

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

2026. Т. 23. № 3



•
Нейромышечные и синдромные
деформации позвоночника
у детей и подростков

•
Роль параметров сагиттального баланса
в формировании кифотической деформации
у пациентов с анкилозирующим
спондилитом

•
Хирургическое лечение взрослых пациентов
с идиопатическим сколиозом
с применением интраоперационной
томографической навигации

•
Интраоперационный
нейрофизиологический мониторинг
при хирургической коррекции
нейромышечного сколиоза

•
Результаты удаления металлоконструкции
после временной фиксации C_1-C_2
при переломах зубовидного отростка C_2

•
Автоматизированный анализ рентгенограмм
позвоночника с расчетом параметров
сагиттального баланса

•
Задняя микрохирургическая декомпрессия
при вертеброгенной шейной миелопатии:
протокол исследования

•
Сколиоз и врожденные пороки сердца:
историко-аналитический обзор литературы



2026. Т. 23. № 3

Хирургия
ПОЗВОНОЧНИКА
Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

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

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

Редакционная коллегия

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

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

Издатель: ФГБУ «ННИИТО им. Я.А. Цивьяна» Минздрава России

Адрес редакции, издателя:
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17
Тел.: 8 (383) 363-12-91, факс: 8 (383) 363-39-73
E-mail: MBedulina@niito.ru
www.spinesurgery.ru

Руководитель М.А. Бедулина
Редактор И.Г. Шевченко
Корректор Н.С. Старцева
Переводчик Т.П. Панькова
Дизайн и верстка Н.В. Зиновьева
Администратор сайта О.В. Калинина
Распространение М.А. Бедулина

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-74930
от 11 февраля 2019 г.

© Хирургия позвоночника, 2026



2026. Т. 23. № 3

Хирургия
позвоночника
Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

содержание

contents

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

4

EDITORIAL

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

Першин А.А., Макарова А.В., Рябых С.О., Сяндюков А.Р.,
Альшаова М., Мушкин А.Ю.

НЕЙРОМЫШЕЧНЫЕ И СИНДРОМНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ
ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ:
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ «РАСТУЩИХ»
КОНСТРУКЦИЙ И ПОЛИСЕГМЕНТАРНОЙ ФИКСАЦИИ

6 SPINE DEFORMITIES

Pershin A.A., Makarova A.V., Ryabykh S.O., Syundyukov A.R.,
Alshaowa M., Mushkin A.Yu.

NEUROMUSCULAR AND SYNDROMIC DEFORMITIES
OF THE SPINE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS:
SOME ASPECTS OF THE EFFECTIVENESS OF GROWTH-FRIENDLY
STRUCTURES AND POLYSEGMENTAL FIXATION

Рерих В.В., Мурадлы М.В., Сиявин В.Д., Зонova Е.В.,
Юшина Е.С., Васильев К.О.

РОЛЬ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА
В ФОРМИРОВАНИИ КИФОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
У ПАЦИЕНТОВ С АНКИЛОЗИРУЮЩИМ СПОНДИЛИТОМ

17

Rerikh V.V., Muradly M.V., Siniavin V.D., Zonova E.V.,
Yushina E.S., Vasiliev K.O.

THE ROLE OF SAGITTAL BALANCE PARAMETERS
IN THE FORMATION OF KYPHOTIC DEFORMITY
IN PATIENTS WITH ANKYLOSING SPONDYLITIS

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО
ЛЕЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ
СКОЛИОЗОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ
ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ

24

Strebkova M.S., Prudnikova O.G., Matveev E.A., Evsyukov A.V.
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF SURGICAL
TREATMENT OF ADULT PATIENTS WITH IDIOPATHIC
SCOLIOSIS USING INTRAOPERATIVE
TOMOGRAPHIC NAVIGATION

Гулаев Е.В., Казьмин А.И., Бакланов А.Н., Шавырин И.А.,
Швец В.В., Мотин В.В.

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ
МОНИТОРИНГ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ
НЕЙРОМЫШЕЧНОГО СКОЛИОЗА: КЛИНИКО-
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И АЛГОРИТМЫ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ (НАРРАТИВНЫЙ ОБЗОР)

32

Gulaev E.V., Kazmin A.I., Baklanov A.N., Shavyrin I.A.,
Shvets V.V., Motin V.V.

INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL
MONITORING IN SURGICAL CORRECTION
OF NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS: CLINICAL
AND METHODOLOGICAL ASPECTS AND INTERPRETATION
ALGORITHMS (NARRATIVE REVIEW)

Калашников А.А., Рябых С.О., Климов В.С., Горчаков С.А.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ИСХОДА ПРИ СИНДРОМЕ НАТЯЖЕНИЯ
СПИННОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ СО СПИНАЛЬНОЙ ДИЗРАФИЕЙ
И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

43

Kalashnikov A.A., Ryabykh S.O., Klimov V.S., Gorchakov S.A.
DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODELS FOR ADVERSE OUTCOMES
IN CHILDREN WITH TETHERED SPINAL CORD SYNDROME
ASSOCIATED WITH SPINAL DYSRAPHISM AND ASSESSMENT
OF THEIR EFFECTIVENESS

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К., Афаунов А.А.,
Нестеренко П.В., Шаповалов В.К., Димитраш М.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ УДАЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПОСЛЕ
ВРЕМЕННОЙ ФИКСАЦИИ C₁-C₂ ПРИ ПЕРЕЛОМАХ
ЗУБОВИДНОГО ОТРОСТКА C₂: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ
КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

59 SPINE INJURIES

Basankin I.V., Giulzatyan A.A., Takhmazyan K.K., Afaunov A.A.,
Nesterenko P.B., Shapovalov V.K., Dimitrash M.A.

RESULTS OF INSTRUMENTATION REMOVAL AFTER
TEMPORARY C₁-C₂ FIXATION
IN C₂ ODONTOID FRACTURE: A RETROSPECTIVE
COHORT STUDY

Индекс 46350

для подписки по каталогу «Книга-Сервис».

ISSN 1810-8997 (print),

ISSN 2313-1497 (online)

На обложке: картина «Розы и яблоки» (1917)

Константина Коровина.

Иллюстрация взята из источников свободного доступа

(в соответствии со статьей 1276 ГК).

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	68	GENERAL ISSUES
Иванов Д.В., Перецманас Е.О., Доль А.В., Бессонов Л.В., Ковзалов А.А., Родин А.А., Щепетева Ю.Ю., Кузьминова Е.С., Смычкова О.А., Кисель А.А.		Ivanov D.V., Peretsmanas E.O., Dol A.V., Bessonov L.V., Kovzalov A.A., Rodin A.A., Shchepeteva Yu.Yu., Kuzminova E.S., Smychkova O.A., Kisel A.A.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ РЕНТГЕНОГРАММ ПОЗВОНОЧНИКА С РАСЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА: РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ КЛИНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ		AUTOMATED ANALYSIS OF SPINAL RADIOGRAPHS WITH CALCULATION OF SAGITTAL BALANCE PARAMETERS: DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A CLINICAL MEASUREMENT SUPPORT SYSTEM
Лихачев С.В., Арсениевич В.Б., Папиташивили В.Г., Щаницын И.Н., Мизюров С.А., Шульга А.Е., Барабаш Ю.А., Норкин И.А.	76	Likhachev S.V., Arsenievich V.B., Papitashvili V.G., Shchanitsyn I.N., Mizyurov S.A., Shulga A.E., Barabash Yu.A., Norkin I.A.
РАЗРУШЕНИЕ ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ АНЕВРИЗМОЙ АОРТЫ: МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ХИРУРГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ И НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)		LUMBAR VERTEBRAE EROSION DUE TO AN AORTIC ANEURYSM: MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO SURGICAL RECONSTRUCTION (A CASE STUDY AND A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW)
ПРОТОКОЛ КЛИНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	88	CLINICAL STUDY PROTOCOL
Байков Е.С., Смараков А.Е., Леонова О.Н., Крутько А.В.		Baykov E.S., Smarakov A.E., Leonova O.N., Krutko A.V.
ЗАДНЯЯ МИКРОХИРУРГИЧЕСКАЯ ДЕКОМПРЕССИЯ ПРИ ВЕРТЕБРОГЕННОЙ ШЕЙНОЙ МИЕЛОПАТИИ: ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ		POSTERIOR MICROSURGICAL DECOMPRESSION FOR CERVICAL SPONDYLOTIC MYELOPATHY: STUDY PROTOCOL
ЛЕКЦИЯ		LECTURE
Михайловский М.В., Ничай Н.Р., Симонович А.Е.	95	Mikhaylovskiy M.V., Nichay N.R., Simonovich A.E.
СКОЛИОЗ И ВРОЖДЕННЫЕ ПОРОКИ СЕРДЦА: ИСТОРИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ		SCOLIOSIS AND CONGENITAL HEART DEFECTS: A HISTORICAL AND ANALYTICAL REVIEW OF THE LITERATURE
ПАТЕНТЫ ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ		SPINE MEDICINE PATENT NEWS
Новикова Н.В., Симонович А.Е., Кирилова И.А.	108	Novikova N.V., Simonovich A.E., Kirilova I.A.
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ПАТЕНТОВАНИЯ В ВЕРТЕБРОЛОГИИ: ОБЗОР РОССИЙСКИХ ПАТЕНТОВ ЗА 2025 Г.		CURRENT STATE AND TRENDS OF PATENTING IN SPINE SURGERY: A REVIEW OF RUSSIAN PATENTS OF 2025
ПРИГЛАШЕНИЕ К ДИСКУССИИ		INVITATION TO A DISCUSSION
Крутько А.В., Кузьмин Н.С., Крутько А.А., Байков Е.С., Леонова О.Н., Мушкин А.Ю.	115	Krutko A.V., Kuzmin N.S., Krutko A.A., Baykov E.S., Leonova O.N., Mushkin A.Yu.
КРАТКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЗОРОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЖУРНАЛЕ «ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА»		A BRIEF ANALYSIS OF THE SYSTEMATIC REVIEWS PRESENTED IN THE RUSSIAN JOURNAL OF SPINE SURGERY
Косулин А.В.	122	Kosulin A.V.
К ВОПРОСУ О СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЗОРАХ ЛИТЕРАТУРЫ		ON THE ISSUE OF SYSTEMATIC LITERATURE REVIEWS
РЕЗОЛЮЦИЯ СИБИРСКОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ФОРУМА	125	RESOLUTION OF THE SIBERIAN ORTHOPEDIC FORUM
ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ	133	MEETING FOR SPINE SPECIALISTS
КНИЖНЫЕ НОВИНКИ	135	NOVELTY BOOKS



Уважаемые читатели!

Следуя современным научно-практическим тенденциям хирургической вертебрологии, мы подготовили очередной номер журнала с определенными изменениями, на которые хотел бы обратить внимание.

С точки зрения тематики публикаций травматические повреждения позвоночника, преобладающие на страницах журнала на протяжении многих лет, в настоящем номере представлены одной статьей, посвященной эффективности временной стабилизации переломов верхнешейного отдела позвоночника. Другие публикации затрагивают лечение идиопатических и нейромышечных сколиозов, анкилозирующего спондилита, врожденных пороков развития. Особого внимания заслуживает алгоритм междисциплинарного взаимодействия спинальных и сосудистых хирургов, без которого ведение пациентов с сочетанной патологией было бы невозможно.

Современная клиническая медицина неизбежно все больше опирается на использование программ автоматизированной обработки, которые при накоплении данных и использовании искусственного интеллекта могут стать основой систем прогнозирования исходов и поддержки принятия тактических решений. В настоящем выпуске эти вопросы затронуты в отношении исходов лечения синдрома натяжения спинного мозга и распознавания изображений позвоночника с оценкой его сагиттальных и фронтальных параметров.

В номере в рамках ранее анонсированной новой рубрики журнала мы публикуем протокол клинического исследования, в отношении которого наши читатели могут не только высказать свою точку зрения и рекомендации по его проведению, но и при определенном обсуждении с авторами публикации могут стать соисполнителями запланированного исследования.

Мы сочли возможным особое внимание уделить инициированной в электронной версии журнала дискуссии о характере и месте современных обзоров литературы. Неоднозначность их вариантов, информативности и алгоритмов составления давно обсуждается. Наша задача – обеспечить наибольшую объективность таких публикаций, обоснованно отказавшись от утративших актуальность обычных описательных обзоров.

Вместо традиционного перечисления вновь зарегистрированных патентов и изобретений в области вертебрологии мы сочли возможным оценить их направленность в отдельном аналитическом материале.

Надеемся, что информационно насыщенный номер журнала будет интересен широкому кругу читателей. Еще раз анонсируем наше желание один из ближайших номеров посвятить вопросам онкологической вертебрологии, а также ожидаем расширение регистрационных тематических кодов журнала «Хирургия позвоночника».

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

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2026. Т. 23. № 3

Журнал представлен:

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



НЕЙРОМЫШЕЧНЫЕ И СИНДРОМНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ: НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ «РАСТУЩИХ» КОНСТРУКЦИЙ И ПОЛИСЕГМЕНТАРНОЙ ФИКСАЦИИ

А.А. Першин¹, А.В. Макарова¹, С.О. Рябых^{2,3}, А.Р. Сюндюков⁴, М. Альшаова⁵, А.Ю. Мушкин^{1,6}

¹Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии, Санкт-Петербург, Россия;

²Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии

им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия;

³Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова

Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия;

⁴Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Чебоксары, Россия;

⁵Medcare Sharjah Hospital, Объединенные Арабские Эмираты;

⁶Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет

им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Сравнение эффективности и безопасности использования рост-сберегающих технологий и полисегментарного окончательного спондилодеза в лечении синдромных и нейромышечных деформаций у детей.

Материал и методы. Проанализированы клиническо-анамнестические и лучевые данные 82 оперированных пациентов в возрасте до 18 лет с нейромышечным ($n = 59$) и синдромным ($n = 23$) сколиозом. Коррекция деформации выполнена в двух вариантах: 1) окончательный спондилодез ($n = 48$) путем длинной полисегментарной CD-фиксации Long Fusion (LF) из открытого доступа в варианте двух- ($n = 42$), трех- ($n = 5$) или четырехстержневой ($n = 1$) системы; 2) традиционные растущие стержни (Traditional Growing Rod – TGR; $n = 34$) в варианте одного ($n = 11$) или двух ($n = 22$) стержней, включая их двустороннюю ($n = 9$) или одностороннюю ($n = 13$) установку на вогнутой стороне деформации. Оценивали величину деформации позвоночника в градусах по Cobb до и после операции, время операции и кровопотерю.

Результаты. Оба варианта инструментальной фиксации обеспечили коррекцию деформации позвоночника для каждой этиологической группы. Ключевым отличием является профиль безопасности: почти трехкратное снижение интраоперационной кровопотери в группе TGR в сравнении с LF ($p < 0,001$) и уменьшение времени операции примерно в 1,5 раза.

Заключение. Методика TGR, разработанная для активно растущих пациентов, может быть эффективной как для младших (старше 9–10 лет), так и для старших (после 15 лет) соматически тяжелых подростков, которая не исключает проведение отсроченной полисегментарной стабилизации или потенциально остается вариантом заключительной операции.

Ключевые слова: нейромышечный сколиоз; рост-сберегающие системы фиксации позвоночника; задний спондилодез; малоинвазивная хирургия без спондилодеза.

Для цитирования: Першин А.А., Макарова А.В., Рябых С.О., Сюндюков А.Р., Альшаова М., Мушкин А.Ю. Нейромышечные и синдромные деформации позвоночника у детей и подростков: некоторые аспекты эффективности «растущих» конструкций и полисегментарной фиксации // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 6–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.6-16>

NEUROMUSCULAR AND SYNDROMIC DEFORMITIES OF THE SPINE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS: SOME ASPECTS OF THE EFFECTIVENESS OF GROWTH-FRIENDLY STRUCTURES AND POLYSEGMENTAL FIXATION

А.А. Pershin¹, А.В. Makarova¹, С.О. Ryabykh^{2,3}, А.Р. Syundyukov⁴, М. Alshaowa⁵, А.Ю. Mushkin^{1,6}

¹Saint Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, Saint Petersburg, Russia;

²Veltischev Research Clinical Institute of Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia;

³N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies at Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

⁴Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Cheboksary, Russia;

⁵Medcare Sharjah Hospital, United Arab Emirates;

⁶First Saint Petersburg State Medical University n.a. Acad. I.P. Pavlov, Saint Petersburg, Russia

Objective. To compare the efficacy and safety of using growth-friendly technologies and polysegmental final spinal fusion in the treatment of syndromic and neuromuscular deformities in children.

Material and Methods. The clinical, anamnestic, and radiographic data of 82 operated patients under 18 years of age with neuromuscular ($n = 59$) and syndromic ($n = 23$) scoliosis were analyzed. Deformity correction was performed in two variants: 1) final spinal fusion ($n = 48$) by means of long polysegmental CD fixation — Long Fusion (LF) — through an open approach using two- ($n = 42$), three- ($n = 5$), or four-rod ($n = 1$) system; 2) traditional growing rods (TGR; $n = 34$) in variant of one ($n = 11$) or two rods ($n = 22$), including their bilateral ($n = 9$) or unilateral ($n = 13$) installation on the concave side of the deformity. The spinal deformity magnitude (in degrees according to the Cobb scale) before and after surgery, surgery duration and blood loss were assessed.

Results. Both methods demonstrated effectiveness in correcting spinal deformity for each etiologic group. The key difference is the safety profile: a threefold reduction in intraoperative blood loss in the TGR group compared to the LF group ($p < 0.001$).

Conclusion. The TGR technique, developed for actively growing patients, can be effective for both younger (over 9–10 years old) and older (over 15 years old) adolescents with severe somatic symptoms which does not preclude delayed polysegmental stabilization or potentially remains an option for final surgery.

Key Words: neuromuscular scoliosis; growth-friendly spinal fixation systems; posterior spinal fusion; minimally invasive surgery without fusion.

Please cite this paper as: Pershin AA, Makarova AV, Ryabykh SO, Syundyukov AR, Alshaowa M, Mushkin AY. Neuromuscular and syndromic deformities of the spine in children and adolescents: some aspects of the effectiveness of growth-friendly structures and polysegmental fixation. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):6–16. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.6-16>

Нейромышечные и синдромные деформации позвоночника у детей хотя и рассматриваются как разные, но имеют много общего.

Причиной нейромышечных сколиозов (НМС) являются врожденные и приобретенные заболевания центральной и/или периферической нервной системы или мышечно-го звена нейромышечной передачи. В основе синдромных (в отечественной литературе также используется термин «синдромальных») сколиозов (СС) лежат генетически обусловленные заболевания, в структуру которых в том числе могут входить поражения нервной системы.

В первые десять лет жизни оба варианта включаются в понятие EOS (early onset scoliosis, сколиозы с ранним началом), характеризующаясь высокой потенциальной к росту и формированием выраженных деформаций уже в дошкольном и раннем школьном возрасте. Как и при других EOS, проведение их финальной коррекции по возможности откладывается на подростковый период.

Еще одной схожей чертой таких деформаций является, как правило, поздняя хирургическая коррекция. При этом отказ от своевременной операции нередко объясняется не столько клиническими причинами (например,

эффективным консервативным лечением), сколько желанием родителей, а иногда и врачей оградить серьезно больного ребенка от операции как от физически и психологически значимого травматического воздействия. Иными словами, деформации в 40–50°, указанные в клинических рекомендациях как нижние границы для возможной операции [1], в реальности таковыми становятся крайне редко.

Современные методы хирургической коррекции таких деформаций можно разделить на две группы, сохраняющие возможность роста при ограниченной подвижности внутри зоны инструментации и ригидной фиксации.

Считается, что рост-сберегающие технологии («растущие» конструкции и системы направленного роста в зарубежной литературе объединены термином growth friendly – «дружественные росту») обеспечивают меньшую коррекцию деформации и не позволяют воздействовать на ее торсионный компонент. При этом такие вмешательства могут быть операцией выбора при тяжелом коморбидном состоянии (дефиците массы тела, дыхательных расстройствах, эпилепсии, сопутствующей системной патологии и т.д.), делающими крайне рискован-

ной полноценную одномоментную коррекцию [2–4].

Полисегментарная фиксация (в зарубежной литературе ее обозначают также как final fusion – финальная фиксация/спондилодез) останавливает прогрессирование сколиоза и существенно улучшает баланс туловища, но может отрицательно сказаться на его росте, поэтому ее применяют обычно у пациентов старше 12 лет, а в более раннем возрасте – лишь в случаях угрожающих жизни искривлений.

Традиционным является сочетание хирургических подходов, когда при раннем сколиозе начинают лечение с «растущей» системы, переходя к окончательному спондилодезу по достижении костного возраста, уже превышающего нулевой тест Risser [5].

Цель исследования – сравнение эффективности и безопасности использования рост-сберегающих технологий и полисегментарного окончательного спондилодеза в лечении синдромных и нейромышечных деформаций у детей.

Материал и методы

В исследование включены доступные клиническо-анамнестические и лучевые данные 82 пациентов с НМС и СС, опе-

рированных в разных медицинских центрах.

Дизайн исследования: мультицентровое ретроспективное.

Критерии включения в исследование:

- диагноз НМС или СС; для последних принципиальным являлся факт генетической консультации и при возможности верификации соответствующего синдрома;

- выполнение коррекции деформации позвоночника одним из двух вариантов – «растущей» конструкцией или финальным спондилодезом;

- использование конструкций с транс- и/или экстрапедикулярными винтовыми опорными элементами;

- грудная или грудопоясничная дуга деформации;

- отсутствие реинфузии крови с использованием технологии self-saver.

Критерии исключения:

- возраст пациентов на момент операции старше 18 лет;

- другие по этиологии сколиозы – идиопатический или врожденный;

- проведение предоперационной гало-тракции, выполнение VCR (резекции позвоночника), использование крючковых опор и тяг по Luque при корригирующей операции;

- недоступность полного набора клинико-лучевых данных, необходимых для анализа в рамках статьи;

- изолированная поясничная дуга.

Ограничения включения: в случае последовательного применения «растущих», а затем финальных конструкций в анализ включали только результат первой операции.

Особенности хирургических техник

Выбор техники коррекции определяли возрастом, анатомическими параметрами, величиной деформации и соматическим состоянием пациентов. Согласно шкале ASA (Американское общество анестезиологов), состояние таких пациентов всегда соответствует IV классу, в связи с чем задняя инструментальная фиксация позвоночника в любом варианте рассматривается как сопряженная с высоким риском. Интраоперационно проводили нейромониторинг моторных

вызванных потенциалов с использованием 8-канального диагностического комплекса NIM-Eclipse («Medtronic»), респираторная поддержка включала индивидуальную настройку параметров вентиляции, пульсоксиметрию, контроль газообмена. После операции использовали инвазивную или неинвазивную вентиляцию, позиционную терапию, кинезитерапию дыхательных мышц, в случаях тяжелой дыхательной недостаточности – отсроченную экстубацию и поддержку BiPAP.

Коррекция деформации выполнена в двух вариантах.

1. Окончательный спондилодез ($n = 48$) путем длинной полисегментарной многоуровневой CD-фиксации – Long Fusion (LF). Операции осуществляли из открытого доступа в варианте двух- (2LF; 42 пациента), трех- (3LF; 5 пациентов) или четырехстержневой (1 пациент) системы.

2. Традиционные растущие стержни ($n = 34$) – traditional growing rod (TGR) в варианте одного (1TGR, 11 пациентов) или двух стержней (22 пациента), включая их двустороннюю (2TGR, 9 пациентов) или одностороннюю установку (one-side 2TGR, 13 пациентов) на вогнутой стороне деформации [6]. На двух-трех позвонках, включая нейтральные, формировали краниальный (Th_1 – Th_5) и каудальный (L_2 – S_2) опорные блоки, соединяя их либо одним стержнем с запясом свободной каудальной части, либо двумя стержнями с коннектором Domino (компоновка конструкции spine-spine). В четырех случаях применения варианта one-side 2TGR наружный стержень устанавливали в варианте “spine-rib” с верхним крючковым реберным захватом в виде «клешни». С целью минимизации хирургической травмы предпочтительно отдавали установке опорных блоков из отдельных разрезов, при возможности проводя стержни субфасциально подкожно, при невозможности – рассекая кожу без скелетирования паравerteбральных мышц. У шести пациентов дополнительно провели фасетэктомию по вогнутой

стороне на вершине ригидной деформации. Коррекцию осуществляли путем контролируемой осевой дистракции, при возможности деротируя предварительно моделированный стержень; при появлении напряжения система стабилизировалась.

Отдельно обращаем внимание на применение методики 2TGR у шести подростков старше 12 лет с выраженной коморбидностью и низким функциональным резервом (ЖЕЛ $<30\%$ или наличие клинических признаков дыхательной недостаточности), у которых операция в варианте 2LF оценивалась как сопряженная с крайне высоким периоперационным риском.

Статистический анализ

Статистический анализ проведен с использованием специализированного программного обеспечения StatTech v.4.12.5 (ООО «Статтех», Россия). Перед анализом количественные данные проверяли на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро – Уилка. В случае его подтверждения данные описывали в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (SD) с указанием 95% доверительного интервала (DI). При распределении, отличном от нормального, использовали методы непараметрической статистики с указанием медианы (Me) и интерквартильного размаха ($Q1$ – $Q3$). Категориальные (качественные) признаки описывали посредством абсолютных частот и процентных долей, для которых 95% DI рассчитывали по методу Клоппера – Пирсона. Для проверки статистических гипотез о различиях использовали критерии, соответствующие характеру выборок и распределения данных. При сравнении показателей до и после операции у одних и тех же пациентов применяли парный критерий Стьюдента (t -тест) для связанных выборок в случае нормального распределения разностей или парный критерий Уилкоксона – при его отсутствии. Для сравнения групп применяли непарный t -тест для независимых выборок при нормальном распределении либо критерий Манна – Уитни,

если распределение отличалось от нормального или анализировались небольшие ($n < 30$) группы. При анализе корреляционных связей между парами показателей с нормальным распределением рассчитывали коэффициент Пирсона, при ненормальном распределении – коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Все полученные значения подвергали двустороннему статистическому контролю, вычисляя фактическую значимость различий (p -value) согласно выбранным критериям и оценивая практическую значимость изменений (например, разницу средних величин в абсолютном выражении и в процентах от исходной). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для выявления влияния факторов на исследуемую переменную проводили дисперсионный анализ ANOVA.

Для оценки независимой связи типа операции с объемом интраоперационной кровопотери построена множественная линейная регрессионная модель. Зависимой переменной являлась кровопотеря (мл); предикторами – возраст пациента, тип операции (LF = 1; TGR = 0) и длительность операции (мин). Представлены нестандартизированные коэффициенты β , стандартные ошибки,

Таблица 1

Описательная статистика категориальных переменных

Показатели	Категории	Абс.	% (95% доверительный интервал)
Пол	Женский	53/82	64,6 (53,3–74,9)
	Мужской	29/82	35,4 (25,1–46,7)
Диагноз	НМС	59/82	72,0 (60,9–81,3)
	СС	23/82	28,0 (18,7–39,1)
Инструментация	LF	48/82	58,5 (47,1–69,3)
	TGR	34/82	41,5 (30,7–52,9)

НМС – нейромышечный сколиоз; СС – синдромальный сколиоз; LF – длинная полисегментарная многоуровневая CD-фиксация; TGR – традиционные «растущие» стержни.

t -статистики со степенями свободы, точные значения p и 95% ДИ коэффициентов. Качество модели оценивали по R^2 и F -критерию.

Результаты

Описательная статистика количественных и качественных показателей, характеризующие исследуемую группу в целом, представлена в табл. 1–3.

Сравнительный анализ демографических и клинических характеристик подтверждает сопоставимость групп по полу ($p = 0,562$) и возрасту ($p = 0,233$). При этом пациенты в возрасте до и старше 15 лет (формальный признак деления на старших и млад-

ших подростков, juvenile и adolescent) составили соответственно 51 и 31 (62,2 % и 37,8 %).

Структура НМС и СС включенных в исследование пациентов (табл. 3) демонстрирует существенное преобладание детей с детским церебральным параличом.

Анализ эффективности коррекции деформации в зависимости от типа инструментации представлен в табл. 4.

Представленные данные иллюстрируют, с одной стороны, отсутствие статистически значимых различий между методиками LF и TGR по абсолютным значениям деформаций до и после операции и эффективность обоих методов по величине ее коррекции,

Таблица 2

Описательная статистика количественных переменных

Показатели	n	Единицы изменения, статистический параметр	Значение параметра	95% ДИ для М; Q1–Q3 для Ме	Min	Max
Возраст	82	Лет, Ме	14	11,00–16,00	4,00	18,00
Сколиоз	82	До операции, град., $M \pm SD$,	86 ± 28	79,41–91,88	25,00	156,00
		После операции, град., Ме	37	21,25–57,50	0,00	91,00
		Коррекция, град., $M \pm SD$	47 ± 16	43,14–50,13	7,00	87,00
Кифоз	29*	До операции, град., $M \pm SD$	55 ± 36	41,05–68,61	–10,00*	121,00
		После операции, град., Ме	28	19,00–45,00	13,00	91,00
Лордоз	21	До операции, град., Ме	43	33,00–73,00	–68,00*	115,00
		После операции, град., $M \pm SD$	43 ± 21	32,98–53,13	9,00	87,00
Время операции	79	Минуты, $M \pm SD$	281 ± 104	257,62–304,38	130,00	540,00
Кровопотеря	80	Миллилитры, Ме	400	237,50–900,00	50,00	2300,00
	55	% ОЦК, Ме	23	16–37	5	72

Знак (–) перед цифровым значением означает для грудного отдела – наличие лордоза, для поясничного – наличие кифоза; * при длинных С-образных грудопоясничных и грудопояснично-крестцовых сколиотических дугах, характерных для рассматриваемых вариантов патологии, оценка сагиттальных компонентов деформации невозможна или малоинформативна.

Таблица 3

Структура нейромышечных и синдромных сколиозов

Нейромышечные сколиозы	n/N (%; 95% ДИ)
Детский церебральный паралич	28/59 (47,5; 34,3–60,9)
Гидросирингомиелия	7/59 (11,9; 4,9–22,9)
Спинальная мышечная атрофия	5/59 (8,5; 2,8–18,7)
Посттравматическая миелопатия	2/59 (3,4; 0,4–11,7)
Постишемическая миелопатия	2/59 (3,4; 0,4–11,7)
Опухоль ЦНС (астроцитомы)	1/59 (1,7; 0,0–9,1)
Миопатия/миодистрофия	4/59 (6,8; 1,9–16,5)
Последствия миеломенингоцеле *	10/59 (16,9; 8,4–29,0)
ВСЕГО	59
Синдромные сколиозы	n/N (%; 95% ДИ)
Нейрофиброматоз 1-го типа	7/23 (30,4; 13,2–52,9)
Недифференцированные генетические синдромы	5/23 (21,7; 7,5–43,7)
Спондилоэпифизарная дисплазия	2/23 (8,7; 1,1–28,0)
Синдром Элерса — Данло	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Марфан	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Нунан	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Дауна	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Горхема — Стаута	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Артрогриппоз	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Cloves	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Корнелии де Ланге	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
Синдром Шварца — Джампея	1/23 (4,3; 0,1–21,9)
ВСЕГО	23

* Без аномалий тел позвонков.

с другой – несколько большую степень коррекции при применении длинной фиксации. В свою очередь, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) выявил сильную прямую ассоциацию показателей, характеризующих безопасность операций (объема кровопотери и ее длительности) с методикой LF ($p < 0,001$; табл. 5).

Умеренная положительная связь между длительностью операции и объемом кровопотери статистически значима: коэффициент корреляции Пирсона составил $r = 0,5140$ ($p < 0,001$). Еще более высокий коэффициент Спирмена ($\rho = 0,6731$; $p < 0,001$) подтверждает нелиней-

ный характер зависимости в выборке (рис. 1).

Ассоциация более длительных операций с большим объемом кровопотери в хирургии позвоночника ожидаема. Однако график рассеяния иллюстрирует лишь тенденцию, в связи с чем для точных выводов проведения множественная регрессия с контролем confounding-факторов – возраста пациента, индекса массы тела (ИМТ) и типа операции (переменная LF = 1, TGR = 0), показавшая значимое влияние модели даже после их учета (табл. 6).

Таким образом, финальная фиксация связана с потенциальным увеличением операционной кровопотери на 452 мл ($p < 0,001$), что подтверждает предыдущий результат ANOVA, а каждые дополнительные 60 мин операции увеличивают ее на ~107 мл (+1,78 мл/мин) при фиксированных конфаундерах. При этом влияние возраста на анализируемые факторы незначимо ($p = 0,675$).

Не доказана и обнаруженная при унивариантном анализе корреляции связь ИМТ с кровопотерей, исчезающая после учета типа и времени операции (простая корреляция $\rho = +0,302$; $p = 0,015$; регрессия после поправки $\beta = +10,1$ мл/единицу ИМТ; $p = 0,50$), то есть ИМТ также действует как конфаундер, а не как независимый предиктор.

Для оценки возможного влияния этиологии на результаты оперативного лечения проведено сравнение исследуемых этиологических групп. При этом однофакторный

Таблица 4

Анализ коррекции деформации с учетом типа инструментальной фиксации позвоночника

Показатель	Категории	Число наблюдений	Коррекция деформации			
			в градусах		в % к исходной	
			M ± SD	95% ДИ	M ± SD	Me
Тип инструментальной фиксации позвоночника	LF	48	45,75 ± 17,19	40,76–50,74	52 ± 19	52
	TGR	34	47,88 ± 14,10	42,96–52,80	43 ± 23	41
			$p^* = 0,553$		$** U = 583,5$; $p = 0,032$	

* Используемый метод: *t*-критерий Стьюдента; ** тест Манна — Уитни (независимые выборки); эффект размера выборки (Cliff's delta –0,22) умеренный.

Таблица 5

Операционная кровопотеря и длительность операции у пациентов с нейромышечным и синдромным сколиозом при использовании методик LF и TGR

Тип операции	Количество наблюдений	M	SD	Min	Max	F-статистика	p-значение
Операционная кровопотеря, мл							
LF	46	845	544	130	2300	33,74	p < 0,001
TGR	34	274	209	50	1000		
Длительность операции, мин							
LF	45	332	97	130	540	35,64	p < 0,001
TGR	34	214	70	130	510		

LF — длинная полисегментарная многоуровневая CD-фиксация; TGR — традиционные «растущие» стержни.

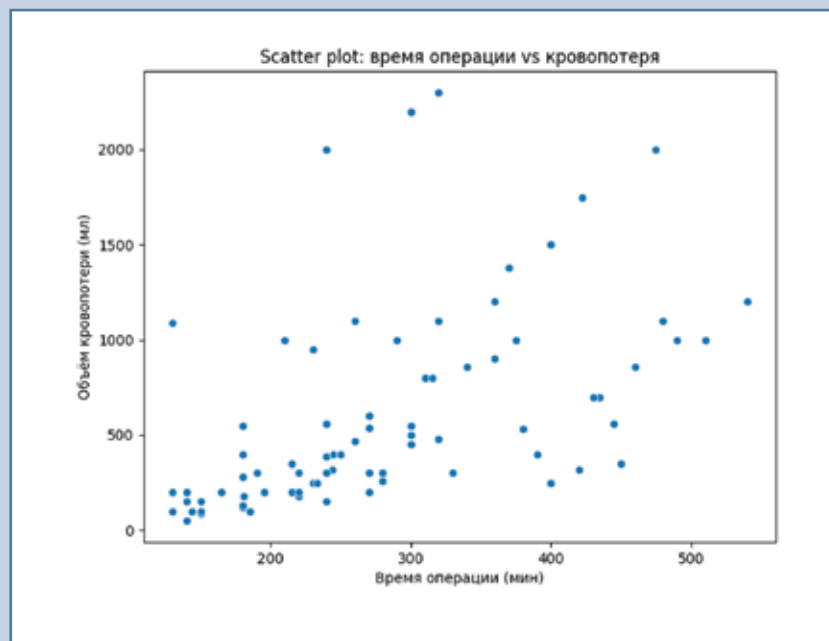


Рис. 1

Зависимость между длительностью операции и объемом кровопотери: среднее время операции – 281 мин (стандартное отклонение – 104 мин); средняя кровопотеря – 599 мл (стандарт отклонения – 519 мл)

ANOVA никаких статистически значимых различий между НМС и СС по ключевым показателям (исходному углу Cobb, объему кровопотери, времени операции, % коррекции деформации) не выявил (табл. 7).

Группы схожи по всем показателям с тенденцией к несколько большей кровопотере при СС (мощность тестов, умеренная из-за дисперсии).

Проведена стратификация анализируемых показателей по величине основной дуги с учетом медиан, составивших для нейромышечных деформаций 84°, для синдромных – 88° (табл. 8).

Естественно, что более тяжелые нейромышечные деформации (>84°) оказались ассоциированы с большим временем операции (+10 %), кровопотерей (+26 %) и меньшей коррекцией (–25 %), что согласуется с данными Американской академии детского церебрального паралича, согласно которым нейромышечные деформации с углом >80° требуют увеличения объема операции и расходования ресурсов [7]. В группе «тяжелых»

Таблица 6

Анализ влияния confounding-факторов на объем кровопотери

Предиктор	Коэффициент (β)	Std. Error	t-статистика	p-значение
Возраст	–3,45	8,21	–0,42	0,675
Тип LF (vs. TGR)	+452,31	102,15	4,43	<0,001
Время операции	+1,78	0,42	4,24	<0,001

LF — длинная полисегментарная многоуровневая CD-фиксация; TGR — традиционные растущие стержни; $R^2 = 0,47$; $F(3,75) = 17,24$; $p < 0,001$ — модель значима.

Таблица 7

Сравнение некоторых периперационных показателей в группах нейромышечного и синдромного сколиоза

Исход	Нейромышечные сколиозы (M ± SD)	Синдромные сколиозы (M ± SD)	Однофакторный ANOVA для каждой переменной
Кровопотеря, мл	550 ± 445	742 ± 664	F = 2,24; p = 0,139
Время операции, мин	287 ± 107	265 ± 98	F = 0,70; p = 0,406
Коррекция сколиоза, %	57 ± 19	58 ± 19	F = 0,13; p = 0,723
Cobb, преоп, град.	84 ± 28	90 ± 30	F = 0,72; p = 0,399

Таблица 8

Анализ периперационных показателей при стратификации тяжести деформации

Тип деформации	Величина деформации		Число наблюдений		Кровопотеря, мл (M ± SD)		Время операции, мин (M ± SD)	Коррекция, %
	Me	диапазоны	всего	LF/TGR	абс.	в % от ОЦК		
Нейромышечные сколиозы	84°	≤ 84°	30	21/9	460 ± 298	23,6 ± 9,5	274 ± 98	64,9 ± 20,2*
		> 84°	29	16/13	646 ± 552	29,7 ± 12,0*	302 ± 116	48,3 ± 13,9
	Статистические тесты для внутригруппового сравнения (p-value; t-test)				p = 0,11	p = 0,2	p = 0,33	p < 0,001
Синдромальные сколиозы	88°	≤ 88°	11	4/7	595 ± 681	27,2 ± 9,0	268 ± 48	60,1 ± 18,0*
		> 88°	12	9/4	889 ± 643	37,5 ± 14,0*	312 ± 628	41,8 ± 21,0
	Статистические тесты для внутригруппового сравнения (Манн – Уитни, U)				U = 35,5; p = 0,107	p < 0,05	U = 50,0; p = 0,511	p < 0,05

* p < 0,05 при попарном межгрупповом сравнении.

(>88°) синдромных деформаций та же ситуация – большая кровопотеря (+10 % ОЦК) и меньшая коррекция (–18 %).

Таким образом, после стратификации по тяжести исходной деформации значимые внутригрупповые различия эффективности хирургического лечения установлены для НМС – только для степени коррекции деформации, для СС – по объему кровопотери и степени коррекции деформации. При межгрупповом сравнении различия значимы только для деформаций, превышающих медианы, в сторону большей кровопотери и меньшей коррекции при СС, что вполне может быть объяснено ее большей разнородностью в отношении мобильности деформаций.

При этом тип инструментальной фиксации (преобладание LF в группе более тяжелых деформаций) остается ключевым фактором, влияющим на кровопотерю и время операции.

Обсуждение

Анализ эффективности методов инструментальной фиксации у детей с НМС и СС выявил важные, на наш взгляд, для клинической практики закономерности.

1. Подвергаемые коррекции синдромные и нейромышечные деформации не имеют статистически значимых различий по величине и ключевым периперационным показателям – объему кровопотери, времени операции, величине коррекции сколиоза. Строго говоря, термин «СС» в большей степени фокусирует внимание на системном характере поражения, в то время как понятие НМС, по сути, также являющееся синдромным, больше отражает этиопатогенез деформации позвоночника [8].

2. Сравнимые современные методы оперативного лечения обладают статистически значимой и сопоставимой эффективностью коррекции

деформации позвоночника для каждой этиологической группы. Установленным в исследовании ключевым отличием стал профиль безопасности: трехкратное снижение интраоперационной кровопотери и времени операции в группе TGR в сравнении с LF (p < 0,001) становится значимым аргументом для соматически ослабленных пациентов, у которых риски интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений изначально крайне высоки [2].

3. Связь объема кровопотери и длительности операции с вариантом инструментальной фиксации дополнительно указывает на то, что менее инвазивная методика может быть предпочтительной и для подростков с высоким анестезиологическим риском, что расширяет представления о возможности применения у них технологий, исходно позиционированных для младшего возраста [9]. Методика TGR, разрабо-

танная для активно растущих пациентов, может быть эффективной как для младших (старше 9–10 лет), так и для старших (после 15 лет) соматически тяжелых подростков, с одной стороны, не исключая проведение в последующем полисегментарной стабилизации, с другой – потенциально оставаясь даже вариантом заключительной операции в случае полного удовлетворения пациента и его родителей полученным результатом.

4. Еще раз обращаем внимание на крайне позднее, с нашей точки зрения, время проведения операций (читай – направление пациентов на хирургическое лечение). Ранее было показано, что операции при больших деформациях у таких пациентов связаны с выраженными нарушениями анатомии и функции легких [10]. Финальная коррекция деформаций, превышающих 80° (то есть вдвое превышающих указанные как минимальные пороговые для хирургического лечения в клинических рекомендациях), может требовать расширения объема операции с проведением вертебротомии. Это неизбежно увеличит ее травматичность, о чем должен быть информирован пациент или его законный представитель.

Полученные нами в ходе исследования данные согласуются с рядом совсем недавних публикаций.

Так, Keil et al. [11] указывают на отсутствие различий TGR и первичной задней фиксации у ювенильных пациентов с EOS в итоговой коррекции основной дуги. Одновременно в метаанализе Elmesheeb et al. [12] при удовлетворительной коррекции фронтального баланса при любом варианте современной инструментации обращают внимание на кардинальное различие цены этого успеха с точки зрения безопасности. Следует упомянуть и обширное ($n = 6677$) когортное исследование, доказывающее независимость таких признаков, как длительность операции ≥ 400 мин и объем фиксации ≥ 13 уровней, в качестве предикторов кластеризации периоперационных осложнений [13]. Полученные



Рис. 2

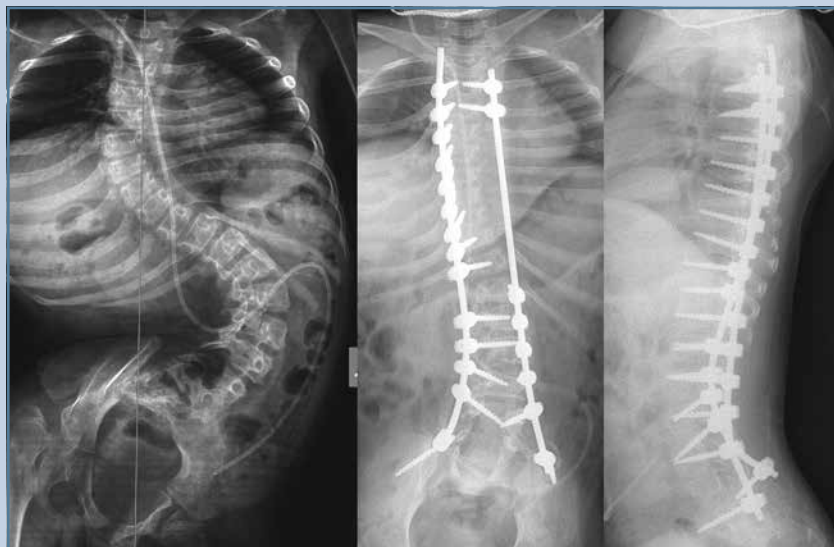
Пациентка 16 лет с нейрогенным сколиозом на фоне ДЦП, спастической диплегии. GMFCS 4. Выраженный дефицит массы тела (ИМТ = 15 кг/м²), по ЭКГ – выраженная тахисистолия с частотой сердечных сокращений 132 в мин, в анализах крови – хроническое повышение уровня D-димера, по данным импульсной осциллометрии – резкие генерализованные нарушения проходимости дыхательных путей. С учетом указанных факторов выполнили установку двух односторонних TGR («rib-spine»; «spine-spine») в условиях интраоперационного гало-феморального вытяжения. Операция – 3 ч, коррекция – 57° (61,3 %), кровопотеря – 14 % ОЦК

нами данные о трехкратном снижении объема кровопотери и сокращении времени операции в среднем на 2 ч высоко значимы для пациентов с низкими функциональными резервами, у которых первичная финальная фиксация сопряжена с крайне высоким риском, а TGR может рассматриваться как метод активной профилактики дыхательной недостаточности и коагулопатии.

Особого внимания заслуживает эффективность применения TGR у пациентов старше 12 лет в качестве возможной альтернативы финальной инструментальной фиксации. Во-первых, полученная существенная коррекция деформации при кровопотере менее 30 % ОЦК у соматически отягощенных старших подростков расширяет ранее сформулированные представления [9]. Во-вторых, известно, что у паци-

ентов с менингомиелоцеле меньшая травматичность растущей конструкции может перевешивать преимущества других вмешательств [14]. Наконец, феномен спонтанного заднего блока при длительном стоянии конструкции, по некоторым данным, у пациентов с EOS достигающий 89 % случаев, превращается из недостатка в преимущество, обеспечивая стабилизацию позвоночника без дополнительной агрессии [15–17].

Мы сознательно не делаем выводов о превосходстве TGR над LF в долгосрочной перспективе, поскольку кумулятивный риск повторных дистракций и инфекций области хирургического вмешательства может нивелировать ранние преимущества [18]. Наше исследование касается только раннего операционного этапа (in-hospital outcome), что не противоречит сообщениям о девятикратном увеличе-

**Рис. 3**

Пациентка 9 лет с прогрессирующей нейромышечной деформацией позвоночника. Последствия миеломенингорадикулоцеле груднопоясничного отдела, состояние после пластики в раннем возрасте. Внутренняя симметричная окклюзионная гидроцефалия, состояние после вентрикулоперитонеального шунтирования; мальформация Денди – Уокера. Синдром Арнольда – Киари II. Нижняя вялая параплегия с нарушением функции тазовых органов. GMFCS 4. Дефицит массы тела (ИМТ = 18,1 кг/м²). Выполнена полисегментарная задняя транспедикулярная позвоночно-тазовая фиксация, полная коррекция деформации. Операция – 4 ч 30 мин, кровопотеря – более 30 % ОЦК

нии числа ревизий при GF-хирургии позвоночника [19].

Отсутствие этиологических различий в эффективности коррекции деформаций между НМС и СС является подтверждением ранее полученных данных [8]. В свою очередь, худшая коррекция и большая кровопотеря при СС, превышающих 88°, может объясняться большей ригидностью и диспластичностью тканей при генетических синдромах, что согласуется с рекомендациями формировать более объемные выборки для анализа таких состояний [20].

Ограничение достоверности результатов

Авторы понимают ограничения полученных результатов, которые обусловлены следующими причинами.

Мультицентровой ретроспективный дизайн работы подразумевает соблюдение общих принципов операций, но не исключает индивидуальных

особенностей техники их выполнения каждым хирургом(-ами) в каждой клинике (включая технику скелетирования позвоночника, установки винтов и т.д.). При таком дизайне не менее сложен и анализ осложнений операций, прежде всего ранних, система регистрации которых в разных учреждениях различна. Также не для всех пациентов удалось получить все антропометрические данные, необходимые для расчета таких показателей, как ИМТ или относительный объем кровопотери.

Срок анализа ограничен непосредственным результатом лечения, который в литературе обозначается как in-hospital outcome: за рамками остались поздние осложнения – тем более именно НМС связаны с самыми высокими рисками системных реанимационных и имплант-ассоциированных проблем, в том числе инфекционных.

Влияние на результаты разнообразных этиологических вариантов сколиозов может быть нивелировано только в результате дальнейшего накопления материала.

Результат хирургической коррекции оценен преимущественно по фронтальному компоненту деформации, при этом различия в выполнении рентгенологического исследования исключали возможность оценки глобального баланса позвоночника на этапах лечения, что имеет значение прежде всего для ходячих пациентов.

В качестве иллюстраций приводим два клинических примера с противоположными тактическими подходами: применение «растущей» конструкции у старшего подростка (рис. 2) и полисегментарной постоянной фиксации – у пациента до 10 лет (рис. 3).

Заключение

Сравнительный анализ использования методик LF и TGR в лечении СС и НМС у детей продемонстрировал эффективность обоих методов по абсолютной величине коррекции при несколько большей степени коррекции в случае полисегментарной фиксации. С позиции безопасности финальная фиксация связана с большей продолжительностью вмешательства, напрямую коррелирующего с кровопотерей.

У подростков с тяжелыми СС и НМС, имеющими выраженную коморбидность и, соответственно, высокие периоперационные риски, применение традиционных «растущих» стержней можно рассматривать не только как этапную, но и как альтернативную, менее травматичную по отношению к полисегментарной фиксации техническую опцию с сопоставимой коррекцией. Это не исключает возможности финальной полисегментарной стабилизации в последующем, но при удовлетворении пациента и его представителей результатом теоретически может стать заключительной операцией, в том числе ввиду потенциальной возможности развития известного из литературы спонтанного заднего блока позвоночника.

Литература/References

1. Клинические рекомендации «Нервно-мышечный сколиоз». Одобрены Научно-практическим советом Минздрава России, 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.ppt.ru/klinicheskie-rekomendatsii/320797>. [Neuromuscular scoliosis: Clinical practice guidelines. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2025. Available at: <https://pravo.ppt.ru/klinicheskie-rekomendatsii/320797>].
2. Rumalla K, Yarbrough CK, Pugely AJ, Koester L, Dorward IG. Spinal fusion for pediatric neuromuscular scoliosis: national trends, complications, and in-hospital outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2016;25:500–508. DOI: <https://doi.org/10.3171/2016.2.SPINE151377>
3. Cognetti D, Keeny HM, Samdani AF, Pahys JM, Hanson DS, Blanke K, Hwang SW. Neuromuscular scoliosis complication rates from 2004 to 2015: a report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Neurosurg Focus*. 2017;43:E10. DOI: <https://doi.org/10.3171/2017.7.FOCUS17384>
4. Loughenbury PR, Tsirikos AI. Current concepts in the treatment of neuromuscular scoliosis: clinical assessment, treatment options, and surgical outcomes. *Bone Jt Open*. 2022;3:85–92. DOI: <https://doi.org/10.1302/2633-1462.31.BJO-2021-0178.R1>
5. Rajappa K, Rudraprasad MS, Pai PK. Growth rods and guided growth techniques in the treatment of early-onset scoliosis. In: Zacharia B, Raja S.D.C., KV N. (eds). *Paediatric Scoliosis*. Springer, Singapore, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-3017-3_25
6. Yang JS, McElroy MJ, Akbarnia BA, Salari P, Oliveira D, Thompson GH, Emans JB, Yazici M, Skaggs DL, Shah SA, Kostial PN, Sponseller PD. Growing rods for spinal deformity: characterizing consensus and variation in current use. *J Pediatr Orthop*. 2010;30:264–270. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181d40f94>
7. Yoshida B, Valenzuela-Moss J, Tetreault T, Wren T, Silverman-Lloyd N, Phan T, Andras L, Heffernan M. What happens when you wait? Larger curves require more resources for less correction in neuromuscular scoliosis. *Dev Med Child Neurol*. 2024;66(Suppl: AACPD 2024 Scientific Posters):97. DOI: <https://doi.org/10.1111/dmcn.16088>
8. Chung AS, Renfree S, Lockwood DB, Karlen J, Belthur M. Syndromic scoliosis: national trends in surgical management and inpatient hospital outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;44:1564–1570. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003134>
9. Hughes MS, Swarup I, Makarewich CA, Williams BA, Talwar D, Cahill PJ, Flynn JM, Anari JB. Expert consensus for early onset scoliosis surgery. *J Pediatr Orthop*. 2020 Aug;40:e621–e628. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001473>
10. Макарова А.В., Альшаова М.А.А., Маслак О.С., Мушкин А.Ю. Изменение объема и пневматизации легких у детей в раннем периоде после хирургической коррекции тяжелого нейромышечного сколиоза, осложненного дыхательной недостаточностью: когортное исследование. *Вопросы современной педиатрии*. 2024;23(3):174–180. [Makarova AV, Alshaowa MAA, Maslak OS, Mushkin AYU. Lung volume and pneumatization changes in children in early post-surgical period after correction of severe neuromuscular scoliosis complicated with respiratory failure: cohort study. *Current Pediatrics*. 2024;23(3):174–180]. DOI: <https://doi.org/10.15690/vsp.v23i3.2766> EDN: <https://elibrary.ru/DJIGJM>
11. Keil LG, Nash AB, St rmer T, Golightly YM, Lin FC, Stone JD, Sanders JO, Louer CR. When is a growth-friendly strategy warranted? a matched comparison of growing rods versus primary posterior spinal fusion in juveniles with early-onset scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2021;41:e859–e864. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001926>
12. Elmeshneb MA, Hassanin MA, Elnady B, Sleem A, Le GT, Patel MS, Quraishi NA. Surgical complications in neuromuscular scoliosis surgery: systematic review and meta-analysis of the last ten years. *Eur Spine J*. 2024;33:2666–2676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08338-y>
13. Rajkumar S, Iyer RR, Stone L, Kelly MP, Plonsker J, Brandel M, Gonda DD, Mazur MD, Ikeda DS, Lucas DJ, Choi PM, Ravindra VM. Frequency and predictors of complication clustering within 30 days of spinal fusion surgery: a study of children with neuromuscular scoliosis. *Spine Deform*. 2024;12:727–738. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-023-00813-8>
14. Kontakis MG, Pazarlis K, Karlsson T, Jonsson H, Schizas N. Growing rods in meningocele lead to increased risk for complications in comparison with fusion; a retrospective study of 30 patients treated for at the University Hospital of Uppsala. *Eur Spine J*. 2024;33:739–745. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07996-8>
15. Cahill PJ, Marvil S, Cuddihy L, Schutt C, Idema J, Clements DH, Antonacci MD, Asghar J, Samdani AF, Betz RR. Autofusion in the immature spine treated with growing rods. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35:E1199–203. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181e21b50>
16. Menapace B, Jain V, Sturm P. Autofusion in early-onset scoliosis growing constructs: occurrence, risk factors, and impacts. *Spine Deform*. 2024;12:1155–1163. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-024-00853-8>
17. Hatem A, Elmorshidy EM, Elkot A, Hassan KM, El-Sharkawi M. Autofusion in growing rod surgery for early onset scoliosis; what do we know so far? *SICOT J*. 2024;10:15. DOI: <https://doi.org/10.1051/sicotj/2024011>
18. Gupta K, Barik S, Sarkar MH, Chaudhary S, Sinha SK, Raj V, Kandwal P. Use of growth rod systems for management of early onset scoliosis in cerebral palsy: a systematic review. *Turk Neurosurg*. 2023;33:177–184. DOI: <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.41939-22.2>
19. Li Y, Swallow J, Gagnier J, Cahill PJ, Sponseller PD, Garg S, Thompson GH, Ramo BA. Growth friendly surgery results in more growth but a higher complication rate and unplanned returns to the operating room compared to single fusion in neuromuscular early onset scoliosis: a multicenter retrospective cohort study. *Spine Deform*. 2021;9:851–858. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-020-00270-7>
20. Gao R, Bai Y, Zhang X, Cao J, Guo D, Yao Z, Liu H. Outcomes and safety of traditional growing rod technique in the treatment of early-onset dystrophic scoliosis secondary to type 1 neurofibromatosis with intraspinal rib head dislocation in children. *J Pediatr Orthop*. 2023;43:e223–e229. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000002319>

Статья поступила в редакцию 13.05.2026

Рецензирование пройдено 07.08.2026

Подписано в печать 15.08.2026

Received 13.05.2026

Review completed 07.08.2026

Passed for printing 15.08.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.А. Першин – разработка методов и процедур, сбор данных, статистический и теоретический анализ данных, управление данными: подготовка, аннотирование, хранение, написание первоначального текста статьи, редактирование, доработка текста; А.В. Макарова – разработка методов и процедур, сбор данных, управление данными: подготовка, аннотирование, хранение, теоретический анализ данных, доработка текста; С.О. Рябых – сбор данных, редактирование, доработка текста; А.Р. Сюндюков – сбор данных, редактирование, доработка текста; А. Мудар – сбор данных; А.Ю. Мушкин – формулирование идеи, гипотезы, цели исследования, редактирование, доработка текста, научное руководство проектом, организационное управление проектом. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Статья подготовлена в рамках исследований, одобренных локальной этической комиссией ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России (протокол № 111 от 15.01.2025).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Андрей Александрович Першин, канд. мед. наук; Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, 2-4; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3310-2551;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9963-3294>; aa.pershin@spbniif.ru

Анна Валерьевна Макарова; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4296-5120; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2253-2289>; makarova_a09@mail.ru

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6382-1107; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>; rso@mail.ru

Айрат Рашитович Сюндюков, канд. мед. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8276-9216>; sndk-ar@yandex.ru

Мудар Альшаова; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0007-1018>; modarsh@msn.com

Александр Юрьевич Мушкин, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9373-4335; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1342-3278>;

aymushkin@mail.ru

Authors' Info

✉ Andrei Aleksandrovich Pershin, MD, Cand. Sci. (Medicine); 2-4 Ligovsky ave, Saint Petersburg, 191036, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3310-2551; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9963-3294>; aa.pershin@spbniif.ru

Anna Valeryevna Makarova; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4296-5120; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2253-2289>; makarova_a09@mail.ru

Sergey Olegovich Ryabikh, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6382-1107; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>; rso@mail.ru

Airat Rashitovich Syundyukov, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8276-9216>; sndk-ar@yandex.ru

Mudhar A.A. Alshaowa; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0007-1018>; modarsh@msn.com

Aleksandr Yuryevich Mushkin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9373-4335; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1342-3278>;

aymushkin@mail.ru



РОЛЬ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА В ФОРМИРОВАНИИ КИФОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С АНКИЛОЗИРУЮЩИМ СПОНДИЛИТОМ

В.В. Рерих^{1,2}, М.В. Мурадлы¹, В.Д. Синявин¹, Е.В. Зонova², Е.С. Юшина², К.О. Васильев¹
¹Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия;
²Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Установить патобиомеханическую взаимосвязь между исходными параметрами сагиттального баланса и формированием кифотической деформации на грудном и поясничном уровнях у пациентов с анкилозирующим спондилитом.

Материал и методы. В рамках ретроспективного когортного исследования изучены данные 46 пациентов в возрасте от 18 до 70 лет с аксиальной формой анкилозирующего спондилита и сформированным декомпенсированным сагиттальным дисбалансом с утратой горизонтального взгляда. Всем пациентам проводили цифровую телерентгенографию позвоночника в положении стоя с расчетом комплекса позвоночно-тазовых параметров и оценивали функциональный статус по индексу Освестри (ODI).

Результаты. При анализе параметров сагиттального баланса выявлено, что большая выраженность кифотической деформации значимо связана с большим значением тазового индекса (Pelvic Incidence — PI). Обнаружена сильная отрицательная корреляция ODI с позвоночно-крестцовым углом (Spino-Sacral Angle — SSA) при среднем значении тазового индекса ($45^\circ \leq PI < 55^\circ$) и высоком его значении ($PI \geq 55^\circ$), а также критическая связь качества жизни с углом взгляда при высоком PI. Для пациентов с низким PI основным триггером дезадаптации оказалась трансляция корпуса, коррелирующая с крестцово-бедренным расстоянием. В качестве достоверных математических предикторов ухудшения функциональной дееспособности определены сочетания среднего PI со снижением $SSA \leq 85^\circ$ и высокого PI со снижением $SSA \leq 117^\circ$.

Заключение. Формирование кифотической деформации детерминировано стартовой архитектоникой позвоночно-тазового комплекса, а предложенные пороговые значения SSA позволяют объективно прогнозировать выраженность функциональной дееспособности пациентов.

Ключевые слова: анкилозирующий спондилит; болезнь Бехтерева; Pelvic Angle; сагиттальный баланс; кифотическая деформация; позвоночно-крестцовый угол; SSA.

Для цитирования: Рерих В.В., Мурадлы М.В., Синявин В.Д., Зонova Е.В., Юшина Е.С., Васильев К.О. Роль параметров сагиттального баланса в формировании кифотической деформации у пациентов с анкилозирующим спондилитом // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 17–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.17-23>

THE ROLE OF SAGITTAL BALANCE PARAMETERS IN THE FORMATION OF KYPHOTIC DEFORMITY IN PATIENTS WITH ANKYLOSING SPONDYLITIS

V.V. Rerikh^{1,2}, M.V. Muradly¹, V.D. Siniavin¹, E.V. Zonova², E.S. Yushina², K.O. Vasilev¹

¹Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia;

²Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Objective. To establish a pathobiomechanical relationship between the initial parameters of sagittal balance and the formation of kyphotic deformity at the thoracic and lumbar levels in patients with ankylosing spondylitis.

Material and Methods. Data from a retrospective cohort study of 46 patients aged 18 to 70 years with axial form of ankylosing spondylitis and decompensated sagittal imbalance with loss of horizontal gaze were studied. All patients underwent digital teleradiography of the spine in a standing position with the calculation of a complex of spinopelvic parameters and assessment of functional status according to the Oswestry index (ODI).

Results. Analysis of sagittal balance parameters revealed that greater severity of kyphotic deformity is significantly associated with a greater value of the pelvic index (Pelvic Incidence -PI). A strong negative correlation was found between the ODI and the spino-sacral angle (SSA) at a mean value of the pelvic index ($45^\circ \leq PI < 55^\circ$) and at its high index ($PI \geq 55^\circ$). A critical link between quality of life and the gaze angle was also found at a high PI. For patients with a low PI, the main trigger of maladaptation was trunk translation, which correlates with the sacro-femoral distance. Combinations of a mean PI with a decrease in $SSA \leq 85^\circ$ and a high PI with a decrease in $SSA \leq 117^\circ$ were identified as reliable mathematical predictors of deterioration in functional capacity.

Conclusion. The formation of kyphotic deformity is determined by the baseline architectonics of the spinopelvic complex, and the proposed threshold values for the SSA angle allow for an objective prediction of the extent of patients' functional capacity.

Key Words: ankylosing spondylitis; Bekhterev's disease; Pelvic Angle; sagittal balance; kyphotic deformity; spinal-sacral angle; SSA.

Please cite this paper as: Rerikh VV, Muradly MV, Siniavin VD, Zonova EV, Yushina ES, Vasiliev KO. The role of sagittal balance parameters in the formation of kyphotic deformity in patients with ankylosing spondylitis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):17–23. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.17-23>

Анкилозирующий спондилит (АС), или болезнь Бехтерева, представляет собой хроническое иммуноопосредованное воспалительное заболевание осевого скелета, характеризующееся прогрессирующим течением и потенциально приводящее к выраженным структурным и функциональным нарушениям [1, 2]. В основе патогенеза АС лежит аутоиммунное воспаление, в 90–95 % случаев ассоциированное с антигеном HLA-B27, что запускает каскад патологических воспалительных реакций, поражающих места прикрепления связок, суставы и прежде всего позвоночник. Длительное воспаление приводит к оссификации связочного аппарата, суставных капсул и межпозвонковых дисков с последующим анкилозированием пораженных сегментов [3].

АС наиболее часто манифестирует у лиц молодого трудоспособного возраста (от 20 до 40 лет) с выраженной половой диспропорцией, составляющей от 2 : 1 до 5 : 1 в пользу мужского пола, у которых заболевание также отличается более агрессивным течением [3]. Одним из наиболее тяжелых и инвалидизирующих ортопедических проявлений АС является прогрессирующая кифотическая деформация позвоночника, формирующая характерную «позу просителя». При отсутствии базисной терапии анкилозирующего спондилита кифотическая деформация развивается в 39 % случаев на грудопоясничном уровне позвоночника [4] и сопровождается не только значительным болевым синдромом и ограничением повседневной активности, но и приводит к серьезным функциональным расстройствам, включая нарушение баланса всего туловища, ограничение экскурсии грудной клетки и ухудшение качества жизни в целом [5].

В современной вертебрологии все больше внимания уделяется роли сагиттального баланса позвоночника

как ключевого биомеханического показателя, определяющего как нормальную функцию, так и патологию опорно-двигательного аппарата [6]. Нарушение сагиттального баланса является центральным звеном в патогенезе многих деформаций позвоночника. Однако при АС динамика изменений сагиттальных параметров и их взаимосвязь с конечным характером и степенью кифотической деформации изучены фрагментарно: существующие исследования в основном описывают уже сформировавшиеся, финальные стадии деформации, в то время как проспективный анализ эволюции сагиттального баланса на ранних и развернутых стадиях заболевания в литературе практически не представлен.

Отсутствие комплексных данных, позволяющих прогнозировать развитие кифоза на основе анализа исходных и динамических параметров сагиттального баланса, представляет собой существенный пробел в планировании хирургической коррекции и профилактики тяжелых деформаций у таких пациентов.

Цель исследования – установить патофизиологическую взаимосвязь между исходными параметрами сагиттального баланса и формированием кифотической деформации на грудном и поясничном уровнях у пациентов с АС.

Материал и методы

Ретроспективное когортное исследование проведено на базе отделения нейрохирургии Новосибирского НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна.

Для статистического анализа отобрана когорта из 46 пациентов.

Критерии включения: возраст пациентов от 18 до 70 лет ($M = 44$ года), аксиальная форма АС, соответствующая, согласно модифи-

цированным Нью-Йоркским диагностическим критериям (1984 г.), поздней стадии заболевания [7], сформировавшаяся кифотическая деформация на грудном и поясничном уровнях. Всем включенным в исследование пациентам проведено хирургическое лечение в 2009–2024 гг. в объеме корригирующей вертебротомии на поясничном уровне позвоночника. На момент обследования и принятия решения о хирургическом лечении обязательным являлось отсутствие активности АС, степень которого определяли по системе BASDAI [8], и наличие клинических показаний к хирургической коррекции – выраженный сагиттальный дисбаланс и невозможность горизонтального взгляда без компенсаторного сгибания суставов нижних конечностей.

Критерии не включения: сопутствующая тяжелая соматическая патология (декомпенсированный сахарный диабет, сердечно-сосудистая недостаточность III–IV функционального класса, почечная недостаточность), активная инфекция или онкологическое заболевание, являющиеся противопоказаниями к операции; другие, в том числе неаксиальные, формы АС с поражением шейного отдела позвоночника, крупных суставов; наличие на рентгенограммах изменений, характерных для поражения Андерсона; высокая степень активности процесса по системе BASDAI.

Критерии исключения: низкое качество визуализации, не позволяющее провести точные рентгенометрические измерения; отсутствие полного набора клинических данных.

Всем пациентам выполняли стандартную цифровую рентгенографию всего позвоночника (STEP-режим) в прямой и боковой проекциях в положении стоя. На боковых рентгенограммах вручную проводили стандартные рентгенометрические измерения с оценкой следующих ключевых параметров:

- сагиттальная вертикальная ось (Sagittal Vertical Axis – SVA);
- угол грудного кифоза (Thoracic Kyphosis – ThK);
- угол поясничного лордоза (Lumbar Lordosis – LL);
- угол наклона таза (Pelvic Tilt – PT);
- крестцовый наклон (Sacral Slope – SS);
- тазовый индекс (Pelvic Incidence – PI);
- крестцово-бедренное расстояние (Sacro-Femoral Distance – SFD);
- угол наклонного положения бедренной кости (Angle of Femur Obliquity – FOA);
- угол трансляции C₇ позвонка (Angle of C₇ Translation – C₇TA);
- угол компенсаторного наклона таза (Pelvic Tilt Compensation Angle – PTCA);
- индекс Barrey;
- интегративный индекс расчета баланса (Full Balance Integrated Index – FBI);
- позвоночно-крестцовый угол (Spino-Sacral Angle – SSA);
- Th₁ тазовый угол (T1 Pelvic Angle – T1PA);
- грудопоясничный тазовый угол (Thoracolumbar Pelvic Angle – TPA/TLPA);
- Th₁ сагиттальный тазовый индекс (T1 Sagittal Pelvic Index – T1SPI);
- позвоночно-тазовый угол (Spino-Pelvic Angle – SPA);
- угол падения взора (View Angle);
- угол кифотической деформации на уровне наибольшего искривления, умеренный по методу Cobb [9].

Все пациенты прошли анкетирование для оценки функциональных исходов при помощи индекса Освестри (Oswestry disability index – ODI) [9].

Статистический анализ. Проводилась предварительная проверка бинарных и категориальных данных анализом частот на ошибки ввода, методами разведочного анализа Тьюки (Tukey's boxplot), Хампела (Hampel's rule), Грабса (Grubbs' test) и хи-квадрата (Chi-squared test) определяли выпадающие значения – «выбросы» (outliers) непрерывных данных. Отсутствующие данные измерений оставляли без изменений, то есть методы восполнения средними значениями или регрессионными формула-

ми не применяли. Непрерывные данные исследовали на согласие с законом нормального распределения численно критерием Шапиро – Уилка (Shapiro – Wilk test) и графически – построением диаграмм, содержащих гистограммы, плотности распределений и таблицы вспомогательных статистик – минимума, первого квартиля (Q₁), медианы, третьего квартиля (Q₃), максимума, среднего и стандартного отклонения, коэффициента асимметрии (skewness) и коэффициента эксцесса (kurtosis). Однородность отклонений непрерывных данных (гомоскедастичность) в сравниваемых группах проверяли *F*-критерием Фишера (*F*-test).

Результаты

Для верификации выдвинутых биомеханических гипотез вся когорта пациентов (*n* = 46) была стратифицирована на три группы в зависимости от величины PI: группа 1 – PI < 44°; группа 2 – 45° ≤ PI < 55°; группа 3 – PI ≥ 55°. Преобладали пациенты с исходными значениями PI ≥ 45° (*n* = 38; 82,6 %).

В качестве интегрального маркера, отражающего взаимосвязь между формой всего деформированного позвоночного столба и пространственной ориентацией таза, был детально проанализирован SSA, средние показатели которого для групп 1, 2 и 3 составили соответственно 87°, 85° и 98° (различия статистически незначимы).

При этом значение SSA значимо отрицательно коррелирует с индексом функциональной дееспособности ODI в группах 2 (рис. 1) и 3 (рис. 2) при отсутствии значимой корреляции в группе 1 (табл.).

Математическое сопоставление полученных биомеханических трендов позволило установить прогностический паттерн декомпенсации: сочетание исходных анатомических профилей 45° ≤ PI < 55° – со снижением величины SSA ≤ 85 (рис. 1), а при PI ≥ 55° с уменьшением SSA ≤ 117° (рис. 2) является достоверным предиктором развития тяжелой, клиниче-

ски дезадаптирующей кифотической деформации у пациентов с АС.

Обсуждение

Для пациентов с АС в поздней стадии заболевания характерны ограничения движений в позвоночнике до полного их исчезновения. При этом только у трети из них возникают деформации грудного и поясничного отделов позвоночника в сагиттальной плоскости, что, по-видимому, имеет предрасполагающие факторы. Полученные нами результаты доказывают, что характер финальной кифотической деформации строго детерминирован стартовой костной архитектурой позвоночно-тазового комплекса, где ключевую роль играет индивидуальный тазовый индекс (PI).

В современной вертебрологии оценка сагиттального статуса традиционно опирается на положение сагиттальной вертикальной оси (SVA) и ее отклонения от оптимальной проекции. Однако, как отмечают Van Royen et al. [10], линейный показатель SVA на стандартных спондилограммах может демонстрировать ложноположительную динамику за счет преходящих позиционных факторов, таких как вынужденное сгибание в коленных и тазобедренных суставах. В условиях прогрессирующего системного анкилозирования, характерного для болезни Бехтерева, динамические компенсаторные резервы полностью блокируются [3], превращая позвоночно-тазовый комплекс в жесткий, фиксированный рычаг. В этой связи фокус исследовательского поиска смещается в сторону интегративных угловых параметров.

Zhang et al. [11] при анализе когорты пациентов с АС и грудопоясничным кифозом продемонстрировали, что SSA и T1PA обладают значительно более высокой прогностической способностью в отношении оценки качества жизни пациентов (опросники ODI, SRS-22), нежели SVA. SSA уникален тем, что он математически объединяет в себе выраженность глобального наклона туловища и величи-

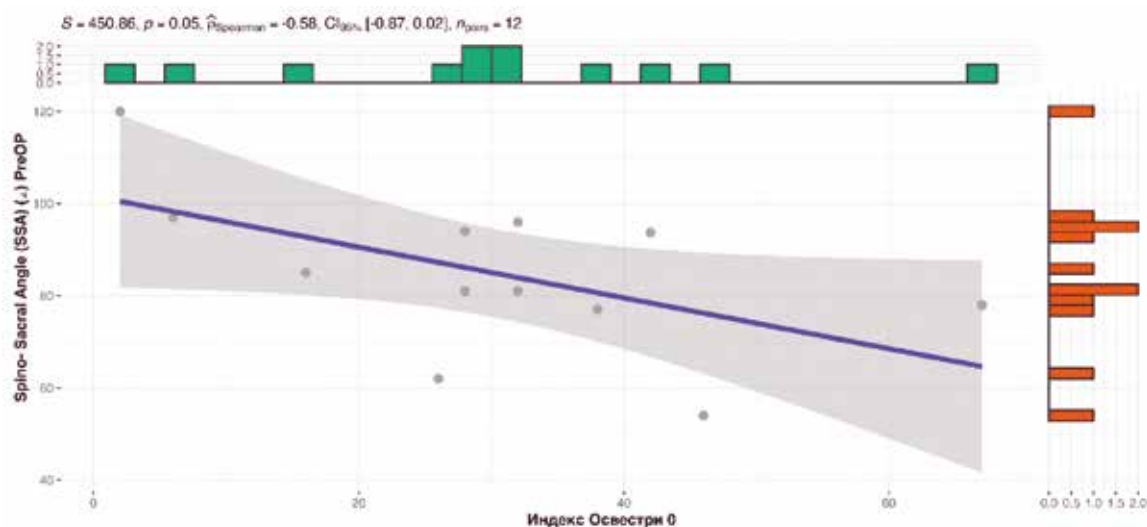


Рис. 1

Корреляция SSA с ODI в группе 2

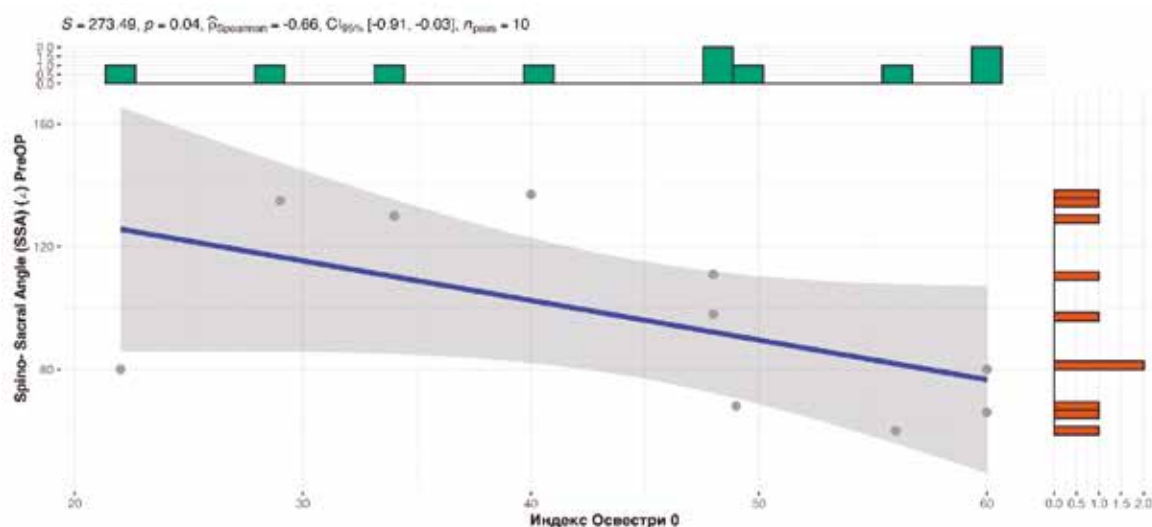


Рис. 2

Корреляция SSA с ODI в группе 3

ну SS, отражающего позицию тазового кольца. Данный тезис согласуется с фундаментальным исследованием Protosaltis et al. [12], постулирующим превосходство комплексных угловых позвоночно-тазовых параметров над изолированными сегментарными.

Использованная нами стратификация пациентов в зависимости от величины константного анатомического показателя PI позволила выявить ранее не описанные в литературе биомеханические паттерны: неодинаковую прогностическую ценность параме-

тра SSA для разных морфотипов таза: в группах со средним ($45^\circ \leq PI < 55^\circ$) и высоким ($PI \geq 55^\circ$) значениями тазового индекса была зафиксирована статистически значимая умеренная и заметная отрицательная корреляция между величиной SSA и ODI ($r = -0,58$;

Таблица

Корреляционная взаимосвязь параметров сагиттального баланса с ODI

Параметр	Группа 1 (<i>p</i> -value)	Группа 2 (<i>p</i> -value)	Группа 3 (<i>p</i> -value)
SVA	0,07 (0,906)	0,29 (0,259)	0,22 (0,508)
PI	−0,31 (0,500)	0,14 (0,577)	−0,42 (0,203)
PT	0,39 (0,396)	−0,07 (0,793)	−0,2 (0,548)
SS	−0,23 (0,613)	0,09 (0,723)	−0,31 (0,358)
SFD	0,79 (0,048*)	0,21 (0,399)	−0,31 (0,359)
FOA	0,95 (0,014*)	−0,09 (0,790)	−0,15 (0,679)
C7TA	−0,30 (0,683)	0,24 (0,447)	0,57 (0,087)
PTCA	0,10 (0,950)	0,21 (0,526)	0,55 (0,101)
Barrey Index	−0,21 (0,662)	0,13 (0,628)	0,28 (0,407)
FBI	0,10 (0,950)	0,11 (0,749)	0,33 (0,356)
SSA	−0,30 (0,683)	−0,58 (0,050*)	−0,66 (0,039*)
C1–C2L	NA (NA)	0,07 (0,820)	−0,39 (0,293)
C2–C7L	0,74 (0,262)	0,30 (0,378)	0,61 (0,105)
ThK	0,77 (0,103)	−0,25 (0,427)	−0,02 (0,953)
GLL	0,09 (0,919)	−0,49 (0,087)	−0,38 (0,284)
View Angle	NA (NA)	−0,14 (0,675)	−0,94 (0,005*)
T1PA	0,04 (0,963)	0,32 (0,208)	0,19 (0,567)
TPA–TLPA	0,65 (0,115)	0,28 (0,269)	0,38 (0,249)
T1–FHA	0,43 (0,354)	0,42 (0,090)	0,27 (0,430)
S1–FHA	−0,16 (0,728)	−0,04 (0,866)	0,13 (0,699)
T1SPI	0,43 (0,354)	0,43 (0,088)	0,22 (0,508)
SPA	0,20 (0,670)	0,45 (0,054)	−0,19 (0,566)

Обозначения параметров указаны в тексте; *p* – уровень значимости корреляции;

* значимые корреляции.

$p = 0,050$ и $r = -0,66$; $p = 0,039$ соответственно). Это свидетельствует о том, что у пациентов со средним PI уменьшение SSA строго отражает декомпенсацию глобального баланса и линейно приводит к тяжелым функциональным ограничениям. Более того, в группе $PI \geq 55^\circ$ выявлена критически сильная отрицательная связь ODI с углом зрения ($r = -0,94$; $p = 0,005$). Это подтверждает выводы Shin et al. [13] и Sato et al. [14] о том, что для пациентов с AC наиболее инвалидизирующим исходом жесткой фиксации кифоза является утрата способности к удержанию горизонтального взгляда, что фаталь-

но нарушает социальную адаптацию и локомоцию, особенно в сочетании с ригидной деформацией шейного отдела позвоночника.

Напротив, в группе пациентов с низким тазовым индексом ($PI < 44^\circ$) параметр SSA полностью утратил свою корреляционную связь с качеством жизни ($p > 0,05$). У пациентов данного биомеханического типа компенсация сагиттального сдвига протекает по принципиально иному сценарию, описанному Zhou et al. [15] и Protosaltis et al. [16] для дегенеративной патологии. Жесткий фундамент малого PI не позволяет осуще-

ствить адекватную ретроверсию таза, ввиду чего триггером функциональной дезадаптации становится трансляция всего корпуса относительно головок бедренных костей. Это подтверждается обнаруженной нами высокой положительной корреляцией ODI с крестцово-бедренным расстоянием ($p = 0,039$) в данной подгруппе.

Таким образом, предложенное нами пороговое сочетание анатомических профилей ($45^\circ \leq PI < 55^\circ$; и $PI \geq 55^\circ$) с критическим уменьшением величины угла SSA $\leq 85^\circ$ и SSA $\leq 117^\circ$ соответственно выступает в качестве надежного математического предиктора. Оно позволяет прогнозировать развитие декомпенсированной фиксированной кифотической деформации еще на этапах, предшествующих тотальному анкилозирования позвоночника.

Ограничения исследования: ретроспективный характер и относительно небольшой объем подгруппы с низким PI.

Заключение

У пациентов с AC формирование кифотической деформации связано со стартовой архитектоникой позвоночно-тазового комплекса, а сочетание анатомических профилей среднего и высокого уровней тазового индекса ($45^\circ \leq PI < 55^\circ$; и $PI \geq 55^\circ$) с выявленными значениями величины угла SSA $\leq 85^\circ$ и SSA $\leq 117^\circ$ соответственно является объективным диагностическим критерием, позволяющим достоверно прогнозировать прогрессирование клинически значимого сагиттального дисбаланса, что может использоваться для раннего определения показаний к реконструктивным хирургическим вмешательствам.

Литература/References

1. Bittar M, Deodhar A. Axial spondyloarthritis: a review. *JAMA*. 2025;333:408–420. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2024.20917>
2. Navarro-Compán V, Sepriano A, Capelusnik D, Baraliakos X. Axial spondyloarthritis. *Lancet*. 2025;405:159–172. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02263-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02263-3)
3. Анкилозирующий спондилит (Болезнь Бехтерева) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gosmed.ru/lechebnaya-deyatelnost/spravochnik-zabolevaniy/revmatologiya/ankiloziruyushchiy-spondilit-bolezn-bekhtereva/> (дата обращения: 17.10.2025). [Ankylosing spondylitis (Bechterew's disease) [Electronic resource]. Avail-

- able at: <https://www.gosmed.ru/lechebnaya-deyatelnost/spravochnik-zabolevaniy/revmatologiya/ankiloziruyushchiy-spondilit-bolezni-bekhtereva/> (Date of access: 17.10.2025)].
- Kubiak EN, Moskovich R, Errico TJ, Di Cesare PE.** Orthopaedic management of ankylosing spondylitis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13:267–278. DOI: <https://doi.org/10.5435/00124635-200507000-00006>
 - Анкилозирующий спондилит. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации [Электронный ресурс]. URL: https://library.mededtech.ru/rest/documents/cr_175/#paragraph_ng3rd (дата обращения: 22.10.2025). [Ankylosing spondylitis: Clinical guidelines. Ministry of Health of the Russian Federation. [Electronic resource]. Available at: https://library.mededtech.ru/rest/documents/cr_175/#paragraph_ng3rd (Date of access: 22.10.2025)].
 - Shah AA, Lemans JV, Zavatsky J, Agarwal A, Krut MC, Matsumoto K, Serhan H, Agarwal AK, Goel V.** Spinal balance/alignment – clinical relevance and biomechanics. *J Biomech Eng.* 2019 May 2. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4043650> Epub ahead of print.
 - Braun J, Sieper J.** Ankylosing spondylitis. *Lancet.* 2007;369:1379–1390. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60635-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60635-7)
 - Garrett S, Jenkinson T, Kennedy LG, Whitelock H, Gaisford P, Calin A.** A new approach to defining disease status in ankylosing spondylitis: the Bath Ankylosing Spondylitis Disease Activity Index. *J Rheumatol.* 1994;21:2286–2291.
 - Крутько А.В., Рерих В.В., Прохоренко В.М., Леонова О.Н.** *Нарушения сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника.* Новосибирск, 2020. [Krutko AV, Rerikh VV, Prokhorenko VM, Leonova ON. *Sagittal Balance Disorders in Spinal Diseases and Injuries.* Novosibirsk, 2020]. EDN: <https://elibrary.ru/DXCFPO>
 - Van Royen BJ, Toussaint HM, Kingma I, Bot SD, Caspers M, Harlaar J, Wuisman PI.** Accuracy of the sagittal vertical axis in a standing lateral radiograph as a measurement of balance in spinal deformities. *Eur Spine J.* 1998;7:408–412. DOI: <https://doi.org/10.1007/s005860050098>
 - Zhang YP, Qian BP, Qiu Y, Qu Z, Mao SH, Jiang J, Zhu ZZ.** Sagittal vertical axis, spinosacral angle, spinopelvic angle, and T1 pelvic angle: which parameters may effectively predict the quality of life in ankylosing spondylitis patients with thoracolumbar kyphosis? *Clin Spine Surg.* 2017;30:E871–E876. DOI: <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000463>
 - Protosaltis T, Schwab F, Bronsard N, Smith JS, Klineberg E, Mundis G, Ryan DJ, Hostin R, Hart R, Burton D, Ames C, Shaffrey C, Bess S, Errico T, Lafage V.** The T1 pelvic angle, a novel radiographic measure of global sagittal deformity, accounts for both spinal inclination and pelvic tilt and correlates with health-related quality of life. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1631–1640. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.01459>
 - Shin JK, Lee JS, Goh TS, Son SM.** Correlation between clinical outcome and spinopelvic parameters in ankylosing spondylitis. *Eur Spine J.* 2014;23:242–247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2929-8>
 - Sato T, Yonezawa I, Inoue H, Tada K, Kobayashi S, Hayashi E, Tamura N, Kaneko K; Juntendo AS Research Group.** Relationship between characteristics of spinopelvic alignment and quality of life in Japanese patients with ankylosing spondylitis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21:41. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3040-z>
 - Zhou S, Xu F, Wang W, Zou D, Sun Z, Li W.** Age-based normal sagittal alignment in Chinese asymptomatic adults: establishment of the relationships between pelvic incidence and other parameters. *Eur Spine J.* 2020;29:396–404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06178-9>
 - Protosaltis TS, Soroceanu A, Tishelman JC, Buckland AJ, Mundis GM Jr, Smith JS, Daniels A, Lenke LG, Kim HJ, Klineberg EO, Ames CP, Hart RA, Bess S, Shaffrey CI, Schwab FJ, Lafage V.** Should sagittal spinal alignment targets for adult spinal deformity correction depend on pelvic incidence and age? *Spine (Phila Pa 1976).* 2020;45:250–257. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000003237>

Статья поступила в редакцию 11.08.2026

Рецензирование пройдено 02.09.2026

Подписано в печать 06.09.2026

Received 11.08.2026

Review completed 02.09.2026

Passed for printing 06.09.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. В.В. Рерих – определение концепции, идеологии, проведение исследования, пересмотр и редактирование рукописи; М.В. Мурадлы – сбор материала, обработка, написание текста статьи; В.Д. Синявин – сбор материала, обработка, написание текста статьи; Е.В. Зонина – подбор пациентов для исследования, пересмотр и редактирование рукописи; Е.С. Юшина – сбор материала, обработка, написание текста статьи; К.О. Васильев – обработка рентгенограмм, анализ результатов, написание текста статьи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Неприменимо ввиду ретроспективного характера исследования.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук; Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1223-8142;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8545-0024>; rvv_nsk@mail.ru

Мурад Вагиф Оглы Мурадлы; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7207-9862>; Muradov_082010@icloud.com

Владимир Дмитриевич Синявин, канд. мед. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5237-6403>; Dr.VladimirSinyavin@gmail.com

Елена Владимировна Зонина, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4898-4276; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8529-4105>; elena_zonova@list.ru

Елена Сергеевна Юшина; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6055-8782; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7781-3593>; elena.s@yuschna.ru

Константин Олегович Васильев; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9536-1883; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2726-1392>; vasiliev_ko@mail.ru

Authors' Info

✉ Viktor Viktorovich Rerikh, MD, Dr. Sci. (Medicine); 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1223-8142; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8545-0024>; rvv_nsk@mail.ru
Murad Vagif Ogly Muradly; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7207-9862>; Muradov_082010@icloud.com
Vladimir Dmitrievich Siniavin, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5237-6403>; Dr.VladimirSinyavin@gmail.com
Elena Vladimirovna Zonova, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4898-4276; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8529-4105>; elena_zonova@list.ru
Elena Sergeevna Yushina; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6055-8782; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7781-3593>; elena.s@yuschina.ru
Konstantin Olegovich Vasiliev; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9536-1883; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2726-1392>; vasiliev_ko@mail.ru

**Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.А. 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.**

Е-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ

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

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

Цель исследования. Сравнительный анализ результатов транспедикулярной фиксации методом «свободной руки» под контролем флюороскопии и интраоперационной навигации при хирургическом лечении взрослых пациентов с идиопатическим сколиозом.

Материал и методы. В исследование включены 120 пациентов (102 женщины, 18 мужчин), последовательно оперированных с января 2020 г. по декабрь 2024 г. и разделенных на две группы в хронологическом порядке, соответствующем внедрению технологии О-агм-навигации. В группу 1 вошли 60 пациентов (53 женщины, 7 мужчин), проведение винтов у которых осуществлено с использованием навигации и интраоперационного КТ-контроля; в группу 2 – 60 пациентов (49 женщин, 11 мужчин), винты у которых установлены с помощью традиционной техники «свободной руки» с интраоперационным рентгенологическим контролем (С-дуга) и послеоперационным КТ-контролем.

Результаты. Применение О-агм-навигации достоверно повысило точность установки винтов (90,87 % против 85,57 %; $p < 0,001$) и снизило частоту мальпозиций (9,12 % против 14,43 %). Клинически значимые смещения встречались в 1,1 % случаев против 20,7 % ($p < 0,001$), частота реопераций составила 1,7 % против 23,3 %. Несмотря на увеличение времени операции на 25 мин, кровопотеря и сроки госпитализации не различались, а коррекция деформации была достоверно выше (57,76 % против 47,87 %; $p < 0,001$).

Заключение. Интраоперационная КТ-навигация повышает безопасность и эффективность хирургии деформаций позвоночника. Внедрение технологии О-агм-навигации существенно сокращает число ревизионных операций и критических мальпозиций без значительного изменения времени операции и объема кровопотери.

Ключевые слова: интраоперационная навигация; сколиоз; классификация мальпозиций винтов.

Для цитирования: Стребкова М.С., Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Евсюков А.В. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения взрослых пациентов с идиопатическим сколиозом с применением интраоперационной томографической навигации // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 24–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.24-31>

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF ADULT PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS USING INTRAOPERATIVE TOMOGRAPHIC NAVIGATION

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

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

Objective. To perform comparative analysis of the results of pedicle screw fixation using the free-hand method under fluoroscopy control and intraoperative navigation in the surgical treatment of adult patients with idiopathic scoliosis.

Material and Methods. The study included 120 patients (102 women, 18 men) consecutively operated on from January 2020 to December 2024 and divided into two groups chronologically corresponding to the introduction of O-arm navigation technology. Group 1 included 60 patients (53 women, 7 men) in whom screw placement was performed using navigation and intraoperative CT control; Group 2 included 60 patients (49 women, 11 men) in whom screws were placed using the traditional free-hand technique with intraoperative X-ray control (C-arm) and postoperative CT assessment.

Results. The use of O-arm navigation significantly increased the accuracy of screw placement (90.87% vs. 85.57%; $p < 0.001$) and reduced the malposition rate (9.12% vs. 14.43%). Clinically significant displacements occurred in 1.1% of cases vs. 20.7% ($p < 0.001$), and the reoperation rate was 1.7% vs. 23.3%. Despite an increase in operative time by 25 minutes, blood loss and length of hospital stay did not differ, and deformity correction was significantly higher (57.76% vs. 47.87%; $p < 0.001$).

Conclusions. Intraoperative CT navigation improves the safety and effectiveness of spinal deformity surgery. The introduction of O-arm navigation technology significantly reduces the number of revision operations and critical malpositions without significantly changing the time of surgery and the amount of blood loss.

Key Words: intraoperative navigation; scoliosis; screw malposition classification.

Please cite this paper as: Strebkova MS, Prudnikova OG, Matveev EA, Evsyukov AV. Comparative analysis of the results of surgical treatment of adult patients with idiopathic scoliosis using intraoperative tomographic navigation. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):24–31. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.24-31>

Имплантация транспедикулярных винтов при хирургическом лечении деформаций позвоночника является важным этапом, сопряженным с риском ятрогенного повреждения париетальной плевры, внутренних органов, магистральных сосудов и невралжных структур. Кроме того, точность установки винтов напрямую влияет на биомеханическую стабильность всей конструкции, неопорный винт может привести к нестабильности фиксации, развитию псевдоартроза и миграции элементов металлоконструкции.

Среди основных методов имплантации опорных винтов выделяют следующие: установка под контролем флюороскопии [1], метод «свободной руки» (free-hand), метод с использованием навигации на базе двумерной С-дуги [2], система оптической навигации с предоперационным КТ-планированием [3], применение навигационных шаблонов [4], робот-ассистенция, навигация с очками дополненной реальности [5], установка с помощью навигации (интраоперационная навигация) с использованием О-дуги, которые обеспечивают виртуальное трехмерное моделирование анатомических структур и имплантатов [6]. Ключевым преимуществом интраоперационной томографии и навигации является возможность верификации положения имплантатов в режиме реального времени (online) с возможностью их немедленной коррекции при выявлении мальпозиции. Благодаря обеспечению трехмерной визуализации в любое время в процессе операции данная технология приобретает статус предпочтительной во многих ведущих клиниках, способствуя повышению точности имплантации. Тем не менее целесообразность ее широкого применения остается предметом дискуссий. Если сторонники метода указывают на стабильно высокую точность позиционирования, то критики обращают внимание на потенциальное увеличение длительности вмешательства, объема интраоперационной кровопотери и дозы лучевой нагрузки, что может

нивелировать клинические преимущества технологии [6].

Цель исследования – сравнить результаты транспедикулярной фиксации методом «свободной руки» под контролем флюороскопии и интраоперационной навигации при хирургическом лечении взрослых пациентов с идиопатическим сколиозом.

Материал и методы

Исследование проведено на базе НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (Курган).

Дизайн: проспективно-ретроспективное нерандомизированное моноцентровое когортное исследование.

В анализ включены 120 пациентов (102 женщины, 18 мужчин), оперированных в период с января 2020 г. по декабрь 2024 г. Пациентов разделили на две группы в хронологическом порядке, соответствующем внедрению технологии О-arm-навигации в клинику. В группу 1 вошли 60 пациентов (53 женщины, 7 мужчин), проведение винтов у которых выполняли с использованием навигации и интраоперационного О-arm-контроля (О-arm, Medtronic), в группу 2 – 60 пациентов (49 женщин, 11 мужчин), винты которым устанавливали с помощью традиционной техники free-hand с интраоперационным рентгенологическим контролем (С-дуга) и послеоперационным КТ-контролем.

Критерии включения: верифицированный диагноз идиопатического сколиоза; возраст от 18 до 59 лет включительно на момент операции; отсутствие ранее перенесенных оперативных вмешательств на позвоночнике; наличие полного лучевого архива; послеоперационное наблюдение не менее 12 мес.

Критерии не включения: сколиотическая деформация иной этиологии; возраст до 18 и старше 59 лет на момент операции; ранее выполненное оперативное вмешательство на позвоночнике; наличие системных заболеваний; тяжелая соматическая патология в стадии декомпен-

сации; отсутствие полного лучевого архива; отказ пациента от участия в исследовании.

Критерии исключения: самовольный выход пациента из исследования.

Показаниями для оперативного лечения согласно действующим Клиническим рекомендациям [7] были деформация 40° и более (по Cobb), косметический дефект, болевой синдром.

Методы исследования: общеклиническое, ортопедическое и неврологическое обследование, спондилография позвоночника в прямой и боковой проекциях и рентгенография с боковыми наклонами (bending test), КТ шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника; МРТ шейного, грудного и поясничного отделов позвоночника и спинного мозга.

При анализе спондилограмм рассматривали параметры фронтального и сагиттального баланса, дуг деформации, уровни апикальных нейтральных и конечных позвонков. При рентгенографии с боковыми наклонами (bending test) определяли мобильность дуг деформации. МРТ проводили с целью исключения врожденных аномалий развития и для оценки дегенеративных изменений и топографии спинного мозга. При КТ оценивали пространственное положение позвоночного столба, исключали врожденные аномалии развития костных структур, оценивали топографию позвонков, ротацию, торсию, измерения тел позвонков и их ножек.

Рентгенометрические измерения выполняли в программах Weasis v3.0.4. и КОМЕТА 4.1.3. Viewer. Для обработки данных применяли пакет статистических программ Microsoft Office Excel (2016).

Критерии оценки. Основной: частота и тип мальпозиции винтов. Второстепенные: клинические проявления мальпозиций, повторные операции по поводу мальпозиций винтов, продолжительность операции, объем кровопотери, углы деформации основной и компенсаторной дуг, степень коррекции деформации, период госпитализации.

Период наблюдения составил от 6 до 68 мес. (в среднем – 20,4 мес.).

Первичными конечными методами оценки являлись частота и тип мальпозиций винтов [8], дополнительные – осложнения и повторные операции по поводу мальпозиций, продолжительность операций и величина кровопотери, период госпитализации, оценка деформаций на этапах лечения.

Этическая экспертиза. Исследование проводили в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (2013 г.). Пациенты давали информированное добровольное согласие на проведение диагностических исследований и медицинского вмешательства и использование полученных данных в научных целях.

Статистический анализ данных. Использовали вычисление средней арифметической (M) и отклонение среднего ($\pm m$), χ^2 Пирсона (с поправкой Йейтса при $n < 5$), двухвыборочный t -критерий Стьюдента, Δ – разность средних значений между группами. Уровень значимости $p < 0,05$ для сравнения средних значений между двумя независимыми группами. Для обработки данных применяли пакет статистических программ Microsoft Office Excel (2016).

Техника оперативных вмешательств. Все оперативные вмешательства осуществлены под общей

анестезией одной группой хирургов со стажем выполнения данных вмешательств не менее 5 лет; разница результатов, связанная с освоением техники хирургических вмешательств, исключена.

Уровни и протяженность фиксации определяли на основании фронтального баланса, мобильности дуг деформации при функциональных тестах, уровня и топографии конечных позвонков.

В группе 1 установку винтов проводили по технологии интраоперационной навигации всех винтов в разработанной модификации [9] с однократным позиционированием референтной рамки. После установки винтов проводили контроль их положения посредством интраоперационной томографии, при обнаружении критической мальпозиции [8] выполняли перепроведение винта. Пациентам группы 2 проведение винтов осуществляли методом «свободной руки» по анатомическим ориентирам с рентгенологическим контролем при помощи С-дуги. КТ-контроль положения винтов выполняли на 1–2-е сут после операции. При неудовлетворительном положении винтов проводили реоперацию и их переустановку.

После установки винтов осуществляли монтаж конструкции с коррекцией деформации.

Результаты

Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Как видно из табл. 1, группы пациентов сопоставимы по возрасту, величине деформации и иным параметрам общего состояния здоровья до начала лечения.

В табл. 2 представлены результаты анализа всех параметров.

Группы статистически сопоставимы, несмотря на то что в группе 2 имплантировано большее количество винтов. Разница показателей в группах обусловлена особенностями хирургической техники с использованием несегментарной или альтернирующей фиксации. Биомеханически различия между данными типами нет, при анализе ретроспективно ситуация в большей степени была обусловлена особенностями анатомической структуры ножек позвонков и ограничением (неуверенностью) хирургов при имплантации винтов в условиях отсутствия О-агт-контроля. Следует отметить, что у одного пациента могло быть несколько типов мальпозиций или несколько мальпозиций одного типа.

Самый актуальный вопрос при установке винтов при деформациях позвоночника – это их положение в анатомических структурах. Только при контрольном томографическом исследовании можно оценить положение

Таблица 1

Общая характеристика пациентов исследуемых групп

Параметр	Группа 1 ($n = 60$)	Группа 2 ($n = 60$)	p -значение
Возраст, лет	27,57 $\pm$ 11,30	31,56 $\pm$ 11,60	0,059
Величина деформации, град.	54,18 $\pm$ 15,90	55,98 $\pm$ 18,62	0,570
Жалобы на косметический дефект, n (%)	60 (100)	60 (100)	1,0
Жалобы на боль в спине, n (%)	48 (80)	51 (85)	0,63
Факторы риска неблагоприятных исходов оперативного вмешательства [5], n (%)			
Курение	–	–	–
Ожирение (по ИМТ, ВОЗ, 1997):			
1-я степень	–	1 (1,6)	–
2-я степень	1 (1,6)	–	–
3-я степень	1 (1,6)	–	–
Гипертоническая болезнь	4 (6,6)	2 (3,3)	–
Сахарный диабет	–	–	–
Анемия	15 (25,0)	16 (26,6)	–

Таблица 2

Сравнительный анализ критериев оценки

Параметр	Группа 1	Группа 2	Δ	p-значение
Величина деформации по Cobb, град.	54,18 ± 15,90	55,98 ± 18,62	-1,76	0,578
Количество установленных винтов, n	932	1032	-100	—
Среднее количество винтов на пациента, n	15,5	17,2	-1,67	—
Среднее количество фиксированных позвонков, n	7,8	9,0	-1,2	—
Число мальпозиций, n	85	149	-64	—
Частота мальпозиций, %	9,12	14,43	-5,31	<0,001
Точность установки винтов, %	90,87	85,57	+5,3	<0,001
Реоперации по поводу мальпозиций, n (%)	1 (1,7)	14 (23,3)	-13	<0,001
Продолжительность операции, мин	192,16 ± 55,20	167,07 ± 38,65	+25,1	0,004
Кровопотеря, мл	399,08 ± 171,41	333,59 ± 226,90	+65,5	0,076
Период госпитализации, дней	14,13 ± 4,20	15,60 ± 5,10	-1,5	0,089
Остаточная деформация, град.	22,89 ± 10,58	29,18 ± 16,99	-6,29°	0,017
Коррекция деформации, %	57,76 ± 9,50	47,87 ± 11,20	+9,89	<0,001

ние винтов в трех плоскостях, расположение в костных структурах позвонков, смещение и топографию относительно внутренних органов. На рис. 1 представлена оценка точности позиционирования винтов в двух группах.

Табл. 3 иллюстрирует выполненное ретроспективно распределение мальпозиций по типам в двух группах.

По результатам оценки положения винтов интраоперационно в группе 1 и в раннем послеоперационном периоде в группе 2 принимали решение об их перепроведении. Удобство использования интраоперационной томографии заключается в том, что в группе 1 перепроведение винтов осуществляли в ходе выполняемого вмешательства, тогда как в группе 2 для этого была необходима дополнительная ревизионная операция.

В раннем послеоперационном периоде в группе 1 лишь одному пациенту проведена реоперация по поводу миграции винта, изначально установленного в мальпозиции 2-й степени. В группе 2 ревизионные операции по поводу мальпозиций винтов выполнены у 14 (23,3 %) человек; 26 (17,4 %) винтов. При этом в четырех (6,6 %) случаях диагностированы клинические проявления (пневмоторакс, боль в ноге). Ретроспективный анализ (табл. 3) по разработанной нами клас-



Рис. 1

Диаграмма точности установки винтов

сификации определил 31 мальпозицию с показаниями к перепроведению винтов (типы М3-, М3+) у 19 (31,6 %) пациентов. При определении показаний для перепроведения винтов при бессимптомных мальпозициях учитывали риск повреждения внутренних органов (пролежень либо повреж-

дение стенки сосуда), формирование миелопатии на фоне деформации спинного мозга, смещение винтов из костной ткани на основании опыта хирурга с учетом распространенных классификаций. У пяти человек оперативное вмешательство в раннем послеоперационном периоде не выполнено.

Таблица 3

Распределение мальпозиций по типам [8] (из общего числа мальпозиций в группе) *

Тип	Группа 1	Группа 2	p-значение
M1	68 (80,0 %)	68 (45,6 %)	0,602
M2–	15 (17,6 %)	50 (33,5 %)	<0,001
M2+	1 (1,1 %)	0	<0,001
M3–	1 (1,1 %)	28 (18,7 %)	<0,001
M3+	0	3 (2,01 %)	<0,001

* Ретроспективный анализ.

Обсуждаемыми вопросами при использовании КТ-навигации являются продолжительность оперативного вмешательства, объем кровопотери, период госпитализации и реоперации по поводу мальпозиций. Эти вопросы также явились критериями оценки в нашем исследовании (рис. 2).

Увеличение времени операции на 25,1 мин ($p = 0,004$) связано с этапом регистрации навигационной системы и проведением интраоперационного O-arm-сканирования. Тенденция к большей кровопотере (+65,5 мл; $p = 0,076$) коррелирует с длительностью операции и не достигает статистической значимости.

Обсуждение

Для оценки эффективности применения интраоперационной компьютерной навигации при хирургическом лечении пациентов с деформациями позвоночника ранее был проведен систематизированный обзор литературы [6], оценивающий параметры хирургических вмешательств при использовании интраоперационной навигации в хирургии деформаций позвоночника.

Анализ показал, что во всех исследованиях точность установки винтов при использовании интраоперационной навигации выше и составляет 75,6–97,3 %, тогда как без навигации — 58,5–91,4 %. Baldwin et al. [10] показали, что при работе с интраоперационной навигацией почти удваивается вероятность оптимального положения винта и снижается риск небезопасной установки в 3 раза. В нашем

исследовании точность установки винтов в группе с навигацией достигла 90,87 %, в то время как в группе free-hand — 85,57 %.

Частота мальпозиций, по данным литературы [11–14], при использовании интраоперационной навигации ниже: 7,2–15,4 % против 11,8–66,8 % (free-hand) — 50,7 % (FS) без нее. По данным Baldwin et al. [10], небезопасные мальпозиции встречаются в 1,9 % случаев с навигацией и до 7,0 % — без нее. При этом навигация эффективнее помогает избегать медиальных смещений, что немаловажно в грудном отделе позво-

ночника [14]. Частота мальпозиций в группе с использованием навигации в нашем центре достигла 9,12 %, что соответствует данным литературного обзора. В группе 2 этот показатель — 14,43 % ($p < 0,001$). Наиболее важным является качественное различие: в группе навигации практически полностью отсутствуют клинически значимые перфорации, тогда как в группе free-hand они составили 2,01 % всех мальпозиций. Отсутствие унифицированной классификации мальпозиций, учитывающей клинику и тактику, остается проблемой [15, 16].

Помимо интраоперационных клинических осложнений в виде ликвореи, кровотечения или пневмогемоторакса, существуют отсроченные проявления в виде неврологического дефицита, который можно установить только после завершения операции и анестезии. В нашем случае четверым пациентам группы 2 проведены реоперации, связанные с клиническими проявлениями (пневмоторакс, радикулопатия). В группе 1 у одного пациента произошла миграция винта при вертикализации с клиническим



Рис. 2

Диаграмма распределения клинических результатов

проявлением в виде радикулопатии. В систематических обзорах Chan et al. указывают на противоречивые данные: в 2017 г. осложнения составили 1,8 % (КТ), 25,8 % (флюороскопия), 28,7 % (свободная рука) [11]; в 2020 г. – 0–1,6 % (интраоперационная навигация) и 0–1,7 % (без интраоперационной навигации) [17]. Baldwin et al. [10] и Oba et al. [14] не зарегистрировали осложнений при использовании интраоперационной навигации. Meng et al. [13] подтвердили значимо более низкую частоту осложнений при интраоперационной навигации по сравнению с рентгеноскопией.

По результатам обзора, в четырех исследованиях реоперации при интраоперационной навигации не потребовались. Так, Baldwin et al. [10] зарегистрировали 6 повторных вмешательств в группе без навигации ($n = 465$) и ни одного – при ее использовании. Отсутствие критических мальпозиций косвенно подтверждает высокую степень безопасности интраоперационной O-arm-навигации. Среди наших пациентов отмечаем 14-кратное снижение частоты ревизионных вмешательств (1,7 % vs. 23,3 %; $p < 0,001$), что имеет прямое клиническое и экономическое значение. Единственную проведенную в группе 1 реоперацию пациенту с миграцией винта можно связать с игнорированием интраоперационно мальпозиций 2-й степени, что привело к миграции винта фораминально при вертикализации больного. Ревизионные оперативные вмешательства проводили на основании клинической картины, послеоперационного КТ-контроля и опыта хирурга. Отсутствие тактической классификации мальпозиций винтов не позволяло стандартизировать подход к показаниям перепроведения винта.

При анализе результатов послеоперационного КТ-контроля в группе 2 в 23 % случаев винты проксимального уровня фиксации на вогнутой стороне установлены паравертебрально (M1, M2), тогда как у пациентов группы 1 таких отклонений не выявлено. Это также определяет актуальность применения интраоперационной навига-

ции при установке винтов в грудном отделе позвоночника.

На контрольных рентгенограммах в раннем послеоперационном периоде средняя величина деформации пациентов группы 1 составила $22,89^\circ \pm 10,58^\circ$, то есть 57,76 % коррекции. Во группе 2 этот показатель $29,18^\circ \pm 16,99^\circ$, что равно 47,87 % коррекции. Разницу в коррекции деформации (+9,89 %; $p < 0,001$) и остаточной деформации ($-6,29^\circ$; $p = 0,017$) мы объясняем более точным позиционированием винтов, что позволяет реализовать запланированные усилия коррекции без риска смещений винтов.

Основной дискуссионный вопрос в хирургии деформаций позвоночника: влияние интраоперационной навигации на длительность вмешательства. Надо отметить, что такие этапы, как регистрация, сканирование, калибровка инструмента, требуют времени. Рентгеноскопия с позиционированием ЭОП также требует временных затрат. Кроме того, подсчет среднего времени, затраченного на операцию, и объема кровопотери проводится без учета данных ревизионных операций.

По данным литературы, значимых различий в продолжительности операций при использовании интраоперационной навигации не выявлено: 446 мин (с навигацией) против 412 мин (без навигации) [10], 257 мин против 227 мин [18], 310 мин против 136–380 мин [11]. Эти данные подтверждаются другими авторами [12, 13]. В анализе 362 операций среднее время при интраоперационной навигации составило 309 мин [14]. В нашем случае среднее время операции в группе с навигацией – $192,16 \text{ мин} \pm 55,2 \text{ мин}$. В то время как без использования навигации среднее время на операцию составляло $167,07 \text{ мин} \pm 38,65 \text{ мин}$. Увеличение времени операции на 25,1 мин ($p = 0,004$) связываем именно с этапом регистрации навигационных систем и интраоперационной томографии. Надо отметить, что среднее время проведения ревизионных операций по поводу мальпозиций винтов у пациентов группы 2 соста-

вило $98,00 \pm 34,66$ мин дополнительно-го времени.

При анализе кровопотери в четырех систематических обзорах показано, что объем кровопотери при интраоперационной навигации не превышает таковой при рентгеноскопии или методе free-hand. По данным Baldwin et al. [10], различия незначимы: 1131 мл (с навигацией) против 1077 мл (без навигации). Meng et al. [13] на модели случайных эффектов демонстрируют даже меньшую кровопотерю при интраоперационной навигации по сравнению с рентгеноскопией. В обзоре Chan et al. [11] отдельные исследования указывают на 1138 мл (интраоперационная навигация), 523–860 мл (флюороскопия) и 305–1813 мл (свободная рука). Oba et al. [14] сообщают о средней кровопотере 675 мл у 347 пациентов при использовании навигации. В нашем исследовании средний объем кровопотери в группе с навигацией составил $399,08 \pm 171,41 \text{ мл}$, в группе без навигации – $333,59 \pm 226,90 \text{ мл}$. Тенденция к большей кровопотере (+65,5 мл; $p = 0,076$) коррелирует с длительностью операции и не достигает статистической значимости. При подсчете объема кровопотери при ревизионных операциях по поводу мальпозиций винтов в группе 2 дополнительная кровопотеря составила $133,33 \pm 102,22 \text{ мл}$.

Таким образом, использование интраоперационной томографической навигации в сочетании с интраоперационным томографическим контролем имеет достоверные преимущества по всем выбранным критериям оценки. Разница в длительности операции и объеме кровопотери не является статистически значимой.

Основной проблемой при транспедикулярной установке винтов на сегодняшний день является отсутствие общепринятой классификации мальпозиций с оценкой положения винта и определения дальнейшей тактики как в условиях операционной, так и при послеоперационном контроле.

Закключение

Операции по коррекции сколиотических деформаций остаются одними из самых сложных в спинальной хирургии, скрывая под собой риск развития разнообразных осложнений. Ревизионная операция всегда нежелательное событие, а возникновение любых

осложнений может стать катастрофой, что особенно важно для пациентов, решившихся на оперативное лечение по эстетическим показаниям. Внедрение технологии О-агм-навигации существенно сокращает число ревизионных операций и критических мальпозиций без значительного изменения времени операции и объема кровопотери.

Использование универсальной классификации мальпозиций винтов позволяет выбрать правильную тактику ведения пациентов и регламентирует правовые аспекты. В каждом конкретном случае необходимо взвешивать целесообразность оперативно-го лечения, технические возможности и риски осложнений.

Литература/References

- Meng XT, Guan XF, Zhang HL, He SS. Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2016;39:385–391. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10143-015-0679-2>
- Feng W, Wang W, Chen S, Wu K, Wang H. O-arm navigation versus C-arm guidance for pedicle screw placement in spine surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop.* 2020;44:919–926. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00264-019-04470-3>
- Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баниндрашвили А.Г., Барт В.А. Анализ анатомо-антропометрических параметров позвонков у детей с идиопатическим сколиозом грудной локализации с применением 3D-КТ-навигации. *Хирургия позвоночника.* 2016;13(1):27–36. [Kokushin DN, Vissarionov SV, Baindurashvili AG, Bart VA. Analysis of anatomical and anthropometric parameters of vertebrae in children with thoracic idiopathic scoliosis using 3D-CT-navigation. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2016;13(1):27–36]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2016.1.27-36> EDN: <https://elibrary.ru/VQGEED>
- Кокушин Д.Н., Виссарионов С.В., Баниндрашвили А.Г., Овечкина А.В., Хусанов Н.О., Познович М.С., Залетина А.В. Применение шаблонов-направителей при хирургическом лечении детей дошкольного возраста с врожденным сколиозом грудной и поясничной локализации. *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2020;8(3):305–316. [Kokushin DN, Vissarionov SV, Baindurashvili AG, Ovechkina AV, Khusainov NO, Poznovich MS, Zaletina AV. The use of guide templates in the surgical treatment of preschool children with congenital scoliosis of thoracic and lumbar localization. *Pediatric traumatology, orthopaedics and reconstructive surgery.* 2020;8(3):305–316]. DOI: <http://dx.doi.org/10.17816/PTORS42000> EDN: <https://elibrary.ru/CZKJQK>
- Tian NF, Huang QS, Zhou P, Zhou Y, Wu RK, Lou Y, Xu HZ. Pedicle screw insertion accuracy with different assisted methods: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Eur Spine J.* 2011;20:846–859. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-010-1577-5>
- Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С., Евсюков А.В. КТ-навигация в хирургии деформаций позвоночника. *Гений ортопедии.* 2025;31(6):839–849. [Prudnikova O.G., Matveev E.A., Strebkova M.S., Evsyukov A.V. CT navigation in spinal deformity surgery. *Genij Ortopedii.* 2025;31(6):839–849]. DOI: <http://dx.doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-6-839-849> EDN: <https://elibrary.ru/ANWZZD>
- Идиопатический сколиоз: клинические рекомендации. Минздрав России, 2024. [Idiopathic Scoliosis: Clinical guidelines. Ministry of Health of Russia, 2024]. Available on: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/850_1
- Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С., Евсюков А.В. Классификация мальпозиций винтов при инструментальной фиксации деформаций позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2025;22(3):6–17. [Prudnikova O.G., Matveev E.A., Strebkova M.S., Evsyukov A.V. Classification of screw malpositions in instrumental fixation of spinal deformities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2025;22(3):6–17]. EDN: <https://elibrary.ru/QCKEUU> DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.3.6-17>
- Прудникова О.Г., Матвеев Е.А., Стребкова М.С. Способ установки опорного винта грудного отдела позвоночника при сколиозе. Патент RU 2862821; заявл. 26.11.25; опубли. 26.05.2026. Бюл. № 15. [Prudnikova OG, Matveev EA, Strebkova MS. Method for installing support screw in thoracic spine for scoliosis. Patent RU 2 862821. Appl. 26.11.2025. Publ. 26.05.2026. Bull 15].
- Baldwin KD, Kadiyala M, Talwar D, Sankar WN, Flynn JJM, Anari JB. Does intraoperative CT navigation increase the accuracy of pedicle screw placement in pediatric spinal deformity surgery? A systematic review and meta-analysis. *Spine Deform.* 2022;10:19–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s43390-021-00385-5>
- Chan A, Parent E, Narvacan K, San C, Lou E. Intraoperative image guidance compared with free-hand methods in adolescent idiopathic scoliosis posterior spinal surgery: a systematic review on screw-related complications and breach rates. *Spine J.* 2017;17:1215–1229. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2017.04.001>
- Tian W, Zeng C, An Y, Wang C, Liu Y, Li J. Accuracy and postoperative assessment of pedicle screw placement during scoliosis surgery with computer assisted navigation: a meta-analysis. *Int J Med Robot.* 2017;13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/rcs.1732>
- Meng XT, Guan XF, Zhang HL, He SS. Computer navigation versus fluoroscopy-guided navigation for thoracic pedicle screw placement: a meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2016;39:385–391. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10143-015-0679-2>
- Oba H, Uehara M, Ikegami S, Hatakenaka T, Kamanaka T, Miyaoka Y, Kurogouchi D, Fukuzawa T, Mimura T, Tanikawa Y, Koseki M, Ohba T, Takahashi J. Tips and pitfalls to improve accuracy and reduce radiation exposure in intraoperative CT navigation for pediatric scoliosis: a systematic review. *Spine J.* 2023;23:183–196. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2022.09.004>
- Ansorge A, Sarwahi V, Bazin I, Vazquez O, De Marco G, Dayer R. Accuracy and safety of pedicle screw placement for treating adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review comparing available techniques. *Diagnostics (Basel).* 2023;13:2402. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/diagnostics13142402>
- Aoude AA, Fortin M, Figueiredo R, Jarzem P, Quellet J, Weber MH. Methods to determine pedicle screw placement accuracy in spine surgery: a systematic review. *Eur Spine J.* 2015;24:990–1004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-015-3853-x>
- Chan A, Parent E, Wong J, Narvacan K, San C, Lou E. Does image guidance decrease pedicle screw-related complications in surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review update and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2020;29:694–716. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-019-06219-3>

Статья поступила в редакцию 22.06.2026

Рецензирование пройдено 03.09.2026

Подписано в печать 08.09.2026

Received 22.06.2026

Review completed 03.09.2026

Passed for printing 08.09.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. М.С. Стребкова – поиск статей, обработка и анализ полученных данных, написание статьи, оформление статьи; О.Г. Прудникова – постановка цели и задач исследования, поиск статей, обработка и анализ полученных данных, написание статьи; Е.А. Матвеев – поиск статей, обработка и анализ полученных данных, оформление статьи; А.В. Евсюков – анализ полученных данных, редакция статьи. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Исследование проведено на базе клиники патологии позвоночника и редких заболеваний НМИЦ ТО им. академика Г.А. Илизарова (Курган), в научной части Центра не ведется регистрация протоколов локального этического комитета.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Маргарита Сергеевна Стребкова; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3337-4659; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2618-6164>; strebkovams@mail.ru

✉ Оксана Германовна Прудникова, д-р мед. наук; Россия, 640014, Курган, ул. М. Ульяновой, 6; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1391-9051;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>; pog6070@gmail.com

Евгений Александрович Матвеев; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8135-0117; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6055-4013>; matveeva@mail.ru

Алексей Владимирович Евсюков; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=7883-0390; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8583-0270>; alexevsukov@mail.ru

Authors' Info

Margarita Sergeevna Strebkova; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3337-4659; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2618-6164>; strebkovams@mail.ru

✉ Oxana Germanovna Prudnikova, MD, Dr. Sci. (Medicine); 6 M.Ulyanova str., Kurgan, 640014, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1391-9051;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1432-1377>; pog6070@gmail.com

Evgenij Alexandrovich Matveev; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8135-0117; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6055-4013>; matveeva@mail.ru

Alexey Vladimirovich Evsyukov; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=7883-0390; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8583-0270>; alexevsukov@mail.ru



ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЙ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ НЕЙРОМЫШЕЧНОГО СКОЛИОЗА: КЛИНИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ (НАРРАТИВНЫЙ ОБЗОР)

Е.В. Гулаев¹, А.И. Казьмин¹, А.Н. Бакланов², И.А. Шавырин³, В.В. Швец¹, В.В. Мотин¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова, Москва, Россия;

²Клинический госпиталь на Яузе, Москва, Россия;

³Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям
им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Москва, Россия

Цель исследования. Обобщить и критически оценить данные об интраоперационном нейрофизиологическом мониторинге при хирургической коррекции нейромышечного сколиоза с акцентом на модальности мониторинга, причинах тревог и алгоритме действий.

Материал и методы. Работа выполнена как практико-ориентированный нарративный обзор с аналитическим обобщением опубликованных данных без проведения формального метаанализа; уровень доказательности — V. Поиск источников проводили в PubMed/Medline, Scopus, Web of Science Core Collection и РИНЦ за период с 01.01.2005 по 22.09.2025 г. с дополнительным ручным поиском.

Результаты. Ключевые модальности — транскраниальные моторные и соматосенсорные вызванные потенциалы, дополненные спонтанной и триггерной электромиографией для контроля корешковых событий и оценки положения транспедикулярных винтов; при низкой мониторируемости возможны эпидуральные ответы (включая D-wave) как резервная тактика. Изменения сигналов при нейромышечном сколиозе обусловлены тремя группами факторов: перфузионно-физиологическими, механическими (маневры коррекции) и анестезиолого-техническими. Обобщен поэтапный алгоритм реакции на тревогу: исключение технических причин, оптимизация перфузии и анестезии, оценка связи с этапом коррекции и решение о модификации маневра.

Заключение. Мультимодальный интраоперационный нейрофизиологический мониторинг повышает безопасность коррекции нейромышечного сколиоза, однако критерии тревоги и тактика должны индивидуализироваться с учетом нозологии, исходного дефицита и этапа коррекции.

Ключевые слова: нейромышечный сколиоз; интраоперационный нейрофизиологический мониторинг; моторные вызванные потенциалы; соматосенсорные вызванные потенциалы; электромиография; интраоперационные осложнения.

Для цитирования: Гулаев Е.В., Казьмин А.И., Бакланов А.Н., Шавырин И.А., Швец В.В., Мотин В.В. Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг при хирургической коррекции нейромышечного сколиоза: клинико-методологические аспекты и алгоритмы интерпретации (нарративный обзор) // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 32–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.32-42>

INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL MONITORING IN SURGICAL CORRECTION OF NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS: CLINICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS AND INTERPRETATION ALGORITHMS (NARRATIVE REVIEW)

E.V. Gulaev¹, A.I. Kazmin¹, A.N. Baklanov², I.A. Shavyrin³, V.V. Shvets¹, V.V. Motin¹

¹National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics n.a. N.N. Priorov, Moscow, Russia;

²Clinical Hospital on Yauza, Moscow, Russia;

³V.F. Voyno-Yasenetsky Scientific and Practical Center of Specialized Medical Care for Children, Moscow, Russia

Objective. To summarize and critically evaluate data on intraoperative neurophysiological monitoring in surgical correction of neuromuscular scoliosis with an emphasis on monitoring modalities, causes of alarm events and an algorithm of response actions.

Material and Methods. The study was carried out as a practice-oriented narrative review with an analytical synthesis of published data without conducting a formal meta-analysis; level of evidence — V. The search for sources was performed in PubMed/Medline, Scopus, Web of Science Core Collection, and the Russian Science Citation Index (RSCI) for the period from January 1, 2005 to September 22, 2025, with additional manual search.

Results. Key modalities included transcranial motor and somatosensory evoked potentials complemented by free-running and triggered electromyography (EMG) to monitor radicular events and to assess pedicle screw position. In cases of poor monitorability, epidural

responses (including D-wave) are possible as a backup tactic. Signal changes in neuromuscular scoliosis are determined by three groups of factors: perfusion—physiological, mechanical (correction maneuvers), and anesthesiological—technical. A stepwise alarm response algorithm is summarized: exclusion of technical causes, optimization of perfusion and anesthesia, assessment of relationship with the correction stage, and deciding on maneuver modification.

Conclusion. Multimodal intraoperative neurophysiological monitoring increases the safety of neuromuscular scoliosis correction; however, alarm criteria and treatment strategies should be individualized according to the underlying diagnosis, initial deficit, and stage of correction.

Key Words: neuromuscular scoliosis; intraoperative neurophysiological monitoring; motor evoked potentials; somatosensory evoked potentials; electromyography; intraoperative complications.

Please cite this paper as: Gulaev EV, Kazmin AI, Baklanov AN, Shavyrin IA, Shvets VV, Motin VV. Intraoperative neurophysiological monitoring in surgical correction of neuromuscular scoliosis: clinical and methodological aspects and interpretation algorithms (narrative review). Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):32–42. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.32-42>

Нейромышечный сколиоз (НМС) развивается на фоне заболеваний центральной или периферической нервной системы и первичных миопатий, наиболее часто – при детском церебральном параличе (ДЦП), спинальной мышечной атрофии (СМА) и прогрессирующих мышечных дистрофиях [1–3]. У таких пациентов деформация возникает раньше, прогрессирует быстрее и чаще достигает тяжелых степеней, что сопровождается высоким риском системных осложнений, включая дыхательные, сердечно-сосудистые и нутритивные нарушения, а также остеопению [4].

По сравнению с идиопатическим сколиозом деформации при НМС, как правило, более ригидные и ассоциированы с более высокой частотой осложнений [2, 3, 5]. Для снижения риска все шире применяется интраоперационный нейромониторинг (ИОНМ), позволяющий выявлять угрозу повреждения проводящих путей в реальном времени и корректировать тактику вмешательства [6, 7]; тест пробуждения рассматривается преимущественно как резервный метод [8]. Вместе с тем интерпретация сигналов при НМС осложняется исходным двигательным дефицитом и сопутствующими нарушениями: например, в одной когорте подростков изменения транскраниальных моторных вызванных потенциалов (ТкМВП) отмечены у 64 % пациентов [9].

При этом специализированные обзоры, посвященные особенностям ИОНМ именно при нейромышечном сколиозе, практически отсутствуют.

Цель исследования – обобщить и критически оценить данные об ИОНМ при хирургической коррекции нейромышечных деформаций позвоночника с акцентом на ключевые модальности, анестезиологические особенности и интерпретацию сигналов.

Дизайн и уровень доказательности

Настоящая работа выполнена в формате практико-ориентированного нарративного обзора. Такой формат предполагает аналитическое обобщение опубликованных данных без формального метаанализа; обзор направлен на интерпретацию сигналов ИОНМ и тактические решения при коррекции НМС. Выбор формата обусловлен неоднородностью нозологий, протоколов ИОНМ, критериев тревоги и конечных точек исследований, что ограничивает возможность формального метаанализа. Уровень доказательности – V.

Поиск и отбор литературы

Выполнен расширенный поиск в PubMed/Medline, Scopus, Web of Science Core Collection и РИНЦ за период с 1 января 2005 г. по 22 сентября 2025 г.; дополнительно проведен ручной поиск по профильным журналам и спискам литературы. Использовали комбинации ключевых терминов по НМС/сколиозу и ИОНМ (TcMEP, SSEP, EMG, D-wave, alarm, anesthesia). Включали клинические исследования, обзоры/метаанализы и рекомендации по ИОНМ при коррекции НМС у детей и взрослых; исключали экспериментальные работы, тезисы без полного

текста и дубликаты. Выводы основаны на совокупности опубликованных данных и клиническом опыте авторов.

Ограничения. Нарративный дизайн связан с риском неполного охвата литературы, языковой/публикационной предвзятости и ограниченной сопоставимостью когорт и протоколов ИОНМ. PRISMA/метаанализ/оценка риска смещения не проводились; алгоритмические предложения следует рассматривать как экспертную интерпретацию данных в условиях неоднородности нозологий и ограниченной проспективной валидации порогов ИОНМ для отдельных подгрупп НМС.

Клинический контекст НМС и роль ИОНМ

В крупных сериях осложнения после коррекции НМС встречаются чаще, чем при идиопатических формах: по данным метаанализа ($n = 2155$), наиболее распространены раневые ($\approx 13,3\%$) и респираторные ($\approx 11,8\%$) осложнения, тогда как вновь возникший неврологический дефицит встречается реже ($\approx 2,9\%$), но имеет критическую клиническую значимость [2]. В многоцентровых сериях общая частота осложнений достигает 17–35 %, а неврологические осложнения составляют $\approx 1–3\%$ по метаанализам [2, 5, 10] и $\approx 1\%$ по данным регистра SRS при НМС (против 0,8 % при идиопатическом сколиозе) [11].

В этих условиях ИОНМ рассматривается как инструмент раннего выявления потенциально обратимых нарушений проводимости и их причин в реальном времени. По данным

литературы [9, 12], клинически значимые изменения, соответствующие сигналам тревоги, регистрируются в среднем у 10 % больных, а в отдельных когортах – значительно чаще (до 64 %), преимущественно за счет обратимых изменений. Применение мультимодальных протоколов повышает надежность мониторинга, однако диагностическая точность варьирует в зависимости от протокола и центрального эффекта [13].

Основные причины интраоперационных изменений при НМС условно делят на три группы:

- перфузионно-физиологические – гипотензия, анемия/кровопотеря, нарушения газообмена и температуры [14, 15];
- анестезиолого-технические – влияние ингаляционных анестетиков, остаточная нейромышечная блокада, гипотермия, артефакты электродов [16–18];
- механические – осевая тракция, деротация, коррекция/установка стержней, остеотомии, VCR; большинство тревог возникает на этапах активной коррекции и нередко носит обратимый характер [9, 19–21].

Для НМС также характерны гетерогенность порогов сигналов тревоги и ограниченность данных их проспективной валидации, что осложняет интерпретацию сигналов [6].

Наблюдательные исследования указывают на возможную ассоциацию применения ИОНМ с параметрами послеоперационного течения (включая сроки выписки и частоту осложнений), однако причинно-следственная связь остается недоказанной [7].

У пациентов с НМС и выраженным исходным неврологическим дефицитом ИОНМ направлен не только на предотвращение грубого двигательного ухудшения, но и на сохранение клинически значимых остаточных функций. Даже минимально сохраненные произвольные движения, чувствительность и тазовые функции могут иметь существенное значение для самообслуживания, ухода и качества жизни, а их утрата после хирургического вмешательства представляет собой клинически значимое осложнение. С этих позиций ИОНМ при НМС следует рассматривать не только как средство предотвращения «ката-

строфического» неврологического исхода, но и как инструмент сохранения остаточных функций; данная позиция отражает экспертную интерпретацию опубликованных данных и клинического опыта в условиях ограниченной доказательной базы.

Модальности ИОНМ: возможности и ограничения при НМС

В настоящее время при НМС предпочтение отдается мультимодальному ИОНМ, который считается клинически приемлемым и безопасным; при этом его надежность варьирует в зависимости от нозологии, а в отдельных клинических группах чаще описываются ложноположительные эпизоды [22]. При НМС ИОНМ применяется менее широко, чем при идиопатическом сколиозе. Это связано с неоднородностью нозологий, сложностью интерпретации сигналов и ограниченной информативностью мониторинга при выраженном исходном дефиците (табл. 1).

ТкМВП. Они отражают проводимость кортикоспинальных трактов и являются ведущей модальностью ИОНМ при НМС, в том числе в мультимодальном ИОНМ.

Таблица 1

Пороговые значения критериев тревоги при интраоперационном мониторинге у пациентов с нейромышечным сколиозом

Модальность	Критерии тревоги	Особенности при нейромышечном сколиозе
Соматосенсорные вызванные потенциалы	↓ амплитуды $\geq 50\%$ и/или ↑ латентности $\geq 10\%$	Изолированное удлиннение латентности может быть ранним маркером гипоперфузии и требует сопоставления с гемодинамикой [14, 15]
Транскраниальные моторные вызванные потенциалы	Стойкая утрата воспроизводимого ответа или ↓ амплитуды $\geq 60\%$ (часто в диапазоне 60–80 %)	Выраженная вариабельность по нозологиям; при спинальной мышечной атрофии – различие верхних конечностей/нижних конечностей; дистальные мышцы ног (<i>abductor hallucis</i> , <i>tibialis anterior</i>) информативнее; при MRC ≤ 3 необходима заранее согласованная «резервная стратегия» [23]
Триггерная электромиография	Порог стимуляции ниже ориентировочных значений (часто <6–10 мА)	Подозрение на медиальную перфорацию винта; при нейропатиях возможны атипичные пороги → обязательна механическая верификация [16]
Эпидуральная регистрация/эпидуральные ответы	↓ амплитуды $\geq 50\%$ или утрата	Сохранность при ухудшении/утрате транскраниальных моторных вызванных потенциалов может указывать на более дистальный и/или обратимый уровень нарушения; метод чаще используется как «резерв» при низкой информативности транскраниальных моторных вызванных потенциалов/соматосенсорных вызванных потенциалов [24, 25]

Пороговые значения приведены относительно индивидуального исходного уровня при стабильных условиях анестезии, температуры и перфузии. Указанные критерии отражают наиболее часто используемые подходы; при НМС допустима нозологическая и центр-специфичная вариабельность порогов тревоги. Интерпретация изменений возможна только после исключения технических причин (контакт/монтаж электродов, артефакты, воспроизводимость ответа). MRC – шкала Комитета медицинских исследований (Medical Research Council) для 5-балльной оценки мышечной силы.

тимодальных протоколах. Регистрируемость зависит от нозологии и объема функционирующей мускулатуры: при СМА ответы чаще стабильнее с верхних конечностей, тогда как с нижних конечностей нередко снижены; среди мышц нижних конечностей более информативны дистальные (*abductor hallucis*, *tibialis anterior*) [26–28]. При наследственных полинейропатиях ТкМВП обычно сохраняются, но характерны удлиненная латентность и сниженная амплитуда [29]. Метод чувствителен к ингаляционным анестетикам, поэтому предпочтительна тотальная внутривенная анестезия (ТВА) [6, 17, 18], у детей стимуляцию титруют, начиная с низких значений. В стандартизированном протоколе Kobayashi et al. [30] исходные ТкМВП были получены у 100 % детей и в большинстве исследуемых мышц при 100–200 мА без серьезных осложнений стимуляции. Надежность регистрации коррелирует с силой, оцениваемой по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council, MRC) в отдельных мышцах/мышечных группах, используемых как мишени ИОНМ: от 0 баллов при отсутствии произвольного сокращения до 5 баллов при нормальной мышечной силе. По данным литературы, воспроизводимость ответов составляет 0 % при MRC 1–2, 28,6 % – при MRC 3, 72,3 % – при MRC 4, 100,0 % – при MRC 5. При MRC ≤3 целесообразно заранее предусмотреть резервную стратегию – добавление соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), D-wave и/или ЭМГ [23]. Большинство клинически значимых сдвигов ТкМВП возникает на этапах коррекции, нередко обратимы после ослабления маневра или локальной декомпрессии [9, 16].

Если сохранение тазовых функций имеет самостоятельную клиническую значимость или стандартные мышцы-мишени плохо мониторируются, панель регистрации ТкМВП может быть индивидуально расширена за счет мышц туловища, тазового дна, наружного анального и/или уретрального сфинктера. Такой подход

согласуется с данными о расширенной панели мышц-мишеней при коррекции сколиотической деформации у пациентов со СМА, мышечной дистрофией Дюшенна и NF1, включая *rectus abdominis* и/или *sphincter ani* [27, 31, 32]. Для повышения воспроизводимости сфинктерных ответов описана квадрупольная транскраниальная электростимуляция, однако ее роль при коррекции НМС требует отдельной валидации [33].

ССВП. ССВП при НМС остаются одной из наиболее устойчивых модальностей ИОНМ. При СМА и других заболеваниях с преимущественным поражением двигательной сферы воспроизводимость обычно высокая, однако описаны противоречивые данные об увеличении латентности и снижении амплитуды, что требует тщательной калибровки исходного уровня и осторожной трактовки малых изменений [26, 27]. Использование только ССВП не рекомендуется: добавление ТкМВП снижает риск ложноотрицательных исходов и повышает надежность протокола [13].

На параметры ССВП существенно влияют анестезия, температура и перфузия; ТВА, как правило, обеспечивает лучшую воспроизводимость, тогда как ингаляционные анестетики уменьшают амплитуду и увеличивают латентность [17, 34]. При НМС изолированное удлинение латентности может быть ранним признаком гипоперфузии (например, на фоне кровопотери/гипотензии) и требует первоочередной коррекции физиологических параметров с повторной регистрацией [14]. Ограничением метода является необходимость усреднения, в связи с чем ТкМВП более чувствительны к острым изменениям, тогда как ССВП используются для подтверждения выявленных изменений.

В отдельных нозологиях возможна неполная мониторируемость: при атаксии Фридрейха чаще отмечают неудовлетворительные кортикальные ССВП [35], при болезни Шарко – Мари – Тута 1В описано отсутствие коркового ответа при сохранности

ТкМВП [29], у пациентов с тяжелым ДЦП установка эпидуральных ССВП-электродов может повысить мониторируемость [24]. Интерпретацию изменений ССВП следует проводить в динамике с учетом этапов коррекции и гемодинамики, а не по одиночному измерению.

Спонтанная и триггерная электромиография (сЭМГ и тЭМГ). ЭМГ дополняет ССВП/ТкМВП за счет чувствительности к корешковым событиям. сЭМГ обеспечивает непрерывную индикацию раздражения корешка во время манипуляций (винт, ретрактор, коагуляция), при спастичности (например, при ДЦП) и высоким исходном ЭМГ-фоне требуется оптимизация регистрации и строгая привязка активности к этапу вмешательства, иначе возрастает доля ложных тревог, что диктует мультимодальную интерпретацию [6, 17].

тЭМГ применяется для функциональной верификации положения транспедикулярных винтов и рассматривается как дополнительный инструмент контроля, особенно при выраженной деформации и измененной анатомии [21]. Для НМС ориентиром служит снижение порога стимуляции ниже 6 мА (а в отдельных клинических ситуациях – ниже 10 мА), что ассоциировано с повышенной вероятностью медиальной перфорации и требует обязательной механической проверки и коррекции. При отдельных нозологиях (в частности, периферических нейропатиях) возможны атипичные пороги, поэтому интерпретация должна быть осторожной и сопровождаться обязательной механической верификацией [16]. В практическом плане информативна не только абсолютная величина порога, но и ее несоответствие соседним уровням/контралатеральной стороне: выраженное относительное снижение повышает вероятность некорректного положения винта.

При вмешательствах с потенциальным риском вовлечения пояснично-крестцовых корешков, конуса/эпиконуса или сакральных проводящих путей ЭМГ-мониторинг

может быть дополнен регистрацией активности наружного анального и/или уретрального сфинктера, бульбокавернозного рефлекса и рефлекса наружного уретрального сфинктера. Для регистрации рефлекса наружного уретрального сфинктера описано применение мочевых катетеров со встроенными биполярными электродами [36]. Данные о рутинном применении этих методов при коррекции НМС ограничены, поэтому их следует рассматривать как перспективную дополнительную опцию для отдельных высокорисковых случаев.

D-wave (эпидуральная регистрация). Эпидуральные ответы применяются как дополнительная модальность при тяжелых формах НМС с низкой информативностью кортикальных ТкМВП/ССВП (например, при ДЦП с выраженной спастичностью) [17, 24]. Метод устойчив к анестезии и отражает проводимость кортикоспинального тракта; сохранность D-wave при снижении мышечных ТкМВП указывает на дистальный и потенциально обратимый уровень поражения, однако его прогностическая специфичность остается умеренной, а ложноположительные изменения могут быть связаны со смещением эпидурального электрода [25]. В большинстве случаев D-wave используют как резервный метод в высокорисковых клинических сценариях.

Анестезиологические аспекты ИОНМ при НМС

Коморбидность (дыхательные, сердечно-сосудистые и нутритивные нарушения) требует мультидисциплинарного планирования периоперационного ведения. При мышечной дистрофии Дюшенна/Беккера оценивают кардиориск, избегают применения сукцинилхолина (риск гиперкалиемии/рабдомиолиза) и заранее планируют кровосберегающую тактику [24]. При ожидаемой низкой мониторируемости может быть целесообразна предоперационная пробная регистрация ССВП/ТкМВП с предварительным согласованием алгоритма действий при тревоге.

Режим анестезии. Предпочтителен ТВА (пропофол + опиоид), поскольку ингаляционные анестетики снижают амплитуды и увеличивают латентность ССВП и могут дестабилизировать ТкМВП, особенно при исходном неврологическом дефиците [28, 34]. В педиатрии допустима индукция ингаляционным анестетиком с последующим переходом на ТВА перед критическими этапами операции [6, 18]. В отдельных клинических ситуациях допускается применение ингаляционного анестетика в низких концентрациях при условии сохранности воспроизводимых ответов ИОНМ.

Нейромышечная блокада. Нейромышечную блокаду, как правило, ограничивают интубацией, в редких клинических ситуациях ее продление возможно при обязательном контроле степени блокады с использованием TOF-мониторинга, что особенно важно при нервно-мышечных заболеваниях [34].

Адъюванты. При необходимости допустимы кетамин, инфузия лидокаина и низкие дозы дексметомидина, бензодиазепины после индукции следует минимизировать с учетом возможного влияния на воспроизводимость [34]. При эпидуральном введении местных анестетиков следует учитывать их возможное влияние на параметры ИОНМ; для 0,375 % ропивакаина описана вариабельная реакция МВП – от отсутствия изменений до выраженного угнетения моторных ответов [37].

Кровопотеря и кровосбережение. При НМС значимая часть интраоперационных изменений ИОНМ обусловлена гипоперфузией и нарушениями терморегуляции, что диктует приоритет поддержания адекватной перфузии и температуры. Для снижения кровопотери применяют кровосберегающие стратегии, включая транексамовую кислоту и аутогемотрансфузию [24]. В отдельных педиатрических сериях более 50 % кровопотери приходится на поздние этапы коррекции, поэтому целевые показатели перфузии и план трансфузии целесообразно определять заранее [38].

Технические и тактические аспекты ИОНМ при НМС: исходные значения, тракция и ключевые этапы коррекции

Исходные значения и осевая тракция. Исходные уровни ССВП/ТкМВП целесообразно фиксировать после окончательной укладки пациента при стабильном анестезиологическом режиме (включая отсутствие значимой остаточной нейромышечной блокады по TOF) и стабильных физиологических условиях (перфузия, температура), до начала осевой тракции (например, гало-тракции, тракционного позиционирования) и активных коррекционных маневров. На фоне осевой (позиционной) тракции возможна транзиторная утрата сигналов; в таких случаях уменьшают тракционную нагрузку, корректируют перфузионные и анестезиологические факторы, после стабилизации обновляют исходные уровни и далее титруют усилие под контролем ИОНМ. При гидроцефалии целесообразно расширять панель стимуляции и регистрации ТкМВП ввиду вариабельности ответов и исходно сниженной мониторируемости [12, 39].

Контрольные паузы, тЭМГ и командная синхронизация. Ключевые этапы коррекции (установка первого стержня, деротация, установка второго стержня) рекомендуются сопровождать краткими контрольными паузами с повторной оценкой мультимодальных ответов (ССВП/ТкМВП/ЭМГ по протоколу) и документированием изменений относительно исходного уровня. Перед установкой стержней целесообразно выполнять пороговое тестирование транспедикулярных винтов методом тЭМГ как элемент этапного контроля безопасности их позиционирования [9, 17, 19, 21].

Для повышения интерпретируемости данных в ряде центров применяется командная синхронизация: перед началом операции согласуются условия получения исходных уровней, критерии временной паузы, а также выполняется синхронизация ключевых этапов тракции и коррекции с изменени-

ями нейрофизиологических сигналов. Такой подход может снижать вероятность ложной интерпретации причин изменений и ускорять координированную реакцию команды при появлении сигналов тревоги [12, 21, 39].

Особые клинические ситуации при НМС

К ним относятся сочетанные вмешательства и высокорисковые сценарии. При одновременном освобождении фиксированного спинного мозга и коррекции деформации ССВП в ряде случаев могут быть информативнее ТкМВП; мультимодальная оценка (ССВП и ЭМГ) облегчает этапный контроль вмешательства [40].

У пациентов с имплантированными нейростимуляторами выполнение ТкМВП возможно при ТВА при междисциплинарном согласовании. Устройство при необходимости временно деактивируют, а параметры стимуляции выбирают минимально достаточные. Сопутствующая эпилепсия обычно не рассматривается как абсолютное противопоказание к ИОНМ при индивидуальной оценке рисков и соблюдении мер безопасности [12, 41].

При ригидных дугах, больших углах деформации и ревизионных вмешательствах возрастает роль механических факторов, а ТкМВП могут быть нестабильны. В этих сценариях целесообразны расширение мультимодальности (включая D-wave/эпидуральные записи) и дробная коррекция [25].

Нозологически обусловленные особенности ИОНМ при НМС

НМС объединяет гетерогенную группу заболеваний, нозология и исходный дефицит определяют ожидаемую информативность модальностей и принципы интерпретации ИОНМ и, как правило, не являются основанием для отказа от мониторинга [22]. Для НМС типичны сниженный функциональный резерв и исходная вариабельность ответов, поэтому сигналы тревоги часто отражают сочетанное влияние перфузионных, анестезиологических и механических факторов.

В таких ситуациях динамика, воспроизводимость и привязка к этапу коррекции информативнее изолированных процентных порогов [12, 14].

Практически это требует заранее согласованной «резервной стратегии» при низкой информативности или утрате отдельных модальностей: расширение мультимодальности, использование эпидуральных записей (в том числе D-wave) в высокорисковых сценариях и в исключительных случаях wake-up test (тест пробуждения) [8, 24, 25, 35]. Нозологически ориентированные акценты мониторинга, обобщенные в табл. 2, демонстрируют, что частичная или асимметричная мониторируемость отдельных модальностей сохраняет клиническую ценность при мультимодальной интерпретации и стандартизированной реакции команды на сигналы тревоги [26, 31, 34, 42].

Критерии тревоги и алгоритм действий при возникновении сигнала тревоги

Общие принципы интерпретации. Рабочие численные пороги приведены в табл. 1 и далее не повторяются. Изменения оценивают относительно индивидуальных исходных уровней при стабильных условиях регистрации и анестезии. Клиническая интерпретация возможна только после исключения технических причин (контакт и монтаж электродов, артефакты, воспроизводимость при повторной записи) и первичной коррекции системных факторов, прежде всего перфузии и анестезиологического режима.

Ключевое значение имеют динамика и топография изменений. Внезапное снижение или утрата ТкМВП и/или ССВП в течение секунд или нескольких минут чаще соответствует острому механическому или перфузионному воздействию и требует немедленной реакции; постепенные нарастающие сдвиги амплитуды/латентности чаще связаны с анестезиологическими и системными факторами и требуют первичной коррекции условий мониторин-

га. Локализованные/односторонние изменения при сохранности стабильных контрольных ответов (чаще с верхних конечностей) повышают вероятность локального механического фактора. Наиболее значимым критерием тревоги остается утрата воспроизводимого ответа, не восстанавливаемая при коррекции условий и увеличении интенсивности стимуляции; изолированное снижение амплитуды требует трактовки в контексте динамики, распределения изменений и физиологических параметров.

Особенности интерпретации при НМС. Для НМС характерен сниженный функциональный резерв. Именно поэтому сигналы тревоги нередко возникают при сочетании нескольких факторов: умеренных колебаний перфузии, анестезиологического подавления и корригирующих маневров. В таких условиях ориентация только на один процентный порог может приводить к гипердиагностике. Вероятность ложных тревог возрастает при слабых исходных уровнях ($MRC \leq 3$), колебаниях остаточной нейромышечной блокады, гипотермии и выраженной спастичности; в этих условиях более информативны воспроизводимость ответа и его связь с хирургическим этапом, чем изолированная оценка процентного снижения амплитуды. У пациентов с НМС изменения чаще ассоциированы с системными факторами перфузии и анестезии: в частности, увеличение латентности ССВП может предшествовать амплитудным изменениям ТкМВП [14]. В ряде случаев исходно отсутствует одна из модальностей, возможность продолжения операции определяется заранее согласованной альтернативной тактикой (расширение мультимодальности, эпидуральные записи, wake-up test) и оценкой совокупности рисков [8, 12, 16].

Алгоритм действий при возникновении сигнала тревоги по данным ИОНМ

В большинстве центров используется поэтапный подход.

Таблица 2
 Нозологически обусловленные особенности интраоперационного нейромониторинга при нейромышечном сколиозе

Нозология	Риск-профиль (значимый для ИОНМ/анестезии)	Мониторируемость и ожидаемые исходные ответы	Тактика и практические акценты
ДЦП (GMFCS IV–V)	Высокая уязвимость; критичность перфузии [22]	ТкМВП: мониторируемость 77,5 %, отсутствие исходных ответов 20,8 %; провокации судорог не отмечено. Показана безопасность ИОНМ при эпилепсии [43]	Спастичность/ПЭП и высокий ЭМГ-фон → риск ложных «тревог»; как правило, предпочтительна ТВА и консервативная трактовка малых сдвигов. Мультимодальность (ССВП + корешковая ЭМГ), первичный акцент на перфузию/МАР, щадящая вентиляция, раннее наблюдение в ОРИТ у группы риска [34]
СМА II–III	Дыхательная уязвимость; при тяжелых деформациях — чувствительность к кровопотере и гипоперфузии [44]	Ответы ВК стабильнее НК; приоритет АН/ТА; ССВП чаще сохранены, латентность ↑ [26]. В сравнении с ИС: ТкМВП из АН — 96,3 %, из ТА — 85,2 % [26]. Воспроизводимость при стандартизированном протоколе описана [42]	Предпочтительна ТВА без поддерживающей НМБ, протективная вентиляция, кровосбережение. При слабых ответах НК — расширение панели мышц, фасилитация стимуляции; заранее согласованная «резервная стратегия» (опора на ССВП/ЭМГ и предусмотренные протоколом варианты контроля) [26, 28]
DMD/BMD	Кардиореспираторный риск; риск рабдомиолиза/гиперкалиемии: сукцинилхолин противопоказан; контроль уровня калия в крови и температуры, ингаляционные анестетики минимизировать [22, 34]	ТкМВП — 100 %, ССВП — 93,3 %; ответы из ТА/GAS снижены, АН сопоставим с ИС [31]	Вариабельность моторных ответов → предпочтительна мультимодальность [34]. АН — приоритет; при бедных ответах — резервные мышцы-мишени (брюшная стенка/сфинктеры). Критически важно исключать физиологические и технические причины перед эскалацией «тревоги» [31]
FRDA	Высокий кардиогемодинамический риск [35]	Неудовлетворительные исходные ответы ~24 %; в отдельных сериях wake-up до 24 % [35]	Заранее согласовать «резервную стратегию» (в том числе возможность теста пробуждения) и планировать ведение в ОРИТ; по показаниям — расширенный гемодинамический мониторинг [35]
Миеломенингоцеле	Анатомические изменения и имплантируемые устройства; кортикальные модальности часто ограничены; высокая чувствительность к позиционным и системным факторам [12]	Часто отсутствуют или ограничены исходные ответы по НК; кортикальные регистрации могут быть неинформативны	Корешковая ЭМГ + навигация; поэтапная коррекция; заранее согласованная «резервная стратегия»; ограничения модальностей целесообразно фиксировать в протоколе операции [12]
NF1 и дисплазии	Компрессионно-диспластические изменения и асимметрия; риск ишемических и механических влияний на этапах коррекции [32]	Межсторонняя асимметрия ТкМВП; сравнение сторон информативно	При асимметрии — первичные акцент на коррекции МАР/перфузии и проверка механического фактора. тЭМГ + навигация для верификации при сомнительных сигналах [32, 39]
Периферические нейропатии (например, СМТ1В)	Вариабельность проводимости и порогов → частично неинформативные модальности и риск «ложных тревог» [29]	Возможна утрата коркового ответа Р40 ССВП при сохранности ТкМВП (латентность ↑, амплитуда ↓) [29]	Диагностическая ценность ССВП может быть снижена; увеличение длительности анализа и расширение панели мышц; интерпретация строго по этапу операции; при сомнительных исходных ответах — дообследование [29]

ИОНМ — интраоперационный нейромониторинг; ДЦП — детский церебральный паралич; ТкМВП — транскраниальные моторные вызванные потенциалы; ПЭП — противоэпилептические препараты; ССВП — соматосенсорные вызванные потенциалы; ЭМГ — электромиография; тЭМГ — триггерная (вызванная) электромиография; ТВА — тотальная внутривенная анестезия; НМБ — нейромышечная блокада; МАР — среднее артериальное давление; ВК — верхние конечности; НК — нижние конечности; АН — *abductor hallucis*; ТА — *tibialis anterior*; GAS — *gastrocnemius*. СМА — спинальная мышечная атрофия; GMFCS — Gross Motor Function Classification System; DMD/BMD — мышечная дистрофия Дюшенна/Беккера; FRDA — атаксия Фридрейха; СМТ1В — болезнь Шарко — Мари — Тута 1В; NF1 — нейрофиброматоз 1-го типа. «Резервная стратегия» — заранее согласованный вариант действий при низкой информативности/утрате модальностей (в том числе wake-up test по показаниям).

1. *Исключение технических причин и первичная коррекция физиологии/анестезии.* Повторная регистрация; контроль монтажа и контакта электродов, исключение артефактов; оценка остаточной нейромышечной блокады (ТОФ), коррекция вентиляции и метаболических параметров и нормализация температуры. При подозрении на гипоперфузию – повышение перфузионного давления (ориентируясь на среднее артериальное давление (МАР), часто не ниже 80–85 мм рт. ст., с учетом возраста и исходных характеристик пациента) и оптимизация анестезии (минимизация ингаляционных анестетиков, усиление ТВА) [13, 15, 16].

2. *Привязка к этапу операции.* Сопоставление времени возникновения изменений с конкретным маневром (инструментальная тракция/деротация, установка или фиксация стержней, остеотомии и др.). При подозрении на корешковое событие и/или проблему положения винта – пороговое тестирование методом тЭМГ и механическая верификация при необходимости [9, 21].

3. *Коррекция хирургического фактора.* Временное ослабление маневра/снижение коррекции; при сохранении изменений и обоснованном подозрении на локальный механический фактор – целенаправленная хирургическая оценка (включая обсуждение локальной декомпрессии или репозиционирования винта) [19, 39].

4. *Переоценка и решение.* Повторная регистрация и документирование динамики; при восстановлении – обновление исходных уровней и решение о про-

должении вмешательства. При стойкой утрате сигналов, если восстановление не достигается на фоне выполненных мер, может рассматриваться временная пауза и в исключительных случаях wake-up test.

По данным литературы, изолированное повышение перфузионного давления может приводить к восстановлению примерно 20 % эпизодов, а в составе комбинированных мер – еще около 60 %; среднее время восстановления составляет порядка 16 мин [6, 17].

При восстановлении сигналов после коррекции выявленных факторов и обновления исходных уровней возможно продолжение операции при коллегиальном решении нейрофизиолога, анестезиолога и хирурга. Как правило, усиливают контроль перфузии и ограничивают агрессивность последующих корригирующих маневров с готовностью к немедленной коррекции тактики при рецидиве тревоги.

Документация и послеоперационное наблюдение. После клинически значимых интраоперационных изменений целесообразны наблюдение в условиях палаты интенсивной терапии и регулярные неврологические осмотры; при ухудшении – срочная нейровизуализация и консилиум. Все эпизоды сигналов тревоги подлежат документированию с временными метками, указанием этапа операции, параметров анестезии, перфузии (включая МАР) и предпринятых коррекционных мер [12, 16].

Заключение

ИОНМ при коррекции НМС рассматривается как важный инструмент повы-

шения безопасности вмешательства, однако его информативность и критерии тревоги при НМС существенно варьируемы и зависят от нозологии, исходного дефицита и этапа коррекции. В этих условиях наибольшую клиническую ценность имеет мультимодальный протокол с сочетанием ТкМВП и ССВП, дополненный ЭМГ-методами, а при низкой мониторируемости – резервными эпидуральными записями и/или тестом пробуждения по показаниям.

Интерпретация сигналов при НМС должна опираться не на изолированные процентные пороги, а на динамику и воспроизводимость ответов, их топографию и связь с хирургическим маневром при обязательном исключении технических причин и первичной коррекции перфузионных и анестезиологических факторов. Поэтапный алгоритм реакции на тревоги (техническая проверка → оптимизация МАР/перфузии и анестезии → оценка механического фактора → повторная регистрация и решение) позволяет уменьшить риск гипердиагностики и поддерживает междисциплинарное принятие решений.

Представленные в обзоре практические акценты и нозологически ориентированная оценка мониторируемости могут использоваться для стандартизации протоколов ИОНМ при НМС. Они также могут служить основой для дальнейших проспективных исследований по валидации критериев тревоги и оптимизации тактики на этапах коррекции.

Литература/References

- Vialle R, Thévenin-Lemoine C, Mary P. Neuromuscular scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(1 Suppl):S124–S139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.11.002>
- Elmehnebi MA, Hassanin MA, Elnady B, Sleem A, Le GT, Patel MS, Quraishi NA. Surgical complications in neuromuscular scoliosis surgery: systematic review and meta-analysis of the last ten years. *Eur Spine J.* 2024;33:2666–2676. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08338-y>
- Клинические рекомендации «Невроно-мышечный сколиоз». Одобрены Научно-практическим советом Минздрава России, 2025. URL: <https://pravo.ppt.ru/klinicheskie-rekomendatsii/320797> [Clinical practice guidelines “Neuromuscular scoliosis”]. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2025. Available at: <https://pravo.ppt.ru/klinicheskie-rekomendatsii/320797>.
- Шавырин И.А., Кудряков С.А., Колесов С.В., Брижань Л.К., Давыдов Д.В. Особенности хирургической коррекции нейромышечных сколиозов. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова.* 2020;15(2):144–147. [Shavyrin IA, Kudryakov SA, Kolesov SV, Brizhan LK, Davydov DV. Features of surgical correction of neuromuscular scoliosis. *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center.* 2020;15(2):144–147]. DOI: <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.50.61.025> EDN: <https://elibrary.ru/REQLKG>

5. Toll BJ, Samdani AF, Janjua MB, Gandhi S, Pahys JM, Hwang SW. Perioperative complications and risk factors in neuromuscular scoliosis surgery. *J Neurosurg Pediatr*. 2018;22:207–213. DOI: <https://doi.org/10.3171/2018.2.PEDS17724>
6. Charalampidis A, Jiang F, Wilson JRF, Badhiwala JH, Brodke DS, Fehlings MG. The use of intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgery. *Global Spine J*. 2020;10(1 Suppl):104S–114S. DOI: <https://doi.org/10.1177/2192568219859314>
7. George J, Das S, Egger AC, Chambers RC, Kuivila TE, Goodwin RC. Influence of intraoperative neuromonitoring on the outcomes of surgeries for pediatric scoliosis in the United States. *Spine Deform*. 2019;7(1):27–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2018.05.013>
8. Paunekar S, Paul A, Wanjari D, Alaspurkar NR. Neuromuscular monitoring and wake-up test during scoliosis surgery. *Cureus*. 2023;15:e44046. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.44046>
9. Ando K, Kobayashi K, Ito K, Tsushima M, Morozumi M, Tanaka S, Machino M, Ota K, Nishida Y, Ishiguro N, Imagama S. Wave change of intraoperative transcranial motor-evoked potentials during corrective fusion for syndromic and neuromuscular scoliosis. *Oper Neurosurg*. 2019;16:53–58. DOI: <https://doi.org/10.1093/ons/opy045>
10. Sharma S, Wu C, Andersen T, Wang Y, Hansen ES, Bünger CE. Prevalence of complications in neuromuscular scoliosis surgery: a literature meta-analysis from the past 15 years. *Eur Spine J*. 2013;22:1230–1249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2542-2>
11. Reames DL, Smith JS, Fu K-MG, Polly DW Jr, Ames CP, Berven SH, Perra JH, Glassman SD, McCarthy RE, Knapp DR Jr, Heary RF, Shaffrey CI. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality database. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36:1484–1491. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181f3a326>
12. Floccari LV, Murphy JS, Glotzbecker MP, Spitzer AB, Gomez JA, Fletcher ND; POSNA QSVI Committee. Absent baseline intraoperative neuromonitoring signals. Part 2: Neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop Soc North Am*. 2022;4:1–6. DOI: <https://doi.org/10.55275/JPOSNA-2022-0005>
13. Tsirikos AI, Duckworth AD, Henderson LE, Michaelson C. Multimodal intraoperative spinal cord monitoring during spinal deformity surgery: efficacy, diagnostic characteristics, and algorithm development. *Med Princ Pract*. 2020;29:6–17. DOI: <https://doi.org/10.1159/000501256>
14. Chung SY, Lim CH, Park YG, Kim HS, Kim D, Park J. Hemodynamic consideration in intraoperative neurophysiological monitoring in neuromuscular scoliosis surgery. *Ann Rehabil Med*. 2022;46:292–302. DOI: <https://doi.org/10.5535/arm.22100>
15. Yang J, Skaggs DL, Chan P, Shah SA, Vitale MG, Neiss G, Feinberg N, Andras LM. Raising mean arterial pressure alone restores 20% of intraoperative neuromonitoring losses. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43:890–894. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002461>
16. Spitzer AB, Patel RS, Hasan SS, Blas D, Floccari LV, Glotzbecker MP, Murphy JS, Fletcher ND, Gomez JA; POSNA QSVI Committee. Absent baseline intraoperative neuromonitoring signals. Part 1: Adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop Soc North Am*. 2024;6:e24. DOI: <https://doi.org/10.55275/JPOSNA-2022-0018>
17. Biscevic M, Sehic A, Krupic F. Intraoperative neuromonitoring in spine deformity surgery: modalities, advantages, limitations, medicolegal issues – surgeons' views. *EFORT Open Rev*. 2020;5:9–16. DOI: <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.180032>
18. Nagarajan L, Ghosh S, Dillon D, Palumbo L, Woodland P, Thalasingam P, Lethbridge M. Intraoperative neurophysiology monitoring in scoliosis surgery in children. *Clin Neurophysiol Pract*. 2019;4:11–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2018.12.002>
19. Wang S, Zhuang Q, Zhang J, Tian Y, Zhao H, Wang Y, Zhao Y, Li S, Weng X, Qiu G, Shen J. Intra-operative MEP monitoring can work well in the patients with neural axis abnormality. *Eur Spine J*. 2016;25:3194–3200. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4205-6>
20. Nunes BL, Zanotto DS, Lima CC, Senna G, Prates e Silva LT, Nascimento JE, Reis C, Fontes BPC. Analysis of patients submitted to surgical treatment for neuromuscular scoliosis with and without intraoperative traction. *Coluna/Columna*. 2022;21:e262614. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1808-18512022103262614>
21. Hernandez Mateo JM, Flores Gallardo J, Riquelme García O, García Martín A, Igualada Blázquez C, Quevedo Narciso T, Solans López MDC, Muñoz Núñez L, Esparragoza Cabrera LA. Deformity correction from the convexity of the curve in neuromuscular scoliosis. *J Spine Surg*. 2024;10:224–231. DOI: <https://doi.org/10.21037/jss-23-128>
22. Kim HS, Kwon JW, Park KB. Clinical issues in indication, correction, and outcomes of the surgery for neuromuscular scoliosis: narrative review in pedicle screw era. *Neurosurg Focus*. 2022;19:177–187. DOI: <https://doi.org/10.14245/ns.2143246.623>
23. Lee JM, Kim DH, Kim HS, Choi BK, Han IH. The applicability of intraoperative neuromonitoring in patients with preoperative motor weakness during spine surgery. *Korean J Spine*. 2016;13:9–12. DOI: <https://doi.org/10.14245/kjs.2016.13.1.9>
24. Sedra F, Shafafy R, Sadek AR, Aftab S, Montgomery A, Nadarajah R. Perioperative optimization of patients with neuromuscular disorders undergoing scoliosis corrective surgery: a multidisciplinary team approach. *Global Spine J*. 2021;11:240–248. DOI: <https://doi.org/10.1177/2192568220901692>
25. Fehlings MG, Kelleher MO. Intraoperative monitoring during spinal surgery for neuromuscular scoliosis. *Nat Clin Pract Neurol*. 2007;3:318–319. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncpneuro0502>
26. Bin L, Yaolong D, Wenyan S, Jiaxin L, Fuyun L, Weiming H, Junlin Y. Intraoperative neurophysiological monitoring during scoliosis surgery in patients with spinal muscular atrophy. *World Neurosurg*. 2025;197:123906. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2025.123906>
27. Гулаев Е.В., Линьков В.В. Моторные и сенсорные вызванные потенциалы при коррекции сколиотической деформации у пациентов со спинальной мышечной атрофией. *Современные проблемы науки и образования*. 2024;(1):7. [Gulaev EV, Linkov VV. Motor and sensory evoked potentials during correction of scoliotic deformity in patients with spinal muscular atrophy. *Modern Problems of Science and Education*. 2024;(1):7. DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.33235> EDN: <https://elibrary.ru/WOCZTE>
28. Chen Z, Chen X, Liang X, Niu Q, Chan Y, Xu X. Anesthetic management of a patient with spinal muscular atrophy type II for scoliosis surgery: a case report. *BMC Anesthesiol*. 2025;25:173. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12871-025-02909-2>
29. Numahata K, Sugawara M, Watanabe K, Takizawa Y, Katayanagi J, Ogawa T, Onoue H, Akaiwa Y, Hashiguchi A, Takashima H, Miyamoto T. A case of idiopathic scoliosis with intraoperative neurophysiological monitoring abnormalities leading to the diagnosis of Charcot-Marie-Tooth disease 1B. *Dokkyo Med J*. 2023;2:245–250. DOI: <https://doi.org/10.51040/dkmj.2023-005>
30. Kobayashi K, Ando K, Machino M, Ota K, Morozumi M, Tanaka S, Kanbara S, Ito S, Ishiguro N, Imagama S. Optimal stimulation intensity for Br(E)-MsEP waveform derivation at baseline in pediatric spinal surgery. *Clin Neurol Neurosurg*. 2019;180:74–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.03.005>
31. Dulfer SE, Lange F, Wapstra FH, Potgieser ARE, Valk JP, Absalom AR, Groen RJM, Faber C, Drost G. Intraoperative neurophysiological monitoring during scoliosis surgery in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Eur Spine J*. 2020;29:2029–2035. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06458-9>
32. Qiu J, Li Y, Liu W, Zhu Z, Shi B, Liu Z, Sun X, Qiu Y. Intra-operative neurophysiological monitoring in patients with dystrophic neurofibromatosis type 1 scoliosis. *Somatosens Mot Res*. 2021;38:95–100. DOI: <https://doi.org/10.1080/08990220.2020.1850438>
33. Малышок Д.Э., Бисага Г.Н., Орлов А.Ю., Александров М.В. Эффективность квадрупольной транскраниальной электростимуляции в мониторинге функций тазовых органов при операциях на каудальном отделе спинного мозга. *Современные проблемы науки и образования*. 2024;(3):30. [Malyshek DE, Bisaga GN,

- Orlov Ayu, Alexandrov MV. The effectiveness of quadripolar transcranial electrical stimulation in monitoring pelvic organ functions during operations on the caudal section of the spinal cord. *Modern Problems of Science and Education*. 2024;(3):30. DOI: <https://doi.org/10.17513/spno.33465> EDN: <https://elibrary.ru/UMBIFJ>
34. Hudec M, Prokopová T, Kosinová M, Gál R. Anesthesia and perioperative management for surgical correction of neuromuscular scoliosis in children: a narrative review. *J Clin Med*. 2023;12:3651. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12113651>
 35. O'Brien EM, Neiswenter N, Lin KY, Lynch D, Baldwin K, Profeta V, Flynn JM, Muhly WT. Perioperative management and outcomes for posterior spinal fusion in patients with Friedreich ataxia: a single-center, retrospective study. *Pediatr Anesth*. 2024;34:654–661. DOI: <https://doi.org/10.1111/pan.14896>
 36. Silverstein JW, Block J, Olmsted ZT, Green R, Pieters T, Babarevech K, Ballas-Williamson A, Skinner SA, Sciubba DM, Larry Lo SF. Intraoperative monitoring of the external urethral sphincter reflex: a novel adjunct to bulbocavernosus reflex neuromonitoring for protecting the sacral neural pathways responsible for urination, defecation and sexual function. *J Clin Neurophysiol*. 2024;41:558–564. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000001019>
 37. Сайфутдинов М.С., Скрипников А.А., Рябык С.О., Третьякова А.Н. Интраоперационный нейрофизиологический контроль влияния эпидуральной составляющей мультимодальной анестезии при хирургической коррекции деформаций позвоночника. *Анестезиология и реаниматология*. 2018;(5):75–83. [Saifutdinov MS, Skripnikov AA, Ryabykh SO, Tretiakova AN. Intra-operative neurophysiological monitoring of influence of epidural component of multi-modal anesthesia in surgical correction of spinal deformity. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2018;(5):75–83]. DOI: <https://doi.org/10.17116/anaesthesiology201805175> EDN: <https://www.elibrary.ru/VSCSJQ>
 38. Wahlquist S, Wongworawat M, Nelson S. When does intraoperative blood loss occur during pediatric scoliosis correction? *Spine Deform*. 2017;5:387–391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2017.04.004>
 39. Besse M, Gaume M, Eisermann M, Kaminska A, Glorion C, Miladi L, Gitiaux C, Ferrero E. Intraoperative neuromonitoring in non-idiopathic pediatric scoliosis operated with minimally fusionless procedure: a series of 290 patients. *Arch Pediatr*. 2022;29:588–593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2022.08.014>
 40. Ranade D, Rege I, More B, Patel A. Importance of intraoperative neuromonitoring in simultaneous release of tethered cord and corrective surgery for severe kyphoscoliosis deformity: a case report. *Egyptian Spine Journal*. 2021;38:68–76. DOI: <https://doi.org/10.21608/ESJ.2022.105366.1202>
 41. Srisooksai G, Mohamed BA, Martin PA, Blakemore LC, Seubert CN. Transcranial motor evoked potential monitoring in a patient with a deep brain stimulator: a case report. *J Clin Neurophysiol*. 2021;38:e1–e4. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000705>
 42. Norton JA, Roy FD, Mahood JK. Preservation of motor evoked potentials under anesthesia in children with spinal muscular atrophy type II undergoing spinal deformity surgery. *J Clin Neurophysiol*. 2013;30:382–385. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e31829dde84>
 43. Shrader MW, DiCindio S, Kenny KG, Franco AJ, Zhang R, Theroux MC, Rogers KJ, Shah SA. Transcranial electric motor evoked potential monitoring during scoliosis surgery in children with cerebral palsy and active seizure disorder: is it feasible and safe? *Spine Deform*. 2023;11:1461–1466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-023-00730-w>
 44. Wang L, Du Y, Huang N, Yin N, Du J, Yang J, Jiang L, Mao Y. Clinical characteristics and anaesthetic management of severe scoliosis patients with spinal muscular atrophy: case series. *Ann Med Surg (Lond)*. 2024;86:643–649. DOI: <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001562>

Статья поступила в редакцию 24.02.2026

Рецензирование пройдено 06.05.2026

Подписано в печать 05.06.2026

Received 24.02.2026

Review completed 06.05.2026

Passed for printing 05.06.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Е.В. Гулаев – разработка концепции и дизайна обзора, формулировка цели, поиск и анализ литературных данных, написание первоначального варианта рукописи, научное редактирование и формулировка выводов; А.И. Казьмин – участие в разработке структуры обзора, критический пересмотр рукописи; А.Н. Бакланов – экспертная оценка нейрохирургических и нейрофизиологических аспектов, критический пересмотр рукописи, участие в обсуждении клинических интерпретаций; В.В. Шве́ц – критический пересмотр рукописи, утверждение окончательной версии статьи; В.В. Мотин – поиск и первичный анализ литературных данных, участие в подготовке материалов рукописи и библиографического списка. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Евгений Владимирович Гулаев, канд. мед. наук; Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1042-1306;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3464-8927>; evgul@mail.ru

Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4944-4173; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>; kazmin.cito@mail.ru

Андрей Николаевич Бакланов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3451-9816; bak110@mail.ru

Илья Александрович Шавырин, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3532-2690; shailya@ya.ru

Владимир Викторович Шве́ц, д-р мед. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>; vshvetcv@yandex.ru

Владимир Владимирович Мотин; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1100-0204>; kavau666@gmail.com

Authors' Info

✉ Evgeny Vladimirovich Gulaev, MD, Cand. Sci. (Medicine); 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1042-1306;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3464-8927>; evlgul@mail.ru
Arkadii Ivanovich Kazmin, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4944-4173; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2330-0172>;
kazmin.cito@mail.ru
Andrey Nikolaevich Baklanov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3451-9816; bakl10@mail.ru
Ilya Aleksandrovich Shavyrin, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3532-2690; shailya@ya.ru;
Vladimir Viktorovich Shvets, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8884-2410>; vshvetcv@yandex.ru
Vladimir Vladimirovich Motin; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1100-0204>; kavau666@gmail.com



ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ИСХОДА ПРИ СИНДРОМЕ НАТЯЖЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ СО СПИНАЛЬНОЙ ДИЗРАФИЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

А.А. Калашиников^{1,2}, С.О. Рябых^{1,3}, В.С. Климов^{1,4,5}, С.А. Горчаков²

¹Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии
им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Россия, Москва;

²Детская городская клиническая больница св. Владимира, Россия, Москва;

³Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского
государственного университета, Россия, Санкт-Петербург;

⁴Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Россия, Москва;

⁵Европейский медицинский центр, Россия, Москва

Цель исследования. Разработать и оценить прогностическую модель неблагоприятного исхода вариантов микрохирургической дефиксации и укорачивающей вертебротомии у детей с синдромом натяжения спинного мозга на фоне спинальной дизрафии.

Материал и методы. Ретроспективная когорта из 120 детей со спинальной дизрафией и синдромом натяжения спинного мозга распределялась случайно в обучающую (группа 1 — оперированные пациенты) и тестовую (группа 0 — неоперированные дети с катамнезом) выборки (70 % : 30 %). Сравнение обучающей и тестовой выборок не выявило статистически значимых различий по основным признакам, что подтверждает сопоставимость групп. Рассматривали демографические, клиничко-неврологические и нейровизуализационные признаки. Оценивали прогностическую эффективность трех моделей: LASSO-регрессии, дерева решений и eXtreme Gradient Boosting (XGB). Балансировка классов выполнена в модели обучения SMOTE. Качество оценивали по ROC-AUC, чувствительности/специфичности, точности и Brier-score с 95% доверительным интервалом, клиническую полезность — по Decision Curve Analysis (DCA), интерпретацию — через важность признаков и SHAP для XGB.

Результаты. LASSO показала ROC-AUC 0,82 и точность 80,6 % на тесте; дерево решений: ROC-AUC — 0,64 и точность — 69,4 %. Наилучшие показатели получены у XGB (ROC-AUC — 0,97; точность — 86,1 %), что соответствует отличному уровню дискриминации. Ведущими предикторами неблагоприятного исхода выступали трофические нарушения, деформация голени, укорачивающая вертебротомия, утолщение терминальной нити ≥ 2 мм, параметры тазовых функций; DCA подтвердил положительную чистую выгоду модели при широком диапазоне пороговых вероятностей.

Заключение. Результаты согласуются с современными представлениями о результатах лечения синдрома натяжения спинного мозга и применимости ML-подходов в нейрохирургии детского возраста. Ансамблевая модель XGB обеспечивает высокую точность и клиническую ценность в прогнозировании неблагоприятных исходов у детей с синдромом натяжения спинного мозга, что делает ее перспективным инструментом стратификации риска, который может быть имплементирован в программы поддержки принятия решений с выбором максимально безопасной и эффективной хирургической тактики при спинальной дизрафии.

Ключевые слова: спинальная дизрафия; синдром натяжения спинного мозга; дети; прогностическая модель; XGBoost; LASSO; ROC-AUC; Decision Curve Analysis.

Для цитирования: Калашиников А.А., Рябых С.О., Климов В.С., Горчаков С.А. Построение прогностических моделей неблагоприятного исхода при синдроме натяжения спинного мозга у детей со спинальной дизрафией и оценка их эффективности // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 43–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.43-58>

DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODELS FOR ADVERSE OUTCOMES IN CHILDREN WITH TETHERED SPINAL CORD SYNDROME ASSOCIATED WITH SPINAL DYSRAPHISM AND ASSESSMENT OF THEIR EFFECTIVENESS

A.A. Kalashnikov^{1,2}, S.O. Ryabykh^{1,3}, V.S. Klimov^{1,4,5}, S.A. Gorchakov²

¹Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery n.a. Acad. Yu.E. Veltishchev, Moscow, Russia;

²St. Vladimir City Children's Clinical Hospital, Moscow, Russia;

³Pirogov Clinic of High Medical Technologies at St. Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

⁴Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

⁵European Medical Center, Moscow, Russia

Objective. To develop and evaluate a model for predicting adverse outcomes of microsurgical untethering and vertebral shortening osteotomy in children with tethered spinal cord syndrome associated with spinal dysraphism.

Material and Methods. A retrospective cohort of 120 children with spinal dysraphism and tethered cord syndrome was randomly divided into a training set (Group 1: operated patients) and a test set (Group 0: non-operated children with follow-up data). A comparison of the training and test sets revealed no statistically significant differences in key characteristics, confirming the comparability of the groups. Demographic, clinical-neurological, and neuroimaging features were analyzed. The predictive performance of three models was evaluated: LASSO regression, decision tree, and eXtreme Gradient Boosting (XGB). Class balancing was performed using the SMOTE technique. Model quality was assessed using ROC-AUC, sensitivity/specificity, accuracy, and Brier score (with 95% confidence intervals); clinical utility was quantified using Decision Curve Analysis (DCA); and interpretation was based on feature importance and SHAP values for the XGB model.

Results. LASSO yielded an ROC-AUC of 0.82 and an accuracy of 80.6 % on the test set, whereas the decision tree showed an ROC-AUC of 0.64 and an accuracy of 69.4 %. The best performance was achieved by XGB (ROC-AUC 0.97; accuracy 86.1 %), indicating an excellent level of discrimination. Key predictors of an adverse outcome included trophic disturbances, lower leg deformity, shortening vertebro-tomy, filum terminale thickening ≥ 2 mm, and pelvic function parameters; DCA confirmed the model's positive net benefit across a wide range of threshold probabilities.

Conclusion. The results align with current understanding regarding treatment outcomes for tethered spinal cord syndrome and the applicability of machine learning approaches in pediatric neurosurgery. The XGB ensemble model demonstrates high accuracy and clinical utility in predicting adverse outcomes in children with tethered spinal cord syndrome, making it a promising tool for risk stratification; it could be integrated into decision-support systems to help select the safest and most effective surgical strategy for spinal dysraphism.

Key Words: spinal dysraphism; tethered cord syndrome; children; predictive model; XGBoost; LASSO; ROC-AUC; Decision Curve Analysis.

Please cite this paper as: Kalashnikov AA, Ryabykh SO, Klimov VS, Gorchakov SA. Development of predictive models for adverse outcomes in children with tethered spinal cord syndrome associated with spinal dysraphism and assessment of their effectiveness. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):43–58. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.43-58>

Синдром натяжения спинного мозга (СНСМ) у детей – частое проявление спинальной дизрафии, ассоциированное с неврологическим дефицитом, ортопедическими деформациями и нарушениями функций тазовых органов. После хирургического лечения болевые и моторные симптомы регрессируют значимо чаще, тогда как дисфункция мочевого пузыря сохраняется у существенной доли пациентов, что подчеркивает важность своевременной диагностики и стратификации риска неблагоприятных исходов [1]. Современные клинические рекомендации и обзоры подчеркивают ключевую роль МРТ в диагностике дизрафических состояний (в том числе липомы терминальной нити) и определяют ряд четких диагностических критериев СНСМ [2–4]. Однако они не содержат критерии прогноза исхода устранения СНСМ, что определяет как необходимость их стандартизации у детей [5, 6], так и обоснования на их основе четких моделей систем поддержки принятия врачебных решений. При всей очевид-

ности селекции критериев СНСМ выбор инструментов математического анализа их отбора также остается открытым.

Цель исследования – разработать и оценить прогностическую модель неблагоприятного исхода вариантов микрохирургической дефиксации и укорачивающей вертебротомии у детей с СНСМ на фоне спинальной дизрафии.

Материал и методы

В ретроспективную выборку включены 120 пациентов детского возраста с синдромом фиксации и натяжения спинного мозга при спинальной дизрафии, оперированные тремя бригадами хирургов в трех профильных учреждениях – Научно-исследовательском клиническом институте педиатрии и детской хирургии им. Ю.Е. Вельтищева (Москва), Детской городской клинической больнице св. Владимира (Москва), Клинике высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова (Санкт-Петербург). В качестве контрольной группы собра-

ны пациенты тождественной нозологической группы и возраста, наблюдаемые этими же специалистами, но которым не выполняли операции микрохирургической дефиксации и укорачивающей вертебротомии.

Ретроспективная когорта распределялась случайно в обучающую (группа 1 – оперированные пациенты) и тестовую (группа 0 – неоперированные дети с катамнезом) выборки в соотношении 70 % : 30 %.

При построении модели рассматривали демографические, клинические, уродинамические и ортопедические характеристики, а также МР-признаки (липома/утолщение терминальной нити, сирингомиелия, каудальная регрессия и пр., табл. 1). Обучены три модели: L1-регуляризация (LASSO)-логистическая регрессия, дерево решений и XGB (eXtreme Gradient Boosting); дисбаланс классов в обучении корректировали SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique). Производительность оценивали по ROC-AUC, чувствительности, специфичности, точности и Brier-score, клиниче-

Таблица 1

Параметры исследования и критерии оценки когорты пациентов

Параметры исследования	Критерии оценки
Моторный статус и нарушение чувствительности	Парез/паралич нижних конечностей по шкале Frenkel. Уровень нарушения чувствительности. Оценка уровня спастичности по Ashworth
Уродинамический дефицит	Оценка контроля мочеиспускания (недержание/задержка мочи). Изменение тонуса мочевого пузыря по данным комплексного уродинамического исследования
Деформации опорно-двигательного аппарата	Наличие вывиха бедра/обоих бедер. Величина деформации позвоночника в сагиттальной плоскости. Прогрессирование деформаций стоп (эквино-каво-варусная, плоско-варусная деформация стоп, пяточные деформации и эквино-вальгусные стопы и их варианты). Прогрессирование контрактур крупных суставов нижних конечностей
МРТ головного и спинного мозга	Дистопия конуса спинного мозга. Наличие сирингомиелии. Наличие миелопатии. Липома терминальной нити, утолщение терминальной нити 2 мм и более. Верификация новых липом, дермальных синусов

Таблица 2

Сравнение качественных характеристик обучающей и тестовой выборок

Переменные		Все	Группа 0 (тестовая выборка)	Группа 1 (обучающая выборка)	p-value
Неблагополучный исход	0	92 (76,7 %)	28 (78,0 %)	64 (76,0 %)	1,000
	1	28 (23,3 %)	8 (22,0 %)	20 (24,0 %)	
Операция не проводилась	0	80 (66,7 %)	23 (64,0 %)	57 (68,0 %)	0,673
	1	40 (33,3 %)	13 (36,0 %)	27 (32,0 %)	
Микрохирургический рететеринг	0	67 (55,8 %)	22 (61,0 %)	45 (54,0 %)	0,446
	1	53 (44,2 %)	14 (39,0 %)	39 (46,0 %)	
Укорачивающая вертебротомия	0	93 (77,5 %)	27 (75,0 %)	66 (79,0 %)	0,643
	1	27 (22,5 %)	9 (25,0 %)	18 (21,0 %)	
Пол	0	70 (58,3 %)	17 (47,0 %)	53 (63,0 %)	0,106
	1	50 (41,7 %)	19 (53,0 %)	31 (37,0 %)	
Возраст ≥ 11 лет	0	57 (47,5 %)	20 (56,0 %)	37 (44,0 %)	0,247
	1	63 (52,5 %)	16 (44,0 %)	47 (56,0 %)	
Исходный диагноз: менингоцеле	0	87 (72,5 %)	24 (67,0 %)	63 (75,0 %)	0,377
	1	33 (27,5 %)	12 (33,0 %)	21 (25,0 %)	
Исходный диагноз: менингомиелоцеле	0	96 (80,0 %)	30 (83,0 %)	66 (79,0 %)	0,626
	1	24 (20,0 %)	6 (17,0 %)	18 (21,0 %)	
Исходный диагноз: менингомиелорадикулоцеле	0	78 (65,0 %)	24 (67,0 %)	54 (64,0 %)	0,802
	1	42 (35,0 %)	12 (33,0 %)	30 (36,0 %)	
Исходный диагноз: липоменингоцеле	0	99 (82,5 %)	30 (83,0 %)	69 (82,0 %)	1,000
	1	21 (17,5 %)	6 (17,0 %)	15 (18,0 %)	
Возраст проведения первичной коррекции: до первых трех дней жизни	0	66 (55,0 %)	24 (67,0 %)	42 (50,0 %)	0,093
	1	54 (45,0 %)	12 (33,0 %)	42 (50,0 %)	
Возраст проведения первичной коррекции: от трех дней до месяца	0	78 (65,0 %)	22 (61,0 %)	56 (67,0 %)	0,559
	1	42 (35,0 %)	14 (39,0 %)	28 (33,0 %)	
Возраст проведения первичной коррекции: от месяца до года	0	96 (80,0 %)	26 (72,0 %)	70 (83,0 %)	0,213
	1	24 (20,0 %)	10 (28,0 %)	14 (17,0 %)	
Коррекция фиксации спинного мозга: не проводилась	0	62 (51,7 %)	21 (58,0 %)	41 (49,0 %)	0,339
	1	58 (48,3 %)	15 (42,0 %)	43 (51,0 %)	

Окончание таблицы 2

Сравнение качественных характеристик обучающей и тестовой выборок

Переменные		Все	Группа 0 (тестовая выборка)	Группа 1 (обучающая выборка)	p-value
Коррекция фиксации спинного мозга: однократная	0	68 (56,7 %)	19 (53,0 %)	49 (58,0 %)	0,574
	1	52 (43,3 %)	17 (47,0 %)	35 (42,0 %)	
Коррекция фиксации спинного мозга: двукратная	0	110 (91,7 %)	32 (89,0 %)	78 (93,0 %)	0,485
	1	10 (8,3 %)	4 (11,0 %)	6 (7,0 %)	
Моторный статус: нет	0	93 (77,5 %)	30 (83,0 %)	63 (75,0 %)	0,352
	1	27 (22,5 %)	6 (17,0 %)	21 (25,0 %)	
Моторный статус: парез	0	72 (60,0 %)	19 (53,0 %)	53 (63,0 %)	0,290
	1	48 (40,0 %)	17 (47,0 %)	31 (37,0 %)	
Моторный статус: парез	0	75 (62,5 %)	23 (64,0 %)	52 (62,0 %)	0,837
	1	45 (37,5 %)	13 (36,0 %)	32 (38,0 %)	
Нарушение чувствительности	0	50 (41,7 %)	13 (36,0 %)	37 (44,0 %)	0,419
	1	70 (58,3 %)	23 (64,0 %)	47 (56,0 %)	
Тип нарушения функции тазовых органов: гипертонический	0	67 (55,8 %)	19 (53,0 %)	48 (57,0 %)	0,659
	1	53 (44,2 %)	17 (47,0 %)	36 (43,0 %)	
Тип нарушения функции тазовых органов: гипотонический	0	85 (70,8 %)	26 (72,0 %)	59 (70,0 %)	0,827
	1	35 (29,2 %)	10 (28,0 %)	25 (30,0 %)	
Тип нарушения функции тазовых органов: атонический	0	88 (73,3 %)	27 (75,0 %)	61 (73,0 %)	0,826
	1	32 (26,7 %)	9 (25,0 %)	23 (27,0 %)	
Деформация позвоночника	0	48 (40,0 %)	13 (36,0 %)	35 (42,0 %)	0,569
	1	72 (60,0 %)	23 (64,0 %)	49 (58,0 %)	
Деформации нижних конечностей нет	0	68 (56,7 %)	23 (64,0 %)	45 (54,0 %)	0,296
	1	52 (43,3 %)	13 (36,0 %)	39 (46,0 %)	
Деформация стоп	0	57 (47,5 %)	15 (42,0 %)	42 (50,0 %)	0,402
	1	63 (52,5 %)	21 (58,0 %)	42 (50,0 %)	
Деформация оси нижних конечностей	0	109 (90,8 %)	32 (89,0 %)	77 (92,0 %)	0,732
	1	11 (9,2 %)	4 (11,0 %)	7 (8,0 %)	
Вывих бедра/бедер	0	99 (82,5 %)	28 (78,0 %)	71 (85,0 %)	0,434
	1	21 (17,5 %)	8 (22,0 %)	13 (15,0 %)	
Контрактуры суставов нижних конечностей	0	112 (93,3 %)	32 (89,0 %)	80 (95,0 %)	0,239
	1	8 (6,7 %)	4 (11,0 %)	4 (5,0 %)	
Гидроцефалия	0	83 (69,2 %)	26 (72,0 %)	57 (68,0 %)	0,635
	1	37 (30,8 %)	10 (28,0 %)	27 (32,0 %)	
Дистофия конуса спинного мозга ниже уровня L ₁ –L ₂	0	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1,000
	1	120 (100,0 %)	36 (100,0 %)	84 (100,0 %)	
Сирингомиелия	0	64 (53,3 %)	19 (53,0 %)	45 (54,0 %)	0,936
	1	56 (46,7 %)	17 (47,0 %)	39 (46,0 %)	
Липома терминальной нити	0	91 (75,8 %)	26 (72,0 %)	65 (77,0 %)	0,642
	1	29 (24,2 %)	10 (28,0 %)	19 (23,0 %)	
Утолщение терминальной нити 2 мм и более	0	79 (65,8 %)	21 (58,0 %)	58 (69,0 %)	0,257
	1	41 (34,2 %)	15 (42,0 %)	26 (31,0 %)	
Синдром каудальной регрессии	0	83 (69,2 %)	28 (78,0 %)	55 (65,0 %)	0,181
	1	37 (30,8 %)	8 (22,0 %)	29 (35,0 %)	
Дистофия миндалик мозжечка	0	64 (53,3 %)	19 (53,0 %)	45 (54,0 %)	0,936
	1	56 (46,7 %)	17 (47,0 %)	39 (46,0 %)	
Трофические нарушения	0	106 (88,3 %)	30 (83,0 %)	76 (90,0 %)	0,352
	1	14 (11,7 %)	6 (17,0 %)	8 (10,0 %)	

скую полезность – по методу DCA (Decision Curve Analysis), который рекомендуется для оценки реальной ценности прогностических моделей [7, 8].

Результаты

Сравнение обучающей и тестовой выборок

В табл. 2 представлены распределения частот по ключевым бинарным признакам, отражающим структуру исследуемой популяции. Частота неблагоприятных исходов составила 23,3 % (28 из 120 наблюдений) и не различалась между обучающей (24,0 %) и тестовой (22,0 %) группами ($p = 1,000$). Аналогично не было выявлено значимых различий по частоте оперативных вмешательств, рецидивов рететеринга, типу первичного диагноза (менингоцеле, менингомиелоцеле и др.), полу и возрасту пациентов, а также по неврологическим, уродинамическим и ортопедическим характеристикам (p во всех случаях $>0,05$). Это указывает на равномерное распределение клинических состояний между группами и отсутствие систематических смещений при рандомизации. Средний возраст пациентов составил 11 [7,5; 14,0] лет, при этом распределение в обучающей и тестовой выборках статистически не различалось ($p = 0,507$). Таким образом, полученные данные подтверждают корректность деления совокупности на обучающую и тестовую выборки и обеспечивают сопоставимость данных для последующего построения прогностических моделей.

Модель LASSO

В ходе построения модели методом LASSO-регрессии проведен автоматический отбор наиболее информативных признаков (табл. 3). К числу значимых предикторов неблагоприятного исхода отнесены наличие контрактур суставов, гипертонический тип нарушения функции тазовых органов, более позднее проведение первичной коррекции (от трех дней до месяца), диагноз «липоменингоцеле», деформации нижних конеч-

Таблица 3

Результаты отбора предикторов методом LASSO-регрессии

Переменные	coef (B)
Контрактуры суставов нижних конечностей	2,318
Тип нарушения функции тазовых органов: гипертонический	1,583
Возраст проведения первичной коррекции: от трех дней до месяца	1,475
Исходный диагноз: липоменингоцеле	1,391
Рететеринг	1,328
Коррекция фиксации спинного мозга: не проводилась	0,999
Деформация оси нижних конечностей	0,936
Вывих бедра/бедер	0,713
Деформация позвоночника	0,482
Исходный диагноз: менингомиелоцеле	0,424
Синдром каудальной регрессии	0,334
Дистопия миндалик мозжечка	0,205
Моторный статус: парез	0,187
Пол женский	0,181
Моторный статус: нет	0,095
Дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L ₁ –L ₂	0,054
Коррекция фиксации спинного мозга: однократная	0,025
Нарушение чувствительности	0,012
Исходный диагноз: менингомиелорадикулоцеле	-0,008
Возраст ≥ 11 лет	-0,088
Коррекция фиксации спинного мозга: двукратная	-0,734
Моторный статус: парез	-0,799
Сирингомиелия	-1,399
Утолщение терминальной нити 2 мм и более	-1,977
Трофические нарушения	-2,357
Деформация стоп	-3,900
Деформации нижних конечностей нет	-4,473
Const	0,020

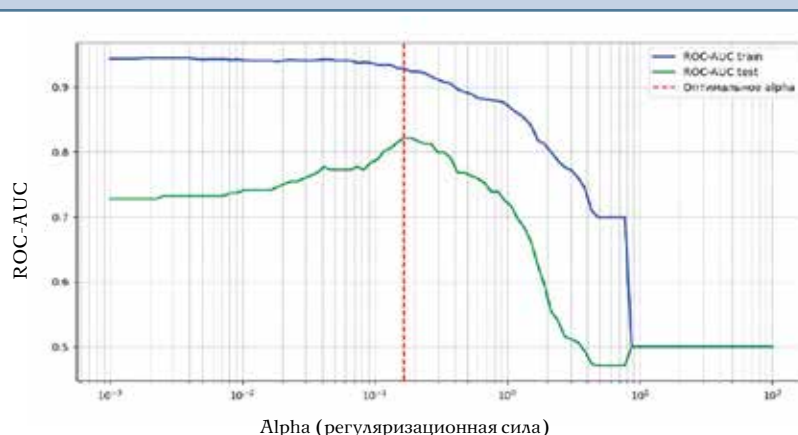


Рис. 1

Оптимизация параметра регуляризации с помощью ROC-AUC



Рис. 2
Сравнение MSE на обучающей и тестовой выборках

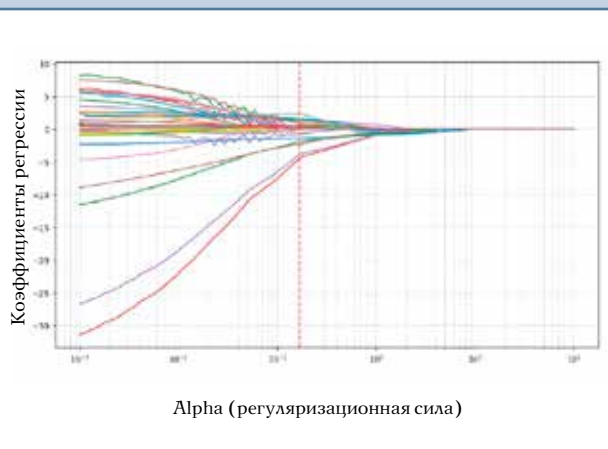


Рис. 3
Коэффициенты LASSO по отношению к Alpha

ностей, а также выполнение дефиксации спинного мозга и отсутствие устранения фиксации спинного мозга. Положительные коэффициенты ($B > 0$) отражают прямую связь с риском неблагоприятного исхода, тогда как отрицательные – защитный эффект (например, наличие синингомиелии, утолщение терминальной нити ≥ 2 мм, трофические нарушения, деформации стоп и т.д.).

На рис. 1–4 представлены ROC-кривая, значения среднеквадратической ошибки (MSE), распределение коэффициентов LASSO и относительная важность признаков. Кривая ROC демонстрирует высокий уровень дискриминационной способности модели; оптимальная точка отсечения составила 0,3, при которой достигается баланс чувствительности и специфичности. Анализ MSE подтвердил

устойчивость модели к переобучению при $\alpha = 0,167$. На диаграмме важности критериев видно доминирование предикторов, связанных с неврологическим и ортопедическим статусом.

Рис. 5 иллюстрирует метрики модели – ROC-AUC, матрицу путаницы и результаты DCA-анализа, который показал, что модель имеет клиническую полезность при порогах вероятности от 0 до 1, превосходя стратегии «лечить всех» и «не лечить никого».

Оценка эффективности модели. Ключевые показатели качества приведены в табл. 4. На обучающей выборке модель достигла ROC-AUC = 9,9 % [88,0; 97,3 %], точности – 83,3 %, чувствительности – 80,0 % и специфичности – 84,4 %. На тестовой выборке показатели составили соответственно ROC-AUC = 82,1 % [65,0; 95,1 %], точность – 80,6 %, чувствительность – 75,0 %, специфичность – 82,1 %. Значения Brier-скора (0,096 и 0,136) свидетельствуют о хорошем калибровочном качестве модели.

На рис. 6 представлено распределение предсказанных вероятностей неблагоприятного исхода в обучающей и тестовой выборках.

Модель «Дерево решений» (Decision Tree)

Метод Decision Tree (DT) применен для построения интерпре-

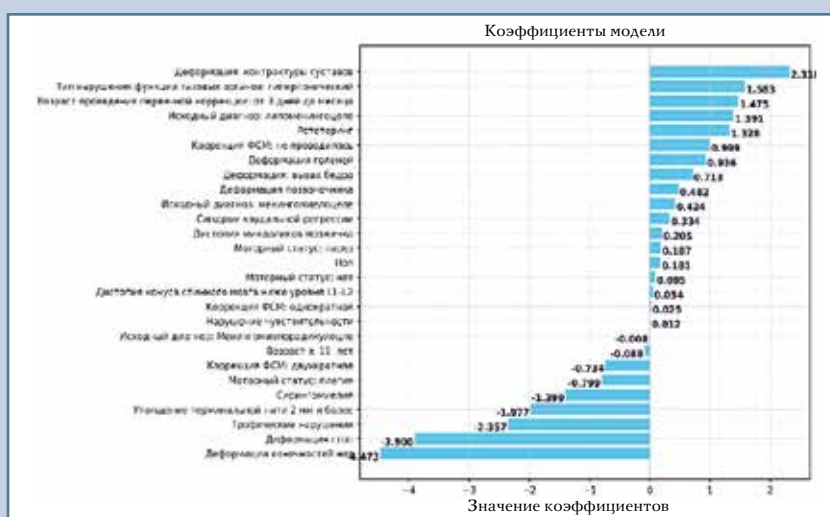
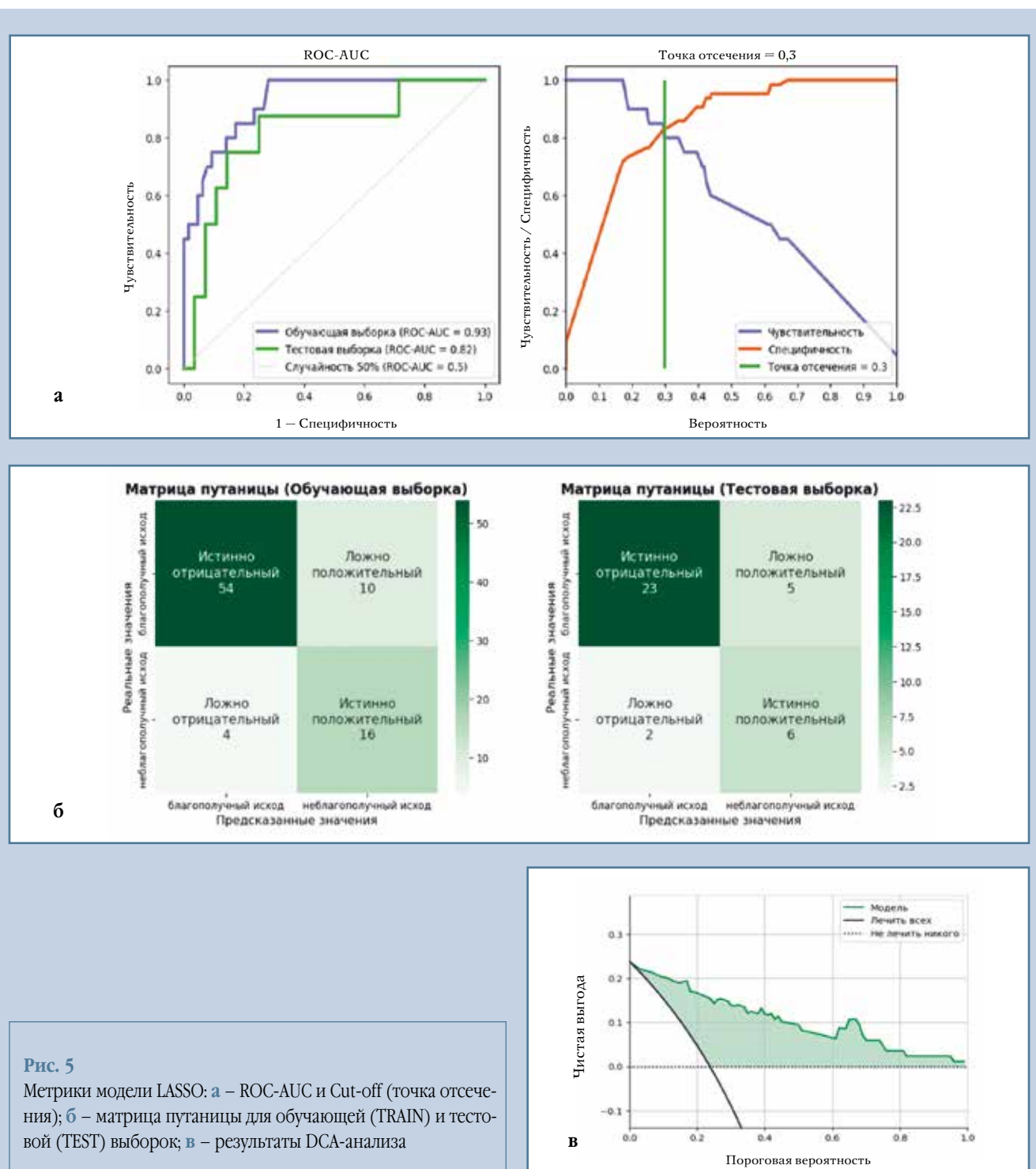


Рис. 4
Важность критериев



тируемой прогностической модели на основе отобранных признаков. На рис. 7 и 8 представлены графические схемы дерева решений для обучающей и тестовой выборок. Корневой узел формируется по признаку «трофические нарушения», а дальней-

шее ветвление определяется «типом нарушения функции тазовых органов» и «возрастом проведения первичной коррекции». Ветви дерева отражают пороговые значения, при которых наиболее точно прогнозируется неблагоприятный исход.

Рис. 9 включает ROC-кривую, матрицу путаницы и DCA-анализ. Кривая ROC демонстрирует высокую чувствительность модели на обучающих данных (ROC-AUC = 0,91) при умеренном снижении результатов на тестовой выборке (ROC-AUC = 0,64). DCA-

Таблица 4

Метрики эффективности модели LASSO

Мера оценки	Обучение	Тестирование
ROC-AUC	92,9 % [88,0 %; 97,3 %]	82,1 % [65,0; 95,1 %]
Точность	83,3 % [76,2 %; 90,5 %]	80,6 % [69,4; 88,9 %]
Чувствительность (1)	80,0 % [64,7 %; 94,7 %]	75,0 % [45,5 %; 100,0 %]
Специфичность (0)	84,4 % [76,7 %; 91,9 %]	82,1 % [69,2 %; 92,9 %]
ROC ± se	92,9 ± 0,0016 %	82,1 ± 0,0027 %
Brier	0,096	0,136

анализ показал, что в диапазоне пороговых вероятностей до 0,8 модель обладает положительной чистой выгодой по сравнению со стратегиями «лечить всех» и «не лечить никого». Ключевые метрики качества приведены в табл. 5.

На обучающей выборке модель продемонстрировала точность 86,9 % [81,0; 92,9 %], чувствительность – 75,0 %, специфичность – 90,6 %. На тестовой выборке показатели составили 69,4 %, 50,0 % и 75,0 % соответственно. ROC-AUC = 63,8 % [44,9; 81,0 %], Brier-скор = 0,222, что свидетельствует о среднем уровне обобщающей способности. Оптимальная точка отсечения составила 0,31 (при значениях 0,31 и больше прогнозировался неблагоприятный исход).

На рис. 10 показано распределение предсказанных вероятностей в обучающей и тестовой выборках. Графики демонстрируют более высокую четкость классификации на обучающем массиве и некоторое размывание границ на тестовой выборке, что характерно для детерминирован-

ных алгоритмов при ограниченном объеме данных.

Модель XGB

(eXtreme Gradient Boosting)

Для построения прогностической модели использован алгоритм XGB ансамблевый метод, основанный на градиентном бустинге решающих деревьев, позволяющий учитывать сложные нелинейные взаимодействия между признаками. Результаты анализа важности признаков представлены в табл. 6.

На рис. 11 визуализированы относительная важность признаков и их вклад в прогноз (SHAP-value анализ).

SHAP-график показывает, что наибольший вклад в увеличение вероятности неблагоприятного исхода вносят трофические нару-

Таблица 5

Метрики оценки качества диагностической/прогностической модели

Мера оценки	Обучение	Тестирование
ROC-AUC	90,6 % [84,6 %; 96,0 %]	63,8 % [44,9 %; 81,0 %]
Точность	86,9 % [81,0 %; 92,9 %]	69,4 % [55,6 %; 80,6 %]
Чувствительность (1)	75,0 % [58,8 %; 89,5 %]	50,0 % [20,0 %; 80,0 %]
Специфичность (0)	90,6 % [84,6 %; 95,7 %]	75,0 % [60,0 %; 87,5 %]
ROC ± se	90,6 ± 0,0016 %	63,8 ± 0,0033 %
Brier	0,093	0,222

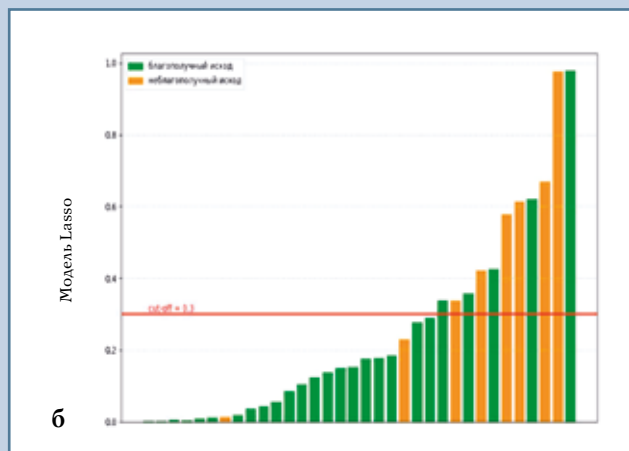
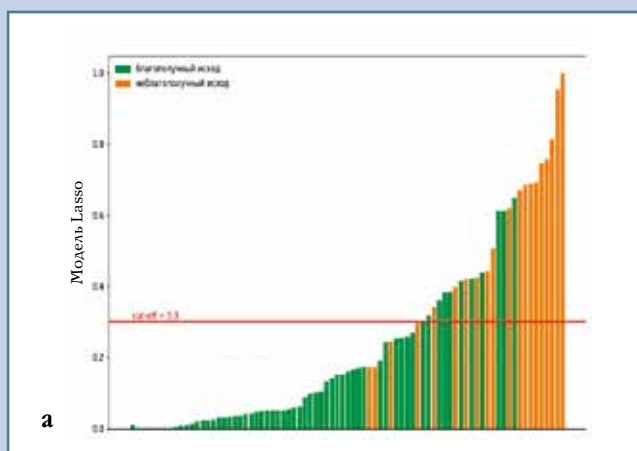


Рис. 6

Модель Lasso: обучающая (а) и тестовая (б) выборки

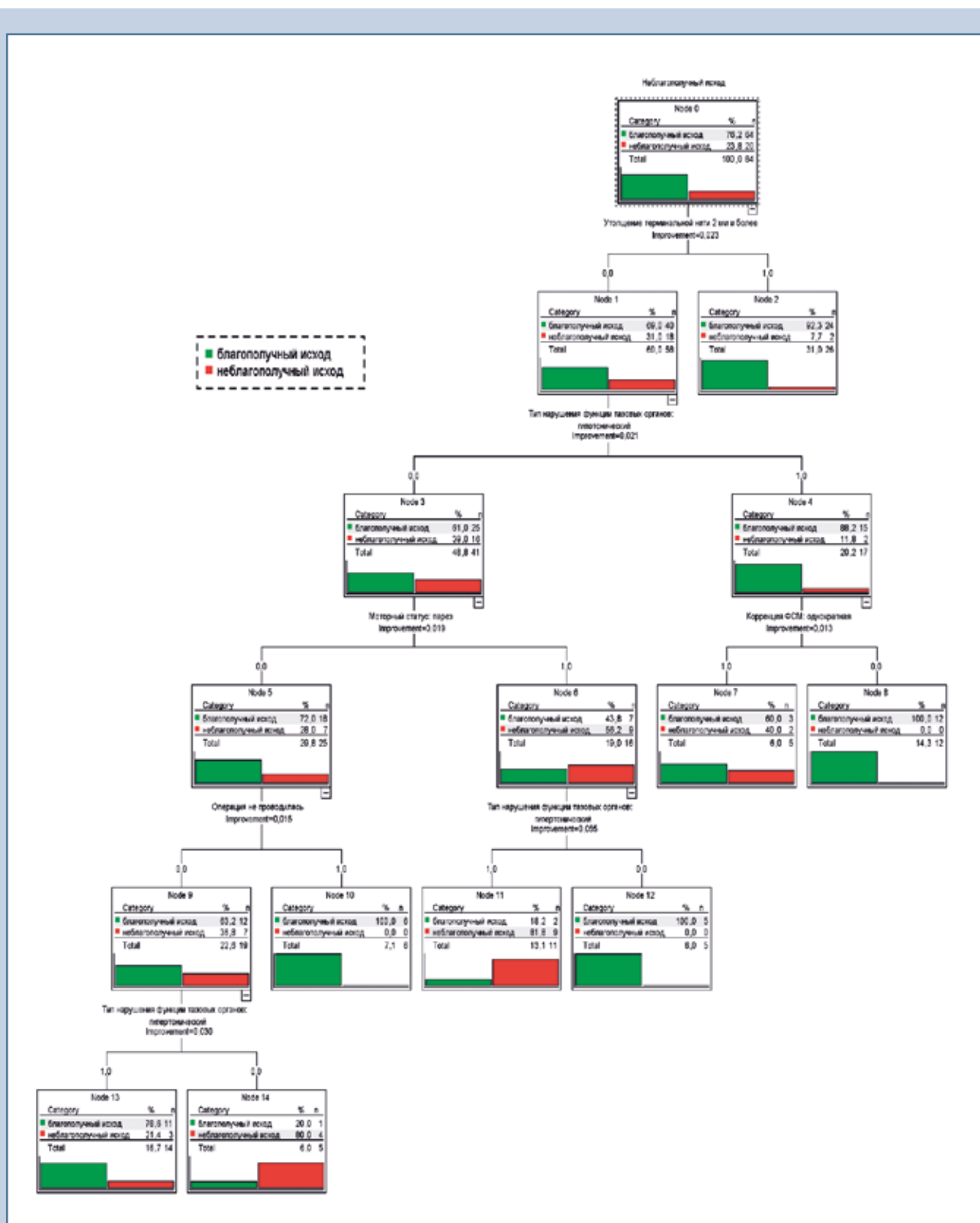


Рис. 7
 Модель «дерево решений» на обучающей выборке

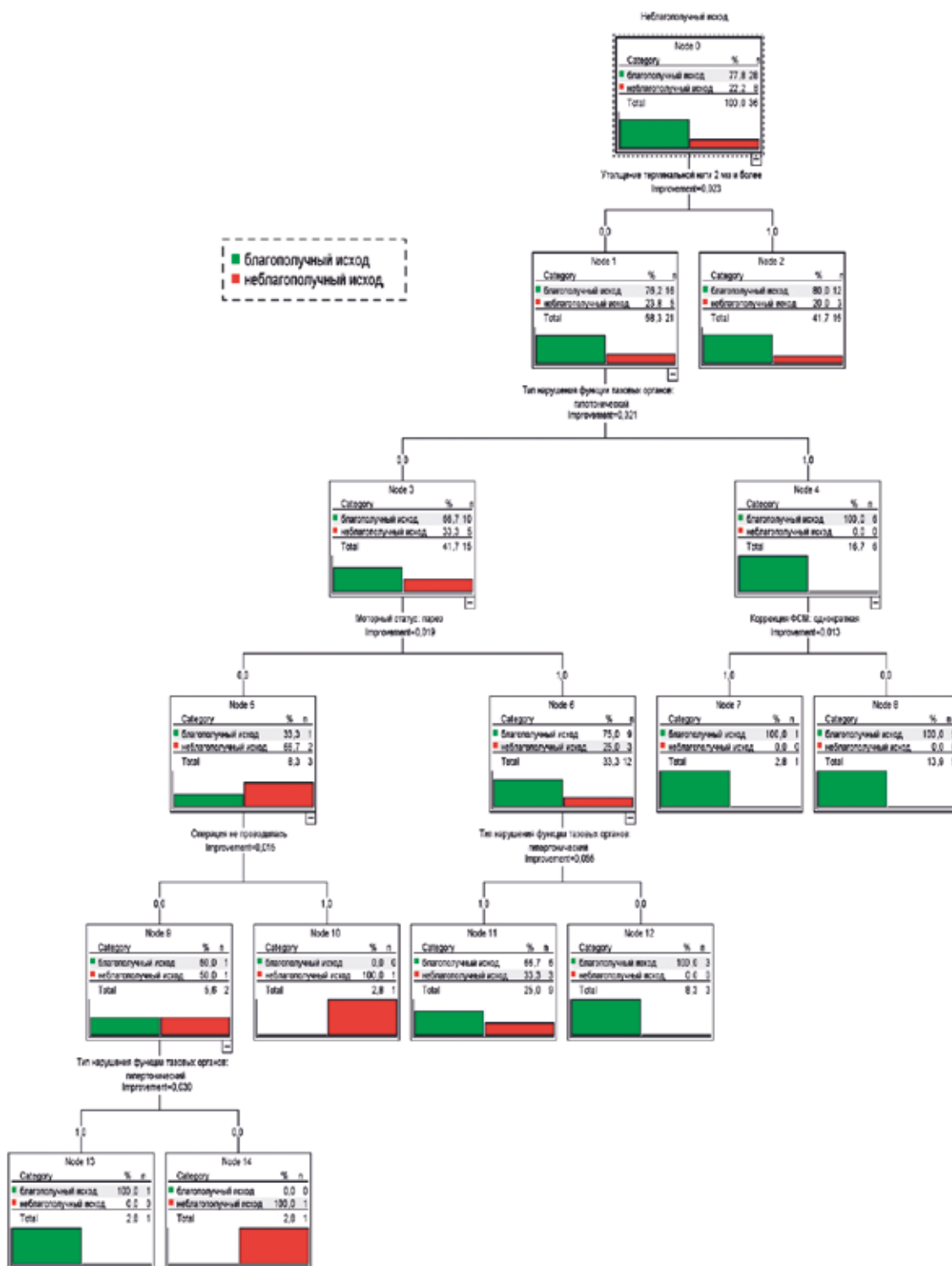
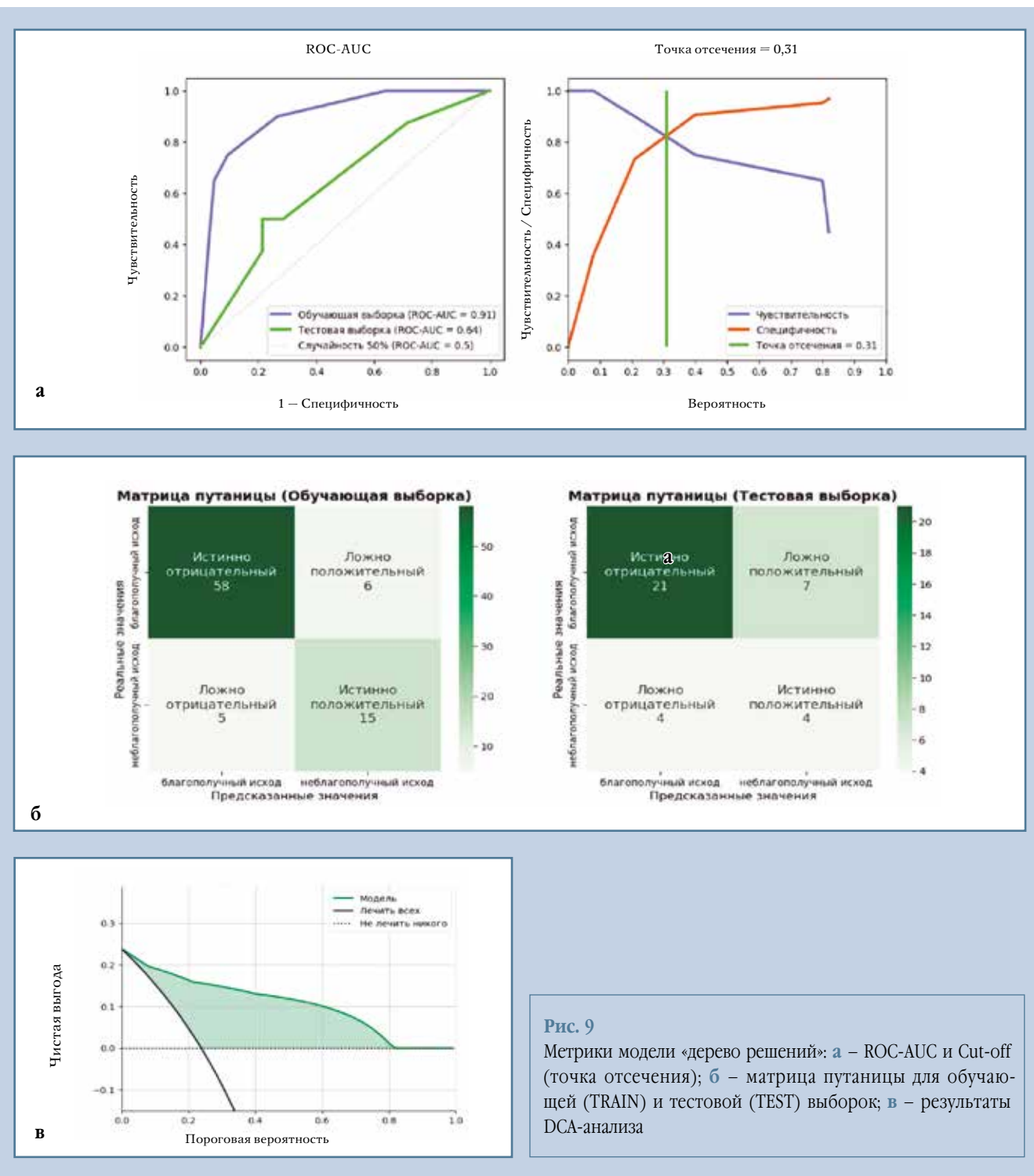


Рис. 8
 Модель «дерево решений» на тестовой выборке



шения, деформация голеней и укорачивающая вертебротомия, тогда как утолщение терминальной нити и коррекция фиксации спинного мозга обладают защитным эффектом. Таким образом, модель XGB успешно выявляет скрытые нелинейные зави-

симости между неврологическими и анатомическими параметрами.

На рис. 12 представлены ROC-кривые, матрицы путаницы и результаты DCA-анализа. Кривая ROC демонстрирует отличную дискриминационную способность модели

как на обучающей, так и на тестовой выборке (ROC-AUC = 0,99 и 0,97 соответственно).

DCA-анализ показал, что модель сохраняет клиническую ценность при порогах вероятности до 0,95, обеспечивая устойчивую чистую выгоду

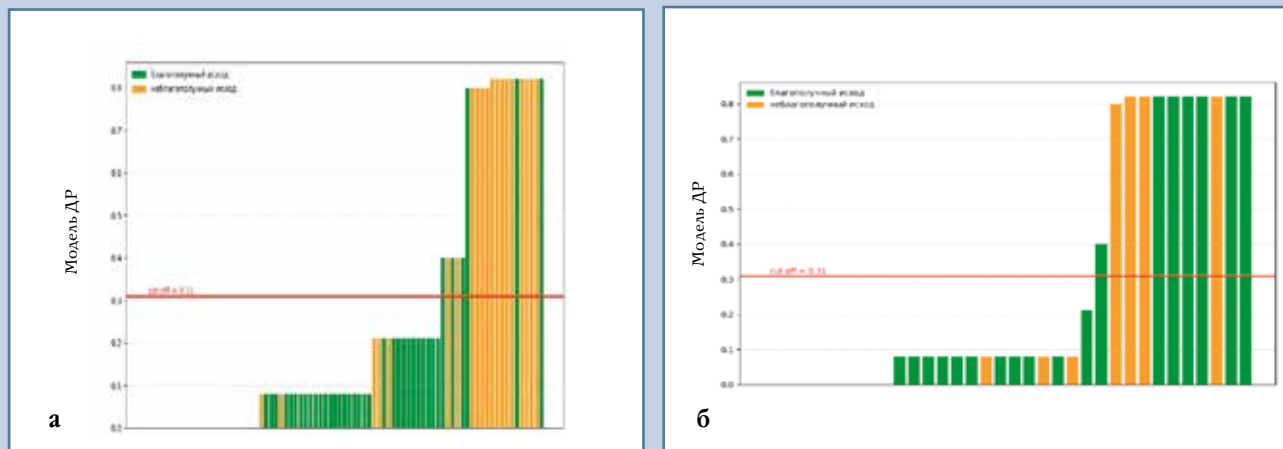


Рис. 10
 Модель «дерево решений» (ДР): обучающая (а) и тестовая (б) выборки

по сравнению с альтернативными стратегиями.

Итоговые метрики качества представлены в табл. 7. На обучающей выборке точность составила 92,9 %, чувствительность – 90,0 %, специфичность 93,8 % и ROC-AUC = 98,6 %. На тестовой выборке – 86,1 %, 62,5 %, 92,9 % и ROC-AUC = 96,7 % соответственно. Значение Brier-скора 0,085 подтверждает высокую калибровку

и надежность предсказаний. Таким образом, модель XGB продемонстрировала наилучшие показатели среди всех протестированных алгоритмов, что позволяет отнести ее к категории прогностических моделей отличного качества (AUC > 0,9).

На рис. 13 представлено распределение предсказанных вероятностей исходов в обучающей и тестовой выборках. Обе кривые демон-

стрируют отчетливое разделение классов 0 и 1, что отражает высокую стабильность и обобщающую способность модели XGB даже при изменении структуры данных.

Сравнение моделей

Сравнительный анализ продемонстрировал, что наилучшие показатели точности и дискриминационной способности получены при использовании модели XGB, обеспечившей ROC-AUC = 96,7 % и точность – 86,1 % на тестовой выборке, что соответствует уровню отличного качества прогноза. Модель LASSO показала устойчивые, но более умеренные результаты (ROC-AUC = 82,1 %, точность – 80,6 %), что характеризует ее как очень хорошую. В то же время модель DT продемонстрировала наименьшую обобщающую способность (ROC-AUC = 63,8 %), отражая склонность алгоритма к переобучению при небольшом размере выборки. Таким образом, алгоритм XGB признан оптимальным инструментом для прогнозирования неблагоприятного исхода ШСМ у детей со спинальной дизрафией, сочетая высокую точность, устойчивость и клиническую интерпретируемость.

Обсуждение

Данные исследования демонстрируют явное преимущество модели ансамб-

Таблица 6

Значимость предикторов в модели XGB

Переменные	Значимость
Трофические нарушения	0,182
Деформация оси нижних конечностей	0,109
Укорачивающая вертебротомия	0,109
Утолщение терминальной нити 2 мм и более	0,098
Операция не проводилась	0,076
Тип нарушения функции тазовых органов: гипотонический	0,073
Дистопия миндалик мозжечка	0,058
Коррекция фиксации спинного мозга: не проводилась	0,049
Рететеринг	0,048
Исходный диагноз: менингоцеле	0,044
Возраст ≥11 лет	0,041
Тип нарушения функции тазовых органов: гипертонический	0,039
Исходный диагноз: менингомиелоцеле	0,029
Исходный диагноз: липоменингоцеле	0,028
Пол	0,017
Дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L ₁ –L ₂	0,000

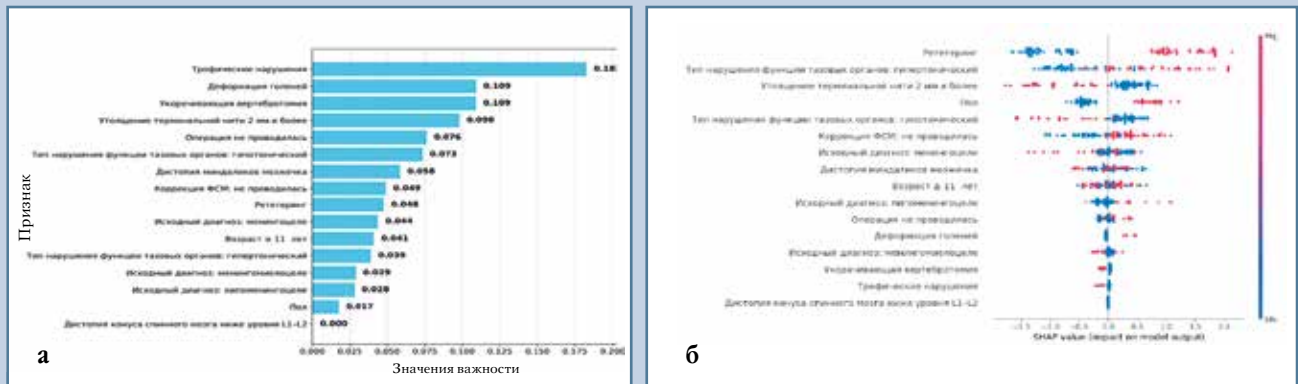


Рис. 11

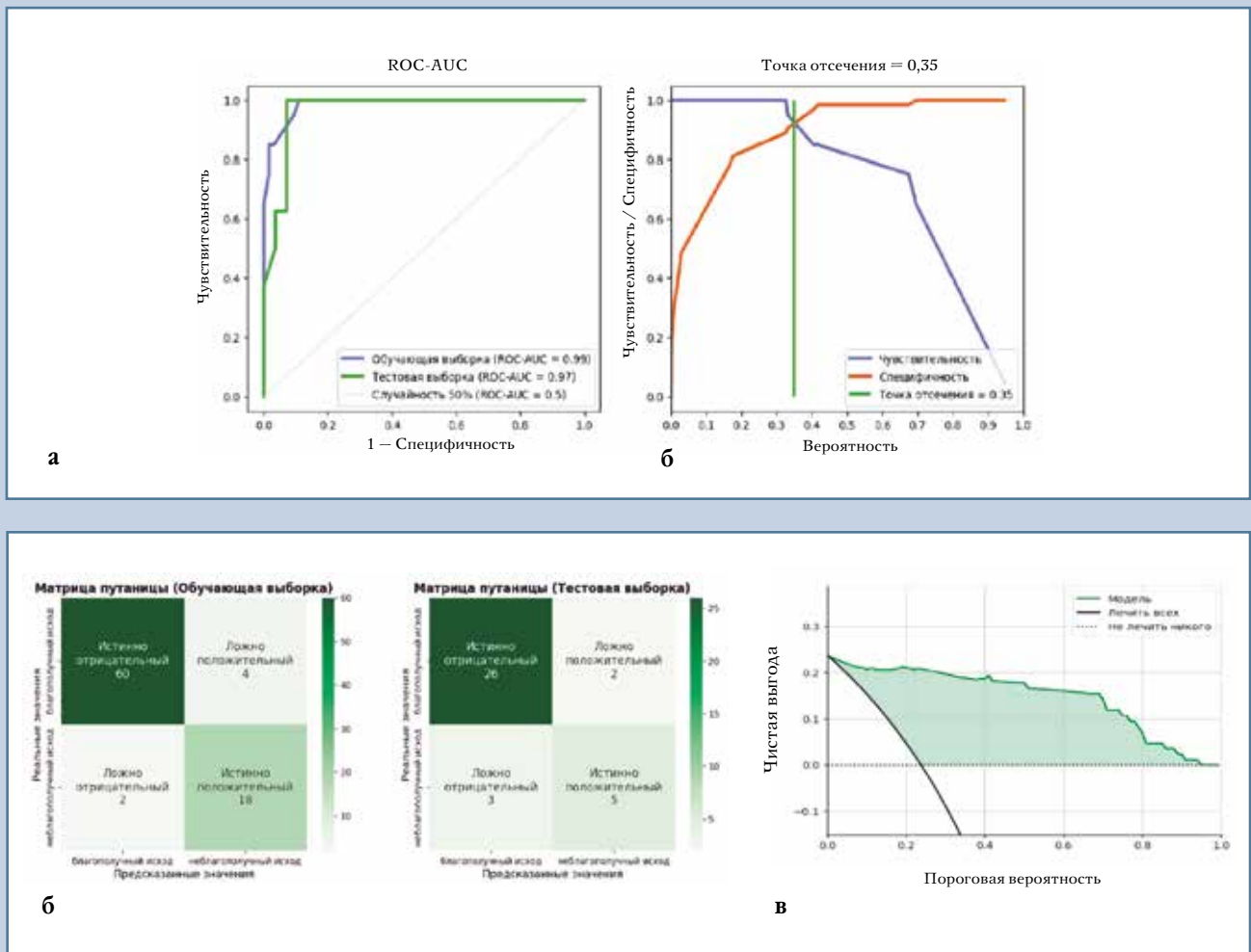
Важность признаков модели XGBoost: **а** – feature importance; **б** – SHAP value

Рис. 12

Метрики модели XGB: **а** – ROC-AUC и Cut-off (точка отсечения); **б** – матрица путаницы для обучающей (TRAIN) и тестовой (TEST) выборки; **в** – результаты DCA-анализа

Таблица 7

Метрики оценки качества диагностической/прогностической модели

Мера оценки	Обучение	Тестирование
ROC-AUC	98,6 % [97,0 %; 99,8 %]	96,7 % [91,1 %; 100,0 %]
Точность	92,9 % [88,1%; 97,6%]	86,1 % [75,0 %; 94,4 %]
Чувствительность (1)	90,0 % [77,8 %; 100,0 %]	62,5 % [30,0 %; 88,9 %]
Специфичность (0)	93,8 % [88,7%; 98,4 %]	92,9 % [84,0 %; 100,0 %]
ROC $\pm$ se	98,6 $\pm$ 0,0012 %	96,7 $\pm$ 0,0029 %
Brier	0,053	0,085

левого подхода XGB над линейной (LASSO) и одно-деревянной (DT) моделями при прогнозировании неблагоприятного исхода у детей со спинальной дизрафией. Эта модель более точно определяет выбор критериев в смежных нейрохирургических сценариях, где XGBoost стабильно превосходит классическую логистическую регрессию по дискриминации, оставаясь при этом интерпретируемой на уровне признаков благодаря SHAP-анализу [9, 10]. В нашей когорте ведущими предикторами выступили трофические нарушения и деформации нижних конечностей, а также МР-морфологические признаки, связанные с СНСМ, а именно утолщение терминальной нити, дистопия конуса и сирингомиелия. Подобные маркеры описываются в клиничко-визуализационных обзорах по дизрафическим

состояниям и спинальным липомам у детей, указывая на их связь с длительным (хроническим) натяжением спинного мозга и его микрохирургической дефиксацией [6, 11].

С практической точки зрения важна не только статистическая точность, но и клиническая выгода модели. Анализ кривых решений (DCA) показал положительную «чистую выгоду» при широком диапазоне порогов вероятности, что означает потенциальную пользу использования модели при выборе тактики ведения (наблюдение, сроки хирургии, интенсивность уродинамического контроля). Методологически это соответствует рекомендациям по отчетности и интерпретации DCA в клинических исследованиях [7, 12].

Наши результаты соотносятся с современными оценками исходов

при СНСМ: хирургическое лечение чаще снижает моторный дефицит, а также нарастание его темпа, уровень болевого синдрома, тогда как течение дисфункции тазовых органов менее предсказуемо с позиции прогноза. Сохранение вероятности выполнения дефиксации спинного мозга (в том числе повторной) в процессе роста ребенка требует, с одной стороны, оценки динамики неврологического, урологического и ортопедического статусов по единым критериям при длительном наблюдении, а с другой – ранней стратификации риска [1, 13]. В отечественной литературе подчеркивается междисциплинарный характер проблемы *spina bifida* и вариабельность ортопедических исходов, что усиливает аргументацию в пользу инструментов персонализированного прогнозирования [14]. В свою очередь, тренд прогрессии литературы по ML-моделям в нейрохирургии поддерживает интеграцию таких алгоритмов с выбором максимально безопасной и эффективной хирургической тактики при спинальной дизрафии в клинические рабочие процессы и системы поддержки принятия врачебных решений при условии соблюдения стандартов разработки и валидации (TRIPOD), а также внешней валидации на независимых выборках [15].

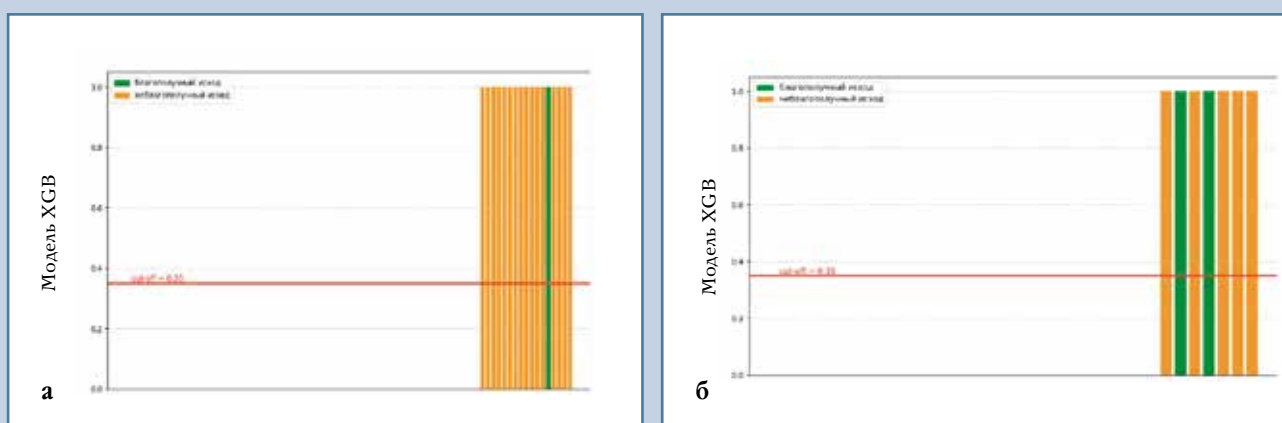


Рис. 13

Модель XGB: обучающая (а) и тестовая (б) выборки

Ограничения исследования. Ограниченная выборка пациентов и отсутствие ее тождественности по нозологическому и нейросегментарному уровням.

Заключение

Ансамблевая модель XGB продемонстрировала отличное качество прог-

ноза и клиническую полезность (по DCA) в задаче предсказания неблагоприятных исходов при СНСМ у детей со спинальной дизрафией. Использование модели может повысить точность стратификации риска, что делает ее перспективным инструментом, который может быть имплементирован в программы поддержки принятия решений с выбором макси-

мально безопасной и эффективной хирургической тактики при спинальной дизрафией. Однако необходима первичная апробация и/или внешняя валидация модели в рамках проспективных мультицентровых исследований для подтверждения ее влияния на клинические решения.

Литература/References

1. Liu M, Deng W, Lu YY, He YZ, Huang LY, Du H. Surgical treatment of tethered cord syndrome showed promising outcome in young children with short duration. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2023;27:1831–1836. DOI: https://doi.org/10.26355/eurrev_202303_31545
2. Хачатрян В.А., Сысоев К.В. Об актуальных проблемах патогенеза, диагностики и лечения синдрома фиксированного спинного мозга (аналитический обзор). *Нейрохирургия и неврология детского возраста*. 2014;3:76–78. [Khachatryan VA, Sysoev KV. Current issues of pathogenesis, diagnostics and treatment of the tethered spinal cord syndrome (analytical review). *Pediatric Neurosurgery and Neurology*. 2014;3:76–78]. EDN: <https://elibrary.ru/SYOZVH>
3. Рябых С.О., Горчаков С.А., Калашников А.А. Синдром фиксированного спинного мозга при *spina bifida*: клинико-лучевая характеристика и показания к оперативному вмешательству (систематический обзор литературы). *Хирургия позвоночника*. 2024;21(1):27–34. [Ryabykh SO, Gorchakov SA, Kalashnikov AA. Tethered spinal cord syndrome associated with *spina bifida*: clinical and radiological characteristics and indications for surgery (systematic review of the literature). *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(1):27–34]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2024.1.27-34> EDN: <https://elibrary.ru/HHGVIT>
4. Сысоев К.В., Тадевосян А.Р., Назинкина Ю.В., Хачатрян В.А. Результаты хирургического лечения детей с синдромом фиксированного спинного мозга. Прогноз на основании данных спинальной 3Тл МРТ-трактографии. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2016;80(3):66–73. [Sysoev KV, Tadevosyan AR, Nazinkina YuV, Khachatryan VA. Surgical treatment of outcomes in children with tethered spinal cord syndrome. A prognosis on the basis of spinal 3T MRI tractography. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2016;80(3):66–73]. DOI: <https://doi.org/10.17116/neiro201680366-73> EDN: <https://elibrary.ru/WDOXAH>
5. Hsieh P, Araydin E, Briggs RG, Al-Amodi D, Aleman A, Dubel K, Sardano A, Saint-Val J, Sysawang K, Zhang D, Yagyu S, Motala A, Tolentino D, Hempel S. Diagnosis and treatment of tethered spinal cord: a systematic review. *Pediatrics*. 2024;154:e2024068270. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2024-068270>
6. Annaperesov NV, Musa G, Lobankin PV, Kuznetsova AA, Livshits M, Nikolaevich UV, Levov AV, Kolcheva MA, Konfetova N, Maier A, Kim AV, Bupe MM, Kislyakov AN, Chmutin GE, Chaurasia B. Pediatric spinal lipomas: insights from a single institution's experience in surgical management of 55 cases. *J Pediatr Neurosci*. 2024;19:97–102. DOI: https://doi.org/10.4103/jpn.jpn_44_24
7. Vickers AJ, van Calster B, Steyerberg EW. A simple, step-by-step guide to interpreting decision curve analysis. *Diagn Progn Res*. 2019;3:18. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41512-019-0064-7>
8. Zhang Z, Rousson V, Lee WC, Ferdynus C, Chen M, Qian X, Guo Y. Decision curve analysis: a technical note. *Ann Transl Med*. 2018;6:308. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2018.07.02>
9. Wang R, Zhang J, Shan B, He M, Xu J. XGBoost machine learning algorithm for prediction of outcome in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2022;18:659–667. DOI: <https://doi.org/10.2147/NDT.S349956>
10. Yan Z, Wang J, Dong Q, Zhu L, Lin W, Jiang X. XGBoost algorithm and logistic regression to predict the postoperative 5-year outcome in patients with glioma. *Ann Transl Med*. 2022;10:860. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm-22-3384>
11. Trapp B, de Andrade Louren o Freddi T, de Oliveira Morais Hans M, Fonseca Teixeira Lemos Calixto I, Fujino E, Alves Rojas LC, Burlin S, Cerqueira Costa DM, Carrete Junior H, Abdala N, Tobaru Tibana LA, Takehara ET, Dalul Gomez G. A practical approach to diagnosis of spinal dysraphism. *Radiographics*. 2021;41:559–575. DOI: <https://doi.org/10.1148/rq.2021200103>
12. Van Calster B, Wynants L, Verbeek JFM, Verbakel JY, Christodoulou E, Vickers AJ, Roobol MJ, Steyerberg EW. Reporting and interpreting decision curve analysis: a guide for investigators. *Eur Urol*. 2018;74:796–804. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.08.038>
13. Findlay MC, Tenhoeve S, Terry SA, Iyer RR, Brockmeyer DL, Kelly MP, Kestle JRW, Gonda D, Ravindra VM. Disparities in indications and outcomes reporting for pediatric tethered cord surgery: The need for a standardized outcome assessment tool. *Childs Nerv Syst*. 2024;40:1111–1120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00381-023-06246-y>
14. Иванов С.В., Кенис В.М., Щедрина А.Ю., Онуфрийчук О.Н., Ходоровская А.М., Осипов И.Б., Сарычев С.А. *Spina bifida*: мультидисциплинарная проблема (обзор литературы). *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2021;11(2):201–213. [Ivanov SV, Kenis VM, Shchedrina AYU, Onufriyukhuk ON, Khodorovskaya AM, Osipov IB, Sarychev SA. *Spina bifida*: a multidisciplinary problem (a literature review). *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2021;11(2):201–213]. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic958> EDN: <https://elibrary.ru/TRMLIX>
15. Warman A, Kalluri AL, Azad TD. Machine learning predictive models in neurosurgery: an appraisal based on the TRIPOD guidelines. Systematic review. *Neurosurg Focus*. 2023;54:E8. DOI: <https://doi.org/10.3171/2023.3.FOCUS2386>

Статья поступила в редакцию 16.12.2025

Рецензирование пройдено 10.09.2026

Подписано в печать 17.09.2026

Received 16.12.2025

Review completed 10.09.2026

Passed for printing 17.09.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.А. Калашников – подготовка первоначального варианта рукописи, обзор литературы, систематизация результатов обследований пациентов, участие в анализе данных, оформление итогового текста статьи; С.О. Рябых – осуществление общего научного руководства, проведение критической правки рукописи, уточнение формулировок, касающихся ортопедических вмешательств и диагностических критериев, утверждение финальной версии; В.С. Климов – выполнение научного редактирования разделов, связанных с неврологическими и нейрохирургическими аспектами, предложение правок по интерпретации данных о синдроме фиксации спинного мозга, участие в обсуждении выводов; С.А. Горчаков – редакция клинических разделов, касающихся нейрохирургического лечения, предоставление клинической базы (отделение нейрохирургии ДГКБ св. Владимира), внесение замечаний по методологии. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Ретроспективный дизайн исследования исключал требование об обязательном информированном согласии и проведении этической экспертизы.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Алексей Андреевич Калашников; Россия, 107014, Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, 1/3, коп. 8; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2987-7950>; glandibula@gmail.com

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6382-1107; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>; rso_@mail.ru

Владимир Сергеевич Климов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1333-2654; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9096-7594>; vsklimov72@gmail.com

Сергей Александрович Горчаков, канд. мед. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0795-6921>; sagorchakov@mail.ru

Authors' Info

✉ Aleksey Andreevich Kalashnikov; 1/3, bldg. 8 Rubtsovsko-Dvortsovaya str., Moscow, 107014, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2987-7950>; glandibula@gmail.com

Sergey Olegovich Ryabikh, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6382-1107; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8293-0521>; rso_@mail.ru

Vladimir Sergeevich Klimov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1333-2654; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9096-7594>; vsklimov72@gmail.com

Sergey Alexandrovich Gorchakov, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0795-6921>; sagorchakov@mail.ru



РЕЗУЛЬТАТЫ УДАЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПОСЛЕ ВРЕМЕННОЙ ФИКСАЦИИ C_1 – C_2 ПРИ ПЕРЕЛОМАХ ЗУБОВИДНОГО ОТРОСТКА C_2 : РЕТРОСПЕКТИВНОЕ КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

И.В. Басанкин¹, А.А. Гюльзатян¹, К.К. Тахмазян¹, А.А. Афаунов², П.В. Нестеренко¹,
В.К. Шаповалов¹, М.А. Димитраш²

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

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Цель исследования. Изучить клинические, в том числе функциональные, исходы после удаления металлоконструкции у пациентов, перенесших временную дорсальную фиксацию C_1 – C_2 без спондилодеза по поводу перелома зубовидного отростка, а также сопоставить их с результатами лечения пациентов без удаления металлоконструкции.

Материал и методы. Дизайн: ретроспективное сравнительное исследование в рамках одноцентровой когорты. В 2009–2024 гг. дорсальная фиксация C_1 – C_2 без спондилодеза выполнена 85 пациентам. После применения критериев соответствия в сравнительный анализ включены 49 пациентов с переломом зуба C_2 , из них 22 после подтвержденной консолидации перелома выполнено удаление металлоконструкции, 27 металлоконструкцию не удаляли. Проанализированы возраст, пол, механизм травмы, тип перелома и сроки консолидации в обеих группах. Оценивали интенсивность боли по ВАШ, суммарную ротацию шеи, объем ротации в сегменте C_1 – C_2 по данным функциональной КТ, а также субъективную скованность при поворотах головы. Контрольные точки наблюдения: 3, 6 и 12 мес.

Результаты. Через 6 и 12 мес. после удаления металлоконструкции у пациентов отмечалось статистически значимое снижение интенсивности боли по сравнению с группой без удаления. Суммарная ротация шеи в группе удаления последовательно увеличивалась и через 12 мес. была значительно выше, чем у пациентов с сохраненной фиксацией. Также в группе удаления отмечалось выраженное уменьшение субъективной скованности. Клинически значимых периоперационных осложнений, потребовавших дополнительного лечения или повторного вмешательства, не зарегистрировано. Полученные данные могут быть использованы в нейрохирургии при выборе тактики лечения пациентов с переломами зубовидного отростка C_2 , особенно в случаях, когда приоритетом является сохранение или восстановление ротационной функции верхнешейного отдела позвоночника.

Заключение. При подтвержденной консолидации перелома зуба C_2 удаление металлоконструкции после временной дорсальной фиксации C_1 – C_2 ассоциируется с частичным восстановлением ротационной подвижности, уменьшением субъективной скованности и снижением интенсивности боли при сроках наблюдения до 12 мес.

Ключевые слова: перелом зубовидного отростка; временная фиксация; удаление металлоконструкции; атлантоаксиальный сегмент; ротация шеи; шейный отдел позвоночника.

Для цитирования: Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К., Афаунов А.А., Нестеренко П.В., Шаповалов В.К., Димитраш М.А. Результаты удаления металлоконструкции после временной фиксации C_1 – C_2 при переломах зубовидного отростка C_2 : ретроспективное когортное исследование // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 59–67. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.59-67>

RESULTS OF INSTRUMENTATION REMOVAL AFTER TEMPORARY C_1 – C_2 FIXATION IN C_2 ODONTOID FRACTURE: A RETROSPECTIVE COHORT STUDY

I.V. Basankin¹, A.A. Giulzatyan¹, K.K. Takhmazyan¹, A.A. Afaunov², P.V. Nesterenko¹, V.K. Shapovalov¹, M.A. Dimitrash²

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

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Objective. To study clinical, including functional, outcomes after instrumentation removal in patients who underwent temporary posterior C_1 – C_2 fixation without fusion for odontoid process fracture and to compare them with the results of treatment of patients without instrumentation removal.

Material and Methods. Design: Retrospective comparative study in a single-center cohort. Posterior C_1 – C_2 fixation without spinal fusion was performed in 85 patients in 2009–2024. After applying the compliance criteria, 49 patients with C_2 odontoid fracture were included in the comparative analysis, of which 22 underwent instrumentation removal after confirmed consolidation of the fracture, and in 27 patients the instrumentation was not removed. Age, sex, injury mechanism, fracture type, and time to fracture consolidation were assessed in both

groups. Assessed parameters included pain intensity according to VAS, total neck rotation, rotational range of motion in the C1–C2 segment according to functional CT, as well as subjective stiffness during head rotation. The follow-up time points were 3, 6, and 12 months. **Results.** At 6 and 12 months after instrumentation removal, patients showed a statistically significant decrease in pain intensity as compared with the group without removal. Total neck rotation in the removal group increased progressively and was significantly higher after 12 months than in patients with retained fixation. The removal group also showed a marked decrease in subjective stiffness. No clinically significant perioperative complications requiring additional treatment or repeat intervention were registered. The obtained data may be used in neurosurgery when choosing treatment tactics for patients with C2 odontoid process fractures, especially in cases where the priority is to preserve or restore the rotational function of the upper cervical spine.

Conclusion. Instrumentation removal after temporary posterior C1–C2 fixation and confirmed consolidation of C2 fracture is associated with partial restoration of rotational mobility, reduction of subjective stiffness, and decrease in pain intensity at follow-up periods of up to 12 months.

Key Words: odontoid process fracture; temporary fixation; instrumentation removal; atlantoaxial segment; neck rotation; cervical spine.

Please cite this paper as: Basankin IV, Giulzatyan AA, Takhmazyan KK, Afaunov AA, Nesterenko PB, Shapovalov VK, Dimitrash MA. Results of instrumentation removal after temporary C1–C2 fixation in C2 odontoid fracture: a retrospective cohort study. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):59–67. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.59-67>

Переломы зубовидного отростка C₂, особенно повреждения II типа по Grauer, остаются одной из наиболее дискуссионных проблем хирургии верхнешейного отдела позвоночника. Традиционные задние методы фиксации с формированием костного блока позволяют добиться высокой стабильности, однако закономерно сопровождаются ограничением движений в сегменте C₁–C₂ [1]. Ключевая проблема при выборе тактики лечения связана с необходимостью обеспечить надежную стабилизацию и консолидацию перелома при максимально возможном сохранении ротационной функции атлантоаксиального сегмента. В этой связи временная дорсальная фиксация C₁–C₂ без формирования костного блока может рассматриваться не только как способ стабилизации перелома на период его консолидации, но и как тактика, сохраняющая потенциальную возможность последующего восстановления ротационных движений. После подтверждения сращения перелома и удаления металлоконструкции у части пациентов возможно возвращение определенного объема подвижности в атлантоаксиальном сегменте [2].

Клиническое значение демонтажа конструкции требует отдельной оценки. По данным литературы [3], после удаления фиксатора у пациентов может уменьшаться боль и скованность, а также частично восстанавли-

ваться ротация. Однако остается неясным, насколько устойчивым является этот эффект при длительном наблюдении. Описанное прогрессирование дегенеративных изменений в атлантодентальном и атлантоаксиальных суставах способно ограничивать объем движений даже при первоначально благоприятном функциональном результате. Кроме того, до настоящего времени не сформулированы единые подходы к срокам удаления металлоконструкции и отбору пациентов для такой тактики.

В связи с этим представляется актуальной оценка клинических и функциональных результатов временной фиксации C₁–C₂ при переломе зубовидного отростка C₂ с последующим удалением металлоконструкции.

Цель исследования – анализ клинических, в том числе функциональных, исходов после удаления металлоконструкции у пациентов, перенесших временную дорсальную фиксацию C₁–C₂ без спондилодеза по поводу перелома зубовидного отростка, а также сопоставление этих показателей с результатами у пациентов без удаления металлоконструкции.

Материал и методы

Дизайн: ретроспективное сравнительное исследование в рамках одноцентровой когорты.

В 2009–2024 гг. хирургическое лечение по поводу перелома зубовид-

ного отростка C₂ с применением дорсальной фиксации C₁–C₂ без спондилодеза выполнено у 85 пациентов. Для последующего анализа отобраны пациенты, соответствующие следующим критериям:

- 1) критерии включения:
 - возраст младше 60 лет;
 - переломы зубовидного отростка C₂ типов IIВ, IIC по Grauer;
 - КТ-признаки надежной консолидации перелома зубовидного отростка;
 - отсутствие спонтанного костного блока в области сустава Крюгеля и фасеточных суставов C₁–C₂;
 - изолированная неосложненная травма;
- 2) критерии исключения:
 - наличие переломов C₁, атлантоаксиальной нестабильности;
 - патологические переломы;
 - ранее выполненные операции на краниовертебральном переходе;
 - переломы на фоне болезни Бехтерева.

После применения критериев соответствия, а также оценки полноты клинико-рентгенологических данных в сравнительный анализ включены 49 пациентов, распределенных на 2 группы в зависимости от последующей тактики ведения:

- группа 1 – 22 пациента, которым после консолидации перелома выполнено удаление металлоконструкции;
- группа 2 – 27 пациентов, у которых металлоконструкцию не удаляли.

Оценку результатов лечения проводили на основании клинических и лучевых данных. КТ-критериями консолидации перелома зубовидного отростка C₂ считали отсутствие линии перелома и наличие костного моста, признаками сохраненной стабильности сегмента – отсутствие подвывиха и симметричное положение латеральных масс. Для сопоставления динамики клинических и функциональных показателей в обеих группах определена точка отсчета для последующего наблюдения: в группе 1 такой точкой считали дату удаления металлоконструкции после достижения консолидации; средний срок от первичной операции до демонтажа конструкции составил $14,0 \pm 3,5$ мес.; в группе 2 точкой отсчета считали дату контрольного обследования, на котором впервые были подтверждены КТ-признаки консолидации перелома и стабильности сегмента C₁–C₂.

Таким образом, последующие контрольные оценки в обеих группах выполняли через 3, 6 и 12 мес. от момента, принятого за точку отсчета для наблюдения.

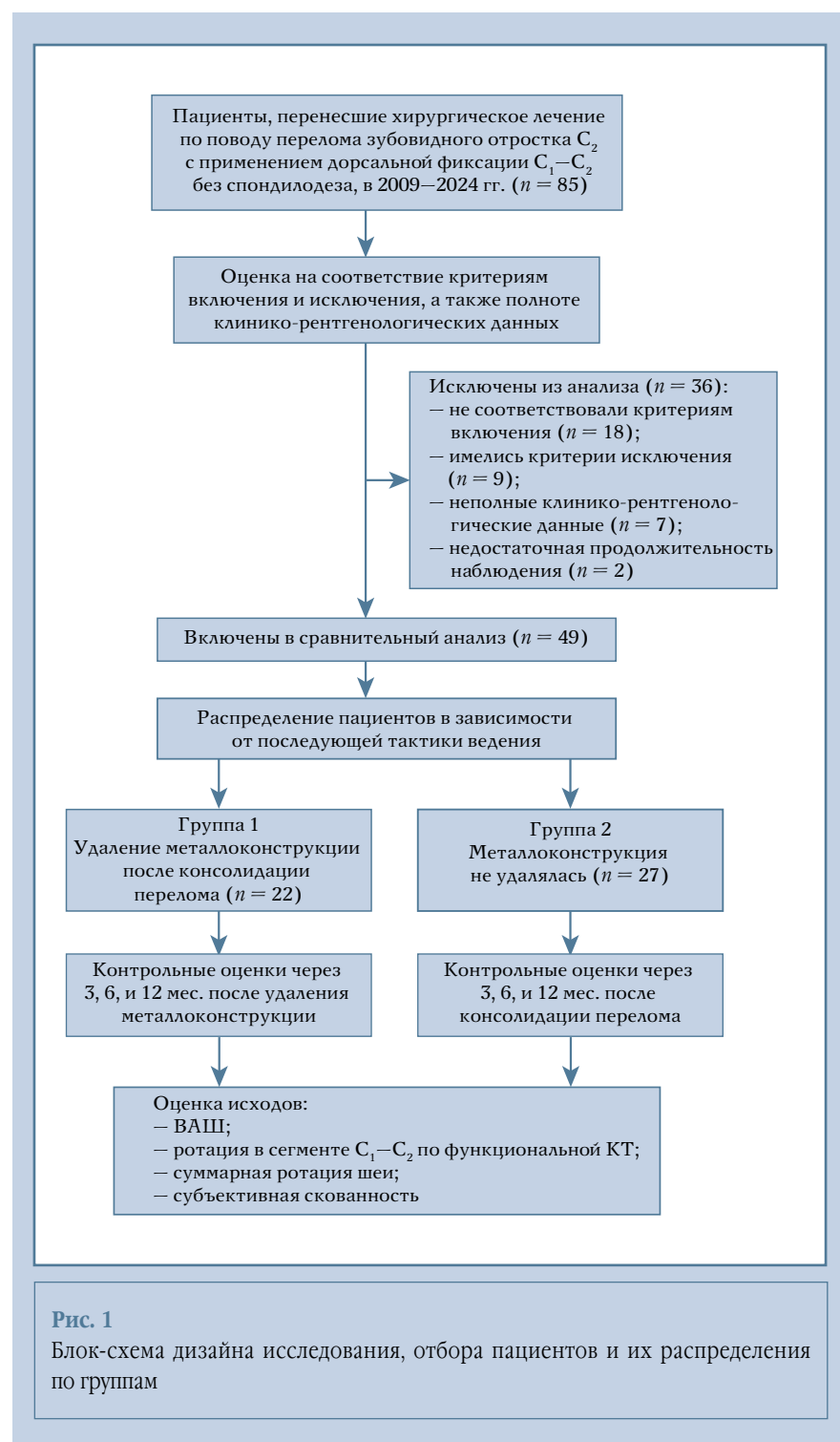
Для объективизации функционального состояния верхнешейного отдела позвоночника всем пациентам выполняли функциональную КТ шейного отдела позвоночника с поворотами головы в крайних положениях, после чего анализировали объем ротационных движений в сегменте C₁–C₂ и суммарную ротацию шеи.

В качестве первичной конечной точки исследования был выбран суммарный объем ротационных движений шейного отдела позвоночника как наиболее клинически значимый функциональный показатель. К вторичным конечным точкам относили интенсивность болевого синдрома, оцениваемую по 10-балльной ВАШ, объем ротационных движений на уровне сегмента C₁–C₂, а также субъективную выраженность скованности в шейном отделе позвоночника при поворотах головы.

Решение об удалении металлоконструкции принимали индивидуально на основании совокупности клини-

ческих и лучевых данных. Обязательными условиями являлись подтвержденная по данным КТ консолидация перелома зубовидного отростка C₂, отсутствие признаков нестабильности сегмента C₁–C₂, отсутствие спонтанного костного блока в области сустава

Крювелье и фасеточных суставов C₁–C₂, а также клиническая целесообразность восстановления ротационной подвижности. Окончательное решение о демонтаже конструкции принимал врач после оценки контрольных лучевых данных и обсуж-





дения с пациентом потенциальной функциональной пользы и рисков повторного вмешательства.

Удаление металлоконструкции выполняли в плановом порядке через прежний операционный доступ. Вмешательство ограничивалось исключительно удалением имплантатов,

носило малотравматичный характер и заключалось в выделении и последовательном демонтаже элементов металлоконструкции без дополнительной декомпрессии или спондилодеза. Интраоперационная кровопотеря во всех случаях составила 50–60 мл, длительность операции – 30–40 мин.

При отсутствии достаточных оснований для безопасного удаления либо при отказе пациента от повторной операции металлоконструкцию не удаляли (рис. 1).

Оценку ротационной подвижности по данным функциональной КТ проводил врач-рентгенолог, не участвовавший в лечении пациентов и не информированный о принадлежности пациента к исследуемой группе. Измерения выполняли отдельно по стандартному протоколу на КТ-изображениях, полученных при максимальной активной ротации головы вправо и влево в положении пациента лежа на спине; перед исследованием всем пациентам давали унифицированную инструкцию выполнить максимально возможный поворот головы до субъективно переносимого предела без резкого движения. На изображениях в крайних положениях определяли угловые параметры, характеризующие взаиморасположение структур атлантоаксиального комплекса. Объем движений в атлантоаксиальном суставе рассчитывали по формуле (рис. 2): $(\alpha_1 + \alpha_2) - (\beta_1 + \beta_2)$.

Наряду с этим регистрировали суммарную ротацию шеи как интегральный показатель вращательной подвижности шейного отдела позвоночника (рис. 3).

Субъективную выраженность скованности в шейном отделе

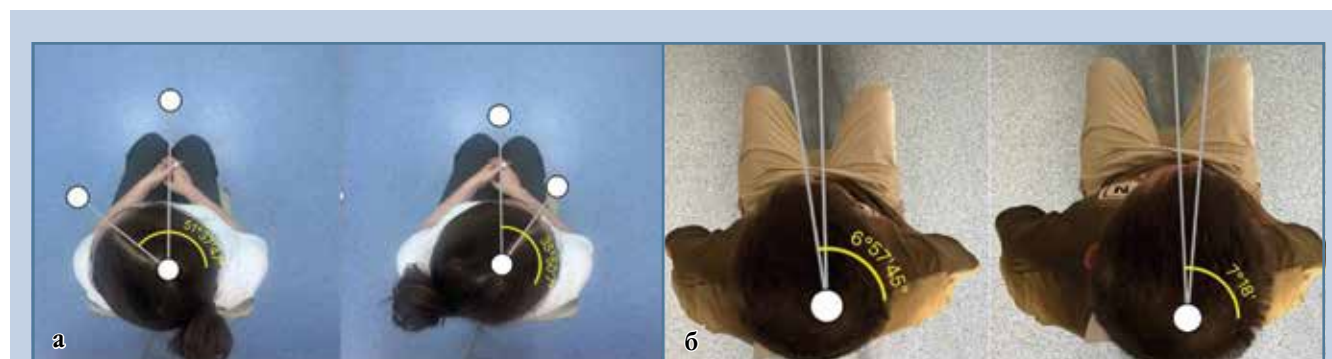


Рис. 3

Пациент группы 1 через 12 мес. после удаления металлоконструкции: суммарная ротация – 86,7° (а); пациент группы 2 без удаления металлоконструкции, суммарная ротация – 13,7° (б)

позвоночника при поворотах головы оценивали с использованием авторской 6-балльной порядковой шкалы (от 0 до 5 баллов), где 0 баллов – отсутствие скованности, а 5 баллов – крайне выраженное ограничение ротационных движений. Оценка основывалась на субъективном восприятии пациентом ограничения поворотов головы в повседневной жизни. Баллы шкалы интерпретировали следующим образом: 0 – скованность отсутствует; 1 – минимальная скованность, возникающая только при крайних поворотах головы; 2 – легкая скованность без существенного влияния на повседневную активность; 3 – умеренная скованность, периодически затрудняющая бытовые повороты головы; 4 – выраженная скованность с необходимостью компенсаторного поворота туловища; 5 – крайне выраженная скованность с резким ограничением или практически невозможностью ротационных движений. Оценку проводили в те же сроки наблюдения, что и анализ болевого синдрома и ротационной подвижности.

Статистический анализ. Статистическую обработку данных проводили с использованием методов описательной и сравнительной статистики. Нормальность распределения количественных показателей оценивали отдельно в каждой группе на каждом сроке наблюдения с помощью критерия Шапиро – Уилка. Статистически значимых отклонений от нормального распределения выявлено не было, в связи с чем количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Межгрупповые сравнения выполняли отдельно на каждом сроке наблюдения (исходно, через 3, 6 и 12 мес.) с использованием *t*-критерия Уэлча, не требующего равенства дисперсий между группами. В табл. сравниваются бинарный пол, категориальная причина травмы и бинарная классификация перелома. Категориальные показатели представлены в виде абсолютных значений и долей (*n*, %). Межгрупповые сравнения бинар-

ных показателей (пол, классификация перелома по типам IIВ и IIС) выполняли с использованием точного критерия Фишера, обеспечивающего корректные результаты при малых объемах выборок и наличии ячеек таблиц сопряженности с ожидаемыми частотами менее 5. Сравнение причин травмы (таблица сопряженности $2 \times k$) проводили с помощью обобщения точного критерия Фишера для таблиц размером более 2×2 (критерий Фишера – Фримена – Холтона). Для всех категориальных сравнений рассчитывали двусторонние *p*-значения; уровень статистической значимости принимали равным $p < 0,05$.

Величину межгрупповых различий оценивали по разнице средних, рассчитанной как значение в группе удаления металлоконструкции минус значение в группе сохранения конструкции, с представлением 95% доверительного интервала (ДИ). Значения *p* представлены с точностью до трех знаков после запятой; значения менее 0,001 обозначены как $p < 0,001$. Полученные результаты следует рассматривать как результаты поэтапного межгруппового анализа, а не как полноценную модель продольной динамики повторных измерений.

Результаты

Среди 49 обследованных мужчин было 38 (77,5 %), женщин – 11 (22,5 %). Наиболее частой причиной травмы (30 пациентов, 61,2 %) явилось дорожно-транспортное происшествие. Демографические и клинические характеристики пациентов обеих групп представлены в табл. Нерандомизированное формирование групп не позволяет исключить влияние различий между пациентами на результаты сравнения.

При межгрупповом сравнении статистически значимых различий по ВАШ на исходном уровне и через 3 мес. выявлено не было ($p = 0,062$ и $p = 0,124$ соответственно). Однако в срок 6 мес. в группе удаления металлоконструкции результат по ВАШ был ниже, чем в группе без удаления, различие достигло статистической значимости ($1,8 \pm 0,4$ против $3,0 \pm 1,7$; разница средних $-1,2$; 95% (ДИ: $-1,89... -0,51$; $p = 0,001$), что сохранялось через 12 мес. ($1,0 \pm 0,3$ против $3,2 \pm 1,5$; разница средних $-2,2$; 95% ДИ: $-2,79... -1,61$; $p < 0,001$; рис. 4).

По показателю суммарной ротации шеи исходно статистически значимых различий между группами не выявлено: средняя межгруппо-

Таблица

Характеристики пациентов исследуемых групп

Параметр	Группа 1 (<i>n</i> = 22)	Группа 2 (<i>n</i> = 27)	<i>p</i>
Средний возраст, лет	48,2 ± 8,8	46,5 ± 7,2	0,447
Пол, <i>n</i> (%)			
– мужчины	18 (81,8)	20 (74,1)	0,506
– женщины	4 (18,2)	7 (25,9)	
Причина травмы, <i>n</i> (%)			
– дорожно-транспортное происшествие	14 (63,6)	16 (59,3)	0,522
– падение	5 (22,7)	10 (37,0)	
– прочие	3 (13,7)	1 (3,7)	
Классификация перелома, <i>n</i> (%)			
– тип IIВ	18 (81,8)	20 (74,1)	0,609
– тип IIС	4 (18,2)	7 (25,9)	
Среднее время от травмы до фиксации C ₁ –C ₂ , дни	5,1 ± 3,5	5,8 ± 2,6	0,654
Сроки консолидации, мес.	12,0 ± 1,4	13,0 ± 2,0	0,154

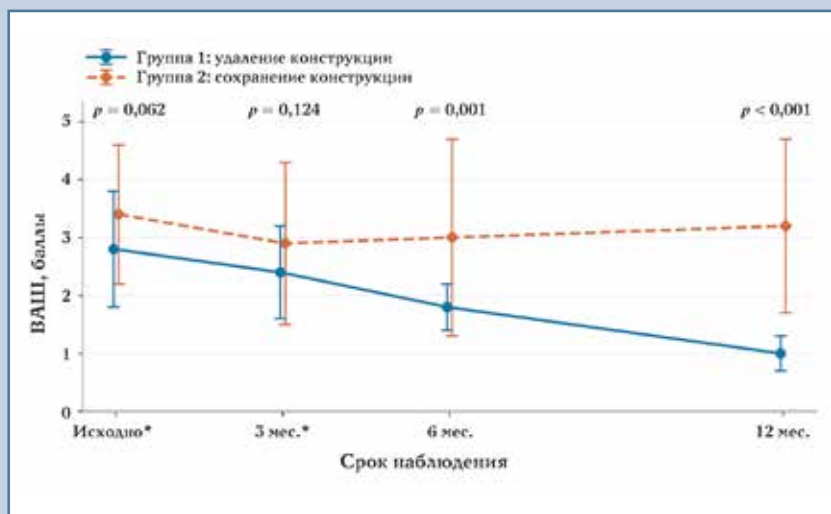


Рис. 4

Интенсивность боли по ВАШ в группах удаления и сохранения металлоконструкции на этапах наблюдения. Точки обозначают средние значения, вертикальные отрезки – ± 1 стандартное отклонение ($M \pm SD$). Группа 1 – удаление металлоконструкции; группа 2 – сохранение металлоконструкции

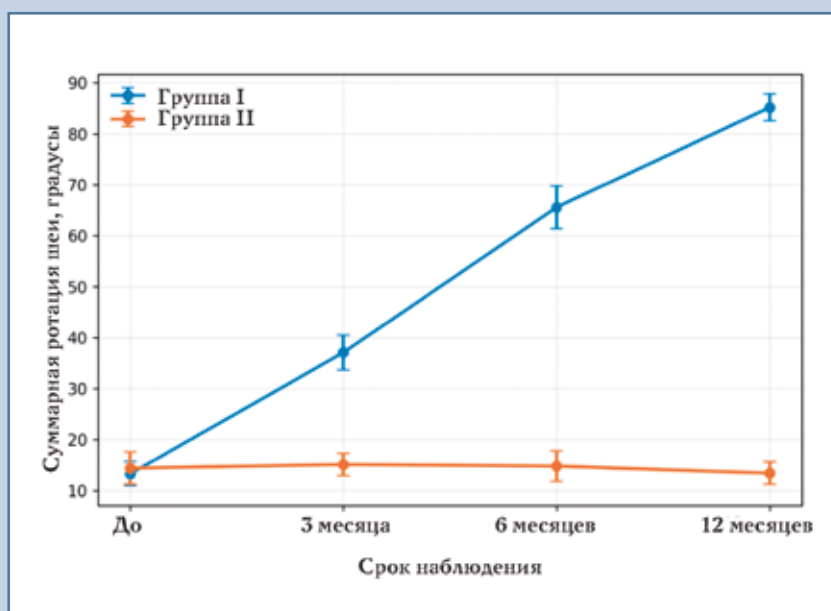


Рис. 5

Суммарная ротация шеи в группах удаления и сохранения металлоконструкции на этапах наблюдения. Точки обозначают средние значения, вертикальные отрезки – ± 1 стандартное отклонение ($M \pm SD$). Группа 1 – удаление металлоконструкции; группа 2 – сохранение металлоконструкции

вая разница составила $-1,1^\circ$ (95% ДИ: от $-2,71$ до $0,51$; $p = 0,176$). Однако в дальнейшем у пациентов с удаленной металлоконструкцией зарегистрирована существенно большая суммарная ротация, чем без удаления конструкции: через 3 мес. межгрупповая разница составила $22,0^\circ$ (95% ДИ: $20,29-23,71$; $p < 0,001$), через 6 мес. – $50,8^\circ$ (95% ДИ: $48,64-52,96$; $p < 0,001$), через 12 мес. – $71,8^\circ$ (95% ДИ: $70,39-73,21$; $p < 0,001$). Таким образом, удаление металлоконструкции ассоциировалось с прогрессирующим увеличением суммарной ротационной подвижности шеи в среднемсрочном периоде наблюдения (рис. 5).

Аналогичная закономерность установлена при анализе локальной ротации в сегменте C₁–C₂. Исходно зарегистрированный объем ротации в сегменте C₁–C₂ в обеих группах составлял 0° . В группе удаления металлоконструкции средний объем ротации через 3, 6 и 12 мес. составил соответственно $17,2^\circ \pm 3,4^\circ$, $27,5^\circ \pm 2,2^\circ$ и $33,5^\circ \pm 8,0^\circ$ ($M \pm SD$). Соответствующие 95% ДИ среднего значения составили $15,69-18,71^\circ$, $26,52-28,48^\circ$ и $29,95-37,05^\circ$. В группе сохранения металлоконструкции зарегистрированный объем ротации на всех сроках оставался равным 0° . Межгрупповые различия через 3, 6 и 12 мес. были статистически значимыми ($p < 0,001$).

При исходной оценке выраженность субъективной скованности в группах существенно не различалась, составив (в баллах) $3,4 \pm 1,2$ в группе 1 и $3,1 \pm 0,8$ в группе 2 ($p = 0,322$). Через 3 мес. показатели в группах составили соответственно $2,2 \pm 1,0$ против $3,8 \pm 0,5$ ($p < 0,001$), через 6 мес. – $1,3 \pm 0,6$ против $3,2 \pm 0,7$ балла ($p < 0,001$) и через 12 мес. – $1,1 \pm 0,4$ против $3,7 \pm 1,1$ балла ($p < 0,001$). Следовательно, после удаления металлоконструкции субъективно оцениваемая скованность постепенно уменьшалась, тогда как при сохраненной фиксации оставалась на относительно высоком уровне на протяжении всего периода наблюдения. Клинически значимых периоперационных осложнений, потребовавших дополнитель-

ного лечения или повторного вмешательства, в анализируемой серии не отмечено.

Обсуждение

Полученные в исследовании данные показывают, что удаление металлоконструкции после консолидации перелома зубовидного отростка C₂ ассоциировалось с существенным восстановлением ротационной функции верхнешейного отдела позвоночника. По нашим наблюдениям, после демонтажа конструкции подвижность в сегменте C₁–C₂ последовательно увеличивалась в течение 12 мес., а суммарная ротация шеи возрастала параллельно восстановлению изолированной атлантоаксиальной ротации.

Статистически значимое уменьшение болевого синдрома в группе удаления металлоконструкции отмечено через 6 и 12 мес. наблюдения, что указывает скорее на отсроченный клинико-функциональный эффект, чем на непосредственное противоболевое действие вмешательства. Вероятно, снижение боли связано с частичным восстановлением ротационной подвижности сегмента C₁–C₂, уменьшением субъективной скованности и снижением механического дискомфорта, возникающего при длительной ригидной фиксации верхнешейного отдела. Вместе с тем, учитывая ретроспективный характер исследования и нерандомизированное формирование групп, данный результат следует интерпретировать с осторожностью, поскольку он может быть частично связан с исходными различиями между пациентами, а не только с фактом удаления металлоконструкции. После удаления металлоконструкции у пациентов группы 1 скованность при поворотах головы постепенно уменьшалась. В группе с сохраненной фиксацией этот показатель, напротив, оставался высоким на всех этапах наблюдения.

Полученные данные близки к результатам ранее опубликованных работ, в которых временная фиксация C₁–C₂ без спондилодеза по частоте консоли-

дации сопоставлялась со стандартными методами, но отличалась более благоприятным функциональным профилем. В сравнении с задним спондилодезом C₁–C₂ такая тактика позволяет избежать намеренного формирования костного блока и тем самым сохранить возможность восстановления части ротационной подвижности после завершения консолидации перелома и удаления конструкции [4]. По данным литературы, при сходной частоте сращения у пациентов после временной фиксации отмечались лучшие показатели качества жизни, меньшая выраженность боли и скованности в шее по сравнению с больными после заднего спондилодеза [4].

Сравнение с вентральной фиксацией зубовидного отростка представляется более сложным. По данным одних исследований [5], временная задняя фиксация без спондилодеза и передняя винтовая фиксация обеспечивают близкие функциональные результаты и сходный объем движений. Однако в других работах у пациентов с задней временной фиксацией на определенных этапах наблюдения отмечались более высокие значения NDI (Neck Disability Index), больший шейный дискомфорт и более выраженное ограничение движений по сравнению с передней фиксацией [6]. Вероятным объяснением этого расхождения является временной фактор: оценка, выполненная до удаления конструкции или в период сохраняющейся фиксации C₁–C₂, закономерно отражает механическое ограничение ротации, тогда как после демонтажа имплантатов дискомфорт уменьшается, а объем движений возрастает. Именно такой сценарий наблюдался и в нашей серии, где на протяжении первого года после удаления конструкции отмечено последовательное улучшение функциональных показателей.

Следует, однако, подчеркнуть, что выявленное нами восстановление подвижности в течение первого года после удаления конструкции не позволяет судить о долгосрочном функциональном исходе. В литературе имеются данные, что, несмотря

на улучшение NDI и уменьшение скованности после удаления имплантатов, при длительном наблюдении полноценное сохранение атлантоаксиальной ротации может не достигаться. В частности, описано развитие атлантоодонтоидного остеоартроза у значительной доли пациентов после удаления конструкции, а степень сохраненной ротации обратно коррелирует как с тяжестью первичного повреждения тканей, так и с выраженностью дегенеративных изменений [2]. Это указывает на то, что конечный функциональный результат определяется не только фактом удаления металлоконструкции, но и биомеханическими последствиями самой травмы, а также последующим ремоделированием суставов C₁–C₂.

В этом контексте наши данные целесообразно интерпретировать как отражающие преимущественно среднесрочный (12-месячный) эффект удаления фиксатора. Мы продемонстрировали, что в течение этого срока после удаления конструкции возможно клинически значимое увеличение ротации без роста болевого синдрома. Вместе с тем на основании имеющегося материала нельзя сделать вывод о том, насколько устойчивым окажется этот эффект в более отдаленные сроки и в какой мере он будет зависеть от развития посттравматических дегенеративных изменений атлантоаксиального комплекса.

Практическое значение полученных результатов состоит в том, что временная дорсальная фиксация C₁–C₂ с последующим удалением металлоконструкции может рассматриваться как рациональная лечебная опция у тщательно отобранных пациентов молодого и среднего возраста, мотивированных на восстановление подвижности и имеющих подтвержденную консолидацию перелома при сохраненной стабильности сегмента и отсутствии спонтанного костного блока. Такая тактика представляется особенно оправданной в ситуациях, когда передняя винтовая фиксация технически невозможна или противопоказана.

В целом результаты настоящего исследования подтверждают перспективность временной фиксации C₁–C₂ без спондилодеза как метода, позволяющего после консолидации перелома добиться восстановления ротационной функции верхнешейного отдела позвоночника. Вместе с тем для окончательной оценки преимуществ данной тактики необходимы дальнейшие наблюдения с длительным КТ-контролем, анализом дегенеративных изменений атлантоаксиальных суставов и сопоставлением с альтернативными методами хирургического лечения.

У пациентов молодого возраста с переломами зубовидного отростка C₂ временная дорсальная фиксация C₁–C₂ без спондилодеза с последующим удалением металлоконструкции может рассматриваться как целесообразная хирургическая тактика в тех случаях, когда приоритетом является достижение более благоприятного функционального результата за счет частичного восстановления ротационной подвижности. С практической точки зрения выявленное увеличение суммарной ротации шеи и уменьшение субъективной скованности имеют значение не только как формальные функциональные показатели, но и как факторы, потенциально влияющие на повседневную активность пациента. Речь идет прежде всего о действиях, требующих поворота головы в стороны: контроле дорожной обстановки при вождении

автомобиля, возможности смотреть через плечо, ориентировании в пространстве при ходьбе и бытовой активности. В этом смысле восстановление ротационной подвижности после удаления металлоконструкции может иметь для пациентов самостоятельную клиническую ценность.

Ограничения исследования. Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов. Ретроспективный одноцентровый нерандомизированный дизайн и относительно небольшая выборка ограничивают возможность контроля смешивающих факторов и не позволяют полностью исключить систематические ошибки. Дополнительным источником потенциальной несопоставимости групп являлось то, что решение об удалении металлоконструкции принималось индивидуально на основании совокупности клинико-лучевых данных, выраженности функциональных жалоб, а также субъективного желания пациента после обсуждения возможных преимуществ и рисков повторного хирургического вмешательства. Это могло обусловить систематическую ошибку отбора и повлиять на полученные результаты. Кроме того, использованная авторская шкала субъективной оценки скованности не прошла предварительную валидацию. Продолжительное наблюдение, ограниченная 12 мес., не позволяет сделать обоснованные выводы о дол-

госрочных функциональных исходах, устойчивости достигнутого восстановления объема движений.

Статистический анализ носил поэтапный межгрупповой характер и выполнялся отдельно на каждом сроке наблюдения, без использования моделей, специально предназначенных для анализа повторных измерений. В связи с этим полученные результаты позволяют оценить различия между группами в отдельных временных точках, однако не обеспечивают полноценного анализа индивидуальной продольной динамики показателей во времени.

Заключение

У пациентов после временной дорсальной фиксации C₁–C₂ без спондилодеза удаление металлоконструкции после подтвержденной консолидации перелома ассоциировалось с улучшением функционального состояния шейного отдела позвоночника, что проявлялось частичным восстановлением ротационной подвижности, уменьшением субъективной скованности и снижением интенсивности боли в среднесрочном периоде наблюдения. С учетом ретроспективного нерандомизированного дизайна полученные результаты требуют подтверждения в проспективных сравнительных исследованиях.

Литература/References

1. Губин А.В., Бурцев А.В., Рябых С.О., Климов В.С., Евсюков А.В., Ивлиев Д.С. Анализ винтовой фиксации C₁, C₂ при атлантоаксиальной нестабильности у пациентов разных возрастных групп. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(3):6–12. [Gubin AV, Burtsev AV, Ryabykh SO, Klimov VS, Evsyukov AV, Ivliev DS. Analysis of C1, C2 screw fixation for atlantoaxial instability in patients of different age groups. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2018;15(3):6–12]. DOI: <https://doi.org/10.14531/ss2018.3.6-12> EDN: <https://elibrary.ru/UZBQHW>
2. Ma F, Fan Y, Liao Y, Tang Q, Tang C, Xu S, Wang Q, Lan Y, Zhong D. Management of fresh odontoid fractures using posterior C1-2 fixation without fusion: a long-term clinical follow-up study. *J Neurosurg Spine*. 2021;36:968–978. DOI: <https://doi.org/10.3171/2021.9.SPINE21822>
3. Guo Q, Zhang M, Wang L, Lu X, Guo X, Ni B. Comparison of atlantoaxial rotation and functional outcomes of two nonfusion techniques in the treatment of Anderson-D'Alonzo type II odontoid fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41:E751–E758. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001370>
4. Ibrahim Y, Li H, Zhao G, Yuan S, Zhao Y, Liu W, Tian Y, Wang L, Liu X. Posterior temporary C1-2 pedicle screws fixation for the treatment of unstable C1-2 complex fractures: minimum of 2-year follow-up. *Global Spine J*. 2023;13:1522–1532. DOI: <https://doi.org/10.1177/21925682211039186>
5. Guo Q, Deng Y, Wang J, Wang L, Lu X, Guo X, Ni B. Comparison of clinical outcomes of posterior C1-C2 temporary fixation without fusion and C1-C2 fusion for fresh odontoid fractures. *Neurosurgery*. 2016;78:77–83. DOI: <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001006>

6. Yuan S, Wei B, Tian Y, Yan J, Xu W, Wang L, Liu X. The comparison of clinical outcome of fresh type II odontoid fracture treatment between anterior cannulated screws fixation and posterior instrumentation of C1-2 without fusion: a retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res*. 2018;13:3. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-017-0702-0>

Статья поступила в редакцию 23.06.2026

Рецензирование пройдено 21.07.2026

Подписано в печать 21.08.2026

Received 23.06.2026

Review completed 21.07.2026

Passed for printing 21.08.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. И.В. Басанкин – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи; А.А. Гользатын – разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, анализ полученных данных; К.К. Тахмязян – анализ полученных данных; А.А. Афаунов – анализ полученных данных; П.Б. Нестеренко – анализ полученных данных; В.К. Шаповалов – анализ полученных данных; М.А. Димитраш – анализ полученных данных. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и достоверностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Исследование выполнено в инициативном порядке, без привлечения внешнего финансирования, протокол исследования не проходил рассмотрение и утверждение локальным этическим комитетом.

Согласие на публикацию. Ввиду ретроспективного дизайна исследования требование получения информированного согласия на использование данных в научных целях не применялось; все данные анализировали в обезличенной форме, исключая возможность идентификации пациентов.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Игорь Вадимович Басанкин, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3541-8946; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3549-0794>; basankin@rambler.ru

✉Абрам Акопович Гользатын, канд. мед. наук; Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6853-4861;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1260-4007>; abramgulz@gmail.com

Карпет Карпетович Тахмязян, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4792-9506; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4496-2709>; drkarpo@gmail.com

Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8039-9920; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7976-860X>; afaunovkr@mail.ru

Павел Борисович Нестеренко; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3307-0374>; Lestor_2000@mail.ru

Владимир Константинович Шаповалов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=2639-0804; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4556-251X>; shapovalovspine@gmail.com

Максим Александрович Димитраш; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4332-4932>; maximdimitrash@mail.ru

Authors' Info

Igor Vadimovich Basankin, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3541-8946; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3549-0794>; basankin@rambler.ru

✉Abram Akopovich Giulzatyan, MD, Cand. Sci. (Medicine); 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=6853-4861;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1260-4007>; abramgulz@gmail.com

Karapet Karapetovich Takhmazyan, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4792-9506; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4496-2709>; drkarpo@gmail.com

Asker Alievich Afaunov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8039-9920; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7976-860X>; afaunovkr@mail.ru

Pavel Borisovich Nesterenko; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3307-0374>; Lestor_2000@mail.ru

Vladimir Konstantinovich Shapovalov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=2639-0804; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4556-251X>; shapovalovspine@gmail.com

Maksim Aleksandrovich Dimitrash; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4332-4932>; maximdimitrash@mail.ru



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ РЕНТГЕНОГРАММ ПОЗВОНОЧНИКА С РАСЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ САГИТТАЛЬНОГО БАЛАНСА: РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ КЛИНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Д.В. Иванов¹, Е.О. Перецманас², А.В. Доль¹, Л.В. Бессонов¹, А.А. Ковзалов¹, А.А. Родин², Ю.Ю. Щепетева²,
Е.С. Кузьмина³, О.А. Смышкова³, А.А. Кисель⁴

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия;

²Национальный медицинский исследовательский центр
фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний, Москва, Россия;

³Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования, Смоленск, Россия;

⁴ООО «Меритус», Москва, Россия

Цель исследования. Разработать и оценить систему автоматизированного анализа фронтальных и боковых рентгенограмм позвоночника в положении пациента стоя с последующим расчетом параметров сагиттального баланса и персонализированных целевых позвоночно-тазовых параметров на основе тазового индекса (PI).

Материал и методы. Ретроспективное двухцентровое исследование. В анализ включены обезличенные цифровые рентгенограммы позвоночника и таза в прямой и боковой проекциях, выполненные в положении стоя у 1076 пациентов. Для обучения, валидации и тестирования использовали 973 полностью размеченных и верифицированных исследования. Для автоматической сегментации применяли архитектуру U-Net с последующим расчетом параметров сагиттального баланса и возможностью вычисления фронтальных параметров. Отдельный анализ согласия экспертных и автоматических измерений выполнен для параметров PI, PT, SS, GLL и L₄–S₁. Качество сегментации оценивали по метрикам Dice (коэффициент Дайса) и IoU (коэффициент Жаккара). Дополнительно анализировали межэкспертную вариабельность разметки и сопоставляли результаты по схемам «модель–эксперт» и «эксперт–эксперт».

Результаты. На тестовой выборке среднее значение коэффициента Дайса между моделью и экспертом составило 90,1 %, что находится в пределах межэкспертной вариабельности (88,5–93,4 %). При сравнении автоматических и экспертных измерений параметров PI, PT, SS, GLL и L₄–S₁ на выборке из 46 пациентов отмечено высокое согласие между методами: значения ICC(A,1) находились в диапазоне 0,989–0,996, а границы их 95% доверительных интервалов — в диапазоне 0,977–0,998; средняя абсолютная ошибка составила 0,84–1,14°, а доля наблюдений с абсолютным расхождением не более 2,5° — 93,5–97,8 %. Полный цикл анализа одного пациента занимал менее трех секунд на графическом процессоре (GPU). Компоненты прототипа прошли успешную пилотную эксплуатацию.

Заключение. Разработанная система обеспечивает автоматическое распознавание анатомических структур на рентгенограммах позвоночника и расчет параметров сагиттального баланса с высокой согласованностью с экспертными измерениями. Система может использоваться для стандартизации рентгенографических измерений; ее применение в предоперационном планировании требует дальнейшей клинической валидации.

Ключевые слова: позвоночник; рентгенография; сагиттальный баланс; фронтальный баланс; позвоночно-тазовые параметры; искусственный интеллект; автоматическая сегментация; хирургия позвоночника.

Для цитирования: Иванов Д.В., Перецманас Е.О., Доль А.В., Бессонов Л.В., Ковзалов А.А., Родин А.А., Щепетева Ю.Ю., Кузьмина Е.С., Смышкова О.А., Кисель А.А. Автоматизированный анализ рентгенограмм позвоночника с расчетом параметров сагиттального баланса: разработка и валидация системы поддержки клинических измерений // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 68–75. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.68-75>

AUTOMATED ANALYSIS OF SPINAL RADIOGRAPHS WITH CALCULATION OF SAGITTAL BALANCE PARAMETERS: DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A CLINICAL MEASUREMENT SUPPORT SYSTEM

D.V. Ivanov¹, E.O. Peretsmanas², A.V. Dol¹, L.V. Bessonov¹, A.A. Kovzalov¹, A.A. Rodin², Yu.Yu. Shchepeteva²,
E.S. Kuzminova³, O.A. Smychkova³, A.A. Kisel⁴

¹Saratov State University, Saratov, Russia;

²National Medical Research Center of Phthisiopulmonology and Infectious Diseases, Moscow, Russia;

³Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Smolensk, Russia;

⁴Meritus LLC, Moscow, Russia

Objective. To develop and evaluate a system for automated analysis of standing anteroposterior and lateral spinal radiographs with subsequent calculation of sagittal balance parameters and determination of personalized target spinopelvic parameters based on the pelvic incidence (PI).

Material and Methods. A retrospective two-center study was conducted. The analysis included anonymized digital radiographs of the spine and pelvis in anteroposterior and lateral projections obtained in a standing position from 1,076 patients. A total of 973 fully annotated and expert-verified studies were used for training, validation, and testing. Automatic segmentation was performed using a U-Net architecture, followed by calculation of sagittal balance parameters with the possibility of deriving coronal parameters. A separate analysis of agreement between expert and automated measurements was conducted for the PI, PT, SS, GLL, and L4–S1 parameters. Segmentation quality was assessed using the Dice coefficient and IoU (Jaccard index). Inter-expert variability of annotations was additionally analyzed, and results were compared using “model–expert” and “expert–expert” schemes.

Results. On the test dataset, the mean Dice coefficient between the model and the expert was 90.1%, falling within the range of inter-expert variability (88.5–93.4%). A comparison of automated and expert measurements of PI, PT, SS, GLL, and L4–S1 parameters in a subset of 46 patients demonstrated high agreement between the methods: ICC(A,1) values ranged from 0.989 to 0.996; the 95% confidence intervals for ICC(A,1) ranged from 0.977 to 0.998; the mean absolute error ranged from 0.84° to 1.14°, and the proportion of measurements with an absolute difference of no more than 2.5° was 93.5–97.8%. The complete analysis cycle for a single patient required less than 3 seconds on a graphics processing unit (GPU). The prototype components successfully underwent pilot testing.

Conclusion. The developed system enables the automatic recognition of anatomical structures on spinal radiographs and the calculation of sagittal balance parameters with a high level of agreement with expert measurements. The system may be used to standardize radiographic measurements; however, its use in preoperative planning requires further clinical validation.

Key Words: spine; radiography; sagittal balance; frontal balance; spinopelvic parameters; artificial intelligence; automated segmentation; spine surgery.

Please cite this paper as: Ivanov DV, Peretsmanas EO, Dol AV, Bessonov LV, Kovzalov AA, Rodin AA, Shchepeteva YuYu, Kuzminova ES, Smychkova OA, Kisel AA. Automated analysis of spinal radiographs with calculation of sagittal balance parameters: development and validation of a clinical measurement support system. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):68–75. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.68-75>

Количественная оценка сагиттального и фронтального баланса позвоночника по рентгенограммам в положении пациента стоя имеет ключевое значение для диагностики, планирования хирургического лечения и оценки его результатов. Параметры SVA, PT, LL, PI и PI–LL mismatch связаны с функциональным статусом пациентов и риском неблагоприятных исходов после коррекции деформаций позвоночника [1–4]. В отечественной литературе также подчеркивается значение стандартизированной оценки PI, PT, SS, LL и SVA при анализе нарушений сагиттального профиля [5–7]. Однако ручные и полуавтоматические измерения остаются оператор-зависимыми и подвержены межэкспертной вариабельности.

Методы глубокого обучения, включая U-Net, широко применяются для автоматического анализа медицинских изображений [8, 9]. Для рентгенограмм позвоночника показана возможность автоматической сегментации и идентификации позвонков [10], однако качество таких систем

зависит от согласованности обучающей разметки: шумные или противоречивые метки могут снижать устойчивость модели и формировать систематические ошибки [11].

Именно поэтому актуальна разработка системы, объединяющей стандартизированную разметку рентгенограмм, автоматическую сегментацию анатомических структур и расчет параметров сагиттального баланса с определением персонализированных целевых значений на основе тазового индекса (PI). Возможность вычисления фронтальных параметров рассматривается как техническое расширение, требующее отдельной количественной валидации.

Цель исследования – разработать и оценить систему автоматизированного распознавания анатомических структур на фронтальных и боковых рентгенограммах позвоночника в положении пациента стоя с последующим расчетом параметров сагиттального баланса и персонализированных целевых позвоночно-тазовых параметров на основе PI.

Материал и методы

Дизайн исследования и источник данных

Проведено ретроспективное двух-центровое исследование по разработке и валидации системы автоматизированного анализа рентгенограмм позвоночника. Исходные данные получены из Национального медицинского исследовательского центра фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний (Москва) и Федерального центра травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Смоленск). Включали обезличенные цифровые рентгенограммы позвоночника и таза в прямой и боковой проекциях, выполненные в положении пациента стоя. Критерии исключения: выраженные артефакты и отсутствие полного покрытия от шейного отдела до проксимальных отделов бедер.

Демографические и клинические характеристики пациентов были недоступны вследствие полной анонимизации данных. Исследование не предполагало вмешательства или работы с персональными данными. Получение

индивидуального согласия и отдельного одобрения локального этического комитета не требовалось.

Протокол ручной разметки анатомических структур

Разметку выполняли по стандартизированному многоэтапному протоколу: первичное контурирование, экспертная проверка, коррекция и утверждение результата. На фронтальных и боковых рентгенограммах размечали тела позвонков C_1-L_5 при их видимости, крестец, головки бедренных костей и подвздошные кости на прямых снимках. Каждому контуру присваивали анатомическую метку из predetermined списка.

Предобработка изображений и аугментация

Изображения приводили к размеру 512×512 пикселей, интенсивность нормализовали к диапазону от 0 до 1. Для повышения обобщающей способности модели применяли стандартные аугментации: повороты, масштабирование, горизонтальное отражение для прямых снимков, изменение яркости и контраста, добавление гауссова шума (случайных изменений яркости пикселей с нормальным распределением).

Модель сегментации

Для автоматического распознавания анатомических структур использовали U-Net с энкодером ResNet34 (блоком извлечения признаков изображения). На вход подавали одноканальное изображение 512×512 пикселей, на выходе получали маски тел позвонков, крестца, головок бедренных костей и тазовых ориентиров. Модель обучали с комбинированной функцией потерь Dice Loss и Cross-Entropy Loss, оптимизатором AdamW, начальной скоростью обучения 10^{-4} , размером пакета 8 изображений и ранней остановкой по результатам валидации.

Расчет параметров сагиттального баланса и вычисление фронтальных параметров

По сегментационным маскам автоматически рассчитывали PI, SS, PT, GLL и L_4-S_1 . Центры тел позвонков определяли по минимальным ограничиваю-

щим прямоугольникам, бикоксофеморальную ось – как середину отрезка между центрами головок бедренных костей. Также алгоритм предусматривал расчет целевых значений параметров, связанных с PI, по опубликованным клиническим соотношениям [3]. Их клиническая интерпретация требует учета возраста и других характеристик пациента.

Под фронтальными параметрами в настоящей работе понимаются параметры, рассчитываемые по прямой рентгенограмме во фронтальной плоскости; их количественная валидация в данном исследовании не проводилась и рассматривается как отдельный этап дальнейшей работы.

Метрики оценки и анализ межэкспертной вариабельности

Качество сегментации оценивали по коэффициенту Дайса (Dice) и коэффициенту Жаккара (IoU) с усреднением по анатомическим структурам и тестовым изображениям. Точность автоматических измерений оценивали на подвыборке из 46 пациентов, для которых были доступны парные экспертные и автоматические значения PI, PT, SS, GLL и L_4-S_1 . Основной массив из 973 исследований использовали для обучения и валидации сегментации. Рассчитывали средние значения, стандартное отклонение (SD), среднюю разность, 95% доверительный интервал (ДИ) средней разности, среднюю абсолютную ошибку (MAE), корень из средней квадратической ошибки (RMSE), коэффициент внутриклассовой корреляции для абсолютного согласия ICC(A,1) с 95% ДИ и долю измерений с абсолютным расхождением $\leq 2,5^\circ$. Систематическое смещение оценивали по средней разности и ее 95% ДИ.

Эксперименты по влиянию объема данных и согласованности разметки

Дополнительно оценивали влияние объема обучающей выборки и согласованности разметки на качество модели. Статистический анализ выполняли в Python с использованием SciPy и NumPy. Проверку нормальности распределения не проводили;

систематическое смещение оценивали описательно по средней разности и 95% ДИ.

Результаты

Характеристика датасета

Собраны анонимизированные рентгенограммы 1076 пациентов. Полностью размеченные и экспертно верифицированные данные включали 973 исследования, или 1946 снимков. Разделение на обучение, валидацию и тест выполняли на уровне пациентов в соотношении 70 : 15 : 15.

Под пациентом понимали уникального субъекта исследования, под исследованием – набор рентгенограмм одного пациента, под снимком – отдельное изображение в прямой или боковой проекции.

Качество сегментации

При пиксельной оценке сегментации по всем анатомическим структурам увеличение обучающей подвыборки с 600 до 1000 снимков сопровождалось ростом IoU с 0,57 до 0,59 и Dice с 0,72 до 0,74. Визуальный анализ показал, что модель уверенно выделяет контуры тел позвонков в большинстве отделов позвоночника; основные ошибки возникали в зонах низкой контрастности и наложения анатомических структур, где вариабельность экспертной разметки также была выше (рис.).

Межэкспертная вариабельность разметки

На 50 случайно отобранных снимках выполнена независимая разметка тремя экспертами. Средний Dice составил 93,4 % при повторной разметке одним экспертом, 92,6 % – при сравнении двух экспертов, 88,5 % – при сравнении эксперта с независимым разметчиком (табл. 1). Эти значения отражают естественную границу воспроизводимости ручной разметки.

Сравнение «нейросеть–врач» и «врач–врач»

При объективной оценке совпадения контуров позвонков средний Dice между моделью и экспертом составил 90,1 %, что находится в диапазоне межэкспертной вариабельности

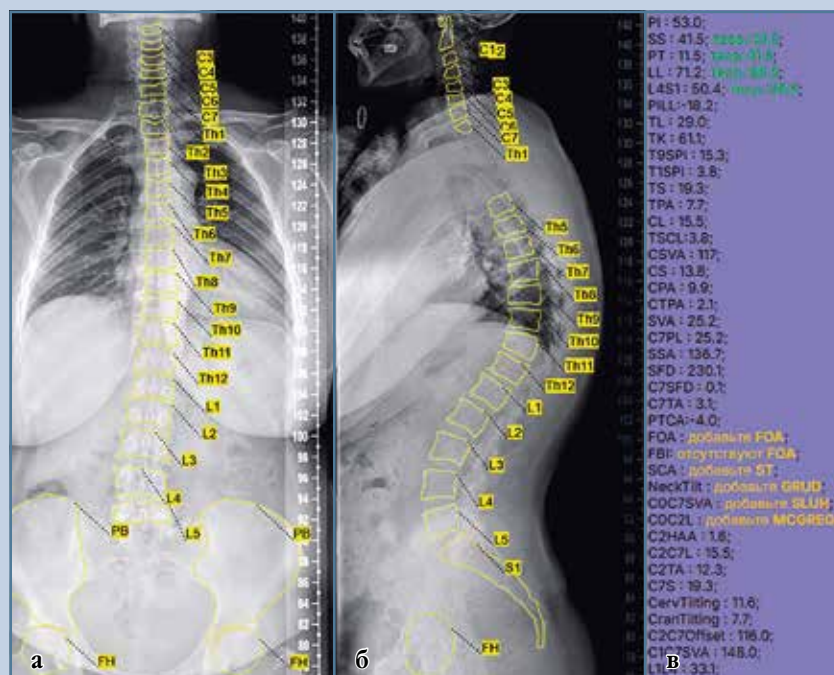


Рис.

Автоматически размеченные фронтальная (а) и сагиттальная (б) рентгенограммы и список вычисленных параметров сагиттального баланса (в)

Таблица 1

Метрики межэкспертной согласованности (Dice/IoU), %

Сравнение	Dice (среднее ± σ)	IoU (среднее ± σ)
Повторная разметка одним экспертом	93,4 ± 2,1	87,7 ± 3,4
Эксперт А vs. эксперт Б	92,6 ± 2,5	86,3 ± 4,0
Эксперт vs. независимый разметчик	88,5 ± 3,8	79,4 ± 5,2

(88,5–93,4 %). Различие с Dice 0,72–0,74 в табл. 2 объясняется разными уровнями оценки: в таблице отражена пиксельная сегментация по всем структурам, тогда как 90,1 % рассчитаны на уровне объектов при сравнении контуров позвонков.

Влияние несогласованности разметки на обучение

Несогласованность разметки снижает устойчивость модели: при ошибках нумерации позвонков или геометрически некорректных контурах качество на валидационной выборке становилось менее стабильным, а итоговые маски могли содержать систематические пропуски или ложные области.

Автоматический расчет параметров баланса

Разработанные алгоритмы позволили автоматически рассчитывать фактические и целевые параметры сагиттального баланса. Вычисление фронтальных параметров реализовано в прототипе, но требует отдельной количественной валидации.

На 46 парных наблюдениях автоматические измерения PI, PT, SS, GLL и L4-S1 показали высокое согласие с экспертной оценкой: ICC (A,1) составил 0,989–0,996; 95% ДИ: 0,977–0,998; MAE – 0,84–1,14°, доля расхождений ≤2,5° – 93,5–97,8 % (табл. 2). Полный цикл анализа одного пациента зани-

мал менее трех секунд на графическом процессоре (GPU). Компоненты прототипа прошли пилотную эксплуатацию в Федеральном центре травматологии, ортопедии и эндопротезирования (Смоленск).

При $n = 46$ различия между 93,5 %, 95,7 % и 97,8 % соответствуют 43, 44 и 45 наблюдениям соответственно, поэтому разброс долей отражает единичные случаи превышения порога 2,5°.

Полученные показатели точности относятся к параметрам PI, PT, SS, GLL и L4-S1, которые используются при анализе сагиттального профиля и планировании коррекции деформаций позвоночника [6].

Обсуждение

В настоящем исследовании разработана и валидирована система автоматизированного анализа рентгенограмм позвоночника с расчетом параметров сагиттального баланса. Основные результаты: создание датасета из 1076 пациентов, достижение Dice 0,74 и IoU 0,59 при пиксельной оценке сегментации, сопоставимость качества модели с межэкспертной вариабельностью и высокое согласие автоматических измерений PI, PT, SS, GLL и L4-S1 с экспертными.

Полученные показатели сегментации следует интерпретировать с учетом широкого анатомического охвата снимков и наличия зон низкой контрастности. В отличие от работ, ограниченных отдельными отделами позвоночника [10], наш датасет включал изображения от шейного отдела до проксимальных отделов бедренных костей, что затрудняет прямое сопоставление метрик. В целом результаты согласуются с данными о применимости глубокого обучения для анализа рентгенограмм позвоночника [8–10].

Межэкспертная вариабельность оказалась существенным ограничением качества модели. Средний Dice между экспертами составил 88,5–93,4 %, а Dice между моделью и экспертом – 90,1 %. Это означает, что точность алгоритма приблизилась к естественной воспроизводи-

Таблица 2

Согласие между экспертными и автоматическими измерениями параметров баланса позвоночника ($n = 46$)

Параметр	Эксперт, $M \pm SD$	Нейросеть, $M \pm SD$	Средняя разность (нейросеть – эксперт), град.	95% ДИ средней разности, град.	MAE, град.	RMSE, град.	ICC(A,1) (95% ДИ)	Доля $ \Delta $ $\leq 2,5^\circ$, %
PI	54,40 $\pm$ 12,79	54,78 $\pm$ 12,63	0,39	–0,02–0,79	1,04	1,39	0,994 (0,989–0,997)	93,5
PT	14,42 $\pm$ 8,68	14,70 $\pm$ 8,84	0,28	–0,11–0,67	0,96	1,32	0,989 (0,979–0,994)	97,8
SS	39,93 $\pm$ 9,18	40,43 $\pm$ 9,03	0,50	0,11–0,89	1,14	1,38	0,989 (0,977–0,994)	93,5
GLL	51,55 $\pm$ 12,73	51,80 $\pm$ 12,84	0,26	–0,08–0,59	0,84	1,16	0,996 (0,993–0,998)	95,7
L_4-S_1	35,39 $\pm$ 11,77	35,57 $\pm$ 11,94	0,18	–0,20–0,55	0,98	1,26	0,994 (0,990–0,997)	95,7

M — среднее значение; SD — стандартное отклонение; MAE — средняя абсолютная ошибка; $RMSE$ — корень из средней квадратической ошибки; $ICC(A,1)$ — коэффициент внутриклассовой корреляции для абсолютного согласия; ДИ — доверительный интервал; Δ — абсолютное расхождение между автоматическим и экспертным измерением.

сти ручной разметки. В таких условиях дальнейший прирост метрик зависит не только от архитектуры модели, но и от качества эталонных данных [8, 11].

Ошибки нумерации позвонков и некорректные контуры приводили к нестабильности сегментации и воспроизведению ошибочных паттернов модели. Именно поэтому многоэтапный контроль разметки является обязательным условием разработки воспроизводимых систем автоматического анализа.

Автоматические измерения PI, PT, SS, GLL и L_4-S_1 показали высокое согласие с экспертными: ICC (A,1) составил 0,989–0,996, MAE – 0,84–1,14°, средняя разность не превышала 0,50°. Эти показатели позволяют рассматривать систему как инструмент стандартизации измерений сагиттального баланса [5, 6].

Алгоритм также предусматривает расчет целевых параметров на основе PI [3]. Однако из-за полной анонимизации данных возраст, пол и диагнозы пациентов были недоступны, поэтому клиническая интерпретация целевых значений требует дальнейшего проспективного исследования.

По величине ошибки результаты сопоставимы с опубликованными

автоматизированными решениями [13, 14]. В работе Korez et al. [13] MAE составила 5,0° для SS, 2,7° – для PT и 5,5° – для PI, тогда как в нашем исследовании – 1,14°, 0,96° и 1,04° соответственно. Прямое сравнение ограничено различиями в дизайне, выборах, протоколах разметки и наборе параметров.

В многоэкспертном исследовании Норре et al. [15] автоматические измерения TK, LL, SS и SVA на боковых рентгенограммах показали значения ICC в диапазоне, полученном у шести врачей-экспертов. Систематический обзор Bishara et al. [16] включил 16 исследований автоматического определения позвоночно-тазовых параметров; опубликованные значения ICC в вошедших в обзор работах варьировали от 0,56 до 1,00.

В отличие от Surgimap, который характеризуется высокой воспроизводимостью измерений и возможностями хирургического планирования, но требует участия пользователя [17, 18], разработанная система ориентирована на автоматическое распознавание структур и расчет параметров баланса. Это потенциально снижает оператор-зависимость.

Полученные данные согласуются с отечественными работами, подчер-

кивающими клиническое значение воспроизводимой оценки PI, PT, SS, LL и связанных параметров при анализе сагиттального баланса [5–7]. В отечественной литературе также описано валидированное мобильное приложение «SmartPlan Balance»: В.Р. Захарин и соавт. [19] показали хорошую и отличную меж- и внутриэкспертную надежность измерений PI, PT, SS, LL и L_4-S_1 , сопоставимую с настольной программой RadiAnt DICOM Viewer.

Пилотная эксплуатация компонентов прототипа подтвердила его практическую применимость, но не заменяет полноценной клинической валидации на независимых выборках.

Разработанная система предназначена для автоматизации количественных рентгенографических измерений и не предназначена для автономной постановки диагноза, определения показаний к хирургическому лечению или выбора объема коррекции. Полученные значения должны интерпретироваться врачом в совокупности с клиническими данными пациента. В настоящем исследовании влияние системы на клинические решения и исходы лечения не оценивали.

Ограничения исследования: отсутствие внешней валидации, небольшой объем подвыборки для оценки

измерений (46 пациентов), недоступность демографических и клинических характеристик вследствие анонимизации данных, отсутствие оценки влияния системы на клинические решения и исходы лечения, а также отсутствие количественной валидации фронтальных параметров.

В настоящей работе количественная оценка согласия автоматических и экспертных измерений выполнена для PI, PT, SS, GLL и L₄–S₁. Параметры SVA, LL и PI–LL mismatch являются клинически значимыми для хирургии деформаций позвоночника, одна-

ко их отдельная валидация в данной выборке требует дополнительного анализа.

Дальнейшие исследования должны включать внешнюю многоцентровую валидацию, расширение выборки, количественную оценку фронтальных параметров и анализ влияния системы на предоперационное планирование.

Закключение

Разработанная система обеспечивает автоматическое распознавание анатомических структур на рентге-

нограммах позвоночника и расчет параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса с точностью, сопоставимой с межэкспертной согласованностью.

Система может использоваться для стандартизации рентгенографических измерений и снижения оператор-зависимости. Применение системы в предоперационном планировании требует внешней клинической валидации и оценки влияния на клинические решения.

Литература/References

- 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: <http://dx.doi.org/10.1097/01.BRS.0000179086.30449.96>
- Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, Dewald C, Mehdian H, Shaffrey C, Tribus C, Lafage V. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:1077–1082. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0b013e31823e15e2>
- Lafage R, Schwab F, Glassman S, Bess S, Harris B, Sheer J, Hart R, Line B, Henry J, Burton D, Kim HJ, Klineberg E, Ames C, Lafage V. Age-adjusted alignment goals have the potential to reduce PJK. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:1275–1282. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.00000000000002146>
- Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, Rigal J, Aunoble S. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:S699–S703. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-011-1938-8>
- Макиров С.К., Юз А.А., Джахаф М.Т. Методика оценки параметров сагиттального позвоночно-тазового баланса. *Хирургия позвоночника*. 2015;12(3):55–63. [Makirov SK, Yuz AA, Jahaf MT. Method of assessing the parameters of the sagittal spinal pelvic balance. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2015;12(3):55–63]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.3.55-63> EDN: <https://elibrary.ru/UMGWQX>
- Байков Е.С., Пелеганчук А.В., Сангинов А.Д., Леонова О.Н., Крутько А.В. Хирургическая коррекция сагиттального дисбаланса поясничного отдела позвоночника дегенеративного генеза. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(2):49–57. [Baikov ES, Peleganchuk AV, Sanginov AD, Leonova ON, Krutko AV. Surgical correction of degenerative sagittal imbalance of the lumbar spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2020;17(2):49–57]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2020.2.49-57> EDN: <https://elibrary.ru/PTCFZB>
- Прудникова О.Г., Аранович А.М., Муштаева Ю.А., Губин А.В. Биомеханические аспекты сагиттального баланса позвоночника у пациентов с ахондроплазией при удлинении конечностей методом Илизарова. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(4):7–14. [Prudnikova OG, Aranovich AM, Mushtaeva YuA, Gubin AV. Biomechanical aspects of spinal sagittal balance in achondroplasia patients during Ilizarov limb lengthening. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2018;15(4):7–14]. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/2018.4.7-14> EDN: <https://elibrary.ru/PPXBWX>
- Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, Setio AAA, Ciompi F, Ghafoorian M, van der Laak JAWM, van Ginneken B, S nchez CI. A survey on deep learning in medical image analysis. *Med Image Anal*. 2017;42:60–88. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: convolutional networks for biomedical image segmentation. In: Navab N, Hornegger J, Wells WM, Frangi AF, eds. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015: 18th International Conference Munich, Germany, October 5–9, 2015 proceedings, part III*. Cham: Springer, 2015;234–241. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Chen Y, Mo Y, Readie A, Ligozio G, Mandal I, Jabbar F, Coroller T, Papie BW. VertXNet: an ensemble method for vertebral body segmentation and identification from cervical and lumbar spinal X-rays. *Sci Rep*. 2024;14:3341. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-49923-3>
- Karimi D, Dou H, Warfield SK, Gholipour A. Deep learning with noisy labels: exploring techniques and remedies in medical image analysis. *Med Image Anal*. 2020;65:101759. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.media.2020.101759>
- Galbusera F, Casaroli G, Bassani T. Artificial intelligence and machine learning in spine research. *JOR Spine*. 2019;2:e1044. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jsp2.1044>
- Korez R, Putzier M, Vrtovec T. A deep learning tool for fully automated measurements of sagittal spinopelvic balance from X-ray images: performance evaluation. *Eur Spine J*. 2020;29:2295–2305. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-020-06406-7>
- Vrtovec T, Ibragimov B. Spinopelvic measurements of sagittal balance with deep learning: systematic review and critical evaluation. *Eur Spine J*. 2022;31:2031–2045. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-022-07155-5>
- Hoppe BF, Rueckel J, Rudolph J, Fink N, Weidert S, Hohlbein W, Cavalcanti-Kussmaul A, Trappmann L, Munawar B, Ricke J, Sabel BO. Automated spinopelvic measurements on radiographs with artificial intelligence: a multi-reader study. *Radiol Med*. 2025;130:359–367. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11547-025-01957-5>
- Bishara A, Patel S, Warman A, Jo J, Hughes LP, Khalifeh JM, Azad TD. Artificial intelligence automated measurements of spinopelvic parameters in adult spinal deformity - a systematic review. *Spine Deform*. 2025;13:1289–1304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s43390-025-01111-1>
- Vila-Casademunt A, Pellisé F, Acaroglu E, Pérez-Grueso FJ, Martín-Buitrago MP, Sanli T, Yakici S, de Frutos AG, Matamalas A, Sánchez-M rquez JM, Obeid I, Yaman O, Bag J. The reliability of sagittal pelvic parameters: the effect of lumbosacral instru-

- mentation and measurement experience. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015;40:E253–E258. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000000220>
18. **Langella F, Villafa e JH, Damilano M, Cecchinato R, Pejrona M, Ismael M, Berjano P.** Predictive accuracy of Surgimap surgical planning for sagittal imbalance: a cohort study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:E1297–E1304. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.00000000000002230>
19. **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., Крутько А.В.** Валидация мобильного приложения для расчета сагиттальных параметров позвоночника «SmartPlan Balance». *Хирургия позвоночника*. 2025;22(2):96–103. [Zakharin VR, Leonova ON, Baikov ES, Kokorev AI, Darchia LY, Balychev GE, Ivanov DV, Dol AV, Bessonov LV, Krutko AV. Validation of the SmartPlan Balance mobile application

to measure sagittal parameters of the spine. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(2):96–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2025.296-103>
 EDN: <https://elibrary.ru/TEUJWR>

Статья поступила в редакцию 15.05.2026

Рецензирование пройдено 22.09.2026

Подписано в печать 25.09.2026

Received 15.05.2026

Review completed 22.09.2026

Passed for printing 25.09.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Д.В. Иванов – руководство проектом, разработка схемы разметки, разметка рентгенограмм, обработка результатов, написание текста статьи; Е.О. Перецманас – научное руководство работами, написание текста статьи; Л.В. Бессонов – руководство разработки программной системы, написание текста статьи, тестирование программной системы; А.В. Доль – разработка схемы разметки, разметка рентгенограмм, обработка результатов, тестирование программной системы; А.А. Ковзалов – разработка программной системы; А.В. Родин – разметка рентгенограмм; Ю.Ю. Щепетева – подбор рентгенограмм, разметка рентгенограмм; Е.С. Кузьмина – подбор рентгенограмм, разметка рентгенограмм; О.А. Смышкова – разметка рентгенограмм; А.А. Кисель – разработка схемы разметки, разметка рентгенограмм. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Исследование не предполагало вмешательства или работы с персональными данными; получение индивидуального согласия и отдельного одобрения локального этического комитета не требовалось.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Генеративный искусственный интеллект. При подготовке рукописи авторы использовали DeepSeek-V3 в ограниченном объеме, исключительно как вспомогательный редакционный инструмент: для языковой и стилистической правки отдельных фрагментов текста, повышения ясности изложения, устранения повторов, унификации терминологии, а также для редактирования англоязычных фрагментов рукописи. Искусственный интеллект не использовался для формирования научной гипотезы, получения или генерации исходных данных, статистического анализа, интерпретации результатов, подбора источников литературы, создания таблиц, рисунков или формулирования научных выводов. Все данные, методы, результаты, выводы и клиническая интерпретация подготовлены, проверены и утверждены авторами. Авторы несут полную ответственность за содержание рукописи.

Информация об авторах

✉ Дмитрий Валерьевич Иванов, д-р физ.-мат. наук, доцент; Россия, 410012, Саратов, ул. Астраханская, 83; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4459-1094; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1640-6091>; Ivanovdv.84@ya.ru

Евгений Оркович Перецманас, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5555-0393; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7140-3200>; peretsmanas58@mail.ru
 Александр Викторович Доль, д-р физ.-мат. наук, доцент; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3881-2302; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5842-1615>; dolav86@yandex.ru

Леонид Валентинович Бессонов, канд. физ.-мат. наук, доцент; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9022-8177; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5636-1644>; bessonov@sgu.ru

Александр Алексеевич Ковзалов; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=7068-6806; ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-9407-3909>; kovzalov.aleksandr@mail.ru

Александр Анатольевич Родин; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5262-0780; ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9038-4290>; rodinaa@nmrc.ru

Юлия Юрьевна Щепетева; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4869-6089>; shchepetevau@nmrc.ru

Елена Станиславовна Кузьмина; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5992-6657; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2876-6844>; muxuxo@gmail.com

Ольга Анатольевна Смышкова; ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-2719-3964>; Olga.Smychkova@orthosmolensk.ru

Александра Алексеевна Кисель, канд. мед. наук; ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-4152-9539>; akisel@spineinfo.ru

Authors' Info

✉ Dmitry Valeryevich Ivanov, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor; 83 Astrakhanskaya str., Saratov, 410012, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4459-1094; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1640-6091>; Ivanovdv.84@ya.ru

Yevgeny Orkovich Peretsmanas, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5555-0393; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7140-3200>; peretsmanas58@mail.ru

Aleksandr Viktorovich Dol, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3881-2302;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5842-1615>; dolav86@yandex.ru

Leonid Valentinovich Bessonov, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9022-8177;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5636-1644>; bessonov@sgu.ru

Alexander Alekseyevich Kovzalov; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=7068-6806; ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-9407-3909>; kovzalov.aleksandr@mail.ru

Alexandr Anatolyevich Rodin; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5262-0780; ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9038-4290>; rodinaa@nmrc.ru

Yuliya Yuryevna Shchepeteva; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4869-6089>; shchepetevauu@nmrc.ru

Elena Stanislavovna Kuzminova; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5992-6657; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2876-6844>; muxuxo@gmail.com

Olga Anatolyevna Smychkova; ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-2719-3964>; Olga.Smychkova@orthosmolensk.ru

Aleksandra Alekseevna Kisel, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-4152-9539>; akisel@spineinfo.ru



РАЗРУШЕНИЕ ПОЯСНИЧНЫХ ПОЗВОНКОВ АНЕВРИЗМОЙ АОРТЫ: МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К ХИРУРГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ И НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

С.В. Лихачев¹, В.Б. Арсениевич¹, В.Г. Папиташивили², И.Н. Щаницын², С.А. Мизюров¹, А.Е. Шульга¹,
Ю.А. Барабаш¹, И.А. Норкин¹

¹Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, Саратов, Россия;

²Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии
им. А.Н. Бакулева, Москва, Россия

Цель исследования. Представить редкий случай эрозии тел поясничных позвонков ложной аневризмой аорты, а также провести несистематический обзор литературы для определения диагностических методов и тактики лечения.

Материал и методы. Представлены результаты хирургического лечения пациента с контактной эрозией тел L₂, L₃ позвонков, сформированной воздействием ложной аневризмы брюшного отдела аорты. Оперативное лечение осуществлено в двух медицинских учреждениях в 3 этапа: 1-й — протезирование брюшного отдела аорты, 2-й — транспедикулярная фиксация, 3-й — резекция тел разрушенных позвонков с опорным корпорорезом титановым MESH. На ресурсах eLibrary и PubMed проведен поиск публикаций, посвященных комбинированному (сосудистому и ортопедическому) подходу к лечению подобных состояний.

Результаты. Достигнут хороший клинический и рентгенологический результат с прослеженным сроком послеоперационного наблюдения 1 год. Представлены современные тенденции хирургической реконструкции при деструкции грудных и поясничных позвонков ложной аневризмой аорты, включая описание типов деструкции, характера и этапности вмешательств.

Заключение. Хирургически значимые (более 30 % костной массы тела позвонка) эрозии, сформированные воздействием ложной аневризмы аорты, — редчайшее явление, требующее дифференциальной диагностики с опухолевой и воспалительной деструкцией позвонков с обязательным проведением КТ, КТ-ангиографии и УЗДГ. Этапная хирургическая реконструкция позволяет минимизировать риски осложнений и осуществлять лечение в условиях стационаров, специализирующихся на хирургии сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем. Подобное вмешательство обеспечило исключение риска разрыва аневризмы, устранение ее травмирующего действия на позвоночник, достижение стабильной фиксации, регресс болевого синдрома и восстановление функциональной активности пациента с предотвращением инвалидизации.

Ключевые слова: аневризма аорты; эрозия позвонка; спондилосинтез.

Для цитирования: Лихачев С.В., Арсениевич В.Б., Папиташивили В.Г., Щаницын И.Н., Мизюров С.А., Шульга А.Е., Барабаш Ю.А., Норкин И.А. Разрушение поясничных позвонков аневризмой аорты: мультидисциплинарный подход к хирургической реконструкции (клинический случай и несистематический обзор литературы) // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 76–87. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.76-87>

LUMBAR VERTEBRAE EROSION DUE TO AN AORTIC ANEURYSM: MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO SURGICAL RECONSTRUCTION (A CASE STUDY AND A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW)

S.V. Likhachev¹, V.B. Arsenievich¹, V.G. Papitashvili², I.N. Shchanitsyn², S.A. Mizyurov¹, A.E. Shulga¹, Yu.A. Barabash¹, I.A. Norkin¹

¹Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia;

²National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery n.a. A.N. Bakulev, Moscow, Russia

Objective. To present a rare case of lumbar vertebral body erosion caused by an aortic pseudoaneurysm and to conduct a non-systematic literature review to determine diagnostic methods and treatment tactics.

Material and Methods. The results of surgical treatment of a patient with contact erosion of the L2 and L3 vertebral bodies caused by a pseudoaneurysm of the abdominal aorta are presented. Surgical treatment was performed in two medical institutions in three stages: 1st — abdominal aortic replacement, 2nd — pedicle screw fixation, and 3rd — resection of the destroyed vertebral bodies with structural supporting fusion using titanium mesh. A search for publications on a combined (vascular and orthopedic) approach to treating such conditions was conducted in eLibrary and PubMed.

Results. A favorable clinical and radiological outcome was achieved with a one-year postoperative follow-up period. Current trends in surgical reconstruction for thoracic and lumbar vertebral destruction due to aortic pseudoaneurysm are presented, including a description of the types of destruction, and the kind and stages of interventions.

Conclusion. Surgically significant erosions (involving more than 30% of the vertebral body bone mass) caused by an aortic pseudoaneurysm are an extremely rare and require differential diagnosis including mandatory CT, CT angiography, and ultrasound Doppler imaging to distinguish them from tumor and inflammatory vertebral destruction. Staged surgical reconstruction minimizes the risk of complications and is performed in hospitals specializing in cardiovascular and musculoskeletal surgery. This intervention eliminated the risk of aneurysm rupture, alleviated its traumatic effect on the spine, achieved stable fixation, regressed pain, and restored the patient's functional activity, preventing disability.

Key Words: aortic aneurysm; vertebral erosion; spondylosynthesis.

Please cite this paper as: Likhachev SV, Arsenievich VB, Papitashvili VG, Shchanitsyn IN, Mizyurov SA, Shulga AE, Barabash YuA, Norkin IA. Lumbar vertebrae erosion due to an aortic aneurysm: multidisciplinary approach to surgical reconstruction (a case study and a non-systematic literature review). Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):76–87. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.76-87>

Эрозия тела позвонка возникает, как правило, в результате онкологического поражения, инфекционного процесса или асептического остеонекроза. Среди причин патологии упоминается и воздействие на позвоночный столб ложной аневризмы брюшной аорты. Частота эрозии тела позвонка у оперируемых по этому поводу пациентов оценивается в 5 % [1–4]. Симптомы подобного поражения позвоночника неспецифичны и могут включать вертеброгенную торако- или люмбагию, реже – парез мышц нижних конечностей, нарушения чувствительности. Дифференциальный диагноз «эрозия тела позвонка» проводят с дегенеративно-дистрофической, воспалительной и опухолевой патологией позвоночника, его основу составляет комплексное лучевое обследование.

Истинная аневризма аорты – это ее патологическое расширение с увеличением диаметра более чем в 2 раза в сравнении с нормой или с локальным выбуханием стенки. Брюшной отдел аорты поражается наиболее часто, исходом поражения зачастую является катастрофический разрыв, без операции заканчивающийся летально в 90 % случаев. Также существует вариант течения заболевания, в англоязычной литературе именуемый как chronic contained rupture (в дословном переводе – хронический ограниченный разрыв), а в отечественной терминологической традиции – как ложная аневризма аорты. При ложной аневризме отмечается повреждение стенки аорты, кровь удерживается не стенками сосуда, а окружающими тканями. Классические клинические проявления аневризмы брюшной аор-

ты – тупые боли в животе или пояснице, ощущение пульсации в животе, а также боль в спине, что и становится причиной обследования на патологию позвоночника.

Граничащая с телами позвонков аневризма в зависимости от выраженности деструкции может вызывать боль или неврологический дефицит из-за компрессии костно-связочных структур и нервных образований позвоночника. Установление аневризмы как этиологического фактора развития эрозии тела позвонка имеет решающее значение для исключения диагностических и хирургических ошибок, особенно у пациентов с нестабильностью позвоночника.

Первое упоминание о деструкции позвонков аневризмой аорты принадлежит Blakemore [5] и относится к эпохе, предшествовавшей активной реконструктивной хирургии позвоночника и аорты. Автор описывает 32 клинических случая аневризм брюшного отдела аорты атеросклеротической и сифилитической этиологии, среди которых деструкция тел позвонков имела в пяти наблюдениях. По мнению автора, сифилитические аневризмы, чаще имеющие мешотчатый характер, плотнее прилежат к позвоночнику на меньшей площади и разрушают его контактным путем, чем более характерные для атеросклеротического генеза веретеновидные аневризмы.

На сегодняшний день известно более 100 статей, посвященных эрозиям тела позвонка, развившихся под воздействием аневризматически измененной аорты [3]. Большинство публикаций представляют собой

описания клинических случаев, в том числе дополненных литературным обзором.

С развитием техники и возможностей реконструктивной хирургии позвоночного столба увеличивается частота использования стабилизирующих металлоконструкций как симультанно с протезированием аорты, так и отсрочено. Побуждением к обобщению ранее опубликованной информации и ее критической оценке послужил встретившийся нам единичный клинический случай и нестандартный способ решения сложившейся проблемы путем этапного хирургического лечения полисегментарного дефекта позвоночника, образовавшегося за счет воздействия аневризмы брюшного отдела аорты. Реконструкция позвоночника выполнялась в условиях предварительно выполненного протезирования сосуда.

С целью поиска и определения патогномоничных клинических симптомов, интроскопических проявлений, оптимизации тактики лечения и анализа исходов деструкции позвонков на фоне ложной аневризмы аорты, создания основы для будущих исследований из-за редкости подобных наблюдений также представлен нарративный обзор литературы.

Описание клинического наблюдения

Пациент С., 54 лет, в 2024 г. обратился в Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева (Москва) с жалобами на постоянные боли в левом боку с иррадиацией

в левую нижнюю конечность, интенсивные боли в поясничном отделе позвоночника, усиливающиеся в вертикальном положении (7 баллов по ВАШ). При обследовании по месту жительства при КТ-ангиографии диагностировали мешковидные аневризмы инфраренального отдела аорты. Также визуализированы дефекты тел L_2 и L_3 позвонков.

Анамнез заболевания. В 1994 г. получил тупую травму живота в результате падения на него столба. Костных повреждений не диагностировано. Выполнена лапароскопия, повреждений органов брюшной полости выявлено не было.

Боли в поясничном отделе позвоночника манифестировали спустя почти 30 лет, за 1,5 года до госпитализации без видимых внешних воздействий. Интенсивность их прогрессивно нарастала, спустя 1 год (за 6 мес. до госпитализации) присоединились боли в левом бедре. Получал консервативное лечение по поводу поясничного остеохондроза. В рамках диагностического поиска выполнена рентгенография поясничного отдела позвоночника (рис. 1а), выявившая глубокие узуры тел L_2 и L_3 позвонков, и КТ, по данным которой диагностирована посттравматическая ложная аневризма инфраренального отдела аорты. Направлен в Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии.

Анамнез жизни. Аллергологический анамнез не отягощен. Стаж курения 35 лет. Данных семейного анамнеза о патологии сердечно-сосудистой системы, аневризмах аорты нет. Сифилиса, ревматоидных заболеваний не выявлено. Язвенная болезнь желудка (ушивание язвы желудка в 1993 г.). Аппендэктомия в анамнезе.

Результаты обследования. При поступлении проведено комплексное лабораторное обследование. Показатели клинических исследований крови и мочи соответствуют возрастной норме. Из особенностей: выявлена дислипидемия (ЛПНП – 3,4 ммоль/л, общий холестерин – 5,15 ммоль/л), а также умеренная тромбоцитопения (тромбоциты $140 \times 10^{12}/л$). Данные объ-

ективного обследования: пациент нормостенического телосложения, общее состояние удовлетворительное, в пределах отделения умеренно активен. Рост – 174 см, вес – 70 кг, индекс массы тела – 23 кг/м². При пальпации живота в околопупочной области определяется объемное пульсирующее образование диаметром около 7 см.

Инструментальные данные. На КТ позвоночника картина солидного образования позвоночника. По КТ-ангиографии (рис. 1б) диагностированы мешковидные аневризмы инфраренального отдела аорты. Аневризма по задней поверхности аорты $104 \times 44 \times 72$ мм с частичным тромбозом просвета, $41 \times 28 \times 46$ мм по передней поверхности аорты с частичным тромбозом. Деструкция тел L_2 – L_3 позвонков. С учетом анамнеза, клинических жалоб и лучевых данных сформулирован диагноз: травматические аневризмы инфраренального отдела аорты; деструкция тел L_2 – L_3 позвонков, корешково-компрессионный синдром; гипертоническая болезнь 3-й степени, риск сердечно-сосудистых осложнений; недостаточность кровообращения 1-й ста-

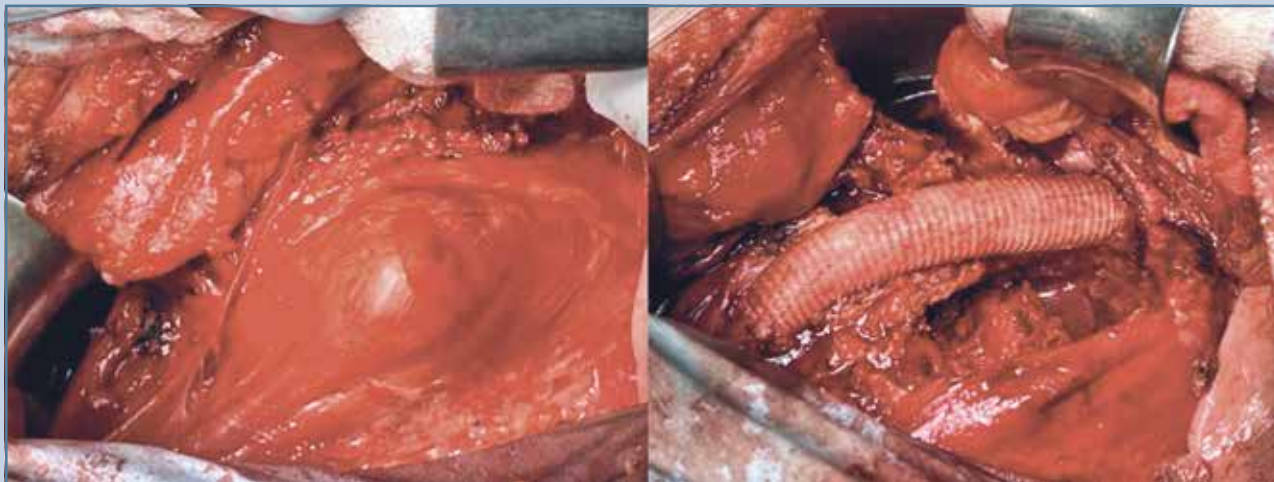
дии; консилиум – решение об этапном хирургическом лечении.

1-й этап хирургического лечения: резекция аневризм брюшной аорты с линейным протезированием аорты вязанным эксплантатом 20 мм. Торакофренолюмботомия по девятому межреберью слева с сохранением медиальной ножки и аортального кольца. В области *musculus ileopsoas sin.* визуализирована неправильной формы аневризма аорты, в терминальном отделе аорты также визуализирована мешковидная аневризма по передней стенке аорты (рис. 2). Выделена брюшная аорта в супраренальном отделе, обе общие почечные артерии. Введен гепарин. Пережата аорта над почечными артериями и обе общие почечные артерии. Вскрыт просвет аневризмы. Задняя стенка аневризмы представлена частично разрушенными телами поясничных позвонков. В терминальном отделе аорты визуализирован разрыв аорты по передней стенке. Сформированы зоны анастомозов: проксимального с инфраренальной аортой с полным пересечением стенок аорты, дистального – с областью бифуркации с сохранением задней стенки аорты.



Рис. 1

Рентгенограмма (а) и 3D-реконструкция (КТ-ангиография) поясничного отдела позвоночника пациента С. (б): дефекты тел позвонков и аневризма инфраренального отдела аорты (описание в тексте)

**Рис. 2**

Интраоперационные фотографии сосудистого этапа хирургического вмешательства: резекция аневризмы брюшного отдела аорты с линейным протезированием (описание в тексте)

Поэтапно наложены проксимальный анастомоз между 20-миллиметровым протезом и инфраренальной аортой и дистальный анастомоз между протезом и бифуркацией аорты. Пуск кровотока. Отчетливая пульсация зоны реконструкции. Над позвонками ушит бывший аневризматический мешок. Дренажи в левую плевральную полость и забрюшинное пространство. Ушивание диафрагмы. Ребра сведены лавсановым швом. Рана ушита послойно наглухо.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Интенсивность болевого синдрома уменьшилась до 5 баллов по ВАШ. Выписан с назначением антиагрегантной и антигипертензивной терапии на 6-е сут после операции. Рекомендована иммобилизация в жестком груднопоясничном корсете.

В связи с наличием дефектов тел L_2 , L_3 позвонков и неполным регрессом болевого синдрома направлен в Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии для динамического наблюдения и определения тактики дальнейшего лечения.

Обратился в Саратовский научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохи-

рургии СГМУ через 3 мес. после протезирования аорты с жалобами на боль в поясничном отделе позвоночника выраженной интенсивности (5 баллов по ВАШ), иррадиирующую по наружной поверхности левого бедра в положении стоя. Данные лабораторных клинических исследований крови и мочи в норме. Объективное обследование: ось позвоночника правильная. Послеоперационный рубец в проекции девятого межреберья слева от передней подмышечной до лопаточной линии. Боль при пальпации в проекции остистых отростков L_2 , L_3 позвонков. Мышечный тонус физиологический, симметричный. Мышечная сила в конечностях не снижена, симметрична при тестах с нагрузкой. Нарушений чувствительности нет. Гипотрофия мышц бедра слева. Коленный и ахиллов рефлексы слева снижены. Физиологические отправления в норме. Симптом Ласега слева положительный (30°).

Выполнена рентгенография поясничного отдела позвоночника: прежние дефекты тел L_2 , L_3 позвонков. УЗИ зоны вмешательства: кровоток на уровне протеза аорты магистральный, анастомозы состоятельны. Учитывая сохранение болевого синдро-

ма и имеющиеся изменения позвонков (объем дефектов тел, угроза патологического перелома, риск развития деформации), приняли решение о фиксации поясничного отдела позвоночника полисегментарной транспедикулярной системой. За трое суток до операции с антиагрегантов переведен на 0,4 мл низкомолекулярного гепарина (клексан) подкожно 1 раз в день.

В травматолого-ортопедическом отделении № 3 выполнена реконструкция поясничного отдела позвоночника.

2-й этап хирургического лечения: операцию выполняли в условиях общей комбинированной анестезии. Укладка пациента: лежа на животе с разгрузкой передней брюшной стенки. Произведен разрез кожи и подкожной клетчатки в проекции остистых отростков от Th_{12} до L_5 позвонков. Выполнена полисегментарная транспедикулярная фиксация по стандартной методике.

На первые сутки после операции проведен рентгенографический и КТ-контроль (рис. 3). КТ: на фоне транспедикулярной фиксации Th_{12} – L_5 определяются полиморфные дефекты, занимающие 2/3 объема

тела L₂ и тотально тело L₃ позвонков, с четким склерозированным контуром. Плотность их содержимого не превышает 20 HU. Дефекты распространяются на левую ножку L₂ позвонка. Замыкательные пластинки фрагментарно истончены и лизированы. На фоне указанных изменений определяются переломы замыкательных пластинок тел позвонков. Деформации позвоноч-

ного канала на уровне исследования не выявлено.

Послеоперационный период без осложнений. Пациент активизирован в вертикальном положении через 24 ч после операции. На 3-и сут после вмешательства, адаптировавшись к вертикальному положению, пациент отметил регресс болевого синдрома до 2 баллов по ВАШ.



Рис. 3

Состояние после оперативного лечения: фиксация транспедикулярной системой на уровне Th₁₂–L₅ позвонков (описание в тексте)

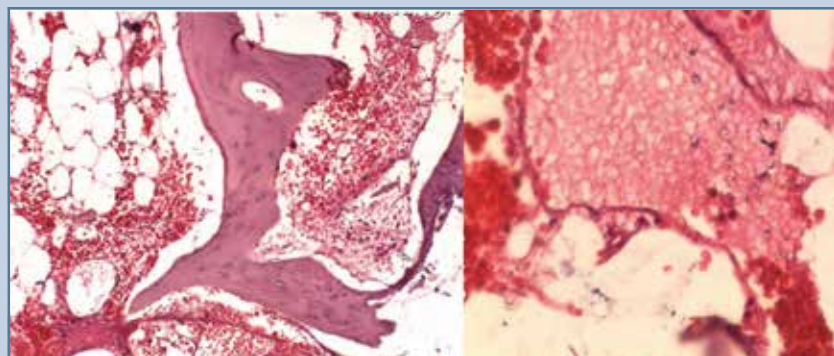


Рис. 4

Цитоморфологическое исследование фрагментов костной ткани, полученных при костной резекции тел L₂, L₃ позвонков: фрагменты коллагеноволоконистого хряща; фрагменты компактной пластинчатой костной ткани с незначительным сужением гаверсовых каналов; в трабекулярной пластинчатой кости фрагментация и истончение костных трабекул; в межтрабекулярных пространствах кровоизлияния, местами имеются тонкостенные, полнокровные сосуды (ув. объектив – 10, окуляр – 40)

После транспедикулярной фиксации этапная КТ-ангиография по согласованию с сосудистым хирургом не проводилась. Спустя 3 мес., по решению консультирующего сосудистого хирурга, госпитализирован в плановом порядке для выполнения 3-го этапа реконструктивной хирургии в травматолого-ортопедическое отделение № 3 Саратовского научно-исследовательского института травматологии, ортопедии и нейрохирургии.

3-й этап хирургического лечения: операцию выполняли в условиях общей комбинированной анестезии. Укладка пациента: лежа на левом боку с упорами под область крестца и грудину. Произведен косой разрез кожи и подкожной клетчатки на 3 см каудальнее правого 12-го ребра, параллельно ему, от передней подмышечной линии до лопаточной, длиной 15 см. Послойное рассечение мышц брюшной стенки, вход в забрюшинное пространство. Брюшина, покрытая жировой клетчаткой, отведена кпереди. Визуализирована боковая поверхность *m. psoas major*. Скелетированы тела L₂, L₃ позвонков со смежными дисками, после лигирования и пересечения сегментарных сосудов произведена дискэктомия с L₁–L₂ по L₃–L₄, субтотальная резекция тел L₂, L₃ позвонков. Тела позвонков с обширными дефектами, заполненными рубцовой тканью и сгустками крови, стенки дефектов выполнены участками склерозированной и порочной кости. Межпозвонковые диски на уровне костной резекции фибротизированы. Сформировано костное ложе для эндопротеза тела позвонка. Произведен передний корпородез L₁–L₄ с использованием опорного трансплантата MESH, заполненного аутокостью. Костная ткань, полученная при резекции тел L₂, L₃ позвонков, направлена на цитоморфологическое исследование (рис. 4), исключившее новообразование, воспалительный процесс и подтвердившее природу дефектов тел позвонков. Посев материала из зоны патологии на стерильность роста не дал.

Послеоперационный период без осложнений. Пациенту разрешили ходить через 24 ч после опера-

ции. Боли регрессировали до 1 балла по ВАШ к моменту выписки на 8-е сут после операции. Выполненные

в раннем послеоперационном периоде контрольные рентгенография и КТ-ангиография (3D-реконструкция) представлены на рис. 5.

Протокол КТ-ангиографии: состояние после оперативного лечения – фиксации транспедикулярной системой на уровне Th₁₂–L₅ позвонков, субтотальной резекции тел L₂–L₃ позвонков, вентрального межтелового спондилодеза сетчатым эндокорректором с трансплантатом. Состояние конструкции стабильное. Положение опорного трансплантата типа MESH удовлетворительное. Состояние после протезирования аорты. Состояние протеза удовлетворительное. Определяются пристеночные кальцинаты аорты, подвздошных артерий. Чревной ствол имеет нормальный ход, ветвление и диаметр. Селезеночная, общая печеночная, левая желудочная артерии патологически не изменены. Верхняя и нижняя брыжеечные артерии отходят в типичном месте, имеют нормальный диаметр. Почечные артерии, отходящие от аорты в типичном месте по одной с каждой стороны, имеют нормальный ход и деление, четкие и ровные контуры, диаметр их в пределах нормы. Бифуркация аорты визуализируется на уровне L₄–L₅, ее конфигурация типичная. Общие подвздошные артерии имеют диаметр до 7 мм, ровные контуры, гомогенно заполняются контрастным препаратом.

Пациент осмотрен в динамике через 2, 6, 12 мес. после операции: первые 2 контрольных осмотра – рентгенография в двух проекциях, не выявившая миграции металлоконструкции, третий осмотр – КТ (рис. 6). Каждые 3 мес. консультировался у сосудистого хирурга, выполнено УЗДГ. Патологии не выявлено. КТ через 12 мес. после операции демонстрировало образование костно-металлического блока L₁–L₄, который можно классифицировать как степень I по Тап. Болевой синдром купирован полностью. Пациент через 6 мес. после переднего корпородеза вернулся к трудовой деятельности (водитель сельскохозяйственной техники).

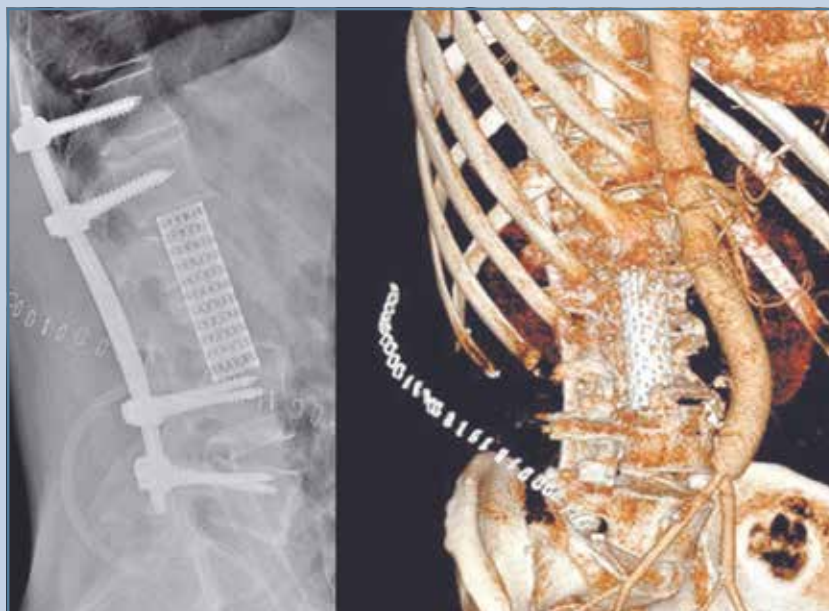


Рис. 5

Рентгенограмма и 3D-реконструкция (КТ-ангиография) поясничного отдела позвоночника пациента С.: состояние после протезирования инфраренального отдела аорты, транспедикулярной фиксации и установки опорного трансплантата MESH (описание в тексте)

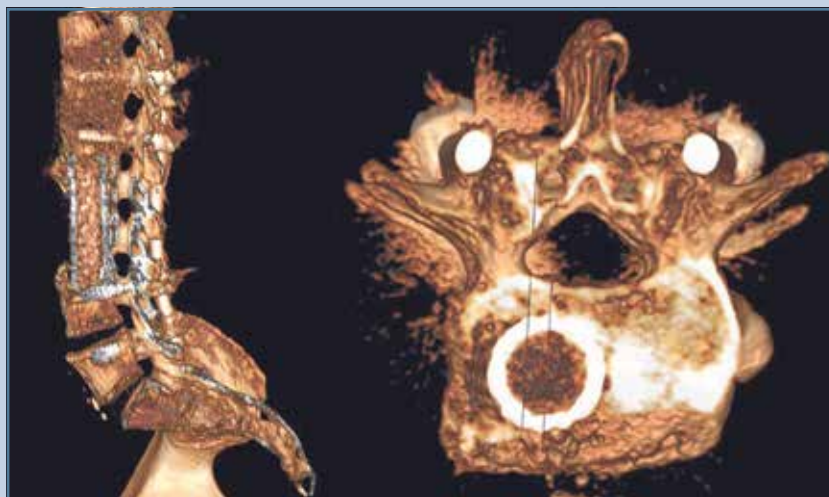


Рис. 6

3D-реконструкция данных КТ через 12 мес. после последнего этапа хирургического лечения: определяется состоятельный костно-металлический блок в обеих (верхней и нижней) зонах контакта L₁–L₄ (степень I по Тап)

Проведенное в ходе подготовки к вмешательству изучение литературы легло в основу нарративного обзора публикаций, посвященных деструкции позвонков на фоне воздействия аневризмы аорты. Целью обзора явилось выявление клинических и интроскопических закономерностей, а также предложенных методов хирургического лечения этой необычной патологии, включая реконструкцию позвоночника при вторичных относительно аневризм эрозиях тел позвонков. В обзор включены статьи, описывающие комбинированный тактический подход к этой проблеме (резекция аневризмы, протезирование аорты + реконструкция позвоночника). При скрининге источников использовали следующие критерии включения: метаанализ, серия случаев, клинический случай, описывающие оперативное лечение при эрозии позвонка, вторичной по отношению к ложной аневризме (хронический ограниченный разрыв в англоязычной литературе) в сочетании с хирургической реконструкцией позвоночника.

Российская литература исследована с использованием российского информационно-аналитического портала eLibrary.ru и Google Scholar, англоязычные публикации искали при помощи PubMed и Google Scholar (дата информационного запроса 25.05.2026 г., фильтры не применяли). При поиске использовали следующие термины: эрозия позвонка, аневризма аорты, ложная аневризма аорты, перелом позвонка, хирургическое лечение, спондилодез и фиксация позвоночника; vertebral erosion, aortic aneurysm, vertebral fracture, chronic contained rupture, surgical treatment, spine fusion. После первого поиска дубликаты статей исключали из анализа.

Результаты

В результате информационного поиска исходно обнаружено 102 статьи, включая радиологические, цитоморфологические и клинические исследования. Временные рамки поиска не ограничивали. После применения

критериев соответствия из первоначального списка были удалены 90 публикаций. Удаленные публикации описывали феномен деструкции позвоночника аневризмой, но не содержали информации о реконструкции дефекта. Таким образом, на поисковых ресурсах обнаружены 12 публикаций, посвященных комбинированному (сосудистому и ортопедическому) подходу к лечению подобных состояний. Их список и краткая характеристика представлены в [табл.](#)

Общее количество пациентов, данные которых аккумулированы для обзора, составило 13, включая наше наблюдение. Средний возраст пациентов – 64 года. Эрозия тела позвонка, ассоциированная с аневризмой аорты, более распространена среди мужчин, чем среди женщин: (10 (77 %) ♂, 3 (23 %) ♀). Среди зарегистрированных пациентов гипертония в анамнезе имели 11 (85 %), курили – 9 (69 %). Характеристики аневризмы брюшной аорты, включая ее размер, описаны в 10 из 13 случаев, а средний диаметр аневризмы составил 7 см. Наиболее распространенным местом локализации аневризмы был инфраренальный отдел аорты (указана в 9 из 13 случаев, 69 %). Во всех случаях это были ложные аневризмы аорты.

Чаще наблюдалось поражение двух и более позвонков – 9 (69 %) случаев. Эрозия поясничных позвонков – 10 (77 %) случаев, грудных позвонков – 3 (33 %). Более чем в половине случаев поражен L₄ позвонок – 7 (54 %). Превалировала клиническая картина люмбагии – 6 (46 %), при этом у большинства пациентов не было сопутствующей патологии, которая могла бы объяснить столь интенсивные боли. Проявления дегенеративно-дистрофических процессов (спондилолистез, грыжи дисков) были лишь в 2 (15 %) наблюдениях, у 1 (7,7 %) пациента зарегистрирован значимый неврологический дефицит – нижняя параплегия.

Варианты хирургической реконструкции позвоночного столба распределены следующим образом:

одноэтапное вмешательство, то есть симультанный с сосудистым этапом спондилосинтез – 6 (46 %) пациентов, отсроченный спондилосинтез как второй этап – 6 (46 %), спондилосинтез как второй (транспедикулярная фиксация) и третий (резекция тел позвонков, корпородез опорным трансплантатом MESH) этапы хирургического лечения – 1 (8 %). Реконструкция передней колонны костным цементом – 1 (8 %) случай, аутокостью – 3 (23 %), опорным трансплантатом MESH – 7 (54 %), без передней реконструкции дефекта кости – 2 (15 %).

По данным литературы оценить результат лечения непросто. Термин «улучшение» использовали, когда в послеоперационном периоде у пациента регрессировали боль и/или неврологический дефицит. Таким образом, бесспорно положительные результаты (у 12 из 13) составили 92 %. Без положительной динамики в отношении интенсивности боли и неврологического дефицита указан 1 (8 %) пациент. Общая смертность составила 8 % из-за указанной гибели одного пациента от обширного инфаркта миокарда через 6 мес. после вмешательства.

Обсуждение

В результате протезирования инфраренального отдела аорты по данным ангиографии и УЗИ нормализован кровоток и восстановлена ангиоархитектоника на уровне брюшного отдела аорты. Комплекс хирургических мер позволил купировать болевой синдром, улучшить функциональные возможности пациента.

В литературе описаны варианты лечения поражений позвоночника аневризмой аорты без ортопедического компонента вмешательства. По данным обзора Pesce et al. (72 статьи, 80 пациентов вместе с авторским клиническим случаем) [3], применяются следующие подходы: консервативный, при котором приоритетом является стабилизация гемодинамики (22,5 % случаев, 16 пациентов), а также хирургическое лечение только

Таблица
Описание публикаций, посвященных мультидисциплинарному подходу к хирургии дефектов позвоночного столба, образовавшихся под воздействием аневризм аорты (включая клинический случай, представленный авторами)

Автор	Год публикации	Этиология ложной аневризмы	Пораженные позвонки	Возраст, лет	Пол	Операция	Симптомы	Исход
Boonen et al. [6]	1995	НД	L ₄ (эрозия)	64	М	1 этап: АББП, резекция L ₄ позвонка, передняя металлофиксация	Люмбоишиалгия	Улучшение
Latif et al. [7]	1995	НД	L ₄ , L ₅ (эрозия)	69	Ж	1 этап: АББП, открытая пластика дефектов L ₄ , L ₅ позвонков костным цементом	Люмбалгия, нижняя параметия	Частичное улучшение (регресс до нижнего парапареза)
Grevitt et al. [8]	1996	НД	L ₃ , L ₄ (эрозия)	70	М	1 этап: АББП, открытая пластика дефектов L ₃ , L ₄ позвонков аутокостью из гребня подвздошной кости	Люмбоишиалгия	Улучшение
Roeyen et al. [9]	1997	Болезнь Бехчета	L ₂ , L ₃ (эрозия)	57	М	1 этап: линейное протезирование аорты, фиксация ventральной конструкцией L ₁ –L ₄ , корпородез аутокостью	Бессимптомное течение (оперирован в связи с риском разрыва псевдоаневризмы)	Стабилизация, через 6 мес. смерть от инфаркта миокарда
Diekerhof et al. [2]	2002	Псевдоаневризма в результате несостоятельности ранее установленного протеза аорты	L ₄ (эрозия)	69	М	2 этапа: 1-й – линейное протезирование аорты (ревизионное) + передний корпородез аутокостью; 2-й – полисегментарная ТПФ	Люмбалгия	Улучшение
Sakai et al. [10]	2007	НД	L ₄ , L ₅ (эрозия)	72	М	1 этап: линейное протезирование аорты, частичная резекция L ₄ , L ₅ позвонков, корпородез аутокостью	Люмбалгия	Улучшение
Aydogan et al. [11]	2008	НД	L ₃ , L ₄ , L ₅ (эрозия)	51	М	2 этапа симулировано: 1-й – резекция аневризмы, резекция тел L ₄ , L ₅ позвонков, АББП; 2-й – ТПФ	Люмбоишиалгия	Улучшение
Леменов В.А. и др. [12]	2012	НД	L ₄ (патологический перелом)	73	М	2 этапа: 1-й – АББП, резекция позвонка, корпородез MESH + фиксация ventральной винтовой конструкцией; 2-й – транскутанная ТПФ	Люмбалгия	Улучшение
Nguyen et al. [13]	2018	НД	L ₃ (эрозия)	49	М	1 этап: линейное протезирование аорты, фиксация ventральной конструкцией L ₂ –L ₄ , корпородез MESH, аутокостью	Люмбалгия	Улучшение
Pesce et al. [3]	2022	Псевдоаневризма в результате несостоятельности ранее эндовазкулярно установленного протеза аорты	Th ₈ , Th ₉ (эрозия)	65	М	2 этапа: 1-й – TEVAR; 2-й – фиксация грудного отдела полисегментарной ламинарной конструкцией	Торакалгия	Улучшение
Kim et al. [14]	2025	Псевдоаневризма в результате несостоятельности ранее эндовазкулярно установленного протеза аорты	Th ₅ , Th ₆ , Th ₇ (эрозия)	77	Ж	2 этапа: 1-й – EVAR; 2-й – фиксация грудного отдела полисегментарной трансспедикулярной конструкцией	Торакалгия	Улучшение
Admassu et al. [15]	2025	НД	Th ₈ , Th ₉ , Th ₁₀ , Th ₁₁ (эрозия)	63	Ж	2 этапа: 1-й – линейное протезирование аорты; 2-й – резекция тел позвонков из косторансверзэктомического доступа, полисегментарная ТПФ	Люмбоишиалгия	Улучшение
Наши Данные	2026	Посттравматические ложные АБА (тупая травма живота в анамнезе)	L ₂ , L ₃ (эрозия)	54	М	3 этапа: 1-й – линейное протезирование аорты; 2-й – полисегментарная ТПФ; 3-й – резекция тел L ₂ , L ₃ , корпородез MESH	Люмбалгия	Улучшение

АББП – аортобедеренное бифуркационное протезирование; АППП – аортоподвздошное бифуркационное протезирование; ТПФ – транспедикулярная фиксация; EVAR – эндопротезирование брюшного отдела аорты; TEVAR – эндопротезирование грудного отдела аорты; АБА – аневризма брюшного отдела аорты; НД – нет данных.

с помощью эндоваскулярных вмешательств (38 % случаев, 27 пациентов) или с помощью открытого протезирования аорты (16,9 %, 12 пациентов). У оперированных пациентов лечение эрозии тела позвонка было основано в первую очередь на купировании воздействия аневризмы на тело позвонка.

Анализ литературы, посвященной комбинированному (сосудистая хирургия + ортопедия) лечению патологии (все публикации – описание хирургии одного клинического случая), позволил выявить типичную картину поражения: деструкция двух смежных поясничных позвонков, манифестирующая вертеброгенным болевым синдромом, пациент, как правило, неврологически интактен. Типичная хирургическая тактика – одноэтапная, однако часть публикаций относится ко времени, когда остеосинтез позвоночника был относительно мало распространен (до 2000 г.). Во всех случаях спондилосинтезу предшествовала реконструкция аорты. Корпородез аутокостью или открытую пластику костным цементом как адекватную стабилизацию рассматривать сложно. Оптимальной тактикой реконструкции предварительно видится двухэтапная: первый этап – протезирование аорты с одновременной резекцией поврежденных позвонков и опорным корпородезом межтеловым имплантатом контейнерного типа, второй этап – транспедикулярная фиксация. В качестве альтернативного варианта у пациентов, перенесших протезирование аорты ранее, можно рассматривать опорный корпородез из контрлатерального относительно доступа к аорте. Учитывая удовлетворительные исходы описанных в литературе и представленного случаев, можно считать активную этапную тактику хирургической реконструкции при деструкции позвонков аневризмой аорты эффективной.

Формирование эрозии тела позвонка вызвано многолетним механическим воздействием на тела позвонков пульсирующей аневризмы. Хроническая травматизация костной

ткани запускает цепь последовательных нарушений: от ухудшения питания и снижения плотности костной ткани к ее структурным микроповреждениям и в критической стадии к остеонекрозу. Этому же способствуют мелкие кровоизлияния в губчатую кость при ложной аневризме. Данным процессам сопутствует болевой синдром. Эрозия тела позвонка чаще всего поражает переднюю опорную колонну позвонка, как правило, не превышая 50 % объема кости тела позвонка, однако эрозия, затрагивающая более двух тел позвонков, является распространенным явлением и потенциально может привести к патологическому перелому, хотя из найденных статей только в публикации В.Л. Леменева и соавт. [12] описан пациент, оперированный по поводу перелома позвонка. Кроме того, аневризма аорты может обуславливать боли, соответствующие объему разрушения, или неврологический дефицит, вызванный компрессией структур позвоночного канала. Основными признаками, подтверждающими диагноз, являются вертеброгенный болевой синдром и неврологический дефицит (в статьях, приведенных в табл., и публикациях, посвященных неоперированным случаям, описаны перемежающаяся нейрогенная хромота, парализация или паралегия).

При эрозиях тел позвонков, сочетающихся с аневризмой аорты, дифференциальный диагноз следует проводить с хроническими инфекционными заболеваниями опорно-двигательного аппарата – специфическим и неспецифическим спондилодисцитом, поражением кости первичными и метастатическими опухолями, болезнью Бехчета, сифилитическим аортитом. Значимость исключения инфекционного генеза литических дефектов позвонков обусловлена принципиально разными тактическими подходами к лечению.

Для всех пациентов с эрозиями тел позвонков характерны наличие ложной аневризмы, ее большой размер (7 ± 3 см), артериальная гипертензия, остеопороз, пожилой возраст (средний

в группе – 64 года) и продолжительный стаж курения. По данным Pesce et al. [3], в диагностике псевдоаневризм, обуславливающих развитие эрозии тела позвонка, обращает на себя внимание неопределенность, связанная с отсутствием патогномичных симптомов, характерных для аневризмы аорты, и присутствием болей и/или неврологического дефицита, связанных с нестабильностью позвоночника и компрессией нервных структур.

Пациенты с хроническими ложными аневризмами аорты, как правило, гемодинамически стабильны, хотя имеют высокий риск разрыва аорты. Три пациента, у которых развитие ложной аневризмы и связанного с ней дефекта позвонка было обусловлено несостоятельностью анастомоза протеза аорты, составили 3,75 % от всех больных в обзоре Pesce et al. Там же описана манифестация заболевания в виде неврологического дефицита (10 из 80 пациентов, 12,5 %). Самым же распространенным симптомом является локальная боль (торакалгия, люмбалгия). Анамнез заболевания, как правило, от нескольких дней до месяцев, максимально – 2 года.

Этиологией аневризмы аорты в двух из 12 случаев послужила возможная тупая травма живота за несколько лет/месяцев до диагностики заболевания. Причина госпитализации в большинстве эпизодов – интенсивные боли в грудном и поясничном отделах позвоночника. Обязательным для адекватной диагностики данного состояния является выполнение КТ позвоночника и КТ-ангиографии, позволяющих визуализировать аневризматически измененную аорту, характерное для ложной аневризмы отсутствие задней стенки аневризмального мешка, забрюшинную гематому и тромботические массы внутри дефекта тела позвонка. МРТ, по данным литературы, менее информативна. Диагностические ошибки чреваты выбором неправильной тактики лечения и летальным исходом [16, 17].

Пациенты с перечисленными интроскопическими симптомами ложной аневризмы подлежат хирургическому лечению в срочном поряд-

ке. Риск летального исхода не выше, чем при плановой хирургии аневризм аорты. Стандартной методикой лечения ложных аневризм брюшного отдела аорты является открытая резекция аневризмы и линейное или аорто-подвздошное/бедренное протезирование аорты. Эндоваскулярная установка стент-графта при подобной патологии diskutabelна, ряд авторов воздерживаются от данной технологии, опасаясь потенциального инфицирования тромботических масс. При этом приверженцы эндоваскулярной хирургии также были удовлетворены результатом реконструкции аорты.

Ключом к принятию решения о необходимости выполнения спондилосинтеза является объем потери костной массы тела позвонка, что чревато его переломом. В литературе можно обнаружить некий консенсус в отношении потери костной массы тела позвонка, требующей восполнения. Принято считать, что потеря массы тела позвонка до 30 % может быть восстановлена естественным путем после устранения повреждающего фактора (резекция ложной аневризмы и протезирование аорты). Это, на наш взгляд, упрощение. Каждый такой пациент должен быть консультирован врачом с достаточным опытом хирургии позвоночника. Исходя из нашего и изученного по данным литературы опыта, выполнение доступа к аорте позволяет без значительного увеличения продолжительности и травматичности вмешательства выполнить передний опорный корпородез. Сочетание ортопедического и сосудистого (открытого или эндоваскулярного) этапов лечения позволяет получить хороший клинический и рентгенографический результат. Однако в ряде случаев при отсутствии по той или иной причине возмож-

ности выполнения одномоментного вмешательства и на аорте, и на позвоночнике возможно разделение этапов с хорошими результатами, как показал представленный нами клинический случай. Тем не менее, на наш взгляд, при предоперационном планировании в первую очередь следует рассматривать вариант симультанного протезирования аорты и спондилосинтеза. Стандартный в случае открытого протезирования брюшного отдела аорты доступ достаточен для протезирования тел позвонков и установки вентральной стабилизирующей системы. Дорсальный остеолигаментарный комплекс при воздействии ложной аневризмы не повреждается, что делает изолированный передний спондилосинтез оптимально достаточным. Объем костной резекции тел пораженных позвонков должен, на наш взгляд, соответствовать геометрии опорного трансплантата, а протяженность фиксации соответствовать таковой при стандартном остеосинтезе. Лимитирующим ортопедический компонент операции фактором может служить время вмешательства и объем кровопотери. Нельзя сбрасывать со счетов и значительный объем титановых и полиэфестерных имплантатов, повышающих риск развития инфекционных осложнений. В литературе, однако, не содержится данных о воспалительных осложнениях хирургии дефектов позвонков, вызванных ложной аневризмой. Это объясняется, вероятно, малочисленностью публикаций. Широкое внедрение эндоваскулярных методик протезирования аорты определяет место транспедикулярного остеосинтеза как второго компонента симультанной или этапной хирургии. При этом следует принимать во внимание нюансы: дефект тела позвонка сохраняется, устраня-

ется повреждающий тела позвонков фактор (воздействие псевдоаневризмы) и осуществляется их частичная разгрузка за счет металлоконструкции. Отдаленные результаты такого лечения в литературе не отражены. Полноценная реконструкция тел позвонков контейнерным эндопротезом видится субъективно более надежной технологией, но и это утверждение пока что не подкреплено данными длительного наблюдения. Описанный нами трехэтапный вариант сформирован исходной ситуацией: значительный полисегментарный костный дефект при открыто протезированной аорте.

Заключение

Основным симптомом эрозии тела позвонка являются вертеброгенные боли. Симптомы неспецифические и чрезвычайно распространенные. Эрозии тела позвонка, вызванные ложной аневризмой аорты, в свою очередь, явление редчайшее. Следует исключить их инфекционную и опухольную природу. В диагностике эрозий тела позвонка, вызванных ложной аневризмой, важно сочетание интроскопических признаков аневризмы (по данным УЗДГ и КТ-ангиографии) и эрозии тела позвонка (рентгенография, КТ). Симультанные сосудистые и ортопедические вмешательства, как и их этапное выполнение, позволяют достичь хорошего клинического и рентгенографического результата. Ввиду небольшого количества публикаций, описывающих эрозии тела позвонка, обусловленные ложной аневризмой аорты, и их хирургию, данное сообщение рассматривается как некоторое дополнение мирового опыта.

Литература/References

1. Jones CS, Reilly MK., Dalsing MC, Glover JL. Chronic contained rupture of abdominal aortic aneurysms. *Arch Surg*. 1986;121:542–546.
DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.1986.01400050060007>
2. Diekerhof CH, Reedt Dortland RW, Oner FC, Verbout AJ. Severe erosion of lumbar vertebral body because of abdominal aortic false aneurysm: report of two cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27:E382–E384.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-200208150-00026>

3. **Pesce A, Armocida D, Petrella G, Guerrini F, Pompucci A.** Vertebral body erosion by a chronic contained rupture of thoracoabdominal aortic aneurysm: systematic review and spine surgical recommendations. *World Neurosurg.* 2022;158:e75–e86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.10.116>
4. **Toufqa Z, Aouijl F, Billah NM, Nassar I.** Vertebral erosion secondary to aortic aneurysm. *Case Rep Radiol.* 2020;2020:6062140. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/6062140>
5. **Blakemore AH.** The clinical behaviour of arteriosclerotic aneurysm of the abdominal aorta: a rational surgical therapy. *Ann Surg.* 1947;126:195–207. DOI: <https://doi.org/10.1097/0000658-194708000-00005>
6. **Boonen A, Ghesquiere B, Westhovens R, Geusens P, Dequeker J, Boonen S.** Vertebral fracture induced by chronic contained rupture of aortic aneurysm. *Ann Rheum Dis.* 1995;54:437–438. DOI: <https://doi.org/10.1136/ard.54.5.437-b>
7. **Latif S, Wasti A, Grundy DJ, Isdale A, Iveson JM.** Direct erosion of lumbar spine by an abdominal aortic aneurysm, resulting in paraparesis: unusual presentation. Case report. *Paraplegia.* 1995;33:480–481. DOI: <https://doi.org/10.1038/sc.1995.105>
8. **Grevitt MP, Fagg PS, Mulholland RC.** Chronic contained rupture of an aortic aneurysm mimicking infective spondylitis. *Eur Spine J.* 1996;5:128–130. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00298393>
9. **Roeyen G, Van Schil PE, Vanmaele RG, Michielsens JC, Neetens IB, Van Marck EA, Eyskens EJ.** Abdominal aortic aneurysm with lumbar vertebral erosion in Beh et's disease. A case report and review of the literature. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1997;13:242–246.
10. **Sakai T, Katoh S, Sairyo K, Higashino K, Hirohashi N, Yasui N.** Extension of contained rupture of an abdominal aortic aneurysm into a lumbar intervertebral disc. Case report. *J Neurosurg Spine.* 2007;7:221–226. DOI: <https://doi.org/10.3171/SPI-07/08/221>
11. **Aydogan M, Karatoprak O, Mirzanli C, Ozturk C, Tezer M, Hamzaoglu A.** Severe erosion of lumbar vertebral body because of a chronic ruptured abdominal aortic aneurysm. *Spine J.* 2008;8:394–396. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.12.001>
12. **Леманев В.Л., Усачев Д.Ю., Гуца А.О.** Разрушение тела позвонка в результате компрессии аневризмой брюшного отдела аорты. Одномоментное протезирова-

- ние бифуркации аорты и передний поясничный спондилодез с использованием сетчатого имплантата. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 2012;76(4):49–52. [Lemenev VL, Usachev DYU, Gushcha AO. Aneurysm of abdominal aorta resulting in vertebral body destruction. Simultaneous prosthetic repair of aorta bifurcation and anterior lumbar fusion with mesh implant. *Burdenko's Journal of Neurosurgery.* 2012;76(4):49–52]. EDN: <https://elibrary.ru/PDXRKB>
13. **Nguyen TT, Le NT, Doan QH.** Chronic contained abdominal aortic aneurysm rupture causing vertebral erosion. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2019;27:33–35. DOI: <https://doi.org/10.1177/0218492318773237>
 14. **Kim HJ, Ahn J, Ha KY, Chang DG.** Thoracic vertebral body erosion due to a perianeurysmal outpouching lesion after thoracic endovascular aortic repair: a case report and literature review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2025;26:25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-024-08265-5>
 15. **Admassu NG, Mengistie CT, Mengistie BT, Bered S, Nibret Y, Teklesilase H, Bezabh A, Admassu AK.** A case report on the open surgical repair of thoracoabdominal aortic aneurysm with severe thoracic vertebral body erosion. Experience in LMIC. *Clin Case Rep.* 2025;13:e71115. DOI: <https://doi.org/10.1002/ccr3.71115>
 16. **Caynak B, Onan B, Sanisoglu I, Akpinar B.** Vertebral erosion due to chronic contained rupture of an abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* 2008;48:1342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.05.034>
 17. **Saiki M, Urata Y, Katoh I, Hamasaki T.** Chronic contained rupture of an abdominal aortic aneurysm with vertebral erosion: report of a case. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;12:300–302.

Статья поступила в редакцию 04.06.2026

Рецензирование пройдено 03.08.2026

Подписано в печать 21.08.2026

Received 04.06.2026

Review completed 03.08.2026

Passed for printing 21.08.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. С.В. Лихачев – хирургическое лечение пациента, написание текста статьи, концепция публикации, этапное и заключительное редактирование текста статьи; В.Б. Арсениевич – дизайн публикации, интерпретация результатов, редактирование текста статьи; В.Г. Папашвили – интерпретация результатов, редактирование текста статьи; И.Н. Щаницын – хирургическое лечение пациента, интерпретация результатов, концепция публикации, редактирование текста статьи; С.А. Мизюров – курация, анализ литературных источников, сбор материала, подготовка текста статьи; А.Е. Шульга – сбор материала, концепция публикации, этапное редактирование текста статьи; Ю.А. Барабаш – интерпретация результатов, редактирование текста статьи; И.А. Норкин – дизайн публикации, интерпретация результатов, этапное и заключительное редактирование текста статьи. **Этическая экспертиза.** Выполненные лечебные мероприятия полностью находились в рамках современной хирургической тактики (протокол № 4 заседания локального комитета по этике НИИТОН СГМУ от 02.06.2026).

Согласие на публикацию. Пациент дал согласие на обработку и публикацию персональных данных.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Сергей Вячеславович Лихачев, д-р мед. наук, доцент; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3550-1343; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-2507>; Likh4@mail.ru
 Владислав Бранкович Арсениевич, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5429-8316; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4808-1578>; vbarsenievich@mail.ru

Василий Георгиевич Папашвили, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1192-0910; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9987-5410>; vpapit@mail.ru

Иван Николаевич Щаницын, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3653-9302; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0565-5172>; dr.green@list.ru

✉ Сергей Александрович Мизюров, канд. мед. наук, доцент; Россия, 410012, Саратов, ул. Большая Казачья, 112; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8066-5141; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8935-3384>; miziurov@inbox.ru

Алексей Евгеньевич Шульга, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4018-3890; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8476-0231>; docshulga@yandex.ru

Юрий Анатольевич Барабаш, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=2479-2371; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-4427>; sgmutravma@mail.ru

Игорь Алексеевич Норкин, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9253-7993; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6770-3398>; sgmutravma@mail.ru

Authors' Info

Sergey Vyacheslavovich Likhachev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3550-1343; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-2507>; Likha4@mail.ru

Vladislav Brankovich Arsenievich, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5429-8316; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4808-1578>; vbarsenievich@mail.ru

Vasil Georgyevich Papitashvili, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=1192-0910; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9987-5410>; vpapit@mail.ru

Ivan Nikolayevich Shchanitsyn, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=3653-9302; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0565-5172>; dr.green@list.ru

✉ Sergey Aleksandrovich Miziurov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; 112 Bolshaya Kazachya str., Saratov, 410012, Russia;

eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8066-5141; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8935-3384>; miziurov@inbox.ru

Aleksey Evgenyevich Shulga, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4018-3890; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8476-0231>;

doc.shulga@yandex.ru

Yury Anatolyevich Barabash, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=2479-2371; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-4427>; sgmutravma@mail.ru

Igor' Alekseyevich Norkin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9253-7993; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6770-3398>; sgmutravma@mail.ru



ЗАДНЯЯ МИКРОХИРУРГИЧЕСКАЯ ДЕКОМПРЕССИЯ ПРИ ВЕРТЕБРОГЕННОЙ ШЕЙНОЙ МИЕЛОПАТИИ: ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ*

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

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

Цель исследования. Определить клиническую эффективность двусторонней микрохирургической декомпрессии из одностороннего доступа в сравнении с декомпрессивной ламинэктомией и задней винтовой фиксацией у пациентов с вертеброгенной шейной миелопатией.

Материал и методы. В исследование будут включены взрослые пациенты с неврологическим дефицитом, обусловленным шейной компрессионно-ишемической миелопатией на фоне дегенеративного стеноза позвоночного канала. Исследование будет включать две группы пациентов: проспективная (основная) группа — двусторонняя микрохирургическая декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего доступа; ретроспективная (сравнения) группа — декомпрессивная ламинэктомия с винтовой фиксацией. Продолжительность исследования составит около двух лет. Будет оценена динамика клинических, рентгенологических и нейровизуализационных данных на сроках 3 и 12 мес.

Предполагаемые результаты. Исследование уточнит параметры эффективности двусторонней микрохирургической декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего доступа на шейном отделе позвоночника, будут продемонстрированы преимущества по сравнению с классическим методом декомпрессивной ламинэктомии с винтовой фиксацией на шейном уровне.

Ключевые слова: декомпрессия; дегенеративные заболевания позвоночника; миелопатия; шейный отдел позвоночника.

Для цитирования: Байков Е.С., Смараков А.Е., Леонова О.Н., Крутько А.В. Задняя микрохирургическая декомпрессия при вертеброгенной шейной миелопатии: протокол исследования // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 88–94. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.88-94>

POSTERIOR MICROSURGICAL DECOMPRESSION FOR CERVICAL SPONDYLOTIC MYELOPATHY: STUDY PROTOCOL

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

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

Objective. To determine the clinical efficacy of bilateral microsurgical decompression through a unilateral approach in comparison with decompressive laminectomy and posterior screw fixation in patients with cervical spondylotic myelopathy.

Material and Methods. The study will include adult patients with neurological deficits caused by cervical compressive-ischemic myelopathy due to degenerative spinal canal stenosis. The study will include two groups of patients: a prospective (study) group undergoing bilateral microsurgical decompression of intracanalicular neurovascular structures through a unilateral approach, and a retrospective (comparison) group undergoing decompressive laminectomy with screw fixation. The duration of the study will be approximately two years. The dynamics of clinical, radiological, and neuroimaging data will be assessed at 3 and 12 months.

Expected Results. This study will clarify the efficacy parameters of bilateral microsurgical decompression of intracanalicular neurovascular structures through a unilateral approach in the cervical spine, and demonstrate the advantages of this technique over the conventional method of decompressive laminectomy with screw fixation at the cervical level.

Key Words: decompression; degenerative spinal diseases; myelopathy; cervical spine.

Please cite this paper as: Baykov ES, Smarakov AE, Leonova ON, Krutko AV. Posterior microsurgical decompression for cervical spondylotic myelopathy: study protocol. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):88–94. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.88-94>

Вертеброгенная шейная миелопатия является ведущей причиной дисфункции спинного мозга у взрослых паци-

ентов во всем мире [1]. Ее наличие приводит к значительному ухудшению качества жизни, снижению подвиж-

ности, риску падения, потере возможности в самообслуживании и экономическим потерям из-за расходов

* Статья открывает новую рубрику «Протокол клинического исследования», приглашаем читателей высказывать свою точку зрения и рекомендации по проведению исследований, а при определенном обсуждении с авторами публикаций есть возможность стать соисполнителями запланированного исследования.

на лечение и утраты трудоспособности [2, 3]. Около 40 % пациентов с шейной вертеброгенной миелопатией не способны вернуться к работе и около 50 % нуждаются в посторонней помощи [4]. Пациентам с подтвержденным диагнозом шейной миелопатии средней или тяжелой степени рекомендуется хирургическая декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований мозга [5–7].

Дегенеративный стеноз позвоночного канала в шейном отделе позвоночника может быть сформирован за счет утолщения желтой связки, оссификации задней продольной связки, гипертрофии дугоотростчатых суставов, формирования задних остеофитов тел смежных позвонков.

На сегодняшний день эффективность хирургических вмешательств при миелопатии доказана, дискутабельным остается выбор той или иной техники [8]. К основным методам хирургического лечения шейной миелопатии относят вмешательства из дорсальных доступов: ламинопластику, ламинэктомию и ламинэктомию с последующим спондилодезом [9]. Все они сопряжены с травматичным задним доступом, обусловленным скелетированием задних элементов нескольких позвоночно-двигательных сегментов, кровопотерей, высоким риском инфицирования области хирургического вмешательства, а также с имплант-связанными осложнениями [9, 10]. Из-за использования имплантатов стоимость операции значительно возрастает [11].

Одной из перспективных миниинвазивных хирургических техник является двусторонняя декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего заднего доступа [12], этот метод не предполагает применения имплантатов [13, 14] и влечет минимальную интраоперационную травму паравертебральных мышц. Данная хирургическая техника изучена мало, отсутствуют исследования по сравнению ее эффективности с традиционными технологиями.

Материал и методы

Дизайн исследования: проспективное сравнительное интервенционное с историческим контролем.

В исследовании будут изучены взрослые пациенты с неврологическим дефицитом, обусловленным шейной миелопатией на фоне дегенеративного стеноза позвоночного канала, подтвержденным данными МРТ и неэффективным консервативным лечением в течение не менее трех месяцев.

В исследовании предусмотрены две группы – проспективная (основная) и ретроспективная (сравнения) группы.

В проспективной группе будет выполняться изолированная двусторонняя микрохирургическая декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего заднего доступа.

Группу сравнения составят пациенты, которым проведена ламинэктомия с задней винтовой фиксацией в боковые массы позвонков. Проведение транспедикулярной винтовой фиксации связано со статистической значимо более высокой частотой пареза C₅ (отношение шансов = 3,48; 95% доверительный интервал: 1,27–9,53; $p < 0,05$) [15]. Выбор данной методики для сравнения обусловлен тем, что за счет наибольшей декомпрессирующей возможности она является золотым стандартом при протяженной спондилогенной шейной миелопатии [12, 16].

По предварительным данным (пилотное исследование NCT06995300, clinicaltrials.gov; $n = 10$), в группе двусторонней микрохирургической декомпрессии из одностороннего заднего доступа пациенты отмечают интенсивность боли в шее 2 балла при выписке, что значительно меньше, чем после ламинэктомии и винтовой фиксации при появлении сопоставимых резервных ликворных пространств позвоночного канала. Из-за этого мы сочли нецелесообразным продолжать выполнение вмешательства в объеме ламинэктомии и винтовой фиксации с заведомо менее

хорошим клиническим результатом. Таким образом, группа сравнения (ламинэктомия и задняя винтовая фиксация) будет историческим контролем, а не набрана проспективно.

Так как рандомизация проводиться не будет, предполагается стратификация групп по количеству оперированных уровней. Данный параметр взят как основной ввиду того, что уровень болевого синдрома напрямую зависит от количества оперированных сегментов [17]. Таким образом, пациенты проспективной группы будут подбираться как соответствующие пациентам ретроспективной группы по количеству оперированных сегментов.

Так как исследование будет двухгрупповое, с гипотезой неинференции (не меньшей эффективности) для демонстрации меньшей интенсивности боли (NPRS шея) после микрохирургической декомпрессии по сравнению с ламинэктомией и винтовой фиксацией (граница гипотезы = 0) на сроке 3 мес. после операции будут приняты следующие данные: для тестирования гипотезы будет использован односторонний Т-тест для парных выборок, двусторонний уровень значимости будет принят 0,025, марджин – 2,5 балла, SD = $\pm 1,40$ балла, мощность исследования – 80 %. При таких допущениях минимальный размер выборки составит 20 участников в каждой группе, с учетом прогнозируемой доли выбывших в 30 % размер выборки составит 29 участников.

В клинике внедрена система телемониторинга, позволяющая пациентам заполнять все клинические опросники дистанционно. Благодаря этому сведения (данные опросников) большинства уже пролеченных пациентов содержатся в защищенной электронной базе данных, что также гарантирует достаточный объем ретроспективного материала для проведения исследования.

Отбор пациентов

Проспективная группа

Сплошной набор пациентов с последующим подбором пар будет осуществляться в течение 12 мес., период послеоперационного наблюдения также составит 12 мес., общая

продолжительность исследования достигнет 24 мес. Набор пациентов начат в октябре 2026 г., а финальный визит последнего пациента ожидается в октябре 2028 г.

Исходные данные будут включать демографические сведения, клиническую оценку, хирургические показатели, данные МРТ и рентгенографии шейного отдела позвоночника, результаты опросников, а также нежелательные явления.

Критерии включения:

1) возраст старше 18 лет;
2) компрессионные и/или компрессионно-ишемические синдромы (миело-/радикулопатия) с болями в шее или без них, вызванные одно- или многоуровневым дегенеративным шейным стенозом на уровнях с C₂ по C₇, подтвержденные МРТ шейного отдела позвоночника;

3) запланировано проведение изолированной двусторонней микрохирургической декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего заднего доступа с последующим подбором пар с пациентами ретроспективной группы по количеству оперированных сегментов;

4) неэффективное консервативное лечение в течение как минимум трех месяцев до операции;

5) наличие письменного информированного согласия;

б) пациент способен и готов полностью следовать клиническому протоколу, а также соблюдать график и требования последующего наблюдения.

Критерии невключения:

1) предшествующий спондилодез шейного отдела позвоночника на любом уровне;

2) кифотическая деформация шейного отдела позвоночника с вентральной компрессией спинного мозга;

3) наличие в анамнезе или на момент включения в исследование какого-либо другого неврологического заболевания или состояния, которое может повлиять на оценку эффективности исследования и результаты исследования;

4) участие в другом исследовании или планы на участие в другом исследовании (параллельно с данным исследованием).

Критерии исключения:

1) интраоперационное изменение тактики в пользу выполнения винтовой фиксации;

2) дополнение микрохирургической декомпрессии из заднего доступа вторым этапом (любыми другими технологиями).

Клинический протокол. Все пациенты, соответствующие критериям отбора, будут рассмотрены на предмет включения. После получения информированного согласия паци-

енту будет присвоен идентификационный номер. Каждому пациенту проспективной группы будет проведено хирургическое вмешательство в объеме двусторонней микрохирургической декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего заднего доступа на всех клинически значимых уровнях.

Клинические опросники включают числовую рейтинговую шкалу для оценки боли в шее и боли в руке (NPRS – Numeric Pain Rating Scale), шкалу оценки тяжести клинических симптомов у пациентов с шейной компрессионной миелопатией (mJOA – Modified Japanese Orthopaedic Association Scale). Для оценки удовлетворенности пациента проведенным лечением будет выбран один из вопросов опросника SF-36 (Short Form Medical Outcomes Study) – «Переход к здоровому образу жизни» (HTI – Health Transition Item). Данные шкалы и опросники валидированы для дегенеративной патологии шейного отдела позвоночника.

В рамках исследования планирует-ся 5 визитов (табл. 1):

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

Таблица

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	+				
Клиническая оценка	+				
Операция		+			
mJOA	+			+	+
Удовлетворенность (HTI from SF-36)			+	+	+
NPRS шея, NPRS рука	+		+	+	+
NDI	+			+	+
Рентгенография шейного отдела позвоночника	+			+	+
МРТ шейного отдела позвоночника	+			+	+
Нежелательные явления	+	+	+	+	+

- визит 4*: послеоперационная оценка через 3 мес. (90-й день $\pm$ 14 дней);
- визит 5*: послеоперационная оценка через 12 мес. (365-й день $\pm$ 56 дней).

Характеристики параметров первичных визитов, пребывания в стационаре и последующих визитов будут заноситься в базу через электронную систему сбора информации.

Хирургическое лечение. Всем пациентам проспективной группы будет выполняться декомпрессия интраканальных сосудисто-нервных образований на клинически значимых шейных уровнях с сохранением задних опорных колонн позвоночника (двусторонняя микрохирургическая декомпрессия из одностороннего доступа). При одноуровневом стенозе позвоночного канала декомпрессия осуществляется через интерламинарный промежуток. В случае более двух уровней поражения будет выполняться гемиламинэктомия.

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;
- 3) отчетливая пульсация дурального мешка;
- 4) отсутствие перетяжек дурального мешка.

Резецируются все компримирующие сосудисто-нервные образования субстраты до достижения критериев достаточной декомпрессии, описанных выше [18].

Хирургическая техника. Пациент, находясь под общей анестезией, укладывается и фиксируется на операционном столе в положении лежа на животе на подголовнике. Шея пациента позиционируется в нейтральном или слегка согнутом положении, чтобы увеличить интерламинарные промежутки. С помощью флюороскопии в боковой проекции и маркировочной иглы определяют

уровни вмешательства, после чего делается разметка предстоящего разреза вдоль линии остистых отростков длиной около 3–4 см. Выполняется линейный разрез кожи, подкожной клетчатки, фасции. Устанавливается ранорасширитель Каспара. Производится удаление мягких тканей над костными структурами. Выделяют междужковый и межостистый промежуток, выполняется резекция каудальной части дужки вышележащего позвонка и краниальной части дужки нижележащего позвонка, с контрлатеральной стороны резецируются внутренняя кортикальная пластинка и губчатая кость дужек смежных позвонков, а также вентральная треть межостистой связки. Далее удаляется желтая связка, резецируются медиальные части ипсилатерального и контрлатерального дугоотростчатых суставов, мобилизуется задняя и латеральные части дурального мешка. Чтобы минимизировать давление на спинной мозг, используются кусочки Керрисона 2 мм и высокооборотистая дрель.

Историческая группа

В историческую группу (контрольную) войдут случаи пролеченных пациентов: будут выбираться из архива медицинские карты больных до получения необходимого числа случаев, соответствующих критериям включения.

Визиты и анализируемые параметры будут аналогичными проспективной группе.

Критерии включения:

- 1) пациенту выполнена первичная ламинэктомия и винтовая фиксация в боковые массы из заднего доступа по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала шейного отдела позвоночника;
- 2) наличие необходимого обследования до операции и на визитах: МРТ и рентгенография шейного отдела позвоночника;
- 3) наличие данных об интенсивности болевого синдрома шейного отде-

ла позвоночника через 3 мес. после операции;

4) наличие заполненных клинических опросников до операции, после операции и на контрольных визитах (mJOA, NDI, NPRS рука, NPRS шея).

Критерии не включения: наличие в анамнезе или в момент 1-го визита какого-либо другого серьезного неврологического заболевания или состояния, которое могло повлиять на результаты исследования.

Результаты

Первичная конечная точка: интенсивность болевого синдрома по NPRS в шею на сроке 3 мес. после операции.

Интенсивность болевого синдрома в области хирургического доступа является наиболее ярким отличительным признаком микрохирургии от классических традиционных технологий [19]. Это обусловлено размером операционной раны, степенью травмы паравертебральных и вертебральных анатомических структур во время операции. Было показано, что интенсивность боли в послеоперационном периоде имеет наименьшие значения в среднесрочном периоде [20], этим обусловлен анализ первичной конечной точки в срок 3 мес. после операции.

Доля выбывших пациентов (dropout) в 30 % обусловлена рекомендациями по расчету мощности выборки для проспективных исследований [21].

Вторичными конечными точками в данном исследовании являются динамика изменений (или значения) результатов опроса, параметров сагиттального баланса шейного отдела позвоночника, а также данных МРТ шейного отдела позвоночника на визитах исследования.

Оцениваемые параметры лучевых обследований включают следующее:

- 1) при рентгенографии шейного отдела позвоночника в боковой проекции в положении пациента стоя – параметры сагиттального баланса для шейного отдела;

* Может быть заменен перепиской по электронной почте в случае удаленного проживания пациента.

- C_2-C_7 – угол между нижней замыкательной пластинкой C_2 позвонка и нижней замыкательной пластинкой C_7 позвонка;

- C_2-C_7 SVA – расстояние между вертикальными линиями, проведенными через центр C_2 позвонка, и задне-верхним краем C_7 позвонка;

- T1 slope or C7 slope – угол между верхней замыкательной пластинкой Th_1 позвонка и горизонтальной линией;

- SCA – угол между линией, проведенной через середину турецкого седла к середине замыкательной пластинки C_7 позвонка, и линией, параллельной верхней замыкательной пластинке C_7 позвонка;

- SL – угол между нижней замыкательной пластинкой вышележащего позвонка и верхней замыкательной пластинкой нижележащего позвонка на каждом уровне оперативного вмешательства;

2) MPT шейного отдела позвоночника:

- площадь поперечного сечения дурального мешка на уровне операции (cm^2);

- площадь поперечного сечения паравертебральных мышц на уровне межпозвонкового диска пораженного/-ых сегмента/-ов (cm^2).

Конечные точки безопасности, такие как кровопотеря, продолжительность пребывания в стационаре, инвазивность, хирургические осложнения и частота повторных операций, будут документированы у всех пациентов.

Для исследования мы приняли, что при расчете размера выборки марджин будет равен значению MCID. Мы опирались на наиболее близкую нашему исследованию по сути работу Carreon et al. [22], где MCID для боли в руке и шее был определен в 2,5 балла – для пациентов с дегенеративными заболеваниями шейного отдела позвоночника, которым выполнялся спондилодез.

Этическая экспертиза. Данное исследование будет проводиться в соответствии с правилами ICH GCP, требованиями Хельсинкской декла-

рации (издание 2013 г.) и требованиями государственных стандартов Российской Федерации (14155-2014), исследование одобрено локальным этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва (протокол № 6/26 от 03.07.2026).

Обсуждение

Сложность проведения исследования с участием пациентов с дегенеративным шейным стенозом состоит в том, что эта болезнь поражает людей с разными социодемографическими характеристиками и проявляется разной степенью неврологического дефицита, вовлекает от одного до нескольких уровней протяженности и сопровождается разной степенью компрессии, не всегда коррелирующей с выраженностью клинических жалоб. При таких условиях создание полностью гомогенной группы (или полностью сопоставимых групп исследования) даже при рандомизации крайне затруднительно [23].

Дизайн «не меньшей эффективности» выбран потому, что предполагается не меньшая клиническая эффективность по первичной конечной точке и превосходство по некоторым вторичным конечным точкам, таким как функциональные исходы, безопасность, меньшее количество нежелательных явлений для пациентов.

Метод выбора хирургического лечения пациентов с компрессионной миелопатией на шейном отделе позвоночника остается спорным и сложным. Ламинопластика и ламинэктомия с последующим спондилодезом – две наиболее часто выполняемые операции из заднего доступа при лечении пациентов с шейной компрессионной миелопатией [24]. Однако они предполагают большую ятрогенную травму, высокую интенсивность боли в шейном отделе после операции, а также сложности, возникающие при применении металлоконструкций [25].

Метод двусторонней микрохирургической декомпрессии из одностороннего заднего доступа на шей-

ном уровне описывается в научной литературе ограниченно. Показано, что этот метод позволяет значимо увеличить объем позвоночного канала, что способствует клиническому улучшению по данным mJOA; в целом имеет сопоставимые или даже лучшие результаты по сравнению с ламинопластикой через 3 мес. после операции [26]. Также у больных, перенесших такую операцию, отмечается меньшая интенсивность боли в шее и меньшая частота возникновения сегментарного кифоза и потеря лордоза по сравнению с ламинопластикой в течение пяти лет после операции [27]. Обе указанные работы имеют уязвимости в дизайне: обзор Balmaceno-Criss et al. [26] ограничен описательным характером, в нем отсутствует унифицированная методология оценки доказательств, а отбор статей может быть неполным или зависеть от мнения авторов. Ретроспективный характер исследования Huang et al. [27] делает его подверженным смещению, связанному с формированием исследуемых когорт, что ставит под сомнение репрезентативность выводов.

Немногочисленность публикаций, посвященных данной хирургической методике, и потенциальные ограничения обуславливают необходимость ее углубленного и всестороннего исследования.

Мы сочли необходимым усилить доказательства о неменьшей эффективности микрохирургической декомпрессии интраканальных сосудисто-нервных образований из одностороннего доступа в сравнении с ламинэктомией и задней винтовой фиксацией при лечении пациентов с вертеброгенной шейной миелопатией на фоне дегенеративного стеноза позвоночного канала.

Результаты запланированного исследования могут стать основой для руководств по хирургии позвоночника: определение четких показаний к применению минимально-инвазивной и традиционной открытой процедур поможет создать алгоритм хирургического лечения и отбора пациентов, тем самым дополнив существующую базу доказательств.

Ограничения. Ограничениями работы являются негетерогенная группа исследования, отсутствие рандо-

мизации, группа сравнения – исторический контроль, одноцентровое исследование, длительность наблюде-

ния не превышает 12 мес., отсутствие стратификации по предполагаемым факторам риска.

Литература/References

1. Badhiwala JH, Ahuja CS, Akbar MA, Witiw CD, Nassiri F, Furlan JC, Curt A, Wilson JR, Fehlings MG. Degenerative cervical myelopathy – update and future directions. *Nat Rev Neurol*. 2020;16:108–124. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41582-019-0303-0>
2. Rutnagur J, Frost A, Arora M, Lowrie J, Baliga S. Acute spinal problems in the elderly. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2025;86:1–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.12968/hmed.2024.0545>
3. Houten JK, Shahsavaran S, Verma RB. The natural history of degenerative cervical myelopathy. *Clin Spine Surg*. 2022;35:396–402. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BSD.0000000000001405>
4. Pope DH, Mowforth OD, Davies BM, Kotter MRN. Diagnostic delays lead to greater disability in degenerative cervical myelopathy and represent a health inequality. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45:368–377. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000003305>
5. Benzel EC, Lancon J, Kesterson L, Hadden T. Cervical laminectomy and dentate ligament section for cervical spondylotic myelopathy. *J Spinal Disord*. 1991;4:286–295. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00002517-199109000-00005>
6. Martin AR, Jentzsch T, Wilson JRF, Moghaddamjou A, Jiang F, Rienmueller A, Badhiwala JH, Akbar MA, Nater A, Oitment C, Ganau M, Massicotte EM, Fehlings MG. Inter-rater reliability of the modified Japanese orthopedic association score in degenerative cervical myelopathy: a cross-sectional study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;46:1063–1069. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000003956>
7. Kong LD, Meng LC, Wang LF, Shen Y, Wang P, Shang ZK. Evaluation of conservative treatment and timing of surgical intervention for mild forms of cervical spondylotic myelopathy. *Exp Ther Med*. 2013;6:852–856. DOI: <http://dx.doi.org/10.3892/etm.2013.1224>
8. Bak AB, Alvi MA, Moghaddamjou A, Fehlings MG. Comparison of outcomes after anterior versus posterior surgery for degenerative cervical myelopathy: a pooled analysis of individual patient data. *Spine J*. 2025;25:1964–1973. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2025.03.027>
9. Lee CH, Lee J, Kang JD, Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, Kim HJ. Laminoplasty versus laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy: a meta-analysis of clinical and radiological outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2015;22:589–595. DOI: <http://dx.doi.org/10.3171/2014.10.SPINE1498>
10. Han SH, Kim SH, Noh SH, Lee JJ, Ha Y, Cho PG. Comparison of posterior approach surgical techniques for cervical spondylotic myelopathy: laminectomy with fusion, laminoplasty, and laminoplasty with fusion. *Spine J*. 2025;25:2413–2421. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2025.04.017>
11. Highsmith JM, Dhall SS, Haid RW Jr, Rodts GE Jr, Mummaneni PV. Treatment of cervical stenotic myelopathy: a cost and outcome comparison of laminoplasty versus laminectomy and lateral mass fusion. *J Neurosurg Spine*. 2011;14:619–625. DOI: <http://dx.doi.org/10.3171/2011.1.spine10206>
12. Singrakhia MD, Malewar NR, Singrakhia SM, Deshmukh SS. Cervical laminectomy with lateral mass screw fixation in cervical spondylotic myelopathy: neurological and sagittal alignment outcome: do we need lateral mass screws at each segment? *Indian J Orthop*. 2017;51:658–665. DOI: http://dx.doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_266_16
13. Mielke D, Rohde V. Bilateral spinal canal decompression via hemilaminectomy in cervical spondylotic myelopathy. *Acta Neurochir (Wien)*. 2015;157:1813–1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00701-015-2549-7>
14. Chen C, Yang C, Yang S, Gao Y, Zhang Y, Wu X, Hua W, Shao Z. Clinical and radiographic outcomes of modified unilateral open-door laminoplasty with posterior muscle-ligament complex preservation for cervical spondylotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;44:1697–1704. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000003158>
15. Soliman MAR, Khan S, Ruggiero N, Mariotti BL, Aguirre AO, Kuo CC, Fritz AG, Sharma S, Nezha A, Levy BR, Khan A, Salem AA, Jowdy PK, Zeeshan Q, Ghannam MM, Starling RV, Pollina J, Mullin JP. Complications associated with subaxial placement of pedicle screws versus lateral mass screws in the cervical spine: systematic review and meta-analysis comprising 1768 patients and 8636 screws. *Neurosurg Rev*. 2022;45:1941–1950. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10143-022-01750-2>
16. Singh DK, Kumar V, Yadav K, Mohammad K, Sharma PK. Comparative outcome analysis of lateral mass fixation and trans-facet fixation with posterior decompression in the management of cervical spondylotic myelopathy: An institutional experience. *J Craniocervical Junction Spine*. 2022;13:357–363. DOI: http://dx.doi.org/10.4103/jcvjsjcvjs_51_22
17. De la Garza-Ramos R, Xu R, Ramhmdani S, Kosztowski T, Bydon M, Sciubba DM, Wolinsky JP, Witham TF, Gokaslan ZL, Bydon A. Long-term clinical outcomes following 3- and 4-level anterior cervical discectomy and fusion. *J Neurosurg Spine*. 2016;24:885–891. DOI: <http://dx.doi.org/10.3171/2015.10.SPINE15795>
18. Hernandez RN, Wipplinger C, Navarro-Ramirez R, Soriano-Solis S, Kirnaz S, Hussain I, Schmidt FA, Soriano-Sanchez JA, Hrtl R. Ten-step minimally invasive cervical decompression via unilateral tubular laminotomy: technical note and early clinical experience. *Oper Neurosurg*. 2020;18:284–294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ons/onz156>
19. Clark JG, Abdullah KG, Steinmetz MP, Benzel EC, Mroz TE. Minimally invasive versus open cervical foraminotomy: a systematic review. *Global Spine J*. 2011;19–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1296050>
20. Dorow M, Lobner M, Stein J, Konnopka A, Meisel HJ, Gunther L, Meixensberger J, Stengler K, König HH, Riedel-Heller SG. Risk factors for post-operative pain intensity in patients undergoing lumbar disc surgery: a systematic review. *PLoS One*. 2017;12:e0170303. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0170303>
21. Wang X, Ji X. Sample size estimation in clinical research: from randomized controlled trials to observational studies. *Chest*. 2020;158(1S):S12–S20. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.010>
22. Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ, Anderson PA. Neck Disability Index, short form-36 physical component summary, and pain scales for neck and arm pain: the minimum clinically important difference and substantial clinical benefit after cervical spine fusion. *Spine J*. 2010;10:469–474. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2010.02.007>
23. Roberts C, Torgerson DJ. Understanding controlled trials. Baseline imbalance in randomised controlled trials. *BMJ*. 1999;319(7203):185. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.319.7203.185>
24. Huang M, Gao X, Cheng J, Han J, Liu J. Laminoplasty versus laminectomy and fusion for multilevel cervical compressive myelopathy: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95:e03588. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.0000000000003588> Erratum in: *Medicine (Baltimore)*. 2016;95:e0916. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/01.md.0000489580.04709.16>

25. **Ghogawala Z.** Anterior cervical option to manage degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg Clin N Am.* 2018;29:83–89. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nec.2017.09.005>
26. **Balmaceno-Criss M, Singh M, Daher M, Buchbinder R, Diebo BG, Daniels AH.** Degenerative cervical myelopathy: history, physical examination, and diagnosis. *J Clin Med.* 2024;13:7139. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm13237139>
27. **Huang K, Li S, Dai Y, Xu D, Chen G, He Y, Fan Z, Teng H.** Machine learning-based prediction for axial pain following expansive unilateral open-door laminoplasty: a retrospective cohort study. *Pain Ther.* 2026;15:291–309. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40122-025-00802-x>

Статья поступила в редакцию 15.07.2026

Рецензирование пройдено 05.09.2026

Подписано в печать 19.09.2026

Received 15.07.2026

Review completed 05.09.2026

Passed for printing 19.09.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Е.С. Байков – дизайн исследования, сбор и анализ материала, написание рукописи; А.Е. Смараков – сбор и анализ материала, написание рукописи; О.Н. Леонова – дизайн исследования, сбор и анализ материала, написание рукописи; А.В. Крутько – дизайн исследования, сбор и анализ материала, написание рукописи. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва (№ 6/26 от 03.07.2026).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5367-5438; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4430-700X>; Evgen-bajk@mail.ru

✉ Артём Евгеньевич Смараков; Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1113-5480>; smarakov_ac@mail.ru

Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4907-0634; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-3947>; onleonova@gmail.com

Александр Владимирович Крутько, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8006-6351; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2570-3066>;

KrutkoAV@cito-priorov.ru

Authors' Info

Evgenii Sergeyevich Baykov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5367-5438; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4430-700X>;

Evgen-bajk@mail.ru

✉ Artem Evgenievich Smarakov; 9 Novospassky lane, Moscow, 115172, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1113-5480>; smarakov_ac@mail.ru

Olga Nikolayevna Leonova, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=4907-0634; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-3947>;

onleonova@gmail.com

Aleksandr Vladimirovich Krutko, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8006-6351; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2570-3066>;

KrutkoAV@cito-priorov.ru



СКОЛИОЗ И ВРОЖДЕННЫЕ ПОРОКИ СЕРДЦА

Историко-аналитический обзор литературы

М.В. Михайловский¹, Н.Р. Ничай², А.Е. Симонович¹

¹Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия;

²Национальный медицинский исследовательский центр
им. акад. Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Россия

Сколиоз — широко распространенное ортопедическое заболевание, требующее в случаях прогрессирующего течения оперативного вмешательства. Врожденные пороки сердца — другая широко распространенная патология, нередко приводящая пациента на операционный стол, причем чаще всего (в отличие от сколиоза) по неотложным или жизненным показаниям. Эти две патологии могут сочетаться, что нередко и происходит, и это с неизбежностью ставит перед хирургами, как кардиологами, так и вертебрологами, новые задачи. Выполнен систематический поиск публикаций в электронной базе данных Pubmed/Medline с использованием ключевых слов «сколиоз» и «врожденный порок сердца». Обнаружено 109 работ, все, за одним исключением, англоязычные. Эти работы включены в историко-аналитический обзор литературы. Сделана попытка ответить на ряд вопросов: как часто встречаются сколиоз и врожденный порок сердца, как часто сколиоз сочетается с врожденным пороком сердца, как часто врожденный порок сердца сочетается со сколиозом, какие типы сколиотических деформаций сопутствуют развитию врожденного порока сердца, каковы механизмы формирования сколиоза в сочетании с врожденным пороком сердца, меняется ли динамика развития опорно-двигательного аппарата у детей с врожденным пороком сердца, каковы результаты хирургической коррекции сколиотических деформаций на фоне врожденного порока сердца и пороков сердца — на фоне сколиотической болезни?

Сколиотическая болезнь и врожденная сердечная патология — большие и важные разделы клинической медицины. Сочетание этих патологических состояний встречается нередко, формируя новую клиническую данность, не до конца изученную. Хирургическая коррекция одной или обеих патологий в случае их сочетания представляет собой сложную клиническую проблему.

Ключевые слова: сколиотическая болезнь; врожденные пороки сердца.

Для цитирования: Михайловский М.В., Ничай Н.Р., Симонович А.Е. Сколиоз и врожденные пороки сердца: историко-аналитический обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 95–107. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.95-107>

SCOLIOSIS AND CONGENITAL HEART DEFECTS: A HISTORICAL AND ANALYTICAL REVIEW OF THE LITERATURE

M.V. Mikhaylovskiy¹, N.R. Nichay², A.E. Simonovich¹

¹Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Novosibirsk, Russia;

²E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia

Scoliosis is a common orthopedic condition that, when progressive, requires surgical intervention. Congenital heart defects are another common pathology, often requiring surgery, most often (unlike scoliosis) for urgent or life-saving reasons. These two pathologies can and often do coexist, inevitably posing new challenges for surgeons, both cardiologists and spine surgeons. A systematic search of publications in the Pubmed/Medline electronic database was conducted using the keywords “scoliosis” and “congenital heart defect”. A total of 109 papers were identified, all with one exception in English. These papers are included in the historical and analytical literature review. An attempt was made to answer a number of questions: how often do scoliosis and congenital heart defects occur, how often is scoliosis combined with congenital heart defects, how often is congenital heart defect combined with scoliosis, what types of scoliotic deformities accompany the development of congenital heart defects, what are the mechanisms of scoliosis formation in combination with congenital heart defects, does the dynamics of the development of the musculoskeletal system change in children with congenital heart defects, and what are the results of surgical correction of scoliotic deformities against the background of congenital heart defects and of heart defects — against the background of scoliotic disease?

Scoliosis and congenital heart disease are large and important areas of clinical medicine. The combination of these pathological conditions is common, creating a new clinical entity that has not been fully studied. Surgical correction of one or both pathologies, when they coexist, presents a complex clinical challenge.

Key Words: scoliotic disease; congenital heart defects.

Please cite this paper as: Mikhaylovskiy MV, Nichay NR, Simonovich AE. Scoliosis and congenital heart defects: a historical and analytical review of the literature. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):95–107. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.95-107>

Сколиоз – широко распространенное ортопедическое заболевание, требующее в случаях прогрессирующего течения оперативного вмешательства. Врожденные пороки сердца (ВПС) – другая широко распространенная патология, нередко приводящая пациента на операционный стол, причем чаще всего (в отличие от сколиоза) по неотложным или жизненным показаниям. Эти две патологии могут сочетаться, что нередко и происходит, и такая ситуация с неизбежностью ставит как перед кардиологами, сердечно-сосудистыми хирургами или кардиохирургами, так и перед вертебрологами новые задачи, сложность которых выходит за пределы повседневной:

- пациент с пороком сердца на фоне прогрессирующей сколиотической деформации – а может быть, правильное говорить о пациенте с прогрессирующим сколиозом на фоне порока сердца?

- что первично, если о таком понятии, как первичность, в этой ситуации вообще можно говорить?

- если нужно оперировать по поводу обеих сосуществующих патологий, с чего следует начинать?

- если план составлен правильно, на что можно рассчитывать?

Эти вопросы можно множить, но не всегда удается найти ответ. Они, без сомнения, должны беспокоить как хирургов-вертебрологов (некоторые коллеги считают возможным в данной ситуации использовать даже термин «сколиологи»), так и кардиохирургов. Именно поэтому не вызывает удивления тот факт, что в западной научной литературе можно обнаружить десятки исследований, посвященных различным аспектам рассматриваемой проблемы. Удивительно другое: таких работ практически нет в отечественной литературе – как в ортопедической, так и в кардиологической. При этом больных сколиозом много оперируют во всех ведущих клиниках России, вне зависимости от этиологии деформации, ее тяжести и других параметров. В частности, в клинике детской

и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна оперировано более 5000 пациентов с деформациями позвоночного столба различной этиологии, в том числе 217 пациентов, леченных на фоне ВПС, как оперированных, так и неоперированных. Предлагаемый вниманию коллег литературный обзор по проблеме сочетания ВПС и сколиоза мы постарались сделать по возможности многогранным.

Выполнен систематический поиск публикаций в электронной базе данных Pubmed/Medline с использованием ключевых слов «сколиоз» и «врожденный порок сердца». В найденных публикациях изучены списки пристатейной литературы. Всего обнаружено 109 работ, все, за одним исключением, англоязычные. Данные исследования включены в обзор.

Мы попытались найти ответы на целый ряд вопросов:

- как часто встречаются сколиоз и ВПС?

- как часто сколиоз сочетается с ВПС?

- как часто ВПС сочетается со сколиозом?

- какие типы сколиотических деформаций сопутствуют ВПС?

- каковы механизмы формирования сколиоза (торакогенный, врожденный, идиопатический) в сочетании с ВПС?

- меняется ли динамика развития опорно-двигательного аппарата у детей с ВПС?

- каковы результаты коррекции сколиотических деформаций у детей с ВПС, особенности, осложнения, исходы?

- каковы результаты хирургической коррекции некоторых типов ВПС на фоне сколиотических деформаций позвоночника?

Частота встречаемости сколиоза и врожденных пороков сердца

Сколиоз и ВПС – совершенно разные нозологические единицы. И коль скоро мы ставим перед собой задачу оценить состояние и перспективы пациентов, страдающих сочетанной

патологией, логично начать с частоты встречаемости (распространенности) сколиоза и ВПС. Важно подчеркнуть, что речь идет не о сколиозе вообще, а о наиболее часто встречающихся его формах – идиопатическом сколиозе (ИС) подростков, врожденном, паралистическом сколиозе и о торакогенных деформациях позвоночника, взаимосвязь которых с ВПС будет детально обсуждена ниже.

Большая часть информации по частоте сколиоза касается отдельно взятых стран: Yilmaz et al. (Турция) – 2,3 %, Sung et al. (Южная Корея) – 0,2–0,8 %, Thomas et al. (США) – 0,52 % (в 10–18 лет), Kane – 1,3 на 1000 (Миннесота, США). Konieczny et al. опубликовали данные по семи странам – от 0,47 до 5,2 % [1–5].

Что касается частоты ВПС, то Der Linde et al. [6] представили систематический обзор 114 работ, в которых в общей сложности охвачено 24 091 867 рождений, а среди них в свою очередь идентифицировано 164 396 случаев ВПС. Их число растет – с 0,60 на 1000 рождений в 1930–1934 гг. до 9,10 на 1000 после 1995 г. В последние 15 лет ситуация стабилизировалась: 1,35 млн новорожденных с ВПС в год. Азия – 9,30 на 1000 новорожденных, Европа – 8,20, Северная Америка – 6,90. В целом ВПС – это около трети всех врожденных аномалий развития человеческого эмбриона. Похожие данные сообщили Menache et al. [7] – 7 случаев на 1000 новорожденных. Mitchell et al. [8] обследовали 56 109 детей из 12 центров, всего выявлено 457 детей с ВПС или 8/1000 человек, (8,3/1000 – белые, 8,0/1000 – чернокожие). Среди детей, выживших после года жизни, было выявлено 272 больных или 5/1000.

Приведенные данные литературы отнюдь не исчерпывают всей информации (таких работ очень много), однако позволяют сделать вывод о том, что деформации позвоночника (от 0,5 до 5,0 %) встречаются чаще, чем ВПС (менее 1,0 %). Сочетание этих двух патологий у одного пациента, естественно, отмечается еще реже, что отнюдь не упрощает ситуацию,

учитывая сложность каждой из них и развитие синдрома взаимного отягощения. Отсюда – актуальность обсуждаемой проблемы.

Как часто сколиоз сочетается с врожденным пороком сердца?

Вероятно, следует полагать, что первое исследование частоты деформаций позвоночника у больных с ВПС проведено в 1951 г. французскими авторами Donzelot et al. [9], которые, обследовав 623 пациента, выявили искривления позвоночного столба у 171 (27,5 %). Однако они включали в исследование больных с деформациями более 5° по Cobb, поэтому современные авторы, изучающие эту проблему, соотносят свои данные с результатами более позднего исследования (1956 г.), проведенного хирургами из Сан-Франциско Wright и Niebauer [10]. Они изучили рентгенограммы 422 пациентов из архива университетского госпиталя Стэнфорда (210 мальчиков, 212 девочек). Контрольная группа – 200 человек 14–30 лет. Рассматривали только деформации больше 10°, так как положение пациента, разница в длине ног, наклон таза, неточное измерение могут создать впечатление минимального функционального искривления. Такой подход к оценке клинически значимой деформации позвоночника уже много лет является общепринятым в мировой практике, безотносительно сопутствующих сколиозу заболеваний. В группе исследования (422 пациента с ВПС) сколиоз выявлен у 23 (5,5 %) человек, но, если рассматривать только больных старше 14 лет (72 человека), этот показатель резко возрастает – 14 (19,0 %). В то же время в контрольной группе выявлено лишь 12 (6,0 %) человек со сколиозом из 200. Авторы сделали еще ряд выводов:

- после операции на сердце деформации позвоночника не развивались и не увеличивались, хотя надо учитывать, что сроки наблюдения часто были невелики;
- у больных без увеличения камер сердца сколиоз отмечен в 3,6 % случаев, а при увеличении – в 5,8 %; многие

пациенты с увеличенным сердцем – совсем маленькие дети, у которых этот эффект во время роста позвоночника был неочевиден, если эффект – фактор развития сколиоза; из 72 больных старше 14 лет (в 19 % случаев сколиоз) у 53 отмечено увеличение сердца; все больные со сколиозом, кроме двух, имели увеличение сердца;

- у 17 из 23 больных с ВПС и сколиозом деформация позвоночника была правосторонней.

Luke и McDonnell [11], опубликовавшие в 1968 г. результаты исследования сочетания ВПС и деформаций позвоночника, приводят слова выдающегося канадского кардиолога Helen Taussig, которая в 1939 г. сказала: «Я удивлена, как часто тяжелые (tremendous) сколиозы сочетаются с ВПС». По данным Luke и McDonnell, контрастирующим с мнением Taussig, в клинике Джона Хопкинса из 3540 больных ВПС пациентов со сколиозом было 73 (2,0 %). При этом из 850 больных с цианотичными пороками сколиоз отмечен у 51 (6,0 %), а из 2690 с нецианотичными пороками – у 22 (0,8 %). Явной связи между выраженностью цианоза и тяжестью сколиоза выявлено не было. Что касается частоты сколиоза в общей популяции, обследование 11 000 детей в Эдинбурге показало 3 случая на 10 000 мальчиков и 4 на 1000 девочек (0,03 и 0,40 %). Авторы подчеркнули: лечение сколиоза при ВПС такое же, как и без него.

Beals et al. [12] в 1972 г. не обнаружили публикаций по частоте ВПС у больных сколиозом, а сколиоз у больных ВПС, по их данным, встречается с частотой 1,0–5,5 %. Авторы суммировали результаты трех американских клиник с целью выяснить, чем отличается течение ИС в сочетании с ВПС и без такового, всего обследовано 115 пациентов. Оказалось, что сочетание двух патологий у мужчин больше почти вдвое (28 против 16), а левосторонних сколиозов – более чем на треть (35 против 25). Сколиоз диагностируется обычно до наступления подросткового возраста, что можно объяснить ранними снимками грудной клетки

из-за ВПС. Сколиозы при ВПС протекают не так тяжело, как изолированные с ранним началом. При ВПС чаще встречаются грудные дуги и реже – двойные, чем при ИС.

Jordan et al. [13] представили результаты обследования 121 больного с ВПС, сколиотическая деформация констатирована у 53 (44 %), при этом легкие деформации (<10°) – у 30, умеренные (10–30°) – у 19, тяжелые (>30°) – у 4 человек 17 лет и старше. Из числа больных с цианотичными формами ВПС имели сколиоз 66 %, с ацианотичными формами – только 24 %, при этом все тяжелые формы сколиоза сопровождали именно цианотичные ВПС. Женщины количественно преобладали. Все сколиотические деформации, кроме двух, были грудной или груднопоясничной локализации. Сторона дуги аорты определена в 119 случаях, во всех восьми случаях правосторонней дуги выявлен левосторонний сколиоз. Левосторонняя дуга аорты сопровождалась наличием сколиоза 37 раз, в 87 % деформация позвоночника была правосторонней. Авторы полагают возможным утверждать, что позвоночник деформируется за счет пульсации дуги и нисходящей аорты. Не удалось найти зависимость между тяжестью сколиоза, стороной выпуклости или положением апекса. Из общей группы 67 пациентов оперированы на сердце, из них 48 % имели сколиоз. Начало прогрессирования сколиотической деформации – 11 лет при сколиозе менее 30° и 6 лет – при деформации больше 30°. Возраст быстрого прогрессирования сколиоза – 12 лет в обеих группах, в период позднего подросткового возраста – стабилизация процесса.

Через год Roth et al. [14] представили детальный анализ данных 500 больных, обследованных в кардиологической клинике, сколиоз диагностирован у 60 (12 %): легкий (10–19°) – 37 случаев, умеренный (20–29°) – 12, тяжелый (более 30°) – 11. В 80 % случаев сколиоз был диагностирован в возрасте старше 12 лет. Частота сколиоза – 12 %, но если деформация превышала 20°, то – только 4,6 %.

У мужчин частота сколиоза – 11,1 %, у женщин – 12,9 %. Возраст начала развития сколиоза известен для 44 больных: если это происходило в возрасте моложе 10 лет, то 50 % больных имели умеренный и тяжелый сколиоз, если старше 10 лет – 33 %. Оперированы на сердце 26 больных сколиозом, сторона доступа и сторона сколиоза не демонстрируют взаимосвязи.

Одна из целей работы Roth et al. [14] – определить частоту сколиоза у цианотичных и нецианотичных больных. Результаты таковы: цианотичная группа (тетрада Фалло, двойное отхождение магистральных сосудов от правого желудочка и др.) – 28,4 %, группа ацианотичных ВПС (аортальный стеноз, коарктация аорты, стеноз легочной артерии и др.) – 8,7 %. Правосторонняя сколиотическая дуга выявлена в 55 % (33 из 60) случаев, левосторонняя – в 33 % (20 из 60), двойная – в 12 % (7 из 60). Положение дуги аорты определено у 57 больных: правосторонняя – 6 случаев, левосторонняя – 51.

Декстрокардия выявлена в 33 случаях, сколиозов в этой группе – 11. Возможно, причина в большом количестве больных с цианотичными ВПС (28 из 33). Из этих 11 сколиозов левосторонних – 6, правосторонних – 3, две дуги – 2 случая. Из 19 больных с коарктацией аорты 8 (42 %) имели сколиоз, только один – тяжелый.

Reckles et al. [15] из клиники Мэйо, где за 10 лет было оперировано 998 детей до 16 лет с пороками сердца, у 377 исследовали рентгенограммы, выполненные через 10 и более лет после операции. Средний возраст обследования – 21,4 года. Сколиотическая деформация более 20° выявлена у 32 (8,5 %) больных. Соотношение женщин и мужчин – 5 : 3. Не было выявлено корреляции между сколиозом и полом пациента, типом аномалии сердца, положением дуги аорты, наличием цианоза, возрастом операции, количеством разрезов, количеством и стороной резецированных ребер.

Shneerson et al. [16] в 1978 г. при-вели весьма интересные историче-

ские данные, касающиеся обсуждаемой проблемы. Так, Гиппократ первым отметил, что пациенты с деформациями позвоночника часто умирают молодыми, он полагал, что астма и кашель часто сопутствуют деформациям. Позднее отдельные авторы комментировали дыхательные и сердечные проблемы «горбунов», но только в XIX в. сделаны попытки анализировать причины смерти у таких больных. Stoll (1809) писал, что многие «горбуны» погибают от туберкулеза, перипневмонии, астмы, водянки грудной клетки. Деяносто лет спустя Bachmann выявил гипертрофию правого желудочка в 82,3 % из 197 аутопсий при кифосколиозе. С тех пор смерть при наличии проблем правого желудочка (Coombs) и респираторных нарушений (Wanderman) стала отмечаться, но систематических исследований опубликовано не было. Авторы изучили документы 762 больных сколиозом, из которых идиопатические деформации выявлены у 382 (50,1 %), врожденные – у 145 (19,0 %), паралитические – у 148 (19,4 %). Из этой когорты больных 43 умерли в ходе наблюдения. Средний возраст смерти – 22,3 года. В свою очередь, из этой группы пятеро умерли от осложнений, связанных с ВПС. Более половины из оставшихся 38 погибли от сердечных и респираторных нарушений, причем больные с паралитическими деформациями чаще умирали от болезней легких, а с непаралитическими – от сердечной патологии. Исследование историй болезни остальных 719 пациентов показало, что ВПС обнаружены у 34 (4,5 %).

Farley et al. [17] в 1991 г. констатировали, что если ранее кардиологи весьма неохотно давали разрешение на оперативную коррекцию сколиоза у больных с ВПС, то теперь ситуация изменилась. Эти авторы, основываясь на вышеприведенных данных Beals et al. [12], утверждают, что сколиозы без врожденных аномалий при ВПС не должны рассматриваться как идиопатические, и предлагают называть их эволюционными (developmental).

Они обследовали 48 больных с ВПС и сколиозом: было 11 врожденных деформаций и 37 – эволюционных. Из 11 врожденных деформаций 7 имели в основе полупозвонки и 4 – нарушения сегментации. Левосторонняя дуга отмечена в семи случаях, средний угол Cobb – 30°, у семи больных деформация носила прогрессирующий характер, у девяти – сопровождалась кардиомегалией. Оперативное вмешательство потребовалось в одном случае. Средний возраст 37 больных с эволюционными сколиозами – 11 лет. Легкие деформации (10–19°) – у 14 пациентов, право- и левосторонние деформации – поровну. Среднее прогрессирование – 1° в год, кардиомегалия – в восьми случаях. Умеренные деформации (20–29°) отмечены у шести больных, из них пять – левосторонние. Кардиомегалия – у всех шести. У 17 больных сколиоз отнесен к группе тяжелых (>30°), из них левосторонних – семь, среднегодовое прогрессирование в период активного роста – 9,7°, кардиомегалия – у 15 (88 %). При врожденных деформациях правосторонняя дуга аорты отмечена в 36 %, при эволюционных – 21–36 %, причем из этого числа 64 % имели левосторонний сколиоз. Основные выводы авторов: наличие ВПС не влияет на течение врожденного сколиоза; течение эволюционных сколиозов отлично от врожденных.

Kawakami et al. [18] еще раз подчеркнули то прискорбное обстоятельство, что этиология сколиоза, сопровождающего ВПС, неизвестна. Авторы обследовали и оперировали 872 человека с ВПС в клинике Meijo (Нагоя) в 1975–1991 гг. При анализе сколиозы до 10° исключались, как и врожденные деформации. Из оставшихся 680 больных 74 (10,9 %) имели сколиоз, причем в 44 случаях он прогрессировал в течение периода наблюдения. Сколиозы более 20° отмечены только у 28 (4,1 %), больше 30° – у 9 (1,3 %) пациентов. Женщин было несколько больше: 43 против 31. Возраст на момент коррекции ВПС – 6 лет 10 мес. (0–26 мес.). Средний срок послеоперационного наблю-

дения – 11,3 года (1–22 года). В группе без сколиоза практически те же показатели. Пороки сердца разные, четыре самых частых (80 %): дефект межпредсердной перегородки (ДМПП), дефект межжелудочковой перегородки (ДМЖП), открытый артериальный проток, тетрада Фалло. Время начала прогрессирования сколиоза и тип патологии сердца не связаны. Сторона выпуклости деформации позвоночника – как при ИС. Средний возраст начала прогрессирования сколиоза – 11,5 года, между возрастом операции, тяжестью сколиоза и возрастом начала прогрессирования связи не обнаружено. Чем моложе больной, тем значительно прогрессирование сколиоза. В обеих группах примерно одинаковый уровень цианоза. При левой торакотомии чаще верхнегрудной сколиоз, чем после стернотомии (41,7 и 23,9 %). Верхнегрудные сколиозы развиваются чаще, если деформация стартовала после операции на сердце. Таким образом, можно говорить о наличии нескольких факторов, определяющих развитие сколиоза: возраст операции на сердце, сторона доступа, тип сердечного порока.

Webb et al. в работе [19] 1996 г. утверждали, что у детей с ВПС сколиоз встречается в 10 раз чаще, чем в общей популяции. Liu et al. [20] исследовали частоту развития сердечной патологии при ИС в азиатской популяции. Обследовано 80 больных с тяжелой ИС и показаниями к хирургической коррекции кардиальной патологии – эхокардиография (ЭхоКГ) и легочные функциональные тесты. На ЭхоКГ изменения выявлены у 25 больных. Изменения на ЭКГ отмечены только у 9 из 25 больных с кардиальной патологией. Нет связи между тяжестью деформации, с одной стороны, и функцией легких и сердца – с другой. Авторы полагают, что аномалии сердца при сколиозе в Азиатском регионе встречаются часто. Некоторые больные имеют риск декомпенсации после операции. К аналогичному выводу пришли Ipp et al. [21], обследовавшие 212 больных ИС, которым было показано оперативное лечение

по поводу деформации позвоночника (м : ж = 58 : 154). Средний возраст – 14,8 (12–18) года. На эхокардиограмме 2 случая ДМПП и 7 – нарушений клапанного аппарата и положения аорты. На ЭКГ – 4 случая гипертрофии левого желудочка, но ЭхоКГ не подтвердила эти находки. По данным ЭхоКГ выявлено 2 (1 %) пациента с ДМПП, из-за чего пришлось отложить операцию, и 7 (3,3 %) – с аортальными аномалиями (корень/клапан). Таким образом, оказывается, что ЭКГ не дает значительной дополнительной информации по сравнению с ЭхоКГ у больных ИС, подлежащих хирургической коррекции деформации позвоночника и в остальных отношениях асимптоматических.

Bozcali et al. [22] провели первое сравнение частоты ВПС при идиопатическом и врожденном сколиозах. Всего обследовано 90 больных (средний возраст – 14,7 года), врожденные деформации – 55 (м : ж = 28 : 27) наблюдений, идиопатические сколиозы – 35 (м : ж = 21 : 14). Пролапс митрального клапана – самый частый тип патологии сердечно-сосудистой системы в обеих группах (26 % при ИС, 24 % – при врожденных), далее аневризма межпредсердной перегородки (23 и 18 %), легочная недостаточность (20 и 4 %), аортальная недостаточность (17 % при ИС), ДМЖП (11 и 13 %), открытое овальное окно (15 % врожденных) и другие более редкие пороки. Легочная и аортальная несостоятельность чаще развиваются при ИС. Потребности в первой операции на сердце не было. После операции на позвоночнике состояние сердца не ухудшилось. Авторы настоятельно рекомендуют ЭхоКГ как рутинную диагностическую процедуру у больных ИС и врожденными сколиозами.

Lang et al. [23] представили одно из наиболее значимых исследований частоты сколиоза у больных с ВПС. Они обследовали большую группу – 531 пациент с ИС, подлежащий хирургической коррекции. Эта когорта была разделена на 3 группы: контроль, ВПС, другая сердечная патология. Средний возраст – 17,8 года, угол

Cobb – 57,7°. Патология сердца выявлена у 149 (28,06 %) пациентов, включая 22 (4,14 %) порока сердца и 127 (23,92 %) случаев другой сердечной патологии. Самым частым пороком сердца был ДМПП – 6 (1,13 %) случаев, пролапс митрального клапана выявлен у 62 (11,68 %) пациентов и был самым частым среди «другой сердечной патологии». У 43 больных выявлены два и более патологических состояния сердца. При наличии патологии сердца ниже вес и рост больных. Трехмерная деформация позвоночника может влиять на структуру и функцию сердца. ЭхоКГ очень полезна. Аномалии сердца не связаны с тяжестью сколиоза, полом и типом деформации.

Yang et al. в 2025 г. исследовали факторы риска и частоту развития патологии сердца у больных ИС [24]. Обследована группа из 289 человек (ж : м = 225 : 64). У 12 (4,15 %) больных обнаружены ВПС, из них самый частый – ДМПП (1,73 %). Сердечная патология, связанная с клапанной системой, выявлена у 88 (30,45 %) пациентов, причем наиболее часто встречалась легкая трикуспидальная регургитация (17,65 %). Патология сердечных клапанов чаще выявляется у мужчин, при груднопоясничных и левосторонних сколиозах, эти факторы можно считать достоверными.

Xiao et al. [25] изучили в 2025 г. влияние тяжелой сколиотической деформации на структуру и функцию сердца. Выяснилось, что существенно меняются размеры левого желудочка и кардиальный индекс. Возраст и пол оказывают влияние на специфические сердечные параметры, но ограничено влияют на функцию. Предоперационное обследование должно учитывать конечный диастолический размер левого желудочка, сердечный индекс. Направление первичной грудной дуги не влияет существенно на сердечную структуру и функцию, а вот величина сколиотической деформации больше, чем ее направление, влияет на состояние сердца.

Если суммировать приведенные выше данные, получаются следующие результаты. Частота сколиоза у боль-

ных с ВПС, по данным шести авторов [10, 11, 13–15, 18]: на 5640 больных с ВПС приходится 273 пациента с ИС более 10°, что составляет 4,84 %. Частота ВПС у больных ИС, по данным четырех авторов [20, 21, 23, 24]: на 1121 пациента с ИС приходится 68 пациентов с ВПС, что составляет 6,06 %. Таким образом, частота сколиоза у больных ВПС, как и частота ВПС у больных сколиозом, кратно превышает частоту обеих патологий в общей популяции.

Торакогенный сколиоз

Есть основания полагать, что первым исследователем, обратившим внимание на сколиозы, развивающиеся вследствие изменений грудной клетки, был Bisgard [26]. Вероятно, именно он предложил и соответствующий термин – «торакогенный сколиоз», во всяком случае даже в пристатейном списке литературы к довольно объемному труду Bisgard нет никаких ссылок на других авторов, использовавших этот термин. Bisgard попытался определить механические факторы, вовлеченные в процессы формирования торакогенных деформаций позвоночника, их частоту, клиническую значимость и возможности профилактики. Он обследовал 518 больных с различными формами патологии грудной клетки и 336 оперированных по поводу этих болезней. Констатировано, что клинически значимые деформации – большая редкость. В целом вероятность развития сколиоза зависит от возраста (чем моложе, тем более выражена реакция на дисбаланс), степени дисбаланса (определяется локализацией и длительностью болезни), типа хирургической «атаки» и некоторых необъясненных компенсаторных механизмов.

Проведенный автором механический анализ позволил выявить различные типы нарушений баланса, которые могут привести к развитию торакогенного сколиоза:

- реберный дисбаланс – в норме ребра давят на позвонок, к которому фиксированы; если давление несимметрично, это приводит к ротации

позвонка в противоположную сторону; степень выраженности зависит от количества и величины резецированных фрагментов ребер, уровня резекции, расстояния между зоной резекции и позвоночником; сколиозы вследствие резекции ребер Bisgard определил как торакопластические;

- мышечный дисбаланс – хорошо иллюстрируется случаями паралитического сколиоза;

- внутриторакальный дисбаланс – результат действия рубцов, выделено три подтипа: плевральный – после эмпиемы плевры, интраплевральный – если средостение фиксировано и не может смещаться для компенсации изменений внутриплеврального давления, этот дисбаланс может привести к воздействию на позвоночник через грудную стенку и вызвать его деформацию, внутрипульмональный – вызывается массивным ателектазом и эмфиземой и большим фиброзом. Все зависит от возможности средостения компенсировать одностороннее несбалансированное давление.

Из большой группы обследованных больных только 11 имели клинически значимую деформацию позвоночника, обычно после тяжелых плевритов, причем во всех случаях больные были моложе 20 лет. Описаны разные варианты деформаций и механизмы их развития. Все деформации автор делит на две группы: (1) ротационные сколиозы – после торакопластики во всех (или почти во всех) случаях сколиозов, кроме плевральных, торсионное усилие ассоциируется с боковой девиацией, что поворачивает тело позвонка в сторону выпуклости дуги; (2) неротационные или плевральные сколиозы – результат действия рубцов после хронических плевритов, ротацией они не сопровождаются. Развитие большинства плевральных сколиозов может быть предотвращено своевременным лечением плевритов и постоянным поддержанием коррекции или гиперкоррекции «постуральной клиновидностью». Для контроля и лечения рекомендована внутренняя фиксация с помощью операции спон-

дилодеза – минимум год наблюдения для решения этого вопроса. Bisgard не удалось выработать прогностические критерии развития торакогенного сколиоза. Через год (1935) он же воспроизвел торакогенный сколиоз в эксперименте на собаках путем односторонней резекции фрагментов ребер [27]. При этом он констатировал поднадкостничную регенерацию резецированных ребер и блокирование их между собой.

В последующем целый ряд исследователей публиковали результаты экспериментов на собаках. Langenskiold, Michelsson [28] удаляли дорсальные отделы ребер, стягивали одну сторону позвоночника швами, разделяя реберно-поперечные связки и получая при этом сколиоз. Manning [29], в свою очередь, утверждал, что резекция задних отделов ребер приводит к формированию сколиоза, но разделение реберно-поперечных связок такого эффекта не дает. При этом следует отметить, что эксперименты часто ставились на щенках, и прогрессирование деформации можно расценивать как действие закона Hueter – Folkmann [30].

Stauffer и Mankin [31] в 1966 г. обследовали 30 взрослых пациентов после торакопластики по поводу легочного туберкулеза. В подобных случаях обычно развиваются легкие или умеренные шейно-грудные сколиотические деформации. В большинстве случаев выпуклость дуги – на стороне резекции ребер, ротация соответствующих позвонков – в сторону вогнутости дуги. Основная дуга ограничена грудными сегментами, соответствующими резецированным ребрам, а вершина – в центре зоны резекции ребер. Величина дуги пропорциональна количеству резецированных ребер, а при трансверзэктомии сколиотическая деформация выражена еще больше. Большинство дуг формируются за неделю, и уже через год у взрослых больных сколиоз более не прогрессирует. Грудная клетка обеспечивает стабильность позвоночника, есть несколько вариантов возможной роли ребер в под-

держании баланса грудной клетки. Авторы высказались в пользу предположения, сделанного Morris et al. [32], что грудная клетка и легкие формируют парные «пневматические цилиндры», обеспечивающие опору для грудного отдела позвоночника, и что одна из причин развития сколиоза после торакопластики – дисбаланс этой пневматической системы поддержки позвоночника.

Loynes в 1972 г. сообщил о результатах операции торакопластики по поводу легочного туберкулеза у 243 больных. Техника операции включала резекцию различного количества ребер латеральнее реберного бугорка с различными дополнениями (резекция поперечного отростка, перемещение лопатки таким образом, что ее нижний край оказывался в грудной клетке и фиксировался мышечными швами в этом положении и т.д.). Основные выводы сводились к следующему:

- сколиотическая деформация констатирована в 99 % (!) случаев, причем выпуклость дуги соответствовала стороне торакопластики;
- величина деформации строго коррелировала с количеством резецированных ребер и объемом резецированных тканей;
- сколиоз прогрессирует в течение многих лет;
- возраст на момент операции не коррелирует с величиной деформации, при этом тяжелые сколиозы могут развиваться у взрослых пациентов;
- теория «пневматических цилиндров» не нашла подтверждения, как и их роль в формировании торакогенного сколиоза.

Bal et al. [34] представили результаты оперативного лечения 49 детей с ВПС. Стандартная заднебоковая торакотомия в девяти случаях дополнена стернотомией. Из 49 детей 28 были мальчики, возраст на момент операции – 3,8 года, срок наблюдения – 6 лет. Развитие сколиоза констатировано у 15 (31 %), при этом только у двоих деформация превысила 25°.

Bleiziffer et al. [35] отметили, что правая переднебоковая торакотомия при лечении простых кардиальных дефектов (ДМПП) дает лучший косметический результат, чем стандартная срединная стернотомия. Авторы сообщили о 95 больных (72 – латеральная торакотомия, 23 – срединная стернотомия), оперированных в возрасте до 12 лет, средний срок послеоперационного наблюдения – 23 года; 61 (46 и 15) обследован клинически. По данным анкетирования, у 76 % пациентов группы торакотомии и 39 % группы стернотомии косметический результат расценен как отличный. Всего сколиоз выявлен в 6,6 % случаев без разницы по группам (4 человека), по 2 больных в каждом типе операций. Угол Cobb не определялся.

Ruiz-Iban et al. [36] в 2005 г. оценивали результат срединной стернотомии у 128 больных в возрасте до восьми лет, оперированных по поводу ВПС. Исходных рентгенограмм нет. У 44 (34,3 %) пациентов выявлен сколиоз более 10°, из них у 16 – более 20°. Основной вывод – риск развития сколиоза возрастает, если ребенок оперирован в возрасте до 18 мес., тип ВПС значения не имеет.

Herrera-Soto et al. [37, 38] в работах 2006, 2007 гг. проанализировали результаты срединной стернотомии у 108 больных, оперированных по поводу ВПС, средний возраст на момент операции – 39 мес. Сколиотическая деформация при среднем наблюдении 13 лет диагностирована у 30 детей (28 %; 10 мальчиков, 20 девочек). Средний угол сколиоза – 25°, средний возраст диагноза – 14 лет. Между стернотомией и диагнозом сколиоза в среднем проходит 11 лет. При цианотических пороках сколиоз имеет тенденцию к утяжелению и развивается в 4 раза чаще. Сколиозы более 40° оперированы (всего 4 человека). Сколиозы у мальчиков и девочек не различаются по величине деформации.

Feiz et al. [39], изучавшие вопрос в Индии, пришли к выводу о том, что торакогенный сколиоз развивается далеко не так часто, как приня-

то полагать. Всего было оперировано 180 больных с ВПС (102 – торакотомия, 78 – стернотомия), наблюдение минимум 3 года, возраст на момент операции – 2,6 года, срок наблюдения – 7,6 года, сколиоз выявлен у двух больных (1 – после стернотомии, 1 – после торакотомии), величина дуги – 22° (вправо) и 23° (влево). Mery et al. [40] изучили факторы риска развития сколиотической деформации в большой (871 больной после операции на сердце) когорте пациентов (ж : м = 44 : 56 %). Средний возраст на момент операции – 3,7 мес., средний срок послеоперационного наблюдения – 11 лет. Через 10 лет после вмешательства в 12 % диагностированы умеренные (менее 25°) и в 3 % – тяжелые (более 25°) сколиозы. Семь (0,8 %) пациентов нуждались в оперативной коррекции деформации позвоночника. Предикторы: женский пол, генетические синдромы и задержка в развитии, недоношенность.

Причины развития сколиоза после операции на сердце неизвестны, но существует множество теорий:

- нарушение оксигенации и асимметричное кровоснабжение тел позвонков при цианотических пороках;
- кардиомегалия, приводящая к анатомическим изменениям для адаптации размеров сердца;
- отклонение позвоночника от пульсирующей аорты;
- прямое повреждение грудной клетки в ходе торакотомии;
- хирургическая ретракция грудной стенки;
- асимметричный рост грудины и реберного каркаса грудной клетки с возможным ранним закрытием стернальных зон роста после стернотомии.

Mery et al. [40] полагают, что кардиоторакальное вмешательство, нарушая целостность грудной клетки, может способствовать изменению ее функции, вызывая ее асимметричный рост и приводя тем самым к развитию сколиоза. Авторы считают, что диагноз и хирургический доступ не влияют на частоту развития деформации позвоночника.

Kaito et al. [41] исследовали группу из 483 детей (ж : м = 226 : 257), оперированных в возрасте до одного года с использованием стернотомии и/или торакотомии. Срок послеоперационного наблюдения составил минимум 10 лет, рентгенография выполнена во всех случаях. Врожденные и нейромышечные сколиозы исключались из исследования. Сколиозы оценены по группам: >10–20°, 20–30°, 30–45°, >45°. Средний возраст на момент коррекции ВПС – 112 дней, рентгенографии – 14,4 года. Сколиоз диагностирован в 42,4 % случаев, по группам: 31,7, 5,8, 2,5, 2,5 % соответственно. Трое детей оперированы по поводу сколиоза (угол Cobb – 48–83°). Факторы риска: женский пол (для сколиозов более 10°), кардиомегалия (для сколиозов более 45°), левосторонняя торакотомия, билатеральная торакотомия. Основные типы деформаций – верхнегрудные, при таких сколиозах выпуклость в 70 % – влево, при нижнегрудных – более 70 % правосторонних, при поясничных – более 70 % левосторонних.

Деформация позвоночника во фронтальной плоскости вызывается механическим повреждением реберно-позвоночных сочленений после стернотомии или торакотомии, когда скелет еще не созрел и растет быстро.

Eby et al. [42] обнаружили, что частота сколиоза после торакоабдоминальных операций в раннем детском возрасте достигает 85 %. Они обследовали 41 больного с торакогенным сколиозом, из них 24 наблюдались или лечились консервативно, 17 – оперированы различными устройствами. Средний возраст операции – 6 лет, срок наблюдения – 2,9 года. Сколиоз уменьшен с 65° до 47°. Выявлено 13 осложнений у семи больных. Kerr et al. [43] представили одно из самых массивных исследований вопроса о связи торакотомии/стернотомии и формирования сколиотической деформации. Общее количество оперированных больных – 1419 (торакотомия – 25 %, стернотомия – 75 %; ж : м = 45–55 %). Сколиотическая деформация отмечена на последнем из доступных снимков в 5,8 % случа-

ев. Средний угол Cobb – 20° (11–63°), в среднем прогрессирование начинается через 12 мес. После вмешательства для торакотомии и стернотомии разницы по скорости прогрессирования сколиотической дуги не выявлено. Balubaid et al. [44] в 2024 г. проанализировали массивный литературный материал (13 публикаций, 2294 больных, число больных со сколиозом – 577, общая частота деформаций позвоночника 23,1 %). После исключения исследований низкого качества эта величина снизилась до 20,9 %, в том числе сколиоз – 19,5 %, гипокифоз – 17,3 %, гиперкифоз – 4,7 %. Возраст, пол и тип порока сердца не являются факторами риска развития деформации позвоночника. Таким образом, риск деформации при пороке сердца многократно выше, чем без такового. Чем больше период наблюдения, тем чаще сколиоз после операции. Kawamura et al. [45] исследовали две группы пациентов после операции по поводу ВПС: 74 со сколиозом и 30 – без сколиоза. В группе сколиоза значительно больше девочек и больных, оперированных в более молодом возрасте и многократно. Грубое прогрессирование сколиоза – после множественных операций по поводу ВПС с кардиомегалией. Все эти публикации убедительно свидетельствуют, что между последствиями операции торакотомии или стернотомии и развитием сколиотической деформации существует прямая связь.

Настоящий обзор посвящен теме «Сколиоз и врожденные пороки сердца», но раздел торакогенных сколиозов есть основания дополнить информацией об исследованиях, посвященных тяжелой трахеоэзофагальной патологии, требующей выполнения стерно- либо торакотомии. Durning et al. [46] в 1980 г. сообщили о 18 больных, перенесших торакотомию по поводу трахеопищеводного свища или атрезии пищевода и наблюдались 10 лет и более. В девяти случаях развились сколиозы величиной минимум 10°, причем в восьми случаях из девяти выпуклость дуги соответствовала стороне, противоположной

стороне торакотомии. Сколиоз формировался в любое время – от раннего детства до возраста созревания скелета, но те деформации, что развивались до ростового спурта, прогрессировали быстрее. Gilsanz et al. [47] рассказали о восьми больных, оперированных по поводу атрезии пищевода, у которых развился сколиоз 20° и более, причем выпуклостью – в сторону торакотомии. Блок 2–3 ребер не приводил к развитию сколиотической деформации, у этих восьми больных блокировано в среднем шесть ребер. Сколиоз больше 20° отмечен только в возрасте старше 11 лет. Блок развивается как следствие воспалительного процесса, а не торакотомии как таковой.

Westfelt и Nordwall [48] представили результаты изучения значительной группы пациентов после торакотомии, произведенной по поводу атрезии пищевода, сердечной и легочной патологии. Из 121 ребенка, подвергнутых торакотомии в возрасте 0–15 лет (в среднем – 7 лет), 61 на момент обследования были в возрасте 16 лет и старше (ж : м = 28 : 33). Средний срок наблюдения – 13 лет. Сколиотическая деформация 10° и более выявлена у 20 больных (8 – мальчики). Средняя величина дуги – 13,2° (10–25°). У 17 из 20 пациентов сколиоз выпуклостью влево, в 15 случаях это соответствует стороне доступа. Частота развития сколиоза после торакотомии, таким образом, в 13–50 раз чаще, чем в общей популяции. Морфологические причины торакогенных сколиозов после торакотомий: рубцовые изменения плевры на вогнутой стороне дуги, резекция ребра, денервация *mm serratus, latissimus*, нарушения васкуляризации и функции спинальных нервов. Клинически такие сколиозы малозначимы, специального лечения не требуют. Однако, если операция проведена в раннем возрасте, больной нуждается в длительном наблюдении.

Wong-Chung et al. [49] подчеркивали, что сколиоз после операции на сердце имеет выпуклость в сторону торакотомии, а если операция по поводу атрезии пищевода – в сто-

рону, противоположную торакотомии. Они описали 9-летнюю девочку, которой в младенческом возрасте проведена операция по поводу атрезии пищевода, развился реберный блок и «плевральный сколиоз» (правосторонний доступ). В возрасте девяти лет диагностирован левосторонний сколиоз 47°. Деформация исправлена путем резекции зоны костного блока. Mishra et al. [50] нашли, что после операции торакотомии по поводу врожденной атрезии пищевода (1338 детей) сколиоз в развился в 20 % случаев, а после исключения из группы пациентов с врожденными мышечно-скелетными аномалиями – в 13 %. Sacco et al. [51] изучили результаты латеральной торакотомии у маленьких детей в аспекте развития торакогенного сколиоза и объема резекции легочной паренхимы. У 129 больных с незавершенным ростом скелета до операции не было сколиоза и деформаций грудной клетки. Средний возраст – 5,1–5,3 года (ж : м = 69 : 31), послеоперационное наблюдение – 10 лет. Патология – внесердечная (легкие, опухоли, желудочно-кишечный тракт). Сколиоз развивался в среднем через 5,3 года. Средний угол – 11,1° (11–90°), больше 10° – 37 (28,7 % случаев) пациентов, в 5 случаях – более 45° (3,9 %). Средняя ротация апикального позвонка – 16,2 %. У более молодых деформации позвоночника тяжелее. Хотя ротация негрубая, риск сколиоза более 45° относительно высок.

В целом, суммируя данные из 15 упомянутых выше публикаций (операции – торакотомии и/или стернотомии), посвященных торакогенному сколиозу, можно сделать вывод, что на 7476 пациентов отмечено 1442 случая развития сколиоза, что составляет 19,3 %. Сроки послеоперационного наблюдения варьировали от 3 до 10 лет и более. Из этого числа лишь единицы нуждаются в хирургической помощи – в обозреваемом материале упомянуты только 14 (1 %) пациентов, подвергнутых опе-

ративной коррекции. В то же время из упомянутых в работе Eby et al. [42] 41 больного с торакогенным сколиозом оперировано 17 (41 %). Практически все авторы, обратившие внимание на сторону выпуклости торакогенного сколиоза, отмечают, что она соответствует стороне торакотомии.

Аномалии позвоночника и врожденного порока сердца

Тот факт, что аномалии развития позвоночника (любого типа) нередко сочетаются с врожденными нарушениями развития других локализаций, в том числе внутренних органов, общеизвестен. В то же время информация, которую нам удалось обнаружить применительно к проблеме ВПС, весьма ограничена.

Beals et al. [52] в 1993 г. обследовали 218 пациентов с врожденными аномалиями позвоночника, 81 % из них имели внепозвоночные аномалии развития, затрагивающие 7 систем организма. У 16 имели место ВПС, характер кардиальной патологии не уточняется. Тип вертебральной аномалии не дает возможности предсказать локализацию и тип сердечной патологии. И.В. Казарян и С.В. Виссарионов [53] в том же году представили результаты обследования 195 детей с аномалиями развития позвоночника, сочетание с аномалиями развития других органов и систем выявлено в 89 (46 %) случаях, из них с аномалиями сердца – 8 % (пятое место в общем списке пораженных систем). Prybis et al. [54] в 2007 г. обсуждали методологию обследования пациентов с врожденными аномалиями позвоночника на предмет выявления их сосуществования с ВПС. Основная идея – аномалии развития позвоночника клинически проявляются ярко, поэтому скрининг с ЭКГ или ЭхоКГ после осмотра ортопедом становится необязательным. Авторы обследовали 190 пациентов с врожденными аномалиями позвоночника, исследование проведено ретроспективно, 24 пациента

осмотрены ортопедом с уже известным диагнозом ВПС, в 64 случаях – ЭхоКГ, в 27 – ЭКГ и осмотр педиатром или кардиологом, в 75 – осмотр только ортопедом. Из 64 с ЭхоКГ один – с бикуспидальным аортальным клапаном. В целом на 190 пациентов с аномалиями развития позвоночника в 25 (13,1 %) случаях диагностирован ВПС.

Некоторые аспекты физического развития детей с врожденными пороками сердца

Особенности физического и когнитивного развития детей с ВПС начали привлекать к себе внимание в 20–40-х годах прошлого столетия. Речь шла о множестве характеристик – вес, рост, возраст начала ходьбы и разговорной активности, ментальные нарушения, половое созревание, деформации грудной клетки. Все отклонения от возрастной нормы нетрудно увязать с нарушениями кровообращения, имеющими в своей основе гемодинамические изменения, свойственные тому или иному врожденному пороку развития сердца. Прямой связи с деформациями позвоночника, развивающимися у пациентов с ВПС, на первый взгляд, не просматривается, однако же мы считаем целесообразным привести здесь некоторые литературные данные для более полной характеристики изучаемого материала.

Campbell et al. [55] самым тщательным образом обследовали 400 детей с ВПС, преимущественно – с тетрадой Фалло (половина всех обследованных детей и две трети тех, у кого порок сердца относился к группе цианотичных). Авторы констатировали, что рост обследованных составляет 96 % от возрастной нормы, то есть годовалый ребенок меньше нормы на 1 дюйм, а молодой взрослый – на 2,2 дюйма (1 дюйм – 2,54 см), вес уменьшен сильнее – до 85 % возрастной нормы, то есть на 2 фунта легче (1 фунт – 0,454 кг). Авторы подчеркивают: чем выраженнее цианоз, тем сильнее отставание в росте и весе

¹ Канавка (борозда) Харрисона – горизонтальная канавка вдоль нижней границы грудной клетки, соответствующая реберному прикреплению диафрагмы.

пациентов. До 45 % больных демонстрируют деформации грудной клетки: голубиная грудь, канавка Харрисона¹, выстояние ребер (обычно слева). Ходить и говорить они тоже начинают позднее нормы, при этом заметных ментальных нарушений отмечено не было. Авторы замечают, что среди обследованных пациентов сколиоз встречался нередко и мог быть тяжелым. Возможно, это первое упоминание сколиоза в связи с ВПС.

Mehrizi и Drash [56] представили огромный материал – результаты обследования 890 больных. Наибольшее отставание в росте отмечено у больных с двойным отхождением магистральных сосудов от правого желудочка, атрезией легочной артерии и D-транспозицией магистральных артерий. При отсутствии цианоза наиболее замедлен рост у больных с легочной гипертензией.

Nice et al. [57] подчеркивали, что цианотичные пороки сердца могут сопровождаться рентгенографическими изменениями костной ткани. К таковым относят утолщение костей черепа, изменения метафизов длинных трубчатых костей, ребер, позвоночника и таза, периостальные утолщения эпифизарных зон. Вероятно, хроническая гипоксемия за счет шунта крови «справа налево» приводит к гиперплазии костного мозга, а это, в свою очередь, к полицитемии и соответствующим изменениям костей.

Linde et al. [58] констатировали отставание в росте и весе практически у всех больных с ВПС, но в большей степени – при цианотичных формах, хотя прямой связи со степенью выраженности цианоза авторами не выявлено. Отставание в весе выражено больше, чем в росте, причем все изменения – гораздо тяжелее у мальчиков.

Bayer, Robinson [59] обследовали 167 мальчиков и 150 девочек с интракардиальными ВПС. Отмечено, что рост детей меньше, чем у здоровых, мальчики ниже девочек, девочки достигают нормы во второй декаде жизни. Оперативное лечение ВПС влияет на рост пациента положительно, но в незначительной степени.

White et al. [60] исследовали особенности роста и созревания костной ткани у 120 подростков и молодых взрослых с ВПС. Они измеряли тотальную (Т) и медуллярную (М) ширину и кортикальную толщину (С) второй метакарпальной кости и определяли костный возраст. Оказалось, что (С) существенно снижен у цианотических больных за счет расширения (М) и редукции (Т). Выявлена редукция (С) при остеопорозе скелета. У подростков с цианозом костный возраст тоже отставал от реального. Изменения (Т), (М), (С) и костный возраст более выражены в группе цианотичных ВПС, отражая более далеко зашедшие изменения. Редукция кортикальной кости коррелирует с нарушением веса и в меньшей степени – роста и костного возраста. ВПС – важная причина нарушения скелетного роста в подростковом возрасте, а нарушения скелетного роста отражают степень поражения сердца. Через год та же группа авторов сообщила о новом исследовании, проведенном на группе из 129 подростков и молодых взрослых [61]. Проспективно оценивали снижение роста кости, замедленное созревание скелета, сколиоз и преждевременное слияние грудины при ВПС. Все эти явления отмечались часто, особенно – при цианотичных формах ВПС. Грудные сколиозы, «стартовые» в подростковом возрасте, были также нередки и быстрее прогрессировали при цианотических формах пороков.

Не вызывает сомнения то обстоятельство, что многочисленные и разнообразные нарушения развития и роста скелета у пациентов с ВПС связаны с основным заболеванием. Тонкие механизмы этих взаимодействий пока малоизвестны. Невозможно также ответить на вопрос, как влияют общие нарушения развития и роста костной ткани на частоту формирования и прогрессирование сколиотической деформации. Ясно только одно – такая связь прослеживается. Именно поэтому мы сочли необходимым включить в обзор эти немногочисленные, но, как нам представляется, важные данные.

Этиология сколиотических деформаций, сопровождающих врожденные пороки сердца

Сколиозы, сопровождающие ВПС, относятся к различным типам: торакогенные, врожденные, идиопатические. Если причина развития первых двух типов деформации более или менее ясна, то причина частого сосуществования ИС и ВПС остается неясной. Еще в 1973 г. Roth et al. [14] сделали попытку свести воедино существовавшие в те годы теории развития сколиоза в сочетании с ВПС. Они оказались весьма разнообразны.

1. Частое развитие деформаций позвоночника у больных с цианотичными формами ВПС и генерализованные нарушения формирования кортикальной кости наводят на мысль о возможной роли нарушений оксигенации и дефиците (или асимметрии) кровоснабжения тел позвонков и окружающих тканей как причине формирования искривления позвоночного столба.

2. Некоторые авторы полагают, что прекордиальное выпячивание стенки грудной клетки – следствие «попытки» ее адаптироваться к увеличению размеров сердца, а деформация позвоночника – результат смещения его в сторону от средостения.

3. Другие авторы пришли к мысли, что, поскольку дуга аорты часто занимает контрлатеральное положение по отношению к выпуклости позвоночной дуги, это означает, что позвонок отклоняется латерально от энергично пульсирующей аорты.

4. Высказывается предположение, что статистическая корреляция между ВПС и ИС может быть проявлением единичного дефекта эмбрионального развития, который, в свою очередь, результируется в изменениях эмбрионального внеклеточного матрикса и приводит в врожденному дефекту сердца, а позднее – к якобы приобретенной патологии позвоночного столба.

После публикации статьи Roth et al. [14] прошло более 50 лет, но принципиально новых теорий по обсуждаемой проблеме найти в литературе не удалось.

Окончание в следующем номере.

Литература/References

1. Yilmaz H, Zateri C, Kusvuran Ozkan A, Kayalar G, Berk H. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: an epidemiological study. *Spine J*. 2020;20:947–955. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2020.01.008>
2. Sung S, Chae HW, Lee HS, Kim S, Kwon JW, Lee SB, Moon SH, Lee HM, Lee BH. Incidence and surgery rate of idiopathic scoliosis: a nationwide database study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:8152. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18158152>
3. Thomas JJ, Stans AA, Milbrandt TA, Kremers HM, Shaughnessy WJ, Larson AN. Trends in incidence of adolescent idiopathic scoliosis: a modern US population-based study. *J Pediatr Orthop*. 2021;41:327–332. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001808>
4. Kane WJ, Moe JH. A scoliosis-prevalence survey in Minnesota. *Clin Orthop Relat Res*. 1970;69:216–218.
5. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013;7:3–9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0457-4>
6. van der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ, Roos-Hesselink JW. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Amer Coll Cardiol*. 2011;58:2241–2247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.025>
7. Menashe VD, Osterud HT, Griswold HE. Mortality from congenital cardiovascular disease in Oregon. *Pediatrics*. 1967;43:334–344. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.40.3.334>
8. Mitchell SC, Korones SB, Berendes HW. Congenital heart disease in 56,109 births: incidence and natural history. *Circulation*. 1971;43:323–332. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.43.3.323>
9. Donzelot E, Strohl E, Durand M, Metianu C, Heim de Balsac R. [Deformities of the spinal column in congenital heart diseases]. *Sem Hop*. 1951;27:2216–2223.
10. Wright WD, Niebauer JJ. Congenital heart disease and scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1956;38:1131–1136.
11. Luke MJ, McDonnell EJ. Congenital heart disease and scoliosis. *J Pediatr*. 1968;73:725–733.
12. Beals RK, Kenney KH, Lees MH. Congenital heart disease and idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;89:112–116.
13. Jordan CE, White RI Jr, Fischer KC, Neill C, Dorst JP. The scoliosis of congenital heart disease. *Am Heart J*. 1972;84:463–469. DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(72\)90468-1](https://doi.org/10.1016/0002-8703(72)90468-1)
14. Roth A, Rosenthal A, Hall JE, Mizel M. Scoliosis and congenital heart disease. *Clin Orthop Relat Res*. 1973;(93):95–102. DOI: <https://doi.org/10.1097/00003086-197306000-00011>
15. Reckles LN, Peterson HA, Weidman WH, Blanco AJ Jr. The association of scoliosis and congenital heart disease. *J Bone Joint Surg Am*. 1975;57:449–455.
16. Shneerson JM, Sutton GC, Zorab PA. Causes of death, right ventricular hypertrophy, and congenital heart disease in scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1978;(135):52–57.
17. Farley FA, Phillips WA, Herzenberg JE, Rosenthal A, Hensinger RN. Natural history of scoliosis in congenital heart disease. *J Pediatr Orthop*. 1991;11:42–47. DOI: <https://doi.org/10.1097/01241398-199101000-00010>
18. Kawakami N, Mimatsu K, Deguchi M, Kato F, Maki S. Scoliosis and congenital heart disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20:1252–1256. DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199506000-00008>
19. Webb GD, Harrison DA, Connelly MS. Challenges posed by the adult patients with congenital heart disease. *Adv Intern Med*. 1996;41:437–495.
20. Liu L, Xiu P, Li Q, Song Y, Chen R, Zhou C. Prevalence of cardiac dysfunction and abnormalities in patients with adolescent idiopathic scoliosis requiring surgery. *Orthopedics*. 2010;33:882. DOI: <https://doi.org/10.3928/01477447-20101021-08>
21. Ipp L, Flynn P, Blanco J, Green D, Boachie-Adjei O, Kozich J, Chan G, Denneen J, Widmann R. The findings of preoperative cardiac screening studies in adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2011;31:764–766. DOI: <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31822f14d6>
22. Bozcali E, Ucpunar H, Sevensan A, Balioglu MB, Albayrak A, Polat V. A retrospective study of congenital cardiac abnormality associated with scoliosis. *Asian Spine J*. 2016;10:226–230. DOI: <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.2.226>
23. Lang C, Wang R, Chen Z, He S, Zou Q, Wu J, Zhu X. Incidence and risk factors of cardiac abnormalities in patients with idiopathic scoliosis. *World Neurosurg*. 2019;125:e824–e828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.01.177>
24. Yang X, Zhang L, Wang Y, Zhao Z, Xie W, Lu J, Qian G, Shi Z, Li T, Li Q, Bi N, Song Z, Zhang Z. Risk factor analysis for cardiac abnormalities in patients with idiopathic scoliosis. *Sci Rep*. 2025;15:16013. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-99366-1>
25. Xiao J, Li T, Wang Y, Zhao Z, Xie J, Zhou J. Effects of severe scoliosis on cardiac structure and function in resting patients: a retrospective study. *J Orthop Surg Res*. 2025;20:681. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06113-3>
26. Bisgard JD. Thoracogenic scoliosis. Influence of thoracic diseases and thoracic operations on the spine. *Arch Surg*. 1934;29:417–445. DOI: <https://doi.org/10.1001/archsurg.1934.01180030082006>
27. Bisgard JD. Experimental thoracogenic scoliosis. *J Thor Surg*. 1935;4:435–442. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0096-5588\(20\)32378-3](https://doi.org/10.1016/S0096-5588(20)32378-3)
28. Langenskiöld A, Michelsson JE. The pathogenesis of experimental progressive scoliosis. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1962;59:1–26.
29. Manning C. Experimental scoliosis. In: *Proceedings of a Second Symposium on Scoliosis: Causation*. Edited by P.A. Zorab, Edinburgh and London: E.&S. Livingstone Ltd, 1968:11.
30. Volkmann R. The diseases of the locomotor organs. In: *Handbuch der allgemeinen und speziellen Chirurgie*. Edited by von Pitha FR, Billroth T. Ferdinand Enke Verlag, Erlangen, 1869. Band II;1:694.
31. Stauffer ES, Mankin HJ. Scoliosis after thoracoplasty. A study of thirty patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1966;48:339–348.
32. Morris JM, Lucas DB, Bresler B. Role of the trunk in stability of the spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1961;43:327.
33. Loynes RD. Scoliosis after thoracoplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 1972;54:484–498.
34. Bal S, Elshershari H, Celicer R, Celiker A. Thoracic sequels after thoracotomies in children with congenital cardiac disease. *Cardiol Young*. 2003;13:264–267.
35. Bleiziffer S, Schreiber C, Burgkart R, Regenfelder F, Kostolny M, Libera P, Holper K, Lange R. The influence of right anterolateral thoracotomy in prepubescent female patients on late breast development and on the incidence of scoliosis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;27:1474–1480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2003.11.033>
36. Ruiz-Iban MA, Burgos J, Aguado HJ, Diaz-Heredia J, Roger I, Muriel A, Sanchez PA. Scoliosis after median sternotomy in children with congenital heart disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:E214–E218. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000158959.91925.43>
37. Herrera-Soto JA, Vander Have KL, Barry-Lane P, Woo A. Spinal deformity after combined thoracotomy and sternotomy for congenital heart disease. *J Pediatr Orthop*. 2006;26:211–215. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000218527.36362.76>
38. Herrera-Soto JA, Vander Have KL, Barry-Lane P, Myers JL. Retrospective study on the development of spinal deformities following sternotomy for congenital heart disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:1998–2004. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318131b225>

39. Feiz HH, Afrasiabi A, Parvizi R, Safarpour A, Fouladi RF. Scoliosis after thoracotomy/sternotomy in children with congenital heart disease. *Indian J Orthop.* 2012;46:77–80. DOI: <https://doi.org/10.4103/0019-5413.91639>
40. Mery CM, Guzman-Pruneda FA, De Leon LE, Zhang W, Kuo FH, Carpenter KL, Stringer LD, Adachi I, Heinle JS, McKenzie ED, Fraser CD Jr, Hanson DS. Risk factors for development and progression of scoliosis after pediatric cardiothoracic operations. *Ann Thorac Surg.* 2018;105:1835–1841. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.01.017>
41. Kaito T, Shimada M, Ichikawa H, Makino T, Takenaka S, Sakai Y, Yoshikawa H, Hoashi T. Prevalence of and predictive factors for scoliosis after surgery for congenital heart disease in the first year of life. *JBJS Open Access.* 2018;3:e0045. DOI: <https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.17.00045>
42. Eby SF, Hilaire TS, Glotzbecker M, Smith J, White KK, Larson AN. Thoracogenic spinal deformity: a rare cause of early onset scoliosis. *J Neurosurg Spine.* 2018;29:674–679. DOI: <https://doi.org/10.3171/2018.4.SPINE.171389>
43. Kerr HL, O'Callaghan J, Morris S. Progression of infantile scoliosis after thoracotomy and sternotomy for the treatment of congenital cardiac abnormalities. *Spine Deform.* 2023;11:635–641. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-022-00633-2>
44. Balubaid RN, Aljedani RS, Moglan A, Hennawi YB, Mousa AH, Alosaimi M. Prevalence of spinal deformity development after surgical management of a congenital heart disease among children: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2024;33:2088–2096. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-023-08083-8>
45. Kawamura I, Yamaguchi T, Yanagida H, Tominaga H, Yamamoto T, Ueno K, Taniguchi N. Factors contributing to severe scoliosis after open chest surgery for congenital heart disease: a case-control analysis. *Spine Deform.* 2025;13:441–448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43390-024-01009-4>
46. Durning RP, Scoles PV, Fox OD. Scoliosis after thoracotomy in tracheoesophageal fistula patients. A follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:1156–1159.
47. Gilsanz V, Boechat IM, Birnberg FA, King JD. Scoliosis after thoracotomy for esophageal atresia. *AJR Am J Roentgenol.* 1983;141:457–460. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.141.3.457>
48. Westfelt JN, Nordwall A. Thoracotomy and scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991;16:1124–1125. DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199109000-00019>
49. Wong-Chung J, France J, Gillespie R. Scoliosis caused by rib fusion after thoracotomy for esophageal atresia. Report of a case and review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992;17:851–854. DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199207000-00024>
50. Mishra PR, Tinawi GK, Stringer MD. Scoliosis after thoracotomy repair of esophageal atresia: a systematic review. *Pediatr Surg Int.* 2020;36:755–761. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00383-020-04683-3>
51. Sacco R, Bonnevalle M, Nectoux E, Fron D, Ould-Slimane M, Sharma D, Lucchesi G, Canavese F. Thoracogenic scoliosis: a retrospective review of 129 pediatric patients with a mean follow-up of 10 years. *Eur Spine J.* 2022;31:2287–2294. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07242-7>
52. Beals RK, Robbins JR, Rolfe B. Anomalies associated with vertebral malformations. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18:1329–1332. DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199308000-00012>
53. Казарян И.В., Виссарионов С.В. Сочетание врожденных деформаций развития позвоночника у детей с аномалиями развития других органов и систем. *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2012;2(3):88–93. [Kazaryan IV, Vissarionov SV. Congenital spinal deformity and associated anomalies in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2012;2(3):88–93]. EDN: <https://elibrary.ru/PRULNX>
54. Prybis BG, Pugh L, Stasiklis PJ. Cardiac screening in congenital spine disorders. *J Pediatr Orthop.* 2007;27:123–125.
55. Campbell M, Reynolds G. The physical and mental development of children with congenital heart disease. *Arch Dis Child.* 1949;24:294–302. DOI: <https://doi.org/10.1136/adc.24.120.294>
56. Mehrizi A, Drash A. Growth disturbance in congenital heart disease. *J Pediatr.* 1962;61:418–429. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(62\)80373-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(62)80373-4)
57. Nice CM Jr, Daves ML, Wood GH. Changes in bone associated with cyanotic congenital cardiac disease. *Am Heart J.* 1964;68:25–31. DOI: [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(64\)90235-2](https://doi.org/10.1016/0002-8703(64)90235-2)
58. Linde LM, Dunn OJ, Schireson R, Rasof B. Growth in children with congenital heart disease. *J Pediatr.* 1967;70:413–419. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(67\)80139-2](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(67)80139-2)
59. Bayer LM, Robinson SJ. Growth history of children with congenital heart disease. *Am J Dis Child.* 1969;117:564–572. DOI: <https://doi.org/10.1001/archpedi.1969.02100030566011>
60. White RI Jr, Jordan CE, Fischer KC, Dorst JP, Nagy JM, Garn SM, Neill CA. Delayed skeletal growth and maturation in adolescent congenital heart disease. *Invest Radiol.* 1971;6:326–332. DOI: <https://doi.org/10.1097/00004424-197109000-00006>
61. White RI Jr, Jordan CE, Fischer KC, Lampton L, Neill CA, Dorst JP. Skeletal changes associated with adolescent congenital heart disease. *Am J Roentgenol.* 1972;116:531–538. DOI: <https://doi.org/10.2214/ajr.116.3.531>

Статья поступила в редакцию 14.04.2026

Рецензирование пройдено 09.06.2026

Подписано в печать 19.06.2026

Received 14.04.2026

Review completed 09.06.2026

Passed for printing 19.06.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. М.В. Михайловский – определение концепции, методология, сбор данных, валидация, написание черновика и редактирование рукописи; Н.Р. Ничай – определение концепции, методология, редактирование рукописи; А.Е. Симонович – сбор данных, валидация, редактирование рукописи.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

[✉]Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, профессор; Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5828-8306; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4847-100X>; MMihailovsky@niito.ru

Наталья Романовна Ничай, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8988-9110; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1763-9535>; n_nichay@meshalkin.ru

Александр Евгеньевич Симонович, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5999-2247; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2822-3479>; alsimonovich@yandex.ru

Authors' Info

[✉]Mikhail Vitalyevich Mikhaylovskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5828-8306; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4847-100X>; MMihailovsky@niito.ru

Nataliya Romanovna Nichay, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=8988-9110; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1763-9535>; n_nichay@meshalkin.ru

Alexandr Evgenievich Simonovich, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5999-2247; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2822-3479>; alsimonovich@yandex.ru



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ПАТЕНТОВАНИЯ В ВЕРТЕБРОЛОГИИ: ОБЗОР РОССИЙСКИХ ПАТЕНТОВ ЗА 2025 Г.

Н.В. Новикова, А.Е. Симонович, И.А. Кирилова

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

Представлен обзор 36 патентов на изобретения и полезные модели, опубликованных в 2025 г. и относящихся к вертебродологии. Проанализированы технические решения в области устройств и имплантатов, способов хирургического лечения, диагностики, прогнозирования и навигации. Показаны основные тенденции патентования: малоинвазивность, персонализация, роботизация, цифровые технологии и регенеративная медицина. Ведущую роль в патентной активности играют государственные научно-медицинские центры.

Ключевые слова: патентование; хирургия позвоночника; имплантаты; транспедикулярная фиксация; 3D-печать; роботизированные системы; навигация; диагностика.

Для цитирования: Новикова Н.В., Симонович А.Е., Кирилова И.А. Современное состояние и тенденции патентования в вертебродологии: обзор российских патентов за 2025 г. // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 3. С. 108–114. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.108-114>

CURRENT STATE AND TRENDS OF PATENTING IN SPINE SURGERY: A REVIEW OF RUSSIAN PATENTS OF 2025

N.V. Novikova, A.E. Simonovich, I.A. Kirilova

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

This paper presents a review of 36 patents for inventions and utility models related to spine surgery published in 2025. Technical solutions in the fields of devices and implants, surgical treatment methods, diagnostics, prognosis, and navigation are analyzed. Key patenting trends are highlighted: minimally invasive techniques, personalization, robotics, digital technologies, and regenerative medicine. State-run scientific and medical centers play a leading role in patenting activity.

Key Words: patenting; spine surgery; implants; pedicle screw fixation; 3D printing; robotic systems; navigation; diagnostics.

Please cite this paper as: Novikova NV, Simonovich AE, Kirilova IA. Current state and trends of patenting in spine surgery: a review of Russian patents of 2025. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(3):108–114. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.108-114>

Хирургия позвоночника – одна из наиболее технологичных и динамично развивающихся областей медицины. Ежегодно в Российской Федерации регистрируются десятки патентов на новые устройства, способы лечения и диагностики заболеваний позвоночника. В 2025 г. медицинские технологии стали лидером по числу патентных заявок российских разработчиков: из 26 494 заявок на изобретения более 3000 пришлось на сферу медтех*.

В настоящем обзоре систематизированы сведения о 36 патентах, опубликованных в 2025 г. и касающихся хирургии позвоночника. Источником данных послужила подборка патентных документов, выявленных

в результате поиска в информационных ресурсах Федерального института промышленной собственности Роспатента, период поиска 24.08.2026–31.08.2026. Подборка включала патенты на изобретения и полезные модели.

Общая характеристика выборки

В анализируемую выборку вошли 36 патентов на изобретения и полезные модели Российской Федерации, опубликованных в 2025 г. и относящихся к хирургии позвоночника. Среди них 16 патентов на устройства, инструменты и имплантаты, 10 – на способы хирургического лечения, 7 – на способы

диагностики, профилактики и прогнозирования, 3 – на способы навигации и планирования.

Такое распределение отражает основные направления патентной активности в области хирургии позвоночника в Российской Федерации в 2025 г. и позволяет перейти к детальному рассмотрению каждой группы (табл.).

Анализ тенденций

Обзор представленной выборки позволяет выделить несколько ключевых направлений патентования в хирургии позвоночника в Российской Федерации в 2025 г.

1. *Персонализация и аддитивные технологии.* Ряд патентов

* Медтех попал в лидеры по числу заявок на изобретения в 2025 году. Режим доступа: <https://pharmmedprom.ru/news/medteh-popal-v-lidery-po-chislu-zayavok-na-izobreteniya-v-2025-godu> Дата обращения: 23.09.2026.

Таблица Патенты на изобретения и полезные модели Российской Федерации за 2025 г., относящиеся к хирургии позвоночника				
Номер и название патента	Дата публикации и заявки	Патентообладатель, авторы	Основное содержание	
Устройства, инструменты и имплантаты				
1. Хирургические инструменты и системы				
Патент № 2836979 «Нейрохирургический инструмент для фрагментарного удаления связок и костных структур в позвоночнике»	24.03.2025, заявка 2024117530 от 25.06.2024	ООО «Маваник». Авторы: Николаева М.Н., Николаев Н.Н. [4]	Инструмент содержит рабочую часть из верхней подвижной и нижней бранши, рукоятку с сервоприводом и триггерный механизм. Особенность — Г-образный толкатель, расположенный в отверстии верхней бранши, что позволяет задавать любое положение браншам с шагом менее 0,5 мм без дополнительного оборудования	
Патент № 2843448 «Способ и набор для выполнения стабилизирующих операций на позвоночнике»	14.07.2025, заявка 2024138331 от 18.12.2024	ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Авторы: Кордонский А.Ю., Гринь А.А., Каранадзе В.А., Тупикин А.В. [5]	Набор инструментов включает направляющие, фиксирующие и защитные втулки. Обеспечивает малоинвазивную стабилизирующую операцию с надежным удержанием винтов, редукцией позвонков и финальной фиксации с минимальным травмированием мягких тканей	
Патент № 2843631 «Устройство для хирургической коррекции деформаций позвоночника»	17.07.2025, заявка 2024122312 от 05.08.2024	ООО «КОНМЕТ», Пантелеев А.А. Авторы: Пантелеев А.А., Цопанов Г.В., Колядин С.В. [21]	Устройство включает базовый стержень, временные стержни, рычаги с рукоятками. Достигается эффективная коррекция деформаций за счет локальной и глобальной интраоперационной дистракции	
Патент № 2843172 «Хирургический аппарат для коррекции позвоночника»	07.07.2025, заявка 2024106992 от 02.08.2022	Медсапиенс Ко., Ltda. (KR) [16]	Аппарат содержит часть поддержки позвоночника с центральным желобом, выступ-поворот для качательного движения, направляющий элемент бокового наклона и часть поддержки мышц. Обеспечивает коррекцию позвоночника с одновременным расслаблением мышц и облегчением питания межпозвонковых дисков	
2. Имплантаты для замещения межпозвонковых дисков и тел позвонков				
Патент № 235525 «Эндопротез для замещения межпозвонковых дисков в шейном отделе позвоночника»	24.04.2025, заявка 2024125018 от 26.08.2024	Татаринев В.Ф. [9]	Внешняя геометрия кейджа повторяет анатомическую форму контактных поверхностей тел позвонков. Имеются шипы фиксации из титана (рентгеноконтрастные метки), обратнорасположенные зубцы для вторичной стабилизации и сетка с микропористостью 150—300 мкм для прораствания костной ткани. Обеспечивает трехуровневую стабилизацию	
Патент № 238281 «Пластина для фиксации поврежденного позвонка в грудном отделе позвоночника»	23.10.2025, заявка 2025118766 от 07.07.2025	ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Авторы: Мытга П.Г., Монащенко Д.Н. [10]	Пластина включает тело и две концевые части под углом 30° к плоскости тела. В концевых частях — по два отверстия под углоустойчивые винты с осями, расходящимися под углом 30°. Технический результат — внешняя опора для замыкательных пластинок смежных позвонков	
Патент № 237299 «Межпозвонковый биосовместимый имплантат»	18.09.2025, заявка 2025114321 от 27.05.2025	ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Авторы: Макаров С.А., Алексанян М.М., Аганесов А.Г. и др. [30]	Имплантат выполнен из полиуретана с рентгеноконтрастным маркером, имеет корпус из цилиндрической части с расширяющейся конусообразной ножкой и наконечника в форме усеченного конуса. Предназначен для закрытия дефекта фиброзного кольца после секвестрэктомии	
Патент № 239845 «Имплантат для замещения межпозвонкового диска»	16.12.2025, заявка 2025126094 от 23.09.2025	ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Авторы: Заборовский Н.С., Мытга П.Г., Масевин С.В., Мураховский В.С. [31]	Имплантат изготовлен методом 3D-печати с учетом анатомии пациента, высота соответствует межпозвонковому диску. Контактные поверхности контурнны замыкательными пластинками, имеют продольные борозды спереди и поперечные в средней и задней частях. Выполнен из полиэфирэфиркетона	
Патент № 233169 «Имплантат для межтелового спондилодеза»	08.04.2025, заявка 2024133408 от 06.11.2024	ООО «Хьюман Крафт» (ВУ). Авторы: Кондерский Н.М., Матусевич Е.А., Нацевский А.Д. [32]	Имплантат содержит полый цилиндрический корпус решетчатой структуры, верхнее и нижнее основания с зубцами, уплотнительные кольца. Зубцы расположены под углом не менее 20° к опорной поверхности. Полость предназначена для заполнения аутокостными фрагментами	
Патент № 2854239 «Индивидуальный телозамещающий имплантат шейного отдела позвоночника»	29.12.2025, заявка 2025106007 от 14.03.2025	ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук». Авторы: Гуца А.О., Картавых Р.А. [24]	Имплантат содержит эндопротез тела позвонка из титана сетчатой структуры цилиндрической формы с центральным отверстием и пластиной-фланцем, а также прямоугольную пластину с шестью отверстиями для винтов. Торцы имеют зубцы, боковые стороны — разъемы для фиксации инструментом	
3. Индивидуальные хирургические шаблоны				
Патент № 2836470 «Индивидуальный хирургический шаблон для формирования в теле позвонка канала для введения трансдисклярного винта при одностороннем доступе у пациентов с деформацией позвоночника и грудной клетки»	17.03.2025, заявка 2024115400 от 04.06.2024	ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Авторы: Тория В.Г., Виссарионов С.В. [23]	Шаблон представляет монолитный жесткий каркас из биосовместимого пластика, созданный по данным КТ с использованием 3D-печати. Снабжен двумя опорными площадками и тубусом-направителем	

Продолжение таблицы				
Патенты на изобретения и полезные модели Российской Федерации за 2025 г., относящиеся к хирургии позвоночника				
Номер и название патента	Дата публикации и заявки	Патентообладатель, авторы	Основное содержание	
Патент № 2836471 «Индивидуальный хирургический шаблон с рентген-контрастными метками для формирования в теле позвонка костных каналов для введения трансдискулярных винтов»	17.03.2025, заявка 2024116391 от 13.06.2024	ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Авторы: Тория В.Г., Виссарионов С.В. [33]	Шаблон имеет монолитный каркас из биосовместимого пластика, опорную площадку, отверстие для фиксации к остистому отростку микровинтом, тубусы-направители и рентген-контрастные метки	
4. Тренажеры и реабилитационное оборудование				
Патент № 232463 «Тренажер для шейного отдела позвоночника»	11.03.2025, заявка 2024138672 от 20.12.2024	Панюков М.В., Троянов М.В. Авторы: Панюков М.В., Троянов М.В. и др. [7]	Тренажер состоит из шлема, тяг и стеновой панели. Обеспечивает выполнение движений головой в заданных направлениях с предохранением пациента от травмирующего движения	
Патент № 232529 «Декомпрессионное устройство для позвоночника»	12.03.2025, заявка 2024130616 от 10.10.2024	Автор и патентообладатель: Мельников Ю.Н. [8]	Устройство содержит основание с двумя U-образными креплениями и направляющей, втулку с держателем и мягкой подкладкой. Обеспечивает легкое и быстрое крепление к стулу, креслу для снятия напряжения позвоночника	
Патент № 2836269 «Тренажер»	11.03.2025, заявка 2023110201 от 30.08.2021	Зиссель Интернэшнл ГМБХ (АТ). Автор: Фрибель И. [12]	Тренажер имеет два ряда фасонных элементов, соединенных участками и выдающихся из базовой плоскости. Предназначен для стимуляции спинной мускулатуры	
Способы хирургического лечения				
Патент № 2844240 «Способ транс-педикулярной фиксации грудного отдела позвоночника из транспаневротического доступа (варианты)»	28.07.2025, заявка 2024137287 от 11.12.2024	ГБУЗ «Городская клиническая больница № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ». Авторы: Дзюкаев А.Н., Войновский А.Е., Пейкер А.Н. и др. [20]	Способ включает срединный разрез кожи, сепарирование подкожной жировой клетчатки, определение точек введения иглы Джамшида под контролем рентгенографии, введение спицы Киршнера, формирование канала тупым способом и введение канюлированного винта. Обеспечивает малоинвазивную установку фиксирующей системы, сокращение времени операции и ускорение реабилитации	
Патент № 2832968 «Способ хирургического лечения спондилолистеза на пояснично-крестцовом уровне»	13.01.2025, заявка 2024114077 от 23.05.2024	Коновалов Н.А. Авторы: Коновалов Н.А., Иванов С.В., Закиров Б.А., Бринюк Е.С. [35]	Способ включает установку референсной рамки навигационной системы, выполнение КТ, регистрацию маркеров и инструментов. Определяют оптимальное направление введения винтов с углами 18—35°. Выполняют дискэктомию, вводят остеостойкий материал и имплантат. Осуществляют редукцию спондилолистеза. Снижает травматичность и лучевую нагрузку	
Патент № 2834835 «Способ лечения пациентов с неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника»	14.02.2025, заявка 2024133433 от 07.11.2024	ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Авторы: Абдрафиев Р.И., Кордонский А.Ю., Гринь А.А. и др. [22]	Способ включает ортопедический режим, лазерную и магнитную терапию, лечебную физкультуру, гипербарическую оксигенацию в определенной последовательности. Снижает болевой синдром и обеспечивает консолидацию позвонка	
Патент № 2835469 «Способ хирургической коррекции основной дуги сколиотической деформации грудного отдела позвоночника при вентральной динамической коррекции»	25.02.2025, заявка 2024115296 от 04.06.2024	ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России. Авторы: Колесов С.В., Казьмин А.И., Перевезев В.С. [15]	Способ включает торакотомный разрез, мобилизацию позвоночно-двигательных сегментов, установку пластин с шипами и фиксирующими винтами, введение гибкого корда-шнура и коррекцию натяжением. Обеспечивает анатомическое восстановление баланса и деротацию дуги	
Патент № 2844927 «Способ хирургического лечения неспецифических спондилитов верхнелестного отдела позвоночника»	11.08.2025, заявка 2024136164 от 03.12.2024	ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Авторы: Дисницкий И.Ю., Рашидов В.Н., Дычагин А.В. [26]	Способ включает экстраплевральное удаление 2—3 ребер, резекцию головок ребер, удаление задних опорных структур, резекцию тел позвонков, установку гемозамещающего кейджа с аутокостью и монтаж металлоконструкции. Обеспечивает санацию гнойно-воспалительного очага и предотвращение осложнений	
Патент № 2853651 «Способ хирургического лечения спондилолистоза спондилолистеза поясничного отдела позвоночника»	25.12.2025, заявка 2024137543 от 11.12.2024	ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России. Авторы: Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В., Бывальцев В.А., Калинин А.А. [27]	Способ включает трансдискулярную установку троакаров, спиц, винтов, ламинэктомию, фасэктомию, декомпрессию, дискэктомию, установку межтеловых кейджей, монтаж балок, коррекцию угла лордоза. Снижает ятрогенное повреждение тканей и болевой синдром	
Патент № 2838780 «Способ имплантации биосовместимого биодеградируемого шейного кейджа на место разрушенного межпозвонкового диска для сращения соседних позвонков и биосовместимый биодеградируемый шейный кейдж для его осуществления»	22.04.2025, заявка 2024129773 от 03.10.2024	ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Авторы: Макаров С.А., Алексанян М.М., Аганесов А.Г. и др. [29]	Способ включает поперечный разрез, микродискэктомию, подготовку замыкающих пластинок, установку кейджа с пористым скаффолдом. Обеспечивает надежную фиксацию, ускоренный спондилодез и сохранение шейного лордоза	

Окончание таблицы
Патенты на изобретения и полезные модели Российской Федерации за 2025 г., относящиеся к хирургии позвоночника

Номер и название патента	Дата публикации и заявки	Патентообладатель, авторы	Основное содержание
Патент № 2833202 «Способ лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний шейного отдела позвоночника — регенеративная аутологичная реконструкция»	14.01.2025, заявка 2024115438 от 05.06.2024	Автор и патентообладатель: Камандари А.А. [28]	Способ включает забор венозной крови и аспириата костного мозга, центрифугирование, введение аутологичного концентрата под ультразвуковым контролем в межпозвоночные диски. Обеспечивает купирование воспалительного процесса и улучшение трофики тканей
Патент № 2846242 «Способ лечения кокцигодинии»	02.09.2025, заявка 2024119161 от 08.07.2024	Автор и патентообладатель: Яриков А.В. [1]	Способ включает введение каноли SideKick, инъекцию Омнипака, электростимуляцию, радиочастотную нейроабляцию при 42–90 °С. Обеспечивает снижение болевого синдрома и исключение рецидива
Патент № 2854223 «Устройство и способ коррекции позвоночника с использованием фиксирующих винтов и гибких шнуров, отвертка и дерматом для монтажа устройства для коррекции позвоночника»	29.12.2025, заявка 2025110432 от 23.04.2025	ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, ООО «КОНМЕТ». Авторы: Фролов В.П., Колесов С.В., Перверзев В.С. [19]	Изобретение относится к коррекции позвоночника с использованием фиксирующих винтов и гибких шнуров
Способы диагностики, профилактики и прогнозирования			
Патент № 2836356 «Способ профилактики неврологических осложнений при хирургической коррекции идиопатического сколиоза»	13.03.2025, заявка 2024115979 от 10.06.2024	ФГБУ «НМИЦТО им. Я.А. Цивьяна» Минздрава России. Авторы: Иванова А.А., Лебедева М.Н., Волков С.Г. [34]	Способ включает запись ЭКГ, спектральный анализ ритмокардиограммы, оценку соотношения НЧ/ВЧ. При снижении на 50 % изменяют положение винтов или степень коррекции. Нейнвизивен, снижает риск неврологических осложнений
Патент № 2844625 «Способ диагностики окклюзионных и экстраокклюзионных соматических дисфункций»	04.08.2025, заявка 2024135326 от 26.11.2024	ООО «НЕЙРОЭКСПЕРТ». Авторы: Андреев В.Е., Андреев Д.В., Марченко М.В. [2]	Способ включает регистрацию наружной электромиограммы мышц при различных окклюзиях и обуви, оценку дельты (Δ) между сторонами. Повышает эффективность диагностики соматических дисфункций
Патент № 2838307 «Способ прогнозирования возможности хирургического лечения в объеме реконструктивно-пластического вмешательства на позвоночнике у больных туберкулезным спондилитом, сочетанным с вирусными инфекциями»	14.04.2025, заявка 2024116049 от 11.06.2024	ФГБУ «НМИЦ ФПИ» Минздрава России. Авторы: Скорняков С.Н., Миногина Т.Б., Красноборова С.Ю. и др. [6]	Способ включает определение концентрации IL10, IL6, ФНО, А-димера, тропонина I и расчет индекса операбельности по уравнению логистической регрессии. Обеспечивает повышение эффективности прогнозирования
Патент № 2852846 «Способ оценки ограничения подвижности позвоночника при псоритическом артрите»	16.12.2025, заявка 2024111054 от 22.04.2024	ФГБНУ «НИИР им. В.А. Насоновой». Авторы: Губарь Е.Е., Коргаева Т.В., Логинова Е.Ю. и др. [13]	Способ включает определение значимых показателей диагностики: боль в позвоночнике и тазобедренных суставах, наличие псориаза ногтей, энтезитов, анкилоза КПС и др. Позволяет своевременно назначить индивидуальную терапию
Патент № 2849296 «Способ оценки качества декомпрессии при операциях на позвоночнике»	23.10.2025, заявка 2025109825 от 18.04.2025	ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. Авторы: Вережако А.В., Гравков Д.А., Мануковский В.А. и др. [14]	Способ включает измерение сагиттального и фронтального размеров позвоночного канала до и после операции, расчет индекса реконструкции. Позволяет повысить точность оценки хирургической коррекции
Патент № 2841730 «Способ определения дегенерации межпозвоночного диска поясничного отдела позвоночника»	16.06.2025, заявка 2024119948 от 12.07.2024	ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии». Авторы: Дарионов С.Н., Сороковилов В.А., Животенко А.П. и др. [25]	Способ включает МРТ в сагиттальной плоскости в режиме ДВИ, определение средних значений ИКА пульзного ядра и ликвора, расчет коэффициента дегенерации. Позволяет определить диск с наиболее выраженными дегенеративными изменениями
Патент № 2835113 «Способ определения риска возникновения перелома позвоночника у пациентов с онкологической патологией»	21.02.2025, заявка 2023129013 от 08.11.2023	ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. Авторы: Раческова К.К., Хасанов Р.Ш. [18]	Способ включает определение МПК, МРТ, КТ, сбор анамнеза, оценку в баллах. Определяют низкую (1–6), умеренную (7–12) и высокую (13–18) степень риска. Обеспечивает комплексный учет факторов риска
Способы навигации и планирования			
Патент № 2845521 «Способ планирования лечения при деформациях переходных зон позвоночника с использованием оценки взаимодействия костных, миелоредуктивных и сосудистых структур»	21.08.2025, заявка 2024122514 от 05.08.2024	ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России. Авторы: Назаренко А.Г., Кулешов А.А., Милица И.М. и др. [17]	Способ включает создание виртуальной 3D-модели по технологии CAD/CAM на основании КТ и миселогграфии, изготовление комбинированной индивидуальной разборной 3D-модели методом 3D-печати, исследование модели и введение в план лечения параметров: формы и размера металлоконструкции, протяженности фиксации, траектории введения опорных элементов, зоны резекции, места и объема декомпрессии
Патент № 2835743 «Способ чрескостной пункции межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника при спондилодисци-тах под ультразвуковой навигацией»	03.03.2025, заявка 2024115496 от 06.06.2024	ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России. Авторы: Шевченко Н.И., Охотников О.И., Григорьев С.Н. и др. [11]	Способ включает таргетную пункцию под ультразвуковой навигацией на 9–10 или 2–3 часах условного циферблата с дренированием. Снижает лучевую нагрузку и травматичность
№ 2844250 «Роботизированная медицинская система для проведения нейрохирургических операций на позвоночнике»	28.07.2025, заявка 2023136131 от 29.12.2023	ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. Авторы: Фролова И.А., Допухова Е.О., Соловьева М.А. и др. [3]	Система состоит из иррадирующего узла, фиксирующего манипулятора с ручным принципом перемещения и набора хирургических инструментов с интегрированными сферическими маркерами стереофотограмметрической измерительной системы. Обеспечивает навигацию инструментов и предоперационное планирование траекторий ввода транс-педикулярных винтов

(№ 2836470 [23], № 2836471 [33], № 239845 [31], № 2845521 [17]) описывают изделия и способы, создаваемые по данным КТ с помощью 3D-печати. Это позволяет учитывать индивидуальные анатомические особенности пациента, повышая точность установки и снижая риск осложнений.

2. *Роботизация и навигация.* Патенты № 2844250 [3], № 2832968 [35], № 2844240 [20], № 2845521 [17] демонстрируют активное использование навигационных систем (КТ, ультразвуковая навигация, стереофотограмметрия) для повышения точности хирургических манипуляций и снижения лучевой нагрузки.

3. *Минимизация травматичности.* Большинство патентов (№ 2843448 [5], № 2844240 [20], № 2832968 [35], № 2853651 [27], № 2846242 [1], № 2835743 [11]) ориентированы на малоинвазивные доступы, снижение травматизации мягких тканей и сокращение сроков реабилитации.

4. *Совершенствование имплантатов.* Патенты № 233525 [9], № 237299 [30], № 239845 [31], № 233169 [32], № 2854239 [24] направлены на улучшение фиксации, биосовместимости и остеоинтеграции. Используются титан, полиуретан, полиэфирэфиркетон, сетчатые и пористые структуры, зубцы и шипы.

5. *Регенеративная медицина и биотехнологии.* Патенты № 2833202 [28] и № 2838780 [29] отражают движение к персонализированным подходам, включая использование аутологичных биоматериалов и биodeградируемых имплантатов.

6. *Диагностика и прогнозирование.* Патенты № 2844625 [2], № 2838307 [6], № 2852846 [13], № 2849296 [14], № 2841730 [25], № 2835113 [18] демонстрируют развитие методов объективной оценки состояния позвоночника, прогнозирования рисков и оценки эффективности лечения.

7. *Реабилитация и профилактика.* Патенты № 232463 [7], № 232529 [8], № 2836269 [12], № 2834835 [22] отражают развитие реабилитационного направления, включая тренажеры, декомпрессионные устройства и комплексные программы восстановления.

8. *Преобладание государственных научно-медицинских центров.* Среди патентообладателей лидируют ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России [15, 17, 19], ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России [23, 33], ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России [3], ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского» [29, 30], ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России

[10, 31], ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» [5, 22]. Частный сектор представлен ООО «Маваник» [4], ООО «КОНМЕТ» [19, 21], ООО «Хьюман Крафт» (ВУ) [32], ООО «НЕЙРО-ЭКСПЕРТ» [2], а также отдельными изобретателями [1, 28, 35].

Заключение

Патентование в хирургии позвоночника в Российской Федерации в 2025 г. характеризуется широким тематическим охватом: от хирургических инструментов и имплантатов до способов диагностики, прогнозирования, навигации и реабилитации. Наиболее выраженными тенденциями являются персонализация, использование аддитивных технологий, роботизация и навигация, а также совершенствование конструкций имплантатов для повышения стабильности фиксации и биосовместимости. Ведущую роль в патентной активности играют государственные научно-медицинские центры, что отражает высокую степень интеграции клинической практики и научных разработок. Дальнейшее развитие патентования в этой области будет связано с внедрением цифровых технологий, расширением применения 3D-печати и повышением точности хирургических вмешательств.

Литература/References

1. Патент № 2846242 Российская Федерация, МПК А61В 18/12. Способ лечения кокцигодинии: заявл. 08.07.2024, опублик. 02.09.2025 / Яриков А.В.; патентообладатель Яриков А.В. Бюл. № 25.
2. Патент № 2844625 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ диагностики окклюзионных и экстраокклюзионных соматических дисфункций: заявл. 26.11.2024, опублик. 04.08.2025 / Андреев В.Е., Андреев Д.В., Марченко М.В.; патентообладатель ООО «НЕЙРОЭКСПЕРТ». Бюл. № 22.
3. Патент № 2844250 Российская Федерация, МПК А61В 34/30. Роботизированная медицинская система для проведения нейрохирургических операций на позвоночнике: заявл. 29.12.2023, опублик. 28.07.2025 / Фролов И.А., Лопухов Е.О., Соловьев М.А. и др.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. Бюл. № 22.
4. Патент № 2836979 Российская Федерация, МПК А61В 17/16. Нейрохирургический инструмент для фрагментарного удаления связок и костных структур в позвоночнике: заявл. 25.06.2024, опублик. 24.03.2025 / Николаева М.Н., Николаев Н.Н.; патентообладатель ООО «Маваник». Бюл. № 9.
5. Патент № 2843448 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Способ и набор для выполнения стабилизирующих операций на позвоночнике: заявл. 18.12.2024, опублик. 14.07.2025 / Кордонский А.Ю., Гринь А.А., Каранадзе В.А., Тупикин А.В.; патентообладатель ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Бюл. № 20.
6. Патент № 2838307 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ прогнозирования возможности хирургического лечения в объеме реконструктивно-пластического вмешательства на позвоночнике у больных туберкулезным спондилитом, сочетанным с вирусными инфекциями: заявл. 11.06.2024, опублик. 14.04.2025 / Скорняков С.Н., Миногина Т.В., Красноторова С.Ю. и др.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ФПИ» Минздрава России. Бюл. № 11.
7. Патент № 232463 Российская Федерация, МПК А63В 23/025. Тренажер для шейного отдела позвоночника: заявл. 20.12.2024, опублик. 11.03.2025 / Паноков М.В., Троянов М.В. и др.; патентообладатели Паноков М.В., Троянов М.В. Бюл. № 8.
8. Патент № 232529 Российская Федерация, МПК А61Н 1/00. Декомпрессионное устройство для позвоночника: заявл. 10.10.2024, опублик. 12.03.2025 / Мельников Ю.Н.; патентообладатель Мельников Ю.Н. Бюл. № 8.

9. Патент № 233525 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Эндопротез для замещения межпозвонковых дисков в шейном отделе позвоночника: заявл. 26.08.2024, опубл. 24.04.2025 / Татаринов В.Ф.; патентообладатель Татаринов В.Ф. Бюл. № 12.
10. Патент № 238281 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Пластина для фиксации поврежденного позвонка в грудном отделе позвоночника: заявл. 07.07.2025, опубл. 23.10.2025 / Мытыга П.Г., Монашенко Д.Н.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Бюл. № 30.
11. Патент № 2835743 Российская Федерация, МПК А61В 17/34. Способ чрескожной пункции межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника при спондилодисцитах под ультразвуковой навигацией: заявл. 06.06.2024, опубл. 03.03.2025 / Шевченко Н.И., Охотников О.И., Григорьев С.Н. и др.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России. Бюл. № 7.
12. Патент № 2836269 Российская Федерация, МПК А63В 23/02. Тренажер: заявл. 30.08.2021, опубл. 11.03.2025 / Фрибель Й. (DE); патентообладатель Зиссель Интернэшнл ГМБХ (АТ). Бюл. № 8.
13. Патент № 2852846 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ оценки ограничения подвижности позвоночника при псориатическом артрите: заявл. 22.04.2024, опубл. 16.12.2025 / Губарь Е.Е., Кортаева Т.В., Логинова Е.Ю. и др.; патентообладатель ФГБНУ «НИИР им. В.А. Насоновой». Бюл. № 35.
14. Патент № 2849296 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ оценки качества декомпрессии при операциях на позвоночнике: заявл. 18.04.2025, опубл. 23.10.2025 / Верещако А.В., Травков Д.А., Мануковский В.А. и др.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России. Бюл. № 30.
15. Патент № 2835469 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Способ хирургической коррекции основной дуги сколиотической деформации грудного отдела позвоночника при вентральной динамической коррекции: заявл. 04.06.2024, опубл. 25.02.2025 / Колесов С.В., Казьмин А.И., Переверзев В.С.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России. Бюл. № 6.
16. Патент № 2843172 Российская Федерация, МПК А61Н 1/00. Хиропрактический аппарат для коррекции позвоночника: заявл. 02.08.2022, опубл. 07.07.2025 / Ким Хе Со (KR); патентообладатель Медсапиенс Ко., Лтд. (KR). Бюл. № 19.
17. Патент № 2845521 Российская Федерация, МПК А61В 34/10. Способ планирования лечения при деформациях переходных зон позвоночника с использованием оценки взаимодействия костных, миелиордикулярных и сосудистых структур: заявл. 05.08.2024, опубл. 21.08.2025 / Назаренко А.Г., Кулешов А.А., Милица И.М. и др.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н. Н. Приорова» Минздрава России. Бюл. № 24.
18. Патент № 2835113 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ определения риска возникновения перелома позвоночника у пациентов с онкологической патологией: заявл. 08.11.2023, опубл. 21.02.2025 / Расческова К.К., Хасанов Р.Ш.; патентообладатель ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. Бюл. № 6.
19. Патент № 2854223 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Устройство и способ коррекции позвоночника с использованием фиксирующих винтов и гибких шнуров, отвертка и деротатор для монтажа устройства для коррекции позвоночника: заявл. 23.04.2025, опубл. 29.12.2025 / Фролов В.П., Колесов С.В., Переверзев В.С.; патентообладатели ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, ООО «КОНМЕТ». Бюл. № 1.
20. Патент № 2844240 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Способ транспедикулярной фиксации грудопоясничного отдела позвоночника из транспоневротического доступа (варианты): заявл. 11.12.2024, опубл. 28.07.2025 / Дзукаев Д.Н., Войновский А.Е., Пейкер А.Н. и др.; патентообладатель ГБУЗ «ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ». Бюл. № 22.
21. Патент № 2843631 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Устройство для хирургической коррекции деформаций позвоночника: заявл. 05.08.2024, опубл. 17.07.2025 / Пантелеев А.А., Цопанов Г.В., Колядин С.В.; патентообладатели ООО «КОНМЕТ», Пантелеев А.А. Бюл. № 20.
22. Патент № 2834835 Российская Федерация, МПК А61Н 1/00. Способ лечения пациентов с несложными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника: заявл. 07.11.2024, опубл. 14.02.2025 / Абдрафиев Р.И., Кордонский А.Ю., Гринь А.А. и др.; патентообладатель ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Бюл. № 5.
23. Патент № 2836470 Российская Федерация, МПК А61В 17/17. Индивидуальный хирургический шаблон для формирования в теле позвонка канала для введения транспедикулярного винта при одностороннем доступе у пациентов с деформацией позвоночника и грудной клетки: заявл. 04.06.2024, опубл. 17.03.2025 / Тория В.Г., Виссарионов С.В.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Бюл. № 8.
24. Патент № 2854239 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Индивидуальный телозамещающий имплантат шейного отдела позвоночника: заявл. 14.03.2025, опубл. 29.12.2025 / Гуца А.О., Картавых Р.А.; патентообладатель ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук». Бюл. № 1.
25. Патент № 2841730 Российская Федерация, МПК А61В 5/055. Способ определения дегенерации межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника: заявл. 12.07.2024, опубл. 16.06.2025 / Ларионов С.Н., Сорокинов В.А., Животенко А.П. и др.; патентообладатель ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии». Бюл. № 17.
26. Патент № 2844927 Российская Федерация, МПК А61В 17/56. Способ хирургического лечения неспецифических спондилитов верхнегрудного отдела позвоночника: заявл. 03.12.2024, опубл. 11.08.2025 / Лисицкий И.Ю., Рашидов В.Н., Лычагин А.В.; патентообладатель ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Бюл. № 23.
27. Патент № 2853651 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Способ хирургического лечения спондилолистеза спондилолистеза поясничного отдела позвоночника: заявл. 11.12.2024, опубл. 25.12.2025 / Пестряков Ю.Я., Спиридонов А.В., Бывальцев В.А., Калинин А.А.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России. Бюл. № 36.
28. Патент № 2833202 Российская Федерация, МПК А61К 35/28. Способ лечения дегенеративно-дистрофических заболеваний шейного отдела позвоночника – регенеративная аутологичная реконструкция: заявл. 05.06.2024, опубл. 14.01.2025 / Каландари А.А.; патентообладатель Каландари А.А. Бюл. № 2.
29. Патент № 2838780 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Способ имплантации биосовместимого биодеградируемого шейного кейджа на место разрушенного межпозвонкового диска для сращения соседних позвонков и биосовместимый биодеградируемый шейный кейдж для его осуществления: заявл. 03.10.2024, опубл. 22.04.2025 / Макаров С.А., Алексанян М.М., Аганесов А.Г. и др.; патентообладатель ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Бюл. № 12.
30. Патент № 237299 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Межпозвонковый биосовместимый имплантат: заявл. 27.05.2025, опубл. 18.09.2025 / Макаров С.А., Алексанян М.М., Аганесов А.Г. и др.; патентообладатель ФГБНУ «РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского». Бюл. № 26.
31. Патент № 239845 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Имплантат для замещения межпозвонкового диска: заявл. 23.09.2025, опубл. 16.12.2025 / Заборовский Н.С., Мытыга П.Г., Масевнин С.В., Мураховский В.С.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России. Бюл. № 35.
32. Патент № 233169 Российская Федерация, МПК А61F 2/44. Имплантат для межтелового спондилодеза: заявл. 06.11.2024, опубл. 08.04.2025 / Кондерский Н.М.,

- Матусевич Е.А., Нацевский А.Д.; патентообладатель ООО «Хьюман Крафт» (ВУ). Бюл. № 10.
33. Патент № 2836471 Российская Федерация, МПК А61В 17/17. Индивидуальный хирургический шаблон с рентген-контрастными метками для формирования в теле позвонка костных каналов для введения транспедикулярных винтов: заявл. 13.06.2024, опубл. 17.03.2025 / Торня В.Г., Виссарионов С.В.; патентообладатель ФГБУ «НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера» Минздрава России. Бюл. № 8.
34. Патент № 2836356 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ профилактики неврологических осложнений при хирургической коррекции идиопатического сколиоза: заявл. 10.06.2024, опубл. 13.03.2025 / Иванова А.А., Лебедева М.Н., Волков С.Г.; патентообладатель ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. Бюл. № 8.
35. Патент № 2832968 Российская Федерация, МПК А61В 17/70. Способ хирургического лечения спондилолистеза на пояснично-крестцовом уровне: заявл. 23.05.2024, опубл. 13.01.2025 / Коновалов Н.А., Иванов С.В., Закиров Б.А., Бригнук Е.С.; патентообладатель Коновалов Н.А. Бюл. № 2.

Дополнительная информация

Вклад авторов. Н.В. Новикова – поиск и сбор данных в информационных ресурсах ФИПС, формирование сводной таблицы; А.Е. Симонович – методология, написание черновика; И.А. Кирилова – определение концепции, методология, написание черновика и редактирование рукописи.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉Новикова Наталья Васильевна – патентовед; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9194-9301; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8343-2197>;

e-mail: capit@yandex.ru

Александр Евгеньевич Симонович, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5999-2247; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2822-3479>;

alsimonovich@yandex.ru

Кирилова Ирина Анатольевна – д-р мед. наук, доцент; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9482-9230; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>;

e-mail: IKirilova@niito.ru

Authors' Info

✉Novikova Natalya Vasilyevna – Patent Specialist; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9194-9301; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8343-2197>;

e-mail: capit@yandex.ru

Alexandr Evgenievich Simonovich, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=5999-2247; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2822-3479>;

alsimonovich@yandex.ru

Kirilova Irina Anatolyevna – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: https://elibrary.ru/author_items.asp?spin=9482-9230; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1911-9741>;

e-mail: IKirilova@niito.ru

Краткий анализ систематических обзоров, представленных в журнале «Хирургия позвоночника»

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.115-121>

Современные статьи в научно-практических медицинских журналах могут соответствовать нескольким основным типам: письма в редакцию, клинические наблюдения, клинические, эпидемиологические и фундаментальные исследования и обзоры. Каждый из них имеет свой формат/шаблон заполнения [Серeda А.П., Андрианова М.А. Рекомендации по оформлению дизайна исследования. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(3):165–184. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-3-165-184]. При этом как в отечественной, так и в мировой литературе общей тенденцией последних лет является рост числа различных обзоров – и журнал «Хирургия позвоночника» оказался в этом же тренде (рис. 1).

Обзорные статьи обычно посвящаются устоявшейся либо, напротив, спорной междисциплинарной области, чаще – диагностике или лечению какого-то заболевания. Целью обзоров является обновление и обобщение знаний по проблеме с формированием определенной концептуальной платформы. Они часто готовятся при планировании исследования, в том числе квалификационной работы (диссертации), с целью анализа актуальности проблемы, которая складывается из опреде-

ления «проблемного поля», формулирования решенных и нерешенных вопросов, а также противоречий.

Качество обзоров и уровень доверия к ним неоднозначны. Чтобы они соответствовали вершине пирамиды доказательности (а именно там располагаются систематические обзоры и метаанализы), авторы должны представить полное и точное описание методологии отбора, анализа и обработки публикаций, включая обязательный статистический раздел, выполнить который без участия специалистов по биостатистике часто не представляется возможным. Для подготовки систематических обзоров предложено руководство PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), постоянно обновляющееся и имеющее полные и краткие версии [<https://www.prisma-statement.org/extensions>].

Из отечественной практики известно, что привычная статья в формате «Обзор литературы», как правило, готовится на основе главы диссертационного исследования. При этом доказательности (и, соответственно, научной ценности) такой обзор может вообще не иметь – отсутствие подробного описания методологии отбора и анализа не исключает возможности

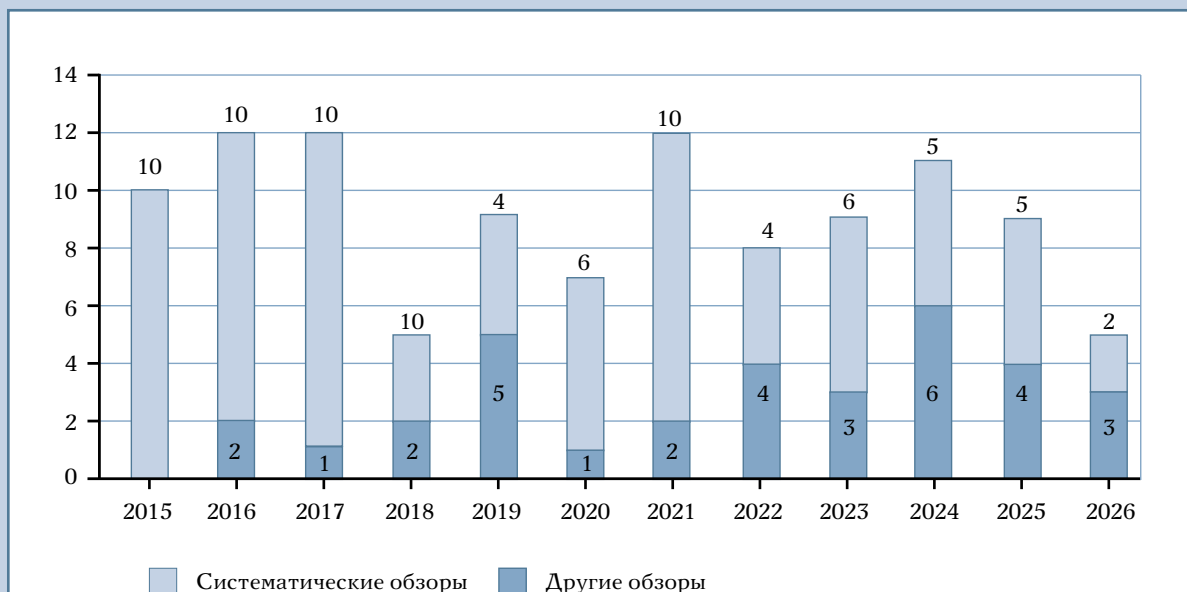


Рис. 1

Число обзоров, опубликованных в журнале «Хирургия позвоночника» в 2015–2026 гг.

субъективной селекции статей в соответствии с целями диссертации.

Промежуточное место занимают нарративные обзоры, синтезирующие разные точки зрения, подходы и тенденции, для которых математический анализ не может быть применен ввиду редкости анализируемых явлений и событий или крайне ограниченного числа публикаций.

Проблемой аналитических, научных, несистематических, несистематизированных, аналитико-систематических обзоров является именно неясное определение этих понятий и методологии их подготовки.

С учетом все более строгих требований к научным публикациям в журналах высокого уровня мы сочли необходимым ретроспективно проанализировать те обзоры, которые были в нашем журнале обозначены как систематические на предмет их соответствия рекомендованному в настоящее время дизайну и методологии.

Материал и методы

Для поиска статей использован архив журнала «Хирургия позвоночника», расположенный на официальном сайте <https://www.spinesurgery.ru/jour>. Сплошной поиск осуществлялся вручную за период с 2020 (том 17, № 1) по 2026 (том 23, № 1) годы включительно. Проанализированы все статьи каждого выпуска, кроме колонки редактора и информационных блоков, по следующим ключевым словам: «систематический обзор литературы», «метаанализ», «обзор», которые просматривались в названиях, резюме, ключевых словах и разделе «Материал и методы».

Каждую отобранную статью проверяли на соответствие 27 полным пунктам руководства PRISMA, а также 16 подпунктам, контрольному листу проверки резюме и блок-схеме анализа (прил. 1, 2).

Анализ соответствия суммарным 43 пунктам критериев PRISMA проводили два эксперта (ААК, НСК), дополнительно его оценивали при помощи нейросети.

Результаты

За указанный выше период из 404 научных статей, опубликованных в 21 выпуске журнала «Хирургия позвоночника», 60 обозначены авторами как обзоры, в том числе как систематические – 19, как метаанализ – 3; 38 обзоров отмечены как несистематические или не классифицированы (рис. 2).

Соответствие систематических обзоров критериям PRISMA представлено в табл. (не ставя задачи критиковать кого-либо конкретно, мы сочли возможным горизонтальные строчки указать в соответствии с пунктами и подпунктами PRISMA, в то время как столбцы обозначить по первой букве фамилии первого автора и году публикации).

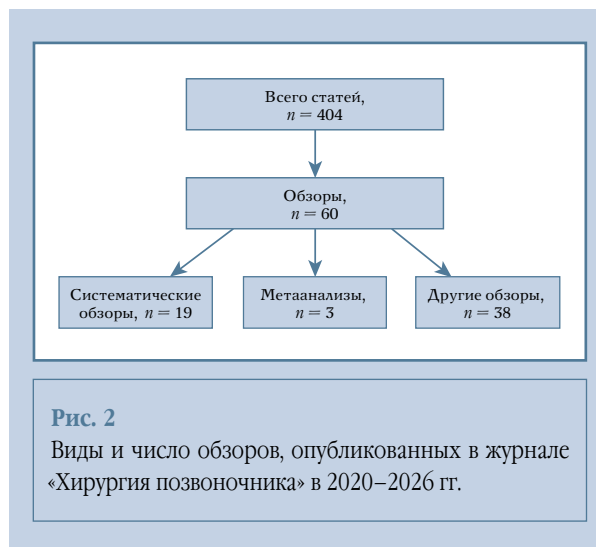


Рис. 2

Виды и число обзоров, опубликованных в журнале «Хирургия позвоночника» в 2020–2026 гг.

Лишь в 14 из 22 обзоров, заявленных как систематические или метаанализ, указано их выполнение в соответствии с критериями PRISMA. При этом в среднем в них было заполнено 10 (мин. 2; макс. 27) из рекомендованных 42 пунктов. Несмотря на определенные разногласия по трактовке некоторых пунктов PRISMA между авторами анализа, мы пришли к общему мнению, что с учетом лишь частичного соответствия рекомендациям ни один из обзоров не может быть оценен в полной мере как соответствующий понятию «систематический» (желающие могут повторить такую проверку, но отметим, что среди оцененных обзоров представлены и работы авторов этой публикации).

Изучив полные тексты публикаций, можно выявить основные причины несоответствия требованиям PRISMA:

- существенные погрешности видны при детальном изучении положений, отражающих цель (пункт 4), критерии пригодности (пункт 5), процесс сбора и накопления источников (пункты 8 и 9); эти ключевые пункты должны быть максимально корректными для продвижения исследования в строго намеченном формате;
- общая таблица включенных исследований с данными из них (пункт 10) чаще всего составлена частично или отсутствует вовсе, что делает невозможным какое-либо сравнение;
- пункты 11 (методы оценки риска систематической ошибки), 18 (результаты оценки риска систематической ошибки), 24 (регистрация и протокол) не отражены ни в одном обзоре, что не позволяет понять, насколько авторы отклонились от изначально поставленной цели и, соответственно, насколько полученным выводам обзора можно доверять;
- пункты 12 (методы оценки эффектов анализируемых параметров), 13 (синтез результатов), 14 и 15 (методы оценки достоверности) не приведены в большинстве анализируемых обзоров, что можно объяснить

Таблица

Соответствие критериям PRISMA систематических обзоров, опубликованных в журнале «Хирургия позвоночника». По цветовому сочетанию таблицы видно, что в большинстве изученных статей нет данных по многим пунктам или эти данные не соответствуют (красные поля)

Пункты PRISMA	С., 2021	А., 2021	А., 2022	Г., 2022	С., 2022	Г., 2022	С., 2023	М., 2023	М., 2023	Р., 2024	Г., 2024	Г., 2024	Ш., 2024	Р., 2024	Е., 2024	М., 2025	Д., 2025	Е., 2025	Ш., 2025	М., 2026	М., 2026	К., 2026
«В соответствии с PRISMA»																						
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10a																						
10b																						
11																						
12																						
13a																						
13b																						
13c																						
13d																						
13e																						
13f																						
14																						
15																						
16a																						
16b																						
17																						
18																						
19																						
20a																						
20b																						
20c																						
20d																						
21																						
22																						
23a																						
23b																						
23c																						
23d																						
24a																						
24b																						
24c																						
25																						
26																						
27																						

Зеленый цвет — все соответствует, красный — не соответствует или нет данных, желтый — частичное соответствие или сомнительно.

их трудоемкостью и необходимостью статистического анализа, а коль скоро в разделе «Материал и методы» не приводятся способы их оценки, то и в разделе «Результаты» эти пункты (18–22) также отсутствуют.

Обсуждение

Одной из проблем обсуждаемого вопроса является то, что четкого понимания, что именно считать систематическим обзором, на самом деле нет: критерии PRISMA, которым настоятельно рекомендует следовать Кохрановская библиотека при написании систематических обзоров и метаанализов, по сути, и являются рекомендацией. Тем не менее в связи с высокими требованиями к современным статьям отсутствие иных критериев оценки должны учитывать и готовящие такие публикации авторы, и рецензенты, проводящие экспертизу.

Подготовка качественного систематического обзора должна рассматриваться как полноценное научное исследование, требующее прежде всего оформления протокола с четко поставленной целью и регистрацией. Последующий поиск информации, его синтез с учетом риска смещения, меры эффектов, оценки достоверности требуют не только соблюдения протокола, но и помощи биостатистиков. Мы вынуждены учитывать и то, что отечественной системы регистрации и, соответственно, экспертизы таких работ, которую проводит упомянутое выше Кохрановское сообщество, нет.

Анализ показал соответствие опубликованных обзоров лишь некоторым элементам PRISMA. В расширенной версии PRISMA для каждого пункта приведены конкретные параметры (а иногда и фразы), которые необходимо отразить, однако это вызывает большие затруднения, особенно в статистических разделах. С другой стороны, ряд авторов этой статьи, выступая рецензентами в других журналах, сталкивались с обратной ситуацией, когда правильно (с точки зрения PRISMA) прописанная методическая часть абсолютно не соответствовала контенту, оформленному как упоминавшаяся глава диссертации. Вынуждены отметить, что такие

же проблемы порой встречаются и в специализированных зарубежных журналах, посвященных проблемам вертебологии, в том числе высокого уровня, когда исследования, обозначенные как систематические обзоры и метаанализы, порой выполняются без соответствия всем критериям PRISMA.

Заключение

Приглашая коллег к конструктивной дискуссии, мы сочли возможным сформулировать следующие предложения, полезные для авторов и рецензентов таких обзоров:

1) «систематический» характер обзора нужно отражать в названии; в остальных случаях уточнять его вариант нет необходимости, но стоит помнить о низкой ценности других обзоров и редакционной политике высокорейтинговых журналов по постепенному отказу от их публикации;

2) принятый в научной литературе термин «систематический» не предполагает для обзора никаких других вариантов названия (например, «систематизированный»);

3) выполнение систематического обзора и метаанализа настоятельно рекомендуется проводить совместно с биостатистиками; к сожалению, авторы (как правило, обычные врачи) опускают большинство пунктов соответствующего статистического анализа;

4) при подаче рукописи с систематическим обзором целесообразно со стороны авторов ввести заполнение чек-листа (см. ниже), а со стороны рецензентов – их проверку (хотя бы при помощи нейросети);

5) считаем целесообразным популяризировать публикацию и регистрацию протоколов систематических обзоров на специализированных сайтах, для чего, возможно, следует рассмотреть создание подобного русскоязычного ресурса.

Приглашаем к конструктивной дискуссии, будем рады предложениям и комментариям!

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

Приложение 1
PRISMA 2020, чек-лист

Раздел/тема	Пункт	Элемент
ЗАГЛАВИЕ		
Заглавие	1	Идентифицируйте отчет как систематический обзор
АННОТАЦИЯ		
Структурированная аннотация	2	Представьте структурированное краткое описание, которое включает в себя (если применимо): обоснование, цели, критерии соответствия, источники доказательств, методы извлечения данных, результаты и заключение (выводы), которое отвечает на вопросы обзора и соответствует его цели (подробнее см. чек-лист PRISMA 2020 для аннотаций)
ВВЕДЕНИЕ		
Обоснование	3	Опишите обоснование обзора в контексте того, что уже известно
Цели	4	Представьте четкое изложение цели или вопросов, которым посвящен обзор
МЕТОДЫ		
Критерии приемлемости	5	Укажите критерии включения и исключения для обзора, а также то, как исследования были сгруппированы для синтеза
Источники информации	6	Укажите все базы данных, реестры, веб-сайты, организации, списки литературы и другие источники, в которых проводился поиск или консультации для определения исследований. Укажите дату последнего поиска или обращения к каждому источнику
Стратегия поиска	7	Представьте полную стратегию поиска по всем базам данных, реестрам и веб-сайтам, включая любые использованные фильтры и ограничения
Отбор исследования	8	Укажите методы, используемые для определения того, соответствует ли исследование критериям включения в обзор, в том числе укажите, сколько рецензентов проверили каждую запись и каждый полученный отчет, работали ли они независимо, и, если применимо, обозначьте подробные сведения об инструментах автоматизации, используемых в процессе
Процесс сбора данных	9	Укажите методы извлечения данных из отчетов, включая количество рецензентов, собиравших данные из каждого отчета, работали ли они независимо, любые процессы получения или подтверждения данных от исследователей, а также, если применимо, подробную информацию об инструментах автоматизации, использованных в этом процессе
Данные	10a	Перечислите и определите все переменные, для которых осуществлялся поиск данных. Укажите, все ли результаты, совместимые с каждой областью переменных в каждом исследовании, были запрошены (например, для всех показателей, временных точек, анализов). Если этого нет, то укажите методы, использованные для принятия решения о том, какие результаты собирать
	10b	Перечислите и определите другие переменные, для которых осуществлялся поиск данных (например, характеристики участников и вмешательств, источники финансирования). Опишите любые предположения относительно недостающей или неясной информации
Риск предвзятости в отдельных исследованиях	11	Укажите методы, использованные для оценки риска предвзятости отдельных исследований, включая подробную информацию об использованном(-ых) инструменте(-ах), количестве рецензентов, оценивавших каждое исследование, и работали ли они независимо, а также, если применимо, подробную информацию об инструментах автоматизации, использованных в процессе
Обобщенная величина эффекта	12	Укажите для каждого результата обобщенную величину эффекта (например, соотношение рисков, разницу в средних значениях), используемую при синтезе или представлении результатов
Синтез результатов	13a	Опишите процессы, используемые для принятия решения о том, какие исследования подходят для каждого синтеза (например, составление таблицы характеристик вмешательства исследования и сравнение с запланированными группами для каждого синтеза, пункт 5)
	13b	Опишите методы, необходимые для подготовки данных для представления или синтеза, такие как обработка сводной статистики для отсутствующих значений или преобразование данных

Продолжение приложения 1
PRISMA 2020, чек-лист

Раздел/тема	Пункт	Элемент
Синтез результатов	13c	Опишите методы, используемые для составления таблиц или визуального отображения результатов отдельных исследований и синтеза
	13d	Опишите методы, использованные для синтеза результатов, и предоставьте обоснование выбора. Если был проведен метаанализ, опишите модель(-и), метод(-ы) для определения наличия и степени статистической неоднородности и используемый программный пакет(-ы)
	13e	Опишите методы, используемые для изучения возможных причин неоднородности результатов исследования (например, анализ подгрупп, метарегрессия)
	13f	Опишите анализ чувствительности, проведенный для оценки надежности синтезированных результатов
Риск предвзятости по всем исследованиям	14	Опишите методы, используемые для оценки риска предвзятости из-за отсутствия результатов в синтезе данных (возникающих из-за систематической ошибки в отчетности)
Оценка достоверности	15	Опишите методы, используемые для оценки достоверности (или уверенности) в совокупности доказательств для результата
РЕЗУЛЬТАТЫ		
Отбор исследования	16a	Опишите результаты процесса поиска и выбора исследований. Приведите количество исследований, которые были отобраны, оценены на приемлемость и включены в обзор, в идеале в виде блок-схемы
	16b	Укажите исследования, которые были исключены, и объясните, почему они не попали в обзор
Характеристики исследования	17	Для каждого исследования представьте характеристики, по которым были извлечены данные и предоставьте ссылки
Риск предвзятости в исследовании	18	Представьте данные по риску предвзятости по каждому исследованию, а также о том, как предвзятость может сказаться на результатах
Результаты отдельных исследований	19	По всем рассмотренным результатам (польза или вред) предоставьте для каждого исследования: (а) простые суммарные данные для каждой группы вмешательства, (б) оценку величины эффекта и доверительный/достоверный интервал, в идеале с использованием структурированных таблиц или графиков
Результаты синтеза	20a	Для каждого синтеза кратко опишите характеристики и риск предвзятости среди участвующих исследований
	20b	Представьте результаты всех проведенных статистических синтезов. Если был проведен метаанализ, представьте для каждого сводную оценку и его точность (например, доверительный/достоверный) и меры статистической неоднородности. При сравнении групп опишите направление эффекта
	20c	У каждого исследования представьте результаты возможных причин неоднородности результатов этих исследований
	20d	Представьте результаты всех анализов чувствительности, проведенных для оценки надежности полученных результатов
Риск предвзятости по всем исследованиям	21	Представьте оценку риска предвзятости из-за недостающих результатов (возникающих из-за систематических ошибок в отчетности) по каждому синтезу данных
Достоверность доказательств	22	Представьте оценку достоверности (или уверенности) в совокупности доказательств по каждой из переменных
ОБСУЖДЕНИЕ		
Обсуждение	23a	Предоставьте общую интерпретацию результатов в контексте других доказательств
	23b	Обсудите ограничения доказательств, включенных в обзор
	23c	Обсудите ограничения используемых процессов проверки
	23d	Опишите значимость результатов для медицинских работников, пользователей, директивных органов и будущих исследований

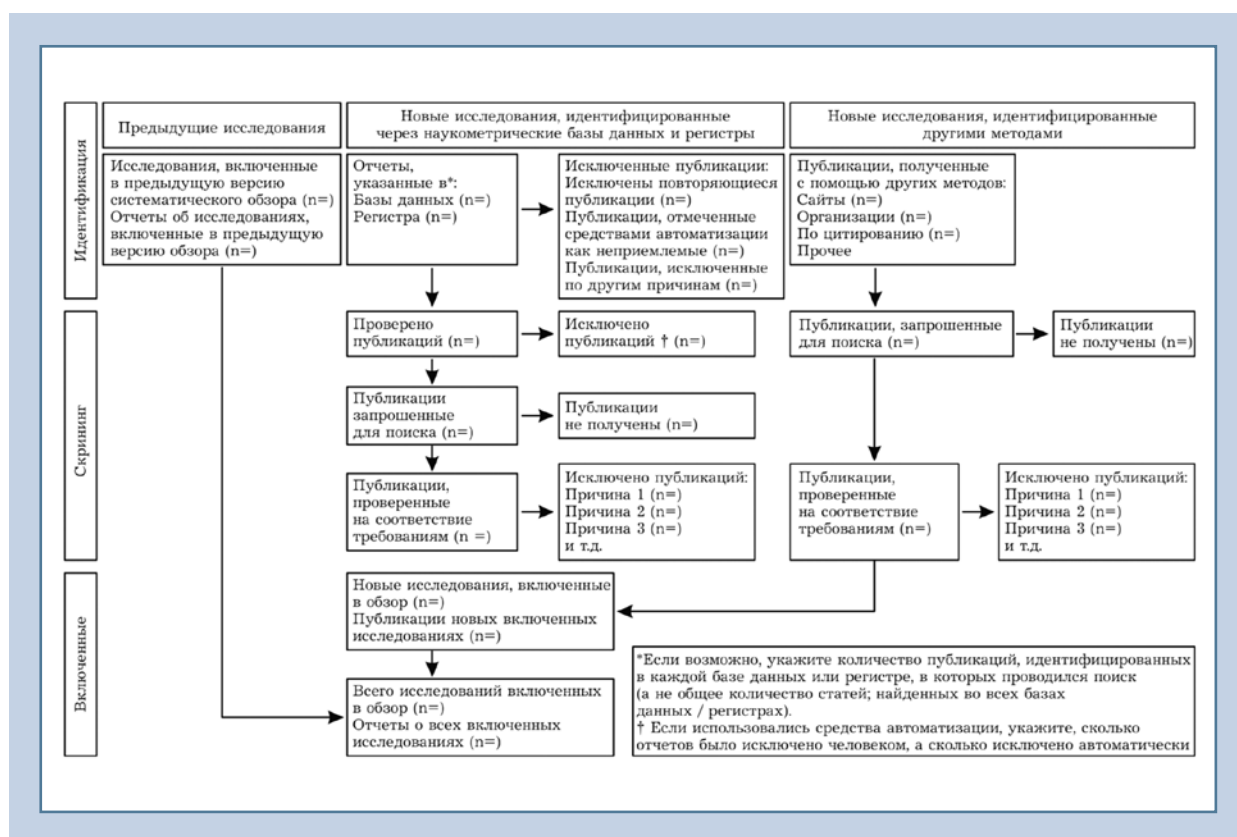
Окончание приложения 1 PRISMA 2020, чек-лист

Раздел/тема	Пункт	Элемент
ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ		
Регистрация и протокол	24a	Предоставьте регистрационную информацию для проверки, включая имя и регистрационный номер, или укажите, что обзор не зарегистрирован
Регистрация и протокол	24a	Предоставьте регистрационную информацию для проверки, включая имя и регистрационный номер, или укажите, что обзор не зарегистрирован
	24b	Укажите, где можно получить доступ к протоколу обзора, или укажите, что протокол не был подготовлен
	24c	Опишите и объясните поправки в информации, предоставленной при регистрации или в протоколе
Финансирование	25	Опишите источники финансовой или нефинансовой поддержки для обзора, а также роль спонсоров в обзоре
Конфликт интересов	26	Заявите о любых конкурирующих интересах авторов рецензий
Доступность данных, кода и других материалов	27	Сообщите, какие из следующих материалов являются общедоступными и где их можно найти: шаблоны форм для сбора данных; данные, полученные из включенных исследований; данные, используемые для всех анализов; аналитический код; любые другие материалы, использованные в обзоре

[https://www.surгонco.ru/jour/manager/files/%D0%A7%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%D0%BE%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2.pdf](https://www.surگونco.ru/jour/manager/files/%D0%A7%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%D0%BE%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2.pdf)

Приложение 2

Шаблон блок-схемы PRISMA 2020 (<http://vestnik.mednet.ru/content/view/1580/1/lang.ru/>)



К вопросу о систематических обзорах литературы

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.3.122-124>

Уважаемые коллеги!

Прежде всего я считаю целесообразным определиться с предметом дискуссии. Что такое систематический обзор? Рекомендации PRISMA 2020 определяют систематический обзор как «обзор, который использует явные систематические методы для сопоставления и синтеза результатов исследований, относящихся к ясно сформулированному вопросу» [1] со ссылкой на электронное руководство Cochrane, в актуальной версии которого определение отсутствует (во всяком случае, мне его найти не удалось) [2]. Вместе с тем на сайте Cochrane есть раздел «Что такое систематические обзоры?», который также не содержит определения, однако сообщает: «Когда мы проводим систематический обзор, мы тщательно изучаем все исследования, чтобы ответить на конкретный вопрос, например: «Помогает ли лечение X людям с болезнью Y?», а затем выясняем, каков общий эффект» [3]. Таким образом, с точки зрения экспертов доказательной медицины, целью систематического обзора не является ни обобщение знаний по проблеме, ни формирование концептуальной платформы, а только получение максимально обоснованного ответа на конкретный вопрос.

С другой стороны, огромное количество исследований, в названии которых присутствует словосочетание «systematic review», посвящено именно обобщению знаний по той или иной проблеме (я позволю себе не приводить примеры), то есть их авторы понимают под систематическим обзором нечто иное – по возможности исчерпывающий обзор литературы, выполненный с использованием описанной и воспроизводимой методологии. Это понимание термина близко и мне.

Наверное, было бы неправильно объяснять такое расхождение непонятливостью или некомпетентностью авторов. Обратимся к истории вопроса. Т. Гринхальх в «Основах доказательной медицины» (русскоязычный перевод издания 2001 г., с. 141) пишет: «...систематические обзоры – обобщения первичных работ, которые содержат разделы “цели”, “материалы”, “методы” и были проведены в соответствии с точной и воспроизводимой методологией» [4] со ссылкой на брошюру UK Cochrane Centre (недоступна для сверки), а наиболее ранняя версия рекомендаций по написанию метаанализов (QUOROM, 1999 г.) [5] дает ссылку на определение конференции 1995 г. в Потсдаме: «Систематический обзор – использование научных стратегий, которые ограничивают искажения при сборе, критической оценке и синтезе всех релевантных исследований по определенной теме» [6]. То есть по состоянию на начало XX в. более широкое понимание термина является общепринятым. Однако следую-

щая версия рекомендаций (PRISMA 2009) приводит несколько иное определение: «Систематический обзор представляет собой попытку сопоставить все эмпирические данные, которые соответствуют заранее определенным критериям отбора, чтобы ответить на конкретный исследовательский вопрос. При этом используются явные систематические методы, выбранные с учетом минимизации искажений и обеспечивающие надежные результаты, на основании которых возможно прийти к заключению и принимать решения» [7]. Судя по тенденциям в названиях публикаций, изменение определения для значительной части научного сообщества прошло незамеченным.

Если экспертная организация исходит из такого, более узкого, понимания термина, то как следует именовать методически выполненный обзор литературы, обобщающий имеющиеся данные, но не дающий ответа на конкретный вопрос?

Глава «Методика литературных обзоров» в Handbook of eHealth Evaluation [8] приводит с обширным библиографическим обоснованием следующие подходы:

1. Нарративный обзор.
2. Дескриптивный обзор.
3. Scoping review (затруднительно подобрать русскоязычный термин).
4. Систематический обзор.

Определение систематического обзора прямо цитирует рекомендации PRISMA 2009. Под нарративным обзором понимается работа, выполненная без соблюдения прозрачной методологии и, следовательно, подверженная искажениям. Определения дескриптивного обзора (как синонимом указан mapping review) и scoping review очень близки и сводятся как раз к методическому исследованию данных литературы, не предполагающему поиска обоснованного ответа на узкий вопрос [9]. Более того, scoping review упоминается в документации PRISMA 2020 со ссылкой на дополнение к версии 2009 г. PRISMA-ScR [10] и рекомендацией руководствоваться при публикации scoping review как PRISMA, так и PRISMA-ScR [1].

Казалось бы, ответ найден. Может быть, не вполне обоснованное по современным официальным определениям использование термина «систематический обзор» действительно является скорее исключением, чем правилом?

Приведенные в табл. данные не согласуются с предположением, что предложенная в цитируемом руководстве терминология была широко воспринята. Без сомнения, ряд публикаций посвящен методологии исследований, но едва ли это существенно искажает соотношение. Число статей, в названии которых фигу-

Таблица

Количество результатов поиска в базе PubMed (дата обращения 08.08.2026)

Поисковый запрос	Количество результатов
narrative review[Title]	29 825
mapping review[Title]	447
descriptive review[Title]	325
scoping review[Title]	46 087
systematic review[Title]	343 231
(((((review[Title]) NOT (narrative[Title]))) NOT (descriptive[Title]))) NOT (mapping[Title])) NOT (scoping[Title])) NOT (systematic[Title])	533 409

рирует словосочетание «систематический обзор», более чем в четыре раза превышает суммарное количество всех остальных конкретизированных обзоров и менее чем вдвое уступает количеству обзоров неконкретизированных (то есть нарративных), что при корректном использовании официальных определений является невероятным. Широкое понимание термина «систематический обзор» как любой работы с заявленной методологией поиска и обработки источников, по-видимому, сохраняет свои позиции, а термин *scoping review* широкого распространения не получил. Впрочем, я не являюсь специалистом в области библиометрического анализа, поэтому к интерпретации этих данных следует относиться с осторожностью.

Таким образом, в настоящее время фактически существует два различных понимания термина «систематический обзор», каждое из которых, на мой взгляд, имеет право на существование, что может являться причиной возникновения непонимания между авторами, рецензентами и редакцией. Предъявлять требования неадаптированных критериев PRISMA 2020 к любой обзорной работе с заявленной методологией не вполне корректно.

По поводу содержащихся в «Кратком анализе...» предложений свою позицию я могу сформулировать следующим образом:

1.1. «Систематический» характер обзора нужно отражать в названии. Согласен.

1.2. В остальных случаях уточнять его вариант нет необходимости. Не согласен, считаю, что нарративный обзор следует называть нарративным, также удачным вариантом для обозначения обзорной работы без заявленной методологии представляется термин «несистематический обзор».

1.3. Стоит помнить о низкой ценности других обзоров. Позиция зависит от понимания термина. При широком толковании согласен, при узком (в строгом соответствии с PRISMA 2020) – категорически не согласен.

2. Принятый в научной литературе термин «систематический» не предполагает для обзора никаких других вариантов названия. Согласен.

3. Выполнение систематического обзора и метаанализа настоятельно рекомендуется проводить совместно с биостатистиками. Позиция зависит от понимания термина. При узком толковании (в соответствии с PRISMA 2020) полностью согласен.

4. При подаче рукописи с систематическим обзором целесообразно со стороны авторов ввести заполнение чек-листа (см. ниже), а со стороны рецензентов – их проверку (хотя бы при помощи нейросети). С учетом использования в соответствующих случаях адаптированных чек-листов (например, PRISMA-ScR для *scoping review*) согласен.

5. Считаю целесообразным популяризировать публикацию и регистрацию протоколов систематических обзоров на специализированных сайтах, для чего, возможно, следует рассмотреть создание подобного русскоязычного ресурса. Позиция зависит от понимания термина. При узком толковании (в соответствии с PRISMA 2020) согласен. При широком толковании не возражаю. Регистрация *scoping review*, безусловно, придавала бы работе солидности, однако по существу, на мой взгляд, абсолютно бесполезна (обращают на себя внимание весьма лояльные формулировки по этому вопросу в адаптированном чек-листе PRISMA-ScR [10]).

Также я считаю возможным привести собственные соображения в связи с обсуждаемой проблемой.

1. Обзор литературы, выполненный с использованием описанной воспроизводимой методологии, является полноценной научной работой, даже если не дает четкого и однозначного ответа на конкретный узкий вопрос. Считаю целесообразной популяризацию такого подхода к написанию литературных обзоров.

2. Для публикации нарративного обзора, на мой взгляд, требуются веские основания. Безусловно, некоторые вопросы, представляющие научный интерес, затруднительно изложить в другой форме (например,

историю проблемы), поэтому однозначный отказ от публикации таких работ нерационален. Вместе с тем я думаю, что типичный «традиционный» литературный обзор, подготовленный на основе главы диссертационного исследования, не заслуживает места на страницах научного журнала.

3. Во избежание непонимания между авторами, рецензентами и редакцией крайне желательно внести ясность в терминологию и решить, какого толкования термина «систематический обзор» следует придерживаться (лично я являюсь сторонником широкого толкования). Если придерживаться узкого толкования, необходимо определить русскоязычный термин для scoring review и популяризировать его использование. Я полагаю, что на эти вопросы могло бы дать ответы

опросное исследование и/или согласительная конференция редакторов русскоязычных медицинских журналов.

В заключение я хотел бы отметить, что при подготовке данного письма я сделал для себя ряд открытий. В частности, ранее мне не было известно, что с точки зрения строгой терминологии существует такая форма научной работы, как scoring review, и отдельные рекомендации PRISMA-ScR по ее выполнению.

*А.В. Косулин, канд. мед. наук;
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет;
ORCID: 0000-0002-9505-222X;
backenlad@mail.ru*

Источники

1. **Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, et al.** PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n160. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
2. <https://www.cochrane.org/authors/handbooks-and-manuals/handbook/current> (дата обращения: 08.08.2026).
3. <https://www.cochrane.org/evidence/what-are-systematic-reviews> (дата обращения 08.08.2026).
4. **Гринхальх Т.** Основы доказательной медицины. Пер. с англ. Москва, 2006.
5. **Moher D, Cook DJ, Eastwood S., et al.** Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. Quality of Reporting of Meta-analyses. *Lancet*. 1999;354(9193):1896–1900. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)04149-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)04149-5)
6. **Cook DJ, Sackett DL, Spitzer WO.** Methodologic guidelines for systematic reviews of randomized control trials in health care from the Potsdam Consultation on Meta-Analysis. *J Clin Epidemiol*. 1995;48(1):167–171. DOI: [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(94\)00172-m](https://doi.org/10.1016/0895-4356(94)00172-m)
7. **Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al.** The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
8. **Lau F, Kuziemyky C, editors.** Handbook of eHealth evaluation: An evidence-based approach [Internet]. Victoria (BC): University of Victoria; 2017. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481590/>
9. **Par G, Kitsiou S.** Chapter 9 Methods for Literature Reviews. In: Lau F, Kuziemyky C, editors. Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-based Approach [Internet]. Victoria (BC): University of Victoria; 2017. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481583/>
10. **Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al.** PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467–473. DOI: <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

РЕЗОЛЮЦИЯ Сибирского ортопедического форума – 2026 (Цивьяновские чтения)

3–4 июля 2026 г. Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна при поддержке Министерства здравоохранения Российской Федерации, Министерства здравоохранения Новосибирской области и 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 провел Сибирский ортопедический форум – 2026 (Цивьяновские чтения).

Общая часть

Основным организатором и координатором проведения мероприятия выступило Федеральное государственное бюджетное учреждение «Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России).

Сибирский ортопедический форум – одно из ключевых отечественных событий в области современной травматологии-ортопедии, нейрохирургии, анестезиологии-реаниматологии и реабилитологии. Форум был приурочен к 80-летию Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна.

С XX в. Институт прошел огромный путь – от эвакогоспиталя до ведущего современного центра травматологии, ортопедии и нейрохирургии. Основание ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» 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.

Основанная профессором Я.Л. Цивьяном, удостоенным звания заслуженного деятеля науки РСФСР, Школа сибирских вертебрологов продолжает свое развитие. Коллектив института, сохраняя преемственность научных традиций, осуществляет интенсивную разработку решений широкого спектра научно-практических проблем в области вертебрологии, травматологии-ортопедии, нейрохирургии и смежных медицинских дисциплин, включая анестезиологию-реаниматологию и реабилитацию.

Сибирский ортопедический форум – 2026 (Цивьяновские 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.niitconf.ru, www.medum.org), что позволило значительно расширить целевую аудиторию и географию участников.

За два дня очно на форуме было зарегистрировано более 1000 участников (в том числе 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 27 регионов Российской Федерации и других стран (Республики Беларусь, Республики Казахстан и Республики Узбекистан). Онлайн на сайте Форума зарегистрировались и просмотрели видеотрансляцию представители из 30 регионов Российской Федерации и 9 иностранных государств (Вьетнама, Германии, Казахстана, Молдовы, Нидерландов, Польши, США, Узбекистана, Швеции).

На форуме были рассмотрены следующие основные вопросы:

- 1) состояние травматолого-ортопедической службы в Российской Федерации;
- 2) позвоночно-спинномозговая травма: аспекты современной специализированной медицинской помощи;
- 3) актуальные вопросы онковертебрологии: преемственность и мультидисциплинарный подход;
- 4) актуальные вопросы артропластики тазобедренного сустава: инфекционные осложнения в хирургии;
- 5) философия современного сестринского дела от наследия к инновациям через технологии и образование;
- 6) избранные вопросы ортопедии и травматологии детского возраста;
- 7) философия персонифицированной артропластики коленного сустава: мировые тенденции и современные реалии в Российской Федерации;
- 8) бесцементное тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием роботизированной системы МАКО;
- 9) хирургическая вертебрология: прошлое, настоящее и будущее;

- 10) первичное эндопротезирование коленного сустава: от простого к сложному;
- 11) актуальные проблемы нейрохирургии;
- 12) медицинская реабилитация: традиции и инновации;
- 13) инновации в артроскопической хирургии;
- 14) технологии замещения дефектов и реконструкции конечностей;
- 15) актуальные вопросы хирургического лечения деформаций позвоночника;
- 16) инновационные решения в эндопротезировании коленного сустава: методики улучшения клинических результатов и повышения удовлетворенности пациентов;
- 17) фундаментальные исследования в травматологии и ортопедии;
- 18) перспективы развития журнала «Хирургия позвоночника».

На состоявшемся Сибирском ортопедическом форуме – 2026 (Цивьяновских чтениях) 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 «Реконструктивная хирургия переходных зон позвоночника. Инструментальная фиксация при травмах и заболеваниях кранио-вертебрального региона»;
- прекурс «Временная фиксация тубулярными и кольцевыми аппаратами. Последовательный чрескостный и интрамедуллярный остеосинтез при переломах костей нижних конечностей»;
- прекурс «Боевые повреждения конечностей»;
- пленарная сессия «Избранные вопросы травматологии и ортопедии»;
- 11 специализированных научных заседаний (секций);
- мастер-класс «Бесцементное тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием роботизированной системы МАКО ООО «Страйкер»»;
- 2 круглых стола («Позвоночно-спинномозговая травма. Аспекты современной специализированной медицинской помощи»; «Актуальные вопросы онковертебрологии. Преемственность и мультидисциплинарный подход»);
- заседание редколлегии журнала «Хирургия позвоночника».

На протяжении всего форума работала 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 – 2026 (Цивьяновские чтения) явился площадкой для взаимодействия и объединения российских и зарубежных специалистов, которые в ходе мероприятия обменялись результатами научных исследований и клиническим опытом, продемонстрировали передовые разработки и обсудили различные подходы к решению острых профессиональных проблем, а также определили вектор дальнейшего эволюционирования травматологии-ортопедии, нейрохирургии и смежных специальностей для повышения уровня оказания медицинской помощи профильным пациентам.

Особенности организации мероприятия, анализ текущей ситуации, проблемы, перспективы

В рамках Сибирского ортопедического форума – 2026 (Цивьяновских 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 проведения прекурсов, пленарной сессии, специализированных научных заседаний (секций), круглых столов и мастер-классов. В фокусе внимания участников – цифровые инструменты и искусственный интеллект для планирования операций, технологии реконструкции конечностей и замещения дефектов.

Накануне форума, 2 июля, состоялись прекурсы, посвященные актуальным направлениям современной вертебрологии для специалистов из клиник Москвы, Санкт-Петербурга, Чебоксар, Саратова, Екатеринбурга, Новокузнецка, Новосибирска.

На прекурсе «Реконструктивная хирургия переходных зон позвоночника. Инструментальная фиксация при травмах и заболеваниях краниовертебрального региона» специалисты Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна совместно с коллегами ознакомили участников с практическими аспектами применения современных хирургических технологий. Целью курса было предоставление хирургам четких алгоритмов для оценки нестабильности, выбора метода фиксации, выполнения реконструкции и минимизации рисков в анатомически сложных зонах.

Прекурс «Временная фиксация тубулярными и кольцевыми аппаратами. Последовательный чрескостный и интрамедуллярный остеосинтез при переломах костей нижних конечностей» представил собой практико-ориентированное обучение для травматологов-ортопедов, где были освещены современные алгоритмы стабилизации и лечения переломов длинных костей нижних конечностей. Целью курса явились четкая формулировка критериев для выбора временной фиксации, демонстрация техники ее корректного выполнения,

определение показаний и методик безопасного перехода к окончательному остеосинтезу для минимизации осложнений и улучшения результатов лечения.

В рамках прекурса «Боевые повреждения конечностей» состоялось обучение для травматологов, военных врачей и хирургов, на котором были рассмотрены тактика и техника оказания помощи при огнестрельных, минно-взрывных и других травмах конечностей в условиях боевых действий. Целью курса явилось обучение быстрому и безопасному оказанию помощи раненым на первых этапах оказания медицинской помощи, выбор минимального достаточного объема операции и дальнейшее лечение пострадавших для получения хорошего функционального результата.

Прекурсы завершились показательными операциями, на которых эксперты в режиме реального времени продемонстрировали требуемые практические навыки.

Пленарная сессия **«Избранные вопросы травматологии и ортопедии»**. Открыл пленарную сессию директор ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России А.А. Корыткин приветственной праздничной речью. Первый доклад в рамках пленарной сессии, представленный д-ром мед. наук, профессором, чл.-кор. РАН, директором ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, А.Г. Назаренко, был посвящен состоянию травматолого-ортопедической службы в Российской Федерации в 2025 г. Также на пленарной сессии прозвучали другие доклады ведущих специалистов страны, среди которых были д-р мед. наук, профессор, чл.-кор. РАН, директор ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России Р.М. Тихилов, д-р мед. наук, профессор, акад. РАН, заместитель директора по научной работе ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России Н.А. Коновалов, д-р мед. наук, профессор РАН, главный врач ФГБУ «ФЦТОЭ» Минздрава России, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и экстремальной медицины ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова» Н.С. Николаев, д-р мед. наук, профессор, чл.-кор. РАН, начальник кафедры (начальник клиники) военной травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны Российской Федерации, главный травматолог Минобороны Российской Федерации В.В. Хоминец. Особый интерес на пленарной сессии вызвал доклад «Хирургия по Цивьяну» – историческая справка, представленная д-ром мед. наук, профессором, главным научным сотрудником ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, профессором кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России М.В. Михайловским.

На секции **«Позвоночно-спинномозговая травма. Аспекты современной специализированной медицинской помощи»** были освещены вопросы организации специализированных центров и отделений неотложной спинальной хирургии на базе многопрофильных стационаров, что позволяет централизовать поток пациентов, применять современные технологии и выстраивать тактику раннего хирургического лечения для улучшения результатов лечения. Применение инновационных организационных и лечебно-диагностических технологий позволяет повысить качество специализированной и высокотехнологичной медицинской помощи.

На секции **«Актуальные вопросы артропластики тазобедренного сустава. Инфекционные осложнения в хирургии»** обсуждались проблемы перипротезной инфекции – одной из ведущих причин ревизионных вмешательств после артропластики; также были рассмотрены вопросы санации хронических очагов инфекции до операции, контроль интраоперационных факторов риска, рациональная антибиотикопрофилактика, работа мультидисциплинарной команды.

На секции **«Философия современного сестринского дела от наследия к инновациям через технологии и образование»** участники форума пришли к единому мнению, что современное сестринское дело в травматологии и ортопедии требует системного подхода к наставничеству, активного вовлечения персонала в процессы контроля качества и постоянного профессионального развития. Особое внимание было уделено необходимости профилактики эмоционального выгорания и созданию комфортной психологической среды в коллективах. Обмен опытом между федеральными центрами признан эффективным механизмом внедрения лучших практик.

Секция **«Избранные вопросы ортопедии и травматологии детского возраста»** состояла из двух подсекций. Традиционно были рассмотрены вопросы осложнений в хирургии тазобедренного сустава, отмечены главные причины и наиболее часто встречаемые неблагоприятные исходы. Сформированы алгоритмы хирургической тактики в случаях вторичных деформаций проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины. Обсуждались вопросы коррекции ортопедических осложнений при ДЦП, особо выделена обоснованность применения одномоментных многоуровневых хирургических вмешательств. Были затронуты вопросы определения тактики лечения редких орфанных заболеваний, применения современных методов остеосинтеза, в том числе телескопических систем, а также вопросы обезболивания пациентов.

Секция **«Актуальные вопросы онкоортопедологии: преемственность и мультидисциплинарный подход»** была посвящена вопросам повышения эффективности лечения с целью улучшения качества жизни пациентов за счет слаженной работы специалистов различных специальностей и совершенствования процесса маршрутизации. На секции были обсуждены ключевые темы мультидисциплинарного подхода и работы в команде (онкологи, нейрохирурги, травматологи-ортопеды, радиологи, химиотерапевты, реабилитологи, патоморфологи), в том числе с применением такого вида совместной работы специалистов, как консилиумы, при выработке персонализированной тактики лечения пациентов с определением объема хирургического вмешательства, последовательности применения методов лечения (хирургия + лучевая/химиотерапия), планирования комплекса реабилитационных мероприятий. Обсуждались современные хирургические технологии, включающие в себя малоинвазивные доступы (вертебропластика, кифопластика, стабилизирующие конструкции), комбинированные режимы лечения, периоперационные риски, ранняя активизация и этапная реабилитация пациентов.

На секции **«Хирургическая вертебрология: прошлое, настоящее и будущее»** обсуждался большой круг вопросов с основным акцентом на инфекционно-воспалительные заболевания позвоночника: особенности хирургического лечения инфекционных поражений позвоночника в условиях многопрофильного стационара, маршрутизация и организация помощи, а также роль и возможность телемедицинских консультаций.

Исторически вертебрология прошла путь от первых описаний травм (еще в папирусе Edwin Smith) и работ Гиппократов до активных хирургических вмешательств. В настоящее время в фокусе внимания специалистов малоинвазивные и эндоскопические технологии, которые снижают травматичность вмешательства и ускоряют реабилитацию. Активно применяются интраоперационный нейромониторинг, 3D-моделирование и навигационные системы. Тенденция современности – смещение акцента в сторону превентивных стратегий и регенеративной медицины, расширение области внимания врачей на вопросах профилактики развития дегенеративных процессов с помощью стволовых клеток, факторов роста, PRP-терапии. Развиваются таргетная фармакология (модуляция боли, стимуляция регенерации нервной ткани) и нейромодуляция (стимуляция спинного мозга при хронической боли). В перспективе – более широкое использование искусственного интеллекта для анализа данных и поддержки решений врачей на амбулаторном и стационарном этапах. Ожидается, что благодаря комплексному подходу потребность в традиционных открытых операциях для многих патологий снизится.

На секции **«Первичное эндопротезирование коленного сустава. От простого к сложному»** обсуждали показания к первичному эндопротезированию, тотальному или частичному (одномыщелковому) протезированию, стандартные алгоритмы предоперационного планирования в соответствии с данными рентгенограмм, принципы восстановления механической оси конечности и баланса связок. Основной акцент сделан на важности точной установки компонентов: значение корректного наклона и ротации тибialного и феморального компонентов, роль примерочных модулей и интраоперационного контроля. Рассматривали варианты фиксации (цементная/бесцементная) с учетом возраста и качества костной ткани пациентов. Представлены возможности навигации и роботизированной хирургии для повышения точности имплантации, а также применение индивидуальных шаблонов и индивидуальных имплантатов при нестандартной анатомии.

На секции **«Медицинская реабилитация: традиции и инновации»** присутствовало более 70 участников – представителей из различных регионов страны. Целью секции стал анализ существующих на данный момент методов реабилитационного лечения, состояния отрасли с точки зрения применения доказательного подхода. В результате представлены различные типы исследований: клинические примеры, обзоры, методические доклады. Итоги: представлены исследования для решения различных задач по формированию профессиональных компетенций специалистов физической и реабилитационной медицины, сформированы пути междисциплинарного взаимодействия для формирования комплексной системы реабилитации.

На секции **«Технологии замещения дефектов и реконструкции конечностей»** были рассмотрены теоретические и практические аспекты лечения пациентов с дефектами костной ткани конечностей различной этиологии. В лекции проф. Л.Н. Соломина были представлены принципы современной классификации костных дефектов, особенности диагностики и лечения каждого из типов дефектов. В серии докладов из ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России были детально изложены оптимальные сроки проведения реконструктивных вмешательств, представлены современные данные о методиках и алгоритмах замещения дефектов в зависимости от степени деструкции костной ткани, освещены результаты применения классических методик чрескостного остеосинтеза. В докладах сотрудников ФГБУ «НМИЦТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России и ФГБУ «ГКВГ им. Н.Н. Бурденко» Минобороны России были продемонстрированы возможности использования аддитивных технологий для замещения сегментарных дефектов костей конечностей, дана сравнительная оценка ближайших и отдаленных результатов лечения и их связь как с видом фиксации, так и с конструктивными особенностями имплантатов. В серии докладов из других регионов были освещены проблемы прогнозирования формирования несращений, деформаций и дефектов костей конечностей, особенности лечения пациентов с огнестрельными и минно-взрывными ранениями конечностей, сочетающимися с обширными дефектами мягких тканей. В завершении секции проф. Л.Н. Соломин и Л.К. Брижань подвели итоги и предложили проводить секции, посвященные вопросам реконструкции конечностей, на всех значимых научно-практических конференциях страны в связи с высокой актуальностью проблемы.

Секция **«Актуальные вопросы хирургического лечения деформаций позвоночника»** состояла из двух частей, в рамках которых прозвучало 24 доклада от представителей ведущих лечебных учреждений России и Белоруссии. Хирургическая техника лечения сколиотических деформаций в этих учреждениях находится на высоком уровне, поэтому большая часть докладов была посвящена редким клиническим наблюдениям, особенностям ментального статуса, прогнозированию исхода заболевания и лечения, а также снижению риска осложнений. Обмен опытом в данном направлении позволяет повысить удовлетворенность лечения пациентов, а также планировать дальнейшую разработку методик, направленных на дальнейшее совершенствование хирургического лечения.

На секции **«Фундаментальные исследования в травматологии и ортопедии»** было представлено 9 докладов из Донецка, Москвы и Новосибирска, как из профильных травматолого-ортопедических учреждений, так и из вузов и учреждений фундаментальной науки. Основные акценты сделаны на клеточные и регенеративные технологии по профилю деятельности учреждений. Показана эффективность применения аутологических мезенхимальных стволовых клеток в комплексном хирургическом лечении нарушений консолидации у пациентов с переломами костей. Были раскрыты патогенетические механизмы развития врожденного вывиха бедра на модели дисплазии тазобедренного сустава у куриного эмбриона. Продemonстрированы исследования по высвобождению антисептического пре-

парата и бактериофагов из прототипа биоразлагаемого перевязочного материала, на основе модифицированного хитозана, а также освещена эффективность противоопухолевых препаратов на основе природных терпеноидов в клеточных моделях глиобластомы человека. Особое внимание было уделено научному направлению, посвященному изучению бактериальной целлюлозы: дано теоретическое обоснование оценки иммуногенности бактериальной целлюлозы *in vitro* с использованием реакции «поляризация макрофагов» звена в контроле качества биоматериалов, оценена эффективность метода лазерно-индуцированной спектроскопии при диагностике резидуальной микробной контаминации бактериальной целлюлозы. Была представлена информация, что ультрафиолетовое облучение бактериальной целлюлозы снижает уровень микробной контаминации бактериальной целлюлозы, но не исключает контаминацию после методов очистки с применением слабых растворов щелочи.

Секция **«Актуальные проблемы нейрохирургии»** прошла в два этапа: сначала прозвучали лекции, представленные известными специалистами различных специальностей. Были подняты вопросы нетипичных вариантов клинического течения аневризматического субарахноидального кровоизлияния, освещены вопросы современных подходов к лечению коллоидных кист третьего желудочка. Также были представлены подходы к лечению головных болей различного характера со стороны невролога и анестезиолога-реаниматолога. В рамках указанных докладов освещались вопросы малоинвазивных вмешательств для лечения цефалгии и мигрени. Вторая часть секции была представлена докладами на различные тематики, в том числе по диагностике легкой черепно-мозговой травмы у детей, перкутаным вмешательствам при болевых синдромах, лечению различных новообразований ЦНС, по реконструктивной хирургии дефектов черепа и применению искусственного интеллекта в медицине.

На секции **«Инновации в артроскопической хирургии»** обсуждались вопросы применения интраоперационной 3D навигации, расширенной оптики и цифровой фиксации этапов вмешательства. Докладчики акцентировали внимание на максимально щадящих подходах к хирургическому лечению пациентов: использование микродоступов, минимизация травмы мягких тканей, сохранение жизнеспособных участков хряща. Отдельно разбирали критерии предпочтения частичной резекции радикальным вмешательствам. Представлены новые линейки артроскопического инструментария. Рассмотрен опыт применения роботизированных платформ для стандартных этапов.

На круглом столе **«Позвоночно-спинномозговая травма. Аспекты современной специализированной медицинской помощи»** присутствовало более 30 участников, представляющих разные регионы страны. В фокусе были современные малоинвазивные и эндоскопические методики, которые позволяют снижать травматичность и ускорять реабилитацию. Также обсуждалось применение интраоперационного нейромониторинга, 3D-моделирования и навигационных систем для повышения точности вмешательств, важность мультидисциплинарного подхода и преемственность. Экспертами отмечено: для достижения лучшего функционального исхода, слаженная работающая команда специалистов должна включать нейрохирургов, травматологов-ортопедов, реабилитологов, радиологов, неврологов и других специалистов.

На круглом столе **«Актуальные вопросы онковертебрологии. Преемственность и мультидисциплинарный подход»** обсуждали подходы слаженной работы команды (онкологи, нейрохирурги, радиологи, химиотерапевты, патоморфологи, реабилитологи), реализацию персонализированного подхода при принятии решения об объеме операции, последовательности хирургического лечения, лучевой и лекарственной терапии, о преемственности этапов лечения. Отмечалась важность «бесшовной» передачи пациента между специалистами и учреждениями: от верификации диагноза (биопсия) и стадирования (МРТ, КТ, ПЭТ) до лечения и реабилитации. Подчеркнута необходимость использования единого информационного контура для получения специалистами полной картины о пациенте (результаты исследований, текущий статус, сопутствующие риски).

В рамках форума состоялось **заседание редколлегии научно-практического журнала «Хирургия позвоночника»**, на котором были обсуждены следующие вопросы:

- 1) новое в ранжировании журналов;
- 2) результаты анализа российских медицинских журналов, публикующих работы по вертебрологическому профилю за период 2022–2024 гг.;
- 3) знакомство с новым сервисом для научного издательства «Нейроассистент», предназначенным для авторов, редакторов и рецензентов научных журналов;
- 4) план работы журнала на 2027 г.

В рамках этого заседания редколлегии сформированы следующие решения:

- 1) информацию о ранжировании научных журналов принять к сведению;
- 2) результаты анализа российских медицинских журналов, публикующих работы по вертебрологическому профилю за 2022–2024 гг., рекомендовано представить в виде публикации в журнал «Управление наукой: теория и практика»;
- 3) сотрудникам редакционно-издательского отдела и членам редколлегии апробировать сервис «Нейроассистент» в процессе подготовки очередного номера журнала;
- 4) по вопросам перспективного планирования работы издательства рекомендовано размещать принятые к публикации статьи в формате препринта (полнотекстовой версии) с указанием DOI; размещать очередной выпуск журнала до завершения квартального периода, что позволит учитывать опубликованные статьи в квартальных отчетах организаций (обеспечить более ранний выход очередного

номера, не менее чем за 2 недели до окончания квартала); сформировать предложение к правлению ассоциации хирургов-вертебрологов по обеспечению печатной версией журнала первичных представительств ассоциации (1 печатный номер на представительство при условии оплаты членских взносов).

Стратегические направления развития и основные задачи

Стратегический курс направлен на объединение экспертного сообщества специалистов в сфере патологии опорно-двигательного аппарата с целью выработки предложений по улучшению государственной политики и повышению качества медицинской помощи.

Задачи для реализации:

- в области образования и кадров: продолжать развивать систему непрерывного медицинского образования, а также обеспечить повышение квалификации специалистов по ключевым направлениям, в том числе травматологов ортопедов, нейрохирургов, анестезиологов реаниматологов и специалистов сестринского дела;
- в области науки и инноваций: укрепить взаимодействие ведущих научно-клинических школ на институциональной основе, а также содействовать развитию междисциплинарных исследований и их трансляции в клиническую практику;
- в области клинической практики: оптимизировать стандарты оказания медицинской помощи на всех этапах и масштабировать эффективные практики обмена профессиональным опытом между учреждениями и специалистами.

Положения форума

1. Сибирский ортопедический форум (Цивьяновские чтения), состоявшийся в 2026 г., стал площадкой для обсуждения современных трендов в травматологии, ортопедии, нейрохирургии, реабилитации, анестезиологии-реаниматологии, ревматологии и сестринском деле. Итоги мероприятия и анализ текущей ситуации в отрасли подтверждают, что эффективное решение актуальных задач здравоохранения возможно только при условии слаженного междисциплинарного взаимодействия специалистов.

2. В рамках развития деловой и научно-практической повестки форума в дальнейшем целесообразно продолжить практику проведения круглых столов, уделив особое внимание диалогу между разработчиками и индустриальными партнерами, в том числе производителями медицинских изделий.

3. Продолжать раскрывать направление боевой травмы с акцентом на технологиях искусственного интеллекта и ранней реабилитации.

4. Следующий Сибирский ортопедический форум (Цивьяновские чтения) запланировать к проведению в Новосибирске в IV квартале 2027 г.

*Л.В. Чернышева, А.Ф. Гусев, А.А. Иванова, И.А. Кирилова,
Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна*

**СИБИРСКИЙ
ОРТОПЕДИЧЕСКИЙ
ФОРУМ
2026**



МИХАИЛУ ВИТАЛЬЕВИЧУ МИХАЙЛОВСКОМУ 75 ЛЕТ

Дорогой Михаил Витальевич!

Редколлегия журнала «Хирургия позвоночника» от всей души поздравляет вас с 75-летним юбилеем!

Ваша жизнь – пример беззаветного служения отечественной вертебрологии. Вы стояли у истоков создания и развития нашего журнала, много лет являетесь его ответственным секретарем, вкладывая в это дело огромный опыт, знания и неустанную энергию. Благодаря вашему таланту организатора и принципиальности журнал по праву занимает ведущие позиции в российской и мировой научной периодике.

Мы знаем вас как выдающегося хирурга-вертебролога, ученого, педагога и наставника. Вы начали свой профессиональный путь под руководством профессора Я.Л. Цивьяна и прошли его до признания вас как лидера в области хирургической коррекции деформаций позвоночника. Ваши работы стали фундаментом для обучения целого поколения врачей, вы первым в стране внедрили инструментарий Cotrel – Dubousset и его современные модификации, что позволило вывести лечение сколиозов и кифозов на мировой уровень, а в созданной и руководимой вами долгие годы клинике детской и подростковой вертебрологии Новосибирского НИИТО ежегодно выполняются сотни сложнейших операций пациентам из многих регионов России и ближнего зарубежья.

Под вашим руководством защищено 2 докторские и 7 кандидатских диссертаций. С 2018 г. вы возглавляете уникальный диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России. Ваша научная школа объединяет травматологов-ортопедов и нейрохирургов, а сам совет стал центром притяжения для молодых исследователей со всей страны.

Ваши заслуги отмечены высокими наградами: званием «Врач года 2010», национальной премией «Призвание» (2011), премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2018), званием «Заслуженный врач Российской Федерации» (2021). В 2024 г. ваш вклад в развитие вертебрологии был по достоинству оценен профессиональным сообществом: на XI Всероссийском Приоровском форуме вам была вручена премия ассоциации травматологов-ортопедов России «Сила движения» в номинации «За вклад в развитие вертебрологии в России».

Сухие наукометрические данные РИНЦ оценивают ваш вклад в науку 283 публикациями, 1943 цитированиями, 8 монографиями, 8 изобретениями и одним из самых высоких среди коллег-вертебрологов индексом Хирша – 20. Но эти цифры никак не отражают того огромного человеческого обаяния, профессионального интеллекта и просветительского дара, которым вы так легко делитесь с учениками, коллегами и пациентами.

Желаем вам крепкого здоровья, неиссякаемой творческой энергии, оптимизма и новых успехов! Пусть ваш острый ум, чувство юмора и неустанная преданность делу еще многие годы служат на благо российской медицины и нашего журнала.



*С уважением
и наилучшими пожеланиями
редколлегия журнала
«Хирургия позвоночника»,
друзья и коллеги*



ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



8-я Международная конференция по ортопедии Время проведения: 2–3 ноября 2026 г.	Место проведения: Руасси-ан-Франс, Франция Контактная информация: https://ortho.cmesociety.com
15-я Международная конференция Иорданской ортопедической ассоциации Время проведения: 4–7 ноября 2026 г.	Место проведения: Амман, Иордания Контактная информация: https://www.jordan-valley.com/joa26
15-я ежегодная программа UCSF (Калифорнийский университет в Сан-Франциско) по методикам сложной хирургии позвоночника Время проведения: 6–7 ноября 2026 г.	Место проведения: Лас-Вегас, США Контактная информация: http://spinevegas.ucsf.edu
6-я Международная конференция по артропластике и ортопедической хирургии Время проведения: 9–10 ноября 2026 г.	Место проведения: Бангкок, Таиланд Контактная информация: https://www.arthroplasty.scientexconference.com/registration
100-й конгресс Французского общества ортопедической хирургии и травматологии (SOFOT) Время проведения: 11–13 ноября 2026 г.	Место проведения: Канны, Франция Контактная информация: https://www.sofcot.fr/
Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии, нейрохирургии», посвященная 80-летию Иркутского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Время проведения: 13 ноября 2026 г.	Место проведения: Иркутск, Россия Контактная информация: https://iscst.ru/13-november-2026-niito-80/
XI Международный Пироговский форум травматологов-ортопедов Время проведения: 16–17 ноября 2026 г.	Место проведения: Москва, Россия Контактная информация: https://pirogovforum.com/main.html
7-й продвинутый семинар по торакальной, поясничной и спинально-тазовой хирургии Время проведения: 20–21 ноября 2026 г.	Место проведения: Янина, Греция Контактная информация: https://www.srs.org/SRS-Events/7th-Advanced-Workshop-on-Thoracic-Lumbar-and-Spinopelvic-Surgery
109-й Национальный конгресс Итальянского общества ортопедии и травматологии (SIOT 2026) Время проведения: 26–28 ноября 2026 г.	Место проведения: Милан, Италия Контактная информация: https://congressosiot.it/
XIII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов Время проведения: 11–12 декабря 2026 г.	Место проведения: Казань, Россия Контактная информация: https://kazan-ator-26.ru/
12-я Международная конференция по заболеваниям позвоночника и спинного мозга Время проведения: 15–16 декабря 2026 г.	Место проведения: Париж, Франция Контактная информация: https://spine.neurologyconference.com

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Ежегодный симпозиум Американского общества радиологии позвоночника

Время проведения: 10–13 февраля 2027 г.

Место проведения: Сан-Франциско, США

Контактная информация:

<https://www.theassr.org/future-meetings>

Международная конференция по общей хирургии ICGS 2027

Время проведения: 4–5 марта 2027 г.

Место проведения: Барселона, Испания

Контактная информация:

<https://waset.org/general-surgery-conference-in-march-2027-in-barcelona>

34-я Международная конференция по передовым методикам лечения заболеваний позвоночника (IMAST)

Время проведения: 7–9 апреля 2027 г.

Место проведения: Копенгаген, Дания

Контактная информация:

<https://www.srs.org/SRS-Events/34th-International-Meeting-on-Advanced-Spine-Techniques>

Ежегодная конференция общества скелетной радиологии (SSR)

Время проведения: 10–14 апреля 2027 г.

Место проведения: Чарльстон, США

Контактная информация:

<https://skeletalrad.org/ssr-2027-annual-meeting/>

Ежегодная конференция ортопедической ассоциации Средней Америки

Время проведения: 14–17 апреля 2027 г.

Место проведения: Мирамар, США

Контактная информация:

<https://www.maoa.org/2027-annual-meeting>

XIV съезд Российской ассоциации хирургов-вертебрологов (RASS)

Время проведения: 21–23 апреля 2027 г.

Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

<https://rass.pro/xiv-sezd-rossijskoj-associazcii-hirurgov-vertebrologov-21-23-aprelya-2026-g/>

Конгресс «Spineweek 2027»

Время проведения: 16–20 мая 2027 г.

Место проведения: Монреаль, Канада

Контактная информация:

<https://spineweek.org/>

Ежегодная конференция АО Spine и Глобальный конгресс по заболеваниям позвоночника (GSC)

Время проведения: 9–12 июня 2027 г.

Место проведения: Йокогама, Япония

Контактная информация:

<https://globalspinecongress.org/>

62-я ежегодная конференция Общества исследований сколиоза (SRS)

Время проведения: 14–18 сентября 2027 г.

Место проведения: Новый Орлеан, Луизиана, США

Контактная информация:

<https://www.srs.org/SRS-Events/62nd-Annual-Meeting>

XI съезд нейрохирургов России

Время проведения: 15–18 июня 2027 г.

Место проведения: Екатеринбург, Россия

Контактная информация:

<https://scaf-spb.ru/spisok-konferencij/xi-sezd-nejrohirurgov-rossii/>

EUROSPINE-2027

Время проведения: 6–8 октября 2027 г.

Место проведения: Барселона, Испания

Контактная информация:

<https://www.eurospine.org/events/annual-meeting/2027/>



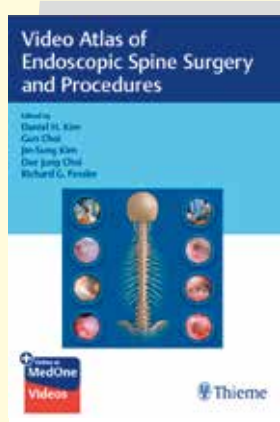
Хирургическое лечение дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника:
Экспертная серия SFCR, том 2
Surgery for Degenerative Lumbar Spine:
SFCR Expert Series, Vol. 2
Ed. by S. Litrico



Springer Cham, 2026
232 с.

Книга представляет собой полное описание новейших данных о хирургическом лечении дегенеративных патологий поясничного отдела позвоночника, подготовленное целым рядом специалистов французской школы спинальной хирургии. В ней рассматриваются клинические и радиологические особенности дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, основные патологии, включая дегенеративные заболевания дисков и грыжи дисков, поясничный стеноз, дегенеративный спондилолистез, а также основные хирургические методики и последние технологические разработки. Публикация представляет читателю уникальный и всеобъемлющий обзор хирургических методов лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника и предназначена в первую очередь для молодых хирургов. Она является частью «Экспертной серии SFCR», посвященной хирургии и позвоночника и одобренной Французским обществом спинальной хирургии.

Видеоатлас эндоскопической хирургии позвоночника и соответствующих процедур
Video Atlas of Endoscopic Spine Surgery and Procedures
Ed. by D.H. Kim, G. Choi, J.-S. Kim,
D.J. Choi, R.G. Fessler



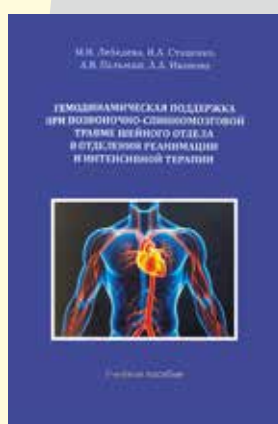
Thieme, 2026
816 с.

Эндоскопическая хирургия позвоночника вступила в эпоху, когда она не только малоинвазивна, но и интеллектуальна, роботизирована и обеспечивает полное погружение в процесс. Предлагаемый видеоатлас эндоскопической хирургии позвоночника отражает продолжающийся рост в этой области, опираясь на наследие книги «Эндоскопические процедуры на позвоночнике» (Endoscopic Spine Procedures), впервые опубликованной в 2011 г. Узкий эндоскопический обзор не всегда позволяет легко распознать визуально тонкие микроанатомические различия в поясничном, грудном и шейном отделах. Для решения этой задачи в книге представлены 136 видеороликов, подробные описания процедур и изображения, имитирующие эндоскопические картины, с которыми сталкиваются хирурги-вертебрологи в операционной. Организованные по анатомическому принципу 89 глав знакомят читателей с процедурами в поясничном, грудном, шейном и краниоцервикальном отделах позвоночника при разных патологиях, начиная от болей в пояснице и деформаций и заканчивая опухольями, повреждениями, инфекциями и травмами.



Гемодинамическая поддержка при позвоночно-спинномозговой травме шейного отдела в отделении реанимации и интенсивной терапии

М.Н. Лебедева, И.А. Стаценко,
А.В. Пальман, А.А. Иванова



Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна»
Минздрава России, 2026. 44 с.

Учебное пособие содержит сведения о закономерностях развития гемодинамических нарушений при позвоночно-спинномозговой травме шейного отдела позвоночника, безопасных методах диагностики тяжести гемодинамических нарушений, а также патогенетически обоснованном подходе к коррекции выявленных нарушений. Особо подчеркнуто, что различные патогенетические механизмы, лежащие в основе гемодинамических нарушений, обуславливают необходимость диагностики и определения преобладающего патологического процесса с целью проведения адекватной целенаправленной терапии. Теоретический материал сопровождается контролирующими вопросами с ответами. Пособие предназначено для анестезиологов-реаниматологов, травматологов-ортопедов, нейрохирургов, аспирантов и ординаторов по специальностям «анестезиология и реаниматология», «травматология и ортопедия», «нейрохирургия». Распространяется бесплатно.

Хирургическое лечение взрывных переломов тел позвонков на фоне остеопороза: учебное пособие

В.В. Рерих, В.Д. Синявин,
К.О. Борзых, Д.В. Жуков



Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России, 2026. 38 с.

Учебное пособие посвящено диагностике и лечению переломов позвонков груднопоясничной локализации на фоне остеопороза. Применение консервативного лечения взрывных переломов на фоне сниженной минеральной плотности кости приводит к формированию болезненных посттравматических деформаций. Диагностику переломов тел позвонков этой локализации необходимо осуществлять с применением современных лучевых методов МСКТ, МРТ, денситометрии. Полученная информация обеспечивает возможность классифицирования этих повреждений. Четкая верификация переломов позвонков на 5 типов позволяет дифференцировано и эффективно применить методы хирургического лечения, достигнуть хорошего клинического результата. В пособии описан авторский метод коррекции кифотической деформации путем локальной расчетной резекции на уровне перелома костных структур задней опорной колонны в пределах одного позвоночного сегмента с последующим разгибанием и достижением смыкания костных краев сформированного костного дефекта с задней внутренней фиксации. Успешность результата достигается в результате костного сращения в этой области. Метод позволяет избежать традиционно применяющейся в таких случаях травматичной циркулярной фиксации при лечении локальных кифозов до 30 градусов. Описаны послеоперационное ведение пациентов и необходимость остеотропной терапии остеопороза. Пособие предназначено для студентов, ординаторов, травматологов-ортопедов, нейрохирургов, реабилитологов. Распространяется бесплатно.