обеспечения [7]. Риск развития жизнеугрожающих послеоперационных осложнений может быть минимизирован путем поддержания адекватного перфузионного давления как на этапах анестезии, так и в ходе хирургического вмешательства [8], что необходимо и для ускоренного восстановления пациентов после коррекции деформации позвоночника [9–11].

Для повышения безопасности корригирующих операций у подростков с ИС значимой является оценка состояния регуляторных систем организма посредством определения вариабельности сердечного ритма (ВСР) [12–14]. Нарушения ВСР указывают на высокий риск развития жизнеугрожающих осложнений, в том числе гемодинамических [15, 16]. Известно, что у подростков функциональное состояние регуляторных систем и их реактивность определяются в первую очередь типом вегетативной регуляции, что координирует работу сердечно-сосудистой системы [17, 18].

Преобладание центрального или автономного контура в управлении ритмом сердца определяет различные адаптационные резервы организма. Известно, что преобладание центрального контура регуляции сердечного ритма и высокая активность симпатического отдела ВНС свидетельствуют о низких адаптационных возможностях сердечно-сосудистой системы [17].

В настоящее время в научных источниках имеются немногочисленные сведения о состоянии вегетативной регуляции ритма сердца у подростков с ИС: одни авторы отмечают преобладание симпатического [19], другие – парасимпатического компонента ВНС [20, 21], в том числе с проявлениями энергодефицитного состояния после активной ортостатической пробы [21].

Представленные в научных источниках сведения неоднозначны и требуют уточнения, особенно с позиций оценки адаптационных резервов у пациентов с ИС перед плановым хирургическим вмешательством.

Цель исследования – по данным анализа ВСР на предоперационном этапе установить типы вегетативной регуляции у пациентов с подростковым ИС.

Материал и методы

В проспективное одноцентровое исследование вошли 69 пациентов подросткового возраста: 58 (84 %) женского пола, 11 (16 %) – мужского, поступившие для планового хирургического лечения ИС в отделение детской ортопедии Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивяяна. Период проведения исследования: январь 2021 г. – октябрь 2024 г.

Критерии включения: подростковый возраст (11–17 лет); основной

диагноз – ИС; планируемая первичная хирургическая коррекция деформации позвоночника; наличие письменного информированного согласия пациента и/или законного представителя (при возрасте пациента менее 15 лет) на участие в исследовании.

Критерии невключения: состояние после хирургической коррекции пороков сердца в анамнезе; наличие аритмий, требующих антиаритмической терапии; отсутствие письменного информированного согласия пациента и/или законного представителя.

Критерии исключения: ухудшение общего состояния (головокружение, потеря сознания) при проведении активной ортостатической пробы; отказ от продолжения исследования при началом исследования.

Запись кардиоинтервалограмм проводили на аппарате «ВНС-микро», программное обеспечение «Поли-Спектр. NET», (Нейрософт, Россия). В палате соблюдалась максимально возможная тишина. Пациенты находились в положении лежа на спине, сохраняли спокойное дыхание, молчали. Электроды располагали на предплечьях, запись кардиоинтервалограмм осуществляли в течение 5 мин, что является стандартной продолжительностью для данной методики.

С целью оценки состояния реактивности регуляторных систем проводили активную ортостатическую пробу: пациенты по команде, без задержек, с наложенными на руки электродами принимали вертикальное положение рядом с кроватью; запись продолжалась еще в течение 5 мин. Протокол записи ВСР с последующим спектральным анализом формировался автоматически.

Для определения принадлежности обследуемого к типу вегетативной

Таблица 1

Типы регуляции сердечного ритма

Тип	Критерии	
	SI, усл. ед.	VLF, мс ²
Умеренное преобладание симпатической и центральной регуляции — I тип	>100	>240
Выраженное преобладание симпатической и центральной регуляции — II тип	>100	<240
Умеренное преобладание парасимпатической регуляции — III тип	>30 и <100	>240
Выраженное преобладание парасимпатической регуляции — IV тип	<30	>240 TP >8000

SI — стресс-индекс; VLF — очень низкочастотные колебания; TP — общая мощность спектра.

регуляции сердечного ритма использовали метод экспресс-диагностики, предполагающий анализ следующих показателей: очень низкочастотных колебаний спектрограммы VLF (мс²) как маркера степени влияния центрального контура регуляции; индекса напряжения регуляторных систем — стресс-индекса SI (усл. ед.) и общей мощности спектра TP (мс²) (табл. 1) [17].

Дополнительно анализировали возраст, рост, массу тела пациентов и величину основной дуги деформации позвоночника (в градусах Cobb).

Статистический анализ проводили в базовых пакетах языка R (версии 4.2.0). Средние значения непрерывных переменных описывали медианой (Me), разброс — интерквартильным интервалом [Q1; Q3] по причине малых размеров выборок и ненормальности распределений согласно критерию Шапиро — Уилка. Перемен-

ные в группах типов вегетативной регуляции сравнивали U-критерием Манна — Уитни, при этом ошибки множественного сравнения в достигнутых уровнях значимости p корректировали методом Хохберга. Для $p < 0,05$ разницу считали статистически значимой. Расчета размера выборки не проводили.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивяяна» Минздрава России (выписка из протокола 011/20 № 047/20 от 16.12.2020). Все участники исследования или их законные представители дали письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании и публикацию результатов исследования в открытом доступе.

Результаты

Результаты распределения пациентов по типам вегетативной регуляции

после анализа данных ВСР, полученных в покое, представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что фоновое предоперационное состояние регуляции ритма сердца у большинства пациентов характеризовалось умеренным преобладанием парасимпатической активности, что является оптимальным типом регуляции и свидетельствует о достаточных компенсаторных возможностях организма.

Основные характеристики пациентов, соответствующие установленным типам вегетативной регуляции в состоянии покоя, представлены в табл. 3.

Как видно из данных, представленных в табл. 3, при сравнительном анализе основных характеристик пациентов с установленными типами вегетативной регуляции статистически значимых различий в показателях не выявлено, что свидетельствует

Таблица 2

Распределение пациентов по типам вегетативной регуляции в состоянии покоя, Me [Q1; Q3]

Тип вегетативной регуляции	Пациенты, n (%)	VLF, мс ²	SI, усл. ед.	TP, мс ²
I	15 (22)	624,0 [508,0; 911,5]	179,9 [167,4; 242,6]	1580,0 [1154,0; 3824,0]
II	2 (3)	134,5 [126,2; 142,8]	501,5 [483,9; 519,1]	397,0 [300,5; 493,5]
III	39 (56)	1106,0 [777,0; 1444,0]	59,0 [48,0; 78,1]	3689,0 [2878,5; 4538,0]
IV	13 (19)	2900,0 [2578,0; 18402,0]	13,4 [7,6; 14,6]	15922,0 [9085,0; 110850,0]
U-критерий Манна — Уитни, p -уровень различий между типами вегетативной регуляции	—	I/III: 0,006 I/IV: <0,001 III/IV: <0,001	I/III: <0,001 I/IV: <0,001 III/IV: <0,001	I/III: 0,005 I/IV: <0,001 III/IV: <0,001

Me — медиана; [Q1; Q3] — интерквартильный интервал; VLF — очень низкочастотные колебания; SI — стресс-индекс;

TP — общая мощность спектра.

Таблица 3

Основные характеристики пациентов, соответствующие установленным типам вегетативной регуляции в состоянии покоя, Me [Q1; Q3]

Тип вегетативной регуляции	Пациенты, n (%)	Возраст, лет	Рост, см	Масса тела, кг	Основная дуга деформации позвоночника по Cobb, град.
I	15 (22)	15,0 [13,5; 16,0]	163,0 [160,0; 166,0]	53,0 [45,5; 59,0]	56,0 [52,0; 65,5]
II	2 (3)	13,5 [13,2; 13,8]	163,5 [162,8; 164,2]	48,5 [47,2; 49,8]	89,5 [68,2; 110,8]
III	39 (56)	15,0 [14,0; 16,0]	160,0 [155,5; 167,0]	48,0 [45,0; 57,5]	67,0 [51,0; 78,5]
IV	13 (19)	15,0 [13,0; 16,0]	165,0 [151,0; 168,0]	53,0 [43,0; 61,0]	62,0 [53,0; 75,0]
U-критерий Манна — Уитни, p -уровень различий между типами вегетативной регуляции	—	I/III: 0,836 I/IV: 0,925 III/IV: 0,923	I/III: 0,492 I/IV: 0,908 III/IV: 0,719	I/III: 0,511 I/IV: 0,747 III/IV: 0,983	I/III: 0,284 I/IV: 0,580 III/IV: 0,540

Me — медиана; [Q1; Q3] — интерквартильный интервал.

ет об однородности исследуемого материала.

Данные ВСР при проведении ортостатической пробы отражены в табл. 4.

Как видно из данных, в ответ на нагрузку изменилось процентное соотношение установленных типов вегетативной регуляции сердечного ритма. Регуляция сердечного ритма после нагрузочной пробы у большинства пациентов обеспечивалась активностью симпатического отдела ВНС с подключением центрального контура регуляции.

Обсуждение

Эффективность использования метода анализа ВСР для оценки механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма с целью выявления снижения адаптационных возможностей организма в норме и при патологических состояниях определялась в различных исследованиях [16, 22, 23]. Известно, что на фоновые показатели вегетативной регуляции оказывают влияние стрессовые факторы, приводящие к активации симпатического отдела ВНС. Ранее выполненные исследования показали, что повышенный симпатический тонус вегетативной регу-

ляции сердечного ритма значительно снижает индивидуальную устойчивость к стрессовым ситуациям, тогда как умеренное преобладание парасимпатических влияний рассматривается в качестве фактора повышения индивидуальной устойчивости [17, 24, 25].

Оценка баланса между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС перед предстоящей операцией — важная задача для анестезиолога [2, 3, 21]. Эта информация является необходимой для выбора оптимального метода анестезиологического обеспечения, поскольку интраоперационные показатели системной гемодинамики зависят не только от типа

Таблица 4

Распределение пациентов по типам вегетативной регуляции при проведении ортостатической пробы, Me [Q1; Q2]

Тип вегетативной регуляции	Пациенты, n (%)	VLF, мс ²	SI, усл. ед.	TP, мс ²
I	44 (64)	718,5 [504,0; 983,0]	174,9 [137,6; 323,9]	1709,5 [1179,2; 2271,0]
II	7 (10)	182,0 [122,5; 192,5]	708,6 [380,0; 1051,2]	436,0 [298,0; 722,0]
III	14 (20)	3423,0 [1516,8; 13009,2]	46,3 [36,2; 62,2]	14028,5 [5059,0; 52475,5]
IV	4 (6)	9203,0 [4478,2; 22260,0]	5,4 [4,8; 7,4]	38221,5 [20843,5; 88202,8]
U-критерий Манна — Уитни, p -уровень различий между типами вегетативной регуляции	—	I/II: <0,001 I/III: <0,001 I/IV: <0,001 II/III: <0,001 II/IV: 0,006 III/IV: 0,645	I/II: <0,001 I/III: <0,001 I/IV: <0,001 II/III: <0,001 II/IV: 0,006 III/IV: <0,001	I/II: <0,001 I/III: <0,001 I/IV: <0,001 II/III: <0,001 II/IV: 0,006 III/IV: 0,442

Me — медиана; [Q1; Q3] — интерквартильный интервал; VLF — очень низкочастотные колебания; SI — стресс-индекс;

TP — общая мощность спектра.

вегетативной регуляции сердечного ритма, но и от препаратов, используемых для анестезии [26–28]. Кроме того, прогнозирование адекватности симпатоадреналового ответа позволяет минимизировать возможные интраоперационные и послеоперационные гемодинамические осложнения, а также создавать условия для ускоренного восстановления [7].

Для оценки фонового предоперационного вегетативного статуса по данным ВСР мы использовали критерии экспресс-диагностики типа вегетативной регуляции, предложенные Н.И. Шлык и Е.А. Гавриловой [17]. В нашем исследовании большинство пациентов в покое имели умеренное преобладание парасимпатического компонента, что является оптимальным состоянием для системы адаптации. На преобладание с возраста 13 лет у пациентов со сколиозом парасимпатического компонента ВНС в регуляции сердечного ритма указывают и другие авторы [20].

Однако для анестезиолога важно иметь представления о механизмах адаптации гемодинамики при воздействии факторов, влияющих на сердечный выброс. В условиях хирургического вмешательства при сколиозе таковыми являются положение пациента на животе, кровопотеря и влияние средств для анестезии. С целью воспроизведения такого состояния может применяться легко выполненная активная ортостатическая проба, которая, воздействуя на венозный возврат крови к сердцу, позволяет изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные сдвиги [16, 17, 27].

По показателям ВСР при ортостатическом воздействии можно судить о степени вклада различных звеньев ВНС в процессы регуляторных механизмов [29, 30]. Так, проведение ортостатической пробы в выполненном нами исследовании продемонстрировало у 74 % пациентов ответную реакцию в виде разной степени усиления активности симпатического отдела ВНС с подключением центрального контура регуляции (I и II типы регуляции), что является физиологически невыгодным, свидетельствует об увеличении напряжения регуляторных систем и рассогласованности автономного и центрального контуров регуляции. Указанное обстоятельство требует устранения или снижения воздействия возможных факторов риска. Применительно к изучаемой категории пациентов это означает своевременное выявление симпатовагусного дисбаланса и осуществление индивидуального подбора методики анестезии с учетом ваголитического либо симпатомиметического механизма действия используемых для анестезиологического обеспечения препаратов. На важность определения типа вегетативной регуляции у конкретного индивида в условиях нагрузочных тестов с целью получения достоверной информации о состоянии процессов регуляции организма указывают и другие авторы [29, 31, 32].

Результаты представленного исследования не противоречат выводам, сделанным нами ранее, о том, что у подростков с ИС регистрируется предоперационное напряжение регуляторных систем, являющееся фактором риска

интраоперационной гемодинамической нестабильности [21]. Однако методология проведенного нами ранее исследования не подразумевала дифференцировку степени преобладания симпатического и парасимпатического компонентов ВНС и определения типов регуляции, а представленные результаты явились результатом анализа единого массива данных.

Основным ограничением выполненного исследования считаем отсутствие анализа всего спектра показателей ВСР. Однако такой подход был выбран осмысленно, тем самым мы избежали обилия цифрового материала, а избранные для анализа показатели ВСР позволили получить информацию, полностью отвечающую цели исследования.

Заключение

Метод экспресс-определения типов вегетативной регуляции сердечного ритма может применяться для предоперационной оценки состояния ВНС. Индивидуально-типологические особенности ВНС у подростков с ИС демонстрируют разные адаптивные реакции вегетативной регуляции в состоянии покоя и при нагрузке. Принадлежность пациента к типу вегетативной регуляции следует определять по результатам активной ортостатической пробы.

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

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

Литература/References

1. Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. *Childs Nerv Syst.* 2020;36:1111–1119. DOI: 10.1007/s00381-020-04608-4
2. Yang YJ, Huang X, Gao XN, Xia B, Gao JB, Wang Ch, Zhu XL, Shi XJ, Tao HR, Luo ZJ, Huang JH. An optimized enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway improved patient care in adolescent idiopathic scoliosis surgery: a retrospective cohort study. *World Neurosurg.* 2021;145:e224–e232. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.10.009
3. Andrzejewska A, Miegon J, Zacha S, Skonieczna-Zydecka K, Jarosz K, Zacha W, Biernawska J. The impact of intraoperative haemodynamic monitoring, prediction of hypotension and goal-directed therapy on the outcomes of patients treated with posterior fusion due to adolescent idiopathic scoliosis. *J Clin Med.* 2023;12:4571. DOI: 10.3390/jcm12144571
4. Котова Т.В., Гришан М.А. Физиологические характеристики организма в условиях сколиоза. *Медико-фармацевтический журнал «Пульс».* 2019;21(11):76–81. [Kotova TV, Grishan MA. Physiological characteristics of the body in conditions of scoliosis. *Medical & Pharmaceutical Journal Pulse.* 2019;21(11):76–81]. DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2019-21-11-76-81 EDN: FCECOE

5. Туманян С.В., Моисеенко Т.И., Орос О.В., Чекмезова С.А., Шепеленко А.В. Влияние мультимодальной анестезии и аналгезии на механизмы адаптации кровообращения онкогинекологических больных в послеоперационном периоде. *Медицинский вестник юга России*. 2018;9(1):80–85. [Tumanyan SV, Moiseenko TI, Oros OV, Chekmezova SA, Shepelenko AV. Influence of multimodal anesthesia and analgesia on mechanisms of blood circulation adaptation of oncogynecologic patients in the postoperative period. *Medical Herald of the South of Russia*. 2018;9(1):80–85]. DOI: 10.21886/2219-8075-2018-9-1-80-85 EDN: YSTFOG
6. Микаелян К.П., Зайцев А.Ю., Светлов В.А., Гурьянов В.А., Дубровин К.В. Автономная нервная система и система кровообращения – гомеостаз и гомеокинез при хирургических вмешательствах на позвоночнике. *Аnestzeziologiya i reanimatologiya*. 2012;(3):41–44. [Mikaelian KP, Zaitsev AYu, Svetlov VA, Gur'yanov VA, Dubrovin KV. The autonomous nervous system and circulatory system – homeostasis and homeokinetics during spine surgery. *Anesteziology i reanimatologiya*. 2012;(3): 41–44]. EDN: PEOMB
7. Хмельницкий И.В., Горбачев В.И., Горбачева С.М. Оценка вариабельности ритма сердца в анестезиологической практике. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2016;13(1):53–58. [Khmel'nitskiy IV, Gorbachev VI, Gorbacheva SM. Evaluation of the heart rhythm variability in anesthesiological practice. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2016;13(1):53–58]. DOI: 10.21292/2078-5658-2016-13-1-53-58 EDN: VRWBHB
8. Welte M, Saugel B, Reuter DA. [Perioperative blood pressure management: What is the optimal pressure?] *Anaesthesia*. 2020;69:611–622. In German. DOI: 10.1007/s00101-020-00767-w
9. Gornitzky AL, Flynn JM, Muhly WT, Sankar WN. A rapid recovery pathway for adolescent idiopathic scoliosis that improves pain control and reduces time to inpatient recovery after posterior spinal fusion. *Spine Deform*. 2016;4:288–295. DOI: 10.1016/j.jspd.2016.01.001
10. Muhly WT, Sankar WN, Ryan K, Norton A, Maxwell LG, DiMaggio T, Farrell S, Hughes R, Gornitzky A, Keren R, McCloskey JJ, Flynn JM. Rapid recovery pathway after spinal fusion for idiopathic scoliosis. *Pediatrics*. 2016;137:e20151568. DOI: 10.1542/peds.2015-1568
11. Vommaro F, Ciani G, Cini C, Maccaferri B, Carretta E, Boriani L, Martikos K, Scarcle A, Parciante A, Leggi L, Griffoni C, Gasbarrini A. Minimally invasive surgery versus standard posterior approach in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a 2-year follow-up retrospective study. *Eur Spine J*. 2024;33:2495–2503. DOI: 10.1007/s00586-024-08225-6
12. Jarczok MN, Kleber ME, Koenig J, Loerbros A, Herr RM, Hoffmann K, Fischer JE, Benyamin Y, Thayer JF. Investigating the associations of self-rated health: heart rate variability is more strongly associated than inflammatory and other frequently used biomarkers in a cross sectional occupational sample. *PLoS One*. 2015;10:e0117196. DOI: 10.1371/journal.pone.0117196
13. Young HA, Benton D. Heart-rate variability: a biomarker to study the influence of nutrition on physiological and psychological health? *Behav Pharmacol*. 2018;29:140–151. DOI: 10.1097/FBP.0000000000000383
14. Tiwari R, Kumar R, Malik S, Raj T, Kumar P. Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Curr Cardiol Rev*. 2021;17:e160721189770. DOI: 10.2174/1573403X16999201231203854
15. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2001;(3):108–127. [Bayevsky RN, Ivanov GG. Cardiac rhythm variability: the theoretical aspects and the opportunities of clinical application (lecture). *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2001;(3):108–127]. EDN: VWTHLT
16. Михайлов В.М. *Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода*. Иваново, 2002. [Mikhailov VM. *Heart Rate Variability. The Experience of Practical Application of the Method*. Ivanovo, 2000]. EDN: UBBQTR
17. Шлык Н.И., Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсмена. *Прикладная спортивная наука*. 2015;(2):115–125. [Shlyk NI, Gavrilova EA. Heart rate variability in express-evaluation of the functional state of athlete. *Applied Sports Science (Prikladnaya sportivnaya nauka)*. 2015;(2):115–125]. EDN: VSELKZ
18. Шлык Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик вариабельности сердечного ритма. *Физиология человека*. 2016;42(6):81–91. [Shlyk NI. Management of athletic training with consideration of individual heart rate variability characteristics. *Human Physiology (Fiziologija Cheloveka)*. 2016;42(6):81–91]. DOI: 10.7868/S0131164616060187 EDN: XGWDHD
19. Салаева О.В., Перепелкин А.И., Жидкikh А.И. Циркадный индекс и вариабельность сердечного ритма как параметры оценки вегетативной нервной системы при идиопатическом сколиозе у девочек. *Символ науки: международный научный журнал*. 2015;(12-2):221–223. [Salaeva OV, Perepelkin AI, Zhidkikh AN. Circadian index and heart rate variability as assessment parameters of the autonomic nervous system in idiopathic scoliosis in girls. *Symbol of Science: International Scientific Journal*. 2015;(12-2):221–223]. EDN: VDWMBP
20. Крылов В.Н., Мамонова С.Б., Сабурцев С.А., Сабурцев А.И. Физиологические изменения при адаптации у школьников со сколиозом. *Новые исследования*. 2017;3(52):41–50. [Krylov VN, Mamonova SB, Saburtsev SA, Saburtsev AI. Physiological changes in schoolchildren with scoliosis. *New Study (Novye Issledovaniya)*. 2017;(3):41–50]. EDN: UPDNMY
21. Иванова А.А., Хорев И.А., Лебедева М.Н. Предоперационное состояние вегетативной регуляции у пациентов с идиопатическим подростковым сколиозом. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(3):14–21. [Ivanova AA, Khorev IA, Lebedeva MN. Preoperative state of autonomic regulation in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(3):14–21]. DOI: 10.14531/ss2022.3.14-21 EDN: OKJWAC
22. Шчуро А.Г., Куликов А.В., Грибченко С.П., Цветков С.В. Применение экспресс-оценки типов вегетативной регуляции сердечного ритма для контроля функционального состояния военнослужащих. *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур*. 2024;(4):232–235. [Shchurov AG, Kulikov AV, Gribchenko SP, Tsvetkov SV. The use of rapid analysis of heart rate variability for monitoring functional status of military personnel. *Actual Problems of Physical and Special Training of Law Enforcement Agencies*. 2024;(4):232–235]. EDN: EDQLVJ
23. Perrone MA, Volterrani M, Manzi V, Barchiesi F, Iellamo F. Heart rate variability modifications in response to different types of exercise training in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;61:1411–1415. DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12480-6
24. Boyle SL, Moodley A, Al Azazi E, Dinsmore M, Massicotte EM, Venkatraghavan L. Preoperative heart rate variability predicts postinduction hypotension in patients with cervical myelopathy: a prospective observational study. *Neurol India*. 2022;70(Suppl):S269–S275. DOI: 10.4103/0028-3886.360911
25. Спitsин А.П., Першина Т.А. Особенности гемодинамики у студентов с разным уровнем эмоционального баланса в зависимости от типа ВНС. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2017;(4):146–152. [Spitsin AP, Pershina TA. Peculiarities of hemodynamics in students with different levels of emotional balance depending on the type of their nervous system. *Ulyanovsk Medico-Biological Journal*. 2017;(4):146–152]. DOI: 10.23648/UMBj.2017.28.8753 EDN: YLCIOU
26. Радышевская Т.Н., Старикова И.В., Питерская Н.В. Анализ показателей вегетативной регуляции и системной гемодинамики у студентов на различных этапах адаптации к учебному процессу. *Вестник Волгоградского*

- государственного медицинского университета. 2020;(1):102–105. [Radyshevskaja TN, Starikova IV, Piterkaja NV. Analysis of indices of autonomic nervous regulation and system hemodynamics in students at various stages of adaptation to the educational process. *Journal of Volgograd State Medical University*. 2020;(1):102–105]. DOI: 10.19163/1994-9480-2020-1(73)-102-105 EDN: JRUMFA
27. **Беляева В.А.** Вариабельность сердечного ритма у молодых лиц при проведении ортостатической пробы. *Вестник новых медицинских технологий*. 2024;18(5):91–97. [Belyaeva VA. Heart rate variability in young adults during orthostatic test. *Journal of New Medical Technologies, Edition*. 2024;18(5):91–97]. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-3-2 EDN: YJVBES
28. **Александрович Ю.С., Рыбьянов В.В., Пшениснов К.В., Александрович И.В.** Вариабельность ритма сердца у детей во время оториноларингологических операций в условиях общей анестезии. *Анестезиология и реаниматология*. 2021;(1):17–24. [Aleksandrovich YuS, Rybyanov VV, Pshenisnov KV, Aleksandrovich IV. Heart rhythm variability in children undergoing otorhinolaryngological surgery under general anesthesia. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2021;(1):17–24]. DOI: 10.17116/anaesthesiology202101117 EDN: MSAQAC
29. **Максимов А.Л., Аверьянова И.В.** Особенности гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей-европеоидов при проведении активной ортостатической пробы. Сообщение 1. Экология человека. 2021;28(1):22–31. [Maksimov AL, Averyanova IV. Hemodynamics and heart rate variability under orthostatic challenge test in young caucasian men: part 1. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(1):22–31]. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-1-22-31 EDN: WPTYOM
30. **Бурт А.А., Сандалов И.Ю.** Вегетативная регуляция у несовершеннолетних осужденных в воспитательных колониях ФСИН России по данным вариабельности ритма сердца. *Профилактическая медицина*. 2021;24(7):37–42. [Burt AA, Sandalov IYu. Vegetative regulation according to heart rate variability data in juvenile convicts in educational colonies of Federal Penitentiary Service of Russia. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2021;24(7):37–42]. DOI: 10.17116/profmed20212407137 EDN: SANKFI
31. **Park Y, Lee JW, Yoon SH, Hwang WM, Yun SR, Son JY, Chung BH, Min J.** Usefulness of the heart rate variability test in predicting intradialytic hypotension in patients undergoing chronic haemodialysis. *Clin Kidney J*. 2024;17:sfae102. DOI: 10.1093/ckj/sfae102
32. **Ботова Л.Н., Кириллова Т.Г.** Индивидуально-типологические особенности вегетативной регуляции сердечного ритма и центральной гемодинамики в тренировочном процессе юных гимнасток. *Теория и практика физической культуры*. 2013;(7):76–79. [Botova LN, Kirillova TG. Individually-typological characteristics of vegetative regulation of heart rate and central hemodynamics in training process of young female gymnasts. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*. 2013;(7):76–79]. EDN: QCBNUH

Адрес для переписки:

Иванова Анастасия Александровна
 630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
 Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
 им. Я.Л. Цивяяна,
 aivanova.nsk@yandex.ru

Address correspondence to:

Ivanova Anastasia Aleksandrovna
 Novosibirsk Research Institute of Traumatology
 and Orthopaedics n.a. Ya.L.Tsivyan
 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
 aivanova.nsk@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.09.2025

Рецензирование прошло 16.10.2025

Подписано в печать 25.11.2025

Received 11.09.2025

Review completed 16.10.2025

Passed for printing 25.11.2025

Анастасия Александровна Иванова, канд. мед. наук, ученый секретарь, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации с палатами интенсивной терапии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 4062-3718, ORCID: 0000-0002-7815-8487, aivanova.nsk@yandex.ru;
 Майя Николаевна Лебедева, д-р мед. наук, доцент, начальник научно-исследовательского отдела анестезиологии и реаниматологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 5169-5532, ORCID: 0000-0002-9911-8919, MLebedeva@niito.ru.

Anastasia Aleksandrovna Ivanova, MD, PhD, academic secretary, anesthesiologist-resuscitator of the Anesthesiology and Resuscitation Department with Intensive Care Wards, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 4062-3718, ORCID: 0000-0002-7815-8487, aivanova.nsk@yandex.ru;

Mayya Nikolaevna Lebedeva, DMSc, Associate Professor, Head of the Research Department of Anesthesiology and Reanimatology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 5169-5532, ORCID: 0000-0002-9911-8919, MLebedeva@niito.ru.



ДИНАМИКА САГИТТАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ ИЗОЛИРОВАННОЙ ДЕКОМПРЕССИИ ИНТРАКАНАЛЬНЫХ СОСУДИСТО-НЕРВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПРИ ДЕГЕНЕРАТИВНОМ ПОЯСНИЧНОМ СТЕНОЗЕ: ПРОТОКОЛ ПРОСПЕКТИВНОГО МУЛЬТИЦЕНТРОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ*

А.В. Крутъко, В.Р. Захарин, Е.С. Байков, А.И. Кокорев, Г.Е. Балычев, О.Н. Леонова

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

Цель исследования. Определить влияние изолированной декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований позвоночника на сагиттальный баланс у пациентов с дегенеративным стенозом на поясничном уровне. Регистрационный номер исследования: NCT07139938, clinicaltrials.gov.

Материал и методы. В исследовательские центры России будут включены взрослые пациенты с неврологическими и/или болевыми синдромами, обусловленными дегенеративным поясничным стенозом, подтвержденным МРТ. Всем пациентам будет проводиться изолированная декомпрессия сосудисто-нервных образований без применения каких-либо имплантатов. Будет оценена динамика параметров сагиттального баланса на сроках 3 и 12 мес. после операции при сравнении с дооперационными данными. Расчет размера выборки проводился в соответствии с гипотезой нон-инфириорити. Планируется включить в исследование 165 пациентов. Набор пациентов будет проводиться 12 мес., общая продолжительность исследования составит около двух лет.

Предполагаемые результаты. Данное исследование предоставит ценную информацию о возможностях спонтанной коррекции сагиттальных параметров позвоночника после изолированной декомпрессии без применения имплантатов.

Ключевые слова: изолированная декомпрессия; дегенеративные заболевания позвоночника; спонтанная коррекция сагиттального баланса.

Для цитирования: Крутъко А.В., Захарин В.Р., Байков Е.С., Кокорев А.И., Балычев Г.Е., Леонова О.Н. Динамика сагиттального профиля позвоночника после изолированной декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований при дегенеративном поясничном стенозе: протокол проспективного мультицентрового исследования // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 49–55.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.49-55>

DYNAMICS OF THE SAGITTAL PROFILE OF THE SPINE AFTER ISOLATED DECOMPRESSION OF INTRACANAL NEUROVASCULAR FORMATIONS IN DEGENERATIVE LUMBAR STENOSIS: PROTOCOL OF A PROSPECTIVE MULTICENTER STUDY**

A.V. Krutko, V.R. Zakharin, E.S. Baykov, A.I. Kokorev, G.E. Balychev, O.N. Leonova

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

Objective. To determine the impact of isolated decompression of intracanal neurovascular structures of the spine on sagittal balance in patients with degenerative lumbar stenosis. Study registration number: NCT07139938, clinicaltrials.gov.

Material and Methods. Adult patients with neurological and/or pain syndromes caused by degenerative lumbar stenosis confirmed by MRI will be enrolled in research centers across Russia. All patients will undergo isolated decompression of neurovascular structures without the use of any implants. The dynamics of sagittal balance parameters will be assessed at 3 and 12 months after surgery by comparing with

* Уважаемые коллеги! Приглашаем к участию в мультицентровом проспективном исследовании спонтанной коррекции сагиттального баланса позвоночника у пациентов с дегенеративной патологией позвоночника после изолированной декомпрессии. Ответственный за включение в мультицентровое исследование – д-р мед. наук Александр Владимирович Крутъко (НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва), e-mail: KrutkoAV@cito-priorov.ru.

** Dear colleagues! We invite you to participate in a multicenter prospective study of spontaneous correction of spinal sagittal balance in patients with degenerative spinal pathology after isolated decompression. The person responsible for inclusion in the multicenter study is Alexander Vladimirovich Krutko, MD, PhD (National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow), e-mail: KrutkoAV@cito-priorov.ru.

preoperative data. The sample size was calculated in accordance with the hypothesis of non-inferiority. The study aims to enroll 165 patients. Patient recruitment will take 12 months, and the total duration of the study will be approximately 2 years.

Anticipated results. This study will provide valuable information on the potential for spontaneous correction of sagittal spinal parameters following isolated decompression without the use of implants.

Key Words: isolated decompression; degenerative spinal diseases; spontaneous correction of sagittal balance.

Please cite this paper as: Krutko AV, Zakharin VR, Baykov ES, Kokorev AI, Balychev GE, Leonova ON. Dynamics of the sagittal profile of the spine after isolated decompression of intracanal neurovascular formations in degenerative lumbar stenosis: protocol of a prospective multicenter study. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):49–55. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.49-55>

Дегенеративные заболевания позвоночника проявляются болевыми и неврологическими синдромами, а также часто характеризуются развитием сагittalного дисбаланса [1], что неизбежно приводит к снижению качества жизни [2]. Декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований является методом выбора при компрессионных корешковых синдромах, при синдроме нейрогенной перемежающейся хромоты [3]. Хирургическое лечение пациентов с сагittalным дисбалансом проводится при помощи корригирующих хирургических вмешательств и металлофиксации [4–6].

Однако в ряде случаев у пациентов с сагittalным дисбалансом, обусловленным дегенеративным поражением позвоночника после изолированного декомпрессивного вмешательства, также наблюдается коррекция баланса без применения каких-либо корригирующих маневров или имплантатов [7]. Причинами такой спонтанной коррекции сагittalного дисбаланса называют функциональный дисбаланс или анталгические постуральные нарушения [8]. Так, например, нейрогенная хромота, вызванная сужением позвоночного канала, является типичной причиной сагittalного дисбаланса – пациент наклоняется вперед для облегчения симптомов [5]. Сагittalный дисбаланс может также быть следствием корешковой компрессии при грыже диска [9].

Однако остается дискутабельным вопрос о влиянии изолированной декомпрессии при дегенеративном поясничном стенозе на глобальный сагittalный баланс. Некоторые исследования отмечают положительное влияние [7, 10, 11], другие считают это невозмож-

ным [2]. Таким образом, остается неизвестным, у всех ли пациентов с сагittalным дисбалансом, обусловленным дегенеративной патологией позвоночника после изолированной декомпрессии, можно рассчитывать на его коррекцию и каков ее возможный объем.

Цель исследования – определить влияние изолированной декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований позвоночника на динамику изменений сагittalного баланса у пациентов с дегенеративным стенозом на поясничном уровне.

Материал и методы

Дизайн исследования: открытое проспективное наблюдательное мультицентровое.

Отбор пациентов

В исследовательских центрах России будут отобраны взрослые пациенты с болевыми и/или неврологическими синдромами, обусловленными дегенеративным поясничным стенозом, подтвержденным данными МРТ (степень C или D по Schizas et al. [12]), получавшие консервативную терапию не менее трех месяцев до операции.

В исследовательских центрах, на базе которых планируется проведение данного исследования, в год должно выполняться не менее 1000 хирургических вмешательств на позвоночнике, из них 200 декомпрессивных микрохирургических и/или эндоскопических вмешательств по поводу дегенеративной патологии поясничного отдела позвоночника. В исследовании хирургическое лечение должны выполнять врачи-нейрохирурги и/или травматологи-ортопеды со стажем хирургической деятельности более семи лет, которые в год проводят не менее 100 самостоя-

тельных хирургических вмешательств по поводу дегенеративной патологии позвоночника.

Планируется, что в исследовании примут участие 165 пациентов. Набор пациентов будет осуществляться в течение 12 мес. Поскольку пациенты будут наблюдатьсь в течение 12 мес. после хирургического вмешательства, общая продолжительность исследования составит приблизительно 2 года. Набор пациентов начат в октябре 2025 г., а финальный визит последнего пациента ожидается в октябре 2027 г.

Исходные данные будут включать демографические сведения, наличие сопутствующих заболеваний, результаты применения клинических опросников, параметры сагittalного баланса, определяемые по постуральной рентгенографии позвоночника, а также параметры рекалибрации позвоночного канала по данным МРТ поясничного отдела позвоночника в послеоперационном периоде.

При проведении постуральной рентгенографии позвоночника обязательной является корректная установка больного: пациент находится в положении стоя, коленные и тазобедренные суставы в нейтральном, удобном положении. Руки согнуты в плечевых и локтевых суставах с расположением кистей рук на противоположных ключницах; стояние с опорой недопустимо.

Критерии включения

1. Пациенты 45 лет и старше.

2. Компрессионные и/или компрессионно-ишемические (в том числе сопровождающиеся неврологическим дефицитом) корешковые синдромы с болями в спине или без них, вызванные одно- или многоуровневым дегенеративным поясничным стенозом

со сподилолистезом или без него, синдром перемежающейся нейрогенной хромоты, подтвержденные МРТ поясничного отдела позвоночника.

3. Запланированная изолированная декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований позвоночника без использования любых стабилизирующих, корригирующих, динамических и других имплантатов.

4. Симптомы сохраняются в течение как минимум 3 мес. до операции.

5. Получено письменное информированное согласие.

6. Возможность пациента полностью соблюдать клинический протокол и график наблюдения.

Критерии невключения

1. Любое оперативное вмешательство на поясничном отделе позвоночника в анамнезе.

2. Сколиоз любой недегенеративной этиологии (переломы позвонков, идиопатический и т.д.).

3. Дегенеративный поясничный сколиоз более 20° во фронтальной плоскости.

4. Дегенеративные заболевания нервной системы (болезнь Паркинсона, боковой амиотрофический склероз и др.).

5. Любое другое состояние или ситуация, которые, по мнению исследователя, могут повлиять на безопасность субъекта или на цель исследования.

Критерии исключения

1. Дискотомия.

2. Резекция заднего опорного комплекса как минимум с одной стороны и как минимум на одном поясничном сегменте (фораминотомия, ламинэктомия, резекция, рассечение межостистой, надостистой связок и т.д.).

Клинический протокол

Все пациенты, соответствующие критериям отбора, будут рассмотрены на предмет включения. После получения информированного согласия пациенту будет присвоен идентификационный номер. Каждому пациенту будет проведена микрохирургическая (эндоскопическая) декомпрессия на одном или нескольких поясничных уровнях.

В рамках исследования планируется 5 визитов (табл. 1):

- визит 1: скрининг + включение (до операции – с 7-го по 1-й день)¹;
- визит 2: операция (0-й день);
- визит 3: выписка из больницы или 14-й день пребывания в больнице (с 1-го по 14-й день или 14-й день ± 1 день);

• визит 4: послеоперационная оценка через 3 мес. (90-й день ± 14 дней). Может быть заменен перепиской по электронной почте в случае удаленного проживания пациента²;

• визит 5: послеоперационная оценка через 12 мес. (365-й день ± 56 дней). Может быть заменен перепиской по электронной почте в случае удаленного проживания пациента².

Хирургическое лечение

Всем пациентам будет выполняться декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований на клинически значимых поясничных уровнях с сохранением задней опорной колонны позвоночника (односторонняя, двусторонняя либо двусторонняя из одностороннего доступа – овертоп), в том числе возможна как микрохирургическая, так и эндоскопическая декомпрессия.

Интраоперационным признаком адекватной декомпрессии считается одновременное достижение следующих критериев:

1) отсутствие компрессии со стороны костных и других плотных образований;

2) возможность свободного смещения невральных структур;

Таблица 1

График визитов и оценки инструментальных и клинических данных

Параметры	Визит 1: скрининг + включение	Визит 2: день операции	Визит 3: день выписки	Визит 4: через 3 мес. после операции	Визит 5: через 12 мес. после операции
Информированное согласие	X				
Клиническая оценка	X				
ODI	X			X	X
NPRS спина, NPRS нога	X		X	X	X
DN4	X		X	X	X
Удовлетворенность (SF-36, Likert Scale)			X	X	X
Самооценка осанки			X	X	X
Операция		X			
Постуральная рентгенография позвоночника	X			X	X
МРТ поясничного отдела позвоночника	X			X	X
Нежелательные явления	X	X	X	X	X

¹Рекомендовано выполнение рентгенографии всего позвоночника и МРТ поясничного отдела позвоночника не позднее 3 мес. до операции.

²В случае отдаленного проживания пациента ему/ей будет предложено заполнить клинические шкалы в электронном виде и отправить файлы МРТ и рентгенограмм по электронной почте.

3) отчетливая пульсация дурального мешка;

4) отсутствие перетяжек дурального мешка.

Дегенеративный поясничный стеноz может быть обусловлен утолщением желтой связки, задней продольной связки, гипертрофией дугоотростчатых суставов, задними остеофитами тел позвонков, синовиальными кистами (кисты дугоотростчатых суставов) или их сочетанием.

Медиальная фасетэктомия допускается в пределах 30 %. Резецируются все компримирующие сосудисто-нервные образования субстраты до достижения критериев достаточной декомпрессии, описанных выше. Однако в ходе операции хирург по возможности максимально сохраняет опорные структуры позвоночника, руководствуясь принципом минимальной достаточности.

Остаются интактными структуры позвоночника, не компримирующие интраканальные сосудисто-нервные образования (верхушка остистых отростков, надостистые, межостистые связки и др.).

Результаты

Первичная конечная точка – основной показатель, который используется для оценки достижения цели исследования. В данном исследовании первичной конечной точкой является изменение значения SVA на сроке 3 мес. после операции при сравнении с ее дооперационным значением.

Определена взаимосвязь между результатами проведенного хирургического вмешательства на позвоночнике и восстановлением сагittalного профиля пациента [13]. Так, показано, что среди параметров сагittalного баланса PT и PI-LL являются ключевыми факторами, влияющими на степень инвалидизации [14]. Но особенно показательным является SVA [15], так как показывает наибольшую корреляцию с качеством жизни пациентов, является инструментом для оценки успешности операции, может быть использован в качестве определяющего фактора при планировании операции:

SVA >80 мм – показание к инструментальной коррекции [10].

Отмечено, что после декомпрессивной операции на поясничном уровне у пациентов с исходным сагиттальным дисбалансом происходит нормализация SVA: 45 % [10] и 52 % [16] – при использовании порогового значения в 50 мм; 25 % [17], 43 % [18] и 73 % [1] – при использовании порогового значения в 40 мм.

Таким образом, мы ожидаем, что в результате декомпрессивного вмешательства, выполненного по поводу дегенеративного поясничного стеноза, сагиттальный профиль пациентов как минимум не ухудшится (а в ряде случаев улучшится). Этим объясняется выбор дизайна исследования нон-инфериорити.

Срок первичного анализа результатов (изменение сагиттального профиля) 3 мес. выбран в связи с тем, что является наиболее чувствительным при оценке результатов хирургического лечения дегенеративной патологии позвоночника. Более ранний срок (от 2 недель до 3 мес.) может быть недостаточным для купирования послеоперационного болевого синдрома, в свою очередь, болевой синдром, сохраняющийся более 3 мес. после операции, принято считать хроническим [19]. На более длительных сроках первичного анализа (более 6 мес. после операции) на сагиттальный профиль пациента может оказывать влияние не столько проведенное хирургическое вмешательство, сколько прогрессирование самого дегенеративного заболевания позвоночника [20]. При анализе на более поздних сроках наблюдения регрессия уже не столь выражена и менее статистически значима [21].

Доля выживших пациентов (dropout) в 20 % обусловлена рекомендациями по расчету мощности выборки для проспективных исследо-

ваний [22], также мы заложили запас на непредвиденные обстоятельства.

Вторичные результаты

Вторичная конечная точка – дополнительный показатель или показатели, которые предоставляют информацию о состоянии пациента либо описывают динамику изменения состояния, например, после оперативного вмешательства. Вторичные результаты не влияют на размер выборки и нулевую гипотезу.

Вторичными конечными точками в данном исследовании являются динамика изменений (или значения) результатов клинических опросников и параметров сагиттального баланса. Клинические опросники включают индекс функциональной дееспособности Освестри [23], числовую рейтинговую шкалу для боли в спине и для боли в ноге NRS [24], наличие и интенсивность нейропатического болевого синдрома DN4 [25].

Для оценки удовлетворенности пациента проведенным лечением был выбран один из вопросов опросника SF-36 «Переход к здоровому образу жизни» (HTI). Этот подход широко применяется для оценки динамики самочувствия больного после операции [26]. Может быть заменен на 5-балльную шкалу Likert [27].

Известны опросники для самооценки осанки [28, 29], но они применимы для пациентов со сколиозом, имеют сложные варианты ответов, не отражают изменение осанки в динамике (что является важным для исследования). Больше подходят опросники, которые используют простую и интуитивно понятную форму ответов «стало лучше»/«без изменений»/«стало хуже» (табл. 2). Это так называемые опросники переходного изменения [30], что и было взято за прототип.

Проведена валидация этого опросника с участием 15 пациентов, кото-

Таблица 2

Используемый опросник для оценки осанки в динамике. Как изменилась ваша осанка после операции?

1 – стало лучше

0 – не изменилась

1 – стало хуже

рым выполнено декомпрессивное вмешательство по поводу дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночного канала.

Данные лучевых методов обследования включают изменение параметров сагиттального баланса PI; PT; SS; L₁–S₁; L₄–S₁; C₂HA – угол между вертикальной линией и линией, соединяющей центр бикоксофеморального расстояния и вершину зуба C₂ позвонка; FOA (angle of femur obliquity) – угол наклона бедра относительно вертикали; SVA; SFD (sacro-femoral distance) – крестцово-бедренное расстояние. По МРТ поясничного отдела позвоночника оценивали динамику площади поперечного сечения дурального мешка на уровне вмешательства поясничного отдела позвоночника с помощью программы «Radiant Dicom Viewer» (мм²).

Расчет размера выборки

В расчетах мы опирались на работу Ogura et al. [10], где оценивались клинические и рентгенологические результаты декомпрессии при поясничном стенозе. В этой работе значение стандартного отклонения (SD) SVA до операции составило 37,4 мм, значение стандартного отклонения (SD) SVA после операции – 38,5 мм, а r – коэффициент корреляции между стандартными отклонениями до и после операции (консервативная оценка) составил 0,8.

Так как исследование будет одновыборочным, с гипотезой нон-инфириорити (не меньшей эффективности) для демонстрации неувеличения SVA после операции по сравнению с измерением до операции (граница гипотезы = 0), то для тестирования гипотезы будет использован односторонний Т-тест для парных выборок. Односторонний уровень значимости будет принят 0,025, мощность – 90 %. При таких допущениях минимальный размер выборки составит 131 участник, с учетом dropout в 20 % размер выборки составит 165 участников.

Этический комитет

Данное исследование будет проводиться в соответствии с правилами ICH GCP, требованиями Хельсинкской декларации (издание 2013 г.) и требованиями государственных стандартов Рос-

сийской Федерации (14155-2014). Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (№ 4/25 от 03.07.2025).

Обсуждение

Изолированная декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований на поясничном уровне позволяет в ряде случаев устранить ортопедические проблемы пациента, на которые хирургическое вмешательство не было первоначально направлено.

Коррекция сагиттального баланса путем декомпрессии без фиксации дает ряд преимуществ, включая улучшение осанки, подвижности и функционального восстановления. Более того, устранение сагиттального дисбаланса улучшает как неврологические симптомы, так и качество жизни в долгосрочной перспективе [31, 32].

В настоящее время имеется ряд исследований по изучению динамики параметров сагиттального баланса после изолированной декомпрессии у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом.

Silva et al. [2] ($n = 95$) говорят об отсутствии или очень слабом влиянии изолированной декомпрессии на позвоночно-тазовые параметры. Но в этом ретроспективном исследовании авторы используют нестандартные методы анализа данных, которые ограничивают применение результатов на другой когорте, также исследование проводилось в одном центре, что не исключает наличия систематической ошибки (например, измерение параметров, отсутствие строгого стандартизированного протокола позиционирования для всех снимков).

Park et al. [31] описывают значительное улучшение сагиттальных параметров у пожилых пациентов ($n = 49$) после декомпрессивных операций на поясничном отделе, называя декомпрессию «хорошим инструментом» для коррекции сагиттального дисбаланса.

Ogura et al. [10] утверждают, что декомпрессия может привести

к реактивному улучшению поясничного и глобального сагиттального балансов ($n = 89$), если сагиттальные нарушения не были необратимыми.

Такая глобальная разница в результатах, на наш взгляд, связана с невысокой степенью доказательности данных работ, так как они имеют ретроспективный дизайн и небольшуюmonoцентровую выборку пациентов.

По этой причине мы сочли необходимым собрать убедительные доказательства взаимосвязи между декомпрессивной операцией и сагиттальным дисбалансом при дегенеративной патологии позвоночника. Крайне важно найти предикторы спонтанной коррекции, используя предоперационные данные, поскольку остаточный сагиттальный дисбаланс оказывает отрицательное влияние на клинические результаты.

Получение результатов, которым можно доверять и которые можно экстраполировать на другие когорты, откроет новые возможности для оказания оптимальной помощи пациентам с дегенеративными заболеваниями позвоночника.

Ограничения

Ограничением работы является отсутствие стратификации по предполагаемым факторам риска (возраст, степень стеноза по Schiøtz, исходное отклонение SVA). Также дизайн данного исследования не подразумевает выполнения рандомизации.

Помимо прочего, мы не имеем технической возможности контролировать корректность шивки постуральных рентгенограмм вследствие отсутствия в клиниках, участвующих в исследовании, EOS-машин.

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. Shin EK, Kim CH, Chung CK, Choi Y, Yim D, Jung W, Park SB, Moon JH, Heo W, Kim SM. Sagittal imbalance in patients with lumbar spinal stenosis and outcomes after simple decompression surgery. *Spine J.* 2017;17:175–182. DOI: 10.1016/j.spinee.2016.08.023
2. Silva PS, Leocádio JSN, Vaz R, Pereira P. Influence of decompression surgery on sagittal balance parameters in patients with lumbar spinal stenosis. *Sci Rep.* 2025;15:11113. DOI: 10.1038/s41598-025-93319-4
3. Kögl N, Petr O, Löscher W, Liljenqvist U, Thomé C. Lumbar disc herniation – the significance of symptom duration for the indication for surgery. *Dtsch Arztebl Int.* 2024;121:440–448. DOI: 10.3238/arztebl.m2024.0074
4. Luan H, Wang Y, Liu K, Sheng W, Deng Q. Efficacy of transforaminal lumbar interbody fusion in the treatment of double-level lumbar spondylolisthesis with sagittal imbalance. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23:1038. DOI: 10.1186/s12891-022-06018-w
5. Kwon JW, Moon SH, Park SY, Park SJ, Park SR, Suk KS, Kim HS, Lee BH. Lumbar spinal stenosis: review update 2022. *Asian Spine J.* 2022;16:789–798. DOI: 10.31616/asj.2022.0366
6. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review. *JAMA.* 2022;327:1688–1699. DOI: 10.1001/jama.2022.5921
7. Ogura Y, Kobayashi Y, Shinozaki Y, Ogawa J. Spontaneous correction of sagittal spinopelvic malalignment after decompression surgery without corrective fusion procedure for lumbar spinal stenosis and its impact on clinical outcomes: A systematic review. *J Orthop Sci.* 2020;25:379–383. DOI: 10.1016/j.jos.2019.05.021
8. Buckland AJ, Vira S, Oren JH, Lafage R, Harris BY, Spiegel MA, Diebo BG, Liabaud B, Protopsaltis TS, Schwab FJ, Lafage V, Errico TJ, Bendo JA. When is compensation for lumbar spinal stenosis a clinical sagittal plane deformity? *Spine J.* 2016;16:971–981. DOI: 10.1016/j.spinee.2016.03.047
9. Suzuki H, Endo K, Kobayashi H, Tanaka H, Yamamoto K. Total sagittal spinal alignment in patients with lumbar canal stenosis accompanied by intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:E344–E346. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181c91121
10. Ogura Y, Shinozaki Y, Kobayashi Y, Kitagawa T, Yonezawa Y, Takahashi Y, Yoshida K, Yasuda A, Ogawa J. Impact of decompression surgery without fusion for lumbar spinal stenosis on sagittal spinopelvic alignment: minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2019;30:743–749. DOI: 10.3171/2018.11.SPINE181092
11. Suzuki A, Nakamura H. Microendoscopic lumbar posterior decompression surgery for lumbar spinal stenosis: literature review. *Medicina (Kaunas).* 2022;58:384. DOI: 10.3390/medicina58030384
12. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:1919–1924. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
13. Tan LX, Du XK, Tang RM, Rong LM, Zhang LM. Effect of spinal-pelvic sagittal balance on the clinical outcomes after lumbar fusion surgery. *BMC Surg.* 2023;23:334. DOI: 10.1186/s12893-023-02240-y
14. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, Hostin R, Shaffrey CI, Smith JS, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: A prospective multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38:E803–E812. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318292b7b9
15. Glassman SD, Bridwell K, Dimar JR, Horton W, Berven S, Schwab F. The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:2024–2029. DOI: 10.1097/01.brs.0000179086.30449.96
16. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, Iwanami A, Hosogane N, Ishii K, Nakamura M, Toyama Y, Matsumoto M. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. *J Neurosurg Spine.* 2015;23:451–458. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE14642
17. Dohzono S, Toyoda H, Takahashi S, Matsumoto T, Suzuki A, Terai H, Nakamura H. Factors associated with improvement in sagittal spinal alignment after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine.* 2016;25:39–45. DOI: 10.3171/2015.12.SPINE15805
18. Fujii K, Kawamura N, Ikegami M, Niitsuma G, Kunogi J. Radiological improvements in global sagittal alignment after lumbar decompression without fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40:703–709. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000708
19. Wylde V, Dennis J, Beswick AD, Bruce J, Eccleston C, Howells N, Peters TJ, Goberman-Hill R. Systematic review of management of chronic pain after surgery. *Br J Surg.* 2017;104:1293–1306. DOI: 10.1002/bjs.10601
20. Slatis P, Malmivaara A, Heliövaara M, Sainio P, Herno A, Kankare J, Seitsalo S, Tallroth K, Turunen V, Knekt P, Hurri H. Long-term results of surgery for lumbar spinal stenosis: a randomised controlled trial. *Eur Spine J.* 2011;20:1174–1181. DOI: 10.1007/s00586-010-1652-y
21. Lurie JD, Tosteson TD, Tosteson A, Abdu WA, Zhao W, Morgan TS, Weinstein JN. Long-term outcomes of lumbar spinal stenosis: Eight-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40:63–76. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000731
22. Wang X, Ji X. Sample size estimation in clinical research: from randomized controlled trials to observational studies. *Chest.* 2020;158(1S):S12–S20. DOI: 10.1016/j.chest.2020.03.010
23. Черепанов Е.А. Русская версия опросника Освестри: культурная адаптация и валидность. *Хирургия позвоночника.* 2009;(3):93–98. [Cherepanov E.A. Russian version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation and validity. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2009;(3):93–98.] DOI: 10.14531/ss2009.3.93-98 EDN: KXDEMR
24. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain.* 1986;27:117–126. DOI: 10.1016/0304-3959(86)90228-9
25. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Bourreau F, Brochet B, Bruxelle J, Cunin G, Fermanian J, Ginies P, Grun-Overdyking A, Jafari-Schluep H, Lantéri-Minet M, Laurent B, Mick G, Serrie A, Valade D, Vicaut E. Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain.* 2005;114:29–36. DOI: 10.1016/j.pain.2004.12.010
26. Dworkin RH, Turk DC, Farrar JT, Haythornthwaite JA, Jensen MP, Katz NP, Kerns RD, Stucki G, Allen RR, Bellamy N, Carr DB, Chandler J, Cowan P, Dionne R, Galer BS, Hertz S, Jadad AR, Kramer LD, Manning DC, Martin S, McCormick CG, McDermott MP, McGrath P, Quessy S, Rappaport BA, Robbins W, Robinson JP, Rothman M, Royal MA, Simon L, Stauffer JW, Stein W, Tollett J, Wernicke J, Witter J. Core outcome measures for chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. *Pain.* 2005;113:9–19. DOI: 10.1016/j.pain.2004.09.012
27. Grassi M, Nucera A, Zanolini E, Omenaas E, Anto JM, Leynaert B. Performance comparison of Likert and binary formats of SF-36 version 1.6 across ECRHS II adults populations. *Value Health.* 2007;10:478–488. DOI: 10.1111/j.1524-4733.2007.00203.x
28. Silva MG, Pilling BM, Candotti CT. Body posture self-assessment tools: a scoping review. *Fisioter Pesqui.* 2023;30(2). DOI: 10.1590/1809-2950/e22017823en

29. Rodby-Bousquet E, Ágústsson A, Jónsdóttir G, Czuba T, Johansson AC, Hägglund G. Interrater reliability and construct validity of the Posture and Postural Ability Scale in adults with cerebral palsy in supine, prone, sitting and standing positions. *Clin Rehabil.* 2014;28:82–90. DOI: 10.1177/0269215512465423
30. Guyatt GH, Norman GR, Juniper EF, Griffith LE. A critical look at transition ratings. *J Clin Epidemiol.* 2002;55:900–908. DOI: 10.1016/s0895-4356(02)00435-3
31. Park HY, Jung HY, Kim GU, Lee SH, Lee JS. Sagittal realignment following decompression for lumbar spinal stenosis in elderly patients: a comprehensive EOS imaging analysis. *Diagnostics (Basel).* 2024;14:2380. DOI: 10.3390/diagnostics14212380
32. Diebo BG, Balmaceno-Criss M, Lafage R, McDonald CL, Alsoof D, Halayqeh S, DiSilvestro KJ, Kuris EO, Lafage V, Daniels AH. Sagittal alignment in the degenerative lumbar spine: surgical planning. *J Bone Joint Surg Am.* 2024;106:445–457. DOI: 10.2106/JBJS.23.00672

Адрес для переписки:

Захарин Виталий Романович
 115172, Россия, Москва, Новоспасский переулок, 9,
 НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова,
 zakhvit@gmail.com

Статья поступила в редакцию 30.10.2025

Рецензирование пройдено 25.11.2025

Подписано в печать 30.11.2025

Address correspondence to:

Zakharin Vitaly Romanovich
 National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics
 n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia,
 zakhvit@gmail.com

Received 30.10.2025

Review completed 25.11.2025

Passed for printing 30.11.2025

Александр Владимирович Крутко, д-р мед. наук, заведующий отделением хирургии позвоночника, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9, eLibrary SPIN: 8006-6351, ORCID: 0000-0002-2570-3066, KrutkoAV@cito-priorov.ru;

Виталий Романович Захарин, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9, eLibrary SPIN: 2931-0703, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakhvit@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 пер., 9, eLibrary SPIN: 5367-5438, ORCID: 0000-0002-4430-700X, Eugen-bajk@mail.ru;

Алексей Иванович Кокорев, канд. мед. наук, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9, eLibrary SPIN: 7734-8476, ORCID: 0000-0002-5829-6372, KokorevAI@cito-priorov.ru;

Глеб Евгеньевич Балычев, врач-травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9, eLibrary SPIN: 9647-8748, ORCID: 0000-0001-7884-6258, balichev.gleb@gmail.com;

Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук, ученый секретарь, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9, eLibrary SPIN: 4907-0634, ORCID: 0000-0002-9916-3947, onleonova@gmail.com.

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;

Vitaly Romanovich Zakharin, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 2931-0703, ORCID: 0000-0003-1553-2782, zakhvit@gmail.com;

Evgenii Sergeyevich 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, Eugen-bajk@mail.ru;

Alexey Ivanovich Kokorev, MD, PhD, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 7734-8476, ORCID: 0000-0002-5829-6372, KokorevAI@cito-priorov.ru;

Gleb Evgenyevich Balychev, orthopedic surgeon, National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia, eLibrary SPIN: 9647-8748, ORCID: 0000-0001-7884-6258, balichev.gleb@gmail.com;

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.



ПРЕДИКТОРЫ НЕПРЯМОЙ ДЕКОМПРЕССИИ У ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА В ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ

И.Д. Исаков, А.Д. Сангинов, Е.А. Мушкичев, А.В. Пелеганчук

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

Цель исследования. Определить предикторы непрямой декомпрессии корешков спинного мозга у пациентов с дегенеративным моносегментарным центральным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе после изолированного прямого бокового спондилодеза (XLIF).

Материал и методы. В проспективном исследовании анализируются результаты лечения 80 пациентов с моносегментарным центральным дегенеративным стенозом позвоночного канала на фоне нестабильности позвоночно-двигательного сегмента. Всем пациентам выполнен одноуровневый XLIF без дополнительной задней фиксации. С учетом данных раннего послеоперационного периода пациентов разделили на группы с отсутствием положительной динамики в неврологическом статусе ($n = 58$) и с положительной динамикой в виде снижения болевого синдрома в нижних конечностях до 1 балла по ВАШ ($n = 22$). Всем пациентам до операции выполняли МРТ, МСКТ, рентгенографию поясничного отдела позвоночника, анкетирование по ВАШ, после операции — МРТ и МСКТ поясничного отдела и анкетирование по ВАШ. Прогностическую значимость изучаемых факторов для результатов лечения определяли по логистическому регрессионному анализу.

Результаты. С помощью моделей логистических регрессий по многофакторной модели выявлены значимые прогностические факторы эффективности непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF: глубина латерально-го кармана более 3,75 мм, индекс массы тела более 35,97 кг/м². По однофакторной модели выявили, что более высокая плотность костной ткани в телах позвонков, оцененная по Хаунсфилду, в телах смежных позвонков, более низкий межпозвонковый диск, наличие латероспондилолистеза, дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann (Grade 4, 5), изменения замыкателевых пластинок по TEPS 4, 5, 6 и клиника динамической компрессии являются умеренными прогностическими факторами успешной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF при его дегенеративном центральном стенозе на фоне нестабильности позвоночно-двигательного сегмента.

Заключение. Требуются дальнейшие исследования, направленные на валидизацию выявленных прогностических критериев, а также других возможных прогностических показателей — сроков формирования костного блока в зоне операции, частоты проседаний имплантата и их клинической значимости в отдаленном периоде, долгосрочности эффекта непрямой декомпрессии, результатов опроса по ODI и SF-12 в отдаленном послеоперационном периоде.

Ключевые слова: центральный дегенеративный стеноз позвоночного канала; прямой боковой спондилодез; непрямая декомпрессия; предикторы непрямой декомпрессии; LLIF (lateral lumbar interbody fusion); DLIF (direct lumbar interbody fusion); ELIF, XLIF (extreme lumbar interbody fusion); ID (indirect decompression).

Для цитирования: Исаков И.Д., Сангинов А.Д., Мушкичев Е.А., Пелеганчук А.В. Предикторы непрямой декомпрессии у пациентов с моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 56–65.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.56-65>

PREDICTORS OF INDIRECT DECOMPRESSION IN PATIENTS WITH MONOSEGMENTAL LUMBAR SPINAL STENOSIS

I.D. Isakov, A.J. Sanginov, E.A. Mushkachev, A.V. Peleganchuk

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

Objective. To identify predictors of indirect decompression of spinal nerve roots in patients with degenerative monosegmental central spinal canal stenosis in the lumbar spine after isolated direct lateral interbody fusion (XLIF).

Material and Methods. This prospective study analyzes the treatment outcomes of 80 patients with multisegmental central degenerative spinal stenosis associated with instability of the spinal motion segment. All patients underwent single-level XLIF without additional posterior fixation. Based on early postoperative data, patients were divided into groups with no positive dynamics in neurological status ($n = 58$) and with positive dynamics in the form of a decrease in the lower extremity pain to 1 point on the VAS ($n = 22$). All patients underwent preoperative MRI, MSCT, lumbar spine radiography, and VAS questionnaire survey. Postoperatively, they underwent MRI and MSCT of the lumbar spine, and VAS questionnaire survey. The prognostic significance of the studied factors for treatment outcomes was determined using logistic regression analysis.

Results. Factor analysis revealed significant prognostic factors for the effectiveness of indirect decompression of spinal nerve roots in the spinal canal after XLIF: lateral recess depth greater than 3.75 mm and body mass index greater than 35.97 kg/m². According to a single-

factor model, it was revealed that the higher Hounsfield (HU) values in the bodies of adjacent vertebrae, a lower intervertebral disc, the presence of laterospondylolisthesis, intervertebral disc degeneration (Pfirrmann grades 4, 5), endplate changes of grades 4, 5, 6 according to Toshiba Endplate Scoring (TEPS) and the clinical picture of dynamic compression are moderate prognostic factors for successful indirect decompression of the nerve roots in the spinal canal after XLIF for degenerative central stenosis associated with instability of the spinal motion segment.

Conclusion. Further studies are required to validate the identified prognostic criteria, as well as other possible prognostic indicators – the timing of bone block formation in the surgical area, the frequency of implant subsidence and its clinical significance in the long-term period, the long-term effect of indirect decompression, and the results of the ODI and SF-12 survey in the late postoperative period.

Key Words: central degenerative spinal canal stenosis; direct lateral fusion; indirect decompression; predictors of indirect decompression; LLIF (lateral lumbar interbody fusion); DLIF (direct lumbar interbody fusion), ELIF; XLIF (extreme lumbar interbody fusion), ID (indirect decompression).

Please cite this paper as: Isakov ID, Sanginov AJ, Mushkachev EA, Peleganchuk AV. Predictors of indirect decompression in patients with monosegmental lumbar spinal stenosis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):56–65. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.56-65>

В настоящее время декомпрессивные и декомпрессивно-стабилизирующие хирургические вмешательства являются стандартной тактикой лечения пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала в случаях неэффективности консервативного лечения [1]. При выявлении нестабильности позвоночно-двигательного сегмента или высокой вероятности ее развития после декомпрессивного хирургического вмешательства требуется выполнение спондилодеза. Декомпрессия корешков спинного мозга может быть прямой (микрохирургическая) и непрямой (увеличение резервных пространств позвоночного канала без контакта с сосудисто-нервальными структурами, например, за счет восстановления высоты межтелевого промежутка и смены положений смежных позвонков после установки межтелевого имплантата из центрального доступа) [2–11]. Непрямая декомпрессия корешков спинного мозга в межпозвонковых отверстиях после XLIF является достаточно прогнозируемым результатом [12–16].

Изолированный прямой боковой спондилодез как декомпрессивно-стабилизирующее хирургическое вмешательство является востребованым методом лечения, так как непрямая декомпрессия не уступает прямой по эффективности и резко снижает риск повреждения твердой мозговой оболочки, нанесения ретракционной травмы корешкам спинного мозга,

исключает формирование периуральный фиброза [17].

Непрямая декомпрессия корешков спинного мозга в позвоночном канале после изолированного прямого бокового спондилодеза эффективна далеко не у всех пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала [18]. В настоящее время нет способа предсказать результаты непрямой декомпрессии на этапе планирования хирургического вмешательства. В научной литературе встречаются исследования по определению предикторов непрямой декомпрессии, но в них представлены либо неоднородные группы пациентов, либо малое количество пациентов, либо отсутствие четкого описания техники выполнения хирургического вмешательства и малый объем информации о пациенте.

Выявление предикторов непрямой декомпрессии корешков спинного мозга позволит персонально подходить к выбору объема хирургического вмешательства и улучшать результаты хирургического лечения пациентов с центральным дегенеративным стенозом позвоночного канала.

Цель исследования – определить предикторы непрямой декомпрессии корешков спинного мозга у пациентов с центральным дегенеративным моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника после изолированного прямого бокового спондилодеза (XLIF).

Материал и методы

Дизайн исследования – проспективное открытого нерандомизированное когортное с участием 80 пациентов.

Проведен анализ ранних (до 7 сут) результатов хирургического лечения 80 пациентов с одноуровневым центральным дегенеративным стенозом позвоночного канала, клиникой компрессии невральных структур (корешковый синдром, компрессионно-ишемическая радикулопатия, нейрогенная хромота) и нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента на уровне стениоза позвоночного канала. В нейрохирургическом отделении № 2 Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивъяна в 2018–2024 гг. пациентам выполнен изолированный XLIF кейджами шириной 45 и 50 мм, высотой от 9 до 15 мм и лордозирующим углом 8°. Описание хирургической техники опубликовали в 2006 г. Ozgur et al. [12].

Критерии включения в исследование:

- 1) одноуровневый центральный дегенеративный стеноз позвоночного канала в поясничном отделе, соответствующий типам B, C, D по Schizas et al. [19];

- 2) уровни стеноза L₂–L₃, L₃–L₄, L₄–L₅;

- 3) нестабильность позвоночно-двигательного сегмента, соответствующая ангуляции диска более 10° и трансляции вышележащего позвонка на 3 мм и более [20];

4) неэффективность консервативного лечения в течение 1,5 мес.;

5) клинические проявления компрессии корешков спинного мозга – нейрогенная перемежающаяся хромота, корешковый синдром, компрессионно-ишемическая радикулопатия);

6) операция, выполненная в объеме XLIF без дополнительной фиксации.

Критерии невключения в исследование:

1) центральный дегенеративный стеноз позвоночного канала, соответствующий типу А по Schizas, и изолированный фораминальный стеноз с компрессией корешков спинного мозга;

2) ранее выполненные операции на позвоночнике на уровне стеноза, а также в области хирургического доступа для прямого бокового спондилодеза;

3) дегенеративный патоморфологический субстрат на двух и более уровнях;

4) врожденные аномалии, инфекционные и травматические поражения и их последствия, объемные образования, в том числе наличие интраканальной синовиальной кисты в поясничном отделе позвоночника, поражения позвоночника на фоне аутоиммунных заболеваний (ревматоидный артрит и др.);

5) сколиотическая деформация поясничного отдела позвоночника по Cobb 20° и более;

6) патология нижних конечностей с их укорочением;

7) наличие нейростимулятора спинного мозга.

Пациенты, включенные в исследование, были активизированы в первые сутки после операции, через 7 дней после выполнения изолированного XLIF их разделили на 2 группы: первая группа – без эффективной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга – 58 (72,5 %) пациентов, вторая группа – с эффективной непрямой декомпрессией – 22 пациента (27,5 %). Пациентам из первой группы выполнили второй этап хирургического вмешательства в объеме прямой декомпрессии (тотальная односторонняя фасетэктомия с микрохирургической

декомпрессией корешков спинного мозга) и транспедикулярной фиксацией позвоночно-двигательного сегмента. В период наблюдения не отмечено ни одного случая миграции имплантата.

Критериями непрямой декомпрессии корешков спинного мозга являлся регресс болевого синдрома в нижних конечностях до одного балла в течение семи суток после XLIF, без необходимости приема анальгетиков, один балл допускали в связи с наличием у пациента боли в нижней конечности со стороны доступа в раннем послеоперационном периоде.

Проанализировали следующие данные: пол, возраст, сторону доступа, стеноз позвоночного канала по Schizas до и после операции, уровень хирургического вмешательства, наличие динамической компрессии невральных структур [21], индекс массы тела (ИМТ) пациента, интенсивность болевого синдрома по ВАШ в спине и ногах до операции, наличие антеспондилолистеза, степень спондилогенеза по Grogan et al. [22], высоту межпозвонкового диска по данным МСКТ поясничного отдела позвоночника спереди, посередине и сзади до операции [23], изменения в телах смежных позвонков по Modic et al. [24], степень дегенерации межпозвонкового диска по Pfirrmann et al. [25], наличие стеноза в латеральном кармане, угол и глубину латерального кармана [26], сегментарный угол и трансляцию позвонков по рентгенографии поясничного отдела позвоночника в боковой и прямой проекциях, наличие латероспондилолистеза и ретроспондилолистеза, площадь позвоночного канала до и после операции, толщину желтой связки до и после операции, высоту и ширину межпозвонковых отверстий до и после операции, состояние замыкательных пластинок смежных позвонков по TEPS [27], жировую дегенерацию паравертебральных мышц по Goutallier et al. [28, 29], параметры сагittalного баланса позвоночника (LL, PI, PT, SS) по данным спондилографии в боковой проекции в СТЕП-режиме [23],

плотность костной ткани в телах позвонков по Хаунсфилду (HU) [30] в телах смежных позвонков, высоту и ширину имплантата.

Основные характеристики пациентов и их сравнение представлены в табл. 1.

Эмпирические распределения данных испытывали на согласие с законом нормального распределения по критериям Шапиро – Уилка.

Для сравнения непрерывных данных между группами использовали непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни, поскольку согласно критерию Шапиро – Уилка только 17 % показателей распределения можно было принять за нормальные. В качестве основных описательных характеристик непрерывных данных использовали медиану [первый quartиль; третий quartиль] (Me [$Q1$; $Q3$]), дополнительно приведены среднее \pm стандартное отклонение ($M \pm SD$) и минимальные и максимальные значения (min–max). Категориальные и бинарные данные представлены через количество (n) и частоту (%), сравнивали точным критерием Фишера, для бинарных данных по формуле Вильсона оценивали 95 % доверительный интервал для частот (95% CI). Использовали только двусторонние критерии сравнения.

Построением однофакторных и многофакторных логистических регрессий выявляли предикторы непрямой декомпрессии корешков спинного мозга. ROC-анализом, максимизируя индекс Юдена, у многофакторной модели логистической регрессии определили наилучший порог прогноза непрямой декомпрессии, для которого с 95% CI рассчитывали прогностические показатели чувствительности, специфичности и диагностической точности. Тестом Hosmer – Lemeshow исследовали соответствие откалиброванной многофакторной модели наблюдаемым данным непрямой декомпрессии.

При полученном уровне значимости $p < 0,05$ различия и предикторы считали статистически значимыми.

Таблица 1

Основные характеристики пациентов исследуемых групп и их сравнение

Параметр	Первая группа (n = 58)	Вторая группа (n = 22)	p-уровень
Мужчины, n (%)	19 (32,8)	5 (22,7)	0,428
Женщины, n (%)	39 (67,2)	17 (77,3)	
Возраст, лет	64,0 [58,2; 68,0] 63,50 ± 7,30 (41,0–84,0)	59,0 [54,8; 64,8] 59,20 ± 8,04 (42,0–74,0)	0,038*
Типы по Schizas до операции, n (%)			
B	6 (10,3)	1 (4,5)	Общее сравнение: 0,481; категория: p, коррекция p B: 0,667; 0,667 C: 0,279; 0,667 D: 0,611; 0,667
C	14 (24,1)	8 (36,4)	
D	38 (65,6)	13 (59,1)	
Динамическая компрессия корешков спинного мозга, n (%)			
Да	12 (20,7)	11 (50,0)	0,014*
Нет	46 (79,3)	11 (50,0)	
Степень ожирения по ИМТ, n (%)			
Норма (ИМТ до 25 кг/м ²)	5 (8,6)	2 (9,1)	Общее сравнение: 0,081; категория: p, коррекция p [0;25]: >0,999; >0,999 [25;30]: 0,247; 0,412 [30;35]: 0,183; 0,412 [35;40]: 0,008*; 0,041* [40;100]: >0,999; >0,999
Избыточная масса тела (ИМТ 25–30 кг/м ²)	16 (27,6)	3 (13,6)	
1-я степень (ИМТ 30–35 кг/м ²)	20 (34,5)	4 (18,2)	
2-я степень (ИМТ 35–40 кг/м ²)	9 (15,5)	10 (45,5)	
3-я степень (ИМТ более 40 кг/м ²)	8 (13,8)	3 (13,6)	

* Значимые различия; ИМТ – индекс массы тела.

Данные статистически обрабатывали скриптами языка R, версия 4.4.2 (2024-10-31 ucrt) в программе RStudio (версия 2025.05.0 Build 496).

Результаты

Пол пациента, сторона хирургического доступа, вариант стеноза позвоночного канала по Schizas, уровень дегенеративного стеноза и ВАШ в нижних конечностях до операции не имели существенных отличий между группами.

Сравнение МРТ, МСКТ и рентгенологических характеристик показало, что во второй группе в основном находились пациенты с более низким межпозвонковым диском (высота диска спереди: $p = 0,028$, посередине: $p = 0,046$, сзади: $p = 0,013$), с более дегенерированным межпозвонковым диском по Pfirrmann (Grade 4 и 5 в первой группе 39,7 %, во второй – 68,2 %), без стеноза латераль-

ного кармана ($p = 0,010$), чаще встречались пациенты с латероспондиолистезом ($p = 0,011$), более грубыми изменениями замыкательных пластинок по TEPS (доля TEPS 4, 5, 6 во второй группе 77,3%, в первой группе – 50,1%) и более плотной костной тканью тел смежных позвонков, оцененной по Хаунсфилду – 165,0 [120,0; 217,5]; $p = 0,011$. Наличие антеспондиолистеза, степень спондилоартроза по Grogan, изменения по Modic, сегментарный угол позвоночно-двигательного сегмента, наличие ретроспондиолистеза, площадь позвоночного канала, параметры межпозвонковых отверстий, жировая дистрофия паравертебральных мышц по Goutallier, параметры сагиттально-го баланса, ширина и высота имплантата не имели существенных различий (табл. 2).

С помощью моделей логистических регрессий по многофакторной модели выявили, что при глубине

латерального кармана менее 3,75 мм ($p = 0,001$), ИМТ более 35,97 кг/м² ($p = 0,025$) и динамической компрессии невральных структур ($p = 0,082$) повышается вероятность эффективной непрямой декомпрессии.

Если плотность костной ткани в телях смежных позвонков более 157,5 HU ($p = 0,001$), высота межпозвонкового диска спереди менее 3,75 мм ($p = 0,002$), сзади – менее 3,85 мм ($p = 0,004$), посередине – менее 4,05 мм ($p = 0,002$), есть латероспондиолистез ($p = 0,011$), степень дегенерации диска по Pfirrmann 4 или 5 ($p = 0,026$), а TEPS 4, 5, 6 ($p = 0,033$), также повышается вероятность эффективной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF, что рассчитано с помощью моделей логистических регрессий по однофакторной модели (табл. 3).

С помощью ROC-анализа в многофакторной модели определили порог

Таблица 2

Рентгенологические, МРТ- и МСКТ-характеристики пациентов исследуемых групп и их сравнение

Параметр	Первая группа (<i>n</i> = 58)	Вторая группа (<i>n</i> = 22)	<i>p</i> -уровень
Высота диска по МСКТ спереди, мм	6,0 [4,2; 8,6] 6,40 ± 2,80 (0,3–14,0)	4,6 [3,0; 7,1] 4,80 ± 2,94 (1,0–10,0)	0,028*
Высота диска по МСКТ посередине, мм	6,4 [5,0; 9,1] 7,00 ± 3,00 (0,3–13,6)	4,7 [3,0; 8,9] 5,40 ± 3,22 (1,0–11,0)	0,046*
Высота диска по МСКТ сзади, мм	4,3 [3,0; 5,9] 4,50 ± 2,10 (0,0–9,0)	3,0 [1,1; 4,2] 3,20 ± 2,08 (1,0–8,5)	0,013*
Дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann, <i>n</i> (%)	1 – 0 (0) 2 – 1 (1,7) 3 – 34 (58,6) 4 – 12 (20,7) 5 – 11 (19,0)	1 – 0 (0) 2 – 0 (0,0) 3 – 7 (31,8) 4 – 11 (50,0) 5 – 4 (18,2)	Общее сравнение: 0,053; категория: <i>p</i> , коррекция <i>p</i> 2: >0,999; >0,999 3: 0,045*; 0,090 4: 0,014*; 0,055 5: >0,999; >0,999
Угол латерального кармана, град.	24,0 [20,0; 34,8] 27,30 ± 13,40 (0,0–70,0)	35,0 [26,0; 47,8] 36,60 ± 14,28 (15,0–70,0)	0,010*
Глубина латерального кармана, мм	2,9 [2,0; 4,0] 3,00 ± 1,50 (0,0–7,0)	4,8 [4,0; 5,8] 5,20 ± 2,35 (1,5–11,0)	<0,001*
Наличие латероспондилолистеза, <i>n</i> (%)	3 (5,2) [1,8; 14,1]	6 (27,3) [13,2; 48,2]	0,011*
Площадь позвоночного канала до операции, мм^2	47,0 [37,2; 60,0] 56,60 ± 31,4 (28,0–174,0)	52,5 [47,0; 96,8] 76,00 ± 47,13 (28,0–219,0)	0,068
Толщина желтой связки до операции, мм	3,0 [2,4; 4,5] 3,40 ± 1,40 (1,0–6,7)	4,0 [2,1; 4,3] 3,60 ± 1,58 (1,3–7,0)	0,539
TEPS, <i>n</i> (%)	2 – 1 (1,7) 3 – 28 (48,3) 4 – 15 (25,9) 5 – 7 (12,1) 6 – 7 (12,1)	2 – 0 (0,0) 3 – 5 (22,7) 4 – 11 (50,0) 5 – 2 (9,1) 6 – 4 (18,2)	Общее сравнение: 0,163 категория: <i>p</i> , коррекция <i>p</i> 2: >0,999; >0,999 3: 0,045*; 0,151 4: 0,060; 0,151 5: >0,999; >0,999 6: 0,483; 0,806
Плотность костной ткани в телах смежных позвонков, оцененная по Хаунсфилду, HU	127,5 [90,0; 150,0] 130,40 ± 69,60 (20,0–400,0)	165,0 [120,0; 217,5] 206,60 ± 177,28 (70,0–900,0)	0,011*

* Значимые различия.

принятия решения 0,30, наилучший по сумме показателей чувствительности (77,3 %) и специфичности (93,1 %; рис.), то есть при получаемой вероятности в многофакторной модели от 0,30 и выше ставится положительный прогноз непрямой декомпрессии, иначе – отрицатель-

ный. В табл. 4 приведены прогностические характеристики многофакторной модели для полученного порога. Полученный уровень значимости теста Hosmer – Lemeshow (*p* = 0,812) свидетельствует о согласованности многофакторной модели с фактическими данными, метрика

AUC = 92,4 % подтверждает хорошее качество прогнозирования.

Обсуждение

В нашу работу включены пациенты с одноуровневым центральным дегенеративным стенозом позвоночного

Таблица 3

Модели логистических регрессий для выявления предикторов непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF

Параметр	Однофакторная модель		Многофакторная модель	
	ОШ [95%CI]	p	ОШ [95%CI]	p
Глубина латерального кармана более 3,75 мм	11,81 [3,76; 45,93]	<0,001*	23,77 [4,43; 250,90]	0,001*
Индекс массы тела более 35,97 кг/м ²	6,17 [2,16; 18,78]	0,001*	10,30 [1,61; 111,15]	0,025*
Наличие динамической компрессии корешков спинного мозга	3,83 [1,35; 11,20]	0,012*	5,94 [0,85; 54,55]	0,082
Плотность костной ткани в телах смежных позвонков (оценка по Хаунсфилду) более 157,5 HU	6,53 [2,22; 20,41]	0,001*	—	—
Высота диска спереди по МСКТ менее 3,75 мм	7,34 [2,17; 27,58]	0,002*	—	—
Высота диска по середине по МСКТ менее 4,05 мм	6,07 [1,95; 20,09]	0,002*	—	—
Высота диска сзади по МСКТ менее 3,85 мм	4,76 [1,71; 14,42]	0,004*	—	—
Наличие латероспондилолистеза	6,87 [1,63; 35,57]	0,011*	—	—
Дегенерация межпозвонкового диска по Pfirrmann более 4	3,26 [1,19; 9,71]	0,026*	—	—
TEPS более 4	3,40 [1,17; 11,46]	0,033*	—	—

* Значимые предикторы.

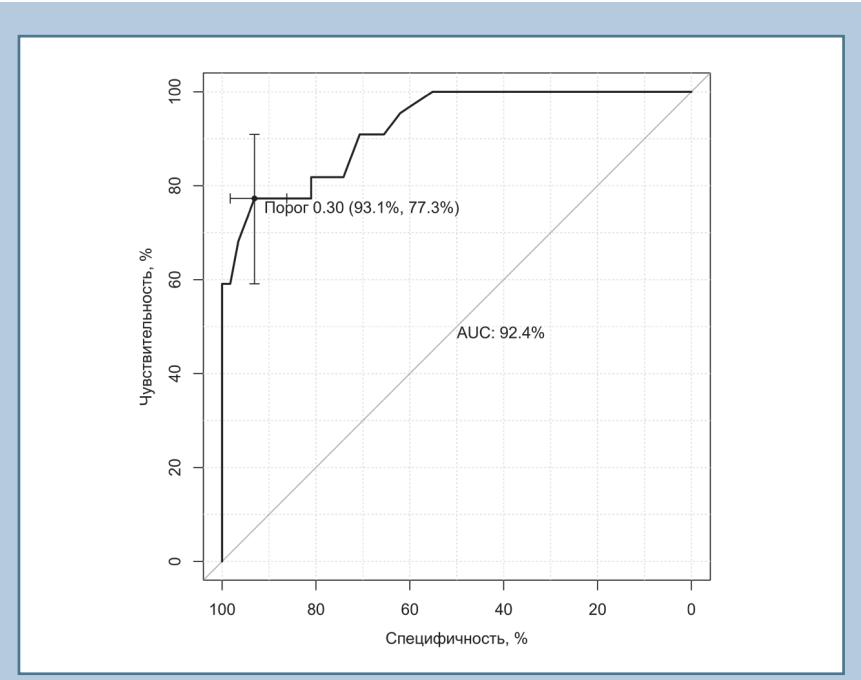


Рис.

ROC-кривая для многофакторной модели непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF

Существует ряд исследований, направленных на выявление предикторов эффективной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга после XLIF, но большинство из них не указывают вид стеноза (межпозвонкового отверстия, позвоночного канала, латерального кармана) либо оценивают результаты по декомпрессии корешков спинного мозга в межпозвонковых отверстиях в сочетании со стенозом в позвоночном канале или без такового [12–16]. В исследовании по выявлению предикторов безуспешной непрямой декомпрессии после ALIF и XLIF Park et al. [31] изучили результаты лечения пациентов, которым выполняли прямую декомпрессию вторым этапом через несколько дней после ALIF или XLIF, и сообщили, что некоторым пациентам не требуется второй этап, так как клинически уже достигнут эффект непрямой декомпрессии. Результаты этого исследования нельзя в полной мере использовать для прогнозирования непрямой декомпрессии после XLIF из-за неоднородности набранных групп и применения разных техник хирургического вмешательства. Принципиальным отличием XLIF и ALIF в достижении непрямой декомпрессии является возможность пересечения продольных связок позвоночника при ALIF и установки более

канала и нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента на уровне стеноза позвоночного канала, которым был выполнен изолированный XLIF, тем самым набрана однородная группа, что также подтверждается данными сравнения двух групп по полу,

возрасту, стороне хирургического доступа, стенозу позвоночного канала по Schizas, уровню дегенеративного стеноза и ВАШ в нижних конечностях до операции, где эти параметры не имели существенных отличий между группами.

Таблица 4

Прогностические характеристики многофакторной модели непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном канале после XLIF

Характеристика	Значение (95%CI)
Частота случаев метода	26,2 [17,0; 37,3]
Фактическая частота случаев	27,5 [18,1; 38,6]
Чувствительность	77,3 [54,6; 92,2]
Специфичность	93,1 [83,3; 98,1]
Диагностическая точность	88,8 [79,7; 94,7]

высокого кейджа, чем при XLIF. Увеличение высоты межтелового промежутка является одним из ключевых маневров для достижения эффективной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга.

Существует небольшое количество публикаций о предикторах непрямой декомпрессии корешков спинного мозга именно в позвоночном канале при его центральном дегенеративном стенозе после XLIF. Например, Walker et al. [32] в ретроспективном анализе 73 пациентов, которым выполнен XLIF на 107 уровнях по поводу стеноза позвоночного канала на фоне спондилолистеза, сколиоза, дегенерации смежного уровня и дегенеративном поражении межпозвонковых дисков, выявили предикторы непрямой декомпрессии корешков спинного мозга: низкий ИМТ, что не совпадает с результатами нашего исследования, наличие спондилолистеза и сниженная высота диска.

В свое исследование мы включили пациентов только с моносегментарным центральным дегенеративным стенозом позвоночного канала, соответственно, у всех пациентов были выполнены хирургические вмешательства на одном уровне. Walker et al. [32] успешной непрямой декомпрессией считали снижение интенсивности боли в нижних конечностях до трех баллов и менее по ВАШ, мы определили хороший результат непрямой декомпрессии как снижение болевого синдрома в нижних конечностях по ВАШ 0–1 балл для более строгого отбора пациентов во вторую группу, а 1 балл допустили для пациентов,

у которых после XLIF в раннем послеоперационном периоде сохранялась боль в нижней конечности со стороны доступа или в виде рефлекторного болевого синдрома. Из 73 пациентов исследования у Walker et al. [32] только 32 были с одноуровневым стенозом позвоночного канала, из которых 6 пациентов оперированы по поводу дегенерации смежного сегмента, 6 – с грыжами межпозвонковых дисков и синовиальной интраканальной кистой дугоотростчатого сустава и только 20 пациентов со спондилолистезом. Wang et al. [33] выполнили XLIF на 101 уровне 45 пациентам со спондилолистезом в виде ревизионной хирургии на фоне дегенеративного поражения сегмента, дегенерации смежного сегмента, нестабильности позвоночно-двигательного сегмента, травматического поражения позвоночника, стеноза позвоночного канала и сколиотической деформации поясничного отдела позвоночника. Неоднородность набранных групп пациентов по нозологии является важным отличием от пациентов нашего исследования. Отсутствие стеноза латерального кармана было определено как единственный предиктор возможности достижения эффективной непрямой декомпрессии, мы получили схожий результат. Nakashima et al. [34] сообщают, что XLIF может привести к снижению интенсивности болевого синдрома в нижних конечностях за счет стабилизации сегмента, мы придерживаемся того же мнения, так как в некоторых случаях после XLIF не происходит увеличения площади позвоночного канала, а корешковый синдром купируется.

Shimizu et al. [35] выявили, что стеноз позвоночного канала по Schizas типа D не является предиктором невозможности достижения эффективной непрямой декомпрессии после XLIF. В нашем исследовании из 22 пациентов с эффективной непрямой декомпрессией 13 (59,1 %) были со стенозом типа D по Schizas. Khalsa et al. [21] отмечают, что если у пациента в положении лежа не снижается интенсивность болевого синдрома в ногах, то необходимо выполнить прямую декомпрессию. Мы оценили значение динамической компрессии для прогнозирования эффективности непрямой декомпрессии после XLIF: в однофакторной модели данный параметр является значимым ($p = 0,012$), а в многофакторной – не является ключевым ($p = 0,081$). Следовательно, у некоторых пациентов и без динамической компрессии корешков спинного мозга возможно получить непрямую декомпрессию. Li et al. [36] провели большое исследование, где проанализировали результаты лечения 557 пациентов, которым выполнили XLIF на 901 сегменте, после чего их наблюдали 7 дней, при отсутствии эффекта непрямой декомпрессии выполняли второй этап хирургического лечения в объеме прямой декомпрессии. По итогам исследования пациентов с типом C по Schizas они расценивают как наиболее подходящих для успешной непрямой декомпрессии при XLIF, но не отрицают возможность непрямой декомпрессии у пациентов с типом D, а стеноз латерального кармана определяют как умеренный прогностический фактор неудачной непрямой декомпрессии. Данное исследование является самым большим по количеству пациентов.

Упомянутые исследования отличаются от нашего главным образом неоднородностью набранных групп, что может значительно снизить достоверность полученных результатов (табл. 5).

Наше исследование отличается тем, что сформирована однородная групп-

Таблица 5

Сходства и отличия в проанализированных тематических статьях

Исследование	Год	Пациенты, n	Прооперированные уровни, n	Комментарий
Ozgur et al. [12]	2006	13	13	Все пациенты с аксиальной болью в пояснице и без стеноза позвоночного канала
Wang et al. [14]	2014	21	23	В исследование включены пациенты с болезнью смежного сегмента, выполнен XLIF без продления транспедикулярной фиксации позвоночника, четырем из 21 пациента выполнен XLIF на 2 уровня
Park et al. [31]	2020	86		Оценены результаты лечения пациентов, которым выполнены ALIF или LLIF
Walker et al. [32]	2021	73	107	73 пациента прооперированы на 107 уровнях, только 32 пациентам выполнен одноуровневый XLIF
Wang et al. [33]	2017	45	101	Из 45 пациентов только у 37 был дегенеративный стеноз позвоночного канала. Выявлено, что стеноз латерального кармана является предиктором неуспешной непрямой декомпрессии
Nakashima et al. [34]	2019	102	136	74 пациентам выполнен одноуровневый XLIF; 22 — двухуровневый; 6 — трехуровневый; 27 пациентам выполнен OLIF. Нет МСКТ и МРТ в раннем послеоперационном периоде
Shimizu et al. [35]	2020	42	45	Выявлено, что грубый стеноз позвоночного канала не является противопоказанием для XLIF с целью достижения непрямой декомпрессии корешков спинного мозга
Li et al. [36]	2022	557	901	До операции не оценивали МСКТ поясничного отдела позвоночника. Стеноз позвоночного канала типа D по Schizas определен как прогностический фактор неуспешной непрямой декомпрессии

па с большим количеством пациентов ($n = 80$), по сравнению с существующими исследованиями. Нашим пациентам XLIF выполнен только на одном уровне в связи с моносегментарным центральным дегенеративным стенозом позвоночного канала на фоне сегментарной нестабильности. XLIF выполняли без дополнительной фиксации и прямой декомпрессии корешков спинного мозга, что позволило полноценно оценить XLIF как декомпрессивно-стабилизирующее хирургическое вмешательство.

Результаты применимы для пациентов с дегенеративным моносегментарным центральным стенозом позвоночного канала на фоне нестабильности позвоночно-двигательного сегмента на уровнях L_2-L_3 , L_3-L_4 и реже L_4-L_5 в связи с особенностями выполнения хирургического доступа к позвоночнику по технологии XLIF. В исследование не включены наиболее распространенные модели пациентов: с дегенеративным стенозом

L_4-L_5 , которым целесообразно выполнить микрохирургическую декомпрессию в связи с отсутствием нестабильности позвоночно-двигательного сегмента или с полисегментарным дегенеративным стенозом позвоночного канала. Это не позволило нам набрать большее количество пациентов. Оценены только ранние послеоперационные результаты.

Заключение

Плотность костной ткани в телах смежных позвонков, оцененная по Хаунсфилду, высота межпозвонкового диска, наличие латероспондилолистеза, степень дегенерации диска по Pfirrmann, состояние замыкательных пластинок по классификации Rajasekaran (TEPS) и наличие динамической компрессии невральных структур являются важными параметрами для прогнозирования эффективной непрямой декомпрессии корешков спинного мозга в позвоночном кан-

ле после XLIF. Определены предикторы непрямой декомпрессии: глубина латерального кармана и ИМТ.

Требуются дальнейшие исследования, направленные на валидизацию и аprobацию выявленных прогностических критериев. Необходимо оценить сроки формирования костного блока в зоне операции, частоту проседаний имплантата и их клиническую значимость в отдаленном периоде (12 и 24 мес.), долгосрочность эффекта непрямой декомпрессии, результаты опроса по шкалам ODI и SF-12 в отдаленном (12 и 24 мес.) послеоперационном периоде.

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. Ravindra VM, Senglaub SS, Rattani A, Dewan MC, Hrtl R, Bisson E, Park KB, Shrim GE. Degenerative lumbar spine disease: estimating global incidence and worldwide volume. *Global Spine J.* 2018;8:784–794. DOI: 10.1177/2192568218770769
2. Ahmadian A, Bach K, Bolinger B, Malham GM, Okonkwo DO, Kanter AS, Uribe JS. Stand-alone minimally invasive lateral lumbar interbody fusion: multicenter clinical outcomes. *J Clin Neurosci.* 2015;22:740–746. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.08.036
3. Alimi M, Hofstetter CP, Tsioris AJ, Elowitz E, Hrtl R. Extreme lateral interbody fusion for unilateral symptomatic vertical foraminal stenosis. *Eur Spine J.* 2015;24 Suppl 3:346–352. DOI: 10.1007/s00586-015-3940-z
4. Campbell PG, Nunley PD, Cavanaugh D, Kerr E, Utter PA, Frank K, Stone M. Short-term outcomes of lateral lumbar interbody fusion without decompression for the treatment of symptomatic degenerative spondylolisthesis at L4–5. *Neurosurg Focus.* 2018;44:E6. DOI: 10.3171/2017.10.FOCUS17566
5. Castellvi AE, Nienke TW, Marulanda GA, Murtagh RD, Santoni BG. Indirect decompression of lumbar stenosis with transpsoas interbody cages and percutaneous posterior instrumentation. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472:1784–1791. DOI: 10.1007/s11999-014-3464-6
6. Domínguez I, Luque R, Noriega M, Rey J, Alia J, Marco-Martínez F. Extreme lateral lumbar interbody fusion. Surgical technique, outcomes and complications after a minimum of one year follow-up. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017;61:8–18. DOI: 10.1016/j.recot.2016.09.001
7. Formica M, Berjano P, Cavagnaro L, Zanirato A, Piazzolla A, Formica C. Extreme lateral approach to the spine in degenerative and post traumatic lumbar diseases: selection process, results and complications. *Eur Spine J.* 2014;23 Suppl 6:684–692. DOI: 10.1007/s00586-014-3545-y
8. Navarro-Ramirez R, Berlin C, Lang G, Hussain I, Janssen I, Sloan S, Askin G, Avila MJ, Zubkov M, Härtl R. A new volumetric radiologic method to assess indirect decompression after extreme lateral interbody fusion using high-resolution intraoperative computed tomography. *World Neurosurg.* 2018;109:59–67. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.155
9. Pereira EA, Farwana M, Lam KS. Extreme lateral interbody fusion relieves symptoms of spinal stenosis and lowgrade spondylolisthesis by indirect decompression in complex patients. *J Clin Neurosci.* 2017;35:56–61. DOI: 10.1016/j.jocn.2016.09.010
10. Tessitore E, Molliqaj G, Schaller K, Gautschi OP. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): A single-center clinical and radiological follow-up study of 20 patients. *J Clin Neurosci.* 2017;36:76–79. DOI: 10.1016/j.jocn.2016.10.001
11. Tohmeh AG, Khorsand D, Watson B, Zielinski X. Radiographical and clinical evaluation of extreme lateral interbody fusion: effects of cage size and instrumentation type with a minimum of 1-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014;39:E1582–E1591. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000645
12. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta I, Taylor WR. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J.* 2006;6:435–443. DOI: 10.1016/j.spinee.2005.08.012
13. McAfee PC, Regan JJ, Geis WP, Fedder IL. Minimally invasive anterior retroperitoneal approach to the lumbar spine. Emphasis on the lateral BAK. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:1476–1484. DOI: 10.1097/00007632-199807010-00009
14. Wang MY, Vasudevan R, Mindea SA. Minimally invasive lateral interbody fusion for the treatment of rostral adjacent-segment lumbar degenerative stenosis without supplemental pedicle screw fixation. *J Neurosurg Spine.* 2014;21:861–866. DOI: 10.3171/2014.8.SPINE13841
15. Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg.* 2015;1:2–18. DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05
16. Lee DH, Lee DG, Hwang JS, Jang JW, Maeng DH, Park CK. Clinical and radiological results of indirect decompression after anterior lumbar interbody fusion in central spinal canal stenosis. *J Neurosurg Spine.* 2021;34:564–572. DOI: 10.3171/2020.7.SPIN E191335
17. Gagliardi MJ, Guiroy AJ, Camino-Willhuber G, Joaquim AF, Carrazzo CA, Yasuda E, Cabrera JP, Morales Ciancio AR. Is indirect decompression and fusion more effective than direct decompression and fusion for treating degenerative lumbar spinal stenosis with instability? A systematic review and meta-analysis. *Global Spine J.* 2023;13:499–511. DOI: 10.1177/21925682221098362
18. Kirnaz S, Navarro-Ramirez R, Gu J, Wipplinger C, Hussain I, Adjci J, Kim E, Schmidt FA, Wong T, Hernandez RN, Härtl R. Indirect decompression failure after lateral lumbar interbody fusion-reported failures and predictive factors: systematic review. *Global Spine J.* 2020;10(2 Suppl):S8–16S. DOI: 10.1177/2192568219876244
19. Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:1919–24. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
20. Elmose SF, Andersen GO, Carreon LY, Sigmundsson FG, Andersen MO. Radiological definitions of sagittal plane segmental instability in the degenerative lumbar spine – A systematic review. *Global Spine J.* 2023;13:523–533. DOI: 10.1177/21925682221099854
21. Khalsa AS, Eghbali A, Eastlack RK, Tran S, Akbarnia BA, Ledesma JB, Mundis GM. Resting pain level as a preoperative predictor of success with indirect decompression for lumbar spinal stenosis: a pilot study. *Global Spine J.* 2019;9:150–154. DOI: 10.1177/2192568218765986
22. Grogan J, Nowicki BH, Schmidt TA, Haughton VM. Lumbar facet joint tropism does not accelerate degeneration of the facet joints. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1997;18:1325–1329.
23. Крутко А.В., Сангинов А.Д. К вопросу об объеме предоперационного радиологического и томографического обследования пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2018;15(2):66–75. [Krutko A.V., Sanginov A.D. On the extent of preoperative radiological and ct examination of patients with degenerative diseases of the lumbar spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2018;15(2):66–75.] DOI: 10.14531/ss2018.2.66–75
24. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology.* 1988;166(1 Pt 1):193–199. DOI: 10.1148/radiology.166.1.3336678
25. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26:1873–1878. DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011
26. Steurer J, Roner S, Gnanat R, Hodler J, LumbSten Research Collaboration. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review. *BMC Musculoskeletal Disord.* 2011;12:175. DOI: 10.1186/1471-2474-12-175
27. Rajasekaran S, Venkatadass K, Naresh Babu J, Ganesh K, Shetty AP. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: Results from in-vivo serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs. *Eur Spine J.* 2008;17:626–643. DOI: 10.1007/s00586-008-0645-6

28. Khil EK, Choi JA, Hwang E, Sidek S, Choi I. Paraspinal back muscles in asymptomatic volunteers: quantitative and qualitative analysis using computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21:403. DOI: 10.1186/s12891-020-03432-w
29. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; (304):78–83.
30. Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутко А.В. Декомпрессия и стабилизация поясничного отдела позвоночника при его дегенеративной патологии. Необходимый минимум предоперационного обследования. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2025;32(2):375–384. [Leonova ON, Baykov ES, Krutko AV. Lumbar decompression and stabilization in degenerative disease: essential preoperative examinations. N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics. 2025;32(2):375–384]. DOI: 10.17816/vto636804 EDN: RXXMHY
31. Park D, Mummaneni PV, Mehra R, Kwon Y, Kim S, Ruan HB, Chou D. Predictors of the need for laminectomy after indirect decompression via initial anterior or lateral lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine.* 2020;32:781–787. DOI: 10.3171/2019.11.SPINE19314
32. Walker CT, Xu DS, Cole TS, Alhilali LM, Godzik J, Angel Estrada S, Pedro Giraldo J, Wewel JT, Morgan CD, Zhou JJ, Whiting AC, Farber SH, Martirosyan NL, Turner JD, Uribe JS. Predictors of indirect neural decompression in minimally invasive transpsoas lateral lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine.* 2021;35:80–90. DOI: 10.3171/2020.8.SPINE20676
33. Wang TY, Nayar G, Brown CR, Pimenta L, Karikari IO, Isaacs RE. Bony lateral recess stenosis and other radiographic predictors of failed indirect decompression via extreme lateral interbody fusion: multi-institutional analysis of 101 consecutive spinal levels. *World Neurosurg.* 2017;106:819–826. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.07.045
34. Nakashima H, Kanemura T, Satake K, Ishikawa Y, Ouchida J, Segi N, Yamaguchi H, Imagama S. Indirect decompression on MRI chronologically progresses after immediate postlateral lumbar interbody fusion: the results from a minimum of 2 years follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44:E1411–E1418. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003180
35. Shimizu T, Fujibayashi S, Otsuki B, Murata K, Matsuda S. Indirect decompression with lateral interbody fusion for severe degenerative lumbar spinal stenosis: minimum 1-year MRI follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2020;33:27–34. DOI: 10.3171/2020.1.SPINE191412
36. Li J, Xu TZ, Zhang N, Chen QX, Li FC. Predictors for second-stage posterior direct decompression after lateral lumbar interbody fusion: a review of five hundred fifty-seven patients in the past five years. *Int Orthop.* 2022;46:1101–1109. DOI: 10.1007/s00264-022-05313-4

Адрес для переписки:

Исааков Илья Дмитриевич
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивяяна,
doctorisakov@mail.ru

Address correspondence to:

Isakov Ilya Dmitrievich
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics
n.a. Ya.L.Tsivyan,
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,
doctorisakov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.06.2025

Рецензирование прошло 18.09.2025

Подписано в печать 07.11.2025

Received 04.06.2025

Review completed 18.09.2025

Passed for printing 07.11.2025

Илья Дмитриевич Исааков, младший научный сотрудник отделения вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 1255-9290, ORCID: 0000-0002-9228-3241, doctorisakov@mail.ru;

Абдугafур Джабборович Сангинов, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 3454-0039, ORCID: 0000-0002-4744-4077, Dr.sanginov@gmail.com;

Евгений Андреевич Мушкичев, младший научный сотрудник отделения вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 4250-4886, ORCID: 0000-0003-0346-3898, mushkachevi@gmail.com;

Алексей Владимирович Пелеганчук, канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения вертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, eLibrary SPIN: 2663-9450, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru.

Ilya Dmitrievich Isakov, junior researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 1255-9290, ORCID: 0000-0002-9228-3241, doctorisakov@mail.ru;

Abdugafur Jabborovich Sanginov, MD, PhD, researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 3454-0039, ORCID: 0000-0002-4744-4077, Dr.sanginov@gmail.com;

Evgeny Andreyevich Mushkachev, junior researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 4250-4886, ORCID: 0000-0003-0346-3898, mushkachevi@gmail.com;

Aleksey Vladimirovich Peleganchuk, MD, PhD, senior researcher, Research Department of Neurovertebrology, Head of the Department of Neurosurgery No. 2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, eLibrary SPIN: 2663-9450, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru.



РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КЛИНИКО-НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ И ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БАЛЛЬНОЙ ШКАЛЫ ИНДИ

Е.П. Самойлов^{1,2}, А.В. Семенов^{1,2,3}, В.А. Софоковиков^{2,3}, С.Н. Ларионов³

¹Иркутская городская клиническая больница № 3, Иркутск, Россия;

²Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск, Россия;

³Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Иркутск, Россия

Цель исследования. Оценить способность индекса неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ) достоверно стратифицировать пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника в зависимости от тактики лечения на основе ретроспективного анализа клинико-неврологических и нейровизуализационных данных.

Материал и методы. Проведен скрининг 176 пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночного канала, проходивших лечение в нейрохирургическом стационаре, из них 77 случаев включили в исследование по предопределенным критериям: группа 1 – консервативное лечение ($n = 22$), группа 2 – хирургическое лечение ($n = 41$), группа 3 – консервативное лечение, но выписаны без улучшения состояния под наблюдение ($n = 14$). Лечение пациентов проводили строго в соответствии с действующими клиническими рекомендациями «Дегенеративные заболевания позвоночника». Проведен статистический анализ различий между группами по шкале ИНДИ и оценена ее прогностическая значимость. ИНДИ использовали ретроспективно, на тактику лечения данные шкалы не повлияли.

Результаты. Группа 1 имела средний балл ИНДИ $2,58 \pm 1,46$; группа 2 – $6,30 \pm 1,36$; группа 3 – $2,90 \pm 0,36$. Пациенты группы 2 были моложе ($46,12 \pm 10,65$ против $53,90 \pm 10,66$ лет в группе 1; $p < 0,05$), у них наблюдались более выраженные парезы ($2,92 \pm 0,46$ против $1,63 \pm 1,50$; $p < 0,05$) и дегенеративные изменения ($p = 0$). Дискриминантный анализ подтвердил значимые различия между группами (лямбда Уилкса = $0,279$; $p = 0$), при этом ИНДИ и суммарные неврологические изменения были наиболее дискриминирующими факторами ($F = 92,78$ и $92,47$ соответственно). Точность стратификации составила 93,5 %.

Заключение. Шкала ИНДИ позволяет проводить единую оценку выраженности неврологических расстройств и дегенеративных изменений позвоночно-двигательного сегмента по данным нейровизуализации. ИНДИ продемонстрировал хорошую способность разделять группы в ретроспективной выборке, однако нуждается в дальнейших проспективных исследованиях для валидации метода.

Ключевые слова: моносегментарный стеноз шейного отдела позвоночника; дегенеративные заболевания позвоночника; нейровизуализация; индекс неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ); хирургическое лечение позвоночника.

Для цитирования: Самойлов Е.П., Семенов А.В., Софоковиков В.А., Ларионов С.Н. Ретроспективный анализ клинико-неврологических и дегенеративных изменений у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника на основе применения балльной шкалы ИНДИ // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 66–73. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.66-73>

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF CLINICAL, NEUROLOGICAL AND DEGENERATIVE CHANGES IN PATIENTS WITH SINGLE-LEVEL CERVICAL SPINAL STENOSIS BASED ON THE USE OF THE INDI SCALE

E.P. Samoilov^{1,2}, A.V. Semenov^{1,2,3}, V.A. Sorokovikov^{2,3}, S.N. Larionov³

¹Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, Irkutsk, Russia;

²Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

³Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, Irkutsk, Russia

Objective. To evaluate the ability of the Index of Neurological and Degenerative Impairments (INDI) to reliably stratify patients with single-level cervical spinal stenosis depending on treatment tactics, through a retrospective analysis of clinical, neurological, and neuroimaging data.

Material and Methods. A total of 176 patients with single-level cervical spinal stenosis treated in a neurosurgical hospital were screened. Of these, 77 patients were included in the study based on predefined criteria: Group 1 – conservative treatment ($n = 22$), Group 2 – surgical treatment ($n = 41$), and Group 3 – patients who received conservative treatment but were discharged without improvement and placed under observation ($n = 14$). Patients were treated strictly in accordance with the current Russian Clinical Guidelines for Degenerative Spinal Diseases. A statistical analysis of differences between the groups was performed using the INDI scale, and its prognostic significance was assessed. The INDI scale was used retrospectively, and the scale data did not influence treatment decisions.

Results. Group 1 had an average INDI score of 2.58 ± 1.46 , Group 2 – 6.30 ± 1.36 , and Group 3 – 2.90 ± 0.36 . Patients in Group 2 were younger (46.12 ± 10.65 vs. 53.90 ± 10.66 years in Group 1; $p < 0.05$), had more pronounced paresis (2.92 ± 0.46 vs. 1.63 ± 1.50 ; $p < 0.05$) and more severe degenerative changes ($p = 0$). Discriminant analysis confirmed significant differences between the groups (Wilks' lambda = 0.279; $p = 0$), with INDI score and total neurological impairment score being the most discriminating factors ($F = 92.78$ and 92.47 , respectively). The stratification accuracy was 93.5%.

Conclusion. The INDI scale allows for a unified assessment of the severity of neurological disorders and degenerative changes of the spinal motion segment based on neuroimaging data. It demonstrated a good ability to differentiate between groups in a retrospective sample, however, further prospective studies are required to validate the method.

Key Words: single-level cervical spinal stenosis; degenerative spinal diseases; neuroimaging; Index of Neurological and Degenerative Impairments (INDI); spinal surgery.

Please cite this paper as: Samoilov EP, Semenov AV, Sorokovikov VA, Larionov SN. Retrospective analysis of clinical, neurological and degenerative changes in patients with single-level cervical spinal stenosis based on the use of the INDI scale. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):66–73. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.66-73>

Более трети населения Земли испытывают боль в шею длительностью более 3 мес. [1]. Дегенеративная патология шейного отдела позвоночника является главной причиной боли в шее, поражения нервных корешков и прилегающего спинного мозга [2].

Распространенность дегенеративных изменений позвоночника в нашей стране составляет 51,2 на 1000 населения [3], увеличивается с возрастом как у мужчин, так и у женщин, чаще всего встречается у людей в возрасте от третьего до пятого десятилетия жизни [4, 5]. Исходя из данных мировой литературы, дегенеративные изменения шейного отдела позвоночника (ШОП), в частности стенозирование позвоночного канала, в 65,5 % случаев имеют полисегментарный характер и возникают на уровне сегментов C_5-C_6 или C_6-C_7 [6, 7]. Сильная корреляция между возрастом и количеством пораженных уровней ($r = 0,77$; $p < 0,0001$) указывает на то, что дегенерация чаще становится многоуровневой именно с возрастом. Из этого можно сделать вывод, что моносегментарный стеноз ШОП – заболевание преимущественно трудоспособного населения, что делает его социально значимой проблемой [8].

Единое унифицированное, общепринятое определение моносегментарного дегенеративного стеноза ШОП в литературе отсутствует, встречаются различные критерии, варьирующие по комбинации клинико-неврологических и МРТ-признаков. В настоящей работе мы используем

определение, взятое из действующих клинических рекомендаций Российской Федерации в рамках этой дефиниции, дегенеративный моносегментарный стеноз позвоночного канала на шейном уровне – это несоответствие вместимости костно-фиброзного футляра позвоночника его нервно-сосудистому содержимому на уровне одного позвоночно-двигательного сегмента (ПДС), возникающее вследствие патологического сужения центрального позвоночного канала, латерального кармана или межпозвонкового отверстия за счет вторжения костных, хрящевых или мягкотканых структур, проявляющееся клиническими симптомами компрессии и ишемии нервных корешков и/или спинного мозга [9].

Имеется большое количество клинико-неврологических и нейровизуализационных шкал дегенеративных изменений ШОП. К примеру, для оценки болевого синдрома используется ВАШ, для определения функционального статуса при дегенеративно-дистрофических изменениях ШОП – Neck Disability Index, шкала оценки шейной миелопатии – European Myelopathy Score, для оценки функциональных исходов – шкала Neck Pain and Disability Scale.

Актуален вопрос применения данных шкал в клинической практике с целью объективизации неврологических синдромов и данных нейровизуализации. В частности, авторами данной статьи представлен индекс

неврологических и дегенеративных изменений (ИНДИ) ПДС.

Цель исследования – оценка способности ИНДИ достоверно стратифицировать пациентов с моносегментарным стенозом ШОП в зависимости от тактики лечения на основе ретроспективного анализа клинико-неврологических и нейровизуализационных данных.

Материал и методы

Дизайн исследования: ретроспективное обсервационное когортное неконтролируемое, без рандомизации и ослепления.

Исследование проводилось в Иркутской городской клинической больнице № 3 с 2019 по 2024 г. В исследование включены 176 пациентов с диагнозом «моносегментарный стеноз ШОП», у которых ретроспективно (с помощью медицинских карт) проанализировали клинико-неврологические данные с использованием шкалы ИНДИ. Исключали пациентов с сопутствующей патологией (позвоночно-спинальная травма в любом периоде, патологии центральной и периферической нервной системы в анамнезе – опухоли, инфекционные, демиелинизирующие заболевания, полинейропатии различной этиологии и т.д.), не включали пациентов с полисегментарными дегенеративными изменениями позвоночника или неполными медицинскими записями. Окончательную выборку составили 77 пациентов, у которых приме-

Таблица 1

Индекс неврологических и дегенеративных изменений позвоночно-двигательного сегмента

А		Б	
Неврологические изменения	Балл	Дегенеративные изменения	Балл
Нет боли	0	Изменения внутри диска; грыжи Шморля	0
Локальная боль в позвоночнике	1	Протрузия межпозвонкового диска	0,01
Корешковая боль (с иррадиацией в конечность) и/или нарушения чувствительности, и/или изменения рефлексов	2	Грыжа межпозвонкового диска	0,02
Двигательные нарушения (парез, паралич)	3	Латеральный стеноз от 2,7 мм и менее в косой сагittalной проекции на шейном уровне, от 3 мм в диаметре — на поясничном уровне	0,03
Тазовые нарушения, полирадикулярный синдром	4	Сагittalный стеноз от 12 мм и менее на шейном уровне, от 12 мм — на поясничном уровне	0,04

нено эффективное консервативное ($n = 22$) и хирургическое ($n = 41$) лечение, а также получавшие консервативное лечение, но выписанные без улучшения состояния под наблюдение ($n = 14$). Пациенты получали как хирургическое, так и консервативное лечение в условиях стационара. Выбор тактики лечения осуществляли строго в соответствии с клиническими рекомендациями «Дегенеративные заболевания позвоночника» [9].

Методы оценки

Для оценки неврологических и дегенеративных изменений использовали ИНДИ. Индекс является патентной работой авторов (приоритетная справка № 2024136118/14 (080205) «Способ оценки дегенеративных изменений позвоночного канала»). Проводили неврологическое обследование и нейровизуализацию (МСКТ, МРТ), данные суммировали в баллах по ИНДИ (табл. 1). ИНДИ применяли только ретроспективно для исследовательской стратификации и не использовали при выборе тактики лечения. Группы сформированы после анализа документации и статистической обработки.

Статистический анализ

Данные обрабатывали в Microsoft Excel 2019 и Statistica 10. Использовали критерий Манна – Уитни для сравнения групп и дискриминантный анализ для выявления предикторов принадлежности пациента к одной из трех

групп в рамках дискриминантной модели и точности стратификации. Статистическая мощность – 80 % при $p = 0,05$.

Этическая экспертиза не проводилась из-за ретроспективного характера и соответствия клиническим рекомендациям.

Результаты

Проведен скрининг 176 историй болезни пациентов с дегенеративной патологией ШОП. По указанным выше критериям были исключены 99 (56,24 %) медицинских карт. В исследование включены 77 пациентов с моносегментарным дегенеративным стенозом ШОП. Ретроспективно сформированы группы консервативного и хирургического лечения (группы 1 и 2): 36 и 41 человек соответственно.

Средний возраст пациентов в группах 1 и 2 составил $53,16 \pm 10,09$ и $46,12 \pm 10,65$ года соответственно. В группе 1 – 14 мужчин и 22 женщины, в группе 2 – 27 мужчин и 14 женщин.

В ходе непараметрического анализа выявлена существенная статистическая разница между группами по ряду признаков (табл. 2).

Выявлена статистически значимая разница между группами по возрасту ($53,16 \pm 10,09$ и $46,12 \pm 10,65$ года; $p < 0,05$), полу (преобладание мужчин в группе хирургически пролеченных пациентов см. выше; $p < 0,05$), выра-

женности неврологических и дегенеративных изменений по ИНДИ: в группе 2 пациенты чаще отмечали корешковую боль и изменение рефлексов ($1,55 \pm 0,84$ и 2 соответственно; $p < 0,05$), также в данной группе преобладал сагittalный стеноз ($0,01333 \pm 0,01910$ и $0,02341 \pm 0,01995$ соответственно; $p < 0,05$).

Помимо этого, выявлена резкая статистическая разница ($p = 0$) по следующим признакам: наличие двигательных нарушений ($0,16 \pm 0,69$ и $2,92 \pm 0,46$ соответственно), суммарно неврологических изменений ($2,66 \pm 1,17$ и $6,24 \pm 1,35$), преобладание протрузий дисков в группе 1 ($0,005 \pm 0,050$ и 0) и грыж (как вариант, костно-хрящевых узлов) в группе 2 ($0,01 \pm 0,01$ и 0,02), суммарно дегенеративных изменений ($0,04 \pm 0,01$ и $0,06 \pm 0,01$), а также шкалы ИНДИ ($2,71 \pm 1,16$ и $6,30 \pm 1,36$ соответственно).

Эмпирическим путем была выделена группа 3, в которую вошли пациенты, получавшие консервативное лечение в соответствии с действующими клиническими рекомендациями, однако эффект от лечения оказался ниже ожидаемого, поэтому вопрос о дальнейшей тактике лечения остался открытым.

Проведен дискриминантный анализ, в ходе которого статистически подтверждено существование третьей группы пациентов, которая значимо

Таблица 2

Непараметрический анализ групп 1 и 2

Параметр	Сум. ранг 1	Сум. ранг 2	U	Z (скорр.)	ρ-уров. (скорр.)	N1	N2	Двухстор. (точное ρ)
Возраст	1701	1302	441	3,03	0,0024	36	41	0,0022
Пол	1603	1400	539	2,34	0,0190	36	41	0,0422
Нет боли	1404	1599	738	-0,05	0,9900	36	41	—
Локальная боль	1417	1586	725	0,30	0,7650	36	41	0,8990
Корешковая боль/рефлексы	1240	1763	574	-3,16	0,0016	36	41	0,0952
Двигательные нарушения	725	2278	59	-8,03	0,0000	36	41	0,0000
Тазовые нарушения	1332	1671	666	-1,90	0,0576	36	41	0,4676
Суммарные неврологические изменения	719	2284	53	-7,49	0,0000	36	41	0,0000
Протрузия межпозвонкового диска	1773	1230	369	5,13	0,0000	36	41	0,0001
Грыжа межпозвонкового диска	1035	1968	369	-5,13	0,0000	36	41	0,0001
Латеральный стеноз	1400	1603	734	-0,035	0,9660	36	41	0,9700
Сагиттальный стеноз	1218	1785	552	-2,19	0,0284	36	41	0,0579
Суммарные дегенеративные изменения	975	2028	309	-4,68	0,0000	36	41	0,0000
ИНДИ	683	2320	17	-7,45	0,0000	36	41	0,0000

отличается от двух других групп. Формирование данной группы обусловлено следующими факторами:

– дискриминантный анализ показал, что среди общей выборки пациентов выделяется кластер (дополнительная группа), который не может быть однозначно отнесен ни к группе консервативного лечения, ни к группе хирургического вмешательства;

– выявлено, что такие информативные параметры ($p = 0$), как суммарные неврологические изменения, частота сагиттального, фораминального стеноза, а также значение ИНДИ, значимо дискриминируют (различают) вышеуказанные три группы (средняя лямбда Уилкса – 0,279374). При этом наиболее значимы ИНДИ и суммарные неврологические изме-

нения ($F = 92,78$ и $92,47$ соответственно; табл. 3).

Вклад выявленных признаков в межгрупповую дисперсию был признан значимым ($p = 0$; табл. 4).

Эти различия свидетельствуют о том, что группа 3 представляет эмпирически выделенную выборку пациентов, статистически отличающуюся от двух других (табл. 3, 4). Пациенты этой группы получали консервативное лечение (включая эпидуральные блокады) и находились под динамическим наблюдением; вопрос хирургии для них оставался открытым и выходил за рамки данного ретроспективного анализа.

Обособление группы 3 не является субъективным решением, а подтверждено формальными математически-

ми методами (дискриминантным анализом).

Дополнительный статистический анализ показал значимые различия между этой группой и двумя основными, что исключает случайность ее формирования.

Выделение группы 3 является логически обоснованным и статистически подтвержденным шагом. Данный кластер пациентов требует отдельного анализа, поскольку отличается по ряду признаков и может представлять собой особую категорию с неоднозначными показаниями к хирургическому или консервативному лечению.

Таким образом, группа 1 была поделена на две: финальная группа – 122 пациента, эффективно пролеченных консервативно, и груп-

Таблица 3

Параметры дискриминантного анализа для оценки значимости факторов

Параметр	Лямбда Уилкса	Лямбда частная	F-исключ.	ρ-уровень	Толер.	1-толер. (R-кв.)
ИНДИ	0,304793	0,276735	92,781750	0,000000	0,000002	0,999998
Суммарные неврологические изменения	0,304069	0,277394	92,476880	0,000000	0,000002	0,999998
Сагиттальный стеноз	0,264680	0,318675	75,898650	0,000000	0,009295	0,990705
Латеральный стеноз	0,243954	0,345748	67,175820	0,000000	0,015718	0,984282

Таблица 4

Статистические показатели канонического дискриминантного анализа

Функция	Собств. знач.	Канонич. R	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат	Степень свободы	p-уровень
1	6,544202	0,931369	0,0843470	179,279300	8	0,000000
2	0,571512	0,603051	0,636330	32,772800	3	0,000000

Таблица 5

Коэффициенты линейных классификационных функций

Параметр	Группа 1 ($p = 0,28571$)	Группа 2 ($p = 0,53247$)	Группа 3 ($p = 0,18182$)
ИНДИ	3187,33	5713,55	5299,93
Суммарные неврологические изменения	3184,18	5706,83	5295,48
Сагиттальный стеноз	3102,82	5634,36	5242,93
Латеральный стеноз	3047,86	5569,42	5158,93
Константа	25,66	80,87	62,89

па пациентов ($n = 14$), у которых после проведенного лечения вопрос о хирургическом вмешательстве остается открытым (в дальнейшем – группа 3).

После вторичного анализа были получены следующие результаты. В группах 1 и 2 выявлена статистически значимая разница по возрасту ($53,90 \pm 10,66$ и $46,12 \pm 10,65$ года; $p < 0,05$); в группе 1 преобладали протрузии диска ($0,008 \pm 0,003$ и 0; $p = 0$), в то время как в группе 2 чаще отмечали корешковую боль и изменения рефлексов ($1,27 \pm 0,98$ и 2; $p = 0$), двигательные нарушения ($1,63 \pm 1,50$ и $2,92 \pm 0,46$; $p = 0$), суммарно более выраженные неврологические изменения по ИНДИ ($2,54 \pm 1,47$ и $6,24 \pm 1,35$; $p = 0$), преобладание грыж и костно-хрящевых разрастаний ($0,003 \pm 0,007$ и 0,020; $p = 0$), суммарно дегенеративных изменений ($0,04 \pm 0,01$ и $0,06 \pm 0,01$; $p = 0$) и большее значение индекса ($2,58 \pm 1,46$ и $6,30 \pm 1,36$; $p = 0$).

В группе 1 в сравнении с группой 3 корешковая боль наблюдалась реже ($1,27 \pm 0,98$ и 2,00; $p < 0,05$), чаще наблюдались протрузии дис-

ка ($0,008 \pm 0,003$ и 0,000; $p = 0$); значительно реже – грыжи диска ($0,003 \pm 0,007$ и 0,020; $p = 0$); в группе 3 суммарно дегенеративные изменения были более выражены ($0,040 \pm 0,010$ и $0,050 \pm 0,004$; $p < 0,05$), статистически значимо большее значение ИНДИ – 3 ($2,58 \pm 1,46$ и $2,90 \pm 0,36$; $p < 0,05$).

При сравнении групп 2 и 3 выявлено, что в группе 2 мужчин статистически больше, чем в группе 3 (27 мужчин и 14 женщин против 4 мужчин и 10 женщин соответственно; $p < 0,05$); в группе 2 чаще встречались парезы и параличи ($2,92 \pm 0,46$ и 0,00; $p = 0$), суммарно более выраженные по ИНДИ неврологические нарушения ($6,24 \pm 1,35$ и $2,85 \pm 0,36$; $p = 0$), более выраженные дегенеративные изменения ($0,060 \pm 0,010$ и $0,050 \pm 0,004$; $p < 0,05$) и большие значения ИНДИ ($6,30 \pm 1,36$ и $2,91 \pm 0,36$; $p = 0$).

В ходе дискриминантного анализа проведена оценка толерантности предикторов и возможных проблем мультиколлинеарности (табл. 4). Для расчета классификационных функций использовали четыре переменные: X_1 – неврологические изменения по ИНДИ; X_2 – латеральный стеноз;

X_3 – сагиттальный стеноз; X_4 – суммарное значение ИНДИ.

Анализ показал, что коэффициенты классификационных функций (табл. 5) имеют различные весовые значения, что свидетельствует о том, что предикторы вносят раздельный вклад в классификацию (табл. 4). Затем дополнительно проверена корреляция между переменными. Коэффициенты корреляции между предикторами не превышали критического уровня 0,7, что указывает на отсутствие выраженной мультиколлинеарности. Суммарное значение шкалы ИНДИ (X_4) коррелировало с отдельными неврологическими изменениями (X_1), но их одновременноеключение в модель было обосновано с клинической точки зрения.

Таким образом, проблемы мультиколлинеарности не выявлены, включенные переменные могут рассматриваться как независимые предикторы в модели.

На основе коэффициентов линейных функций, представленных выше, определяются значения функций F_1 , F_2 и F_3 для групп 1, 2 и 3 соответственно формулам:

$$F_1 = -25,66 - 3184,18 \times X_1 - 3047,86 \times X_2 - 3102,82 \times X_3 + 3187,33 \times X_4;$$

$$F_2 = -80,87 - 5706,83 \times X_1 - 5569,42 \times X_2 - 5634,36 \times X_3 + 5713,55 \times X_4;$$

$$F_3 = -62,89 - 5295,48 \times X_1 - 5158,93 \times X_2 - 5242,93 \times X_3 + 5299,93 \times X_4,$$

где X_1 – суммарные неврологические изменения по ИНДИ (максимум 10 баллов); X_2 – латеральный стеноз (0,03); X_3 – сагиттальный стеноз (0,04); X_4 – суммарное значение ИНДИ.

При значении F_1 больше F_2 и F_3 пациенту проводится консервативное лечение (группа 1), при F_2 больше F_1 и F_3 – показано хирургическое лечение (группа 2), при F_3 больше F_1 и F_2 пациенту проводится консервативное лечение с последующим наблюдением и решением вопроса о хирургическом лечении при неэффективности консервативного.

Дополнительные результаты исследования

При проверке линейными классифицирующими функциями предва-

рительно проведенной разбивки объектов на три группы точность группирования составила 93,5 %. Точность диагностики по решающим правилам имеет достоверность 81,8 % для группы 1, 97,5 % – для группы 2, 100,0 % – для группы 3. Недостаточность точности диагностики объясняется перекрытием этих групп.

Краткий пример: у пациента имеется локальная боль в позвоночнике – 1 балл; корешковая боль – 2 балла; парез в руке – 3 балла; тазовые нарушения – 4 балла; грыжа диска – 0,02 балла; латеральный стеноз – 0,03 балла; сагиттальный стеноз – 0,04 балла. Итого – А (10 баллов) + Б (0,09 балла) = 10,09 балла по ИНДИ.

По формуле: $X_1 = 10$; $X_2 = 0,03$; $X_3 = 0,04$; $X_4 = 10,09$.

$$F_1 = -25,66 - 3184,18 \times 10 - 3047,86 \times 0,03 - 3102,82 \times 0,04 + 3187,33 \times 10,09 = 77,13.$$

$$F_2 = -80,87 - 5706,83 \times 105569,42 \times 0,03 - 5634,36 \times 0,04 + 5713,55 \times 10,09 = 108,03.$$

$$F_3 = -62,89 - 5295,48 \times 10 - 5158,93 \times 0,03 - 5242,93 \times 0,04 + 5299,93 \times 10,09 = 94,05.$$

F_2 больше, чем F_1 и F_3 : по ИНДИ пациенту показано хирургическое лечение. Пример иллюстрирует модельную классификацию принадлежности к группе по значениям функций.

Решение о лечении принимали независимо от ИНДИ, в соответствии с клиническими рекомендациями; здесь приводится исключительно исследовательская демонстрация работы модели.

Обсуждение

В ходе проведенного исследования удалось определить различные признаки, которые характеризуют каждую из рассмотренных групп.

Во-первых, выявлено, что те пациенты, которым выполнено хирургическое вмешательство, оказались моложе тех, кто лечился консервативно. Объяснить данное явление можно следующей закономерностью: с возрастом степень неврологических проявлений дегенеративной патологии позвоночника, в том числе

и моносегментарных поражений ШОП, уменьшается [10]. Это обусловлено различными причинами дегенерации нервных структур: дисциркуляторными, дисметаболическими, возрастными и т.д.

Во-вторых, статистически чаще хирургическое вмешательство переносили мужчины, в то время как консервативно чаще лечили женщин. Мужское население среднего возраста наиболее активно вовлечено в трудовую деятельность, в том числе в физический труд, поэтому является наиболее распространенной группой больных, подлежащих хирургическому лечению.

В-третьих, в группе пациентов, которым показано хирургическое вмешательство, статистически чаще выявляли неврологические проявления – корешковые боли, изменения рефлексов, двигательные нарушения (парезы, параличи). Помимо этого, значительно чаще наблюдались экспрессии дисков (в том числе костно-хрящевые разрастания), осложненные сагиттальным стенозом позвоночного канала, и, напротив, в группе 1 чаще наблюдали невыраженное сдавление содержимого позвоночного канала (протрузии дисков). Все эти признаки имели решающую роль в принятии решения о хирургическом вмешательстве, что согласуется с действующими клиническими рекомендациями.

Выделение дополнительной группы 3 из группы 1 вытекало из статистической обработки данных. Кроме того, факт наличия группы больных, у которых вопрос об определении тактики лечения остается спорным, подтверждается клинической практикой. Согласно клиническим рекомендациям, такие пациенты подлежат консервативному лечению, при неэффективности которого предлагается хирургическое вмешательство.

После вторичной обработки данных между группами консервативного и хирургического лечения по-прежнему сохранялись общие тенденции: в группе 2 пациенты были младше в среднем на 7 лет, имели более выраженные неврологические (в том числе и двигательные

нарушения) и дегенеративные проявления. ИНДИ был значимо выше в группе 2. Однако прежняя разница по половому признаку в группах более не наблюдалась.

Между группами полностью консервативного лечения и группой 3, в которой вопрос о дальнейшей тактике лечения оставался спорным, также были выявлены статистические различия. В группе 3 чаще наблюдали корешковую боль и выявляли экспрессии дисков по сравнению с группой 1, где в большей мере встречали протрузии и менее выраженные неврологические проявления. ИНДИ был более высоким в группе 3. Значимой разницы по возрасту и полу в группах не было.

Пациенты, перенесшие хирургическое вмешательство, в сравнении с теми больными, которым проведено консервативное лечение, но вопрос о дальнейшей тактике оставался открытым, также имели ряд различий. В данном случае в группе 2 было больше мужчин, резко преобладали парезы и параличи, что значительно реже встречалось в группе 3. Также суммарная величина дегенеративных изменений и ИНДИ были статистически выше в группе 2.

Таким образом, группы 1 и 2 резко различают разница в возрасте пациентов, степень неврологических и дегенеративных изменений, что определяет показания для хирургического лечения. Группу 3 обосновывают два показателя: выраженность корешкового синдрома и дегенеративных изменений по сравнению с группой 1; значительно менее выраженный моторный дефицит и степень стеноза позвоночного канала в сравнении с группой 2.

Значение ИНДИ было статистически значимо различным во всех трех группах, что также их характеризует.

Для определения точности разделения пациентов по группам провели дискриминантный анализ. Было выявлено, что значения сагиттального, фораминального стеноза, а также значение ИНДИ значимо дискриминируют (различают) три группы, вклад этих признаков в межгрупповую дис-

персию подтверждены статистическими выкладками, указанными выше.

Далее с помощью формул мы определили значения функций F_1 , F_2 и F_3 для каждого конкретного пациента. На основании наибольшего значения F получили возможность распределить пациентов по соответствующим группам: при наибольшем F_1 – группа 1 (консервативное лечение); F_2 – группа 2 (хирургическое лечение); F_3 – группа 3 (консервативное лечение с последующим определением тактики лечения при неэффективности).

Точность разбивки пациентов на группы в общем составила 93,5 %. Для группы 1 точность – приблизительно 82 %, для группы 2 – 97,5 %, для группы 3 – 100 %. Определенное снижение точности диагностики, более всего выраженной в группе 1, на наш взгляд, связано с тем, что некоторые пациенты имели пограничные значения шкалы ИНДИ, что затрудняло их точное распределение. В нескольких случаях клинические данные (например, выраженность болевого синдрома) противоречили алгоритму классификации, что требует дальнейшего уточнения пороговых значений шкал.

Использование нового алгоритма выбора тактики лечения на основе ИНДИ может вызвать затруднение при ручном подсчете. Однако в виде программы-калькулятора или мобильного приложения данный метод будет удобен и легко применим в клинической практике.

Внедрение такой системы позволит автоматизировать процесс оценки пациентов, снизить субъективность интерпретации данных и упростить принятие решений врачами.

Полученные данные свидетельствуют, что ИНДИ хорошо различает группы в ретроспективной выборке. Эти результаты выглядят многообещающими с исследовательской точки зрения, однако необходимы проспективные исследования, внешняя валидация и сопоставление с признанными шкалами (например, mJOA/Nurick), прежде чем обсуждать их потенциальное прикладное использование.

Ограничения исследования. В данном исследовании есть ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации полученных данных. Ретроспективный характер исследования ограничивает доказательность из-за возможных ошибок или неполных данных в медицинских картах. Проведение работы в одном центре снижает обобщаемость результатов, так как региональные особенности могли повлиять на тактику лечения. Шкала ИНДИ, использованная в анализе, не прошла проспективную валидацию и не сравнивалась с другими методами оценки, например Nurick или mJOA, что затрудняет подтверждение ее прогностической ценности. Небольшие выборки и отсутствие коррекции p -значений для множественных сравнений могут исказить статистические выводы. Кроме того, не учитывали влияние сопутствующих

заболеваний, таких как остеопороз или диабет, а также различия между хирургическими подходами, что требует дальнейшего изучения.

Заключение

Исследование продемонстрировало, что ИНДИ эффективно стратифицирует пациентов с моносегментарным стенозом ШОП. Ретроспективный анализ выявил три группы пациентов (подвергшихся консервативному лечению, хирургическому вмешательству и с неопределенной тактикой лечения), отличающихся по клиническим и нейровизуализационным характеристикам. Точность стратификации составила 93,5 %, что подтверждает диагностическую и клиническую значимость ИНДИ. Метод позволяет интегрировать неврологические и дегенеративные данные в единую оценку, упрощая выбор тактики лечения. Для окончательной валидации и широкого внедрения ИНДИ в клиническую практику требуются дальнейшие проспективные исследования.

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, прошли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Hurwitz EL, Randhawa K, Yu H, Côté P, Haldeman S. The Global Spine Care Initiative: a summary of the global burden of low back and neck pain studies. *Eur Spine J.* 2018;27(Suppl 6):796–801. DOI: 10.1007/s00586-017-5432-9
2. Shang Q, Wang D, Wang D, Peng P, Wang H, Jia H, Mao J, Gao C, Du M, He X, Ma Y, Zheng C, Yang L, Luo Z, Hu X. Facet joint degeneration – An initial procedure of the cervical spine degeneration. *JOR Spine.* 2023;6:e1241. DOI: 10.1002/jsp2.1241
3. Чертков А.К., Кутепов С.М., Мухочев В.А. Лечение остеохондроза поясничного отдела позвоночника протезированием межпозвонковых дисков функциональными эндопротезами. *Травматология и ортопедия России.* 2000;(3):58–62. [Chertkov AK, Kuteпов SM, Mukhochev VA. Treatment of lumbar spine osteochondrosis by intervertebral disc replacement with functional endoprostheses. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2000;(3):58–62.]
4. Sharrik S, Al Khalili Y. Cervical Disc Herniation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. PMID: 31536225
5. Swanson BT, Creighton D. Cervical disc degeneration: important considerations for the manual therapist. *J Man Manip Ther.* 2022;30:139–153. DOI: 10.1080/10669817.2021.2000089
6. Sefo H, Ahmetspahic A, Hajdarasic E, Barucija M, Mustic M. Surgical treatment of the patients with cervical disc herniation at Clinical Center of University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina. *Med Arch.* 2021;75:116–121. DOI: 10.5455/medarh.2021.75.116-121

7. Guan Q, Xing F, Long Y, Xiang Z. Cervical intradural disc herniation: A systematic review. *J Clin Neurosci.* 2018;48:1–6. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.10.024
8. Tao Y, Galbusera F, Niemeyer F, Samartzis D, Vogebe D, Wilke HJ. Radiographic cervical spine degenerative findings: a study on a large population from age 18 to 97 years. *Eur Spine J.* 2021;30:431–443. DOI: 10.1007/s00586-020-06615-0
9. Крылов В.В., Усачев Д.Ю., Крутко А.В., Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Гринь А.А., Байков Е.С., Леонова О.Н., Генов П.Г., Бадалов Н.Г., Абдулкина Н.Г., Аверьянов Д.А., Волков И.В., Вострецова Ю.В., Герасименко М.Ю., Глебов М.В., Горячева К.В., Гуща А.О., Еремушкин М.А., Кошелев Р.В., Мириотова Н.Ф., Новиков Ю.О., Сороковиков В.А., Шаринова И.А., Яхьяев Д.М., Капровой С.В. *Дегенеративные заболевания позвоночника. Клинические рекомендации.* Москва, 2024. [Krylov VV, Usachev DYu, Krutko AV, Konovalov NA, Nazarenko AG, Grin AA, Baykov ES, Leonova ON, Genov PG, Badalov NG, Abdulkina NG, Averyanov DA, Volkov IV, Vostretsova YuV, Gerasimenko MYu, Glebov MV, Goryacheva KV, Gushcha AO, Eremushkin MA, Koshelev RV, Miryutova NF, Novikov YuO, Sorokovikov VA, Sharinova IA, Yakhyaev DM, Kaprovoy SV. *Degenerative Diseases of the Spine. Clinical Recommendations.* Moscow, 2024. [Electronoc resource]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/826_1
10. Brinjikji W, Luetmer PH, Comstock B, Bresnahan BW, Chen LE, Deyo RA, Halabi S, Turner JA, Avins AL, James K, Wald JT, Kallmes DF, Jarvik JG. Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *AJR Am J Neuroradiol.* 2015;36:811–816. DOI: 10.3174/ajnr.A4173

Адрес для переписки:

Самойлов Егор Павлович
664007, Россия, Иркутск, ул. Тимирязева, 31,
Иркутская городская клиническая больница № 3,
samoilov1996@mail.ru

Address correspondence to:

Samoilov Egor Pavlovich
Irkutsk City Clinical Hospital No. 3,
31 Timiryazeva srt, Irkutsk, 664007, Russia,
samoilov1996@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16.06.2025

Рецензирование прошло 01.12.2025

Подписано в печать 03.12.2025

Received 16.06.2025

Review completed 01.12.2025

Passed for printing 03.12.2025

Егор Павлович Самойлов, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, Иркутская городская клиническая больница № 3, Россия, 664007, Иркутск, ул. Тимирязева, 31; аспирант кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 4432-0248, ORCID: 0009-0004-0937-409X, samoilov1996@mail.ru;

Александр Валерьевич Семенов, д-р мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии, Иркутская городская клиническая больница № 3, Россия, 664007, Иркутск, ул. Тимирязева, 31; старший научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1; доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 6076-2010, ORCID: 0000-0002-2547-7812, 7enov2001@mail.ru;

Владимир Алексеевич Сороковиков, д-р мед. наук, проф., докторант, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1; заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования, Россия, 664049, Иркутск, мкр-н Юбилейный, 100, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, svladimir10@gmail.com;

Сергей Николаевич Ларионов, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник научно-клинического отдела нейрохирургии, Иркутский научный центр хирургии и травматологии, Россия, 664003, Иркутск, Борцов Революции, 1, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru.

Egor Pavlovich Samoilov, neurosurgeon at the Neurosurgery Department of the Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, 31 Timiryazeva srt, Irkutsk, 664007, Russia; postgraduate student at the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 4432-0248, ORCID: 0009-0004-0937-409X, samoilov1996@mail.ru;

Aleksandr Valeryevich Semenov, DMSc, Head of the Neurosurgery Department at the Irkutsk City Clinical Hospital No. 3, 31 Timiryazeva srt, Irkutsk, 664007, Russia; senior researcher at the Neurosurgery Clinical Research Department of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; associate professor at the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery of the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 6076-2010, ORCID: 0000-0002-2547-7812, 7enov2001@mail.ru; Vladimir Alekseevich Sorokovikov, DMSc, Professor, director of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia; head of the Department of Traumatology, Orthopedics, and Neurosurgery at the Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – branch of RMAPO, 100 Yubileiny District, Irkutsk, 664049, Russia, eLibrary SPIN: 8379-4458, ORCID: 0000-0002-9008-6383, svladimir10@gmail.com;

Sergey Nikolaevich Larionov, DMSc, leading researcher of the scientific and clinical department of neurosurgery of the Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology, 1 Bortsov Revolyutsii str., Irkutsk, 664003, Russia, eLibrary SPIN: 6720-4117, ORCID: 0000-0001-9189-3323, snlar@mail.ru.



ОСТЕОХОНДРОМА ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТКИ С МНОЖЕСТВЕННОЙ ЭКЗОСТОЗНОЙ ХОНДРОДИСПЛАЗИЕЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

М.С. Асадулаев, С.В. Виссарионов, Д.Б. Маламашин, А.Д. Нилов, Т.В. Мурашко

Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Туфнефа, Санкт-Петербург, Россия

Представлены результаты хирургического лечения пациентки 14 лет с редкой патологией вертебрологического профиля — множественной экзостозной хондродисплазией с поражением позвоночного столба. Применены клинический, рентгенологический, МРТ, гистологический, лабораторный методы обследования. Наблюдение демонстрирует массивное объемное образование позвоночного столба проекционными размерами $97 \times 70 \times 72$ мм. У пациентки отмечено сужение межпозвонковых отверстий с признаками компрессии корешков L₁—L₂, L₂—L₃ слева, вторичная деформация и оттеснение краинально 12-го ребра слева.

Ключевые слова: множественная экзостозная хондродисплазия; остеохондрома позвонка; дисхондроплазия; дети; ортопедия; деформация позвоночника; стабилизация деформации.

Для цитирования: Асадулаев М.С., Виссарионов С.В., Маламашин Д.Б., Нилов А.Д., Мурашко Т.В. Остеохондрома грудопоясничного отдела позвоночника у пациентки с множественной экзостозной хондродисплазией: клиническое наблюдение // Хирургия позвоночника. 2025. Т. 22, № 4. С. 74–84.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.74-84>

THORACOLUMBAR OSTEOCHONDROMA IN A PATIENT WITH MULTIPLE EXOSTOTIC CHONDRODYSPLASIA: A CASE REPORT

M.S. Asadulaev, S.V. Vissarionov, D.B. Malamashin, A.D. Nilov, T.V. Murashko

H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, Saint Petersburg, Russia

The results of surgical treatment of a 14-year-old female patient with a rare vertebral disorder, multiple exostotic chondrodysplasia with spinal column involvement, are presented. Clinical, radiographic, MRI, histological and laboratory examinations were carried out. The observation revealed a massive space-occupying lesion in the spinal column with projected dimensions of $97 \times 70 \times 72$ mm. The patient had narrowing of the intervertebral foramina with signs of compression of the L₁—L₂ and L₂—L₃ nerve roots on the left, secondary deformity and cranial displacement of the 12th rib on the left.

Key Words: multiple exostotic chondrodysplasia; vertebral osteochondroma; dyschondroplasia; children; orthopedics; spinal deformity; deformity stabilization.

Please cite this paper as: Asadulaev MS, Vissarionov SV, Malamashin DB, Nilov AD, Murashko TV. Thoracolumbar osteochondroma in a patient with multiple exostotic chondrodysplasia: a case report. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2025;22(4):74–84. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.4.74-84>

Остеохондрома представляет собой одну из наиболее распространенных доброкачественных опухолей костной ткани, на ее долю приходится 20–50 % наблюдений [1, 2]. В 85 % случаев остеохондromы возникают спорадически в виде одиночных костно-хрящевых экзостозов, одновременно с этим в 15 % наблюдений встречается наследственная форма множественной экзостозной хондродисплазии (МЭХД) [3–5], которая характеризуется образованием нескольких костно-хрящевых экзостозов в костных

структурках периферического и осевого скелета [6–8].

МЭХД демонстрирует аутосомно-доминантный тип наследования с неполной пронетрантностью у женщин, что приводит к небольшому преобладанию мужчин с данной патологией. Распространенность заболевания оценивается как 1 случай на 50 000 человек [9, 10]. Количество экзостозов, степень и тип деформации скелета, а также частота злокачественной трансформации значительно различаются даже в пределах одной семьи.

Диагностическим критерием МЭХД в соответствии с классификацией опухолей мягких тканей и костей Всемирной организации здравоохранения (5-е издание) является наличие двух и более рентгенологических остеохондром в околоэпифизарной области длинных трубчатых костей и положительный семейный анамнез и/или мутация зародышевой линии *EXT* гена [11].

Цель исследования – представление редкого клинического наблюдения гигантской остеохондромы гру-

допоясничного отдела позвоночника у пациентки с МЭХД.

Описание клинического наблюдения

Пациентка Б. поступила в отделение в возрасте 14 лет в связи с выраженным прогрессирующим объемным образованием грудопоясничного отдела позвоночника. Консультирована по системе телемедицинских консультаций федерального и регионального уровней специалистами травматолого-ортопедического отделения № 2 НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера (Санкт-Петербург). Рекомендована госпитализация в стационар для дополнительного обследования и хирургического лечения.

Анамнез заболевания

С 2020 г. наблюдается амбулаторно по месту жительства по поводу множественных костно-хрящевых экзостозов. В 2025 г. в возрасте 13 лет оперирована по поводу экзостоза правой голени.

Анамнез жизни

Диагноз установлен в 9 лет. Аллергоанамнез спокойный. От третьей беременности, которая протекала с угрозой выкидыша, заболеваниями (анемия, гестоз), роды у матери первые, срочные. Масса при рождении – 3370 г, длина – 52 см. Данных семейного анамнеза о наследственности по экзостозной хондродисплазии нет.

При осмотре определяется выраженное объемное образование грудопоясничного отдела позвоночника, значительно выступающее в проекции

левой паравертебральной и поясничной области (рис. 1).

Результаты обследования

При поступлении пациентке провели комплексное лабораторное обследование, включавшее общий анализ крови, коагулограмму, определение группы крови и резус-фактора, биохимическое исследование крови, длительность кровотечения. Для определения наличия объемных образований конечностей и осевого скелета выполнили цифровую панорамную рентгенографию в двух проекциях (рис. 2).

У пациентки определяется деформация поясничных позвонков L₁–L₄ с нарушением структурности трабекулярного рисунка и субхондральных отделов с массивными разрастаниями кортикального слоя на уровне дуг и боковых отделов слева в виде плюс-



Рис. 1

Внешний вид пациентки 14 лет, при клиническом осмотре отмечается объемное образование грудопоясничного отдела позвоночника, ближе к задней срединной линии тела – линии остистых отростков, при пальпации «под кожей» – образование костной плотности, несмываемое, кожные покровы подвижные: **а** – вид сзади; **б** – вид сбоку (слева); **в** – вид сбоку (справа)



Рис. 2

Панорамная рентгенография скелета пациентки 14 лет в переднезадней (**а**) и боковой (**б**) проекциях: типичные признаки костно-хрящевых экзостозов (выделены красным цветом) длинных трубчатых костей (плечевых, бедренных) и плоских костей (единичные в ребрах, костях таза – левая лонная кость, поясничных позвонков)

ткани костной плотности с неравномерной минерализацией с проекционными размерами $97 \times 70 \times 72$ мм, с неровными, четкими контурами. Вторичная

деформация и оттеснение крациальнно 12-го ребра слева. Вторичная правосторонняя сколиотическая деформация поясничного отдела до 10° по Cobb.

Переходный симметричный пояснично-крестцовый позвонок.

Данные неврологического осмотра: сознание ясное, в пространстве

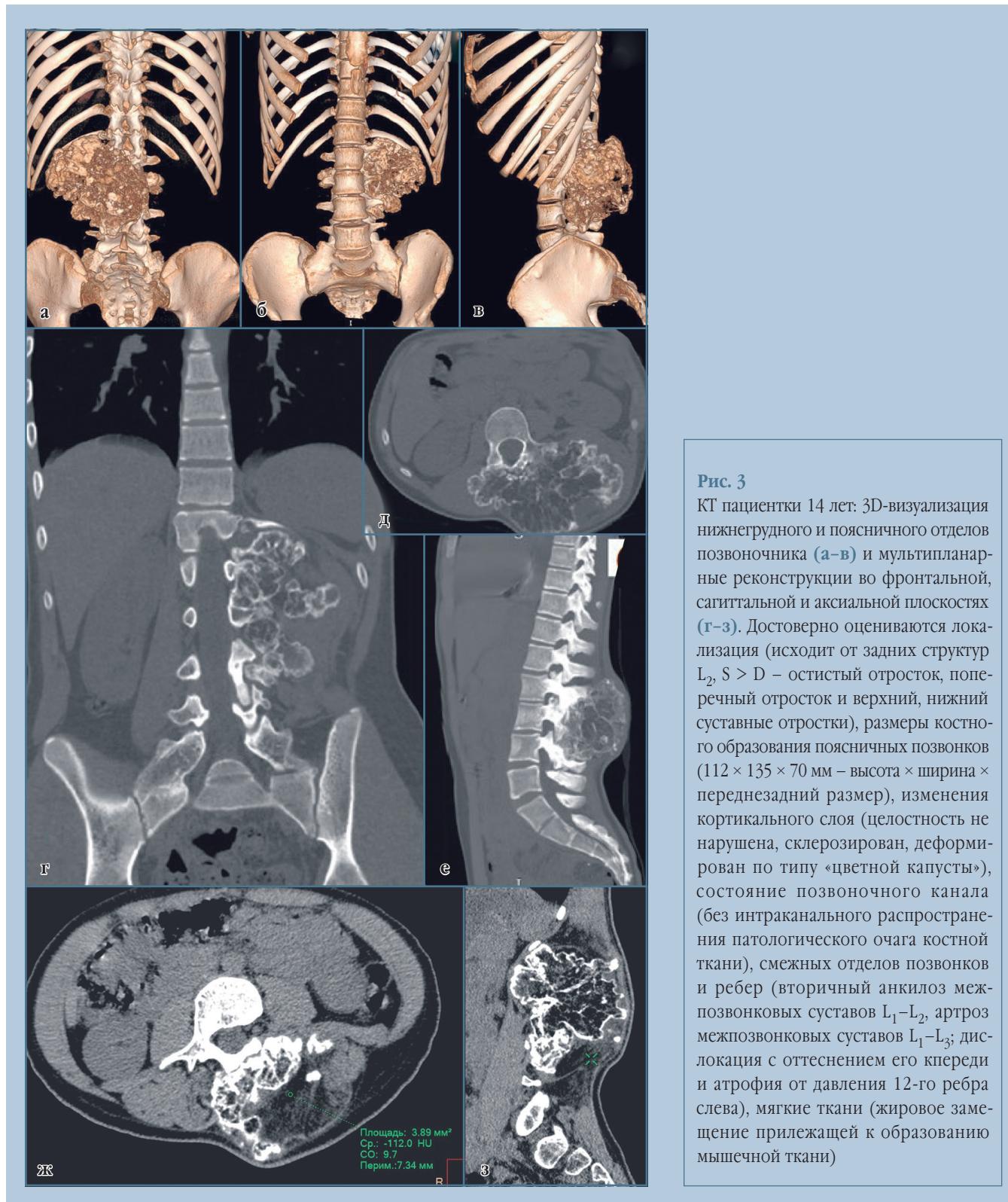


Рис. 3

КТ пациентки 14 лет: 3D-визуализация нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника (а-в) и мультипланарные реконструкции во фронтальной, сагиттальной и аксиальной плоскостях (г-з). Достоверно оцениваются локализация (исходит от задних структур L₂, S > D – остистый отросток, попоперечный отросток и верхний, нижний суставные отростки), размеры костного образования поясничных позвонков ($112 \times 135 \times 70$ мм – высота \times ширина \times переднезадний размер), изменения кортикального слоя (целостность не нарушена, склерозирован, деформирован по типу «цветной капусты»), состояние позвоночного канала (без интраканального распространения патологического очага костной ткани), смежных отделов позвонков и ребер (вторичный анкилоз межпозвонковых суставов L₁-L₂, артроз межпозвонковых суставов L₁-L₃; дислокация с оттеснением его кпереди и атрофия от давления 12-го ребра слева), мягкие ткани (жировое замещение прилежащей к образованию мышечной ткани)

и времени ориентирована. Мышечный тонус физиологический, симметричный. Мышечная сила снижена в нижних конечностях, в проксимальных отделах (при тестах с нагрузкой). Наружение чувствительности по наружной поверхности правой голени (в феврале 2025 г. оперирована по поводу экзостоза правой нижней конечности). Гипотрофия мышц голени слева, величина стопы меньше, чем справа. Сухожильные рефлексы живые, снижены коленные, преимущественно слева. Патологических рефлексов нет. Физиологические отравления контролирует. Ходит самостоятельно, ходьба на носках и пятках сохранена.

Для топической диагностики разрастания, а также для планирования рационального доступа к новообразованию в предоперационном периоде пациентке выполнили мультиспиральную КТ (рис. 3).

Для определения мягкотканного компонента объемного образования, а также с целью определения возможного поражения невральных структур пациентке в предоперационном периоде выполнили МРТ (рис. 4–6).

Величина хрящевого компонента на вершине остеохондromы имеет максимальный размер до 0,8 см. У детей толщина хрящевой оболочки может достигать 3 см [21]. Наличие дольчатости структуры патологического образования без кистозных компонентов (основная масса образования имеет характеристики МР-сигнала, соответствующие костному мозгу и жировой ткани), отека прилегающих мягких тканей нет. Незначительная вторичная деформация заднелевой стенки позвоночного канала на уровне L₁–L₂, без интраканальных изменений. Паравертебральные мягкие ткани вторично оттеснены образованием, в том числе *m. psoas major sinistra*.

После комплексного обследования результаты коллегиально обсудили специалисты травматолого-ортопедического отделения № 2 НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера. Учитывая массивность объемного образования, а также его потенциальную малигнизацию, приняли решение

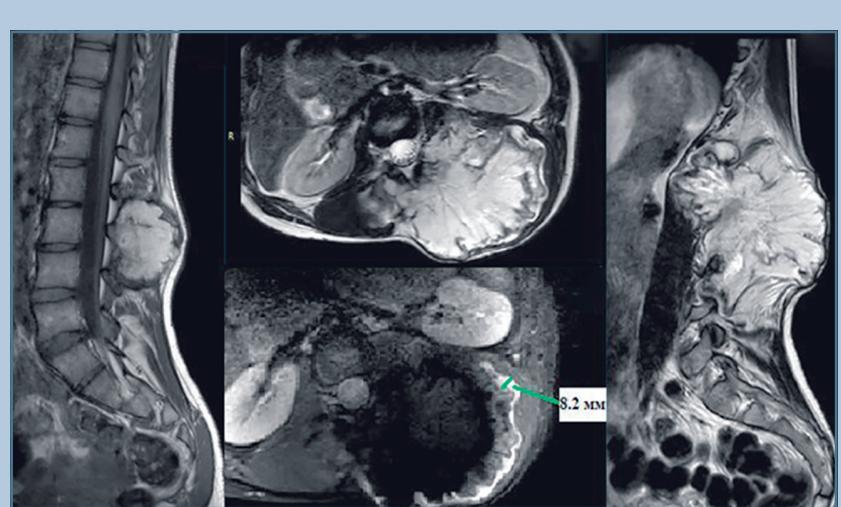


Рис. 4

МРТ пояснично-крестцового отдела позвоночника пациентки 14 лет: сагittalные и аксиальные изображения STIRSE-режим и T2-ВИ (картина крупного экзофитного костно-хрящевого образования – остеохондромы задних структур позвонков поясничного отдела, S > D, остеохондромы на уровне L₁–L₂ в аксиальной плоскости)

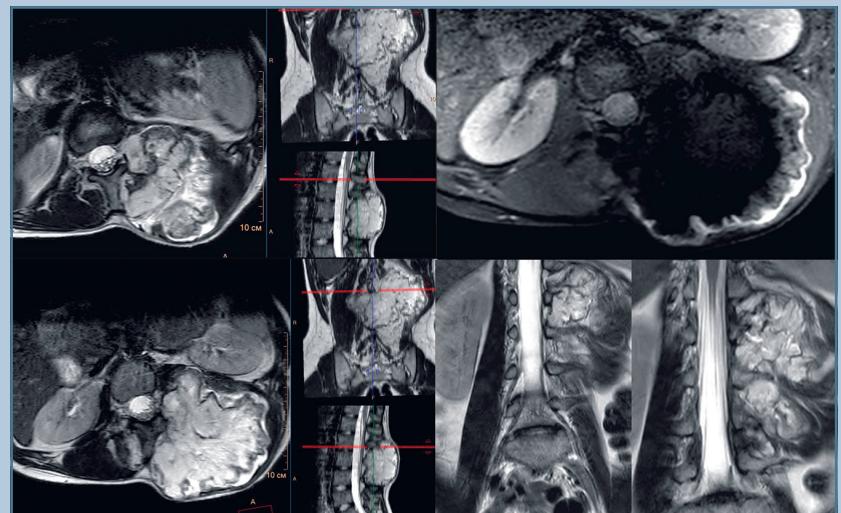


Рис. 5

МРТ поясничного отдела позвоночника: аксиальные изображения на уровне L₁–L₂ (T2-ВИ, режим STIR) и L₂–L₃ (T2-ВИ), на коронарных срезах T2-ВИ костное образование, исходящее из левой ножки позвонка L₂ с деформацией – ремоделированием и сужением межпозвонкового отверстия слева (с признаками компрессии корешков L₁–L₂ и L₂–L₃ слева)

о радикальном удалении образования, коррекции и стабилизации позвоночно-двигательного сегмента задней многоопорной металлоконструкцией.

Хирургическое вмешательство
Операцию выполняли в условиях общей комбинированной анестезии. Укладка пациентки: лежа на живо-

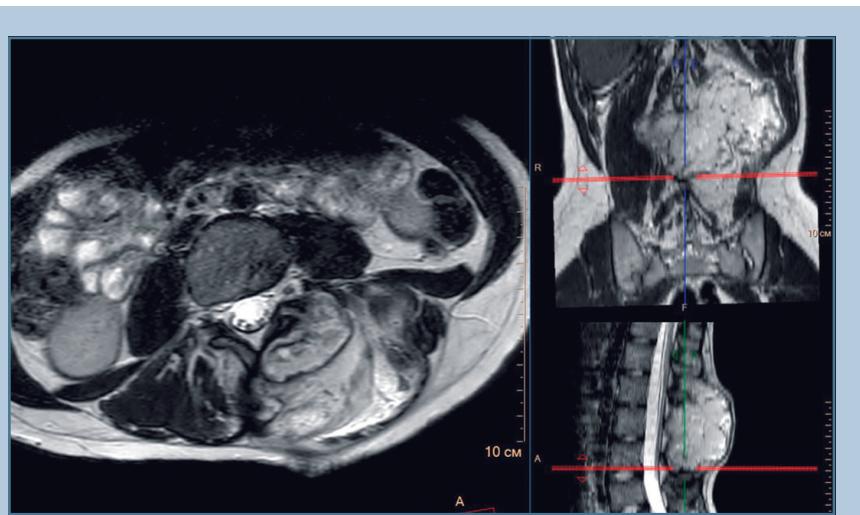


Рис. 6

Аксиальные Т2-ВИ на уровне L₄–L₅, демонстрирующие деформацию межпозвонкового отверстия с атипичным положением корешка слева: оттеснен кпереди и медиально костным образованием задних структур поясничных позвонков



Рис. 7

Внешний вид зоны хирургического вмешательства после укладки пациентки (а) и внешний вид патологического образования после выполнения доступа (б)

те с разгрузкой передней грудной и брюшной стенки (рис. 7а). Кожный разрез выполняли в проекции середины объемного образования (параvertebralно слева) на уровне от Th₁₂ до L₄ позвонков длиной 16 см. Послойно рассекали мягкие ткани, тупо и остро выполнили скелетирование объемного образования (рис. 7б).

С учетом массивности костно-хрящевого образования удаление патологической ткани выполняли путем кускования с применением костных кусачек Люэра и Керрисона. Гемостаз осуществляли с помощью костно-

го воска и bipolarного коагулятора. Протяженность дефекта задней стенки позвоночного канала составила 72 мм. Резецировано 3 фасеточных сустава по левой стороне. Протяженность металлофиксации определяли объемом резекции патологических тканей. После резекции патологической ткани сформировали транспедикулярные костные каналы методом «свободной руки» в телах L₁, L₂, L₃ позвонков с правой стороны относительно линии остистых отростков, в телах позвонков Th₁₂, L₃ позвонков – слева. Такое формирование костных кан-

лов для транспедикулярных опорных элементов металлоконструкции обусловлено объемом удаления патологически измененных костных структур позвоночного столба в этой зоне. Выполнили мануальный и рентгенконтроль. Положение рентген-меток правильное и корректное, стенки костных каналов сформированы. В сформированные костные каналы имплантировали 5 транспедикулярных опорных элементов. Диаметр стержня – 5,5 мм. Разный уровень установки металлоконструкции обусловлен объемом патологического процесса и необходимостью удаления измененных костных структур в пределах здоровых тканей. При интраоперационном рентгенологическом контроле система стабильна, положение имплантата корректное (рис. 8).

Гемостаз раны. Контроль операционного поля на инородные тела. Установили раневую дренажную систему. Операционную рану послойно ушили наглухо отдельными узловатыми швами. Непрерывный шов подкожно-жировой клетчатки и кожи.

Длительность хирургического вмешательства составила 245 мин, интраоперационная кровопотеря – 1800,0 мл. Неврологический статус ребенка после пробуждения на дооперационном уровне.

Послеоперационный период протекал гладко. С учетом обширной полости после удаления объемного образования длительность дренирования продлили до 96 ч. Суммарное количество отделяемого с момента операции – до 800,0 мл серозно-геморрагического характера. Антибиотикопрофилактика в течение 48 ч. Пациентка вертикализирована на 2-е сут после операции. В раннем послеоперационном периоде отмечалась постгеморрагическая анемия. Получала консервативное лечение (ЛФК, дыхательная гимнастика), симптоматическую терапию.

После адаптации ребенка к вертикальной нагрузке, на 5-е сут после операции, выполнили рентген-контроль и МСКТ-контроль (рис. 9–11).

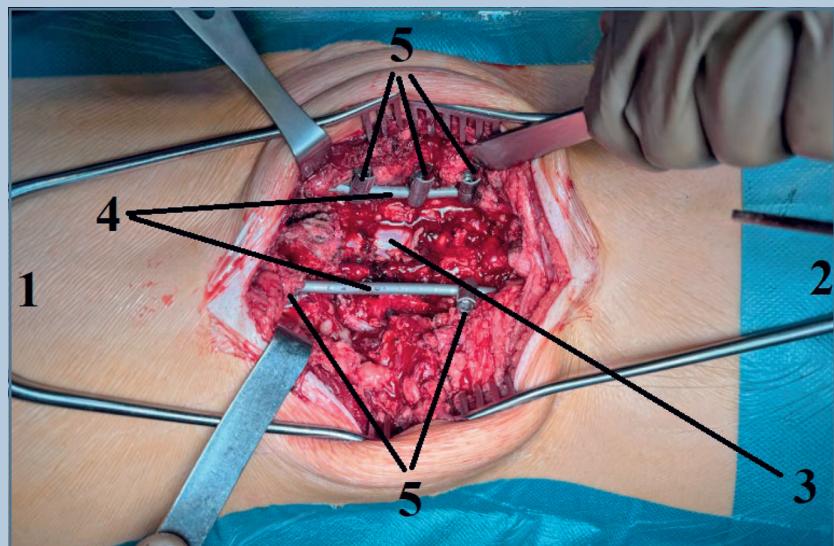


Рис. 8

Внешний вид области хирургического вмешательства после радикального удаления объемного образования и стабилизации позвонков в зоне резекции многоопорной спинальной металлоконструкцией: 1 – головной конец раны; 2 – ножной конец раны; 3 – дуральный мешок (зона ламинэктомии); 4 – стержни многоопорной металлоконструкции (диаметр 5,5 мм); 5 – опорные элементы металлоконструкции

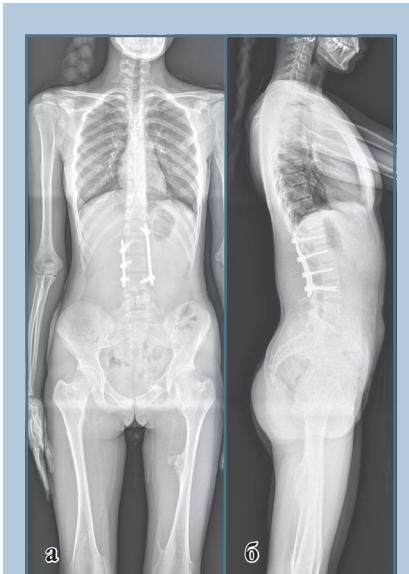


Рис. 9

Панорамная рентгенография пациентки 14 лет в переднезадней (а) и боковой (б) проекциях (при статической нагрузке): ось позвоночника во фронтальной плоскости не искривлена, без выраженной патологической ротации позвонков; междужковый коэффициент сохранен, нечеткость визуализации корней дуг поясничных позвонков слева; высота тел позвонков и межпозвонковых пространств сохранена; замыкательные пластинки тел позвонков грудного и поясничного отделов четкие, ровные; установлена металлоконструкция – транспедикулярные винты Th₁₂S, L₁D, L₂D, L₃DS; в сагиттальной плоскости гладкость изгибов, задняя позвонковая линия ровная



Рис. 10

На серии аксиальных срезов при построении мультипланарных и объемных реконструкций поясничного отдела позвоночника определяется состояние после хирургического лечения; выполнена резекция костно-хрящевого экзостоза остигшегося отростка L₂ позвонка в пределах неизмененной костной ткани; фиксация 2-стержневой многоопорной металлоконструкцией; позвоночный канал проходит на всем протяжении; участков костной плотности интраканально не выявлено

гистологического исследования представлены на рис. 13.

Прогноз

С учетом возраста пациентки, а также продолжающегося костного роста планируется динамическое наблюдение.

Обсуждение

Большинству пациентов диагноз МЭХД устанавливается в возрасте

Послеоперационная рана зажила первичным натяжением, снятия швов не требовалось. Пациентка адаптирована к вертикальной нагрузке (рис. 12).

Удаленный в ходе хирургического вмешательства материал направили в патоморфологическую лабораторию для верификации диагноза. Результаты

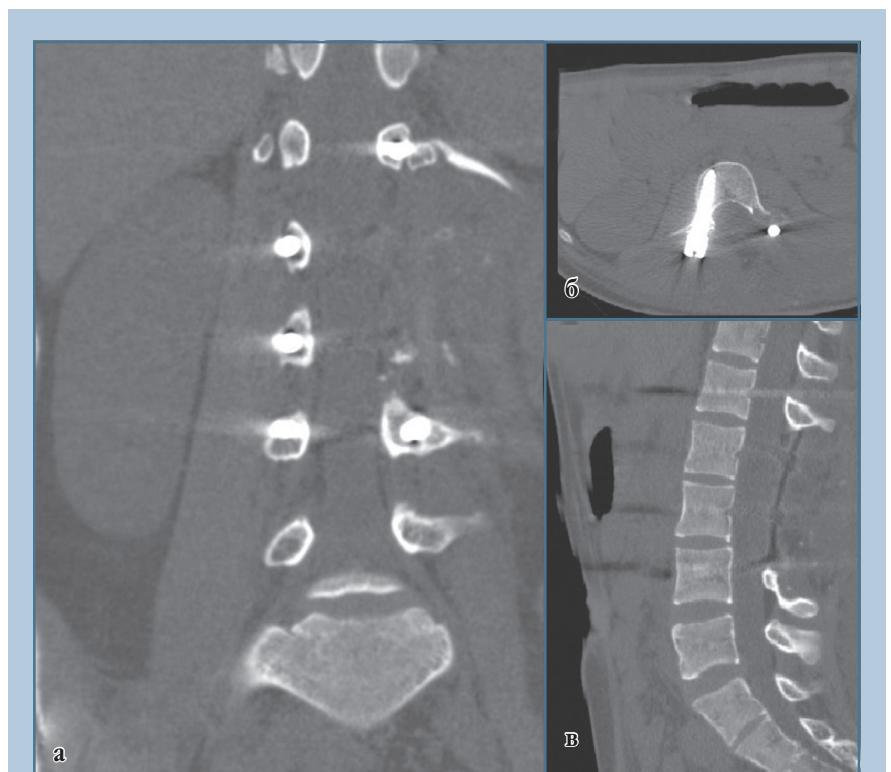


Рис. 11

МСКТ пациентки 14 лет в режиме мультипланарной реконструкции: **а** – положение опорных элементов в корнях дуг позвонков; **б** – положение опорного элемента металлоконструкции на уровне L₁ позвонка; **в** – костный дефект задних костных структур в зоне удаления объемного образования

5–12 лет [6, 12]. У ряда пациентов течение заболевания может быть бессимптомным, с наличием нескольких небольших поражений или проявляться значительной деформацией костных структур в результате множественных крупных остеохондром [12]. Множественные экзостозы, передающиеся по наследству, могут поражать любую кость тела. Чаще всего поражаются дистальный отдел бедра, проксимальный и дистальный отделы большеберцовой кости, запястье и кисти, плечевая кость, таз и ребра [6, 12].

Считается, что наследственные множественные экзостозы являются результатом мутаций генов *EXT1*, *EXT2* или *EXT3* в хромосомах 8q24 (*EXT1*), 11p11-13 (*EXT2*) и 19p (*EXT3*) 4,5 [6, 13]. Гистологически это костное разрастание, связанное с костным мозгом и с кортикальным слоем костных

структур, имеющее при этом хрящевое покрытие в периферических отделах [14].

Помимо множественности, визуализируемые признаки идентичны и одиночным остеохондромам [6, 14]. Распределение поражений по скелету может значительно различаться: некоторые авторы сообщают о типичном распределении как о двустороннем и симметричном, в то время как другие сообщают о явном преобладании односторонних [15].

Локализация остеохондром в области позвоночного столба является достаточно редкой патологией и составляет около 1 % наблюдений [16]. В структуре МЭХД локализация экзостозов в области позвоночника встречается в 7–9 % клинических случаев. При этом остеохондрома может локализоваться на любом

уровне позвоночного столба, однако чаще всего – в шейном отделе позвоночника, в частности на уровне C₂ [17].

Выявление одиночного экзостоза, как правило, происходит в возрасте от 20 до 30 лет, в то время как МЭХД диагностируется в более раннем возрасте [18]. Ранняя диагностика заболевания при позвоночной локализации происходит в случае роста остеохондром в направлении позвоночного канала или межпозвонкового отверстия, что сопровождается развитием неврологических нарушений [18].

В отличие от остеохондром верхних и нижних конечностей, остеохондрома позвоночного столба в случае небольшого размера трудно диагностируется с помощью рентгенографии и требует дополнительного исследования – МСКТ и МРТ [6, 7].

Осложнения при МЭХД аналогичны осложнениям при одиночных остеохондромах и заключаются в виде рисков компрессии сосудов, невральных структур, переломов экзостоза на уровне шейки, реактивных изменений мышечно-связочного аппарата, вторичных скелетных деформаций, вторичного остеоартроза и злокачественных перерождений [4–6].

Злокачественное перерождение у пациентов с МЭХД встречается чаще (20 % случаев), чем в случае единичных остеохондром (1 % случаев) [19]. Частота трансформации колеблется в диапазоне от 3–5 до 25 % [20]. Рентгенологическими и клиническими признаками, указывающими на злокачественную (sarcomatозную) трансформацию остеохондромы, являются рост после созревания скелета, увеличение накопления радиофармпрепарата при сцинтиграфии, кортикальная деструкция, появление выраженного болевого синдрома в области экзостоза после завершения формирования скелета, увеличение объема мягкотканного компонента – утолщение хрящевого покрытия более 1,5 см [20, 21].

Представленный клинический случай гигантской остеохондромы позвоночника у пациентки с МЭХД демонстрирует редкую локализацию

опухоли в области задних костных структур грудопоясничного отдела и подчеркивает спектр осложнений при осевом поражении скелета у детей [22].

Спинальная локализация при МЭХД встречается реже, чем при поражении длинных костей. По данным литературы [23, 24], около 7–9 % остеохондром при МЭХД располагаются в области

позвонков, при этом почти половина этих остеохондром приходится на шейный отдел позвоночника, преимущественно в области дорсальных костных структур. Эти данные под-



Рис. 12

Внешний вид пациентки 14 лет после хирургического лечения, линия послеоперационного разреза паравертебрально без признаков воспаления, заживление первичным натяжением: **а** – вид сзади; **б** – вид сбоку; **в** – вид вполоборота

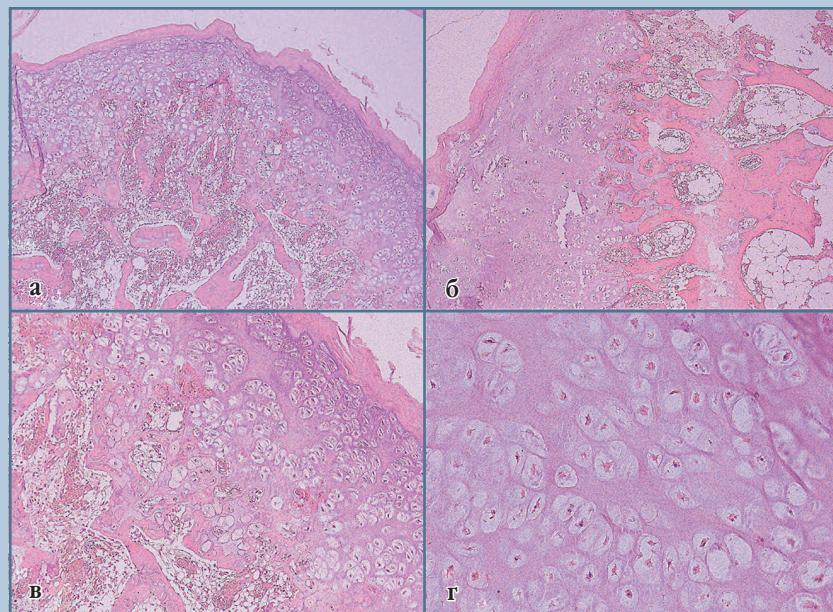


Рис. 13

Результаты гистологического исследования: определяются фрагменты костной ткани, представленные костными trabекулами с перифокальной остеокластической реакцией и небольшим количеством гигантских многоядерных клеток остеокластического типа, на поверхности костных балок отмечается хрящевая «шапочка», образованная зрелым гиалиновым хрящом с множественными хондроцитами, равномерно распределенными в основном веществе; хондроциты расположены преимущественно беспорядочно в виде одиночных клеток и разнокалиберных групп; в широких межтрабекулярных пространствах обнаруживаются клетки кроветворного костного мозга с примесью адипоцитов; в субхондральных зонах участки вторичного окостенения: **а, б** – обзорные микрофотографии костно-хрящевого экзостоза, гематоксилин эозин, ув. 50; **в** – костно-хрящевая зона, образованная костными балками с участками «шапочки» гиалинового хряща, гематоксилин эозин, ув. 100; **г** – участок гиалинового хряща с многочисленными хондроцитами, расположенными в базофильном матриксе, гематоксилин эозин, ув. 200

черкивают нетипичность и показательность нашего клинического наблюдения.

Диагностические трудности данной локализации связаны с анатомической сложностью визуализации позвоночника: применение рентгенографии не позволяет в полной мере оценить величину и выраженность патологического процесса, а также взаимоотношения очага с близлежащими структурами. При этом КТ позвоночника обеспечивает точную топическую оценку, а МРТ – характеристику хрящевого компонента образования и признаков миелопатических осложнений [21]. Совместное применение методик КТ и МРТ является необходимым для планирования лечения пациентов с остеохондромами позвоночной локализации [25]. В нашем случае именно МСКТ и МРТ позволили верифицировать фиксацию образования на задних структурах L₂ позвонка и оценить отсутствие интраканального роста.

У пациентов с рассматриваемой патологией необходимой является онкологическая настороженность. По данным литературных источников [21, 25, 26], толщина хрящевой покрышки (cartilage cap) более 1,5–2,0 см у взрослых или рост очага после завершения скелетного созревания могут быть ассоциированы с риском вторичной хондросаркомы. Одновременно с этим необходимо отметить, что у детей толщина до 3 см может оставаться вариантом нормы, что требует интерпретации в контексте возраста пациента [27]. В нашем наблюдении МР-признаки злокачественной трансформации отсутствовали, что было подтверждено гистологическим исследованием. Совокупные оценки риска малигнизации при МЭХД составляют от 2 до 4 % в популяции пациентов (значимо выше, чем при одиночной остеохондроме) с преобладанием трансформации в зоне таза и проксимального отдела бедренной кости [21]. При этом малигнизация в обла-

сти позвоночного столба описывается редко [7, 28].

Лечебная тактика в представленной ситуации – радикальное удаление образования с обязательной резекцией ложа с целью профилактики рецидива образования и окончательного морфологического заключения – согласуется с данными клинических серий и обзоров, в которых при симптомных спинальных остеохондромах рекомендуется полное широкое иссечение, а при обширных дефектах или угрозе нестабильности показана одномоментная инструментальная стабилизация [24]. В нашем случае необходимость многоопорной фиксации была обусловлена массивностью выполненной резекции и риском сегментарной нестабильности позвоночно-двигательных сегментов в этой области.

Сохраняется неопределенность долгосрочного прогноза у подростков: несмотря на радикальность вмешательства и удовлетворительный ближайший результат, риск рецидива после полного удаления хрящевой покрышки низок, но отдаленные исходы деформации или нестабильности и динамика роста требуют наблюдения. После адекватной резекции рецидивы единичны, а неврологическая симптоматика, если была, регрессирует у большинства пациентов. С учетом системного характера МЭХД и возможной мультиочаговости в осевом скелете оптимальной представляется мультидисциплинарная модель ведения (ортопед-вертебролог, нейрохирург, рентгенолог, патоморфолог, онколог, генетик) с низким порогом к расширенной визуализации при появлении болевого синдрома, неврологической симптоматики или росте образования.

Заключение

Случай гигантской остеохондromы задних костных структур грудопоясничного отдела позвоночника у пациента с МЭХД показывает

нетипичную локализацию образования. Проведение КТ и МРТ необходимо в данной ситуации с целью уточнения топики и оценки объема хрящевого покрытия. Радикальная резекция с одномоментной стабилизацией обеспечила удовлетворительный ближайший результат лечения и коррекцию вторичных изменений. Риск злокачественной трансформации при МЭХД невысок, но требует онкологической настороженности и морфологической верификации удаленного материала. Подростковый возраст, а также продолжающийся костный рост обуславливают необходимость динамического наблюдения рассматриваемой патологии у онколога, вертебролога/ортопеда, педиатра, невролога в связи с необходимостью своевременного определения оптимальной хирургической тактики с учетом объема поражения, клинических проявлений и перспектив роста скелета.

Ограничения исследования: в работе рассмотрен ближайший результат хирургического лечения пациента, отсутствуют данные отдаленного катамнеза.

Авторы статьи выражают благодарность врачебному и сестринскому персоналу НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера.

Источник финансирования: государственное задание Минздрава России – НИР «Комплексное лечение детей с врожденной деформацией грудной клетки, позвоночника и нестабильностью грудино-реберного комплекса» (регистрационный номер 1023021600029-8-3.2.10). Исследование одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 20-3 от 20.11.2020). Пациент/законный представитель пациента подписали письменное информированное согласие. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Литература/References

1. Alabdullah LW, Mabrouk A, Byerly DW. Osteochondroma. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. PMID: 31335016.
2. Васильев И.А., Майсигов М.Н., Логвинов А.Н., Фролов А.В., Бессонов Д.А., Ильин Д.О., Королев А.В. Клинический случай: лечение пациента с массивным костно-хрящевым экзостозом шейки лучевой кости. *Клиническая практика*. 2024;15(2):81–88. [Vasilev IA, Maysigov MN, Logvinov AN, Frolov AV, Bessonov DA, Ilyin DO, Korolev AV. Treatment of a patient with massive osteochondral exostosis of the radial neck: clinical case. *Journal of Clinical Practice*. 2024;15(2):81–88]. DOI: 10.17816/clinpract626315 EDN: WVHPZK
3. Tepelenis K, Delinasios GJ, Zoga A, et al. Osteochondromas: an updated review of epidemiology, pathogenesis, clinical presentation, radiological features and treatment options. *In Vivo*. 2021;35:681–691. DOI: 10.21873/invivo.12308
4. Маламашин Д.Б., Мушкин А.Ю., Глухов Д.А., Снишук В.П. Энхондроматоз с поражением шейных позвонков у детей: анализ малой серии. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(1):56–62. [Malamashin DB, Mushkin AYu, Glukhov DA, Snishchuk VP. Enchondromatosis with cervical spine involvement in children: small series and review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(1):56–62]. DOI: 10.14531/ss2022.156-62 EDN: LMCZX8
5. Маламашин Д.Б., Мушкин А.Ю. Множественный хондроматоз костей (болезнь Олье) с поражением реберного каркаса у детей (анализ малой клинической серии). *Медицинский альянс*. 2021;9(4):87–98. [Malamashin DB, Mushkin AYu. Multiple chondromatosis of bones (Ollier disease) with damage to the costal frame in children (analysis of a small clinical series). *Medical Alliance*. 2021;9(4):87–98]. DOI: 10.36422/23076348-2021-9-4-87-98 EDN: DDVKHJ
6. Чигвария Н.Г., Поздеев А.П., Бергалиев А.Н. Метафизарные фиброзные дефекты и неосифицирующиеся фибромы костей у детей: варианты течения, лечение. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2014;2(2):12–25. [Chigvaria NG, Pozdeev AP, Bergaliyev AN. Metaphyseal fibrous defects and nonossifying bone fibroma in children: clinical types and treatment. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2014;2(2):12–25]. DOI: 10.17816/PTORS2212-25 EDN: SJFIOP
7. D'Arienzo A, Andreani L, Sacchetti F, Colangeli S, Capanna R. Hereditary multiple exostoses: current insights. *Orthop Res Rev*. 2019;11:199–211. DOI: 10.2147/ORRS183979
8. Bukowska-Olech E, Trzebiatowska W, Czech W, Drzymala O, Fr k P, Klarowski F, Klusek P, Szwajkowska A, Jamsheer A. Hereditary multiple exostoses – a review of the molecular background, diagnostics, and potential therapeutic strategies. *Front Genet*. 2021;12:759129. DOI: 10.3389/fgene.2021.759129
9. Рыжиков Д.В., Виссарионов С.В., Першина П.А. Хирургическая коррекция контрактуры и децентрации тазобедренного сустава при полиосальной экзостозной хондродисплазии у детей. *Современные проблемы науки и образования*. 2024;(3):22. [Ryzhikov DV, Vissarionov SV, Pershina PA. Surgical correction of contracture and subluxation of the hip joint in children with hereditary multiple exostosis. *Modern Problems of Science and Education*. 2024;(3):22]. DOI: 10.17513/spno.33438 EDN: JVBSQ
10. Rueda-de-Eusebio A, Gomez-Pena S, Moreno-Casado MJ, Marquina G, Arrazola J, Crespo-Rodriguez AM. Hereditary multiple exostoses: an educational review. *Insights Imaging*. 2025;16:46. DOI: 10.1186/s13244-025-01899-6
11. Soft Tissue and Bone Tumours. WHO Classification of Tumours, 5th Edition, Vol. 3. WHO, 2020. ISBN: 9789283245025
12. D'Ambrosi R, Ragone V, Calderini C, Serra N, Usuelli FG, Facchini RM. The impact of hereditary multiple exostoses on quality of life, satisfaction, global health status, and pain. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137:209–215. DOI: 10.1007/s00402-016-2608-4
13. Philippe C, Porter DE, Emerton ME, Wells DE, Simpson AH, Monaco AP. Mutation screening of the EXT1 and EXT2 genes in patients with hereditary multiple exostoses. *Am J Hum Genet*. 1997;61:520–528. DOI: 10.1086/515505
14. Garcia RA, Inwards CY, Unni KK. Benign bone tumors - recent developments. *Semin Diagn Pathol*. 2011;28:73–85. DOI: 10.1053/j.semdp.2011.02.013
15. Gaillard F, Hacking C, Glick Y, et al. Hereditary multiple exostoses. Reference article, Radiopaedia.org. URL: <https://doi.org/10.5334/rID-1445>. Accessed on 14 Sep 2025.
16. Sciumba DM, Macki M, Bydon M, Germscheid NM, Wolinsky JP, Boriani S, Bettegowda C, Chou D, Luzzati A, Reynolds JJ, Szövérfi Z, Zadnik P, Rhines LD, Gokaslan ZL, Fisher CG, Varga PP. Long-term outcomes in primary spinal osteochondroma: a multicenter study of 27 patients. *J Neurosurg Spine*. 2015;22:582–588. DOI: 10.3171/2014.10.SPINE14501
17. Rajakulasingam R, Murphy J, Botchu R, James SL. Osteochondromas of the cervical spine – case series and review. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11:905–909. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.12.014
18. Aithala JP. C2 intraspinal osteochondroma causing spinal cord compression in a patient with multiple hereditary exostoses. *Indian Spine J*. 2022;5:137–141. DOI: 10.4103/ISIJ.ISJ_55_20
19. Bogar WC. Osteochondroma of the knee. *J Manipulative Physiol Ther*. 1993;16:253–255.
20. Sonne-Holm E, Wong C, Sonne-Holm S. Multiple cartilaginous exostoses and development of chondrosarcomas – a systematic review. *Dan Med J*. 2014;61:A4895.
21. Murphey MD, Choi JJ, Kransdorf MJ, Flemming DJ, Gannon FH. Imaging of osteochondroma: variants and complications with radiologic-pathologic correlation. *Radiographics*. 2000;20:1407–1434. DOI: 10.1148/radiographics.20.5.g00se171407
22. Pawar ED, Gavhale S, Bansal S, Dave H, Yadav AK, Akshay KS. Solitary osteochondroma of posterior elements of the spine: a rare case report. *J Orthop Case Rep*. 2020;10:1–5. DOI: 10.13107/jocr.2020.v10.i08.1832
23. Rajakulasingam R, Murphy J, Botchu R, James SL. Osteochondromas of the cervical spine - case series and review. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11:905–909. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.12.014
24. Yakkanti R, Onyekwelu I, Carreon LY, Dimar JR 2nd. Solitary osteochondroma of the spine - a case series: review of solitary osteochondroma with myelopathic symptoms. *Global Spine J*. 2018;8:323–339. DOI: 10.1177/2192568217701096
25. Riahi H, Mechri M, Barsaoui M, Bouaziz M, Vanhoenacker F, Ladeb M. Imaging of benign tumors of the osseous spine. *J Belg Soc Radiol*. 2018;102:13. DOI: 10.5334/jbsr.1380
26. Bernard SA, Murphey MD, Flemming DJ, Kransdorf MJ. Improved differentiation of benign osteochondromas from secondary chondrosarcomas with standardized measurement of cartilage cap at CT and MR imaging. *Radiology*. 2010;255:857–865. DOI: 10.1148/radiol.10082120
27. Kim HK, Horn P, Dardzinski B, Kim DH, Laor T. T2 relaxation time mapping of the cartilage cap of osteochondromas. *Korean J Radiol*. 2016;17:159–165. DOI: 10.3348/kjr.2016.17.1.159
28. Fei L, Ngoh C, Porter DE. Chondrosarcoma transformation in hereditary multiple exostoses: A systematic review and clinical and cost-effectiveness of a proposed screening model. *J Bone Oncol*. 2018;13:114–122. DOI: 10.1016/j.jbo.2018.09.011

Адрес для переписки:

Асадулаев Марат Сергеевич

НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера,
196603, Россия, Санкт-Петербург,
Пушкин, ул. Парковая, 64-68,
marat.asadulaev@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 14.09.2025

Рецензирование прошло 09.10.2025

Подписано в печать 06.11.2025

Address correspondence to:

Asadulaev Marat Sergeyevich

H. Turner National Medical Research Center
for Children's Orthopedics and Trauma Surgery,
64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia,
marat.asadulaev@yandex.ru

Received 14.09.2025

Review completed 09.10.2025

Passed for printing 06.11.2025

Марат Сергеевич Асадулаев, врач-травматолог-ортопед, канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии позвоночника, спинного мозга и грудной клетки, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64-68, eLibrary SPIN: 3336-8996, ORCID: 0000-0002-1768-2402, marat.asadulaev@yandex.ru;
Сергей Валентинович Виссарионов, д-р мед. наук, проф., директор, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64-68, eLibrary SPIN: 7125-4930, ORCID: 0000-0003-4235-5048, vissarionovs@gmail.com;

Денис Борисович Маламашин, врач-травматолог-ортопед, канд. мед. наук, клиника патологии позвоночника и нейрохирургии, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64-68, eLibrary SPIN: 9650-6020, ORCID: 0000-0002-7356-6860, malamasbin@mail.ru;

Александр Дмитриевич Нилов, врач-патологоанатом, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64-68, eLibrary SPIN: 8289-3490, ORCID: 0009-0005-8845-7009, sb097@mail.ru;
Татьяна Валерьевна Мурашко, врач-рентгенолог, Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Россия, 196603, Санкт-Петербург, Пушкин, ул. Парковая, 64-68, eLibrary SPIN: 9295-6453, ORCID: 0000-0002-0596-3741, popova332@mail.ru.

Marat Sergeyevich Asadulaev, MD, PhD, traumatologist-orthopaedist, researcher in the Department of Spine, Spinal Cord and Chest Pathology, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia, eLibrary SPIN: 3336-8996, ORCID: 0000-0002-1768-2402, marat.asadulaev@yandex.ru;

Sergei Valentinovich Vissarionov, DMSc, Prof., Director, Professor of the Department of Pediatric Traumatology and Orthopedics, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia, eLibrary SPIN: 7125-4930, ORCID: 0000-0003-4235-5048, vissarionovs@gmail.com;

Denis Borisovich Malamasbin, MD, PhD, traumatologist-orthopaedist, Clinic of Spinal Pathology and Neurosurgery, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia, elibrary SPIN: 9650-6020, ORCID: 0000-0002-7356-6860, malamasbin@mail.ru;

Alexander Dmitrievich Nilov, MD, pathologist, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia, eLibrary SPIN: 8289-3490, ORCID: 0009-0005-8845-7009, sb097@mail.ru;

Tatiana Valeyevna Murashko, MD, radiologist, H. Turner National Medical Research Center for Children's Orthopedics and Trauma Surgery, 64-68 Parkovaya str., Pushkin, Saint Petersburg, 196603, Russia, eLibrary SPIN: 9295-6453, ORCID: 0000-0002-0596-3741, popova332@mail.ru.

ПАТЕНТЫ

ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ ЗА 2024 ГОД

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



Патент № 2822411

Способ хирургической мобилизации основной дуги сколиотической деформации грудопоясничного отдела позвоночника при центральной динамической коррекции

Авторы: С.В. Колесов, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев, В.В. Швец, Н.С. Морозова

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2823108

Комплект инструментов для нейрохирургии позвоночника для применения с системой хирургической навигации

Авторы: А.В. Колсанов, С.С. Чаплыгин, А.С. Морев, Н.А. Двояшкина, С.С. Денисов, С.С. Сирошик, Н.Н. Микушев, Г.А. Силина

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2817675

Расширяемый модульный межпозвоночный имплант

Автор: А. Караб

Патентообладатели: А. Караб, Е. Коробов

Патент № 2828969

Способ хирургического лечения идиопатического сколиоза позвоночника с использованием 3D-прототипирования модели позвоночника для введения транспедикулярных винтов

Авторы: С.В. Колесов, А.И. Казьмин, И.Е. Домрачев, В.С. Переверзев, Г.С. Колесов

Патентообладатель: И.Е. Домрачев

Патент № 227005

Блок динамометрический для контракции и дистракции при хирургическом лечении деформаций позвоночника

Авторы: Д.Н. Кокушин, С.В. Виссарионов, В.Н. Янушкевич, А.С. Амельченя, П.А. Амельченя

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2816028

Способ хирургического лечения идиопатического грудного сколиоза IV степени методом селективной гибридной фиксации

Авторы: Н.В. Загородний, М.Т. Сампиев, Ш.Х. Гизатуллин, И.П. Дубинин, И.С. Лысенко, Х.М. Чемурзиева

Патентообладатели: Н.В. Загородний, М.Т. Сампиев, Ш.Х. Гизатуллин, И.П. Дубинин, И.С. Лысенко, Х.М. Чемурзиева

Патент № 2815702

Способ микрохирургического доступа к межпозвонковому отверстию у больных с радикулопатией шейного отдела позвоночника

Авторы: Ю.А. Шулев, В.В. Степаненко, Д.А. Печиборщ

Патентообладатели: Ю.А. Шулев, В.В. Степаненко, Д.А. Печиборщ

Патент № 2843631

Устройство для хирургической коррекции деформаций позвоночника

Авторы: А.А. Пантелеев, Г.В. Цопанов, С.В. Колядин

Патентообладатели: ООО «КОНМЕТ», А.А. Пантелеев

Патент № 2829182

Способ хирургической коррекции основной дуги сколиотической деформации грудного отдела позвоночника с использованием полимерного кейджса при вентральной динамической коррекции

Авторы: С.В. Колесов, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2927093

Способ хирургической коррекции основной дуги сколиотической деформации грудопоясничного отдела позвоночника с использованием полимерного кейджса при вентральной динамической коррекции

Авторы: С.В. Колесов, А.И. Казьмин, В.С. Переверзев

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2821275

Способ двухэтапного хирургического лечения деформации позвоночника с использованием консервации резецированного аутотрансплантата

Авторы: А.П. Дроздецкий, С.А. Гузюкина, А.В. Овсянкин

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2825184

Способ выбора тактики лечения остеомиелита позвоночника в зависимости от типа поражения

Авторы: А.Ю. Базаров, К.С. Сергеев, А.К. Цветкова

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 227669

Имплантат для реконструкции передней опорной колонны позвоночника

Авторы: Н.С. Заборовский, С.В. Масевин, О.А. Смекаленков, В.С. Мураховский, Д.А. Пташников

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2831911

Способ хирургического лечения двухуровневого дегенеративного заболевания поясничного отдела позвоночника

Авторы: В.А. Бывальцев, А.А. Калинин, Д.В. Хозеев, Ю.Я. Пестряков

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2817824

Способ заднего срединного доступа при хирургическом удалении неврином грудного отдела позвоночника при III типе опухоли по классификации EDEN

Авторы: И.А. Васильев, В.В. Ступак

Патентообладатель: ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2815627

Паратрахеальный способ хирургического доступа к передней поверхности шейного отдела позвоночника

Авторы: А.Ю. Бастрон, К.А. Бердюгин, И.А. Атманский, С.С. Ануфриева

Патентообладатель: ГАУЗ Свердловской области ЦСВМП «Уральский институт травматологии и ортопедии им. В.Д. Чаклина»

Патент № 2823486

Способ интраоперационной профилактики вертебромедуллярного конфликта

Автор: Д.М. Савин

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2810182

Способ коррекции кифотической деформации

Авторы: В.В. Рерих, В.Д. Сенявин, К.О. Борзых

Патентообладатель: ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2831669

Имплантат межостистый углеродный

Автор: В.Ф. Татаринов

Патентообладатель: В.Ф. Татаринов

Патент № 231045

Телескопический телозамещающий имплантат позвонка

Авторы: Д.Ю. Финогеев, И.Г. Морозова, И.В. Головченко, О.П. Решетникова, С.Я. Пичхидзе

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина»

Патент № 2814382

Способ аутологичной реконструкции межпозвонкового диска

Автор: А.А. Каландари

Патентообладатель: А.А. Каландари

Патент № 2823787

Способ бипортальной эндоскопической секвестрактомии

Авторы: В.Ю. Черебилло, М.Н. Простомолов, Д.Н. Абуков, Д.В. Горанчук

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2820970

Способ определения параметров пространственной ориентации вертлужной впадины для проведения имплантации ацетабулярного компонента при эндопротезировании тазобедренного сустава

Авторы: В.В. Павлов, Э.Н. Тургунов, А.В. Пелеганчук, Е.А. Мушкин, Е.В. Ступак

Патентообладатель: ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивъяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 2829696

Способ лазерной аутопластики пульпозного ядра межпозвонкового диска

Авторы: С.Н. Ларионов, В.А. Сороковиков, А.П. Животенко, В.Э. Потапов,

А.В. Горбунов, Е.И. Кикина

Патентообладатель: ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»

Патент № 2832968

Способ хирургического лечения спондилолистеза на пояснично-крестцовом уровне

Авторы: Н.А. Коновалов, С.В. Иванов, Б.А. Закиров, Е.С. Бринюк

Патентообладатель: Н.А. Коновалов

Патент № 2813954

Способ эндоскопической хирургической обработки огнестрельных слепых ранений

Авторы: М.Н. Кравцов, Д.В. Свистов, В.И. Лапин, В.А. Мануковский, А.Е. Чистяков

Патентообладатель: ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»

Министерства обороны Российской Федерации

Патент № 2816794

Способ выполнения хирургического лечения пациентов с поясничными межпозвонковыми грыжами с использованием металлического фиксирующего кейджса с остеоиндуктивным материалом, импрегнированным ванкомицином и/или гентамицином

Авторы: Е.С. Байков, О.Н. Леонова, А.В. Крутко

Патентообладатель: ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Патент № 229374

Устройство модели позвонка L₁ для антропоморфного фантома позвоночника для оценки точности денситометрических исследований

Авторы: Ю.А. Васильев, А.В. Петряйкин, Д.С. Семенов, М.В. Черкасская, А.М. Михайлова, М. Королева, Д.В. Кулиговский

Патентообладатель: ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения города Москвы

РЕЗОЛЮЦИЯ
Сибирского ортопедического форума-2025
(Цивьянские чтения)

31 октября – 1 ноября 2025 г. Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна при поддержке Министерства здравоохранения Российской Федерации, Министерства здравоохранения Новосибирской области совместно с Национальным медицинским исследовательским центром травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Национальным медицинским исследовательским центром травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Национальным медицинским исследовательским центром детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, Национальным медицинским исследовательским центром травматологии и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова, Новосибирским государственным медицинским университетом, ассоциацией травматологов-ортопедов России, Российской ассоциацией хирургов-вертебрологов, ассоциацией травматологов-ортопедов Новосибирска и Новосибирской области, Федеральным центром нейрохирургии (Новосибирск) провел Сибирский ортопедический форум (Цивянские чтения).

Общая часть

Ключевым организатором и координатором мероприятия выступило Федеральное государственное бюджетное учреждение «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивяяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивяяна» Минздрава России). Основанная профессором Я.Л. Цивяяном, удостоенным звания Заслуженного деятеля науки РСФСР, Школа сибирских вертебрологов продолжает свое развитие. Коллектив института, сохранив преемственность научных традиций, осуществляет интенсивную разработку широкого спектра научно-практических проблем в области вертебрологии, травматологии-ортопедии, нейрохирургии и смежных медицинских дисциплин, включая анестезиологию и реабилитацию.

Основание ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивяяна» Минздрава России датируется 1946 г., когда на базе эвакогоспиталя № 1239 был учрежден Научно-исследовательский институт ортопедии и восстановительной хирургии, целью которого являлось лечение последствий огнестрельных ранений. В настоящее время институт позиционируется как ведущее научно-исследовательское учреждение Российской Федерации, обладающее значительным опытом в сфере научных изысканий и клинической практики. Основным направлением его деятельности является оказание высокотехнологичной медицинской помощи пациентам с патологиями опорно-двигательного аппарата, а также заболеваниями центральной и периферической нервной системы.

Сибирский ортопедический форум-2025 (Цивянские чтения) был реализован в очном формате с интеграцией дистанционных технологий. В рамках форума была обеспечена онлайн-трансляция научных заседаний и работы образовательной платформы в режиме реального времени через специализированные интернет-ресурсы (www.niitoconf.ru, www.medium.org), что позволило значительно расширить целевую аудиторию и географический охват участников.

Сибирский ортопедический форум (Цивянские чтения) был аккредитован в системе НМО (12 баллов за два дня) по следующим специальностям: «травматология и ортопедия», «нейрохирургия», «анестезиология и реаниматология», «физиотерапия», «физическая и реабилитационная медицина», «лечебная физкультура и спортивная медицина».

За два дня на сайте форума зарегистрировались и просмотрели видеотрансляцию 819 человек, очно на форуме присутствовали 803 участника (в том числе врачи-травматологи-ортопеды, хирурги, детские хирурги, нейрохирурги, организаторы здравоохранения, ревматологи, физиотерапевты, реабилитологи, рентгенологи, врачи лечебной физкультуры и спортивной медицины, анестезиологи-реаниматологи и врачи других специальностей, а также специалисты сестринского дела) из 26 регионов Российской Федерации, а также из Франции, ОАЭ, Китая, США, Беларуси, Узбекистана, Казахстана.

На форуме были рассмотрены следующие основные вопросы:

1. Актуальные проблемы детской хирургии и ортопедии: от лечения до реабилитации.
2. Сложное первичное и ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава.
3. Повреждения и заболевания позвоночника.
4. Современные аспекты анестезиологии и интенсивной терапии в травматологии, ортопедии и нейрохирургии.
5. Осложнения в травматологии и ортопедии.
6. Технологии передних и задних реконструктивных вмешательств в современной спинальной хирургии.
- Конкуренция или синергия?
7. Первичное эндопротезирование коленного сустава. От простого к сложному.
8. Текущие концепции в коленной артропластике.
9. Актуальные проблемы нейрохирургии.
10. Медицинские технологии на страже здоровья. Качество жизни. Безопасная среда.
11. Актуальные вопросы артроскопической хирургии.

12. Актуальные вопросы реабилитации. Реабилитация пациентов с нарушением двигательного паттерна и коррекция нарушений биомеханики движения.

13. Актуальные вопросы хирургии верхней конечности.

14. Актуальные вопросы хирургического лечения деформаций позвоночника.

15. Политравма и сочетанные повреждения.

16. Современные проблемы хирургии стопы.

На форуме было заслушано более 300 докладов (в том числе лекции ведущих отечественных экспертов в области травматологии-ортопедии, нейрохирургии, анестезиологии-реаниматологии, реабилитации, сестринского дела и других специальностей).

В рамках форума состоялись следующие мероприятия:

– прекурс «Реконструкция передней колонны на грудном и поясничном уровнях при повреждениях и заболеваниях позвоночника.

Зачем? Когда? Как?»;

– прекурс «Современные эндоскопические подходы в лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника»;

– пленарная сессия «Избранные вопросы травматологии и ортопедии»;

– 13 специализированных научных заседаний (секций);

– 3 мастер-класса: «Одномышелковое и тотальное эндопротезирование коленного сустава при помощи роботизированной техники CORI», «Шарнирный эндопротез коленного сустава XN-RHK «ChunLi» – от теории к практике» (ООО «ЮМЕД»), «Хирургия переломов костей таза винтом тазовым цито и штифтом тазовым» (АО «ЦИТО»);

– 5 круглых столов: «Актуальные вопросы реабилитации», «Актуальные вопросы хирургии верхней конечности», «Актуальные вопросы городской травматологии и ортопедии», «Взаимодействие с промышленными партнерами: опыт внедрения разработок», «Фундаментальные вопросы в травматологии и ортопедии – ортобиология и ревмоортопедия»;

– заседание исполнительного комитета ассоциации травматологов-ортопедов России» (АТОР);

– заседание редколлегии журнала «Хирургия позвоночника».

На протяжении всего форума действовала выставка фирм-производителей медицинского оборудования, расходных материалов и лекарственных препаратов, соответствующих профилю мероприятия.

С подробной программой и другой информацией о форуме можно ознакомиться на сайте <http://niitoconf.ru>.

Миссия форума

Сибирский ортопедический форум-2025 (Цивьянские чтения) призван консолидировать российских и зарубежных специалистов для обмена научным и клиническим опытом, презентации новейших разработок и решения актуальных вопросов в целях повышения качества медицинской помощи пациентам травматолого-ортопедического и нейрохирургического профиля.

Особенности организации мероприятия, анализ текущей ситуации, проблемы, перспективы

В рамках Сибирского ортопедического форума-2025 (Цивьянских чтений) были рассмотрены существующие проблемы и намечены перспективы их решения по различным направлениям научно-практической деятельности в области травматологии, ортопедии, нейрохирургии и смежных специальностях в формате прекурсов, пленарной сессии, специализированных научных заседаний (секций), круглых столов и мастер-классов.

Накануне форума, 30 октября, состоялись прекурсы, посвященные актуальным направлениям современной вертебрологии для специалистов из клиник Москвы, Санкт-Петербурга, Саратова, Екатеринбурга, Новокузнецка, Новосибирска.

На первом прекурсе «Реконструкция передней колонны на грудном и поясничном уровнях при повреждениях и заболеваниях позвоночника. Зачем? Когда? Как?» специалисты Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивяна совместно с коллегами из ПИМУ (Нижний Новгород) знакомили участников с практическими аспектами применения современных хирургических технологий реконструкции передней колонны позвоночника из центрального доступа при травмах, новообразованиях и дегенеративной патологии. Освещались вопросы таких технологий, как ALIF, PLIF, TLIF, XLIF и корпэктомия на грудопоясничном уровне.

Второй прекурс «Современные эндоскопические подходы в лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника» был посвящен вопросам применения монопортальной и бипортальной эндоскопии в лечении дегенеративной патологии позвоночника. Эксперты из ведущих клиник страны (ГВКГ им. Бурденко и ПИМУ) посвящали слушателей в нюансы предоперационного планирования, возможности методик при том или ином хирургическом сценарии. Операции отрабатывались на полимерных моделях, максимально приближенных к реальности.

Завершали прекурсы показательные операции, на которых эксперты в режиме реального времени демонстрировали требуемые для подобных операций навыки.

Пленарная сессия «Избранные вопросы травматологии и ортопедии». Первый доклад в рамках пленарной сессии, представленный заместителем главного травматолога Министерства обороны России Л.К. Брижалем, был посвящен актуальнейшему в настоящее время вопросу – особенностям и тактике лечения повреждений конечностей, полученных в результате боевых действий. Также на пленарной сессии прозвучали доклады, посвященные другим важным вопросам организации травматолого-ортопедической помощи: про-

филактике и лечению хирургической инфекции, цифровизации, имортозамещению и деятельности профессиональных общественных организаций.

На секции «**Заболевания нервной системы у детей. От хирургии до реабилитации**» были освещены вопросы хирургии тазобедренного сустава при ДЦП, ортопедических осложнений и их коррекции, ортезирования и реабилитации, а также общие и редко обсуждаемые вопросы детской травматологии и ортопедии. Секция по детской ортопедии включала 3 раздела.

В первом разделе были рассмотрены современные подходы к нейроортопедической помощи детям с ДЦП и spina bifida, включая хирургию тазобедренного сустава, контрактур и применение индивидуальных ортезов для улучшения функциональных результатов лечения. Особое внимание уделено превентивным малоинвазивным методикам и значимости ортезирования.

Второй раздел проходил в виде дискуссионного клуба, на котором были разобраны клинические случаи осложнений при лечении заболеваний тазобедренного сустава. Подробно остановились на проблеме асептического некроза головки бедренной кости у детей (чаще девочек), которые занимаются художественной или спортивной гимнастикой. Подчеркнута особая опасность художественной и спортивной гимнастики из-за катастрофических нагрузок на развивающиеся суставы.

Третий раздел был посвящен современным подходам к диагностике и хирургическому лечению редкой патологии в области детской ортопедии. На основе оценки торсионного профиля нижней конечности обсуждены принципы хирургической коррекции. Рассмотрены частные случаи: эффективность гемиэпифизеодеза винтами как альтернативы пластинам, особенности лечения детей с синдромом Дауна и врожденным вывихом бедра, а также тактика при редких патологиях, таких как фиброзная дисплазия и вывих надколенника, где ключевую роль играет КТ-диагностика для планирования вмешательства.

Секция «**Сложное первичное и ревизионное эндопротезирование тазобедренного сустава**» была посвящена новым тенденциям в первичном эндопротезировании, минимально-инвазивным и модифицированным хирургическим доступам, стратегии ревизионных операций при сложных дефектах костных структур, а также первому опыту применения российских эндопротезов.

На секции «**Повреждения и заболевания позвоночника**» были обсуждены вопросы хирургического лечения широкого спектра патологии позвоночника у взрослых и детей. Большое внимание уделено вопросам неудовлетворительных результатов при лечении пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. Систематизированы подходы к определению показаний и выбору метода лечения у пациентов с метастатическими поражениями позвоночника. Также были обсуждены современные технологии стабильной фиксации, эндоскопические и минимально-инвазивные методики, навигация и лечение боевой травмы.

Секция «**Современные аспекты анестезиологии и интенсивной терапии**» была посвящена анестезиологическому обеспечению безопасности пациентов в травматологии, ортопедии и нейрохирургии, а именно – современным методам обезболивания, мониторингу волемического статуса, нутритивной поддержке, ведению сепсиса, особенностям анестезии у детей и пациентов с политравмой.

Актуальность и потребность в обсуждении специалистами проблем лечения инфекционных осложнений, последствий травм различных сегментов способствовали формированию отдельной секции «**Осложнения в травматологии и ортопедии**». Значимость проблемы подчеркивает разнообразие патологий, являющихся осложнениями лечения травм, а также их последствий. В рамках секции были рассмотрены проблемы лечения обширных постимплантационных, посттравматических сегментарных, околосуставных и внутрисуставных костных дефектов. Освещены вопросы выявления различных осложнений и пути их профилактики при использовании метода чрескостного остеосинтеза, коррекций деформаций. Немаловажным аспектом явилось увеличение интереса к лечению пациентов с огнестрельными дефектами костей и мягких тканей различной локализации, что, по заключению модератора секции профессора Л.К. Брижана, требует проведения отдельной секции в рамках последующих форумов.

Впервые в рамках Цивьянновских чтений была проведена секция «**Вертебрологические дебаты**», на которой актуальные вопросы хирургической вертебрологии обсуждались в форме дебатов, посвященных сравнительному анализу хирургических подходов в лечении позвоночника при различных патологиях, включая повреждения, деформации, опухоли и стеноз.

Формат дебатов нашел положительный отклик в отзывах модераторов, участников и зрителей и был высоко ими оценен. В ходе дебатов отмечено, что философия хирургического лечения повреждений и заболеваний позвоночника претерпевает непрерывное совершенствование. Выбор тактики лечения в настоящее время носит чаще индивидуальный характер и зависит от особенностей пациента, хирургической школы, технических возможностей клиники, региона проживания. Дефицит мультицентровых проспективных исследований в спинальной хирургии является препятствием на пути создания единых алгоритмов при лечении пациентов вертебрологического профиля.

Секция «**Эндопротезирование коленного сустава**» осветила широкий спектр вопросов – от базовых принципов до сложнейших ревизий, включая темы первичного и одномышцелкового протезирования, робот-ассистированной хирургии, философии выравнивания (alignment), тактики при костных дефектах и нестабильности, причин и лечения асептического расшатывания.

Секция «**Актуальные проблемы нейрохирургии**» прошла в формате дискуссионного клуба и собрала специалистов для обсуждения широкого спектра нейрохирургической патологии, выходящей за рамки позвоночника. В работе секции приняли участие преимущественно специалисты Новосибирска. Первую часть секции составили лекции, представленные опытными нейрохирургами. С.В. Чернов (НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина) осветил вопросы выбора оптимального хирургического доступа при удалении инсулярных глиом.

Профессор П.Г. Шнякин (КГБУЗ «Краевая клиническая больница», Красноярск) поднял вопросы трактовки и подходов к осложнениям в нейрохирургии. А.Б. Дмитриев («Центр новых медицинских технологий») доложил об опыте применения малоинвазивных перкутанных операций в лечении фармакорезистентных болевых синдромов. Вторая часть секции была представлена докладами на различные тематики: лечение детей с краиносиностозами, эпидемиология опухолей центральной нервной системы в Новосибирске, аспекты хирургического лечения отдельных вариантов опухолей центральной нервной системы и костей черепа, хирургическое лечение эпилепсии.

Специальным гостем секции стала врач-нейрохирург Т.А. Соловьева, которая трудилась в Новосибирском НИИТО в 1975–2014 гг. Знаковым событием в завершении секции явилось торжественное вручение Т.А. Соловьевой Золотого значка НИИТО. В ходе награждения директор Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьянна А.А. Корыткин отметил, что Татьяна Александровна, являясь ученицей профессора К.И. Харитоновой, передавала знания и опыт молодым представителям Сибирской нейрохирургической школы, многие из которых присутствовали и выступали с докладами на данной секции дискуссионного клуба.

Секция **«Медицинские технологии на страже здоровья. Качество жизни. Безопасная среда»** была посвящена сестринским организационным и технологическим аспектам оказания медицинской помощи. Сестринская секция собрала около 200 специалистов сестринского дела из разных регионов России и Казахстана (Астана). Создана практико-ориентированная площадка для обмена опытом и обсуждения актуальных проблем сестринского ухода в травматологии и ортопедии. В фокусе были вопросы ранней реабилитации, профилактики осложнений, работы с современными эндопротезами и цифровизация при работе с документацией. Мероприятие подтвердило высокую потребность в регулярном профессиональном диалоге и стало значимым шагом к развитию сестринского дела в ортопедии.

Секция **«Актуальные вопросы артроскопической хирургии»** была проведена в виде двух сессий. Заслушаны 19 докладчиков из разных регионов России. На сессии 1, посвященной артроскопической хирургии верхней конечности, преимущественно обсуждали актуальные вопросы лечения кистевого и плечевого суставов при их нестабильности. На сессии 2, посвященной артроскопической хирургии нижней конечности, обсуждали актуальные вопросы лечения заболеваний и травм коленного сустава. Велась оживленная дискуссия. Секция прошла в спокойной, дружеской атмосфере.

Секция **«Актуальные вопросы хирургического лечения деформаций позвоночника»** была проведена в формате дискуссионного клуба. Было заслушано 14 докладов от представителей различных научных школ, в ходе каждого доклада поднимался вопрос для дискуссии и широкого обсуждения спорных вопросов. В рамках проведения секции подчеркнута возможность и необходимость сохранения активного образа жизни у оперированных пациентов с деформациями позвоночника, социализации и удовлетворенности результатами хирургического лечения. Предложена мультифакторная модель для возможности прогнозирования коррекции тяжелых идиопатических сколиозов и риска послеоперационного прогрессирования. Описаны возможности хирургического лечения деформаций позвоночника различного происхождения, предложены алгоритмы их лечения.

В рамках форума также была проведена секция **«Политравма и сочетанные повреждения»**. Несмотря на успехи и развитие современной травматологии и ортопедии, число осложнений и неудовлетворительных результатов лечения пациентов с переломами костей таза и костей, образующих вертлужную впадину, остается высоким. Были освещены вопросы организации и тактики лечения на реанимационном и профильном этапах. Докладчиками представлены результаты оригинальных исследований, включающие собственные инновации и методики. В заключение секции для рассмотрения на соответствующем заседании АТОР были сформированы предложения, касающиеся адаптации клинических рекомендаций по лечению пациентов с переломами проксимального отдела бедренной кости с учетом особенностей регионов.

Секция **«Современные проблемы хирургии стопы»** также прошла в формате дискуссионного клуба. На секции было сделано 22 доклада специалистами из Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода, Казани, Новосибирска, Томска и Новокузнецка. В ходе работы секции отмечен высокий интерес профессионального сообщества к этой сложной теме. Окончательно признана необходимость командного подхода с лидерством травматолога-ортопеда при лечении остеоартропатии Шарко различного, но прежде всего диабетического происхождения. Ярким событием секции стали доклады о внедрении в клиническую практику аддитивных технологий и 3D-визуализации. При полной профессиональной общественной поддержке рекомендовано продолжить работу по созданию отечественных эндопротезов голеностопного сустава, таранной кости, развитию современных методов диагностики на основе 3D-визуализации, новых методов лечения и разработке фиксирующих конструкций. Созданная организаторами творческая обстановка способствовала плодотворной дискуссии по различным вопросам хирургии стопы и голеностопного сустава всеми участниками. Особо ценным эпизодом форума стало участие молодых и перспективных ученых, подготовивших доклады, затрагивающие важные вопросы хирургии стопы, на достаточно высоком профессиональном уровне.

На круглом столе **«Актуальные вопросы реабилитации. Реабилитация пациентов с нарушением двигательного паттерна и коррекция нарушений биомеханики движения в реабилитации»** присутствовало более 30 участников из Нижнего Новгорода, Барнаула, Екатеринбурга, Омска, Чебоксар, Горно-Алтайска, Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска. В рамках круглого стола было заслушано 14 докладов. Отмечалась высокая активность и заинтересованность аудитории. Были обсуждены вопросы формирования профессиональных компетенций специалистов по реабилитации, системы комплексной реабилитации, предусматривающей создание инфраструктуры поддержки и опорной сети партнерства с использованием инновационных технологий. Рассмотрены результаты тра-

диционных методов лечения, новых методов диагностики нарушений биомеханики движения в реабилитации. Акцентировано внимание на развитии механизмов взаимодействия между специалистами различных учреждений.

На круглом столе «**Взаимодействие с промышленными партнерами: опыт внедрения разработок**» прозвучали доклады ведущих специалистов из различных научно-исследовательских и производственных (промышленных) учреждений. Были обсуждены схожие между собой «болевые точки» по вопросам переноса компетенций по непосредственному производству медицинских изделий на базы медицинских научных центров. Главным вопросом является отсутствие непрофильной инфраструктуры в научных медицинских организациях и четких единых алгоритмов их взаимодействия с производственными учреждениями, позволяющими учитывать интересы всех сторон партнерства. В результате сформировано предложение для резолюции о включении в программу последующих форумов секции, посвященной обсуждению актуальных вопросов взаимодействия научных организаций с промышленными партнерами.

Заседание редколлегии журнала «Хирургия позвоночника». В рамках форума состоялось рабочее заседание редколлегии научно-практического журнала «Хирургия позвоночника», на котором были обсуждены следующие вопросы:

1. Утверждение российской части международной базы данных (ЕГПНИ). Обсуждались конкретные требования, критерии и задачи, необходимые для интеграции журнала в международное научное информационное пространство.

2. Стратегия развития в новых условиях. Рассматривались пути продвижения и повышения влияния журнала в контексте меняющейся модели оценки науки в России.

3. Планирование на будущее. Участниками заседания был сформирован план работы журнала на 2026 г.

Стратегические направления развития и основные задачи

Стратегический курс – консолидация профессионального экспертного сообщества для формирования предложений по совершенствованию государственной политики в области оказания качественной медицинской помощи при патологии опорно-двигательного аппарата.

Задачи для реализации:

– в области образования и кадров: создание комплексной системы непрерывного медицинского образования; повышение квалификации специалистов ключевых специальностей (травматологии и ортопедии, нейрохирургии, анестезиологии-реаниматологии и сестринского дела);

– в области науки и инноваций: формирование и институциональная поддержка сотрудничества между ведущими научно-клиническими школами; стимулирование междисциплинарных исследований и внедрения их результатов в клиническую практику;

– в области клинической практики: совершенствование стандартов и уровня оказания медицинской помощи на всех этапах; внедрение эффективных моделей обмена передовым опытом между медицинскими учреждениями и специалистами.

Положения форума

1. Проведенный в 2025 г. Сибирский ортопедический форум (Цивьянские чтения) позволил обсудить новейшие тенденции для практикующих врачей в сфере травматологии, ортопедии, нейрохирургии, реабилитации, ревматологии и сестринского дела. Анализ существующей ситуации, а также итоги форума подчеркивают важность междисциплинарного взаимодействия специалистов для решения актуальных проблем в различных сферах здравоохранения.

2. Запланировать и провести в 2026 г. в рамках форума два ранее не проводившихся круглых стола, посвященных оказанию высокотехнологичной медицинской помощи пациентам с метастатическим поражением позвоночника и оптимизации маршрутизации в рамках системы оказания помощи пациентам с позвоночно-спинномозговой травмой.

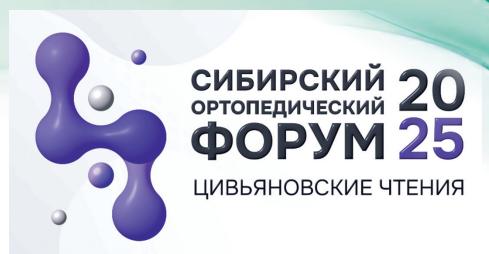
3. В целях расширения повестки форума продолжить практику проведения круглых столов, в том числе для обсуждения вопросов взаимодействия разработчиков с промышленными партнерами и производителями медицинских изделий.

4. Включить в программу последующих форумов отдельной секции «Актуальные вопросы лечения боевой травмы».

5. Считать целесообразным проведение заседания исполнительного комитета ассоциации травматологов-ортопедов России (АТОР) в преддверие форума, поскольку данный формат предусматривает очное участие в заседании руководства ФГБУ «ННИТО им. Я.Л. Цивяни» и главного внештатного специалиста региона.

6. Следующий Сибирский ортопедический форум (Цивянские чтения) запланировать к проведению в Новосибирске 30–31 октября 2026 г. в рамках юбилейных мероприятий, посвященных 80-летию создания Новосибирского НИИТО.

Оргкомитет форума



ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ
КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

**ХИРУРГИЯ
ПОЗВОНОЧНИКА**

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



29-я ежегодная конференция по заболеваниям позвоночника памяти д-ра Селби

Время проведения: 4–6 февраля 2026 г.

Место проведения: штат Юта, США

Контактная информация:

<https://foreonline.org/event/29th-annual-selby-spine-conference/>

Саммит «Доказательность + технология в лечении позвоночника»

Время проведения: 18–21 февраля 2026 г.

Место проведения: Сноуберд, штат Юта, США

Контактная информация:

<https://www.spine.org/etss>

I Международный конгресс ассоциации травматологов-ортопедов России и стран СНГ

Время проведения: 20–21 марта 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

<https://rass.pro/i-mezhdunarodnyj-kongress-assocziacii-travmatologov-ortopedov-rossii-i-stran-sng-20-21-marta-2026-g/>

X Юбилейный Международный конгресс АСТАОР

Время проведения: 3–4 апреля 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

https://2026-04-03-04.astauru.ru/?utm_source=expomap.ru

XXV Всероссийская научно-практическая конференция «Поленовские чтения» с международным участием — к столетнему юбилею РНХИ им. проф. А.Л. Поленова

Время проведения: 15–17 апреля 2026 г.

Место проведения: Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

<https://www.almazovcentre.ru/?p=112492>

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.

Место проведения: Торонто, Канада

Контактная информация:

<https://www.srs.org/Meetings-Conferences/IMAST/IMAST2026>

37-я ежегодная научная конференция Австралийского общества хирургии позвоночника 2026

Время проведения: 17–19 апреля 2026 г.

Место проведения: Брисбен, Австралия

Контактная информация:

<https://www.dccam.com.au/ssa2026/home>

Традиционная Всемирная конференция по позвоночнику – Бразильское общество хирургии позвоночника (SBC)

Время проведения: 18–21 апреля 2026 г.

Место проведения: Куритиба, Бразилия

Контактная информация:

<https://www.srs.org/SRS-Events/Traditional-WWC--Brazilian-Spine-Society-SBC?dataid=8189&>

Программа обучения NSpine по комбинированной хирургии на трупах и живых тканях

Время проведения: 23–26 апреля 2026 г.

Место проведения: Страсбург, Франция

Контактная информация:

<https://www.spinalsurgerynews.com/2025/08/23-26-april-2026-nspine-combined-cadaveric-france/153217>

VII конгресс «ОРТОБИОЛОГИЯ 2026»: «Будущее начинается здесь»

Время проведения: 24–25 апреля 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

<https://orthobio.ru>



Конференция Британской ассоциации хирургов-вертебрологов (BASS)
Время проведения: 29 апреля – 1 мая 2026 г.

Место проведения: Абердин, Шотландия
Контактная информация:
<https://bassmeeting.co.uk>

8-й Всемирный конгресс малоинвазивной хирургии позвоночника и соответствующих методик (WCMISST-2026)
Время проведения: 7–9 мая 2026 г.

Место проведения: Лос-Анджелес, Калифорния, США
Контактная информация:
<https://wcmisst2026.org/>

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.

Место проведения: Кейптаун, Южно-Африканская республика
Контактная информация:
<https://www.issls.org/2026-annual-meeting>

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.

Место проведения: Сингапур
Контактная информация:
<https://wso2026.lmsii.org>

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.

Место проведения: Лондон, Соединенное Королевство
Контактная информация:
<https://csrs-europe-congress.com>

Всемирный конгресс вертебрологов Global Spine Congress
Время проведения: 27–30 мая 2026 г.

Место проведения: Стамбул, Турция
Контактная информация:
<https://globalspinecongress.org>

Иновационный саммит Северо-Американского общества вертебрологов (NASS)
Время проведения: 11–12 июня 2026 г.

Место проведения: Роузмонт, США
Контактная информация:
<https://www.spine.org/INS>

Всемирный конгресс по хирургии и анестезиологии
Время проведения: 7–8 августа 2026 г.

Место проведения: Амстердам, Нидерланды
Контактная информация:
<https://surgery-anesthesia.inovineconferences.com>

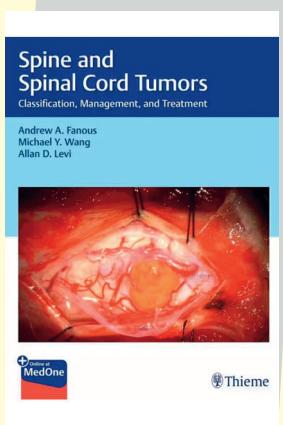
ЕвроСпайн-2026
Время проведения: 7–9 октября 2026 г.

Место проведения: Гётеборг, Швеция
Контактная информация:
<https://www.eurospine.org/events/annual-meeting/2026/>

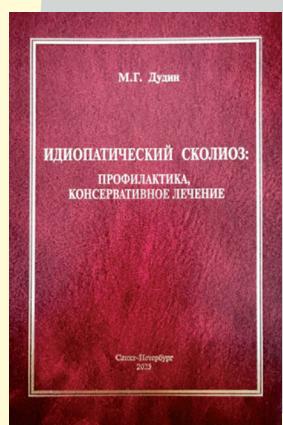


КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

**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



**Идиопатический сколиоз:
профилактика, консервативное лечение**
М.Г. Дудин



ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



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 предоставляет 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 и содержит 44 главы, охватывающие 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, менингальных оболочек и периферических нервов, а также метастатические опухоли позвоночника.

В части V обсуждаются методы адъюvantного 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.

Санкт-Петербург: Контраст, 2025
300 с.
ISBN: 978-5-4380-0379-3

Заслуженный врач России, д-р мед. наук, профессор Михаил Георгиевич Дудин представляет научную работу, которая раскрывает механизмы возникновения и методы профилактики и консервативного лечения идиопатического сколиоза. Автор предлагает комплексный подход: от ранней диагностики до эффективных консервативных методов лечения, основанных на клиническом опыте. Подробные рекомендации помогут минимизировать риски прогрессирования заболевания и сохранить здоровье позвоночника. Книга адресована врачам, студентам медицинских направлений и заботливым родителям. Формат издания обеспечивает удобство чтения, а качественный переплет гарантирует долговечность. Это практическое руководство, сочетающее научную глубину и доступность изложения.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

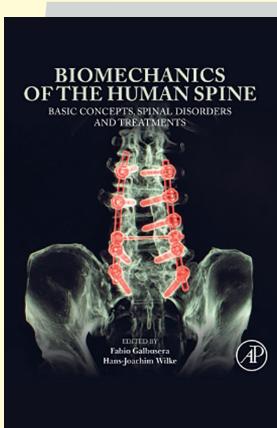
www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



**Биомеханика позвоночника человека:
Основные понятия, заболевания позвоночника
и методы лечения**

**Biomechanics of the Human Spine:
Basic Concepts, Spinal Disorders and Treatments**
Ed. by: F. Galbusera, H.-J. Wilke

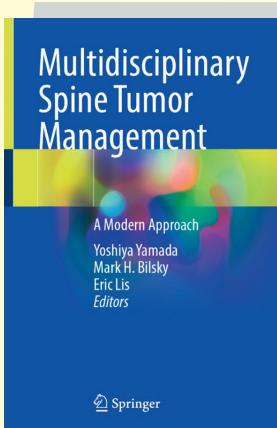


2nd Edition
Academic Press, 2026

Книга представляет собой незаменимый источник информации как для инженеров-биомедиков, так и для хирургов-ортопедов. Книга разделена на четыре основных раздела, каждый из которых, опираясь на информацию предыдущего раздела, предлагает глубокое понимание биомеханики позвоночника. Книга начинается с описания функциональной анатомии позвоночника, с особым вниманием к часто упускаемым из виду аспектам клинической литературы. Во втором разделе подробно рассматривается механика тканей позвоночника, в том числе условия проведения экспериментов и математические модели. В третьем разделе рассматриваются современные методы исследования позвоночника, а в заключительном разделе – биомеханические аспекты патологий позвоночника и их хирургического лечения.

Вклад ведущих мировых институтов обеспечивает включение в книгу новейших исследований и опыта в области биомеханики позвоночника. Среди основных моментов – глубокие экспериментальные исследования, численное моделирование и исследования *in vivo*, такие как визуализация и анализ движения. Книга отличается комплексным подходом, преодолевающим разрыв между биомеханическими знаниями и их клиническим применением. Она незаменима для специалистов в этой области, предлагая ценные знания и практические рекомендации для понимания и лечения заболеваний позвоночника.

**Междисциплинарное лечение опухолей позвоночника: Современный подход
Multidisciplinary Spine Tumor Management:
A Modern Approach**
Ed. by: Y. Yamada, M.H. Bilsky, E. Lis



Springer Cham, 2025
272 p.

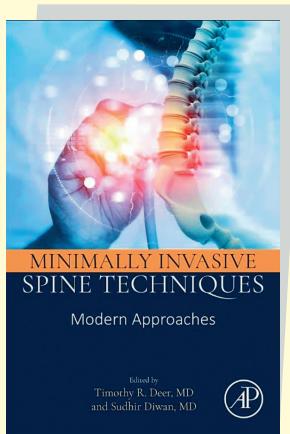
В книге представлен междисциплинарный подход к лечению опухолей позвоночника. В связи с уникальными механическими и неврологическими функциями позвоночника опухоли в этой области требуют специальных знаний, которыми обладают врачи и хирурги разных специализаций, и объединение этих знаний в междисциплинарную команду – это смена парадигмы, произошедшая в XXI в. Многие сейчас признают преимущества междисциплинарного подхода, но на практике немногим удалось сформировать сплоченную и эффективную команду. В Мемориальном онкологическом центре имени Слоуна-Кеттеринга (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) по-настоящему междисциплинарная команда работает вместе уже более двух десятилетий. Цель данной книги – объединить этот опыт в одном труде.

Книга структурирована так, чтобы подчеркнуть междисциплинарные аспекты, важные для успешной программы. Главы посвящены диагностике, роли хирургии, лучевой терапии, лечению токсичности и реабилитации. В качестве подкрепления текста используются примеры из реальной практики. Каждый аспект междисциплинарной помощи обсуждается в главах, основанных на фактических данных, которые объясняют роль отдельных специализаций и то, как их опыт вписывается в единую картину. Руководство разработано с учетом максимальной практичности и применимости.



КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

**Малоинвазивные методы лечения позвоночника:
Современные подходы**
**Minimally Invasive Spine Techniques:
Modern Approaches**
Ed. by: Timothy R. Deer, Sudhir Diwan



ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



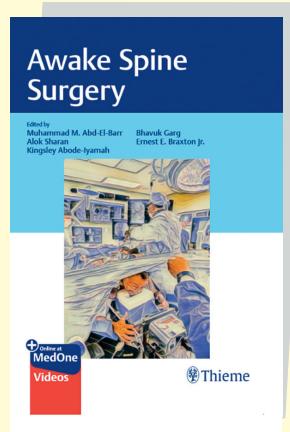
Academic Press, 2026
325 с.

«Малоинвазивные методы лечения позвоночника: современные подходы» – незаменимый ресурс, разработанный для практикующих врачей, сталкивающихся с ежедневными задачами, требующими точности, применения инновационных решений и обладания всесторонними знаниями. В книге не только подробно рассматривается анатомия, знание которой критически важно для успеха процедуры, она представляет практикующим врачам новейшие методики и инструменты малоинвазивной хирургии. От критерия отбора пациентов до хирургических методик и применения устройств – этот атлас гарантирует, что каждый аспект имплантации устройств будет соответствовать самым высоким стандартам лечения и инноваций.

Ключевые особенности: включает всестороннее освещение анатомии позвоночника, головного мозга и нервов, критически важных для точных хирургических методов, рассматривает новые инструменты и методики, включая артродез крестцово-подвздошного сочленения и методы нейростимуляции, практические рекомендации по отбору пациентов, показаниям к применению устройств, одобренных FDA, охватывает стратегии предотвращения и лечения осложнений для повышения безопасности и эффективности процедур.

Хирургия позвоночника в сознании
Awake Spine Surgery
**М.М. Abd-El-Barr, А. Sharan, K. Abode-Iyamah,
B. Garg, E.E. Braxton Jr.**

Thieme, 2025
246 с.



Методическое руководство по хирургии позвоночника в сознании и минимизации анестезиологической нагрузки. Хирургия позвоночника – это постоянно развивающаяся специализация, требующая углубленного понимания патологии, биомеханики и естественного течения заболеваний позвоночника. В настоящее время внедряются технологические инновации, которые обеспечивают лучшие результаты для пациентов. В центре внимания хирургия позвоночника в сознании — новаторский подход, суть которого не только в избегании общей анестезии, но и в минимизации воздействия хирурга на пациента. Книга состоит из трех частей и 22 глав, охватывающих предоперационные, интраоперационные и послеоперационные аспекты. Она заложивает прочную основу, охватывая критерии отбора пациентов, противопоказания и полный спектр блокад под ультразвуковым контролем, от мыши, выпрямляющих позвоночник, до брюшной стенки. Многомерные аспекты хирургии позвоночника в сознании отражены в различных темах: от глобального опыта, полученного в ходе борьбы с COVID-19, и разработки программы амбулаторной хирургии в сознании до длительно действующих блокад и послеоперационного делирия.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



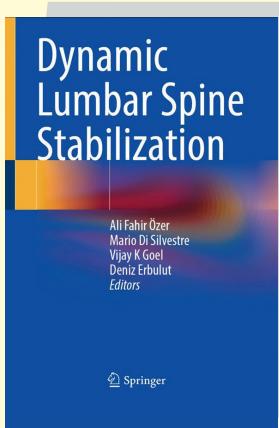
ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Динамическая стабилизация поясничного отдела позвоночника
Dynamic Lumbar Spine Stabilization
Ed. by: A.F. Özer, M.D. Silvestre, V.K. Goel, D. Erbulut

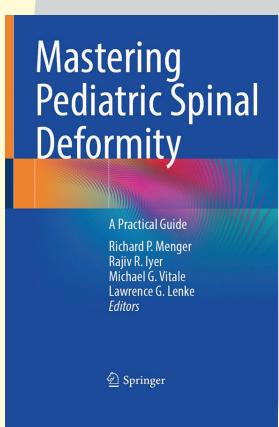


Springer Cham, 2026

323 с.

В книге представлено современное состояние динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника – комплекса хирургических методов, разработанных для преодоления ограничений спондилодеза, таких как смертность и заболеваемость, особенно у пожилых людей и при хронической нестабильности. В первых главах рассматриваются философия и обоснование динамической стабилизации и представлена ее эволюция за последние два десятилетия. Также анализируются отличия от других систем, не связанных со спондилодезом, таких как протезы дисков, межпозвонковые устройства, замена фасеточных суставов и другие мягкие или полужесткие системы стабилизации. Рассматриваются биомеханика, показания, технические нюансы и «подводные камни», а также клинические результаты и осложнения этой технической инновации. Также обсуждаются ее применение при особых деформациях, например, идиопатическом сколиозе у подростков, не достигших возраста завершения роста костей, и высокая эффективность применения при хирургическом лечении грыжи поясничного диска. Дополняют книгу сведения об использовании методики на начальной стадии дегенерации, что подготавливает почву для регенерации. Написанное международной группой экспертов, это актуальное и своевременное руководство представляет собой превосходный источник знаний и ценнее пособие для клинической практики как ортопедических хирургов, так и нейрохирургов.

Освоение навыков коррекции детских деформаций позвоночника: Практическое руководство
Mastering Pediatric Spinal Deformity: A Practical Guide
Ed. by: R.P. Menger, R.R. Iyer, M.G. Vitale, L.G. Lenke



Springer Cham, 2026
433 с.

Практическое руководство предназначено для нейрохирургов и ортопедов, занимающихся детскими деформациями позвоночника. Хотя в этой области существует множество авторитетных учебников, эта книга оформлена как краткий тактический ресурс.

Главы акцентируют внимание на конкретных клинических выводах, а для дальнейшего изучения приводятся ссылки на дополнительные источники. Текст предполагает наличие базовых знаний в области хирургии позвоночника и служит практическим руководством по лечению детей с патологиями позвоночника. В нем освещаются уникальные особенности детской хирургии позвоночника, технические нюансы, патологии, технологии и системный подход к лечению. Главы в основном построены по принципу маркированного списка для быстрого и эффективного предоставления информации о предоперационных, оперативных и послеоперационных аспектах, а также о потенциальных осложнениях с подкреплением большим количеством рентгенографических и интраоперационных фотографий. Книга завершается серией «Мастера», в которой ведущие эксперты пошагово объясняют свои подходы как к типичным, так и к сложным случаям.

**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

Тел.: 8 (383) 363-39-81

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации**

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям **«травматология и ортопедия»**, **«нейрохирургия»**,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению **«Клиническая
медицина»** по специальностям **«травматология и ортопедия»**, **«нейрохирургия»**,
«анестезиология-реаниматология»

**Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81**



ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2025 ГОДУ

Index of articles published in 2025

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Басанкин И.В., Виссарионов С.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Шаповалов В.К., Тарасенко Л.А., Ефремов А.М., Соболев А.В., Данилейченко А.А. Некоторые эпидемиологические показатели и результаты хирургического лечения детей с нестабильными и осложненными повреждениями позвоночника при различных моделях оказания медицинской помощи на примере субъекта Российской Федерации (№ 1, 42–52)

Гринь А.А., Талыпов А.Э., Каландари А.А., Кордонский А.Ю., Карападзе В.А., Львов И.С., Абдрафиев Р.И. Отдаленные результаты хирургического лечения пациентов с неосложненными взрывными переломами позвонков грудопоясничного перехода (№ 3, 47–56)

Куфтов В.С., Усиков В.Д. Планирование репозиционно-стабилизирующего транспедикулярного остеосинтеза при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника (№ 4, 19–29)

Ластевский А.Д., Аникин К.А., Ахметьянов Ш.А., Борисов Н.Н., Кучук Л.Е., Назаров Ж.А., Перих В.В. Анализ причин проседания современных раздвижных телозамещающих кейджей при хирургическом лечении повреждений грудного и поясничного отделов позвоночника (№ 4, 6–18)

Лисицыкий И.Ю., Рашидов В.Н., Лычагин А.В., Заров А.Ю., Коркунов А.Л., Черепанов В.Г., Вязанкин И.А., Целищева Е.Ю. Оригинальный остеосинтез нестабильных переломов атланта: анализ серии наблюдений (№ 1, 53–61)

Шувалов С.Д., Шульга А.Е., Бажанов С.П., Островский В.В., Толкачев В.С. Роль телозамещающих имплантатов расширяемого типа в хирургическом лечении пациентов с повреждениями грудных и поясничных позвонков: систематический обзор (№ 4, 30–41)

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Бутенко А.С., Пимбурский И.П., Челпаченко О.Б., Самохин К.А., Жердев К.В., Яцык С.П., Петельгузов А.А., Зубков П.А. Позвоночно-тазовая фиксация при нейрогенных сколиозах: обоснованность показаний (№ 1, 15–25)

Басюра А.С., Бузунов А.В., Головнёва М.А., Сергинин А.Ю., Новиков В.В. Комплексная оценка результатов хирургического лечения тяжелых форм идиопатических сколиозов с основной грудной сколиотической дугой (№ 3, 26–36)

Иванова А.А., Лебедева М.Н. Предоперационное экспресс-определение типов вегетативной регуляции у подростков с идиопатическим сколиозом (№ 4, 42–48)

Колесов С.В., Переверзев В.С. Ретроспектива экспериментально-морфологического исследования 1991 г. с позиции оценки эффективности центральной динамической коррекции сколиоза у взрослых (№ 1, 6–14)

Лебедева М.Н., Иванова А.А. Венозные тромбоэмболические осложнения в хирургии сколиоза: обзор литературы (№ 1, 34–41)

SPINE INJURIES

Basankin I.V., Vissarionov S.V., Gyulzatyan A.A., Afaunov A.A., Takhmazyan K.K., Shapovalov V.K., Tarasenko L.A., Efremov A.M., Sobolev A.V., Danileichenko A.A. Some epidemiological indicators and results of surgical treatment of children with unstable and complicated spine injuries using different models of medical care based on the example of a constituent entity of the Russian Federation (N 1, 42–52)

Grin A.A., Talypov A.E., Kalandari A.A., Kordonskiy A.Yu., Karanadze V.A., Lvov I.S., Abdrafieva R.I. Long-term results of surgical treatment in patients with neurologically intact thoracolumbar burst fracture (N 3, 47–56)

Kuftov V.S., Usikov V.D. Planning of repositional-stabilizing transpedicular osteosynthesis for injuries of the thoracic and lumbar spine (N 4, 19–29)

Lastevskiy A.D., Anikin K.A., Akhmetyanov Sh.A., Borisov N.N., Kuchuk L.E., Nazarov Z.A., Rerikh V.V. Analysis of the causes of subsidence of the modern vertebral body replacement devices in the surgical treatment of thoracolumbar spinal fractures (N 4,)

Lisitsky I.Yu., Rashidov V.N., Lychagin A.V., Zarov A.Yu., Korkunov A.L., Cherepanov V.G., Vyzankin I.A., Tselishcheva E.Yu. Corinal surgical technique of unstable atlas fracture osteosynthesis: case series analysis (N 1, 53–61)

Shuvalov S.D., Shulga A.E., Bazhanov S.P., Ostrovskij V.V., Tolkachev V.S. The role of expandable spinal cages in surgical treatment of patients with thoracic and lumbar spine injuries: a systematic review (N 4, 30–41)

SPINE DEFORMITIES

Butenko A.S., Pimbursky I.P., Chelpachenko O.B., Samokhin K.A., Zherdev K.V., Yatsyk S.P., Petelguzov A.P., Zubkov P.A. Spinopelvic fixation in neurogenic scoliosis: validity of indications (N 1, 15–25)

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 (N 3, 26–36)

Ivanova A.A., Lebedeva M.N. Preoperative rapid determination of types of autonomic regulation in adolescents with idiopathic scoliosis (N 4, 42–48)

Kolesov S.V., Pereverzhev V.S. Retrospective of the experimental morphological study of 1991 from the standpoint of evaluating the effectiveness of anterior dynamic correction of adult scoliosis (N 1, 6–14)

Lebedeva M.N., Ivanova A.A. Venous thromboembolic complications in scoliosis surgery: a review of the literature (N 1, 34–41)

Михайловский М.В., Александрова Н.Л., Долотин Д.Н. Хирургия идиопатических сколиозов менее 40° по Cobb: результаты, вопросы, проблемы (№ 3, 18–25)

Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С., Евсюков А.В. Классификация малопозиций винтов при инструментальной фиксации деформаций позвоночника (№ 3, 6–17)

Распопов М.С., Колесов С.В., Швец В.В., Еськин Н.А., Переверзев В.С., Казьмин А.И., Богдашевская 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 (№ 3, 37–46)

Степаненко А.В., Сысоев К.В., Годаник Д.С., Гуляев Д.А., Степаненко В.В., Ким А.В. Атлантоаксиальная нестабильность на фоне аномалии зуба C₂ позвонка у пациентов с синдромом Дауна: описание двух клинических наблюдений с авторской модификацией стабилизации (№ 1, 26–33)

ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Малахов С.Б., Диценко 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 (№ 3, 57–66)

Евсюков А.В., Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С. Ожирение и спинальная хирургия: систематический обзор (№ 1, 62–72)

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 (№ 3, 79–88)

Исаков И.Д., Сангинов А.Д., Мушкичев Е.А., Пелеганчук А.В. Предикторы непрямой декомпрессии у пациентов с моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе (№ 4, 56–65)

Кинзяголов Б.Р., Лебедев В.Б., Лебедев П.В., Зуев А.А. Влияние степени тяжести центрального стеноза поясничного отдела позвоночника и его протяженности на клинические проявления и функциональные исходы хирургического лечения (№ 1, 73–78)

Крутько А.В., Захарин В.Р., Байков Е.С., Кокорев А.И., Балычев Г.Е., Леонова О.Н. Динамика сагиттального профиля позвоночника после изолированной декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований при дегенеративном поясничном стенозе: протокол проспективного мультицентрового исследования (№ 4, 49–55)

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 (№ 3, 67–78)

Самойлов Е.П., Семенов А.В., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н. Ретроспективный анализ клинико-неврологических и дегенеративных изменений у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника на основе применения балльной шкалы ИНДИ (№ 4, 66–73)

Mikhaylovskiy 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 (N 3, 18–25)

Prudnikova O.G., Matveev E.A., Strebkova M.S., Evsyukov A.V. Classification of screw malpositions in instrumental fixation of spinal deformities (N 3, 6–17)

Raspopov M.S., Kolesov S.V., Shvets V.V., Eskin N.A., Pereverzhev 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 (N 3, 37–46)

Stepanenko A.V., Sysoev K.V., Godanyuk D.S., Gulyaev D.A., Stepanenko V.V., Kim A.V. Atlantoaxial instability associated with C2 odontoid abnormality in patients with Down syndrome: description of two clinical cases with the author's modification of stabilization (N 1, 26–33)

DEGENERATIVE DISEASES OF THE SPINE

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 B.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 (N 3, 57–66)

Evsyukov A.V., Prudnikova O.G., Matveev E.A., Strebkova M.S. Obesity and spinal surgery: a systematic review (N 1, 62–72)

Zhitovenko 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 (N 3, 79–88)

Isakov I.D., Sanginov A.J., Mushkachev E.A., Peleganchuk A.V. Predictors of indirect decompression in patients with monosegmental spinal canal stenosis in the lumbar spine (N 4, 56–65)

Kinzyagulov B.R., Lebedev V.B., Lebedev P.V., Zuev A.A. The influence of the lumbar spinal stenosis severity and extent on clinical symptoms and functional outcomes of surgical treatment (N 1, 73–78)

Krutko A.V., Zakharin V.R., Baykov E.S., Kokorev A.I., Balychev G.E., Leonova O.N. Sagittal balance improvement after isolated decompression in lumbar spine stenosis: study protocol for prospective multicenter trial (N 4, 49–55)

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 (N 3, 67–78)

Samoilov E.P., Semenov A.V., Sorokovikov V.A., Larionov S.N. Retrospective analysis of clinical, neurological and degenerative changes in patients with single-level cervical spinal stenosis based on the use of the INDI scale (N 4, 66–73)

ОПУХОЛИ И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Асадулаев М.С., Виссарионов С.В., Маламашин Д.Б., Нилов А.Д., Мурашко Т.В. Остеохондрома грудопоясничного отдела позвоночника у пациентки с множественной экзостозной хондродисплазией: клиническое наблюдение (№ 4, 74–84)

Глухов Д.А., Мушкин А.Ю. Хирургическое лечение опухолей и спондилитов шейного отдела позвоночника у детей: что выявляет 20-летний моноцентровой опыт синдромного подхода? (№ 1, 79–87)

СОЧЕТАННАЯ ПАТОЛОГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА И ТАЗА

Котельников А.О., Евсюков А.В., Прудникова О.Г., Бурцев А.В., Павлов В.В., Пелеганчук А.В. Hip-spine синдром: несистематизированный обзор литературы (№ 2, 6–22)

Пелеганчук А.В., Тургунов Э.Н., Мушкачев Е.А., Таштанов Б.Р., Павлов В.В., Корыткин А.А. «Зона безопасности» ацетабулярного компонента в концепции позвоночно-тазовых взаимоотношений (№ 2, 23–31)

ПАТОЛОГИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Афаунов А.А., Басанкин И.В., Багаудинов А.Б., Млявых С.Г., Гюльзатян А.А., Богданов С.В. Экспериментальное обоснование технических вариантов педикулярной удлиняющей остеотомии для декомпрессии дурального мешка и корешков в поясничном отделе позвоночника (№ 2, 45–54)

Дзукаев Д.Н., Пейкер А.Н., Топорский А.И., Борзенков А.В., Музышев И.А., Пустовойтов В.В., Торчинов С.Т., Гульй В.В. Биомеханические показатели нестабильности позвоночно-двигательного сегмента в поясничном отделе позвоночника: систематический обзор (№ 2, 32–44)

ПАТОЛОГИЯ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Бобряков Н.А., Середа Э.В., Петров С.И., Джумабаев А.Х., Хамидулин Ф.Г., Цыренжапов А.М. Исследование динамических соматосенсорных вызванных потенциалов у пациентов с малосимптомными формами центрального стеноза позвоночного канала на шейном уровне (№ 2, 75–82)

Глухов Д.А., Мушкин А.Ю. Влияние деструктивных изменений и хирургической коррекции на параметры сагittalного баланса шейного отдела позвоночника у детей (№ 2, 66–74)

Кулешов А.А., Назаренко А.Г., Шаров В.А., Ветрилэ М.С., Овсянкин А.В., Кузьминова Е.С. Анализ взаимного влияния параметров шейного сагittalного баланса у детей в норме и с синдромом Дауна (№ 2, 55–65)

БОЕВЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Мануковский В.А., Келин А.О., Антонов Г.И., Чмутин Г.Е., Данилов Г.В., Струнина Ю.В., Иванов И.И., Гюльзатян А.А. Повреждения позвоночника и спинного мозга в боевых конфликтах: систематический обзор литературы и метаанализ (№ 2, 83–95)

TUMORS AND INFLAMMATORY DISEASES OF THE SPINE

Asadulaev M.S., Vissarionov S.V., Malamashin D.B., Nilov A.D., Murashko T.V. Huge thoracolumbar osteochondroma in a patient with multiple exostous chondrodysplasia case report (N 4, 74–84)

Glukhov D.A., Mushkin A.Yu. Surgical treatment of tumors and spondylitis of the cervical spine in children: what does 20-year monocentric experience with the syndromic approach reveal? (N 1, 79–87)

COMBINED PATHOLOGY OF THE SPINE AND PELVIS

Kotelnikov A.O., Evsyukov A.V., Prudnikova O.G., Burtsev A.V., Pavlov V.V., Peleganchuk A.V. Hip-spine syndrome: a non-systematic literature review (N 2, 6–22)

Peleganchuk A.V., Turgunov E.N., Mushkachev E.A., Tashtanov B.R., Pavlov V.V., Korytkin A.A. Safe zone for the acetabular component in the concept of spinopelvic relationships (N 2, 23–31)

PATHOLOGY OF THE LUMBAR SPINE

Afaunov A.A., Basankin I.V., Bagaudinov A.B., Mlyavykh S.G., Gulzatyanyan A.A., Bogdanov S.B. Experimental substantiation of technical variants of pedicle-lengthening osteotomy for decompression of the dural sac and nerve roots in the lumbar spine (N 2, 45–54)

Dzukaev D.N., Peiker A.N., Toporskiy A.I., Borzenkov A.V., Muzishev I.A., Pustovoitov V.V., Torchinov S.T., Gulyi V.V. Biomechanics of spinal motion segment instability in the lumbar spine: a systematic review (N 2, 32–44)

PATHOLOGY OF THE CERVICAL SPINE

Bobriakov N.A., Sereda E.V., Petrov S.I., Dzhumabaev A.Kh., Khamidullin F.G., Tsyrrenzhapov A.M. Study of dynamic somatosensory evoked potentials in patients with asymptomatic central cervical spinal stenosis (N 2, 75–82)

Glukhov D.A., Mushkin A.Yu. Influence of destructive changes and surgical correction on the parameters of sagittal balance of the cervical spine in children (N 2, 66–74)

Kuleshov A.A., Nazarenko A.G., Sharov V.A., Vetrile M.S., Ovsyankin A.V., Kuzminova E.S. Analysis of the mutual influence of cervical sagittal balance parameters in children in norm and with Down syndrome (N 2, 55–65)

COMBAT INJURIES OF THE SPINE

Manukovskiy V.A., Kelin A.O., Antonov G.I., Chmutin G.E., Danilov G.V., Strunina Yu.V., Ivanov I.I., Gulzatyan A.A. Combat related spine and spinal cord injuries: a systematic literature review and meta-analysis (N 2, 83–95)

ВАЛИДАЦИЯ ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Захарин В.Р., Леонова О.Н., Байков Е.С., Кокорев А.И., Дарчия Л.Ю., Балычев Г.Е., Иванов Д.В., Доль А.В., Бессонов Л.В., Крутко А.В. Валидация мобильного приложения для расчета сагиттальных параметров позвоночника «SmartPlan Balance» (№ 2, 96–103)

Леин Г.А., Нечаева Н.С., Демченко М.О., Артамонов М.С. Валидация системы поддержки принятия решений по определению степени тяжести сколиотической деформации позвоночника при анализе рентгенограмм (№ 2, 104–111)

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Кубасов М.В., Кравцов М.Н., Сарычева С.С., Шлеенкова Е.Н., Свистов Д.В. Дозы облучения хирургов при операциях на позвоночнике (№ 3, 89–96)

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: biomechanical испытания (№ 3, 97–103)

КОЛОНКА РЕДАКТОРА (№ 1, 4; № 2, 4; № 3, 4; № 4, 4)

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ К ЗАЩИТЕ В 2024 ГОДУ (№ 1, 88–91)

ПАТЕНТЫ ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ (№ 4, 85–88)

БЮЛЛЕТЕНЬ АССОЦИАЦИИ ХИРУРГОВ-ВЕРТЕБРОЛОГОВ (№ 2, 112–117; № 4, 89–94)

ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ

Жан Дюбуссе (№ 2, 118–122)

Эдуард Владимирович Ульрих (№ 2, 123–124)

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

(№ 1, 92–97; № 2, 111–112; № 3, 100–102; № 4, 95–96)

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

(№ 1, 98–99; № 2, 128–134; № 3, 106–110; № 4, 97–101)

VALIDATION OF DECISION SUPPORT PROGRAMS

Zakharin V.R., Leonova O.N., Baikov E.S., Kokorev A.I., Darchia L.Yu., Balychev G.E., Ivanov D.V., Dol A.V., Bessonov L.V., Krutko A.V. Validation of the SmartPlan Balance mobile application to measure sagittal parameters of the spine (N 2, 96–103)

Lein G.A., Nechaeva N.S., Demchenko M.O., Artamonov M.S. Validation of a decision support system for determining the severity of scoliotic spinal deformity using radiographic image analysis (N 2, 104–111)

GENERAL ISSUES

Kubasov M.V., Kravtsov M.N., Sarycheva S.S., Shleenkova E.N., Svitov D.V. Radiation exposure doses of surgeons performing spine surgeries (N 3, 89–96)

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 (N 3, 97–103)

EDITORIAL (N 1, 4; N 2, 4; N 3, 4; N 4, 4)

THESES IN VERTEBROLOGY DEFENDED IN 2024 (N 1, 88–91)

SPINE MEDICINE PATENT NEWS (N 4, 85–88)

BULLETIN OF THE ASSOCIATION OF SPINE SURGEONS (N 2, 112–117; N 4, 89–94)

IN MEMORIAM OF OUR COLLEAGUE

Jean Dubousset, Eduard (N 2, 118–122)

Eduard Vladimirovich Ulrikh (N 2, 123–124)

MEETING FOR SPINE SPECIALISTS

(N 1, 95–97; N 2, 125–127; N 3, 104–105; N 4, 95–96)

NOVELTY BOOKS

(N 1, 98–99; N 2, 128–134; N 3, 106–110; N 4, 97–101)



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

№ 1–4, 2025

- Абдрафиев Р.И. 3, 47–56
 Аганесов А.Г. 3, 97–103
 Александрова Н.Л. 3, 18–25
 Алексанян М.М. 3, 97–103
 Аникин К.А. 4, 6–18
 Антонов Г.И. 2, 83–95
 Артамонов М.С. 2, 104–111
 Асадулаев М.С. 4, 74–84
 Афуанов А.А. 1, 42–52; 2, 45–54; 3, 57–66
 Ахметьянов Ш.А. 4, 6–18
 Багаудинов А.Б. 2, 45–54
 Багиров С.Б. 3, 37–46
 Бажанов С.П. 4, 30–41
 Байков Е.С. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Балычев Г.Е. 2, 96–103; 4, 49–55
 Басанкин И.В. 1, 42–52; 2, 45–54; 3, 57–66
 Бедулина М.А. 1, 91–94
 Бессонов Л.В. 2, 96–103
 Бобряков Н.А. 2, 75–82
 Богданов С.В. 2, 45–54
 Богдашевская Е.Д. 3, 37–46
 Борзенков А.В. 2, 32–44
 Борисов Н.Н. 4, 6–18
 Бузунов А.В. 3, 26–36
 Бурцев А.В. 2, 6–22
 Бутенко А.С. 1, 15–25
 Васюра А.С. 3, 26–36
 Ветрилэ М.С. 2, 55–65
 Виссарионов С.В. 1, 42–52; 4, 74–84
 Вязанкин И.А. 1, 53–61
 Глухов Д.А. 1, 79–87; 2, 66–74
 Годанюк Д.С. 1, 26–33
 Головнёва М.А. 3, 26–36
 Гринь А.А. 3, 47–56
 Грицаев И.Е. 3, 57–66
 Гуляев Д.А. 1, 26–33
 Гульный В.В. 2, 32–44
 Гользатян А.А. 1, 42–52; 2, 45–54; 2, 83–95; 3, 57–66
 Данилейченко А.А. 1, 42–52
 Данилов Г.В. 2, 83–95
 Дарчия Л.Ю. 2, 96–103
 Демченко М.О. 2, 104–111
 Джумабаев А.Х. 2, 75–82
 Дзукаев Д.Н. 2, 32–44
 Диценко В.Г. 3, 57–66
 Долотин Д.Н. 3, 18–25
 Доль А.В. 2, 96–103
 Домрачев И.Е. 3, 37–46
 Евсюков А.В. 1, 62–72; 2, 6–22, 3, 6–17
 Еськин Н.А. 3, 37–46
 Ефремов А.М. 1, 42–52
 Жердев К.В. 1, 15–25
 Животенко А.П. 3, 79–88
 Заров А.Ю. 1, 53–61
 Захарин В.Р. 2, 96–103; 4, 49–55
 Зубков П.А. 1, 15–25

- Зуев А.А. 1, 73–78
 Иванов Д.В. 2, 96–103
 Иванов И.И. 2, 83–95
 Иванова А.А. 1, 34–41; 4, 42–48
 Исаков И.Д. 4, 56–65
 Казьмин А.И. 3, 37–46
 Каландари А.А. 3, 47–56
 Карападзе В.А. 3, 47–56
 Келин А.О. 2, 83–95
 Ким А.В. 1, 26–33
 Кинзягупов Б.Р. 1, 73–78
 Кокорев А.И. 2, 96–103; 4, 49–55
 Колесов С.В. 1, 6–14; 3, 37–46
 Кордонский А.Ю. 3, 47–56
 Коркунов А.Л. 1, 53–61
 Корыткин А.А. 2, 23–31
 Котельников А.О. 2, 6–22
 Кравцов М.Н. 3, 89–96
 Крупнин А.Е. 3, 97–103
 Круглько А.В. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Кулешов А.А. 2, 55–65
 Кубасов М.В. 3, 89–96
 Кузьмин Н.С. 3, 67–78
 Кузьминова Е.С. 2, 55–65
 Күфтөв В.С. 4, 19–29
 Күчкүл Д.Е. 4, 6–18
 Ларионов С.Н. 3, 79–88; 4, 66–73
 Ластевский А.Д. 4, 6–18
 Лебедев В.Б. 1, 73–78
 Лебедев П.В. 1, 73–78
 Лебедева М.Н. 1, 34–41; 4, 42–48
 Леин Г.А. 2, 104–111
 Леонова О.Н. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Лисицкий И.Ю. 1, 53–61
 Лычагин А.В. 1, 53–61
 Львов И.С. 3, 47–56
 Макаров С.А. 3, 97–103
 Маламашин Д.Б. 4, 74–84
 Малахов С.В. 3, 57–66
 Мануковский В.А. 2, 83–95
 Матвеев Е.А. 1, 62–72; 3, 6–17
 Михайловский М.В. 3, 18–25
 Млявых С.Г. 2, 45–54
 Морозова Н.С. 3, 37–46
 Музышев И.А. 2, 32–44
 Мурашко Т.В. 4, 74–84
 Мушкаев Е.А. 2, 23–31; 4, 56–65
 Мушкин А.Ю. 1, 79–87, 91–94; 2, 66–74
 Назаренко А.Г. 2, 55–65
 Назаров Ж.А. 4, 6–18
 Нечаева Н.С. 2, 104–111
 Нилов А.Д. 4, 74–84
 Новиков В.В. 3, 26–36
 Овсянкин А.В. 2, 55–65
 Островский В.В. 4, 30–41
 Павлов В.В. 2, 6–22; 2, 23–31
 Пейкер А.Н. 2, 32–44
 Пелеганчук А.В. 2, 6–22; 2, 23–31; 4, 56–65
 Перееверзев В.С. 1, 6–14; 3, 37–46
 Петельгузов А.А. 1, 15–25
 Петров С.И. 2, 75–82
 Пимбурский И.П. 1, 15–25
 Побежимов В.В. 3, 97–103
 Прудникова О.Г. 1, 62–72; 2, 6–22; 3, 6–17
 Пустовойтов В.В. 2, 32–44
 Распов М.С. 3, 37–46
 Рашидов В.Н. 1, 53–61
 Рерих В.В. 4, 6–18
 Самойлов Е.П. 4, 66–73
 Самохин К.А. 1, 15–25
 Сангинов А.Д. 4, 56–65
 Сарычева С.С. 3, 89–96
 Свистов Д.В. 3, 89–96
 Седиш Н.Г. 3, 97–103
 Семенов А.В. 4, 66–73
 Сергунин А.Ю. 3, 26–36
 Середа Э.В. 2, 75–82
 Соболев А.В. 1, 42–52
 Сороковиков В.А. 3, 79–88; 4, 66–73
 Спирин О.А. 3, 97–103
 Степаненко А.В. 1, 26–33
 Степаненко В.В. 1, 26–33
 Стребкова М.С. 1, 62–72; 3, 6–17
 Струнина Ю.В. 2, 83–95
 Сысоев К.В. 1, 26–33
 Сычеников Б.А. 3, 57–66
 Тальпов А.Э. 3, 47–56
 Тарасенко Л.А. 1, 42–52
 Тахмазян К.К. 1, 42–52; 3, 57–66
 Таштанов Б.Р. 2, 23–31
 Таюрский Д.А. 3, 57–66
 Толкачев В.С. 4, 30–41
 Топорский А.И. 2, 32–44
 Торчинов С.Т. 2, 32–44
 Тургунов Э.Н. 2, 23–31
 Усиков В.Д. 4, 19–29
 Хамидулин Ф.Г. 2, 75–82
 Целищева Е.Ю. 1, 53–61
 Цыренжапов А.М. 2, 75–82
 Челпаченко О.Б. 1, 15–25
 Черепанов В.Г. 1, 53–61
 Чмутин Г.Е. 2, 83–95
 Шаповалов В.К. 1, 42–52
 Шаров В.А. 2, 55–65
 Швец В.В. 3, 37–46
 Шлеенкова Е.Н. 3, 89–96
 Шувалов С.Д. 4, 30–41
 Шульга А.Е. 4, 30–41
 Шурыгина И.А. 3, 79–88
 Яцых С.П. 1, 15–25



AUTHOR INDEX

N 1–4, 2025

- Abdraiev RI. 3, 47–56
 Afanov AA. 1, 42–52; 2, 45–54; 3, 57–66
 Aganessov AG. 3, 97–103
 Akhmetyanov Sh.A. 4, 6–18
 Aleksanyan M.M. 3, 97–103
 Alexandrova N.L. 3, 18–25
 Anikin K.A. 4, 6–18
 Antonov G.I. 2, 83–95
 Artamonov M.S. 2, 104–111
 Asadulaev M.S. 4, 74–84
 Bagaudinov A.B. 2, 45–54
 Bagirov S.B. 3, 37–46
 Balychev G.E. 2, 96–103; 4, 49–55
 Basankin IV. 1, 42–52; 2, 45–54; 3, 57–66
 Baykov E.S. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Bazhanov S.P. 4, 30–41
 Bedulina M.A. 1, 91–94
 Bessonov LV. 2, 96–103
 Bobriakov N.A. 2, 75–82
 Bogdanov S.B. 2, 45–54
 Bogdashevskaya E.D. 3, 37–46
 Borisov N.N. 4, 6–18
 Borzenkov AV. 2, 32–44
 Burtsev AV. 2, 6–22
 Butenkov AS. 1, 15–25
 Buzunov AV. 3, 26–36
 Chelpachenko O.B. 1, 15–25
 Cherepanov V.G. 1, 53–61
 Chmutin G.E. 2, 83–95
 Danileichenko AA. 1, 42–52
 Danilov G.V. 2, 83–95
 Darchia LYu. 2, 96–103
 Demchenko M.O. 2, 104–111
 Didenko V.G. 3, 57–66
 Dol AV. 2, 96–103
 Dolotin D.N. 3, 18–25
 Domrachev LE. 3, 37–46
 Dzhumabaev AKh. 2, 75–82
 Dzukaev D.N. 2, 32–44
 Efremov A.M. 1, 42–52
 Eskin N.A. 3, 37–46
 Evsyukov AV. 1, 62–72; 2, 6–22, 3, 6–17
 Glukhov DA. 1, 79–87; 2, 66–74
 Godanyuk D.S. 1, 26–33
 Golovneva M.A. 3, 26–36
 Grin A.A. 3, 47–56
 Gritsaev LE. 3, 57–66
 Gulyaev DA 1, 26–33
 Gulyi V.V. 2, 32–44
 Gyulzatyan AA. 1, 42–52; 2, 45–54; 2, 83–95; 3, 57–66
 Ivanov D.V. 2, 96–103
 Ivanov II. 2, 83–95
 Ivanova AA. 1, 34–41; 4, 42–48
 Isakov ID. 4, 56–65
 Kalandari AA. 3, 47–56

- Karanadze VA. 3, 47–56
 Kazmin AI. 3, 37–46
 Kelin A.O. 2, 83–95
 Khamidullin FG. 2, 75–82
 Kim AV. 1, 26–33
 Kinzyagulov B.R. 1, 73–78
 Kokorev AI. 2, 96–103; 4, 49–55
 Kolesov S.V. 1, 6–14; 3, 37–46
 Kordonskiy AYu. 3, 47–56
 Korkunov AL. 1, 53–61
 Korytkin AA. 2, 23–31
 Kotelnikov AO. 2, 6–22
 Kravtsov MN. 3, 89–96
 Krupnin AE. 3, 97–103
 Krutko AV. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Kubasov MV. 3, 89–96
 Kuchuk LE. 4, 6–18
 Kuftov VS. 4, 19–29
 Kuleshov AA. 2, 55–65
 Kuzmin N.S. 3, 67–78
 Kuzminova ES. 2, 55–65
 Larionov S.N. 3, 79–88; 4, 66–73
 Lastevskiy AD. 4, 6–18
 Lebedev PV. 1, 73–78
 Lebedev VB. 1, 73–78
 Lebedeva MN. 1, 34–41; 4, 42–48
 Lein GA. 2, 104–111
 Leonova O.N. 2, 96–103; 3, 67–78; 4, 49–55
 Lisitsky IYu. 1, 53–61
 Lvov IS. 3, 47–56
 Lychagin AV. 1, 53–61
 Makarov SA. 3, 97–103
 Malakhov SB. 3, 57–66
 Malamashin DB. 4, 74–84
 Manukovskiy VA. 2, 83–95
 Matveev EA. 1, 62–72; 3, 6–17
 Mikhaylovskiy MV. 3, 18–25
 Mlyavykh SG. 2, 45–54
 Morozova NS. 3, 37–46
 Murashko TV. 4, 74–84
 Mushkachev EA. 2, 23–31; 4, 56–65
 Mushkin AYu. 1, 79–87; 91–94; 2, 66–74
 Muzishev IA. 2, 32–44
 Nazarenko AG. 2, 55–65
 Nazarov Zh.A. 4, 6–18
 Nechaeva NS. 2, 104–111
 Nilov AD. 4, 74–84
 Novikov V.V. 3, 26–36
 Ostrovskij V.V. 4, 30–41
 Ovsyankin AV. 2, 55–65
 Pavlov V.V. 2, 6–22; 2, 23–31
 Peiker AN. 2, 32–44
 Peleganchuk AV. 2, 6–22; 2, 23–31; 4, 56–65
 Pereverzov VS. 1, 6–14; 3, 37–46
 Petelguzov AP. 1, 15–25
 Petrov SI. 2, 75–82
 Pimbursky IP. 1, 15–25

- Pobezhimon V.V. 3, 97–103
 Prudnikova O.G. 1, 62–72; 2, 6–22; 3, 6–17
 Pustovoitov V.V. 2, 32–44
 Rashidov V.N. 1, 53–61
 Raspopov M.S. 3, 37–46
 Rerikh V.V. 4, 6–18
 Samoilov EP. 4, 66–73
 Samokhin KA. 1, 15–25
 Sanginov AJ. 4, 56–65
 Sarycheva SS. 3, 89–96
 Sedush NG. 3, 97–103
 Semenov AV. 4, 66–73
 Sereda EV. 2, 75–82
 Sergunin AYu. 3, 26–36
 Shapovalov VK. 1, 42–52
 Sharov VA. 2, 55–65
 Shleenkova EN. 3, 89–96
 Shulga AE. 4, 30–41
 Shurygina IA. 3, 79–88
 Shuvalov SD. 4, 30–41
 Shvets V.V. 3, 37–46
 Sobolev AV. 1, 42–52
 Sorokovikov VA. 3, 79–88; 4, 66–73
 Spirin OA. 3, 97–103
 Stepanenko AV. 1, 26–33
 Stepanenko V.V. 1, 26–33
 Strebkova MS. 1, 62–72, 3, 6–17
 Strunina Yu.V. 2, 83–95
 Svistov DV. 3, 89–96
 Sychenikov BA. 3, 57–66
 Sysoev KV. 1, 26–33
 Takhmazyan KK. 1, 42–52; 3, 57–66
 Talypov AE. 3, 47–56
 Tarasenko LA. 1, 42–52
 Tashtanov BR. 2, 23–31
 Tayurski DA. 3, 57–66
 Tolkachev VS. 4, 30–41
 Toporskiy AI. 2, 32–44
 Torchinov ST. 2, 32–44
 Tselishcheva EYu. 1, 53–61
 Tsyrenzhapov AM. 2, 75–82
 Turgunov EN. 2, 23–31
 Usikov V.D. 4, 19–29
 Vasyura AS. 3, 26–36
 Vetrile M.S. 2, 55–65
 Vissarionov SV. 1, 42–52; 4, 74–84
 Vyazankin IA. 1, 53–61
 Yatsyk SP. 1, 15–25
 Zakharin VR. 2, 96–103; 4, 49–55
 Zarov AYu. 1, 53–61
 Zherdev KV. 1, 15–25
 Zhivotenko AP. 3, 79–88
 Zubkov PA. 1, 15–25
 Zuev AA. 1, 73–78

Хирургия позвоночника

Russian Journal of Spine Surgery

ISSN 1810-8997 (print) ISSN 2313-1497 (online)

16+

Хирургия позвоночника

Russian Journal of Spine Surgery

2025. Т. 22. № 4



- Принципы проедания различных телозамещающих кейджей при хирургическом лечении повреждений позвоночника
- Планирование репозиционно-стабилизирующего трансспинального остеосинтеза при повреждениях грудного и поясничного отделов позвоночника
- Роль телозамещающих имплантатов расширяющего типа при лечении повреждений грудных и поясничных позвонков
- Предоперационное экспресс-определение типов вегетативной регуляции у подростков с idiопатическим сколиозом
- Динамика сагittalного профиля позвоночника после изолированной дескемпции интраканальных сустависто-перных образований при дегенеративном поясничном стенозе
- Продикторы непрямой дескемпции у пациентов с моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе
- Анализ клинико-неврологических и деструктивных изменений у пациентов с моносегментарным стенозом шейного отдела позвоночника на основе балльной шкалы ИНДИ

Научно-практический журнал

ПОДПИШИТЕСЬ СЕЙЧАС
www.spinesurgery.ru



Форма № ПД -4	
Извещение	УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивяни» Минздрава России) (наименование получателя платежа)
	5406011563 № 03214643000000015100 (ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)
Кассир	в Сибирское ГУ Банка России // УФК по Новосибирской области (наименование банка получателя платежа)
	БИК 015004950 № 40102810445370000043 (номер кор./сч. банка получателя платежа)
Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» (наименование платежа)	
Сумма платежа _____ руб. _____ коп.	
Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.	
Итого _____ руб. _____ коп.	
Квитанция Кассир	УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивяни» Минздрава России) (наименование получателя платежа)
	5406011563 № 03214643000000015100 (ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)
	в Сибирское ГУ Банка России // УФК по Новосибирской области (наименование банка получателя платежа)
	БИК 015004950 № 40102810445370000043 (номер кор./сч. банка получателя платежа)
Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» (наименование платежа)	
Сумма платежа _____ руб. _____ коп.	
Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.	
Итого _____ руб. _____ коп.	





ПОДПИСКА

**ХИРУРГИЯ
ПОЗВОНОЧНИКА**
Russian Journal of Spine Surgery

Редакционная подписка

Объем издания 100–150 страниц. Периодичность 4 раза в год.
Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам хирургии позвоночника и смежным дисциплинам.

Стоймость годовой подписки по России:

для физических лиц – 4800 р., для организаций – 6400 р.

Стоймость 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

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.

Подписка по каталогу агентства «Книга-Сервис» – 46350



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, случаю из практики, дискуссии, обзоры литературы, информационные материалы, посвященные актуальным проблемам вертебрологии. 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 докторской и кандидатской степеней, а также докторской и кандидатской наук по специальностям «Гравматология 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), 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).

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) 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 представляются 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 докторских 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). 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 TIFF или JPG с разрешением 300 точек; их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригиналный источник и предоставить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

Таблицы нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (приемлемо 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](#). 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 \(MeSH\)](#).