

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

2026. Т. 23. № 1



•
Неврологические осложнения
в хирургии сколиоза:
систематический обзор проблемы

•
Опыт применения
уникальных винтов при коррекции
сколиотической деформации

•
Оценка состояния системы гемостаза
у подростков с идиопатическим сколиозом

•
Нейромышечные сколиозы у детей:
хирургическое лечение и функция

•
Влияние занятий спортом
на возникновение и течение
деформации позвоночника

•
Отдаленные рентгенологические результаты
передней шейной фораминотомии

•
Аллокастный материал
головки безарсных костей при лечении
неспецифического спондилодисцита
позвоночника

•
Индивидуальные имплантаты
в хирургии позвоночника



2026. Т. 23. № 1

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. № 1

Хирургия
позвоночника
Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

содержание

contents

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

4 EDITORIAL

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE DEFORMITIES

Михайловский М.В., Бузунов А.В., Симонович А.Е.
НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ В ХИРУРГИИ СКОЛИОЗА:
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ

6 Mikhailovskiy M.V., Buzunov A.V., Simonovich A.E.
NEUROLOGICAL COMPLICATIONS IN SCOLIOSIS SURGERY:
A SYSTEMATIC REVIEW OF THE PROBLEM

Снетков А.А., Ишкиняев И.Д., Гамаюнов Р.С.
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УНИАКСИАЛЬНЫХ ВИНТОВ
В СОЧЕТАНИИ С ПРЯМОЙ ДЕРОТАЦИЕЙ ПРИ КОРРЕКЦИИ
СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТИПОВ 5 И 6 ПО LENKE

16 Snetkov A.A., Ishkinyayev I.D., Gamayunov R.S.
EXPERIENCE OF USING UNIPLANAR SCREWS IN COMBINATION
WITH DIRECT VERTEBRAL ROTATION FOR CORRECTION
OF LENKE TYPE 5 AND 6 SCOLIOtic DEFORMITIES

Иванова А.А., Лебедева М.Н.
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА
У ПОДРОСТКОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

25 Ivanova A.A., Lebedeva M.N.
ASSESSMENT OF THE HEMOSTASIS SYSTEM IN ADOLESCENTS
WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

Макарова А.В., Першин А.А., Мушкин А.Ю.
НЕЙРОМЫШЕЧНЫЕ СКОЛИОЗЫ У ДЕТЕЙ:
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И ФУНКЦИЯ ЛЕГКИХ
(АНАЛИТИКО-СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

36 Makarova A.V., Pershin A.A., Mushkin A.Yu.
NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS IN CHILDREN:
SURGICAL TREATMENT AND LUNG FUNCTION
(ANALYTICAL AND SYSTEMATIC REVIEW)

Геворгиз С.А., Глухов Д.А., Рябых С.О., Федорова Ю.А., Губин А.В.
ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТОМ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ
И ТЕЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ
С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

48 Gevorgiz S.A., Glukhov D.A., Ryabykh S.O., Fedorova Yu.A., Gubin A.V.
THE IMPACT OF SPORTS ACTIVITIES ON THE OCCURRENCE
AND COURSE OF SPINAL DEFORMITY IN PATIENTS
WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS: A LITERATURE REVIEW

ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

DEGENERATIVE DISEASES OF THE SPINE

Гизатуллин Ш.Х., Пестов Н.А., Лысенко И.С.,
Куornosенко В.Ю., Дубинин И.П., Сампиев М.Т.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ALIF И TLIF ПРИ РЕЦИДИВНОМ
ПОРАЖЕНИИ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ НА L₅-S₁ УРОВНЕ

56 Gizatullin Sh.Kh., Pestov N.A., Lysenko I.S.,
Kurnosenko V.Yu., Dubinin I.P., Sampiev M.T.
COMPARATIVE ANALYSIS OF ALIF AND TLIF IN RECURRENT
L5-S1 INTERVERTEBRAL DISC DISEASE

Печиборщ Д.А., Степаненко В.В., Шулев Ю.А.,
Воронова М.В., Кафельская Е.А.
ОТДАЛЕННЫЕ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ПЕРЕДНЕЙ ШЕЙНОЙ ФОРАМИНОТОМИИ

63 Pechiborsch D.A., Stepanenko V.V., Shulev Yu.A.,
Voronova M.V., Karelskaia E.A.
LONG-TERM RADIOLOGICAL RESULTS
OF ANTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY

Индекс 46350
для подписки по каталогу «Книга-Сервис».
ISSN 1810-8997 (print),
ISSN 2313-1497 (online)

На обложке: фрагмент картины «Солнечный сад» (1917)
Константина Коровина

ОПУХОЛИ И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА TUMORS AND INFLAMMATORY DISEASES OF THE SPINE

72

Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А., Гилевич И.В.,
Гюльзатян А.А., Тушканова Н.В.

Shapovalov V.K., Basankin I.V., Afaunov A.A., Gilevich I.V.,
Giulzatyan A.A., Tushkanova N.V.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЛОКОСТНОГО МАТЕРИАЛА
ГОЛОВЕК БЕДРЕННЫХ КОСТЕЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ
НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО СПОНДИЛОДИСЦИТА ГРУДНОГО
И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

USE OF FEMORAL HEAD ALLOGRAFTS
IN THE TREATMENT
OF NONSPECIFIC SPONDYLODISCITIS
OF THE THORACIC AND LUMBAR SPINE

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

GENERAL ISSUES

Косулин А.В., Елякин Д.В., МIRONENKO В.Г., ПОДРЕЗОВА А.В., СЛОБОДИНА А.Я.,
Губина У.И., Борисова К.О., Зырянова М.В., Шорохов А.М.

82

Kosulin A.V., Elyakin D.V., Mironenko V.G., Podrezova A.V., Slobodina A.Ya.,
Gubina U.I., Borisova K.O., Zyryanova M.V., Shorokhov A.M.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ
В ХИРУРГИИ ПОЗВОНОЧНИКА:
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS
IN SPINE SURGERY:
SYSTEMATIC REVIEW

Чернышев Р.С., Лебедев В.Б., Кинзягулов Б.Р., Зуев А.А.
САГИТТАЛЬНЫЙ БАЛАНС ШЕЙНОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА У ВЗРОСЛЫХ:
НЕСИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

92

Chernyshyov R.S., Lebedev V.B., Kinzyagulov B.R., Zuev A.A.
SAGITTAL BALANCE
OF THE CERVICAL SPINE IN ADULTS:
A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

98

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ
ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ,
ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ К ЗАЩИТЕ В 2025 ГОДУ

THESES IN VERTEBROLOGY DEFENDED
IN 2025

100

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

MEETING FOR SPINE SPECIALISTS

103

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

NOVELTY BOOKS

111

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

INFORMATION FOR AUTHORS

16+

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

Подписано в печать 25.03.2026. Дата выхода в свет 30.03.2026.
Формат 60×90/8. Печать офсетная.
Печ. л. 14,0. Усл. печ. л. 7,0. Тираж 100 экз. Заказ № 0385-26
Отпечатано в типографии «ДЕАЛ».
Адрес типографии: 630033, Новосибирск, ул. Брюллова, 6а.
E-mail: deal@dealprint.ru
Цена: 1200 р.



Уважаемые коллеги!

Насыщенный научно-практическими мероприятиями 2025 г. завершился проведением в Москве Приоровского форума, а 2026 г. начался I Международным конгрессом АТОР и стран СНГ «Секреты мастерства: как я это делаю. Живая хирургия». Хирургия позвоночника на этих конгрессах была представлена весьма значительно, и в новом номере журнала продолжаем обсуждение наиболее интересных из поднятых тем.

Сколиозы – одна из фундаментальных областей хирургической вертебрыологии. В этом номере им посвящены три обзора и две клинические статьи, но обсуждаемые в них аспекты крайне разнообразны.

Риск неврологических осложнений всегда сопровождает корригирующую хирургию деформаций позвоночника. Что это – пусть минимальная по частоте, но неизбежность или результат недооценки при планировании и выполнении операции? Ответы на эти вопросы ищутся десятилетиями, тем интереснее их современные грани.

Действительно ли активные занятия спортом противопоказаны при сколиозе или, напротив, они способны затормозить его прогрессирование? Мы живем в мире сложившихся десятилетиями стереотипов и опровергать их порой очень не просто.

Состояние легких у детей с нейромышечными сколиозами: как деформации позвоночника связаны с деформацией грудной клетки, почему исправление ортопедической патологии часто не приводит к улучшению функции легких и какой функциональный результат следует рассматривать как положительный у этой категории пациентов?

Как длительные и травматические операции на позвоночнике влияют на состояние системы гемостаза и какие технические особенности имплантируемых систем более выгодны для коррекции деформации?

Два исследования посвящены дегенеративным заболеваниям мобильного позвоночника, причем фокусируются они на их концевых отделах – шейном и пояснично-крестцовом. Традиционными стали и публикации по биомеханике позвоночника, в данном номере рассматривающие аспекты сагиттального баланса шейного отдела у взрослых.

Вопросы реконструктивной вертебрыологии рассматривают применение традиционных костных трансплантатов и кастомизированных (индивидуально изготовленных, но нацеленных на широкое применение) имплантатов при инфекционно-воспалительной и общехирургической патологии позвоночника.

В соответствующих разделах журнала представлена информация о защищенных в 2025 г. четырех докторских и восьми кандидатских диссертациях, предстоящих научных конференциях, а также о вновь вышедших зарубежных монографиях по вертебрыологической тематике.

Еще один аспект нашей работы хотим отметить отдельно. На полях проходящих в последнее время конгрессов, форумов и съездов обсуждаются не только технические тонкости хирургических вмешательств и научных исследований, но и вопросы адекватного представления их результатов в открытом доступе. Это касается использования искусственного интеллекта, определения новизны, авторства, цитирования и т.д. Часть из них четко юридически определена, а часть относится к индивидуальной и групповой этике.

Дополнения, изменения и уточнения в этой области мы размещаем в соответствующем информационном разделе журнала, в том числе в его электронной версии. Тем более, что именно с выходящего номера мы расширяем нашу аудиторию, начиная в электронном варианте публиковать резюме наших статей на китайском языке.

Проф. А.Ю. Мушкин,

главный редактор

журнала «Хирургия позвоночника»

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2026. Т. 23. № 1

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



НЕВРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ В ХИРУРГИИ СКОЛИОЗА: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ

М.В. Михайловский, А.В. Бузунов, А.Е. Симонович

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

Цель обзора — многоаспектное исследование проблемы неврологических осложнений в хирургии сколиоза, основанное на больших массивах литературных данных (eLibrary, Pubmed). Изучены следующие аспекты проблемы: частота развития неврологических осложнений в хирургии сколиоза, частота развития неврологических осложнений при сколиозах различной этиологии, в различных возрастных группах, частота развития неврологических осложнений при использовании различных хирургических доступов, частота восстановления функций после развития неврологического дефицита, причины развития неврологических осложнений, факторы риска развития неврологической симптоматики, поражения периферических отделов нервной системы, позднее развитие неврологических осложнений (отложенный дефицит), редкие осложнения (казуистика). Неврологические осложнения оперативных вмешательств по поводу деформаций позвоночника различной этиологии развиваются относительно нечасто, но это обстоятельство несколько не упрощает проблему, поскольку эти осложнения подчас катастрофически тяжелы и требуют длительного и сложного лечения, успех которого не гарантирован. Оперативное лечение пациентов с патологией позвоночника (речь в данном случае идет не только о деформациях) должно проводиться в узкоспециализированных центрах, располагающих самым современным оборудованием и укомплектованных специалистами высочайшего уровня подготовки.

Ключевые слова: патология позвоночника; сколиоз; хирургия; неврологические осложнения.

Для цитирования: Михайловский М.В., Бузунов А.В., Симонович А.Е. Неврологические осложнения в хирургии сколиоза: систематический обзор проблемы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 6–15. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.6-15>

NEUROLOGICAL COMPLICATIONS IN SCOLIOSIS SURGERY: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE PROBLEM

M.V. Mikhaylovskiy, A.V. Buzunov, A.E. Simonovich

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

The objective of the review is a multi-aspect study of the problem of neurological complications in scoliosis surgery, based on large arrays of literary data (eLibrary, Pubmed). The following aspects of the problem were studied: the incidence of neurological complications in scoliosis surgery, the incidence of neurological complications in scoliosis of various etiologies, the incidence of neurological complications in different age groups, the incidence of neurological complications following various surgical approaches, the frequency of functional recovery after the development of neurological deficit, the causes of neurological complications, risk factors for the development of neurological symptoms, damage to the peripheral nervous system, late development of neurological complications (delayed deficit), and rare complications (casuistry). Neurological complications of surgical interventions for spinal deformities of various etiologies develop relatively infrequently, but this circumstance in no way simplifies the problem, since these complications are sometimes catastrophically severe and require long-term and complex treatment, the success of which is not guaranteed. Surgical treatment of patients with spinal pathology (not just deformities) should be performed in highly specialized centers equipped with the most modern equipment and staffed by highly trained specialists.

Key Words: spinal pathology; scoliosis; surgery; neurological complications.

Please cite this paper as: Mikhaylovskiy MV, Buzunov AV, Simonovich AE. Neurological complications in scoliosis surgery: A systematic review of the problem. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):6–15. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.6-15>

Создание первого эффективно-го инструментария для коррекции деформаций позвоночника в начале 60-х гг. XX в. (Paul Randall Harrington) привело к взрывному повышению хирургической активности во всем мире [1]. Это, в свою очередь, выявило риски специфических осложне-

ний, в том числе (а возможно, в первую очередь) со стороны содержимого позвоночного канала. Есть основания полагать, что первая публикация, посвященная этой проблеме, принадлежит MacEwen et al. [2]. Эта статья интересна, помимо прочего, тем, что в ней не содержится ни одной

ссылки на другие публикации, а при-статейный список литературы отсут-ствует. Вряд ли можно представить более убедительное доказательство научного приоритета.

В последующие годы количество статей на эту тему постоянно возрас-тало, но, как подчеркивали Bridwell

et al. [3], истинная частота неврологических осложнений оставалась неопределенной. Этот показатель варьирует от 0,3 [4] до 2,0 % [5], при том, что во многих публикациях анализируются огромные массивы клинических данных – от тысячи до десятков тысяч пациентов [6, 7]. Это обстоятельство побудило нас к написанию данного литературного обзора, построенного на изучении публикаций, основанных на анализе клинических групп от 500 пациентов и более.

Цель обзора – многоаспектное исследование проблемы неврологических осложнений в хирургии сколиоза, основанное на больших массивах литературных данных (eLibrary, Pubmed). Изученные аспекты проблемы суть следующие:

- частота развития неврологических осложнений в хирургии сколиоза;
- частота развития неврологических осложнений при сколиозах различной этиологии;
- частота развития неврологических осложнений в различных возрастных группах;
- частота развития неврологических осложнений при использовании различных хирургических доступов;
- частота восстановления функций после развития неврологического дефицита;
- причины развития неврологических осложнений;
- факторы риска развития неврологической симптоматики;
- поражения периферических отделов нервной системы;
- позднее развитие неврологических осложнений (отложенный дефицит);
- редкие осложнения (казуистика).

Поскольку часть анализируемых когорт неоднородна по этиологическому признаку (хотя большинство деформаций были заведомо идиопатическими), статистическая обработка полученных данных была невозможна. Кроме того, смеем полагать, что особой необходимости в такой обработке не было. Хирургия деформаций позвоночника – удел самых опытных хирургов-вертебрологов. Для таких

специалистов важны не столько цифры, сколько огромный коллективный опыт, позволяющий не только лучше ориентироваться в проблеме, но и находить в каждом конкретном случае оптимальный метод лечения либо отказаться от вмешательства.

Мы сочли необходимым не включать в обзор данные, касающиеся неврологических осложнений, развившихся после многоплоскостных вертебротомий, выполняемых по поводу особо сложных деформаций позвоночника. Это совершенно специфический раздел хирургической вертебрологии, о чем, в частности, свидетельствует частота неврологических осложнений, сопутствующих таким операциям. Эти цифры колеблются в пределах от 4–7 до 23–27 %, что несопоставимо с результатами операций по поводу обычных сколиотических деформаций [8–12].

Результаты анализа литературных данных

Изученный нами массив литературных данных сведен в табл., содержащее которой, как нам представляется, достаточно информативно, хотя все статьи созданы по различным схемам, потому их авторы делают акцент на тех или иных сторонах обсуждаемой проблемы.

Мы сочли целесообразным остановить внимание на следующих аспектах проблемы неврологических осложнений у пациентов, подвергнутых хирургической коррекции сколиотических деформаций у детей и взрослых, то есть до 18 лет и старше: общая частота развития неврологической симптоматики, различия между пациентами с идиопатическим и врожденным сколиозом, зависимость от типа хирургического доступа, частота восстановления функций в послеоперационном периоде.

Частота развития неврологических осложнений. Всего в 14 статьях содержатся сведения о 18 группах пациентов объемом от 524 до 23 918 человек. Общий массив составляет, таким образом, 121 099 пациентов. Однако применительно к трем из 18 когорт (Reames

et al. [5], Patil et al. [16], Winter et al. [4] – когорты 1985 г.) мы не располагаем данными, позволяющими делать необходимые расчеты, поэтому общая группа должна быть уменьшена на 26 392 человека и составляет в конечном итоге 94 707 пациентов. Частота развития неврологических осложнений (с учетом разрывов твердой мозговой оболочки) – 1022 (1,08 %) случая.

Частота развития неврологических осложнений при сколиозах различной этиологии. Информация содержится всего в двух статьях [5, 6], в этих когортах – 20 733 пациента. По данным Qui et al. [6], при идиопатическом сколиозе осложнения отмечены в 1,06 %, по данным Reames et al. [5], в 0,8 %, при врожденных деформациях – 2,89 % и 2,00 % соответственно.

Частота развития неврологических осложнений в различных возрастных группах оценена по пяти публикациям [3, 13–16]. Общее количество больных в этих когортах составило 17 947. У пациентов в возрасте до 18 лет частота осложнений колеблется от 0,35 до 0,69 %, у взрослых – от 0,90 до 1,78 %.

Частота развития неврологических осложнений при использовании различных хирургических доступов отмечена в двух публикациях [6, 14], содержащих информацию о 7707 больных. По данным Сое et al. [14], осложнение констатировано при использовании вентрального доступа в 0,26 % наблюдений, дорсального – в 0,32 %, комбинированного (вентродорсального) – в 1,75 %. Qui et al. [6] отметили развитие неврологической симптоматики при дорсальном и комбинированном доступах в 1,24 и 3,43 % соответственно.

Здесь считаем уместным привести данные, касающиеся роли перевязки сегментарных сосудов, которой сопровождается операция, осуществляемая из вентрального доступа. Первое упоминание процедуры и возможных последствий перевязки и пересечения сегментарных сосудов в ходе вентрального доступа к телам позвонков грудного и груднопояс-

Таблица

Неврологические осложнения в хирургии сколиозов

Публикация	Оперированные пациенты, <i>n</i>	Этиология деформаций, тип инструментария	Частота неврологических осложнений (по этиологии и по тяжести деформации)	Исходы
MacEwen et al. [2]; данные SRS за 1965–1971 гг.	7885	Идиопатические, врожденные, паралитические	87 (0,72 %), 13 — повреждения краниальных и периферических нервов. Спинальные осложнения: идиопатические сколиозы — 36, врожденные — 21, паралитические — 7, различные — 10	Полное восстановление — 22; частичное восстановление — 28; без динамики — 24
Winter et al. [4] (Scoliosis Research Society)	1975 г. — 3773 1976 г. — 4334 1981 г. — 28 000 (за 6 лет) 1985 г. (British Scoliosis Society) — 1121 1993 г. — 2031	459 — Harrington, 339 — Luque	22 (0,6 %) — 23 (0,5 %) — 140 (0,5 %) — Luque — 1,7 %, Luque + Harrington — 4,6 % 7 (0,3 %) — все неполные	Врожденные — чаще, 8 — от distraction, 7 — от прямой травмы
Bridwell et al. [3]	1090 (863 — дети)	—	4 (0,36 %): 3 — сосудистый фактор, 1 — сосудистый + механический	2 — полное восстановление, 1 — частичное, 1 — в процессе
GuiGui et al. [13]	3311 (средний возраст — 27 лет)	—	59 (1,78 %): 30 — повреждение спинного мозга, 24 — корешков, 5 — твердой мозговой оболочки	—
Coe et al. [14]	6334	Идиопатический сколиоз подростков	Вентральный доступ (1164) — 3 (0,26 %); дорсальный доступ (4369) — 14 (0,32 %); комбинированный доступ — (801) — 14 (1,75 %)	Дорсальный доступ: полное восстановление — 7, неполное — 2; комбинированный доступ: полное восстановление — 4, неполное — 4, без динамики — 1
Diab et al. [15]	1301	Идиопатический сколиоз подростков	9 (0,69 %): 4 повреждения спинного мозга, 2 — корешков, 3 — твердой мозговой оболочки	Полное восстановление у всех в течение 4 мес.
Patil et al. [16]	5911	Идиопатический сколиоз подростков и взрослых	Дети — 0,35 %, взрослые — 0,9 %	—
Qui et al. [6]	1373: дети — 1074, взрослые — 299	Идиопатический сколиоз подростков — 756, врожденный — 381	26 (1,89 %); тяжелые — 0,51 %, легкие — 1,38 %, идиопатические — 1,06 %, врожденные — 2,89 %; комбинированный доступ — 3,43 %, дорсальный доступ — 1,24 %	—
Reames et al. [5], данные Scoliosis Research Society M&M database	19 360	Различной этиологии	Идиопатический сколиоз — 0,8 %, врожденный сколиоз — 2,0 %, нейромышечный — 1,1 %	—
Fu et al. [7], данные Scoliosis Research Society M&M database 2004–2007	23 918; средний возраст — 13 лет	Различной этиологии	324 (1,4 %)	Полное восстановление — 185 (57 %), частичное — 117 (36 %), без динамики — 16 (5 %)

Окончание таблицы

Неврологические осложнения в хирургии сколиозов

Публикация	Оперированные пациенты, n	Этиология деформаций, тип инструментария	Частота неврологических осложнений (по этиологии и по тяжести деформации)	Исходы
Sansur et al. [17], данные Scoliosis Research Society M&M database	4980	Различной этиологии	Разрывы твердой мозговой оболочки — 142 (2,9 %); неврологический дефицит — 90 (1,8 %): ранний — 49, поздний — 41; эпидуральная гематома — 12 (0,2 %)	Повреждение корешков: 23 — полное восстановление, 33 — частичное, 2 — нет восстановления; повреждение спинного мозга: 6 — полное восстановление, 5 — частичное восстановление; повреждения конского хвоста: 1 — полное восстановление, 3 — частичное восстановление, 1 — без динамики
Lykissas et al. [18], обзор 27 публикаций	1136	Идиопатический сколиоз подростков: Harrington — 577, CDI — 305, ТПФ — 254	2 (0,17 %)	—
Gauthier et al. [19]	524	Ранние сколиозы	9 (1,7 %): 8 — врожденные, 1 — нейромышечный	Через 2 года в семи случаях полное восстановление
Skovrlj et al. [20]	5117	Сколиозы взрослых различной этиологии	35 (0,68 %)	—
Всего	121 099		1022 (1,08 %)*	

* Суммарная частота развития неврологических осложнений рассчитывалась без учета данных, представленных в работах Winter et al., Patil et al., Reames et al., поскольку они не содержали всех необходимых количественных показателей. CDI — инструментальный Cotrel — Doubosset; ТПФ — транспедикулярная фиксация позвоночника.

ничного отделов содержится в статье Winter et al. [21]. Авторы сообщили о 1197 операциях с применением этой техники и констатировали полное отсутствие ее негативных последствий. Они сформулировали жесткое правило: перевязывать сегментарные сосуды на стороне выпуклости сколиотической деформации, на середине тела позвонка и не применять гипотензивную анестезию. Перевязка вблизи межпозвонкового отверстия чревата повреждением мелких коллатералей, идущих в просвет позвоночного канала и участвующих в кровоснабжении его содержимого. В 2005 г. Orchowsky et al. [22] сообщили об опыте перевязки сегментарных сосудов у 265 взрослых пациентов (средний возраст — 40,2 года), оперированных

с применением трансторакального доступа. В среднем было лигировано 5,1 артерии. Констатировано два случая тяжелого неврологического дефицита.

Частота восстановления функций после развития неврологического дефицита. Эта информация содержится в семи работах, посвященных лечению в общей сложности 46 032 пациентов, у которых отмечено 554 осложнения. Отдаленные результаты известны не во всех случаях. Полное восстановление в разные сроки после вмешательства отмечено у 261 (47,1 %) пациента, частичное — у 194 (35,0 %), отсутствие положительной динамики — у 44 (7,9 %). Относительно еще 36 пациентов данных не представлено.

Bridwell et al. [3] в 1998 г. подчеркивали, что истинная частота неврологических осложнений неопределенна, но причины их развития многообразны:

- механическая компрессия спинного мозга крюками, проволокой, эпидуральной гематомой;
- выпячивание в канал желтой связки, задней продольной связки или тканей диска после коррекции деформации позвоночника;
- растяжение спинного мозга дистрагирующим инструментом;
- чисто сосудистые нарушения без механического компонента с результирующим нарушением кровоснабжения спинного мозга;
- комбинация различных механизмов.

В XXI в. в связи с повсеместным применением педикулярной фиксации первый пункт этого списка дополнен сдавлением дурального мешка неоптимально имплантированным шурупом.

Факторы риска развития неврологической симптоматики

MacEwen et al. [2], представившие опыт оперативного лечения 7885 пациентов со сколиозом, отнесли к факторам повышенного риска развития неврологической симптоматики следующие:

- наличие кифотического компонента деформации;
- врожденные сколиозы;
- грубые деформации;
- наличие исходного неврологического дефицита;
- неврологическая симптоматика после скелетной тракции;
- манипуляции повышенного риска;
- скелетная тракция;
- вертебротомия;
- дистракция без предварительной тракции при врожденном сколиозе;
- тракция для достижения дополнительной коррекции.

Разумеется, необходимо рассматривать эти рекомендации с позиций сегодняшнего дня, так как в 70-е гг. прошлого века единственным методом коррекции деформаций позвоночника была дистракция по Harrington.

Bridwell et al. [3] констатировали развитие неврологической симптоматики у четырех больных из 1090 оперированных и в качестве факторов риска расценивали в первую очередь двухэтапное вмешательство на передних и задних отделах позвоночника, выполненное в одну сессию, ревизионные операции и кифотический компонент деформации.

Yong Qui et al. [6], располагавшие опытом оперативного лечения 1373 пациентов, наиболее рискованными с точки зрения неврологических осложнений считали вмешательство при врожденных деформациях, при наличии кифоза более 40°, переднезадние вмешательства и операции по поводу сколиозов более 90°.

Skovrlj et al. [20] исследовали влияние опыта оперирующих хирургов на частоту развития осложнений. Всего было оперировано 5117 взрослых со сколиозом (все хирурги – члены SRS, средний возраст – 52 года), из которых 3836 (75 %) оперированы active fellows и 1281 (25 %) – candidate fellows. Всего отмечено 35 (0,68 %) неврологических осложнений, из которых 21 (0,55 %) – после операций, выполненных более опытными active fellows, и 14 (1,1 %) – после операций candidate fellows. По данным авторов статьи, разница достоверна.

Периферические отделы нервной системы. Неврологические осложнения в хирургии деформаций позвоночника не ограничиваются только нарушением функций спинного мозга и его дериватов. Опыт показывает, что возможны разнообразные и порой весьма тяжелые поражения иных отделов центральной нервной системы.

Myers et al. [23] в 1997 г. описали 37 случаев потери зрения как осложнения вертебральной хирургии. Средний возраст оперированных больных – 46,5 года. Средняя продолжительность операции – 410 мин, средняя кровопотеря – 3500 мл, отмечалась интраоперационная гипотензия. По мнению авторов, возможная причина – ишемия зрительного нерва, окклюзия ретинальной артерии или церебральная ишемия. Они констатировали 11 случаев двусторонних поражений, 15 случаев – полной слепоты в течение минимум одного года. В целом прогноз плохой.

Mooney et al. [24] в 2002 г. с полным основанием характеризовали это осложнение как редкое, но катастрофическое. Диагноз нередко ставится на 2–3-й день после операции, при полной потере зрения прогноз пессимистический. Авторы рассматривают два этиологических фактора: окклюзия центральной артерии сетчатки (вероятно, результат экстраокулярного давления и гипотензии) и ишемическая нейропатия зрительного нерва. Обычно осложнение развивается в положении лежа на животе,

отсюда – упоминание об экстраокулярном давлении на надбровные дуги. Окулист может выявить макулярное вишнево-красное пятно, патогномоничное для первого механизма. Факторами риска у больных с ишемией зрительного нерва могут быть гигантоклеточный артериит, гипотензия и более старший возраст.

Собственный опыт авторов настоящего обзора косвенно подтверждает негативное влияние экстраокулярного давления на надбровные дуги пациента. Мы отметили два случая развития данного осложнения примерно на 2000 операций (у обоих больных зрение восстановилось), но после начала использования специальной лицевой маски, исключающей это нежелательное воздействие, мы более не сталкивались с описываемым осложнением в ходе более 3000 вмешательств, выполненных в положении пациента на животе.

Cooper et al. [25], вероятно, первыми обратили внимание на патологию *plexus brachialis*, развивающуюся в ходе вертебрального вмешательства. Осложнение редкое, частота плексопатии составила 0,02 % на 15 000 операций. Патогенез – ишемия внутрисуставных капилляров вследствие натяжения и сдавления сплетения. При общей анестезии с релаксацией мышечный тонус падает, отсюда – риск мальпозиции конечности и натяжения сплетения. Предсуществующие артериосклероз, диабет и коагулопатия могут спровоцировать формирование гематомы. Врожденные аномалии (шейные ребра, аномалии сплетения) и контрактуры плечевого сустава могут также способствовать плекситу. Положение лежа на животе с отведенным плечом и сгибанием в локтевом суставе также повышает риск развития осложнения.

Prielipp et al. [26] для профилактики этого осложнения рекомендовали супинацию предплечья, которая минимизирует давление на локтевой нерв, и отведение на 30–90°.

Schwartz et al. [27] сообщили о возможностях метода соматосенсорных вызванных потенциалов в аспекте

мониторинга периферической нервной системы для идентификации и предотвращения последствий длительного положения лежа на животе на спинальной раме типа Relton-Hall. Авторы оперировали 500 больных сколиозом с интермиттирующим мониторингом локтевого нерва для ранней диагностики подмышечного плексита. Снижение амплитуды потенциалов с нерва отмечено у 18 (3,6 %) больных. Смена положения руки немедленно нормализовала амплитуду потенциалов, все пациенты проснулись без признаков плексита.

Mirovsky и Neuwirth [28] в 2000 г. отметили, что при укладке пациента на раму Relton-Hall во время операции возможно сдавление *n. cutaneous femoris lateralis*, причем это сдавление может быть двусторонним. По данным авторов, в 89 % случаев полное восстановление функции нерва возможно в течение трех недель.

Mooney et al. [24] подчеркнули, что давление на верхнюю треть бедра с повреждением *n. cutaneous femoris lateralis* (парестетическая мералгия) – результат использования рамы Relton-Hall без дополнительной прокладки.

Эти же авторы отметили, что при положении на боку в зоне риска может оказаться *n. peroneus*. Они рекомендуют сгибание в тазобедренном и коленном суставах и подушки под нижнюю треть бедра и голень. Верхние 5 см малоберцовой кости должны быть вне сдавления.

Позднее развитие неврологических осложнений (отложенный дефицит)

Letts и Hollenberg [29] описали, вероятно, первый случай отложенного развития парализа. Оперирован ребенок 13 лет со сколиозом 100°, ранее (в возрасте 6 лет) подвергнутый операции без желаемого эффекта, проводилось удаление клиновидного позвонка. Второе вмешательство – двухэтапное вентродорсальное, причем второй этап – через 3 недели. Через год отмечено смещение верхнего крюка, дистрактор удален, повторная коррекция, после пробуждения – все в порядке.

На третий день отмечен односторонний парез. Дистрактор удален, достигнуто почти полное восстановление.

Johnston et al. [30] в 1986 г. опубликовали два случая парализа, развившейся через 30 ч и 6 дней после второго этапа операции с применением инструментария Luque. Вероятная причина осложнения – отек после обструкции субарахноидального пространства.

Diaz и Lockhart [31] в 1987 г. сообщили о послеоперационном развитии тетрапарализа вследствие синдрома миелии шейного отдела позвоночника, не диагностированной до операции. Проведенный в ходе вмешательства тест с пробуждением также не позволил заподозрить развитие катастрофы. Диагноз был поставлен на основании послеоперационной миелографии и шейной ламинэктомии.

Первый случай формирования эпидуральной гематомы с прогрессирующим парализом, развившимся через 30 ч после операции, описан Mineiro и Weinstein в 1997 г. [32]: 12-летний мальчик со сколиозом 72° оперирован с применением инструментария Cotrel – Doubosset (CDI). Операция прошла нормально, через 30 ч – осложнение и повторное вмешательство. Инструментарий удален, через 2 мес. практически полное восстановление. Chang et al. [33], описавшие подобное наблюдение, подчеркнули, что повторное вмешательство должно быть неотложным.

Darunt et al. [34] опубликовали случай тетрапареза, который развился на второй день после операции дорсального спондилодеза Th₃–L₄, выполненной по поводу идиопатического сколиоза. На МРТ – признаки ишемии спинного мозга на уровне C₄–C₇ позвонков. По данным ангиографии – гиперваскуляризация тела Th₄ позвонка, приведшая к формированию артериовенозного шунта в эпидуральное венозное сплетение. Эндокорректор удален, констатирован полный регресс неврологической симптоматики. Авторы подчеркнули, что, по их мнению, предоперационное МРТ-исследование помогло бы

в постановке своевременного диагноза аномалии.

В 1999 г. Rittmeister et al. [35] описали как большую редкость развитие синдрома конского хвоста через 10 лет после операции по поводу сколиоза вследствие давления ламинарного крюка на уровне Th₁₂ позвонка. В 2017 г. Ferrando et al. [36] представили три случая позднего (более 12 мес.) развития неврологической симптоматики после операций по поводу сколиоза: один – синдром конского хвоста, два – заднего сдавления спинного мозга вследствие прямого давления супраламинарного крюка на вогнутой стороне деформации. После удаления имплантатов во всех случаях произошло улучшение.

Suggala et al. [37] в 2025 г. описали случай развития неврологического дефицита через 6 лет после оперативной коррекции идиопатического сколиоза с использованием педикулярных шурупов. Один из шурупов сместился медиально, что и вызвало появление патологических симптомов.

Одна из немногих работ, в которой данные о поздних осложнениях хирургии деформаций позвоночника анализируются не по отдельным наблюдениям, принадлежит перу Auerbach et al. [38]. Авторы опросили 352 спинальных хирурга (членов SRS). Частота позднего послеоперационного неврологического дефицита – 1 (0,01 %) на 9910 вмешательств. Из 352 хирургов 81 (23 %) имели минимум один случай такого осложнения за последние 10 лет (всего 92 случая). Распределение по диагнозам: сколиоз – 69 %, кифозы – 23 %, листезы – 14 %. В 20 % случаев речь шла о ревизионных операциях. В первые 12 ч неврологическая симптоматика зафиксирована в 36 % случаев, через 13–24 ч – в 27 %, через 25–48 ч – в 27 %, больше 48 ч – в 10 %. Основные причины: ишемия спинного мозга – 38 %, сдавление спинного мозга – 15 %. Полное восстановление констатировано в 41 % случаев, частичное – в 26 %, без динамики – в 33 %. Восстановление в течение недели – 21 %, 1 мес. – 38 %, остальные – в течение 6 мес.

После сдавления спинного мозга восстановление функций отмечено в 86 % случаев, после ишемии – в 51 %.

Qiao et al. [39] сообщили об анализе 5377 операций под тем же углом зрения. Они констатировали 7 (0,13 %) случаев развития поздней неврологической симптоматики, в том числе у взрослых – 0,17 %, у детей – 0,10 %. После вертебротомии поздняя симптоматика констатирована в 0,35 % случаев, без вертебротомии – в 0,05 %. Соматосенсорные нарушения выявлены у одного больного, моторные – у всех семи. Ревизия выполнена в трех случаях, восстановление отмечено у шести пациентов.

Редкие наблюдения (казуистика)

Основные причины развития неврологических осложнений в хирургии сколиоза описаны выше. Однако детальный анализ литературных источников позволяет выявить целый ряд казуистически редких механизмов, знание которых может помочь хирургу при решении трудных клинических проблем, когда причина развития тяжелого осложнения представляется по меньшей мере неочевидной. Эти механизмы весьма разнообразны и подчас неожиданны.

В 1981 г. Eismont и Simeone [40] сообщили о пациенте 17 лет, оперированном по Harrington. Анатомия выглядела нормальной, спондилодез осуществлен с использованием ауто-трансплантата из гребня подвздошной кости. Через 2 года констатировано развитие прогрессирующего спастического нижнего парапареза. Повторная операция – еще через 2 года. На предоперационных спондилограммах – костный блок на протяжении всей зоны спондилодеза, эндокорректор не смещен. На уровне Th₉–Th₁₁ позвонков – костная масса в дорсальной части позвоночного канала. Находка подтверждена миелографически. На операции – увеличение полудужек и корней дужек Th₉ и Th₁₀ позвонков. Костные массы удалены, восстановление началось быстро и было почти полным.

Court-Brown и McMaster [41] описали женщину 59 лет с поясничным сколиозом (84°) и выраженным болевым синдромом, но без неврологической симптоматики, оперированную по Harrington. Операция прошла типично и без осложнений. Через 3 года острая поясничная боль, появилась слабость в ногах, пациентка не могла ходить. На рентгенограмме стержень дистрактора сломан, признаки ложного сустава костного блока на уровне Th₁₂–L₁ диска. На операции – ложный сустав блока поперечно на этом уровне. Твердая мозговая оболочка сдавлена костной и фиброзной тканями. Восстановление в течение 3 мес.

Похожее наблюдение опубликовали Roy et al. в 1984 г. [42]. Через 15 (!) лет после корригирующей операции по Harrington развилась параплегия с уровня Th₆, эффекта от повторной операции достигнуто не было.

В 1997 г. Krodell et al. [43] сообщили о пациенте, у которого через 6 лет после коррекции по Harrington развилась клиника стеноза позвоночного канала и миелопатии за счет давления стержня на дуральный мешок. Полное восстановление.

Takahashi et al. [44] описали два наблюдения больных 54 и 58 лет, оперированных по поводу дегенеративного сколиоза: через 11 мес. и 4 года соответственно появились симптомы радикулярной боли. На операции найдена подвижность между элементами инструментария, а также серые грануляции, сдавливающие дуральный мешок, что было расценено как интраспинальный металлоз. После удаления патологических тканей констатирован регресс болевого синдрома.

Beguiristain et al. [45] представили результаты наблюдения и лечения 28-летней женщины, у которой через 14 лет после операции по поводу сколиоза в течение 2 мес. развился прогрессирующий парапарез. Обследование, включающее биопсию, позволило выявить патологические ткани с изменениями, характерными для металлоза, которые пенетрировали в позвоночный канал с компрессией спинного

мозга на уровне Th₅–Th₆ позвонков. Эндокорректор и измененные ткани удалены, через 6 мес. отмечен полный регресс неврологической симптоматики. Авторы статьи убеждены, что коррозия имплантатов встречается чаще, чем многие полагают.

Редчайший случай описан Vialle et al. [46]. Девочка 16 лет оперирована по поводу сколиоза. Через 10 лет – острая боль и параплегия. На операции – массы, инфильтрирующие позвоночный канал, гистологически – лейомиосаркома. Пациентка погибла. Экстраспинальная опухоль быстро проросла в дуральный мешок, что исказило клиническую картину и отодвинуло постановку диагноза и лечение во времени.

Gardner [47] описал случай формирования внутриканальной кисты через 22 года после коррекции сколиотической деформации по Harrington. Процесс сопровождался прогрессирующим онемением и слабостью в нижних конечностях. После удаления кисты отмечено полное восстановление. Ложный сустав костного блока клинических проявлений не вызывал. Gardner считает, что это первый случай, когда МРТ показала сдавление кистой спинного мозга после операции по поводу сколиоза.

Полагаем, что читателя не должен вводить в заблуждение тот факт, что в большинстве описанных случаев в качестве эндокорректора фигурировал дистрактор Harrington. Любое из упомянутых осложнений может развиваться и при использовании современных корригирующих систем.

Обсуждение

Развитие вертебральной хирургии с неизбежностью привело к появлению особого раздела, который теперь некоторые коллеги называют «сколиологией». Коррекция деформаций позвоночника различной этиологии сопровождается развитием осложнений, связанных с нарушением функции элементов нервной системы – как центральной, так и периферической. Эти особые состояния,

нередко будучи несвоевременно распознанными и лечеными, приводят подчас к тяжелейшим последствиям.

Проблеме неврологических осложнений в хирургии деформаций позвоночника посвящено много исследований, но обзоров, охватывающих все или большинство ее аспектов, мы не обнаружили. В то же время больных, оперированных по поводу тяжелых сколиотических деформаций, поистине огромное количество. Например, за первые 25 лет применения CDI (1983–2008 гг.) в мире было прооперировано с помощью этого эндокорректора 400 000 человек. Можно полагать, что на сегодняшний день в мире выполнено до 1,5–2 млн подобных вмешательств. Нет ничего удивительного в том, что существуют публикации, посвященные результатам хирургического лечения тысяч и даже десятков тысяч пациентов любых возрастных групп. И хотя эти когорты часто весьма неоднородны по составу, их анализ позволяет получить полноценную и убедительную информацию по вопросам, связанным с неврологическими осложнениями после операций по поводу деформаций позвоночника.

Частота этих осложнений, как выяснилось, составляет чуть более 1 %. Много это или мало? В принципе, осложнение, которое имеет шанс развиться только у одного из 100 оперированных, вряд ли можно считать частым. Однако неврологические осложнения – особый случай, так как каждое из них чревато тяжелой инвалидизацией пациента с малыми шансами на восстановление, причем подавляющее большинство этих пациентов – дети и подростки, а операция почти всегда выполняется не по жизненным показаниям.

Всего две публикации [5, 6] позво-

ливают сравнить наиболее многочисленные этиологические формы сколиозов (идиопатические и врожденные) по частоте развития неврологических осложнений; они более чем в два раза чаще сопровождают операции по поводу врожденных деформаций позвоночника. Это обстоятельство вполне объяснимо: врожденные деформации более ригидны, чаще имеют значительный кифотический компонент и сопровождаются внутриканальными аномалиями развития.

У взрослых осложнения встречаются чаще, чем у пациентов моложе 18 лет, причем разница более чем двукратная. Это полностью укладывается в наши представления о том, что все типы осложнений у взрослых отмечаются чаще и лечатся тяжелее.

Включение в комплекс оперативного лечения вентрального этапа, сопровождаемого перевязкой сегментарных сосудов, может повысить риск неврологических осложнений в 2–3 раза. Это, вероятно, связано с выполнением лигирования слишком близко к межпозвонковому отверстию, что чревато нарушением кровоснабжения содержимого позвоночного канала.

Восстановление утраченных функций вне зависимости от других факторов отмечается далеко не всегда, что подчеркивает значимость проблемы.

Неврологические осложнения включают в себя поражения периферической нервной системы, которые, нередко будучи тяжелыми, должны учитываться, а профилактику их развития необходимо обеспечивать в полной мере.

Механизмы развития неврологической симптоматики различны, но в конечном итоге все сводится к нарушению кровоснабжения нервной ткани, которая наиболее чувствительна к таким изменениям. Факторы риска развития неврологических

осложнений в хирургии деформаций позвоночника многочисленны и разнообразны. Недоучет любого из них может привести к самым тяжелым последствиям, поэтому формулировка показаний к операции должна быть индивидуальной, учитывать максимально большое количество обстоятельств, а в определенных случаях хирург должен найти в себе силы отказаться от вмешательства.

Еще один серьезный аспект проблемы – поздние осложнения. Они развиваются в самые разные сроки после операции (от часов до лет) и ставят перед хирургом весьма непростые задачи – как диагностические, так и тактические. Очень близко сюда примыкает проблема казуистически редких по своему происхождению осложнений. Коллективный опыт показывает, что их разнообразие велико, обследование пациента должно быть максимально полным, а «коварство» природы безгранично.

Заключение

Неврологические осложнения оперативных вмешательств по поводу деформаций позвоночника различной этиологии развиваются относительно нечасто, но это обстоятельство несколько не упрощает проблему, поскольку эти осложнения подчас катастрофически тяжелы и требуют длительного и сложного лечения, успех которого отнюдь не гарантирован. Оперативное лечение пациентов с патологией позвоночника (речь в данном случае идет не только о деформациях) должно проводиться в узкоспециализированных центрах, располагающих самым современным оборудованием и укомплектованных специалистами высочайшего уровня подготовки.

Литература/References

- Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by the spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962;44-A:591–610.
- MacEwen GD, Bunnell WP, Sriram K. Acute neurological complications in the treatment of scoliosis. A report of the Scoliosis Research Society. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57:404–408.
- Bridwell KH, Lenke LG, Baldus K, Blanke K. Major intraoperative neurologic deficits in pediatric and adult spinal deformity patients. Incidence and etiology at one institution. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23:324–331. DOI: 10.1097/00007632-199802010-00008
- Winter RB. Neurologic safety in spinal deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22:1527–1533. DOI: 10.1097/00007632-199707010-00022
- Reames DL, Smith JS, Fu KM, Polly DW Jr, Ames CP, Berven SH, Perra JH, Glassman SD, McCarthy RE, Knapp RD Jr, Heary R, Shaffrey CI. Complications in the surgical treatment of 19,360 cases of pediatric scoliosis: a review of the SRS Morbidity and Mortality Database. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:1484–1491. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181f3a326
- Qui Y, Wang S, Wang B, Yu Y, Zhu F, Zhu Z. Incidence and risk factors of neurological deficit of surgical correction for scoliosis: analysis of 1373 cases at one Chinese institution. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33:519–526. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181657d93
- Fu KM, Smith JS, Polly DW, Ames CP, Berven SH, Perra JH, Glassman SD, McCarthy RE, Knapp DR, Shaffrey CI. Morbidity and mortality associated with spinal surgery in children: a review of the Scoliosis Research Society morbidity and mortality database. *J Neurosurg Pediatr.* 2011;7:37–41. DOI: 10.3171/2010.10.PEDS10212
- Smith JS, Sansur CA, Donaldson WF 3rd, Perra JH, Mudiya R, Choma TJ, Zeller RD, Knapp DR Jr, Noordeen HH, Berven SH, Goytan MJ, Boachie-Adjei O, Shaffrey CI. Short-term morbidity and mortality associated with correction of thoracolumbar fixed sagittal plane deformity. A report from the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:958–964. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181eabb26
- Charosky S, Guigui P, Blamoutier A, Roussouly P, Chopin D. Complications and risk factors of primary adult scoliosis surgery: a multicenter study of 306 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37:693–700. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31822ff5c1
- Lenke LG, Newton PO, Sucato DJ, Shuffelbarger HL, Emans JB, Sponseller PD, Shah SA, Sides BA, Blanke K. Complications after 147 consecutive vertebral column resections for severe pediatric spinal deformity: a multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38:119–132. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318269fab1
- Kim HJ, Iyer S, Zebala LP, Kelly MP, Sciubba D, Protosaltis TS, Gupta M, Neuman BJ, Mundis GM, Ames CP, Smith JS, Hart R, Burton D, Klineberg EO. Perioperative neurologic complications in adult spinal deformity surgery: incidence and risk factors in 564 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42:420–427. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001774
- Fehling MG, Kato S, Lenke LG, Nakashima H, Nagoshi N, Shaffrey CI, Cheung KMC, Carreon L, Dekutoski MB, Schwab FJ, Boachie-Adjei O, Kebaish KM, Ames CP, Qiu Y, Matsuyama Y, Dahl BT, Mehdian H, Pellis-Urquiza F, Lewis SJ, Berven SH. Incidence and risk factors of postoperative neurologic decline after complex adult spinal deformity surgery: results of the Scoliosis Research Society study. *Spine J.* 2018;18:1733–1740. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.02.001
- Guigui P, Blamoutier A. Les complications du traitement chirurgical des déviations rachidiennes: Etude prospective multicentrique d'une cohorte de 3311 patients. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2005;91:314–327. DOI: 10.1016/s0035-1040(05)84329-6
- Coe JD, Arlet V, Donaldson W, Berven S, Hanson DS, Mudiya R, Perra JH, Shaffrey CI. Complications in spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis in the new millennium. A report of the Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Committee. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31:345–349. DOI: 10.1097/01.brs.0000197188.76369.13
- Diab M, Smith A, Kuklo TR. Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32:2759–2763. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a5970
- Patil CG, Santarelli J, Lad SP, Ho C, Tian W, Boakye M. Inpatients complications, mortality and discharge disposition after surgical correction of idiopathic scoliosis: a national perspective. *Spine J.* 2008;8:904–910. DOI: 10.1016/j.spinee.2008.02.002
- Sansur CA, Smith JS, Coe JD, Glassman SD, Berven SH, Polly DW Jr, Perra JH, Boachie-Adjei O, Shaffrey CI. Scoliosis Research Society morbidity and mortality of adult scoliosis surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:E593–E597. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182059bfd
- Lykissas MG, Jain VV, Nathan ST, Pawar V, Eismann EA, Sturm PF, Crawford AH. Mid-to long-term outcomes in adolescent idiopathic scoliosis after instrumented posterior spinal fusion: a meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2013;38:E113–E119. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827ae3d0
- Gauthier LE, Mandourah Y, Soroceanu A, McIntosh AL, Flynn JM, El-Hawary R. Perioperative neurologic injury associated with rib-based distraction surgery. *Spine Deform.* 2014;2:481–488. DOI: 10.1016/j.jspd.2014.08.003
- Skovrlj B, Cho SK, Caridi JM, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YJ. Association between surgeon experience and complication rates in adult scoliosis surgery: a review of 5117 cases from the Scoliosis Research Society database 2004–2007. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015;40:1200–1205. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000993
- Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Leonard AS, Garamella JJ. Paraplegia resulting from vessel ligation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21:1232–1234. DOI: 10.1097/00007632-199605150-00017
- Orchowsky J, Bridwell K, Lenke L. Neurological deficit from a purely vascular etiology after unilateral vessel ligation during anterior thoracolumbar fusion of the spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:406–410. DOI: 10.1097/01.brs.0000153391.55608.72
- Myers MA, Hamilton SR, Bogosian AJ, Smith CH, Wagner TA. Visual loss as a complication of spine surgery. A review of 37 cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22:1325–1329. DOI: 10.1097/00007632-199706150-00009
- Mooney JF 3rd, Bernstein R, Hennrikus WL Jr, MacEwen GD. Neurologic risk management in scoliosis surgery. *J Pediatr Orthop.* 2002;22:683–689.
- Cooper DE, Jenkins RS, Bready L, Rockwood CA Jr. The prevention of injuries of the brachial plexus secondary to malposition of the patient during surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(228):33–41.
- Prielipp RC, Morell RC, Walker FO, Santos CC, Bennett J, Butterworth J. Ulner nerve pressure: influence of arm position and relationship to somatosensory evoked potentials. *Anesthesiology.* 1999;91:345–354. DOI: 10.1097/0000542-199908000-00006
- Schwartz DM, Drummond DS, Hahn M, Ecker ML, Dormans JP. Prevention of positional brachial plexopathy during surgical correction of scoliosis. *J Spinal Disord.* 2000;13:178–182. DOI: 10.1097/00002517-200004000-00015
- Mirovsky Y, Neuwirth M. Injuries to the lateral femoral cutaneous nerve during spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25:1266–1269. DOI: 10.1097/00007632-200005150-00011
- Letts RM, Hollenberg C. Delayed paresis following spinal fusion with Harrington instrumentation. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(125):45–48.
- Johnston CE 2nd, Happel LT Jr, Norris R, Burke SW, King AG, Roberts JM. Delayed paraplegia complicating sublamina segmental spinal instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68:556–563.

31. Diaz JH, Lockhart CH. Postoperative quadriplegia after spinal fusion for scoliosis with intraoperative awakening. *Anesth Analg*. 1987;66:1039–1042.
32. Mineiro J, Weinstein SL. Delayed postoperative paraparesis in scoliosis surgery. A case report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22:1668–1672. DOI: 10.1097/00007632-199707150-00027
33. Chang JH, Hoernschemeyer D, Sponseller P. Delayed postoperative paralysis in adolescent idiopathic scoliosis. Management with partial removal of hardware and staged correction. *J Spinal Disord Tech*. 2006;19:222–225. DOI: 10.1097/01.bsd.0000168323.58576.2f
34. Dapunt UA, Mok JM, Sharkey MS, Davis AA, Foster-Barber A, Diab M. Delayed presentation of tetraparesis following posterior thoracolumbar spinal fusion and instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:E936–E941. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b2e04f
35. Rittmeister M, Leyendecker K, Kurth A, Schmitt E. Cauda equina compression due to a laminar hook: A late complication of posterior instrumentation in scoliosis surgery. *Eur Spine J*. 1999;8:417–420. DOI: 10.1007/s005860050197
36. Ferrando A, Bas P, Bas T. Late neurological complications due to laminar hook compression in idiopathic scoliosis surgery. *Spinal Cord Ser Cases*. 2017;3:17081. DOI: 10.1038/s41394-017-0009-8
37. Suggala S, Dyess GA, Darbin O, Menger RP. Delayed neurological deficit due to a medially misplaced thoracic pedicle screw during adolescent idiopathic scoliosis correction: a complication 6 years in the making. *Spine Deform*. 2025;13:311–324. DOI: 10.1007/s43390-024-00951-7
38. Auerbach JD, Kean K, Milby AH, Paonessa KJ, Dormans JP, Newton PO, Song KM, Lonner BS. Delayed postoperative neurologic deficits in spinal deformity surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41:E131–E138. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001194
39. Qiao J, Xiao L, Zhu Z, Xu L, Qian B, Liu Z, Sun X, Qiu Y. Delayed postoperative neurological deficit after spine deformity surgery: analysis of 5377 cases at 1 institution. *World Neurosurg*. 2018;111:e160–e164. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.010
40. Eismont FJ, Simeone FA. Bone overgrowth (hypertrophy) as a cause of late paraparesis after scoliosis fusion. A case report. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63:1016–1019.
41. Court-Brown CM, McMaster M. Pseudarthrosis: a late cause of paraparesis after scoliosis surgery. A case report. *J Bone Joint Surg*. 1982;64:1246–1248.
42. Roy DR, Huntington CF, MacEwen GD. Pseudarthrosis resulting in complete paraplegia fifteen years after spinal fusion. *Arch Orthop Trauma Surg (1978)*. 1984;102:213–215. DOI: 10.1007/BF00436131
43. Krodel A, Rehmet JC, Hamburger C. Spinal cord compression caused by the rod of a Harrington instrumentation device: a late complication in scoliosis surgery. *Eur Spine J*. 1997;6:208–210. DOI: 10.1007/BF01301439
44. Takahashi S, Delecrin J, Passuti N. Intraspinal metallosis causing delayed neurologic symptoms after spinal instrumentation surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:1495–1499. DOI: 10.1097/00007632-200107010-00024
45. Beguiristain J, del Rio J, Duarte J, Barroso J, Silva A, Villas C. Corrosion and late infection causing delayed paraparesis after spinal instrumentation. *J Pediatr Orthop B*. 2006;15:320–323. DOI: 10.1097/01202412-200609000-00003
46. Vialle R, Wolff S, David P, Lepeintre JF, Hautefort P, Tadie M. Late paraplegia after scoliosis treatment: an uncommon diagnosis. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18:531–534. DOI: 10.1097/01.bsd.0000132285.19961.30
47. Gardner A. Paraparesis caused by a cyst in the spinal canal from a pseudarthrosis 22 years following Harrington rod procedure for scoliosis: a case report. *J Med Case Reports*. 2012;6:337. DOI: 10.1186/1752-1947-6-337

Статья поступила в редакцию 07.11.2025

Рецензирование пройдено 08.02.2026

Подписано в печать 18.02.2026

Received 07.11.2025

Review completed 08.02.2026

Passed for printing 18.02.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. М.В. Михайловский – разработка концепции и дизайна исследования, формулировка цели, сбор и анализ литературных данных, написание текста рукописи (все разделы), интерпретация полученных данных, научное обсуждение результатов и формулировка выводов; А.В. Бузунов – участие в обсуждении и анализе результатов, критический пересмотр содержания статьи на различных этапах подготовки, анализ источников литературы и оформление библиографического списка; А.Е. Симонович – участие в обсуждении и анализе результатов, критический пересмотр содержания статьи на различных этапах подготовки, анализ источников литературы. 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.

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: 5828-8306; ORCID: 0000-0002-4847-100X; MMihailovsky@niito.ru

Алексей Владимирович Бузунов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3105-2089; ORCID: 0000-0003-4438-8863; alekseibuzunov@mail.ru

Александр Евгеньевич Симонович, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 5999-2247; ORCID: 0000-0003-2822-3479; alsimonovich@yandex.ru

Authors' Info

✉Mikhail Vitalyevich Mikhaylovskiy, MD, Dr. Dci. (Medicine), Professor; 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: 5828-8306; ORCID: 0000-0002-4847-100X; MMihailovsky@niito.ru

Aleksei Vladimirovich Buzunov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3105-2089; ORCID: 0000-0003-4438-8863; alekseibuzunov@mail.ru

Alexandr Evgenyevich Simonovich, MD, Dr. Dci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 5999-2247; ORCID: 0000-0003-2822-3479; alsimonovich@yandex.ru



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УНИАКСИАЛЬНЫХ ВИНТОВ В СОЧЕТАНИИ С ПРЯМОЙ ДЕРОТАЦИЕЙ ПРИ КОРРЕКЦИИ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТИПОВ 5 И 6 ПО LENKE

А.А. Снетков, И.Д. Ишкиняев, Р.С. Гамаюнов

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

Цель исследования. Анализ эффективности униаксиальных транспедикулярных винтов в сочетании с прямой деротацией позвоночника и их влияния на выбор нижнего фиксируемого позвонка при коррекции идиопатических сколиозов с ведущей поясничной дугой.

Материал и методы. Проведено ретроспективное когортное исследование результатов лечения 33 пациентов, разделенных на две группы: 1-я группа ($n = 17$) — коррекция с использованием униаксиальных транспедикулярных винтов и прямой деротации позвоночника, 2-я ($n = 16$) — с полиаксиальными транспедикулярными винтами по стандартной методике. Для анализа использовали рентгенографические параметры (угол Cobb), данные КТ (трансляция, осевая ротация позвоночника) и анкеты SRS-22.

Результаты. Выявлен клинически значимый порог исходного угла Cobb в 60° . При деформациях 60° и меньше использование униаксиальных транспедикулярных винтов с прямой деротацией позвоночника обеспечило статистически значимо лучшую коррекцию деформации ($p = 0,037$) и осевую деротацию ($p < 0,001$) при меньшей протяженности конструкции. При деформациях больше 60° значимых различий в коррекции угла Cobb и трансляции между группами не выявлено, за исключением лучшей деротации в 1-й группе. По данным результатов анкет SRS-22 значимых различий в субъективной оценке пациентами своего состояния не было, за исключением домена «самовосприятие»: в 1-й группе этот показатель был больше.

Заключение. Применение униаксиальных транспедикулярных винтов в сочетании с прямой деротацией позвоночника эффективно для коррекции сколиотических деформаций поясничного отдела умеренной тяжести ($\leq 60^\circ$ по Cobb). Данный подход позволяет достичь трехплоскостной коррекции и сохранить подвижные сегменты за счет более короткой конструкции (фиксация до L_3 позвонка). Порог в 60° является практическим руководством для выбора типа фиксации: при меньших углах предпочтительны униаксиальные транспедикулярные винты с прямой деротацией позвоночника, а при больших — тип винта не оказывает решающего влияния на коррекцию.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз; униаксиальные винты; прямая деротация позвоночника.

Для цитирования: Снетков А.А., Ишкиняев И.Д., Гамаюнов Р.С. Опыт применения униаксиальных винтов в сочетании с прямой деротацией при коррекции сколиотической деформации типов 5 и 6 по Lenke // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 16–24.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.16-24>

EXPERIENCE OF USING UNIPLANAR SCREWS IN COMBINATION WITH DIRECT VERTEBRAL ROTATION FOR CORRECTION OF LENKE TYPE 5 AND 6 SCOLIOTIC DEFORMITIES

A.A. Snetkov, I.D. Ishkinyayev, R.S. Gamayunov

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

Objective. To evaluate the effectiveness of uniplanar pedicle screws in combination with direct vertebral rotation (DVR) and their impact on the choice of the lower instrumented vertebra in the correction of idiopathic scoliosis with a primary lumbar curve.

Material and Methods. A retrospective cohort study of 33 patients divided into two groups was conducted. Patients in Group 1 ($n = 17$) underwent correction using uniplanar screws and DVR, and those in Group 2 ($n = 16$) underwent correction using multiaxial pedicle screws according to the standard technique. Radiographic parameters (Cobb angle) and CT data (translation, axial rotation of the spine) and the SRS-22 questionnaire were used for the analysis.

Results. A clinically significant threshold for the initial Cobb angle of 60° was identified. For deformities $\leq 60^\circ$, the use of uniplanar pedicle screws with DVR provided statistically significantly better correction of the deformity ($p = 0.037$) and axial rotation ($p < 0.001$) with a shorter construct length. For deformities $> 60^\circ$, no significant differences in Cobb angle correction and translation between the groups were found, with the exception of better derotation achieved in Group 1. According to the SRS-22 questionnaire results, there were no significant differences in the patients' subjective assessment of their condition, except for the "self-image" domain, where the score was higher in Group 1.

Conclusion. The use of uniplanar screws in combination with direct vertebral rotation (DVR) technique is effective for the correction of moderate lumbar scoliotic deformities ($\leq 60^\circ$ Cobb angle). This approach allows for three-dimensional correction and preserves mo-

tion segments due to a shorter construct (fixation up to L3). The 60° threshold serves as a practical guide for choosing the fixation type: for smaller angles, uniplanar pedicle screws with DVR are preferable, while for larger angles, the screw type does not have a decisive influence on the correction.

Key Words: idiopathic scoliosis; uniplanar screws; direct vertebral rotation.

Please cite this paper as: Snetkov AA, Ishkinyayev ID, Gamayunov RS. Experience of using uniplanar screws in combination with direct vertebral rotation for correction of Lenke type 5 and 6 scoliotic deformities. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):16–24. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.16-24>

Основной целью хирургического лечения идиопатического сколиоза является коррекция деформации и достижение сбалансированного положения позвоночника. Для этого необходима трехплоскостная коррекция в сагитальной, фронтальной и аксиальной плоскостях. Также при коррекции важно рассматривать возможность более короткой металлофиксации для сохранения движений в нефиксированных сегментах позвоночника. Основное внимание зачастую уделяется коррекции во фронтальной плоскости, тогда как значимость ротационного компонента учитывается в меньшей мере. Ряд исследований свидетельствует о том, что торсия позвонков служит важным предиктором прогрессирования сколиотической деформации [1–3].

Ключевым аспектом планирования операции при идиопатическом сколиозе является выбор нижнего фиксируемого позвонка (НФП). Несмотря на наличие ряда классификаций и алгоритмов, помогающих в принятии этого решения [4–6], в настоящее время отсутствуют строгие клинические рекомендации, регламентирующие уровень фиксации. В частности, дискуссионным остается вопрос об уровне фиксации структуральной поясничной дуги до L₃ или L₄ позвонка, окончательного консенсуса в этом отношении не достигнуто [5–8].

При сколиозах типов 5C и 6C по Lenke [9] выбор в качестве НФП L₃ позволяет сохранить больше подвижных сегментов в поясничном отделе, однако данный подход сопряжен с риском прогрессирования деформации, особенно при ее тяжелых формах. С другой стороны, фиксация до L₄ позвонка потенциально обеспечивает лучшую коррекцию во фронтальной

плоскости, но достигается это ценой снижения объема подвижности поясничного отдела.

Современные методики и инструментарий позволяют хирургам добиваться максимальной коррекции при фиксации минимального числа позвонков. Одной из таких методик является прямая деротация позвонков, которая обеспечивает коррекцию во всех трех плоскостях [10, 11]. Эта методика более эффективна с использованием униаксиальных транспедикулярных или моноаксиальных транспедикулярных винтов, однако с учетом ограничения последних предпочтение отдается униаксиальным транспедикулярным винтам (УТВ) [12, 13].

Несмотря на распространенность методики с использованием УТВ и прямой деротации позвонков (ПДП), однозначные показания к ее применению в настоящее время отсутствуют. Дальнейшие исследования приобретают особую актуальность из-за существующих противоречий в литературе и необходимости получения дополнительных данных для объективной оценки преимуществ данного типа фиксации [3, 12].

Цель исследования – анализ эффективности применения УТВ в сочетании с ПДП и влияния типа имплантатов на выбор НФП при коррекции идиопатических сколиозов с ведущей поясничной дугой.

Материал и методы

Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование с анализом медицинских данных пациентов со сколиотической деформацией поясничного отдела позвоночника типов 5 и 6 по Lenke. Под нашим наблюдени-

ем находились 33 пациента (9 мужчин и 24 женщины), которых разделили на 2 группы в зависимости от типа используемых имплантатов. В 1-ю группу вошли 17 пациентов (3 мужчины, 14 женщин, средний возраст – $20,6 \pm 6,8$ года), которым проводили коррекцию идиопатического сколиоза поясничного отдела с использованием УТВ в сочетании с ПДП, во 2-ю группу – 16 пациентов (4 мужчины, 12 женщин, средний возраст – $19,5 \pm 5,4$ года; $p = 0,63$), которым проводили коррекцию с помощью полиаксиальных транспедикулярных винтов (ПТВ) по стандартной методике.

Средний угол деформации по Cobb до операции в 1-й группе составил $54,6^\circ \pm 9,4^\circ$, во 2-й – $59,2^\circ \pm 10,5^\circ$ ($p = 0,22$), индекс мобильности деформации – $0,40 \pm 0,17$ и $0,46 \pm 0,12$ соответственно ($p = 0,28$). Можно заключить, что статистически значимых различий между двумя группами с точки зрения возраста, угла Cobb до операции и индекса мобильности не было.

Условия проведения

Исследование проведено на базе отделения детской костной патологии и подростковой ортопедии, все оперативные вмешательства выполнены одной хирургической бригадой врачей.

Продолжительность исследования

Проанализированы данные пациентов, проходивших лечение в 2022–2025 гг.

Этическая экспертиза

Протокол исследования одобрен комитетом по этике Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва (протокол № 6/25 от 30.10.2025). Пациенты или их законные представители под-

писали информированное согласие на публикацию данных.

Критерии соответствия

Критерии включения в исследование:

- идиопатический сколиоз с ведущей поясничной дугой (Lenke 5C, 6C);
- угол деформации по Cobb в диапазоне от 40° до 79°;
- индекс мобильности деформации не более 0,7.

Критерии невключения:

- сколиотическая деформация неидиопатической этиологии;
- структуральная дуга грудного отдела позвоночника (Lenke 1, 2, 3, 4);
- угол деформации по Cobb менее 39° или более 80°;
- индекс мобильности более 0,7.

Описание медицинского вмешательства

С целью предоперационной подготовки пациентам проводили КТ поясничного отдела позвоночника, постуральную рентгенографию позвоночника и функциональные пробы: (bending test – рентгенография поясничного отдела позвоночника с наклоном влево и вправо и последующий расчет индекса мобильно-

сти). Индекс мобильности рассчитывали по следующей формуле: индекс мобильности = угол Cobb в положении наклона в сторону деформации / угол Cobb в положении стоя [14].

Ротационный тест – рентгенография поясничного отдела позвоночника в положении пациента сидя с поворотом корпуса влево и вправо. Данное исследование позволяет определить ротационную мобильность позвонков, а также оценить возможные ротационные движения, допустимые при потенциальной прямой деротации. Ротацию позвонков рассчитывали по методике Раймонди [15] (рис. 1).

Для определения предполагаемого НФП перед операцией использовали следующие критерии: (1) на функциональной рентгенограмме в положении сгибания по направлению к вогнутой стороне поясничного изгиба позвонок L₃ достигает центральной крестцовой вертикальной линии; (2) на функциональной рентгенограмме в положении сгибания по направлению к вогнутой стороне клиновидная деформация межпозвонкового диска L₃–L₄ становится нейтральной; (3) на рент-

генограммах в положении сгибания к выпуклой стороне ротация L₃ позвонка уменьшалась более чем на 25 % (по Раймонди) от исходного уровня на постуральной рентгенографии в переднезадней проекции; (4) позвонок L₄ на постуральной рентгенографии в переднезадней проекции имеет фронтальный наклон меньше 25° [16].

Результаты лечения оценивали по данным постуральной рентгенографии и КТ позвоночника. Рассматривали такие показатели, как угол деформации грудного и поясничного отделов позвоночника по Cobb, трансляция позвоночника, ротация позвонков на вершине деформации. Осевую ротацию позвонков рассчитывали относительно нейтрального позвонка по результатам КТ, в нашем исследовании расчет проводился относительно S₁ позвонка. Использование для этой цели постуральной рентгенографии имеет существенные ограничения, особенно в послеоперационном периоде. Это связано с тем, что большинство известных рентгенологических методов оценки ротации основываются на определении положения ножки дуги позвонка на выпуклой стороне искривления [15]. После установки металлоконструкций точное определение этого ориентира зачастую невозможно.

Для оценки ротационной мобильности деформации до операции выполняли функциональные рентгенограммы и рассчитывали разницу в показателях ротации по рентгенограммам в положении пациента лежа (Scout-режим КТ) и стоя, расчет по методике Раймонди. Как и ожидалось, была выявлена прямая зависимость между этой разницей и индексом мобильности деформации: при более мобильных искривлениях разница в ротации в положениях лежа и стоя была больше. Субъективное состояние пациентов до и после хирургического вмешательства оценивали с помощью русскоязычной версии анкеты Scoliosis Research Society (SRS-22) [17].

Все оперативные вмешательства выполняли под общей анестезией



Рис. 1

Ротационный тест: рентгенография поясничного отдела позвоночника в положении пациента сидя (для фиксации таза в нейтральном положении) с поворотом корпуса влево (а) и вправо (б)

в положении пациента на животе. После предоперационной разметки осуществляли стандартный доступ к задним элементам позвоночника. Во всех случаях оперативное вмешательство проводили с помощью имплантатов и инструментария компании российского производства.

В первой группе устанавливали УТВ, во второй – ПТВ. На следующем этапе (до установки стержней) под контролем интраоперационного электронно-оптического преобразователя проводили тестовую деротацию деформации с использованием Г-образных ручек для оценки мобильности сегментов позвоночника после скелетирования задних элементов. При достижении адекватной коррекции при протяженности конструкции до L₃ позвонка установку винтов в L₄ позвонки не производили.

Если при контрольной интраоперационной рентгенографии во время тестовой коррекции сохранялась клиновидная деформация межпозвонкового диска на уровне L₃–L₄, ротация L₃ позвонка 2-й степени и более по классификации Нэш – Мое, то instrumentation продлевали до уровня L₄ позвонка.

Затем устанавливали предварительно изогнутые стержни. Перво-

начально стержень устанавливали с выпуклой стороны дуги искривления и ротировали на 90°. После этого устанавливали стержень с вогнутой стороны. В 1-й группе дополнительно выполняли прямую деротацию с применением специализированного инструментария.

В обеих группах следующим этапом была фронтальная коррекция наклона каждого позвонка в соответствии с деформацией позвоночника. Завершающим этапом операции была окончательная фиксация конструкции с затягиванием блокирующих гаек и послойное ушивание операционной раны (рис. 2).

Статистические методы

Проводили поиск порога угла Cobb «до», ниже которого выбор типа транспедикулярных винтов (униаксиальные/полиаксиальные) оказывает значимое влияние на результат коррекции (угол Cobb «после»), а выше которого влияние типа винтов на данный параметр считается несущественным. Для поиска порога подбирали все целочисленные значения N в диапазоне наблюдаемых углов Cobb «до» и для каждого N делили данные на две зоны: ≤N и >N. В зоне ≤N сравнивали угол Cobb «после» между полиаксиальными и униаксиальными вин-

тами с помощью двустороннего Welch *t*-теста и оценивали размер эффекта Cohen's *d* для клинической интерпретации величины различий. В зоне >N применяли однонаправленный тест не меньшей эффективности (non-inferiority) на среднюю разницу по Welch: проверяли гипотезу H₀: (среднее униаксиальных – среднее полиаксиальных) ≥Δ против H₁: <Δ при клиническом допуске Δ = 5° и α = 0,05. Оптимальный порог N* выбирали среди тех N, где в зоне >N подтверждено отсутствие разницы между типами винтов, а ниже порога наблюдается значимая разница углов Cobb «после» между двумя вариантами винтов и данная разница максимальна (|d|).

Для выявления особенностей влияния типа транспедикулярных винтов на параметры коррекции сколиоза пациентов разделили на две подгруппы в зависимости от исходного угла Cobb: ≤60° (панель А) и >60° (панель В) согласно определенному порогу. Для каждой подгруппы анализировали следующие показатели: остаточный угол Cobb, изменение угла Cobb, изменение трансляции и изменение оси ротации. Для сравнения групп использовали двухвыборочный Welch's *t*-test.

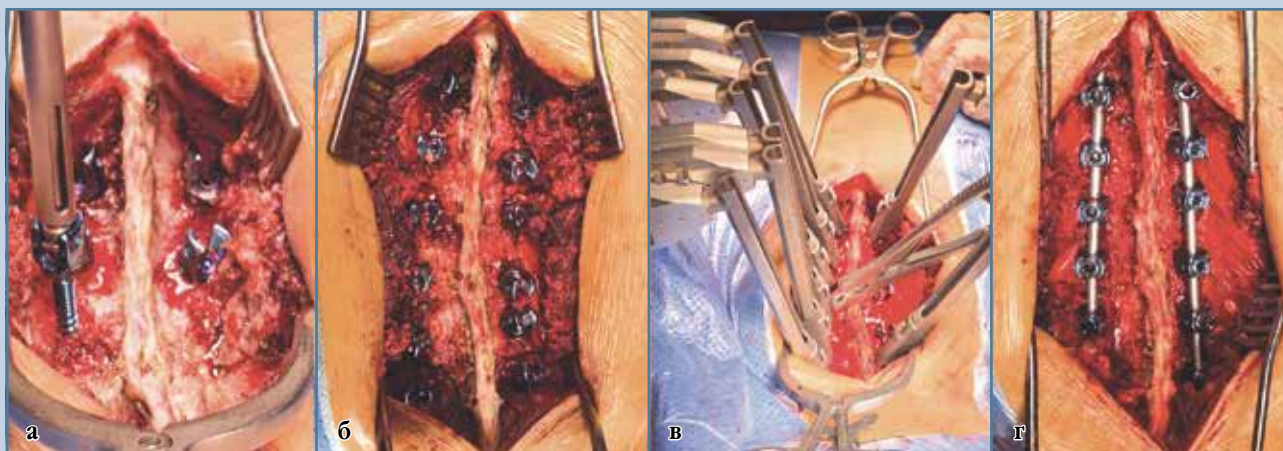


Рис. 2

Этапы операции: установка транспедикулярных винтов (а), вид до коррекции (б), при выполнении коррекции (в) и после коррекции (г)

Результаты

Мы проверили гипотезу о наличии порога исходного угла Cobb, ниже которого выбор типа транспедикулярных винтов влияет на протяженность металлоконструкции и результат коррекции, а выше которого тип винтов можно считать несущественным. По результатам анализа был выявлен порог N° от 58° до 62° (в связи с отсутствием данных в этом диапазоне N° давали одинаковый результат), округленно 60° (рис. 3). Это означает, что у пациентов с исходным углом Cobb >60° тип винтов не влияет на ожидаемый угол Cobb «после» и протяженность металлоконструкции: по однонаправленному тесту не меньшей эффективности,

что в клинической практике позволяет делать выбор исходя из других факторов, таких как сложность анатомии, индекс мобильности, доступность имплантатов. Напротив, при исходном угле Cobb ≤60° лечение с помощью УТВ демонстрирует лучшую коррекцию при меньшей протяженности конструкции (преимущество подтверждено статистически и по величине эффекта).

Для дальнейшей оценки различий между типами винтов каждую группу разделили на две подгруппы в соответствии с выявленным порогом исходного угла Cobb (≤60° и >60°), после чего в каждой из подгрупп был проведен сравнительный анализ ключевых параметров коррекции: угла Cobb «после», трансляции позвоночника,

осевой ротации позвонков на вершине деформации. В подгруппе пациентов с исходным углом Cobb ≤60° (рис. 4) коррекция с помощью УТВ в сочетании с ПДП была ассоциирована со статистически значимо меньшим остаточным углом Cobb и большей величиной коррекции, чем в группе с коррекцией на полиаксиальных винтах ($p = 0,037$ и $p = 0,016$ соответственно). При этом для достижения данного результата потребовалась меньшая протяженность металлоконструкции – НФП в этой группе располагался на уровне L₃ позвонка, тогда как во 2-й группе – на уровне L₄ позвонка (рис. 5).

Наиболее выраженное преимущество УТВ было отмечено по показателю изменения осевой ротации ($p < 0,001$). Данное значение было больше по сравнению с ПТВ независимо от угла деформации. Однако в подгруппе с деформацией ≤60° коррекция была более выражена. Стоит также отметить, что результат предоперационного ротационного теста коррелировал с показателем деротации, у пациентов с более выраженной ротационной мобильностью результат осевой ротации по данным КТ был более выражен.

При сравнении изменения величины трансляции статистически значимых различий между группами не выявлено ($p = 0,173$), однако наблюдалась тенденция в пользу применения УТВ.

В подгруппе пациентов с исходным углом Cobb >60° (рис. 4) значимое различие между типами винтов было только в показателе осевой ротации. Статистически значимых различий в остаточном угле Cobb и трансляции между группами не выявлено. Таким образом, при угле Cobb >60° тип винтов выражено не влияет на достигнутую коррекцию и протяженность металлоконструкции.

При анализе анкет SRS-22 значимых различий в субъективной оценке своего состояния пациентами не выявлено, за исключением домена «самовосприятие» (табл.). Вероятно, это связано с более выраженной коррекцией

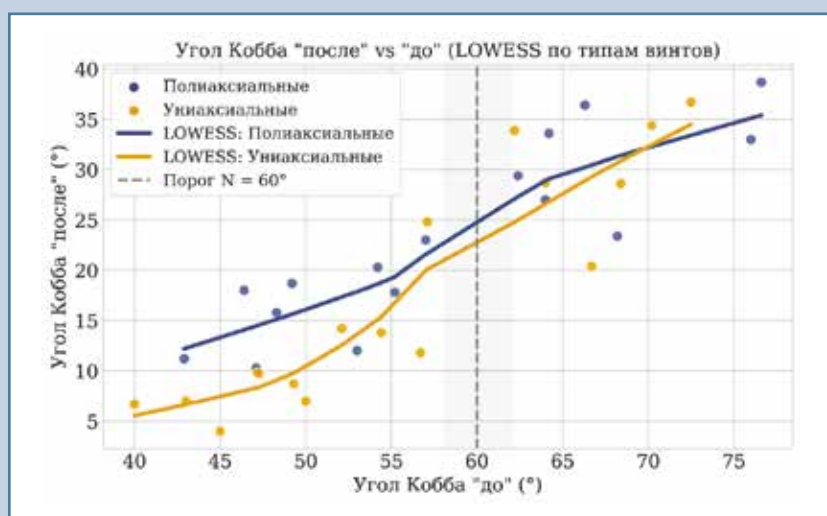


Рис. 3

Зависимость результирующего угла Cobb от исходного значения при сколиотической коррекции: динамика по типу транспедикулярных винтов и определение клинически значимого порогового значения N. Взаимосвязь угла Cobb «после» и «до» хирургической коррекции по типу транспедикулярных винтов (униаксиальный транспедикулярный винт – оранжевый, полиаксиальный транспедикулярный винт – синий). Для каждого типа винтов построены LOWESS-кривые (Locally Weighted Scatterplot Smoothing – локальное взвешенное скользящее сглаживание), отражающие общий тренд корреляции результирующего угла Cobb после коррекции от исходного значения угла Cobb. Вертикальная пунктирная линия отмечает выявленный клинический порог N° = 60°: при исходном угле Cobb ≤60° униаксиальные винты ассоциированы со статистически значимо меньшими значениями угла Cobb после операции по сравнению с полиаксиальными винтами, при значениях выше выявленного порога – различия минимальны

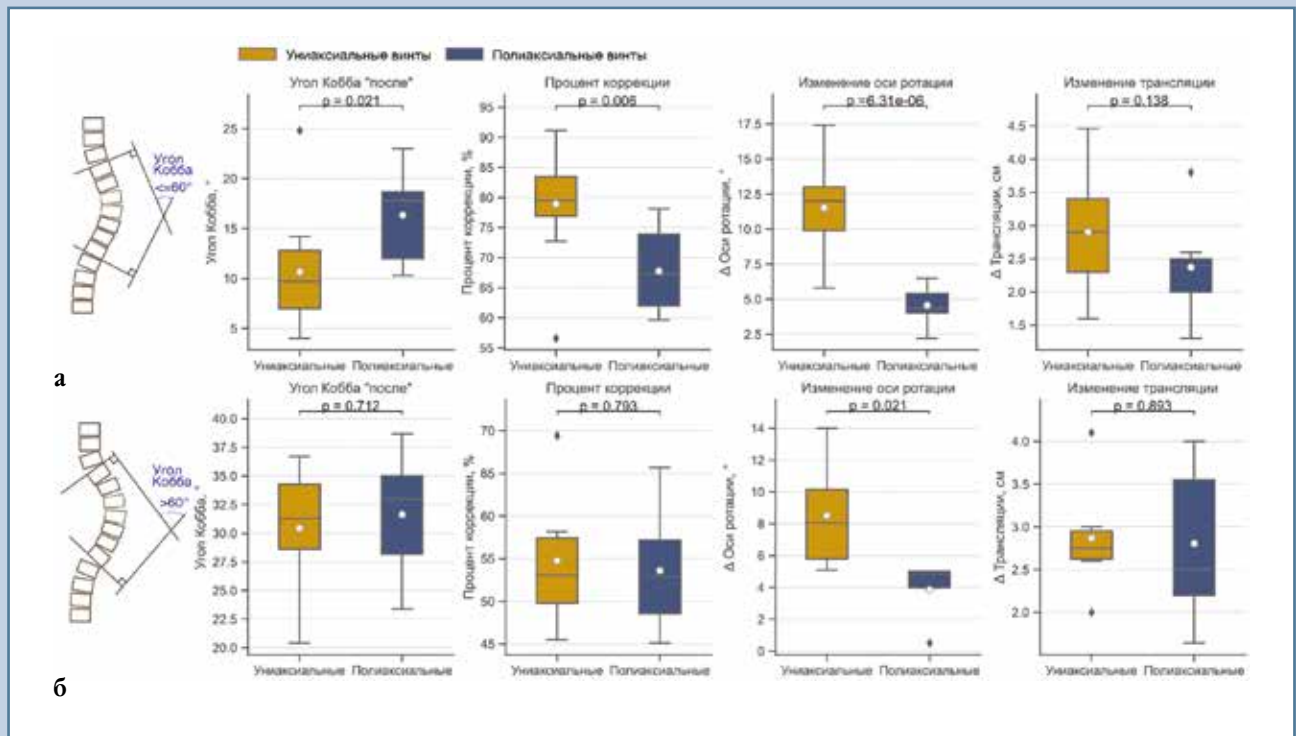


Рис. 4

Влияние типа транспедикулярных винтов на параметры коррекции у пациентов с исходным углом Cobb $\leq 60^\circ$ (а) и $> 60^\circ$ (б)

деформации, достигнутой у пациентов 1-й группы с деформацией $\leq 60^\circ$.

Обсуждение

Проведенное исследование направлено на оценку клинической эффективности применения УТВ в сочетании с ПДП для коррекции идиопатического сколиоза с ведущей поясничной дугой. На данный момент существует ограниченное количество исследований за последние 5 лет, посвященных этой проблеме.

Униаксиальные винты, обеспечивая более жесткий рычаг для манипуляций, в полной мере раскрывают потенциал методики ПДП, позволяя более эффективно воздействовать в аксиальной плоскости по сравнению с ПТВ [1, 3, 12, 13]. В биомеханическом исследовании Liu et al. [13] продемонстрировано, что методика ПДП технически более осуществима с использованием моно- и униаксиальных транспедику-

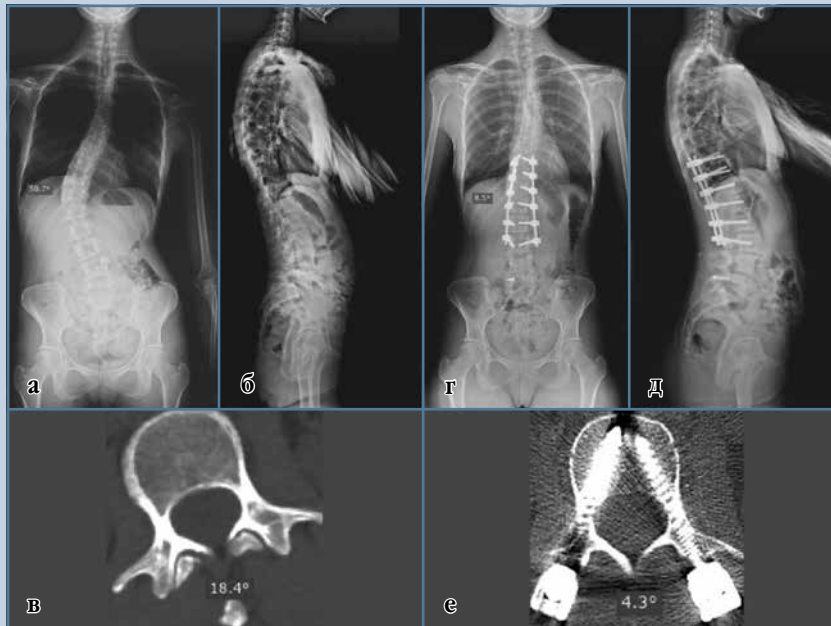
Таблица

Результат субъективной оценки состояния пациентов по анкете SRS-22, баллы

Группа	Функция	Боль	Самовосприятие	Психическое здоровье	Лечение
Среднее значение					
1-я	4,42	4,49	4,63	4,43	4,89
2-я	4,37	4,45	4,07	4,37	4,87
Стандартное отклонение					
1-я	0,40	0,33	0,30	0,24	0,24
2-я	0,45	0,28	0,38	0,28	0,27
p -значение, t -критерий Уэлча					
p -значение	0,78	0,70	0,00058	0,54	0,80
Значимая разница	Нет	Нет	Да	Нет	Нет

лярных винтов, поскольку строение узла «головка–резьбовая часть винта» ограничивает подвижность в горизонтальной плоскости, обеспечивая тем самым эффективный рычаг для деротации. Вместе с тем авторы отмечают, что моноаксиальные

винты обладают рядом недостатков, в частности сложностью установки стержня и отсутствием подвижности головки винта в сагиттальной плоскости, что может приводить к повышенному напряжению в зоне контакта «кость–винт».

**Рис. 5**

Результат коррекции деформации у пациентки с правосторонним груднопоясничным сколиозом IV степени: **а, г** – постуральные рентгенограммы в прямой проекции до и через 2 года после операции; **б, д** – постуральные рентгенограммы в боковой проекции до и через 2 года после операции; **в, е** – осевая ротация по данным КТ до и через 2 года после операции

Следует подчеркнуть, что вопросу влияния типа имплантатов на коррекцию деформации и протяженность инструментирования посвящено небольшое число публикаций. Так, в работе Alonge et al. [6] анализировалось воздействие методики ПДП на уровень НФП при коррекции поясничных сколиозов менее 60° . Согласно полученным данным, при деформациях типов 5С и 6С по Lenke использование этой техники дает возможность завершить фиксацию на уровне L₃. При этом статистически значимых различий в степени коррекции между группами с применением и без применения ПДП установлено не было, однако в первой группе удалось сохранить больше дистальных подвижных сегментов. Важно отметить, что авторы не указали тип использованных транспедикулярных винтов.

В то же время исследования Hu et al. [12] и Lin et al. [3] также демонстрируют, что применение УТВ обеспечи-

вает более эффективную деротацию и общую коррекцию при идиопатических сколиозах Lenke 5. Однако в этих работах основное внимание уделено таким параметрам, как апикальная ротация и коррекция во фронтальной плоскости, без анализа влияния типа имплантатов на длину конструкции.

Ретроспективный анализ нашей выборки с идиопатическим сколиозом груднопоясничного/поясничного отделов позвоночника показал, что при деформациях $\leq 60^\circ$ использование УТВ в комбинации с ПДП позволяет достичь статистически значимо лучших результатов по сравнению с ПТВ. Также была установлена взаимосвязь между типом имплантата и выбором НФП. В подгруппе с углом $\leq 60^\circ$ применение УТВ в сочетании ПДП позволило проводить фиксацию до L₃ позвонка без потери коррекции, тогда как при использовании ПТВ для достижения той же коррекции требовалась фиксация до L₄ поз-

вонка. Это напрямую отвечает одной из основных целей лечения сколиотической деформации позвоночника: максимально возможная коррекция при сохранении большего количества подвижных сегментов.

С другой стороны, наше исследование показало, что при деформациях $>60^\circ$ тип винтов не влияет на результат коррекции. Статистически значимых различий в остаточном угле Cobb и трансляции между группами выявлено не было. Это можно объяснить тем, что при ригидных и выраженных деформациях биомеханические преимущества УТВ становятся недостаточными для преодоления жесткости деформации, требуемый корригирующий эффект достигается за счет более протяженной конструкции и смежных сегментов, независимо от типа используемых имплантатов. Данный вывод имеет важное практическое значение: при планировании операции у пациентов с углом Cobb $>60^\circ$ выбор между УТВ и ПТВ может основываться на других факторах, таких как анатомические особенности пациента, мобильность деформации позвоночника, стоимость имплантатов.

Ограничения исследования. Данное исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, ретроспективный характер и относительно небольшой размер выборки, что не позволяет делать объективные выводы. Во-вторых, все операции были выполнены одной хирургической бригадой с использованием имплантатов одного производителя, что может влиять на воспроизводимость результатов в других клиниках. Для подтверждения полученных данных и уточнения пороговых значений необходимы дальнейшие исследования с оценкой результатов.

Закключение

Исследование демонстрирует, что применение УТВ с методикой ПДП является высокоэффективным методом для коррекции сколиотических деформаций с ведущей поясничной дугой $\leq 60^\circ$. Ее ключевыми преимуществами являются трехплоскостная

коррекция и возможность сохранения подвижных сегментов за счет более короткой конструкции без ущерба для качества коррекции. Выявленный

порог угла Cobb в 60° предоставляет вертебрологам четкое клиническое руководство для выбора типа фиксации, способствуя персонализирован-

ному подходу в планировании хирургического лечения идиопатического сколиоза.

Литература/References

1. Dalal A, Upasani VV, Bastrom TP, Yaszay B, Shah SA, Shufflebarger HL, Newton PO. Apical vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis: comparison of uniplanar and polyaxial pedicle screws. *J Spinal Disord Tech*. 2011;24:251–257. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3181edebc4
2. Kouwenhoven JW, Castelein RM. The pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:2898–2908. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181891751
3. Lin T, Li T, Jiang H, Ma J, Zhou X. Comparing uniplanar and multiaxial pedicle screws in the derotation of apical vertebrae for Lenke V adolescent idiopathic scoliosis: a case-controlled study. *World Neurosurg*. 2018;111:e608–e615. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.135
4. Li J, Zhao Z, Tseng C, Zhu Z, Qiu Y, Liu Z. Selective fusion in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis. *World Neurosurg*. 2018;118:e784–e791. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.07.052
5. Li C, Ye X, Zhang H, Yang Y, Du Y, Zhao Y, Wang S, Zhang J. Is it enough to stop distal fusion at L3 in mild to moderate Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis patients? *Orthop Surg*. 2025;17:105–114. DOI: 10.1111/os.14267
6. Alonge E, Zhang G, Zhang H, Guo C. Comparison between the lowest instrumented vertebrae L3 with the use of direct vertebrae rotation (DVR) and the lowest instrumented vertebrae L4 for non-DVR in adolescents with idiopathic scoliosis Lenke 5C/6C: when LEV is L4. *J Orthop Surg Res*. 2024;19:492. DOI: 10.1186/s13018-024-04961-z
7. Chen K, Chen Y, Shao J, Zhoutian J, Wang F, Chen Z, Li M. Long-term follow-up of posterior selective thoracolumbar/lumbar fusion in patients with Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis: an analysis of 10-year outcomes. *Global Spine J*. 2022;12:840–850. DOI: 10.1177/2192568220965566
8. Qin X, He Z, Yin R, Qiu Y, Zhu Z. Where to stop distally in Lenke modifier C AIS with lumbar curve more than 60°: L3 or L4? *Clin Neurol Neurosurg*. 2019;178:77–81. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.02.005
9. Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, Blanke K. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83:1169–1181. DOI: 10.2106/00004623-200108000-00006
10. Hwang SW, Dubaz OM, Ames R, Rothkrug A, Kimball JS, Samdani AF. The impact of direct vertebral body derotation on the lumbar prominence in Lenke Type 5C curves. *J Neurosurg Spine*. 2012;17:308–313. DOI: 10.3171/2012.7.SPINE12273
11. Mattila M, Jalanko T, Helenius I. En bloc vertebral column derotation provides spinal derotation but no additional effect on thoracic rib hump correction as compared with no derotation in adolescents undergoing surgery for idiopathic scoliosis with total pedicle screw instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38:1576–1583. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31829a6d37
12. Hu Z, Zhao Z, Li J, Tseng CC, Qiu Y, Cheng JC, Zhu Z, Liu Z. Comparison of clinical and radiologic outcome of three-dimensional correction in Lenke 5C curve: uniplanar versus polyaxial pedicle screws. *World Neurosurg*. 2018;114:e729–e734. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.03.067
13. Liu PY, Lai PL, Lin CL. A biomechanical investigation of different screw head designs for vertebral derotation in scoliosis surgery. *Spine J*. 2017;17:1171–1179. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.04.010
14. Khodaei M, Pacheco-Pereira C, Trac S, Chan A, Le LH, Lou E. Radiographic methods to estimate surgical outcomes based on spinal flexibility assessment in patients who have adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review. *Spine J*. 2018;18:2128–2139. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.06.344
15. Тесаков Д.К., Макаревич С.В., Тесакова Д.Д., Михасевич Н.О. Алгоритм трехплоскостной рентгенологической диагностики деформации позвоночника при сколиозе: инструкция по применению. № 122-1207 от 27.06.2008. Учреждения-разработчики: УО «Белорусский государственный медицинский университет», ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии». Минск, 2008. [Tesakov DK, Makarevich SV, Tesakova DD, Mikhasevich NO. Algorithm for three-plane X-ray diagnostics of spinal deformity in scoliosis: instructions for use. No. 122-1207 of June 27, 2008. Institutions-developers: Educational Institution "Belarusian State Medical University", State Institution "Republican Scientific and Practical Center of Traumatology and Orthopedics". Minsk, 2008].
16. Ruffilli A, Traversari M, Manzetti M, Violi G, Artioli E, Zielli SO, Mazzotti A, Faldini C. Comparable rates of lumbar disc degeneration at long-term following adolescent idiopathic scoliosis spinal fusion extended to L3 or L4: systematic review and meta-analysis. *Spine Deform*. 2024;12:877–901. DOI: 10.1007/s43390-024-00849-4
17. Губин А.В., Прудникова О.Г., Камышева В.В., Коваленко П.И., Нестерова И.Н. Клиническая апробация русскоязычной версии анкеты SRS-22 для взрослых пациентов со сколиозом. *Хирургия позвоночника*. 2017;14(2):31–40. [Gubin AV, Prudnikova OG, Kamyshcheva VV, Kovalenko PI, Nesterova IN. Clinical testing of the russian version of the SRS-22 questionnaire for adult scoliosis patients. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika)*. 2017;14(2):31–40]. DOI: 10.14531/ss2017.231-40 EDN: YTXQTD

Статья поступила в редакцию 13.10.2025

Рецензирование пройдено 03.02.2026

Подписано в печать 17.03.2026

Received 13.10.2025

Review completed 03.02.2026

Passed for printing 17.03.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.А. Снетков – лечение пациентов, проведение операций, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста статьи; И.Д. Ишкиняев – лечение пациентов, проведение операций, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста статьи, обязанности контактного автора; Р.С. Гамаюнов – лечение пациентов, проведение операций, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, 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. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова (протокол № 6/25 от 30.10.2025).

Согласие на публикацию. Все участники исследования или их законные представители добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Александр Андреевич Снетков, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 8901-4259; ORCID: 0000-0001-5837-9584; isnetkov@gmail.com

✉ Ильяс Дамирович Ишкиняев, Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10; eLibrary SPIN: 2180-0780; ORCID: 0009-0003-2228-1405; ilyas.ishkinyayev@gmail.com

Роман Сергеевич Гамаюнов; eLibrary SPIN: 2451-9875; ORCID: 0000-0002-9960-9427; cito11@hotmail.ru

Authors' Info

Aleksandr Andreyevich Snetkov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 8901-4259; ORCID: 0000-0001-5837-9584; isnetkov@gmail.com

✉ Ilyas Damirovich Ishkinyayev, MD; 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia; eLibrary SPIN: 2180-0780; ORCID: 0009-0003-2228-1405; ilyas.ishkinyayev@gmail.com

Roman Sergeyevich Gamayunov, MD; eLibrary SPIN: 2451-9875; ORCID: 0000-0002-9960-9427; cito11@hotmail.ru



ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА У ПОДРОСТКОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ

А.А. Иванова, М.Н. Лебедева

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

Цель исследования. Определить состояние системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом перед хирургической коррекцией деформации позвоночника и на высоте интраоперационной кровопотери.

Материал и методы. Исследование основано на анализе показателей функционального состояния системы гемостаза у 80 подростков с идиопатическим сколиозом, перенесших первичную хирургическую коррекцию деформации позвоночника. Показатели системы гемостаза изучали перед плановой операцией и на высоте интраоперационной кровопотери. Использовали стандартные лабораторные методы диагностики и метод низкочастотной пьезотромбоэластографии.

Результаты. Предоперационных отклонений лабораторных показателей от нормы не зарегистрировано. Анализ предоперационных показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии выявил наличие снижения индекса тотального свертывания крови на фоне структурной и хронометрической гипокоагуляции, усиление ретракции и лизиса сгустка. Сравнение исходных данных пьезотромбоэластограммы с показателями на высоте кровопотери выявило адекватную реакцию системы гемостаза на хирургическую травму: отмечена нормализация индекса тотального свертывания крови, а отклонения других показателей пьезотромбоэластограммы в сравнении с референсными значениями стали менее выраженными. Установленная динамика показателей пьезотромбоэластограммы позволила заключить, что система гемостаза у подавляющего большинства пациентов с идиопатическим сколиозом находится в состоянии эффективной саморегуляции. Подтверждением этому является тот факт, что у 90 % пациентов кровопотеря не превысила 30 % ОЦК и не требовала использования компонентов донорской крови.

Заключение. Установленным фоновым отклонением в коагуляционном профиле у подростков с идиопатическим сколиозом является наличие структурной и хронометрической гипокоагуляции. Применение метода низкочастотной пьезотромбоэластографии может применяться для оценки функционального состояния системы гемостаза, но только с позиций персонифицированной регистрации и анализа.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз; хирургия сколиоза; система гемостаза; гипокоагуляция; пьезотромбоэластография; глобальные тесты гемостаза.

Для цитирования: Иванова А.А., Лебедева М.Н. Оценка состояния системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 25–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.25-35>

ASSESSMENT OF THE HEMOSTASIS SYSTEM IN ADOLESCENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS

A.A. Ivanova, M.N. Lebedeva

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

Objective. To assess the hemostasis system status in adolescents with idiopathic scoliosis before surgical correction of spinal deformity and at the peak of intraoperative blood loss.

Material and Methods. The study is based on an analysis of hemostasis system functional parameters in 80 adolescents with idiopathic scoliosis who underwent primary surgical correction of spinal deformity. Hemostasis system parameters were assessed before elective surgery and at the peak of intraoperative blood loss. Standard laboratory diagnostic methods and low-frequency piezoelectric thromboelastography (LPTEG) were used.

Results. No abnormal preoperative laboratory parameters were recorded. Analysis of preoperative LPTEG parameters revealed a decrease in the total coagulation index (TCI) against the background of structural and chronometric hypocoagulation, as well as increased clot retraction and lysis. Comparison of initial LPTEG parameters with those measured at the peak of blood loss revealed an adequate hemostasis system response to surgical trauma: a normalization of the TCI was observed, while deviations in other LPTEG parameters became less pronounced as compared to reference values. The observed dynamics of LPTEG parameters led to the conclusion that the hemostasis system in the vast majority of patients with idiopathic scoliosis is effectively self-regulated. This is confirmed by the fact that in 90% of patients, blood loss did not exceed 30% of the total blood volume and did not require the use of donor blood components.

Conclusion. The established background abnormality in the coagulation profile in adolescents with idiopathic scoliosis is the presence of structural and chronometric hypocoagulation. Low-frequency piezoelectric thromboelastography can be used to assess the functional state of the hemostasis system, though only from the standpoint of personalized recording and analysis.

Key Words: idiopathic scoliosis; scoliosis surgery; hemostasis system; hypocoagulation; piezoelectric thromboelastography; global hemostasis tests.

Please cite this paper as: Ivanova AA, Lebedeva MN. Assessment of the hemostasis system in adolescents with idiopathic scoliosis. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):25–35. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.25-35>

Система гемостаза – одна из важнейших систем организма, обеспечивающих его жизнедеятельность, временно поддерживающая текучесть циркулирующей крови и предотвращающая кровопотерю при повреждении сосудистой стенки путем гемокоагуляции [1–3]. В настоящее время признается, что стандартные лабораторные тесты, используемые для диагностики системы состояния гемостаза, имеют ряд ограничений, главными из которых являются недостаточная информативность и отсутствие возможности отслеживания динамики различных фаз гемостаза в режиме реального времени [4–6]. С учетом этого обстоятельства все более широкое применение находят глобальные тесты исследования системы гемостаза, позволяющие оценивать временные и качественные характеристики процесса образования и лизиса сгустка крови, определять вклад компонентов крови в образование сгустка, выявлять риски развития венозных тромбоэмболических осложнений, а также более точно осуществлять подбор доз антикоагулянтных препаратов при необходимости их использования [7–9].

Одним из глобальных методов оценки системы гемостаза является низкочастотная пьезотромбоэластография (НПТЭГ), основанная на регистрации изменений агрегатного состояния крови в конкретный момент времени [10, 11]. В настоящее время метод НПТЭГ нашел применение и доказал свою эффективность в кардиологии, кардиохирургии, в акушерской практике, при ортопедической патологии, а также для оценки терапии с использованием антиагрегантов и антикоагулянтов [4, 12, 13]. В ряде исследований [14–16] подтверждается большая информативность глобальных методов диагностики, в том числе метода НПТЭГ, в вопросе ран-

него выявления гиперкоагуляционных нарушений, что является крайне актуальным в связи с ростом частоты тромбоэмболических осложнений при различных патологических состояниях.

Ранее выполненное нами исследование с применением метода НПТЭГ показало наличие особенностей системы гемостаза перед предстоящим плановым хирургическим вмешательством у пациентов с идиопатическим сколиозом. Однако его ограничением явилось малое количество участников [13].

С учетом этого обстоятельства представляется интересным на предоперационном этапе уточнить ранее полученные сведения и сопоставить их с результатами лабораторного исследования системы гемостаза у этой категории пациентов. Кроме того, нуждаются в уточнении сведения об интраоперационном состоянии системы гемостаза на фоне кровопотери и проводимой инфузионной терапии, поскольку эти факторы могут оказывать значимое влияние на гемокоагуляцию [17–19]. Следует отметить, что количество исследований, посвященных изучению функционального состояния системы гемостаза у пациентов с идиопатическим сколиозом с использованием глобальных методов диагностики, крайне ограничено, а имеющиеся сведения зачастую противоречивы.

Цель исследования – определить состояние системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом перед хирургической коррекцией деформации позвоночника и на высоте интраоперационной кровопотери.

Материал и методы

Исследование одноцентровое проспективное. Период выполнения – 2022–2024 гг. Изучали показатели

системы гемостаза у 80 подростков с идиопатическим сколиозом перед плановой хирургической коррекцией деформации позвоночника. Критерии включения пациентов в исследование: идиопатический подростковый сколиоз, первичная коррекция деформации позвоночника. Критерии невключения: отклонения в предоперационных гемостазиологических тестах, геморрагический синдром в анамнезе, заболевания крови.

Пациентов женского пола было 67, мужского – 13. Основные характеристики пациентов: возраст – 14,7 [11,5; 16,9] года, масса тела – 51,0 [44,0; 58,2] кг, рост – 162,5 [156,00; 168,25] см, величина деформации позвоночника – 58,5° [51,0°; 73,0°]. Всем пациентам плановая хирургическая коррекция деформации позвоночника проводилась с использованием транспедикулярной фиксации (ТПФ) в условиях общей анестезии с искусственной вентилляцией легких: севофлуран (0,7–1,2 МАК под контролем уровня глубины анестезии, измеряемого с помощью аппарата BIS, в пределах 40–60), фентанил (0,002 мг/кг на индукцию; 0,002–0,005 мг/кг – продленная инфузия через инфузомат), кетамин (болюсное введение 0,25 мг/кг с последующей продленной инфузией 0,25 мг/кг/ч), рокуроний (1,0 мг/кг на индукцию с последующим болюсным введением 0,3 мг/кг при возникновении потребности в углублении степени миорелаксации). Средняя продолжительность операции составляла 270,0 [245,0; 291,2] мин, количество уровней ТПФ – 9,0 [9,0; 10,0], интраоперационная кровопотеря – 17,0 [13,0; 21,0] % ОЦК. Объем инфузионной терапии составил 3000,0 [2600,0; 3100,0] мл, диурез – 200,0 [150,0; 300,0] мл. У 8 (10 %) пациентов с интраоперационной кровопотерей свыше 30 % ОЦК использовали компоненты донорской крови. Данные

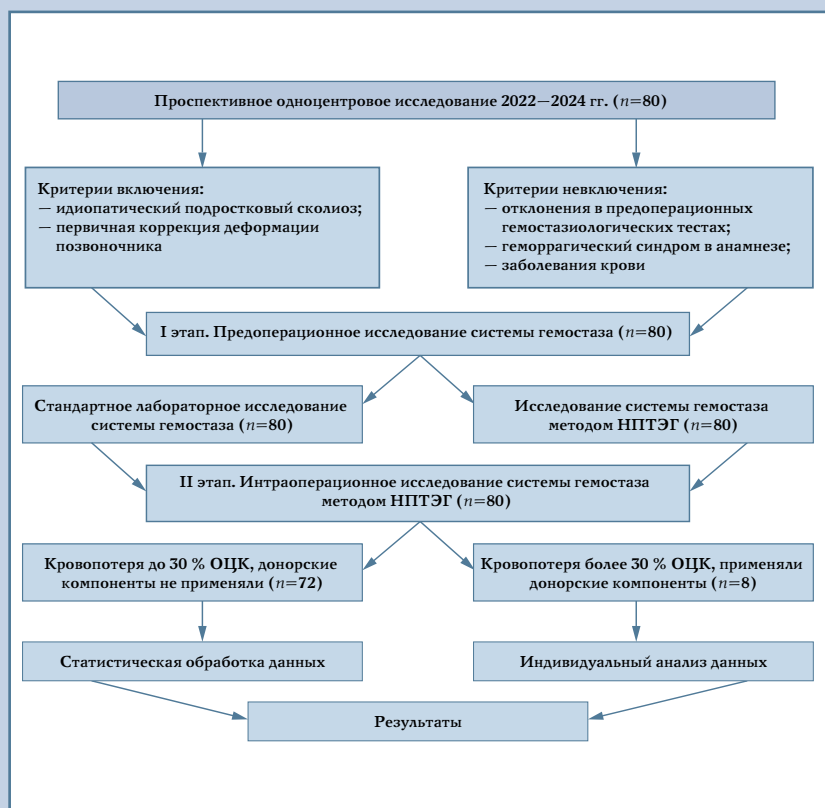


Рис. 1

Дизайн исследования: НПТЭГ – низкочастотная пьезотромбоэластография

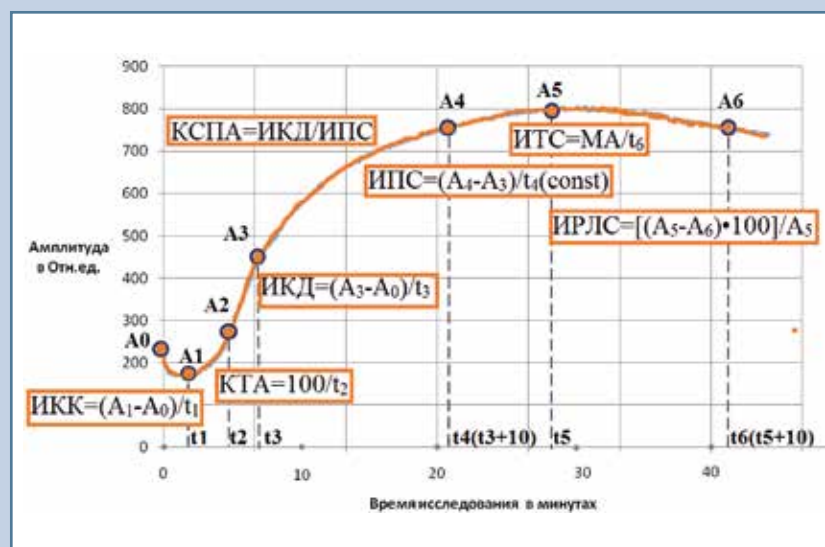


Рис. 2

Кривая низкочастотной пьезотромбоэластографии

НПТЭГ, полученные у этих пациентов, были исключены из статистического анализа показателей НПТЭГ на высоте кровопотери и анализировались в индивидуальном порядке. Дизайн исследования представлен на рис. 1.

На предоперационном этапе оценивали стандартные лабораторные показатели системы гемостаза: количество тромбоцитов, протромбиновое время, активированное частичное тромбопластиновое время, международное нормализованное отношение, уровень фибриногена (г/л). Также показатели гемостаза оценивали методом НПТЭГ с использованием аппарата «НПТЭГ МЕДНОРД», Россия (регистрационное свидетельство ФРС № РЗН 2020/12855). Исследовали и анализировали измеряемые и расчетные показатели кривой НПТЭГ (рис. 2).

Измеряемые показатели включали следующее: A_1 – максимальное снижение амплитуды за период реакции T_1 (о.е.); T_1 – период реакции (время от начала исследования до достижения минимальной амплитуды, мин); A_2 – увеличение амплитуды НПТЭГ на 100 о.е.; T_2 – время достижения амплитуды A_2 (мин); A_3 – величина амплитуды НПТЭГ в точке желирования (о.е.); T_3 – время достижения точки желирования (мин); A_4 – значение амплитуды НПТЭГ через 10 мин после достижения точки желирования (о.е.); T_4 – время через 10 мин после достижения точки желирования (мин); A_5 – максимальная амплитуда НПТЭГ, регистрируемая в течение 10 мин (о.е.); T_5 – время достижения максимальной амплитуды НПТЭГ (мин); A_6 – значение амплитуды НПТЭГ через 10 мин после достижения максимальной амплитуды (о.е.); T_6 – время через 10 мин после достижения A_5 (мин).

Расчетные показатели: ИКК – интенсивность контактной коагуляции, отражающая агрегационную активность тромбоцитов и других форменных элементов крови; КТА – константа тромбиновой активности; ИКД – интенсивность коагуляционного драйва; ИПС – интенсивность полимеризации сгустка; ИТС – интен-

сивность фибриногенеза; ИРЛС – интенсивность лизиса и ретракции сгустка (%); МА – максимальная амплитуда сгустка (о.е.), являющаяся разницей ($A_5 - A_1$, о.е.), характеризующая максимальную плотность сгустка.

Забор венозной крови для исследования системы гемостаза в лаборатории института производили в ходе подготовки пациентов к плановой операции. Исследование системы гемостаза методом НПТЭГ осуществляли дважды: накануне операции и в операционной на высоте кровопотери (этап монтажа металлоконструкции после установки транспедикулярных винтов). Кровь для исследования аспирировали из периферической вены инсулиновым шприцем в объеме 1 мл без наложения жгута.

Всем пациентам до кожного разреза с целью ингибирования процессов фибринолиза вводили транексамовую кислоту в дозе 15 мг/кг. Пациентов, которым была произведена гемо-и/или плазмотрансфузия, из статистического анализа показателей НПТЭГ на высоте кровопотери исключали ввиду возможного влияния компонентов крови на показатели свертывания крови. Инфузионную терапию проводили сбалансированными растворами кристаллоидов в объеме, соответствующем физиологическим потребностям и объему интраоперационной кровопотери. Интраоперационную кровопотерю рассчитывали путем взвешивания операционного материала и измерения объема крови, собранной из раны электрическим аспиратором.

Протокол исследования был рассмотрен на заседании локального этического комитета ФГБУ «Новосибирский НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России и получил положительное заключение (выписка № 001/22-1 из протокола 001/22 от 17.01.2022).

Все пациенты или их законные представители подтвердили возможность использования полученных результатов в формате научных докладов и публикаций путем подписания добровольного информированного согласия.

Статистические расчеты производили в программе RStudio (версия 2025.05.0 Build 496, URL: <https://www.rstudio.com>, язык R версии 4.4.2 (2024-10-31 ucrt), URL: <https://www.R-project.org/>). Значимость изменений непрерывных параметров системы гемостаза оценивали ранговым критерием Вилкоксона ввиду несоответствия распределений нормальному закону по критерию Шапиро – Уилка. Deskриптивные характеристики представлены медианой с указанием первого и третьего квартилей (МЕД [Q1; Q3]). Величину различий между исходным состоянием и на высоте кровопотери оценивали абсолютно посредством псевдомедианы разно-

стей с построением 95% доверительного интервала (95% ДИ), а также относительно – стандартизованной разницей средних с 95% ДИ. Числовые связи между параметрами системы гемостаза и данными кровопотери с инфузией оценивали расчетом коэффициентов корреляции Спирмена. Различия принимали статистически значимыми при достигнутом уровне $p < 0,05$.

Результаты

Предоперационные показатели системы гемостаза представлены в табл. 1, из которых видно, что предоперационных отклонений лабораторных показателей от референс-

Таблица 1

Предоперационные показатели системы гемостаза

Показатель	МЕД [Q1; Q3]	Референсные значения
Лабораторные показатели		
Тромбоциты	216 [186; 262]	150–400 × 10 ⁹ клеток/л
Протромбиновое время	13,40 [12,70; 14,17]	10–14 с
Международное нормализованное отношение	1,22 [1,15; 1,29]	0,8–1,2
Активированное частичное тромбопластиновое время	32,00 [30,10; 34,70]	24,3–35,0 с
Фибриноген	3,32 [2,98; 3,69]	1,56–4,00 г/л
Показатели низкочастотной пьезотромбоэластографии		
A ₁	172,00 [163,75; 182,25]	85–105 о.е.
T ₁	2,10 [1,40; 2,95]	0,8–1,6 мин
ИКК	–11,82 [–16,89; –7,19]	От –37 до –14
A ₂	270,50 [263,00; 281,25]	183–203 о.е.
T ₂	7,70 [6,27; 9,62]	3,5–4,8 мин
КТА	19,24 [15,57; 25,00]	22,2–38,5
A ₃	445,50 [395,75; 482,50]	505–525 о.е.
T ₃	12,40 [10,80; 16,70]	5,7–10,0 мин
ИКД	20,54 [16,31; 24,87]	31,9–36,0 о.е.
A ₄	555,50 [505,75; 581,00]	646–666 о.е.
T ₄	22,40 [20,80; 26,63]	15,7–20,0 мин
ИПС	10,15 [7,38; 12,33]	15,6–20,0
A ₅	579,50 [535,75; 603,00]	681–701 о.е.
T ₅	30,15 [27,07; 35,50]	28–42 мин
МА	408,50 [362,50; 435,00]	472–655 о.е.
ИТС	12,98 [11,24; 14,87]	14,68–20,12
A ₆	575,00 [524,50; 602,00]	672–692 о.е.
T ₆	40,20 [37,65; 45,50]	51–57 мин
ИРЛС	1,48 [0,53; 3,00]	0–1 %

Расшифровка показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии представлена в тексте.

ных значений не зарегистрировано. Снижение медиан показателей ИКД, ИПС, МА в сравнении с референсными значениями свидетельствует о наличии структурной гипокоагуляции. Удлинение времени образования кровяного сгустка (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) показывает наличие хронометрической гипокоагуляции. Итогом этих изменений явилось снижение ИТС. Однако соответствующие референсным значениям показатели медианы T_5 свидетельствуют о нормализации скорости образования сгустка к этапу формирования его максимальной плотности. Также зарегистрирована тенденция к усилению ретракции и лизиса сгустка.

Пример кривой НПТЭГ пациента с подростковым идиопатическим сколиозом представлен на рис. 3.

Данные корреляционного анализа, направленные на выявление связей предоперационных показателей НПТЭГ с лабораторными показателями гемостаза, представлены в табл. 2.

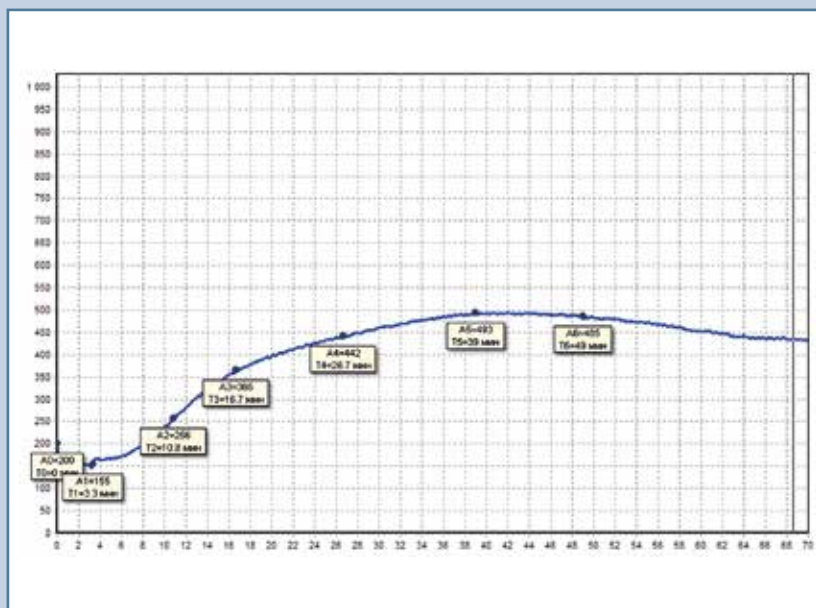


Рис. 3

Кривая низкочастотной пьезотромбоэластографии подростка с идиопатическим сколиозом

Таблица 2

Корреляционные связи предоперационных показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии с лабораторными показателями гемостаза

Показатель	Протромбиновое время r (p)	Международное нормализованное отношение r (p)	Активированное частичное тромбопластиновое время r (p)	Фибриноген r (p)
A_1	-0,01 (0,950)	0,00 (0,984)	-0,01 (0,915)	0,05 (0,648)
T_1	-0,14 (0,218)	-0,13 (0,236)	0,09 (0,434)	-0,05 (0,692)
ИКК	-0,14 (0,210)	-0,13 (0,242)	-0,03 (0,771)	0,04 (0,716)
A_2	-0,02 (0,888)	-0,01 (0,952)	-0,02 (0,878)	0,05 (0,695)
T_2	-0,07 (0,520)	-0,07 (0,554)	0,25 (0,024*)	-0,23 (0,045*)
КТА	0,00 (0,970)	0,00 (0,996)	-0,18 (0,115)	0,23 (0,045*)
A_3	-0,12 (0,274)	-0,12 (0,285)	-0,02 (0,852)	0,16 (0,154)
T_3	-0,06 (0,585)	-0,06 (0,609)	0,25 (0,023*)	-0,15 (0,196)
ИКД	-0,01 (0,938)	-0,01 (0,894)	-0,24 (0,036*)	0,28 (0,013*)
A_4	-0,11 (0,336)	-0,11 (0,334)	-0,05 (0,674)	0,20 (0,081)
T_4	-0,05 (0,667)	-0,04 (0,690)	0,24 (0,033*)	-0,16 (0,154)
ИПС	-0,04 (0,741)	-0,05 (0,676)	-0,07 (0,545)	0,08 (0,465)
A_5	-0,06 (0,609)	-0,06 (0,590)	-0,02 (0,859)	0,12 (0,311)
T_5	0,13 (0,248)	0,13 (0,266)	0,32 (0,004*)	-0,36 (0,001*)
МА	-0,06 (0,598)	-0,06 (0,578)	-0,03 (0,823)	0,11 (0,347)
ИТС	-0,12 (0,304)	-0,12 (0,294)	-0,28 (0,011*)	0,38 (<0,001*)
A_6	-0,04 (0,727)	-0,04 (0,713)	-0,06 (0,625)	0,05 (0,678)
T_6	0,15 (0,187)	0,14 (0,204)	0,30 (0,007*)	-0,29 (<0,001*)
ИРЛС	-0,13 (0,265)	-0,13 (0,264)	0,03 (0,785)	0,25 (0,031*)

* $p < 0,05$; расшифровка показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии представлена в тексте.

Таблица 3

Сравнение исходных показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии с показателями на высоте кровопотери

Показатель	Исходно МЕД [Q1; Q3]	На высоте кровопотери МЕД [Q1; Q3]	Оценки различия (Effect size) ПСЕВДО МЕД [95% ДИ]	Критерий Вилкоксона, p-уровень
A ₁	172,0 [164,25; 181,75]	181,0 [172,00; 187,00]	–5,5 [–6,00; –5,00]	0,006*
T ₁	2,1 [1,40; 2,90]	1,3 [0,90; 1,78]	0,9 [0,85; 0,95]	<0,001*
ИКК	–11,825 [–16,560; –7,020]	–14,645 [–18,610; –9,600]	2,500 [2,230; 2,850]	0,044*
A ₂	271,5 [264,00; 280,75]	280,0 [272,00; 286,75]	–5,5 [–6,00; –5,00]	0,007*
T ₂	7,70 [6,35; 9,78]	5,45 [4,12; 7,18]	2,15 [2,05; 2,20]	<0,001*
КТА	18,18 [15,63; 25,00]	24,39 [17,94; 35,71]	–5,83 [–6,18; –5,45]	<0,001*
A ₃	450,5 [396,50; 492,75]	468,5 [419,00; 496,75]	–5,0 [–7,50; –2,50]	0,613
T ₃	12,70 [10,90; 16,92]	11,05 [7,90; 14,30]	2,52 [2,25; 2,70]	0,006*
ИКД	20,535 [15,59; 25,01]	26,165 [21,72; 31,95]	–5,630 [–5,83; –5,38]	<0,001*
A ₄	557,0 [505,50; 581,75]	576,5 [543,50; 598,00]	–17,0 [–19,00; –15,50]	0,040*
T ₄	22,70 [20,09; 26,70]	21,05 [17,90; 24,30]	2,40 [2,20; 2,60]	0,004*
ИПС	10,1 [6,60; 12,10]	10,4 [7,65; 13,80]	1,2 [–1,35; –1,05]	0,121
A ₅	581,5 [535,25; 610,00]	601,0 [569,00; 631,50]	–20,0 [–21,50; –18,00]	0,041*
T ₅	30,30 [28,15; 35,50]	28,55 [23,55; 32,18]	3,25 [3,05; 3,45]	0,008*
МА	412,0 [361,75; 435,75]	422,0 [395,25; 449,50]	–14,5 [–16,00; –12,50]	0,109
ИТС	12,88 [11,17; 14,77]	14,69 [12,97; 17,03]	–2,51 [–2,58; –2,38]	<0,001*
A ₆	577,0 [526,00; 603,00]	591,0 [551,00; 626,00]	–13,0 [–15,00; –10,05]	0,228
T ₆	40,40 [38,30; 45,50]	38,20 [33,50; 42,10]	3,45 [3,25; 3,75]	0,003*
ИРЛС	1,28 [0,41; 2,80]	1,81 [0,46; 4,83]	–0,93 [–1,04; –0,84]	0,086

* p < 0,05; расшифровка показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии представлена в тексте.

Как видно из данных табл. 2, значимых корреляционных связей между изучаемыми показателями не установлено. Можно отметить лишь умеренную связь ИТС и уровня фибриногена.

В табл. 3 представлено сравнение предоперационных значений НПТЭГ с данными, полученными на высоте кровопотери.

При сравнении исходных данных НПТЭГ с показателями на высоте кровопотери отмечается нормализация показателей ИКК, КТА и ИТС, а статистически значимые отличия ряда временных и амплитудных показателей стали менее выраженными, что, на наш взгляд, обеспечило адекватную реакцию системы гемостаза на хирургическую травму.

Корреляционная зависимость исходных показателей НПТЭГ и разницы исходных показателей с показателями НПТЭГ на высоте кровопотери (Δ) с объемом интраоперационной кровопотери и объемом инфузионной терапии представлена в табл. 4.

Данные табл. 4 свидетельствуют о наличии умеренной корреляционной связи интенсивности контактной коагуляции с объемом интраоперационной кровопотери (в % ОЦК). Связей, свидетельствующих о влиянии инфузионной терапии на показатели НПТЭГ, не выявлено.

Отдельно анализировали восемь клинических наблюдений, которые составили 10 % от общей выборки пациентов, когда интраоперационная кровопотеря превысила 30 % ОЦК и требовала применения компонентов донорской крови. Результаты анализа показали, что во всех этих случаях сохранялся общий тренд на гипокоагуляцию, при этом значения ряда показателей имели более выраженные отклонения от референсных величин в сравнении с показателями НПТЭГ тех пациентов, которым компоненты крови не применяли: удлинение T₁, снижение ИКД, ИПС, КТА, МА, значительное увеличение ИРЛС. В одном случае зарегистрированы значительные изменения показателей предопе-

рационной НПТЭГ в виде выраженной активации форменных элементов крови (t₁ → 0; ИКК → 0; увеличение A₁), повышения тромбиновой активности до 45,5 и усиления фибринолитической активности до 9,8 %. Результатом этих нарушений явилась массивная интраоперационная кровопотеря, достигшая 62 % ОЦК. Каких-либо нарушений в стандартных лабораторных тестах во всех этих наблюдениях не зарегистрировано.

Предоперационная кривая НПТЭГ пациента с массивной интраоперационной кровопотерей представлена на рис. 4.

Обсуждение

Глобальные методы диагностики состояния системы гемостаза, основанные на исследовании вязкоэластических свойств цельной крови, в настоящее время приобретают все более широкое распространение в связи с возможностью максимального точного определения гемостати-

Таблица 4

Корреляционная зависимость исходных показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии и Δ показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии с объемом интраоперационной кровопотери (КРП) и объемом инфузионной терапии

Показатель исходно	КРП, мл $r(p)$	КРП, % ОЦК $r(p)$	Δ показателя	Инфузия, мл $r(p)$	КРП, мл $r(p)$	КРП, % ОЦК $r(p)$
A ₁	0,02 (0,888)	-0,07 (0,518)	ΔA_1	-0,08 (0,513)	-0,14 (0,237)	-0,37 (0,002*)
T ₁	-0,05 (0,665)	0,08 (0,446)	ΔT_1	0,04 (0,739)	-0,03 (0,832)	0,17 (0,165)
ИКК	0,04 (0,717)	0,02 (0,824)	Δ ИКК	-0,05 (0,652)	-0,11 (0,367)	-0,12 (0,336)
A ₂	0,01 (0,943)	-0,07 (0,531)	ΔA_2	-0,10 (0,408)	-0,17 (0,172)	-0,38 (0,001*)
T ₂	0,02 (0,846)	0,09 (0,418)	ΔT_2	-0,13 (0,285)	-0,06 (0,639)	0,02 (0,852)
КТА	-0,06 (0,603)	-0,07 (0,510)	Δ КТА	0,13 (0,279)	0,07 (0,589)	0,06 (0,625)
A ₃	-0,07 (0,515)	-0,16 (0,144)	ΔA_3	-0,04 (0,744)	-0,15 (0,228)	-0,29 (0,013*)
T ₃	0,05 (0,671)	0,07 (0,526)	ΔT_3	-0,09 (0,477)	-0,07 (0,589)	-0,10 (0,414)
ИКД	-0,04 (0,734)	-0,10 (0,346)	Δ ИКД	0,10 (0,406)	0,07 (0,568)	0,06 (0,598)
A ₄	-0,11 (0,299)	-0,24 (0,024*)	ΔA_4	-0,08 (0,526)	-0,13 (0,281)	-0,27 (0,023*)
T ₄	0,06 (0,601)	0,08 (0,478)	ΔT_4	-0,07 (0,588)	-0,07 (0,540)	-0,10 (0,407)
ИПС	-0,07 (0,521)	-0,09 (0,411)	Δ ИПС	-0,08 (0,516)	0,03 (0,788)	0,13 (0,275)
A ₅	-0,13 (0,237)	-0,26 (0,016*)	ΔA_5	-0,08 (0,528)	-0,07 (0,583)	-0,19 (0,115)
T ₅	-0,01 (0,952)	0,04 (0,729)	ΔT_5	-0,12 (0,328)	-0,07 (0,579)	-0,10 (0,417)
МА	-0,12 (0,260)	-0,24 (0,023*)	Δ МА	-0,04 (0,717)	-0,03 (0,832)	-0,12 (0,329)
ИТС	0,00 (0,964)	-0,07 (0,507)	Δ ИТС	0,09 (0,468)	0,07 (0,556)	0,10 (0,392)
A ₆	-0,11 (0,310)	-0,25 (0,020*)	ΔA_6	-0,01 (0,963)	-0,02 (0,841)	-0,16 (0,181)
T ₆	0,00 (0,967)	0,05 (0,652)	ΔT_6	-0,10 (0,428)	-0,04 (0,715)	-0,08 (0,518)
ИРЛС	-0,09 (0,391)	-0,03 (0,784)	Δ ИРЛС	-0,16 (0,201)	-0,07 (0,561)	0,03 (0,817)

* $p < 0,05$; расшифровка показателей низкочастотной пьезотромбоэластографии представлена в тексте.

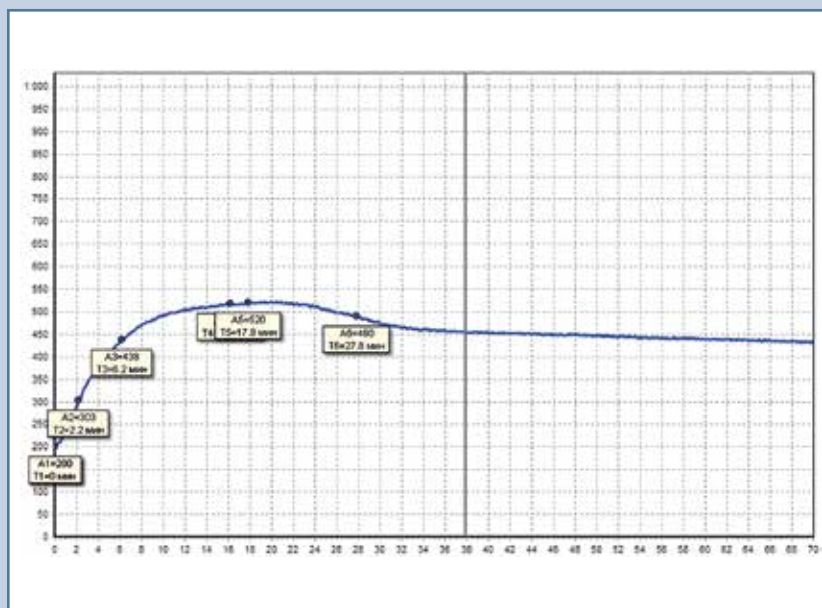


Рис. 4

Кривая низкочастотной пьезотромбоэластографии пациента с массивной интраоперационной кровопотерей

ческого профиля пациентов [20–22]. Метод НПТЭГ предусматривает начало анализа цельной крови сразу после ее забора и позволяет отслеживать динамику изменений свойств сгустка крови непосредственно во время процесса гемокоагуляции [23]. Несмотря на распространение глобальных методов диагностики, стандартные лабораторные исследования системы гемостаза по-прежнему актуальны.

В представленном исследовании предоперационных отклонений лабораторных показателей от референсных значений не зарегистрировано. Об отсутствии отклонений от нормы предоперационных стандартных гемостазиологических тестов у пациентов с идиопатическим сколиозом сообщают и другие авторы. По их мнению, именно это обстоятельство не позволяет выявить какое-либо специфическое отклонение, которое могло бы предсказать будущую кровопотерю, что является значительным ограничением в практической дея-

тельности [18]. В то же время использование глобальных тестов диагностики дает важнейшую информацию, позволяющую выявить нарушения в системе гемостаза, возможно, ответственные за результирующий объем интраоперационной кровопотери.

Так, в выполненном нами исследовании при анализе медиан показателей НПТЭГ стало очевидно, что у обследованных пациентов имеет место структурная и хронометрическая гипокоагуляция. Итогом этих нарушений явилось снижение интенсивности тотального свертывания крови. Также зарегистрирована тенденция к усилению ретракции и лизиса сгустка. С учетом этого обстоятельства введение антифибринолитического препарата до начала операции явилось совершенно оправданным. На то, что фибринолиз – это область, на которой следует сосредоточить усилия для улучшения гемостаза пациентов во время хирургического вмешательства по поводу сколиоза, указывают и другие исследователи [18]. Представленные особенности предоперационного состояния системы гемостаза у пациентов с идиопатическим сколиозом подтверждают данные, полученные нами ранее [13]. О наличии у ряда пациентов с грубыми формами сколиоза фонового состояния гипокоагуляции сообщают и другие авторы [24].

Анализ показателей НПТЭГ, полученных на высоте кровопотери, показал, что состояние структурной и хронометрической гипокоагуляции сохранялось, однако изменения ряда временных и амплитудных показателей стали менее выраженными, что, на наш взгляд, обеспечило адекватную реакцию системы гемостаза на хирургическую травму. Подтверждением этому является тот факт, что, несмотря на наличие гипокоагуляционных сдвигов, интраоперационная кровопотеря у 36 (45 %) пациентов не превысила 15 % ОЦК, еще у 36 (45 %) – не превысила 30 % ОЦК и не требовала использования компонентов донорской крови. Это, в свою очередь, позволило подтвердить вывод, сделанный нами ранее, что система гемостаза

у подавляющего большинства больных с идиопатическим сколиозом находится в состоянии адекватной и эффективной саморегуляции [13]. В то же время анализ данных НПТЭГ пациентов с кровопотерей, превышающей 30 % ОЦК, показал, что регистрация на начальном этапе исследования выраженной активации форменных элементов крови, а также значительное повышение тромбиновой активности и усиление фибринолитической активности могут рассматриваться как прогностические факторы массивной кровопотери. Подтверждением этому является установленная умеренная корреляционная связь интенсивности контактной коагуляции с объемом интраоперационной кровопотери.

Полученные нами результаты в некоторых суждениях перекликаются с данными других исследователей, изучавших методом тромбоэластографии периоперационную динамику изменений в системе гемостаза у детей, оперированных по поводу деформации позвоночника. Так, в исследовании К.В. Пшениснова и соавт. [17], включившем 20 пациентов, было установлено, что наиболее выраженные изменения показателей гемостаза наблюдались в конце операции, при этом имела место гипокоагуляция. Однако зарегистрированное состояние гипокоагуляции авторы исследования связали с дефицитом факторов свертывания на фоне острой кровопотери, в частности фибриногена, уровень которого статистически значимо снижался к концу операции. При этом в показателях фибринолиза статистически значимой разницы между исходными значениями и данными при завершении операции выявлено не было. Полученные результаты позволили авторам сделать вывод, что основным фактором, определяющим состояние гипокоагуляции у детей, оперированных на позвоночнике, является величина интраоперационной кровопотери. Учитывая результаты выполненного исследования и данные, полученные ранее, мы склоняемся к иной точке зрения: пациенты подросткового воз-

раста с идиопатическим сколиозом имеют исходные особенности системы гемостаза в виде структурной и хронометрической гипокоагуляции, степень выраженности которой и определяет в конечном итоге объем интраоперационной кровопотери. Мы предполагаем также, что именно состояние структурной и хронометрической гипокоагуляции вносит основной вклад в частоту развития тромбоэмболических осложнений в хирургии сколиоза, которая является крайне низкой в сравнении с другими ортопедическими вмешательствами [25].

Однако есть и противоположные сведения, основанные на данных тромбоэластографии и лабораторных тестах: стресс, возникающий при операциях заднего спондилодеза у пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом, вызывает состояние гиперкоагуляции, тромбоциты и факторы свертывания крови на фоне кровопотери не истощаются, а фибринолиз различной степени выраженности развивается в течение первых двух часов после операции [18]. О наличии гиперкоагуляционных сдвигов в первые шесть часов после коррекции сколиоза по данным лабораторных методов диагностики сообщают и другие авторы [26].

В настоящем исследовании проведен корреляционный анализ, направленный на выявление связей между показателями НПТЭГ, результатами стандартных лабораторных тестов, величиной кровопотери и объемом инфузионной терапии. Значимых корреляционных связей не установлено.

Мы понимаем, что представленные результаты дают усредненную информацию о функциональном состоянии системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом и не могут экстраполироваться на всю когорту пациентов и на каждый конкретный случай. Данный факт подтверждает важность и обоснованность персонифицированной предоперационной оценки системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом с использованием глобальных методов диагностики.

Насколько нам известно, выполненное исследование является самым большим отечественным исследованием, в котором для оценки системы гемостаза у подростков с идиопатическим сколиозом применен метод НПТЭГ. В то же время исследование имеет ряд ограничений, основными из которых являются отсутствие послеоперационного контроля, отсутствие динамики стандартных лабораторных показателей и отсутствие регрессионного анализа с целью установления предикторов ожидаемой интра-

операционной кровопотери. Устранение указанных ограничений будет являться областью наших будущих исследований.

Заключение

Установленным фоновым отклонением в коагуляционном профиле у подростков с идиопатическим сколиозом является наличие структурной и хронометрической гипокоагуляции на всех этапах процесса гемостаза – от инициации свертывания кро-

ви до лизиса сгустка. Обеспечение интраоперационной инфузионной поддержки с использованием сбалансированных кристаллоидных растворов не оказывает значимого влияния на показатели гемостаза. Применение метода низкочастотной пьезотромбоэластографии может применяться для оценки функционального состояния системы гемостаза, но только с позиций персонифицированной регистрации и анализа.

Литература/References

1. Мусинов И.М. Система гемостаза. Известия Российской Военно-медицинской академии. 2016;55(3):167–170. [Musinov IM. Hemostasis system. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2016;(3):167–170]. EDN: YJMFWH
2. Счастливцев И.В., Лобастов К.В., Цаплин С.Н., Мкртычев Д.С. Современный взгляд на систему гемостаза: клеточная теория. *Медицинский совет*. 2019;(16):72–77. [Schastlivcev IV, Lobastov KV, Caplin SN, Mkrtychev DS. Modern view on hemostasis system: cell theory. *Medical Council*. 2019;(16):72–77]. DOI: 10.21518/2079-701X-2019-16-72-77 EDN: SMGYFK
3. Борин В.В., Лебедева М.Н., Кирилина С.И. Система гемостаза при высокотравматических вмешательствах на позвоночник и крупных суставах. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(5):207. [Borin VV, Lebedeva MN, Kirilina SI. Hemostasis system of in highly traumatic interventions on the spine and large joints. *Modern Problems of Science and Education*. 2018;(5):207]. EDN: VLCHRG
4. Мустафин И.Г., Курманбаев Т.Е., Шмидт А.А., Тимошкова Ю.Л., Атаянц К.М. «Глобальные» методы исследования системы гемостаза в современной акушерской практике. *Казанский медицинский журнал*. 2019;100(6):958–964. [Mustafin IG, Kurmanbaev TE, Schmidt AA, Timoshkova YuL, Atayants KM. "Global" assays of hemostasis in modern obstetrical practice. *Kazan Medical Journal*. 2019;100(6):958–964]. DOI: 10.17816/KMJ2019-958 EDN: QJKEYY
5. Monard ALL, Mussert CMA, van Duijl TT, Kruij MJHA, Henskens YMC, van den Biggelaar M, Schutgens REG, Schols SEM, Fijnvandraat KJ, Meijer K, den Exter PL, Nieuwenhuizen I, van Moort I, Baker RI, O'Donnell JS, Cnossen MH, Heubel-Moenen FCJJ. Bleeding disorder of unknown cause: an illustrated review on current practice, knowledge gaps, and future perspectives. *Res Pract Thromb Haemost*. 2024;8:102625. DOI: 10.1016/j.rpth.2024.102625
6. Baker RI, Choi P, Curry N, Gebhart J, Gomez K, Henskens Y, Heubel-Moenen F, James P, Kadir RA, Kouides P, Lavin M, Lordkipanidze M, Lowe G, Mumford A, Mutch N, Nagler M, Othman M, Pabinger I, Sidonio R, Thomas W, O'Donnell JS. Standardization of definition and management for bleeding disorder of unknown cause: communication from the SSC of the ISTH. *J Thromb Haemost*. 2024;22:2059–2070. DOI: 10.1016/j.jth.2024.03.005
7. Дементьева Г.И., Лобастов К.В., Скопинцев В.Б., Лаберко Л.А. Возможности глобальных тестов оценки системы гемостаза в прогнозировании венозных тромбоэмболических осложнений в хирургической практике. *Хирург*. 2017;(4):27–38. [Dementieva GI, Lobastov KV, Skopintsev VB, Laberko LA. The possibility of global assessment tests of the hemostatic system in the prediction of venous thromboembolism in surgical practice. *Surgeon*. 2017;(4):27–38]. EDN: VYWCDF
8. Wikkelsø A, Wetterslev J, Møller AM, Afshari A. Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding. *Cochrane Database Syst Rev*. 2026;2016:CD007871. DOI: 10.1002/14651858.CD007871.pub3
9. Yuan WH, Liu HC, Zeng LK, Liu HY, Zhao LX, Mo LX. [Change of thromboelastography in children's DIC and analysis of its sensitivity and specificity for diagnosis of DIC]. *Zhongguo Shi Yan Xue Ye Xue Za Zhi*. 2017;25:847–852. DOI: 10.7534/j.issn.1009-2137.2017.03.039
10. Тютрин И.И., Удуд В.В. Низкочастотная пьезотромбоэластография цельной крови: алгоритмы диагностики и коррекции гемостазиологических расстройств. Томск, 2016. [Tyutrin II, Udut VV. Low-frequency Piezothromboelastography of Whole Blood: Algorithms for Diagnostics and Correction of Hemostasis Disorders. Tomsk, 2016]. EDN: ZTOKSN
11. Удуд В.В., Тютрин И.И., Котловская Л.Ю., Соловьев М.А., Жуков Е.Л., Ластовецкий А.Г., Бородулина Е.В., Котловский М.Ю. Технология низкочастотной пьезотромбоэластографии в оценке гемостатического потенциала. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2016;(4):104–113. [Udud VV, Tyutrin II, Kotlovskaya LYu, Solovov MA, Zhukov EL, Lastovetskiy AG, Bородулина EV, Kotlovsky MY. Technology low-frequency piezothromboelastography in evaluation of haemostatic potential. *Journal Of New Medical Technologies, E-Edition*. 2016;(4):104–113]. DOI: 10.12737/22220 EDN: XGRQMZ
12. Овчинников Ю.В., Паценко М.Б., Гуляев Н.И., Лебедев М.А. Изменения системы свертывания крови у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. *Клиническая медицина*. 2023;101(4–5):181–187. [Ovchinnikov YuV, Patsenko MB, Gulyaev NI, Lebedev MA. Changes in the blood coagulation system in patients with chronic heart failure. *Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2023;101(4–5):181–187]. DOI: 10.30629/0023-2149-2023-101-4-5-181-187 EDN: LACLF8
13. Лебедева М.Н., Терещенкова Е.В., Тютрин И.И., Агеев А.М., Иванова А.А. Применение метода низкочастотной пьезотромбоэластографии для оценки гемостатического потенциала крови у больных с идиопатическим сколиозом. *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2014;34(6):61–66. [Lebedeva MN, Tereshchenkova EV, Tyutrin II, Ageevko AM, Ivanova AA. Application of low-frequency piezoelectric thromboelastography for assessing hemostatic potential of the blood in patients with idiopathic scoliosis.

- Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences.* 2014;34(6):61–66. EDN: TGHWFZ
14. **Рамазанова З.Г., Паршина С.С.** Коагуляционный гемостаз и состояние тромботической готовности у кардиологических больных с хронической сердечной недостаточностью и отягощенным онкоанамнезом. *Кардиология: новости, мнения, обучение.* 2025;13(1):38–44. [Ramazanova ZG, Parshina SS. Coagulation hemostasis and thrombotic readiness in cardiac patients with chronic heart failure and a history of cancer. *Cardiology: news, opinions, training.* 2025;13(1):38–44]. DOI: 10.33029/2309-1908-2025-13-1-38-44 EDN: JVCBSW
 15. **Лебедева М.Н., Витковская И.В., Иванова Е.Ю., Лукинов В.Л., Рерих В.В.** Проблема венозных тромбозомболических осложнений при осложненной травме шейного отдела позвоночника. *Хирургия позвоночника.* 2024;21(1):14–26. [Lebedeva MN, Vitkovskaya IV, Ivanova EYu, Lukinov VL, Rerikh VV. Venous thromboembolism in complicated cervical spine injury. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2024;21(1):14–26]. DOI: 10.14531/ss2024.1.14-26 EDN: XJVRIK
 16. **Честнова Т.В., Меркулова А.О.** Тромбоэластография как интегральный метод исследования системы гемостаза и необходимость его применения в акушерской практике. *Вестник новых медицинских технологий.* 2023;(2):97–100. [Chestnova TV, Merkulova AO. Thromboelastography as an integral method of hemostasis system investigation and the necessity of its application in obstetric practice. *Journal of New Medical Technologies.* 2023;(2):97–100]. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-97-100 EDN: NVXQNO
 17. **Пшениснов К.В., Александрович Ю.С., Виссарионов С.В., Козырев А.С., Рязанова Н.Е., Сахипова Л.Р.** Влияние инфузионной терапии на показатели гемостаза при операциях на позвоночнике у детей. *Трансфузиология.* 2017;18(4):42–52. [Pshenisnov KV, Aleksandrovich YuS, Vissarionov SV, Kozыrev AS, Ryzanov NE, Sakhipova LR. The influence of infusion therapy on hemostasis parameters during spinal surgeries in children. *Transfusiology.* 2017;18(4):42–52]. EDN: XWFB0X
 18. **Bosch P, Kenkre TS, Londino JA, Cassara A, Yang C, Waters JH.** Coagulation profile of patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98:e88. DOI: 10.2106/JBJS.16.00114
 19. **Kozek-Langenecker SA.** Fluids and coagulation. *Curr Opin Crit Care.* 2015;21:285–291. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000219
 20. **Volod O, Bunch CM, Zackariya N, Moore EE, Moore HB, Kwaan HC, Neal MD, Al-Fadhli MD, Patel SS, Wiarda G, Al-Fadhli HD, McCoy ML, Thomas AV, Thomas SG, Gillespie L, Khan RZ, Zamlut M, Kamphues P, Fries D, Walsh MM.** Viscoelastic hemostatic assays: a primer on legacy and new generation devices. *J Clin Med.* 2022;11:860. DOI: 10.3390/jcm11030860
 21. **Favaloro EJ, Pasalic L.** Innovative diagnostic solutions in hemostasis. *Diagnostics (Basel).* 2024;14:2521. DOI: 10.3390/diagnostics1422521
 22. **Yoon JU, Cheon JH, Choi YJ, Byeon GJ, Ahn JH, Choi EJ, Park JY.** The correlation between conventional coagulation tests and thromboelastography in each phase of liver transplantation. *Clin Transplant.* 2019;33:e13478. DOI: 10.1111/ctr.13478
 23. **Демкин В.П., Мельничук С.В., Удуд В.В., Тютрин И.И., Демкин О.В.** Физические принципы метода низкочастотной пьезотромбоэластографии для изучения реологических свойств цельной крови. *Известия вузов. Физика.* 2019;62(6):47–56. [Demkin VP, Melnichuk SV, Udud VV, Tyutrin II, Demkin OV. Physical principles of the low-frequency piezothromboelastography method for studying the rheological properties of whole blood. *Izvestiya Vuzov. Physics.* 2019;62(6):47–56]. DOI: 10.17223/00213411/62/6/47 EDN: HGTXMD
 24. **Астафьева Е.И., Воловик В.Е.** Состояние гемостаза у больных с грубыми формами сколиоза. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук.* 2007;54(56):20. [Astafyeva EI, Volovik VE. Hemostasis state in patients with severe forms of scoliosis. *Acta Biomedica Scientifica.* 2007;54(56):20]. EDN: KJAJD
 25. **Лебедева М.Н., Иванова А.А.** Венозные тромбозомболические осложнения в хирургии сколиоза: обзор литературы. *Хирургия позвоночника.* 2025;22(1):34–41. [Lebedeva MN, Ivanova AA. Venous thromboembolic complications in scoliosis surgery: a review of the literature. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2025;22(1):34–41]. DOI: 10.14531/ss2025.1.34-41 EDN: XSBIXY
 26. **Ежевская А.А., Овечкин А.М., Прусакова Ж.Б., Загреков В.И., Леонтьев А.В.** Влияние эпидуральной анестезии на гемодинамику и систему гемостаза при операциях коррекции сколиоза. *Хирургическая практика.* 2012;(4):19–23. [Ezhevskaya AA, Ovechkin AM, Prusakova ZhB, Zagrekov VI, Leontiev AV. Effect of epidural anesthesia on hemodynamics and hemostasis system in operations of correction of scoliosis. *Surgical Practice.* 2012;(4):19–23]. EDN: RCYLCX

Статья поступила в редакцию 16.12.2025

Рецензирование пройдено 27.01.2026

Подписано в печать 17.03.2026

Received 16.12.2025

Review completed 27.01.2026

Passed for printing 17.03.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.А. Иванова – разработка методологии, проведение исследования, работа с данными, администрирование проекта, написание черновика рукописи, просмотр и редактирование рукописи, обязанности контактного автора; М.Н. Лебедева – определение концепции, разработка методологии, администрирование проекта, просмотр и редактирование рукописи, руководство исследованием. 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. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна (выписка № 001/22-1 из протокола 001/22 от 17.01.2022).

Согласие на публикацию. Все участники исследования или их законные представители добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Анастасия Александровна Иванова, канд. мед. наук; Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; eLibrary SPIN: 4062-3718; ORCID: 0000-0002-7815-8487; aivanova.nsk@yandex.ru
Майя Николаевна Лебедева, д-р мед. наук, доцент; eLibrary SPIN: 5169-5532; ORCID: 0000-0002-9911-8919; MLebedeva@niito.ru

Authors' Info

✉ Anastasia Aleksandrovna Ivanova, MD, Cand. Sci. (Medicine); 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: 4062-3718; ORCID: 0000-0002-7815-8487; aivanova.nsk@yandex.ru
Mayya Nikolaevna Lebedeva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; eLibrary SPIN: 5169-5532; ORCID: 0000-0002-9911-8919; MLebedeva@niito.ru



НЕЙРОМЫШЕЧНЫЕ СКОЛИОЗЫ У ДЕТЕЙ: ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И ФУНКЦИЯ ЛЕГКИХ (АНАЛИТИКО-СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А.В. Макарова¹, А.А. Першин¹, А.Ю. Мушкин^{1, 2}

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

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Систематический анализ современных публикаций, посвященных хирургической коррекции нейромышечных сколиозов у детей и ее связи с функцией легких.

Материал и методы. Поиск научных источников осуществляли в соответствии с PRISMA. Протокол разработан априорно, в международных регистрах систематических обзоров не регистрировался. Поиск производился в базах данных PubMed/Medline, Scopus, Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary, КиберЛенинка, РУКОНТ. Из 938 записей, обнаруженных в базах данных, в обзор включены 69 работ.

Результаты. Важнейшим положительным эффектом хирургической коррекции деформации позвоночника при нейромышечном сколиозе в отношении функции легких считается не регресс дыхательных нарушений, а их стабилизация или замедление прогрессирования. Основное противоречие заключается в том, что метод, обеспечивающий максимальную коррекцию и стабильность (задний инструментальный и костный спондилодез), у растущих детей необратимо останавливает рост позвоночника и грудной клетки, потенциально ограничивая развитие легких. В то же время технологии сохранения роста сопряжены с ожидаемо меньшей одномоментной коррекцией деформации при более высокой частоте запланированных послеоперационных осложнений, тяжесть которых тем не менее несравнимо меньше, чем при заключительном спондилодезе. Данные об эффективности многих рост-сберегающих систем (Shilla, Luque trolley) при нейромышечном сколиозе остаются фрагментарными.

Заключение. Анализ хирургических методик коррекции нейромышечного сколиоза и их влияния на дыхательную функцию пациентов демонстрирует дефицит и противоречивость данных; отсутствуют единые критерии оценки функции дыхания; когорты пациентов различаются по нозологии нейромышечного сколиоза, прогнозу основного заболевания, тяжести функционального статуса, возрасту и величине деформации.

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

Для цитирования: Макарова А.В., Першин А.А., Мушкин А.Ю. Нейромышечные сколиозы у детей: хирургическое лечение и функция легких (аналитико-систематический обзор) // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 36–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.36-47>

NEUROMUSCULAR SCOLIOSIS IN CHILDREN: SURGICAL TREATMENT AND LUNG FUNCTION (ANALYTICAL AND SYSTEMATIC REVIEW)

A.V. Makarova¹, A.A. Pershin¹, A.Yu. Mushkin^{1,2}

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

²Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

Objective. To systematically review current publications on surgical correction of neuromuscular scoliosis in children and its relationship with lung function.

Material and Methods. A search of scientific sources was conducted in accordance with PRISMA standard. The protocol was developed a priori and was not included in international registries of systematic reviews. The search included PubMed/Medline, Scopus, the Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary.ru, CyberLeninka, and Rucont. Of the 938 database entries, 69 studies were included in the review.

Results. The most important positive effect of surgical correction of spinal deformity associated with neuromuscular scoliosis on pulmonary function is considered to be stabilization or slowing of the progression rather than regression of respiratory impairment. The main controversy lies in the fact that the method that provides maximum correction and stability (posterior instrumentation and fusion) irreversibly halts the growth of the spine and thorax in growing children, potentially limiting lung development. At the same time, growth-friendly technologies are associated with an expectedly smaller immediate deformity correction and with a higher incidence of planned postoperative complications, which, however, are incomparably less severe than with final fusion. Data on the effectiveness of many growth-preserving systems (Shilla, Luque trolley) in neuromuscular scoliosis remain fragmentary.

Conclusion. The analysis of surgical correction techniques in neuromuscular scoliosis and their impact on patients' respiratory function demonstrates a lack and inconsistency of data; there are no uniform criteria for assessing respiratory function; patient cohorts differ in the nosology and prognosis of the underlying disease, severity of functional status, age, and magnitude of deformity.

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

Please cite this paper as: Makarova AV, Pershin AA, Mushkin AY. Neuromuscular scoliosis in children: surgical treatment and lung function (analytical and systematic review). Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):36–47. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.36-47>

Нейромышечный сколиоз (НМС) является тяжелым ортопедическим осложнением ряда нервно-мышечных заболеваний, преимущественно врожденного генеза (спинальной мышечной атрофии, детского церебрального паралича, мышечной дистрофии Дюшенна, миеломенингоцеле, травмы спинного мозга, ассоциированных с миелопатией генетических синдромов и других), дифференцируемых, прежде всего, по преобладающему центральному или периферическому нейронному или мышечному звену нарушения [1–5]. С учетом популяционной распространенности нервно-мышечных заболеваний (1 случай на 3–3,5 тыс. населения) и частоты НМС при них (60–90 %, в том числе при наиболее частом варианте – детском церебральном параличе с тяжелыми моторными нарушениями (GMFCS IV–V) НМС – 85 %) проблема приобретает огромную клинико-социальную и экономическую значимость [4, 5].

Типичными для НМС являются сопутствующие нарушения дыхания, обычно обусловленные сочетанием слабости дыхательной мускулатуры с вторичными рестриктивными изменениями на фоне деформаций грудной клетки и нарушений движений диафрагмы, что становится основной причиной дыхательной недостаточности, ведущей к снижению качества жизни, инвалидизации и смерти пациентов [6–10].

Известно, что консервативные методы лечения НМС (корсеты, специальные сиденья, физиотерапия) не только не способны остановить прогрессирование заболевания, но и могут ухудшать дыхание, ввиду чего должны применяться рано, но ограниченно [11–16].

Вероятность развития нейромышечной деформации при детском церебральном параличе обратно пропорциональна степени двигательных нарушений: чем меньше пациент самостоятельно передвигается, тем выше риск прогрессирования искривления. По данным проспективного регистра детского церебрального паралича Швеции, включающего 962 ребенка, у детей с III, IV и V уровнем GMFCS в возрасте до 10 лет сколиоз величиной $\geq 40^\circ$ выявлен у 2 %, 5 % и 20 % пациентов соответственно, в то время как к 20 годам соответствующие показатели составляют уже 8 %, 35 % и 75 %; при этом ни в одном случае сколиоз не превысил 40° при GMFCS I–II [17].

Медикаментозная терапия влияет на сроки, тяжесть и прогрессирование НМС и связана с современными возможностями таргетной терапии: так, пероральные кортикостероиды замедляют прогрессирующую слабость при мышечной дистрофии Дюшенна, поддерживая развитие сколиоза до подросткового или молодого возраста [18], а при спинальной мышечной атрофии генная терапия и модификаторы гена *SMN2* могут сохранить мышечную силу, отсрочив развитие сколиоза [19, 20].

При этом высокая частота, современный уровень знаний о генетике и понимание особенностей НМС раннего генеза у детей сопровождаются недостаточной осведомленностью педиатров, детских хирургов и ортопедов о вариантах их течения, осложнениях и возможностях хирургического лечения. Все это заставило нас проанализировать современную литературу, посвященную не столько известным, сколько дискутируемым аспектам этой проблемы.

Цель исследования – анализ современных публикаций, посвященных хирургической коррекции НМС у детей и ее связи с функцией легких.

Методология отбора публикаций соответствует рекомендациям PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Протокол разработан априорно, в международных регистрах систематических обзоров (PROSPERO и др.) не регистрировался, что соответствует аналитико-систематическому исследованию.

Критерии отбора публикаций

Критерии включения

1. Патология: НМС любой этиологии (детский церебральный паралич, спинальная мышечная атрофия, мышечная дистрофия Дюшенна, миеломенингоцеле и другие нервно-мышечные заболевания).

2. Тип публикаций: метаанализы, систематические обзоры, проспективные и ретроспективные клинические исследования, серии случаев и уникальные наблюдения, а также клинические рекомендации по НМС.

3. Возраст пациентов в публикациях: 18 лет и младше на момент операции.

4. Корректирующие операции на позвоночнике: задняя окончательная инструментальная коррекция/фиксация, рост-сберегающие технологии и системы направленного роста с наличием данных о первичных (степень/величина коррекции деформации (угол Cobb), частота и структура периоперационных и отдаленных осложнений, показатели качества жизни пациентов и/или их семей) и вторичных исходах (изменение функции легких, включая жизненную емкость, форсированную жизненную емкость, объем форсированного выдоха за 1 с,

структуры легких по данным КТ, представленные в абсолютных значениях или в процентах от должных).

Критерии исключения

1. Публикации, посвященные исключительно неврологическим особенностям, наследованию, генетике, медикаментозному лечению нервно-мышечных заболеваний и консервативному лечению НМС.

2. Исследования взрослой популяции.

3. Описания хирургических техник без оценки исходов.

4. Экспериментальные (на животных) и биомеханические исследования.

5. Редакционные статьи, экспертные мнения, отчеты о единичных (<5) случаях, кроме уникальных техник.

6. Публикации на языках, отличных от русского и английского.

Источники информации и стратегия поиска

Поиск проведен по англо- и русскоязычным источникам в электронных базах данных PubMed/Medline, Scopus, Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary, КиберЛенинка, РУКОНТ. Временные рамки поиска: период с января 2015 г. по декабрь 2025 г.

Поисковая стратегия включала комбинацию ключевых слов и MeSH-терминов с использованием логических операторов AND/OR, в том числе англоязычных: («neuromuscular scoliosis» OR «myelomeningocele scoliosis» OR «cerebral palsy scoliosis») AND («spinal fusion» OR «surgical treatment» OR «growing rods» OR «growth-friendly» OR «VEPTR») AND («pulmonary function» OR «lung function» OR «respiratory function» OR «vital capacity») AND (child* OR adolescent* OR pediatric*).

Эквивалентные термины использовали при поиске русскоязычных публикаций. Стратегию поиска адаптировали для каждой базы данных. Дополнительно осуществляли ручной поиск по спискам литературы включенных статей и релевантных систематических обзоров.

Процесс отбора исследований

Все выявленные записи экспортировали в менеджер библиографических ссылок с последующим удалением

дубликатов. Отбор публикаций осуществлял в два последовательных этапа один исследователь: 1) скрининг заголовков и аннотаций на соответствие критериям включения и исключения; 2) полнотекстовая оценка потенциально релевантных публикаций.

Количественные ограничения (размер выборки, тип вмешательства, возрастной диапазон внутри детской популяции) на этапе отбора не применяли и анализировали описательно в разделе результатов.

Извлечение данных и оценка риска смещения

Из включенных исследований извлекали следующую информацию:

- авторы, год публикации, дизайн исследования;
- численность и возраст пациентов, нозологическая структура;
- тип хирургического вмешательства;
- показатели функции легких, степень коррекции деформации, осложнения.

Ввиду преобладания нерандомизированных дизайнов формальная количественная оценка риска систематической ошибки не являлась целью обзора.

Синтез данных

С учетом выраженной клинической и методологической гетерогенности включенных исследований (различная этиология НМС, возраст пациентов, хирургические техники, методы оценки функции дыхания) проведение метаанализа признано нецелесообразным. Качественный синтез данных выполнен с тематическим группированием по двум параметрам:

1) тип хирургического вмешательства (окончательная фиксация против рост-сберегающих систем);

2) по основным исходам (функция легких, коррекция деформации, осложнения).

Результаты представлены ниже в текстовой и табличной формах.

Результаты

Схема отбора источников информации для обзора представлена на рис.

Согласно национальным и международным рекомендациям, хирурги-

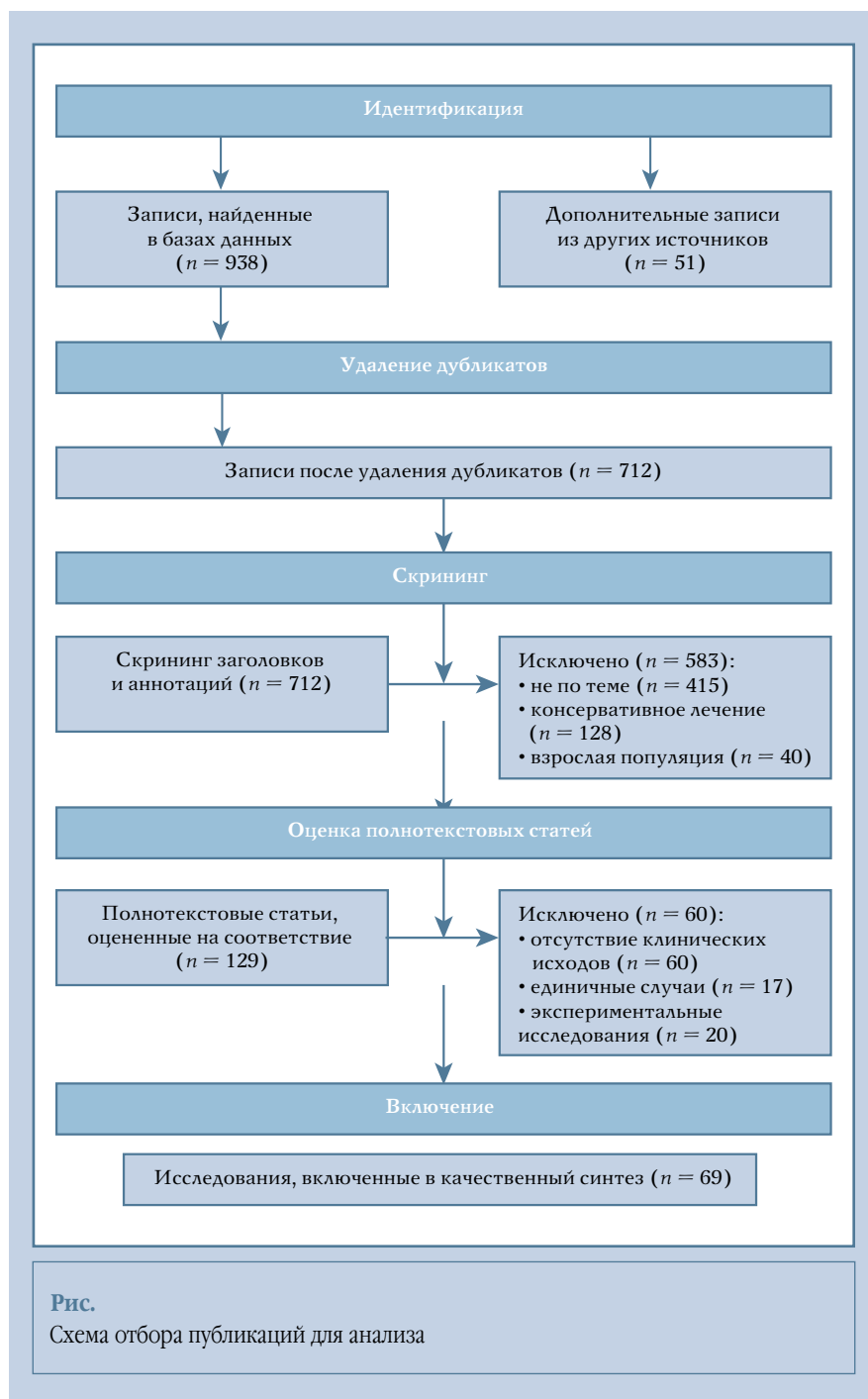
ческое лечение является основным методом коррекции выраженного и прогрессирующего НМС и одновременно основным объектом профессиональных дискуссий. Его общими целями считаются предотвращение прогрессирования деформаций, создание стабильно сбалансированного позвоночника для улучшения вертикального положения, в том числе сидя; улучшение или стабилизация респираторной функции и улучшение социализации, включая облегчение ухода за пациентами за счет уменьшения боли, дискомфорта и улучшения качества жизни. Величина деформации, при которой рекомендуется хирургическое лечение, зависит от нервно-мышечного заболевания, в связи с чем основные показания к нему в Клинических рекомендациях Минздрава России суммированы следующим образом [21]:

- сколиоз более 40° (для спинальной мышечной атрофии – более 50°; для пациентов с миодистрофией Дюшенна, получающих глюкокортикоиды, – более 30°);
- ежегодное прогрессирование деформации более 5° (для спинальной мышечной атрофии >10°);
- гиперкифоз или гиперлордоз более 50°;
- глобальный дисбаланс туловища во фронтальной и (или) сагиттальной плоскости.

В случаях, если перекос таза превышает 15°, у детей рекомендовано выполнять заднюю инструментальную фиксацию грудного и поясничного отделов позвоночника с захватом таза. При этом пациентам, имеющим возможность ходить, фиксация таза не рекомендуется, как и неходячим пациентам при отсутствии перекоса [8].

В целом методы коррекции НМС можно разделить на две большие группы [2, 22].

Пост-сберегающие (growth-friendly, GF, динамические) системы применяют у детей младшего возраста (как правило, до 8–10 лет) или еще с не завершенным значительным ростом скелета. Стратегия такой операции соответствует критериям



лечения сколиозов с ранним началом (EOS), а ее цель – частичная коррекция сколиоза с сохранением возможности роста позвоночника и грудной клетки, в том числе для роста легочной ткани. К рост-сберегающим относятся различные удлиняемые конструкции – вертикально расширяемые эндопротезы ребер (VEPTR), магнитно-контролируемые стержни (MAGEC),

традиционные стержни с телескопическим и параллельным удлинением (TGR), «скользящие» технологии Shilla и Luque trolley и редко используемые динамические вентральные системы VBT/ASC.

Традиционные блокирующие системы обеспечивают инструментальную коррекцию с постоянной, окончательной фиксацией (спон-

дилодез). Они применяются обычно у пациентов старше 12 лет, когда основной рост скелета завершен или близок к завершению, либо в более раннем возрасте в случаях угрожающих жизни искривлений. Окончательная задняя фиксация останавливает прогрессирование сколиоза и существенно улучшает баланс туловища, однако отрицательно сказывается на развитии легких.

Типично последовательное сочетание обоих подходов – начало лечения с использованием «растущей» системы с последующим переходом к постоянному блокированию позвоночника.

Преимущества и недостатки разных методов коррекции НМС

Анализ 10 ретроспективных когортных исследований, включающих данные о 992 пациентах с нейромышечными деформациями позвоночника, выявил существенные различия в хирургических подходах и результатах лечения НМС у детей (табл. 1):

- при окончательной фиксации современный ригидный инструментарий с транспедикулярными винтами по сравнению с гибридными или проволочными конструкциями обеспечивает лучшую коррекцию деформации (75 % vs. 59 %), сокращает время операции (6,04 vs. 7,45 ч), кровопотерю (1785 мл vs. 3760 мл) и частоту развития псевдоартроза (5 % vs. 22 %, $p = 0,026$);

- GF-хирургия требует существенно большего числа хирургических процедур по сравнению с одномоментным задним спондилодезом (8,7 vs. 1,6), закономерно сопровождается увеличением числа послеоперационных осложнений, связана с ожиданием членами семьи последующих операций и обеспечивает меньшую коррекцию основной дуги искривления при наиболее эффективном первом этапе (38 % vs. 62 %, $p = 0,001$);

- малоинвазивная хирургия без спондилодеза (MIFS – Minimally invasive fusionless surgery) снижает число периоперационных осложнений (OR – 4,6), потребность в гемотрансфузии (ОШ = 14,0 %; 95%ДИ: 6,3–33,0),

Таблица 1

Анализ публикаций, отобранных для исследования

Публикация	Дизайн исследования	Группы сравнения	Размер выборки	Период наблюдения	Набор данных
Mattila et al. [23]	Попарно подобранная когорта	Гибридная фиксация/только педикулярные винты	33/3	Минимум 2 года	Проспективно
Tsirikos et al. [24]	Ретроспективная когорта	1 этап/2-этапная операция (переднезадний спондилодез)	45	НД	НД
Li et al. [25]	Ретроспективная мультицентровая когорта	Задний спондилодез/этапные операции (GF) + окончательный спондилодез	16/43	Минимум 2 года после окончательного спондилодеза	Мультицентровая база данных
Njiki et al. [26]	Ретроспективная когорта	Задний спондилодез/растущие стержни	75/65	НД	НД
Sarwahi et al. [27]	Ретроспективная когорта	Ходячие пациенты с нейромышечной деформацией/неходячие пациенты с нейромышечной деформацией/идиопатический сколиоз	54/120/158	НД	2005–2018 гг.
Akesen et al. [28]	Ретроспективная когорта	Задняя фиксация до S ₁ /задняя фиксация с захватом таза	23/13	Медиана — 20 мес. (12–66)	2011–2015 гг.
Gaumé et al [29]	Ретроспективная когорта	Задний спондилодез (PSF)/мини-инвазивная фиксация (MIFS)	75/65	Ранний послеоперационный период	2012–2017 гг.
Reames et al. [30]	Ретроспективный анализ мультицентровой базы данных	Идиопатический/врожденный/нейромышечный сколиоз	19360	НД	2004–2007 гг.
Funk et al. [31]	Ретроспективный анализ	Неригидные (более 50 % — субламинарная проволока + стержни Гальвестона или подвздошные винты)/ригидные (более 50 % — педикулярные винты и подвздошные винты) конструкции	23/7	В среднем 3,9 года (1–12)	1998–2012 гг.
Phillips et al. [32]	Ретроспективный обзор	2 подвздошных винта/4 подвздошных винта	50	НД	НД

НД — нет данных.

время госпитализации (17,3 vs. 24,1 дня, $p = 0,2$) и продолжительность инвазивной вентилизации (5,28 vs. 7,02 дня, $p = 0,05$);

- более активное применение вазопрессоров при одномоментной окончательной задней фиксации по сравнению с «растущими» стержнями и с MIFS ($p = 0,06$) свидетельствует о большей гемодинамической нестабильности пациентов при окончательном традиционном спондилодезе;

- двухэтапный спондилодез более безопасен в сравнении с одноэтапным, при котором отмечены значительно более высокая частота осложнений и 2 случая периоперационной смерти; при этом общая частота осложнений при НМС почти втрое (17,9 % vs. 6,3 %), а периоперационная летальность — почти в 10 раз (0,30 % vs. 0,02 %) [33] превышает таковую при идиопатическом сколиозе;

- ходячие пациенты с НМС достигают результатов, сопоставимых с идио-

патическим сколиозом подростков ($p = 1,0$ для осложнений), в то время как неходячие значительно дольше находятся в отделении интенсивной терапии, требуют больше переливаний крови и имеют более высокую частоту осложнений ($p < 0,001$).

Таким образом, подход к хирургическому лечению пациентов с НМС определяется возрастом, способностью к передвижению и остаточным потенциалом роста. В свою очередь оптимальные возрастные диапазоны

для перехода между стратегиями остаются недостаточно определенными, а риски периоперационных осложнений высокими.

Задняя инструментальная фиксация позвоночника с окончательным спондилодезом

При корректной операции исправить нейромышечное искривление удастся на 50–70 % от исходного [9]. По данным Tsirikos et al. [24], применение конструкции типа Unit Rod (соединенный краниально двойной стержень, предизогнутый сагиттально и фронтально для каудального внедрения в кости таза под углом 45° и фиксируемый субламинарной проволокой по Luque) у 287 пациентов обеспечило коррекцию сколиоза в среднем на 68 %. Современные винтовые системы позволяют также устранить/уменьшить гиперкифоз/гиперлордоз и скорректировать наклон таза при применении подвздошных винтов, что существенно улучшает баланс сидя у неходячих детей: они дольше сидят без поддержки, улучшают контроль за положением головы, а также освобождают руки для функциональной активности. Уменьшение деформации снижает риск пролежней, в том числе при реберно-тазовом конфликте – контакте нижних ребер с гребнем подвздошной кости [33].

Основное положительное влияние операции на дыхание – это стабилизация или замедление снижения функции легких. Окончательная фиксация устраняет прогрессирование деформации и предотвращает дальнейшее развитие респираторных нарушений. Иными словами, не возвращая утраченный объем легких, операция может продлить период относительной стабильности функции.

Lenhart et al. [33] сообщают о приросте форсированной жизненной емкости (ФЖЕЛ) на 0,4 л после спондилодеза у пациентов со спинальной мышечной атрофией, однако относительный показатель (% от нормы) при длительном наблюдении продолжает снижаться, хоть и медленнее, чем до операции.

По данным других исследований [34, 35], у пациентов со спинальной мышечной атрофией и другими НМС до операции ФЖЕЛ уменьшалась на ~5–8 % в год, тогда как после коррекции темп снижения замедлялся до ~2–3 % в год. При наблюдении в 5 лет и более при прогрессирующих нервно-мышечных заболеваниях отмечается дальнейшее снижение ЖЕЛ (%), связанное с естественным течением основного заболевания и слабостью дыхательных мышц.

В раннем послеоперационном периоде может наблюдаться снижение ЖЕЛ по сравнению с предоперационным вследствие болевого синдрома, скованности грудной клетки, отека мягких тканей [36]. Однако через 6–12 мес. показатели обычно возвращаются к исходным [37]. По мнению авторов, субъективно отмечаемое облегчение дыхания связано с более эффективной работой диафрагмы и улучшением дренажа мокроты за счет поднятия ребер и освобождения базальных отделов легких после выпрямления позвоночника. В целом долгосрочный эффект задней фиксации на респираторную функцию характеризуется как стабилизирующий для имеющегося уровня.

Недостатки и осложнения. Окончательная фиксация (спондилодез) при НМС – это операция с длительной анестезией, значительной кровопотерей и риском осложнений. При детском церебральном параличе существует обратная зависимость между объемом кровопотери (в % от ОЦК) во время операции по коррекции деформации и размерами пациента: пациенты меньшего роста теряют больший относительный объем крови.

Несколько исследований показали снижение смертности в отдаленном периоде и улучшение связанного со здоровьем качества жизни пациентов с нервно-мышечными заболеваниями, перенесших спондилодез и восстановившихся после операции без серьезных осложнений [38–42]. При этом хирургическое лечение НМС имеет самый высокий риск осложнений среди всех форм ско-

лиоза, достигающий 75 % в зависимости от основной этиологии и лечебного центра [9, 43, 44]. В крупной (2154 пациента) выборке Rumalla et al. [45] с 17,9 % послеоперационных осложнений при НМС основными явились требующая трансфузий кровопотеря, глубокая раневая инфекция, в том числе потребовавшая повторных операций и удаления металлоконструкции, и длительное заживление раны на фоне белково-энергетической недостаточности [46]. В литературе также отмечены плевральные (ателектазы, гидро-/пневмоторакс) и имплантозависимые осложнения – переломы конструкций, транспозиция винтов, псевдоартроз в зоне костной пластики и т.д. Применяемое для улучшения качества костной ткани и, соответственно, снижения риска имплант-ассоциированных осложнений введение бисфосфонатов не исключает побочных эффектов в виде реакции острой фазы и гипокальциемии, особенно при первой инфузии [47]. При необходимости нескольких инфузий (что может занять годы) они могут проводиться не только до, но и после операции [48].

У пациентов с детским церебральным параличом V функционального уровня по GMFCS, перенесших артродез позвоночника, по данным одномерного логистического регрессионного анализа выявлена более высокая частота серьезных осложнений, связанных с судорожными припадками, невербальным состоянием, использованием трахеостомических и/или гастростомических трубок [40]. Пациенты, перенесшие спондилодез, также подвержены более высокому риску полимикробных и грам-отрицательных инфекций, чем это бывает после других плановых ортопедических процедур [49–51]. Среди последствий окончательной фиксации при НМС также упоминаются требующий коррекции проксимальный переходный кифоз (РЖК) и синдром торакальной недостаточности на фоне ограничения роста позвоночника и грудной клетки [52].

Как уже упоминалось, у неходячих пациентов выполнение фиксации с использованием подвздошных или S2AI винтов для коррекции перекоса таза улучшает баланс сидя, но практически лишает пациента даже гипотетической ходьбы [46]. Самое крупное долгосрочное наблюдение за перенесшими спондилодез неходячими пациентами с детским церебральным параличом показало, что через 10 лет после первичной операции 22 % пациентов потребовали повторной операции из-за нестабильности имплантатов, псевдоартроза, инфекции области хирургического вмешательства, выступающих/симптоматических имплантатов, в том числе с развитием PJK [52].

Оптимизация мышечного тонуса и спастичности (медикаментозная, либо за счет интратекального введения баклофена из имплантированной помпы, либо селективная дорсальная ризотомия) может помочь снизить риск осложнений инструментации, но также способствовать прогрессированию сколиоза. Несмотря на то что только у 3 % пациентов возникают неврологические осложнения, сохраняется неопределенность в отношении того, следует ли проводить профилактические процедуры для минимизации этих рисков [41]. Одними из самых серьезных осложнений для таких пациентов являются кардиологические, составляющие 1,8 % [45]. Понимание основной этиологии и потенциальных рисков, связанных с каждым заболеванием (например, нарушения проводимости у пациентов с синдромом Ретта или кардиомиопатии при мышечной дистрофии), может спасти жизнь.

Не все рост-сберегающие системы, исходно предложенные в рамках концепции лечения сколиозов у активно растущих пациентов в возрасте до 10 лет (EOS), нашли применение в хирургии нейромышечных деформаций.

VEPTR (вертикально расширяемый эндопротез ребер), непосредственно разработанный для лечения синдрома торакальной недостаточности [53],

практического применения при НМС не нашел ввиду опосредованного действия на деформированный позвоночник через воздействие на грудную клетку.

Магнитно-контролируемые удлиняемые стержни (MAGEC), основным преимуществом которых является отсутствие необходимости хирургической манипуляции при этапном корригирующем маневре, обеспечивают поддержку позвоночника и опосредованно поддерживают рост грудной клетки, предотвращая рестрикцию и замедляя ежегодное снижение ЖЕЛ [54–57]. Недостатки таких конструкций (высокая стоимость, механические поломки, усталость системы, внутренний износ механизмов и потеря эффекта к четырем годам после вмешательства у 80 % пациентов) хорошо известны и не связаны с этиологией деформации.

Традиционные «растущие» стержни (Traditional Growing Rods, TGR) рутинно используются у детей до 10 лет [55–59], однако данных о рисках их применения при НМС в литературе крайне мало. Из их основных преимуществ можно отметить предсказуемо значительную (40–50 %) коррекцию деформации, сохранение роста позвоночника и низкую зависимость от костной плотности [59, 60]. Применение технологий скользящих конструкций (Shilla Growth Guidance System – SGGS и Luque trolley – MLT) при НМС и их влияние на дыхательную функцию требуют дальнейшего изучения ввиду крайне ограниченного опыта [60, 61].

В единственном сообщении о динамической передней фиксации позвоночника (ASC) при прогрессирующей посттравматической миелопатии с уровня D₁₀ (плегия ASIA A) у 11-летней девочки, фиксация Th₁–L₅ без спондилодеза обеспечила в течение трех лет уменьшение сколиотической дуги с 60° до 7° к моменту наступления зрелости скелета [62].

Проблема влияния инструментальной фиксации позвоночника при НМС на функцию дыхания – одна из ключевых (табл. 2).

Отмечено, что при спинальной мышечной атрофии II типа финальный спондилодез демонстрирует замедление падения ЖЕЛ до 2–3 % в год [4, 63].

Исследование небольшого числа пациентов с НМС через 3–4 мес. после установки MAGEC показало стабилизацию ФЖЕЛ вместо ожидаемого падения [55]. Это особенно актуально для пациентов с детским церебральным параличом, где дыхательные нарушения прогрессируют независимо от ортопедической коррекции [64–66].

Возможность использования «растущих» спинальных систем у детей старше 10 лет

У пациентов с НМС тяжелой степени обычно имеются серьезные сопутствующие проблемы (дыхательная недостаточность, остеопения, общая мышечная слабость либо высокая спастичность и др.), делающие обширную операцию рискованной. Применение «растущих» систем у пациентов высокого риска может быть оправданным, так как позволяет распределить коррекцию во времени и избежать длительной одномоментной операции [59, 67].

В исследовании Miladi et al. [68] у 100 пациентов с НМС в возрасте от 5 лет до 21 года (большинство – с детским церебральным параличом, средний возраст – 11 лет 6 мес.) использовали оригинальную биполярную конструкцию, фиксируемую проксимально с помощью двойного крючкового захвата и дистально с помощью подвздошно-крестцовых винтов через минимально-инвазивный доступ. Уменьшение сколиотической деформации в среднем на 61 % (с 89° до 35°), угла наклона таза – на 83 % (с 29° до 5°) и средней величины кифоза – с 68° до 33° при увеличении роста туловища на 7 см, при отсутствии проведения спондилодеза сопровождалось 26 % осложнений (12 механических и 16 инфекционных).

Нельзя не обратить внимание на работу Cahill et al. [69], отметивших у 89 % детей, прошедших лечение методом «растущих» стержней, раз-

Таблица 2
Данные основных публикаций, оценивающих влияние коррекции нейромышечного сколиоза на функцию легких

Публикация	Дизайн исследования/количество наблюдений	Нозология/группа пациентов	Тип хирургического вмешательства	Методы оценки дыхательной функции	Сроки оценки (период наблюдения)	Ключевые показатели функции легких (динамика)	Основные выводы относительно дыхательной функции
Lenhart et al. [33]	Ретроспективная когорта/16 пациентов	СМА	Рост-сберегающие системы	Спирометрия, рентген	Долгосрочное наблюдение (точный срок не указан)	ФЖЕЛ (абсолютный прирост на 0,4 л, но снижение % от нормы)	Прирост абсолютного объема ФЖЕЛ, но относительный показатель (% от нормы) продолжает снижаться
Alhammoud et al. [35]	Систематический обзор/14 исследований, общее число пациентов – 240	СМА и другие НМС	Различные (в основном ЗИФ)	Спирометрия	Долгосрочное наблюдение (данные до и после операции)	Годовое снижение ЖЕЛ/ФЖЕЛ (% от нормы)	До операции: снижение на 5–8% в год. После PSF замедление снижения до ~2–3% в год
Holt et al. [37]	Ретроспективная когорта/16 пациентов	СМА	ЗИФ	Спирометрия	Ранний послеоперационный период (не указан) и 6–12 мес.	ЖЕЛ/ФЖЕЛ	В раннем периоде возможно снижение из-за боли, отека. К 6–12 мес. возврат к исходному уровню
Shaw et al. [55]	Ретроспективная когорта/48 пациентов	НМС (различные)	MAGES (магнитные стержни)	Спирометрия	3–4 мес. после установки	ФЖЕЛ	Стабилизация ФЖЕЛ вместо ожидаемого падения
Veldhoen et al. [58]	Ретроспективная когорта/43 пациента	НМС или синдромальный сколиоз	Различные (в основном рост-сберегающие)	Спирометрия	Краткосрочный послеоперационный период и оценка темпа снижения	Темп снижения легочной функции	Оценка краткосрочного эффекта и влияния на скорость долгосрочного падения функции. Ежемесячный темп изменения ФЖЕЛ существенно не изменился
Miladi et al. [68]	Ретроспективная когорта/100 пациентов	НМС (в основном ДЦП)	Рост-сберегающие системы	Клиническая оценка	Периоперационный период	Продолжительность ИВЛ	Снижение продолжительности инвазивной вентиляции по сравнению с PSF
Sarwahi et al. [27]	Ретроспективная когорта/120 пациентов	НМС (ходячие и неходячие)	ЗИФ	Клинические исходы	Периоперационный период	Продолжительность ИВЛ, время в ОРИТ	Неходячие пациенты дольше находятся на ИВЛ и в ОРИТ

СМА – спинальная мышечная атрофия; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость; ЗИФ – задняя инструментальная фиксация; НМС – нейромышечный сколиоз; ДЦП – детский церебральный паралич; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии.

витие спонтанного анкилоза, достаточного для поддержки коррекции, что позволило авторам предположить возможность отказа от заключительной (финальной) операции, если к моменту завершения роста будет достигнут удовлетворительный профиль коррекции и высота туловища. У неходячих пациентов старше 10 лет с тяжелой неврологической патологией такой подход может быть особенно актуален благодаря трем компонентам:

- снижению операционных рисков при сопоставимом эффекте стабилизации;
- возможности удлинения межоперационного периода при TGR с классического 6–8 месячного интервала до 12 мес.;
- возможности выиграть время для роста грудной клетки и легких, избегая финальной операционной коррекции, постепенно исправляя деформацию с меньшим риском дыхательной декомпенсации.

Заключение

Проведенный анализ хирургических методик и их влияния на дыхательную функцию при НМС демонстрирует дефицит и противоречивость имеющихся данных.

Прежде всего, проблема связана с отсутствием единых критериев и сроков оценки дыхательной функции, нозологическим разнообразием нервно-мышечных заболеваний, различиями пациентов по тяжести функционального статуса (мобильности), возрасту, индексу массы тела, потенциалу роста скелета, величине деформации.

Важнейшим положительным эффектом хирургической коррекции деформации позвоночника на функцию дыхания оказался не регресс, а замедление прогрессирования соответствующих нарушений (!). Прогностически наименее определены при этом пациенты с детским церебральным параличом, имеющие мультифакторную природу таких расстройств.

Метод, обеспечивающий максимальную коррекцию и стабильность, –

задний инструментальный и костный спондилодез, необратимо останавливает рост позвоночника и грудной клетки, потенциально ограничивая развитие легких, что особенно важно у растущих детей. В то же время технологии сохранения роста сопряжены с ожидаемо меньшей одномоментной коррекцией при более высокой частоте запланированных осложнений. Но при этом их тяжесть несравнимо меньше, чем при заключительном спондилодезе.

Данные об эффективности многих рост-сберегающих систем (Shilla, Luque trolley) при НМС остаются фрагментарными.

Завершая обзор, мы хотели бы определить ряд вопросов, которые, на наш взгляд, могут стать предметом последующего изучения, обсуждения и дискуссий.

1. Доказано, что консервативное лечение НМС (корсеты, специальные сиденья, физиотерапия) не способно остановить прогрессирование тяжелых деформаций. Более того, жесткий корсет механически ухудшает функцию дыхания у таких пациентов. Почему же при рекомендациях оперировать таких детей при деформациях, превышающих 40–50°, в реальности они обычно попадают в поле зрения хирурга-вертебролога при деформациях, близких и превышающих 90°?

2. Развиваясь у 60–90 % пациентов с нервно-мышечными заболеваниями и прогрессируя по мере роста, НМС приводят к тяжелой деформации грудной клетки, рестриктивным нарушениям дыхания и респираторной недостаточности. Связь коррекции деформации позвоночника с состоя-

нием легких далека от однозначного понимания: если при прогredientно текущих нервно-мышечных заболеваниях операции замедляют или стабилизируют темп ухудшения функции внешнего дыхания, то как меняется функция легких у пациентов с относительно стабильным неврологическим статусом, например, при детском церебральном параличе?

3. Несмотря на множество факторов, потенциально влияющих на исходы, общие показания к этапной и заключительной коррекции НМС в основном определяются тенденцией к росту. Каковы же пределы индивидуализации стратегии их лечения, в том числе касающиеся возможности менее травматичных вмешательств у пациентов старше 10 лет?

Литература/References

- Mayer OH, Redding G. Chest and spinal disease in patients with progressive neuromuscular disease. *Paediatr Respir Rev*. 2025;55:30–49. DOI: 10.1016/j.prrv.2024.10.001
- Dimitrakis N, Zafeiris CP. Neuromuscular scoliosis: a narrative review. *J Res Pract Musculoskeletal Syst (JRPMS)*. 2023;7:38–43. DOI: 10.22540/JRPMS-07-038
- Шавырин И.А., Колесов С.В. Коррекция деформаций позвоночника у детей и подростков со спинномозговыми грыжами. *Лечащий врач*. 2020;(4):16. [Shavyrin IA, Kolesov SV. Correction of vertebral deformations in children and adolescents with spinal hernias. *Lechaschi Vrach Journal*. 2020;(4):16]. DOI: 10.26295/OS.2020.24.62.003 EDN: XVIYJU
- Rodriguez-Torres R, Kanner CH, Gay EL, Uher D, Corbeil T, Coratti G, Dunaway Young S, Rohwer A, Muni Lofra R, McDermott MP, De Vivo DC, Wall MM, Glynn NW, Montes J. Development of the SMA EFFORT: A new approach to characterize perceived physical fatigability in spinal muscular atrophy. *J Neuromuscul Dis*. 2025;12:22143602241313326. DOI: 10.1177/22143602241313326
- Рябых С.О., П.В. Очинова, Д.М. Савин, А.Н. Третьякова, Д.А. Попков, Т.В. Рябых, Е.Н. Шурова, М.С. Сайфутдинов. Деформации позвоночника и конечностей у пациентов с миодистрофией Дюшенна: особенности клиники, диагностики и лечения протокол межгосударственного консенсуса. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(1):61–77. [Ryabykh SO, Ochirova PV, Savin DM, Tretjakova AN, Popkov DA, Ryabykh TV, Shchurova EN, Saifutdinov MS. Deformities of the spine and limbs in patients with Duchenne myodystrophy: clinical features, diagnosis and treatment. Interstate consensus protocol. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2020;17(1):61–77]. DOI: 10.14531/ss2020.1.61-77 EDN: ZHZRIR
- 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: 10.1302/2633-1462.31.BJO-2021-0178.R1
- 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: 10.3171/2017.7.FOCUS17384
- Бутенко А.С., Пимбурский И.П., Челпаченко О.Б., Самохин К.А., Жердев К.В., Яцк С.П., Петельгузов А.А., Зубков П.А. Позвоночно-тазовая фиксация при нейрогенных сколиозах: обоснованность показаний. *Хирургия позвоночника*. 2025;22(1):15–25. [Butenko AS, Pimbursky IP, Chelpachenko OB, Samokhin KA, Zherdev KV, Yatsyk SP, Petelguzov AP, Zubkov PA. Spinopelvic fixation in neurogenic scoliosis: validity of indications. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(1):15–25]. DOI: 10.14531/ss2025.1.15–25 EDN: YTYBEJ
- Wishart BD, Kivlehan E. Neuromuscular scoliosis: when, who, why and outcomes. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2021;32(3):547–556. DOI: 10.1016/j.pmr.2021.02.007
- Cherchi C, Chiarini Testa MB, Deriu D, Schiavino A, Petreschi F, Ullmann N, Paglietti MG, Cutrera R. All you need is evidence: what we know about pneumonia in children with neuromuscular diseases. *Front Pediatr*. 2021;9:625751. DOI: 10.3389/fped.2021.625751
- Tong Y, Udupa JK, McDonough JM, Wileyto EP, Capraro A, Wu C, Ho S, Galagedera N, Talwar D, Mayer OH, Torigian DA, Campbell RM. Quantitative dynamic thoracic MRI: application to thoracic insufficiency syndrome in pediatric patients. *Radiology*. 2019;292:206–213. DOI: 10.1148/radiol.2019181731
- Catteruccia M, Vuillerot C, Vaugier I, Leclair D, Azzi V, Viollet L, Estournet B, Bertini E, Quijano-Roy S. Orthopedic management of scoliosis by garches brace and spinal fusion in SMA type 2 children. *J Neuromuscul Dis*. 2015;2:453–462. DOI: 10.3233/JND-150084
- Mesfin A, Sponseller PD, Leet AI. Spinal muscular atrophy: manifestations and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20:393–401. DOI: 10.5435/JAAOS-20-06-393
- Leopando MT, Moussavi Z, Holbrow J, Chernick V, Pasterkamp H, Rempel G. Effect of a Soft Boston Orthosis on pulmonary mechanics in severe cerebral palsy. *Pediatr Pulmonol*. 1999;28:53–58. DOI: 10.1002/(sici)1099-0496(199907)28:1<53::aid-ppul9>3.0.co;2-2

15. Terjesen T, Lange JE, Steen H. Treatment of scoliosis with spinal bracing in quadriplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2000;42:448–454. DOI: 10.1017/S0012162200000840
16. Miller A, Temple T, Miller F. Impact of orthoses on the rate of scoliosis progression in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 1996;16:332–335. DOI: 10.1097/00004694-199605000-00007
17. Hägglund G, Pettersson K, Czuba T, Persson-Bunke M, Rodby-Bousquet E. Incidence of scoliosis in cerebral palsy. *Acta Orthop*. 2018;89:443–447. DOI: 10.1080/17453674.2018.1450091
18. Lebel DE, Corston JA, McAdam LC, Biggar WD, Alman BA. Glucocorticoid treatment for the prevention of scoliosis in children with Duchenne muscular dystrophy: long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95:1057–1061. DOI: 10.2106/JBJS.L01577
19. Swarup I, MacAlpine EM, Mayer OH, Lark RK, Smith JT, Vitale MG, Flynn JM, Anari JB, Pediatric Spine Study Group, Cahill PJ. Impact of growth friendly interventions on spine and pulmonary outcomes of patients with spinal muscular atrophy. *Eur Spine J*. 2021;30:768–774. DOI: 10.1007/s00586-020-06564-8
20. Ribero VA, Daigl M, Marti Y, Gorni K, Evans R, Scott DA, Mahajan A, Abrams KR, Hawkins N. How does risediplam compare with other treatments for types 1–3 spinal muscular atrophy: a systematic literature review and indirect treatment comparison. *J Comp Eff Res*. 2022;11:347–370. DOI: 10.2217/ce-2021-0216
21. Нервно-мышечный сколиоз. МКБ: M41.4: клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Ассоциация травматологов-ортопедов России (АТОР), Российская ассоциация хирургов-вертебрологов 2021; пересмотр 2025. [Neuromuscular Scoliosis. ICD: M41.4: Clinical guidelines. Ministry of Health of the Russian Federation, Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia (ATOR), Russian Association of Spine Surgeons, 2021; revision 2025]. URL: <https://diseases.medelement.com/disease/нервно-мышечный-сколиоз-кп-рф-2021/17113>
22. Wang Y, Wang D, Zhang G, Ma B, Ma Y, Yang Y, Xing S, Kang X, Gao B. Effects of spinal deformities on lung development in children: a review. *J Orthop Surg Res*. 2023;18:246. DOI: 10.1186/s13018-023-03665-0
23. Mattila M, Jalanko T, Puisto V, Pajul O, Helenius JJ. Hybrid versus total pedicle screw instrumentation in patients undergoing surgery for neuromuscular scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94:1393–1398. DOI: 10.1302/0301-620X.94B10.29383
24. Tsirikos AI, Chang WN, Dabney KW, Miller F. Comparison of one-stage versus two-stage anteroposterior spinal fusion in pediatric patients with cerebral palsy and neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:1300–1305. DOI: 10.1097/01.brs.00000065572.10824.ab
25. 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: 10.1007/s43390-020-00270-7
26. Njiki J, Orliaguet G, Vaugier I, Sauvagnac R, Glorion C, Miladi L, Essid A, Haegy I, Mbieleu B, Susana QR, Desguerre I, Bergounioux J. Abstract P-239: Comparative study of arthrodesis and growing rods postoperative course for neuromuscular disease scoliosis in children: about 140 cases. *Pediatr Crit Care Med*. 2018;19(6S):120–120. DOI: 10.1097/01.pcc.0000537696.27623.d6
27. Sarwahi V, Atlas A, Galina J, Hasan S, Dimauro JP, Katyal C, Djukic A, Thornhill B, Lo Y, Amaral TD, Moguilevich M. Ambulatory neuromuscular scoliosis patients have superior perioperative results than nonambulatory neuromuscular scoliosis patients and can approach adolescent idiopathic scoliosis outcomes after posterior spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021;47:E159–E168. DOI: 10.1097/brs.0000000000004191
28. Akesen B, Atici T, Eken G, Ulusaloglu AC. The comparison of the results after spinal fusion with or without iliac screw insertion in the treatment of neuromuscular scoliosis. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2020;52:435–437. DOI: 10.1016/j.aott.2017.12.005
29. Gaume M, Njiki J, Vaugier I, Orliaguet G, Verollet D, Glorion C, Essid A, Mbieleu B, Zini J, Faysoile A, Quijano-Roy S, Desguerre I, Miladi L, Bergounioux J. Perioperative complications after posterior spinal fusion versus minimally invasive fusionless surgery in neuromuscular scoliosis: a comparative study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;143(8):4605–4612. DOI: 10.1007/s00402-022-04727-4
30. Reames DL, Smith JS, Fu KM, Polly DW Jr, Ames CP, Berven SH, Perra JH, Glassman SD, McCarthy RE, Knapp RD, Heary R, 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: 10.1097/BRS.0b013e3181f3a326
31. Funk S, Lovejoy S, Mencia G, Martus J. Rigid instrumentation for neuromuscular scoliosis improves deformity correction without increasing complications. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41:46–52. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001170
32. Phillips JH, Gutheil JP, Knapp DR Jr. Iliac screw fixation in neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:1566–1570. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318067dcff
33. Lenhart RL, Youlo S, Schroth MK, Noonan KJ, McCarthy J, Mann D, Hetzel S, Sund SA, Halanski MA. Radiographic and respiratory effects of growing rods in children with spinal muscular atrophy. *J Pediatr Orthop*. 2017;37:e500–e504. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000867
34. Tress F, Luecke E, Stegemann-Koniszewski S, Lux A, Singla A, Schreiber J. Prediction of nocturnal ventilation by pulmonary function testing in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Pneumologie*. 2024;78:626–633. DOI: 10.1055/a-2349-0936
35. Alhammoud A, Othman Y, El-Hawary R, Mackenzie WG, Howard JJ. The impact of scoliosis surgery on pulmonary function in spinal muscular atrophy: a systematic review. *Spine Deform*. 2021;9:913–921. DOI: 10.1007/s43390-021-00302-w
36. Ryabykh SO, Pavlova OM, Savin DM, Burtsev AV, Gubin AV. Surgical management of myelomeningocele-related spinal deformities. *World Neurosurg*. 2018;112:e431–e441. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.01.058
37. Holt JB, Dolan LA, Weinstein SL. Outcomes of primary posterior spinal fusion for scoliosis in spinal muscular atrophy: clinical, radiographic, and pulmonary outcomes and complications. *J Pediatr Orthop*. 2017;37:e505–e511. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001049
38. Bohtz C, Meyer-Heim A, Min K. Changes in health-related quality of life after spinal fusion and scoliosis correction in patients with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2011;31:668–673. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318221093c
39. Ahonen M, Helenius I, Gissler M, Jeglinsky-Kankainen I. Mortality and causes of death in children with cerebral palsy with scoliosis treated with and without surgery. *Neurology*. 2023;101:e1787–e1792. DOI: 10.1212/WNL.000000000000207796
40. Jain A, Sponseller PD, Shah SA, Samdani A, Cahill PJ, Yaszay B, Njoku DB, Abel MF, Newton PO, Marks MC, Narayanan UG. Subclassification of GMFCS level-5 cerebral palsy as a predictor of complications and health-related quality of life after spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98:1821–1828. DOI: 10.2106/JBJS.15.01359
41. Sharma S, Wu C, Andersen T, Wang Y, Hansen ES, Bunger 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: 10.1007/s00586-012-2542-2
42. Mohamad F, Parent S, Pawelek J, Marks M, Bastrom T, Faro F, Newton P. Perioperative complications after surgical correction in neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2007;27:392–397. DOI: 10.1097/01.bpb.0000271321.10869.98

43. McElroy MJ, Sponseller PD, Dattilo JR, Thompson GH, Akbarnia BA, Shah SA, Snyder BD. Growing rods for the treatment of scoliosis in children with cerebral palsy: a critical assessment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:E1504–E1510. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31826fabd3
44. 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: 10.3171/2018.2.PEDS17724
45. 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: 0.3171/2016.2.SPINE151377
46. Murphy RF, Mooney JF 3rd. Current concepts in neuromuscular scoliosis. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2019;12:220–227. DOI: 10.1007/s12178-019-09552-8
47. Oermann MH. Effectiveness of a critical care nursing course: preparing students for practice in critical care. *Heart Lung*. 1991;20:278–283.
48. Welborn MC, Redding G, Evers P, Nicol L, Bauer DF, Iyer RR, Poon S, Hwang S. Pre-op considerations in neuromuscular scoliosis deformity surgery: proceedings of the half day course at the 58th annual meeting of the Scoliosis Research Society. *Spine Deform*. 2024;12:867–876. DOI: 10.1007/s43390-024-00865-4
49. Hariharan A, Sees JP, Pargas C, Rogers KJ, Niller T, Shrader MW, Miller F. Mortality after spinal fusion in children with cerebral palsy and cerebral-palsy-like conditions: A 30-year follow-up study. *Dev Med Child Neurol*. 2023;65(9):1190–1198. DOI: 10.1111/dmcn.15568
50. Badin D, Leland CR, Matsumoto H, Roye B, Vitale M, Flynn J, Samdani A, Larson AN, Yaszay B, Pahys J, Glotzbecker M, Bachmann KR, Newton PO, Betz R, Miyajima F, Shah S, Sturm PF, Hwang S, Erickson M, Cahill PJ, Fletcher N, Upasani VV, Sucato DJ, Sponseller PD. Best practice guidelines for surgical site infection in high-risk pediatric spine surgery: definition, prevention, diagnosis, and treatment. *J Pediatr Orthop*. 2022;42:e1008–e1017. DOI: 10.1097/BPO.0000000000002255
51. Мушкин А.Ю., Петухова В.В., Першин А.А., Малетин А.С., Маламашин Д.Б., Куклина С.А., Евсеев В.А., Костик М.М. Периперационные и ранние осложнения протяженных инструментальных фиксации при деформациях позвоночника у детей: что выявляет и какие вопросы ставит применение классификации Clavien–Dindo? *Хирургия позвоночника*. 2024;21(3):36–46. [Mushkin AYU, Petukhova VV, Pershin AA, Maletin AS, Malamashin DB, Kuklina SA, Evseev VA, Kostik MM. Perioperative and early complications of extended instrumental fixation for spinal deformity in children: what does the application of the Clavien – Dindo classification reveal and what questions does it raise? *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(3):36–46]. DOI: 10.14531/ss2024.3.36-46 EDN: NBODEU
52. Seaver CD, Morgan SJ, Legister CS, Palmer CL, Beauchamp EC, Guillaume TJ, Truong WH, Koop SE, Perra JH, Lonstein JE, Miller DJ. Long-term reoperation rates following spinal fusion for neuromuscular scoliosis in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Spine Deform*. 2024;12:1393–1401. DOI: 10.1007/s43390-024-00878-z
53. Parnell SE, Effmann EL, Song K, Swanson JO, Bompadre V, Phillips GS. Vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR): a review of indications, normal radiographic appearance and complications. *Pediatr Radiol*. 2015;45:606–616. DOI: 10.1007/s00247-014-3128-4
54. Михайловский М.В., Альшевская А.А. Магнитно-контролируемые стержни в хирургии ранних сколиозов: обзор англоязычной литературы. *Хирургия позвоночника*. 2020;17(1):25–41. [Mikhaylovskiy MV, Alshevskaya AA. Magnetically controlled growing rods in early onset scoliosis surgery: a review of English-language literature. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2020;17(1):25–41]. DOI: 10.14531/ss2020.1.25–41 EDN: VNIFIJ
55. Shaw KA, Bassett P, Ramo BA, McClung A, Thornberg D, Jamnik A, Jo CH, Johnston CE, McIntosh AL. The evolving stall rate of magnetically controlled growing rods beyond 2 years follow-up. *Spine Deform*. 2023;11:487–493. DOI: 10.1007/s43390-022-00622-5
56. Peiro-Garcia A, Bourget-Murray J, Suarez-Lorenzo I, Ferri-De-Barros F, Parsons D. Early complications in vertical expandable prosthetic titanium rib and magnetically controlled growing rods to manage early onset scoliosis. *Int J Spine Surg*. 2021;15:368–375. DOI: 10.14444/8048
57. Mehta J, Shah S, Hothi H, Tognini M, Gardner A, Johnston CE, Murphy R, Thompson G, Sponseller P, Emans J, Javier-Gruoso F, Strum P. Outcome of distraction-based growing rods at graduation: a comparison of traditional growing rods and magnetically controlled growing rods. *Spine Deform*. 2025;13:299–309. DOI: 10.1007/s43390-024-00969-x
58. Veldhoen ES, de Vries A, Schlosser TPC, Kruuyt MC, vanEijk RPA, Tersmette JM, Hulzebos EH, van der Pol LW, Wosten-van Asperen RM, van der Ent CK. Short term effect and effect on rate of lung function decline after surgery for neuromuscular or syndromic scoliosis. *Pediatr Pulmonol*. 2022;57:1303–1309. DOI: 10.1002/ppul.25857
59. Молотков Ю.В., Рябых С.О., Филатов Е.Ю., Сергеев О.М., Хужаназаров И.Э., Эшкульов Д.И. Эффективность применения растущих систем в лечении сколиозов с ранним началом: систематизированный обзор. *Хирургия позвоночника*. 2023;20(2):6–20. [Molotkov YuV, Ryabikh SO, Filatov EYu, Sergeenko OM, Khuzhanazarov IE, Eshkulov DI. The effectiveness of growth-friendly systems in the treatment of early onset scoliosis: a systematic review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2023;20(2):6–20]. DOI: 10.14531/ss2023.2.6-20 EDN: QSKEDV
60. Geoffroy HG, Schwend RM, Bumpass DB, Seiler PL, Muka JEO, McCarthy RE. Shilla growth guidance system (SGGS) instrumentation with pelvic foundation for severe neuromuscular spine deformity. *Spine Deform*. 2025. DOI: 10.1007/s43390-025-01246-1
61. Dayer R, Grevitt M, Breakwell L, Yoon W, Chen M, Ratz T, Szocik T, ZhuYY, Quillet J. Management of early-onset scoliosis: modern Luque trolley technique led to fewer reoperations within 3 years than other growth-friendly techniques, a prospective cohort study with matched historical controls. *Spine Deform*. 2025;13:1611–1624. DOI: 10.1007/s43390-025-01102-2
62. Antonacci C, Antonacci M, Bassett W, Cerrone J, Haas A, Haason D, Cuddihy L, Betz R. Treatment of patients with scoliosis using a unique anterior scoliosis correction technique. *Med Res Arch*. 2021;9. DOI: 10.18103/mra.v9i7.2463
63. Trucco F, Ridout D, Scoto M, Coratti G, Main ML, Muni Lofra R, Mayhew AG, Montes J, Pane M, Sansone V, Albamonte E, D'Amico A, Bertini E, Messina S, Bruno C, Parasuraman D, Childs AM, Gowda V, Willis T, Ong M, Marini-Bettolo C, De Vivo DC, Darras BT, Day J, Kichula EA, Mayer OH, Navas Nazario AA, Finkel RS, Mercuri E, Muntoni F. Respiratory trajectories in type 2 and 3 spinal muscular atrophy in the iSMAC cohort study. *Neurology*. 2021;96:e587–e599. DOI: 10.1212/WNL.00000000000011051
64. Vandendriessche E, Proesmans M, Ortibus E, Moens P. Complication rate after scoliosis surgery in children with cerebral palsy. *Acta Orthop Belg*. 2021;87:255–261.
65. Anastasio AT, Guisse NF, Farley KX, Phee JM. Hospital burdens of patients with cerebral palsy undergoing posterior spinal fusion for scoliosis. *Global Spine J*. 2022;12:883–889. DOI: 10.1177/2192568220968542
66. Lee NJ, Fields M, Boddapati V, Mathew J, Hong D, Sardar ZM, Selber PR, Roye B, Vitale MG, Lenke LG. Spinal deformity surgery in pediatric patients with cerebral palsy: a national-level analysis of inpatient and postdischarge outcomes. *Global Spine J*. 2022;12:610–619. DOI: 10.1177/2192568220960075

67. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, Myung KS, Sponseller PD, Vitale MG. A classification of growth friendly spine implants. *J Pediatr Orthop*. 2014;34:260–274. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000073
68. Miladi L, Gaume M, Khouri N, Johnson M, Topouchian V, Glorion C. Minimally invasive surgery for neuromuscular scoliosis: results and complications in a series of one hundred patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2018;43:E968–E975. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002588
69. Cahill PJ, Marvil S, Cuddihy L, Schutt C, Idema J, Clements DH, Antonaci MD, Asghar J, Samdani AF, Betz RR. Autofusion in the immature spine treated with growing rods. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35:E1199–E1203. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181e21b50

Статья поступила в редакцию 11.01.2026

Рецензирование пройдено 12.02.2026

Подписано в печать 15.02.2026

Received 11.01.2026

Review completed 12.02.2026

Passed for printing 15.02.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.В. Макарова – разработка методов и процедур, сбор данных, управление данными: подготовка, аннотирование, хранение, статистический или теоретический анализ данных, создание схем, написание первоначального текста статьи; А.А. Першин – сбор данных, статистический или теоретический анализ данных, управление данными: подготовка, аннотирование, хранение, написание первоначального текста статьи, редактирование, доработка текста; 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.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Анна Валерьевна Макарова; eLibrary SPIN: 4296-5120; ORCID: 0000-0003-2253-2289; makarova_a09@mail.ru

✉ Андрей Александрович Першин, канд. мед. наук; Россия, 191036, Санкт-Петербург, Лиговский пр-т, 2-4; eLibrary SPIN: 3310-2551; ORCID: 0000-0001-9963-3294; a.a.pershin@spbniiif.ru

Александр Юрьевич Мушкин, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 9373-4335; ORCID: 0000-0002-1342-3278; aymushkin@mail.ru

Authors' Info

Anna Valeryevna Makarova; eLibrary SPIN: 4296-5120; ORCID: 0000-0003-2253-2289; makarova_a09@mail.ru

✉ Andrei Aleksandrovich Pershin, MD, Cand. Sci. (Medicine); 2-4 Ligovsky ave, Saint Petersburg, 191036, Russia; eLibrary SPIN: 3310-2551; ORCID: 0000-0001-9963-3294; a.a.pershin@spbniiif.ru

Aleksandr Yuryevich Mushkin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 9373-4335; ORCID: 0000-0002-1342-3278; aymushkin@mail.ru



ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ СПОРТОМ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ТЕЧЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ПАЦИЕНТОВ С ИДИОПАТИЧЕСКИМ СКОЛИОЗОМ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

С.А. Геворгиз¹, Д.А. Глухов¹, С.О. Рябых^{1,3}, Ю.А. Федорова², А.В. Губин¹

¹Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова, Санкт-Петербург, Россия;

²Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия;

³Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва, Россия

Цель исследования. Анализ современных данных литературы, посвященных взаимосвязи занятий спортом и физической активности с возникновением и течением деформации позвоночника у подростков с идиопатическим сколиозом.

Материал и методы. Проведен нарративный обзор 20 публикаций, отобранных в базах данных PubMed, ScienceDirect, Google Scholar и eLibrary без ограничений по языку и году публикации. В анализ включены исследования по эпидемиологии подросткового идиопатического сколиоза, распространенности сколиотической деформации у подростков, занимающихся различными видами спорта, а также влиянию физической активности на течение заболевания, функциональное состояние и качество жизни пациентов. Исключались исследования, посвященные послеоперационному ведению и специфическим методам коррекции сколиоза.

Результаты. Не выявлено убедительных доказательств причинно-следственной связи между занятиями спортом и развитием подросткового идиопатического сколиоза. Повышенная частота идиопатического сколиоза, отмечаемая в отдельных эстетических видах спорта, вероятнее обусловлена биологическими и антропометрическими особенностями, а также эффектом селекции, а не воздействием спортивной нагрузки. Большинство исследований демонстрирует отсутствие негативного влияния физической активности на прогрессирование деформации позвоночника. Регулярные занятия спортом ассоциированы с улучшением физической работоспособности, психоэмоционального состояния и показателей качества жизни подростков с идиопатическим сколиозом.

Заключение. Современные данные свидетельствуют о безопасности физической активности при подростковом идиопатическом сколиозе. Рутинные ограничения занятий спортом не имеют достаточного доказательного обоснования и могут отрицательно влиять на общее состояние и качество жизни пациентов.

Ключевые слова: подростковый идиопатический сколиоз; физическая активность; спорт; деформация позвоночника; подростки; качество жизни.

Для цитирования: Геворгиз С.А., Глухов Д.А., Рябых С.О., Федорова Ю.А., Губин А.В. Влияние занятий спортом на возникновение и течение деформации позвоночника у пациентов с идиопатическим сколиозом: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 48–55.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.48-55>

THE IMPACT OF SPORTS ACTIVITIES ON THE OCCURRENCE AND COURSE OF SPINAL DEFORMITY IN PATIENTS WITH IDIOPATHIC SCOLIOSIS: A LITERATURE REVIEW

S.A. Gevorgiz¹, D.A. Glukhov¹, S.O. Ryabykh^{1,3}, Yu.A. Fedorova², A.V. Gubin¹

¹The Pirogov Clinic of High Medical Technologies at St. Petersburg University, Saint Petersburg, Russia;

²R.R. Vreden National Medical Research Centre of Traumatology and Orthopaedics, Saint Petersburg, Russia;

³Yu.E. Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Moscow, Russia

Objective. To analyze current literature data on the relationship between sports and physical activity and the development and course of spinal deformity in adolescents with idiopathic scoliosis.

Material and Methods. A narrative review of 20 publications selected from the PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and eLibrary databases without restrictions on language or publication year was performed. The analysis included studies related to the epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis, the prevalence of spinal deformity among adolescents engaged in various sports, and the effects of physical activity on disease course, functional status, and quality of life of patients. Studies focusing on postoperative management and specific methods of scoliosis correction were excluded.

Results. The analysis did not reveal convincing evidence of a causal relationship between sports activities and the development of adolescent idiopathic scoliosis. The increased incidence of idiopathic scoliosis observed in certain aesthetic sports is likely due to biological and anthropometric factors, as well as a selection effect, rather than the impact of sports activities. Most studies demonstrate no negative

effect of physical activity on the spinal deformity progression. Regular sports activities are associated with improved physical performance, psycho-emotional state, and quality of life in adolescents with idiopathic scoliosis.

Conclusion. Current data demonstrate the safety of physical activity in adolescent idiopathic scoliosis. Routine restrictions on exercise lack sufficient evidence and may negatively impact patients' overall well-being and quality of life.

Key Words: adolescent idiopathic scoliosis; physical activity; sports; spinal deformity; adolescents; quality of life.

Please cite this paper as: Gevorgiz SA, Glukhov DA, Ryabykh SO, Fedorova YuA, Gubin AV. The impact of sports activities on the occurrence and course of spinal deformity in patients with idiopathic scoliosis: a literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(1):48–55. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.48-55>

Подростковый идиопатический сколиоз (ИС) является наиболее распространенной структурной деформацией позвоночника у детей и подростков. Распространенность ИС в общей популяции колеблется в пределах 1–3 %, достигая 5,2 % в крупных популяционных исследованиях [1]. При прогрессирующих деформациях отмечается значительное преобладание девочек, что подтверждается соотношением полов до 7:1 при величине деформации по Cobb более 40° [1].

Физическая активность является ключевым компонентом нормального развития опорно-двигательного аппарата подростков. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, 81 % подростков 11–17 лет не достигают минимального рекомендованного уровня активности [2]. Гиподинамия ассоциирована с ухудшением метаболических показателей, снижением мышечной силы, нарушениями психоэмоционального состояния и ухудшением качества жизни.

Влияние спортивной активности на риск развития ИС остается предметом дискуссий. Исследования отдельных видов спорта демонстрируют как потенциально неблагоприятные, так и протективные эффекты. Tanchev et al. [3] установили десятикратно более высокую распространенность сколиоза у девушек, занимающихся художественной гимнастикой (12,0 % против 1,1 % в популяции). Аналогичные данные показаны для профессиональных балерин, среди которых выявлена повышенная распространенность сколиоза, ассоциированная также с задержкой менархе и низким индексом массы тела [4]. Однако результаты крупных эпидемиологических исследований демонстриру-

ют иную картину. В проспективной работе Watanabe et al. [5] ($n = 2600$) отмечено, что большинство видов спорта не ассоциировано с повышенным риском ИС, а игры в баскетбол и бадминтон, напротив, снижают вероятность наличия сколиоза [5]. В свою очередь, в систематическом обзоре Mousavi et al. [6] показана различная распространенность ИС среди спортсменов разных направлений, при этом подчеркнута неоднородность факторов риска и методологических подходов.

Таким образом, имеющиеся данные характеризуются значительной вариабельностью, обусловленной различиями в возрастных группах, тренировочных режимах, уровне спортивной специализации, длительности занятий и исходной предрасположенности (гипермобильность суставов и позвоночника, низкий индекс массы тела, задержка полового созревания).

Цель настоящего обзора – обобщить данные современной литературы, посвященной эпидемиологии ИС и влиянию занятий различными видами спорта на риск его возникновения, прогрессирования и функциональные исходы.

Учитывая дефицит когортных исследований и отсутствие тождественности данных, мы намеренно отказались от систематического обзора в пользу нарративного.

Материал и методы

Проведен нарративный обзор 20 отечественных и зарубежных публикаций, отобранных в базах данных PubMed, ScienceDirect, Google Scholar и eLibrary без языковых и временных ограничений. В анализ включены исследования,

посвященные распространенности ИС у подростков, занимающихся различными видами спорта, а также оценивающие влияние физической активности на функциональное состояние и качество жизни пациентов. При анализе учитывали уровень спортивной подготовки (любительский/профессиональный) при наличии данных в исследованиях; при отсутствии – уровень расценивали как неуточненный. Исключены работы, посвященные послеоперационному периоду и специфическим методам коррекции сколиоза.

Результаты и их обсуждение

Распространенность и демографические особенности подросткового идиопатического сколиоза

Подростковый ИС регистрируется примерно у 0,5–5,0 % клинически здоровых подростков, при этом в большинстве популяционных исследований частота искривлений 10° и больше по Cobb составляет 2–3 % [1, 6]. Распространенность ИС варьирует в зависимости от возраста, порогового значения угла Cobb, методики скрининга и этнических особенностей исследуемой популяции [1].

Пик манифестации ИС приходится на период быстрого пубертатного роста (10–14 лет у девочек, 12–16 лет у мальчиков), что отражает зависимость прогрессирования деформации от темпов соматического роста [1]. При этом выявляется выраженный половой диморфизм: соотношение девочек и мальчиков при малых дугах близко к 1:1, но при деформациях больше 30° оно достигает 7–10:1 [1, 7].

В большинстве наблюдательных исследований указывается, что лишь

часть выявленных сколиотических дуг имеет клинически значимый потенциал прогрессирования. По данным эпидемиологических серий, доля пациентов, достигающих углов Cobb 30° и больше и требующих активного ортопедического или хирургического лечения, составляет менее 10–15 % от всех случаев ИС [1]. Это подчеркивает необходимость дифференциации между легкими сколиотическими деформациями, в том числе сколиотической осанкой, и истинным ИС с высоким риском прогрессирования.

Общая физическая активность детей и подростков

Согласно обновленным рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, детям и подросткам 5–17 лет рекомендовано не менее 60 мин умеренной или высокой аэробной физической активности ежедневно с включением упражнений, укрепляющих мышцы и кости, не менее трех раз в неделю [2].

Глобальный анализ, включающий данные более чем 1,6 млн школьников из 146 стран, показал, что около 81 % подростков (85 % девочек и 78 % мальчиков) не достигают рекомендованного уровня активности [8]. Во многих странах не наблюдается улучшения этих показателей за последние десятилетия, что отражает устойчивый тренд к гиподинамии подростков [8].

Недостаточная физическая активность ассоциирована с ухудшением как соматического, так и психического здоровья. Систематический обзор Wu et al. [9] продемонстрировал устойчивую положительную связь между общей физической активностью и показателями качества жизни, самооценки и психического благополучия детей и подростков. Аналогично обзор Rodriguez-Ayllon et al. [10] показал, что более высокий уровень физической активности связан с меньшей выраженностью депрессии, тревоги, стресс-реакций и с лучшей психологической адаптацией.

Таким образом, подавляющее большинство подростков, в том числе

потенциальные пациенты с ИС, живут в условиях хронического дефицита общей физической активности относительно международных рекомендаций [2, 8]. Это необходимо учитывать при интерпретации данных о роли спорта и физической активности в возникновении и течении ИС.

Физическая активность у пациентов с подростковым идиопатическим сколиозом

Исследования, оценивающие уровень физической активности у подростков с ИС, демонстрируют неоднозначные результаты и значительную методологическую гетерогенность. В крупном японском сравнительном исследовании по типу «случай–контроль» Watanabe et al. [5] было показано, что многолетние интенсивные занятия некоторыми видами спорта (прежде всего художественной гимнастикой и балетом) были ассоциированы с повышенными шансами выявления ИС, тогда как занятия баскетболом и бадминтоном сопровождалась меньшим риском. При этом авторы подчеркивали невозможность однозначного выделения причинно-следственных связей, учитывая возможный отбор детей с уже существующей, но еще не диагностированной деформацией.

В противоположность этим данным Kenanidis et al. [11] в поперечном исследовании 99 подростков с ИС и контрольной группы не выявили связи между систематическими занятиями спортом и развитием ИС, а также не обнаружили влияния продолжения спортивной активности на прогрессирование уже сформированной деформации.

Meyer et al. [12] показали, что подростки с ИС чаще занимаются гимнастикой по сравнению со здоровыми сверстниками, что может отражать как избирательный отбор в эстетические виды спорта, так и особенности телосложения и двигательных навыков у этих пациентов. При этом тип и локализация сколиотической дуги влияют на структуру спортивной активности: например, при грудных дугах чаще отмечается ограничение

на занятия видами спорта с выраженной осевой нагрузкой.

Систематические обзоры и обобщающие публикации показывают, что существующие исследования связи общей физической активности и ИС характеризуются значительной гетерогенностью по дизайну, критериям отбора и методам оценки активности, что не позволяет сделать вывод о физической активности как независимом факторе риска или способе профилактики [6, 11].

В большинстве работ уровень общей активности у пациентов с ИС был сопоставим или лишь незначительно отличался от популяционных значений, тогда как основное различие касалось специфических видов спорта – гимнастики, балета, фигурного катания и др. [5, 6].

Отдельное направление исследований связано с влиянием физической активности на функциональное состояние и качество жизни пациентов с ИС. Ряд работ показал, что аэробные тренировки (ходьба, бег, велоэргометрия, плавание) улучшают толерантность к физической нагрузке, показатели легочной функции и субъективное самочувствие у подростков с умеренными сколиотическими деформациями [13, 14].

В ретроспективном сравнительном исследовании Segreto et al. [7] занятия подростков с ИС «бесконтактными» видами спорта (легкой атлетикой, плаванием, циклическими видами, танцами и др.) не сопровождалась увеличением угла Cobb по сравнению с неактивными пациентами, но ассоциировались с более высокими показателями функции, самооценки и общей удовлетворенности по опроснику SRS-30, а также с более благоприятным восприятием деформации родителями.

В совокупности представленные данные указывают на отсутствие негативного влияния общей физической активности и большинства видов спорта на течение ИС и подчеркивают их потенциально благоприятную роль в поддержании функционального состояния и качества жизни пациентов [8, 10, 11].

*Международные рекомендации по физической активности при под-
ростковом идиопатическом сколиозе*

Консенсусные документы SOSORT и их обновленные версии указывают, что общая физическая активность и занятия спортом не противопоказаны пациентам с ИС и должны поощряться в соответствии с возрастными рекомендациями Всемирной организации здравоохранения [13, 14]. Ограничения могут касаться лишь отдельных видов активности с высоким риском травмы или экстремальной осевой нагрузкой и определяются индивидуально.

Систематические обзоры и популяционные исследования не выявили убедительных данных о том, что занятия спортом или высокий уровень физической активности ускоряют прогрессирование ИС; напротив, большинство работ демонстрирует нейтральное или благоприятное влияние физической активности на функциональные и психоэмоциональные исходы [15–17]. В этой связи современные рекомендации рассматривают поддержание физической активности как важную составляющую комплексного ведения пациентов с ИС наряду с наблюдением, ортезированием и ЛФК [13].

Биомеханические и биологические факторы, связанные со спортом, и их роль в развитии подросткового идиопатического сколиоза

Некоторые биомеханические и биологические характеристики, чаще встречающиеся у спортсменов эстетических и координационно сложных видов спорта, рассматриваются как возможные факторы, способные объяснять наблюдаемую ассоциацию между занятиями спортом и ИС. К таким факторам относятся генерализованная гипермобильность суставов, которая чаще выявляется у спортсменок художественной гимнастики и балета и может создавать биомеханические предпосылки к повышенной подвижности позвоночника в период роста [3, 4]. Кроме того, у подростков, систематически занимающихся интенсивны-

ми тренировками, нередко отмечают низкий индекс массы тела и задержку полового созревания, которые ассоциированы с удлинением периода активного роста позвоночника и повышенной чувствительностью к механическим воздействиям [4, 5].

Роль асимметричных тренировочных нагрузок также обсуждается, однако эпидемиологические исследования не подтверждают причинно-следственной связи между асимметричной спортивной активностью и развитием структурных сколиотических деформаций. В исследованиях, контролирующих антропометрические и биологические факторы, асимметричные виды спорта не ассоциировались с повышенным риском ИС, а в ряде случаев демонстрировали нейтральные или даже защитные эффекты [5, 16].

Таким образом, перечисленные факторы, вероятнее всего, отражают исходные конституциональные и биологические особенности подростков, предрасполагающие как к выбору определенных видов спорта, так и к выявлению ИС, а не прямое влияние спортивной активности на формирование деформации позвоночника.

Распространенность подросткового идиопатического сколиоза в различных видах спорта

Вопрос о возможной связи между отдельными видами спорта и развитием ИС в течение многих лет являлся предметом дискуссий. Современные данные свидетельствуют об отсутствии доказательств того, что спортивная активность может являться непосредственной причиной формирования структурной сколиотической деформации. Исторически наибольшее внимание привлекала художественная гимнастика, поскольку Tanchev et al. [3] выявили более высокую частоту ИС среди гимнасток по сравнению с общей подростковой популяцией. Тем не менее интерпретация этих данных ограничена отсутствием информации о состоянии позвоночника до начала занятий, о выраженной гипермобильности и низком индексе массы тела у спорт-

сменок, а также особенностью антропометрического отбора в данный вид спорта. Последующие более масштабные исследования не подтвердили роль гимнастики как фактора формирования ИС, а систематический обзор Mousavi et al. [6] подчеркивает, что наблюдаемая ассоциация скорее отражает совокупность биологических характеристик самих спортсменов, нежели воздействие тренировочного процесса.

Аналогичная ситуация наблюдается и в классическом балете. Warren et al. [4] отмечают несколько более высокую распространенность сколиоза среди балерин, однако, как и в гимнастике, отсутствовали данные о наличии деформации до поступления в профессиональные школы, а сами спортсменки имели низкую массу тела, задержку полового созревания и гипермобильность суставов. Крупное эпидемиологическое исследование Watanabe et al. [5], проведенное среди 2600 японских школьниц, выявило лишь умеренную ассоциацию между занятием балетом и наличием ИС без подтверждения причинно-следственных связей, что также было расценено как возможный результат предвзятого отбора, а не следствие тренировочной нагрузки.

Особый интерес представляют виды спорта, традиционно считающиеся симметричными, прежде всего плавание. В ряде публикаций прошлого десятилетия предполагалась возможная связь между плаванием и нарушениями осанки, однако современные исследования, включая работы Zaina et al. [16, 17], не обнаружили увеличения риска ИС у пловцов и спортсменов синхронного плавания. Клиническое наблюдение монозиготных близнецов с ИС, занимавшихся синхронным плаванием, представленное Rotoupnis et al. [18], продемонстрировало различную выраженность у них сколиоза, что акцентирует большее внимание на ведущей роли индивидуальной предрасположенности, нежели спортивной нагрузки как непосредственного фактора риска формирования деформации.

В отношении командных видов спорта данные литературы демонстрируют преимущественно нейтральное или даже потенциально протективное влияние. По данным Watanabe et al. [5], занятия баскетболом и бадминтоном были ассоциированы со снижением вероятности выявления ИС. Авторы подчеркивают, что эти виды спорта характеризуются высокой вариативностью двигательных действий, симметричным вовлечением мышечных групп и отсутствием экстремальных статодинамических режимов, что биомеханически снижает нагрузку на растущий позвоночный столб подростка.

Отдельного обсуждения требуют асимметричные виды спорта, такие как теннис, бадминтон, фехтование, в которых доминирование одной стороны и повторяющиеся однотипные движения могли бы рассматриваться как потенциально неблагоприятные. Накопленные данные убедительно показывают, что асимметричные спортивные нагрузки не повышают риска формирования ИС. Так, в упомянутых выше исследованиях теннис и бадминтон не демонстрировали увеличения частоты сколиоза [5], распределение сколиотических дуг среди спортсменов различных дисциплин не выявило статистически значимых различий по сравнению с контрольной группой [16]. Kenanidis et al. [11] также не обнаружили связи между систематическими занятиями спортом и наличием ИС у подростков.

Суммарный анализ данных по различным дисциплинам показывает, что умеренная и даже специализированная спортивная активность в детском возрасте не является причиной формирования ИС, а наблюдаемые различия в частоте сколиоза между отдельными группами спортсменов объясняются преимущественно биологическими особенностями и механизмами отбора в конкретные виды спорта. Большинство современных исследований высокого методологического уровня демонстрируют либо нейтральное, либо потенциально благоприятное влияние спорта на состо-

яние позвоночника, что подтверждает безопасность занятия детей и подростков с ИС различными формами физической активности.

Спорт, функциональное состояние и качество жизни подростков с идиопатическим сколиозом

Функциональное состояние и качество жизни пациентов с ИС являются ключевыми параметрами при оценке влияния физической активности и спортивных занятий. Современные данные убедительно свидетельствуют, что физическая активность подростков с ИС, включая регулярный спорт, не приводит к увеличению выраженности деформации, не ухудшает клинические показатели и, напротив, может сопровождаться значимыми улучшениями как физического, так и психоэмоционального состояния.

Одним из наиболее информативных исследований в этом направлении является работа Segreto et al. [7], в которой продемонстрировано, что подростки с ИС, принимающие участие в спортивных занятиях, характеризуются более высокими показателями качества жизни по опроснику SRS-30, в том числе по шкалам физической функции, активности, самооценки и удовлетворенности внешним видом, по сравнению с неактивными сверстниками. Также отмечено более благоприятное восприятие заболевания родителями, что подчеркивает социально-психологический эффект регулярной физической активности. Важным наблюдением стало отсутствие статистически значимых различий в динамике угла Cobb между активной и неактивной группами, что подтверждает безопасность участия подростков с ИС в спортивных занятиях.

Ряд исследований, посвященных влиянию аэробных нагрузок и циклической активности, показал улучшение функциональных характеристик у пациентов с ИС. В обзоре Wu et al. [9] продемонстрирована устойчивая положительная связь общей физической активности с уровнем психического благополучия, самооценки и показателями социальной адаптации подростков. Аналогичные

выводы представлены Rodriguez-Ayllon et al. [10], которые подчеркивают положительное влияние регулярных физических нагрузок на снижение уровня тревожности, депрессивных симптомов и улучшение общего психологического состояния подростков. Данные работы подтверждают, что физическая активность оказывает не только благоприятное соматическое, но и выраженное терапевтическое воздействие на психоэмоциональный статус подростков с хроническими заболеваниями, включая ИС.

Значимый вклад в понимание функциональных аспектов состояния пациентов с ИС внесло исследование Diarbakerli et al. [19], продемонстрировавшее снижение показателей качества жизни у подростков с ИС по сравнению с возрастными нормами, особенно в доменах самооценки и восприятия внешности. Эти данные подчеркивают важность сохранения и стимулирования физической активности как способа улучшения самовосприятия, социальной интеграции и общего психоэмоционального благополучия подростков с деформациями позвоночника. Более того, Segreto et al. [7] свидетельствуют о том, что физическая активность помогает нивелировать часть негативных психосоциальных последствий ИС, не оказывая отрицательного влияния на течение заболевания.

Отдельное направление исследований касается влияния физической активности на дыхательную функцию у пациентов с ИС. Классическая работа Kesten et al. [20] продемонстрировала, что аэробные нагрузки улучшают показатели легочной функции и толерантность к физической нагрузке у подростков с умеренными сколиотическими дугами, что является важным аспектом их общей физической работоспособности и качества жизни. Наличие легкого или умеренного сколиоза, таким образом, не является препятствием для аэробных тренировок и может рассматриваться как функционально значимое направление коррекции состояния подростков.

Совокупность данных показывает, что участие пациентов с ИС в спортивной деятельности не только безопасно, но и обладает выраженным потенциалом улучшения функционального состояния и качества жизни. Отсутствие негативного влияния спорта на прогрессирование деформации подтверждено в исследованиях различного дизайна, а продемонстрированные позитивные изменения в физическом и психологическом состоянии позволяют рассматривать физическую активность как важную составляющую комплексного ведения подростков с ИС [7, 9, 19].

Таким образом, современные данные литературы свидетельствуют о том, что регулярная физическая активность и участие в спортивных занятиях безопасны для подростков с ИС и могут оказывать протективное влияние на функциональное состояние, эмоциональное благополучие и качество жизни пациентов.

Современные противоречия и нерешенные вопросы

Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных взаимосвязи физической активности и ИС, интерпретация имеющихся данных остается затрудненной вследствие методологических ограничений. Одним из ключевых факторов является отсутствие проспективных исследований, позволяющих четко разграничить исходные биологические особенности подростков и возможное влияние спортивной нагрузки. Во многих работах деформация позвоночника регистрировалась уже после начала занятий спортом, что не позволяет исключить исходную предрасположенность к формированию ИС.

Существенную роль играет систематическая ошибка отбора. Эстетические виды спорта традиционно привлекают подростков с определенными антропометрическими и биологическими характеристиками, такими как гипермобильность суставов, низкий индекс массы тела и задержка полового созревания [3, 4], которые

сами по себе ассоциированы с повышенным риском ИС. В крупных эпидемиологических исследованиях коррективкой по этим факторам значительно ослабляла или полностью устраняла выявляемые ассоциации между видом спорта и наличием ИС [5].

Дополнительные противоречия связаны с разнородностью методов оценки физической активности и критериев диагностики сколиоза, включая различия в пороговых значениях угла Cobb, что приводит к выраженной статистической гетерогенности и затрудняет формирование единых выводов [6].

Наличие ассоциации между отдельными видами спорта и частотой ИС не свидетельствует о причинно-следственной связи. Отсутствие данных о состоянии позвоночника до начала занятий и результаты наблюдений монозиготных близнецов, занимающихся одним видом спорта при различной выраженности деформации, подчеркивают ведущую роль генетических и биологических факторов по сравнению с влиянием спортивной нагрузки [18].

Несмотря на сохраняющиеся предположения о возможном негативном влиянии асимметричных видов спорта, современные эпидемиологические исследования не подтверждают их связь с риском формирования ИС [11, 16].

В совокупности указанные ограничения свидетельствуют об отсутствии надежных данных в пользу причинно-следственной связи между спортивной активностью и формированием ИС.

Заключение

Анализ современных данных показывает, что спортивная активность не является фактором, инициирующим формирование ИС. Несмотря на исторически укоренившиеся представления о потенциально неблагоприятном влиянии спорта, включая эстетические и асимметричные дисциплины, имеющиеся исследования

не подтверждают причинно-следственную связь между тренировочной нагрузкой и развитием структурных сколиотических деформаций. Наблюдаемая в отдельных видах спорта повышенная частота ИС в значительной степени обусловлена биологическими особенностями подростков и эффектом систематической ошибки отбора, а не самим воздействием спортивной активности.

Крупные эпидемиологические исследования демонстрируют отсутствие неблагоприятного влияния большинства видов спорта на риск формирования ИС, а в ряде случаев – нейтральное или потенциально протективное воздействие, особенно в отношении командных дисциплин. Данные по асимметричным видам спорта также не подтверждают увеличения риска сколиотической деформации у подростков, систематически занимающихся физической активностью.

Наряду с этим физическая активность оказывает благоприятное влияние на функциональное состояние и качество жизни подростков с ИС, способствуя улучшению физической работоспособности, психоэмоционального благополучия и восприятия заболевания, без отрицательного влияния на величину деформации.

Таким образом, рациональная физическая активность является безопасной и клинически оправданной для подростков как без сколиоза, так и при наличии ИС. Отказ от спорта при ИС не имеет доказательных оснований, а рекомендации по ограничению физической активности должны формироваться индивидуально с учетом клинической картины и особенностей конкретного вида деятельности.

Полученные данные могут быть использованы при формировании клинических рекомендаций по ведению подростков с идиопатическим сколиозом и при консультировании пациентов и их родителей.

Литература/References

- Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013;7:3–9. DOI: 10.1007/s11832-012-0457-4
- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, Carty C, Chaput JP, Chastin S, Chou R, Dempsey PC, DiPietro L, Ekelund U, Firth J, Friedenreich CM, Garcia L, Gichu M, Jago R, Katzmarzyk PT, Lambert E, Leitzmann M, Milton K, Ortega FB, Ranasinghe C, Stamatakis E, Tiedemann A, Troiano RP, van der Ploeg HP, Wari V, Willumsen JF. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54:1451–1462. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102955
- Tanchev PI, Dzherov AD, Parushev AD, Dikov DM, Todorov MB. Scoliosis in rhythmic gymnasts. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25:1367–1372. DOI: 10.1097/00007632-200006010-00008
- Warren MP, Brooks-Gunn J, Hamilton LH, Warren LF, Hamilton WG. Scoliosis and fractures in young ballet dancers. Relation to delayed menarche and secondary amenorrhea. *N Engl J Med*. 1986;314:1348–1353. DOI: 10.1056/NEJM198605223142104
- Watanabe K, Michikawa T, Yonezawa I, Takaso M, Minami S, Soshi S, Tsuji T, Okada E, Abe K, Takahashi M, Asakura K, Nishiwaki Y, Matsumoto M. Physical activities and lifestyle factors related to adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99:284–294. DOI: 10.2106/JBJS.16.00459
- Mousavi SJ, Seidi F, Minoonejad H, Nikouei F. Prevalence of idiopathic scoliosis in athletes: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2022;8:e001312. DOI: 10.1136/bmjsem-2022-001312
- Segreto FA, Messina JC, Doran JP, Walker SE, Aylyarov A, Shah NV, Mixa PJ, Ahmed N, Paltoo K, Opere-Sem K, Kaur H, Day LM, Naziri Q, Paulino CB, Scott CB, Hesham K, Urban WP, Diebo BG. Noncontact sports participation in adolescent idiopathic scoliosis: effects on parent-reported and patient-reported outcomes. *J Pediatr Orthop B*. 2019;28:356–361. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000574
- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based survey with 1.6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health*. 2020;4:23–35. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2
- Wu XY, Han LH, Zhang JH, Luo S, Hu JW, Sun K. The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PLoS One*. 2017;12:e0187668. DOI: 10.1371/journal.pone.0187668
- Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sanchez C, Est-vez-Lpez F, Muñoz NE, Moragonzalez J, Migueles JH, Molina-García P, Henriksen H, Mena-Molina A, Martínez-Vizcaíno V, Catena A, Lf M, Erickson KI, Lubans DR, Ortega FB, Esteban-Cornejo I. Role of physical activity and sedentary behavior in mental health of preschoolers, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2019;49:1383–1410. DOI: 10.1007/s40279-019-01099-5
- Kenanidis E, Potoupnis M, Papavasiliou K, Sayegh FE, Kapetanios GA. Adolescent idiopathic scoliosis and exercising: is there truly a correlation? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:2160–2165. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817d6db3
- Meyer C, Haumont T, Gauchard GC, Leheup B, Lascombes P, Perrin PP. The practice of physical and sporting activity in teenagers with idiopathic scoliosis is related to the curve type. *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18:751–755. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2007.00750.x
- Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, Diers H, Grivas TB, Knott P, Kotwicki T, Lebel A, Marti C, Maruyama T, O'Brien J, Price N, Parent E, Rigo M, Romano M, Stikeleather L, Wynne J, Zaina F. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018;13:3. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8
- Negrini S, Fusco C, Minozzi S, Atanasio S, Zaina F, Romano M. Exercises reduce the progression rate of adolescent idiopathic scoliosis: results of a comprehensive systematic review of the literature. *Disabil Rehabil*. 2008;30:772–785. DOI: 10.1080/09638280801889568
- Green BN, Johnson CD, Moreau W. Is physical activity contraindicated for adolescents with idiopathic scoliosis? A systematic literature review. *J Chiropr Med*. 2009;8:25–37. DOI: 10.1016/j.jcm.2008.11.001
- Zaina F, Donzelli S, Lusini M, Minnella S, Negrini S. Swimming and spinal deformities: a cross-sectional study. *J Pediatr*. 2015;166:163–167. DOI: 10.1016/j.jpeds.2014.09.024
- Zaina F, Donzelli S, Lusini M, Fusco C, Minnella S, Negrini S. Tennis is not dangerous for the spine during growth: results of a cross-sectional study. *Eur Spine J*. 2016;25:2938–2944. DOI: 10.1007/s00586-016-4452-1
- Potoupnis ME, Kenanidis E, Papavasiliou KA, Kapetanios GA. The role of exercising in a pair of female monozygotic (high-class athletes) twins discordant for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:E607–E610. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31817c4ef3
- Toren S, Diarbakerli E. Health-related quality of life in adolescents with idiopathic scoliosis: a cross-sectional study including healthy controls. *Eur Spine J*. 2022;31:3512–3518. DOI: 10.1007/s00586-022-07428-z
- Kesten S, Garfinkel SK, Wright T, Rebeck AS. Impaired exercise capacity in adults with moderate scoliosis. *Chest*. 1991;99:663–666. DOI: 10.1378/chest.99.3.663

Статья поступила в редакцию 16.01.2026

Рецензирование пройдено 03.02.2026

Подписано в печать 18.02.2026

Received 16.01.2026

Review completed 03.02.2026

Passed for printing 18.02.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. С.А. Геворгиз – концепция и дизайн исследования, анализ литературы, написание основного текста статьи, формулирование выводов, координация работы авторского коллектива, обязанности контактного автора; Д.А. Глухов – научное руководство, критический анализ литературы, редактирование рукописи; С.О. Рярых – анализ и интерпретация данных, участие в подготовке разделов «Обсуждение» и «Заключение», научное редактирование текста; Ю.А. Федорова – анализ и интерпретация данных, научное редактирование текста; А.В. Губин – общее научное руководство, экспертная оценка содержания, утверждение окончательной версии 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.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉Сofия Александровна Геворгиз; Россия, 199004, Санкт-Петербург, Кадетская линия В.О., 13–15; eLibrary SPIN: 1337-7254; ORCID: 0000-0002-3489-3658; sofia.gevorgiz@gmail.com

Дмитрий Александрович Глухов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3376-2569; ORCID: 0000-0002-6880-8562; dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Сергей Олегович Рябых, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 6382-1107; ORCID: 0000-0002-8293-0521; rso_@mail.ru

Юлия Андреевна Федорова, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3911-4108; ORCID: 0000-0003-3842-2113; julsigareva@gmail.com

Александр Вадимович Губин, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 2014-6518; ORCID: 0000-0003-3234-8936; shugu19@gubin.spb.ru

Authors' Info

✉Sofia Aleksandrovna Gevorgiz; 13–15 Kadetskaya Line, Vasilyevsky Island, Saint Petersburg, 199004, Russia; eLibrary SPIN: 1337-7254; ORCID: 0000-0002-3489-3658;

sofiagevorgiz@gmail.com

Dmitrii Aleksandrovich Glukhov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3376-2569; ORCID: 0000-0002-6880-8562; dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Sergey Olegovich Riabykh, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 6382-1107; ORCID: 0000-0002-8293-0521; rso_@mail.ru

Yulia Andreevna Fedorova, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3911-4108; ORCID: 0000-0003-3842-2113; julsigareva@gmail.com

Alexander Vadimovich Gubin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 2014-6518; ORCID: 0000-0003-3234-8936; shugu19@gubin.spb.ru



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ALIF И TLIF ПРИ РЕЦИДИВНОМ ПОРАЖЕНИИ МЕЖПОЗВОНКОВЫХ ДИСКОВ НА L₅–S₁ УРОВНЕ

Ш.Х. Гизатуллин^{1,3}, Н.А. Пестов¹, И.С. Лысенко², В.Ю. Курносенко¹, И.П. Дубинин¹, М.Т. Сампиев²

¹Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н. Бурденко, Москва, Россия;

²Российский университет дружбы народов, Москва, Россия;

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

Цель исследования. Анализ ближайших и отдаленных результатов оперативного лечения рецидивной одноуровневой грыжи межпозвонкового диска L₅–S₁ методами тотального удаления пораженного диска передним доступом со спондилодезом (ALIF) и дискэктомии из заднего доступа с трансфораминальным спондилодезом (TLIF).

Материал и методы. Прооперированы 180 пациентов (группа ALIF – 87, TLIF – 93) по поводу рецидивного одноуровневого (L₅–S₁) поражения межпозвонкового диска пояснично-крестцового отдела позвоночника. Среднее время возникновения рецидива составило 3 года ± 5 мес.

Результаты. Средняя продолжительность оперативного вмешательства при выполнении ALIF составила 92 ± 14 мин, при TLIF – 120 ± 18 мин ($p < 0,05$). В группе ALIF при сравнении предоперационного и послеоперационного баллов по ВАШ достоверно болевой синдром почти полностью регрессировал. В группе TLIF ($n = 93$) болевой синдром по ВАШ также регрессировал, но в меньшей степени. Функциональная оценка по ODI выявила положительную динамику у всех пациентов после операции. Несмотря на позитивную динамику в обеих группах, разница в степени улучшения статистически значима в пользу ALIF ($p < 0,05$). Оценка по модифицированной шкале MacNab показала, что в группе ALIF подавляющее число пациентов оценили результат как отличный; в группе TLIF – как хороший. В группах ALIF и TLIF сопоставимо высокий процент формирования полноценного костного блока. У четырех пациентов зафиксирована недостаточность сращения. В группе ALIF отмечено лучшее восстановление поясничного лордоза. Среднее увеличение угла лордоза в группе ALIF – 11,5° ± 2,1°, в группе TLIF – 3,9° ± 0,8° ($p < 0,01$).

Заключение. ALIF и TLIF являются эффективными методами хирургического лечения рецидивного одноуровневого поражения межпозвонкового диска L₅–S₁. Несмотря на техническую сложность и наличие определенных ограничений к применению переднего доступа, ALIF может рассматриваться как предпочтительный хирургический подход при рецидивной грыже диска на уровне L₅–S₁, особенно у пациентов с нарушениями сагиттального профиля, выраженным болевым синдромом и необходимостью восстановления высоты межпозвонкового пространства.

Ключевые слова: рецидив грыжи межпозвонкового диска; ALIF; TLIF; спондилодез.

Для цитирования: Гизатуллин Ш.Х., Пестов Н.А., Лысенко И.С., Курносенко В.Ю., Дубинин И.П., Сампиев М.Т. Сравнительный анализ ALIF и TLIF при рецидивном поражении межпозвонковых дисков на L₅–S₁ уровне // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 56–62.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.56-62>

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALIF AND TLIF IN RECURRENT L5–S1 INTERVERTEBRAL DISC DISEASE

Sh.Kh. Gizatullin^{1,3}, N.A. Pestov¹, I.S. Lysenko², V.Yu. Kurnosenko¹, I.P. Dubinin¹, M.T. Sampiev²

¹Main Military Clinical Hospital n.a. N.N. Burdenko, Moscow, Russia;

²Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Objective. To analyze the immediate and long-term results of surgical treatment of recurrent single-level herniated L5–S1 intervertebral disc using the methods of total removal of the affected disc through anterior approach with spondylodesis (ALIF) and discectomy from the posterior approach with transforaminal spondylodesis (TLIF).

Material and Methods. A total of 180 patients (ALIF group – 87, TLIF group – 93) were operated on for recurrent single-level lumbosacral L5–S1 intervertebral disc disease. The average time to recurrence was 3 years ± 5 months.

Results. The average duration of surgery for ALIF was 92 ± 14 min, for TLIF – 120 ± 18 min ($p < 0.05$). Comparison of preoperative and postoperative VAS scores showed that pain syndrome reliably regressed almost completely in patients of the ALIF group. In the TLIF group ($n = 93$), pain syndrome also regressed, but to a lesser extent. Functional assessment according to ODI revealed positive dynamics after surgery in all patients. Despite the positive dynamics in both groups, the difference in the degree of improvement was statistically significant in favor of ALIF ($p < 0.05$). In accordance with the modified MacNab scale, the overwhelming majority of patients in the ALIF group rated the outcome as ex-

cellent, while in the TLIF group — as good. In the ALIF and TLIF groups, a comparable high percentage of a complete bone block formation was recorded. Insufficient fusion was recorded in four patients. Better restoration of lumbar lordosis was noted in the ALIF group. The average increase in the lordosis angle in the ALIF group was $11.5^\circ \pm 2.1^\circ$, in the TLIF group — $3.9^\circ \pm 0.8^\circ$ ($p < 0.01$).

Conclusion. ALIF and TLIF are effective methods of surgical treatment for recurrent single-level L₅–S₁ intervertebral disc disease. Despite the technical complexity and certain limitations of the anterior approach, ALIF can be considered as a preferred surgical approach for recurrent L₅–S₁ disc herniation, especially in patients with sagittal profile abnormalities, severe pain, and the need to restore the height of the intervertebral space.

Key Words: recurrent disc herniation; ALIF; TLIF; fusion.

Please cite this paper as: Gizatullin ShKh, Pestov NA, Lysenko IS, Kurnosenko VYu, Dubinin IP, Sampiev MT. Comparative analysis of ALIF and TLIF in recurrent L₅–S₁ intervertebral disc disease. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):56–62. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.56-62>

Рецидив грыжи межпозвонкового диска поясничного отдела остается одной из проблем в спинальной нейрохирургии, встречаясь, по разным данным [1, 2], в 5–15 % случаев. Повторные вмешательства традиционно осуществляются через задний доступ, однако технические сложности, обусловленные рубцово-спаечными изменениями, повышенным риском повреждения твердой мозговой оболочки и возможным повреждением спинно-мозговых корешков, нередко становятся причиной неудовлетворительных исходов [3]. На этом фоне растет интерес к альтернативным методикам — передним и латеральным доступам (ALIF, OLIF, LLIF), которые обеспечивают безопасный и эффективный путь для ревизионного вмешательства с возможностью минимизировать взаимодействие с рубцовой тканью и, как следствие, уменьшить травматизацию невралгических структур [4].

В настоящее время классические методы хирургического лечения включают задние межтеловые спондилодезы, такие как PLIF (posterior lumbar interbody fusion) и TLIF (transforaminal lumbar interbody fusion). Эти методы позволяют напрямую устранить компрессию невралгических структур позвоночного канала и стабилизировать пораженный сегмент с помощью межтеловых кейджей и задней фиксации [5, 6]. Однако при повторных вмешательствах такие подходы демонстрируют ограниченную эффективность и сопряжены с рядом трудностей. Рубцово-спаечные изменения в позвоночном канале значительно затрудняют

доступ к диску, увеличивают риск повреждения твердой мозговой оболочки и корешков, а также способствуют развитию послеоперационных осложнений, самым распространенным из которых является рецидивирующая боль [7, 8]. Кроме того, в ряде обзоров подчеркивается, что при PLIF и TLIF сложнее добиться адекватного восстановления поясничного лордоза, особенно у пациентов с выраженным снижением межтелового пространства [9, 10]. Это побуждает исследователей и клиницистов искать менее инвазивные и более анатомически обоснованные доступы.

Цель исследования — анализ ближайших и отдаленных результатов оперативного лечения рецидивной одноуровневой грыжи межпозвонкового диска L₅–S₁ методами тотального удаления пораженного диска передним доступом со спондилодезом (ALIF) и дискэктомии из заднего доступа с трансфораминальным спондилодезом (TLIF).

Материал и методы

Исследование проводилось на клинической базе Главного военного клинического госпиталя им. Н.Н. Бурденко (Москва). Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Главного военного клинического госпиталя им. акад. Н.Н. Бурденко (протокол № 297 от 04.09.2025). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Дизайн исследования: сравнение двух групп при ретроспективно-

проспективном когортном наборе материала.

В исследование включены 180 пациентов, оперированных по поводу рецидивного одноуровневого поражения межпозвонкового диска пояснично-крестцового отдела позвоночника L₅–S₁. Всем пациентам ранее была выполнена микродискэктомия L₅–S₁, в дальнейшем развился рецидив грыжи, потребовавший проведения межтелового спондилодеза. Среднее время возникновения рецидива — 3 года $\pm$ 5 мес.

Критерии включения:

- в анамнезе — микродискэктомия на уровне L₅–S₁;
- подтвержденный инструментальными методами обследования рецидив грыжи межпозвонкового диска L₅–S₁;
- неэффективность консервативной терапии в течение 8–12 недель;
- проведение спондилодеза методом ALIF или TLIF;
- наличие полного набора до- и послеоперационных клинико-инструментальных данных.

Предоперационная оценка. Всем пациентам проводили предоперационную визуализацию поясничного отдела позвоночника (МРТ, КТ, функциональная рентгенография). Осуществляли предоперационный анализ сагиттального баланса, в том числе пояснично-тазовых параметров, с целью оптимального подбора межтелового имплантата.

Хирургическая техника. В качестве межтеловых имплантатов использовали в группе ALIF поясничный межтеловой кейдж. Характеристики: угол

наклона 10–12–15°, длина 26 мм, высота 10, 12, 14, 16 мм (высоту и угол наклона имплантата подбирали индивидуально с учетом предоперационной рентгенографии). В группе TLIF использовали поясничный межтеловой кейдж. Характеристики: угол наклона 4°, длина 22 мм, высота 8, 10, 12, 14 мм.

В ходе каждого вмешательства кейдж заполняли синтетическим заменителем костной ткани на основе смеси 60 % гидроксипатита и 40 % В-трикальций фосфата.

Послеоперационная оценка. Клиническую эффективность оценивали с использованием стандартизированных шкал: ВАШ, индекса инвалидизации Освестри (ODI), модифицированной шкалы оценки по MacNab.

Рентгенологическую оценку спондилодеза выполняли по данным КТ с применением классификации Brantigan и Steffee [11], основанной на ключевых анатомических критериях [12]. Степени 1 и 2 интерпретировали как отсутствие сращения, степени 3–5 – как его наличие, консолидация. Анализ снимков и отнесение к той или иной категории выполняли 2 независимых исследователя методом визуальной оценки.

Анализ ключевых позвоночно-тазовых параметров проводили по данным рентгенографии в положении пациента стоя. Оценивали тазовые показатели: сакральный наклон (Sacral Slope, SS), тазовый наклон (Pelvic Tilt, PT) и угол сагиттальной плоскости таза (Pelvic Incidence, PI), а также величину общего поясничного лордоза (L₁–S₁, LL). Измерения выполняли в соответствии с общепринятыми методиками, описанными в современной литературе [13–15].

Результаты

Оценка болевого синдрома (ВАШ)

Анализ динамики болевого синдрома показал достоверное его снижение после хирургического вмешательства в обеих выборках. В группе ALIF ($n = 87$) при сравнении среднего предоперационного и послеопера-

ционного баллов по ВАШ достоверно болевой синдром почти полностью регрессировал. В группе TLIF ($n = 93$) при сравнении среднего предоперационного и послеоперационного баллов по ВАШ достоверно болевой синдром регрессировал, но в меньшей степени (табл. 1). Таким образом, степень редукции боли после ALIF была значительно выше по сравнению с TLIF ($p < 0,01$), особенно в отношении боли в поясничной области. Оба метода эффективно устраняли радикулопатию, но ALIF обеспечивал более выраженное снижение осевой боли в спине.

Функциональные исходы (ODI)

Функциональная оценка инвалидизации по ODI выявила положительную динамику у всех пациентов после операции. В группе ALIF предоперационное значение ODI соответствует выраженному нарушению повседневной активности. После операции показатель снизился, демонстрируя восстановление трудоспособности и высокого уровня качества жизни. В группе TLIF исходный уровень ODI был сходен с группой пациентов ALIF, а в послеоперационном периоде снизился менее значительно, чем в группе ALIF (табл. 1). Несмотря на позитивную динамику в обеих группах, разница в степени улучшения была статистически значимой в пользу ALIF ($p < 0,05$).

Субъективная оценка исходов (шкала MacNab)

Субъективная оценка эффективности хирургического лечения по модифицированной шкале MacNab показала следующее: в группе ALIF подавляющее число пациентов оценили результат как отличный. В группе TLIF данные опроса говорят о положительном эффекте, однако менее динамичном, чем в группе ALIF. Большая часть когорты пациентов оценила результат как хороший (табл. 2).

Рентгенологические параметры и качество спондилодеза

Для объективной оценки эффективности методов ALIF и TLIF провели комплексный анализ рентгенологических данных, включавший оценку консолидации в зоне спондилодеза

Таблица 1
Характеристика пациентов исследуемых групп и оценка болевого синдрома по ВАШ и ODI

Группа	Пол (мужской/женский), n	Средний возраст, лет	ВАШ (боль до операции), баллы	ВАШ (спина до операции), баллы	ВАШ (нога до операции), баллы	ODI (до операции), %	ВАШ (боль после операции), баллы	ВАШ (спина после операции), баллы	ВАШ (нога после операции), баллы	ODI (после операции), %
Всего ($n = 180$)	103/77	55,80	7,55 ± 0,55	7,50 ± 0,55	8,00 ± 0,55	55,00 ± 3,80	2,00 ± 0,90	1,70 ± 0,50	0,20 ± 0,25	7,00 ± 1,90
ALIF ($n = 87$)	52/35	52,14	7,30 ± 0,50	7,30 ± 0,50	8,00 ± 0,50	54,00 ± 4,40	0,15 ± 0,50	0,20 ± 0,40	0,10 ± 0,20	4,00 ± 1,50
TLIF ($n = 93$)	51/42	55,26	7,80 ± 0,60	7,80 ± 0,60	8,00 ± 0,60	56,00 ± 3,20	2,09 ± 0,70	3,00 ± 0,60	0,30 ± 0,30	10,00 ± 2,30

Таблица 2

Сравнительная оценка эффективности хирургического лечения в исследуемых группах по шкале MacNab, %

Группа	Результат		
	отличный	хороший	удовлетворительный
ALIF	87,9	12,1	0,0
TLIF	8,1	64,9	27,0

Таблица 3

Показатели формирования костного блока в исследуемых группах через 12 мес., %

Группа	Консолидация (степени 3–5 по Brantigan и Steffee)	Отсутствие сращения (степени 1–2 по Brantigan и Steffee)
ALIF (n = 87)	96,6 (n = 84)	3,4 (n = 3)
TLIF (n = 93)	89,2 (n = 83)	10,8 (n = 10)

и измерение ключевых позвоночно-тазовых параметров.

Качество спондилодеза, оцененное по данным КТ с использованием классификации Brantigan и Steffee [11] через 12 мес. после операции, продемонстрировало высокую частоту формирования костного блока в обеих группах. Однако в группе ALIF зарегистрирован достоверно более высокий процент успешной консолидации по сравнению с группой TLIF (96,6 % против 89,2 %; $p < 0,05$; табл. 3).

Анализ позвоночно-тазового баланса выявил статистически значимые различия между группами в способности восстановления сагитталь-

ных параметров. В группе ALIF отмечено достоверно лучшее восстановление поясничного лордоза, обусловленное использованием крупных имплантатов с анатомически заданным углом (10–12°). Среднее увеличение угла (LL, L₁–S₁) в группе ALIF составило $11,5^\circ \pm 2,1^\circ$, что значительно превышало аналогичный показатель в группе TLIF ($3,9^\circ \pm 0,8^\circ$; $p < 0,01$).

Как демонстрирует табл. 4, более выраженная коррекция в группе ALIF также привела к значимому улучшению тазовых параметров. Наблюдалось достоверное увеличение SS и снижение PT, что свидетельствует о ретроверсии таза и уменьше-

нии компенсаторного напряжения мышц для поддержания вертикальной позы.

Таким образом, метод ALIF продемонстрировал не только более высокий процент формирования успешного костного блока, но и значительные преимущества в коррекции и восстановлении физиологических позвоночно-тазовых взаимоотношений, что является ключевым фактором для долгосрочного благоприятного функционального исхода.

Интра- и послеоперационные параметры

Сравнительный анализ интра- и послеоперационных параметров показал статистически значимые различия между группами ALIF и TLIF. Средняя продолжительность оперативного вмешательства при выполнении ALIF составила 92 ± 14 мин, тогда как при TLIF – 120 ± 18 мин ($p < 0,05$), что свидетельствует о более высоком техническом темпе при переднем доступе. Объем интраоперационной кровопотери также оказался значительно ниже в группе ALIF (180 ± 40 мл) по сравнению с TLIF (290 ± 60 мл; $p < 0,01$). Кроме того, у пациентов, оперированных методом ALIF, зафиксирована меньшая длительность госпитализации – в среднем $5,4 \pm 1,2$ сут против $7,1 \pm 1,5$ сут в группе TLIF ($p < 0,05$).

Осложнения

Послеоперационные осложнения зафиксированы в 4 (5,7 %) случаях (табл. 5).

Таблица 4

Динамика позвоночно-тазовых параметров в исследуемых группах после хирургического вмешательства

Параметр	Группа ALIF (n = 87)	Группа TLIF (n = 93)	p-value (межгрупповое)
Угол сагиттальной плоскости таза, град.	$55,2 \pm 4,1$	$54,8 \pm 3,9$	$>0,05$
Дооперационный тазовый наклон, град.	$25,8 \pm 3,5$	$24,9 \pm 4,1$	$>0,05$
Послеоперационный тазовый наклон, град.	$19,1 \pm 2,8^*$	$23,5 \pm 3,2^*$	$<0,01$
Дооперационный сакральный наклон, град.	$30,5 \pm 3,8$	$31,2 \pm 4,0$	$>0,05$
Послеоперационный сакральный наклон, град.	$37,8 \pm 3,1^*$	$32,4 \pm 3,5^*$	$<0,01$
Дооперационный поясничный лордоз, град.	$38,5 \pm 5,2$	$39,1 \pm 5,5$	$>0,05$
Послеоперационный поясничный лордоз, град.	$50,0 \pm 4,1^*$	$43,0 \pm 4,8^*$	$<0,01$
Прирост поясничного лордоза, град.	$11,5 \pm 2,1$	$3,9 \pm 0,8$	$<0,01$

* Статистически значимые изменения внутри группы ($p < 0,01$) по сравнению с дооперационным значением.

Таблица 5

Послеоперационные осложнения у пациентов исследуемых групп, n (%)

Тип осложнения	ALIF (n = 87)	TLIF (n = 93)
Общая частота	1 (3,0)	3 (8,1)
Повреждение лимфатического сосуда	1 (3,0)	0 (0,0)
Корешковый болевой синдром	0 (0,0)	2 (5,4)
Серома	0 (0,0)	1 (2,7)

Обсуждение

Одной из наиболее заметных тенденций последнего десятилетия в ревизионной хирургии поясничного отдела позвоночника является активное внедрение малоинвазивных передних (ALIF), переднебоковых (OLIF) и боковых (LLIF, XLIF) доступов, которые могут рассматриваться как альтернатива классическим задним доступам [4, 16, 17]. Однако существует естественная анатомическая преграда при использовании OLIF и LLIF на уровне L₅–S₁ – гребень подвздошной кости, который ограничивает возможности манипуляции инструментарием и не позволяет задать адекватный угол подхода к зоне интереса [18, 19]. В связи с этим именно ALIF остается наиболее предпочтительным вариантом доступа на уровне L₅–S₁ [20, 21].

При выборе оперативной тактики необходимо четко разграничить показания и ограничения к выполнению ALIF при рецидивных грыжах межпозвонкового диска. Этот выбор должен быть строго индивидуализирован с учетом анатомо-функционального состояния позвоночника и предшествующего хирургического вмешательства [21–23]. Среди основных показаний к ALIF в ревизионной хирургии – выраженная дегенерация с потерей высоты диска (<6–8 мм), нарушение поясничного лордоза (LL <40°), необходимость восстановления сагиттального баланса (PI–LL mismatch >10°), а также невозможность заднего доступа из-за рубцово-спаечного процесса [1, 6].

Дополнительно ALIF может быть показан пациентам с нестабильностью после TLIF или PLIF [21, 24]. Одним из обоснованных показаний

к переднему доступу остаются повторные вмешательства после неудачных задних операций [25, 26]. ALIF показал лучшие результаты у пациентов с двумя и более предшествующими вмешательствами: меньшую частоту осложнений, лучшую переносимость и клинический эффект [27].

Тем не менее у ALIF есть ограничения. Метод противопоказан при воспалительных изменениях тел позвонков (например, остеомиелите) из-за высокого риска инфицирования имплантата и невозможности формирования костного блока [28]. Кроме того, ALIF не рекомендован при спондилолистезе II–III степени [22, 25] и анатомических сосудистых особенностях, таких как бифуркация аорты на уровне L₅, выраженная кальцинация или отклонение сосудов [29]. Предоперационная оценка этих рисков проводится с использованием КТ-ангиографии, МРТ и 3D-моделирования [27, 30].

Выраженные спайки в брюшной полости встречаются у 8–12 % пациентов с предшествующими абдоминальными вмешательствами и затрудняют мобилизацию сосудов [9]. Интраоперационная навигация и 3D-планирование снижают эти риски [30, 31].

С анатомо-функциональной точки зрения ALIF позволяет избежать повторного контакта с невральными структурами, что особенно важно при выраженном рубцевании после предшествующих вмешательств. Прямая визуализация диска и установка крупных имплантатов обеспечивают стабильность и формирование надежного межтелового блока [17, 20, 21].

Rao et al. [19] сообщают, что площадь имплантата при ALIF достигает 350–450 мм² против 120–180 мм²

при TLIF, что улучшает стабильность. В исследовании Moses et al. [21] отмечено восстановление лордоза на 13,5° при ALIF против 6,1° при TLIF.

Согласно метаанализу [18], ALIF демонстрирует лучшие клинические результаты в ревизионной хирургии: кровопотеря – 145 мл против 280 мл при TLIF, длительность операции – 98 против 125 мин, снижение ODI на 45 % против 31 %, частота повторных вмешательств – 3,8 % против 9,2 %.

Таким образом, несмотря на широкую доступность задних доступов, при рецидивных грыжах они не всегда обеспечивают оптимальные условия. ALIF остается эффективной альтернативой с меньшей травматичностью, лучшей коррекцией деформаций и восстановлением функции при условии высокой квалификации хирурга и детальной предоперационной подготовки.

Заключение

ALIF и TLIF продемонстрировали высокую клиническую эффективность при лечении рецидивного одноуровневого поражения межпозвонкового диска L₅–S₁ и могут быть успешно применены в зависимости от конкретной клинической ситуации.

ALIF показал статистически значимые преимущества в восстановлении сагиттального баланса, что подтверждается инструментальными данными: среднее увеличение угла поясничного лордоза составило 11,5° ± 2,1° против 3,9° ± 0,8° в группе TLIF ($p < 0,01$). Рентгенологическая оценка также выявила более высокий процент формирования успешного костного блока при ALIF (96,6 % против 89,2 %; $p < 0,05$). В клинических исходах пациенты группы ALIF продемонстрировали более выраженное снижение болевого синдрома по ВАШ и лучшее функциональное восстановление по шкале Освестри.

В то же время TLIF остается надежной альтернативой, особенно ценной при противопоказаниях к переднему доступу.

Литература/References

- Patel RS, Suh SW, Kang SH, Nam KY, Siddiqui SS, Chang DG, Yang JH. The radiologic and clinical outcomes of oblique lateral interbody fusion for correction of adult degenerative lumbar deformity. *Indian J Orthop*. 2019;53:502–509. DOI: 10.4103/ortho.IJOrtho_655_17
- Xu DS, Walker CT, Godzik J, Turner JD, Smith W, Uribe JS. Minimally invasive anterior, lateral, and oblique lumbar interbody fusion: a literature review. *Ann Transl Med*. 2018;6:104. DOI: 10.21037/atm.2018.03.24
- Гизатуллин Ш.Х., Жуков Д.И., Курносенко В.Ю., Ким Э.А. Сравнительный анализ одноуровневого переднего и заднего спондилодеза при дегенеративных заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко*. 2021;(2):46–53. [Gizatullin ShKh, Zhukov DI, Kurnosenko VYu, Kim EA. Comparative analysis of single-level anterior and posterior spinal fusion in degenerative disease of the lumbosacral spine. *Medical Bulletin of the Main Military Clinical Hospital n.a. N.N. Burdenko*. 2021;(2):46–53]. DOI: 10.53652/2782-1730-2021-2-2(4)-46-53 EDN: GUGDJQ
- Lee N, Kim KN, Yi S, Ha Y, Shin DA, Yoon DH, Kim KS. Comparison of outcomes of anterior, posterior, and transforaminal lumbar interbody fusion surgery at a single lumbar level with degenerative spinal disease. *World Neurosurg*. 2017;101:216–226. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.01.114
- Kim JS, Choi WG, Lee SH. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up. *Spine J*. 2010;10:404–409. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.02.022
- Manzur M, Virk SS, Jivanelli B, Vaishnav AS, McAnany SJ, Albert TJ, Iyer S, Gang CH, Qureshi S. The rate of fusion for stand-alone anterior lumbar interbody fusion: a systematic review. *Spine J*. 2019;19:1294–1301. DOI: 10.1016/j.spinee.2019.03.001
- Круглов И.А., Гизатуллин Ш.Х., Селезнев А.С., Вовкогон В.Б. Опыт хирургического лечения грыж межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника. В кн.: *Труды Главного военного клинического госпиталя им. Н.Н. Бурденко*. Т. 9, Ч. 1. Москва, 2012. С. 71–74. [Kruglov IA, Gizatullin ShKh, Seleznev AS, Vovkogan VB. Experience in surgical treatment of herniated intervertebral discs of the lumbar spine. In: *Proceedings of the Main Military Clinical Hospital n. a. N.N. Burdenko*. Vol. 9, Part 1. Moscow, 2012. P. 71–74]. EDN: LUHJWK
- Abe K, Orita S, Mannoji C, Motegi H, Aramomi M, Ishikawa T, Kotani T, Akazawa T, Morinaga T, Fujiyoshi T, Hasue F, Yamagata M, Hashimoto M, Yamauchi T, Eguchi Y, Suzuki M, Hanaoka E, Inage K, Sato J, Fujimoto K, Shiga Y, Kanamoto H, Yamauchi K, Nakamura J, Suzuki T, Hynes RA, Aoki Y, Takahashi K, Ohtori S. Perioperative complications in 155 patients who underwent oblique lateral interbody fusion surgery: perspectives and indications from a retrospective multicenter survey. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:55–62. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001650
- Razzouk J, Cheng D, Carter D, Mehta S, Ramos O, Cheng W. Clinical and radiographic outcomes of anterior lumbar interbody fusion with anterior plate fixation. *Cureus*. 2024;16:e55139. DOI: 10.7759/cureus.55139
- Mobbs RJ, Phan K, Thayaparan GK, Rao PJ. Anterior lumbar interbody fusion as a salvage technique for pseudarthrosis following posterior lumbar fusion surgery. *Global Spine J*. 2015;6:14–20. DOI: 10.1055/s-0035-1555656
- Brantigan JW, Steffee AD. A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion. Two-year clinical results in the first 26 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18:2106–2107. DOI: 10.1097/00007632-199310001-00030
- Sanghvi PA, Wiener JM, Meade SM, Boden LM, Shost MD, Steinmetz MP. Development of a unified and comprehensive definition of successful spinal fusion: a systematic review. *J Neurosurg Spine*. 2025;42:403–412. DOI: 10.3171/2024.9.SPINE2465
- Dubouset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL, ed. *The Pediatric Spine: Principles and Practice*. New York: Raven Press Ltd, 1994:479–496.
- Le Huec JC, Hasegawa K. Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J*. 2016;25:3630–3637. DOI: 10.1007/s00586-016-4485-5
- Roussouly P, Gollogly S, Berthoinaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:346–353. DOI: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65
- Гизатуллин Ш.Х., Сычев В.А., Круглов И.А. Анализ тактики хирургического лечения дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника, осложненных нестабильностью позвоночно-двигательного сегмента. *Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко*. 2013;10:93–95. [Gizatullin ShKh, Sychev VA, Kruglov IA. Analysis of the tactics of surgical treatment of degenerative diseases of the lumbar spine complicated by instability of the spinal motion segment. *Medical Bulletin of the Main Military Clinical Hospital n.a. N.N. Burdenko*. 2013;10:93–95]. EDN: CEMKGW
- Gizatullin ShKh, Kurnosenko V, Kristosturov A, Dubinin I. Multilevel anterior lumbar disc replacement: sagittal balance correction. *Global Spine J*. 2019;9 Suppl 2:312S.
- Phan K, Thayaparan GK, Mobbs RJ. Anterior lumbar interbody fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion – systematic review and meta-analysis. *Br J Neurosurg*. 2015;29:705–711. DOI: 10.3109/02688697.2015.1036838
- Rao PJ, Loganathan A, Yeung V, Mobbs RJ. Outcomes of anterior lumbar interbody fusion surgery based on indication: a prospective study. *Neurosurgery*. 2015;76:7–23; discussion 23–24. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000561
- Allain J, Dufour T. Anterior lumbar fusion techniques: ALIF, OLIF, DLIF, LLIF, IXLIF. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106(1S):S149–S157. DOI: 10.1016/j.otsr.2019.05.024
- Moses ZB, Razvi S, Oh SY, Platt A, Keegan KC, Hamati F, Witiw C, David BT, Fontes RBV, Deutsch H, O'Toole JE, Fessler RG. A retrospective comparison of radiographic and clinical outcomes in single-level degenerative lumbar disease undergoing anterior versus transforaminal lumbar interbody fusion. *J Spine Surg*. 2021;7:170–180. DOI: 10.21037/jss-2015.10.05
- Platz U, Halm H, Thomsen B, Pecsli F, K szegvary M, B rger N, Berlin C, Quante M. Anterior Lumbar Interbody Fusion (ALIF) or Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF) for fusion surgery in L5/S1 - What is the best way to restore a physiological alignment? *Z Orthop Unfall*. 2022;160:646–656. DOI: 10.1055/a-1560-3106
- Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg*. 2015;1:2–18. DOI: 10.3978/j.issn.2414-469X.2015.10.05
- Mobbs RJ, Loganathan A, Yeung V, Rao PJ. Indications for anterior lumbar interbody fusion. *Orthop Surg*. 2013;5:153–163. DOI: 10.1111/os.12048
- Gizatullin ShKh, Kurnosenko V, Dubinin I, Bitner S, Kazakov S. Diagnostic and surgery for lumbar spine degenerative disease in osteoporotic patients. *Global Spine J*. 2019;9 Suppl 2:315S.
- Mayer HM, Heider F. “Slalom”: microsurgical cross-over decompression for multilevel degenerative lumbar stenosis. *Biomed Res Int*. 2016;2016:9074257. DOI: 10.1155/2016/9074257
- Колотов Е.Б., Аминов Р.Р., Колотова Е.В., Кельмаков В.В. Применение вентральных декомпрессио-стабилизирующих вмешательств у больных с корешковым компрессионным синдромом на поясничном уровне при сочетании спондилоартроза и грыжи диска. *Нейрохирургия*. 2013;(4):46–52. [Kolotov EB, Aminov RR, Kolotova EV, Kel'makov VV. The usage of ventral decompressive-stabi-

- lizing operations at patients with lumbar radicular compressive syndrome because of combination of spondylarthrosis and diskal hernia. *Russian Journal of Neurosurgery*. 2013;(4):46–52]. DOI: 10.17650/1683-3295-2013-0-4-46-52 EDN: SDUUUN
28. Formica M, Vallerger D, Zanirato A, Cavagnaro L, Basso M, Divano S, Mosconi L, Quarto E, Siri G. Fusion rate and influence of surgery-related factors in lumbar interbody arthrodesis for degenerative spine diseases: a meta-analysis and systematic review. *Musculoskelet Surg*. 2020;104:1–15. DOI: 10.1007/s12306-019-00634-x
29. Peng CH, Chen IH, Yu TC, Wang JH, Wu WT, Yeh KT. Risk factors for reoperation after discectomy of lumbar herniated intervertebral disc disease. *Tzu Chi Med J*. 2024;36:298–303. DOI: 10.4103/tcmj.tcmj_206_23
30. Tsalmis G, Galanis A, Vavourakis M, Sakellariou E, Zachariou D, Varsamos I, Patilas C, Kolovos I, Marouglkianis V, Karampinas P, Kaspiris A, Pneumaticos S. Vascular injuries and complications in anterior lumbar interbody fusion: an up-to-date review. *J Med Life*. 2025;18:165–170. DOI: 10.25122/jml-2024-0345

31. Patel NA, Kuo CC, Pennington Z, Brown NJ, Gendreau J, Singh R, Shahrestani S, Boyett C, Diaz-Aguilar LD, Pham MH. Robot-assisted percutaneous pedicle screw placement accuracy compared with alternative guidance in lateral single-position surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2023;39:443–451. DOI: 10.3171/2023.3.SPINE2329

Статья поступила в редакцию 10.08.2025

Рецензирование пройдено 15.12.2025

Подписано в печать 28.01.2026

Received 10.08.2025

Review completed 15.12.2025

Passed for printing 28.01.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. ШХ. Гизатуллин – написание, анализ статьи, непосредственный оператор; Н.А. Пестов – написание, анализ статьи, непосредственный оператор; И.С. Лысенко – написание, анализ статьи, непосредственный оператор; В.Ю. Курносенко – написание, анализ статьи, непосредственный оператор; И.П. Дубинин – написание, анализ статьи, непосредственный оператор; М.Т. Сампиев – написание, анализ статьи, непосредственный оператор. 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. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Главного военного клинического госпиталя им. акад. Н.Н. Бурденко (протокол № 297 от 04.09.2025).

Согласие на публикацию. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Шамиль Хамбалавич Гизатуллин, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 2722-3355; ORCID: 0000-0002-2953-9902; gizat_sha@mail.ru

Николай Александрович Пестов; eLibrary SPIN: 7429-4228; ORCID: 0009-0000-7039-3653; nkl.dom@yandex.ru

✉ Иван Станиславович Лысенко; Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; ORCID: 0000-0003-1434-6742; dr.lysenko@ortopedcenter.ru

Вячеслав Юрьевич Курносенко; eLibrary SPIN: 7505-2128; ORCID: 0000-0002-9320-3266; dr.kurnosenko@yandex.ru

Илья Петрович Дубинин; eLibrary SPIN: 7452-1424; ORCID: 0000-0002-6902-9798; iliadubinin@yandex.ru

Мухаммад Таблиханович Сампиев, д-р мед. наук; ORCID: 0000-0002-5766-1737; sampiev@ortopedcenter.ru

Authors' Info

Shamil Khambalovich Gizatullin, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 2722-3355; ORCID: 0000-0002-2953-9902; gizat_sha@mail.ru

Nikolai Aleksandrovich Pestov; eLibrary SPIN: 7429-4228; ORCID: 0009-0000-7039-3653; nkl.dom@yandex.ru

✉ Ivan Stanislavovich Lysenko; 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russia, 117198; ORCID: 0000-0003-1434-6742; dr.lysenko@ortopedcenter.ru

Viacheslav Yuryevich Kurnosenko; eLibrary SPIN: 7505-2128; ORCID: 0000-0002-9320-3266; dr.kurnosenko@yandex.ru

Ilya Petrovich Dubinin; eLibrary SPIN: 7452-1424; ORCID: 0000-0002-6902-9798; iliadubinin@yandex.ru

Mukhammad Tablikhanovich Sampiev, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-5766-1737; sampiev@ortopedcenter.ru



ОТДАЛЕННЫЕ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕДНЕЙ ШЕЙНОЙ ФОРАМИНОТОМИИ

Д.А. Печиборщ, В.В. Степаненко, Ю.А. Шулев, М.В. Воронова, Е.А. Карельская

Городская многопрофильная больница № 2, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Оценить высоту межпозвонкового диска и подвижность оперированного сегмента у пациентов с шейной компрессионной монорадикулопатией дегенеративной этиологии после передней шейной фораминотомии (АСФ) в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы. В исследование включены 50 пациентов (44 ± 9 лет; от 28 до 72 лет) после АСФ с отдаленным послеоперационным периодом. Высоту оперированного и смежных межпозвонковых дисков измеряли по межтеловому расстоянию и методом Farfan по КТ до и после операции. Подвижность оперированного и смежных сегментов измеряли по межостистому расстоянию на функциональных рентгенограммах. Период наблюдения составил от 3 до 93 мес. (средний период 22 мес.).

Результаты. Высота смежного верхнего, оперированного и смежного нижнего межпозвонковых дисков составила до операции $4,6 \pm 0,9$ мм, $4,6 \pm 0,9$ мм и $5,1 \pm 0,9$ мм, после операции — $4,4 \pm 0,9$ мм, $2,8 \pm 1,0$ мм и $4,8 \pm 0,9$ мм соответственно. Подвижность оперированного сегмента на уровне АСФ — $3,7 \pm 2,4$ мм, смежного верхнего и нижнего сегментов — $7,1 \pm 3,8$ мм и $6,8 \pm 2,4$ мм соответственно. Подвижность оперированного сегмента 3 мм и более выявлена у 38 (76 %) пациентов (убедительная подвижность), менее 3 мм — у 12 (24 %) пациентов (сомнительная подвижность). Одновременно сохраненный диск (высота межпозвонкового диска по методу Farfan >0) и убедительная подвижность оперированного сегмента (≥ 3 мм) выявлены у 25 (50 %) пациентов. У 4 (8 %) пациентов сохранен диск, однако подвижность оперированного сегмента сомнительная. Коллапс диска (высота межпозвонкового диска по методу Farfan $= 0$) с сомнительной подвижностью оперированного сегмента выявлен у 8 (16 %) пациентов. В остальных 13 (26 %) случаях коллапс диска сопровождался сохранением убедительной подвижности оперированного сегмента.

Заключение. В 84 % случаев после АСФ сохранены межпозвонковый диск и/или подвижность оперированного сегмента.

Ключевые слова: передняя шейная фораминотомия; высота межпозвонкового диска; подвижность сегмента; метод Farfan.

Для цитирования: Печиборщ Д.А., Степаненко В.В., Шулев Ю.А., Воронова М.В., Карельская Е.А. Отдаленные рентгенологические результаты передней шейной фораминотомии // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 63–71. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.63-71>

LONG-TERM RADIOLOGICAL RESULTS OF ANTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY

D.A. Pechiborsch, V.V. Stepanenko, Yu.A. Shulev, M.V. Voronova, E.A. Karelskaia

City Multidisciplinary Hospital No 2, Saint Petersburg, Russia

Objective. To evaluate the intervertebral disc height and mobility of the operated segment in patients with cervical compression monoradiculopathy of degenerative etiology after anterior cervical foraminotomy (ACF) in the late postoperative period.

Material and Methods. The study included 50 patients (44 ± 9 years, 28–72 years) after ACF with a long-term postoperative period. The height of the operated and adjacent intervertebral discs was measured by the interbody distance and by Farfan method on CT scans before and after surgery. The mobility of the operated and adjacent segments was measured by the interspinous distance on functional radiographs. The follow-up period ranged from 3 to 93 months (mean 22 months).

Results. The height of the adjacent superior, operated and adjacent inferior intervertebral discs before surgery was 4.6 ± 0.9 mm, 4.6 ± 0.9 mm and 5.1 ± 0.9 mm and after surgery — 4.4 ± 0.9 mm, 2.8 ± 1.0 mm and 4.8 ± 0.9 mm, respectively. The mobility of the operated segment at the ACF level was 3.7 ± 2.4 mm, and of the adjacent superior and inferior segments — 7.1 ± 3.8 mm and 6.8 ± 2.4 mm, respectively. The mobility of the operated segment of 3 mm or more was detected in 38 (76%) patients (convincing mobility), and less than 3 mm — in 12 (24%) patients (questionable mobility). A combination of preserved disc (intervertebral disc height >0 according to the Farfan method) and convincing mobility of the operated segment (≥ 3 mm) was detected in 25 (50%) patients. In 4 (8%) patients, the disc was preserved, but the segmental mobility was questionable. Disc collapse (intervertebral disc height $= 0$ according to the Farfan method) with questionable mobility of the operated segment was detected in 8 (16%) patients. In the remaining 13 (26%) cases, disc collapse was accompanied by convincing mobility of the operated segment.

Conclusion. The intervertebral disc and/or mobility of the operated segment were preserved in 84% of cases after ACF.

Key Words: anterior cervical foraminotomy; intervertebral disc height; segmental mobility; Farfan method.

Please cite this paper as: Pechiborsch DA, Stepanenko VV, Shulev YuA, Voronova MV, Karelskaia EA. Long-term radiological results of anterior cervical foraminotomy. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):63–71. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.63-71>

При дегенеративных изменениях шейного отдела позвоночника компрессию шейного корешка в подавляющем большинстве случаев вызывают мягкий латеральный секвестр межпозвоночного диска (МПД) или ункофораминальный стеноз. Наиболее широко применяемым способом хирургического лечения компрессионных шейных радикулопатий уже несколько десятилетий является передний шейный спондилодез (ACDF) [1]. Передняя шейная фораминотомия (ACF) была предложена в качестве альтернативы ACDF с целью сохранения МПД и подвижности оперированного сегмента [2]. По данным литературных обзоров, ACDF и ACF имеют сопоставимую клиническую эффективность радикулярной декомпрессии [1]. В базах Pubmed и Google Scholar мы нашли 32 статьи с представлением результатов ACF. В большинстве статей акцент сделан на клинических результатах ACF, при этом ключевые радиологические параметры, такие как высота МПД и подвижность оперированного сегмента, представлены недостаточно или вовсе не исследовались, тогда как именно эти два радиологических параметра и составляют отличительную сущность и ожидаемое преимущество ACF.

Цель исследования – оценить высоту МПД и подвижность оперированного сегмента у пациентов с шейной компрессионной монорадикулопатией дегенеративной этиологии после ACF в отдаленном послеоперационном периоде.

Материал и методы

В исследование включены 50 пациентов с шейной компрессионной монорадикулопатией, оперированных в 2018–2024 гг. в Санкт-Петербургской городской многопрофильной больнице № 2.

Критерии включения в исследование: впервые оперированные пациенты 18 лет и старше с шейной компрес-

сионной монорадикулопатией дегенеративной этиологии.

Критерии исключения: шейная миелопатия, нестабильность сегмента.

Всем пациентам ACF выполняли на одном уровне. Диагностическая программа включала МРТ, КТ и функциональные рентгенограммы шейного отдела позвоночника до операции, после операции перед выпиской и в отдаленном периоде наблюдения (от 3 мес.).

Перед операцией все пациенты подписали добровольное информированное согласие на применение результатов исследований в научных целях. Протокол этической экспертизы не оформлялся, так как проводимые исследования не выходили за рамки стандартных до- и послеоперационных методов ведения пациентов с данной патологией.

Во всех случаях применяли доступ к шейному отделу позвоночника по Smith – Robinson со стороны радикулопатии с использованием операционного микроскопа и микрохирургических инструментов. У всех пациентов выполнен авторский (патент № 2023124430¹) параункальный вариант ACF (рис. 1). Данный вариант ACF является минимализированной модификацией доступа по Snyder и Bernhardt [3]. Монодиссектором производится краевая резекция длинной мышцы шеи до медиального края крючковидного отростка, тем самым формируется площадка для начала фрезерования. Фрезевой коридор (сначала режущим бором диаметром 4 мм, далее алмазным) проходит параллельно крючковидному отростку. Диаметр фрезевого коридора составляет 6–7 мм. Пистолетными кусачками Керрисона 2 мм удаляется задняя продольная связка. При фораминальном стенозе крючковидный отросток нужно резецировать. В этом случае бором подпиливается основание крючковидного отростка. Все время необходимо контролировать край крючковидного отростка лопаткой. Истонченный крючковидный отросток надламыва-

ется конхотомом и удаляется. Пистолетными кусачками удаляются остатки крючковидного отростка. Обычно после удаления крючковидного отростка появляется венозное кровотечение – это кровит венозное сплетение позвоночной артерии. Венозное кровотечение купируется мягкой тампонадой желатиновой губкой.

При мягкой компрессии (префораминальный секвестр) и широком межпозвоночном отверстии по данным КТ ункэктомию не выполняли, а проводили лишь краевую резекцию задней трети крючковидного отростка. При префораминальном секвестре с интрафораминальным распространением интрафораминальную часть удаляли с помощью микрокрючка. При фораминальном стенозе и глубоко расположенном интрафораминальном секвестре параункальный вариант ACF дополняли полной и частичной ункэктомией соответственно.

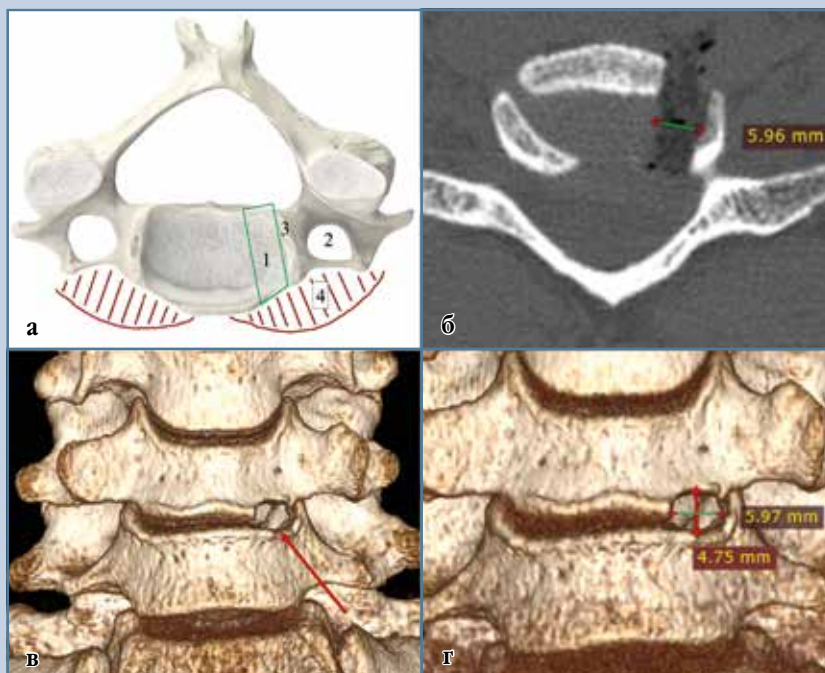
Высоту МПД измеряли двумя способами по данным КТ (в сагиттальной плоскости в режиме «костного окна», толщина срезов 0,6 мм) в программе RadiAnt DICOM Viewer по межтеловому расстоянию и по методу Farfan (рис. 2). Метод Farfan учитывает линзообразное строение тел позвонков.

Подвижность оперированного сегмента измеряли в миллиметрах как разность соответствующих межостистых расстояний на функциональных рентгенограммах. Межостистое расстояние измеряли линейкой на негатоскопе и корректировали в истинное значение по переднезаднему размеру выбранного тела позвонка по данным КТ в программе RadiAnt DICOM Viewer.

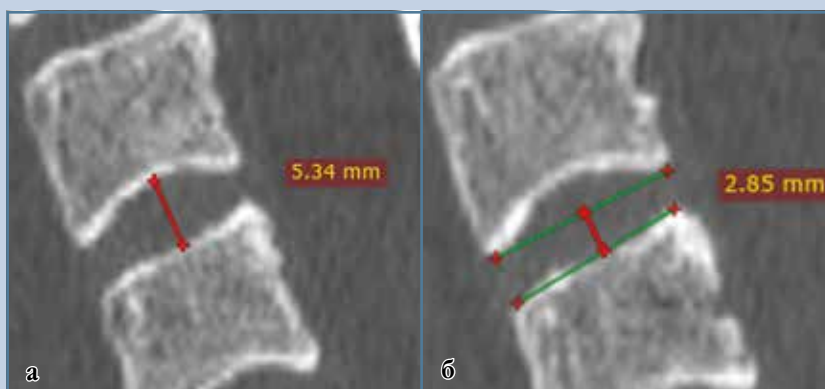
Нестабильность сегмента определяли по критериям White и Panjabi (смещение более 3,5 мм, угол наклона более 11°).

Статистический анализ данных и построение графика выполняли в программе Statistica 6.0. Для каждого из трех уровней определяли два статистических параметра: среднее арифметическое и стандартное отклонение.

¹Патент № 2023124430. 20.03.2024. Бюл. № 8. Шулев Ю.А., Степаненко В.В., Печиборщ Д.А. Способ микрохирургического доступа к межпозвоночному отверстию у больных с радикулопатией шейного отдела позвоночника. Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2815702C1/ru>

**Рис. 1**

Выполнение параункального варианта АСФ (без ункэтомии): **а** – схематичное изображение (1 – место входа и границы фрезевого коридора; 2 – межпозвонковое отверстие; 3 – задняя треть крючковидного отростка; 4 – длинная мышца шеи); **б** – КТ (аксиальный снимок); **в** – 3D-КТ, фрезевой канал АСФ (указан стрелкой), вид спереди; **г** – размеры фрезевого коридора

**Рис. 2**

Высота межпозвонкового диска по межтеловому расстоянию (**а**) и по методу Farfan (**б**)

Результаты

Средний возраст пациентов составил 49 ± 9 лет (24–75 лет). Мужчин было 23 (46 %), женщин – 27 (54 %).

Количество выполненных операций по уровням распределилось следующим образом: C_3-C_4 – 1 (2 %), C_4-C_5 – 1 (2 %), C_5-C_6 – 19 (38 %), C_6-C_7 – 26 (52 %), C_7-Th_1 – 3 (6 %). Префорами-

нальный мягкий секвестр – 33 (66 %), интрафораминальный мягкий секвестр – 12 (24 %), фораминальный стеноз – 5 (10 %). Параункальный доступ без ункэтомии выполнен 33 (66 %) пациентам, с ункэтомией – 17 (34 %). Средний период наблюдения составил 22 мес. (3–93 мес.).

По шкале Odom отличный результат получен у 36 (72,5 %) пациентов, хороший – у 9 (17,5 %), плохой – у 5 (10 %). Осложнения были у трех пациентов – синдром Горнера, осиплость голоса и нестабильность. Синдром Горнера и осиплость голоса полностью регрессировали в течение 6 мес. У пациента с нестабильностью боли в шее полностью регрессировали в течение 6 мес. после АСФ. Одна пациентка реоперирована (АСДФ) в связи с персистирующими болями в шейном отделе позвоночника. Рецидивов выявлено не было.

Высота МПД для смежного выше, оперированного и смежного ниже позвонков до операции составила $4,6 \pm 0,9$ мм, $4,6 \pm 0,9$ мм, $5,1 \pm 0,9$ мм, после операции – $4,4 \pm 0,9$ мм, $2,8 \pm 1,0$ мм, $4,8 \pm 0,9$ мм соответственно (рис. 3). Уменьшение высоты смежного выше, оперированного и смежного ниже МПД составило $0,18 \pm 0,7$ мм, $1,8 \pm 1,06$ мм и $0,33 \pm 1,02$ мм соответственно. Уменьшение высоты МПД менее 1 мм определено у 12 (24 %) пациентов, от 1 до 2 мм – у 20 (40 %), более 2 мм – у 18 (36 %).

При измерении высоты МПД по методу Farfan у 29 (58 %) пациентов диск удалось сохранить (Farfan >0; рис. 4). У 19 (38 %) пациентов выявлен коллапс диска (Farfan = 0; рис. 5). У 2 (4 %) пациентов сформировался костный блок.

У пациентов с ункэтомией (34 %) высота диска уменьшилась в среднем на $1,26 \pm 0,69$ мм, а у пациентов без ункэтомии (66 %) – на $2,11 \pm 1,13$ мм. До 50 % своей высоты диск теряет в первые 3–6 мес. после операции, в дальнейшем снижение высоты происходит медленнее.

Подвижность оперированного сегмента после АСФ составила $3,7 \pm 2,4$ мм. Подвижность смежного

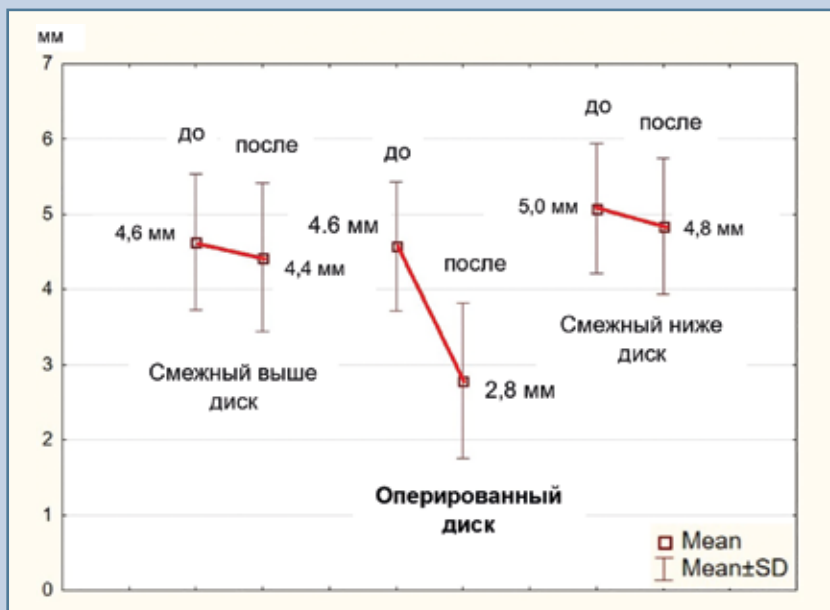


Рис. 3

Динамика высоты межпозвонкового диска до и после АСФ (по методу измерения межтелового расстояния). Представлены средние значения со стандартными отклонениями



Рис. 4

Диск сохранен у пациентки К., 44 лет, с префораминальным секвестром с интрафораминальным распространением C₅–C₆ справа (период наблюдения 22 мес.): а, б — МРТ до операции; в — фрезевой коридор по КТ; г — МРТ после операции

выше и смежного ниже сегментов составила $7,1 \pm 3,8$ мм и $6,8 \pm 2,4$ мм соответственно. Таким образом, подвижность оперированного сегмента после АСФ в два раза меньше подвижности смежных сегментов. Подвижность оперированного сегмента менее 3 мм определена у 12 (24 %) пациентов. Такую подвижность мы считаем сомнительной с учетом погрешности измерения. Подвижность оперированного сегмента ≥ 3 мм выявлена у 38 (76 %) пациентов (убедительная подвижность).

Сопоставление высоты МПД и подвижности оперированного сегмента представлено в табл.

Обсуждение

В настоящее время при шейной компрессионной радикулопатии в мировой практике применяют пять хирургических методов: АСДФ, переднюю шейную дискэктомию без блока (АСД), АСФ, заднюю шейную фораминотомию (РСФ) и АДР (Artificial Disc Replacement). Так как морфологические субстраты компрессии практически всегда располагаются вентрально по отношению к шейному корешку, то передний доступ имеет преимущество перед задним в возможности прямой декомпрессии. АСДФ считается золотым стандартом в хирургическом лечении компрессионных шейных радикулопатий, однако возможное возникновение синдрома смежного уровня стало стимулом к появлению концепции безблоковой хирургии. Идея безблоковой хирургии начала развиваться в двух направлениях сохранения подвижности оперированного сегмента — естественным путем (АСФ) и искусственным путем (АДР). Так как общим трендом в нейрохирургии является стремление к сохранению анатомических структур и их функций, то среди передних доступов АСФ представляется наиболее привлекательной опцией.

Первую попытку сохранить подвижность оперированного сегмента с целью предотвращения синдрома смежного уровня предприняли Snyder



Рис. 5

Коллапс диска у пациентки X, 37 лет, с интрафораминальным секвестром C₅–C₆ слева (период наблюдения 4 мес.): а, б – КТ и МРТ до операции; в, г – КТ после операции

Таблица

Сопоставление высоты межпозвонкового диска и подвижности оперированного сегмента

Подвижность оперированного сегмента	Диск сохранен (Farfan >0)	Коллапс диска (Farfan = 0)	Костный блок
Убедительная (≥3 мм)	25 (50 %)	13 (26 %)	0
Сомнительная (<3 мм)	4 (8 %)	6 (12 %)	2 (4 %)

и Bernhardt [3]. Их операция представляла собой парциальную ACD с сохранением 2/3 МПД. Авторы назвали свою операцию ACFID (Anterior Cervical Foraminal Interspace Decompression). При сопоставимых с ACDF и ACFID клинических результатах они продемонстрировали снижение частоты образования костного блока с 60 %, как при тотальной ACD, до 4 %. Авторы обратили внимание, что все оперированные диски «значительно дегенерировали» вследствие хирургической инвазии.

Оказалось, что даже незначительная хирургическая инвазия шейного МПД запускает процесс его быстрой дегенерации вплоть до коллапса диска (высота диска по методу Farfan = 0). Данный феномен получил название «эффект прокола иглой» (needle puncture effect). «Прокол иглой» – это классический метод провокации дегенеративного каскада в межпозвонковом диске у экспериментальных животных. Описаны биомеханические и биохимические реакции в проколоте диске в зави-

симости от диаметра иглы, глубины проникновения иглы и длительности нахождения иглы в диске у самых разных животных – от крыс до крупного рогатого скота. Elliott et al. [4] на основании собственного исследования, а также анализа 23 статей по влиянию соотношения диаметра иглы к высоте диска пришли к выводу, что такое соотношение имеет существенное значение для дегенерации диска. Эффект прокола иглой был также показан на шейных МПД человека при ошибочной маркировке уровня у пациентов при ACDF [5].

В 1996 г. Jho [2] предложил операцию ACF и определил ее концепцию: сохранение естественной подвижности оперированного сегмента и его функции посредством минимально возможной хирургической травмы шейного диска из переднего доступа. Jho поясняет, что для ACF принципиальным является не резекция унко-вертебрального сустава, а «целостность межпозвонкового диска». ACF по Jho – это «хирургия интактного диска» [2]. В оригинальном варианте (трансункальный вариант ACF, «Jho procedure») доступ проходит в очень узком коридоре через крючковидный отросток между позвоночной артерией и МПД с тем, чтобы свести к минимуму хирургическую инвазию диска. Jho даже предлагал сохранять медиальную стенку крючковидного отростка в качестве протектора МПД. С другой стороны, вариант ACF по Jho, являясь наиболее щадящим по отношению к МПД, представляет наибольшие риски для позвоночной артерии и симпатического ствола. В дальнейшем оригинальный вариант ACF был модифицирован в разные компромиссные варианты, чтобы уйти от прямого контакта с позвоночной артерией. В настоящее время ACF – это множество передних минимально-инвазивных фрезевых доступов с общей конечной точкой – задняя часть крючковидного отростка, который образует медиальную стенку межпозвонкового отверстия (отсюда фораминотомия). Эта точка является ключевой, так как, достигнув ее, мож-

но удалить любой фактор компрессии нервного корешка. Отличаются варианты ACF разными точками входа и, соответственно, разными траекториями. У каждого варианта ACF свой баланс рисков, ключевыми из которых являются повреждение позвоночной артерии и симпатического ствола с одной стороны и коллапс МПД с другой. Jho выделяет 3 варианта ACF: трансункальный, верхний чрестеловый и нижний чрестеловый [2]. Han et al. [6] классифицируют все варианты ACF на классическую трансункальную и модификации ACF. Ohtake et al. [7] выделяют три типа ACF: ACFID (по Snyder и Bernhardt) с доступом через диск, трансункальный тип (по Jho) и трансвертебральный тип (по Choi [8]).

Мы начали применять ACF в 1999 г., к настоящему времени выполнено более 500 операций. За прошедшие 25 лет ACF в нашем нейрохирургическом отделении прошла эволюцию и в настоящее время представляет собой авторский (параункальный) компромиссный вариант – более безопасный для пациента, чем ACF по Jho, и менее инвазивный для межпозвонкового диска, чем ACFID по Snyder.

Высота МПД является основополагающим параметром в сохранении естественной подвижности сегмента, а уменьшение высоты диска – ключевым радиологическим критерием дегенерации диска [9]. Существенное снижение высоты диска оперированного сегмента, по нашим данным, является наиболее характерным радиологическим изменением после ACF. Уменьшение высоты диска оперированного сегмента в скором времени после ACF уже описано в литературе. Данные по динамике высоты диска до и после ACF представлены в 8 из 32 работ по результатам ACF, при этом во всех статьях измерения проводили по рентгенограммам. Трансункальный вариант ACF (метод Jho), несмотря на попытки сохранить целостность диска, у большинства пациентов приводит к существенному снижению высоты диска

оперированного сегмента – в среднем на 1 мм [6, 10–15].

Hong et al. [10] выявили уменьшение высоты диска оперированного сегмента после трансункального варианта ACF (40 пациентов) на 0,8 мм и верхнего чрестелового варианта ACF (20 пациентов) на 0,3 мм. Измерения проводили через 3 мес. после операции. Авторы сделали вывод, что верхний чрестеловый вариант ACF для сохранения диска лучше, чем трансункальный.

По данным Kim et al. [11], у 82 пациентов (97 трансункальных ACF) высота диска оперированного сегмента через 3,1–8 лет уменьшилась в среднем на 1 мм. Изменение высоты диска до ACF и в ближайшем периоде после ACF выявлено не было, однако у большинства пациентов диск уменьшился по высоте в первые 3 мес. после ACF. Уменьшение высоты диска коррелировало со степенью хирургической инвазии диска и с диаметром фрезевого канала. По данным авторов, диаметр фрезевого канала более 4,7 мм является критическим для дегенерации диска. Определено, что степень инвазии диска имеет большее значение, чем диаметр фрезевого канала, в качестве причины уменьшения высоты диска после ACF. Авторы пишут: «Для спасения высоты диска мы рекомендуем избегать любого его повреждения во время ACF» [11].

Park et al. [12] выполнили ACF (трансункальный вариант) 50 пациентам и выявили уменьшение высоты диска у всех оперированных пациентов. Учитывая, что высота смежных дисков после ACF уменьшилась незначительно по сравнению с оперированным, авторы считают основной причиной существенной дегенерации диска на оперированном сегменте хирургическую инвазию. ACF у пациентов с нормальным диском или с незначительными дегенеративными изменениями обычно приводит к более быстрому и существенному уменьшению высоты диска, чем у пациентов, у которых диск имеет признаки средней или выраженной дегенерации. В связи с этим авторы

рекомендуют пациентам с незначительной дегенерацией диска применять PCF или ADR [12]. А.О. Гуца считает, что при мягком латеральном секвестре «наиболее целесообразно применение PCF». ACF автор использует при корешковой компрессии остеофитом [16]. Cornelius et al. [17] также применяют ACF только при жесткой корешковой компрессии.

По результатам исследования Han et al. [6], у 24 пациентов после ACF (трансункальный вариант) высота диска на оперированном сегменте уменьшилась в среднем на 1 мм при финальном осмотре через 6,4–9,8 года. Степень инвазии диска при ACF коррелирует с уменьшением высоты диска, уменьшением его подвижности, а также формированием остеофитов. Авторы сделали вывод, что «интраоперационная инвазия диска во время ACF могла быть триггером дегенерации диска» [6].

По данным Son et al. [13], у 62 пациентов после ACF (трансункальный вариант) высота диска на оперированном сегменте через год уменьшилась в среднем на 0,6 мм и на 1,06 мм при финальном осмотре через 10,0–14,5 года. С целью минимизировать хирургическую травму диска Choi et al. [8] предложили ACF в варианте чрестелового доступа (через середину тела позвонка). Несмотря на все попытки сохранить диск интактным, оперированный диск уменьшился по высоте на 0,4 мм по рентгенограммам преимущественно в первые 3 мес. после ACF.

Kim et al. [14] провели анализ динамики высоты диска после ACF и PCF по рентгенограммам и пришли к выводу, что высота диска после PCF в течение одного года существенно не изменилась, тогда как после ACF высота диска через 1 мес., 6 мес. и 1 год уменьшилась на 0,4, 0,6 и 0,6 мм соответственно. Таким образом, по данным Kim et al. [14], высота диска уменьшается в первые 6 мес. после ACF, в дальнейшем высота диска стабилизируется, при этом наиболее существенное уменьшение высоты диска происходит в течение первого месяца после ACF. Незначительное изменение высо-

ты диска оперированного сегмента во всех работах после PCF указывает на важный вывод: разрыв диска с формированием секвестра не провоцирует ускоренную дегенерацию диска.

По нашим данным, после параункального варианта АСФ высота МПД на оперированном сегменте уменьшилась в среднем на 1,8 мм (по результатам КТ). Уменьшение высоты диска оперированного сегмента после АСФ у пациентов с мягкой компрессией более существенное (2,1 мм), чем у пациентов с фораминальным стенозом (1,3 мм), что обусловлено более выраженной исходной дегенерацией диска при фораминальном стенозе. При этом в наибольшей степени диск дегенерирует в первые 3–6 мес. после АСФ. Это согласуется с данными других авторов [8, 10, 14]. В литературе мы не встретили работ, где высоту МПД до и после АСФ измеряли по данным КТ.

В нашей серии спонтанный костный блок выявлен у 2 (4 %) пациентов. Причиной формирования спонтанного костного блока является полная дегенерация диска с формированием фиброзного сращения, которое в дальнейшем фиксируется краевыми остеофитами [18]. Такой исход является типичным для АСД. Параункальный вариант АСФ, а также другие чрездисковые варианты АСФ являются по сути миниинвазивной или минимально инвазивной АСД [19]. Наибольшая встречаемость спонтанного блока после АСФ представлена в работе Pechlivanis et al. [20]: из 96 пациентов через 2 года после АСФ спонтанный блок выявлен у 28,6 % пациентов. Авторы сделали вывод, что ункофораминотомия не может сохранить двигательный сегмент у каждого пациента. В работах других авторов спонтанный костный блок в отдаленном периоде после АСФ выявлен в 1 % [2], 4 % [3], 10 % [11], 10,1 % случаев [12]. Таким образом, по данным литературы, а также по результатам нашего исследования, АСФ неизбежно вызывает существенную дегенерацию МПД оперированного сегмента, несмотря на все попытки

минимизировать его хирургическую инвазию.

Подвижность оперированного сегмента после АСФ может быть вызвана двумя разными причинами. Первая – это естественная подвижность сегмента вследствие относительной сохранности диска (Farfan >0), вторая – подвижность сегмента при коллапсе диска (Farfan = 0) за счет формирования фиброзного сращения [18]. Такая подвижность может сочетаться с нестабильностью оперированного сегмента. Подвижность оперированного сегмента после АСФ в отдаленном периоде количественно измерена лишь по данным единичных исследований. В этих работах показано существенное уменьшение подвижности оперированного сегмента по сравнению со смежными уровнями после АСФ [7, 12]. При этом методы измерения подвижности сегментов в работах разные. Мы исследовали динамику подвижности оперированного и смежных сегментов методом измерения межостистого расстояния по данным функциональных рентгенограмм. Данный метод, по мнению Ohtake et al. [7], является наиболее точным. Убедительную подвижность оперированного сегмента (≥ 3 мм) мы определили у 31 (62 %) пациента, при этом подвижность оперированного сегмента оказалась примерно вдвое меньше подвижностей смежных сегментов. Существенное уменьшение подвижности оперированного сегмента, по нашим данным и данным литературы, обусловлено существенной дегенерацией диска оперированного сегмента.

Учитывая незначительное (0,2 мм) уменьшение высоты смежных дисков в нашей серии, наиболее вероятно обусловленное естественными дегенеративными изменениями, мы считаем, что АСФ не оказывает существенного влияния на дегенерацию смежных уровней. Аналогичный вывод делают другие авторы [7, 12, 13].

Представляет интерес клиническая корреляция выявленных радиологических изменений. Многие авторы считают, что боль в шее и плече

после АСФ обусловлена ятрогенной нестабильностью оперированного сегмента, хотя часто не подтверждена рентгенологически в соответствии с критериями White – Panjabi (смещение $\geq 3,5$ мм или ангуляция $>11^\circ$). Возможно, что применение более чувствительных шкал, таких как шкала Guigui (смещение >2 мм или ангуляция $>5^\circ$), будет более точным для верификации нестабильности шейного отдела позвоночника после АСФ [21]. Некоторые авторы считают, что к нестабильности после АСФ predisposes ункэктомия. Мы не выявили корреляции между существенными болями в шее после АСФ и ункэктомией. Также единственный случай рентгенологически подтвержденной нестабильности после АСФ в нашей серии был у пациента с префораминальным секвестром, которому ункэктомию не проводили. По нашим данным, появление или усиление болей в шее и/или плече после АСФ коррелирует с коллапсом МПД оперированного сегмента. Аналогичную корреляцию выявили и другие авторы [11]. Однако клиничко-радиологические корреляции не являются целью данной статьи и будут подробно представлены в следующей работе.

Заключение

АСФ позволяет сохранить МПД у 58 % пациентов и убедительную подвижность в оперированном сегменте у 76 % пациентов, при этом диск сохранен в сочетании с убедительной подвижностью только у 50 % пациентов. Подвижность оперированного сегмента снижена и составила примерно половину от подвижности смежных сегментов. АСФ у всех пациентов приводит к значительному уменьшению высоты МПД на оперированном уровне (в среднем на 1,8 мм) в период от 3 до 93 мес. (в среднем 22 мес.) после операции. Таким образом, в 84 % случаев после АСФ сохраняется МПД и/или подвижность оперированного сегмента.

Литература/References

- Gao QY, Wei FL, Zhu KL, Zhou CP, Zhang H, Cui WX, Li T, Qian JX, Hao DJ. Clinical efficacy and safety of surgical treatments in patients with pure cervical radiculopathy. *Front Public Health*. 2022;10:892042. DOI: 10.3389/fpubh.2022.892042
- Jho HD. Failed anterior cervical foraminotomy. *J Neurosurg*. 2003;98(2 Suppl): 121–125; discussion 125. DOI: 10.3171/spi.2003.98.2.0121
- Snyder GM, Bernhardt M. Anterior cervical fractional interspace decompression for treatment of cervical radiculopathy. A review of the first 66 cases. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(246):92–99.
- Elliott DM, Yerramalli CS, Beckstein JC, Boxberger JI, Johannessen W, Vresilovic EJ. The effect of relative needle diameter in puncture and sham injection animal models of degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:588–596. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318166e0a2
- Nassar A, Lee JY, Bashir RS, Rihn JA, Eck JC, Kang JD, Lim MR. Does incorrect level needle localization during anterior cervical discectomy and fusion lead to accelerated disc degeneration? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:189–92. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181913872
- Han C, Kim MH. Extent of disc degeneration after single-level cervical anterior microforaminotomy analyzed with long-term radiological data. *J Korean Neurosurg Soc*. 2014;56:200–205. DOI: 10.3340/jkns.2014.56.3.200
- Ohtake Y, Hanakita J, Takahashi T, Minami M, Nakamura H, Kawaoka T. Long-term radiological evidence of affected and adjacent segment disease after anterior cervical foraminotomy. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2020;60:492–498. DOI: 10.2176/nmc.0a.2020-0053
- Choi G, Lee SH, Bhanot A, Chae YS, Jung B, Lee S. Modified transcorporeal anterior cervical microforaminotomy for cervical radiculopathy: a technical note and early results. *Eur Spine J*. 2007;16:1387–1393. DOI: 10.1007/s00586-006-0286-6
- Pfaffmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:1873–1878. DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011
- Hong WJ, Kim WK, Park CW, Lee SG, Yoo CJ, Kim YB, Jho HD. Comparison between transuncal approach and upper vertebral transcorporeal approach for unilateral cervical radiculopathy – a preliminary report. *Minim Invasive Neurosurg*. 2006;49:296–301. DOI: 10.1055/s-2006-954828
- Kim MH. Clinical and radiological long-term outcomes of anterior microforaminotomy for cervical degenerative disease. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38:1812–1819. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31827ddd9e
- Park YK, Moon HJ, Kwon TH, Kim JH. Long-term outcomes following anterior foraminotomy for one- or two-level cervical radiculopathy. *Eur Spine J*. 2013;22:1489–1496. DOI: 10.1007/s00586-013-2712-x
- Son S, Kim WK, Lee SG, Ahn Y. Long-term outcomes after microscopic anterior cervical foraminotomy with a minimum 10-year follow-up. *World Neurosurg*. 2019;122:e67–e80. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.09.049
- Kim SJ, Seo JS, Lee SH, Bae J. Comparison of anterior cervical foraminotomy and posterior cervical foraminotomy for treating single level unilateral cervical radiculopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;44:1339–1347. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003081
- Klimov VS, Kelmakov VV, Clyde BL, Evsyukov AV, Loparev EA, Amelina EV, Bervitskiy AV, Ponomarenko AP, Rzaev JA. Long-term clinical and radiological outcomes of anterior uncoforaminotomy for unilateral single-level cervical radiculopathy: retrospective cohort study. *Spine J*. 2021;21:915–923. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.01.024
- Григорян Ю.А., Степанян М.А., Онощенко Е.В., Кадин Л.А., Химочко Е.Б., Лунина Е.С. Микрохирургическая передняя фораминотомия при спондилогенной цервикальной радикулопатии (комментарий А.О. Гуши). *Вопросы нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко*. 2008;(2):31–35. [Grigoryan YuA, Stepanyan MA, Onopchenko EV, Kadin LA, Khimochko EB, Lunina ES. Microsurgical anterior foraminotomy in spondylogenic cervical radiculopathy (commentary by A.O. Gushcha). *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2008;(2):31–35]. EDN: JVBKZX
- Cornelius JF, Bruneau M, George B. Microsurgical cervical nerve root decompression via an anterolateral approach: clinical outcome of patients treated for spondylotic radiculopathy. *Neurosurgery*. 2007;61:972–980; discussion 980. DOI: 10.1227/01.neu.0000303193.64802.8f
- Feiz-Erfan I, Klopfenstein JD, Bambakidis NC, Sonntag VK. Surgical management of cervical disc disease: from no fusion to fusion and back again. *Clin Neurosurg*. 2005;52:331–337.
- White BD, Buxton N, Fitzgerald JJ. Anterior cervical foraminotomy for cervical radiculopathy. *Br J Neurosurg*. 2007;21:370–374. DOI: 10.1080/02688690701441340
- Pechlivanis I, Brenke C, Scholz M, Engelhardt M, Harders A, Schmieder K. Treatment of degenerative cervical disc disease with uncoforaminotomy – intermediate clinical outcome. *Minim Invasive Neurosurg*. 2008;51:211–217. DOI: 10.1055/s-2008-1080914
- Guigui P, Benoist M, Deburge A. Spinal deformity and instability after multilevel cervical laminectomy for spondylotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23:440–447. DOI: 10.1097/00007632-199802150-00006

Статья поступила в редакцию 21.07.2025

Рецензирование пройдено 15.01.2026

Подписано в печать 30.01.2026

Received 21.07.2025

Review completed 15.01.2026

Passed for printing 30.01.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Д.А. Печиборщ – сбор и обработка данных, визуализация, написание первоначального варианта, обязанности контактного автора; В.В. Степаненко – концептуализация, редактирование, контроль; Ю.А. Шулев – концептуализация, редактирование; М.В. Воронова – сбор и обработка данных; Е.А. Карельская – сбор и обработка данных. 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. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Санкт-Петербургского ГБУЗ «Городская многопрофильная больница № 2». Протокол этической экспертизы не оформлялся, так как проводимые исследования не выходили за рамки стандартных до- и послеоперационных методов ведения пациентов с данной патологией.

Согласие на публикацию. Все участники добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Дмитрий Александрович Печиборш, канд. мед. наук; Россия, 194354, Санкт-Петербург, Учебный пер., 5; ORCID: 0000-0001-6465-0916; pechiborsch@mail.ru

Виталий Васильевич Степаненко, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3265-3018; ORCID: 0000-0002-1881-2088; vstepanenko@mail.ru

Юрий Алексеевич Шулев, д-р мед. наук; ORCID: 0000-0002-0696-0200; yuryshulev@yahoo.com

Майя Викторовна Воронова; ORCID: 0009-0006-0667-7057; voronova1965@yandex.ru

Екатерина Алексеевна Карельская, канд. мед. наук; ORCID: 0009-0000-7234-3633; karelskaya.mrt@yandex.ru

Authors' Info

✉ Dmitry Aleksandrovich Pechiborsch, MD, Cand. Sci. (Medicine); 5 Uchebny pereulok, Saint Petersburg, 194354, Russia; ORCID: 0000-0001-6465-0916; pechiborsch@mail.ru

Vitaly Vasilievich Stepanenko, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3265-3018; ORCID: 0000-0002-1881-2088; vstepanenko@mail.ru

Yury Alekseevich Shulev, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-0696-0200; yuryshulev@yahoo.com

Maya Viktorovna Voronova; ORCID: 0009-0006-0667-7057; voronova1965@yandex.ru

Ekaterina Alekseevna Karelskaia, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0009-0000-7234-3633; karelskaya.mrt@yandex.ru



ПРИМЕНЕНИЕ АЛЛОКОСТНОГО МАТЕРИАЛА ГОЛОВОК БЕДРЕННЫХ КОСТЕЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОГО СПОНДИЛОДИСЦИТА ГРУДНОГО И ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛОВ ПОЗВОНОЧНИКА

В.К. Шаповалов^{1,2}, И.В. Басанкин^{1,2}, А.А. Афаунов^{1,2}, И.В. Гилевич¹, А.А. Гюльзатян¹, Н.В. Тушканова²

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

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Цель исследования. Анализ клинических и рентгенологических результатов двухэтапного хирургического лечения неспецифического спондилодисцита с выполнением вентральной санации очага инфекции и корпородеза титановым имплантатом контейнерного типа, наполненным аллокостным материалом, полученным из головок бедренных костей при первичном эндопротезировании. **Материал и методы.** Проведено ретроспективное одноцентровое исследование, первоначально включившее 31 пациента с инфекционным поражением позвоночника. После исключения двух случаев туберкулезного спондилодисцита окончательная исследуемая выборка составила 29 пациентов (13 мужчин, 16 женщин; средний возраст — 64,7 года) с неспецифическим спондилодисцитом грудного и поясничного отделов позвоночника, оперированных в 2017–2022 гг. Всем пациентам выполнено двухэтапное хирургическое вмешательство: вентральная санация очага с установкой титанового цилиндрического кейджа, заполненного аллокостным материалом, и последующая транспедикулярная фиксация из заднего доступа. Наблюдение проводили не менее 18 мес. (в среднем — 27,7 мес.). Оценивали клинические параметры (ВАШ, шкала Frankel, MacNab), лабораторные показатели воспаления и качество костного сращения по классификации Тап.

Результаты. До операции средний уровень боли по ВАШ составлял 7,9 балла, к моменту выписки он снизился до 4,5 балла, а через 18 мес. — до 1,9 балла ($p < 0,001$). Улучшение неврологического статуса отмечено у 14 (66,7 %) из 21 пациента с исходным дефицитом, полная регрессия — у 8 (38,1 %). Рентгенологически сформированный костный блок Grade I–II по Тап зафиксирован у 93,5 % пациентов, псевдоартроза и миграции имплантатов не наблюдалось. Отличные и хорошие функциональные результаты по шкале MacNab отмечены у 83,8 % пациентов. Ранние инфекционные осложнения в области вентрального доступа возникли у 9,7 % больных, успешно купированы этапным хирургическим лечением и VAC-терапией. Генерализации инфекции, удаления имплантатов или летальных исходов не зарегистрировано.

Заключение. Применение аллогенного костного материала из головок бедренных костей при лечении неспецифического спондилодисцита в рамках двухэтапного хирургического подхода обеспечивает надежное восстановление стабильности позвоночного сегмента, формирование прочного костного сращения и выраженную клиническую положительную динамику. Метод продемонстрировал высокую эффективность и безопасность, являясь достойной альтернативой аутотрансплантатам, особенно у ослабленных пациентов.

Ключевые слова: спондилодисцит; аллокость; вентральная санация; корпородез; транспедикулярная фиксация; костное сращение; инфекция позвоночника.

Для цитирования: Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А., Гилевич И.В., Гюльзатян А.А., Тушканова Н.В. Применение аллокостного материала головок бедренных костей при лечении неспецифического спондилодисцита грудного и поясничного отделов позвоночника // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 72–81. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.72-81>

USE OF FEMORAL HEAD ALLOGRAFTS IN THE TREATMENT OF NONSPECIFIC SPONDYLODISCITIS OF THE THORACIC AND LUMBAR SPINE

V.K. Shapovalov^{1,2}, I.V. Basankin^{1,2}, A.A. Afaunov^{1,2}, I.V. Gilevich¹, A.A. Giulzatyan¹, N.V. Tushkanova²

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

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Objective. To analyze clinical and radiological results of two-stage surgical treatment of nonspecific spondylodiscitis with anterior debridement of the infection site and corporodesis using a container-type titanium implant filled with allograft material obtained from the femoral heads during primary endoprosthesis.

Material and Methods. A retrospective single-center study initially included 31 patients with spinal infection. After exclusion of two cases of tuberculous spondylodiscitis, the final study cohort consisted of 29 patients (13 men, 16 women; mean age — 64.7 years) with nonspecific

spondylodiscitis of the thoracic and lumbar spine who underwent surgery between 2017 and 2022. All patients underwent a two-stage surgical intervention: anterior debridement of the lesion with placement of a titanium cylindrical cage filled with allograft material, followed by posterior transpedicular fixation. The minimum follow-up period was 18 months (mean 27.7 months). Clinical parameters (VAS, Frankel scale, MacNab scale), laboratory inflammatory markers, and the quality of bone fusion according to the Tan classification were assessed. **Results.** The mean preoperative VAS pain score was 7.9; it decreased to 4.5 at discharge and to 1.9 at 18 months postoperatively ($p < 0.001$). Neurological improvement was observed in 14 (66.7%) of 21 patients with preoperative deficits, and complete regression in 8 (38.1%) patients. Radiographic assessment showed Grade I–II bone fusion according to Tan in 93.5% of patients. No cases of pseudoarthrosis or implant migration were observed. Excellent and good functional outcomes according to the MacNab scale were achieved in 83.8% of patients. Early infectious complications in the anterior approach area occurred in 9.7% of cases and were successfully managed with staged surgical treatment and VAC therapy. No generalized infection, implant removal, or deaths were recorded.

Conclusion. The use of allogeneic femoral head bone grafting in the treatment of nonspecific spondylodiscitis as part of a two-stage surgical approach provides reliable spinal segment stabilization, solid bone fusion, and significant clinical improvement. This method has demonstrated high efficacy and safety, and represents a valuable alternative to autografts, particularly in debilitated patients.

Key Words: spondylodiscitis; allogeneic bone grafting; anterior debridement; corporodesis; transpedicular fixation; bone fusion; spinal infection.

Please cite this paper as: Shapovalov VK, Basankin IV, Afaunov AA, Gilevich IV, Giulzatyan AA, Tushkanova NV. Use of femoral head allografts in the treatment of nonspecific spondylodiscitis of the thoracic and lumbar spine. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):72–81. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.72-81>

Инфекционные поражения позвоночника известны с древнейших времен, свидетельства заболеваний этой группы выявлены при изучении археологических останков. Однако, несмотря на многовековую историю, инфекции позвоночника остаются актуальной клинической проблемой из-за сложностей ранней диагностики, разнообразия клинических проявлений и высокого риска осложнений при несвоевременном лечении [1–3]. Наиболее распространенной формой является неспецифический спондилит, возникающий преимущественно вследствие гематогенного распространения инфекции у иммунокомпрометированных пациентов либо после диагностических или хирургических вмешательств [4–6]. Средний срок постановки диагноза составляет от 2 до 4 мес., что обусловлено неспецифичностью начальных симптомов и отсутствием типичных рентгенологических изменений на раннем этапе [7–9].

Частота неспецифического спондилита составляет от 2 до 4 случаев на 100 000 населения в год, с резким увеличением заболеваемости в возрастной группе старше 70 лет. Мужчины болеют примерно в 5 раз чаще женщин [10, 11]. Пациенты с иммунодефицитными состояниями, включая ВИЧ-инфекцию, сахарный диабет,

онкологические заболевания и наркозависимость, имеют повышенный риск развития инфекционных поражений позвоночника. Клинические проявления заболевания в среднем предшествуют рентгенологическим признакам на 1–2 мес., что затрудняет раннюю диагностику и нередко приводит к ошибочному лечению по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника [7, 11]. МРТ остается методом выбора для раннего выявления спондилита, однако ее ограниченная доступность в ряде клинических ситуаций способствует поздней диагностике и увеличивает вероятность формирования абсцессов, выраженной деструкции позвонков и развития неврологического дефицита.

При наличии значимого костного разрушения, механической нестабильности или неврологических нарушений хирургическое лечение становится необходимым компонентом терапии, сочетая радикальную санацию инфекционного очага с восстановлением опорной функции позвоночника [12, 13]. Вместе с тем оптимальный выбор трансплантационного материала в условиях активного воспалительного процесса остается предметом дискуссий [1].

Несмотря на наличие исторически накопленного опыта применения

костной пластики при инфекционных поражениях позвоночника, в современной клинической практике остается актуальной проблема выбора оптимального материала для реконструкции передней опорной колонны в условиях активного инфекционного процесса. Аутокость, традиционно рассматриваемая как предпочтительный материал, обладает рядом объективных ограничений: ее забор увеличивает травматичность вмешательства и его продолжительность, сопровождается риском осложнений донорской зоны, а у части пациентов (пожилых, соматически ослабленных, с выраженным воспалительным процессом) технически затруднен или клинически нецелесообразен.

Актуальные клинические рекомендации Российской Федерации «Воспалительные поражения позвоночника» (2024) допускают использование комбинации задней инструментальной фиксации и передней реконструкции с применением небиологических опорных имплантатов (в том числе титановых кейджей) и костного материала, однако не регламентируют конкретный тип биологического наполнителя [14]. В этой связи поиск доступных, биологически безопасных и клинически эффективных альтернатив аутокости для заполнения титановых кейджей при хирургическом

лечении неспецифического спондилодисцита представляется актуальной научно-практической задачей.

В современных условиях хирургическая тактика при неспецифическом остеомиелите позвоночника включает радикальную санацию очага, восстановление переднего опорного столба и циркулярную (360°) стабилизацию, обеспечивающую раннюю мобилизацию пациента [12, 15]. При этом перестройка костного трансплантата в условиях перенесенной инфекции является длительным биологическим процессом, что подтверждается как классическими, так и современными клиническими наблюдениями [16, 17]. Существенное значение в этом контексте приобретает не только выбор хирургической тактики, но и свойства используемого трансплантационного материала, от которых во многом зависят темпы ремоделирования, стабильность реконструкции и клинический исход. Клинические ограничения применения аутокости, включая повышение травматичности вмешательства и риск осложнений со стороны донорской зоны, особенно значимы у пациентов с тяжелым соматическим фоном и активным воспалительным процессом [18]. В этой связи в качестве альтернативы рассматриваются аллогенные материалы, прошедшие термическую дезинфекцию и криоконсервирование, что обеспечивает высокую степень биологической безопасности при сохранении остеоиндуктивных свойств [15, 17]. В мировой литературе лишь единичные работы касаются использования аллогенных трансплантатов при инфекционных поражениях позвоночника, преимущественно в виде лиофилизированных материалов [19–21]. При этом информация о систематических клинических сериях применения аллокостной крошки из головок бедренных костей в составе титанового кейджа при активном неспецифическом спондилодисците в литературе отсутствует.

Цель исследования – анализ клинических и рентгенологических результатов двухэтапного хирургического

лечения неспецифического спондилодисцита с выполнением вентральной санации очага инфекции и корпородеза титановым имплантатом контейнерного типа, наполненным аллокостным материалом, полученным из головок бедренных костей при первичном эндопротезировании.

Материал и методы

В 2017–2022 гг. на базе НИИ – Краснодарской клинической больницы № 1 рассматриваемым двухэтапным хирургическим методом пролечили 31 пациента с инфекционным поражением позвоночника. После верификации возбудителя два случая туберкулезного спондилодисцита были исключены из анализа в соответствии с критериями включения. Таким образом, окончательная исследуемая выборка составила 29 пациентов с подтвержденным неспецифическим спондилодисцитом грудного и поясничного отделов позвоночника.

Всем пациентам проводили двухэтапное оперативное вмешательство с применением аллогенного костного материала, который представляет собой головки бедренных костей, резецированных при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава, заготовленные в соответствии с законодательными актами о донорстве органов и тканей. Обработку костной ткани осуществляли с использованием установки Lobator SD-2 (Германия). Система Lobator SD-2 реализует стандартизированную технологию термической дезинфекции, обеспечивающую нагрев костного трансплантата до внутренней температуры не менее 82,5 °C с последующим выдерживанием режима и контролируемым охлаждением. Полный цикл обработки составляет 94 мин и полностью автоматизирован, исключая возможность изменения температурно-временных параметров пользователем. Перед началом обработки кость помещали в герметичный стерильный контейнер с раствором-переносчиком. Процесс включал три последовательные фазы: нагревание, держание

температурного плато и охлаждение. По завершении цикла автоматически формировался протокол обработки, подтверждающий соответствие температурного режима и стерильности. Метод направлен на инактивацию вирусных (ВИЧ-1/2, HTLV, HBV, HCV, CMV), бактериальных (аэробных и анаэробных) и грибковых инфекций. При этом сохраняются механические и биологические свойства костной ткани. После термической обработки контейнер с трансплантатом хранился в морозильной камере при температуре –40 °C в биобанке. Перед использованием костный материал размораживали с помощью программы разморозки системы Lobator SD-2 и передавали в операционную для использования.

Локализация инфекционного процесса варьировала от Th₅ до S₁. Наиболее часто поражались уровни Th₈–Th₁₀ и нижнепоясничные сегменты (L₄–L₅, L₅–S₁). Распределение пациентов по уровням поражения представлено в табл. 1.

Дополнительно выполняли морфологическую оценку поражения на основании данных КТ. Анализировали степень костной деструкции, величину трансляции позвонка и выраженность локальной кифотической деформации. Распределение пациентов по КТ-характеристикам представлено в табл. 2.

Критерии включения в исследование: наличие клинически и инструментально подтвержденного неспецифического спондилодисцита, выпол-

Таблица 1

Распределение пациентов по уровням поражения позвоночника (n = 29)

Уровень	Пациенты, n	Доля, %
Th ₅ –Th ₇	2	6,9
Th ₈ –Th ₁₀	7	24,1
Th ₁₁ –Th ₁₂	3	10,3
L ₁ –L ₂	4	13,8
L ₃ –L ₄	3	10,3
L ₄ –L ₅	7	24,1
L ₅ –S ₁	3	10,3

Таблица 2

Морфологические характеристики поражения по данным КТ ($n = 29$)

Показатель	Пациенты, n	Доля, %
Деструкция менее 30 % тела позвонка	5	17,2
Деструкция 30–50 %	11	37,9
Деструкция более 50 % тела	13	44,9
Трансляция позвонка более 5 мм	6	20,7
Кифотическая деформация более 25°	7	24,1

нение двухэтапного хирургического вмешательства, использование титанового цилиндрического кейджа, заполненного аллокостным материалом, срок послеоперационного наблюдения не менее 18 мес.

Критерии не включения: отказ пациента от хирургического лечения, применение иных методов лечения.

Критерии исключения: грубое нарушение режима послеоперационной реабилитации, отсутствие данных контрольных осмотров, утрата связи с пациентом в ходе наблюдения.

Показаниями к оперативному лечению служили выраженная деструкция тела позвонка более 50 %, трансляция позвонка свыше 5 мм, кифотическая деформация сегмента более 25°, наличие неврологического дефицита (Frankel B–D), а также отсутствие эффекта от консервативной антибактериальной терапии в течение четырех недель и более с признаками прогрессирования патологического процесса [22].

Хирургическое лечение проводили по единому протоколу, разработанному и внедренному в клинику с 2016 г. Все вмешательства выполняли 2 ведущих спинальных хирурга со стажем более 10 лет. Первый этап включал санацию очага инфекции из вентрального доступа (трансплеврального – при грудной локализации, и забрюшинного – при поясничной), удаление нежизнеспособных тканей и установку титанового кейджа, заполненного аллокостной крошкой в условиях рекликации. Второй этап (через 5–7 дней) включал проведение транспедикулярной фиксации из заднего

доступа с использованием малоинвазивной техники.

Перед операцией всем пациентам проводили комплексное клинко-лабораторное и инструментальное обследование, включая МРТ, КТ, УЗИ вен нижних конечностей, ЭХО-КГ, ФГДС, а также консультации терапевта, кардиолога, эндокринолога и невролога. Неврологический статус оценивали по шкале Frankel, болевой синдром – по ВАШ, качество костного сращения – по классификации Тап на основе контрольной КТ, выполнявшейся через 3, 6, 12 и 18 мес. после операции. Субъективную оценку результатов проводили по шкале MacNab при последнем визите. Динамику воспалительных лабораторных показателей оценивали комплексно, она включала уровень С-реактивного белка, скорость оседания эритроцитов и абсолютное число лейкоцитов. Определение концентрации прокальцитонина выполняли не рутинно, а строго по клиническим показаниям: в случаях, когда возникало подозрение на системную воспалительную реакцию или развитие сепсиса. К таким ситуациям относили стойкую лихорадку выше 38,5 °С, сохранявшуюся более 24–48 ч на фоне антибактериальной терапии, нарастание уровня С-реактивного белка после периода стабилизации или отсутствие его снижения при исходно высоких значениях, появление признаков системной воспалительной реакции (тахикардия более 100–110 уд/мин, тахипноэ более 22–24 в минуту, эпизоды артериальной гипотензии), а также клиническое подозрение на генерализацию инфекции, включая выра-

женную интоксикацию, ознобы, необходимость проведения инфузионной терапии или наличие локального ухудшения (усиление болевого синдрома, увеличение отделяемого по дренажу, признаки флегмоны). В указанных ситуациях прокальцитонин использовали как дополнительный маркер системной воспалительной реакции, позволяющий оценить вероятность септического процесса; при отсутствии клинических признаков генерализации инфекции его определение не проводили. Контрольные лабораторные исследования выполняли серийно на всех этапах лечения, включая послеоперационный период. Всем пациентам с момента госпитализации проводили эмпирическую антибактериальную терапию широкого спектра ванкомицином (1 г внутривенно 2 раза в сутки) и цефтриаксоном (2 г внутривенно 2 раза в сутки). После получения результатов микробиологического посева антибиотикотерапию корректировали с учетом чувствительности. Продолжительность антибактериального лечения составляла не менее восьми недель, из которых не менее четырех – в условиях стационара [22].

Лечение пациентов проводили в 2017–2022 гг. в рамках стандартной клинической практики в соответствии с действующими на тот момент нормативными документами. Протокол ретроспективного анализа клинических данных одобрен локальным этическим комитетом учреждения (протокол № 154 от 16.02.2023). Работа выполнена в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2024 г.). Заготовку, обработку и клиническое применение аллогенного костного материала выполняли в подразделении клиники, имеющем костный банк, на основании действующей лицензии на оказание медицинских услуг по заготовке и трансплантации органов и тканей. Все пациенты дали добровольное информированное согласие на использование клини-

ческих данных и биологического материала в научных целях.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программного пакета SPSS Statistics версии 23.0. Для анализа различий в количественных непрерывных переменных (например, показатели ВАШ, СОЭ, СРБ) использовали непараметрический критерий Вилкоксона для связанных выборок. Для категориальных переменных (шкалы Frankel, Tap, MacNab) применяли критерий χ^2 или точный тест Фишера при ожидаемых частотах менее 5. Различия между исследуемыми параметрами классифицируются как статистически значимые при критическом уровне $p \leq 0,05$, что соответствует общепринятым критериям в клинической науке. Основные количественные показатели представлены в виде среднего значения $\pm$ стандартного отклонения с расчетом 95% доверительных интервалов (ДИ). Сращение по классификации Tap оценивали 2 независимых хирурга, не участвовавшие в оперативном лечении, в случае расхождения решение принималось на основе консенсуса.

Результаты

В исследование были включены 29 пациентов. Летальных исходов в послеоперационном периоде и на протяжении наблюдения не зафиксировали. Все пациенты проходили контрольные осмотры в установленные сроки. Средний возраст пациентов – 64,7 года (95% ДИ: 60,1–69,2); среди участников было 13 (44,8 %) мужчин и 16 (55,2 %) женщин. Средняя продолжительность наблюдения – 27,7 мес. (95% ДИ: 25,1–30,2), диапазон – от 18,2 до 37,5 мес.

Болевой синдром по ВАШ демонстрировал выраженную положительную динамику. До операции средний уровень боли составлял 7,9 балла (95% ДИ: 7,4–8,3). При выписке этот показатель снизился до 4,5 балла (95% ДИ: 4,2–4,9; $p < 0,01$), а при последнем визите – до 1,9 балла (95% ДИ: 1,7–2,0;

$p < 0,001$) по сравнению с исходным уровнем.

Неврологический дефицит по шкале Frankel до операции отмечался у 19 (65,5 %) пациентов: у 4 (21,1 %) – категория В, у 8 (42,1 %) – категория С, у 7 (36,8 %) – категория D. После лечения улучшение неврологического статуса наблюдалось у 13 (68,4 %) пациентов (44,8 % от общей выборки), в том числе у 7 (36,8 %) пациентов (24,1 % от всей выборки) достигнута полная регрессия дефицита (Frankel E). Не зафиксировано ни одного случая ухудшения неврологического состояния. Изменения по шкале Frankel достигли статистической значимости ($p = 0,001$).

Рентгенологическая оценка костного сращения по классификации Tap через 18 мес. показала следующее распределение: Grade I – 22 (75,9 %) пациента, Grade II – 5 (17,2 %), Grade III – 2 (6,9 %), Grade IV – не выявлено (0 %). Надежность фиксации оценивали как удовлетворительную или хорошую у 27 (93,1 %) пациентов. Случаев псевдоартроза, миграции или перелома имплантатов не отмечено.

Субъективная оценка функционального исхода по шкале MacNab через 18 мес. продемонстрировала преобладание положительных результатов: отличный результат зарегистрирован у 5 (17,2 %) пациентов, хороший – у 19 (65,5 %), удовлетворительный – у 5 (17,2 %). Неудовлетворительных исходов не выявлено.

Микробиологическое исследование позволило идентифицировать возбудителя у 23 (79,3 %) из 29 пациентов [23]. Чаще всего выявлялся *Staphylococcus aureus* – у 8 пациентов (в том числе 4 случая метициллин-резистентного штамма, MRSA). *Pseudomonas aeruginosa* обнаружена у 2 пациентов, еще в одном случае – в сочетании с *Enterococcus faecalis*. *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis* (в монокультуре) и *Escherichia coli* выявлены по 2 случая каждого. *Streptococcus viridans*, *Acinetobacter baumannii* и коагулазонегативный *Staphylococcus epidermidis* – по одному

случаю. У 6 (20,7 %) пациентов посевы были отрицательными.

Динамика лабораторных показателей отражала успешное купирование воспалительного процесса. Средний срок нормализации уровня СРБ составил 4,7 недели (95% ДИ: 4,2–5,2), а снижение уровня СОЭ на 50 % достигалось в среднем через 3,3 недели (95% ДИ: 2,9–3,8) от начала антибактериальной терапии. Нормализация лейкоцитарной формулы происходила в среднем в течение 2,1 недели (95% ДИ: 1,7–2,4). Значимое повышение прокальцитонина отмечено лишь у ограниченного числа пациентов с более тяжелым течением, его использовали преимущественно как дополнительный критерий системной воспалительной реакции, без отдельного количественного анализа в общей когорте.

Средняя продолжительность операции составила 4 ч 26 мин (266 мин; 95% ДИ: 242–290), включая 180 мин на вентральный этап и 86 мин на этап дорсальной фиксации. Продолжительность вмешательства варьировала от 3 ч 38 мин до 7 ч 12 мин.

Средняя интраоперационная кровопотеря – 850 мл (95% ДИ: 740–960 мл), колеблясь от 350 до 1100 мл. Средний срок госпитализации – 6,5 недели (95% ДИ: 5,8–7,1), диапазон – от 3 до 9 недель. Ранние инфекционные осложнения в области оперативного вмешательства были зарегистрированы у 3 (10,3 %) пациентов. Во всех случаях отмечено нагноение раны брюшинного доступа; пациентам проведена ревизия, санация и VAC-терапия. Повторных вмешательств, удаления имплантатов или генерализации инфекции не наблюдалось.

Клинические примеры приведены на рис. 1, 2.

Обсуждение

Выбор оптимального трансплантационного материала при хирургическом лечении неспецифического спондилодисцита остается предметом активных клинических и научных дискуссий. Аутооттрансплантаты, обладающие



Рис. 1

Данные пациентки Р., 59 лет, с неспецифическим спондилодисцитом L₄–L₅–S₁: **а** – КТ до операции, деструкция тел L₄–S₁; **б** – КТ после операции (вентральный корпоредез кейджем с аллокостью); **в** – рентгенография после второго этапа операции, контроль положения имплантатов; **г** – КТ через 18 мес. после операции, качественный костный блок (Grade I по Tan)

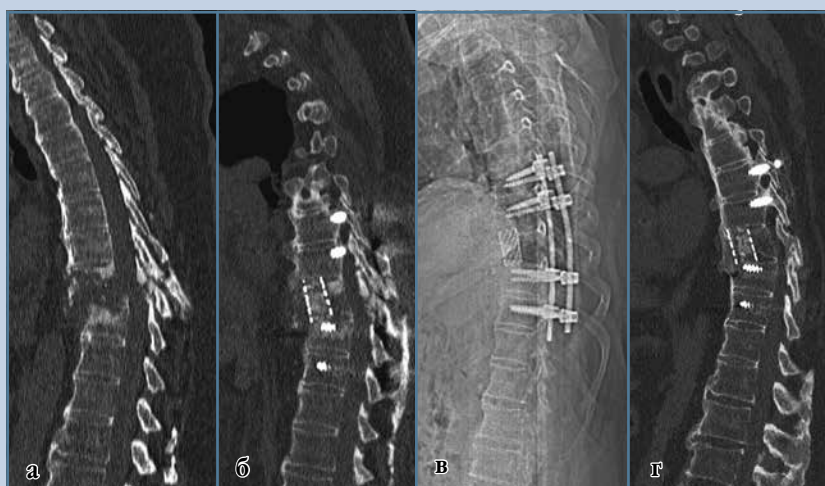


Рис. 2

Данные пациента Н., 73 лет, с неспецифическим спондилодисцитом Th₈–Th₁₀: **а** – КТ до операции, деструкция тел Th₈–Th₁₀; **б** – КТ после операции (задняя фиксация и вентральный корпоредез кейджем с аллокостью); **в** – рентгенография после операции, контроль положения имплантатов; **г** – КТ через 18 мес. после операции, качественный костный блок (Grade I по Tan)

выраженными остеогенными, остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, традиционно рассматриваются как наиболее предпочтительный вариант для восстановления костных дефектов позвоночника [1]. Однако их использование связано

с необходимостью забора костной ткани из донорской зоны, что сопровождается дополнительной хирургической травмой, увеличением продолжительности операции, риском инфекционных осложнений и хроническим болевым синдромом

в донорской области [18]. В этой связи аллотрансплантаты представляют собой клинически значимую альтернативу. Благодаря современным методам заготовки, включающим термическую дезинфекцию и криоконсервирование, уровень инфекционной и иммунологической угрозы сведен к минимуму.

Исторически применение аллогенной костной ткани при заболеваниях позвоночника насчитывает более 70 лет, а в отечественной вертебрологии концептуальные основы ее использования формировались преимущественно в 1960–1990-е гг. и опирались на значительный массив экспериментальных и клинических исследований. В работах Э.Н. Беллендира [24] и Э.Н. Беллендира и И.У. Салмогамбетова [25] были обоснованы возможности межтеловой реконструкции с применением аллокостных трансплантатов при туберкулезных и неспецифических поражениях позвоночника. Экспериментальные исследования И.П. Бояркиной [26] показали способность аллотрансплантата к васкуляризации и репаративной перестройке даже в условиях активного инфекционного воспаления. Клинические результаты применения аллогенной кости при реконструкции передней опорной колонны позвоночника были обобщены в работах В.Н. Гусевой и А.Е. Гарбуза [27], где сообщалось о формировании костного блока у 60–68 % пациентов при условии соблюдения длительного разгрузочного режима, превышающего 6 мес. Существенный вклад в развитие представлений об аллокостной пластике также внесли исследования Я.Л. Цивьяна и соавт. [28], В.К. Летиной и И.П. Ардашева [29], которые подтвердили принципиальную клиническую реализуемость данного подхода при воспалительных и деструктивных поражениях позвоночного столба.

Вместе с тем хирургические методики того периода принципиально отличались от современных: реконструкция осуществлялась преимущественно массивными структурными костными блоками без применения

металлоконструкций, что требовало длительной постельной иммобилизации и внешней фиксации пациентов, ограничивало раннюю вертикализацию и сопровождалось риском вторичных деформаций и нестабильности. В этом контексте накопленные данные представляют собой важный исторический фундамент, однако существенно отличаются по биомеханике и методологии от современных технологий реконструкции позвоночника. Введение в клиническую практику систем транспедикулярной фиксации, титановых кейджей и концепции циркулярной (360°) стабилизации позволило сформировать современную хирургическую тактику лечения инфекционных поражений позвоночника, сочетающую радикальную санацию очага, восстановление переднего опорного столба и раннюю мобилизацию пациентов [12, 15]. При этом структурная перестройка костного трансплантата в условиях перенесенной инфекции остается длительным биологическим процессом, обычно продолжающимся 1,5–2 года, что подтверждается как классическими исследованиями, так и современными клиническими наблюдениями [16, 17].

При сравнении аллогенного материала с аутокостью следует учитывать не только биологические, но и клинико-анатомические аспекты. При доступах к нижнегрудному отделу позвоночника возможно получение ограниченного объема аутокостного материала за счет резецируемого фрагмента ребра. Однако данный объем, как правило, недостаточен для полноценного заполнения титанового кейджа при выраженной деструкции тел позвонков, многоуровневом поражении или необходимости реконструкции значимого костного дефекта. Кроме того, структура кортикального ребра существенно отличается от губчатой кости по своим остеокондуктивным свойствам. При поражениях грудного и поясничного отделов позвоночника, где доступ к телам позвонков осуществляется без резекции ребра, дефицит аутокостного материала становится еще более очевид-

ным, а дополнительный забор кости требует отдельного донорского вмешательства и сопровождается увеличением травматичности операции.

Использование аллокостного материала, полученного из головок бедренных костей при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава, обладает рядом клинически значимых преимуществ. Важно подчеркнуть, что источником аллокостного материала в настоящей работе являются головки бедренных костей, удаляемые при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. Данный материал относится к тканям прижизненного донорства и получается в рамках стандартного оперативного вмешательства, что позволяет обеспечить документально подтвержденное информированное добровольное согласие пациента на заготовку, обработку и клиническое применение трансплантата. С учетом высокой частоты первичных эндопротезирований тазобедренного сустава такая донорская база формирует потенциально неограниченный и воспроизводимый ресурс костного материала, который в рутинной практике во многих учреждениях в противном случае не используется и подлежит утилизации. Губчатая структура головки бедренной кости обеспечивает выраженные остеокондуктивные свойства трансплантата и хорошую адаптацию к заполнению титановых кейджей. Однородность микроархитектоники, воспроизводимость объема и стабильное качество материала позволяют формировать предсказуемую биологическую среду для репаративной перестройки в зоне корпорозеда.

В совокупности эти особенности позволяют рассматривать аллокостный материал из головок бедренных костей как клинически обоснованную альтернативу аутокости при реконструкции передней опорной колонны позвоночника, особенно при многоуровневых поражениях, выраженной деструкции тел позвонков и локализации процесса в поясничном отделе.

В настоящем исследовании применение аллогенного материала

из головок бедренных костей внутри титанового кейджа обеспечило формирование удовлетворительного межтелового блока (Grade I–II по Tan) у 93,5 % пациентов, что сопоставимо с результатами применения аутокости. По данным McHenry et al. [30], межтеловое сращение достигалось в 92–94 % наблюдений, а в исследовании Hadjipavlou et al. [31] – в 90–95 %. Таким образом, предложенный метод демонстрирует эквивалентную эффективность без рисков, связанных с забором аутогенного трансплантата, и превосходит исторические серии отечественных наблюдений, в которых требовалась длительная иммобилизация.

Сравнение с синтетическими остеокондуктивными материалами (β-трикальцийфосфат, гидроксипатит, кальцийсульфатные композиции, PerOssal) затруднено из-за крайне ограниченного объема опубликованных данных. Имеющиеся работы либо включают малые серии, либо описывают единичные клинические случаи, а полученные результаты характеризуются преимущественно периферическим ремоделированием без формирования полноценного межтелового костного блока. В исследовании von Stechow и Rauschmann (19 пациентов) отмечено только краевое окостенение [32]. Отдельные сообщения описывают применение антибиотик-нагруженных кальцийсульфатных материалов при спондилодисците, однако объем клинических данных остается ограниченным [33]. β-TCP описан лишь в одном клиническом наблюдении [34]. В силу фрагментарности данных синтетические материалы не могут служить валидной группой для прямого сравнения при активном инфекционном процессе.

РММА-цемент обеспечивает высокую первичную механическую стабильность, но не обладает биологической интеграцией. В исследовании Deml et al. (73 пациента) достигалась удовлетворительная опороспособность конструкции, однако костный блок в зоне реконструкции не формировался [35]. Следовательно, цементная реконструкция не является биологическим аналогом и уступает методи-

кам, обеспечивающим полноценный остеointegrативный процесс.

Полученные нами клинические и рентгенологические результаты подтверждают надежность восстановленной передней опоры и стабильность межтеловой конструкции. Отсутствие рецидивов инфекции, серьезных осложнений и благоприятная динамика воспалительных маркеров указывают на безопасность использования алло костного материала в условиях активного инфекционного процесса [19, 21]. Длительное (18-месячное) наблюдение и высокая частота межтелового сращения позволяют сделать предварительный вывод о высокой клинической эффективности и биологической состоятельности предложенного метода. Перспективы дальнейших исследований включают многоцентровые сравнительные проекты, прямое сопоставление с аутокостью, синтетическими остеоиндуктивными материалами и цементной реконструкцией, а также разработку биологически активных модификаций аллотрансплантата с остеоиндуктивными факторами, включая BMP-2.

Ограничения исследования. Ограничениями настоящего исследования являются ретроспективный дизайн, относительно небольшой объем

выборки и отсутствие контрольной группы. Кроме того, следует учитывать потенциальную неоднородность качества используемого алло костного материала. Головки бедренных костей, удаляемые при эндопротезировании, могут характеризоваться различной степенью дистрофических изменений, остеопороза либо, напротив, субхондрального склероза и «кортикализации» губчатого слоя. Теоретически это может обуславливать различия в структуре трансплантата и, соответственно, в выраженности его остеоиндуктивных свойств, что потенциально способно влиять на процессы остеоинтеграции. В рамках настоящего исследования количественная морфометрическая или денситометрическая оценка качества алло костного материала не проводилась, что следует рассматривать как дополнительное ограничение и перспективное направление для дальнейших исследований.

Заключение

Представленные результаты подтверждают клиническую эффективность двухэтапного хирургического подхода с применением аллогенного костного материала, полученного из головок бедренных костей, резецированных

при первичном эндопротезировании тазобедренного сустава. Использование титанового кейджа, заполненного этим материалом, в сочетании с малоинвазивной транспедикулярной фиксацией обеспечивает восстановление стабильности позвоночника, способствует надежной остеоинтеграции и формированию прочного костного сращения, что позволяет достичь стойкого регресса болевого синдрома и неврологических нарушений, а также выполнять раннюю вертикализацию и реабилитацию пациента.

Высокая степень интеграции трансплантата и рентгенологически определяемого костного сращения, положительная клиническая динамика, а также отсутствие осложнений, связанных с получением аутокостного материала, позволяют рассматривать описанную методику как надежную и безопасную альтернативу аутоотрансплантации у пациентов с инфекционными поражениями позвоночника. Проведение дальнейших проспективных исследований с расширением выборки и прямым сравнением различных типов трансплантатов представляется необходимым для уточнения показаний и расширения доказательной базы применения алло костного материала в вертебрологии.

Литература/References

1. Duarte RM, Vaccaro AR. Spinal infections: state of the art and management algorithm. *Eur Spine J*. 2013;22:2787–2799. DOI: 10.1007/s00586-013-2850-1
2. Pola E, Logroscino CA, Gentile M, Colangelo D, Mazzotta V, Di Meco E, Fantoni M. Medical and surgical treatment of pyogenic spondylodiscitis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2012;16 Suppl 2:35–49.
3. Базаров А.Ю., Сергеев К.С., Цветкова А.К. Отдаленные результаты и оценка эффективности методов лечения остеомиелита позвоночника при различных типах поражений по классификации Е. Пола. *Травматология и ортопедия России*. 2023;29(2):7–17. [Bazarov AYU, Sergeev KS, Tsvetkova AK. Long-term outcomes and effectiveness of treatment methods for vertebral osteomyelitis with different types of lesions according to the E. Pola Classification. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2023;29(2):7–17]. DOI: 10.17816/2311-2905-7445 EDN: LCSXMA
4. Tuchman A, Pham M, Hsieh PC. The indications and timing for operative management of spinal epidural abscess: literature review and treatment algorithm. *Neurosurg Focus*. 2014;37:E8. DOI: 10.3171/2014.6.FOCUS14261
5. Butler JS, Shelly MJ, Timlin M, Powderly WG, O'Byrne JM. Nontuberculous pyogenic spinal infection in adults: a 12-year experience from a tertiary referral center. *Spine*. 2006;31:2695–2700. DOI: 10.1097/01.brs.0000244662.78725.37
6. Skaf GS, Domloj NT, Fehlings MG, Bouclaus CH, Sabbagh AS, Kanafani ZA, Kanj SS. Pyogenic spondylodiscitis: an overview. *J Infect Public Health*. 2010;3:5–16. DOI: 10.1016/j.jiph.2010.01.001
7. Kowalski TJ, Berbari EF, Huddleston PM, Steckelberg JM, Osmon DR. Do follow-up imaging examinations provide useful prognostic information in patients with spine infection? *Clin Infect Dis*. 2006;43:172–179. DOI: 10.1086/505118
8. Homagk I, Marmelstein D, Homagk N, Hofmann GO. SponDT (Spondylodiscitis Diagnosis and Treatment): spondylodiscitis scoring system. *J Orthop Surg Res*. 2019;14:100. DOI: 10.1186/s13018-019-1134-9
9. Yoon SH, Chung SK, Kim KJ, Kim HJ, Jin YJ, Kim HB. Pyogenic vertebral osteomyelitis: identification of microorganism and laboratory markers used to predict clinical outcome. *Eur Spine J*. 2010;19:575–582. DOI: 10.1007/s00586-009-1216-1
10. Aagaard T, Roed C, Dahl B, Obel N. Long-term prognosis and causes of death after spondylodiscitis: a Danish nationwide cohort study. *Infect Dis (Lond)*. 2016;48(3):201–208. DOI: 10.3109/23744235.2015.1103897
11. An HS, Seldomridge JA. Spinal infections: diagnostic tests and imaging studies. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;444:27–33. DOI: 10.1097/01.blo.0000203452.36522.97

12. Мушкин А.Ю., Вишневыский А.А., Перецманас Е.О., Базаров А.Ю., Басанкин И.В. Инфекционные поражения позвоночника: проект национальных клинических рекомендаций. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(4):63–76. [Mushkin AY, Vishnevsky AA, Peretsmanas EO, Bazarov AY, Basankin IV. Infectious lesions of the spine: draft national clinical guidelines. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2019;16(4):63–76]. DOI: 10.14531/ss2019.4.63-76 EDN: KUOPMM
13. Бывальцев В.А., Степанов И.А., Борисов В.Э., Калинин А.А., Плешко И.В., Белых Е.Г., Алиев М.А. Инфекции в области хирургического вмешательства в спинальной нейрохирургии. *Казанский медицинский журнал*. 2017;98(5):796–803. [Byval'tsev VA, Stepanov IA, Borisov VE, Kalinin AA, Pleshko IV, Belykh EG, Aliev MA. Surgical site infections in spinal neurosurgery. *Kazan Medical Journal*. 2017;98(5):796–803]. DOI: 10.17750/KMJ2017-796 EDN: ZGSBGN
14. Клинические рекомендации «Воспалительные поражения позвоночника». Ассоциация травматологов-ортопедов России, Российская ассоциация хирургов-вертебрологов, Национальная ассоциация физиотерапевтов и др., 2024. Доступно в реестре клинических рекомендаций Минздрава РФ: <https://cr.minzdrav.gov.ru> [Clinical guidelines "Inflammatory lesions of the spine". The Association of Orthopedic Traumatologists of Russia, the Russian Association of Vertebrology Surgeons, the National Association of Phthisiologists, etc., 2024. Available in the register of clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation: <https://cr.minzdrav.gov.ru>].
15. Lener S, Hartmann S, Barbagallo GMV, Certo F, Thome C, Tschugg A. Management of spinal infection: a review of the literature. *Acta Neurochir (Wien)*. 2018;160:487–496. DOI: 10.1007/s00701-018-3467-2
16. Sobottke R, Seifert H, F tkenheuer G, Schmidt M, Gossmann A, Eysel P. Current diagnosis and treatment of spondylodiscitis. *Dtsch Arztebl Int*. 2008;105:181–187. DOI: 10.3238/arztebl.2008.0181
17. Govender S. Spinal infections. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87:1454–1458. DOI: 10.1302/0301-620X.87B11.16294
18. Arrington ED, Smith WJ, Chambers HG, Bucknell AL, Davino NA. Complications of iliac crest bone graft harvesting. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;329:300–309. DOI: 10.1097/00003086-199608000-00037
19. Kim SS, Kang DH, Yoon JW, Park H, Lee CH, Hwang SH. Surgical treatment of pyogenic spondylitis with the use of freeze-dried structural allograft. *Korean J Spine*. 2014;11(3):136–140. DOI: 10.14245/kjs.2014.11.3.136
20. Chung TC, Yang SC, Chen HS, Kao YH, Tu YK, Chen WJ. Single-stage anterior debridement and fibular allograft implantation followed by posterior pedicle screw instrumentation for complicated infectious spondylitis: report of 20 cases. *Medicine (Baltimore)*. 2014;93(27):e190. DOI: 10.1097/MD.0000000000000190
21. Martínez-Gutiérrez O, Peña-Martínez V, Camacho-Ortiz A, Vilchez-Cavazos F, Simental-Mendía M, Tamez-Mata Y, Acosta-Olivo C. Spondylodiscitis treated with freeze-dried bone allograft alone or combined with autograft: A randomized and blinded trial. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2021;29(2):23094990211019101. DOI: 10.1177/23094990211019101
22. Placide R., Reznicek J. Evaluation and management of pyogenic spondylodiscitis: a review. *J Clin Med*. 2025;14(10):3477. DOI: 10.3390/jcm14103477
23. Hijazi MM, Siepmann T, Disch AC, Platz U, Juratli TA, Ey poglu IY, Podlessek D. Diagnostic sensitivity of blood culture, intraoperative specimen, and computed tomography-guided biopsy in patients with spondylodiscitis and isolated spinal epidural empyema requiring surgical treatment. *J Clin Med*. 2023;12:3693. DOI: 10.3390/jcm12113693
24. Беллендир Э.Н. Особенности восстановительных процессов при пластическом замещении костных полостей после удаления туберкулезных очагов в эксперименте: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Ленинград, 1968. [Bellendir EN. Features of restorative processes in plastic replacement of bone cavities after removal of tuberculous foci in an experiment: Abstract of a doctor of medical sciences dissertation. Leningrad, 1968]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_005964247/
25. Беллендир Э.Н., Салмагамбетов И.У. Способы применения компонентной аллопластики в костно-суставной хирургии. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 1990;144(10):87–91. [Bellendir EN, Salmagambetov IU. Theoretical substantiation of using the component plastic surgery in osteoarticular surgery. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 1990;144(10):87–91].
26. Бояркина С.К. Репаративная регенерация кости, васкуляризация и костная пластика при туберкулезной, стафилококковой и смешанной инфекциях. *Проблемы туберкулеза*. 1981;(9):54. [Boyarkina SK. Reparative bone regeneration, vascularization, and bone grafting in tuberculosis, staphylococcal, and mixed infections. *Problemy Tuberkuleza*. 1981;(9):54].
27. Гусева В.Н., Гарбуз А.Е. Исходы декомпрессивных операций у больных туберкулезным спондилитом. *Проблемы туберкулеза*. 2001;(9):47–51. [Guseva VN, Garbuz AE. Results of decompression operations in patients with tuberculous spondylitis. *Problemy Tuberkuleza*. 2001;(9):47–51].
28. Цивьян Я.Л., Рамих Э.А., Михайловский М.В. Репаративная регенерация тела сломанного позвонка. Новосибирск, 1985. [Tsivyan YaL, Ramikh EA, Mikhaylovskiy MV. Reparative Regeneration of the Fractured Vertebral Body. Novosibirsk, 1985]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_001262274/
29. Летина В.К., Ардашев И.П. Применение костной аллотрансплантации при реконструктивных операциях на позвоночнике. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1986;(4):12–18. [Letina VK, Ardashev IP. Use of bone allotransplantation in reconstructive operations on the spine. *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 1986;(4):12–18].
30. McHenry MC, Easley KA, Locker GA. Vertebral osteomyelitis: long-term outcome for 253 patients from 7 Cleveland-area hospitals. *Clin Infect Dis*. 2002;34:1342–1350. DOI: 10.1086/340102
31. Hadjipavlou AG, Mader JT, Necessary JT, Muffoletto AJ. Hematogenous pyogenic spinal infections and their surgical management. *Spine*. 2000;25:1668–1679. DOI: 10.1097/00007632-200007010-00010
32. von Stechow D, Rauschmann MA. Effectiveness of combination use of antibiotic-loaded PerOssal with spinal surgery in patients with spondylodiscitis. *Eur Surg Res*. 2009;43:298–305. DOI: 10.1159/000233525
33. Tang X, Li J, Wang C, Liu F, Guo J, Tan J, Song Q, Cao H, Zhang Y. Antibiotic-loaded calcium sulfate beads in spinal surgery for patients with spondylodiscitis: a clinical retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23:270. DOI: 10.1186/s12891-022-05230-y
34. Funayama T, Noguchi H, Shibao Y, Sato K, Kumagai H, Miura K, Takahashi H, Tatsumura M, Koda M, Yamazaki M. Unidirectional porous beta-tricalcium phosphate as a potential bone regeneration material for infectious bony cavity without debridement in pyogenic spondylitis. *J Artif Organs*. 2023;26:89–94. DOI: 10.1007/s10047-022-01335-2
35. Deml MC, Cattaneo EN, Bigdon SF, Sebald HJ, Hoppe S, Heini P, Benneker LM, Albers CE. PMMA-Cement-PLIF is safe and effective as a single-stage posterior procedure in treating pyogenic erosive lumbar spondylodiscitis—a single-center retrospective study of 73 cases. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9:73. DOI: 10.3390/bioengineering9020073

Статья поступила в редакцию 05.10.2025

Рецензирование пройдено 13.01.2026

Подписано в печать 26.01.2026

Received 05.10.2025

Review completed 13.01.2026

Passed for printing 26.01.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. В.К. Шаповалов — разработка дизайна исследования, сбор клинических данных, участие в хирургическом лечении, статистическая обработка, подготовка первоначального варианта рукописи, литературная обработка и финальное редактирование текста, обязанности контактного автора; И.В. Басанкин — формирование концепции исследования, научное руководство, разработка методологии, критический пересмотр текста с внесением принципиально важных замечаний, экспертная валидация хирургической тактики, окончательное утверждение рукописи; А.А. Афаунов — методологическое сопровождение, экспертная оценка хирургических подходов, критическая научная правка текста, консультирование по структуре исследования; И.В. Гилевич — лабораторное сопровождение, анализ микробиологических и биохимических данных, консультации по подготовке и свойствам костного алломатериала; А.А. Гюльзатян — участие в оперативных вмешательствах, сбор данных наблюдения, клиническое обследование пациентов, помощь в анализе визуализационных данных; Н.В. Тушканова — сбор данных, аналитический поиск литературы, подготовка иллюстративного материала и таблиц, участие в редактировании текста. 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. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом НИИ – Краснодарская ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского (протокол № 154 от 16.02.2023).

Согласие на публикацию. Все пациенты дали добровольное информированное согласие на использование клинических данных и биологического материала в научных целях.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Владимир Константинович Шаповалов, канд. мед. наук; Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167; eLibrary SPIN: 2639-0804; ORCID: 0000-0003-4556-251X; shapovalovspine@gmail.com

Игорь Вадимович Басанкин; д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 3541-8946; ORCID: 0000-0003-3549-0794; basankin@rambler.ru

Аскер Алиевич Афаунов, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 8039-9920; ORCID: 0000-0001-7976-860X; afaunovkr@mail.ru

Ирина Валериевна Гилевич, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3911-1488; ORCID: 0000-0002-9766-1811; giliv@list.ru

Абрам Акопович Гюльзатян, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 6853-4861; ORCID: 0000-0003-1260-4007; abramgulz@gmail.com

Надежда Владимировна Тушканова; ORCID: 0009-0009-8810-5221; tushk98@gmail.com

Authors' Info

✉ Vladimir Konstantinovich Shapovalov, MD, Cand. Sci. (Medicine); 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, Russia, 350086; eLibrary SPIN: 2639-0804; ORCID: 0000-0003-4556-251X; shapovalovspine@gmail.com

Igor Vadimovich Basankin, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3541-8946; ORCID: 0000-0003-3549-0794; basankin@rambler.ru

Asker Alievich Afaunov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 8039-9920; ORCID: 0000-0001-7976-860X; afaunovkr@mail.ru

Irina Valeryevna Gilevich, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3911-1488; ORCID: 0000-0002-9766-1811; giliv@list.ru

Abram Akopovich Gulzatyan, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 6853-4861; ORCID: 0000-0003-1260-4007; abramgulz@gmail.com

Nadezhda Vladimirovna Tushkanova; ORCID: 0009-0009-8810-5221; tushk98@gmail.com



ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ В ХИРУРГИИ ПОЗВОНОЧНИКА: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**А.В. Косулин, Д.В. Елякин, В.Г. Мифоненко, А.В. Подрезова, А.Я. Слободина, У.И. Губина,
К.О. Борисова, М.В. Зырянова, А.М. Шорохов**

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Обобщение отраженного в литературе опыта применения индивидуальных имплантатов в хирургии позвоночника с анализом поставленных перед оперативным вмешательством задач и вариантов технического решения, а также нозологии, возраста пациентов, распределения случаев и публикаций по странам.

Материал и методы. Выполнен систематический поиск публикаций в электронных базах данных PubMed/Medline, Google Scholar, eLibrary, а также в библиографических списках отобранных для анализа статей. В обзор включены публикации на английском и русском языках, описывающие клиническое применение индивидуальных имплантатов при хирургическом лечении заболеваний позвоночника.

Результаты. В итоговый анализ включили 41 источник, обработали данные о 340 случаях. В публикациях предложены технические решения для выполнения реконструкции C₁–C₂, стабилизации C₁–C₂, дистракции на вогнутой стороне деформации в субаксиальном шейном отделе, передней реконструкции позвонков субаксиального шейного, грудного и поясничного отделов, коррекции сагиттального либо фронтального баланса, достижения «нулевого» профиля имплантата, передней и задней стабилизации в неблагоприятных анатомических условиях. Использовались имплантаты следующих типов: передние верхнешейные с посадочными площадками для C₀ или C₁, имплантаты-шаблоны для трансартрикулярного артродеза C₁–C₂, односторонние дистракционные спейсеры, конгруэнтные межтеловые имплантаты, конгруэнтные телозамещающие имплантаты, индивидуальные передние пластины, мостовидные передние имплантаты, «моноклитные» имплантаты, воспроизводящие элементы стандартных изделий без соединительных узлов.

Заключение. Индивидуальные имплантаты использовались при несоответствии имеющихся серийных изделий поставленным задачам либо анатомическим особенностям пациента. Нозология в большинстве случаев представлена дегенеративными и онкологическими заболеваниями у лиц старшей возрастной группы.

Ключевые слова: индивидуальные имплантаты; 3D-печать; систематический обзор.

Для цитирования: Косулин А.В., Елякин Д.В., Мифоненко В.Г., Подрезова А.В., Слободина А.Я., Губина У.И., Борисова К.О., Зырянова М.В., Шорохов А.М. Индивидуальные имплантаты в хирургии позвоночника: систематический обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 82–91. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.82-91>

PATIENT-SPECIFIC IMPLANTS IN SPINE SURGERY: SYSTEMATIC REVIEW

A.V. Kosulin, D.V. Elyakin, V.G. Mironenko, A.V. Podrezova, A.Ya. Slobodina, U.I. Gubina,

K.O. Borisova, M.V. Zyryanova, A.M. Shorokhov

Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

Objective. To review the current clinical use of patient-specific implants in spinal surgery concerning a problem solved, a disease treated, patients age, distribution of cases and publications by countries.

Material and Methods. A systematic search in PubMed/Medline, Google Scholar, and eLibrary databases was conducted. Reference lists of included articles were screened for additional publications. All articles in English and Russian with available full text describing clinical use of patient-specific implants in spinal surgery were included.

Results. 41 articles were included in final review with a total of 340 patients. Problems solved with individual implants were as follows: 1) C₁–C₂ reconstruction; 2) C₁–C₂ stabilization; 3) concave side distraction in subaxial cervical spine; 4) anterior reconstruction of subaxial cervical, thoracic, and lumbar spine; 5) sagittal or frontal balance correction; 6) zero-profile of the implant; 7) anterior and 8) posterior stabilization under unfavorable conditions. Types of implants used were as follows: 1) reconstructive implants for upper cervical spine bearing docking sites for C₀ or C₁; 2) implant-template for transarticular C₁–C₂ arthrodesis; 3) spacers for concave side distraction; 4) congruent interbody implants; 5) congruent body-substitute implants; 6) personified anterior plates; 7) bridge-type anterior implants; 8) “monolith” implants which reproduce serial devices without connecting nodes.

Conclusion. Personified implants were used when serial devices did not match the task at hand or anatomical features of individual patient. Pathologies treated were primarily degenerative disease and tumors in elderly persons.

Key Words: patient-specific implants; 3D-printing; systematic review.

Please cite this paper as: Kosulin AV, Elyakin DV, Mironenko VG, Podrezova AV, Slobodina AY, Gubina UI, Borisova KO, Zyryanova MV, Shorokhov AM. Patient-specific implants in spine surgery: systematic review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(1):82–91. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.82-91>

Аддитивные технологии, позволяющие физически воспроизводить виртуальные трехмерные объекты, нашли применение в ряде областей хирургии, в том числе при оперативном лечении заболеваний позвоночника [1, 2]. Если преимущества и недостатки неимплантируемых объектов (референтных моделей зоны интереса и навигационных шаблонов) хорошо изучены [3–5], то данных о применении персонифицированных имплантатов существенно меньше. Учитывая, что изготовление индивидуальных имплантируемых объектов требует значительных временных и финансовых затрат [6–8], а также должно соответствовать строгим стандартам качества [9], в «типовой» клинической ситуации, когда цель операции может быть достигнута с использованием серийных изделий, применение индивидуальных имплантатов представляется нерациональным. Вместе с тем, если применение серийных изделий сопряжено с высоким риском интра- или послеоперационных осложнений, требует дополнительных травматичных оперативных приемов либо в принципе не позволяет решить стоящую перед оператором задачу, использование уникального имплантата, отвечающего анатомическим особенностям пациента и специфике заболевания, может оказаться наилучшим подходом.

Цель исследования – обобщение отраженного в литературе опыта применения индивидуальных имплантатов в хирургии позвоночника с анализом поставленных перед оперативным вмешательством задач и вариантов технического решения, а также нозологии, возраста пациен-

тов, распределения случаев и публикаций по странам.

Материал и методы

Стратегия поиска

Выполнен систематический поиск публикаций в электронных базах данных PubMed/Medline, GoogleScholar, eLibrary с использованием комбинаций следующих ключевых слов: 3-Dimensional-Printed, Custom-Made, Customized, Individualized, Patient-Specific, Personalized, Spine, Spinal, Vertebral, индивидуальный, персонифицированный, 3D, имплантат, позвонок, позвоночник, а также логических операторов AND и OR, по состоянию на 28.06.2025 г. Решение о соответствии публикаций критериям включения принималось на основании консенсуса двух первых авторов. Для выявления соответствующих критериям включения публикаций, не обнаруженных при первичном поиске, проведено изучение библиографических списков отобранных для анализа статей.

Критерии включения и исключения

В обзор включены публикации на английском и русском языках, описывающие клиническое применение индивидуальных имплантатов при хирургическом лечении заболеваний позвоночника. Исключали обзоры литературы, лабораторные биомеханические исследования, исследования на животных, сообщения об использовании серийных имплантатов, изготовленных методом 3D-печати, публикации о применении индивидуальных предизогнутых стержней, статьи с недоступным полным текстом.

Извлечение и синтез данных

При извлечении данных учитывали фамилию первого автора, год публикации, государственную принадлежность учреждений, количество и возраст пациентов, патологию, сравнительный либо описательный характер исследования, используемый материал, решаемую с помощью персонифицированного имплантата задачу, конструкцию индивидуального изделия. Если в исследовании участвовали авторы из разных стран, публикацию и описанные в ней случаи учитывали для каждой страны. При повторном упоминании авторами ранее опубликованных ими наблюдений количество пациентов соответственно корректировали.

Результаты

При поиске выявлено 347 публикаций, 6 дубликатов удалено, 312 статей удалены как нерелевантные или несоответствующие критериям включения. При изучении библиографических списков дополнительно идентифицировали 15 источников, 3 публикации удалены в связи с недоступным полным текстом. В итоговый анализ включили 41 источник (рис. 1; приложение*).

Распределение количества публикаций и пациентов по странам

В шести публикациях отражены результаты международного сотрудничества (данные работы и описанные в них наблюдения учтены дважды). Наибольшее количество статей подготовлено авторами из Австралии, Китая и США. Опыт большинства государств (8 из 14) изложен в единичных сообщениях (рис. 2).

* Приложение доступно в электронном варианте по ссылке: <https://www.spinesurgery.ru/jour/issue/current>

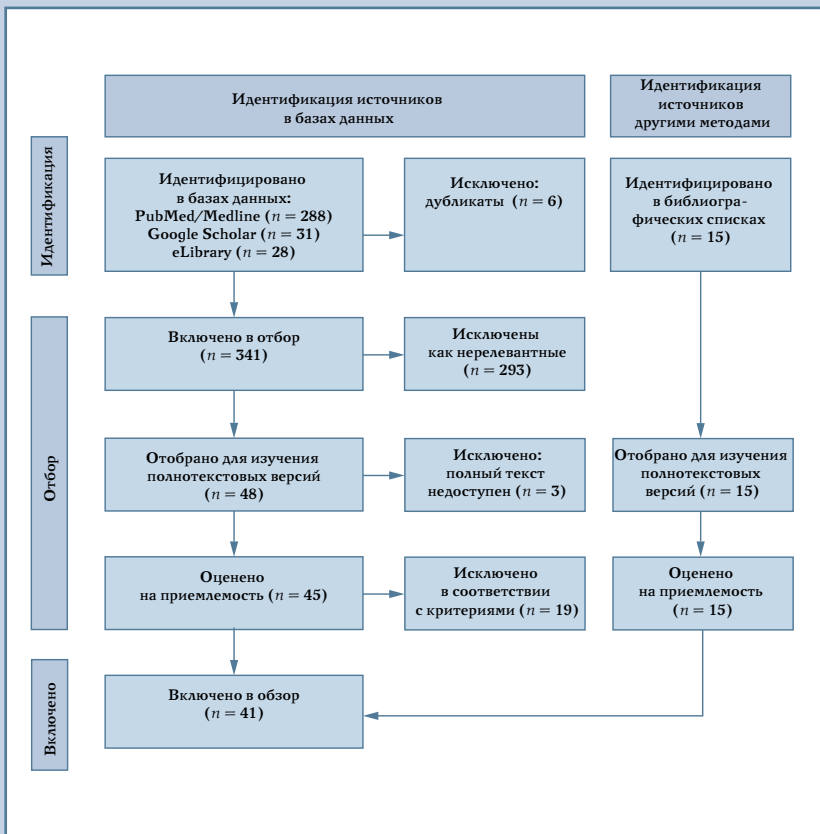


Рис. 1

Диаграмма систематического обзора

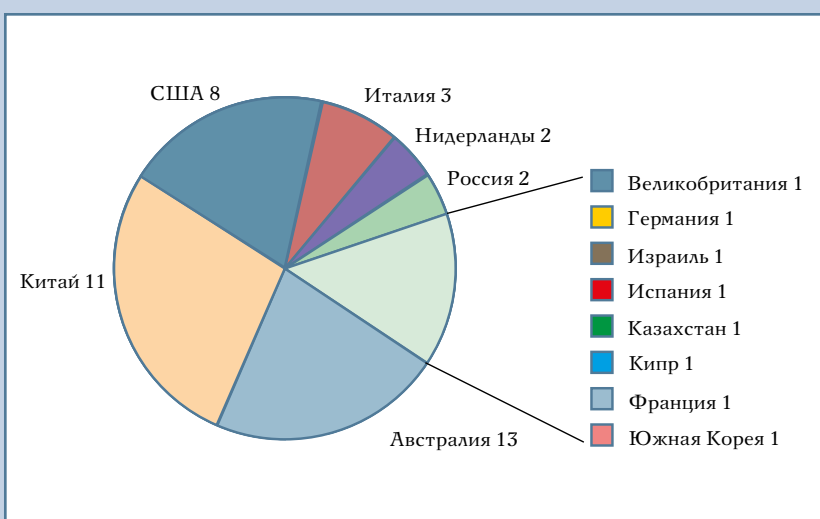


Рис. 2

Распределение количества публикаций по странам

Исследователи из США и Китая располагают наиболее значительным количеством наблюдений. Среди остальных авторов только австралийские, итальянские и российские приводят данные о десяти или более пациентах (рис. 3).

Сравнительные и описательные исследования

Только одно исследование носило сравнительный характер [10]. Две работы в качестве группы сравнения приводят ранее опубликованные данные [11, 12]. Подавляющее большинство статей приводят только описательные данные.

Возраст пациентов и патология

Из 340 наблюдений, описанных во включенных в обзор публикациях, наиболее многочисленную группу составили пациенты старшего возраста с дегенеративными заболеваниями – 147 случаев [6, 11, 13–17] (возраст одного из пациентов не указан в тексте статьи [16]). Значительные группы представлены опухолевыми поражениями позвоночника – 88 наблюдений (79 пациентов старше 18 лет, 9 – младше) [8, 10, 18–36] и тяжелыми деформациями у пожилых лиц – 65 пациентов [12]. В 28 случаях вмешательство было выполнено по поводу порока развития, в том числе у пяти взрослых [28, 30, 37–40]. У шести пациентов, в том числе у одного ребенка, показанием к операции послужили осложнения со стороны ранее установленных имплантатов [7, 24, 41–44]. Оставшиеся случаи представлены травматическими повреждениями (2) [30, 45], нейрофиброматозом (2, в том числе 1 ребенок) [9, 46], ревматоидным артритом (1) [25], болезнью Горхема (1) [9].

Используемый материал

В подавляющем большинстве исследований в качестве материала для изготовления имплантатов применялся титаноалюминиевый сплав. Два коллектива устанавливали изделия из полиэфирэфиркетона (ПЕЕК) [6, 35].

Поставленные задачи и технические решения

Во включенных в обзор публикациях предложены технические реше-

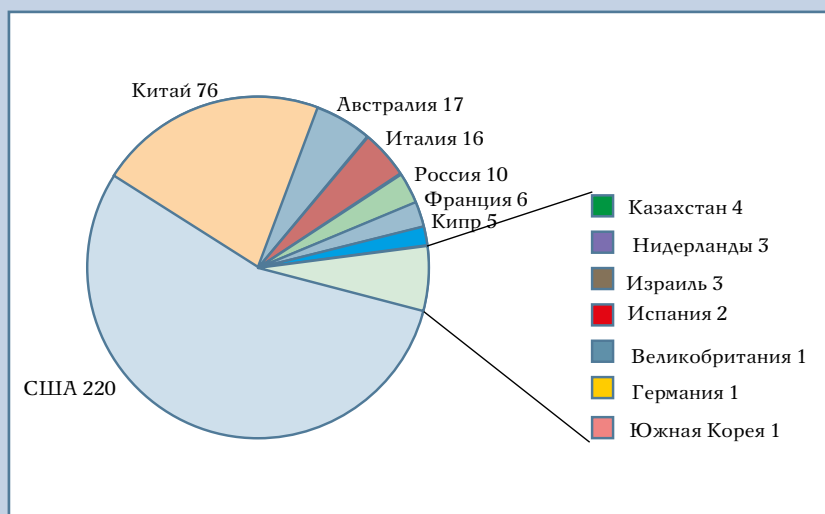


Рис. 3

Распределение количества пациентов по странам

ния для следующих вмешательств: 1) реконструкции C_1 – C_2 [8, 10, 18, 21–25, 27, 28, 32, 33]; 2) стабилизации C_1 – C_2 [14, 17, 30]; 3) дистракции на вогнутой стороне деформации в субаксиальном шейном отделе [39]; 4) передней реконструкции позвонков субаксиального шейного, грудного и поясничного отделов [6, 7, 19, 20, 24, 26, 29, 31, 34–36, 44, 45]; 5) коррекции сагиттального либо фронтального баланса [11–13, 15, 28, 37, 40]; 6) достижения «нулевого» профиля имплантата [41, 42]; 7) передней [9, 38, 46] и задней стабилизации в неблагоприятных анатомических условиях [43].

Принимая во внимание отсутствие общепринятой классификации индивидуальных имплантатов, авторы сочли возможным разделить все многообразие предложенных в публикациях технических решений на восемь типов: 1) передние верхнешейные имплантаты с посадочными площадками для C_0 или C_1 [8, 10, 18, 21–25, 27, 28, 32, 33]; 2) имплантаты-шаблоны для трансарткулярного артродеза C_1 – C_2 [14, 17]; 3) односторонние дистракционные спейсеры [39]; 4) конгруэнтные межтеловые имплантаты [11–13, 15, 16, 28, 37, 40]; 5) конгруэнтные телозамещающие имплантаты [6, 7,

10, 19, 20, 26, 29, 31, 34–36, 41, 44, 45]; 6) индивидуальные передние пластины [30, 38]; 7) мостовидные передние имплантаты [9, 46]; 8) «монолитные» имплантаты, воспроизводящие элементы стандартных изделий без соединительных узлов [42, 43].

Необходимо отметить, что между задачами и техническими решениями нет однозначного соответствия. Разные коллективы исследователей использовали для решения сходных задач различные типы имплантатов.

Обсуждение

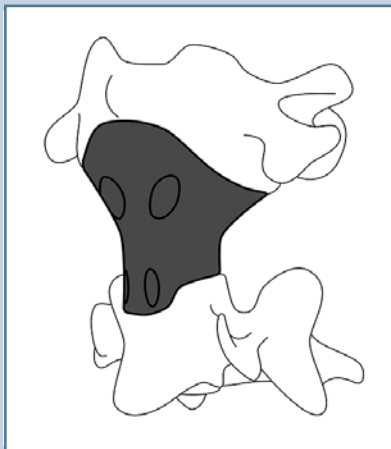
Анализ распределения публикаций и наблюдений по странам был проведен для получения данных о том, какое место занимает в настоящее время использование индивидуальных имплантатов в хирургии позвоночника и где технология применяется наиболее активно. Несмотря на значительное число наблюдений у американских и китайских авторов, в масштабах населения данных стран и количества ежегодно выполняемых вертебрологических операций (в США – более миллиона [47]), доля вмешательств с применением персонализированных изделий остается

ничтожно малой. Тем не менее опыт использования конгруэнтных межтеловых имплантатов, суммированный в двух многоцентровых исследованиях американских авторов [11, 12], охватывает 200 наблюдений и не имеет себе равных. Достижением китайских исследователей являются 38 случаев использования реконструктивных имплантатов для верхнешейного отдела [8, 10, 22–24, 27, 32, 33], а также разработка и применение у 22 пациентов индивидуальных межтеловых спейсеров для дистракции вогнутой стороны деформации при шейных полупозвонках [39]. Публикации австралийских авторов [13–15, 17, 19, 25, 28, 29, 37, 41, 43–45], наиболее многочисленные при небольшом количестве пациентов, обращают на себя внимание разнообразием используемых решений (пять типов индивидуальных имплантатов). Сообщения из других стран, описывающие небольшие серии или даже единичные случаи, позволяют надеяться на более широкое распространение технологии в будущем.

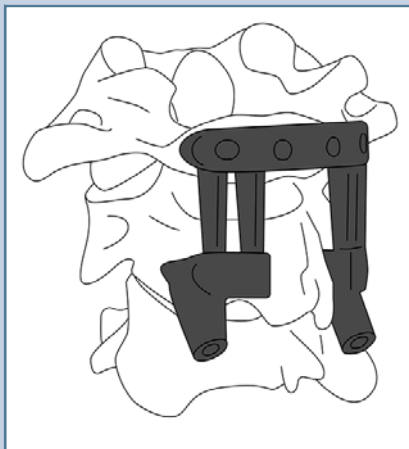
Передние верхнешейные имплантаты

Данные изделия предназначены для реконструкции передних структур после частичного либо полного удаления C_2 и/или C_1 и представляют собой призматическую конструкцию, опирающуюся на тело нижележащего позвонка и несущую посадочную поверхность для соединения с передней дугой атланта (рис. 4) или основанием черепа.

Минимальным вариантом использования подобного изделия является одностороннее протезирование боковой массы атланта [8]. Описано два способа фиксации имплантата к первому шейному позвонку: седловидная выемка, совмещаемая с нижней поверхностью передней дуги [18, 21], и Т-образное расширение, которое крепится к передней поверхности боковых масс винтами [8, 10, 22–25, 32]. После удаления C_1 винты устанавливали в скат [28] либо в мыщелки затылочной кости [23]. Основание имплантата, как правило, опирается на верхнюю поверхность

**Рис. 4**

Передний верхнешейный имплантат с опорной поверхностью для C₁. Авторский рисунок

**Рис. 5**

Имплантат-шаблон для трансартикулярного артродеза C₁–C₂. Авторский рисунок

тела C₃, к которому фиксируется двумя винтами. При распространении процесса на субаксиальный отдел применялись конструкции, опирающиеся на тела C₄, C₅ и Th₁ позвонков [22, 23, 27]. Чаще всего имплантаты устанавливали в сочетании с задней конструкцией, причем одни коллективы осуществляли дорсальную фиксацию первым этапом [10, 18, 22, 23, 28, 32], другие – вторым [8, 21, 25, 27], однако Girolami et al. [21] достигли удовлетворительного механического результата, применив только переднюю стабилизацию. Три группы авторов при резекции и реконструкции осевого позвонка нашли возможным отказаться от окципитоспондилодеза [10, 25, 32]. Примечательно, что из 45 операций (в том числе 7 с реконструкцией атланта) почти все были осуществлены из переднебокового субмандибулярного разреза, трансартериальный доступ потребовался только в двух случаях [10, 28]. Исследование Hu et al. [10] показало тенденцию к более высокой частоте дестабилизации имплантатов при использовании стандартной титановой сетки в сравнении с применением персонализированного устройства (4/13 против 1/18, пограничная статистическая значимость).

По мнению ряда исследователей [21, 25, 27, 32], оптимального серийного изделия для реконструкции передних отделов C₁–C₂ не существует, что делает применение индивидуальных имплантатов для этой цели особенно востребованным.

Имплантат-шаблон для трансартикулярного артродеза C₁–C₂

Оригинальная конструкция индивидуального имплантата представлена группой австралийских авторов [14, 17]. Изделие имеет вид рамки, фиксируемой винтами к задней дуге атланта, опирающейся на задние структуры и несущей цилиндрические направляющие для трансартикулярных винтов, то есть является имплантируемым навигационным шаблоном (рис. 5).

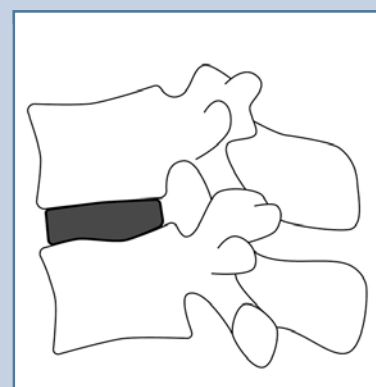
Для предварительного формирования трансартикулярных каналов авторы использовали отдельное направляющее устройство из пластмассы, также изготовленное методом 3D-печати. В сообщениях об использовании данной конструкции у трех пациентов нет указаний на какие-либо преимущества, кроме эргономических, в связи с чем ценность описанной технологии в сравнении с применением

неимплантируемых шаблонов представляется сомнительной.

Конгруэнтные межтеловые имплантаты

Индивидуализация межтеловых кейджей открывает пути для преодоления двух проблем, свойственных серийным изделиям. Во-первых, придание контактным поверхностям изделия формы, конгруэнтной замыкательным пластинкам выше- и нижележащего позвонков, увеличивает площадь соприкосновения и способствует равномерному распределению нагрузки, что уменьшает вероятность «проседания» имплантата в послеоперационном периоде [13, 29, 37]. Во-вторых, персонализированный кейдж обладает заданным углом между контактными поверхностями, что делает его эффективным средством коррекции сагиттального и фронтального баланса (рис. 6).

Smith et al. [12] показали, что у 65 пациентов средняя разница между запланированным и полученным углом сегментарной коррекции составила 1°, причем нарушение сагиттального баланса после операции встречалось достоверно реже по сравнению с группой пациентов, у которых применялись серийные имплантаты. Не менее интересны данные Ashgar et al. [11], которые продемонстрировали значительно более высокую частоту восста-

**Рис. 6**

Конгруэнтный межтеловой имплантат. Авторский рисунок

новления нарушенных показателей сагиттального баланса при использовании индивидуальных кейджей. Три коллектива авторов использовали персонифицированные межтеловые имплантаты для одномоментной коррекции сагиттального и фронтального баланса у пожилых пациентов при дегенеративных заболеваниях на фоне не оперированных ранее поясничных полупозвонков [28, 37, 40]. Исследования, которые сравнивали бы частоту проседания серийных и персонифицированных межтеловых имплантатов, обнаружены не были, однако сообщения о единичных наблюдениях подтверждают полное сохранение коррекции в отсроченном периоде [13, 15, 28, 37, 40]. Имеются данные как об изолированном применении индивидуальных кейджей [13, 16, 37], так и об установке в сочетании с транспедикулярной конструкцией [12, 28, 40]. Возможна фиксация имплантатов к телам выше- и нижележащих позвонков винтами [13, 37] либо передними пластинами [15, 28, 40]. Практически во всех случаях кейджи устанавливали в поясничном отделе, имеется только одно сообщение о применении индивидуального межтелового имплантата на уровне C_6-C_7 [16]. Отраженный в литературе опыт использования конгруэнтных межтеловых имплантатов является наибольшим (228 наблюдений из 340), причем для данного типа продемонстрированы преимущества перед серийными изделиями.

Односторонние дистракционные спейсеры

Данные имплантаты очень близки к конгруэнтным межтеловым кейджам, однако в связи со специфической областью применения представляется уместным рассматривать их как отдельный тип. Li et al. [39] представили оригинальную методику хирургического лечения врожденного сколиоза на фоне шейных полупозвонков с использованием индивидуальных имплантатов. Подход предполагает отказ от связанной с риском повреждения позвоночной артерии резекции полупозвонка и выполнение дис-

тракции на соответствующем уровне вогнутой стороны с установкой персонифицированных спейсеров между суставными фасетками и телами выше- и нижележащего позвонков (рис. 7).

Для дополнительной фиксации использовали транспедикулярную конструкцию и переднюю пластину. Серия охватывает 22 наблюдения, авторы указывают на такие преимущества перед резекцией полупозвонка, как меньшие кровопотеря и продолжительность вмешательства. Примечательно, что именно применение индивидуальных имплантатов сделало эффективное дистракционное лечение врожденного шейного сколиоза возможным.

Конгруэнтные телозамещающие имплантаты

Этот тип изделий предназначен для реконструкции тел позвонков на одном или нескольких смежных уровнях (рис. 8).

Подобная необходимость возникла при радикальных онкологических операциях [19, 20, 24, 26, 29, 31, 34–36], а также при хирургическом лечении шейной спондилогенной миелопатии [6] и ревизиях по поводу дестабилизации ранее установленных серийных изделий [7, 41, 44]. В одном случае индивидуальный телозамещающий имплантат был использован при переломе C_7 с компрессией спин-

ного мозга [45]. К преимуществам персонифицированного изделия, помимо конгруэнтных контактных поверхностей, относится возможность коммутации с задней конструкцией. С этой целью имплантаты снабжались скобами для проволоочной фиксации [24, 31], отверстиями для установки серийных транспедикулярных винтов [7, 19, 35], шарнирными элементами с зажимами для соединения со стрессными дорсальной системы [20]. Ряд коллективов применял изделия с каналами для винтовой фиксации к телам выше- и нижележащего позвонков [26, 29, 34, 41, 44, 45]. Chung et al. [7] использовали имплантат из двух (правого и левого) компонентов, чтобы облегчить его установку из заднего доступа, однако точного совмещения деталей изделия исследователям добиться не удалось. Индивидуальные телозамещающие имплантаты наиболее часто применяли в грудном отделе [19, 20, 24, 31, 35, 36], а также в субаксиальном шейном [6, 24, 26, 29, 31, 34, 41, 44, 45] и поясничном [7, 20, 26, 35] отделах. Наиболее протяженный дефект передних структур – 6 уровней (C_3-Th_1) – удалось реконструировать Yang et al. [34]. На 53 описанных случаях использования персонифицированных телозамещающих изделий имеется только одно

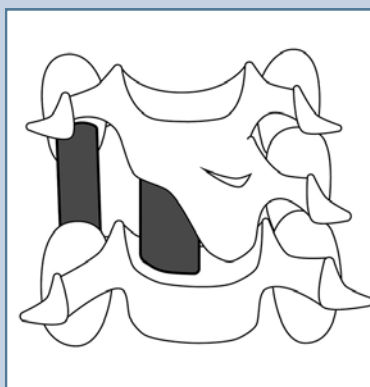


Рис. 7

Односторонние дистракционные спейсеры. Авторский рисунок

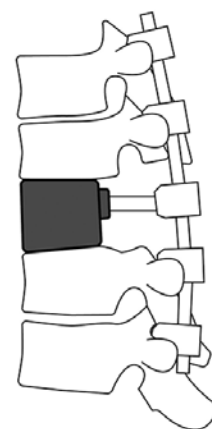


Рис. 8

Конгруэнтный телозамещающий имплантат. Авторский рисунок

сообщение о «проседании» имплантата, потребовавшем ревизионной операции [20]. Несмотря на отсутствие сравнительных исследований, преимущества реконструкции передних структур индивидуальными имплантатами, обеспеченных конгруэнтными опорными площадками и возможностью коммутации с задней конструкцией, не вызывают сомнений.

Индивидуальные передние пластины

Данные имплантаты использовались для стабилизации шейного отдела. Shkarubo et al. [30] у четырех пациентов при трансоральной одонтоидэктомии одномоментно выполняли фиксацию персонифицированной пластиной, которая крепилась винтами к телу C_2 и латеральным массам C_1 , без установки задней системы. При более обширной резекции, включавшей тело C_2 , тот же коллектив использовал аналогичное изделие с дополнительным опорным элементом, располагавшимся между суставными поверхностями атланта и телом C_3 , в сочетании с дорсальной конструкцией. Jackson et al. [38] применили индивидуальную пластину для стабилизации *in situ* при декомпрессии по поводу шейной дискогенной миелопатии на фоне обусловленной синдромом Клиппеля – Фейля выраженной сколиотической деформации (рис. 9).

Таким образом, персонификация передних пластин позволяет выполнять фиксацию в условиях, при которых использование серийных изделий невозможно.

Мостовидные передние имплантаты

Оригинальное решение проблемы прогрессирующей кифотической деформации на фоне многоуровневого остеолита тел позвонков при нейрофиброматозе и болезни Горхема предложено Willemsen et al. [9, 46]. После дорсальной стабилизации (во всех трех случаях ревизионной) опороспособность передних структур восстанавливалась индивидуальным имплантатом, представляющим собой колонну с контактными площадками, фиксируемую винтами



Рис. 9

Индивидуальная передняя пластина. Авторский рисунок

к телам выше- и нижележащего непокрытых позвонков (рис. 10).

При наиболее протяженной зоне остеолита (C_7 – Th_{10}) авторам удалось, используя двойной доступ, успешно стабилизировать практически весь грудной отдел. В случае неопухольевой протяженной деструкции мостовидный имплантат без сомнения является прекрасной альтернативной многоуровневой корпорэктомии и костной пластикой.

«Монолитные» имплантаты

Общее техническое решение объединяет два непохожих друг на друга случая, в которых перед операцией стояли совершенно разные задачи. Thayaragan et al. [43] столкнулись с необходимостью выполнить ревизионную стабилизацию пояснично-крестцового перехода, причем установка винтов в S_1 была невозможна, а передний доступ противопоказан. Авторами было принято решение создать нижнюю опорную базу из одного крестцового (на уровне S_2) и двух подвздошных винтов с каждой стороны. Для коммутации конструкции использовали индивидуальные имплантаты, представляющие собой стержни заданной конфигурации с «ветвями» для каждого из подвздошных винтов. Li et al. [42] столкнулись с несостоятельностью покровов в области параллельного

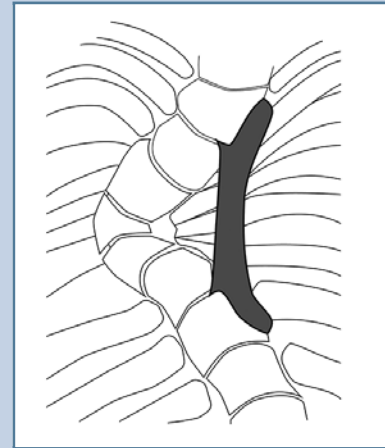


Рис. 10

Передний мостовидный имплантат. Авторский рисунок

коннектора, соединявшего подвздошный крюк и дистальный компонент дистракционной системы «ребро–таз» у пациента с врожденным кифозом на фоне менингомиелоцеле. Обнажившийся коннектор был удален, а подвздошная опора и дистальный компонент конструкции заменены на «монолитное» (без соединительного узла) низкопрофильное индивидуальное изделие (рис. 11).

Если в первом случае задача принципиально могла быть решена с помощью громоздкой и неудобной в работе конструкции из серийных элементов, то при несостоятельности покровов в области коннектора трудно представить себе другое столь же простое и элегантное решение.

Анализ опубликованных данных позволяет выделить следующие преимущества индивидуальных имплантатов. В определенных типичных ситуациях использование персонифицированных изделий по сравнению с серийными устройствами доказательно либо предположительно обеспечивает лучшие результаты (реконструктивные имплантаты для верхнешейного отдела, конгруэнтные межтеловые и телозамещающие имплантаты). При решении некоторых редких задач, для которых серий-

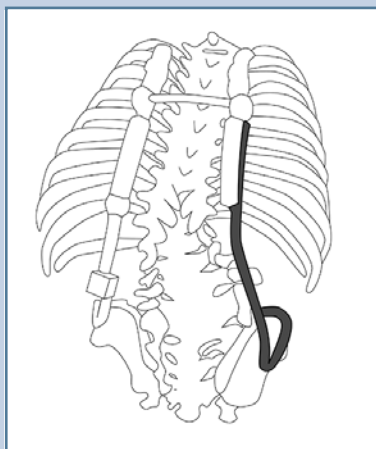


Рис. 11

«Монолитный» имплантат. Авторский рисунок

ные изделия непригодны, применение индивидуальных устройств является оптимальным вариантом (мостовидные имплантаты, передние пластины). Необходимо отметить, что провести ясную границу между этими вариантами не всегда возможно. Дополнительной положительной чертой персонализированных изделий является обусловленная технологией изготовления (3D-печать) возможность придавать им микропористую структуру, благо-

приятствующую остеоинтеграции [22, 24, 27, 33].

С другой стороны, оперативное вмешательство с использованием индивидуального имплантата предполагает продолжительный и трудоемкий этап предоперационного планирования, требующий участия квалифицированного персонала [8, 13, 14, 16, 19, 42]. Впрочем, как показали Mobbs et al. [45], при отлаженной логистике изделие может быть спроектировано, изготовлено и стерилизовано менее чем за 48 ч. Вторым существенным ограничением является необходимость следовать предельно жесткому плану операции, к которому, таким образом, предъявляются очень высокие требования. Hu et al. [24] в двух случаях были вынуждены отказаться от использования персонализированного изделия в связи с несопадением размеров имплантата и костного ложа, а Girolami et al. [20] прямо рекомендуют иметь альтернативный план операции с применением серийных изделий. Многие коллективы изготавливали несколько имплантатов с различными размерами: от двух-трех [6, 8, 9, 13, 15, 16, 21–23, 29, 31, 32, 34, 37, 41, 44, 45] до пяти [39] и даже 32 вариантов [27]. Только для четырех случаев приведены данные о том, какой вариант изделия был использован (меньший [37],

совпадающий точно [9, 37], больший [9, 29]). Примечательно, что более редко используемый в качестве материала РЕЕК, в отличие от титанового сплава, может быть модифицирован хирургическим инструментом во время операции [35].

Таким образом, использование индивидуальных имплантатов может служить важным дополнением к арсеналу хирурга в случае редкой проблемы, а для некоторых типичных задач является оптимальным решением.

Ограничения исследования связаны с поиском в малом количестве электронных баз данных, учетом источников только на английском и русском языках, исключением статей с недоступным полным текстом. Некоторые публикации могли быть не найдены по использованным ключевым словам.

Заключение

Индивидуальные имплантаты используются при несоответствии имеющихся серийных изделий поставленным задачам либо анатомическим особенностям пациента. Нозология в большинстве случаев представлена дегенеративными и онкологическими заболеваниями у лиц старшей возрастной группы. Наибольшим количеством наблюдений и публикаций располагают авторы из США, Китая, Австралии.

Литература/References

1. Kabra DA, Garg DB. Current applications of 3-dimensional printing in spine surgery. *J Orthop*. 2023;41:28–32. DOI: 10.1016/j.jor.2023.05.009
2. Katiyar P, Boddapati V, Coury J, Roye B, Vitale M, Lenke L. Three-dimensional printing applications in pediatric spinal surgery: a systematic review. *Global Spine J*. 2024;14:718–730. DOI: 10.1177/21925682231182341
3. Liang W, Han B, Hai JJ, Hai Y, Chen L, Kang N, Yin P. 3D-printed drill guide template, a promising tool to improve pedicle screw placement accuracy in spinal deformity surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2021;30:1173–1183. DOI: 10.1007/s00586-021-06739-x
4. Yu C, Ou Y, Xie C, Zhang Y, Wei J, Mu X. Pedicle screw placement in spinal neurosurgery using a 3D-printed drill guide template: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2020;15:1. DOI: 10.1186/s13018-019-1510-5
5. Косулин А.В., Елякин Д.В., Лебедева К.Д., Сухомлинова А.Е., Козлова Е.А., Орехова А.Е. Применение навигационного шаблона для прохождения ножки позвонка при транспедикулярной фиксации. *Педуамп*. 2019;10(3):45–50. [Kosulin AV, Elyakin DV, Lebedeva KD, Sukhomlinova AE, Kozlova EA, Orekhova AE. Navigation template for vertebral pedicle passage in transpedicular screw fixation. *Pediatrician (St. Petersburg)*. 2019;10(3):45–50]. DOI: 10.17816/PED10345-50 EDN: YIQQNJ
6. Amelot A, Colman M, Loret JE. Vertebral body replacement using patient-specific three-dimensional-printed polymer implants in cervical spondylotic myelopathy: an encouraging preliminary report. *Spine J*. 2018;18:892–899. DOI: 10.1016/j.spinee.2018.01.019
7. Chung KS, Shin DA, Kim KN, Ha Y, Yoon DH, Yi S. Vertebral reconstruction with customized 3-dimensional-printed spine implant replacing large vertebral defect with 3-year follow-up. *World Neurosurg*. 2019;126:90–95. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.02.020
8. Li Y, Zheng G, Liu T, Liang Y, Huang J, Liu X, Huang J, Cheng Z, Lu S, Huang L. Surgical resection of solitary bone plasmacytoma of atlas and reconstruction with 3-dimensional-printed titanium patient-specific implant. *World Neurosurg*. 2020;139:322–329. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.04.041
9. Willemssen K, Nizak R, Noordmans HJ, Castelein RM, Weinans H, Kruij MC. Challenges in the design and regulatory approval of 3D-printed surgical implants: a two-case series. *Lancet Digit Health*. 2019;1:e163–e171. DOI: 10.1016/S2589-7500(19)30067-6

10. **Hu P, Du S, Wei F, Zhai S, Zhou H, Liu X, Liu Z.** Reconstruction after resection of C2 vertebral tumors: A comparative study of 3D-printed vertebral body versus titanium mesh. *Front Oncol.* 2022;12:1065303. DOI: 10.3389/fonc.2022.1065303
11. **Asghar J, Patel AI, Osorio JA, Smith JS, Small J, Mullin JP, Desai A, Temple-Wong M, Nicolau RJ.** Mismatch between pelvic incidence and lumbar lordosis after personalized interbody fusion: the importance of preoperative planning and alignment in degenerative spine diseases. *Int J Spine Surg.* 2024;18(S1):S24–S31. DOI: 10.14444/8638
12. **Smith JS, Mundis GM, Osorio JA, Nicolau RJ, Temple-Wong M, Lafage R, Bess S, Ames CP.** Analysis of personalized interbody implants in the surgical treatment of adult spinal deformity. *Global Spine J.* 2025;15:930–939. DOI: 10.1177/21925682231216926
13. **Mobbs RJ, Parr WCH, Choy WJ, McEvoy A, Walsh WR, Phan K.** Anterior lumbar interbody fusion using a personalized approach: Is custom the future of implants for anterior lumbar interbody fusion surgery? *World Neurosurg.* 2019;124:452–458.e1. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.12.144
14. **Phan K, Sgro A, Maharaj MM, D'Urso P, Mobbs RJ.** Application of a 3D custom printed patient specific spinal implant for C1/2 arthrodesis. *J Spine Surg.* 2016;2:314–318. DOI: 10.21037/jss.2016.12.06
15. **Siu TL, Rogers JM, Lin K, Thompson R, Owbridge M.** Custom-made titanium 3-dimensional printed interbody cages for treatment of osteoporotic fracture-related spinal deformity. *World Neurosurg.* 2018;111:1–5. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.11.160
16. **Spetzger U, Frasca M, König SA.** Surgical planning, manufacturing and implantation of an individualized cervical fusion titanium cage using patient-specific data. *Eur Spine J.* 2016;25:2239–2246. DOI: 10.1007/s00586-016-4473-9
17. **Thayaparan GK, Owbridge MG, Thompson RG, D'Urso PS.** Designing patient-specific 3D printed devices for posterior atlantoaxial transarticular fixation surgery. *J Clin Neurosci.* 2018;56:192–198. DOI: 10.1016/j.jocn.2018.06.038
18. **Baldassarre BM, Di Perna G, Portonero I, Penner F, Cofano F, Marco R, Marengo N, Garbossa D, Pecorari G, Zenga F.** Craniovertebral junction chordomas: Case series and strategies to overcome the surgical challenge. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2021;12:420–431. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_87_21
19. **Choy WJ, Mobbs RJ, Wilcox B, Phan S, Phan K, Sutterlin CE 3rd.** Reconstruction of thoracic spine using a personalized 3D-printed vertebral body in adolescent with T9 primary bone tumor. *World Neurosurg.* 2017;105:1032 e13–1032.e17. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.05.133
20. **Giolami M, Boriani S, Bandiera S, Barbanti-Brodano G, Ghermandi R, Terzi S, Tedesco G, Evangelisti G, Pipola V, Gasbarrini A.** Biomimetic 3D-printed custom-made prosthesis for anterior column reconstruction in the thoracolumbar spine: a tailored option following en bloc resection for spinal tumors: Preliminary results on a case-series of 13 patients. *Eur Spine J.* 2018;27:3073–3083. DOI: 10.1007/s00586-018-5708-8
21. **Giolami M, Griffoi C, Asunis E, Falzetti L, Bandiera S, Barbanti Brodano G, Ghermandi R, Pipola V, Terzi S, Pesce E, Monopoli Forleo D, Cianchetti M, Fiore MR, Presutti L, Fini M, Gasbarrini A.** Custom-made 3D-printed implants for anterior column reconstruction in the upper cervical spine after intralesional excisional resection-report of 2 cases and literature review. *J Clin Med.* 2022;11:6058. DOI: 10.3390/jcm11206058
22. **He S, Yang X, Yang J, Ye C, Liu W, Wei H, Xiao J.** Customized “Whole-cervical-vertebral-body” reconstruction after modified subtotal spondylectomy of C2-C7 spinal tumor via piezoelectric surgery. *Oper Neurosurg.* 2019;17:580–587. DOI: 10.1093/ons/npz077
23. **He S, Ye C, Zhong N, Yang M, Yang X, Xiao J.** Customized anterior craniocervical reconstruction via a modified high-cervical retropharyngeal approach following resection of a spinal tumor involving C1-2/C1-3. *J Neurosurg Spine.* 2019;32:432–440. DOI: 10.3171/2019.8.SPINE19874
24. **Hu X, Kenan S, Cheng M, Cai W, Huang W, Yan W.** 3D-printed patient-customized artificial vertebral body for spinal reconstruction after total en bloc spondylectomy of complex multi-level spinal tumors. *Int J Bioprint.* 2022;8:576. DOI: 10.18063/ijb.v8i3.576
25. **Hunn SAM, Koefman AJ, Hunn AWM.** 3D-printed titanium prosthetic reconstruction of the C2 vertebra: techniques and outcomes of three consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020;45:667–672. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003360
26. **Lador R, Regev G, Salame K, Khashan M, Lidar Z.** Use of 3-dimensional printing technology in complex spine surgeries. *World Neurosurg.* 2020;133:e327–e341. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.09.002
27. **Li X, Wang Y, Zhao Y, Liu J, Xiao S, Mao K.** Multilevel 3D printing implant for reconstructing cervical spine with metastatic papillary thyroid carcinoma. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42:E1326–E1330. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002229
28. **Mobbs RJ, Coughlan M, Thompson R, Sutterlin CE, Phan K.** The utility of 3D printing for surgical planning and patient-specific implant design for complex spinal pathologies: case report. *J Neurosurg Spine.* 2017;26:513–518. DOI: 10.3171/2016.9.SPINE16371
29. **Parr WCH, Burnard JL, Singh T, McEvoy A, Walsh WR, Mobbs RJ.** C3-C5 chordoma resection and reconstruction with a three-dimensional printed titanium patient-specific implant. *World Neurosurg.* 2020;136:226–233. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.11.167
30. **Shkarubo AN, Kuleshov AA, Chernov IV, Vetrile MS, Lisyansky IN, Makarov SN, Ponomareno GP, Spyrou M.** Transoral decompression and stabilization of the upper cervical segments of the spine using custom-made implants in various pathologic conditions of the craniovertebral junction. *World Neurosurg.* 2018;109:e155–e163. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.09.124
31. **Sun Z, Yin M, Sun Y, Cheng M, Fang M, Huang W, Ma J, Yan W.** Customized multilevel 3D printing implant for reconstructing spine tumor: a retrospective case series study in a single center. *Orthop Surg.* 2022;14:2016–2022. DOI: 10.1111/os.13357
32. **Wei F, Li Z, Liu Z, Liu X, Jiang L, Yu M, Xu N, Wu F, Dang L, Zhou H, Li Z, Cai H.** Upper cervical spine reconstruction using customized 3D-printed vertebral body in 9 patients with primary tumors involving C2. *Ann Transl Med.* 2020;8:332. DOI: 10.21037/atm.2020.03.32
33. **Xu N, Wei F, Liu X, Jiang L, Cai H, Li Z, Yu M, Wu F, Liu Z.** Reconstruction of the upper cervical spine using a personalized 3D-printed vertebral body in an adolescent with Ewing sarcoma. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41:E50–E54. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001179
34. **Yang X, Wan W, Gong H, Xiao J.** Application of individualized 3D-printed artificial vertebral body for cervicothoracic reconstruction in a six-level recurrent chordoma. *Türk Neurosurg.* 2020;30:149–155. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.25296-18.2
35. **Zaborovskii N, Masevnin S, Smekalenkov O, Murakhovsky V, Ptashnikov D.** Patient-specific 3D-Printed PEEK implants for spinal tumor surgery. *J Orthop.* 2024;62:99–105. DOI: 10.1016/j.jor.2024.10.024
36. **Керимбаев Т.Т., Алейников В.Г., Урунбаев Е.А., Туйғынов Ж.М., Кенжегулов Е.Н., Абишев Н.Б., Ошаев М.С.** Опыт применения 3D импланта при патологии позвоночника. *Нейрохирургия и неврология Казахстана.* 2023;(3):15–23. [Kerimbayev TT, Aleinikov VG, Urunbayev EA, Tuigynov ZhM, Kenzhegulov EN, Abishev NB, Oshaev MS. Experience of 3d implant application in spinal pathology. *Neurosurgery and Neurology of Kazakhstan.* 2023;(3):15–23]. DOI: 10.53498/24094498_2023_3_15 EDN: QTSNFC
37. **Amin T, Parr WCH, Natarajan P, Lennox A, Mobbs L, Mobbs RJ.** Anterior lumbar interbody fusion (ALIF) for lumbar hemivertebra in an adult using three-dimensional-printed patient-specific implants and virtual surgery planning: a technical report. *Surg Tech Dev.* 2023;12:199–210. DOI: 10.3390/std12040019
38. **Jackson TJ, Freedman BA, Morris JM, Currier BL, Nassr A.** Cervical myelopathy in a patient with Klippel-Feil syndrome treated with a patient-specific custom cervical spine locking plate. *Spinal Cord Ser Cases.* 2022;8:6. DOI: 10.1038/s41394-022-00478-x

39. Li Z, Zhou F, Zhai S, Xia T, Pan S, Zhang F, Zhang L, Chen J, Sun Y. Congenital cervical scoliosis treated with concave side distraction with three-dimensional printed titanium cage. *Orthop Surg.* 2023;15:2709–2715. DOI: 10.1111/os.13843
40. Pesante BD, Wellington IJ, Eastlack RK, Singh H. Multilevel customized 3D-printed titanium alloy interbody cages used to treat congenital scoliosis: a case report. *J Orthop Case Rep.* 2023;13:58–64. DOI: 10.13107/jocr.2023.v13i10.3936
41. Amin T, Lin H, Parr WCH, Lim P, Mobbs RJ. Revision of a failed C5-7 corpectomy complicated by esophageal fistula using a 3-dimensional-printed zero-profile patient-specific implant: a technical case report. *World Neurosurg.* 2021;151:29–38. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.04.013
42. Li M, Alhani B, Newton-Ede M, Marks D, Jones M. Patient-specific 3D printing to replace components of a rib-to pelvis “Eiffel Tower” vertebral expanding prosthetic titanium rib system in an infant: a case report. *Eur Spine J.* 2023;32:2607–2614. DOI: 10.1007/s00586-022-07460-z
43. Thayaparan GK, Owbridge MG, Thompson RG, D’Urso PS. Designing patient-specific solutions using biomodelling and 3D-printing for revision lumbar spine surgery. *Eur Spine J.* 2019;28(Suppl 2):18–24. DOI: 10.1007/s00586-018-5684-z
44. Tredan DAM, Mobbs RJ, Maharaj M, Parr WCH. Combining virtual surgical planning and patient-specific 3D-printing as a solution to complex spinal revision surgery. *J Pers Med.* 2022;13:19. DOI: 10.3390/jpm13010019
45. Mobbs RJ, Parr WCH, Huang C, Amin T. Rapid personalised virtual planning and on-demand surgery for acute spinal trauma using 3D-printing, biomodelling and patient-specific implant manufacture. *J Pers Med.* 2022;12:997. DOI: 10.3390/jpm12060997
46. Willemssen K, Magre J, Mol J, Noordmans HJ, Weinans H, Hekman EEG, Kruyt MC. Vital role of in-house 3D lab to create unprecedented solutions for challenges in spinal surgery, practical guidelines and clinical case series. *J Pers Med.* 2022;12:395. DOI: 10.3390/jpm12030395
47. Dykhouse GL, Bratescu RA, Kashlan ON, McGrath L Jr, Hartl R, Elsayed GA. Trends in spinal implant utilization and pricing. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2025;15:404–410. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_115_24

Статья поступила в редакцию 19.01.2026

Рецензирование пройдено 11.02.2026

Подписано в печать 18.02.2026

Received 19.01.2026

Review completed 11.02.2026

Passed for printing 18.02.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.В. Косулин – написание статьи, отбор источников, обязанности контактного автора; Д.В. Елякин – редактирование статьи, отбор источников; В.Г. Мироненко – анализ и обработка источников; А.В. Подрезова – анализ и обработка источников; А.Я. Слободина – анализ и обработка источников; У.И. Губина – анализ и обработка источников; К.О. Борисова – анализ и обработка источников; М.В. Зырянова – анализ и обработка источников; А.М. Шорохов – анализ и обработка источников. 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.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Артем Владимирович Косулин, канд. мед. наук, Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2; eLibrary SPIN: 7609-0708; ORCID: 0000-0002-9505-222X; hackenlad@mail.ru

Дмитрий Викторович Елякин; ORCID: 0000-0002-6575-7464; dimaelkins@mail.ru

Валерия Геннадьевна Мироненко; ORCID: 0009-0006-6690-1604; valery22000@gmail.com

Александра Викторовна Подрезова; ORCID: 0009-0001-1135-6956; podrezane@yandex.ru

Анастасия Яковлевна Слободина; ORCID: 0009-0000-1625-8442; nastya_slobodina@mail.ru

Ульяна Ивановна Губина; ORCID: 0009-0009-2050-7056; gubinau7@gmail.com

Ксения Олеговна Борисова; ORCID: 0009-0007-2796-8432; borisova.ksyunya@icloud.com

Мария Вадимовна Зырянова; ORCID: 0009-0006-1873-2607; mariika2901@mail.ru

Артем Михайлович Шорохов; ORCID: 0009-0008-8461-8540; 010695art@mail.ru

Authors' Info

✉ Artem Vladimirovich Kosulin, MD, Cand. Sci. (Medicine); 2 Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russia; eLibrary SPIN: 7609-0708; ORCID: 0000-0002-9505-222X; hackenlad@mail.ru

Dmitriy Viktorovich Elyakin; ORCID: 0000-0002-6575-7464; dimaelkins@mail.ru

Valeriya Gennadyevna Mironenko; ORCID: 0009-0006-6690-1604; valery22000@gmail.com

Aleksandra Viktorovna Podrezova; ORCID: 0009-0001-1135-6956; podrezane@yandex.ru

Anastasia Yakovlevna Slobodina; ORCID: 0009-0000-1625-8442; nastya_slobodina@mail.ru

Ulyana Ivanovna Gubina; ORCID: 0009-0009-2050-7056; gubinau7@gmail.com

Kseniya Olegovna Borisova; ORCID: 0009-0007-2796-8432; borisova.ksyunya@icloud.com

Mariya Vadimovna Zyryanova; ORCID: 0009-0006-1873-2607; mariika2901@mail.ru

Artem Mikhaylovich Shorokhov; ORCID: 0009-0008-8461-8540; 010695art@mail.ru



САГИТТАЛЬНЫЙ БАЛАНС ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У ВЗРОСЛЫХ: НЕСИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Р.С. Чернышев, В.Б. Лебедев, Б.Р. Кинзягулов, А.А. Зув

Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Представлен несистематизированный обзор 44 публикаций, посвященных сагиттальному балансу шейного отдела позвоночника, отобранных за последние 10 лет. На текущий момент, несмотря на обилие параметров, которые предлагаются для оценки сагиттального баланса, консенсус относительно обязательности применения тех или иных критериев не достигнут. Дискуссионными остаются как сами границы нормы, так и степень клинического влияния даже наиболее устоявшихся показателей на функциональное состояние пациента. Разнятся данные о влиянии на сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника различных хирургических вмешательств на одном и более уровнях, в связи с чем не существует консенсуса о необходимости и способах коррекции тех или иных изменений параметров сагиттального профиля шеи. В ходе анализа литературы выделены параметры баланса шейного отдела, которые считаются основными: шейный лордоз (CL), сагиттальная вертикальная ось (cSVA), угол T1 slope (T1S), разность T1S-CL, спинокраниальный угол (SCA). Определены ориентировочные диапазоны для большинства из них: T1S — 18,5–40°, cSVA — менее 40 мм, SCA — более 88,6°, T1S-CL — менее $25^\circ \pm 5^\circ$. Влияние операций, например ACDF и ламинопластики, на сагиттальный баланс шеи противоречиво: часть авторов указывают на их значимое изменение как при передней декомпрессии, так и при ламинопластике, а другие, напротив, указывают на отсутствие значимых изменений.

Ключевые слова: сагиттальный баланс; шейный отдел позвоночника; хирургия позвоночника; ACDF; ламинопластика.

Для цитирования: Чернышев Р.С., Лебедев В.Б., Кинзягулов Б.Р., Зув А.А. Сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника у взрослых: несистематизированный обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 1. С. 92–97. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.92-97>

SAGITTAL BALANCE OF THE CERVICAL SPINE IN ADULTS: A NON-SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

R.S. Chernyshyov, V.B. Lebedev, B.R. Kinzyagulov, A.A. Zuev

National Medical and Surgical Center n.a. N.I. Pirogov, Moscow, Russia

The article presents a non-systematic review of 44 publications on sagittal balance of the cervical spine selected over the past 10 years. Currently, despite the abundance of parameters proposed for assessing the sagittal balance, no consensus has yet been reached regarding the mandatory use of specific criteria. Debates persist regarding both the boundaries of “normality” and the degree of clinical impact of even the most established parameters on a patient’s functional status. Data on the influence of various single- or multi-level surgical interventions on the cervical sagittal balance are inconsistent. Consequently, there is no consensus on the need and methods of correcting specific alterations in cervical sagittal profile parameters. As a result of the literature analysis, the following parameters of the cervical spine balance were identified, which are considered the main ones: cervical lordosis (CL), sagittal vertical axis (cSVA), T1 slope angle (T1S), the T1S-CL difference, and spinocranial angle (SCA). Reference ranges were defined for most of them: T1S — 18.5°–40°, cSVA — less than 40 mm, SCA — greater than 88.6°, and T1S-CL — less than $25^\circ \pm 5^\circ$. The impact of surgeries such as ACDF and laminoplasty on sagittal cervical balance is controversial: some authors report significant changes in parameters following both anterior decompression and laminoplasty, while others, on the contrary, indicate the absence of significant alterations.

Key Words: sagittal balance; cervical spine; spine surgery; ACDF; laminoplasty.

Please cite this paper as: Chernyshyov RS, Lebedev VB, Kinzyagulov BR, Zuev AA. Sagittal balance of the cervical spine in adults: a non-systematic literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(1):92–97. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.1.92-97>

Последние два десятилетия ознаменованы существенным углублением медицинских знаний в области сагиттального баланса позвоночника. Описанные Le Huec et al. [1] и Roussouly et al. [2] параметры сагиттального профиля получили всемирное признание и стали незаменимы в хирургии позвоночника, в особенности его поясничного

отдела. Первые работы по сагиттальному балансу шейного отдела позвоночника появились в 2010-х гг. и были посвящены изменениям его сагиттального профиля после хирургического лечения. Основным предметом интереса в этот период стали изменения шейного баланса у пациентов с миелопатией после ламинопластики [3, 4].

На текущий момент предложен значительный перечень параметров сагиттального профиля шейного отдела позвоночника, однако не выработано четкого консенсуса относительно того, какие именно параметры нужно оценивать в предоперационном периоде у пациентов с теми или иными патологическими изменениями [5].

В связи с этим существует большой объем разрозненных данных о влиянии каждого параметра на клиническую картину и функциональный статус пациентов с различными заболеваниями шейного отдела позвоночника [5–13]. Кроме того, отсутствует единый взгляд на изменение сагиттального профиля после того или иного вида хирургического лечения [14–21]. Это объясняет отсутствие четкого суждения о необходимости коррекции тех или иных изменений параметров баланса шеи. И даже при наличии такой необходимости не выработано соответствующих алгоритмов хирургической коррекции изменений шейного профиля при его различных проявлениях.

Цель исследования – выделение наиболее актуальных и противоречивых разделов по теме сагиттального баланса шейного отдела позвоночника, обобщение и анализ имеющихся подходов и оценок каждого из выделенных разделов.

Материал и методы

Поиск литературы проводили в четырех электронных базах данных: PubMed, Cochrane Library, Google Scholar и eLibrary по следующим ключевым терминам: «сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника», «параметры сагиттального профиля шеи», «дегенеративно-дистрофические заболевания шейного отдела позвоночника» на русском языке, «sagittal balance of the cervical spine», «parameters of the sagittal profile of the neck», «degenerative and dystrophic diseases of the cervical spine» – на английском языке. Установленный уровень доказательности источников – не менее 3 по шкале оценки уровней достоверности доказательств. В статьях выделены наиболее актуальные и противоречивые разделы, касающиеся сагиттального баланса шейного профиля: актуальные параметры, клиническое значение параметров, ауторегуляция сагиттального баланса шеи и его связь с другими отделами, влияние на сагиттальный профиль шеи различных хирургических вмешательств.

Включены статьи, подробно затрагивающие один или более из вышеописанных разделов за последние 10 лет, за исключением тех, что необходимы для представления основополагающих терминов и базиса работы. Исключены публикации нехирургической направленности и дублирующие статьи.

Результаты и их обсуждение

Для выполнения данного несистематического обзора отобрано 44 публикации. Из них 25 исследований выполнены не ранее последних 5 лет, еще 12 – не ранее последних 10 лет: PubMed – 36 публикаций, Google Scholar – 3 публикации, eLibrary – 5 публикаций. Из них 2 систематических обзора и метаанализа, 5 проспективных исследований, 24 ретроспективных когортных исследования, 11 литературных обзоров, две методических работы.

Проведенный анализ позволил выделить четыре основных группы исследований: 1) 23 публикации по изучению влияния различных видов хирургических вмешательств на сагиттальный профиль шейного отдела позвоночника; 2) 14 публикаций – по анализу параметров сагиттального баланса, их нормативных значений и корреляционных взаимосвязей с функциональными исходами лечения; 3) 4 публикации – по биомеханическим аспектам и компенсаторным механизмам шейного отдела позвоночника. Отдельную категорию из трех источников образовали справочные и исторические публикации. Следует подчеркнуть, что проблематика многих исследований носит смежный характер, затрагивая несколько из указанных направлений одновременно. В связи с этим окончательную категоризацию проводили на основании доминирующей тематической направленности каждой работы.

Влияние параметров сагиттального баланса на клинические проявления различных заболеваний шейного отдела позвоночника

Несмотря на то что лордоз считается наиболее естественной формой профиля шейного отдела, существует множество работ, указываю-

щих, что значительное количество людей в бессимптомной популяции имеют сагиттальный профиль, отличный от лордотического. Так, Kim et al. [22] сообщили о 26,3 % случаев кифоза шейного отдела в группе бессимптомных обследуемых. Khalil et al. [23] – о 32 % случаев шейного кифоза. Таким образом, невозможно рассматривать влияние параметра шейного лордоза (CL) в изоляции от других параметров сагиттального профиля.

Помимо CL, описанного Cobb et al. [24], также выделены следующие параметры: сагиттальная вертикальная ось (cSVA), измеряемая как расстояние между вертикальной отвесной линией, проведенной из середины тела C₂ позвонка, и задневерхним краем тела C₇ позвонка [25]; угол наклона Th₁ позвонка (T1 slope, T1S), измеряемый как угол между линией, проведенной по замыкательной пластинке Th₁ позвонка, и горизонтальной линией [26]; разность углов наклона Th₁ позвонка и шейного лордоза (T1S-CL) [27]; а также спинокранияльный угол (SCA), введенный уже упомянутыми Le Huec et al. [1].

В метаанализе 2021 г. [6] продемонстрировано значимое увеличение показателей угла T1S, cSVA и снижение SCA у пациентов с заболеваниями шейного отдела позвоночника по сравнению с контрольной группой [11]. Ряд авторов выявили положительную корреляцию между показателями cSVA и ранжированием пациентов по индексу шейной инвалидности (NDI) как в до-, так и в послеоперационном периодах. Наиболее выраженной данная корреляция становится при cSVA >40 мм [7–9]. Средним показателем для бессимптомной популяции является $18,7 \pm 1,76$ мм [6]. Б.Б. Дамдинов и соавт. [10] продемонстрировали тесную положительную корреляцию между cSVA и интенсивностью боли, измеренной по ВАШ. Также сообщается об обратной корреляции между значениями cSVA и глубиной функциональных нарушений, оцениваемых в пред- и послеоперационном периодах по модифицированной шкале Японской ортопедической

ассоциации (mJOA) в исследованиях с участием пациентов с шейной миелопатией [28, 29].

Что касается параметра T1S, то выявлено, что средним показателем для бессимптомной популяции является $24,5^\circ \pm 0,98^\circ$ [6], а у пациентов с низким T1S, в особенности $<18,5^\circ$, повышен риск дегенеративных изменений шейного отдела [11, 12]. Однако, согласно другим авторам [5, 13], высокие значения T1S также коррелировали с худшими послеоперационными показателями, наибольшая выраженность данной корреляции наступала при значении T1S $>40^\circ$.

Iyer et al. [8] исследовали влияние параметра T1S-CL на клинические данные пациентов до операции. Наравне с показателем cSVA была выявлена обратная корреляция между T1S-CL и предоперационными значениями NDI пациента. Другие авторы, проанализировав связь между T1S-CL и функциональными исходами у пациентов, перенесших многоуровневую фиксацию шейных позвонков, обнаружили положительную корреляцию T1S-CL и послеоперационных показателей по NDI [9]. Условно нормальным значением T1S-CL можно считать показатель меньше $20-30^\circ$. Однако авторы указывают на необходимость дальнейших уточнений на основании более крупных выборок пациентов [8, 9]. Средним показателем значения T1S-CL в бессимптомной популяции является $16^\circ \pm 3^\circ$ [6].

В исследованиях, посвященных изучению параметра SCA, средними значениями для бессимптомной популяции указываются $83^\circ \pm 9^\circ$ [5]. В другом исследовании предполагается, что SCA = $88,6^\circ$ может считаться точкой отсечения, при значении ниже которой выявлена связь с худшими NDI на дооперационном этапе, но с хорошей динамикой по данной шкале в дальнейшем [30].

Таким образом, до настоящего времени остается актуальным вопрос о влиянии параметров сагиттального профиля на клинические показатели пациента. Большинство исследователей сошлись во мнении, что с благо-

приятным клиническим и функциональным статусом ассоциированы значения T1S в границах $18,5-40^\circ$, cSVA – менее 40 мм, SCA – более $88,6^\circ$, T1S-CL – менее $20-30^\circ$.

Механизмы ауторегуляции сагиттального баланса шейного отдела

В последние годы стало появляться все больше данных о возможностях компенсации как внутри, так и вне шейного отдела позвоночника. Показано, что кифоз одного или нескольких шейных сегментов может быть компенсирован соседними верхними или нижними сегментами, а лордотические изменения профиля в отделе C₂–C₇ могут быть компенсированы гиперкифотическими изменениями C₁–C₂ и наоборот [31, 32].

При рассмотрении взаимовлияния соседних отделов позвоночника на сагиттальный баланс выявлено, что в результате кифотических изменений грудного отдела происходит увеличение CL, которое, наряду с изменениями в тазу, является основным физиологическим инструментом организма к сохранению конуса экономии глобального баланса [33]. Эти данные подтверждают Smith et al. [34], которые выявили, что операции, направленные на коррекцию кифотического дисбаланса в груднопоясничном отделе позвоночника, приводят к спонтанной коррекции шейного гиперлордоза.

Важно отметить обнаруженное в ряде работ контринтуитивное отсутствие прямой корреляции между поясничным лордозом (LL) и CL. LL оказывает лишь опосредованное влияние на профиль шейного отдела, обладая прямой корреляцией с грудным кифозом (ТК), который, в свою очередь, через параметр T1S непосредственно влияет на величину CL [35, 36]. Эти данные также подтверждаются А.В. Крутько и соавт. [37], указывающими на отсутствие корреляции параметров сагиттального баланса шейного отдела и тазовых параметров.

Увеличение значений CL ведет к двум последствиям: снижению площади межпозвонковых отверстий с увеличением риска компрессии их

содержимого и увеличению нагрузки на группу мышц-сгибателей шеи. Данные симптомы компенсируются наклоном головы пациента вперед, что за счет увеличения cSVA приводит к расширению межпозвонковых отверстий с последующим снижением нагрузки на мышцы-разгибатели шеи [38, 39].

Другие авторы предложили параметры, объясняющие компенсаторные механизмы шейного отдела подобно тому, как это происходит в поясничном. Выражается это формулой: T1A = наклон шеи (NT) + T1S. Предложенную формулу можно коротко описать следующим образом: увеличение грудного или шейного кифоза приводит к компенсаторному увеличению T1S и, как следствие, увеличению CL, необходимых для поддержания значений параметра NT около 44° . Данное значение позволяет обеспечить минимальную энергозатратность горизонтального взгляда и максимальную функциональную адаптацию [40].

Таким образом, механизмы компенсации изменений сагиттального баланса представлены как на внутри-, так и на межотделовом уровнях. Кифотические изменения грудного отдела ведут к увеличению CL. В свою очередь, гиперлордотические изменения в C₂–C₇, которые увеличивают нагрузку на мышцы шеи и повышают риск компрессии содержимого межпозвонковых отверстий, могут компенсироваться как гиперкифотическими изменениями в C₁–C₂, так и вынужденными изменениями позы головы и шеи подобно тому, как это происходит в сагиттальной балансировке поясничного отдела позвоночника.

Влияние хирургического лечения на сагиттальный баланс шейного отдела позвоночника

Одним из значимых является вопрос о том, в какой степени выполнение хирургических операций на данном отделе влияет на параметры сагиттального профиля.

Согласно ряду исследований, выполнение передней шейной дискэктомии с фиксацией (ACDF) значительно увеличивает значения субаксиального лордоза

C₂–C₇, T1S и снижает показатели cSVA. Описанный авторами этих работ эффект воздействия на параметры увеличивается пропорционально количеству сегментов, на которых выполняется вмешательство. Такой эффект кажется закономерным ввиду восстановления высоты диска в его передней части за счет межтелового имплантата и его клиновидной формы [14–17].

Однако существуют и противоречащие им данные других авторов, исследовавших влияние двухуровневой ACDF на профиль шеи и показавших, что ни T1S, ни cSVA в послеоперационном периоде не претерпели статистически значимых изменений. Происходило лишь значимое изолированное увеличение лордоза C₂–C₇ [18]. Еще в одной работе, также посвященной ACDF на двух уровнях и ее влиянию на сагиттальный баланс шеи, достоверных изменений ни по одному из перечисленных параметров выявлено не было [19].

Таким образом, в современной литературе предоставлены противоречивые данные о влиянии ACDF на шейный сагиттальный профиль. Стоит отметить, что ситуация усугубляется тем, что зачастую работы о влиянии ACDF на параметры баланса сконцентрированы отдельно на одно-, двух- или трехуровневой операции и редко представляются совместно в одном исследовании, что затрудняет однозначное заключение о влиянии ACDF на баланс в целом. К слову, в немногочисленных работах, посвященных артропластике межпозвонковых дисков в шейном отделе, представлены схожие результаты [41, 42].

Подобно вышеописанному, в исследованиях, посвященных влиянию ламинопластики на сагиттальный профиль шейного отдела позвоночника, также обнаруживаются противоречия. В ряде работ результаты радиографических измерений в послеоперационном периоде указывают на значимую кифотизацию, то есть снижение показателей субаксиального лордоза C₂–C₇, увеличение размера cSVA. T1S изме-

нений не претерпевал [43]. Отмечено, что после ламинопластики в группе пациентов с высоким предоперационным T1S угол C₂–C₇ снижался более значительно, чем в группе с низким T1S. Авторы выдвигают гипотезу о том, что пациенты с высоким T1S могут иметь большую тенденцию к кифотическим изменениям сагиттального профиля шейного отдела позвоночника вследствие выполнения ламинопластики. Была предложена граница значения C₂–C₇ лордоза в 9,3° как фактор риска развития послеоперационного кифоза. Согласно этим данным, после ламинопластики частота возникновения послеоперационного кифоза в группе с углом C₂–C₇ ≤9,3° была достоверно выше на 16,1 %, чем в контрольной группе [20, 40, 44]. В работе, посвященной применению ламинопластики у больных с миелопатией на шейном уровне, М.Д. Древал и А.О. Гуца [44] объясняют такие изменения повреждением в ходе операции задней части костно-связочного комплекса шейного отдела позвоночника, воспринимающего большую часть осевой нагрузки на этом уровне.

В противовес приведенным данным в другой работе с сопоставимой выборкой пациентов, прошедших процедуру ламинопластики, сообщалось об отсутствии значимого изменения показателей как шейного лордоза, так и cSVA, T1S после ламинопластики [21]. Однозначного ответа на вопрос о том, от чего зависит наличие или отсутствие изменений баланса шеи после ламинопластики, нет, предположительно, это может быть связано с различием в технике проведения операции, экономном или избыточном иссечении связочного аппарата при обнажении костных структур шейного отдела.

Таким образом, как и в случае с прошлым хирургическим методом, имеющиеся данные о влиянии ламинопластики на баланс шеи не дают однозначного ответа об изменении

или, напротив, сохранении параметров в послеоперационном периоде.

Заключение

На текущий момент наиболее распространенными и применяемыми параметрами являются CL, cSVA, T1S, разность углов T1S и CL, SCA. В ходе анализа литературы подтверждено, что они оказывают существенное влияние на клинические проявления и функциональные исходы у пациентов.

Установлены ориентировочные диапазоны параметров, ассоциированных с благоприятным прогнозом: T1S в границах 18,5–40°, cSVA – <40 мм, SCA – >88,6°, T1S-CL – <25° ± 5°. Средними значениями в здоровой популяции являются для T1S – 24,5° ± 0,98°, для cSVA – 18,7 ± 1,76 мм, для SCA – 83° ± 9°, для T1S-CL – 16° ± 3°. Однако не существует идеального профиля, а его оценка должна учитывать клиническую картину пациента, включая широкую вариабельность в бессимптомной популяции.

Данные о влиянии ACDF на сагиттальный баланс противоречивы. Часть исследований демонстрирует статистически значимое увеличение лордоза C₂–C₇ и улучшение параметров cSVA после передней шейной дискэтомии с фиксацией, причем эффект усиливается пропорционально количеству оперированных сегментов. Однако другие работы не подтверждают этих изменений, отмечая лишь изолированное увеличение лордоза либо полное отсутствие динамики ключевых параметров.

Результаты ламинопластики в контексте сагиттального баланса также остаются дискуссионными: с одной стороны, у части пациентов отмечено послеоперационное ухудшение в виде кифозирования с увеличением cSVA, особенно при исходном значении лордоза C₂–C₇ ≤9,3°, с другой стороны – исследования не выявляют значимых изменений сагиттальных параметров после аналогичных вмешательств.

Литература/References

1. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019;28:1889–1905. DOI: 10.1007/s00586-019-06083-1
2. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:346–53. DOI: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65
3. Uchida K, Nakajima H, Sato R, Yayama T, Mwaka ES, Kobayashi S, Baba H. Cervical spondylotic myelopathy associated with kyphosis or sagittal sigmoid alignment: outcome after anterior or posterior decompression: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2009;11:521–528. DOI: 10.3171/2009.2.SPINE08385
4. Kim SW, Shin JH, Arbatin JJ, Park MS, Chung YK, McAfee PC. Effects of a cervical disc prosthesis on maintaining sagittal alignment of the functional spinal unit and overall sagittal balance of cervical spine. *Eur Spine J*. 2008;17:20–29. DOI: 10.1007/s00586-007-0459-y
5. Ling FP, Chevillotte T, Leglise A, Thompson W, Bouthors C, Le Huec JC. Which parameters are relevant in sagittal balance analysis of the cervical spine? A literature review. *Eur Spine J*. 2018;27(Suppl 1):8–15. DOI: 10.1007/s00586-018-5462-y
6. Azimi P, Yazdani T, Benzel EC, Hai Y, Montazeri A. Sagittal balance of the cervical spine: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2021;30:1411–1439. DOI: 10.1007/s00586-021-06825-0
7. Bębenek A, Dominiak M, Godlewski B. Cervical sagittal balance: impact on clinical outcomes and subsidence in anterior cervical discectomy and fusion. *Biomedicines*. 2023;11:3310. DOI: 10.3390/biomedicines11123310
8. Iyer S, Nemani VM, Nguyen J, Elysee J, Burapachaisri A, Ames CP, Kim HJ. Impact of cervical sagittal alignment parameters on neck disability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41:371–377. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001221
9. Lee JK, Hyun SJ, Kim KJ. Optimizing surgical strategy for cervical spinal deformity: global alignment and surgical targets. *Neurospine*. 2023;20:1246–1255. DOI: 10.14245/ns.2346744.372
10. Дамидинов Б.Б., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Кошкарёва З.В., Складенко О.В., Животенко А.П., Кириенко А.Н. Особенности изменения сагиттального баланса шейного отдела позвоночника при шейно-плечевом синдроме. *Хирургия позвоночника*. 2019;16(2):42–48. [Damidinov BB, Sorokovikov VA, Lari-onov SN, Koshkareva ZV, Sklyarenko OV, Zhivotenko AP, KiriienkoAN. Peculiarities of changes in the sagittal balance of the cervical spine in cervicobrachial syndrome. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2019;16(2):42–48]. DOI: 10.14531/ss2019.2.42–48 EDN: BWYTYM
11. Lee SH, Hyun SJ, Jain A. Cervical sagittal alignment: literature review and future directions. *Neurospine*. 2020;17:478–496. DOI: 10.14245/ns.2040392.196
12. Sun J, Zhao HW, Wang JJ, Xun L, Fu NX, Huang H. Diagnostic value of T1 slope in degenerative cervical spondylotic myelopathy. *Med Sci Monit*. 2018;24:791–796. DOI: 10.12659/msm.906417
13. Ye IB, Tang R, Cheung ZB, White SJW, Cho SK. Can C7 slope be used as a substitute for T1 slope? A radiographic analysis. *Global Spine J*. 2020;10:148–152. DOI: 10.1177/2192568219846909
14. Anakwenze OA, Auerbach JD, Milby AH, Lonner BS, Balderston RA. Sagittal cervical alignment after cervical disc arthroplasty and anterior cervical discectomy and fusion: results of a prospective, randomized, controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:2001–2007. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b03fe6
15. Podlewski S, Gołębiowska N, Radek M. Evaluation of changes in cervical sagittal balance and clinical parameters in patients undergoing two-level anterior cervical discectomy and fusion. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30:1007–1012. DOI: 10.17219/acem/137849
16. Al-Adli NN, Tummala S, Oh MC. Early radiographic outcomes after anterior cervical discectomy and fusion with anatomic versus lordotic cages. *N Am Spine Soc J*. 2023;17:100292. DOI: 10.1016/j.xnsj.2023.100292
17. Елисеев А.С., Боков А.Е., Млявях С.Г. Параметры сагиттального баланса после передней шейной дискэтомии со спондилодезом и артропластики эндопротезом «Эндокарбон»: результаты рандомизированного исследования. *Современные технологии в медицине*. 2022;14(4):50–59. [Eliseev AS, Bokov AE, Mlyavykh SG. Sagittal balance parameters after anterior cervical discectomy with spondylodesis and arthroplasty using Endocarbon endoprosthesis: results of randomized study. *Modern Technologies in Medicine*. 2022;14(4):50–57]. DOI: 10.17691/stm2022.14.4.06 EDN: JJGZNY
18. Zhou P, Zong L, Wu Q, Ye Y, Zhang Z, Yang H, Zhang C, Wang S. Analysis of cervical sagittal balance in treating cervical spondylotic myelopathy: 1-level anterior cervical corpectomy and fusion versus 2-level anterior cervical discectomy and fusion. *Med Sci Monit*. 2020;26:e923748. DOI: 10.12659/MSM.923748
19. Qiu Y, Xie Y, Chen Y, Ye J, Wang F, Zeng J, Chen C. Adjacent two-level anterior cervical discectomy and fusion versus one-level corpectomy and fusion in cervical spondylotic myelopathy: Analysis of perioperative parameters and sagittal balance. *Clin Neurol Neurosurg*. 2020;194:105919. DOI: 10.1016/j.clineuro.2020.105919
20. Pan Y, Ma X, Feng H, Chen C, Qin Z, Huang Y. Effect of posterior cervical expansive open-door laminoplasty on cervical sagittal balance. *Eur Spine J*. 2020;29:2831–2837. DOI: 10.1007/s00586-020-06563-9
21. Bao X, Ren K, Guo W, Zhang X, Dong X, Yan K, Qiao H, Zhao H, Liao B. Comparison of anterior surgery versus posterior surgery for the treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: a meta-analysis. *Clin Spine Surg*. 2025;38:333–344. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001778
22. Kim SW, Kim TH, Bok DH, Jang C, Yang MH, Lee S, Yoo JH, Kwak YH, Oh JK. Analysis of cervical spine alignment in currently asymptomatic individuals: prevalence of kyphotic posture and its relationship with other spinopelvic parameters. *Spine J*. 2018;18:797–810. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.09.008
23. Khalil N, Bizdikian AJ, Bakouny Z, Salameh M, Bou Zeid N, Yared F, Otayek J, Kharrat K, Kreichati G, Ghanem I, Lafage R, Lafage V, Obeid I, Assi A. Cervical and postural strategies for maintaining horizontal gaze in asymptomatic adults. *Eur Spine J*. 2018;27:2700–2709. DOI: 10.1007/s00586-018-5753-3
24. Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. *American Academy of Orthopaedic Surgeons Instr Course Lect*. 1948;5:261–275.
25. Teo AQA, Thomas AC, Hey HWD. Sagittal alignment of the cervical spine: do we know enough for successful surgery? *J Spine Surg*. 2020;6:124–135. DOI: 10.21037/jss.2019.11.18
26. Knott PT, Mardjetko SM, Techy F. The use of the T1 sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine. *Spine J*. 2010;10:994–998. DOI: 10.1016/j.spinee.2010.08.031
27. Ames CP, Smith JS, Eastlack R, Blaskiewicz DJ, Shaffrey CI, Schwab F, Bess S, Kim HJ, Mundis GM Jr, Klineberg E, Gupta M, O’Apas;Brien M, Hostin R, Scheer JK, Protosaltis TS, Fu KM, Hart R, Albert TJ, Riew KD, Fehlings MG, Deviren V, Lafage V; International Spine Study Group. Reliability assessment of a novel cervical spine deformity classification system. *J Neurosurg Spine*. 2015;23:673–683. DOI: 10.3171/2014.12.SPINE14780
28. Acharya S, Khanna V, Kalra KL, Chahal RS. Influence of preoperative sagittal alignment on functional recovery in operated cases of cervical spondylotic myelopathy. *Asian J Neurosurg*. 2023;18:293–300. DOI: 10.1055/s-0043-1768597

29. Baucher G, Taskovic J, Troude L, Molliqaj G, Nouri A, Tessitore E. Risk factors for the development of degenerative cervical myelopathy: a review of the literature. *Neurosurg Rev.* 2022;45:1675–1689. DOI: 10.1007/s10143-021-01698-9
30. Wang Z, Wang ZW, Fan XW, Gao XD, Ding WY, Yang DL. Assessment of spino cranial angle of cervical spine sagittal balance system after multi-level anterior cervical discectomy and fusion. *J Orthop Surg Res.* 2021;16:194. DOI: 10.1186/s13018-021-02353-1
31. Wang WX, Zhao YB, Lu XD, Zhao XF, Jin YZ, Chen XW, Fan YX, Wang XN, Zhou RT, Zhao B. Influence of extending expansive open-door laminoplasty to C1 and C2 on cervical sagittal parameters. *BMC Musculoskel. Disord.* 2020;21:75. DOI: 10.1186/s12891-020-3083-1
32. Lee JK, Hyun SJ, Yang SH, Kim KJ. Reciprocal changes following cervical realignment surgery. *Neurospine.* 2022;19:853–861. DOI: 10.14245/ns.2249938.469
33. Бурцев А.В., Рябых С.О., Котельников А.О., Губин А.В. Клинические аспекты сагиттального баланса у взрослых. *Гений ортопедии.* 2017;23(2):228–235. [Burtsev AV, Ryabikh SO, Kotelnikov AO, Gubin AV. Clinical issues of the sagittal balance in adults. *Orthopaedic Genius.* 2017;23(2):228–235]. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-2-228-235 EDN: YUDVZB
34. Smith J, Lafage V, Klineberg E, Shaffrey C, Schwab F, Mundis G, Hart R, Bess R, Hostin S, Burton R, Gupta D, Deviren M, Ames V. Correction of sagittal malalignment with pedicle subtraction osteotomy results in reciprocal improvement of cervical lordosis. *Spine J.* 2011;11:S106–S107. DOI: 10.1016/j.spinee.2011.08.265
35. Lee SH, Son ES, Seo EM, Suk KS, Kim KT. Factors determining cervical spine sagittal balance in asymptomatic adults: correlation with spinopelvic balance and thoracic inlet alignment. *Spine J.* 2015;15:705–12. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.06.059
36. Jackson-Fowl B, Hockley A, Naessig S, Ahmad W, Pierce K, Smith JS, Ames C, Shaffrey C, Bennett-Caso C, Williamson TK, McFarland K, Passias PG. Adult cervical spine deformity: a state-of-the-art review. *Spine Deform.* 2024;12:3–23. DOI: 10.1007/s43390-023-00735-5
37. Крутько А.В., Рерих В.В., Прохоренко В.М., Леонова О.Н. Нарушение сагиттального баланса при заболеваниях и повреждениях позвоночника. Новосибирск, 2020. [Krutko AV, Rerikh VV, Prokhorenko VM, Leonova ON. *Violation of Sagittal Balance in Diseases and Injuries of the Spine.* Novosibirsk, 2020]. EDN: DXCFPO
38. Patwardhan AG, Khayatzadeh S, Havey RM, Voronov LI, Smith ZA, Kalmanson O, Ghanayem AJ, Sears W. Cervical sagittal balance: a biomechanical perspective can help clinical practice. *Eur Spine J.* 2018;27(Suppl 1):25–38. DOI: 10.1007/s00586-017-5367-1
39. Patel PD, Arutyunyan G, Plusch K, Vaccaro A Jr, Vaccaro AR. A review of cervical spine alignment in the normal and degenerative spine. *J Spine Surg.* 2020;6:106–123. DOI: 10.21037/jss.2020.01.10
40. Lee SH, Son DW, Shin JJ, Ha Y, Song GS, Lee JS, Lee SW. Preoperative radiological parameters to predict clinical and radiological outcomes after laminoplasty. *J Korean Neurosurg Soc.* 2021;64:677–692. DOI: 10.3340/jkns.2020.0294
41. Pouleau HB, De Witte O, Dhaene B, Jodanis A. Restore cervical sagittal alignment by cervical disc arthroplasty and systematic total bilateral uncuscectomy in severe spondylosis: A prospective study. *Brain Spine.* 2023;3:101765. DOI: 10.1016/j.bas.2023.101765
42. Reinas R, Kitumba D, Pereira L, Baptista AM, Alves L. Multilevel cervical arthroplasty-clinical and radiological outcomes – clinical and radiological outcomes. *J Spine Surg.* 2020;6:233–242. DOI: 10.21037/jss.2020.01.09
43. Yang Y, Qu R, Liu Z, Chen Z, Wu Y, Chu H, Liu Z, Liu X, Jiang L. Predicting post-laminoplasty kyphosis in cervical spondylotic myelopathy patients without preoperative kyphosis: a retrospective study. *BMC Musculoskel Disord.* 2023;24:526. DOI: 10.1186/s12891-023-06650-0
44. Древал М.Д., Гуша А.О. Хирургическое лечение шейной спондилогенной миелопатии методом ламинопластики: обзор литературы. *Хирургия позвоночника.* 2015;12(2):44–50. [Dreval MD, Gushcha AO. Laminoplasty in surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy: literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2015;12(2):44–50]. DOI: 10.14531/ss2015.2.44-50 EDN: UAHIV

Статья поступила в редакцию 03.06.2025

Рецензирование пройдено 22.01.2026

Подписано в печать 29.01.2026

Received 03.06.2025

Review completed 22.01.2026

Passed for printing 29.01.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Р.С. Чернышев – написание текста, обязанности контактного автора; В.Б. Лебедев – редактирование статьи, научное консультирование; Б.Р. Кинзягулов – редактирование статьи, научное консультирование; А.А. Зуев – редактирование статьи, научное консультирование. 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.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Роман Сергеевич Чернышев; Россия, 105203, Москва, ул. Нижняя Первомайская, 70; eLibrary SPIN: 8931-5505; ORCID: 0000-0003-2414-2807; r.chernyshyov@gmail.com

Валерий Борисович Лебедев, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0002-3372-2670; horizon_vbl@mail.ru

Булат Рустемович Кинзягулов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 7417-1847; ORCID: 0000-0001-8736-2335; bkinzyagulov@yandex.ru

Андрей Александрович Зуев, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 9377-4574; ORCID: 0000-0003-2974-1462; mosbrain@gmail.com

Authors' Info

✉ Roman Sergeyevich Chernyshyov; 70 Nizhnaya pervomayskaya str., Moscow, 105203, Russia; eLibrary SPIN: 8931-5505; ORCID: 0000-0003-2414-2807; r.chernyshyov@gmail.com

Valeriy Borisovich Lebedev, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-3372-2670; horizon_vbl@mail.ru

Bulat Rustemovich Kinzyagulov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 7417-1847; ORCID: 0000-0001-8736-2335; bkinzyagulov@yandex.ru

Andrey Alexandrovich Zuev, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 9377-4574; ORCID: 0000-0003-2974-1462; mosbrain@gmail.com



ДИССЕРТАЦИОННЫЕ РАБОТЫ ПО ВЕРТЕБРОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКЕ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ К ЗАЩИТЕ В 2025 ГОДУ

На соискание ученой степени доктора медицинских наук

Современные подходы к комбинированному и комплексному лечению метастатических опухолей позвоночника

Закондырин Дмитрий Евгеньевич

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии, Ростов-на-Дону, <https://specialist.rnioi.ru>

3.1.6 – онкология, лучевая терапия

3.1.10 – нейрохирургия

Дифференцированный подход к коррекции сколиотических деформаций позвоночника в период роста

Левков Виталий Юрьевич

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, <https://rsmu.ru>

3.1.33 – восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация

Хирургическое лечение детей с врожденными деформациями грудного и поясничного отделов позвоночника с использованием технологий 3D-моделирования и прототипирования

Кокушин Дмитрий Николаевич

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, <https://rniito.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

Совершенствование оказания специализированной хирургической помощи пациентам с дегенеративно-дистрофическими поражениями пояснично-крестцового отдела позвоночника

Байков Евгений Сергеевич

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва, <https://www.cito-priorov.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

3.1.10 – нейрохирургия

На соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Применение остеопластических материалов для минимально-инвазивного трансфораминального межтелового спондилодеза при дегенеративных заболеваниях поясничного отдела позвоночника

Хлебов Валентин Викторович

Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, <https://www.almazovcentre.ru>

3.1.10 – нейрохирургия

Хирургическая тактика лечения стенозов позвоночного канала на поясничном уровне у лиц пожилого и старческого возраста

Юсупов Сайд-Эмин Русланович

Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, <https://sklif.mos.ru>

3.1.10 – нейрохирургия

Хирургическое лечение пациентов с дегенеративным стенозом поясничного отдела позвоночника при сниженной плотности костной ткани

Балычев Глеб Евгеньевич

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

<https://www.cito-priorov.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

Оперативное лечение деформаций позвоночника, ассоциированных с неврологическим дефицитом

Милица Игорь Михайлович

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

<https://www.cito-priorov.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

Стабилизирующие видеоассистируемые хирургические вмешательства при лечении пациентов с метастатическими поражениями грудного отдела позвоночника

Ивлиев Денис Сергеевич

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

<https://diss-ilizarov.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

Усовершенствование тактических и технических подходов к хирургическому лечению пострадавших с осложненными повреждениями нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника

Чайкин Никита Сергеевич

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

<https://www.cito-priorov.ru>

3.1.8 – травматология и ортопедия

3.1.10 – нейрохирургия

Оптимизация диагностики и комплексного лечения пациентов с компрессионной радикулопатией, обусловленной грыжей межпозвоночного диска на поясничном уровне

Шатохин Антон Андреевич

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр, Ессентуки, <https://skfmmba.ru>

3.1.24 – неврология

Анатомическое обоснование эндопротезирования поясничных межпозвоночных дисков

Приймак Максим Александрович

Военно-медицинская академия им. Кирова, Санкт-Петербург, <https://vmeda.mil.ru>

3.1.9 – хирургия

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



27-й конгресс Европейской федерации
национальных ассоциаций ортопедов
и травматологов
Время проведения: 4–6 мая 2026 г.

Место проведения: Малага, Испания
Контактная информация:
<https://congress.efort.org/>

8-й Всемирный конгресс малоинвазивной хирургии
позвоночника и соответствующих методик
(WCMISSST-2026)
Время проведения: 7–9 мая 2026 г.

Место проведения: Лос-Анджелес, США
Контактная информация:
<https://wcmissst2026.org/>

Ежегодная конференция Международного
общества изучения поясничного отдела
позвоночника (ISSLS)
Время проведения: 11–15 мая 2026 г.

Место проведения: Кейптаун, Южно-Африканская
республика
Контактная информация:
<https://www.issls.org/2026-annual-meeting>

Российский ортопедический конгресс: наука,
инновации и практика
Время проведения: 14–15 мая 2026 г.

Место проведения: Уфа, Россия
Контактная информация:
b.minasov@yandex.ru

Симпозиум по проблемам головного мозга
и позвоночника в Институте неврологии Маркуса
Время проведения: 14–15 мая 2026 г.

Место проведения: Бока-Ратон, США
Контактная информация:
<https://cmeonline.baptisthealth.net/brainandspine>

Международная научно-образовательная
конференция «Теория и практика
современной травматологии и ортопедии:
от университета в клинику»
Время проведения: 21 мая 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия
Контактная информация:
<https://pirogovforum.com/2105.html>

Конференция «Минимально-инвазивная
и эндоскопическая нейрохирургия»
Время проведения: 21 мая 2026 г.

Место проведения: Санкт-Петербург, Россия
Контактная информация:
<https://scaf-spb.ru/spisok-konferencij/konferenciya-minimalno-invazivnaya-i-endoskopicheskaya-nejrohirurgiya-2026/>

VIII съезд травматологов-ортопедов
Сибирского федерального округа
Время проведения: 21–22 мая 2026 г.

Место проведения: Барнаул, Россия
Контактная информация:
<https://www.orthobarnaul.ru/>

4-й Всемирный симпозиум по ортопедии
(WSO 2026) гибридный
Время проведения: 27–29 мая 2026 г.

Место проведения: Сингапур
Контактная информация:
<https://wso2026.lmsii.org>

41-я ежегодная конференция
Европейского общества исследований
шейного отдела позвоночника
Время проведения: 27–29 мая 2026 г.

Место проведения: Лондон, Соединенное
Королевство
Контактная информация:
<https://csrs-europe-congress.com>

Всемирный конгресс вертебрологов
Global Spine Congress
Время проведения: 27–30 мая 2026 г.

Место проведения: Стамбул, Турция
Контактная информация:
<https://globalspinecongress.org>

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



МосОртоФорум Время проведения: 5–6 июня 2026 г.	Место проведения: Москва, Россия Контактная информация: https://forum.mos-ortho.ru
Инновационный саммит Северо-Американского общества вертебологов (NASS) Время проведения: 11–12 июня 2026 г.	Место проведения: Роузмонт, США Контактная информация: https://www.spine.org/INS
Научно-практическая конференция с международным участием «Илизаровские чтения-2026», посвященная 105-летию акад. Г.А. Илизарова, 75-летию метода Илизарова, 55-летию Центра Илизарова Время проведения: 15–16 июня 2026 г.	Место проведения: Курган, Россия Контактная информация: https://meeting.ilizarov.ru/
Всемирный конгресс по хирургии и анестезиологии Время проведения: 7–8 августа 2026 г.	Место проведения: Амстердам, Нидерланды Контактная информация: https://surgery-anesthesia.inovineconferences.com
Ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «Вреденовские чтения» Время проведения: 3–4 сентября 2026 г.	Место проведения: Санкт-Петербург, Россия Контактная информация: www.vredenreadings.org
12-я Международная конференция по заболеваниям позвоночника и спинного мозга Время проведения: 14–15 сентября 2026 г.	Место проведения: Рим, Италия Контактная информация: https://spine.neurologyconference.com/
4-й съезд Всемирной конференции по ортопедии Время проведения: 24–26 сентября 2026 г.	Место проведения: Лондон, Соединенное Королевство Контактная информация: https://orthopedics.magnusconferences.com/
46-й Всемирный ортопедический конгресс SICOT Время проведения: 29 сентября – 1 октября 2026 г.	Место проведения: Киото, Япония Контактная информация: https://www.sicot.org/congresses
61-я ежегодная конференция и учебный курс Общества исследований сколиоза 2026 года Время проведения: 6–10 октября 2026 г.	Место проведения: Сидней, Австралия Контактная информация: https://www.srs.org/Meetings-Conferences/Annual-Meeting/61st-Annual-Meeting
Европейский конгресс вертебологов EUROSPINE 2026 Время проведения: 7–9 октября 2026 г.	Место проведения: Гётеборг, Швеция Контактная информация: https://www.eurospine.org/events/annual-meeting/2026/
Ежегодная научно-практическая конференция «Турнеровские чтения» Время проведения: 8–9 октября 2026 г.	Место проведения: Санкт-Петербург, Россия Контактная информация: https://turnerreadings.org/

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



52-я ежегодная конференция Международного общества детской нейрохирургии (ISPN 2026)
Время проведения: 7–11 октября 2026 г.

Место проведения: Каир, Египет

Контактная информация:

<https://ispnmeeting.org>

Немецкий конгресс ортопедической и травматологической хирургии DKOU
Время проведения: 20–23 октября 2026 г.

Место проведения: Берлин, Германия

Контактная информация:

<https://dkou.org/>

Сибирский ортопедический форум-2026 («Цивьяновские чтения»)
Время проведения: 30–31 октября 2026 г.

Место проведения: Новосибирск, Россия

Контактная информация:

<https://niito.ru/>

XI Международный Пироговский форум травматологов-ортопедов
Время проведения: 16–17 ноября 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия

Контактная информация:

<https://pirogovforum.com/main.html>

109-й Национальный конгресс Итальянского общества ортопедии и травматологии (SIOT 2026)
Время проведения: 26–28 ноября 2026 г.

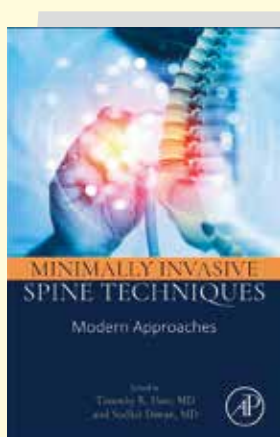
Место проведения: Милан, Италия

Контактная информация:

<https://congressosiot.it/>



**Малоинвазивные методы лечения позвоночника:
современные подходы**
**Minimally Invasive Spine Techniques:
Modern Approaches**
Ed. by: Timothy R. Deer, Sudhir Diwan



Academic Press, 2026
325 с.

«Малоинвазивные методы лечения позвоночника: современные подходы» – незаменимый ресурс, разработанный для практикующих врачей, сталкивающихся с ежедневными задачами, требующими точности, применения инновационных решений и обладания всесторонними знаниями. В книге не только подробно рассматривается анатомия, знание которой критически важно для успеха процедуры, она представляет практикующим врачам новейшие методики и инструменты малоинвазивной хирургии. От критериев отбора пациентов до хирургических методик и применения устройств – этот атлас гарантирует, что каждый аспект имплантации устройств будет соответствовать самым высоким стандартам лечения и инноваций. Ключевые особенности: включает всестороннее освещение анатомии позвоночника, головного мозга и нервов, критически важных для точных хирургических методов, рассматривает новые инструменты и методики, включая артродез крестцово-подвздошного сочленения и методы нейростимуляции, практические рекомендации по отбору пациентов, показаниям к применению устройств, одобренных FDA, охватывает стратегии предотвращения и лечения осложнений для повышения безопасности и эффективности процедур.

Хирургия позвоночника в сознании
Awake Spine Surgery
M.M. Abd-El-Barr, A. Sharan, K. Abode-Iyamah,
B. Garg, E.E. Braxton Jr.



Thieme, 2025
246 с.

Методическое руководство по хирургии позвоночника в сознании и минимизации анестезиологической нагрузки. Хирургия позвоночника – это постоянно развивающаяся специализация, требующая углубленного понимания патологии, биомеханики и естественного течения заболеваний позвоночника. В настоящее время внедряются технологические инновации, которые обеспечивают лучшие результаты для пациентов. В центре внимания хирургия позвоночника в сознании – новаторский подход, суть которого не только в избегании общей анестезии, но и в минимизации воздействия хирурга на пациента. Книга состоит из трех частей и 22 глав, охватывающих предоперационные, интраоперационные и послеоперационные аспекты. Она закладывает прочную основу, охватывая критерии отбора пациентов, противопоказания и полный спектр блокад под ультразвуковым контролем, от мышц, выпрямляющих позвоночник, до брюшной стенки. Многомерные аспекты хирургии позвоночника в сознании отражены в различных темах: от глобального опыта, полученного в ходе борьбы с COVID-19, и разработки программы амбулаторной хирургии в сознании до длительно действующих блокад и послеоперационного делирия.



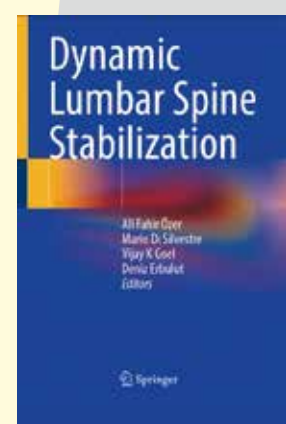
**Динамическая стабилизация
поясничного отдела позвоночника
Dynamic Lumbar Spine Stabilization**
Ed. by: A.F. zer, M.D. Silvestre, V.K. Goel, D. Erbulut

**Springer Cham, 2026
323 с.**

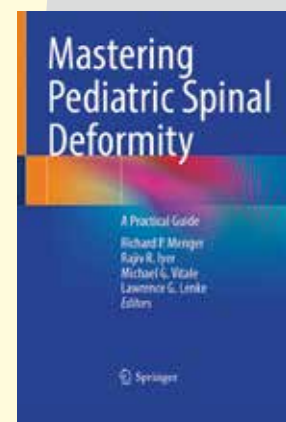
В книге представлено современное состояние динамической стабилизации поясничного отдела позвоночника – комплекса хирургических методов, разработанных для преодоления ограничений спондилодеза, таких как смертность и заболеваемость, особенно у пожилых людей и при хронической нестабильности. В первых главах рассматриваются философия и обоснование динамической стабилизации и представлена ее эволюция за последние два десятилетия. Также анализируются отличия от других систем, не связанных со спондилодезом, таких как протезы дисков, межпозвонковые устройства, замена фасеточных суставов и другие мягкие или полужесткие системы стабилизации. Рассматриваются биомеханика, показания, технические нюансы и «подводные камни», а также клинические результаты и осложнения этой технической инновации. Также обсуждаются ее применение при особых деформациях, например, идиопатическом сколиозе у подростков, не достигших возраста завершения роста костей, и высокая эффективность применения при хирургическом лечении грыжи поясничного диска. Дополняют книгу сведения об использовании методики на начальной стадии дегенерации, что подготавливает почву для регенерации. Написанное международной группой экспертов, это актуальное и своевременное руководство представляет собой превосходный источник знаний и ценное пособие для клинической практики как ортопедических хирургов, так и нейрохирургов.

**Springer Cham, 2026
433 с.**

Практическое руководство предназначено для нейрохирургов и ортопедов, занимающихся детскими деформациями позвоночника. Хотя в этой области существует множество авторитетных учебников, эта книга оформлена как краткий тактический ресурс. Главы акцентируют внимание на конкретных клинических выводах, а для дальнейшего изучения приводятся ссылки на дополнительные источники. Текст предполагает наличие базовых знаний в области хирургии позвоночника и служит практическим руководством по лечению детей с патологиями позвоночника. В нем освещаются уникальные особенности детской хирургии позвоночника, технические нюансы, патологии, технологии и системный подход к лечению. Главы в основном построены по принципу маркированного списка для быстрого и эффективного предоставления информации о предоперационных, оперативных и послеоперационных аспектах, а также о потенциальных осложнениях с подкреплением большим количеством рентгенографических и интраоперационных фотографий. Книга завершается серией «Мастера», в которой ведущие эксперты пошагово объясняют свои подходы как к типичным, так и к сложным случаям.

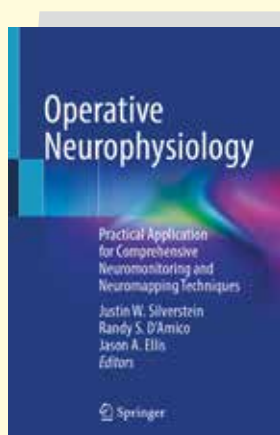


**Освоение навыков коррекции
детских деформаций позвоночника:
практическое руководство
Mastering Pediatric Spinal Deformity:
A Practical Guide**
Ed. by: R.P. Menger, R.R. Iyer,
M.G. Vitale, L.G. Lenke





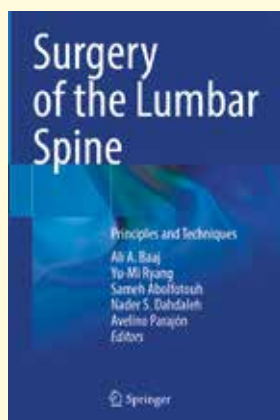
**Оперативная нейрофизиология:
практическое применение комплексных методов
нейромониторинга и нейрокартирования**
**Operative Neurophysiology:
Practical Application for Comprehensive
Neuromonitoring and Neuromapping Techniques**
Ed. by: J.W. Silverstein, R.S. D'Amico, J.A. Ellis



**Springer Cham, 2026
787 с.**

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ) стал неотъемлемой частью многих хирургических операций. Это подробное руководство восполняет потребность в публикации, посвященной электрофизиологическим методам, применяемым во время сложных хирургических вмешательств. Книга состоит из разделов, охватывающих хирургию супратенториальных и цереброваскулярных патологий, хирургию основания черепа, позвоночника и периферических нервов, а также процедуры нейромониторинга и нейрокартирования, позиционирование пациента, проблемы поражения спинного мозга и позвоночника, интервенционную радиологию и будущее развитие ИОНМ. В главах рассматриваются соответствующие анатомические и физиологические аспекты, структуры, подверженные риску во время сложных процедур, и способы интерпретации изменений биоэлектрических сигналов в случае повреждения этих структур.

**Хирургия поясничного отдела позвоночника:
принципы и методы**
**Surgery of the Lumbar Spine:
Principles and Techniques**
Ed. by: A.A. Baaj, Y.M. Ryang, S. Abolfotouh,
N.S. Dahdaleh, A. Parajón

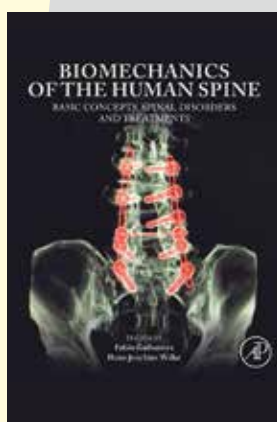


**Springer Cham, 2026
369 с.**

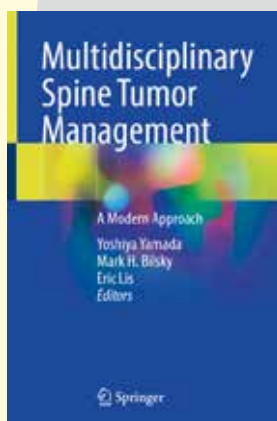
Хирургия поясничного отдела позвоночника – один из наиболее распространенных видов операций в нейрохирургии и ортопедической хирургии позвоночника. В издании представлены современные принципы и методы хирургии поясничного отдела позвоночника: патология, биомеханика, передовые методы навигации и робототехники, дополненная и виртуальная реальность и многое другое. Всеобъемлющее, но практичное, оно охватывает наиболее распространенные патологии и их хирургическое лечение, не ограничиваясь одним заболеванием, предлагает глубокий анализ диагностики, лечения, а также хирургических и нехирургических стратегий ведения пациентов. Здесь обсуждаются традиционные темы, такие как дегенеративные заболевания, травмы и онкология, а также новые и инновационные – малоинвазивная хирургия позвоночника, эндоскопия и роботизированная хирургия позвоночника, что обеспечивает всестороннее освещение темы. Рентгенограммы и интраоперационные фотографии дополняют текст. Благодаря опыту ведущих специалистов в нейрохирургии, ортопедической хирургии позвоночника и других смежных дисциплинах, это издание станет отличным ресурсом для практикующих врачей всех уровней.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

**Биомеханика позвоночника человека:
основные понятия, заболевания позвоночника
и методы лечения**
**Biomechanics of the Human Spine:
Basic Concepts, Spinal Disorders and Treatments**
Ed. by: F. Galbusera, H.-J. Wilke



**Междисциплинарное лечение опухолей
позвоночника: современный подход**
**Multidisciplinary Spine Tumor Management:
A Modern Approach**
Ed. by: Y. Yamada, M.H. Bilsky, E. Lis



ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



2nd Edition
Academic Press, 2026

Книга представляет собой незаменимый источник информации как для инженеров-биомедиков, так и для хирургов-ортопедов. Книга разделена на четыре основных раздела, каждый из которых, опираясь на информацию предыдущего раздела, предлагает глубокое понимание биомеханики позвоночника. Книга начинается с описания функциональной анатомии позвоночника, с особым вниманием к часто упускаемым из виду аспектам клинической литературы. Во втором разделе подробно рассматривается механика тканей позвоночника, в том числе условия проведения экспериментов и математические модели. В третьем разделе рассматриваются современные методы исследования позвоночника, а в заключительном разделе – биомеханические аспекты патологий позвоночника и их хирургического лечения. Вклад ведущих мировых институтов обеспечивает включение в книгу новейших исследований и опыта в области биомеханики позвоночника. Среди основных моментов – глубокие экспериментальные исследования, численное моделирование и исследования *in vivo*, такие как визуализация и анализ движения. Книга отличается комплексным подходом, преодолевающим разрыв между биомеханическими знаниями и их клиническим применением. Она незаменима для специалистов в этой области, предлагая ценные знания и практические рекомендации для понимания и лечения заболеваний позвоночника.

Springer Cham, 2025
272 p.

В книге представлен междисциплинарный подход к лечению опухолей позвоночника. В связи с уникальными механическими и неврологическими функциями позвоночника, опухоли в этой области требуют специальных знаний, которыми обладают врачи и хирурги разных специализаций, и объединение этих знаний в междисциплинарную команду – это смена парадигмы, произошедшая в XXI в. Многие сейчас признают преимущества междисциплинарного подхода, но на практике немногим удалось сформировать сплоченную и эффективную команду. В Мемориальном онкологическом центре имени Слоуна-Кеттеринга (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) по-настоящему междисциплинарная команда работает вместе уже более двух десятилетий. Цель данной книги – объединить этот опыт в одном томе. Книга структурирована так, чтобы подчеркнуть междисциплинарные аспекты, важные для успешной программы. Главы посвящены диагностике, роли хирургии, лучевой терапии, лечению токсичности и реабилитации. В качестве подкрепления текста используются примеры из реальной практики. Каждый аспект междисциплинарной помощи обсуждается в главах, основанных на фактических данных, которые объясняют роль отдельных специализаций и то, как их опыт вписывается в единую картину. Руководство разработано с учетом максимальной практичности и применимости.

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии им. Я.А. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Объявляет конкурсный прием

в ординатуру по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология» и в аспирантуру по направлению «Клиническая
медицина» по специальностям «травматология и ортопедия», «нейрохирургия»,
«анестезиология-реаниматология»

Контактная информация: niito@niito.ru
Тел.: 8 (383) 363-39-81

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.

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81



ПОДПИШИТЕСЬ СЕЙЧАС
www.spinesurgery.ru



Форма № ПД -4	
Извещение	УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России) (наименование получателя платежа) 5406011563 № 03214643000000015100 (ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа) в Сибирское ГУ Банка России // УФК по Новосибирской области (наименование банка получателя платежа) БИК 015004950 № 40102810445370000043 (номер кор./сч. банка получателя платежа) Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» (наименование платежа) Сумма платежа _____ руб. _____ коп. Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп. Итого _____ руб. _____ коп.
	Кассир
Квитанция Кассир	УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России) (наименование получателя платежа) 5406011563 № 03214643000000015100 (ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа) в Сибирское ГУ Банка России // УФК по Новосибирской области (наименование банка получателя платежа) БИК 015004950 № 40102810445370000043 (номер кор./сч. банка получателя платежа) Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» (наименование платежа) Сумма платежа _____ руб. _____ коп. Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп. Итого _____ руб. _____ коп.





Редакционная подписка

Объем издания 100–150 страниц. Периодичность 4 раза в год. Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам хирургии позвоночника и смежным дисциплинам.

Стоимость годовой подписки по России:

для физических лиц – 4800 р., для организаций – 6400 р.

Стоимость годовой подписки по странам зарубежья:

для физических лиц – 6400 р., для организаций – 7200 р.

Организациям для подписки необходимо отправить заявку на требуемое количество комплектов, а также реквизиты для выставления счета по e-mail: MBedulina@niito.ru.

Подписчикам журнала предоставляется доступ к полным версиям статей на сайте www.spinesurgery.ru.
Архивные номера журнала можно приобрести в редакции.



С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

« ____ » _____ 20 ____ г. _____
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф. И. О., адрес плательщика)

(ИНН)

№ _____
(номер лицевого счета (код) плательщика)

С условиями приема указанной в платежном документе суммы, в т. ч. с суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

« ____ » _____ 20 ____ г. _____
(подпись плательщика)

Информация о плательщике:

(Ф. И. О., адрес плательщика)

(ИНН)

№ _____
(номер лицевого счета (код) плательщика)



Копию платежного документа направляйте в редакцию по e-mail: MBedulina@niito.ru.
или по адресу: 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, редакция.
Тел.: 8-383-363-12-91, факс: 8-383-363-39-73.

Научно-практический журнал «Хирургия позвоночника» – регулярное печатное издание для клиницистов, научных работников и руководителей органов здравоохранения. Журнал публикует оригинальные статьи по теоретическим, клиническим и экспериментальным исследованиям, случаи из практики, дискуссии, обзоры литературы, информационные материалы, посвященные актуальным проблемам вертебродологии. Журнал «Хирургия позвоночника» включен в международную библиографическую и реферативную базу данных Scopus, Российский научный индекс цитирования RSCI на платформе Web of Science и в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий России, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «травматология и ортопедия» (3.1.8.) и «нейрохирургия» (3.1.10.).

Решение о публикации статей принимается редакционной коллегией на основании мнения независимых рецензентов – специалистов по проблеме при условии соответствия исследований этическим требованиям, а также требованиям к оформлению рукописи. В качестве базового способа рецензирования применяется двойное слепое (рецензент не знает автора, автор не знает рецензента) с привлечением двух экспертов. В случае непредоставления экспертного мнения в течение четырех недель статья направляется другим рецензентам. На повторное рецензирование отводится 2 недели. В спорных ситуациях (при расхождении мнения рецензентов о принятии/отклонении статьи) привлекаются дополнительные рецензенты. Окончательное решение о публикации статьи принимает главный редактор. Публикации в журнале бесплатны. Редакция оставляет за собой право редактировать стиль изложения и оформление статьи. Тексты всех статей, поступающих в журнал, проходят обязательную проверку на уникальность с помощью системы «Антиплагиат». При оригинальности текста менее 85 % рукопись отклоняется от публикации.

О соответствии этическим нормам

При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться правилами, составленными с учетом «Единых требований к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы» (www.icmje.org/index.html), которые разработаны Международным комитетом редакторов медицинских журналов, а также Рекомендациями COPE, изданными Комитетом по издательской этике (<http://publicationethics.org/about>). Проведение и описание всех клинических исследований должно полностью соответствовать стандартам CONSORT (www.consort-statement.org).

При описании исследований с участием людей необходимо указать, соответствовали ли исследования стандартам биоэтического комитета, входящего в состав учреждения, в котором выполнялась работа, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава России от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвующие в исследовании, должны дать информированное согласие на участие. В статьях, описывающих эксперименты на животных, необходимо указать, что они проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). В обоих случаях необходимо указать, был ли протокол исследования одобрен этическим комитетом (с приведением названия соответствующей организации, ее расположения, номера протокола и даты заседания комитета).

Оформление рукописи

Общие правила. Рукопись должна быть направлена в редакцию по электронной почте (spine.surgery@mail.ru) или через систему электронной редакции на сайте журнала. К статье прилагаются **направления к публикации** на бланках всех учреждений с экспертным заключением об отсутствии в материале сведений, не подлежащих опубликованию, с указанием, что данный материал не был опубликован в других изданиях, и **письмо-сопровождение**, подтверждающее передачу прав на публикацию, с подписями всех авторов.

Формат. Текст статьи следует предоставлять в текстовом редакторе Word, с размером полей не менее 2,5 см, через 1,5 междустрочных интервала, используя шрифт Times New Roman, размер 12. Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в нижнем правом углу, начиная с титульной. Графики предоставляются в формате Microsoft Excel. Общий объем оригинальной статьи не должен превышать 12 страниц, обзорной работы – 16, кратких сообщений – 4.

Титульный лист должен содержать название статьи; имена, отчества и фамилии авторов с указанием высших из имеющихся у них ученых степеней (званий) и должности, которую они занимают; полное название учреждения(ий), где выполнялась работа; контактную информацию (e-mail, тел.) всех авторов, личные международные идентификаторы ORCID и eLibrary SPIN всех авторов (обязательно) для опубликования в журнале. Всю информацию необходимо предоставить на русском и английском языках.

Авторство. Данные об авторах указываются в последовательности, которая определяется их совместным решением и подтверждается подписями на титульном листе. Кроме того, следует указать вклад каждого автора в исследование (в словесном и процентном выражении). Иные лица, внесшие вклад в выполнение работы, недостаточный для признания авторства (не могущие принять на себя ответственность за содержание работы, но оказавшие техническую, финансовую, интеллектуальную помощь), должны быть перечислены (с их письменного согласия) в разделе «Выражение признательности» после текста статьи.

Резюме и ключевые слова. В структурированном резюме (на русском и английском языках) объемом не менее 200 слов должны быть отражены предмет исследования (наблюдения), цель, материал и методы, основные результаты, область их применения и выводы, приведены 3–8 ключевых слов (словосочетаний).

Рубрикация. Оригинальная статья обычно имеет следующую композицию: введение, методы (материал и методы), результаты, обсуждение, заключение (выводы). В больших статьях главы «Результаты» и «Обсуждение» могут иметь подзаголовки. В обзорах, описаниях случаев возможна другая структура текста. Во вводной части статьи следует указать тип публикации и уровень доказательности исследования.

Библиографические ссылки должны быть сверены с оригиналами и приведены по мере цитирования под заголовком «Литература». В тексте ссылки нумеруются в квадратных скобках: [1], [3–6], [8, 9]. В названиях журналов следует пользоваться сокращениями, принятыми в Index Medicus. В оригинальных статьях рекомендуется использовать литературные источники последних 10 лет. Не рекомендуется ссылаться на материалы конференций, на диссертации и авторефераты диссертаций. Если по исследуемой теме у одних и тех же авторов имеется несколько публикаций, ссылаться рекомендуется на последнюю из них.

Список литературных источников на русском языке должен быть представлен и в транслитерированном виде. Библиографическое описание на русском языке выполняется на основе ГОСТ Р 7.0.5–2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской национальной организацией по информационным стандартам (National Information Standards Organisation – NISO), принятому National Library of Medicine (NLM) для ее баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database: www.nlm.nih.gov/citingmedicine). В библиографическом описании приводятся фамилии всех авторов. Указание DOI приветствуется.

Иллюстрации. Рисунки, графики, схемы, фотографии нумеруются и подписываются фамилией первого автора и началом названия статьи. В тексте указываются ссылки на каждый рисунок в соответствии с первым упоминанием. Иллюстрации должны быть четкими, пригодными для воспроизведения, в формате TIF или JPG с разрешением 300 точек; их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригинальный источник и предоставить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

Таблицы нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (приемлемо не больше пяти). Каждый столбец должен иметь краткий заголовок, пропуски в строках обозначаются знаком тире. Для данных из других источников необходима ссылка на эти источники. Дублирование сведений в тексте, графиках, таблице недопустимо.

Сокращения. Следует ограничиться общепринятыми сокращениями (ГОСТ 7.12–93 для русского и ГОСТ 7.11–78 для иностранных европейских языков), избегая новых без достаточных на то оснований. Аббревиатуры расшифровываются при первом использовании терминов и остаются неизменными по всему тексту. Сокращения, аббревиатуры в таблице разъясняются в примечании к ней.

Английский язык и транслитерация

При транслитерации рекомендуется использовать стандарт BGN/PCGN (United States Board on Geographic Names/Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use), рекомендованный международным издательством Oxford University Press как British Standard. Для транслитерации текста в соответствии со стандартом BGN можно воспользоваться ссылкой <http://ru.translit.ru/?account=bgn>. Англоязычное название статьи должно быть грамотно с точки зрения языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию. Фамилию, имя и отчество необходимо писать в соответствии с заграничным паспортом или так, как в ранее опубликованных статьях. Авторам, публикующимся впервые и не имеющим заграничного паспорта, следует воспользоваться стандартом транслитерации BGN/PCGN. Необходимо указывать официальное англоязычное название учреждения. Полный список названий учреждений и их официальные англоязычные версии можно найти на сайте РУНЭБ [eLibrary.ru](http://elibrary.ru). Англоязычная версия резюме статьи должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной. Для выбора ключевых слов на английском следует использовать тезаурус Национальной медицинской библиотеки США – [Medical Subject Headings \(MeSH\)](http://mesh.nlm.nih.gov).