

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

2026. Т. 23. № 2



Исходы нейрохирургических
и ортопедических вмешательств
при синдроме спинальной дизрафии

Результаты консервативной терапии
и хирургического лечения пациентов
с неосложненными переломами
позвоночника типа А3 по AOSpine

Трансдентальная фиксация переломов
зубовидного отростка С₂ позвонка
у детей и подростков

Фатальное отсроченное осложнение травмы
шейного отдела позвоночника у ребенка

Интраоперационная конусно-лучевая
томография и оптическая навигация
при задней винтовой фиксации
С₁-С₂ позвонков

Трансфораминальный межтеловой
спондилодез: возможности коррекции
сегментарного угла

Трансфораминальное эндоскопическое
удаление поясничной экструзии
при рецидиве после предшествующей
микродискэктомии



УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

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

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

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

Редакционная коллегия

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

Editorial Board

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



содержание contents

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

4 EDITORIAL

ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE DEFORMITIES

Рябых С.О., Калашиников А.А., Климов В.С., Горчаков С.А.
ОЦЕНКА ИСХОДОВ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ
И ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ СИНДРОМЕ
СПИНАЛЬНОЙ ДИЗРАФИИ С ПОЗИЦИИ ДИНАМИКИ
ОБЪЕКТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ СИНДРОМА
ФИКСАЦИИ И НАТЯЖЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА

6 Ryabykh S.O., Kalashnikov A.A., Klimov V.S., Gorchakov S.A.
EVALUATION OF THE OUTCOMES OF NEUROSURGICAL
AND ORTHOPEDIC INTERVENTIONS IN SPINAL DYSRAPHISM
SYNDROME FROM THE PERSPECTIVE OF THE DYNAMICS
OF OBJECTIVE DIAGNOSTIC CRITERIA FOR SPINAL CORD
TETHERING AND TRACTION SYNDROME

Васюра А.С., Бузунов А.В., Сергунин А.Ю., Лукинов В.Л., Новиков В.В.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ НЕДОСТАТОЧНОЙ КОРРЕКЦИИ
ПОЯСНИЧНОЙ ПРОТИВОДУГИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ
ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМИ ИДИОПАТИЧЕСКИМИ СКОЛИОЗАМИ
С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

16 Vasyura A.S., Buzunov A.V., Sergunin A.Yu., Lukinov V.L., Novikov V.V.
PREDICTING THE RISK OF INSUFFICIENT CORRECTION
OF THE LUMBAR COUNTERCURVE IN SURGICAL TREATMENT
OF PATIENTS WITH SEVERE IDIOPATHIC SCOLIOSIS
WITH A PRIMARY THORACIC CURVE

Швец В.В., Казьмин А.И., Распопов М.С., Переверзев В.С.,
Домрачев И.Е., Колесов С.В.
РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМА ДВИЖЕНИЙ
ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ СЕЛЕКТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ
ГРУДНОГО СКОЛИОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РИГИДНОЙ
И ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМ

26 Shvets V.V., Kazmin A.I., Raspopov M.S., Pereverzev V.S.,
Domrachev I.E., Kolesov S.V.
RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF SPINAL RANGE
OF MOTION AFTER SELECTIVE THORACIC
SCOLIOSIS CORRECTION USING RIGID
AND DYNAMIC SYSTEMS

ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

SPINE INJURIES

Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Каранадзе В.А., Львов И.С.,
Абдрафиев Р.И., Погонченкова И.В., Костенко Е.В.,
Макарова М.Р., Леонов А.В.
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНСЕРВАТИВНОЙ ТЕРАПИИ
И ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ
С НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА
ТИПА А3 ПО КЛАССИФИКАЦИИ AOSPLINE
НА УРОВНЕ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ПЕРЕХОДА

37 Grin A.A., Talyпов A.E., Kordonskiy A.Yu., Karanadze V.A., Lvov I.S.,
Abdrafiyev R.I., Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V.,
Makarova M.R., Leonov A.V.
COMPARISON OF CONSERVATIVE THERAPY
AND SURGICAL TREATMENT OUTCOMES
IN PATIENTS WITH UNCOMPLICATED AOSPLINE
TYPE A3 FRACTURES AT THE THORACOLUMBAR
JUNCTION

Глухов Д.А., Джуматов Т.А., Губин А.В.
ТРАНСДЕНТАЛЬНАЯ ФИКСАЦИЯ ПЕРЕЛОМОВ
ЗУБОВИДНОГО ОТРОСТКА С₂ ПОЗВОНКА
У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ

48 Glukhov D.A., Dzhumatov T.A., Gubin A.V.
ODONTOID SCREW FIXATION
OF THE C2 VERTEBRA FRACTURES
IN CHILDREN AND ADOLESCENTS: INITIAL EXPERIENCE
USING THE TECHNIQUE

Лебедева М.Н., Стаценко И.А., Иванова Е.Ю., Филичкина Е.А.,
Ганина Н.В., Рерих В.В.
ФАТАЛЬНОЕ ОТСРОЧЕННОЕ ОСЛОЖНЕНИЕ ТРАВМЫ
ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У РЕБЕНКА:
РЕДКОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

54 Lebedeva M.N., Statcenko I.A., Ivanova E.Yu., Filichkina E.A.,
Ganina N.V., Rerikh V.V.
FATAL DELAYED COMPLICATION
OF CERVICAL SPINE INJURY IN A CHILD:
A RARE CLINICAL OBSERVATION AND LITERATURE REVIEW

<p style="text-align: center;"><i>Каву А.А., Абубакар К., Нурудин А.М., Сани А.Т., Мамман М.А., Чирома М.М.</i></p> <p style="text-align: center;">ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСХОДОВ СУБАКСИАЛЬНОЙ ТРАВМЫ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ПОЛНЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ НЕОБХОДИМОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В НАЦИОНАЛЬНОМ ОРТОПЕДИЧЕСКОМ ГОСПИТАЛЕ ДАЛО, КАНО, НИГЕРИЯ</p>	<p>65</p> <p><i>Kawu A.A., Abubakar K., Nurudeen A.M., Sani A.T., Mamman M.L., Chiroma M.M.</i></p> <p>USING THE OUTCOME OF SUBAXIAL CERVICAL SPINE TRAUMA WITH COMPLETE SPINAL CORD INJURY TO DEVELOP A SCORING SYSTEM TO DETERMINE SURGICAL INTERVENTION AT NATIONAL ORTHOPAEDIC HOSPITAL DALA, KANO, NIGERIA</p>
<p style="text-align: center;"><i>Беляев Д.А., Кравцов М.Н., Тюликов К.В., Мануковский В.А.</i></p> <p style="text-align: center;">ПРИМЕНЕНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ ТОМОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ЗАДНЕЙ ВИНТОВОЙ ФИКСАЦИИ C₁-C₂ ПОЗВОНКОВ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</p>	<p>70</p> <p><i>Belyaev D.A., Kravtsov M.N., Tiulikov K.V., Manukovskiy V.A.</i></p> <p>USE OF INTRAOPERATIVE CONE BEAM TOMOGRAPHY AND OPTICAL NAVIGATION FOR C1-C2 POSTERIOR SCREW FIXATION: A CLINICAL CASE AND LITERATURE REVIEW</p>
<p style="text-align: center;">ДЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ПОРАЖЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА</p>	<p>DEGENERATIVE DISEASES OF THE SPINE</p>
<p style="text-align: center;"><i>Леонова О.Н., Байков Е.С., Кузьмин Н.С., Крутько А.В.</i></p> <p style="text-align: center;">ТРАНСФОРАМИНАЛЬНЫЙ МЕЖТЕЛОВОЙ СПОНДИЛОДЕЗ: ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ СЕГМЕНТАРНОГО УГЛА</p>	<p>77</p> <p><i>Leonova O.N., Baykov E.S., Kuzmin N.S., Krutko A.V.</i></p> <p>TRANSFORAMINAL INTERBODY FUSION: POSSIBILITIES OF SEGMENTAL LORDOSIS CORRECTION</p>
<p style="text-align: center;"><i>Басанкин И.В., Сычеников Б.А., Гюльзатян А.А., Тахмазян К.К., Малахов С.Б., Шаповалов В.К., Галиновский Д.Д., Бартнев М.Д.</i></p> <p style="text-align: center;">ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОЕ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ПОЯСНИЧНОЙ ЭКСТРУЗИИ ПРИ РЕЦИДИВЕ ПОСЛЕ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЙ МИКРОДИСКЭКТОМИИ: АНАЛИЗ СЕРИИ СЛУЧАЕВ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</p>	<p>83</p> <p><i>Basankin I.V., Sychenikov B.A., Giulzatyan A.A., Takhmazyan K.K., Malakhov S.B., Shaповalov V.K., Galinovskiy D.D., Bartenev M.D.</i></p> <p>TRANSFORAMINAL ENDOSCOPIC REMOVAL OF RECURRENT LUMBAR DISC EXTRUSION AFTER PRIOR MICRODISCECTOMY: A CASE SERIES ANALYSIS AND LITERATURE REVIEW</p>
<p style="text-align: center;">ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ</p>	<p>92</p> <p>IN MEMORIAM OF OUR COLLEAGUE</p>
<p style="text-align: center;">ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ</p>	<p>94</p> <p>MEETING FOR SPINE SPECIALISTS</p>
<p style="text-align: center;">КНИЖНЫЕ НОВИНКИ</p>	<p>97</p> <p>NOVELTY BOOKS</p>
<p style="text-align: center;">ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ</p>	<p>103</p> <p>INFORMATION FOR AUTHORS</p>



Уважаемые коллеги!

Очередной выпуск журнала полностью посвящен оригинальным исследованиям в области деформаций, повреждений и дегенеративных заболеваний позвоночника.

В рамках деформаций позвоночника обсуждаются вопросы эффективности дефисации спинного мозга при синдроме спинальной дизрафии, а также два аспекта исходов лечения грудных сколиозов с применением ригидных и динамических систем – анализ возможности самокоррекции поясничных дуг и мобильности позвоночника.

Сразу пять публикаций касаются повреждений позвоночника, причем если одна работа сравнивает результаты консервативного и хирургического лечения неосложненных взрывных переломов тел позвонков (типа А3 по AOSpine), то четыре работы рассматривают различные аспекты хирургии шейного отдела позвоночника. Две из них посвящены пациентам детского возраста, одно – методам интраоперационного контроля позиционирования атлантоаксиальных винтов. Еще одна статья, представленная коллегами из Нигерии, алгоритмирует показания к хирургическому лечению субаксиальной травмы позвоночника на основе моноцентральной оценки их исходов. Работа публикуется на языке оригинала, резюме – на русском языке.

Две публикации, посвященные дегенеративной патологии позвоночника, рассматривают эффективность малоинвазивных и эндоскопических технологий, используемых при вмешательствах на поясничном уровне.

Хотим отметить, что лишь несколько публикаций этого выпуска дополнены кратким обзором литературы. Многие специалисты обратили внимание, что в научных журналах последних лет просматривается некоторый «перекос» в работах обзорного характера. Эти тенденции не обошли и наш журнал, что высветило и негативные аспекты. Прежде всего, это касается работ, заявленных как «систематические обзоры». Мы сочли возможным представить анализ публикаций журнала «Хирургия позвоночника» на эту тему и приглашаем коллег к открытой дискуссии (материал можно увидеть в электронной версии журнала).

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

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery

Научно-практический журнал

2026. Т. 23. № 2

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



ОЦЕНКА ИСХОДОВ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ И ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ПРИ СИНДРОМЕ СПИНАЛЬНОЙ ДИЗРАФИИ С ПОЗИЦИИ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТИВНЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ СИНДРОМА ФИКСАЦИИ И НАТЯЖЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА

С.О. Рябых^{1,2}, А.А. Калашников^{1,3}, В.С. Климов^{1,4,5}, С.А. Горчаков³

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

²Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия;

³Детская городская клиническая больница Св. Владимира, Москва, Россия;

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

⁵Европейский медицинский центр, Москва, Россия

Цель исследования. Оценка диагностической значимости клинико-инструментальных критериев синдромов фиксации и натяжения спинного мозга с позиции анализа исходов основных нейрохирургических и ортопедических вмешательств.

Материал и методы. В ретропроспективное сплошное трехцентровое исследование включены 120 пациентов, оперированных по поводу синдрома натяжения спинного мозга при спинальной дизрафии. По результатам оценки функциональных исходов пациентов разделили на 3 группы: группа 1 — выполнялся микрохирургический редететеринг, группа 2 — укорачивающая трехколонная вертебротомия (Schwab 3–6) с коррекцией деформации позвоночника и инструментальной фиксацией, группа 3 (контроль) — без повторной операции. В группах оценивали нозологическую структуру дизрафии по нейросегментарному уровню поражения по Sharrard, кратность оперативных вмешательств, динамику моторного статуса и спастичности по шкале Ashworth, нарушения чувствительности, оценку контроля мочеиспускания и тонуса мочевого пузыря по данным уродинамического исследования, МР-признаки синдрома натяжения спинного мозга, варианты деформаций опорно-двигательного аппарата, а также исходы лечения по единым критериям оценки.

Результаты. Показаны статистически значимые различия в частоте неблагоприятных исходов в зависимости от вида операции. Редететеринг ассоциировался с повышенным риском неблагоприятного исхода (61 %; $p = 0,044$), укорачивающая вертебротомия показала значимое преобладание благоприятного исхода ($p = 0,036$): 7 % неблагоприятного против 27 % — благоприятного. Анализ исходного диагноза не выявил значимых различий между исследуемыми группами по типам дизрафии и нейросегментарному уровню поражения, нозологической структуре, оценке моторного статуса, количеству проведенных вмешательств по устранению фиксации спинного мозга, а также частоте деформаций позвоночника. В то же время анализ патологии нижних конечностей показал, что статистически значимые различия были выявлены у пациентов с кифозами ($p < 0,01$), деформациями голеней ($p = 0,019$) и вывихами бедра ($p = 0,001$).

Заключение. Редететеринг при синдроме спинальной дизрафии ассоциирован с повышенным риском неблагоприятного исхода, лучшие результаты демонстрирует укорачивающая вертебротомия. Ключевыми прогностическими факторами неблагоприятного исхода являются выраженные ортопедические деформации, включая деформации стоп и вывихи бедер, отражающие тяжесть поражения нервных структур и являющиеся клиническими маркерами для стратификации риска. Целесообразна персоналифицированная унификация традиционных подходов к лечению синдрома фиксированного спинного мозга при спинальной дизрафии, междисциплинарный характер проблемы требует создания стандартизированных алгоритмов ведения таких пациентов.

Ключевые слова: спинальная дизрафия; редететеринг; дететеринг; вертебротомия.

Для цитирования: Рябых С.О., Калашников А.А., Климов В.С., Горчаков С.А. Оценка исходов нейрохирургических и ортопедических вмешательств при синдроме спинальной дизрафии с позиции динамики объективных диагностических критериев синдрома фиксации и натяжения спинного мозга // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 6–15. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.6-15>

EVALUATION OF THE OUTCOMES OF NEUROSURGICAL AND ORTHOPEDIC INTERVENTIONS IN SPINAL DYSRAPHISM SYNDROME FROM THE PERSPECTIVE OF THE DYNAMICS OF OBJECTIVE DIAGNOSTIC CRITERIA FOR SPINAL CORD TETHERING AND TRACTION SYNDROME

S.O. Ryabykh^{1,2}, A.A. Kalashnikov^{1,3}, V.S. Klimov^{1,4,5}, S.A. Gorchakov³¹Research Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery n.a. Acad. Yu.E. Veltishev, Moscow, Russia;²Pirogov Clinic of High Medical Technologies at Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;³St. Vladimir City Children's Clinical Hospital, Moscow, Russia;⁴Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;⁵European Medical Center, Moscow, Russia

Objective. To evaluate the diagnostic value of clinical and instrumental criteria for tethered cord syndrome (TCS) by analyzing the outcomes of the main types of neurosurgical and orthopedic interventions.

Material and Methods. The retrospective continuous 3-center study included 120 patients operated for TCS in spinal dysraphism. Based on functional outcome assessment, patients were divided into three groups: patients in Group 1 underwent microsurgical redetethering, in Group 2 – shortening three-column vertebrotomy (Schwab 3–6) with correction of spinal deformity and instrumental fixation; and in Group 3 (control) – without reoperation. Groups were assessed for the nosological structure of dysraphism based on the neurosegmental level of damage according to Sharrard, frequency of surgical interventions, dynamics of motor status and spasticity according to the Ashworth scale, sensory impairment, urinary control and bladder tone according to urodynamic studies, MR signs of spinal cord tethering syndrome, types of musculoskeletal deformities, as well as treatment outcomes according to uniform assessment criteria.

Results. Statistically significant differences in the frequency of unfavorable outcomes depending on the type of surgery were shown. Redetethering was associated with an increased risk of unfavorable outcome (61%; $p = 0.044$), shortening vertebrotomy showed significant predominance of favorable outcome ($p = 0.036$): 7% unfavorable versus 27% favorable. Analysis of the initial diagnosis did not reveal significant differences between the study groups in terms of the types of dysraphism and neurosegmental level of damage, nosological structure, motor status assessment, the number of interventions performed to eliminate spinal cord tethering, as well as the frequency of spinal deformities. At the same time, the analysis of lower extremity pathology revealed statistically significant differences in patients with kyphosis ($p < 0.01$), leg deformities ($p = 0.019$), and hip dislocation ($p = 0.001$).

Conclusion. Redetethering in spinal dysraphism syndrome is associated with an increased risk of adverse outcomes; shortening vertebrotomy demonstrates the best results. Key prognostic factors for adverse outcomes are significant orthopedic deformities, including foot deformities and hip dislocations, which reflect the severity of damage to neural structures and serve as clinical markers for risk stratification. It is advisable to personalize unification of conventional approaches to treating tethered cord syndrome in spinal dysraphism; the interdisciplinary nature of the problem requires the development of standardized algorithms for managing these patients.

Key Words: spinal dysraphism; retethering; detethering; vertebrotomy.

Please cite this paper as: Ryabykh SO, Kalashnikov AA, Klimov VS, Gorchakov SA. Evaluation of the outcomes of neurosurgical and orthopedic interventions in spinal dysraphism syndrome from the perspective of the dynamics of objective diagnostic criteria for spinal cord tethering and traction syndrome. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):6–15. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.6-15>

Синдром натяжения спинного мозга (СНСМ) – грозное осложнение синдрома спинальной дизрафии, патогенетически связанное с фиксацией спинного мозга и приводящее к его ишемии, прогрессирующему неврологическому, урологическому и ортопедическому дефициту [1].

Несмотря на значительные успехи в диагностике и хирургическом лечении синдрома спинальной дизрафии, проблема раннего выявления СНСМ и его мониторинга остается чрезвычайно актуальной в детской нейрохирургической и ортопедической практике. Существующие подходы к диагностике СНСМ часто основываются

на ограниченном наборе клинических признаков и данных нейровизуализации, без учета в полной мере их комплексной динамики и взаимосвязи [2, 3]. Особую сложность представляет оценка эффективности комбинированного лечения, включающего как нейрохирургическую коррекцию (варианты дефиксации спинного мозга), так и корригирующие ортопедические операции на позвоночнике.

Перечисленное определяет важность и необходимость разработки и обоснования стандартизированных, чувствительных и специфичных клинико-диагностических критериев СНСМ при синдроме спинальной

дизрафии, а также надежных методов оценки их динамики после различных вариантов нейрохирургических и ортопедических вмешательств.

Цель исследования – оценка диагностической значимости клинико-инструментальных критериев синдромов фиксации и натяжения спинного мозга с позиции анализа исходов основных вариантов нейрохирургических и ортопедических вмешательств.

В ранее проведенном систематизированном обзоре литературы [4] определены основные диагностические критерии синдрома фиксации спинного мозга (СФСМ) при синдроме спинальной дизрафии: дистопи-

рованный конус спинного мозга, укороченная фиксированная терминальная нить, наличие люмбосакральной липомы. В свою очередь критериями СНСМ являются гидроцефалия, дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L₁–L₂, сирингомиелия, липома терминальной нити, утолщение терминальной нити ≥2 мм, синдром каудальной регрессии, дистопия миндалик мозжечка.

Однако критерии интегральной оценки клинко-морфофункционального состояния пациентов на сегодняшний день отсутствуют, а имеющиеся шкалы не являются специфичными. Описанные МР-критерии ограничены уровнем доказательности, несмотря на это, они отражают высокий уровень консенсуса между экспертами, в том числе по определению показаний к хирургической дефиксации спинного мозга [5–7]. Отсутствие четких показаний к оперативному вмешательству и дискуссионность профилактической дефиксации требуют дальнейшего изучения проблемы с акцентом на анализе критериев СНСМ [8, 9].

В рамках решения поставленной цели мы сочли необходимым решить

три задачи: (1) провести сравнительный анализ клинко-нейровизуализационных проявлений СФСМ и СНСМ при различных формах спинальной дизрафии; (2) оценить динамику клинко-нейровизуализационных проявлений на фоне нейрохирургической и ортопедической коррекции в различные сроки послеоперационного наблюдения; (3) оценить исходы нейрохирургической и ортопедической коррекции на основе анализа динамики объективных диагностических параметров.

Материал и методы

Дизайн исследования. Ретропроспективное сплошное трехцентровое исследование, проведенное в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и протокола PICO (табл. 1). Уровень доказательности – 2с по UK Oxford Версия 2009 («оценка исходов»).

База. В исследование включены 120 пациентов с СФСМ и СНСМ при спинальной дизрафии, оперированных тремя бригадами хирургов в трех профильных учреждениях: Научно-исследовательском

клиническом институте педиатрии и детской хирургии им. Ю.Е. Вельтищева (Москва), Детской городской клинической больнице Св. Владимира (Москва), Клинике высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова Санкт-Петербургского государственного университета. В качестве контрольной группы собраны пациенты тождественной нозологической группы и возраста, наблюдаемые этими же бригадами специалистов, но которым не выполняли операции микрохирургического редететеринга и укорачивающей вертебротомии.

Период набора данных: с января 2022 по июнь 2025 г.

По результатам оценки функциональных исходов пациентов разделили на 3 группы: группа 1 – микрохирургический редететеринг; группа 2 – укорачивающая трехколонная вертебротомия; группа 3 (контрольная) – без повторной операции.

Параметры исследования и критерии оценки приведены в табл. 2.

Общая характеристика исследуемой группы. В исследование включены 120 пациентов с СНСМ при спинальной дизрафии. Функциональные исходы лечения оценены с учетом

Таблица 1

Применение протокола PICO

Элементы PICO	Критерии включения	Критерии исключения
Участники	Пациенты младше 18 лет, получавшие и не получавшие первичное или этапное хирургическое лечение по поводу синдрома фиксации спинного мозга	Пациенты старше 18 лет с синдромом фиксированного спинного мозга, не связанного со спинальной дизрафией. Дефицит данных на этапе обследования и лечения
Вмешательство	Микрохирургическая дефиксация спинного мозга и его элементов (микрохирургический редететеринг). Укорачивающая трехколонная остеотомия позвоночника (Schwab 3–6) с коррекцией деформации позвоночника и инструментальной фиксацией (укорачивающая вертебротомия). Группа контроля (повторно не оперированные)	Удаление новообразований позвоночного канала без дефиксации спинного мозга и его элементов. Дорсальная остеотомия позвоночника (Schwab 1–2) с коррекцией деформации позвоночника и инструментальной фиксацией
Сравнение	Анализ нозологической структуры по нейросегментарному уровню поражения по Sharrard. Оценка исходов: группа 0 – благоприятный исход; группа 1 – неблагоприятный исход	–
Результат	Данные исходного неврологического и ортопедического статуса и их динамики (см. критерии оценки). Клинические данные (осложнения). Данные МРТ головного и спинного мозга (см. критерии оценки)	–

лечебной тактики по трем группам: 1 – микрохирургический редететеринг, 2 – укорачивающая вертебротомия, 3 – контроль, без повторной операции.

Критерии оценки. Оценивали следующие параметры:

- нозологическая структура дизрафии, в том числе по нейросегментарному уровню поражения по Sharrard [10, 11];
- кратность оперативных вмешательств;
- динамика спастичности по модифицированной шкале Ashwort (Modified Ashworth Scale, MAS);
- нарушения чувствительности, двигательные функции конечностей по шкале Frankel;
- возможность контроля мочеиспускания и тонус мочевого пузыря по данным уродинамического исследования;
- МР-признаки СНСМ;
- варианты деформаций опорно-двигательного аппарата; варианты типов деформаций стоп представлены в табл. 2; анализ деформаций осевого скелета проводили в сагиттальной плоскости, предполагая прямое

влияние на СНСМ; степень кифоза оценивали по классификации Winter (1-я степень – 30–40° по Cobb; 2-я – 40–50°; 3-я – >50° и <70°; 4-я – >70°), а также наличие гиперлордоза (>60° по Cobb).

Критерии оценки исходов лечения. Критерии неблагоприятного исхода:

- 1) отсутствие улучшения и/или прогрессирования неврологического дефицита (сохраняющийся или усугубившийся парез/паралич конечностей, нарастание спастичности или появление новых патологических рефлексов, отсутствие регресса болевого синдрома);
- 2) прогрессирование дисфункции тазовых органов (ухудшение контроля мочеиспускания (недержание/задержка мочи), рецидивирующие инфекции мочевыводящих путей, усугубление нейрогенного мочевого пузыря по данным уродинамики);
- 3) прогрессирование вторичной ортопедической патологии (прогрессирование деформации позвоночника, деформаций стоп, контрактур крупных суставов);
- 4) рецидив синдрома натяжения (формирование послеоперационных

спаек, вызывающих повторную фиксацию спинного мозга, подтвержденное данными МРТ).

Отсутствие этих данных рассматривалось как благоприятный результат.

Статистический анализ. Сбор данных, их последующую коррекцию, систематизацию исходной информации и визуализацию полученных результатов осуществляли в электронных таблицах Microsoft Office Excel (2016). Статистическую обработку результатов проводили средствами языка программирования Python (v. 3.12, Python Software Foundation, <https://www.python.org/>).

Оценку количественных показателей на предмет соответствия нормальному распределению проводили согласно критерию Шапиро – Уилка. При его отсутствии в дальнейшем расчеты производили методами непараметрической статистики, в качестве центра распределения определяли медиану, а в качестве вариации – квартили (Me [Q1; Q3]). Для сравнения, двух несвязанных выборок использовали *U*-критерий Манна – Уитни, трех и более несвязанных выборок – критерий Краскела – Уоллиса, являющийся непараметрической альтернативой однофакторному дисперсионному анализу.

При количественных показателях, имеющих нормальное распределение, проводили расчет средних арифметических величин (*M*) и стандартных отклонений (*SD*). При сравнении средних величин двух несвязанных выборок рассчитывали *t*-критерий Стьюдента, для трех и более несвязанных выборок использовали однофакторный дисперсионный анализ.

Результаты

Анализ функциональных исходов хирургических вмешательств (табл. 3). Исход операций оценен как благоприятный у 92 (76,7 %) пациентов, как неблагоприятный – у 28 (23,3 %).

Анализ типов проведенных хирургических вмешательств показал стати-

Таблица 2

Параметры исследования и критерии оценки когорты пациентов

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

Таблица 3

Функциональные исходы в группах, n (%)

Переменные	Все (n = 120)	Благоприятный исход (0); n = 92	Неблагоприятный исход (1); n = 28	p
Группа 1	53 (44,2)	36 (39,0)	17 (61,0)	0,044
Группа 2	27 (22,5)	25 (27,0)	2 (7,0)	0,036
Группа контроля	40 (33,3)	31 (34,0)	9 (32,0)	1,000

стически значимые различия в частоте неблагоприятных исходов в зависимости от вида операции.

Редететеринг ассоциировался с более высоким риском неблагоприятного исхода, в то время как укорачивающая вертебротомия показала статистически значимо лучший исход.

Нозологическая структура. Анализ структуры исходного диагноза не выявил статистически значимых различий между исследуемыми группами по типам дизрафии и нейро-сегментарному уровню поражения по Sharrard [11] (табл. 4) и нозологической структуре (табл. 5; $p = 0,293$).

При индивидуальном анализе каждого типа диагнозов (менингоцеле, менингомиелоцеле, менингомелорадикулоцеле и липоменингоцеле) статистически значимых различий также не выявлено.

Кратность оперативных вмешательств. Анализ количества проведенных вмешательств по устранению фиксированного спинного мозга не показал статистически значимых различий между группами ($p = 0,958$). Из 120 пациентов редететеринг фиксированного спинного мозга не проводился у 58 (48,3 %) пациентов, однократный дететеринг выполнен в 52 (43,3 %) случаях, двукратный – в 10 (8,3 %).

В группе с благополучным исходом редететеринг не проводился у 44 (48,0 %) пациентов, однократный

Таблица 4

Характеристика групп по нейросегментарному уровню поражения по Sharrard [11]

Нейросегментарный уровень	Мышечная сила	Группа 1 (n = 53)	Группа 2 (n = 27)	Группа контроля (n = 40)	Всего
Грудной (Th)	Отсутствие мышечной активности нижних конечностей; отсутствие способности приподнять таз над опорной поверхностью в горизонтальном положении	0	12	5	17
L ₁ –L ₂	Отсутствие активного разгибания в коленном суставе; сила сгибателей бедра (приводящих мышц) <2 баллов; поднятие таза (3–4 балла)	2	13	3	18
L ₃ –L ₄	Сила сгибателей бедра (4–5 баллов); сила сгибателей голени (менее 3 баллов); сила разгибателей и отводящих мышц бедра (1–2 балла)	16	2	15	33
L ₅ –S ₁	Сила подошвенных сгибателей стопы (<3 баллов); сила сгибателей голени (3 балла); сила разгибателей и/или отводящих мышц бедра (2–3 балла)	26	0	17	43
S ₂	Сила подошвенных сгибателей стопы (4–5 баллов)	6	0	3	9

Таблица 5

Структура исходного диагноза в группах, n (%)

Исходный диагноз	Все (n = 120)	Благоприятный исход (0); n = 92	Неблагоприятный исход (1); n = 28	p
Менингоцеле	33 (27,5)	29 (32,0)	4 (14,0)	0,092
Менингомиелоцеле	24 (20,0)	18 (20,0)	6 (21,0)	0,793
Менингомелорадикулоцеле	42 (35,0)	31 (34,0)	11 (39,0)	0,653
Липоменингоцеле	21 (17,5)	14 (15,0)	7 (25,0)	0,260

дететеринг выполнен в 40 (43,0 %) случаях, двукратный – в 8 (9,0 %). В группе с неблагоприятным исходом соответствующие показатели были следующими: отсутствие дефиксации – 14 (50,0 %), однократный дететеринг – 12 (43,0 %), двукратный – 2 (7,0 %).

Моторный статус и нарушения чувствительности. Оценка моторного статуса по шкале Ashworth до операции не выявила статистически значимых различий между группами ($p = 0,472$). Аналогично между груп-

пами не различалась и частота нарушений чувствительности ($p = 0,466$; табл. 6).

Нарушения функций тазовых органов. Выявлены статистически значимые различия в типах нарушений функции тазовых органов ($p < 0,001$). В группе контроля была наибольшая доля пациентов с атоническим типом дисфункции мочевого пузыря (67,0 %; табл. 7).

Деформации опорно-двигательного аппарата. Деформации позво-

ночника выявлены у 72 (60,0 %) пациентов из 120 обследованных. В группе с благоприятным исходом частота деформаций позвоночника составила 58,0 % (53 из 92 пациентов), в группе с неблагоприятным исходом – 68,0 % (19 из 28 пациентов); $p < 0,001$. Статистически значимых различий между группами по частоте деформаций позвоночника не обнаружено ($p = 0,332$; табл. 8).

При анализе патологии нижних конечностей статистически значимые различия выявлены для деформации голени ($p = 0,019$) и вывиха бедра ($p = 0,001$). Вывих бедра наблюдался у 39,0 % пациентов с неблагоприятным исходом против 11,0 % в группе благополучного исхода (табл. 9, рис. 1).

МР-признаки СНСМ. Анализ МР-признаков СНСМ представлен в табл. 10 и на рис. 2.

Единственным статистически значимым различием между группами было утолщение терминальной нити 2 мм и более ($p = 0,042$), которое чаще встречалось в группе благополучного исхода (39,0 % против 18,0 %). Дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L₁–L₂ наблюдалась у 100 % пациентов в обеих группах, что соответствовало критериям включения в исследование.

Обсуждение

Обследование 120 пациентов с СНСМ при спинальной дизрафии позволяет существенно расширить понимание клинико-лучевых критериев данного состояния и их значимости для прогнозирования исходов различных хирургических вмешательств.

Полученные результаты убедительно демонстрируют парадоксальную закономерность: несмотря на исходно более тяжелое состояние пациентов, подвергшихся укорачивающей вертебротомии, именно эта группа показала лучшие отдаленные функциональные исходы. Данный феномен может объясняться фундаментальными различиями в механизмах действия хирургических методов на СНСМ. Укорачивающая вертебротомия направлена

Таблица 6

Распределение пациентов в соответствии с неврологическим статусом, оцененным по Ashworth, n (%)

Переменные	Все ($n = 120$)	Группа 1 ($n = 53$)	Группа 2 ($n = 27$)	Группа контроля 3 ($n = 40$)	Попарное сравнение
Нет (0)	27 (22,5)	15 (28,0)	0 (0,0)	12 (30,0)	$p_{1-3} < 0,001$
Парез (1)	48 (40,0)	20 (38,0)	5 (19,0)	23 (57,0)	$p_{2-3} < 0,001$
Плегия (2)	45 (37,5)	18 (34,0)	22 (81,0)	5 (12,0)	$p_{1-2} = 0,018$

Таблица 7

Распределение пациентов по типам нарушений функции тазовых органов, n (%)

Переменные	Все ($n = 120$)	Группа 1 ($n = 53$)	Группа 2 ($n = 27$)	Группа контроля 3 ($n = 40$)	Попарное сравнение
Гипертонический мочевой пузырь	53 (44,2)	30 (57,0)	7 (26,0)	16 (40,0)	$p_{1-3} = 0,245$
Гипотонический мочевой пузырь	35 (29,2)	17 (32,0)	2 (7,0)	16 (40,0)	$p_{2-3} = 0,243$
Атонический мочевой пузырь	32 (26,7)	6 (11,0)	18 (67,0)	8 (20,0)	$p_{1-2} = 0,247$

Таблица 8

Структура деформаций позвоночника в сагиттальной плоскости в исследуемых когортах, n (%)

Переменные	Все ($n = 72$)	Группа 1 ($n = 16$)	Группа 2 ($n = 29$)	Группа контроля ($n = 27$)
Кифоз I степени	11 (15,20)	2 (12,50)	0 (0,00)	9 (33,33)
Кифоз II степени	12 (16,30)	2 (12,50)	0 (0,00)	10 (37,03)
Кифоз III степени	17 (23,20)	5 (31,25)	8 (27,50)	4 (14,80)
Кифоз IV степени	22 (30,00)	6 (37,50)	16 (55,17)	2 (7,40)
Гиперлордоз	10 (12,20)	1 (6,25)	5 (17,10)	2 (7,40)

Таблица 9

Структура деформации стоп и вывиха бедер в исследуемых группах, n (%)

Переменные	Все (n = 120)	Группа 1 (n = 53)	Группа 2 (n = 27)	Группа контроля 3 (n = 40)	p	Попарное сравнение
Общее число деформаций нижних конечностей	70 (58,0)	16 (30,2)	27 (100,0)	27 (67,5)	<0,001*	$p_{1-2} < 0,001^*$
Без деформации стоп	42 (35,0)	22 (42,0)	11 (41,0)	9 (22,0)	0,127	$p_{1-2} = 0,054$ $p_{1-3} = 0,110$ $p_{2-3} = 0,947$
Эквино-поло-варусная деформация	48 (40,0)	7 (13,0)	15 (56,0)	26 (65,0)	<0,001*	$p_{1-2} < 0,001^*$ $p_{1-3} = 0,436$ $p_{2-3} < 0,001^*$
Эквино-вальгусная деформация стоп	12 (10,0)	10 (19,0)	1 (4,0)	1 (2,0 %)	0,016*	$p_{1-2} = 0,016^*$ $p_{1-3} = 0,776$ $p_{2-3} = 0,063$
Плоско-вальгусная деформация	18 (15,0)	14 (26,0)	0 (0,0)	—	0,004*	$p_{1-2} = 0,047^*$ $p_{1-3} = 0,090$ $p_{2-3} = 0,003^*$
Вывих тазобедренного сустава	20 (16,7)	7 (13,0)	4 (15,0)	—	0,472	$p_{1-2} = 0,240$ $p_{1-3} = 0,435$ $p_{2-3} = 0,844$

* Статистически достоверные различия.

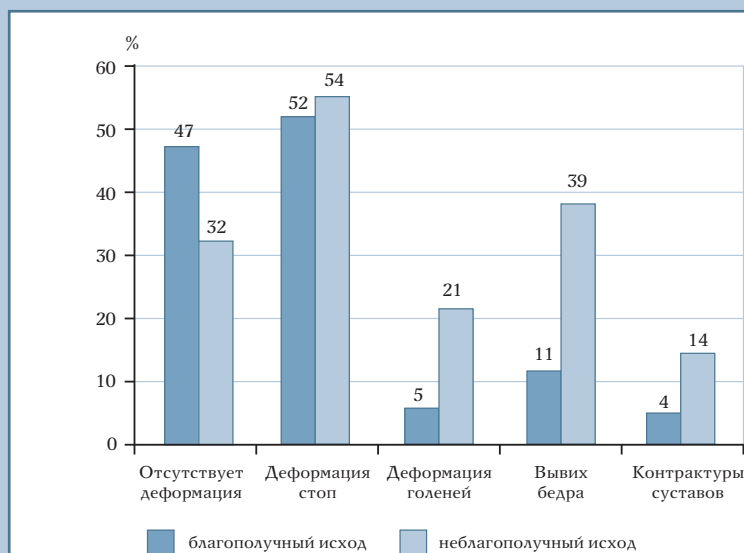


Рис. 1

Деформация конечностей в исследуемых когортах

на устранение дисбаланса между длиной позвоночного столба и спинного мозга без непосредственных манипуляций с нервной тканью. Напротив,

микрохирургический редететеринг предполагает прямое воздействие на фиксированные нервные структуры, при этом, во-первых, операция

сопряжена с риском дополнительной травматизации уже измененной нервной ткани, во-вторых, после мобилизации спинного мозга существует вероятность формирования новых спаек и рубцов, что может приводить к рецидиву фиксации. Кроме того, показания к редететерингу нередко определяются не четкими критериями, а экспертным мнением.

Важно, на наш взгляд, возраст проведения укорачивающей вертебротомии – первые шесть лет жизни. Этот период характеризуется максимальной пластичностью нервной системы и способностью к адаптации, что может объяснять лучшие функциональные результаты. Ранее устранение механического натяжения позволяет предотвратить прогрессирование вторичных изменений и сохранить потенциал для восстановления нарушенных функций спинного мозга.

Важное значение имеют выявленные различия в частоте ортопедических деформаций нижних конечностей. Нейрогенные вывихи бедер и деформации стоп, значимо чаще встречающиеся в группе неблагопо-

Таблица 10

Анализ исходов по МР-признакам синдрома натяжения спинного мозга в исследуемых когортах, n (%)

Переменные	Все (n = 120)	Благоприятный исход (0); n = 92	Неблагоприятный исход (1); n = 28	p
Гидроцефалия	37 (30,8)	29 (32,0)	8 (29,0)	0,820
Дистопия конуса спинного мозга ниже уровня L ₁ –L ₂	120 (100,0)	92 (100,0)	28 (100,0)	1,000
Сирингомиелия	56 (46,7)	47 (51,0)	9 (32,0)	0,079
Липома терминальной нити	29 (24,2)	26 (28,0)	3 (11,0)	0,077
Утолщение терминальной нити 2 мм и более	41 (34,2)	36 (39,0)	5 (18,0)	0,042*
Синдром каудальной регрессии	37 (30,8)	27 (29,0)	10 (36,0)	0,641
Дистопия миндалик мозжечка	56 (46,7)	44 (48,0)	12 (43,0)	0,644

* Статистически достоверные различия.

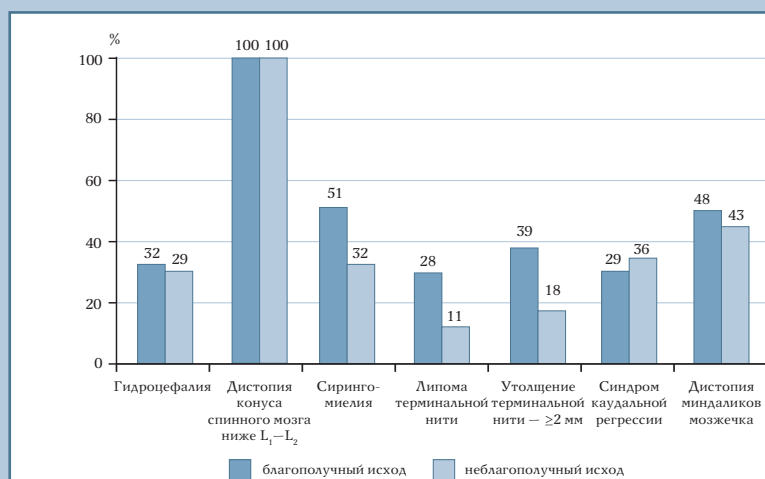


Рис. 2

МР-признаки синдрома натяжения спинного мозга в исследуемых когортах

лучного исхода, могут служить клиническими маркерами тяжести поражения нервных структур, уровня моторного дефицита и спастичности. Косвенно отражая степень нарушения иннервации мышц нижних конечностей, они могут использоваться для стратификации риска при планировании хирургического лечения.

Среди МР-признаков СНСМ особый интерес представляет парадоксальная ассоциация утолщения терминальной нити с благополучным исходом. Это может указывать на то, что локализованная патология терминальной нити представляется более благоприятной

по сравнению с диффузными изменениями спинного мозга: утолщенная терминальная нить более доступна для мини-инвазивной хирургической коррекции и менее связана с обширными, в том числе рубцовыми, изменениями.

Отсутствие статистических различий в структуре исходного диагноза между группами подчеркивает приоритет функциональных критериев над морфологическими в прогнозировании исходов. Это может свидетельствовать о том, что тип спинальной дизрафии сам по себе не является определяющим фактором

прогноза, а ключевую роль играют степень функциональных нарушений и выбранная стратегия лечения.

Методологические сложности оценки СНСМ, выявленные в исследовании, подчеркивают необходимость разработки комплексных диагностических критериев. Гетерогенность клинических проявлений, возрастная динамика симптомов и отсутствие золотого стандарта диагностики создают значительные трудности для унифицированной оценки состояния. Междисциплинарный характер проблемы требует интеграции неврологических, ортопедических, урологических и нейровизуализационных данных в единую систему принятия решений.

Полученные результаты обосновывают необходимость пересмотра традиционных подходов к лечению СНСМ. Преимущества укорачивающей вертебротомии, особенно при раннем выполнении, должны учитываться при разработке алгоритмов хирургического лечения. Одновременно важно развитие моделей прогноза исходов вмешательств, включающих клинические и инструментальные параметры.

Ограничения исследования. Методология настоящего исследования предусматривала строгую селекцию материала: предметом анализа служили исключительно вопросы, связанные с диагностикой (включая критерии натяжения) и хирургическим лечением синдрома вторичной фиксации

спинного мозга. В связи с этим исследование по пренатальной коррекции данной патологии были исключены из рассмотрения.

Представленные результаты следует оценивать с учетом ключевой проблемы рассматриваемой патологии – отсутствия масштабных исследований высокого уровня доказательности и устоявшихся экспертных соглашений, что обуславливает репрезентативность доступных данных и валидность итоговых заключений.

Заключение

В ходе исследования получены новые данные о диагностических критериях и прогностических факторах СНСМ при спинальной дизрафии у детей:

– выявлена статистически значимая ассоциация редететеринга с риском неблагоприятного исхода, при этом укорачивающая вертебротомия демонстрирует их наименьшую частоту, что требует более тщательного анализа за их причин;

– ключевыми значимыми прогностическими факторами и, соответственно, маркерами для стратификации риска неблагоприятного исхода являются выраженные ортопедические деформации, включая деформации стоп и вывихи бедер, которые отражают тяжесть поражения нервных структур.

Ассоциация утолщения терминальной нити с более благоприятным исходом указывает на то, что локализованная патология по сравнению

с диффузными изменениями представляет более благоприятную форму СФСМ, что важно учитывать при планировании хирургической тактики.

Полученные результаты позволяют рекомендовать пересмотр традиционных подходов к лечению СНСМ при спинальной дизрафии с целью персонализации и унификации подходов к лечению. Методологические сложности оценки синдрома, связанные с гетерогенностью клинических проявлений и отсутствием золотого стандарта диагностики, определяют необходимость разработки комплексных диагностических критериев, интегрирующих неврологические, ортопедические, урологические и нейровизуализационные данные.

Литература/References

1. **Weisbrod IJ, Thorell W.** *Tethered Cord Syndrome (TCS)*. Treasure Island (FL). StatPearls Publishing, 2025. [Electronic resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585121>. Accessed on 2023 Jul 31.
2. **Хачатрян В.А., Сысоев К.В.** Об актуальных проблемах патогенеза, диагностики и лечения синдрома фиксированного спинного мозга (аналитический обзор). *Нейрохирургия и неврология детского возраста*. 2014;(3):76. [Khachatryan VA, Sysoev K. Current issues of pathogenesis, diagnostics and treatment of the tethered spinal cord syndrome (analytical review). *Neurosurgery and Neurology of Childhood*. 2014;(3):76]. EDN: SYOZVH
3. **Lima R, Monteiro A, Salgado AJ, Monteiro S, Silva NA.** Pathophysiology and therapeutic approaches for spinal cord injury. *Int J Mol Sci*. 2022;23:13833. DOI: 10.3390/ijms232213833
4. **Рябых С.О., Горчаков С.А., Калашников А.А.** Синдром фиксированного спинного мозга при spina bifida: клинико-лучевая характеристика и показания к оперативному вмешательству (систематический обзор литературы). *Хирургия позвоночника*. 2024;21(1):27–34. [Ryabukh SO, Gorchakov SA, Kalashnikov AA. Tethered spinal cord syndrome associated with spina bifida: clinical and radiological characteristics and indications for surgery (systematic review of the literature). *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika)*. 2024;21(1):27–34]. DOI: 10.14531/ss2024.1.27-34 EDN: HHGVIT
5. **Сысоев К.В., Тадевосян А.Р., Назинкина Ю.В., Хачатрян В.А.** Результаты хирургического лечения детей с синдромом фиксированного спинного мозга. Прогноз на основании данных спинальной 3Тл МРТ-трактографии. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(3):66–73. [Sysoev KV, Tadevosyan AR, Nazinkina YuV, Khachatryan VA. Surgical treatment outcomes in children with tethered spinal cord syndrome. A prognosis on the basis of spinal 3T MRI tractography. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2016;80(3):66–73]. EDN: WDOXAH
6. **Warder DE.** Tethered cord syndrome and occult spinal dysraphism. *Neurosurg Focus*. 2001;10:e1. DOI: 10.3171/foc.2001.10.1.2
7. **Магомедов Ш.Ш., Татаринцев А.П., Сысоев К.В., Докиш М.Ю.** Значение растяжения спинного мозга в формировании спондилогенной цервикальной миелопатии на фоне кифотической деформации позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2018;82(5):62–68. [Magomedov ShSh, Tatarintsev AP, Sysoev KV, Dokish MYu. The effect of spinal cord stretching on development of spondylogenic cervical myelopathy associated with kyphotic spinal deformity. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2018;82(5):62–68]. DOI: 10.17116/neiro20188205162 EDN: VLFVCO
8. **Hussein NA, Ahmed KA, Osman NM, Yacoub GEE.** Role of ultrasonography in screening of spinal dysraphism in infants at risk. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2022;53:46. DOI: 10.1186/s43055-022-00722-2
9. **Абдуллаев Д.Е., Югай И.А., Ахмедиев М.М., Эргашев О.Ф.** Особенности хирургического лечения пациентов с синдромом фиксированного спинного мозга при закрытом спинальном дизрафизме. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2022;17(2):32–35. [Abdullaev DE, Yugay IA, Ahmediyev MM, Ergashev OF. Features of surgical treatment of the fixed spinal cord syndrome with closed spinal dysraphism in infants at risk. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2022;17(2):32–35]. DOI: 10.25881/20728255_2022_17_2_32 EDN: OQMVRR
10. **Еликбаев Г.М.** Результаты нейрохирургических вмешательств у детей со спинальными дизрафиями и методика оценки исходов. *Медицина и качество жизни*. 2011;(4):22–23. [Elikbaev GM. Results of neurosurgical interventions in children with spinal dysraphism and outcome assessment methods. *Medicine and Quality of Life*. 2011;(4):22–23].
11. **Sharrard WJ.** Spinal osteotomy for congenital kyphosis in myelomeningocele. *J Bone Joint Surg Br*. 1968;50:466–471.

Статья поступила в редакцию 16.12.2025

Рецензирование пройдено 06.05.2026

Подписано в печать 13.05.2025

Received 16.12.2025

Review completed 06.05.2026

Passed for printing 13.05.2025

Дополнительная информация

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

Этическая экспертиза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Научно-исследовательского клинического института педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Москва (протокол заседания от 18.12.2025).

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

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

✉ Алексей Андреевич Калашников; Россия, 107014, Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, 1/3, корп. 8; ORCID: 0009-0009-2987-7950; glandibula@gmail.com

Владимир Сергеевич Климов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 1333-2654; ORCID: 0000-0002-9096-7594; vsklimov72@gmail.com

Сергей Александрович Горчаков, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0003-0795-6921; sagorchakov@mail.ru

Authors' Info

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

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

Vladimir Sergeevich Klimov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1333-2654; ORCID: 0000-0002-9096-7594; vsklimov72@gmail.com

Sergey Alexandrovich Gorchakov, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0003-0795-6921; sagorchakov@mail.ru



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ НЕДОСТАТОЧНОЙ КОРРЕКЦИИ ПОЯСНИЧНОЙ ПРОТИВОДУГИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМИ ИДИОПАТИЧЕСКИМИ СКОЛИОЗАМИ С ОСНОВНОЙ ГРУДНОЙ СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

А.С. Васюра, А.В. Бузунов, А.Ю. Сергунин, В.Л. Лукинов, В.В. Новиков

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

Цель исследования. Выявление факторов, влияющих на степень коррекции поясничной противодуги, для прогнозирования рисков ее недостаточной коррекции при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза.

Материал и методы. Проанализированы результаты лечения 168 пациентов с идиопатическим сколиозом с медианой грудной сколиотической дуги 90,5° и поясничной противодуги 62,0°, оперированных в 1999–2021 гг. Медианный срок послеоперационного наблюдения — 4,6 года. Путем построения моделей логистической регрессии выявляли предикторы недостаточной коррекции поясничной противодуги.

Результаты. С учетом величины коррекции поясничной противодуги пациентов разделили на две группы: менее 50 % от исходной величины ($n = 62$; 36,9 %), более 50 % от исходной величины ($n = 101$; 60,1 %). В группах выявлены значимые различия по полу (мужчин 26,0 % и 11,9 %), возрасту (16,0 и 14,0 года; $p < 0,001$), мобильности противодуги (36,7 и 47,6 %; $p < 0,001$). Путем построения однофакторных моделей логистической регрессии выявлены предикторы недостаточной коррекции: противодуга более 37,5°, возраст более 15,8 года, мужской пол, мобильность противодуги менее 31,4 %. Для прогнозирования риска недостаточной коррекции поясничной противодуги разработана формула многофакторной модели, позволившая прогнозировать ее с чувствительностью 73,8 %.

Заключение. Совокупность таких факторов, как поясничная противодуга более 37,7°, ее мобильность менее 31,4 %, мужской пол, перекос лопаток менее 12,0° и расстояние от линии отвеса до пупка менее 5 мм, позволяет с диагностической точностью 81,0 % прогнозировать риск коррекции поясничной противодуги дуги менее 50 %.

Ключевые слова: тяжелый идиопатический сколиоз; поясничная противодуга; предикторы; прогнозирование.

Для цитирования: Васюра А.С., Бузунов А.В., Сергунин А.Ю., Лукинов В.Л., Новиков В.В. Прогнозирование рисков недостаточной коррекции поясничной противодуги при хирургическом лечении пациентов с тяжелыми идиопатическими сколиозами с основной грудной сколиотической дугой // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 16–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.16-25>

PREDICTING THE RISK OF INSUFFICIENT CORRECTION OF THE LUMBAR COUNTERCURVE IN SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH SEVERE IDIOPATHIC SCOLIOSIS WITH A PRIMARY THORACIC CURVE

A.S. Vasyura, A.V. Buzunov, A.Yu. Sergunin, V.L. Lukinov, V.V. Novikov

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

Objective. To identify the factors affecting the degree of lumbar countercurve correction, in order to predict the risks of its insufficient correction during surgical treatment of severe idiopathic scoliosis with a primary thoracic curve.

Material and Methods. The outcomes of treatment of 168 patients with idiopathic scoliosis with a median thoracic curve of 90.5° and lumbar countercurve of 62.0° operated on in 1999–2021, were analyzed. The median postoperative follow-up period was 4.6 years. Logistic regression models were used to identify predictors of insufficient lumbar countercurve correction.

Results. Taking into account the lumbar countercurve correction magnitude, patients were divided into two groups: less than 50% of the initial magnitude ($n = 62$; 36.9%) and more than 50% of the initial magnitude ($n = 101$; 60.1%). Significant differences were found in the groups in gender (men, 26.0% vs 11.9%), age (16.0 vs 14.0 years; $p < 0.001$), and countercurve mobility (36.7 vs 47.6%; $p < 0.001$). Building single-factor logistic regression models allowed identifying predictors of insufficient correction: countercurve more than 37.5°, age more than 15.8 years, male gender, and countercurve mobility less than 31.4%. A formula based on a multivariate model was developed to predict the risk of insufficient correction of the lumbar countercurve with a sensitivity of 73.8%.

Conclusion. The combination of factors including lumbar countercurve greater than 37.7° , its mobility less than 31.4%, male gender, scapular tilt less than 12.0° , and a plumb-to-umbilicus distance less than 5 mm allows for predicting the risk of lumbar countercurve correction of less than 50% with a diagnostic accuracy of 81.0%.

Key Words: severe idiopathic scoliosis; lumbar countercurve; predictors, prediction.

Please cite this paper as: Vasyura AS, Buzunov AV, Sergunin AY, Lukinov VL, Novikov VV. Predicting the risk of insufficient correction of the lumbar countercurve in surgical treatment of patients with severe idiopathic scoliosis with a primary thoracic curve. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):16–25. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.16-25>

Идиопатический сколиоз с основной грудной сколиотической дугой является наиболее распространенной формой деформации позвоночника, одна из задач хирургического лечения которой – предотвращение дальнейшего прогрессирования искривления при минимальной протяженности спондилодеза без ущерба глобальному балансу [1].

При идиопатическом сколиозе типа 1 по Lenke предлагается применение селективного спондилодеза с инструментальной фиксацией грудной дуги в расчете на спонтанную коррекцию поясничного отдела позвоночника [2]. В дальнейшем такой подход распространился и на деформации типов 2–4 по Lenke [1, 3]. Однако при грубых и ригидных грудных сколиозах, характеризующихся клиническими проявлениями и внутренними механизмами, отличающимися от обычного идиопатического сколиоза, возникает необходимость в особом подходе к прогнозированию рисков развития феномена adding-on и выбору верного уровня нижнего инструментированного позвонка [4].

При наличии поясничной сколиотической дуги (поясничной противодуги), наряду со стремлением включать в зону спондилодеза как можно меньше позвонков, необходимо добиваться, чтобы каудальный инструментированный позвонок был стабильным, нейтральным и горизонтальным по отношению к крестцу [5].

Так как современные исследования акцентированы в основном на обосновании эффективности селективного спондилодеза и степени самокоррекции поясничных и грудопоясничных сколиотических дуг, представляется актуальным исследование факторов, влияющих на коррекцию поясничных

противодуг при хирургическом лечении тяжелых идиопатических сколиозов с основной грудной сколиотической дугой.

Цель исследования – выявление факторов, влияющих на степень коррекции поясничной противодуги, для прогнозирования рисков ее недостаточной коррекции при хирургическом лечении тяжелого идиопатического сколиоза.

Материал и методы

Проведено ретроспективное моноцентровое когортное нерандомизированное контролируемое исследование результатов оперативного лечения 168 пациентов с тяжелыми (более 80°) формами идиопатического сколиоза.

Критерии включения: идиопатический сколиоз с основной грудной сколиотической дугой более 80° с имеющейся структуральной поясничной противодугой, типы 3, 4 по Lenke; без исходной неврологической симптоматики; ранее не оперированные по поводу деформации позвоночника.

Критерии исключения: идиопатический сколиоз с основной грудной сколиотической дугой более 80° с отсутствием структуральной поясничной противодуги, типы 1, 2 по Lenke; исходная неврологическая симптоматика; ранее оперированные по поводу деформации позвоночника.

Медиана (Me) основной грудной сколиотической дуги составила $90,5^\circ$ с интерквартильным интервалом (IQR) $84,0–100,0^\circ$; Me поясничной противодуги – $62,0^\circ$ с IQR: $53,0–72,5^\circ$ (типы 3–4 по Lenke). Пациенты оперированы в 1999–2021 гг. с применением дорсального сегментарного инструментария с крюковой, гибридной и транспедикулярной фиксацией. Пациентов

женского пола было 137 (81,5%), мужского – 31 (18,5%). Ме возраста пациентов на момент операции – 15 лет (IQR: $13,0–17,0$). Ме срока послеоперационного наблюдения – 4,6 года (IQR: $3,0–6,2$).

Оценивали данные рентгенографии позвоночника ($C_7–S_1$) в прямой и боковой проекциях в положении пациента стоя с проведением функциональных проб, ортопедического осмотра до и после операции.

В окончательную выборку с учетом полноты собранных данных включены 154 из 168 пациентов, которых разделили на две группы: с коррекцией поясничной противодуги менее и более 50% от исходной величины, что составило 62 и 101 пациент (38 и 62%) соответственно.

Провели статистический анализ 398 клинко-рентгенологических параметров по М.В. Михайловскому [6]. Для оценки нормальности распределения непрерывных данных использовали критерий Шапиро – Уилка. Непрерывные величины описывали через Me и IQR, среднее (M) и стандартное отклонение (SD), разброс между минимальным (min) и максимальным значением (max). Непрерывные показатели между группами сравнивали U-критерием Манна – Уитни с оценкой средней разницы через псевдомедиану (pMe) парных разностей и стандартизованную разницу средних (SMD) с 95% доверительными интервалами (95% CI). Для выявления попарных числовых ассоциаций между непрерывными показателями рассчитывали коэффициент корреляции Спирмена r и достигнутый уровень значимости p . Значения качественных признаков представлены в виде наблюдаемых частот и процентов. Для сравнения качественных

признаков использовали точный двусторонний критерий Фишера и рассчитывали отношение шансов (OR) групп с 95% CI.

Многомерная математическая модель, позволяющая выделять предикторы недостаточной коррекции поясничного противоискривления, создана на основе многофакторного регрессионного анализа. Критический уровень значимости (p) при проверке нулевой гипотезы принимали 0,05. Во всех случаях использовали двусторонние варианты критериев. С помощью ROC-анализа определяли пороговые значения для непрерывных показателей и наилучшие по индекс-

су Йодена в многофакторной модели. Расчеты проводили в IDE RStudio (версия 2025.09.1+401 «Cucumberleaf Sunflower», США) на языке R (версия 4.4.2 (2024-10-31 ucrt), Австрия).

Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике (выписка № 025/25 из протокола заседания № 007/25 от 28.10.2025) и соответствует международным и отечественным законодательным документам – этическим стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и приказу Минздрава Российской

Федерации от 01.04.2016 г. № 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики». Все участники дали добровольное согласие на исследование.

Результаты

В общей группе из 168 пациентов Ме поясничной противодуги была $62,0^\circ$ (IQR: $53,0–72,5^\circ$), Ме ее мобильности – $43,3\%$ (IQR: $30,6–58,1\%$), Ме наклона L_5 позвонка – $8,0^\circ$ (IQR: $3,0–13,3^\circ$). Вершина поясничной противодуги определена у 154 пациентов, у 20 % была на уровне $L_1–L_2$, у 70 % – $L_2–L_4$, у 10 % – $L_4–L_5$ позвон-

Таблица 1

Статистически различающиеся параметры в исследуемых группах

Показатель	Коррекция поясничной противодуги менее 50 % ($n = 62$)	Коррекция поясничной противодуги более 50 % ($n = 101$)	Сравнение	
	Me (Q1–Q3) M \pm SD Min–max	Me (Q1–Q3) M \pm SD Min–max	Оценка различия pMe [95% CI] SMD [95% CI]	p-уровень
Пол, n (%)	Ж – 46 (74,0) М – 16 (26,0)	Ж – 89 (88,1) М – 12 (11,9)	OR муж: 2,6 95% CI: 1,1–6,0	0,032*
Возраст на момент операции, лет	16,0 (14,8–21,0) 17,8 \pm 5,0 11,0–33,0	14,0 (13,0–16,0) 14,8 \pm 3,8 10,0–39,0	–2,0 [–3,0; –1,0] 0,7 [0,4; 1,0]	<0,001*
Тест Risser, баллы	4,0 (3,0–4,0) 3,5 \pm 1,3 0,0–5,0	3,0 (2,0–4,0) 2,7 \pm 1,4 0,0–5,0	–1,0 [–1,0; –0,0] 0,6 [0,2; 0,9]	<0,001*
Мобильность поясничного противоискривления, %	36,7 (21,2–50,7) 36,8 \pm 19,4 1,7–91,7	47,6 (36,8–64,4) 47,9 \pm 17,3 1,3–84,0	12,1 [5,4; 18,5] –0,6 [–1,0; –0,3]	<0,001*
Грудной кифоз, град.	49,0 (30,5–68,0) 54,2 \pm 30,2 11,0–158,0	40,0 (28,0–51,8) 40,5 \pm 20,4 –4,0–117,0	–10,0 [–18,0; –3,0] 0,6 [0,2; 0,9]	<0,001*
Поясничный лордоз, град.	68,0 (59,8–76,3) 68,6 \pm 16,5 30,0–116,0	63,0 (54,0–69,0) 61,9 \pm 11,7 34,0–98,0	–7,0 [–11,0; –2,0] 0,5 [0,2; 0,8]	0,003*
Коррекция противоискривления, %	39,0 (27,8–44,1) 34,7 \pm 12,7 0,0–50,0	65,4 (57,4–73,3) 66,4 \pm 10,6 50,5–93,8	29,4 [25,2; 33,7] –2,8 [–3,2; –2,3]	<0,001*
Коррекция основной сколиотической дуги стоя, %	46,0 (39,0–58,5) 48,2 \pm 14,8 10,5–80,0	60,2 (55,0–69,1) 61,0 \pm 11,2 34,4–88,0	13,3 [8,7; 17,4] –1,0 [–1,3; –0,7]	<0,001*
Перекас лопаток, град.	8,0 (6,0–10,0) 8,9 \pm 3,4 4,0–18,0	7,0 (5,0–8,0) 6,9 \pm 2,9 3,0–16,0	–2,0 [–3,0; –1,0] 0,6 [0,3; 1,0]	<0,001*

* Статистически значимые различающиеся параметры.

ков. Нижний стабильный позвонок у 97 (64,2 %) человек (из имеющихся данных 151 пациента) являлся пятым поясничным. Расстояние от линии отвеса до пупка выявлено у 83 (49 %) пациентов с Ме 10,0 мм (IQR: 5,0–15,0). Ме перекоса лопаток у 142 (85 %) пациентов была 8,0° (IQR: 5,3–12,0°). В результате хирургического лечения Ме коррекции поясничной противодуги составила 56,4 % (IQR: 41,2–67,9 %), Ме наклона L₅ позвонка у 107 пациентов – 6,0° (IQR: 3,0–10,0°). Распределение уровней нижнего инструментированного позвонка определено у 148 пациентов: L₂ – у 3 (2,0 %), L₃ – у 21 (14,2 %), L₄ – у 71 (48,0 %), L₅ – у 28 (18,9 %). Ме наклона нижнего инструментированного позвонка после операции составила 8,0° (IQR: 4,0–12,0°). Ме грудной сколиотической дуги – 90,5° (IQR: 84,0–100,0°), Ме ее коррекции – 57,2 % (IQR: 46,5–66,7 %).

Расхождения в размерах общей группы и группы сравнения обусловлены неполнотой собранных данных. Исходная величина поясничной сколиотической дуги в обеих группах значимо не различалась – Ме 62,0° (IQR: 52,8–72,0°) в первой группе против Ме 64,0° (IQR: 54,0–75,8°) – во второй ($p = 0,275$). В таблице приведены статистически различающиеся параметры (табл. 1).

Выявлены значимые различия по гендерному распределению: в первой группе большая доля мужчин – 26,0 % против 11,9 % во второй (OR = 2,6; 95% CI: 1,1–6,0; $p = 0,032$).

Пациенты первой группы были значимо (в среднем на 2 года) старше ($p < 0,001$), соответственно с более выраженным показателем костной зрелости (тест Risser) в среднем на одну степень (95% CI: 0–1 степень; $p < 0,001$). Поясничная противодуга в первой группе – в среднем на 12,1 % (95% CI: 5,4–18,5 %) менее мобильна ($p < 0,001$). В первой группе у пациентов более выражены грудной кифоз и поясничный лордоз. Значимо различалась и степень коррекции противодуги: в первой группе меньше в среднем на 29,4 % (95% CI: 25,2–33,7 %; $p < 0,001$), а также в первой группе коррекция грудной сколиотической дуги в среднем меньше на 13,3 % (95% CI: 8,7–17,4 %; $p < 0,001$). Значимые клинические различия выявлены в перекосе лопаток в первой группе в среднем больше на 2° (95% CI: 1–3°; $p < 0,001$).

Путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии выявлены и исследованы факторы недостаточной коррекции поясничной противодуги (менее 50 %; табл. 2).

В однофакторных моделях логистической регрессии значимые прямые ассоциации с недостаточной коррекцией поясничного противоиоискривления выявлены у следующих показателей:

1) поясничная противодуга более 37,5° ассоциирована с повышением шансов недостаточной коррекции в 7,5 раза;

2) возраст на момент операции более 15,8 года ассоциирован с повышением шансов недостаточной коррекции в 3,3 раза;

3) мужской пол ассоциирован с повышением шансов недостаточной коррекции в 3,28 раза;

4) мобильность поясничной противодуги менее 31,4 % ассоциирована с повышением шансов недостаточной коррекции в 5,7 раза.

Мобильность поясничной противодуги менее 31,4 % коррелировала с поясничной дугой более 37,5° (коэффициент корреляции Спирмена $r = 0,40$; $p < 0,001$) и по этой причине не вошла в многофакторную модель.

Риск недостаточной коррекции поясничной противодуги можно оценить с помощью полученной формулы многофакторной модели логистической регрессии: $p = 1 - 1 / (1 + \exp(B + A1 \cdot X1 + A2 \cdot X2 + A3 \cdot X3 + A4 \cdot X4 + A5 \cdot X5))$, где p – вероятность коррекции быть менее 50 % (риск недостаточной коррекции), \exp – функция экспоненты (табл. 3).

У многофакторной модели риска недостаточной коррекции поясничной противодуги с помощью ROC-анализа определено наилучшее по сумме соотношение показателей чувствительности (73,8 %) и специфичности (85,7 %) при пороговом значении вероятности p , равном 51,1 %. Используя полученное пороговое значение, у пациентов с рассчитанной по формуле модели вероятности p более 51,1 % прогнозировали коррек-

Таблица 2

Модели однофакторных и многофакторной логистической регрессии риска недостаточной коррекции поясничного противоиоискривления (менее 50 %)

Ковариаты	Однофакторные модели		Многофакторные модели	
	OR [95% CI]	p	OR [95% CI]	p
Величина поясничной противодуги более 37,5°	7,54 [3,63; 16,35]	<0,001*	8,51 [3,25; 24,52]	<0,001*
Возраст на момент операции более 15,8 года	4,18 [2,12; 8,49]	<0,001*	3,25 [1,23; 9,05]	0,019*
Мужской пол	3,28 [1,39; 8,07]	0,008*	3,36 [0,97; 12,61]	0,060
Перекося лопаток менее 12,0°	1,91 [0,87; 4,45]	0,118	2,81 [0,97; 9,01]	0,067
Линия отвеса спереди менее 5,0 мм от пупка	0,52 [0,24; 1,09]	0,094	0,43 [0,12; 1,28]	0,140
Мобильность поясничной противодуги менее 31,4 %	5,68 [2,59; 13,10]	<0,001*	–	–

* Статистически значимые различающиеся параметры.

Таблица 3

Коэффициенты и переменные модели многофакторной логистической регрессии риска недостаточной коррекции поясничного противоискривления (менее 50 %)

Коэффициенты и переменные	Описание	Допустимые значения переменных в формуле
B	Постоянный свободный коэффициент	-3,6357987
A1	Постоянный коэффициент для величины поясничной противодуги	2,1413022
X1	Переменная для коррекции величины поясничной противодуги	0 – величина поясничной противодуги менее или равна 37,5°; 1 – величина поясничной противодуги более 37,5°
A2	Постоянный коэффициент для возраста на момент операции	1,1790018
X2	Переменная возраста на момент операции	0 – возраст на момент операции менее или равен 15,8 года; 1 – возраст на момент операции более 15,8 года
A3	Постоянный коэффициент для перекаса лопаток	1,0345380
X3	Переменная для перекаса лопаток	0 – перекас лопаток менее или равен 12,0°; 1 – перекас лопаток более 12,0°
A4	Постоянный коэффициент для пола пациентов	1,2121713
X4	Переменная для пола пациентов	0 – женский пол; 1 – мужской пол
A5	Постоянный коэффициент для расстояния от линии отвеса спереди от пупка	0,8701294
X5	Переменная для расстояния от линии отвеса спереди от пупка	0 – линия отвеса спереди более или равна 5,0 мм от пупка; 1 – линия отвеса спереди менее 5,0 мм от пупка

цию поясничной противодуги менее 50 % (рис. 1).

Проверку предсказательной способности полученной многофакторной модели провели на основании имеющихся исходных данных 105 пациентов с известным окончательным результатом и наличием всех данных для многофакторной модели (табл. 4).

Путем проверки полученной модели на имеющихся данных с заранее известным результатом удалось правильно спрогнозировать риск недостаточной коррекции поясничной противодуги у 31 из 42 пациентов, а коррекцию более 50 % – у 54 из 63 пациентов (табл. 5).

Клинические примеры

Пациент Г. с идиопатическим двусторонним грудным сколиозом 4-й степени. Предикторы недостаточной коррекции поясничной противодуги: 1) величина поясничной противодуги – 83°; 2) возраст – 17 лет; 3) перекас лопаток – 15°; 4) мужской пол; 5) линия отвеса спереди от пупка

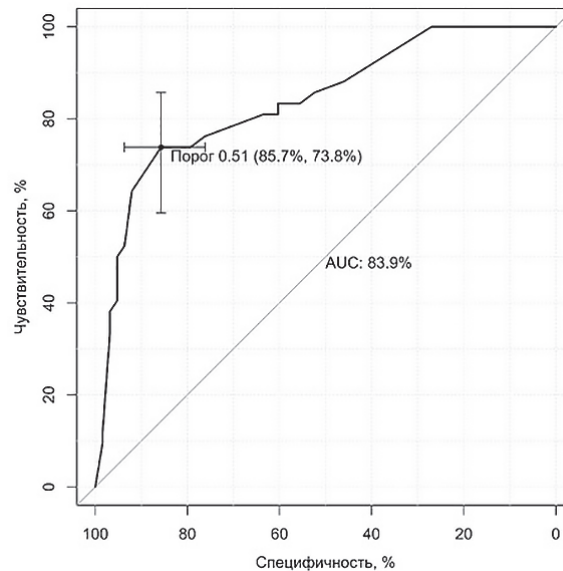


Рис. 1

ROC-кривая (пороговое значение 51,1 %) многофакторной модели риска степени коррекции поясничной противодуги менее 50 %

Таблица 4

Сопряженность многофакторной модели коррекции поясничного противоискривления менее 50 %

Прогноз	Коррекция менее 50 %	Коррекция более 50 %	Всего
Коррекция поясничной противодуги будет менее 50 %	31 (верный положительный прогноз)	9 (ложноположительный прогноз)	40
Коррекция поясничной противодуги будет более 50 %	11 (ложноотрицательный прогноз)	54 (верный отрицательный прогноз)	65
Всего	42	63	105

Таблица 5

Прогностические характеристики многофакторной модели коррекции поясничного противоискривления менее 50 %

Характеристика	Значение [95% CI]
Частота случаев метода	38,1 % [28,8; 48,1]
Фактическая частота случаев	40,0 % [30,6; 50,0]
Чувствительность	73,8 % [58,0; 86,1]
Специфичность	85,7 % [74,6; 93,3]
Положительная прогностическая ценность	77,5 % [61,5; 89,2]
Отрицательное прогностическое значение	83,1 % [71,7; 91,2]
Положительное отношение правдоподобия	5,2 [2,7; 9,7]
Отрицательное отношение правдоподобия	0,3 [0,2; 0,5]
Индекс Йодена	0,6 [0,3; 0,8]
Диагностическая точность	81,0 % [72,1; 88,0]

менее 5,0 мм. Рассчитан риск вероятности недостаточной коррекции поясничной противодуги (менее 50 %) по формуле модели вероятности: $p = 87,3 \% > 51,1 \%$ (вероятна недостаточная коррекция; рис. 2).

Пациентка Ш. с идиопатическим правосторонним грудным сколиозом 4-й степени. Предикторы риска недостаточной коррекции поясничной противодуги: 1) величина поясничной противодуги – 68°; 2) возраст – 13 лет; 3) перекос лопаток – 4°; 4) женский пол; 5) линия отвеса спереди от пупка менее 5,0 мм. Рассчитан риск вероятности недостаточной коррекции поясничной противодуги по формуле модели вероятности: $p = 18,3 \% < 51,1 \%$ (отсутствует риск недостаточной коррекции; рис. 3).

Обсуждение

В исследованиях, описывающих результаты хирургического лечения тяжелых грудных сколиозов, часто акцент делается на коррекции основной сколиотической дуги [7]. Оптимальной может считаться степень коррекции более 50 % [8], и даже в отдаленные сроки наблюдения (более 10 лет) степень коррекции при транспедикулярной фиксации превышает 55 % [9]. Оценка коррекции поясничной противодуги и степени ее исходной мобильности встречается реже: Zang et al. [10] сообщают о результатах хирургического лечения 15 пациентов с идиопатическим сколиозом с основной грудной сколиотической дугой $106,7^\circ \pm 15,0^\circ$ с мобильностью $16,9 \pm 10,0 \%$, исправлен-

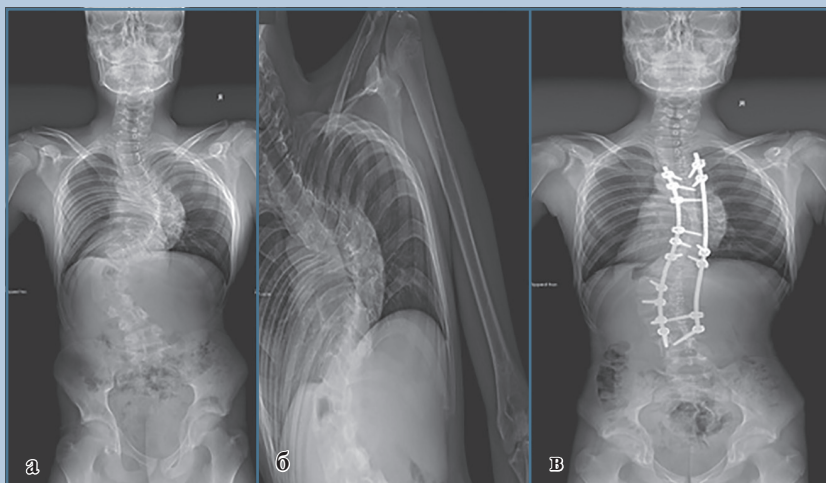
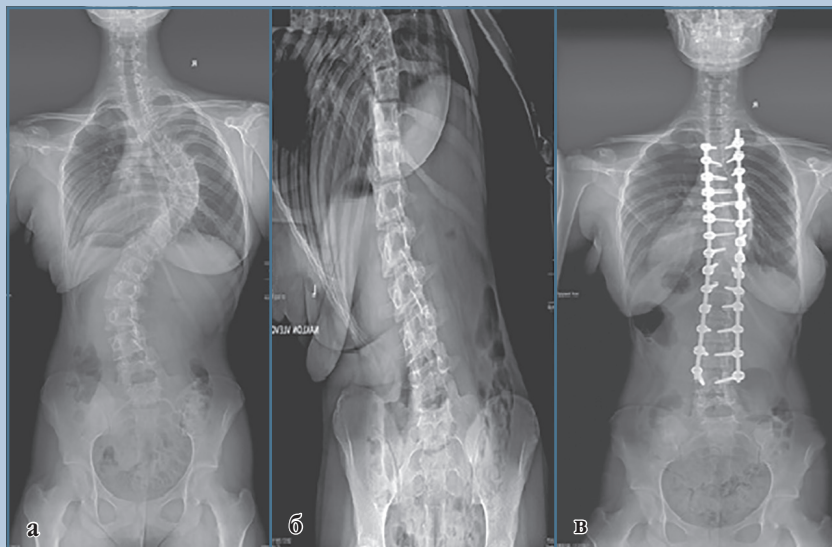


Рис. 2

Рентгенограммы пациента Г: **а** – правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 99°, поясничная противодуга – 83°; **б** – поясничная сколиотическая дуга с наклоном в сторону вершины – 82° (мобильность отсутствует); **в** – после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 61° (коррекция 38,4 %), поясничная противодуга – 53° (коррекция 35,3 %)

**Рис. 3**

Рентгенограммы пациентки Ш.: **а** – правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 86° , поясничная противодуга – 68° ; **б** – поясничная сколиотическая дуга с наклоном в сторону вершины – 24° (мобильность 65 %); **в** – после операции правосторонняя грудная сколиотическая дуга – 37° (коррекция 57,0 %), поясничная противодуга – 8° (коррекция 88,0 %)

ной до $43,1^\circ \pm 25,2^\circ$, и с поясничной противодугой $41,2^\circ \pm 18,4^\circ$ с мобильностью $33,0 \pm 25,0$ %, уменьшенной до $12,2 \pm 8,9$ %.

Li et al. [4] сообщили о результатах лечения 93 пациентов с тяжелым грудным сколиозом. У 72 из них без проявления феномена adding-on грудная сколиотическая дуга была $104,3^\circ$ (85 – 135°), поясничная противодуга – $50,3^\circ$ (21 – 80°). Мобильность поясничной противодуги составила 42,5 %, а ее величина после операции – $20,1^\circ$ (5 – 47°).

В.У. Саттаев и соавт. [11] при грубых деформациях от 81 до 146° при применении галотибиальной тракции получили уменьшение поясничной противодуги с $43,6^\circ \pm 9,4^\circ$ до $36,9^\circ \pm 2,9^\circ$ при наклоне в сторону искривления до оперативного лечения и до $10,8^\circ \pm 1,4^\circ$ – после двухэтапной коррекции.

Н.И. Загородний и соавт. [12] сообщают о достигнутой коррекции поясничной противодуги в $80,0 \pm 15,6$ % при хирургическом

лечении тяжелых идиопатических сколиозов с исходной поясничной противодугой $58,3^\circ \pm 13,4^\circ$.

Мы сочли, что аналогичный показатель степени коррекции в 50 % применим к поясничным противодугам с учетом литературных данных об их спонтанной коррекции не менее 50 % при селективном спондилодезе [13] и 60 % коррекции в случае инструментирования [14] может являться пороговым значением оптимальной коррекции.

Schulz et al. [15] считают, что критериями успешного хирургического лечения с использованием селективного спондилодеза являются величина поясничной сколиотической дуги менее 26° , фронтальный дисбаланс не более 2 см, коррекция поясничной противодуги более 37 %, смещение туловища менее 1,5 см.

В нашем исследовании с учетом классического подхода к инструментированию поясничной противодуги [5] поясничные дуги включались в зону спондилодеза. Этому подходу

соответствовала медианная величина поясничной сколиотической дуги $62,0^\circ$, при которой сложно рассчитывать на спонтанную коррекцию.

В связи с распространением селективного спондилодеза большинство исследователей считают актуальным прогнозирование рисков недостаточной спонтанной коррекции поясничной противодуги, ее прогрессирования и возникновения феномена adding-on.

Chen et al. [3] на основании оценки результатов лечения 130 пациентов путем многофакторного регрессионного анализа установили, что значимыми предикторами прогрессирования поясничной противодуги при селективном спондилодезе являются наклон нижнего инструментированного позвонка больше 10° и коррекция основной грудной сколиотической дуги больше 53 % с чувствительностью и специфичностью прогностической модели 89 и 67 % соответственно. Была выявлена высокая корреляция между наклоном нижнего инструментированного позвонка и послеоперационной величиной поясничной противодуги при нижнем уровне фиксации на L_1 позвонке и выше. Мы при сравнении двух групп пациентов с различной степенью коррекции поясничной сколиотической дуги не выявили значимых различий в исходном наклоне L_5 позвонка, уровне вершины поясничной противодуги, наклоне нижнего инструментированного позвонка, что, вероятно, связано с преобладающим каудальным уровнем фиксации на L_4 ($n = 71$; 48 %).

Uehara et al. [16] попытались прогнозировать величину спонтанной коррекции поясничной (грудно-поясничной) сколиотической дуги на основании предоперационных рентгенограмм с тракцией. Выявлена наибольшая корреляция величины спонтанной коррекции поясничной сколиотической дуги при селективном спондилодезе с предоперационным углом Cobb, измеренным в положении пациента лежа с вытяжением.

Rajan et al. [17] оценили величину остаточной поясничной сколиоти-

ческой дуги при селективном спондилодезе у пациентов с идиопатическим сколиозом типов 1–2 по Lenke на основании рентгенограмм, выполненных в положении пациента лежа на спине, животе и при боковом наклоне. Средняя величина поясничной дуги стоя – 33,2°, лежа на спине – 24,8°, при боковом наклоне – 8,2°, после операции – 12,1°. Авторы включили в модели прогнозирования модификаторы Lenke A и B, C. Построенные авторами три регрессионные модели прогнозирования показали схожую точность до 5,6°.

Мы выявили значимые различия исходной мобильности поясничных сколиотических дуг в группах сравнения, составившие при выполнении функциональных рентгенограмм с наклоном 37,6 и 47,6 % для коррекции менее 50 % и более 50 % соответственно.

В мультицентровом исследовании Solla et al. [18] при создании клинической модели прогнозирования изменения величины поясничной дуги при селективном грудном спондилодезе прогностическим фактором была коррекция основной сколиотической дуги. Мы также выявили значимые различия в коррекции грудной дуги 46,0 и 60,2 % в группах сравнения, что соответствует данным Koller et al. [1], где коррекция грудной сколиотической дуги является значимым прогностическим фактором наряду с исходными клинко-рентгенологическими параметрами.

Так как у всех наших пациентов поясничная противодуга инструментировалась, мы выделили группы сравнения на основании порогового значения степени ее оптимальной кор-

рекции в 50 % и выявили значимые различия по девяти клинко-рентгенологическим параметрам: среди пациентов с коррекцией менее 50 % преобладали мужчины (26,0 % против 11,9 %), был больше средний возраст (16 против 14 лет), чему соответствовала и разница в степени теста Risser (4 против 3), меньше была исходная мобильность поясничной дуги, исходные величины грудного кифоза и поясничного лордоза. При этом по исходной величине основной грудной дуги различий не выявлено.

Данные различия в общем соответствуют основным описанным выше прогностическим критериям недостаточной коррекции поясничной противодуги. Путем построения одно- и многофакторных моделей логистической регрессии мы попытались выявить основные значимые предикторы рисков недостаточной коррекции поясничной противодуги. Выявлена наибольшая зависимость от гендерных различий (мужской пол), возраста более 15,8 года, исходной величины поясничной противодуги более 37,5°, ее мобильности менее 31,4 %. Такие факторы риска, как величина поясничной сколиотической дуги и ее мобильность, соотносятся с имеющимися данными литературы [15, 16].

Для прогнозирования риска недостаточной степени коррекции поясничной противодуги разработана формула многофакторной модели, в которой, помимо вышеперечисленных факторов, учитывали выявленные предикторы, уменьшающие риск: перекос лопаток менее 12,0° и рас-

стояние от линии отвеса до пупка менее 5 мм. Использование формулы прогнозирования рисков позволило с точностью 73,8 % прогнозировать риск недостаточной коррекции поясничной противодуги и с точностью 85,7 % – его отсутствие.

При планировании хирургического лечения тяжелых грудных сколиозов с поясничной противодугой необходимо учитывать имеющиеся факторы риска недостаточной коррекции, главными из которых являются величина поясничной сколиотической дуги, ее мобильность и пол пациентов. При их наличии необходимо придерживаться классического подхода к инструментированию поясничной противодуги [5].

Заключение

Совокупность таких факторов, как поясничная противодуга более 37,7°, ее мобильность менее 31,4 %, мужской пол пациентов, перекос лопаток менее 12,0° и расстояние линии отвеса спереди от пупка менее 5 мм, позволяет с диагностической точностью 81,0 (95% CI: 72,1–88,0 %) прогнозировать риск недостаточной (менее 50 %) коррекции поясничной противодуги у пациентов с тяжелыми идиопатическими сколиозами. При этом превышение указанных пороговых значений величины поясничной противодуги повышает шанс недостаточной коррекции в 8,50 раза, уменьшение ее мобильности – в 3,25 раза, а мужской пол связан с увеличением рисков в 3,36 раза.

Литература/References

1. **Koller H, Hitzl W, Marks MC, Newton PO.** Accurate prediction of spontaneous lumbar curve correction following posterior selective thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis using logistic regression models and clinical rationale. *Eur Spine J.* 2019;28:1987–1997. DOI: 10.1007/s00586-019-06000-6
2. **Lenke L, Betz R, 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
3. **Chen IH, Chen CW, Hu MH, Wang PY, Yeh YC, Lee YF, Lai PL, Yang SH.** Simultaneous hypercorrection of lowest instrumented vertebral tilt and main thoracic curve is associated with progression of residual lumbar curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2022;47:1362–1371. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004403
4. **Li Z, Yang H, Zhou C, Xiu P, Yang X, Wang L, Feng G, Liu L, Song Y.** Nomogram for predicting the distal adding-on phenomenon in severe and rigid scoliosis. *Front Surg.* 2023;9:1065189. DOI: 10.3389/fsurg.2022.1065189
5. **Bridwell KH.** Surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: the basics and the controversies. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19:1095–1100. DOI: 10.1097/00007632-199405000-00020

6. Михайловский М.В., ред. *Хирургия идиопатического сколиоза: ближайшие и отдаленные результаты*. Новосибирск, 2007. [Surgery for Idiopathic Scoliosis: Immediate and Long-Term Results, ed. by M.V. Mikhaylovskiy. Novosibirsk, 2007]. ISBN: 978-5-91475-005-0
7. Kandwal P, Vijayaraghavan GP, Nagaraja UB, Jayaswal A. Severe rigid scoliosis: review of management strategies and role of spinal osteotomies. *Asian Spine J*. 2017;11:494–503. DOI: 10.4184/asj.2017.11.3.494
8. Новиков В.В. *Хирургическая тактика и оказание специализированной помощи больным с тяжелыми формами сколиоза*. Москва, 2022. [Novikov VV. *Surgical Tactics and Provision of Specialized Care to Patients with Severe Scoliosis*. Moscow, 2022]. EDN: CXADPV
9. Min K, Szduy C, Farshad M. Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow-up. *Eur Spine J*. 2012;22:345–354. DOI: 10.1007/s00586-012-2533-3
10. Zang L, Hai Y, Yuan S, Su Q, Yang J, Guan L, Kang N, Meng X, Liu Y, Fan N. Distal adding-on and risk factors in severe and rigid scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42:160–168. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001684
11. Сатаев В.У., Миронов П.И., Юнусов Д.И., Фархшатов А.В., Псянчин Т.С. Хирургическое лечение тяжелых форм сколиоза у детей. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2016;11(2-2):344–348. [Sataev VU, Yunusov DI, Mironov PI, Farkhshatov AV, Pсяnchin TS. Scoliosis: surgical treatment in children. *Meditsinskij Vestnik Severnogo Kavkaza*. 2016;11(2-2):344–348]. DOI: 10.14300/mnnc.2016.11073 EDN: WRJGUF
12. Загородний Н.И., Сампиев М.Т., Карпович Н.И., Джоджуа А.В., Пиманчев О.В., Чемурзиева Х.М., Лысенко И.С. Двухэтапное хирургическое лечение тяжелых форм подросткового идиопатического сколиоза. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2023;18(4):66–70. [Zagorodniy NV, Sampiev MT, Karpovich NI, Dzhdzhua AV, Pimanchev OV, Chemurzieva KhM, Lysenko IS. Two-stage surgical treatment of severe adolescent idiopathic scoliosis. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2023;18(4):66–70]. DOI: 10.25881/20728255_2023_18_4_66 EDN: RQOOPT
13. Demura S, Murakami H, Kato S, Yoshioka K, Yonezawa N, Takahashi N, Tsuchiya H. Spontaneous derotation of compensatory lumbar curve after thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Surg Relat Res*. 2017;1:27–30. DOI: 10.22603/ssr.1.2016-0006
14. Louer C Jr, Yaszay B, Cross M, Bartley CE, Bastrom TP, Shah SA, Lonner B, Cahill PJ, Samdani A, Upasani VV, Newton PO. Ten-year outcomes of selective fusions for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101:761–770. DOI: 10.2106/JBJS.18.01013
15. Schulz J, Asghar J, Bastrom T, Shufflebarger H, Newton PO, Sturm P, Betz RR, Samdani AF, Yaszay B; Harms Study Group. Optimal radiographical criteria after selective thoracic fusion for patients with adolescent idiopathic scoliosis with a C lumbar modifier: does adherence to current guidelines predict success? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39:E1368–E1373. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000580
16. Uehara M, Takahashi J, Ikegami S, Kuraishi S, Futatsugi T, Oba H, Takizawa T, Munakata R, Koseki M, Kato H. Prediction of spontaneous lumbar curve correction after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis Lenke type 1 curves. *Clin Spine Surg*. 2019;32:E112–E116. DOI: 10.1097/BSJ.0000000000000736
17. Rajan PV, Steiner R, Ritzman TF, Moberly T, Floccari LV. Do preoperative supine radiographs predict postoperative residual lumbar curvatures in adolescent idiopathic scoliosis? A retrospective cohort study. *Global Spine J*. 2024;14:1990–1996. DOI: 10.1177/21925682231162556
18. Solla F, Lakkhal W, Morin C, de Gauzy JS, Kreichati G, Obeid I, Wolff S, Lechevallier J, Parent HF, Clement JL, Bertonecelli CM. Clinical predictive model of lumbar curve Cobb angle below selective fusion for thoracic adolescent idiopathic scoliosis: a longitudinal multicenter descriptive study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2022;32:827–836. DOI: 10.1007/s00590-021-03054-5

Статья поступила в редакцию 01.02.2026

Рецензирование пройдено 30.03.2026

Подписано в печать 09.06.2026

Received 01.02.2026

Review completed 30.03.2026

Passed for printing 09.06.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.С. Васюра – формулировка цели и разработка дизайна исследования, сбор и анализ данных, написание всех разделов статьи, интерпретация данных, обсуждение результатов и формулировка выводов, хирургическое лечение пациентов; А.В. Бузунов – обсуждение и анализ результатов, этапное редактирование текста статьи, анализ и формирование списка литературы; А.Ю. Сергунин – сбор и обработка клинического и рентгенологического материала, анализ данных; В.Л. Лукинов – валидация и углубленный статистический анализ результатов с использованием современных методов, включая построение и оценку регрессионных моделей, расчет доверительных интервалов и отношений шансов, разработка оригинальной формулы многофакторной модели логистической регрессии для количественной оценки индивидуального риска недостаточной коррекции поясничного противокривления (менее 50 %); В.В. Новиков – хирургическое лечение пациентов, обсуждение результатов, утверждение окончательной версии рукописи. Все авторы одобрили рукопись, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна (выписка № 025/25 из протокола заседания № 007/25 от 28.10.2025).

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

✉ Александр Сергеевич Васюра, канд. мед. наук, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; eLibrary SPIN: 5631-3912; ORCID: 0000-0002-2473-3140; awasera@mail.ru
Алексей Владимирович Бузунов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 3105-2089; ORCID: 0000-0003-4438-8863; alekseibuzunov@mail.ru
Александр Юрьевич Сергунин; eLibrary SPIN: 8567-7637; ORCID: 0000-0001-6555-2007; Saport2010@ngs.ru
Виталий Леонидович Лукинов, канд. физ.-мат. наук; eLibrary SPIN: 3950-3322; ORCID: 0000-0002-3411-508X; vitaliy.lukinov@gmail.com
Вячеслав Викторович Новиков, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 4367-4143; ORCID: 0000-0002-9130-1081; priboy_novikov@mail.ru

Authors' Info

✉ Alexander Sergeevich Vasyura, MD, Cand. Sci. (Medicine); 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: 5631-3912; ORCID: 0000-0002-2473-3140; awasera@mail.ru
Aleksei Vladimirovich Buzunov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3105-2089; ORCID: 0000-0003-4438-8863; alekseibuzunov@mail.ru
Alexandr Yuryevich Sergunin; eLibrary SPIN: 8567-7637; ORCID: 0000-0001-6555-2007; Saport2010@ngs.ru
Vitaliy Leonidovich Lukinov, Cand. Sci. (Physics and Mathematics); eLibrary SPIN: 3950-3322; ORCID: 0000-0002-3411-508X; vitaliy.lukinov@gmail.com
Vyacheslav Viktorovich Novikov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 4367-4143; ORCID: 0000-0002-9130-1081; priboy_novikov@mail.ru

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

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

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

E-mail: niito@niito.ru

Тел.: 8 (383) 363-39-81



РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМА ДВИЖЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА ПОСЛЕ СЕЛЕКТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ГРУДНОГО СКОЛИОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РИГИДНОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМ

В.В. Швец¹, А.И. Казьмин¹, М.С. Распопов¹, В.С. Переверзев^{1,2}, И.Е. Домрачев¹, С.В. Колесов^{1,2}

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

²Университетская клиническая больница им. В.В. Виноградова – филиал Российского университета дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ постуральных и функциональных рентгенограмм пациентов после коррекции грудного сколиоза с применением динамической и ригидной систем фиксации.

Материал и методы. В ретроспективное исследование включены 105 пациентов (средний возраст 27 лет) с идиопатическим грудным сколиозом (тип Lenke 1). Селективная фиксация выполнена с использованием вентральной динамической или дорсальной ригидной системы. Проводили сравнение по стандартным и функциональным рентгенограммам (боковые наклоны, сгибание/разгибание) через 2 года после хирургического лечения.

Результаты. Обе методики обеспечили коррекцию основной дуги на 73–75 % и поясничной противодуги на 62–64 % ($p \leq 0,005$). При динамической фиксации в зоне операции сохранено 92,0 % сагиттального функционального объема движений (17,1° из 17,6°) и 51,4 % – фронтального (22,1° из 39,0°; $p \leq 0,005$). Отмечена асимметрия: при наклоне в выпуклую сторону сохранено 88,6 % движения (19,6° из 20,1°), в вогнутую – 27,0 % (35,2° из 42,1°). При ригидной фиксации движения в зоне спондилодеза отсутствовали. Суммарный функциональный объем движений всего позвоночника при динамической фиксации выше, чем при ригидной: во фронтальной плоскости 71,2° против 45,1°, в сагиттальной – 78,7° против 58,6° ($p \leq 0,005$).

Заключение. Динамическая система фиксации обеспечивает стабильную коррекцию деформации, сопоставимую с ригидной, но позволяет сохранить до 92 % сагиттальной и 51 % фронтальной подвижности в оперированном отделе с характерной асимметрией. Ригидная фиксация ведет к полной утрате движений в зоне спондилодеза и достоверно более низкому суммарному функциональному объему движений позвоночника.

Ключевые слова: позвоночник; хирургия позвоночника; грудной сколиоз; ригидная система; динамическая система.

Для цитирования: Швец В.В., Казьмин А.И., Распопов М.С., Переверзев В.С., Домрачев И.Е., Колесов С.В. Рентгенологическая оценка объема движений позвоночника после селективной коррекции грудного сколиоза с использованием ригидной и динамической систем // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 26–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.26-36>

RADIOLOGICAL ASSESSMENT OF SPINAL RANGE OF MOTION AFTER SELECTIVE THORACIC SCOLIOSIS CORRECTION USING RIGID AND DYNAMIC SYSTEMS

V.V. Shvets¹, A.I. Kazmin¹, M.S. Raspopov¹, V.S. Pereverzev^{1,2}, I.E. Domrachev¹, S.V. Kolesov^{1,2}

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

²V.V. Vinogradov University Clinical Hospital – Branch of the Peoples' Friendship University of Russia n.a. P. Lumumba, Moscow, Russia

Objective. To perform comparative analysis of postural and functional radiographs of patients after correction of thoracic scoliosis using dynamic versus rigid fixation systems.

Material and Methods. This retrospective study included 105 patients (mean age 27 years) with idiopathic thoracic scoliosis (Lenke type 1). Selective fixation was performed using an anterior dynamic or posterior rigid system. Standard and functional radiographs (lateral flexion, flexion/extension) were compared two years after surgery.

Results. Both techniques ensured correction of the main curve by 73–75% and the lumbar counter-curve by 62–64% ($p \leq 0.005$). In the dynamic fixation group, 92% of sagittal functional range of motion (17.1° out of 17.6°) and 51.4% of coronal range of motion (22.1° out of 39.0°) were preserved in the instrumented area ($p \leq 0.005$). Asymmetry was observed: 88.6% (19.6° out of 20.1°) of motion was preserved when bending toward the convex side, versus 27% (35.2° out of 42.1°) when bending toward the concave side. In the rigid fixation group, no motion remained in the fusion area. The total functional range of motion of the entire spine was higher with dynamic fixation than with rigid fixation: in the coronal plane 71.2° vs. 45.1° and in the sagittal plane 78.7° vs. 58.6° ($p \leq 0.005$).

Conclusion. The dynamic fixation system provides stable deformity correction comparable to a rigid one but allows preserving up to 92% of sagittal and 51% of coronal mobility in the operated area with characteristic asymmetry. Rigid fixation leads to a complete motion loss in the fusion area and significantly lower total functional range of motion of the spine.

Key Words: spine; spine surgery; thoracic scoliosis; rigid system; dynamic system.

Please cite this paper as: Shvets VV, Kazmin AI, Raspopov MS, Pereverzev VS, Domrachev IE, Kolesov SV. Radiological assessment of spinal range of motion after selective thoracic scoliosis correction using rigid and dynamic systems. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(2):26–36. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.26-36>

Идиопатический сколиоз представляет собой одну из наиболее распространенных ортопедических патологий позвоночника, встречающуюся у 2–4 % населения [1]. Тем не менее лишь у 0,2–0,3 % пациентов возникает необходимость в хирургической коррекции [2]. Заболевание оказывает значительное негативное влияние на молодых пациентов, проявляясь снижением качества жизни, хронической болью, психосоциальными последствиями и функциональными ограничениями [3–5].

При наиболее часто встречающемся грудном сколиозе типа 1 по Lenke [6] возможно использование вентральной методики коррекции [4–10]. Однако ригидные металлоконструкции неизбежно приводят к потере подвижности в зоне инструментации, а также к дегенеративным изменениям смежных сегментов [11]. Необходимость эффективного и безопасного лечения сколиоза стимулирует совершенствование современных технологий [12]. Динамические стабилизирующие системы, изначально разработанные для модуляции роста [13, 14], рассматриваются в качестве инструментария нового поколения для пациентов с завершенным и завершающимся ростом [10]. Анализ литературы показывает, что существующие исследования в основном сосредоточены на результатах хирургического лечения деформаций, при этом аспект сохранения объема движений в позвоночнике недостаточно изучен [15].

Цель исследования – анализ постуральных и функциональных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до и после применения динамических и ригидных систем фиксации.

Материал и методы

В исследование включены 105 пациентов (92 женщины, 13 мужчин), средний возраст – 27 (16–35) лет.

Критерии включения: идиопатический правосторонний грудной сколиоз с основной дугой до операции от 35° до 70° по Cobb, ее мобильностью при функциональных пробах (тракционный или бендинг-тест) 30 % и более, отсутствием структуральной поясничной противодуги (более 25°) и гиперкифоза (более 40°); возраст пациентов от 16 до 45 лет с тестом Risser на момент операции 4 и более; оперативное лечение в объеме селективной фиксации грудного отде-

ла позвоночника с использованием динамической системы коррекции без предполагаемой модуляции роста либо дорсальной ригидной системой; наличие полных рентгенологических данных до операции и на контрольных осмотрах в срок не менее двух лет; отсутствие потери коррекции в отдаленном наблюдении.

Критерии исключения: наличие тяжелого сопутствующего заболевания, имплантозависимых осложнений на этапах наблюдения (ревизионные вмешательства, разрыв корда, перелом стержня, резорбция кости вокруг винта, потеря коррекции и т.д.), болей в спине на момент контрольных исследований.

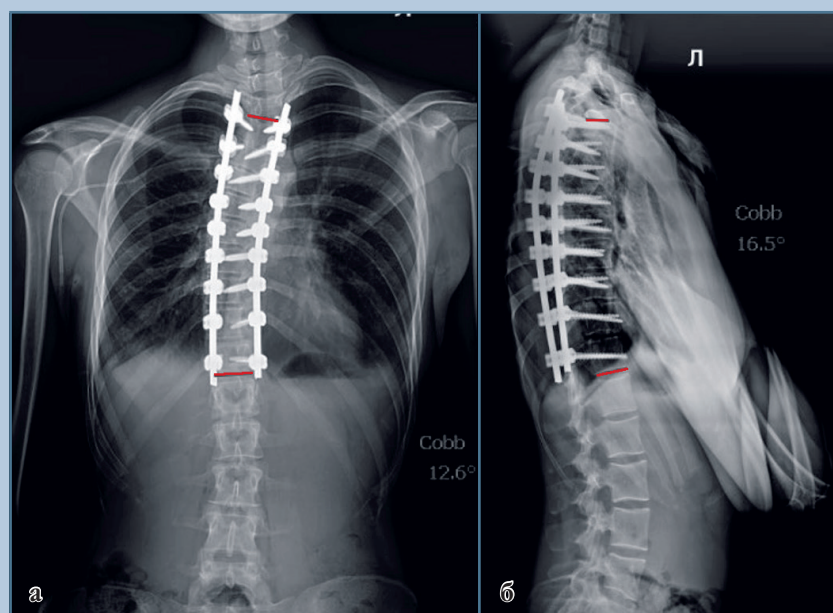


Рис. 1

Постуральные рентгенограммы пациента 22 лет через 2 года после ригидной системы фиксации на уровне Th₄–Th₁₂ во фронтальной (а) и сагиттальной (б) проекциях: угол в зоне фиксации – 12,6°, угол кифоза – 16,5°

Учитывали количество фиксированных уровней, протяженность фиксации. Пациентов отслеживали при амбулаторном наблюдении с контрольным рентгенологическим исследованием через 3, 6, 12, 24 мес. после хирургического лечения.

Оценку диапазона движений проводили на основании рентгенограмм позвоночника пациента, который стоял в нейтральном положении, а также функциональных рентгенограмм в положении сгибания/разгибания и при боковых наклонах через 2 года после операции (рис. 1–3).

Этическая экспертиза

Исследование одобрено советом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (протокол № 1/23 от 28.12.2023). Пациенты или их роди-

тели подписали информированное согласие на публикацию данных.

Оценка рентгенологических данных

Все пациенты прошли стандартное предоперационное обследование, включающее рентгенограммы позвоночника в положении стоя в переднезадней (фронтальной) и боковой (сагиттальной) проекциях, функциональные рентгенограммы (бендинг-тест – боковые наклоны влево/вправо во фронтальной плоскости) и рентгенограммы в положениях максимального сгибания/разгибания в сагиттальной плоскости (рис. 4).

В раннем послеоперационном периоде выполняли контрольные рентгенограммы в стандартных проекциях в положении пациента стоя для оценки первоначальной коррекции и положения имплантатов (рис. 5).

Для оценки движения в сагиттальной плоскости рассчитывали разницу между углом в положении сгибания и разгибания. Объем движений во фронтальной плоскости в зоне фиксации оценивали как сумму данных функциональных рентгенограмм в крайних положениях с вычетом угла деформации по Cobb, аналогично и для поясничного отдела. Для оценки функционального объема движения (ROM) в каждой плоскости суммировали данные грудного и поясничного отделов: ROM = ROM грудного отдела + ROM поясничного отдела.

Статистический анализ

Результаты анализировали и обрабатывали с помощью программного обеспечения Statistica 13.3. Рассчитывали среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm SD$). Для сравнения групп применяли непараметрические критерии Манна – Уитни и Краскела –

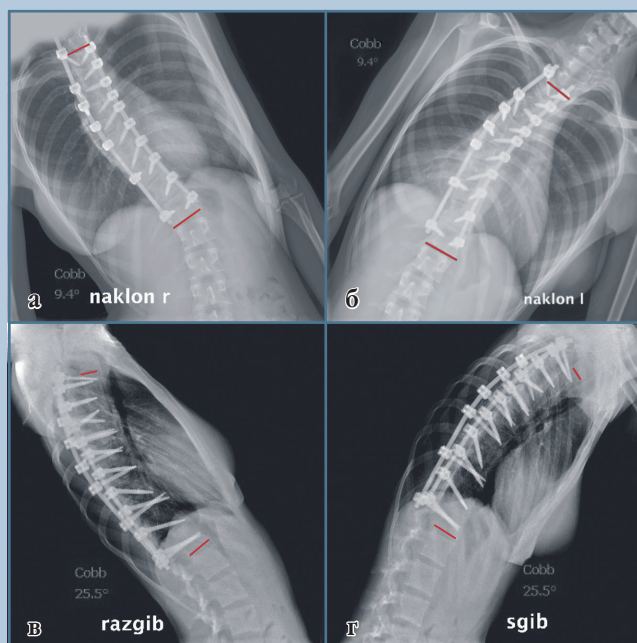


Рис. 2

Функциональный рентгенологический снимок пациентки 26 лет: на бендинг-тесте грудного отдела с наклоном в выпуклую сторону – 9,4° (а), в вогнутую сторону – 9,4° (б); угол движения во фронтальной плоскости – 0°; в положении разгибания – 25,5° (в), сгибания – 25,5° (г); угол движения в сагиттальной плоскости – 0°

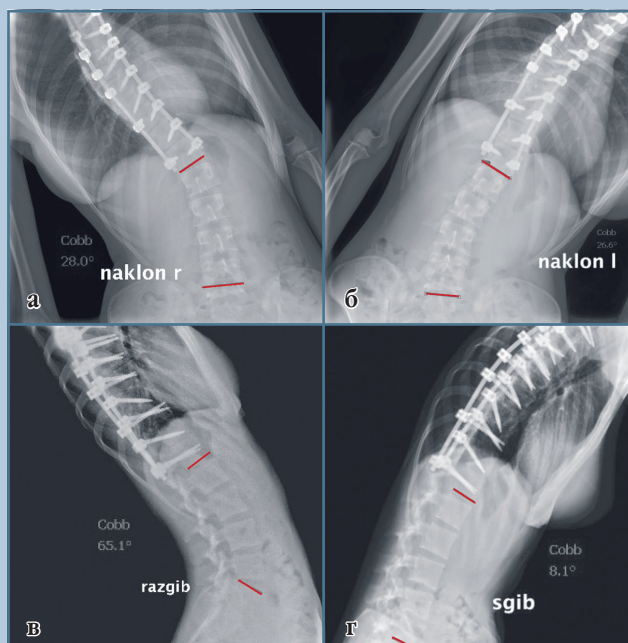


Рис. 3

Функциональный рентгенологический снимок пациентки 26 лет: на бендинг-тесте поясничного отдела с наклоном вправо – 28,0° (а), влево – 26,6° (б); угол движения во фронтальной плоскости – 49,6°; в положении разгибания – 65,1° (в), сгибания – 8,1° (г); угол движения в сагиттальной плоскости – 55,9°

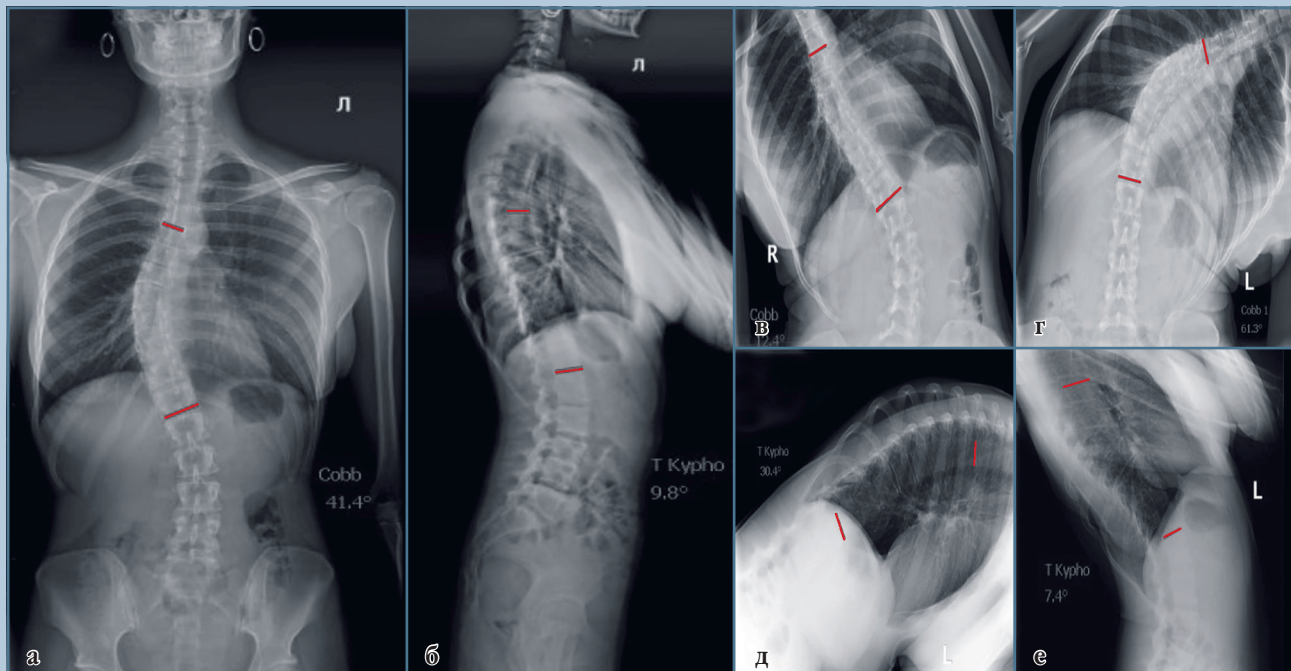


Рис. 4

Постуральные рентгенограммы пациентки 27 лет с грудным сколиозом, тип Lenke 1, угол по Cobb грудной дуги – 41,4°, угол кифоза – 9,8° во фронтальной (а) и сагиттальной проекциях (б); бендинг-тест: угол при наклонах вправо – 12,4° (в), влево – 61,3° (г) относительно фронтальной плоскости; фронтальный угол движения – 39,9°; в положении сгибания угол – 30,4° (д), разгибания – 7,4° (е); сагиттальный угол движения – 23°

Уолис. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты

В рамках данного ретроспективного моноцентрового исследования провели сравнительный анализ влияния динамической (вентральной) и ригидной (дорсальной) систем фиксации на ROM позвоночника. Средний дооперационный угол основной дуги по Cobb составил $57,2^\circ \pm 3,4^\circ$, при этом средний угол движения во фронтальной плоскости, определенный с помощью бендинг-теста, равнялся $39,2^\circ \pm 5,5^\circ$. После хирургической коррекции с использованием динамической системы (наиболее частые уровни фиксации Th_5-Th_{12} и Th_6-Th_{12} , медиана инструментированных позвонков – 9; табл. 1) угол основной дуги снизился до $11,3^\circ \pm 8,6^\circ$, что соответству-

ет коррекции на 75,3 %, а через два года наблюдалось его незначительное увеличение до $14,3^\circ \pm 10,3^\circ$ (табл. 2). В группе с ригидной системой (преимущественные уровни фиксации Th_3-L_1 и Th_3-Th_{12} , медиана – 11 позвонков, табл. 1) послеоперационный угол составил $10,2^\circ \pm 8,6^\circ$ (коррекция 73,2 %) с дальнейшей стабилизацией на уровне $11,4^\circ \pm 3,2^\circ$ через 24 мес.; кроме того, общее количество фиксированных уровней больше, UIV – Th_3 в 100 % случаев. Помимо коррекции основной дуги, обе системы продемонстрировали положительное влияние на поясничную противодугу: ее угол снизился с дооперационных $14,3^\circ \pm 10,6^\circ$ до $9,5^\circ \pm 4,6^\circ$ в группе динамической фиксации и до $5,2^\circ \pm 4,6^\circ$ в группе ригидной фиксации непосредственно после операции. При отдаленном наблюдении коррекция оставалась стабильной, составляя $5,5^\circ \pm 2,6^\circ$ и $5,2^\circ \pm 4,3^\circ$

соответственно ($p \leq 0,005$ по сравнению с исходными значениями; табл. 2). Сагиттальный баланс характеризовался увеличением угла грудного кифоза в группе динамической фиксации с $18,3^\circ \pm 9,8^\circ$ до $24,7^\circ \pm 9,2^\circ$ через два года ($p = 0,02$), в то время как в группе ригидной фиксации данный показатель оставался стабильным ($22,1^\circ \pm 6,6^\circ$ непосредственно после операции и $22,3^\circ \pm 2,6^\circ$ при отдаленном наблюдении). Качественный анализ подвижности выявил (табл. 3), что в группе с динамической системой через два года после операции сохранено 92 % дооперационного объема движений в сагиттальной плоскости грудного отдела ($17,1^\circ$ против $17,6^\circ$ до операции; $p \leq 0,005$) и 51,4 % – во фронтальной плоскости ($22,1^\circ$ против 39° ; $p \leq 0,005$). При этом во фронтальной плоскости наблюдалась выраженная асимметрия: объем движения при наклоне в вогнутую (левую) сторону снизился

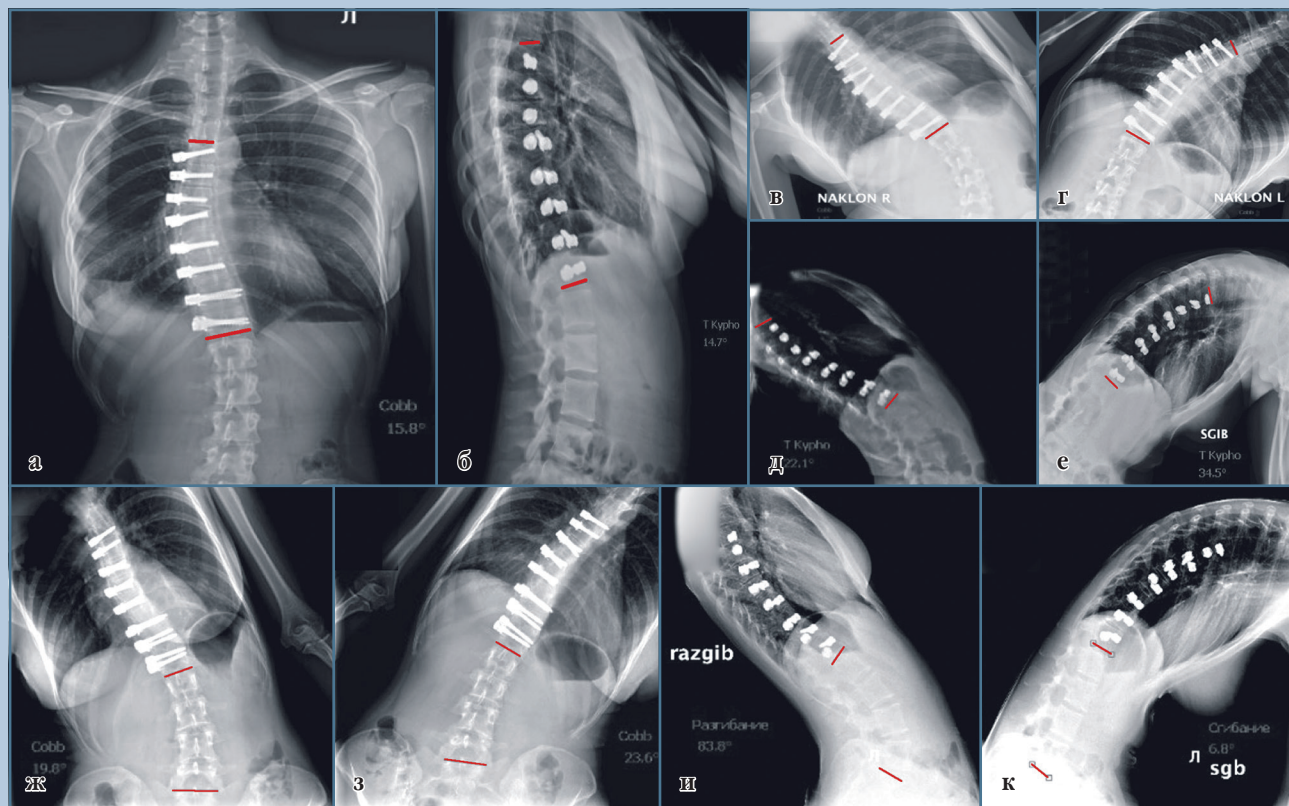


Рис. 5

Постуральные и функциональные рентгенограммы пациентки 27 лет через 2 года после коррекции грудного сколиоза динамической системой на уровне Th₅–Th₁₂ во фронтальной (а) и сагитальной (б) постуральных проекциях: угол в зоне фиксации – 15,8°, грудной кифоз – 14,7°; функциональные снимки зоны инструментальной фиксации: наклон в выпуклую сторону – 1,1° (в), наклон в вогнутую сторону – 32,9°, объем движений во фронтальной плоскости – 31,8° (г); разгибание – 22,1° (д), сгибание – 34,5° (е); объем движений в сагитальной плоскости – 12,4°; функциональные снимки отдела ниже зоны фиксации: наклон вправо – 19,8° (ж), наклон влево – 23,6° (з), объем движений во фронтальной плоскости – 3,8° (и); разгибание – 83,8°; сгибание – 6,8° (к); объем движений в сагитальной плоскости – 77,4°; общий функциональный объем движений грудного и поясничного отделов во фронтальной плоскости – 35,6°, в сагитальной плоскости – 89,8°

Таблица 1

Характеристика уровней фиксации в исследуемых группах

Группа	Проксимальный уровень фиксации	Дистальный уровень фиксации	Количество фиксированных уровней (медиана)	Наиболее частые уровни фиксации	Соотношение наиболее частых уровней фиксации
Вентральная динамическая система	Th ₅ – 70 % Th ₆ – 30 %	Th ₁₂ – 20 % L ₁ – 32 % L ₂ – 43 % L ₃ – 5 %	9	Th ₅ –Th ₁₂ Th ₆ –L ₁	70,0 % 30,0 %
Дорсальная ригидная система	Th ₃ – 100 %	Th ₁₂ – 25 % L ₁ – 41 % L ₂ – 45 % L ₃ – 5 %	11	Th ₃ –Th ₁₂ Th ₃ –L ₁ Th ₃ –L ₂ Th ₃ –L ₃	41,0 % 9,5 % 45,0 % 5,5 %

Таблица 2

Данные постуральных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до операции, после операции и через два года

Показатель	До операции	После операции (динамическая система)	После операции (ригидная система)	Через 2 года (динамическая система)	Через 2 года (ригидная система)	p
Угол Cobb основной дуги, град.	38,1 ± 20,5	11,3 ± 8,6	10,2 ± 8,6	14,3 ± 10,3	11,4 ± 3,2	0,005
Угол Cobb противодуги, град.	14,3 ± 10,6	9,5 ± 4,6	5,2 ± 4,6	5,5 ± 2,6	5,2 ± 4,3	0,005
Угол кифоза, град.	18,3 ± 9,8	21,7 ± 9,6	22,1 ± 6,6	24,7 ± 9,2	22,3 ± 2,6	0,020

Таблица 3

Данные функциональных рентгенограмм пациентов с идиопатическим грудным сколиозом до операции и через два года

Показатель	До операции	Через 2 года (вентральная динамическая система)	Через 2 года (дорсальная ригидная система)	p
Наклон вправо основной дуги, град.	20,1 ± 8,1	19,6 ± 7,1	8,5 ± 5,1	≤0,005
Наклон влево основной дуги, град.	42,1 ± 19,9	35,2 ± 12	8,5 ± 5,1	≤0,003
Наклон вправо в противодуге, град.	30,1 ± 6,1	25,3 ± 15,1	15,5 ± 5,1	≤0,003
Наклон влево в противодуге, град.	30,2 ± 5,1	25,3 ± 16,1	15,1 ± 5,6	≤0,005
Фронтальный угол движения основной дуги, град	39,0	22,1	0,0	≤0,005
Фронтальный угол движения поясничной дуги, град.	50,3	50,1	45,1	≤0,003
Общий фронтальный угол движения, град.	89,3	71,2	45,1	≤0,005
Сгибание в основной дуге, град.	32,8 ± 14,8	30,6 ± 14,6	19,5 ± 10,6	≤0,020
Разгибание в основной дуге, град.	15,2 ± 14,2	13,6 ± 12,6	19,5 ± 10,6	≤0,020
Сгибание в противодуге, град.	5,4 ± 5,2	6,2 ± 5,2	6,4 ± 5,2	≤0,003
Разгибание в противодуге, град.	75 ± 5,2	6,8 ± 5,2	65,0 ± 13,8	≤0,005
Сагиттальный угол движения в грудном отделе, град.	17,6	17,1	0,0	≤0,005
Сагиттальный угол движения в поясничном отделе, град.	69,6	61,8	58,6	≤0,005
Общий сагиттальный угол движения, град.	87,2	78,7	58,6	≤0,005

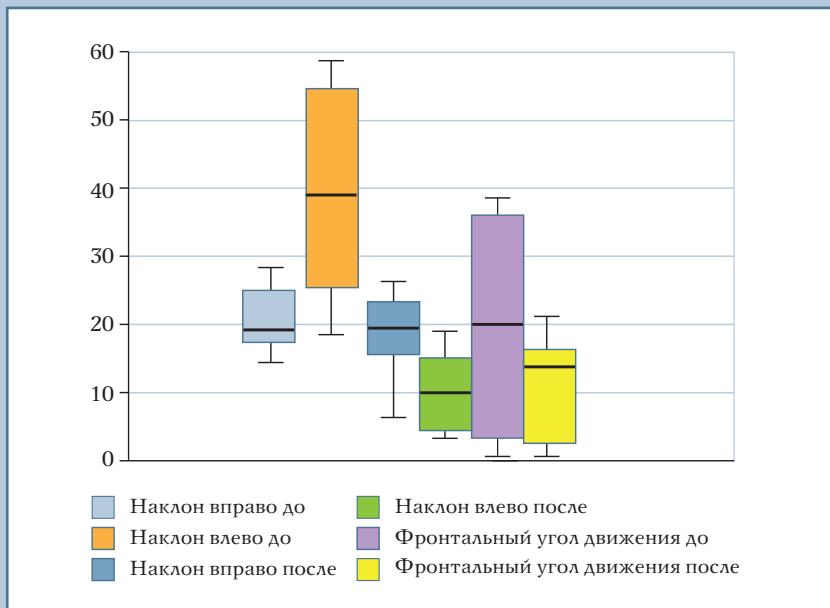
на 73 % (с $42,1^\circ \pm 19,9^\circ$ до $35,2^\circ \pm 12^\circ$; $p \leq 0,003$), тогда как при наклоне в выпуклую (правую) сторону – лишь на 11,4 % (с $20,1^\circ \pm 8,1^\circ$ до $19,6^\circ \pm 7,1^\circ$; $p \leq 0,005$). В группе с ригидной системой в инструментированном грудном отделе движения во фронтальной плоскости отсутствовали (0°), однако в нефиксированном поясничном отделе отмечалось сохранение части подвижности: фронтальный угол движений составил $45,1^\circ$ против $50,3^\circ$ до операции ($p \leq 0,003$), сагиттальный – $58,6^\circ$ против $69,6^\circ$ ($p \leq 0,005$). Суммарный ROM (грудной + поясничные отделы) во фронтальной плоскости достигал при динамической фиксации $71,2^\circ$, при ригидной – $45,1^\circ$ (против $89,3^\circ$ до операции, $p \leq 0,005$);

в сагиттальной плоскости показатели составили $78,7^\circ$ и $58,6^\circ$ соответственно (против $87,2^\circ$ до операции; $p \leq 0,005$). Отмечено сохранение движений в самой зоне фиксации при использовании динамической системы: в сагиттальной плоскости сгибание $30,6^\circ \pm 14,6^\circ$, разгибание – $13,6^\circ \pm 12,6^\circ$, тогда как в группе дорсальной ригидной стабилизации движения в инструментированных сегментах отсутствовали. Таким образом, при сравнении двух методов фиксации общий ROM всего позвоночника оказался достоверно выше в группе с динамической системой как во фронтальной ($71,2^\circ$ против $45,1^\circ$), так и в сагиттальной плоскости ($78,7^\circ$ против $58,6^\circ$). Статистическая значимость всех пред-

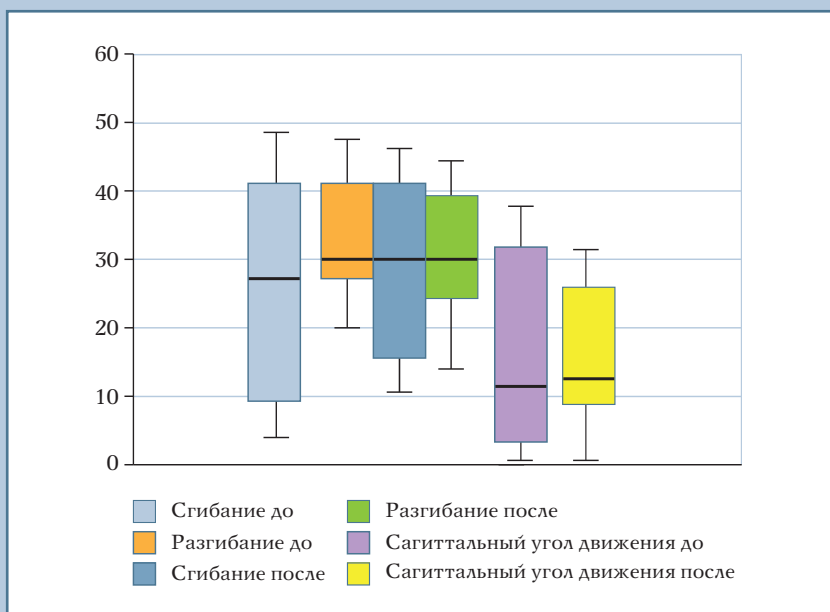
ставленных межгрупповых различий и динамики показателей подтверждена с использованием критерия Манна – Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

Обсуждение

По данным White и Panjabi [16, 17] известно, что грудной отдел позвоночника анатомически ограничен при трехмерном кинематическом анализе за счет вертикальной установки фасеток, близкого расположения остистых отростков, реберного каркаса, которые создают естественное ограничение. Общий диапазон движения грудного отдела Th_1 – Th_{12} варьирует от 34 до 90° при сгиба-

**Рис. 6**

Данные функциональных рентгенограмм во фронтальной проекции грудного отдела позвоночника до и после применения динамической системы фиксации: демонстрируется преимущество движений динамической системы во фронтальной плоскости

**Рис. 7**

Данные функциональных рентгенограмм в сагиттальной проекции грудного отдела позвоночника до и после применения динамической системы фиксации: демонстрируется преимущество движений динамической системы в сагиттальной плоскости

нии/разгибании, при боковых наклонах – от 94 до 164°, при осевом вращении – от 108 до 198° [18, 19]. В систематическом обзоре Borkowski et al. [20], в котором обобщены данные 33 исследований, посвященных подвижности грудного отдела на кадаверном материале, описаны и указаны меньшие средние значения: при сгибании/разгибании – 28°, при боковых наклонах – 38°, при осевой ротации – 45°.

Исследования, изучающие глобальный ROM у пациентов с идиопатическим грудопоясничным/поясничным сколиозом, показывают, что чем выше степень искривления, тем значительно снижается подвижность [21]. Анализ подвижности у неоперированных пациентов подтверждает эти функциональные ограничения, присущие самой деформации [22], при этом в выводах Sung et al. [23] показано, что снижение наиболее заметно при сгибательных и вращательных движениях.

Известно, что использование ригидных конструкций приводит к исключению функции движения в зоне фиксации с формированием костного блока [24]. К подобным результатам пришли Engsborg et al. [25], установив, что взрослые пациенты, уже перенесшие хирургию по поводу деформации позвоночника, демонстрировали значительное снижение подвижности туловища по сравнению с пациентами до операции.

Marks et al. [26, 27] последовательно изучали последствия спондилита при идиопатическом сколиозе подростков и показали, что в свободных сегментах значительно увеличивается компенсаторная подвижность, особенно в L₂–L₅ при боковых наклонах, что создает на них повышенную нагрузку. При этом гипермобильность не меняется с течением времени (наблюдение более 10 лет) и не коррелирует с субъективной оценкой качества жизни пациентов. Возвращение пациентов к повседневной жизни в среднем занимает 5,5 года [28].

В ответ на ограничения, связанные с ригидными системами, разработаны

конструкции с сохранением потенциала и модуляции роста [29], затем адаптированные для лечения пациентов с завершающимся либо завершённым ростом [30]. Первые исследования, оценивающие послеоперационную подвижность, крайне ограничены [13]. Известно, что рентгенологический снимок – стандартный способ оценки хирургического лечения [31], а функциональные снимки рутинно применяются до операции для оценки мобильности [31, 32], однако данных об оценке движения с помощью рентгенологических снимков недостаточно. Функциональная рентгенография для оценки движения в поясничном отделе позвоночника описывается в работе С.Х. Хаджимуратовой и соавт. [33].

В проспективном исследовании Vuçuk et al. [34] оценивали объем движения позвоночника через 1 год после динамической коррекции растущего позвоночника у 32 пациентов подросткового возраста (от 10 до 16 лет) с идиопатическим грудным сколиозом, где также использовали функциональную рентгенографию (боковые наклоны, сгибание/разгибание), их результаты продемонстрировали сохранение движения, однако при боковых наклонах снижение во фронтальной плоскости более выраженное – на 77 % меньше дооперационных значений, у 62,5 % пациентов превышало 5°, а движение в боковой плоскости составило $21^\circ \pm 12^\circ$ ($33^\circ \pm 13^\circ$ при сгибании, $11^\circ \pm 14^\circ$ при разгибании).

В другом ретроспективном исследовании с использованием 3D-кинематического анализа показано, что через два года после операции пациенты с динамической системой сохраняют значительную часть подвижности туловища, особенно при разгибании и ротации, по сравнению с ригидной системой, при этом у пациентов с передним динамическим стяжением тел позвонков потеря движения наблюдалась

только при боковых наклонах [35]. Полученные в нашем исследовании данные предоставляют количественные рентгенологические доказательства сохранения сагиттального объема движения 92,0 % от исходного уровня, уменьшение фронтальной подвижности – на 48,6 % с асимметрией в вогнутую сторону на 73,0 %, в выпуклую – на 11,4 %, свидетельствуя о сохранении динамического корда в отдаленные сроки. Также стоит отметить, что достигнутая коррекция стабильна в отдаленных наблюдениях, а увеличение угла кифоза в зоне фиксации динамической системы имеет положительный эффект при восстановлении профиля позвоночника, имеющего тенденцию к формированию гипокифоза при данном типе деформации [36].

Выводы о перераспределении нагрузки в нефиксированных сегментах дополняют исследование Marks et al. [27], показавших, что подвижность неоперированных поясничных сегментов остается стабильной в долгосрочной перспективе и не меняется значительно при отдаленном наблюдении. В ходе анализа установлено, что обе хирургические методики приводят к статически значимому ($p \leq 0,005$) уменьшению угла поясничной противодуги. В группе с динамической системой угол снизился с $14,3^\circ \pm 10,6^\circ$ до $5,5^\circ \pm 2,6^\circ$ через два года (коррекция около 62 %), а в группе с ригидной конструкцией – до $5,2^\circ \pm 4,3^\circ$ (64 %). Этот результат согласуется с исследованием Lenke et al. [37], показавшим, что вентральная методика селективного грудного спондилодеза обеспечивает высокую коррекцию как грудной, так и поясничной дуг.

Roysse et al. [38] в качественном исследовании с использованием полуструктурированных интервью 40 пациентов через три года и более после динамической коррекции растущего позвоночника или заднего

спондилодеза по поводу идиопатического сколиоза выявили, что пациенты обеих групп отмечают облегчение боли, сохранение функции, улучшение внешности после хирургического лечения. Функциональные преимущества, отражающие качество жизни, выходят за пределы нашего исследования, данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют, что обе методики обеспечивают сопоставимую и стабильную во времени коррекцию как основной грудной дуги (снижение угла Cobb на 73–75 %), так и поясничной противодуги (уменьшение угла с $14,3^\circ$ до $5,2$ – $5,5^\circ$, что составляет около 62 %). Динамическая система позволяет сохранить до 92 % сагиттального и 51 % фронтального объема движений в инструментированном отделе, при этом наблюдается характерная асимметрия, обусловленная продолжающимся корригирующим действием корда: сохранение 88,6 % подвижности при наклоне в сторону выпуклости против 27,0 % при наклоне в сторону вогнутости. Наряду с этим отмечается восстановление физиологического грудного кифоза (увеличение с $18,3^\circ$ до $24,7^\circ$). При ригидной фиксации происходит полная утрата подвижности в зоне фиксации при сохранении неизменного сагиттального профиля. Вследствие этого суммарный ROM всего позвоночника (грудной + поясничные отделы) при ригидной фиксации оказывается достоверно ниже, чем при динамической: $45,1^\circ$ против $71,2^\circ$ во фронтальной плоскости и $58,6^\circ$ против $78,7^\circ$ в сагиттальной плоскости ($p \leq 0,005$). Также необходимо изучение корреляции между остаточным объемом движений позвоночника и качеством жизни пациентов после селективной коррекции грудного сколиоза.

Литература/References

1. **Казьмин А.И., Кон И.И., Беленький В.Е.** Сколиоз. Москва, 1981. [Kazmin AI, Kon II, Belenkiy VE. *Scoliosis*. Moscow, 1981].
2. **Weinstein SL.** The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2019;39:S44–S46. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001350
3. **Ansari K, Singh M, McDermott JR, Gregorczyk JA, Balmaceno-Criss M, Daher M, McDonald CL, Diebo BG, Daniels AH.** Adolescent idiopathic scoliosis in adulthood. *EFORT Open Rev*. 2024;9:676–684. DOI: 10.1530/EOR-23-0162
4. **Пятакова Г.В., Виссарионов С.В.** Исследование качества жизни подростков с тяжелыми деформациями позвоночника. *Хирургия позвоночника*. 2009;(4):38–43. [Pyatakova GV, Vissarionov SV. Assessment of life quality in adolescents with severe spinal deformities. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(4):38–43]. DOI: 10.14531/ss2009.4.38-43 EDN: KZGRID
5. **Дубоносов Ю.В., Мушкин А.Ю.** Использование анкеты-опросника в обследовании подростков при корсетном лечении сколиоза. *Хирургия позвоночника*. 2011;(1):26–32. [Dubonosov YuV, Mushkin AYU. Questionnaire-based examination of adolescents undergoing brace treatment of scoliosis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2011;(1):26–32]. DOI: 10.14531/ss2011.1.26-32 EDN: NXAPFN
6. **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.
7. **Lenke LG.** Lenke classification system of adolescent idiopathic scoliosis: treatment recommendations. *Instr Course Lect*. 2005;54:537–542.
8. **Zielke K.** [Ventral derotation spondylosis. Results of treatment of cases of idiopathic lumbar scoliosis (author's (author's transl)).] *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1982;120:320–329. In German. DOI: 10.1055/s-2008-1051620
9. **Patel PN, Upasani VV, Bastrom TP, Marks MC, Pawelek JB, Betz RR, Lenke LG, Newton PO.** Spontaneous lumbar curve correction in selective thoracic fusions of idiopathic scoliosis: a comparison of anterior and posterior approaches. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2008;33:1068–1073. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816f6404
10. **Колесов С.В., Переверзев В.С., Казьмин А.И., Морозова Н.С., Швец В.В., Распопов М.С., Багиров С.Б.** Можно ли считать вентральную динамическую коррекцию новым стандартом хирургического лечения идиопатического сколиоза у пациентов с завершённым и завершающимся ростом? Ретроспективный моноцентровой анализ отдалённых результатов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2024;31(2):147–157. [Kolesov SV, Pereverzev VS, Kazmin AI, Morozova NS, Shvec VV, Raspopov MS, Bagirov SB. Can anterior dynamic correction be considered a new standard of surgical treatment for idiopathic scoliosis in patients with completed and terminating growth? Retrospective single-center analysis of long-term results. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(2):147–157]. DOI: 10.17816/vto617680 EDN: TICXGP
11. **Wang DH, Wu DN, Xin DQ, Shi Q, Wang WX, Xing WH, Yang HL.** Biomechanical analysis of adjacent segments after correction surgery for adult idiopathic scoliosis: a finite element analysis. *Sci Rep*. 2024;14:13181. DOI: 10.1038/s41598-024-63113-9
12. **Ветрилэ С.Т., Кулешов А.А., Швец В.В., Кисель А.А., Ветрилэ М.С., Гусейнов В.Г.** Концепция оперативного лечения различных форм сколиоза с использованием современных технологий. *Хирургия позвоночника*. 2009;(4):21–30. [Vetrile ST, Kuleshov AA, Shvets VV, Kisel AA, Vetrile MS, Guseynov VG. The concept of surgical treatment of various forms of scoliosis using modern technologies. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(4):21–30]. DOI: 10.14531/ss2009.4.21-30 EDN: KZGRHJ
13. **Crawford CH 3rd, Lenke LG.** Growth modulation by means of anterior tethering resulting in progressive correction of juvenile idiopathic scoliosis a case report. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:202–209. DOI: 10.2106/JBJS.H.01728
14. **Alanay A, Yucekul A, Abul K, Ergene G, Senay S, Ay B, Cebeci BO, Yalinay Dikmen P, Zulemyan T, Yavuz Y, Yilgor C.** Thoracoscopic vertebral body tethering for adolescent idiopathic scoliosis: follow-up curve behavior according to Sanders skeletal maturity staging. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 2020;45:E1483–E1492. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003643
15. **Maksimovic M, Beaudette SM, Livock H, Tice A, Jarvis J, Smit K, Graham RB.** The effect of vertebral body tethering on spine range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study. *Spine Deform*. 2023;11:123–131. DOI: 10.1007/s43390-022-00578-6
16. **White AA 3rd.** Analysis of the mechanics of the thoracic spine in man. An experimental study of autopsy specimens. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1969;127:1–105. DOI: 10.3109/ort.1969.40.suppl.127.01
17. **Panjabi MM, White AA 3rd.** Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery*. 1980;7:76–93. DOI: 10.1227/00006123-198007000-00014
18. **Fujimori T, Iwasaki M, Nagamoto Y, Matsuo Y, Ishii T, Sugiura T, Kashii M, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H.** Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis. *Spine J*. 2014;14:1991–1999. DOI: 10.1016/j.spinee.2013.11.054
19. **Mannion AF, Knecht K, Balaban G, Dvorak J, Grob D.** A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *Eur Spine J*. 2004;13:122–136. DOI: 10.1007/s00586-003-0618-8
20. **Borkowski SL, Tamrazian R, Bowen RE, Scaduto AA, Ebramzadeh E, Sangiorio SN.** Challenging the conventional standard for thoracic spine range of motion: a systematic review. *JBJS Rev*. 2016;4:e51–e511. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.O.00048
21. **Eyvazov K, Samartzis D, Cheung JP.** The association of lumbar curve magnitude and spinal range of motion in adolescent idiopathic scoliosis: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18:51. DOI: 10.1186/s12891-017-1423-6
22. **Hoyek K, El Hayeck R, El Khoury C, Karam M, Asmar R, Rassam M, El Braidy P, Karam M, El Rachkidi R, Assi A.** Kinematic limitations in trunk movements in adolescent idiopathic scoliosis. *Gait Posture*. 2023;106, Suppl 1:S84. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2023.07.103
23. **Sung PS, Park MS.** Lumbar spine coordination during axial trunk rotation in adolescents with and without right thoracic idiopathic scoliosis. *Hum Mov Sci*. 2020;73:102680. DOI: 10.1016/j.humov.2020.102680
24. **Кулешов А.А., Ветрилэ С.Т., Лисянский И.Н., Ветрилэ М.С., Захарин Р.Г., Гусейнов В.Г.** Комплексное оперативное лечение тяжелых сколиозов с применением элевационной торакопластики. *Хирургия позвоночника*. 2012;(2):37–43. [Kuleshov AA, Vetrile ST, Lisyanskiy IN, Vetrile MS, Zakharin RG, Guseynov VG. Multimodal surgical treatment of severe scoliosis using concave thoracoplasty. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2012;(2):37–43]. DOI: 10.14531/ss2012.2.37-43 EDN: OYSNAP
25. **Engsborg JR, Bridwell KH, Reitenbach AK, Urich ML, Baldus C, Blanke K, Lenke LG.** Preoperative gait comparisons between adults undergoing long spinal deformity fusion surgery (thoracic to L4, L5, or sacrum) and controls. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:2020–2028. DOI: 10.1097/00007632-200109150-00016
26. **Marks M, Newton PO, Petcharaporn M, Bastrom TP, Shah S, Betz R, Lonner B, Miyanji F.** Postoperative segmental motion of the unfused spine distal to the fusion in 100 patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:826–832. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31823b4eab

27. Marks MC, Bastrom TP, Petcharaporn M, Shah SA, Betz RR, Samdani A, Lonner B, Miyanji F, Newton PO. The effect of time and fusion length on motion of the unfused lumbar segments in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2015;3:549–553. DOI: 10.1016/j.jspd.2015.03.007
28. Fabricant PD, Admoni S, Green DW, Ipp LS, Widmann RF. Return to athletic activity after posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis: analysis of independent predictors. *J Pediatr Orthop.* 2012;32:259–265. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31824b285f
29. Wessell NM, Martus JE, Halanski MA, Snyder B, Truong W. What's new in pediatric spine growth modulation and implant technology for early-onset scoliosis? *J Pediatr Orthop.* 2018;38:e3–e13. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000830
30. Колесов С.В., Переверзев В.С., Пантелеев А.А., Швец В.В., Горбатюк Д.С. Первый опыт вентральной динамической коррекции сколиозов у подростков с законченным ростом и взрослых: хирургическая техника и ближайшие результаты. *Хирургия позвоночника.* 2021;18(3):19–29. [Kolesov SV, Pereverzev VS, Panteleyev AA, Shvets VV, Gorbyatuk DS. The first experience of anterior dynamic correction of scoliosis in adolescents with complete growth and adults: surgical technique and immediate results. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2021;18(3):19–29]. DOI: 10.14531/ss2021.3.19-29 EDN: DBPVYY
31. White AA 3rd, Panjabi MM, Thomas CL. The clinical biomechanics of kyphotic deformities. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(128):8–17. DOI: 10.1097/000030866-197710000-00003
32. O'Neill CJ, Brennan SA, Quinn C, Brabazon D, Kiely PJ. Standardized traction versus side-bending radiographs in adolescent idiopathic scoliosis: a preliminary study. *J Pediatr Orthop B.* 2019;28:17–21. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000550
33. Хаджимуратова С.Х., Жарков П.Л. Варианты нормальной формы поясничного отдела позвоночника у мужчин и женщин. *Вестник Российского научно-го журнала рентгенодиагностики.* 2009;(9):9. [Khadzhimuratova SK, Zharkov PL. The normal variants of the men and women's lumbar spine. *Russian Journal of Radiology.* 2009;(9):9]. EDN: MCMGVB
34. Buyuk AF, Milbrandt TA, Mathew SE, Larson AN. Measurable thoracic motion remains at 1 year following anterior vertebral body tethering, with sagittal motion greater than coronal motion. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;103:2299–2305. DOI: 10.2106/JBJS.20.01533
35. Pahys JM, Samdani AF, Hwang SW, Warshauer S, Gaughan JP, Chafetz RS. Trunk range of motion and patient outcomes after anterior vertebral body tethering versus posterior spinal fusion: comparison using computerized 3D motion capture technology. *J Bone Joint Surg Am.* 2022;104:1563–1572. DOI: 10.2106/JBJS.21.00992
36. Watanabe K, Nakamura T, Iwanami A, Hosogane N, Tsuji T, Ishii K, Nakamura M, Toyama Y, Chiba K, Matsumoto M. Vertebral derotation in adolescent idiopathic scoliosis causes hypokyphosis of the thoracic spine. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:99. DOI 10.1186/1471-2474-13-99
37. Lenke IG, Betz RR, Bridwell KH, Harms J, Clements DH, Lowe TG. Spontaneous lumbar curve coronal correction after selective anterior or posterior thoracic fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24:1663–1671; discussion 1672. DOI: 10.1097/00007632-199908150-00007
38. Roysse LA, Saporova D, Boeyer ME, Hoernschemeyer DG. How do patients perceive success and satisfaction after vertebral body tethering and fusion for adolescent idiopathic scoliosis? A qualitative study. *Clin Orthop Relat Res.* 2025;483:1124–1138. DOI: 10.1097/CORR.0000000000003373

Статья поступила в редакцию 28.01.2026

Рецензирование пройдено 08.04.2026

Подписано в печать 20.05.2026

Received 28.01.2026

Review completed 08.04.2026

Passed for printing 20.05.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. В.В. Швец – утверждение окончательного варианта статьи для публикации и существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования; А.И. Казьмин – утверждение окончательного варианта статьи для публикации и существенный вклад в разработку концепции, дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретацию данных; М.С. Располов – сбор, анализ и интерпретация данных, написание текста статьи и ее редактирование; В.С. Переверзев – написание текста статьи и ее редактирование, существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных; И.Е. Домрачев – существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и интерпретация данных; С.В. Колесов – существенный вклад в разработку концепции и дизайна исследования. 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. Исследование одобрено советом по биомедицинской этике ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (протокол № 1/23 от 28.12.2023).

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

Владимир Викторович Швец, д-р мед. наук; ORCID: 0000-0001-8884-2410; vshvetsv@yandex.ru

Аркадий Иванович Казьмин, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 4944-4173; ORCID: 0000-0003-2330-0172; KazminAI@cito-priorov.ru

✉ Михаил Сергеевич Располов; Россия, 127299, Москва, ул. Приорова, 10; eLibrary SPIN: 1843-2864; ORCID: 0009-0005-9517-7347; mihail.raspopov74@mail.ru

Владимир Сергеевич Переверзев, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 8164-1389; ORCID: 0000-0002-6895-8288; vcperverz@gmail.com

Иван Евгеньевич Домрачев; eLibrary SPIN: 1367-3096; ORCID: 0009-0005-9014-3068; VaniaD97@yandex.ru

Сергей Васильевич Колесов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 1989-6994; ORCID: 0000-0001-9657-8584; dr-kolesov@yandex.ru

Authors' Info

Vladimir Viktorovich Shvets, MD, Dr. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0001-8884-2410; vshvetcv@yandex.ru

Arkadii Ivanovich Kazmin, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 4944-4173; ORCID: 0000-0003-2330-0172; KazminAI@cito-priorov.ru

✉ Mikhail Sergeevich Raspopov; 10 Priorova str., Moscow, 127299, Russia; eLibrary SPIN: 1843-2864; ORCID: 0009-0005-9517-7347; mihail.raspopov74@mail.ru

Vladimir Sergeevich Pereverzev, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 8164-1389; ORCID: 0000-0002-6895-8288; vcpereverz@gmail.com

Ivan Evgenievich Domrachev; eLibrary SPIN: 1367-3096; ORCID: 0009-0005-9014-3068; VaniaD97@yandex.ru

Sergey Vasilyevich Kolesov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1989-6994; ORCID: 0000-0001-9657-8584; dr-kolesov@yandex.ru

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



СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНСЕРВАТИВНОЙ ТЕРАПИИ И ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С НЕОСЛОЖНЕННЫМИ ПЕРЕЛОМАМИ ПОЗВОНОЧНИКА ТИПА А3 ПО КЛАССИФИКАЦИИ AOSpine НА УРОВНЕ ГРУДОПОЯСНИЧНОГО ПЕРЕХОДА

А.А. Гринь¹, А.Э. Талыпов¹, А.Ю. Кордонский¹, В.А. Каранадзе¹, И.С. Львов¹, Р.И. Абдрафиев¹, И.В. Погонченкова²,
Е.В. Костенко², М.Р. Макарова², А.В. Леонов²

¹Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Россия;

²Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия

Цель исследования. Сравнительный анализ отдаленных клинико-лучевых результатов консервативной терапии и хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами позвонков типа А3 по AOSpine в области грудопоясничного перехода.

Материал и методы. Работа является проспективным сравнительным исследованием не меньшей эффективности с использованием исторического контроля. Основные критерии включения: возраст пациентов старше 18 лет, острый и подострый периоды травмы, неосложненный перелом типа А3 по AOSpine на уровне Th₁₀–L₂, стеноз позвоночного канала менее 50 %. В группе консервативной терапии (КоТ; n = 17) проведены иммобилизация перелома жестким рамочным ортезом и двухэтапный курс восстановительного лечения с первого-второго дня после установления диагноза. В группу хирургического лечения (ХиЛ; n = 23) вошли пациенты, оперированные методом переднего спондилодеза или транспедикулярной фиксации без декомпрессии. Продолжительность наблюдения за группой КоТ – 12 мес. Первичной конечной точкой стало качество жизни по шкале Oswestry (ODI), вторичными конечными точками – уровень боли по ВАШ, динамика угла Cobb, стеноза позвоночного канала, а также дегенеративных изменений в фасеточных суставах и межпозвонковых дисках.

Результаты. Пациенты группы КоТ по сравнению с группой ХиЛ при поступлении в стационар оказались старше в среднем на 10 лет (p = 0,049), по остальным демографическим и рентгенологическим параметрам группы значимо не отличались. При контрольном осмотре в группах КоТ и ХиЛ медиана боли по ВАШ составила соответственно 0 и 2 балла (p < 0,001), значение ODI – 4 и 12 (p < 0,001). Группа ХиЛ продемонстрировала меньшее нарастание угла Cobb по сравнению с группой КоТ (0,7° и 4,9° соответственно) за счет операционной коррекции кифоза и ее удержания при помощи металлоимплантатов, а также вдвое большее восстановление просвета позвоночного канала (t-тест; p = 0,007). Тем не менее финальные показатели стеноза позвоночного канала в группах значимо не отличались. Анкилозирование фасеточных суставов и межпозвонковых дисков как на уровне травмы, так и в смежных сегментах значимо чаще отмечено при хирургическом лечении (χ² тест; p < 0,001 и p = 0,001 соответственно). Сращение перелома в результате лечения выявлено у 91,3 % пациентов группы ХиЛ и 88,2 % группы КоТ (χ² тест; p = 0,193).

Заключение. Отдаленные результаты лечения неосложненных переломов типа А3 по AOSpine на уровне грудопоясничного перехода демонстрируют сопоставимость консервативной терапии с результатами хирургического лечения при кифотической деформации менее 14,9°, относительной высоте тела сломанного позвонка по переднему контуру более 51,8 %, индексе тела позвонка выше 0,54 и стенозе позвоночного канала менее 43,9 %. Курс восстановительного лечения должен начинаться с первых суток после установления диагноза и продолжаться в условиях реабилитационного центра. Хирургическое лечение позволяет лучше корректировать кифотическую деформацию и стеноз позвоночного канала, однако стимулирует развитие дегенеративных изменений как в области сломанного позвонка, так и в смежных с ним сегментах. Окончательное решение о выборе метода лечения (хирургическое или консервативное) должно приниматься совместно с пациентом с учетом сопоставимого клинического результата, необходимости коррекции деформации и вероятности развития осложнений.

Ключевые слова: перелом грудопоясничного перехода; неосложненный перелом позвоночника; консервативная терапия; транспедикулярная фиксация; передний спондилодез.

Для цитирования: Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Каранадзе В.А., Львов И.С., Абдрафиев Р.И., Погонченкова И.В., Костенко Е.В., Макарова М.Р., Леонов А.В. Сравнение результатов консервативной терапии и хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами позвоночника типа А3 по классификации AOSpine на уровне грудопоясничного перехода // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23. № 2. С. 37–47. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.37-47>

COMPARISON OF CONSERVATIVE THERAPY AND SURGICAL TREATMENT OUTCOMES IN PATIENTS WITH UNCOMPLICATED AOSpine TYPE A3 FRACTURES AT THE THORACOLUMBAR JUNCTION

A.A. Grin¹, A.E. Talygov¹, A.Yu. Kordonskiy¹, V.A. Karanadze¹, I.S. Lvov¹, R.I. Abdrafiev¹, I.V. Pogonchenkova², E.V. Kostenko², M.R. Makarova², A.V. Leonov²¹N.V. Sklifosovsky Scientific Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia;²Moscow Research and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

Objective. To perform comparative analysis of long-term clinical and radiological results of conservative therapy and surgical treatment of patients with uncomplicated fractures of the AOSpine type A3 vertebrae in the thoracolumbar junction.

Material and Methods. The research is a prospective comparative non-inferiority study with historical control. The inclusion criteria were patient age over 18 years, acute or subacute injury, uncomplicated AOSpine type A3 fracture at the T10–L2 level, and spinal canal stenosis of less than 50%. The conservative therapy group (CoT) received fracture immobilization with a rigid frame brace, followed by a two-phase rehabilitation course starting on the first or second day after diagnosis. The surgical treatment group (ST; $n = 23$) included patients who underwent anterior fusion or transpedicular fixation without decompression. The CoT group was followed for 12 months. The primary endpoint was the quality of life according to the Oswestry scale (ODI), secondary endpoints were the level of pain according to the VAS, the dynamics of the Cobb angle, spinal stenosis, as well as degenerative changes in the facet joints and intervertebral discs.

Results. Patients in the CoT group were on average 10 years older than those in the ST group upon admission ($p = 0.049$); other demographic and radiographic parameters did not differ significantly between the groups. At the follow-up, the median VAS pain scores in the CoT and ST groups were 0 and 2 points, ($p < 0.001$) and the ODI value was 4 and 12 ($p < 0.001$), respectively. The ST group demonstrated a smaller increase in the Cobb angle compared to the CoT group (0.7° and 4.9° , respectively) due to surgical correction of kyphosis and its maintenance using metal implants, as well as a twofold greater restoration of the spinal canal lumen (t -test; $p = 0.007$). However, the final spinal stenosis indices did not differ significantly between the groups. Ankylosis of the facet joints and intervertebral discs, both at the level of injury and in adjacent segments, was significantly more frequent after surgical treatment (χ^2 test; $p < 0.001$ and $p = 0.001$, respectively). Fracture union as a result of treatment was detected in 91.3% of patients in the ST group and in 88.2% in the CoT group (χ^2 test; $p = 0.193$).

Conclusion. Long-term treatment outcomes of uncomplicated AOSpine type A3 fractures at the thoracolumbar junction demonstrate that conservative therapy is comparable to surgical treatment for kyphotic deformity less than 14.9° , relative anterior vertebral body height greater than 51.8%, vertebral body index greater than 0.54, and spinal stenosis less than 43.9%. Rehabilitation should begin within 24 hours of diagnosis and continue in a rehabilitation center. Surgical treatment allows for better correction of kyphotic deformity and spinal canal stenosis, but it also promotes degenerative changes both in the fractured vertebra and in adjacent segments. The final decision regarding the choice of treatment method (surgical or conservative) should be made in consultation with the patient, taking into account the comparable clinical outcome, the need for deformity correction and the likelihood of complications.

Key Words: thoracolumbar junction fracture; uncomplicated spinal fracture; conservative therapy; transpedicular fixation; anterior spinal fusion.

Please cite this paper as: Grin AA, Talygov AE, Kordonskiy AYU, Karanadze VA, Lvov IS, Abdrafiev RI, Pogonchenkova IV, Kostenko EV, Makarova MR, Leonov AV. Comparison of conservative therapy and surgical treatment outcomes in patients with uncomplicated AOSpine type A3 fractures at the thoracolumbar junction. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):37–47. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14551/ss2026.2.37-47>

В России доля спинальной травмы составляет 0,7–8,0 % в структуре общего травматизма и 6,3–20,3 % среди повреждений костей скелета. У большинства пациентов с переломами позвоночника диагностируют повреждения грудопоясничного перехода (ГПП), более чем у 50 % больных травма не сопровождается неврологическим дефицитом. При этом большинство пациентов с такими повреждениями – мужчины трудоспособного возраста (25–45 лет), что говорит о высокой социальной значимости данного вида травмы [1, 2].

Внедрение современных имплантатов и минимально-инвазивных тех-

ник в хирургии позвоночника позволяет улучшать результаты лечения пациентов с позвоночно-спинальной травмой. Тем не менее одним из дискуссионных вопросов остается необходимость выполнения открытого вмешательства у пациентов с неосложненными взрывными переломами ГПП и незначительной степенью смещения костных отломков в позвоночный канал. С одной стороны, хирургическое вмешательство позволяет быстро активизировать пациента и вернуть его к трудовой деятельности [3]. С другой стороны, оно может сопровождаться определенными осложнениями, а фиксация двух

и более позвоночно-двигательных сегментов может привести к ускорению развития дегенеративно-дистрофических процессов [4, 5]. Консервативная терапия позволяет избежать осложнений, возможных при хирургическом лечении; в метаанализе 2024 г. [6] продемонстрирована высокая эффективность консервативной терапии у ряда пациентов с неосложненными переломами ГПП.

На момент планирования настоящего исследования в 2023 г., согласно базе данных clinicaltrials.gov, проводилось 2 мультицентровых когортных исследования, посвященных сравнению результатов консервативного

и хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами ГПП, еще 3 были прекращены в начале эпидемии COVID-19. Этот факт говорит о высокой актуальности и живом интересе хирургического сообщества к данной проблеме.

Цель исследования – сравнительный анализ отдаленных клинико-лучевых результатов применения консервативной терапии и хирургического лечения пациентов с неосложненными переломами типа А3 по AOSpine в области ГПП.

Материал и методы

Дизайн исследования

Работа является проспективным сравнительным исследованием не меньшей эффективности (non-inferiority) с использованием исторического контроля. Основная (проспективная) группа включила в себя пациентов, которым проводилась консервативная терапия (группа КоТ), контрольная группа сформирована ретроспективно из пациентов, оперированных ранее на базе НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (группа ХиЛ).

В ходе планирования работы, составления и регистрации протокола исследования подразумевалось включение в него пациентов с переломами типов А2 и А3, локализовавшихся на грудном, поясничном уровнях, а также в области ГПП. В ходе первого года из-за недостаточного количества больных с переломами А2 протокол и критерии включения были пересмотрены и модифицированы, в итоговое сравнение включили пациентов с переломами типа А3 на уровне ГПП.

Критерии включения и исключения пациентов из исследования

Критерии включения:

- возраст пациентов старше 18 лет;
- острый или подострый периоды травмы;
- тип перелома А3 по классификации AOSpine;
- отсутствие клинических данных о компрессии нервных корешков или спинного мозга на уровне повреждения;

– степень перекрытия просвета позвоночного канала менее 50 % по данным КТ;

– информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии невключения:

- тяжелая сочетанная травма;
- тяжелые сопутствующие заболевания;
- верифицированный остеопороз;
- плотность костной ткани позвонков ГПП менее 100 едН;
- ранее выполненные операции на позвоночнике;
- риск наркоза 4 или 5 по ASA;
- невозможность участвовать в контрольных осмотрах в течение одного года после операции;
- участие в других клинических исследованиях, связанных с лечением заболеланий или травм позвоночника.

Критерии исключения:

- отзыв информированного согласия;
- пропуск пациентом запланированных контрольных осмотров;
- развитие осложнений или других заболеланий, требующих смены выбранной тактики лечения.

Методы лечения

Пациентам группы КоТ при поступлении в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского после верификации перелома в качестве первого этапа реабилитации назначали единый комплекс лечебной гимнастики, взятый из методики Гориневской – Древинг в сочетании с ранней активизацией пациента. Комплекс ЛФК был направлен на уменьшение болевого синдрома, улучшение трофики и профилактику биомеханических последствий. Вертикализацию проводили на 2–4-й день в гиперэкстензионном рамочном ортезе. На 7–10-й день после травмы пациента переводили на второй этап медицинской реабилитации в стационарное отделение Московского научно-практического центра медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого. Дальнейшая программа реабилитации включала в себя соблюдение ортопедического режима, индивидуальную

лечебную гимнастику с укреплением мышц-разгибателей спины, нижних конечностей, а также корректирующие, динамические и дыхательные упражнения, ходьбу под контролем боли, курс физиотерапии для снижения болевого синдрома, улучшения трофики в зоне перелома, улучшения остеорепаративных процессов. Длительность лечения в центре медицинской реабилитации составляла 10–14 дней. Далее пациента выписывали на амбулаторное лечение. Длительность ношения корсета – 3 мес. у всех больных.

В группу ХиЛ включены пациенты после вмешательств, не затрагивающих целостность заднего опорного столба (транспедикулярная фиксация без декомпрессии и передний спондилодез). Все операции выполняли по стандартным, общепринятым методикам. При передних и комбинированных вмешательствах применяли видеоэндоскопическую ассистенцию [7]. Имобилизацию жестким ортезом проводили в течение 1–3 мес. после операции. Специального лечения в условиях реабилитационного центра после операции пациенты не получали.

Оценка конечных точек в исследовании

Оценку конечных точек в проспективной группе проводили через 12 мес. после травмы. Пациентов группы ХиЛ вызывали для контрольных осмотров в 2023–2025 гг. В качестве первичной конечной точки использовали результаты оценки качества жизни по шкале Освестри (ODI). Анкета ODI представлена адаптированной для Российской Федерации версией [8] и включает 10 разделов, содержащих по 6 утверждений. В зависимости от ответа присваивался балл (от 0 до 5), максимальное количество баллов – 50, затем баллы переводили в проценты (от 0 до 100 %).

В качестве вторичных конечных точек использовали ВАШ боли и ряд рентгенологических показателей.

Всем пациентов при поступлении и при контрольном осмотре выполняли КТ ГПП. По данным КТ измеря-

ли бисегментарный угол Cobb, высоту переднего и заднего краев тела позвонка, площадь позвоночного канала на уровне перелома и в смежных с ним сегментах. Помимо этого, рассчитывали среднюю плотность тела позвонка в выше- и нижележащих смежных сегментах (HU1 и HU2). Далее проводили расчет следующих показателей:

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

где AVBH – относительная высота тела позвонка по переднему контуру; A_0 – высота переднего края тела сломанного позвонка (мм); A_1 и A_2 – высота переднего края тела выше- и нижележащих позвонков (мм);

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

где VBI – индекс тела позвонка; A_0 – высота тела позвонка по переднему контуру (мм); P_0 – высота тела позвонка по заднему контуру (мм);

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

где $CT_{ПК}$ – степень стеноза позвоночного канала (%); $S_{ПК0}$ – площадь позвоночного канала на уровне перелома ($см^2$); $S_{ПК1}$ и $S_{ПК2}$ – площадь позвоночного канала на выше- и нижележащих уровнях ($см^2$).

Для всех пациентов рассчитывали разность между значениями показателей CobbA, $CT_{ПК}$ и $S_{ПК}$ при финальном осмотре и при поступлении.

Также при анализе КТ определяли степень дегенеративных изменений фасеточных суставов в соответствии с критериями Pathria et al. [9]: степень I – норма; II – сужение суставной щели, возможно формирование кист и небольших остеофитов; III – минимальная суставная щель, выраженная гипертрофия сустава, остеофиты; IV – костный анкилоз сустава.

Степень изменений в межпозвоночных дисках (МПД) на КТ оценивали с учетом тенденции к формированию анкилоза: степень I – МПД с нормальной или сниженной высотой, отсутствие остеофитов и признаков формирования анкилоза; II – отчетливые остеофиты смежных позвонков без их сращения; степень III – костный

анкилоз в области сформированных остеофитов или любом другом месте МПД.

Рентгенологические результаты проведенного лечения разделили на три группы (табл. 1) [10, 11]. Оперированным пациентам без признаков костного блока или анкилозирования фиксированного сегмента с целью определения стабильности псевдоартроза дополнительно проводили функциональную рентгенографию.

Статистическая обработка данных

Все рентгенологические показатели рассчитывали в программе Radiant DICOM Viewer, версия 2025.2. Статистическую обработку данных выполняли в программе PC STATISTICA (версия 10).

Нормальность распределения данных проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Показатели с нормальным распределением сравнивали с применением *t*-критерия Стьюдента. Для сравнения непрерывных данных между группами при ненормальном распределении использовали кри-

терий Манна – Уитни (*U*-критерий). Для категориальных и дихотомических переменных различия между группами оценивали с использованием критерия χ^2 либо двустороннего точного критерия Фишера. Статистические гипотезы проверяли при уровне значимости $p < 0,05$.

Этические аспекты исследования

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Все пациенты предоставили письменное согласие на участие в нем. Исследование проводили на базе двух центров: НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва) и Московского научно-практического центра медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого. Исследование одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (протокол № 5-23 от 20.09.2023).

Таблица 1

Критерии оценки рентгенологических исходов

Критерий	Группа консервативной терапии	Группа хирургического лечения
Сращение	Сращение линий перелома тела позвонка	Множественные костные мостики между трансплантатом и позвонками либо анкилозирование фиксированного сегмента в области тел позвонков или фасеточных суставов
Стабильный псевдоартроз	Несращение линий перелома вплоть до их остеолиза без клинических и рентгенологических признаков нестабильности на этом уровне	Отсутствие сращения в оперированных сегментах без прогрессирования кифотической деформации, степени компрессии позвонка и клинических проявлений нестабильности; возможен остеолиз вокруг винтов фиксирующей системы
Псевдоартроз с клиническими и/или рентгенологическими признаками нестабильности	Отсутствие сращения/костного блока с нестабильностью в сегменте, прогрессированием кифотической деформации и компрессии тела позвонка на фоне несостоятельности конструкции	

Результаты

Общая характеристика пациентов
 В 2022–2025 гг. в рамках проспективного исследования были направлены в реабилитационный центр 46 пациентов, из них 17 включены в исследование (рис. 1). Группа исторического контроля – 23 пациента, оперированные в 2009–2022 гг. При сравнении групп КоТ и ХиЛ статистически значимых различий по основным демографическим и рентгенологическим показателям не выявлено, за исключением среднего возраста (табл. 2). Пациенты основной группы (КоТ) оказались в среднем на 10 лет старше, что могло бы отрицательно повлиять на исходы лечения. Тем не менее с учетом дизайна исследования (non-inferiority) в случае отсутствия значимых различий между группами в первичной конечной точке фактор разницы в возрасте может быть нивелирован. В связи с этим исследование и дальнейшая статистическая обработка материала были продолжены.

Медиана сроков начала лечения в группе КоТ составила 3,0 дня [Q1–Q3: 0,3–10,0]. Для группы ХиЛ этот показатель составил 8,0 дней

[Q1–Q3: 5,5–21,0]. Большинство пациентов контрольной группы ($n = 15$; 65,2 %) прооперированы в объеме бисегментарного переднего спондилодеза. Из них у 12 пациентов межтеловой спондилодез выполнен с использованием ауто- или аллокости, а в трех случаях использовали дистракционный кейдж с заполнением корпэктомического окна фрагментами сломанного позвонка. Оставшаяся 1/3 больных оперирована методом транспедикулярной фиксации без декомпрессии, из них в трех случаях выполнена короткая 4-винтовая фиксация, а в пяти случаях – длинная 6- или 8-винтовая. Значимых статистических различий по демографическим и рентгенологическим показателям между подгруппами не выявили (табл. 3). Контрольные осмотры проведены через $13,2 \pm 1,1$ мес. в группе КоТ и $67,7 \pm 52,3$ мес. – в группе ХиЛ.

Сравнение рентгенологических результатов консервативного и хирургического лечения

Обе исследуемые группы продемонстрировали практически одинаковые финальные значения угла Cobb (табл. 4), при этом его меньшее нара-

стание в группе ХиЛ за счет интраоперационной коррекции кифоза и ее удержания при помощи металлоимплантатов оказалось статистически незначимым ($0,7^\circ$ и $4,9^\circ$ соответственно; t -тест, $p = 0,133$). Преимущества группы ХиЛ отмечены в восстановлении просвета позвоночного канала с вдвое большим увеличением его площади, чем в группе КоТ (t -тест, $p = 0,007$), тем не менее финальные показатели стеноза позвоночного канала в исследуемых группах значимо не отличались (рис. 2).

В отношении дегенеративных изменений в травмированном и смежном сегментах преимущество было выявлено в группе КоТ. Несмотря на то что в данной группе средний возраст значительно выше, анкилозирование фасеточных суставов и МПД было значимо чаще при хирургическом лечении (χ^2 тест, $p < 0,001$ и $p = 0,001$ соответственно).

Сращение в результате проведенного лечения выявлено у 91,3 % пациентов группы ХиЛ и у 88,2 % группы КоТ (χ^2 тест, $p = 0,193$). В двух наблюдениях в группе КоТ выявлен стабильный псевдоартроз, не требующий дальнейших лечебных мероприятий. Каких-либо осложнений, связанных с областью травмы, у пациентов после консервативного лечения не было. В группе ХиЛ у одного пациента через 1 год после операции выявлена несостоятельность передней фиксирующей системы с нарастанием кифотической деформации и клиническими проявлениями нестабильности, что потребовало реоперации. У одного пациента с лизисом костной ткани позвонка вокруг нижних винтов транспедикулярной фиксации результат лечения трактовали как стабильный псевдоартроз. В двух наблюдениях отмечено проламывание кортикального слоя тела позвонка протезом с нарастанием кифотической деформации, еще в одном – перелом двух нижних винтов транспедикулярной фиксации. Тем не менее в этих трех наблюдениях констатировано достижение блокирования, данные изменения скорее являлись рентгенологи-

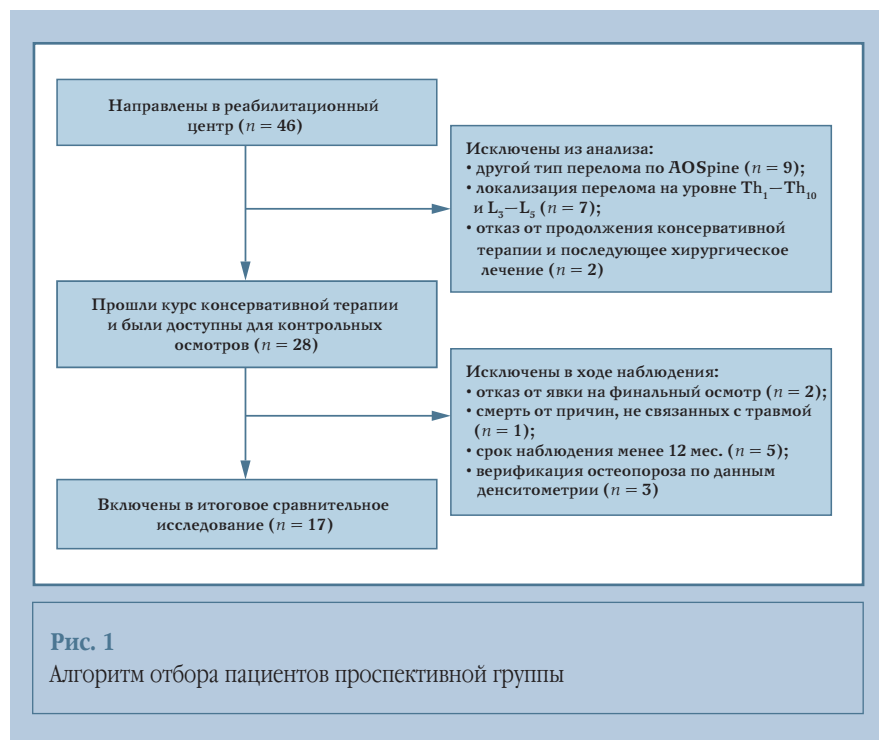


Таблица 2

Основные показатели пациентов исследуемых групп при поступлении

Параметр	Группа консервативной терапии (n = 17)	Группа хирургического лечения (n = 23)	p
<i>Демографические показатели</i>			
Мужчины/женщины, n	6/11	11/12	0,525*
Возраст, лет	52,4 ± 15,2	42,9 ± 13,9	0,049**
<i>Рентгенологические показатели</i>			
Угол Cobb, град. (min–max)	7,8 ± 4,3 (0,4–14,9)	10,1 ± 5,5 (–3,0–21,1)	0,182**
Относительная высота тела позвонка по переднему контуру, % (min–max)	73,4 ± 8,9 (51,8–88,1)	69,2 ± 13,1 (44,1–94,3)	0,273**
Индекс тела позвонка (min–max)	0,77 ± 0,10 (0,54–1,01)	0,74 ± 0,14 (0,44–1,01)	0,518**
Стеноз позвоночного канала, % (min–max)	20,1 ± 14,2 (0,2–43,9)	27,2 ± 12,5 (0,0–48,9)	0,103**
Вышележащие смежные сегменты, едН	152,5 ± 36,2	175,8 ± 40,6	0,079**
Нижележащие смежные сегменты, едН	147,5 ± 32,9	166,4 ± 46,8	0,176**
<i>Дегенеративные изменения фасеточных суставов на уровне сломанного позвонка, n</i>			
I степень	49	61	0,215***
II–III степень	17	10	
IV степень	2	3	
<i>Дегенеративные изменения смежных фасеточных суставов, n</i>			
I степень	51	67	0,447***
II–III степень	12	14	
IV степень	3	1	
<i>Дегенеративные изменения в межпозвонковых дисках на уровне сломанного позвонка, n</i>			
I степень	31	41	0,152***
II степень	2	0	
III степень	1	0	
<i>Дегенеративные изменения в смежных межпозвонковых дисках, n</i>			
I степень	29	43	0,064***
II степень	3	0	
III степень	1	0	

* Двусторонний точный тест Фишера; ** t-тест Стьюдента; *** χ^2 тест

Таблица 3

Общая характеристика подгрупп при поступлении в зависимости от метода хирургического лечения

Параметр	Транспедикулярная фиксация (n = 8)	Передний спондилодез (n = 15)	p
Мужчины/женщины, n	4/4	7/8	1,000*
Возраст, лет	40,3 ± 16,6	44,4 ± 12,5	0,511**
Угол Cobb, град.	12,3 ± 5,4	9,1 ± 5,5	0,252**
Относительная высота тела позвонка по переднему контуру, %	66,4 ± 17,6	70,4 ± 11,3	0,541**
Индекс тела позвонка	0,68 ± 0,18	0,77 ± 0,12	0,205**
Вышележащие смежные сегменты, едН	178,4 ± 41,2	174,7 ± 42,0	0,861**
Нижележащие смежные сегменты, едН	173,5 ± 28,0	163,1 ± 51,5	0,666**
Стеноз позвоночного канала, %	27,2 ± 10,0	27,3 ± 13,9	0,982**

* Двусторонний точный тест Фишера, ** t-тест.

Таблица 4

Сравнение рентгенологических показателей и результатов лечения в исследуемых группах

Параметр	Группа консервативной терапии (n = 17)	Группа хирургического лечения (n = 23)	p
<i>Динамика рентгенологических показателей</i>			
Угол Cobb (финальный), град.	12,8 ± 9,2	11,6 ± 7,5	0,678*
Изменение угла Cobb, град.	4,9 ± 8,3	0,7 ± 8,3	0,133*
Стеноз позвоночного канала (финальный), %	9,3 ± 8,9	6,7 ± 8,9	0,377*
Изменение стеноза позвоночного канала, %	10,7 ± 8,8	21,0 ± 14,0	0,012*
Изменение площади позвоночного канала, см ²	0,4 ± 0,3	0,9 ± 0,7	0,007*
<i>Динамика дегенеративных изменений в фасеточных суставах на уровне перелома, n</i>			
Нет	48	7	<0,001**
Нарастание до II–III степени	7	12	
Анкилозирование	11	46	
<i>Динамика дегенеративных изменений в смежных фасеточных суставах, n</i>			
Нет	50	54	0,163**
Нарастание до II–III степени	13	17	
Анкилозирование	2	9	
<i>Динамика дегенеративных изменений в смежных межпозвонковых дисках, n</i>			
Нет	33	27	0,001**
Формирование остеофитов	–	7	
Анкилозирование	–	7	
<i>Рентгенологические результаты, n</i>			
Сращение	15	21	0,480**
Стабильный псевдоартроз	2	1	
Нестабильный псевдоартроз	0	1	

* t-тест; **χ² тест.

ческими находками. Поверхностных и глубоких инфекционных осложнений в раннем и позднем послеоперационном периодах не было.

Сравнение клинических результатов консервативного и хирургического лечения

При анализе клинических результатов проведенного лечения группа КоТ продемонстрировала следующие преимущества:

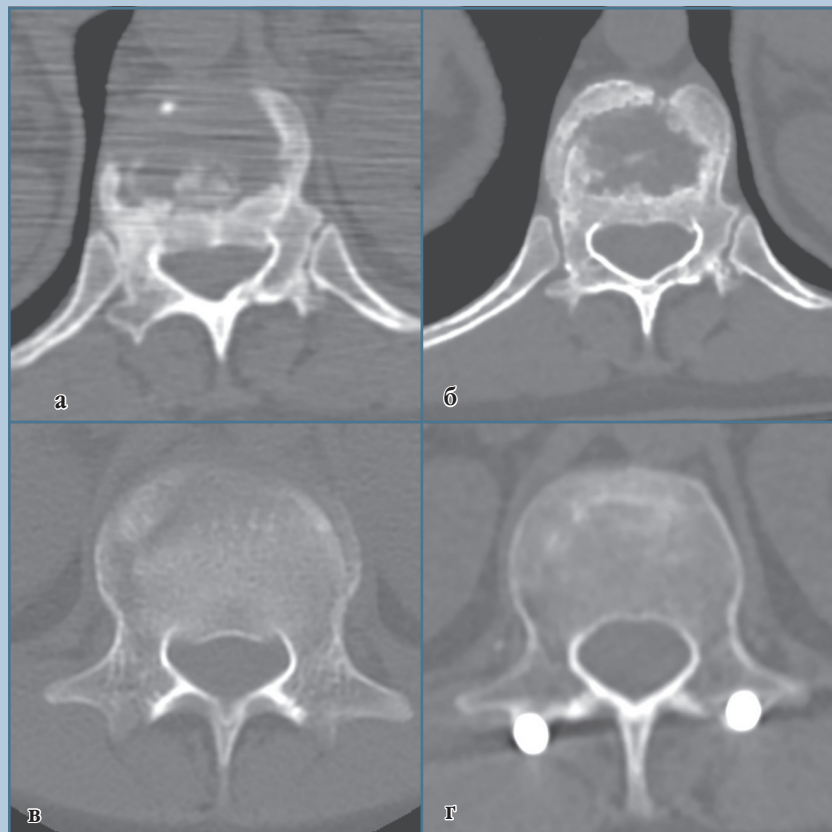
– через год после травмы у пациентов практически отсутствовала боль в области перелома, что отразилось на качестве жизни; при этом медиана уровня боли по ВАШ в группе составила 0 [Q1–Q3: 0–1] при показателе в 2 балла [Q1–Q3: 1–3] в группе ХиЛ ($p < 0,001$);

– значение ODI в группе КоТ также было значимо меньшим по сравнению с группой ХиЛ, составив соответственно 4 % [Q1–Q3: 0–4] и 12 % [Q1–Q3: 6–26]; $p < 0,001$.

Обсуждение

Решение о консервативном лечении пациентов с неосложненными взрывными переломами ГПП до сих пор является противоречивым. Российские протоколы лечения позвоночно-спинномозговой травмы в таких случаях либо рекомендуют проведение только хирургического лечения [14], либо не дают каких-либо четких рекомендаций в отношении консервативного [15]. В рекомендациях международных нейрохирургических обществ считается возможным проведение консервативной терапии у больных с небольшими степенями компрессии и кифотической деформации [16, 17]. К сожалению, такая нечеткая трактовка в рекомендательных протоколах ограничивает хирурга и пациента в выборе метода лечения и делает операцию неизбежной. Данная ситуация в большей степени обусловлена

отсутствием однозначных результатов опубликованных проспективных исследований (табл. 5). В частности, единственный аспект, в отношении которого у авторов имеется относительно схожее мнение, – это преимущество операции в коррекции кифотической деформации и поддержании достигнутого эффекта в отдаленном периоде травмы. Одновременно с этим исследование с уровнем доказательности 2 продемонстрировало совершенно разные клинические результаты: отсутствие значимой разницы [18], преимущество консервативной терапии [19] и лучшие исходы хирургического лечения [20]. Три проспективных исследования не выявили значимой разницы в сроках возврата к трудовой деятельности [18, 19, 24]. Отсутствие четких рекомендаций нейрохирургических обществ, с одной стороны, и неоднородные данные в опубликованных исследова-

**Рис. 2**

КТ сломанного позвонка после консервативного (а, б) и после хирургического (в, г) лечения: а – КТ Th₁₂ позвонка после получения травмы, стеноз позвоночного канала – 32,3 %; б – контрольные КТ Th₁₂ позвонка после терапии, стеноз позвоночного канала – 10,6 %, увеличение площади позвоночного канала – 0,523 см²; в – КТ L₁ позвонка при поступлении, стеноз позвоночного канала – 22,2 %; г – контрольные КТ после транспедикулярной фиксации, стеноз позвоночного канала – 0,0 %, увеличение площади позвоночного канала – 0,967 см²

ниях, с другой, послужили основной причиной настоящего исследования.

Так, в отношении первичной конечной точки у пациентов группы КоТ получены лучшие результаты. Качество жизни, оцененное по ODI, было значимо выше у пациентов после консервативной терапии. Тем не менее разница между медианными показателями составила 8 %, что меньше MCID, которое составляет 17,5 % [12]. В связи с этим данное преимущество группы КоТ является статистически, но не клинически значимым. Несмотря на это, нам удалось продемонстрировать

не меньшую клиническую эффективность консервативного лечения по сравнению с хирургическим, что, на наш взгляд, могут обуславливать 2 фактора.

Во-первых, все пациенты после консервативной терапии получили курс восстановительного лечения уже со 2-го дня нахождения в стационаре. Суммарно он достигал 24 дней с учетом нахождения в реабилитационном центре. Из всех опубликованных работ лишь две [20, 21] указывают на восстановительное лечение или перевод в реабилитационный центр пациентов группы консерватив-

ной терапии, что, несомненно, могло повлиять на итоговый результат.

Во-вторых, мы ограничили выборку лишь пациентами с переломами типа А3 по AOSpine. Практически все сравнительные исследования включили в себя все взрывные переломы (А3 и А4). За счет вовлечения нижней замыкательной пластины тела позвонка повреждения типа А4 являются более тяжелыми и, на наш взгляд, их наличие в основной группе может ухудшить как рентгенологические, так и клинические исходы. К сожалению, ни один из авторов ранее опубликованных работ не проводил стратификацию по подгруппам А3 и А4. Следует отметить, что в группу исторического контроля были включены 2 метода лечения. Это связано с тем, что при транспедикулярной фиксации без декомпрессии и переднего спондилодеза значимой разницы в отдаленных клинических результатах нет, что в большей степени обусловлено сохранением заднего опорного столба [26]. С учетом выбранной первичной конечной точки мы решили объединить эти две группы, тем более что по демографическим и рентгенологическим параметрам при поступлении они значимо не отличались. Также мы объединили пациентов с различной протяженностью транспедикулярной фиксации, поскольку ее длина значимого влияния на отдаленные клинические результаты не оказывала [27].

При оценке вторичных конечных точек исследования также было выявлено, что коррекция кифотической деформации и удержание полученного эффекта были несколько лучше в группе ХиЛ, что соответствует опубликованным ранее исследованиям (табл. 5).

Несмотря на преимущества хирургических методов декомпрессии содержимого позвоночного канала, степень остаточного стеноза его содержимого между группами после лечения значимо не отличалась. Данный факт вкупе с имеющимися результатами метаанализа [6] демонстрирует, что при умеренных стенозах содержи-

Таблица 5

Сравнительные исследования, демонстрирующие преимущество консервативного или хирургического лечения при оценке отдаленных результатов

Источник	Уровень достоверности доказательств	Изменения угла Cobb	Изменения стеноза позвоночного канала	ВАШ	Клинический результат	Возврат к труду
Shen et al. [18]	3	ХиЛ	—	Н/з	Н/з	Н/з
Wood et al. [19]	3	Н/з	Н/з	Н/з	КоТ	Н/з
Siebenga et al. [20]	2	ХиЛ	—	ХиЛ	ХиЛ	ХиЛ
Post et al. [21]	3	—	—	Н/з	Н/з	—
Landi et al. [22]	3	—	—	—	ХиЛ	ХиЛ
Mohamadi et al. [23]	2	ХиЛ	—	—	—	ХиЛ
Pehlivanoglu et al. [24]	3	ХиЛ	—	Н/з	Н/з	Н/з
Gonzales-Portillo et al. [25]	3	Н/з	—	Н/з	—	—

ХиЛ — хирургическое лечение; КоТ — консервативная терапия; Н/з — нет статистически значимого преимущества консервативного или хирургического лечения.

мого позвоночного канала лизис костных отломков на фоне внешней иммобилизации у определенных пациентов обеспечивает сопоставимые с хирургическим лечением результаты.

Вместе с традиционными рентгенологическими показателями мы оценили выраженность дегенеративных изменений как в области сломанного позвонка, так и в смежных с ним сегментах. Следует обратить внимание, что до лечения пациенты обеих групп не имели значимых различий в степени дегенеративных изменений как фасеточных суставов, так и МПД. В результате жесткой внутренней иммобилизации в группе ХиЛ на уровне перелома интактными остались лишь 10,8 % фасеточных суставов, в то время как в группе КоТ — 72,7 %. Также при хирургическом лечении значимо чаще происходило анкилозирование смежных с операцией сегментов как на уровне диска, так и в области суставов. Таким образом, мы получили наглядные доказательства некоторых очевидных недостатков хирургического лечения, что дополнительно свидетельствует в пользу необходимости удаления системы фиксации после транспедикулярной фиксации.

Таким образом, в результате исследования выявлено, что консервативное лечение не уступает в клинической эффективности стандартному

хирургическому лечению у определенной когорты пациентов с переломами А3 на уровне ГПП. Авторы данного исследования не считают необходимым полностью отказываться от хирургического лечения таких пациентов, но предлагают рассматривать консервативную терапию как сопоставимую альтернативу. Более того, на основании полученных результатов пациент после должного информирования врачом может самостоятельно сделать обоснованный выбор в пользу того или иного метода лечения.

Ограничения исследования

Основным ограничением настоящего исследования является применение исторического контроля. Формирование проспективной контрольной группы позволило бы повысить уровень доказательности исследования. Тем не менее ряд фактов, на наш взгляд, позволяет частично нивелировать данное ограничение. Во-первых, обе группы сопоставимы по всем демографическим и рентгенологическим параметрам при поступлении в стационар, во-вторых, выборка по хирургическому лечению является непрерывной и последовательной, то есть представлена всеми удовлетворяющими критериям включения пациентами, прооперированными в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского за длительный временной про-

межуток и доступными для контрольного осмотра.

Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о том, что у пациентов с неосложненными переломами типа А3 по AOSpine на уровне ГПП отдаленные клинические результаты консервативной терапии сопоставимы с результатами хирургического лечения при условии кифотической деформации менее 14,9°, AVBH — более 51,8 %, VBI — выше 0,54 и стеноза позвоночного канала — менее 43,9 %. Курс восстановительного лечения должен начинаться с первых-вторых суток после установления диагноза и продолжаться в условиях реабилитационного центра. Хирургическое лечение позволяет лучше скорректировать кифотическую деформацию и стеноз содержимого позвоночного канала, однако стимулирует развитие дегенеративных изменений как в области сломанного позвонка, так и в смежных с ним сегментах. Окончательное решение о выборе метода лечения (хирургического или консервативного) при таких переломах должно приниматься совместно с пациентом с учетом сопоставимого клинического результата, необходимости коррекции деформации и вероятности осложнений.

Литература/References

1. **Фарйон А.О., Паськов Р.В., Сергеев К.С., Базаров А.Ю., Прокопьев А.Н., Дадашев С.И.** Анализ эпидемиологических показателей, госпитального лечения, характера и вида повреждений позвоночника у взрослых пациентов, проходивших лечение в травматологическом центре I уровня. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2025;32(1):61–70. [Farion AO, Paskov RV, Sergeev KS, Bazarov AY, Prokopen AN, Dadashev SI. Analysis of epidemiological indicators, hospital treatment, the nature and type of spinal injuries in adult patients treated at a level I trauma center. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(1):61–70]. DOI: 10.17816/vto629457 EDN: ASDQV
2. **Морозов И.Н., Млявых С.Г.** Эпидемиология позвоночно-спинномозговой травмы (обзор). *Медицинский альманах*. 2011;(4):157–159. [Morozov IN, Mlyavukh SG. Epidemiology of spinal cord injury (review). *Medical Almanac*. 2011;(4):157–159]. EDN: NUJLSD
3. **Гринь А.А., Талыпов А.Э., Кордонский А.Ю., Каранадзе В.А., Львов И.С., Смирнов В.А., Абдрафиев Р.И.** Эффективность и безопасность короткой транспедикулярной фиксации при неосложненных взрывных переломах нижнегрудного и поясничного отделов позвоночника: метаанализ исследований, опубликованных за последние 20 лет. *Хирургия позвоночника*. 2024;21(3):14–24. [Grin AA, Talypov AE, Kordonskiy AY, Karanadze VA, Lvov IS, Smirnov VA, Abdrafiev RI. Efficacy and safety of short segment pedicle screw fixation in patients with neurologically intact burst fractures of the lower thoracic and lumbar spine: a meta-analysis of studies published over the last 20 years. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(3):14–24]. DOI: 10.14531/ss2024.3.14-24 EDN: RBBLQI
4. **Rometsch E, Spruit M, H rti R, McGuire RA, Gallo-Kopf BS, Kalampoki V, Kandziara F.** Does operative or nonoperative treatment achieve better results in A3 and A4 spinal fractures without neurological deficit? Systematic literature review with meta-analysis. *Global Spine J*. 2017;7:350–372. DOI: 10.1177/2192568217699202
5. **Гринь А.В., Талыпов А.Э., Каранадзе В.А., Кордонский А.Ю., Абдрафиев Р.И.** Дегенеративные изменения в позвоночно-двигательном сегменте после хирургического лечения переломов грудного и поясничного отделов позвоночника. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова*. 2025;17(3):43–53. [Grin AA, Talypov AE, Karanadze VA, Kordonskiy AY, Abdrafiev RI. Degenerative changes in the spinal motion segment following surgical treatment of thoracic and lumbar spine fractures. *Russian neurosurgical journal named after professor A.L. Polenov*. 2025;XVII(3):43–53]. DOI: 10.56618/2071-2693_2025_17_3_43 EDN: JSSNFY
6. **Гринь А.А., Каранадзе В.А., Кордонский А.Ю., Талыпов А.Э., Львов И.С., Абдрафиев Р.И.** Эффективность и безопасность консервативной терапии у пациентов со взрывными неосложненными переломами грудного и поясничного отделов позвоночника: метаанализ. *Хирургия позвоночника*. 2024;21(2):27–38. [Grin AA, Karanadze VA, Kordonskiy AY, Talypov AE, Lvov IS, Abdrafiev RI. Efficacy and safety of conservative treatment in patients with neurologically intact thoracolumbar burst fractures: a meta-analysis. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2024;21(2):27–38]. DOI: 10.14531/ss2024.2.27-38 EDN: NGRFQW
7. **Liu GPK, Das K.** Video assisted thoracoscopic surgery for spinal conditions. *Neuro India*. 2005;53:480–485. DOI: 10.4103/0028-3886.22619
8. **Черепанов Е.А.** Русская версия опросника Освестри: культурная адаптация и валидность. *Хирургия позвоночника*. 2009;(3):93–98. [Cherepanov EA. Russian version of the Oswestry Disability Index: cross-cultural adaptation and validity. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2009;(3):93–98]. DOI: 10.14531/ss2009.3.93-98 EDN: KXDEMR
9. **Pathria M, Sartoris DJ, Resnick D.** Osteoarthritis of the facet joints: accuracy of oblique radiographic assessment. *Radiology*. 1987;164:227–230. DOI: 10.1148/radiology.164.1.3588910
10. **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
11. **Lee YP, Sclafani J, Garfin SR.** Lumbar pseudarthrosis: diagnosis and treatment. *Semin Spine Surg*. 2011;23:275–281. DOI: 10.1053/j.semss.2011.05.009
12. **Hung M, Saltzman CL, Kendall R, Bounsanga J, Voss MW, Lawrence B, Spiker R, Brodke D.** What are the MCIDs for PROMIS, NDI, and ODI instruments among patients with spinal conditions? *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476:2027–2036. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000419
13. RiskCalc Sample Size Calculator. Cleveland Clinic Lerner Research Institute; 2016–2025. [Electronoc resource]. URL: <https://riskcalc.org/samplesize> (дата обращения: 14.09.2023). [RiskCalc Sample Size Calculator. Cleveland Clinic Lerner Research Institute; 2016–2025. [Electronoc resource]. URL: <https://riskcalc.org/samplesize>. Accessed date 14/09/2023].
14. Перелом (вывих) грудного и пояснично-крестцового отдела позвоночника. Клинические рекомендации / Ассоциация нейрохирургов России, Ассоциация травматологов и ортопедов России, Ассоциация хирургов-вертебрологов, Союз реабилитологов России. Утв. 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/448_4 [Fracture (dislocation) of the thoracic and lumbosacral spine. Clinical guidelines / Association of Neurosurgeons of Russia, Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia, Association of Spine Surgeons, Union of Rehabilitation Specialists of Russia. Approved 2024. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/448_4].
15. Перелом (вывих) грудного и поясничного отделов позвоночника. Клинические рекомендации. Утверждены Минздравом РФ. Москва, 2023. [Fractures (dislocations) of the thoracic and lumbar spine. Clinical guidelines. Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow, 2023]. URL: https://disuria.ru/_id/12/1274_kr21522523532MZ.pdf.
16. **Peev N, Zileli M, Sharif S, Arif S, Brady Z.** Indications for nonsurgical treatment of thoracolumbar spine fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021;18:713–724. DOI: 10.14245/ns.2142390.195
17. **Rabb CH, Hoh DJ, Anderson PA, Arnold PM, Chi JH, Dailey AT, Dhall SS, Eichholz KM, Harrop JS, Qureshi S, Raksin PB, Kaiser MG, O'Toole JE.** Congress of neurological surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: operative versus nonoperative treatment. *Neurosurgery*. 2019;84:E50–E52. DOI: 10.1093/neuros/nyy361
18. **Shen WJ, Liu TJ, Shen YS.** Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:1038–1045. DOI: 10.1097/00007632-200105010-00010
19. **Wood K, Buttermann G, Mehdod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechrist V.** Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:773–781. DOI: 10.2106/00004623-200305000-00001
20. **Siebenga J, Leferink VJ, Segers MJ, Elzinga MJ, Bakker FC, Haarman HJ, Rommens PM, ten Duis HJ, Patka P.** Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:2881–2890. DOI: 10.1097/01.brs.0000247804.91869.1e
21. **Post RB, van der Sluis CK, Leferink VJ, ten Duis HJ.** Long-term functional outcome after type A3 spinal fractures: operative versus non-operative treatment. *Acta Orthop Belg*. 2009;75:389–395.
22. **Landi A, Marotta N, Mancarella C, Meluzio MC, Pietrantonio A, Delfini R.** Percutaneous short fixation vs conservative treatment: comparative analysis of clinical

- and radiological outcome for A3 burst fractures of thoraco-lumbar junction and lumbar spine. *Eur Spine J.* 2014;23 Suppl 6:671–676. DOI: 10.1007/s00586-014-3554-x
23. **Mohamadi A, Googanian A, Ahmadi A, Kamali A.** Comparison of surgical or nonsurgical treatment outcomes in patients with thoracolumbar fracture with Score 4 of TLICS: A randomized, single-blind, and single-central clinical trial. *Medicine (Baltimore).* 2018;97:e9842. DOI: 10.1097/MD.0000000000009842
24. **Pehlivanoglu T, Akgul T, Bayram S, Meric E, Ozdemir M, Korkmaz M, Sar C.** Conservative versus operative treatment of stable thoracolumbar burst fractures in neurologically intact patients: is there any difference regarding the clinical and radiographic outcomes? *Spine (Phila Pa 1976).* 2020;45:452–458. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003295
25. **Gonzales-Portillo GS, Mamaril-Davis JC, Riordan K, Avila MJ, Aguilar-Salinas P, Burket A, Dumont T.** Evaluation of the thoracolumbar injury classification and severity (TLICS) score over a two-year period at a level one trauma center. *Cureus.* 2023;15:e43762. DOI: 10.7759/cureus.43762
26. **Wang T, Wang Z, Ji P, Zhang J, Zhang C, Zhang L.** The efficacy and safety of anterior versus posterior approach for the treatment of thoracolumbar burst fractures: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med.* 2022;10:309. DOI: 10.21037/atm-22-903
27. **Grin A, Karanadze V, Ivov I, Kordonskiy A, Talypov A, Smirnov V, Zakharov P.** Effective method of pedicle screw fixation in patients with neurologically intact thoracolumbar burst fractures: a systematic review of studies published over the last 20 years. *Neurocirugia (Engl Ed).* 2024;35:299–310. DOI: 10.1016/j.neucie.2024.07.009

Статья поступила в редакцию 19.10.2025

Рецензирование пройдено 08.05.2026

Подписано в печать 27.05.2026

Received 19.10.2025

Review completed 08.05.2026

Passed for printing 27.05.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. А.А. Гринь – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; А.Э. Талыпов – редактирование статьи, научное руководство; А.Ю. Кордонский – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; В.А. Каранадзе – сбор, анализ и обработка материала, написание статьи, подготовка текста к печати, идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; И.С. Львов – редактирование статьи, утверждение текста; Р.И. Абдрафиев – сбор, анализ и обработка материала, написание статьи, подготовка текста к печати; И.В. Погонченкова – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; Е.В. Костенко – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; М.Р. Макарова – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение текста; А.В. Леонов – идея исследования, подготовка плана статьи, редактирование статьи, окончательное утверждение 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. Исследование одобрено локальным комитетом по биомедицинской этике НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (протокол № 5-23 от 20.09.2023).

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

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Андрей Анатольевич Гринь, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 2194-2598; ORCID: 0000-0003-3515-8329; aagreeen@yandex.ru

Александр Эрнестович Талыпов, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 3415-8260; ORCID: 0000-0002-6789-8164; dr.talypova@mail.ru

Антон Юрьевич Кордонский, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 1263-2284; ORCID: 0000-0001-5344-3970; akord.neuro@mail.ru

Василий Амиранович Каранадзе, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 8101-3583; ORCID: 0000-0003-0180-9154; karanadzev@mail.ru

Иван Сергеевич Львов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 1252-3377; ORCID: 0000-0003-1718-0792; speleolog@mail.ru

✉Ринат Иrfанович Абдрафиев; Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская пл., 3; ORCID: 0000-0003-3328-8349; rinat-abdrafiyev@mail.ru

Ирэна Владимировна Погонченкова, д-р мед. наук, доцент; eLibrary SPIN: 8861-7367; ORCID: 0000-0001-5123-5991; pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

Елена Владимировна Костенко, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 1343-0947; ORCID: 0000-0003-0629-9659; ekostenko58@mail.ru

Марина Ростиславовна Макарова, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 7640-4570; ORCID: 0000-0002-1787-7015; MakarovaMR@zdrav.mos.ru

Алексей Владимирович Леонов; eLibrary SPIN: 6733-1637; ORCID: 0009-0005-9492-4953; LeonovAV51@zdrav.mos.ru

Authors' Info

Andrey Anatolyevich Grin, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 2194-2598; ORCID: 0000-0003-3515-8329; aagreeen@yandex.ru

Aleksandr Ernestovich Talypov, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 3415-8260; ORCID: 0000-0002-6789-8164; dr.talypova@mail.ru

Anton Yuryevich Kordonskiy, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1263-2284; ORCID: 0000-0001-5344-3970; akord.neuro@mail.ru

Vasily Amiranovich Karanadze, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 8101-3583; ORCID: 0000-0003-0180-9154; karanadzev@mail.ru

Ivan Sergeevich Lvov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1252-3377; ORCID: 0000-0003-1718-0792; speleolog@mail.ru

✉Rinat Irfanovich Abdrafiev; 3 Bolshaya Sukharevskaya sq., Moscow, 129090, Russia; ORCID: 0000-0003-3328-8349; rinat-abdrafiyev@mail.ru

Irena Vladimirovna Pogonchenkova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; eLibrary SPIN: 8861-7367; ORCID: 0000-0001-5123-5991; pogonchenkovaiv@zdrav.mos.ru

Elena Vladimirovna Kostenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 1343-0947; ORCID: 0000-0003-0629-9659; ekostenko58@mail.ru

Marina Rostislavovna Makarova, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 7640-4570; ORCID: 0000-0002-1787-7015; MakarovaMR@zdrav.mos.ru

Aleksey Vladimirovich Leonov; eLibrary SPIN: 6733-1637; ORCID: 0009-0005-9492-4953; LeonovAV51@zdrav.mos.ru



ТРАНСДЕНТАЛЬНАЯ ФИКСАЦИЯ ПЕРЕЛОМОВ ЗУБОВИДНОГО ОТРОСТКА С₂ ПОЗВОНКА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ: ПЕРВЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ

Д.А. Глухов, Т.А. Джуматов, А.В. Губин

Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова

Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Изучение первичных результатов хирургического лечения переломов зубовидного отростка С₂ позвонка у детей с использованием трансдентального винта.

Материал и методы. Проанализированы данные анамнеза, физикального осмотра, рентгенографии и КТ шейного отдела позвоночника пяти детей с медианой возраста 15 лет (min – 5, max – 17), которым выполнена фиксация перелома зубовидного отростка С₂ позвонка трансдентальным винтом. Собственные данные сопоставлены с данными литературы.

Результаты. У четырех пациентов диагностирован перелом зубовидного отростка со смещением, у одного – формирование ложного сустава на фоне консервативного лечения. Неврологических нарушений не было. Основная жалоба пациентов – боль в шее при движениях. Медиана времени операции составила 175 мин, кровопотеря – 10 мл. Интра- и послеоперационных осложнений зафиксировано не было. Через 3 мес. после хирургического лечения отмечены консолидация зубовидного отростка по данным КТ и купирование болевого синдрома.

Заключение. Трансдентальная фиксация зубовидного отростка С₂ позвонка применима у детей даже раннего возраста. Низкая частота осложнений и высокий процент первичной консолидации с сохранением ротационных движений позволяют рассматривать ее как метод выбора при лечении переломов и посттравматических ложных суставов зубовидного отростка.

Ключевые слова: перелом; зубовидный отросток; С₂; аксис; хирургия; трансдентальный винт; дети; подростки.

Для цитирования: Глухов Д.А., Джуматов Т.А., Губин А.В. Трансдентальная фиксация переломов зубовидного отростка С₂ позвонка у детей и подростков: первый опыт использования техники // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 48–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.48-53>

ODONTOID SCREW FIXATION OF THE C2 VERTEBRA FRACTURES IN CHILDREN AND ADOLESCENTS: INITIAL EXPERIENCE USING THE TECHNIQUE

D.A. Glukhov, T.A. Dzumatov, A.V. Gubin

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

Objective. To study the primary outcomes of surgical treatment of C2 odontoid fractures in children using the odontoid screw.

Material and Methods. The data of the anamnesis, physical examination, radiography and CT of the cervical spine of 5 children with a median age of 15 years (min – 5, max – 17) who underwent odontoid screw fixation for a C2 odontoid fracture were analyzed. Own data were compared with literature data.

Results. Four patients were diagnosed with a displaced odontoid fracture, and one developed a pseudoarthrosis despite conservative treatment. No neurological disorders were detected. The patients' primary complaint was neck pain with movement. The median surgical time was 175 minutes with blood loss of 10 ml. No intra- or postoperative complications were recorded. Three months after surgery, pain relief and CT-confirmed consolidation of the odontoid process were noted.

Conclusion. Odontoid screw fixation of the C2 vertebra is suitable for use even in young children. The low complication rate and high percentage of primary consolidation with preserved rotational motion make it the method of choice for treating fractures and post-traumatic pseudoarthrosis of the odontoid process.

Key Words: fracture; odontoid process; C2; axis; surgery; odontoid screw; children; adolescents.

Please cite this paper as: Glukhov D.A., Dzumatov T.A., Gubin A.V. Odontoid screw fixation of the C2 vertebra fractures in children and adolescents: initial experience using the technique. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(2):48–53. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.48-53>

На травму шейного отдела позвоночника у детей приходится до 1,0–1,6 % случаев [1–4], при этом у детей до 8 лет на долю повреждений верхнешейного отдела приходится 42,0–85,3 % [1, 2, 5, 6]. Такую распространенность повреждений связывают с возрастными анатомическими особенностями: большие пропорции головы относительно тела, слабость шейной мускулатуры и наличие синхондроза между основанием зубовидного отростка и телом С₂ позвонка, который представляет собой эмбриональный зачаток межпозвонкового диска С₁–С₂ [7]. Оссификация зоны данного синхондроза происходит в широком возрастном диапазоне – от 3 до 9 лет [8–11], хотя у некоторых людей центральный участок синхондроза сохраняется всю жизнь [9, 12]. С учетом частоты и возрастных особенностей представлена классификация поврежденных синхондроза С₂ позвонка у детей [11], в то время как при лечении пациентов детского возраста после оссификации синхондроза и взрослых распространена классификация переломов зубовидного отростка по Anderson и D'Alonzo [13]. У детей старшего возраста и подростков переломы зубовидного отростка происходят, как и у взрослых, чаще всего в случае высокоэнергетической (автотравма, кататравма) или спортивной травмы [1, 2, 5, 6].

В случае перелома зубовидного отростка без смещения возможно консервативное лечение жесткой внешней иммобилизацией, например ортезом типа Филадельфия. При наличии смещения используют 4 способа

хирургического лечения: гало-аппарат, фиксация С₁–С₂ по Goel – Harms [14, 15], трансартикулярная фиксация С₁–С₂ по Magerl [16] и трансдентальная фиксация канолированным винтом с неполной резьбой [17]. Из представленных способов хирургического лечения лишь трансдентальная фиксация винтом позволяет сохранить ротационные движения в сегменте С₁–С₂ без удаления имплантата. Несмотря на это, данная техника не имеет широкого распространения среди спинальных хирургов, занимающихся лечением пациентов детского возраста.

Цель исследования – изучение первичных результатов хирургического лечения переломов зубовидного отростка С₂ позвонка у детей с использованием трансдентального винта.

Материал и методы

Дизайн исследования: моноцентровая ретроспективная когорта.

Критерии включения:

- переломы зубовидного отростка С₂ позвонка со смещением 2-го типа (по классификации Anderson и D'Alonzo) вследствие перенесенной травмы;
- формирование ложного сустава на фоне консервативного лечения;
- метод лечения – спондилосинтез трансдентальным винтом;
- возраст пациента на момент хирургического лечения – до 18 лет.

Критерии исключения:

- переломы без смещения, пролежневые консервативно;
- патологические переломы на фоне деструктивных процессов;

- врожденные пороки С₂ позвонка (зубовидная кость).

У всех пациентов собирали анамнез, проводили физикальный осмотр, рентгенографию шейного отдела позвоночника в боковой проекции и через рот перед хирургическим лечением и после, а также КТ шейного отдела до хирургического лечения для уточнения особенностей перелома, после операции – для оценки положения винта, через 3 мес. – для оценки консолидации.

Значения параметров выборки представлены в виде Me (Q1–Q3), так как распределение данных отлично от нормального. Накопление, корректировку и систематизацию данных выполняли при помощи табличного редактора LibreOffice.Calc (версия 25.8.2, MPL v.2).

В соответствии с критериями включения и исключения в исследуемую группу вошли данные пяти пациентов с медианой возраста 15 лет (min 5, max 17), оперированных по поводу переломов зубовидного отростка С₂ позвонка в 2024–2025 гг. (табл.).

Описание хирургического лечения

В случаях смещения зубовидного отростка в позвоночный канал для исключения дальнейшей дислокации интубацию осуществляли при помощи фибробронхоскопии. Один пациент являлся носителем трахеостомы по причине ушиба головного мозга и длительного нахождения на ИВЛ.

Под общей анестезией голову пациента фиксировали в гало-короне за лобные и теменные бугры. Под контролем С-дуги выполняли репозицию

Таблица

Характеристика пациентов с переломом зубовидного отростка С₂ позвонка

Пациент	Возраст, лет	Пол	Давность травмы	Характер травмы	Тип перелома	Смещение/ ложный сустав	Консолидация через 3 мес.
1-й	15	М	10 дней	Падение с велосипеда	2	Кзади	+
2-й	5	М	34 дня	Автотравма (пешеход)	2	Кпереди	+
3-й	11	М	1 год 5 мес.	Прямой удар качелями	2	Ложный сустав	+
4-й	17	М	33 дня	Кататравма	2	Кзади	Нет данных
5-й	17	Ж	14 дней	Автотравма (пешеход)	2	Вправо	+

фрагмента зубовидного отростка. При необходимости использовали пальцевое давление через рот. Голову фиксировали в положении коррекции.

Для спондилосинтеза пациент оставался в положении на спине с валиком под плечами. Рот фиксировали открытым при помощи рентгенопрозрачного роторасширителя для беспрепятственного выполнения флюороскопического контроля. На уровне С₄–С₅ позвонков справа (с учетом правой рабочей руки хирурга) медиально от переднего края грудино-ключично-сосцевидной мышцы осуществляли горизонтальный разрез кожи

длиной до 15 мм, тупо формировали канал до основания С₂ позвонка. Далее под контролем С-дуги при помощи тубулярного защитника через передненижний угол тела С₂ позвонка по средней линии заводили спицу до вершины зубовидного отростка в положении репозиции. По спице выполняли рассверливание костного канала каноюлированным сверлом диаметром 3,2 мм и фиксацию зоны перелома каноюлированным винтом диаметром 4,5 мм с неполной нарезкой. По ходу хирургического вмешательства особое внимание уделяли спице, чтобы не продвинуть ее в боль-

шое затылочное отверстие и не удалить раньше времени. Всем пациентам выполняли интраоперационный КТ-контроль. После остеосинтеза голову пациента вращали под флюороскопией для подтверждения стабильности фиксации. Рану послойно ушивали без дренажей.

Результаты

Среди пациентов данной когорты у четырех диагностирован перелом зубовидного отростка со смещением вследствие острой травмы (рис. 1, 2), у одного – формирование ложного

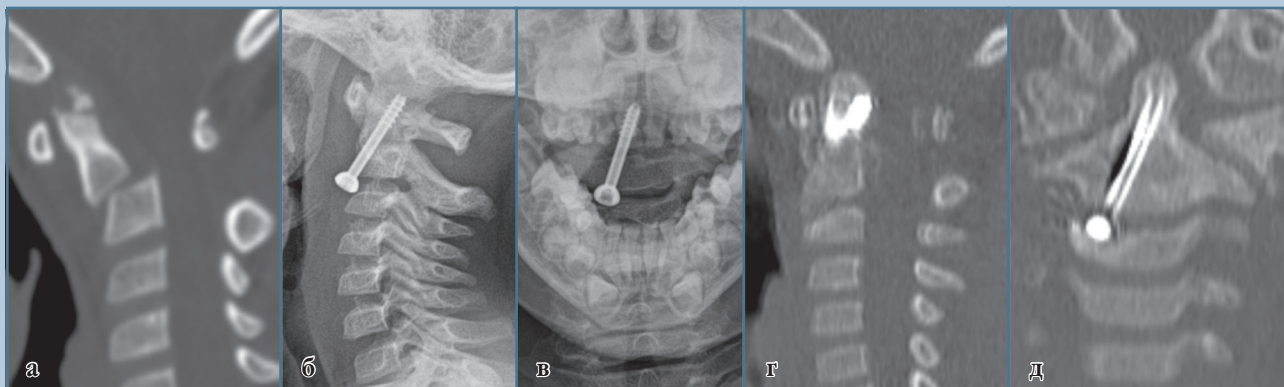


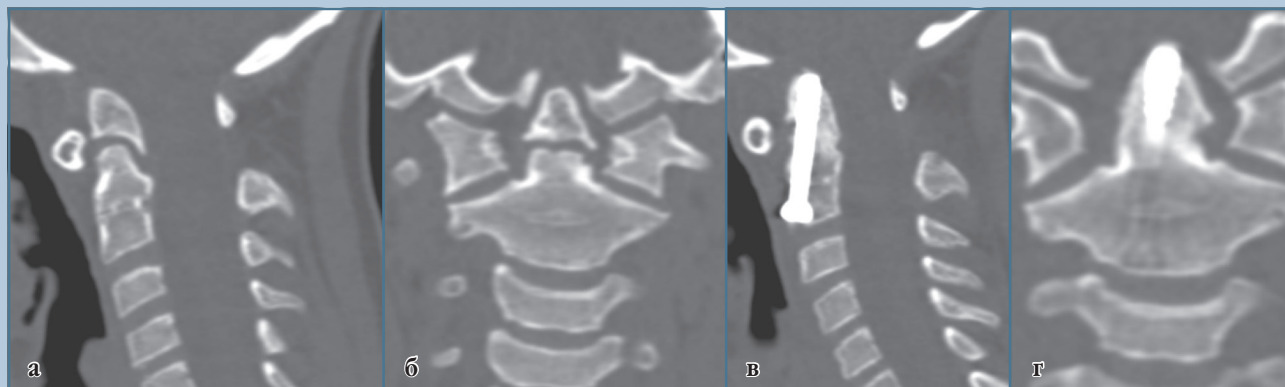
Рис. 1

Пациент 2: **а** – сагиттальный срез КТ: эпифизеолиз зубовидного отростка со смещением кпереди; **б, в** – рентгенограммы шейного отдела позвоночника в двух проекциях после хирургического лечения; **г, д** – сагиттальный и фронтальный срезы КТ через 3 мес. после операции



Рис. 2

Пациент 5: **а, б** – фронтальный и сагиттальный срезы КТ до операции: перелом зубовидного отростка со смещением вправо; **в, г** – фронтальный и сагиттальный срезы КТ после операции

**Рис. 3**

Пациент 3: **а, б** – сагиттальный и фронтальный срезы КТ через 1 год 5 мес. после травмы; посттравматический ложный сустав зубовидного отростка; **в, г** – сагиттальный и фронтальный срезы КТ через 3 мес. после операции

сустава на фоне постоянной иммобилизации ортезом типа Филадельфия на протяжении 1 года 5 мес. (рис. 3).

Неврологических нарушений, связанных с травмой, выявлено не было. Основная жалоба у всех пациентов при поступлении – боль в шее при движении, соответствующая 5 (5–6) баллам по ВАШ.

Медиана времени операции составила 175 (100–175) мин, кровопотеря – 10 (5–20) мл. Интра- и послеоперационных осложнений зафиксировано не было.

Все пациенты вертикализировались в день операции. На 4 недели началось ношение мягкого воротника Шанца. После прекращения иммобилизации начиналась постепенная разработка ротационных движений в шейном отделе позвоночника.

Ближайшие результаты оценены у четырех пациентов, пациент 4 на контрольный осмотр не явился. На КТ через 3 мес. после хирургического лечения у пациентов отмечена консолидация зубовидного отростка. Болевой синдром купирован.

Обсуждение

Большинство представленных в электронных базах данных публикаций отражает единичные клинические случаи лечения переломов зубовидного

отростка у детей при помощи трансдентального винта [18–25].

Farrokhi et al. [25] представили наиболее интересный случай: хирургическое лечение 18-месячной девочки с прослеженным 6-летним катамнезом. На фоне роста ребенка и наличия имплантата на контрольных рентгенограммах наблюдаются правильные соотношения в сегменте С₁–С₂ без формирования вторичной деформации.

Клинические серии по 3, 4 и 13 пациентов представлены в трех работах [26–28]. Наибольшая серия показывает 10-летний моноцентровой опыт группы авторов под руководством Sawarkar [28] с периодом наблюдения от 20 до 72 мес. Анализируя результаты лечения, исследователи отметили полную консолидацию в 10 случаях, фиброзное сращение в одном случае, несращение также в одном случае. Один пациент погиб от неврологических осложнений во время миграции спицы Киришнера в большое затылочное отверстие.

В литературе также имеется ряд публикаций с результатами изучения анатомических особенностей зубовидного отростка у детей посредством анализа компьютерных томограмм краниовертебральной области. Так, Lin et al. [29] установили разницу между мальчиками и девочками

в возможной длине винта и диаметре зубовидного отростка. Кроме того, более 90 % детей в возрасте от 7 до 18 лет имеют диаметр отростка от 4 мм, дети от 2 до 6 лет – в 57 % случаев, что позволяет использовать стандартный винт диаметром 3,5 мм. Разницу между полами в длине и диаметре зубовидного отростка подтверждают и другие исследователи [30–32]. Dou et al. [31] рекомендуют использовать для детей 3–5 лет винты диаметром 2,5–3,0 мм, для 6–9 лет – 3,0–3,5 мм, для 10–14 лет – 3,5 мм, а также приходят к выводу о невозможности использования у детей двух винтов. В то же время Štulík et al. [32] пишут о теоретической возможности проведения двух винтов диаметром 3,5 мм детям старше одного года.

Все представленные выше работы указывают на то, что угол атаки винта по отношению к нижней замыкательной пластинке позвонка уменьшается к подростковому периоду и не зависит от пола [29–33].

Биомеханические исследования, проведенные на кадаверном материале, не выявили значимых отличий в стабильности одно- и двухвинтовой фиксации [34, 35]. Это позволяет использовать один винт при маленьких размерах зубовидного отростка у детей.

Wang et al. [36], сравнив результаты открытой фиксации трансдентальной винтом и чрескожной техники у взрослых, указывают на более короткое время операции и меньшую кровопотерю при сопоставимой лучевой нагрузке у малоинвазивного варианта. Что касается детей, то Dou et al. [37] на основе анализа большого массива лучевых данных не рекомендуют чрескожную технику у детей до 6 лет, в то время как для старших пациентов она применима, но необходим тщательный анализ данных КТ.

Prabhat et al. [38] провели систематический обзор литературы, посвященной переломам зубовидного отростка у детей, на основании которого сформировали лечебный алгоритм, позволяющий выбрать между консервативным и хирургическим методами лечения.

Заключение

Представленный собственный опыт трансдентальной фиксации винтом переломов зубовидного отростка,

а также данные литературы показывают применимость данной методики даже у детей раннего возраста. Низкая частота осложнений и высокий процент первичной консолидации с сохранением ротационных движений позволяют рассматривать данную технику в качестве альтернативы длительной наружной фиксации, а также как метод выбора при лечении симптоматических ложных суставов зубовидного отростка.

Литература/References

- Kokoska ER, Keller MS, Rallo MC, Weber TR. Characteristics of pediatric cervical spine injuries. *J Pediatr Surg.* 2001;36:100–105. DOI: 10.1053/jpsu.2001.20022
- Patel JC, Tepas JJ 3rd, Mollitt DL, Pieper P. Pediatric cervical spine injuries: defining the disease. *J Pediatr Surg.* 2001;36:373–376. DOI: 10.1053/jpsu.2001.20720
- Viccellio P, Simon H, Pressman BD, Shah MN, Mower WR, Hoffman JR; NEXUS Group. A prospective multicenter study of cervical spine injury in children. *Pediatrics.* 2001;108:E20. DOI: 10.1542/peds.108.2.e20
- Kim W, Ahn N, Ata A, Adamo MA, Entezami P, Edwards M. Pediatric cervical spine injury in the United States: Defining the burden of injury, need for operative intervention, and disparities in imaging across trauma centers. *J Pediatr Surg.* 2021;56:293–296. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2020.05.009
- Cirak B, Ziegfeld S, Knight VM, Chang D, Avellino AM, Paidas CN. Spinal injuries in children. *J Pediatr Surg.* 2004;39:607–612. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2003.12.011
- Leonard JR, Jaffe DM, Kuppermann N, Olsen CS, Leonard JC. Cervical spine injury patterns in children. *Pediatrics.* 2014;133:e1179–e1188. DOI: 10.1542/peds.2013-3505
- Offiah CE, Day E. The craniocervical junction: embryology, anatomy, biomechanics and imaging in blunt trauma. *Insights Imaging.* 2016;8:29–47. DOI: 10.1007/s13244-016-0530-5
- Lustrin ES, Karakas SP, Ortiz AO, Cinnamon J, Castillo M, Vaheesan K, Brown JH, Diamond AS, Black K, Singh S. Pediatric cervical spine: normal anatomy, variants, and trauma. *Radiographics.* 2003;23:539–560. DOI: 10.1148/rg.233025121
- Gebauer M, Lohse C, Barvencik F, Pogoda P, Rueger JM, Püschel K, Amling M. Subdental synchondrosis and anatomy of the axis in aging: a histomorphometric study on 30 autopsy cases. *Eur Spine J.* 2006;15:292–298. DOI: 10.1007/s00586-005-0990-7
- Karwacki GM, Schneider JF. Normal ossification patterns of atlas and axis: a CT study. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2012;33:1882–1887. DOI: 10.3174/ajnr.A3105
- Rusin JA, Ruess I, Daulton RS. New C2 synchondrosal fracture classification system. *Pediatr Radiol.* 2015;45:872–881. DOI: 10.1007/s00247-014-3224-5
- Nalla S, Blanco-Perez E, Mata-Escolano F, Llido S, Sanchis-Gimeno JA. Unexpected persistent dentocentral synchondrosis of C2. *World Neurosurg.* 2018;111:26–27. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.12.017
- Anderson LD, D'Alonzo RT. Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:1663–1674.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;129:47–53. DOI: 10.1007/BF01400872
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26:2467–2471. DOI: 10.1097/00007632-200111150-00014
- Jeanneret B, Magerl F. Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord.* 1992;5:464–475. DOI: 10.1097/00002517-199212000-00012
- Böhler J. Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64:18–27.
- Junge A, Gotzen L, Wiemers F. [Surgical management of a dens fracture in a 3-year-old child. Clinical case report and discussion with reference to the literature]. *Unfallchirurg.* 1994;97:410–412. In German.
- Blauth M, Schmidt U, Otte D, Krettek C. Fractures of the odontoid process in small children: biomechanical analysis and report of three cases. *Eur Spine J.* 1996;5:63–70. DOI: 10.1007/BF00307830
- Godard J, Hadji M, Raul JS. Odontoid fractures in the child with neurological injury. Direct anterior osteosynthesis with a cortico-spongious screw and literature review. *Child's Nerv Syst.* 1997;13:105–107. DOI: 10.1007/s003810050054
- Meyer B, Vieweg U, Rao JG, Stoffel M, Schramm J. Surgery for upper cervical spine instabilities in children. *Acta Neurochir (Wien).* 2001;143:759–765; discussion 765–766. DOI: 10.1007/s007010170029
- Zapalowicz K, Radek M, Radek A. [Direct fixation of the odontoid fracture in a child]. *Neurol Neurochir Pol.* 2004;38:317–321. In Polish.
- Jones A, Mehta J, Fagan D, Ahuja S, Grant A, Davies P. Anterior screw fixation for a pediatric odontoid nonunion: a case report. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30:E28–E30. DOI: 10.1097/01.brs.0000149078.11647.80
- Özkan N, Wrede K, Ardeshiri A, Sariaslan Z, Stein KP, Dammann P, Müller O, Ringelstein A, Sure U, Sandalcioğlu IE. Management of traumatic spinal injuries in children and young adults. *Child's Nerv Syst.* 2015;31:1139–1148. DOI: 10.1007/s00381-015-2698-2
- Farrokhi MR, Rezaei H, Farrokhi F. Anterior screw fixation in type II odontoid fracture in an 18-month-old girl: a case report and review of the literature. *Br J Neurosurg.* 2019;33:699–702. DOI: 10.1080/02688697.2017.1409881
- Wang J, Vokshoor A, Kim S, Elton S, Kosnik E, Bartkowski H. Pediatric atlanto-axial instability: management with screw fixation. *Pediatr Neurosurg.* 1999;30:70–78. DOI: 10.1159/000028766
- Stulík J, Nesnídal P, Kryl J, Vyskočil T, Barna M. [Unstable injuries to the upper cervical spine in children and adolescents]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013;80:106–113. In Czech. DOI: 10.55095/achot2013/016

28. Sawarkar DP, Singh PK, Agrawal D, Gupta DK, Satyarthee GD, Doddamani R, Verma S, Meena R, Tandon V, Gurjar HK, Jagdevan A, Kumar R, Chandra PS, Kale SS. Anterior odontoid screw fixation for pediatric and adolescent odontoid fractures: single-center experience over a decade. *World Neurosurg.* 2021;153:e153–e167. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.06.075
29. Lin J, Ji W, Huang Z, Huang Z, Zhu Q, Liu J. Feasibility of anterior fixation with single screw for odontoid fractures in pediatrics: a computed tomographic study. *Orthop Surg.* 2023;15:2566–2573. DOI: 10.1111/os.13834
30. Fernandes LG, Cristante AF, Marcon RM, de Barros Filho TEP, Letaif OB. Feasibility of anterior screw fixation in children: a tomographic study. *Eur Spine J.* 2018;27:1388–1392. DOI: 10.1007/s00586-018-5504-5
31. Dou H, Xie C, Wang X, Huang Q. Image measurements of os odontoideum in children. *Transl Pediatr.* 2021;10:388–393. DOI: 10.21037/tp-20-416
32. Štulík J, Geri G, Salavcová L, Barna M, Fojtík P, Naňka O. Pediatric dens anatomy and its implications for fracture treatment: an anatomical and radiological study. *Eur Spine J.* 2021;30:416–424. DOI: 10.1007/s00586-020-06490-9
33. Sha ZJ, Fu SY, Wang ZR, Hang HF, Huang AB. Sagittal changes in the dens significantly slowed after 12 years of age. *Brain Spine.* 2025;5:104233. DOI: 10.1016/j.bas.2025.104233
34. Sasso R, Doherty BJ, Crawford MJ, Heggeness MH. Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one- and two-screw technique. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18:1950–1953. DOI: 10.1097/00007632-199310001-00004
35. McBride AD, Mukherjee DP, Kruse RN, Albright JA, McBride A. Anterior screw fixation of type II odontoid fractures: a biomechanical study. *Spine.* 1995;20(17):1855.
36. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J. Comparison of percutaneous and open anterior screw fixation in the treatment of type II and rostral type III odontoid fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36:1459–1463. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181f46ec8
37. Dou H, Xie C, Zhu S, Wang X, Huang Q, Zhou F. Feasibility analysis of the use of anterior screw fixation in the treatment of pediatric odontoid fracture. *Transl Pediatr.* 2021;10:967–972. DOI: 10.21037/tp-21-101
38. Prabhat AM, Liu DS, Cohen L, Gabriel D, Hines KE, Hogue GD. Odontoid fractures in the pediatric population: a systematic review and management algorithm. *J Child Orthop.* 2024;18:486–494. DOI: 10.1177/18632521241283232

Статья поступила в редакцию 26.01.2026

Рецензирование пройдено 19.02.2026

Подписано в печать 16.04.2026

Received 26.01.2026

Review completed 19.02.2026

Passed for printing 16.04.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Д.А. Глухов – обработка материала, написание статьи; Т.А. Джуматов – набор материала; А.В. Губин – редактирование 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. Заключение этического комитета не требуется, так как методика уже давно используется в клинической практике.

Согласие на публикацию. Все пациенты 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

✉ Дмитрий Александрович Глухов, канд. мед. наук, Россия, 199004, Санкт-Петербург, Кадетская линия В.О., 13–15; eLibrary SPIN: 3376-2569; ORCID: 0000-0002-6880-8562; dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Тимур Алишерович Джуматов; eLibrary SPIN: 5078-0739; ORCID: 0000-0001-6892-9076; shmiga96@mail.ru

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

Authors' Info

✉ Dmitrii Aleksandrovich Glukhov, MD, Cand. Sci. (Medicine); 13–15 Kadetskaya line V.O., Saint Petersburg, 199004, Russia; eLibrary SPIN: 3376-2569; ORCID: 0000-0002-6880-8562; dmitriy.a.glukhov@gmail.com

Timur Alisherovich Dzumatov; eLibrary SPIN: 5078-0739; ORCID: 0000-0001-6892-9076; shmiga96@mail.ru

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



ФАТАЛЬНОЕ ОТСРОЧЕННОЕ ОСЛОЖНЕНИЕ ТРАВМЫ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА У РЕБЕНКА: РЕДКОЕ КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

М.Н. Лебедева, И.А. Стаценко, Е.Ю. Иванова, Е.А. Филичкина, Н.В. Ганина, В.В. Рерих
Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии
им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

Цель исследования. Представить редкий случай тяжелой травмы шейного отдела позвоночника у ребенка, осложнившейся развитием фатального ишемического инсульта.

Материал и методы. Описано течение осложненной травмы шейного отдела позвоночника у ребенка 12 лет с развитием ишемического инсульта на фоне артериопатии в виде диссекции сосудов головного мозга. В обзорной части и обсуждении приведены современные представления об этиологии, патогенезе, клинических проявлениях и методах диагностики как осложненной травмы шейного отдела позвоночника, так и особенностей ишемического инсульта головного мозга у детей. Поиск научных источников проводили в базах данных eLibrary, PubMed, Google Scholar с использованием следующих ключевых слов: «травма», «дети», «шейный отдел позвоночника», «ишемический инсульт», «артериальная диссекция», «фибромышечная дисплазия».

Результаты. Травму шейного отдела позвоночника пациент получил во время игры. В неврологическом статусе при поступлении отмечается тетраплегия. С учетом отсутствия компрессии спинного мозга показаний к хирургическому лечению не выявлено. Интенсивная терапия проводилась в условиях отделения реанимации. Нарушение мозгового кровообращения развилось на 12-е сутки от факта травмы с быстрым прогрессированием от комы I до комы III. Диагноз ишемического инсульта на почве тяжелой артериопатии установлен на основании обстоятельств травмы, клинических проявлений, результатов МРТ и МСКТ. Несмотря на проводимую интенсивную терапию, на 28-е сут наступила смерть пациента.

Заключение. Представленный клинический случай подтверждает связь травмы шейного отдела позвоночника с развитием инсульта головного мозга у пациентов детского возраста. Наличие дисплазии соединительной ткани выступает значимым фактором риска сосудистых осложнений. Развитие острого нарушения мозгового кровообращения в условиях травматических повреждений, ограничивающих неврологическую оценку, может способствовать задержке своевременной диагностики развития сосудистой катастрофы и повышать вероятность неблагоприятного исхода. Повышение осведомленности специалистов, участвующих в лечении осложненной травмы позвоночника у пациентов детского возраста, о вероятности развития церебральных сосудистых осложнений, а также разработка рекомендательных документов по лечению осложненной травмы шейного отдела позвоночника, адаптированных к различному периоду детского возраста, может улучшить клинические результаты с точки зрения профилактики развития инсульта.

Ключевые слова: травма; дети; шейный отдел позвоночника; ишемический инсульт; артериальная диссекция; фибромышечная дисплазия.

Для цитирования: Лебедева М.Н., Стаценко И.А., Иванова Е.Ю., Филичкина Е.А., Ганина Н.В., Рерих В.В. Фатальное отсроченное осложнение травмы шейного отдела позвоночника у ребенка: редкое клиническое наблюдение и обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 54–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.54-64>

FATAL DELAYED COMPLICATION OF CERVICAL SPINE INJURY IN A CHILD: A RARE CLINICAL OBSERVATION AND LITERATURE REVIEW

M.N. Lebedeva, I.A. Statcenko, E.Yu. Ivanova, E.A. Filichkina, N.V. Ganina, V.V. Rerikh

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

Objective. To present a rare case of severe cervical spine injury in a child, complicated by the development of fatal ischemic stroke.

Material and Methods. The course of complicated cervical spine injury in a 12-year-old child with ischemic stroke secondary to arteriopathy, manifested by cerebral artery dissection is described. The review and discussion present current understanding of the etiology, pathogenesis, clinical manifestations and diagnostic methods of both complicated cervical spine injury and the peculiarities of ischemic stroke in children. A search of scientific sources was conducted in the eLibrary, PubMed, and Google Scholar databases using the following keywords: injury, children, cervical spine, ischemic stroke, arterial dissection, and fibromuscular dysplasia.

Results. The patient sustained a cervical spine injury while playing. His neurological status upon admission was tetraplegia. Given the absence of spinal cord compression, no indications for surgical treatment were identified. Intensive care was administered in the intensive care unit. Cerebrovascular accident developed on the 12th day after the injury, rapidly progressing from coma I to coma III. The diagnosis

of ischemic stroke due to severe arteriopathy was established based on the circumstances of the injury, clinical manifestations, and MRI and MSCT results. Despite intensive care, the patient died on the 28th day.

Conclusion. The presented clinical case confirms the association between cervical spine injury and the development of cerebral stroke in pediatric patients. The presence of connective tissue dysplasia is a significant risk factor for vascular complications. The development of acute cerebrovascular accident in the setting of traumatic injury that limits neurological assessment may contribute to a delay in the timely diagnosis of vascular events and increase the likelihood of an unfavorable outcome. Increasing awareness among specialists involved in the treatment of complicated spinal injuries in pediatric patients about the risk of cerebral vascular complications, as well as developing guidelines for the treatment of complicated cervical spine injuries adapted to different stages of childhood, can improve clinical outcomes in terms of stroke prevention.

Key Words: injury; children; cervical spine; ischemic stroke; arterial dissection; fibromuscular dysplasia.

Please cite this paper as: Lebedeva MN, Statcenko IA, Ivanova EYu, Filichkina EA, Ganina NV, Rerikh VV. Fatal delayed complication of cervical spine injury in a child: a rare clinical observation and literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(2):54–64. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.54-64>

Осложненная травма шейного отдела позвоночника у детей встречается редко и составляет не более 1,5 % от всех тяжелых травм. В структуре травм позвоночника потенциально опасными являются нестабильные переломы различной локализации и травмы позвоночника с повреждением спинного мозга. По данным исследования, опубликованного в 2017 г. [1], на территории Российской Федерации на 10 000 детского населения нестабильные и осложненные повреждения позвоночника регистрировались только в 0,2 ± 0,2 случаях. При этом подобные повреждения у детей в возрасте до 12 лет составляют 46 %, старше 12 лет – 37 % [1–3]. Причинами травм позвоночника у детей являются дорожно-транспортные происшествия, кататравма, спортивные травмы, бытовой травматизм. Показатели смертности при детской позвоночно-спинномозговой травме достигают 5,7 % [4, 5].

Абсолютное количество пострадавших детского возраста с нестабильными и осложненными повреждениями позвоночника нуждаются в хирургическом лечении. Однако есть сведения, что большая часть нестабильных переломов не диагностируется, а необходимые операции не выполняются по тем или иным причинам, связанным, в частности, с определением показаний к активной хирургической тактике [6, 7].

Осложненное повреждение шейного отдела позвоночника вызывает сенсорную дисфункцию ниже уров-

ня травмы. Тяжесть развивающихся неврологических нарушений напрямую зависит от возраста пострадавшего: чем младше ребенок, тем тяжелее неврологический дефицит [8]. Однако повреждение спинного мозга сопровождается не только неврологическими нарушениями, но и приводит к другим осложнениям [9]. Так, даже незначительные травмы головы и шеи или их сочетание у детей могут являться триггерами развития инсульта, который, согласно критериям ВОЗ, определяется как быстро развивающееся очаговое или глобальное нарушение функции головного мозга, длящееся более 24 ч [10–12]. Инсульты являются одной из основных причин детской смертности. Известны показатели летальности при ишемическом инсульте (ИИ), которые могут достигать 30 % [13–15].

В настоящее время растет признание церебральных артериопатий преобладающей этиологией инсульта у детей в любом возрасте, главным образом у мужского пола [16, 17]. Одной из наиболее часто встречающихся церебральных артериопатий, связанных с артериальным ИИ, является краниоцервикальная артериальная диссекция, представляющая собой разрыв или разделение слоев стенки артерии с образованием ложного просвета для проникновения крови. На долю краниоцервикальной диссекции приходится от 5 до 22 % всех случаев ИИ у детей. Экстракраниальная диссекция встречается чаще, чем интракраниальная. Интракраниальные артериопатии

крупных сосудов относятся к аномалиям артериальной стенки, которые обычно проявляются стенозом просвета сосуда и являются ведущей причиной ИИ [18–20].

Развитие церебральных сосудистых осложнений в условиях имеющегося конкурирующего травматического повреждения, а именно осложненной травмы шейного отдела позвоночника, ограничивающей детальную оценку неврологического статуса, может значительно повысить вероятность заболеваемости и смертности [21]. Повышение осведомленности врачей в распознавании церебральных сосудистых осложнений, особенно фатального характера, определяет потребность изучения и описания каждого такого случая, тем более что подобные сведения недостаточно освещены в научной литературе.

Цель исследования – представить редкий случай тяжелой травмы шейного отдела позвоночника у ребенка, осложнившейся развитием фатального ИИ.

Описание клинического наблюдения

Пострадавший 12 лет доставлен реанимационной бригадой скорой медицинской помощи из центральной районной больницы в приемное отделение Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна через 7 ч после факта травмы. Со слов пациента стало известно, что он, прыгнув с кузова грузового автомобиля в сугроб, приземлился на ноги, после чего

резко согнулся в шейном отделе позвоночника и сразу же отметил слабость в нижних и верхних конечностях. Во время транспортировки проводилась терапия в объеме инфузии кристаллоидов (1000 мл), анальгина (500 мг), трамадола (50 мг), однократное болюсное введение преднизолона в дозе 100 мг. Объем диуреза за время транспортировки – 600 мл.

В приемном покое пациент осмотрен травматологом-ортопедом, нейрохирургом, анестезиологом-реаниматологом. Данные осмотра: пациент в ясном сознании, ориентирован в месте, времени, пространстве и собственной личности. Из анамнеза стало известно, что рос и развивался нормально. Страдает бронхиальной астмой.

Жалобы на отсутствие движений в руках и ногах, тошноту. Дыхание самостоятельное по диафрагмальному типу с частотой 20 в минуту, SpO₂ – 98 %. Тоны сердца ритмичные, ЧСС – 75 в минуту, артериальное давление (АД) – 80/30 мм рт. ст., АД среднее – 47 мм рт. ст. Живот мягкий, перистальтика выслушивается, вялая. Диурез по уретральному катетеру. Неврологический статус – тетраплегия. В сопровождении врача анестезиолога-реаниматолога на фоне мероприятий интенсивной терапии (инфузия кристаллоидов в объеме 500 мл + инфузия 0,5 % дофамина 5 мкг/кг/мин) выполнено обследование в объеме МРТ шейного отдела позвоночника, МСКТ шейно-грудного отдела позвоночника, рентгенографии грудного и поясничного отделов позвоночника, костей таза и органов грудной клетки.

По данным рентгенографии органов грудной клетки и таза патологических изменений не выявлено. По данным МСКТ шейно-грудного отдела позвоночника имеются оскольчатые переломы тел C₃, C₄, C₅ позвонков с сагиттальным раскалыванием, фронтальное раскалывание вентрального отдела C₄ позвонка; перелом ламинарных частей дужек C₃, C₄ позвонков с обеих сторон без смещения фрагментов. Посттравматическая кифотическая деформация на уровне

C₃–C₄ позвонков 9°; компрессионные переломы тел Th₄, Th₅, Th₇ позвонков (рис. 1).

По данным МРТ шейного отдела позвоночника имеется очаг ушиба спинного мозга на уровне C₄ позвонка. Отек спинного мозга на уровне C₂–C₆ позвонков (рис. 2).

Диагноз, установленный при поступлении: позвоночно-спинномозговая травма; закрытые осложненные пере-

ломы тел C₃, C₄, C₅ позвонков с сагиттальным расколом, фронтальным расколом вентрального отдела тела C₄ позвонка; перелом ламинарных частей дужек с обеих сторон тел C₃, C₄ позвонков без смещения фрагментов; закрытые неосложненные компрессионные клиновидные переломы тел Th₄, Th₅, Th₇ позвонков; ушиб спинного мозга; тетраплегия; нарушение функции тазовых органов по центральному

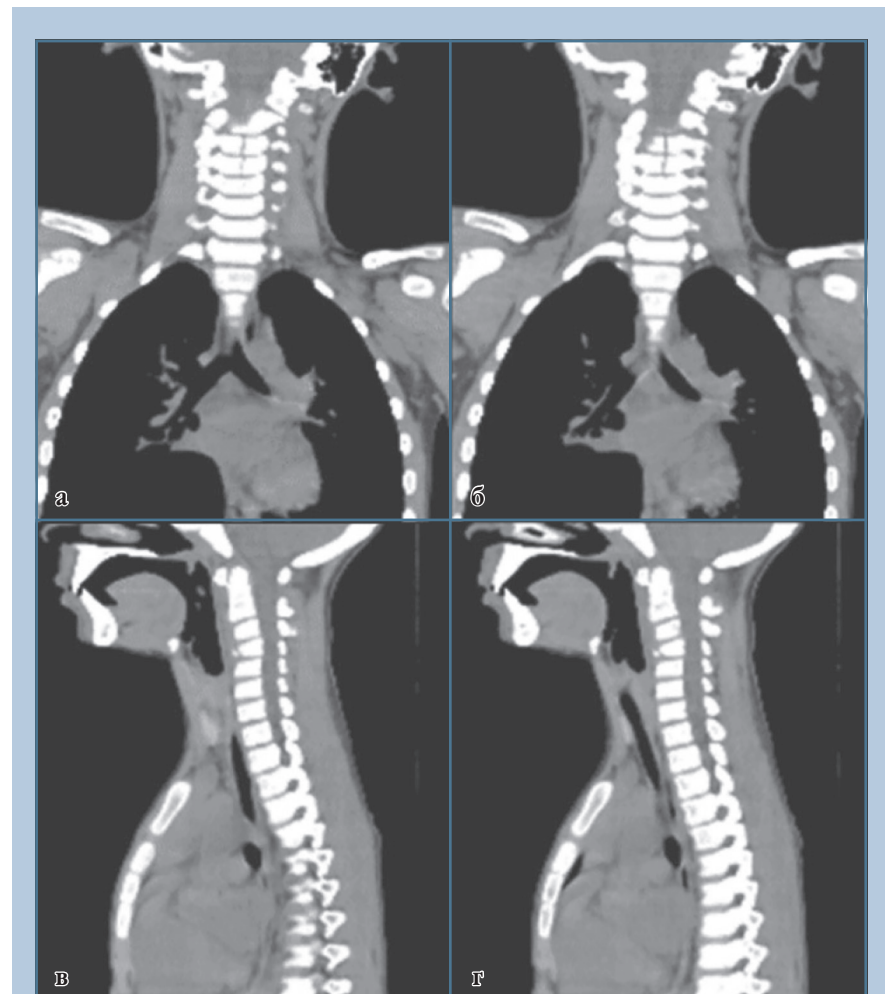


Рис. 1

МСКТ-исследование позвоночника пациента 12 лет на уровне C₀–Th₈ при поступлении: **а, б** – фронтальная проекция, компрессионно-оскольчатые переломы тел C₃, C₄, C₅ позвонков с расколом в переднезаднем направлении и коронарным расколом вентрального отдела C₄ позвонка; **в, г** – сагиттальная проекция, посттравматический кифоз шейного отдела позвоночника C₃–C₄ 18° с вершиной на диск. Смещение каудального отдела тела C₄ позвонка кзади до 2,0 мм. Деформация позвоночного канала на уровне C₃–C₄ (~10,9 мм), C₄–C₅ (~11,4 мм). Компрессионные клиновидные переломы тел Th₄, Th₅, Th₇ позвонков



Рис. 2

МРТ шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости пациента 12 лет при поступлении: острые компрессионные переломы C₃, C₄, C₅ позвонков. Сужение резервных пространств спинного мозга на уровне C₃–C₄, C₄–C₅. Постконтузионные изменения спинного мозга на уровне C₃–C₅ позвонков. Отек спинного мозга на уровне C₂–C₆ позвонков

типу; гипостезия с уровня C₄ по проводниковому типу всех видов чувствительности; ASIA A; спинальный шок; нейрогенный шок.

Учитывая отсутствие стеноза позвоночного канала и компрессии спинного мозга, а также наличие грубой неврологической симптоматики, спинального шока, нейрогенного шока, тяжелого состояния пациента и протяженного отека спинного мозга, консилиум врачей определил тактику дальнейшего лечения: отказаться от экстренной операции в связи с отсутствием показаний, наблюдение и лечение пациента в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ).

В ОРИТ в условиях фиксации шейного отдела позвоночника воротником Филадельфия проводился мониторинг жизненно важных функций. Продолжена гемодинамическая поддержка, назначена инфузионная, гастропро-

текторная, прокинетическая, противорвотная, нутритивно-метаболическая терапия, ЛФК, дыхательная гимнастика. Начаты медикаментозная тромбопрофилактика и профилактика пролежней.

В первые сутки лечения в ОРИТ пациент в ясном сознании, контактен, адекватен, уровень сознания по шкале комы Глазго – 15 баллов. Вместе с тем наблюдается отрицательная динамика в виде прогрессирования сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности. Продолжена инфузия дофамина (5,5 мкг/кг/мин), начата инфузия норэпинефрина (0,22 мкг/кг/мин), проведение неинвазивной искусственной вентиляции легких в режиме СРАР с параметрами P_{insp} – 15 мбар, РЕЕР – 5 мбар, FiO₂ – 35 %, ДО – 320–440 мл, частота дыхания – 15–20 в мин. На фоне указанных мероприятий показатели гемодинамики стабильны: АД – 113/51 мм рт. ст., АД среднее – 72 мм рт. ст., ЧСС – 73 ударов в мин. Показатели газообмена компенсированы: SpO₂ – 100 %.

На 5-е сут лечения в ОРИТ по данным МСКТ органов грудной клетки зарегистрировано развитие правосторонней нижнедолевой сегментарной S₉–S₁₀ пневмонии, назначена антибактериальная терапия (амоксиклав 1200 мг в сутки). На 10-е сут пребывания в ОРИТ регистрируется фебрильная температура тела, отмечается рост маркеров воспаления, наличие в бактериологических посевах мочи патогенной флоры (*Kl. Oxytoca*). Проведена смена антибиотика, назначен меронем (1500 мг в сутки).

В целом 11 сут посттравматического периода протекали соответственно тяжести полученной позвоночно-спинномозговой травмы. Показатели гемодинамики и газообмена на фоне проводимой интенсивной терапии были компенсированы.

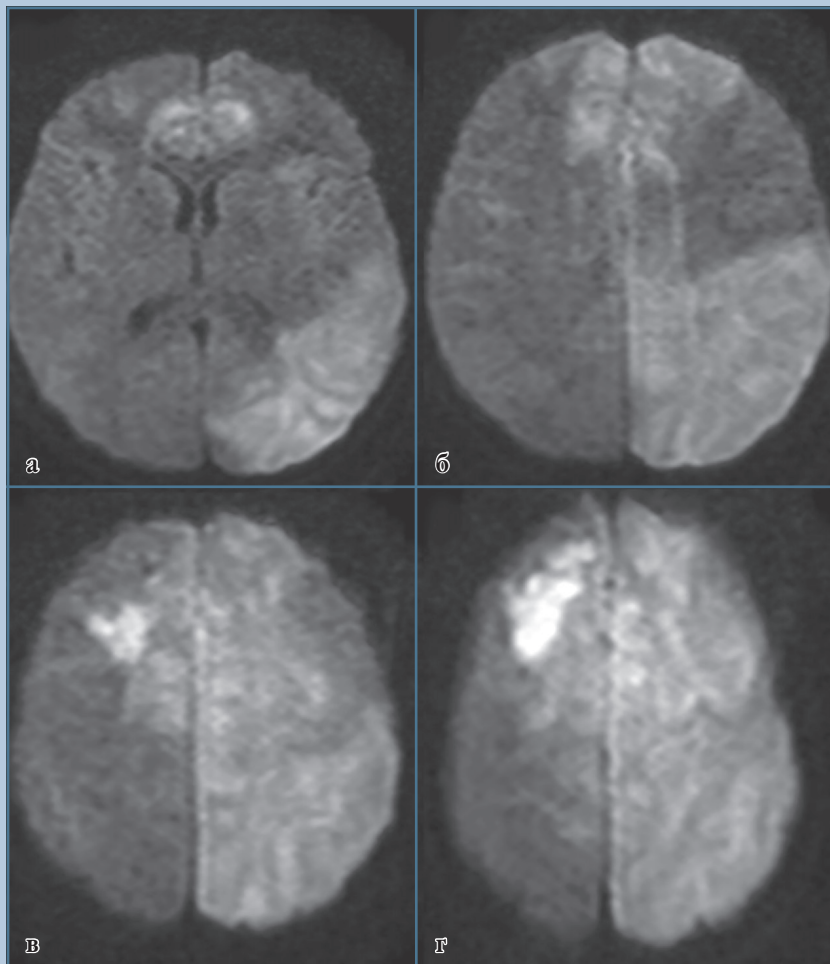
На 12-е сутки на фоне стабильных гемодинамических и респираторных показателей и ясного сознания зафиксирован кратковременный эпизод угнетения сознания: сонлив, перестал реагировать на осмотр, выпол-

нить команды. Оценка по шкале комы Глазго – 12 баллов. Через 30 мин приступ купировался самопроизвольно. На 13-е сутки от факта травмы отмечено острое развитие общемозговой симптоматики с угнетением сознания до уровня комы I. Оценка по шкале комы Глазго – 8 баллов. Пациент переведен на инвазивную ИВЛ. Выполнены МРТ головного мозга и шейного отдела позвоночника, МСКТ сосудов шеи и головного мозга с контрастированием, УЗИ сосудов шеи, сердца, вен нижних конечностей.

Данные МРТ головного мозга: в левом полушарии с распространением в конвекситальных отделах на правое полушарие определяется диффузная зона острой ишемии; участок острой ишемии правой лобной доли (27,5 × 42,5 мм – в аксиальной плоскости); постконтузионные изменения спинного мозга на уровне C₂–C₇ позвонков; компрессионные переломы C₃, C₄, C₅ позвонков; правосторонний средний отит с распространением воспалительного процесса на сосцевидный отросток; утолщение слизистой оболочки пазухи основной кости (рис. 3).

Результаты МСКТ-ангиографии интра- и экстракраниальных сосудов головного мозга: получены аксиальные срезы толщиной 0,5 мм. Проведены реконструкции 3D Volume Rendering, 3D MIP. Данные полученных ангиограмм:

1) экстракраниальные сосуды: позвоночные артерии входят в поперечные отверстия позвонков в типичном месте; диаметр левой позвоночной артерии – 3,7 мм, правой – 3,8 мм; отмечается ангуляция V1 сегмента левой позвоночной артерии; сегменты V4 обеих позвоночных артерий, а также основная артерия имеют четкообразную форму за счет чередования сужений и локальных расширений просвета; диаметр V4 сегментов позвоночных артерий слева 1,3–0,9–2,2 мм; справа 1,9–1,1–2,2 мм; диаметр основной артерии 3,4–1,1–1,9–2,8 мм; общие и внутренние сонные артерии локальных сужений, патологических расширений и изменений структуры

**Рис. 3**

МРТ головного мозга пациента 12 лет на 13-е сут, изображения с подавлением сигнала от жидкости (FLAIR): **а, б** – диффузная зона острой ишемии в левом полушарии головного мозга, с распространением в конвекситальных отделах на правое полушарие; **в, г** – участок острой ишемии правой лобной доли (~27,5 × 42,5 мм – в аксиальной плоскости)

стенок не имеют; отмечается ангуляция шейных сегментов обеих внутренних сонных артерий с петлеобразованием (рис. 4);

2) интракраниальные сосуды: Вилизиев круг завершен; сифоны внутренних сонных артерий имеют типичную форму, локально не сужены; передние мозговые артерии отчетливо визуализированы на всем протяжении, сегмент А1 справа асимметрично уже левого (диаметр правого – 1,0 мм, левого – 1,3–1,6 мм); сегмент А2 правой передней мозговой артерии выра-

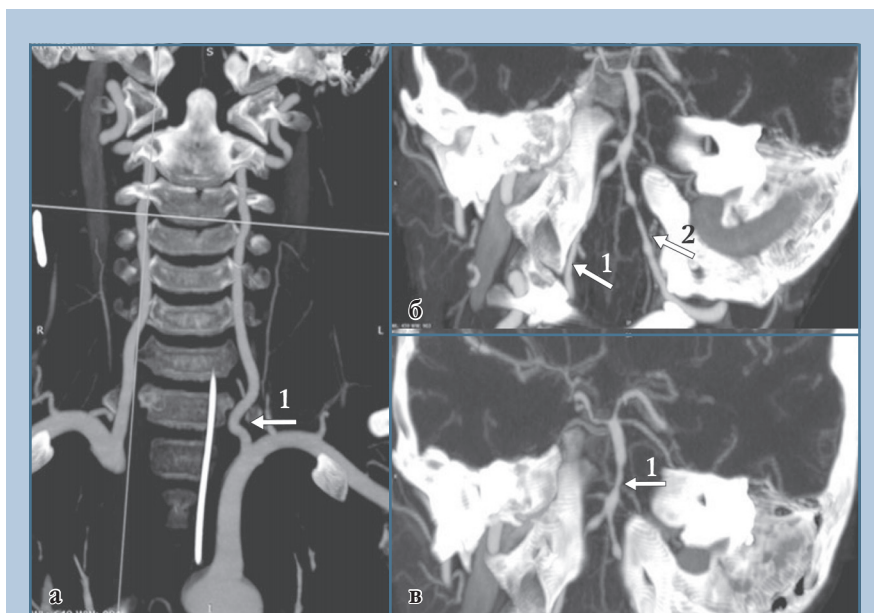
жен слабо; передняя соединительная артерия определяется отчетливо; кровоток по средним мозговым артериям, заднемозговым артериям и основным артериям визуализируется отчетливо; отмечается выраженное обеднение кровотока в коре височной и затылочной долей слева, коре левой лобной доли (рис. 5).

Результаты УЗИ сосудов шеи: структурных изменений брахиоцефальных артерий на экстракраниальном уровне не выявлено. Признаки резко выраженного повышения периферического

сопротивления в каротидном бассейне с двух сторон (наиболее выражено в левой внутренней сонной артерии). Ускоренный кровоток в средней мозговой артерии с двух сторон, с учетом критериев Линдегарда (наиболее информативных с учетом возраста) – признаки церебрального ангиоспазма ближе к незначительному (более выражено слева). Признаки снижения кровотока в правой передней мозговой артерии.

По данным МСКТ грудной клетки отмечается разрешение уплотнений в S₉–S₁₀ сегментах правого легкого. По данным УЗИ вен нижних конечностей глубокие и поверхностные вены нижних конечностей проходимы.

Для определения прогноза и тактики лечения провели консилиум с привлечением сторонних специалистов, по заключению которого выставлен клинический диагноз основной: позвоночно-спинномозговая травма. Закрытые осложненные переломы тел C₃, C₄, C₅ позвонков с сагитальным расколом, фронтальным расколом вентрального отдела тела C₄ позвонка. Перелом ламинарных частей дужек с обеих сторон тел C₃, C₄ позвонков без смещения фрагментов. Закрытые неосложненные компрессионные клиновидные переломы тел Th₄, Th₅, Th₇ позвонков. Ушиб спинного мозга. Тетраплегия. Нарушение функции тазовых органов по центральному типу. Гипостезия всех видов чувствительности с уровня C₄. ASIA A. Спинальный шок. Осложнения: острый ИИ с формированием ишемических очагов в бассейнах средней и задней левых мозговых артерий и передней правой мозговой артерии в результате диссекции сосудов головного мозга на фоне митохондриальной цитопатии в структуре системного диспластического процесса. Сопутствующая патология: бронхиальная астма, экзогенная, легкой степени, контролируемая. Дыхательная недостаточность. Вторичный остеопороз (?). Поливалентная лекарственная и пищевая аллергия. Анемический синдром лег-

**Рис. 4**

МСКТ-ангиография экстракраниальных сосудов: **а** – ангиюляция V1 сегмента левой позвоночной артерии (1); **б** – правая позвоночная артерия (1); левая позвоночная артерия (2); **в** – основная артерия (1)

**Рис. 5**

МСКТ-ангиография интракраниальных сосудов: **а** – сегмент A1 справа асимметрично уже левого (1, 2), диаметр правого – 1,0 мм, левого – 1,3–1,6 мм; сегмент A2 правой передней мозговой артерии выражен слабо; **б** – выраженное обеднение кровотока в коре височной и затылочной долей слева, коре левой лобной доли

кой степени. Синдром стрессовой гипергликемии.

Рекомендовано продолжить антикоагулянтную, сосудистую, нейропротекторную терапию.

На 14-е сут состояние пациента крайне тяжелое, тяжесть состояния обусловлена острым нарушением мозгового кровообращения в систе-

ме средней мозговой артерии, задней мозговой артерии слева и передней мозговой артерии справа, отеком вещества головного мозга, усугублением общемозговой симптоматики до комы III, уровень сознания по шкале Глазго – 3 балла. Отмечаются нарастание сердечно-сосудистой недостаточности центрального генеза, толерантной

к гемодинамической поддержке, водно-электролитные нарушения.

Повторно проведен консилиум с целью определение прогноза и тактики ведения пациента. Заключение консилиума: с учетом появления клинических проявлений стволовых нарушений вследствие нарастания отека головного мозга – прогноз неблагоприятный. Продолжить консервативное лечение в условиях ОРИТ.

Период 13–27-е сутки: состояние пациента тяжелое с отрицательной динамикой, обусловленной прогрессированием полиорганной недостаточности: церебральной, сосудистой, дыхательной, кишечинальной. Регистрируются водно-электролитные нарушения, гиперкатаболический синдром, системная воспалительная реакция. В неврологическом статусе без динамики: кома III, по шкале Глазго – 3 балла.

Несмотря на продолжающуюся интенсивную терапию, при явлениях нарастающей сердечно-сосудистой недостаточности на 28-е сут наступила смерть пациента.

Обсуждение

У детей до 8 лет наиболее подвержен травмам верхнешейный отдел позвоночника (0–C₂), после 12 лет травматические повреждения шейного отдела позвоночника аналогичны таковым у взрослых и затрагивают нижнешейный отдел (C₃–C₇) [3]. Ведущим механизмом травмы в случаях, когда имеется повреждение шейного и грудного отделов позвоночника, является компрессионная флексия. Именно такой механизм травмы сопровождается выраженным неврологическим дефицитом, а исход повреждения определяется наличием и тяжестью изменений в спинном мозге [22, 23].

Учитывая обстоятельства травмы, возраст пациента, характер костных повреждений шейного отдела позвоночника, наличие переломов тел трех грудных позвонков, а также тяжесть неврологических нарушений, можно заключить, что ведущим механизмом травмы в представленном

нами наблюдении, безусловно, выступила компрессионная флексия.

Известно, что переломы шейного отдела позвоночника в 14 % случаев являются фактором риска развития тяжелых артериопатий, в частности артериальной диссекции сосудов головного мозга, которая может быть первичной или продолжением экстракраниального расслоения сосудистой стенки. Внутрочерепные расслоения в 30–84 % случаев приводят к развитию ИИ [12, 16, 19].

Развитие патологических внутрочерепных последствий сгибательной травмы в шейном отделе можно представить следующим механизмом: сгибание шеи, особенно в сочетании с нестабильным повреждением, вызывает патологическое натяжение и перегиб позвоночной артерии в месте ее входа в череп (V3–V4 сегменты). Из-за анатомической фиксации интракраниального V4 сегмента и отсутствия «запаса длины» это натяжение приводит к разрыву интимы артерии с последующим расслоением стенки – диссекции. Поврежденная стенка запускает процесс тромбообразования как по механизму активации факторов свертывания крови в ответ на повреждение сосудистой стенки, так и по механизму формирования турбулентных потоков в месте образовавшихся участков сужения просвета сосуда за счет образующихся расслоений стенки. В ситуации образования тромба в просвете сосуда он имеет тенденцию распространяться вперед по току крови в базилярную артерию, отсюда – в артерию Вилизиева круга. Описанная картина субтотальной ишемии обоих полушарий головного мозга в представленном случае является скорее всего следствием указанного механизма тромбоэмболии. Так, по данным МСКТ-ангиографии сегмент А2 правой передней мозговой артерии выражен слабо, вероятно, вследствие закупорки правой переднемозговой артерии, чему соответствует МРТ-картина участка острой ишемии правой лобной доли. А с учетом описанной картины выраженного обеднения кровотока в коре височ-

ной и затылочной долей слева можно думать о микротромбоэмболиях сосудов бассейна как левой средней мозговой артерии, так и левой задней мозговой артерии.

Однако, кроме травматических артериальных диссекций, могут развиваться и спонтанные расслоения стенок артерий. Существующие научные сведения подтверждают гипотезу о том, что спонтанному расслоению стенок артерий способствует наличие фонового заболевания соединительной ткани как в виде разнообразных конституциональных вариантов дисплазий, так и текущих, в частности васкулитов и коагулопатий. Связанные с этим фактором анатомо-морфологические особенности сосудов у детей присутствуют в 20 % случаев [24–26].

В развитии артериопатии в представленном нами случае, вероятно, имелись несколько причин разной значимости. Травматическое воздействие сыграло роль пускового фактора развития артериопатии. Вместе с тем у пациента была выявлена и неполноценность соединительной ткани, наличие которой в виде фибромышечной дисплазии установлено по данным МСКТ-ангиографии интра- и экстракраниальных сосудов головного мозга. Это полностью созвучно с данными литературы о том, что фибромышечная дисплазия часто встречается в экстракраниальных сонных и позвоночных артериях, а диагностика заболевания в первую очередь основывается на данных визуализации. В последнее время признается, что фибромышечная дисплазия является значимым предиктором диссекции шейных артерий, на долю которых приходится до 65 % всех артериальных расслоений [27–29]. Кроме того, есть сведения, что неполноценность соединительной ткани связана с наличием митохондриальной недостаточности. Эти данные получены при гистологических и гистохимических исследованиях мышечных биоптатов пациентов с диссекцией церебральных артерий [30, 31].

В развитии артериопатии в представленном наблюдении также

не исключается и роль бактериальной инфекции, которая наблюдалась у пациента, поскольку имеются сведения, что инфекционно-воспалительный процесс является фактором, участвующим в механизме развития ИИ у детей. По данным научных источников, доля случаев развития ИИ с таким патогенезом достаточно высока и составляет 8,8 % [10]. Есть исследования, которые подтверждают участие иммунных реакций и вызываемого ими локального воспаления в патогенезе инсульта у детей [32–34].

Клиническая картина нарушения мозгового кровообращения на фоне тетраплегии в представленном случае не позволила достоверно определить тип инсульта. Однако с учетом возраста и пола пациента, отсутствия сердечно-сосудистой патологии в анамнезе, известных сведений, что инсульт в молодом возрасте развивается вследствие диссекции цервикальных или церебральных отделов магистральных артерий, наличия факта травмы шейного отдела позвоночника и данных обследования консилиумом врачей с привлечением внешних экспертов, ориентируясь на имеющиеся научные данные и с учетом критериев Стандартизированной классификации ИИ у детей, несмотря на невозможность проведения молекулярно-генетического анализа, установил, что основной причиной острого ИИ явилась диссекция сосудов головного мозга на фоне митохондриальной недостаточности в структуре системного диспластического процесса.

Вместе с тем на основании Стандартизированной классификации и диагностической оценки артериального ИИ у детей можно предположить, что в представленном клиническом наблюдении имел место инсульт из нескольких источников, поскольку данный случай удовлетворяет критериям нескольких типов данной классификации, при этом невозможно определить доминирующую значимость какого-либо из них [35].

Травматическое повреждение шейных сосудов часто не диагностируется

из-за отсутствия клинических симптомов. Кроме того, грубый неврологический дефицит, вызванный травмой спинного мозга, может затруднять раннюю диагностику нарушений мозгового кровообращения. Именно поэтому диагностика сосудистого повреждения требует высокой степени настороженности и детальной нейроваскулярной визуализации, включая как краниальную, так и шейную области. Если есть даже малейшее подозрение на травму позвоночника, следует проводить МРТ или МСКТ как позвоночника, так и головного мозга. При этом у детей МРТ является предпочтительным методом нейроваскулярной визуализации [3, 19].

Известно, что наибольший риск развития инсульта отмечается в первые 24 ч от факта травмы, хотя описаны случаи его развития через две недели и более после первичного артериального сосудистого повреждения [36].

К сожалению, обозначить точные сроки развития и локализацию исходного сосудистого повреждения в представленном нами случае невозможно, поскольку сосуды шеи при поступлении пациента не исследовали. Кроме того, наличие исходного выраженного неврологического дефицита, проявляющегося тетраплегией, могло смягчить или замаскировать начальные проявления общемозговой симптоматики. Тот факт, что яркая клиническая манифестация нарушения мозгового кровообращения отмечена у пациента на 13-е сутки после травмы, не исключает, что имел место вариант отсроченного развития инсульта после первичного сосудистого повреждения, полученного при травме [21, 25, 36]. В то же время не исключается и спонтанная диссекция, поскольку известно, что ее клинические признаки могут появляться за несколько часов или дней до манифестации церебральной ишемии [37]. Поэтому в представленном наблюдении началом церебрального сосудистого осложнения можно считать и кратковременный эпизод нарушения сознания, который был отмечен у пациента на 12-е сут посттравматического периода.

Наблюдение и лечение пациентов с осложненной травмой шейного отдела позвоночника должно проводиться в условиях ОРИТ и быть направлено на стабилизацию витальных функций и поддержание церебральной перфузии. Смертность в этой группе пациентов остается высокой и может достигать 7 %. Решающее значение при проведении интенсивной терапии принадлежит хирургической декомпрессии, стабилизации позвоночника, респираторной и гемодинамической поддержке. Наличие других травм или развившихся осложнений может усложнить лечение острой позвоночно-спинномозговой травмы с позиций конкурирующих приоритетов в отношении целевого уровня АД, потребности в ИВЛ и антитромботической терапии. В представленном нами наблюдении интенсивная терапия в целом соответствовала основным требованиям текущих рекомендательных документов, за исключением обеспечения респираторной поддержки, поскольку неинвазивная вентиляция с положительным давлением не являлась предпочтительной в данном случае из-за неадекватной защиты дыхательных путей и контроля секреции [21, 38].

В научной литературе существует некоторая степень противоречия относительно необходимости выполнения хирургической стабилизации позвоночника в случаях отсутствия компрессии спинного мозга. Вместе с тем ряд авторов утверждают, что стабилизация позвоночника должна проводиться в обязательном порядке с целью предотвращения дальнейшего повреждения спинного мозга, которое может быть вызвано нестабильностью позвоночника [7, 38]. Более того, согласно текущему протоколу AOSpine от 2024 г., рекомендовано раннее хирургическое вмешательство, которое должно быть выполнено в течение 24 ч от момента травмы, что улучшает неврологическое восстановление. Об эффективности раннего хирургического лечения при позвоночно-спинномозговой травме сообщают и другие авторы [7, 39, 40].

Стоит отметить, что хирургическая тактика ведения пациента путем стабилизации шейного отдела позвоночника могла быть оправданной в данной клинической ситуации, однако отсутствие компрессии спинного мозга и наличие протяженного отека спинного мозга, а также то обстоятельство, что любое хирургическое вмешательство могло значительно усугубить клинику отека или даже выступить причиной ятрогенной диссекции сосудов шеи, явились факторами ограничения для активной хирургической тактики. При таком уровне риска польза от активной хирургической тактики в сравнении с проводимой консервативной терапией являлась сомнительной. При этом возникает вопрос: какие признаки должны определять порог допустимого риска в активной хирургии при осложненной травме шейного отдела позвоночника у детей с точки зрения профилактики развития инсульта? Ответ на этот вопрос влечет за собой потребность в разработке клинических рекомендаций, адаптированных к особенностям различных периодов детского возраста в отношении подходов к лечению осложненной травмы позвоночника.

Ограничением выполненного исследования явилось то обстоятельство, что рассмотрена лишь клиническая составляющая представленного наблюдения, поскольку по объективным причинам диагноз не был верифицирован патоморфологически.

Заключение

Представленный клинический случай подтверждает связь травмы шейного отдела позвоночника с развитием инсульта головного мозга у пациентов детского возраста. Наличие признаков дисплазии соединительной ткани выступает значимым фактором риска развития сосудистых осложнений. Возникновение сосудистых осложнений в условиях имеющихся травматических повреждений, ограничивающих детальную невро-

логическую оценку, может способствовать задержке своевременной диагностики развития сосудистой катастрофы и повышать вероятность неблагоприятного исхода. Осведомленность специалистов, участвующих

в лечении осложненной травмы позвоночника у пациентов детского возраста, о вероятности развития церебральных сосудистых осложнений, а также разработка рекомендательных документов по лечению

осложненной травмы шейного отдела позвоночника, адаптированных к различным периодам детского возраста, могут улучшить клинические результаты с точки зрения профилактики развития инсульта.

Литература/References

1. **Залетина А.В., Виссарионов С.В., Баиндурашвили А.Г., Кокушин Д.Н., Соловьева К.С.** Повреждения позвоночника и спинного мозга у детского населения. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017;(12):69–73. [Zaletina AV, Vissarionov SV, Baindurashvili AG, Kokushin DN, Soloveva KS. Injuries of the spine and spinal cord in children population. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017;(12):69–73]. EDN: ZXJXTZ
2. **Исхаков О.С., Мещеряков С.В., Новоселова И.Н., Максумов А.А.** Условия восстановления поврежденных функций при травмах позвоночника и спинного мозга у детей. *Opinion Leader*. 2019;(2):80–83. [Iskhakov OS, Meshcheryakov SV, Novoselova IN, Maksumov AA. Conditions for restoration of damaged functions in spinal and spinal cord injuries in children. *Opinion Leader*. 2019;(2):80–83]. EDN: HTJKTQ
3. **Haddad E, Al Khoury Salem H, Dohin B.** Diagnosis and treatment of cervical spine injuries in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2024;110(15):103762. DOI: 10.1016/j.otsr.2023.103762
4. **Ларькин И.И., Ларькин В.И.** Травма спинного мозга без рентгенологических изменений у детей (синдром SCIWORA). Обзор литературы. *Вятский медицинский вестник*. 2023;(4):101–105. [Lar'kin II, Lar'kin VI. Spinal cord injury without radiological changes in children (SCIWORA syndrome). Literature review. *Medical Newsletter of Vyal'ka*. 2023;(4):101–105]. DOI: 10.24412/2220-7880-2023-4-101-105 EDN: ZENHRW
5. **De Los Rios-Pérez A, García AF, Gomez P, Arias JJ, Fandiño-Losada A.** Quality of pediatric trauma care: development of an age-adjusted TRISS model and survival benchmarking in a major trauma center. *Front Pediatr*. 2024;12:1481467. DOI: 10.3389/fped.2024.1481467
6. **Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Кокушин Д.Н., Белянчиков С.М., Сншчук В.П., Картавенко К.А., Залетина А.В.** Организация хирургической помощи детям с нестабильными и осложненными переломами позвоночника в условиях мегаполиса. Новые технологии в травматологии и ортопедии детского возраста. В кн: *Новые технологии в травматологии и ортопедии детского возраста*: сб. научных статей, посвященный 125-летию Научно-исследовательского детского ортопедического института им. Г.И. Турнера. Санкт-Петербург, 2017. С. 41–46. [Baindurashvili AG, Vissarionov SV, Kokushin DN, Belyanchikov SM, Snishchuk VP, Kartavenko KA, Zaletina AV. Organization of surgical care for children with unstable and complicated spinal fractures in a metropolis. In: *New Technologies in Pediatric Traumatology and Orthopedics*: A Collection of Scientific Articles Dedicated to the 125th Anniversary of the Turner Research Institute for Children's Orthopedics. St. Petersburg, 2017:41–46]. EDN: ZDZUEH
7. **Басанкин И.В., Виссарионов С.В., Гюльзатын А.А., Афаунов А.А., Тахмазян К.К., Шаповалов В.К., Тарасенко Л.А., Ефремов А.М., Соболев А.В., Данилейченко А.А.** Некоторые эпидемиологические показатели и результаты хирургического лечения детей с нестабильными и осложненными повреждениями позвоночника при различных моделях оказания медицинской помощи на примере субъекта Российской Федерации. *Хирургия позвоночника*. 2025;22(1):42–52. [Basankin IV, Vissarionov SV, Gulyzatyay AA, Takhmazyan KK, Afaunov AA, Shapovalov VK, Tarasenko LA, Sobolev AV, Efremov AM, Danileichenko AA. Some epidemiological indicators and results of surgical treatment of children with unstable and complicated spine injuries using different models of medical care based on the example of a constituent entity of the Russian Federation. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocnika)*. 2025;22(1):42–52]. DOI: 10.14531/ss2025.142-52 EDN: RFRYXA
8. **Meng YF, Zhang JW, Tong AN, Tang HH, Bai JZ, Wang FY, Liu SJ, Lyu Z, Chen SZ, Liu JS, Hong Y.** Prognosis of traumatic spinal cord injury in children: Follow-up of 86 patients. *Chin J Traumatol*. 2023;26:14–19. DOI: 10.1016/j.cjtee.2022.05.001
9. **Новоселова И.Н., Понина И.В., Валиуллина.** Осложнения и последствия позвоночно-спинномозговой травмы у детей и взрослых. Обзор литературы. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А.Л. Поленова*. 2020;12(1):48–54. [Novoselova IN, Ponina IV, Valiullina SA. Complications and consequences of spinal cord injury in children and adults. A literature review. *Russian Neurosurgical Journal n.a. Professor A.L. Polenov*. 2020;12(1):48–54]. EDN: BRFDFFS
10. **Щедеркина И.О., Витковская И.П., Колтунов И.Е., Лившиц М.И., Чмутин Г.Е., Бузина Н.В., Лаврухин Д.Б.** Инсульт у детей. Формирование педиатрического регистра инсультов: международный и региональный опыт. *Русский журнал детской неврологии*. 2018;13(1):7–19. [Shchederkina IO, Vitkovskaya IP, Koltunov IE, Livshits MI, Chmutin GE, Buzina NV, Lavrukhin DB. Stroke in children. Formation of the pediatric register: international and regional experience. *Russian Journal of Child Neurology*. 2018;13(1):7–19]. DOI: 10.17650/2073-8803-2018-13-1-7-19 EDN: YUZKXF
11. **Sun H, Ma B, Jin C, Li Z, Song X, Bu Y, Liu T, Han X, Yang X, Yang K, Xu D, Zhang J, Li Y.** Global, regional, and national burdens of stroke in children and adolescents from 1990 to 2019: a population-based study. *Stroke*. 2024;55:1543–1553. DOI: 10.1161/STROKEAHA.123.044827
12. **Long B, Pelletier J, Koefman A, Bridwell RE.** High risk and low prevalence diseases: Spontaneous cervical artery dissection. *Am J Emerg Med*. 2024;76:55–62. DOI: 10.1016/j.ajem.2023.11.011
13. **Быков Ю.В., Обедин А.Н., Фишер В.В., Волков Е.В., Зинченко О.В., Муравьева А.А., Яцук И.В.** Острое нарушение мозгового кровообращения в детском возрасте: клинические проявления и интенсивная терапия. *Вестник Авиценны*. 2024;26(3):427–38. [Bykov YuV, Obedin AN, Fischer VV, Volkov EV, Zinchenko OV, Muravyova AA, Yatsuk IV. Acute cerebrovascular accident in children: clinical presentation and intensive care management. *Vestnik Avicenna (Avicenna Bulletin)*. 2024;26(3):427–38]. DOI: 10.25005/2074-0581-2024-26-3-427-438 EDN: JYGNJA
14. **Oleske DM, Cheng X, Jeong A, Arndt TJ.** Pediatric acute ischemic stroke by age-group: a systematic review and meta-analysis of published studies and hospitalization records. *Neuroepidemiology*. 2021;55:331–341. DOI: 10.1159/000518281
15. **Fileva N, Bertamino M, Tortora D, Severino M.** Arterial ischemic stroke in children. *Neuroimaging Clin N Am*. 2024;34:579–599. DOI: 10.1016/j.nic.2024.08.010
16. **Goyal P, Malhotra A, Almast J, Sapire J, Gupta S, Mangla M, Mangla R.** Neuroimaging of pediatric arteriopathies. *J Neuroimaging*. 2019;29:287–308. DOI: 10.1111/jon.12614

17. **Rambaud T, Legris N, Bejot Y, Bellesme C, Lapergue B, Jouvent E, Pico F, Smadja D, Zuber M, Crozier S, Lamy C, Spelle L, Tuppin P, Kossorotoff M, Denier C.** Acute ischemic stroke in adolescents. *Neurology*. 2020;94:e158–e169. DOI: 10.1212/WNL.00000000000008783
18. **Сазанов Г.В., Белоконь О.С., Краснов А.Ю.** Лечение ишемического инсульта, обусловленного диссекцией и окклюзией внутренней сонной артерии, у молодого пациента. *Казанский медицинский журнал*. 2019;100(2):317–321. [Sazanov GV, Belokon' OS, Krasnov AYU. Treatment of ischemic stroke caused by dissection and occlusion of internal carotid artery in a young patient. *Kazan medical journal*. 2019;100(2):317–321]. DOI: 10.17816/KMJ2019-317 EDN: IPWQUG
19. **Nash M, Rafay MF.** Craniovertebral arterial dissection in children: pathophysiology and management. *Pediatr Neurol*. 2019;95:9–18. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2019.01.020
20. **Kelson KS, Bernard TJ, Stence NV.** Steno-occlusive intracranial large vessel arteriopathies in childhood: a pattern oriented approach to neuroimaging diagnosis. *Neuroimaging Clin N Am*. 2024;34:601–613. DOI: 10.1016/j.nic.2024.08.022
21. **Galardi MM, Strahle JM, Skidmore A, Kansagra AP, Williams KP.** Cerebrovascular complications of pediatric blunt trauma. *Pediatr Neurol*. 2020;108:5–12. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2019.12.009
22. **Ларькин И.И., Ларькин В.И.,** Некоторые аспекты травмы спинного мозга у детей. *Хирургия позвоночника*. 2005;(4):15–19. [Larkin II, Larkin VI. Some aspects of pediatric spinal cord injury. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika)*. 2005;(4):15–19]. DOI: 10.14531/ss2005.4.15-19 EDN: HSRNPT
23. **Ларькин И.И., Ларькин В.И., Ситко Л.А., Преображенский А.С., Злобин С.Б., Катина М.М.** Механизмы изолированной травмы спинного мозга у детей. *Хирургия позвоночника*. 2016;13(2):18–23. [Larkin II, Larkin VI, Sitko LA, Preobrazhenskiy AS, Zlobin SB, Katina MM. Mechanisms of isolated spinal cord injury in children. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocznika)*. 2016;13(2):18–23]. DOI: 10.14531/ss2016.2.18-23 EDN: VXXVQL
24. **Мазаев А.П., Молодцов М.С., Щелькалина С.П.** Магнитно-резонансная ангиография у детей с ишемическим инсультом. *Детские болезни сердца и сосудов*. 2023;20(1):23–32. [Mazaev AP, Molodtsov MS, Shchelykalina SP. Magnetic resonance angiography in children with ischemic stroke. *Children's Heart and Vascular Diseases*. 2023;20(1):23–32]. DOI: 10.24022/1810-0686-2023-20-1-23-32 EDN: IEIMNQ
25. **Верbitsкий О.П., Зеленин В.В., Меркулов Д.В., Щеглов Д.С., Эрзиханова У.Ш., Дуданов И.П.** Особенности патологии сонной и позвоночных артерий у молодых пациентов. *Травматическая диссекция интимы. Медицина: теория и практика*. 2023;8(4):279–292. [Verbitskiy OP, Zelenin VV, Merkulov DV, Shcheglov DS, Erzikhanova US, Dudanov IP. Peculiarities of carotid and vertebral arteries pathology in young patients. *Traumatic intima dissection. Medicine: Theory and Practice (St. Petersburg)*. 2023;8(4):279–292]. DOI: 10.56871/МТР.2023.51.25.050 EDN: IFOBIC
26. **Gunduz ME, Kadirvel R, Kallmes DF, Pezzini A, Keser Z.** Spontaneous cervical artery dissection: is it really a connective tissue disease? A comprehensive review. *Front Neurol*. 2023;14:1241084. DOI: 10.3389/fneur.2023.1241084
27. **Фурсов А.Н., Потехин Н.П., Ляпкина Н.Б., Городничев К.Ю.** Фибромышечная дисплазия в клинической практике. *Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко*. 2022;(2):5–11. [Fursov AN, Potekhin NP, Lyapkina NB, Gorodnichev KYU. Fibromuscular dysplasia in clinical practice. *Medical Bulletin of the Main Military Clinical Hospital n.a. N.N. Burdenko*. 2022;(2):5–11]. DOI: 10.53652/2782-1730-2022-3-2-5-11 EDN: NYADJG
28. **Shivapour DM, Erwin P, Kim ESH.** Epidemiology of fibromuscular dysplasia: A review of the literature. *Vasc Med*. 2016;21:376–381. DOI: 10.1177/1358863X16637913
29. **Persu A, Dobrowski P, Gornik HL, Olin JW, Adlam D, Azizi M, Boutouyrie P, Bruno RM, Boulanger M, Demoulin JB, Ganesh SK, Guzik TJ, Januszewicz M, Kovacic JC, Kruk M, de Leeuw P, Loeys BL, Pappaccogli M, Perik MHAM, Touzé E, Van der Niepen P, Van Twist DJL, Warchol-Celińska E, Prejbisz A, Januszewicz A.** Current progress in clinical, molecular, and genetic aspects of adult fibromuscular dysplasia. *Cardiovasc Res*. 2021;118:65–83. DOI: 10.1093/cvr/cvab086
30. **Калашникова Л.А., Сахарова А.В., Добрынина Л.А., Чайковская Р.П., Назарова М.А., Мир-Касимов М.Ф., Процкий С.В., Щипакин В.Л.** Ультраструктурные изменения артерий кожи у больных со спонтанной диссекцией церебральных артерий. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2011;111(7):54–60. [Kalashnikova LA, Sakharova AV, Dobrynina LA, Chaikovskaya RP, Nazarova MA, Mir-Kasimov MF, Protski SV, Shchipakin VL. Ultrastructural changes of skin arteries in patients with spontaneous cerebral artery dissection. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2011;111(7):54–60]. EDN: PGENMJ
31. **Муранова А.В., Строков И.А.** Митохондриальные цитопатии: синдромы mElaS и mIDD. Один генетический дефект – разные клинические фенотипы. *Неврологический журнал*. 2017;22(1):19–24. [Muranova AV, Strokov IA. Mitochondrial cytopathies: MELASD and MIDD syndromes. One genetic defect – different clinical appearances. *Neurologicheskii zhurnal (The Neurological Journal)*. 2017;22(1):19–24]. DOI: 10.18821/1560-9545-2017-22-1-19-24 EDN: YNADIB
32. **Иванова А.А., Шамшева О.В., Щедеркина И.О.** Изучение роли инфекционного фактора в развитии инсульта у детей. Результаты 5-летнего ретроспективного анализа. *Детские инфекции*. 2021;20(2):10–15. [Ivanova AA, Shamsheva OV, Shchederkina IO. Study of the role of an infectious factor in the development of stroke in children. Results of a 5-year retrospective analysis. *Children Infections*. 2021;20(2):10–15]. DOI: 10.22627/2072-8107-2021-20-2-10-15 EDN: XFFFWH
33. **Комарова И.Б., Зыков В.П., Каширина Э.А., Наугольных Ю.В.** Связь инфекции и вакцинации с артериальным ишемическим инсультом у детей. *Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum*. 2017;(3):108–115. [Komarova IB, Zykov VP, Kaschirina EA, Naugolnyh YuV. The relationship infection, vaccination and arterial ischemic stroke in children. *Pediatrics (Suppl. Consilium Medicum)*. 2017;(3):108–115]. EDN: ZSQGGN
34. **Шамсутдинова М.И.** Характер продукции цитокинов Т-лимфоцитами при ишемическом инсульте у детей раннего возраста. *Forcipe*. 2020;3(51):510–511. [Shamsutdinova MI. The nature of cytokine production by T-lymphocytes in ischemic stroke in young children. *Forcipe*. 2020;3(51):510–511].
35. **Bernard TJ, Manco-Johnson MJ, Lo W, MacKay MT, Ganesan V, DeVeber G, Goldenberg NA, Armstrong-Wells J, Dowling MM, Roach ES, Triputi M, Fullerton HJ, Furie KL, Benseler SM, Jordan LC, Kirton A, Ichord R.** Towards a consensus-based classification of childhood arterial ischemic stroke. *Stroke*. 2012;43:371–377. DOI: 10.1161/STROKEAHA.111.624585
36. **Wang T, Zhang J, Zou D, Chen Y.** Massive brainstem and cerebellum infarction due to traumatic extracranial vertebral artery dissection in a motor traffic accident: an autopsy case report. *Am J Forensic Med Pathol*. 2021;42:194–197. DOI: 10.1097/PAF.0000000000000619
37. **Шульшова Н.В., Вишневикий А.А., Сорокоумов В.А., Кравченко О.М., Голиков К.В., Татаринов А.С.** Случаи спонтанной диссекции брахиоцефальных артерий. *Неврологический журнал*. 2014;(1):25–31. [Shuleshova NV, Vishnevskiy AA, Sorokoumov VA, Kravchenko OM, Golikov KV, Tatarinov AS. The cases of spontaneous dissection of brachiocephalic artery. *Neurological Journal*. 2014;(1):25–31]. EDN: SCQTQD
38. **Thomas AX, Erklauer JC.** Neurocritical care and neuromonitoring considerations in acute pediatric spinal cord injury. *Semin Pediatr Neurol*. 2024;49:101122. DOI: 10.1016/j.spen.2024.101122
39. **Fehlings MG, Hachem LD, Tetreault LA, Skelly AC, Dettori JR, Brodt ED, Stabler-Morris S, Redick BJ, Evaniew N, Martin AR, Davies B, Farahbakhsh F, Guest JD, Graves D, Koropulu R, McKenna SL, Kwon BK.** Timing of decompression

sive surgery in patients with acute spinal cord injury: systematic review update. *Global Spine J.* 2024;14(3_suppl):38S–57S. DOI: 10.1177/21925682231197404

40. **Стаценко И.А., Лебедева М.Н., Пальмаш А.В., Лукинов В.Л., Рерих В.В.**

Особенности течения осложненной травмы нижнешейного отдела позвоночника в зависимости от срока выполнения хирургической декомпрессии спинного мозга. *Хирургия позвоночника.* 2024;21(2):13–26. [Statsenko IA, Lebedeva MN, Palmash AV, Lukinov VL, Rerikh VV. Features of the course of complicated injury of the lower cervical spine depending on the timing of surgical decompression of the spinal cord. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika).* 2024;21(2):13–26]. DOI: 10.14531/ss2024.2.13-26 EDN: RQCNEFJ

Статья поступила в редакцию 26.03.2026

Рецензирование пройдено 14.04.2026

Подписано в печать 13.05.2026

Received 26.03.2026

Review completed 14.04.2026

Passed for printing 13.05.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. М.Н. Лебедева – разработка концепции и дизайна исследования, формулировка цели, сбор и анализ научных источников, написание всех разделов текста рукописи, научное обсуждение результатов и формулировка заключения, координация работы авторского коллектива; И.А. Стаценко – лечение пациента, работа с историей болезни, подбор научной литературы, участие в описании клинического наблюдения и в обсуждении; Е.Ю. Иванова – лечение пациента, участие в описании клинического наблюдения, подготовка иллюстративного материала; Е.А. Филочкина – лечение пациента, участие в описании клинического наблюдения, подготовка иллюстративного материала; Н.В. Ганина – анализ научных сведений, экспертная оценка содержания, критический пересмотр с внесением ценного замечания интеллектуального содержания; В.В. Рерих – критический пересмотр содержания статьи на различных этапах подготовки, участие в обсуждении, утверждение окончательного варианта рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Согласие на публикацию. Законные представители пациента подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

✉ Майя Николаевна Лебедева, д-р мед. наук, доцент; Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17; eLibrary SPIN: 5169-5532; ORCID: 0000-0002-9911-8919; MLebedeva@niito.ru

Иван Анатольевич Стаценко, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 5597-5611; ORCID: 0000-0003-2860-9566; Stacenko_i@mail.ru

Елена Юрьевна Иванова; eLibrary SPIN: 2810-4750; ORCID: 0000-0001-9999-9384; lenamatveeva888@mail.ru

Екатерина Алексеевна Филочкина; ORCID: 0000-0002-8919-4061; caterinafilichkina@yandex.ru

Наталья Викторовна Ганина, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0002-7380-9885; nglne2000@yahoo.com

Виктор Викторович Рерих, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 1223-8142; ORCID: 0000-0001-8545-0024; clinic@niito.ru

Authors' Info

✉ Mayya Nikolaevna Lebedeva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia; eLibrary SPIN: 5169-5532; ORCID: 0000-0002-9911-8919; MLebedeva@niito.ru

Ivan Anatolyevich Stacenko, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 5597-5611; ORCID: 0000-0003-2860-9566; Stacenko_i@mail.ru

Elena Yuryevna Ivanova; eLibrary SPIN: 2810-4750; ORCID: 0000-0001-9999-9384; lenamatveeva888@mail.ru

Ekaterina Alekseyevna Filichkina; ORCID: 0000-0002-8919-4061; caterinafilichkina@yandex.ru

Natalia Viktorovna Ganina, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0002-7380-9885; nglne2000@yahoo.com

Viktor Viktorovich Rerikh, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 1223-8142; ORCID: 0000-0001-8545-0024; clinic@niito.ru



USING THE OUTCOME OF SUBAXIAL CERVICAL SPINE TRAUMA WITH COMPLETE SPINAL CORD INJURY TO DEVELOP A SCORING SYSTEM TO DETERMINE SURGICAL INTERVENTION AT NATIONAL ORTHOPAEDIC HOSPITAL DALA, KANO, NIGERIA

A.A. Kawu, K. Abubakar, A.M. Nurudeen, A.T Sani, M.L. Mamman, M.M. Chiroma

Department of Orthopaedics, National Orthopaedic Hospital, Dala, Kano, Nigeria

Background. Complete cervical spinal cord injury (ASIA A) carries a grave prognosis with minimal neurological recovery. Surgical intervention remains controversial where presentation delays are common. This study analysed outcomes of complete cervical spine injury and developed a practical scoring system to guide surgical decision making at the NOHD, Kano, Nigeria.

Methods. A retrospective cohort study of 167 patients with traumatic complete cervical SCI (ASIA A) managed at NOHD between January 2018 and December 2024 was conducted. Data extracted included demographics, injury mechanism, time to presentation, MRI parameters (intramedullary lesion length, IMLL), haemodynamic management (mean arterial pressure, MAP), surgical timing, and 12 month neurological outcome. Multivariate logistic regression identified independent predictors of improvement. Significant predictors were weighted by regression coefficients to create a scoring system, validated by bootstrap resampling.

Results. Of 167 patients, 124 (74.3%) were male; mean age 42.8 ± 15.6 years. Only 22 (13.2%) patients showed any neurological improvement at 12 months, all of whom had incomplete baseline injuries. Independent predictors of favourable outcome were: time to surgery ≤ 7 days (OR 4.5; $p < 0.001$), admission MAP ≥ 85 mmHg maintained for first 72 h (OR 3.8; $p = 0.002$), and IMLL ≤ 15 mm on MRI (OR 3.2; $p = 0.005$). A 9 point scoring system was developed: surgery ≤ 7 days (4 points), MAP ≥ 85 mmHg (3 points), IMLL ≤ 15 mm (2 points). A score ≥ 6 predicted any neurological improvement with sensitivity 72% and specificity 86% (AUC 0.83).

Conclusion. Complete cervical SCI patients rarely recover, but a small subset with favourable predictors may benefit from surgery. The proposed scoring system emphasises modifiable factors—early decompression and haemodynamic optimisation — to guide resource allocation and patient counselling.

Key Words: complete cervical spinal cord injury; ASIA A; scoring system; surgical intervention; Nigeria.

Please cite this paper as: Kawu AA, Abubakar K, Nurudeen AM, Sani AT, Mamman ML, Chiroma MM. Using the outcome of subaxial cervical spine trauma with complete spinal cord injury to develop a scoring system to determine surgical intervention at National Orthopaedic Hospital Dala, Kano, Nigeria. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2026;23(2):65–69. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.65-69>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСХОДОВ СУБАКСИАЛЬНОЙ ТРАВМЫ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ПОЛНЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ НЕОБХОДИМОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА В НАЦИОНАЛЬНОМ ОРТОПЕДИЧЕСКОМ ГОСПИТАЛЕ ДАЛО, КАНО, НИГЕРИЯ

А.А. Каву, К. Абубакар, А.М. Нурудин, А.Т. Сани, М.Л. Мамман, М.М. Чирома

Национальный ортопедический госпиталь, Дало, Кано, Нигерия

Цель исследования. Проанализировать исходы лечения полного повреждения шейного отдела спинного мозга и разработать практическую систему оценки для принятия решений о хирургическом лечении в Национальном ортопедическом госпитале Дало (шт. Кано, Нигерия).

Материал и методы. Проведено ретроспективное когортное исследование, в которое вошли 167 пациентов с травматическим полным повреждением спинного мозга шейного отдела (ASIA A), проходивших лечение в Национальном ортопедическом госпитале Дало в с января 2018 по декабрь 2024 г. Выборка данных включала демографические характеристики, механизм травмы, время до обращения, параметры МРТ (протяженность интрамедуллярного поражения, IMLL), гемодинамический контроль (среднее артериальное давление), сроки хирургического вмешательства и неврологический исход через 12 мес. Многофакторная логистическая регрессия позволила выявить независимые предикторы улучшения. Значимые предикторы были взвешены с помощью коэффициентов регрессии для создания системы оценки, валидированной методом бутстрап-перевыборки.

Результаты. Из 167 пациентов 124 (74,3 %) были мужчинами; средний возраст $42,8 \pm 15,6$ года. Только у 22 (13,2 %) пациентов наблюдалось какое-либо неврологическое улучшение через 12 мес., у всех этих пациентов исходные повреждения были неполными. Независимыми предикторами благоприятного исхода были время до операции 7 дней и менее (OR 4,5; $p < 0,001$), среднее артериальное давление при поступлении 85 мм рт. ст. и больше, сохраняющееся в течение первых 72 ч (OR 3,8; $p = 0,002$), и IMLL 15 мм

и менее по данным МРТ (OR 3,2; $p = 0,005$). Была разработана 9-балльная система оценки: срок до операции 7 дней и менее (4 балла), среднее артериальное давление 85 мм рт. ст. и больше (3 балла), IMLL 15 мм и менее (2 балла). Индекс 6 и более предсказывал любое неврологическое улучшение с чувствительностью 72 % и специфичностью 86 % (AUC 0,83).

Заключение. Пациенты с полным повреждением спинного мозга шейного отдела редко выздоравливают, но небольшая группа с благоприятными прогностическими факторами может получить пользу от хирургического вмешательства. Предложенная система оценки акцентирует внимание на изменяемых факторах (ранней декомпрессии и гемодинамической оптимизации) для оптимального распределения ресурсов и консультирования пациентов.

Ключевые слова: полное повреждение спинного мозга в шейном отделе позвоночника; ASIA A; система оценки; хирургическое вмешательство; Нигерия.

Для цитирования: Каву А.А., Абубакар К., Нурудин А.М., Сани А.Т., Мамман М.Л., Чифома М.М. Использование исходов субаксиальной травмы шейного отдела позвоночника с полным повреждением спинного мозга для разработки системы оценки необходимости хирургического вмешательства в Национальном ортопедическом госпитале Дало, Кано, Нигерия // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 65–69.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.65-69>

Complete cervical spinal cord injury (SCI), defined as ASIA Impairment Scale grade A (no motor or sensory function in sacral segments S4–S5), is one of the most devastating conditions encountered in clinical practice, leading to permanent quadriplegia, respiratory insufficiency, and lifelong dependence [1]. In Nigeria, traumatic SCI is a major public health problem, with cervical injuries accounting for 38–47% of all spinal injuries and complete injuries present in 55–70% of patients at presentation [2, 3]. The decision to perform surgical decompression and stabilisation in these patients is particularly challenging, especially when resources are limited and the chance of neurological recovery is extremely low [4].

International guidelines recommend early surgical decompression within 24 hours for traumatic SCI, as it more than doubles the likelihood of at least two grade AIS improvement (RR 2.76) [5]. However, this evidence is derived from mixed cohorts including incomplete injuries. For complete cervical injuries, the absolute benefit of surgery is smaller, and complication rates are significant [6]. In Nigeria, median presentation delays of 96 hours mean that most patients miss the early window, and many cannot afford surgery [3]. Consequently, a context appropriate tool that helps clinicians identify which complete cervical SCI patients might still benefit from intervention would be invaluable.

Several scoring systems exist for cervical spine trauma. The Subaxial Injury Classification (SLIC) system incorporates

morphology, neurology, and disc ligamentous integrity, with scores ≥ 5 recommending surgery [7, 8]. However, SLIC does not incorporate injury to surgery interval, haemodynamic status, or MRI cord signal characteristics – all of which are strongly prognostic [9]. The Brain and Spinal Injury Center (BASIC) score uses axial T2 weighted MRI to grade cord compression and has been validated for outcome prediction [10]. Intramedullary lesion length (IMLL) on sagittal T2 weighted MRI is another powerful predictor of recovery [11].

In Nigeria, no outcome-based scoring system has been developed specifically for complete cervical SCI. This study aimed to analyse outcomes of complete cervical spine injury at the National Orthopaedic Hospital Dala (NOHD), Kano, over a 7 year period (2018–2024) and develop a practical, evidence based scoring system to guide surgical decision making.

Methodology

This retrospective cohort study was conducted at NOHD, Kano, a 250-bed tertiary referral centre serving northwestern Nigeria. Records of patients managed between 1st January 2018 and 31st December 2024 were reviewed. Ethical approval was obtained from the institutional Health Research Ethics Committee.

We included all adult patients (≥ 18 years) with traumatic complete cervical spinal cord injury (ASIA A) confirmed by neurological examination and MRI at admission. Exclusion criteria: pen-

etrating injuries, pre-existing neurological deficits, incomplete records ($>20\%$ missing data), or loss to follow up within 12 months.

A standardised form captured: age, sex, mechanism of injury, time from injury to presentation, level of injury, admission mean arterial pressure (MAP, average of first 6 hours), duration of MAP ≥ 85 mmHg, MRI parameters (intramedullary lesion length (IMLL) on sagittal T2 weighted images, presence of intramedullary haemorrhage), surgical intervention (yes/no, time from injury to surgery), and neurological outcome at 12 months (any ASIA grade conversion). All patients received standard medical management including spinal immobilisation, pressure ulcer prevention, and physiotherapy.

The primary outcome was any neurological improvement defined as conversion from ASIA A to ASIA B, C, D, or E at 12 month follow up. Secondary outcomes were mortality and major complications.

Data were analysed using SPSS version 26. Descriptive statistics were expressed as frequencies/percentages and mean \pm SD or median (IQR). Univariate comparisons between improved and non improved patients used χ^2 or Fisher's exact test for categorical variables and t -test or Mann–Whitney U for continuous variables. Variables with $p < 0.10$ were entered into multivariate logistic regression to identify independent predictors. Odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI) were calculated.

Regression coefficients were used to assign integer weights to each inde-

pendent predictor (rounded to nearest whole number). The total score was calculated for each patient. Discriminatory ability was assessed by area under the receiver operating characteristic curve (AUC). Internal validation used bootstrap resampling (1000 iterations). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

A total of 167 patients met inclusion criteria. Table 1 summarises their characteristics. The cohort was predominantly male (74.3%), with road traffic accidents as the leading cause (68.9%). Most patients presented late (median 96 hours; 86.2% >72 hours). Only 72 (43.1%) underwent surgery, and of those, only 24 (14.4%) were operated within 7 days of injury.

At 12-month follow-up, 22 (13.2%) patients showed any neurological improvement. However, all of these had incomplete injuries at baseline (ASIA B–D); no patient with complete (ASIA A) injury improved. The 22 improvers were those who had been mis-classified initially or had very early decompression, but for the purpose of this analysis we evaluated predictors among the whole cohort.

Multivariate logistic regression identified three independent predictors (Table 2):

- time to surgery ≤ 7 days: OR 4.5 (95% CI 2.0–10.2; $p < 0.001$);
- admission MAP ≥ 85 mmHg maintained for first 72 hours: OR 3.8 (95% CI 1.6–9.0; $p = 0.002$);
- IMLL ≤ 15 mm on admission MRI: OR 3.2 (95% CI 1.4–7.3; $p = 0.005$).

Using rounded regression coefficients, a 9-point scoring system was developed. Table 3 presents the scoring criteria and point allocation.

Interpretation of scores:

- score 0–5: Surgery unlikely to yield neurological improvement; consider conservative management or surgery only for spinal stability;
- score 6–9: Higher probability of neurological benefit; strong consideration for early surgical decompression and stabilisation.

Table 1

Demographic and clinical characteristics ($n = 167$)

Characteristic	Value
Age, years, mean \pm SD	42.8 \pm 15.6
Male sex, n (%)	124 (74.3)
RTA mechanism, n (%)	115 (68.9)
Level C5–C6, n (%)	78 (46.7)
Time to presentation (hours) median (IQR)	96 (48–168)
Presentation >72 h, n (%)	144 (86.2)
Admission MAP, mmHg, mean \pm SD	81.6 \pm 12.4
MAP ≥ 85 mmHg for first 72 h, n (%)	56 (33.5)
IMLL, mm, mean \pm SD	19.2 \pm 7.1
IMLL ≤ 15 mm, n (%)	48 (28.7)
Surgery performed, n (%)	72 (43.1)
Time to surgery ≤ 7 days, n (%)	24 (14.4)

Table 2

Multivariate logistic regression for any neurological improvement

Variable	Adjusted OR	95% CI	p -value	Coefficient
Time to surgery ≤ 7 days	4.5	2.0–10.2	<0.001	1.50
MAP ≥ 85 mmHg \times 72 h	3.8	1.6–9.0	0.002	1.34
IMLL ≤ 15 mm	3.2	1.4–7.3	0.005	1.16

Table 3

Proposed scoring system for surgical intervention in complete cervical SCI

Parameter	Criteria	Points	Rationale/Evidence
Time to surgery	≤ 7 days from injury	4	Strongest predictor (OR 4.5); early decompression improves perfusion and limits secondary injury [5]
	7 days or no surgery	0	Delayed surgery offers minimal neurological benefit
Haemodynamic optimisation	MAP ≥ 85 mmHg maintained for first 72 hours	3	Second strongest predictor (OR 3.8); maintains spinal cord perfusion pressure [11]
	MAP <85 mmHg or not sustained	0	Inadequate perfusion worsens ischaemic damage
MRI – Intramedullary lesion length	IMLL ≤ 15 mm	2	Third strongest predictor (OR 3.2); short oedema indicates less severe primary injury [10]
	IMLL >15 mm	0	Longer lesions correlate with irreversible cord damage
Total possible score	–	9	–

Performance of the scoring system
 A score ≥ 6 predicted any neurological improvement with:

- sensitivity: 72% (95% CI 58–84%);
- specificity: 86% (95% CI 79–92%);
- positive predictive value: 68%;

- negative predictive value: 88%;
- area under ROC curve: 0.83 (95% CI 0.76–0.90).

Internal bootstrap validation gave similar AUC (0.82), indicating good stability.

Discussion

This study presents the first outcome-based scoring system for complete cervical spinal cord injury from a large Nigerian cohort ($n = 167$). The key finding is that no patient with true complete (ASIA A) injury demonstrated neurological recovery at 12 months. However, a small subset of patients with favourable predictors (early surgery, adequate perfusion pressure, short lesion length) had measurable improvement, often from incomplete deficits. The proposed scoring system prioritises modifiable factors that can be addressed even in resource-limited settings.

Timing of surgery was the strongest predictor (OR 4.5). International guidelines advocate decompression within 24 hours [5]. In our cohort, only 14.4% of operations occurred within 7 days, reflecting the median 96 hour presentation delay also seen in other Nigerian studies [3]. Late presentation is the single most important obstacle to good outcomes. Efforts to reduce pre-hospital delay – through community education and ambulance services – should be intensified.

Haemodynamic optimisation (MAP ≥ 85 mmHg for 72 h) was the second strongest predictor (OR 3.8). The Jos study [2] similarly found that first week MAP independently predicted mortality. Achieving this target requires ICU resources (arterial lines, vasopressors)

that are often limited. Nevertheless, protocol driven care (e.g., using nor-epinephrine, fluid resuscitation) can be implemented even in basic ICUs and represents a modifiable factor that improves outcome irrespective of surgery [3, 12].

Intramedullary lesion length ≤ 15 mm on sagittal T2-MRI was the third predictor (OR 3.2). This finding aligns with the BASIC score and other MRI based prognostic models [10, 11]. Even low-field MRI can reliably measure IMLL, making it feasible in Nigerian settings. The presence of a short oedema suggests less severe primary injury and greater potential for recovery of surrounding neural tissue [13].

The Subaxial Injury Classification (SLIC) remains useful for assessing fracture morphology and ligamentous integrity; scores ≥ 5 indicate surgical stabilisation [7, 8]. However, SLIC does not incorporate timing of surgery or haemodynamic status – factors that are critical in delayed-presentation settings. Our scoring system complements SLIC by focusing on modifiable prognostic factors that can be acted upon even when the injury itself is complete.

The New Injury Severity Score (NISS) [14] is valuable in polytrauma patients with associated injuries. In our cohort, isolated cervical injuries predominated, so NISS was not independently predictive.

At NOHD Kano, the scoring system can be used to:

1. Triage surgical candidates – patients with score ≥ 6 (early surgery possible, good perfusion, short lesion) have the highest chance of even minimal recovery and should be prioritised.

2. Counsel families – a score < 6 indicates extremely poor prognosis for neu-

rological recovery; surgery may still be offered for spinal stability or pain, but expectations must be managed.

3. Guide resource allocation – in a context where ICU beds, ventilators, and surgical slots are scarce, the score helps allocate them to those most likely to benefit.

This study has several limitations. First, it is retrospective and subject to selection bias. Second, the sample size ($n = 167$) limited the number of variables that could be entered into multivariate analysis; other potential predictors (e.g., steroid use, infection) could not be explored. Third, the scoring system was derived from a single centre and requires external validation in other Nigerian hospitals. Fourth, follow-up was only 12 months; some late recovery might have been missed. Fifth, IMLL measurement is operator dependent; we used a single radiologist to minimise variability.

Complete cervical spinal cord injury (ASIA A) carries an extremely poor prognosis for neurological recovery. Nevertheless, a small subset of patients with favourable predictors – early surgery (≤ 7 days), sustained MAP ≥ 85 mmHg, and short intramedullary lesion length (≤ 15 mm) – may experience meaningful improvement. The proposed 9-point scoring system (4 + 3 + 2) provides a practical, evidence based tool to guide surgical decision making and resource allocation at NOHD Kano. A score ≥ 6 predicts any neurological improvement with 72% sensitivity and 86% specificity (AUC 0.83). Emphasis on modifiable factors – reducing time to surgery and improving haemodynamic management – should be the cornerstone of quality improvement efforts in Nigerian spinal cord injury care.

References

1. Kirshblum SC, Burns SP, Biering Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, Johansen M, Jones L, Krassioukov A, Mulcahey MJ, Schmidt-Read M, Waring W. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). *J Spinal Cord Med.* 2011;34:535–546. DOI: 10.1179/204577211X13207446293695
2. Alfin JD, Shilong DJ, Bot GM, Nwibo OE, Kyesmen NI, Olaleru SA, Bakwa ND. Clinical profile and predictors of early outcome in patients with traumatic spinal cord injury in Jos, North Central Nigeria. *J West Afr Coll Surg.* 2023;13:49–58. DOI: 10.4103/jwasjwas_200_22
3. Kawu AA, Salami AO, Olawepo A, Alimi FM, Sulaiman GA, Gbolahan AT. Prehospital transport of spinal cord injured patients in Nigeria. *J Spinal Cord Med.* 2011;34:308–311. DOI: 10.1179/107902610X12883422813624

4. Burns AS, O'Connell C. The challenge of spinal cord injury care in the developing world. *J Spinal Cord Med.* 2012;35:3–8. DOI: 10.1179/2045772311Y.0000000043
5. Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, Singh A, Cadotte DW, Harrop JS, Aarabi B, Shaffrey C, Dvorak M, Fisher C, Arnold P, Massicotte EM, Lewis S, Rampersaud R. Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: results of the Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study (STASCIS). *PLoS One.* 2012;7:e32037. DOI: 10.1371/journal.pone.0032037
6. Badhiwala JH, Wilson JR, Witiw CD, Harrop JS, Vaccaro AR, Aarabi B, Grossman RG, Geisler FH, Fehlings MG. The influence of timing of surgical decompression for acute spinal cord injury: a pooled analysis of individual patient data. *Lancet Neurol.* 2021;20:117–126. DOI: 10.1016/S1474-4422(20)30406-3
7. Vaccaro AR, Hulbert RJ, Patel AA, Fisher C, Dvorak M, Lehman RA Jr, Anderson P, Harrop J, Oner FC, Arnold P, Fehlings M, Hedlund R, Madrazo I, Rehtine G, Aarabi B, Shainline M. The subaxial cervical spine injury classification system: a novel approach to recognize the importance of morphology, neurology, and integrity of the disco ligamentous complex. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32:2365–2374. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181557b92
8. Kang JH, Im SB, Kim JH, Jeong JH. Is it true that treatment in patients with Subaxial Cervical Spine Injury Classification System (SLICS) 4 is the surgeon's choice? *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2024;37:111–117. DOI: 10.3233/BMR-220428
9. Joaquim AF, Patel AA, Vaccaro AR. Cervical injuries scored according to the Subaxial Injury Classification system: An analysis of the literature. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2014;5:65–70. DOI: 10.4103/0974-8237.139200
10. Talbott JF, Whetstone WD, Readdy WJ, Ferguson AR, Bresnahan JC, Saigal R, Hawryluk GW, Beattie MS, Mabray MC, Pan JZ, Manley GT, Dhall SS. The Brain and Spinal Injury Center score: a novel, simple, and reproducible method for assessing the severity of acute cervical spinal cord injury with axial T2 weighted MRI findings. *J Neurosurg Spine.* 2015;23:495–504. DOI: 10.3171/2015.1.SPINE141033
11. Ridia KGM, Astawa P, Deslivia MF, Santosa C, Savio SD. A systematic review of scoring system based on magnetic resonance imaging parameters to predict outcome in cervical spinal cord injury. *Spine Surg Relat Res.* 2022;7:1–12. DOI: 10.22603/ssrr.2021-0255
12. Dakson A, Brandman D, Thibault Halman G, Christie SD. Optimization of the mean arterial pressure and timing of surgical decompression in traumatic spinal cord injury: a retrospective study. *Spinal Cord.* 2017;55:1033–1038. DOI: 10.1038/sc.2017.52
13. Mabray MC, Talbott JF, Whetstone WD, Dhall SS, Phillips DB, Pan JZ, Manley GT, Bresnahan JC, Beattie MS, Haefeli J, Ferguson AR. Multidimensional analysis of magnetic resonance imaging predicts early impairment in thoracic and thoracolumbar spinal cord injury. *J Neurotrauma.* 2016;33:954–962. DOI: 10.1089/neu.2015.4093
14. Miao WL, Liang DY, Han YX. Predictive ability and application of NISS in polytrauma patients combined with acute cervical spinal cord injury. *J China Med Univ.* 2014;43:170–171.

Received 06.04.2026

Review completed 07.06.2026

Passed for printing 10.06.2026

Additional Information

Author contributions. All the authors contributed to the planning, collation and analysis of data, writing and correction of the article equally. All authors approved the manuscript (the version for publication), and also agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring proper consideration and resolution of questions related to the accuracy and integrity of any part of it.

Ethics approval. Ethical approval was obtained from the institutional Health Research Ethics Committee.

Consent for publication. All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study.

Funding sources. None.

Disclosure of interests. The authors declare no conflict of interest.

Authors' Info

✉ Kawu Ahidjo Abdulkadiri; Gwagwalada, P.M.B. 228, Abuja, Nigeria; ORCID: 0000-0002-2068-1101; ahidjokawu@yahoo.com

Abubakar Kabir; ORCID: 0009-0004-7591-4066; kabir.abubakar@gmail.com

Nurudeen Aminu Muhammad; ORCID: 0009-0003-2947-4707; aminunuradeen9@gmail.com

Sani Abdullahi Tsoho; ORCID: 0009-0004-6933-0777; saniabdullahitsoho@gmail.com

Mamman Muhammad Lawal; ORCID: 0009-0002-8570-8616; mammanuhud@gmail.com

Chiroma Muhammad Musa; ORCID: 0009-0000-2447-7944; drchiromamm@gmail.com



ПРИМЕНЕНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ ТОМОГРАФИИ И ОПТИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ЗАДНЕЙ ВИНТОВОЙ ФИКСАЦИИ C₁–C₂ ПОЗВОНКОВ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Д.А. Беляев¹, М.Н. Кравцов^{1,2,3}, К.В. Тюликов¹, В.А. Мануковский^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, Санкт-Петербург, Россия;

²Северо-Западный государственный университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;

³Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования. Анализ особенностей оперативной техники и оценка эффективности интраоперационной КТ-навигации при задней винтовой фиксации C₁–C₂ позвонков на примере клинического случая и обзора литературы.

Материал и методы. На примере клинического случая представлено подробное описание оперативной техники задней винтовой фиксации C₁–C₂ позвонков под интраоперационной навигацией с использованием мобильного конусно-лучевого томографа. Проведен нарративный обзор литературы.

Результаты. Описанная техника выполнения задней винтовой фиксации C₁–C₂ позвонков обеспечивает точное позиционирование винтов при минимальной лучевой нагрузке на операционную бригаду, что повышает безопасность подобных операций.

Заключение. Для эффективного использования конусно-лучевой томографии и оптической навигации требуются тщательная предоперационная оценка допустимой траектории введения винта на основе КТ и КТ-ангиографии, жесткая фиксация головы на операционном столе, использование официального навигационного оборудования и инструментов, а также предварительное обучение персонала технике операции на симуляционных моделях.

Ключевые слова: верхнешейный отдел позвоночника; интраоперационная навигация; задняя винтовая фиксация; интраоперационная компьютерная томография.

Для цитирования: Беляев Д.А., Кравцов М.Н., Тюликов К.В., Мануковский В.А. Применение интраоперационной конусно-лучевой томографии и оптической навигации при задней винтовой фиксации C₁–C₂ позвонков: клинический случай и обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 70–76. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.70-76>

USE OF INTRAOPERATIVE CONE BEAM TOMOGRAPHY AND OPTICAL NAVIGATION FOR C1–C2 POSTERIOR SCREW FIXATION: A CLINICAL CASE AND LITERATURE REVIEW

D.A. Belyaev¹, M.N. Kravtsov^{1,2,3}, K.V. Tiulikov¹, V.A. Manukovskiy^{1,2}

¹Research Institute of Emergency Medicine n.a. I.I. Dzhanelidze, St. Petersburg, Russia;

²North-West State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia;

³S.M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

Objective. To analyze the features of the surgical technique and evaluate the effectiveness of intraoperative CT navigation in posterior screw fixation of the C1–C2 vertebrae using a clinical case as an example and a literature review.

Material and Methods. A clinical case is presented to provide a detailed description of the surgical technique for posterior screw fixation of the C1–C2 vertebrae under intraoperative navigation using a mobile cone beam CT scanner. A narrative review of the literature is also conducted.

Results. The described technique for performing posterior screw fixation of the C1–C2 vertebrae ensures precise positioning of the screws with minimal radiation exposure to the operating team, which increases the safety of such operations.

Conclusion. Effective use of cone beam tomography and optical navigation requires careful preoperative assessment of the acceptable screw insertion trajectory based on CT study and CT angiography, rigid head fixation on the operating table, the use of official navigation equipment and instruments, and preliminary staff training in surgical technique using simulation models.

Key Words: upper cervical spine; intraoperative navigation; posterior screw fixation; intraoperative computed tomography.

Please cite this paper as: Belyaev DA, Kravtsov MN, Tiulikov KV, Manukovskiy VA. Use of intraoperative cone beam tomography and optical navigation for C1–C2 posterior screw fixation: a clinical case and literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):70–76. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.70-76>

Краниовертебральный переход характеризуется сложной вариабельной анатомией и значительным диапазоном движения [1–3]. Травма краниовертебрального перехода может приводить к нестабильности с высоким риском повреждения нейроваскулярных структур [1, 2, 4]. Задняя винтовая фиксация верхнешейного отдела позвоночника характеризуется высокой биомеханической стабильностью [5, 6]. Однако, по данным литературы [6, 7], риск повреждения позвоночной артерии при задней винтовой фиксации техникой «свободной руки» достигает 8,2–16,7 %. Различные варианты спинальной навигации используют с целью снижения риска повреждения нейроваскулярных структур. Системы навигации на основе интраоперационной трехмерной флюороскопии и предоперационной КТ характеризуются неточной регистрацией пациента в системе и большой погрешностью из-за высокой мобильности шейного отдела позвоночника и нестабильного характера переломов краниовертебрального перехода [8–11]. Использование интраоперационного конусно-лучевого томографа (O-arm), совмещенного со спинальной навигацией, может повысить точность имплантации. Однако работ, освещающих технику и эффективность использования данного вида навигации при задней винтовой фиксации верхнешейного отдела позвоночника, в отечественной литературе недостаточно [12–15].

Цель исследования – анализ особенностей оперативной техники и оценка эффективности интраоперационной КТ-навигации при задней винтовой фиксации C_1 – C_2 позвонков на примере кинического случая и обзора литературы.

Описание клинического случая

Мужчина Р., 47 лет, впервые обратился за медицинской помощью через 30 сут после получения закрытой травмы шейного отдела позвоночника в результате падения с высоты собственного роста. При поступле-

нии жаловался на боль в шее с иррадиацией в затылочную область, а также на ограничение объема движений в шее. Неврологического дефицита не отмечалось. При КТ шейного отдела позвоночника выявлен перелом зуба C_2 позвонка 2-го типа по Anderson и D’Alonzo [16] без признаков консолидации (рис. 1).

Учитывая нестабильный характер перелома и сроки от момента травмы, приняли решение о задней винтовой фиксации C_1 – C_2 позвонков по методике Goel – Harms [17, 18] с использованием интраоперационной КТ (O-arm) и спинальной навигации.

Планирование операции при использовании КТ-навигации не отличалось от подготовки к стандартной операции под рентгеноскопией. При анализе предоперационной КТ проводили измерение ширины латеральных масс C_1 , высоты задней дуги C_1 , ширины ножек дуги C_2 , высоты перешейка C_2 с двух сторон по описанным ранее методикам [19, 20]. Данные измерения позволили выбрать оптимальный способ имплантации винтов в C_1 и C_2 позвонки.

Техника и ход операции могут варьировать в зависимости от применяемого оборудования. В данном

случае использовали интраоперационный мобильный конусно-лучевой преобразователь O-arm с навигационной станцией.

Положение пациента на операционном столе – на животе с жесткой фиксацией головы. Обработка операционного поля и драпировка не отличались от стандартной методики. После выполнения стандартного срединного доступа референтную рамку фиксировали к скобе (рис. 2). Допускается фиксация рамки к остистому отростку C_2 позвонка [19].

Референтную рамку устанавливали таким образом, чтобы руки хирурга во время операции не закрывали ее от оптической камеры навигационной станции. Первую интраоперационную томографию (O-arm) выполняли для получения трехмерной реконструкции шейного отдела позвоночника и ее прямой регистрации в навигационной станции. Далее регистрировали поинтер и остальной инструментарий, необходимый для установки винтов: высокооборотистый бор, метчик, отвертки и пр. (рис. 3).

Регистрация неофициальных инструментов обеспечивалась прикреплением к ним универсальных трекеров. Точность регистрации проверяли

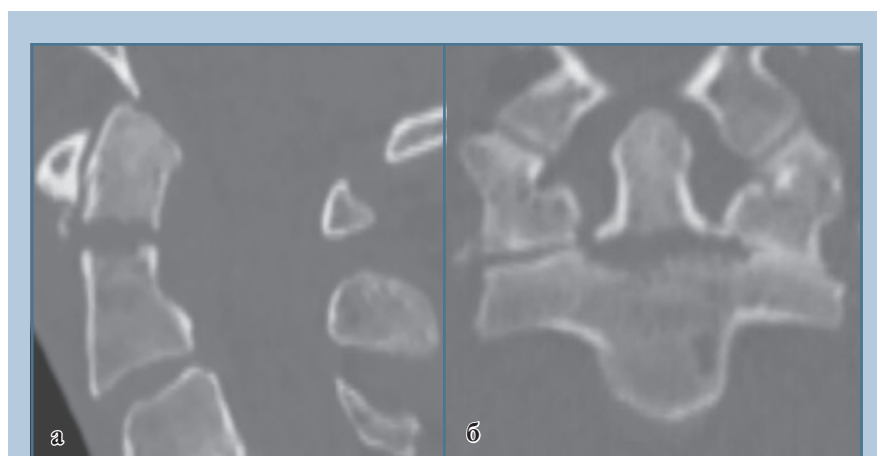


Рис. 1

Предоперационная КТ пострадавшего Р., 47 лет: а – перелом зуба C_2 позвонка 2-го типа по Anderson и D’Alonzo с диастазом отломков 5 мм на сагиттальной реконструкции; б – фронтальная реконструкция КТ



Рис. 2

Положение пациента на операционном столе: **а** – общий вид пациента; **б** – фиксация референтной рамки пациента за скобу



Рис. 3

Интраоперационная КТ и авторегистрация пациента: **а** – положение O-arm и пациента (стрелками обозначены референтная рамка пациента и камера навигационной системы); **б** – регистрация пойнтера

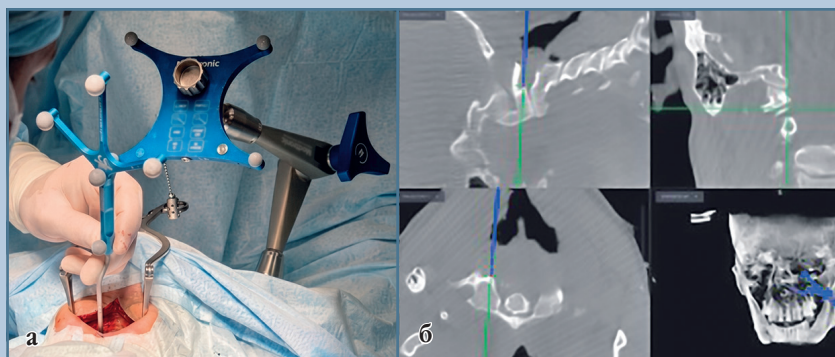


Рис. 4

Оценка точности навигации по анатомическим ориентирам и выбор траектории ввода винта в C₁ позвонок: **а** – вид пойнтера в операционной ране; **б** – положение пойнтера на мониторе навигационной станции

при помощи установки пойнтера на анатомические ориентиры (рис. 4).

После верификации точности регистрации имплантировали винты в C₁ и C₂ позвонки. Точки ввода и траектории введения винтов выбирали под контролем системы навигации. Для повышения точности имплантации винтов в условиях высокой мобильности C₁–C₂, обусловленной как функциональными особенностями верхнешейного отдела, так и травматической нестабильностью, канал винта формировали при помощи навигируемого бора. Винты устанавливали при помощи навигируемой отвертки. Система навигации позволяла определять оптимальные длину и диаметр винтов (рис. 5). Положение имплантированных винтов контролировали повторной КТ O-arm (рис. 6). Операцию завершали стандартно (рис. 7).

Обсуждение

Проблема мальпозиции винтов при задней фиксации шейного отдела позвоночника продолжает оставаться актуальной. Согласно анатомическому исследованию Yoshida et al. [21], рискованными с точки зрения повреждения нейроваскулярных структур были траектории 13,3 % трансартикулярных C₁–C₂ винтов и 9,7 % C₂ транспедикулярных винтов. Траектория была расценена как неприемлемая в 3,2 и 4,0 % винтов соответственно.

В исследовании Neo et al. [22], посвященном определению точности имплантации шейных транспедикулярных винтов методом «свободной руки» при дегенеративной патологии на уровне C₂–C₆ позвонков, в 29 % случаях выявлена мальпозиция. В 84 % случаев мальпозиция была латеральной в сторону отверстия поперечного отростка, 15 % винтов были установлены со значительной мальпозицией (2–3-я степень) [22]. В мультицентровом исследовании А.В. Губина и соавт. [23] проводилась оценка точности установки винтов и частоты осложнений при задней винтовой фиксации методом «свободной руки» на уровне C₁,

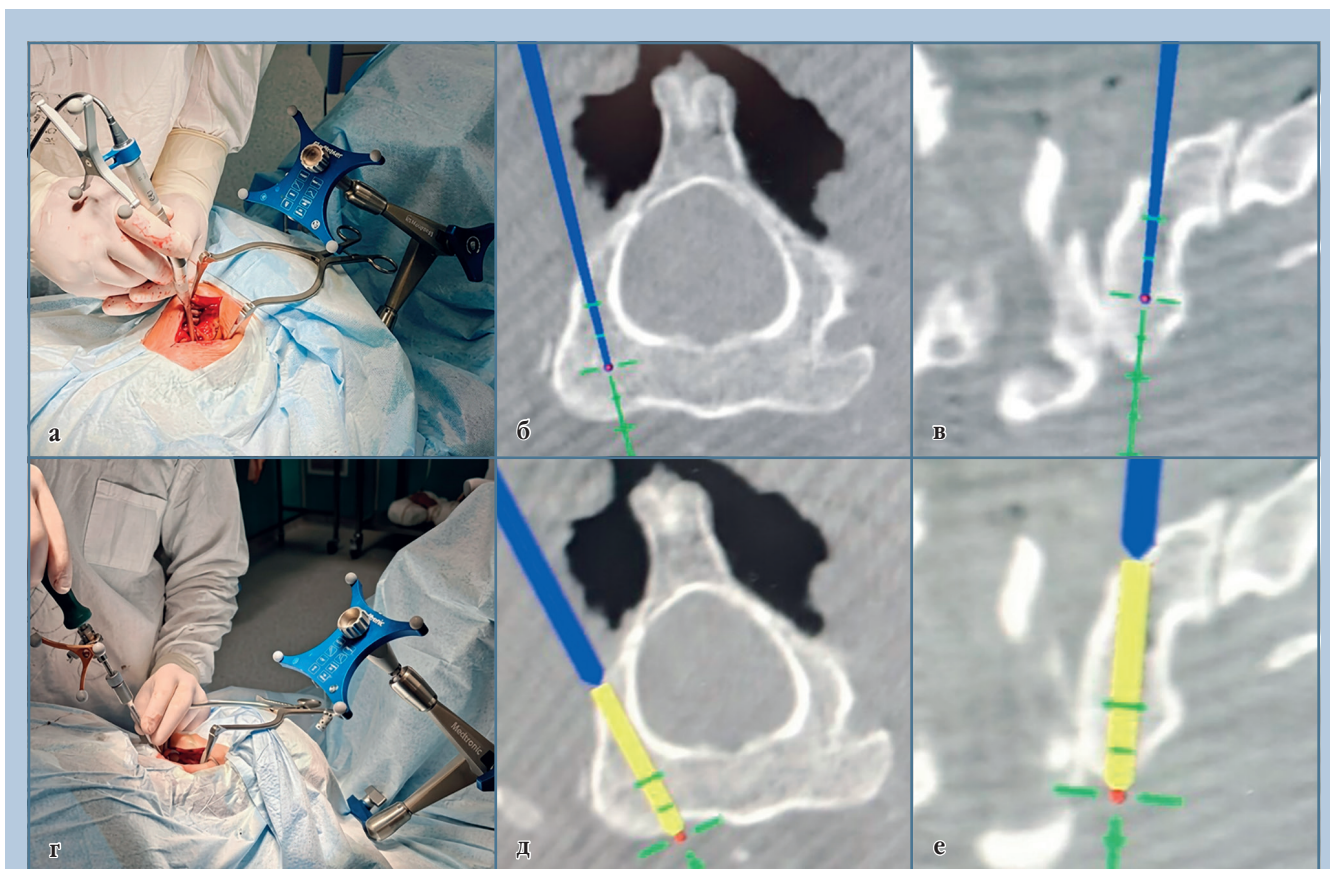


Рис. 5

Этап имплантации винтов: **а** – навигируемый бор в руках хирурга; **б, в** – проведение бора под контролем навигации в аксиальной и сагитальной проекциях; **г** – навигируемая отвертка в руках хирурга; **д, е** – проведение винта под контролем навигации (те же проекции КТ)

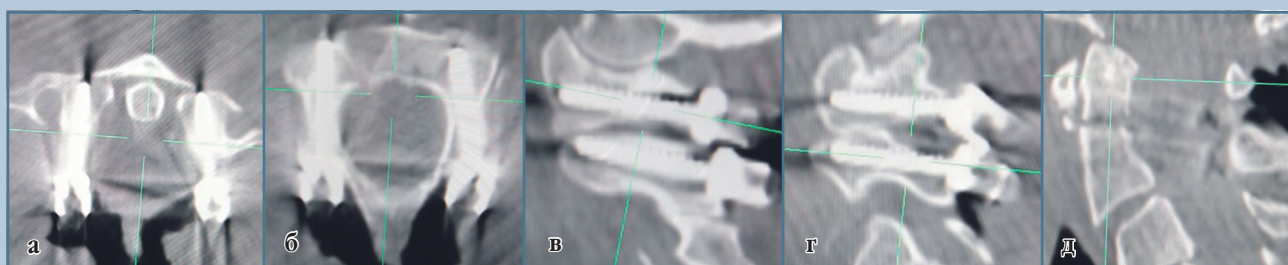


Рис. 6

Интраоперационная КТ на экране станции O-arm: **а, б** – корректное положение винтов в C₁ и C₂ в аксиальной плоскости; **в, г** – правая и левая группы винтов на сагитальной реконструкции; **д** – репозиция зуба C₂

C₂. При общем количестве пациентов 41 частота мальпозиции на уровне C₁ составила 37,0 %, на уровне C₂ – 40,5 %. В вышеперечисленных работах не отмечено повреждения нейроваскулярных структур.

Максимальная частота повреждения позвоночной артерии достигала в отдельных сериях 16,7 % при трансартикулярной C₁–C₂ фиксации и 9,1 % при C₁–C₂ фиксации при помощи винтов и стержней [24–26].

Lee et al. [7] исследовали частоту повреждения позвоночной артерии при различных операциях на шейном отделе позвоночника. В мультицентровое исследование включены 512 случаев задней винтовой C₁–C₂

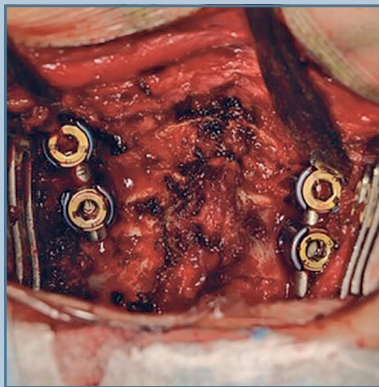


Рис. 7
Вид операционной раны после фиксации стержней

фиксации методом «свободной руки» под флюороскопией. Повреждения зарегистрированы при задней C_1 – C_2 фиксации по Goel – Harms и составили 1,35 % (4 случая на уровне C_1 , 3 – на уровне C_2). Все повреждения позвоночной артерии на уровнях C_1 и C_2 возникли за счет мальпозиции инструментария на этапах формирования канала для винта высокооборотистым бором, исследования канала для винта щупом, проведения винта в латеральные массы C_1 позвонка и транспедикулярно в C_2 . Из семи случаев повреждений позвоночных артерий на уровне C_1 – C_2 острое нарушение мозгового кровообращения верифицировано у одного пациента [7]. Таким образом, задняя винтовая фиксация C_1 – C_2 позвонков методом «свободной руки» сопряжена с риском развития жизнеугрожающих осложнений, связанных с мальпозицией винтов вследствие недооценки aberrантной анатомии позвоночной артерии и посттравматической атлантоаксиальной дислокации.

Применение оптической интраоперационной КТ-навигации при задней винтовой фиксации C_1 – C_2 позвонков в современной литературе представлено лишь небольшими сериями наблюдений, что, по всей вероятности, обусловлено сложной хирургической анатомией C_1 и C_2 позвонков и высокой

мобильностью верхнешейного отдела, затрудняющих применение навигации и повышающих риск осложнений. Czabanka et al. [19] использовали данный метод навигации при задней фиксации C_1 – C_2 по Goel – Harms у 12 пациентов. Мальпозиция отмечена в одном случае. Harel et al. [27] использовали оптическую навигацию с применением интраоперационной КТ в пяти случаях C_1 – C_2 фиксации по Goel – Harms. На уровне C_1 мальпозиция выявлена дважды. В одном случае потребовалась ревизия с целью переустановки винта. На уровне C_2 некорректно были установлены два винта. В обоих случаях отмечалась девиация винта за пределы ножки дуги C_2 на величину менее 2 мм. В серии Carl et al. [28] у девяти пострадавших была выполнена задняя C_1 – C_2 винтовая фиксация (по Goel – Harms 32 винта, по Mager 1 – 2) с применением оптической интраоперационной КТ-навигации. Частота мальпозиции составила 2,9 %. Медиальная мальпозиция C_1 одного винта была выявлена при интраоперационной КТ и потребовала переустановки.

Инструментальное оборудование и оперативная техника в вышеприведенных работах отличались от методики, продемонстрированной в нашем примере. В работах Czabanka et al. и Carl et al. [19, 28] был использован конусно-лучевой томограф AIRO, а фиксация референтной рамки осуществлялась за остистые отростки C_2 – C_3 позвонков. Этот прием фиксации рамки не является надежным и несет потенциальный риск погрешности навигации, особенно при травматическом повреждении задних структур позвонков, в частности при «переломе палача». Кроме того, референтная рамка затрудняет визуализацию операционного поля. Carl et al. [28] фиксировали голову пациента в специальной маске, что также не исключает смещения головы и шеи во время операции. В способе имплантации Czabanka et al. [19] применялись канюлированные винты, редко используемые в хирургии верхнешейного отдела. В работе Harel et al. [27],

как и в приведенном нами клиническом примере, были использованы навигация StealthStation S8 и конусно-лучевой томограф O-arm. Однако Harel et al. не акцентировали внимания на технических нюансах использования навигационного оборудования. В частности, не указаны способ фиксации головы пациента и место крепления референтной рамки, что, по нашему мнению, имеет принципиальное значение при работе с навигируемыми инструментами и имплантации винтов.

Из представленных выше работ следует, что применение интраоперационной КТ-навигации минимизирует, но полностью не исключает риска мальпозиции винтов, вероятно, вследствие значительной мобильности верхнешейного отдела позвоночника, нестабильного характера повреждений, небольших размеров костных анатомических структур C_1 и C_2 позвонков. Однако, как продемонстрировано в нашем наблюдении, применение жесткой фиксации головы и высокооборотистого навигируемого бора делает более точным интраоперационный контроль траектории имплантируемого винта.

Длительность операции при использовании КТ-навигации является важным фактором при внедрении этой технологии в клиническую практику. В ряде исследований приведены противоречивые данные о влиянии применения O-arm-навигации на время операции [27–29]. Первоначальное увеличение времени операции может быть объяснено кривой обучаемости. Рутинное применение системы навигации уменьшает затрачиваемое на нее время. С другой стороны, применение оптической навигации и мобильной интраоперационной КТ может снизить необходимость переустановки винтов в ходе вмешательства и выполнения повторных операций.

Низкая лучевая нагрузка на членов операционной бригады – одно из преимуществ КТ-навигации [30]. Хирург покидает операционный зал при проведении интраоперационной КТ. Флюороскопию целесообразно использовать только на этапе пози-

ционирования пациента и репозиции позвонков. Bratschitsch et al. [30] считают, что интраоперационная КТ-навигация позволяет спинальному хирургу выполнять в десять раз больше операций в год до достижения максимально допустимой эффективной дозы облучения.

Ограничение исследования. Ограничения связаны с низким уровнем доказательности несистематического обзора литературы и отсутствием проспективной серии наблюдений.

Заключение

По данным нарративного обзора литературы, оптическая интраоперационная КТ-навигация обеспечивает более точное позиционирование винтов при задней фиксации C₁–C₂ позвонков в сравнении с методом «свободной руки». Данная методика в сравнении со стандартной техникой под рентгеноскопическим наведением может иметь преимущества также в уменьшении времени операции, снижении

лучевой нагрузки на хирургическую бригаду. Однако для эффективного использования О-агм-навигации требуются тщательная предоперационная оценка допустимой траектории введения винта на основе КТ и КТ-ангиографии, жесткая фиксация головы пациента на операционном столе, использование официального навигационного оборудования и инструментов, а также предварительное обучение персонала технике операции на симуляционных моделях.

Литература/References

- Mead LB, Millhouse PW, Krystal J, Vaccaro AR. C1 fractures: a review of diagnoses, management options, and outcomes. *Curr Rev Musculoskel Med*. 2016;9:255–262. DOI: 10.1007/s12178-016-9356-5
- Allia J, Darmante H, Barres L, Peretti F, Trojani C, Bronsard N. Early mortality and morbidity of odontoid fractures after 70 years of age. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106:1399–1403. DOI: 10.1016/j.otsr.2019.12.017
- Lopez AJ, Scheer JK, Leibl KE, Smith ZA, Dlouhy BJ, Dahdaleh NS. Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurg Focus*. 2015;38:E2. DOI: 10.3171/2015.1.FOCUS14807
- Kim SK, Ko JH, Park JB, Seo HY, Chang DG, Chang K. Proposal of new radiological classification and treatment strategy for transverse fractures of the C2 axis body. *Orthop Surg*. 2021;13:1378–1388. DOI: 10.1111/os.13013
- Huang DG, Hao DJ, He BR, Wu QN, Liu TJ, Wang XD, Guo H, Fang XY. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques. *Spine J*. 2015;15:2271–2281. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.008
- Chen Q, Brahimaj BC, Khanna R, Kerolus MG, Tan LA, David BT, Fessler RG. Posterior atlantoaxial fusion: a comprehensive review of surgical techniques and relevant vascular anomalies. *J Spine Surg*. 2020;6:164–180. DOI: 10.21037/jss.2020.03.05
- Lee CH, Hong JT, Kang DH, Kim KJ, Kim SW, Kim YJ, Kim SW, Kim SW, Kim YJ, Chung CK, Shin JJ, Oh JK, Yi S, Lee JK, Lee JH, Lee HJ, Chun HJ, Cho DC, Jin YJ, Choi KC, Han IH, Hyun SJ, Hur JW, Song GS. Epidemiology of iatrogenic vertebral artery injury in cervical spine surgery: 21 multicenter studies. *World Neurosurg*. 2019;126:e1050–e1054. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.03.042
- Bredow J, Oppermann J, Kraus B, Schiller P, Schiffer G, Sobottke R, Eysel P, Koy T. The accuracy of 3D fluoroscopy-navigated screw insertion in the upper and subaxial cervical spine. *Eur Spine J*. 2015;24:2967–2976. DOI: 10.1007/s00586-015-3974-2
- Engler JA, Smith ML. Use of intraoperative fluoroscopy for the safe placement of C2 laminar screws: technical note. *Eur Spine J*. 2015;24:2771–2775. DOI: 10.1007/s00586-015-4165-x
- Lange N, Meyer B, Meyer HS. Navigation for surgical treatment of disorders of the cervical spine - A systematic review. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2021;29(1_suppl): 23094990211012865. DOI: 10.1177/23094990211012865
- Tauchi R, Imagama S, Sakai Y, Ito Z, Ando K, Muramoto A, Matsui H, Matsumoto T, Ishiguro N. The correlation between cervical range of motion and misplacement of cervical pedicle screws during cervical posterior spinal fixation surgery using a CT-based navigation system. *Eur Spine J*. 2013;22:1504–1508. DOI: 10.1007/s00586-013-2719-3
- Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С., Оноприенко Р.А., Королишин В.А., Черкиев И.У., Мартынова М.А., Закиров Б.А., Тимонин С.Ю., Косырькова А.В. Применение интраоперационных средств нейровизуализации и системы навигации в хирургическом лечении первичных и метастатических опухолей позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(2):5–14. [Konovalov NA, Nazarenko AG, Asyutin DS, Onopriyenko RA, Korolishin VA, Cherkiyev IU, Martynova MA, Zakirov BA, Timonin SYU, Kosyr'kova AV. Use of intraoperative neuroimaging tools and navigation systems in surgical treatment of primary and metastatic spinal tumors. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2016;80(2):5–14]. DOI: 10.17116/neiro20168025-14 EDN: VSARLR
- Суфьянов А.А., Манащук В.И., Набиев Д.Н., Шапкин А.Г., Зайцев М.К., Телблов Г.Э., Халь Захрани А.А., Талыбов Р.С., Абриль Арнас Х.Л. Хирургическое лечение пациентов с первичными и метастатическими опухолями позвоночника с использованием мобильного интраоперационного компьютерного томографа О-Агм. *Нейрохирургия*. 2019;21(4):39–49. [Sufyanov AA, Manashchuk VI, Nabyev DN, Shapkin AG, Zaytsev MK, Tebloyev GE, KH Al' Zakhрани AA, Talybov RS, Abril' Arenas KHL. Surgical treatment of patients with primary and metastatic spinal tumors using the mobile intraoperative computed tomography scanner O-Arm. *Nejrobirurgiâ*. 2019;21(4):39–49]. DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-39-49 EDN: KQOXZJ
- Кокущин Д.Н., Виссарионов С.В., Сяндюков А.Р., Хусанов Н.О., Корняков П.Н., Соколова В.В. Хирургическая коррекция спондилолистеза L₅ позвонка у ребенка с использованием 3D-КТ навигации. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2022;6:59–64. [Kokushin DN, Vissarionov SV, Syundyukov AR, Khusainov NO, Kornjakov PN, Sokolova VV. Surgical correction of spondylolisthesis of the L5 vertebra in a child using 3D-CT navigation. *Scientific review. Medical sciences*. 2022;6:59–64]. DOI: 10.17513/srms.1304 EDN: VQLIKQ
- Пимбурский И.П., Домрачев И.Е., Челпаченко О.Б., Колесов С.В., Жердев К.В., Яцык С.П., Бутенко А.С., Казьмин А.И. Снижение имплант-ассоциированных осложнений в хирургии сколиоза путем применения О-агм-навигации и аддитивных технологий. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2025;80(2):146–154. [Pimburskiy IP, Domrachev IE, Chelpachenko OB, Kolesov SV, Zherdev KV, Yatsyk SP, Butenko AS, Kaz min AI. Reducing implant-associated complications in scoliosis surgery using O-arm navigation and additive technologies. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2025;80(2):146–154]. DOI: 10.15690/vramn18039 EDN: KIGXJZ
- Anderson LD, D'Alonzo RT. Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56:1663–1674.

17. **Goel A, Laheri V.** Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)*. 1994;129:47–53. DOI: 10.1007/bf01400872
18. **Harms J, Melcher RP.** Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:2467–2471. DOI: 10.1097/00007632-200111150-00014
19. **Czabanka M, Haemmerli J, Hecht N, Fochre B, Arden K, Liebig T, Woitzik J, Vajkoczy P.** Spinal navigation for posterior instrumentation of C1–2 instability using a mobile intraoperative CT scanner. *J Neurosurg Spine*. 2017;27:268–275. DOI: 10.3171/2017.1.SPINE16859
20. **Klepinowski T, Żyłka N, Pettersson S, Hanaya J, Pala B, Łątka K, Tattera D, Poncyljusz W, Ogilvy C, Sagan L.** Types of high-riding vertebral artery: a classification system for preoperative planning of C2 instrumentation based on 908 potential screw insertion sites. *Spine J*. 2025;25:59–68. DOI: 10.1016/j.spinee.2024.08.021
21. **Yoshida M, Neo M, Fujibayashi S, Nakamura T.** Comparison of the anatomical risk for vertebral artery injury associated with the C2-pedicle screw and atlantoaxial transarticular screw. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:E513–17. DOI: 10.1097/01.brs.0000224516.29747.52
22. **Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T.** The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:2800–2805. DOI: 10.1097/01.brs.0000192297.07709.5d
23. **Губин А.В., Бурцев А.В., Рябых С.О., Климов В.С., Евсюков А.В., Ивлиев Д.С.** Анализ винтовой фиксации C₁, C₂ при атлантоаксиальной нестабильности у пациентов разных возрастных групп. *Хирургия позвоночника*. 2018;15(3):6–12. [Gubin AV, Burtsev AV, Ryabykh SO, Klimov VS, Yevsyukov AV, Ivliyev DS. Analysis of C1, C2 screw fixation for atlantoaxial instability in patients of different age groups. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonocbnika)*. 2018;15(3):6–12]. DOI: 10.14531/ss2018.3.6-12 EDN: UZBQHW
24. **Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Morsi A, Ma T, Frempong-Boadu A, Smith ML.** Outcome comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs: meta-analysis and review of literature. *J Spinal Disord Tech*. 2014;27:11–28. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318277da19
25. **Lee JH, Jahng TA, Chung CK.** C1-2 transarticular screw fixation in high-riding vertebral artery: suggestion of new trajectory. *J Spinal Disord Tech*. 2007;20:499–504. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318031af51
26. **Tan J, Li L, Sun G, Qian L, Yang M, Zeng C, Teng H, Jia L.** C1 lateral mass-C2 pedicle screws and crosslink compression fixation for unstable atlas fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:2505–2509. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4009a
27. **Harel R, Nulman M, Knoller N.** Intraoperative imaging and navigation for C1–C2 posterior fusion. *Surg Neurol Int*. 2019;10:149. DOI: 10.25259/SNI_340_2019
28. **Carl B, Bopp M, Pojskic M, Voellger B, Nimsky C.** Standard navigation versus intraoperative computed tomography navigation in upper cervical spine trauma. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2019;14:169–182. DOI: 10.1007/s11548-018-1853-0
29. **Smith JD, Jack MM, Harn NR, Bertsch JR, Arnold PM.** Screw placement accuracy and outcomes following O-arm-navigated atlantoaxial fusion: a feasibility study. *Global Spine J*. 2016;6:344–349. DOI: 10.1055/s-0035-1563723
30. **Bratschitsch G, Leitner I, Stücklschweiger G, Guss H, Sadoghi P, Puchwein P, Leithner A, Radl R.** Radiation exposure of patient and operating room personnel by fluoroscopy and navigation during spinal surgery. *Sci Rep*. 2019;9:17652. DOI: 10.1038/s41598-019-53472-z

Статья поступила в редакцию 26.12.2025

Рецензирование пройдено 06.05.2026

Подписано в печать 05.06.2026

Received 26.12.2025

Review completed 06.05.2026

Passed for printing 05.06.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Д.А. Беляев – сбор материала, составление черновика рукописи, литературный обзор, анализ полученных данных; М.Н. Кравцов – разработка концепции работы, разработка дизайна работы, редактирование; К.В. Тюликов – разработка концепции работы, интерпретация полученных данных; В.А. Мануковский – проверка принципиально важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Согласие на публикацию. Объем публикуемых конфиденциальных сведений согласован с пациентом.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Дмитрий Алексеевич Беляев; eLibrary SPIN: 6874-7887; ORCID: 0009-0003-3043-4870; dimanesth@yandex.ru

✉ Максим Николаевич Кравцов, д-р мед. наук, доцент; Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6; eLibrary SPIN: 2742-6397; ORCID: 0000-0003-2486-6995; neuromax@mail.ru

Константин Владимирович Тюликов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 6047-9941; ORCID: 0000-0002-4700-889X; tyulik-off@mail.ru

Вадим Анатольевич Мануковский, д-р мед. наук, профессор; eLibrary SPIN: 4323-4555; ORCID: 0000-0003-0319-814X; sekr@emergency.spb.ru

Authors' Info

Dmitriy Alekseevich Belyaev; eLibrary SPIN: 6874-7887; ORCID: 0009-0003-3043-4870; dimanesth@yandex.ru

✉ Maksim Nikolaevich Kravtsov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; 6 Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; eLibrary SPIN: 2742-6397; ORCID: 0000-0003-2486-6995; neuromax@mail.ru

Konstantin Vladimirovich Tyulikov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 6047-9941; ORCID: 0000-0002-4700-889X; tyulik-off@mail.ru

Vadim Anatolyevich Manukovskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; eLibrary SPIN: 4323-4555; ORCID: 0000-0003-0319-814X; sekr@emergency.spb.ru



ТРАНСФОРАМИНАЛЬНЫЙ МЕЖТЕЛОВОЙ СПОНДИЛОДЕЗ: ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ СЕГМЕНТАРНОГО УГЛА

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

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

Цель исследования. Определить возможности трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF) по созданию/коррекции сегментарного угла на одном поясничном уровне при его дегенеративном поражении.

Материал и методы. В ретроспективный анализ вошли данные проспективно набранных пациентов с одноуровневым дегенеративным стенозом и симптомным спондилолистезом. В первой группе выполняли открытый TLIF ($n = 31$), во второй – минимально-инвазивный TLIF ($n = 20$); заднюю винтовую фиксацию проводили в обеих группах. В обоих вариантах операций интраоперационно проводили коррекцию сегментарного угла. Оценивали рентгенологические результаты при выписке, определяли предикторы достигаемого в результате вмешательств сегментарного угла.

Результаты. Сегментарный угол после операции в группе открытого TLIF был больше, чем в группе минимально-инвазивного ($8^\circ [5,0; 9,0]$ vs. $6^\circ [4,0; 7,3]$; $p = 0,006$). Предиктором достигаемого сегментарного угла после операции явился сегментарный угол до операции ($\beta = 0,229-0,587$; $p < 0,05$). Значение сегментарного угла после операции имеет сильную обратную зависимость от объема коррекции (r от $-0,719$ до $-0,488$; $p < 0,000$).

Заключение. Наиболее часто оперируемый сегмент при сочетании дегенеративного стеноза и спондилолистеза – L_4-L_5 . Медиана значений сегментарного угла после операции при TLIF (открытого или минимально-инвазивного) составляет 7° при использовании всего доступного для вертебролога арсенала. Чем меньше сегментарный угол до операции, тем больше его возможная интраоперационная коррекция.

Ключевые слова: трансфораминальный межтеловой спондилодез; сегментарный лордоз; сагиттальный баланс.

Для цитирования: Леонова О.Н., Байков Е.С., Кузьмин Н.С., Крутько А.В. Трансфораминальный межтеловой спондилодез: возможности коррекции сегментарного угла // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 77–82. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.77-82>

TRANSFORAMINAL INTERBODY FUSION: POSSIBILITIES OF SEGMENTAL LORDOSIS CORRECTION

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

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

Objective. To determine the possibilities of transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) in creating/correcting a segmental angle at a single lumbar level in case of its degenerative lesion.

Material and Methods. A retrospective analysis included data from prospectively enrolled patients with single-level degenerative stenosis and symptomatic spondylolisthesis. Open TLIF was performed in the first group ($n = 31$), and minimally invasive TLIF – in the second group ($n = 20$). Posterior screw fixation was performed in both groups. Both surgical options included intraoperative correction of the segmental lordosis. Radiographic results at discharge were assessed, and predictors of segmental lordosis value achieved after intervention were identified.

Results. The postoperative segmental lordosis was greater in the open TLIF group than in the minimally invasive group ($8^\circ [5.0; 9.0]$ vs $6^\circ [4.0; 7.3]$; $p = 0.006$). The preoperative segmental lordosis was a predictor of the achieved postoperative segmental lordosis ($\beta = 0.229-0.587$; $p < 0.05$). The postoperative segmental lordosis value had a strong inverse correlation with the value of lordosis correction (r ranged from $-0,719$ до $-0,488$; $p < 0.000$).

Conclusion. The L_4-L_5 segment is the most commonly operated level in patients with degenerative stenosis and spondylolisthesis. The median postoperative segmental angle after TLIF (open or minimally invasive) is 7° , when using all arsenal available to the spine surgeon. The smaller the preoperative segmental angle, the greater the potential for intraoperative correction.

Key Words: transforaminal interbody spondylodesis; segmental lordosis; sagittal balance.

Please cite this paper as: Leonova ON, Baykov ES, Kuzmin NS, Krutko AV. Transforaminal interbody fusion: possibilities of segmental lordosis correction. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):77–82. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.77-82>

Пациенты с дегенеративными заболеваниями позвоночника обращаются за хирургическим лечением значительно чаще, чем пациенты с другими патологиями позвоночника [1]. Выполнение металлофиксации является неотъемлемой опцией в ряде дегенеративных заболеваний, особенно при необходимости коррекции сагиттального профиля больного – в таком случае можно говорить о проведении декомпрессивно-корректирующих вмешательств, при которых критически важно создание функционально выгодных оптимальных условий в сегменте и всем отделе позвоночника, так как корректно выполненная операция является залогом отсутствия реопераций долгие годы (если не всю жизнь) [2]. Сохранение или усугубление порочного положения в сегменте позвоночника после металлофиксации на поясничном уровне приводит к снижению качества жизни пациента [3], увеличению числа повторных вмешательств, прогрессированию сагиттального дисбаланса и развитию болезни смежного сегмента [4, 5].

Планирование декомпрессивно-корректирующего вмешательства с расчетом параметров сагиттального баланса прочно вошло в повседневную практику вертебрологов. Выполнение постуральной рентгенографии, измерение фактических и идеальных параметров баланса и последующее определение интраоперационной тактики – необходимые элементы при подготовке к проведению металлофиксации позвоночника. Но какой метод хирургического вмешательства выбрать?

Разнообразие хирургических методов сбивает с толку, для каждой из них находятся свои апологеты. Однако данные о корректирующих возможностях даже самого распространенного метода трансфораминального межтелового спондилодеза (TLIF) различаются более чем в 4 раза у разных авторов [6]. При необходимости большей коррекции многие авторы рекомендуют выполнение нескольких этапов [7] или проведение вертебротомии (остеотомии) [8]. Оптимальным

вариантом является предоперационный выбор доступного, одноэтапного метода в зависимости от его корректирующих возможностей по созданию/коррекции сегментарного угла на поясничном уровне.

Цель исследования – определить возможности TLIF по созданию/коррекции сегментарного угла на одном поясничном уровне при его дегенеративном поражении.

Материал и методы

Исследование представляет собой ретроспективный анализ проспективно набранных пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника, протокол исследования предварительно зарегистрирован (NCT04594980, clinicaltrials.gov), исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (заседания № 1/20 от 17.08.2020, № 1/24 от 26.02.2024). Все пациенты страдали от вертеброгенного болевого и/или неврологического синдрома, который был обусловлен моносегментарным дегенеративным стенозом позвоночного канала в сочетании со спондилолистезом низкой степени. Всем пациентам провели моносегментарное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство (TLIF и задняя винтовая транспедикулярная фиксация) открытым или минимально-инвазивным способом. Обязательным являлось предоперационное планирование хирургического вмешательства с расчетом фактических и идеальных параметров сагиттального баланса.

Межтеловой спондилодез проводили с интраоперационной коррекцией сегментарного лордоза за счет всего арсенала хирурга – расположения кейджей в передней трети межтелового пространства, коррекции операционным столом, контракции транспедикулярной системы на стержнях.

Оцениваемые данные регистрировали до операции (визит 1) и при выписке (визит 2) с анализом следующих параметров глобального и регионального сагиттального баланса и их динамики, измеряемых на постураль-

ных рентгенограммах позвоночника: позвоночно-тазовые параметры – PI (Pelvic Incidence), PT (Pelvic Tilt), SS (Sacral Slope), LL (Lumbar Lordosis), LLL (Low Lumbar Lordosis); параметры глобального баланса – SVA (Sagittal vertical axis), C2-НА (угол отклонения C₂ позвонка); тип спондилолистеза по Gille; параметры регионального баланса – сегментарный угол на уровне вмешательства. Сегментарный угол измеряли между смежными замыкательными пластинками позвонков (без учета тел позвонков). Всем пациентам выполняли КТ поясничного отдела позвоночника для определения значений единиц Хаунсфилда (Hounsfield Units, HU) тел позвонков и оценки риска нестабильности металлоконструкции.

Сравнение непрерывных данных между исследуемыми группами и внутри группы проводили непарным *U*-критерием Манна – Уитни с расчетом величины смещения распределений, сравнение категориальных данных между группами – точным двусторонним критерием Фишера. Выявление попарных связей между непрерывными показателями и значением сегментарного угла выполняли путем расчета коэффициентов корреляции Спирмена. Поиск многомерных зависимостей между непрерывными показателями и значением сегментарного угла производили построением обобщенной многофакторной линейной регрессии. Статистические гипотезы проверяли при критическом уровне значимости $p = 0,05$. Нижняя граница доказательной мощности фиксируется равной 80 %.

Результаты

Общую когорту составил 31 пациент группы открытого TLIF и 24 – группы минимально-инвазивного TLIF. Основная часть когорты – женщины 76,4 % (42/55), средний возраст – 57 [49; 65] лет. Значения HU были достаточны для обеспечения стабильной металлофиксации – 155 [128; 184] HU.

Для создания гомогенной когорты в текущий анализ включили только

Таблица 1

Сравнение параметров сагиттального баланса и базовых характеристик в группах открытого и минимально-инвазивного TLIF

Параметр	Открытый TLIF (n = 31)	Минимально-инвазивный TLIF (n = 20)	Всего (n = 51)	p-value
PI, град.	55,5 [50,0; 64,0]	55,0 [47,5; 59,0]	55 [48,0; 63,3]	0,284
PT, град.	19,0 [15,0; 27,0]	17,5 [12,3; 24,5]	18 [13,0; 25,5]	0,323
SS, град.	37,0 [32,0; 42,0]	36,5 [29,3; 43,0]	37 [30,0; 42,0]	0,349
LLL, град.	28,0 [19,0; 32,0]	29,5 [18,8; 37,5]	28 [19,0; 33,0]	0,140
LL, град.	52,0 [43,0; 58,0]	52,0 [46,5; 61,8]	52 [46,0; 58,0]	0,249
SVA, см	3,5 [2,0; 5,5]	3,0 [2,0; 5,5]	3 [2,0; 5,5]	0,483
C2-NA, град.	3,0 [1,0; 6,0]	4,0 [3,0; 6,0]	4 [2,0; 6,0]	0,170
Тип Gille	1A	6,5 % (2/31)	5,9 % (3/51)	0,103
	1B	54,8 % (17/31)	51,0 % (26/51)	
	2A	38,7 % (12/31)	43,1 % (22/51)	
Сегментарный угол до операции, град.	3 [2,0; 4,0]	3 [1,3; 3,8]	3 [2,0; 4,0]	0,172
Сегментарный угол после операции, град.	8 [5,0; 9,0]	6 [4,0; 7,3]	7 [5,0; 9,0]	0,006

случаи с вмешательством на симптомном уровне L₄–L₅ (табл. 1), что составило 92,7 % общей когорты, в том числе 31 и 20 пациентов для TLIF и минимально-инвазивного TLIF (100,0 % и 83,3 %) соответственно (p = 0,031). Сегментарный угол до операции имел малое значение лордоза (в общей когорте до 4°), поэтому сильная интраоперационная коррекция осуществлялась во всех случаях.

Сегментарный угол после операции оказался больше в группе открытого TLIF, чем в группе минимально-инвазивного вмешательства (8° [5,0; 9,0] vs. 6° [4,0; 7,3], p = 0,006). Другие параметры сагиттального баланса не имели различий между группами (p > 0,05).

По результатам регрессионного анализа предиктором достигаемого сегментарного угла после операции оказался сегментарный угол до операции (beta = 0,229–0,587; p < 0,05; табл. 2), другие параметры не показали значимых ассоциаций.

При корреляционном анализе определено, что значение сегментарного угла после операции и значение объема коррекции (дельты) имеют значимую сильную обратную зависимость – значение r составляет от –0,719 до –0,488 (p < 0,000): чем меньше сегментарный угол до операции, тем выше возможность

Таблица 2

Предикторы значения сегментарного угла после операции

Предиктор	Коэффициент β	p-value
<i>Общая когорта, скорректированный R2 = 0,259</i>		
Сегментарный угол до операции	0,229	0,039
<i>Группа открытого TLIF, скорректированный R2 = 0,389</i>		
Нижнепоясничный лордоз	0,296	0,010
<i>Группа минимально-инвазивного TLIF, скорректированный R2 = 0,607</i>		
Сегментарный угол до операции	0,587	0,000

воссоздать сегментарный угол после операции (при условии направленной интраоперационной коррекции).

В качестве иллюстрации корригирующих возможностей открытого и минимально-инвазивного TLIF приведены клинические примеры из нашей практики (рис.).

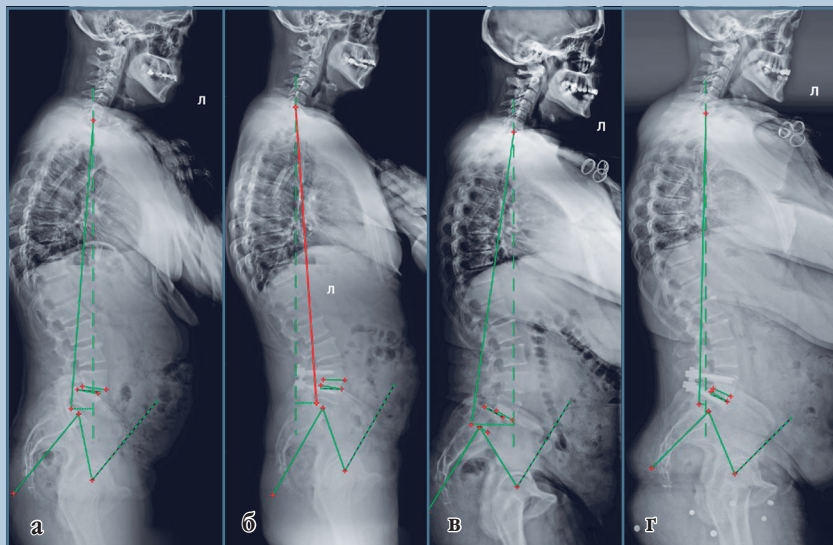
Обсуждение

В последнее время спинальные хирурги стали с осторожностью выполнять металлофиксацию при дегенеративных заболеваниях позвоночника, длительное время считавшуюся практически универсальным средством лечения, ввиду осложнений, большой операционной травмы, кровопотери и т.д. [9]. Одним из критически важных элементов является создание функционально выгодных угловых взаимо-

отношений в сегменте: это во многом определяет самочувствие пациента в будущем, поэтому восстановление угловых параметров имеет решающее значение, даже при короткосегментарной фиксации [10].

Предоперационный расчет фактических и идеальных параметров сагиттального баланса, в том числе значения сегментарного угла, дает вертебрологу понимание о необходимом объеме коррекции [11]. В зависимости от значения PI, наличия сагиттального дисбаланса и включения компенсаторных механизмов определяется план хирургического лечения.

По данным ряда авторов [12, 13], наибольший объем коррекции обеспечивает выполнение ALIF, примерно равный объем коррекции имеют боковые методики фиксации DLIF, XLIF и TLIF [14, 15], однако конкретных

**Рис.**

Постуральные рентгенограммы позвоночника пациентов до и после выполнения открытого TLIF (**а, б**) и минимально-инвазивного TLIF (**в, г**): **а** – PI = 53°, PT = 11°, SS = 42°, LLL = 44°, LL = 64°, SVA = 4 см, C2-NA = 0°; сегментарный лордоз L₄–L₅ до операции – 3°; **б** – сегментарный лордоз L₄–L₅ после операции – 8°; **в** – PI = 69°, PT = 32°, SS = 37°, LLL = 10°, LL = 51°, SVA = 7 см, C2-NA = 1°; сегментарный лордоз L₄–L₅ до операции – 1°; **г** – сегментарный лордоз L₄–L₅ после операции – 7°

значений не определено. Согласно нашим данным, средний объем коррекции сегментарного угла при TLIF в общей группе при интраоперационных корригирующих маневрах не превышал в среднем 7°. Согласно опубликованным данным, объем коррекции при TLIF может составлять 2,5° [16], 0,93° ± 2,32° [17], 1,04° ± 4,34° [18], 1,0°/0,0° (–5°; 7°) [19], однако в этих исследованиях авторы не использовали весь арсенал усилий для интраоперационной коррекции, а чаще оставляли сегментарный угол в положении *in situ*. Прочие исследования, в которых авторы приводят до- и/или послеоперационные значения угла, экстраполировать невозможно – авторы выполняют измерения угла различными методиками [6], что не позволяет унифицировать результаты.

Более прогнозируемые и точные объемы коррекции определены при выполнении остеотомий [8], в зависимости от типа обеспечивающих коррекцию угловых взаимоот-

ношений в диапазоне от 3° и более 50°, но требующих большей хирургической сноровки и сопряженных с большим количеством осложнений. Объем резекции костных структур при минимально-инвазивном TLIF можно сопоставить с вертебротомией типа 1 по Швабу (до 3–5°), а при традиционном открытом TLIF – с вертебротомией типа 2 по Швабу (до 5–7°), этим и может быть обусловлен больший достигаемый сегментарный угол при открытом TLIF. Однако объем коррекции в 7° – это максимум, который возможен без резекции тела позвонка или широкого релиза межтелового пространства при условии выполнения интраоперационной коррекции, а не фиксации *in situ*. При необходимости большей коррекции рекомендуется использовать варианты остеотомий (тип 3 по Швабу и другие).

Мы определили, что значение достигаемого сегментарного лордоза после операции при интраоперацион-

ных корригирующих маневрах зависит от предоперационного значения. Ряд авторов получили схожие данные, показав, что предоперационный сегментарный угол является сильным, а в некоторых случаях и единственным независимым фактором, который связан с достигаемым сегментарным лордозом [20–22]. Причем эти данные справедливы как для классического TLIF с использованием одного пулевидного кейджа, так и при межтеловых кейджах иного дизайна.

Мы подтвердили, что зависимость между пред- и послеоперационным значением сегментарного угла является обратной: чем меньше значение сегментарного лордоза (чем больше сегментарный кифоз) до вмешательства, тем больший объем коррекции можно получить после операции. Формирование большего сегментарного угла из уже существующего, но недостаточного лордоза, представляется более сложной интраоперационной задачей [21, 23, 24].

Ограничение достоверности результатов. В текущем исследовании рассмотрены только ближайшие рентгенологические результаты декомпрессивно-корригирующего вмешательства методом TLIF, создаваемые вертебрологом непосредственно во время операции. В отдаленных сроках важными рентгенологическими результатами становятся вероятное проседание имплантата, формирование межтелового блока и его скорость, потеря коррекции и динамика параметров локального и глобального сагиттального баланса.

Заключение

Наиболее часто оперируемый сегмент при сочетании дегенеративного стеноза и спондилолистеза – L₄–L₅. Медиана значений сегментарного угла после операции при выполнении TLIF (открытого или минимально-инвазивного) при использовании всего доступного для вертебролога арсенала составляет 7°. Чем меньше сегментарный угол до операции, тем больше возможна его интраоперационная коррекция.

Литература/References

1. Крылов В.В., Коновалов А.Н., Дашьян В.Г., Кондаков Е.Н., Танияшин С.В., Горельшев С.К., Древал О.Н., Гринь А.А., Парфенов В.Е., Кушнирук П.И., Гуляев Д.А., Колотвинов В.С., Рзаев Д.А., Поштаев К.Е., Кравец Л.Я., Можейко Р.А., Касьянов В.А., Кордонский А.Ю., Трифонов И.С., Каландари А.А., Шатохин Т.А., Айрапетян А.А., Далибальян В.А., Григорьев И.В., Сытник А.В. Состояние нейрохирургической службы Российской Федерации. *Вопросы нейрохирургии им Н.Н. Бурденко*. 2017;81(1):5–12. [Krylov VV, Konovalov AN, Dash'yan VG, Kondakov EN, Taniashin SV, Gorelyshev SK, Dreval' ON, Grin' AA, Parfenov VE, Kushniruk PI, Gulyaev DA, Kolotvinov VS, Rzaev DA, Poshataev KE, Kravets LYa, Mozheiko RA, Kas'yanov VA, Kordonskii AYu, Trifonov IS, Kalandari AA, Shatokhin TA, Airapetyan AA, Dalibaldyan VA, Grigor'ev IV, Sytnik AV. Neurosurgery in Russian Federation. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2017;81(1):5–12]. DOI: 10.17116/neiro20178075-12 EDN: YFSQXX
2. Maruenda JI, Barrios C, Garibo F, Maruenda B. Adjacent segment degeneration and revision surgery after circumferential lumbar fusion: outcomes throughout 15 years of follow-up. *Eur Spine J*. 2016;25:1550–1557. DOI: 10.1007/s00586-016-4469-5
3. Contreras LAN, Karantzoulis V, Trenado C, Velazquez K, Su rez-Guti rrez MA, Mantilla-Mayans P, Sanchez-Porrás R, Santos E, Vazifehdan F. Optimizing lordosis preservation in monosegmental lumbar spondylolisthesis: evaluating the efficacy of a novel noninvasive technique using intraoperative hip hyperextension. *J Orthop Traumatol*. 2025;26:68. DOI: 10.1186/s10195-025-00884-5
4. Herrington BJ, Fernandes RR, Urquhart JC, Rasoulinejad P, Siddiqi F, Bailey CS. L3–L4 hyperlordosis and decreased lower lumbar lordosis following short-segment L4–L5 lumbar fusion surgery is associated with L3–L4 revision surgery for adjacent segment stenosis. *Global Spine J*. 2025;15:382–391. DOI: 10.1177/21925682231191414
5. Thijs D, Kashtiar A, Beld S, Van de Kelft E. Surgical management of lower back pain: Is optimizing spinopelvic alignment beneficial for patient outcomes? *Life (Basel, Switzerland)*. 2025;15:833. DOI: 10.3390/life15060833
6. Леонова О.Н., Кузьмин Н.С., Байков Е.С., Крутько А.В. Сегментарный лордоз при стабилизации на поясничном уровне у пациентов с дегенеративной патологией: несистематический обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2025;22(3):67–78. [Leonova ON, Kuzmin NS, Baykov ES, Krukko AV. Segmental lordosis in lumbar stabilization in patients with degenerative pathology: a non-systematic literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(3):67–78]. DOI: 10.14531/ss2025.3.67-78 EDN: KFWRXW
7. Chaker AN, Melhem M, Kagithala D, Telemi E, Mansour TR, Simo L, Springer K, Schultz L, Jarabek K, Rademacher AF, Brennan M, Kim E, Nerenz DR, Khalil JG, Easton R, Perez-Cruet M, Aleem I, Park P, Soo T, Tong D, Abdulhak M, Schwalb JM, Chang V. A propensity score-matched comparison between single-stage and multistage anterior/posterior lumbar fusion surgery: a Michigan Spine Surgery Improvement Collaborative study. *J Neurosurg Spine*. 2024;42:340–347. DOI: 10.3171/2024.8.SPINE24423
8. Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, Ames C, Smith JS, Shaffrey CI, Glassman S, Farcy JP, Lafage V. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery*. 2014;74:112–120. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001820
9. Gadjradj PS, Basilious M, Goldberg JL, Sommer F, Navarro-Ramirez R, Mykolajtchuk C, Ng AZ, Medary B, Hussain I, H rtl R. Decompression alone versus decompression with fusion in patients with lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2023;32:1054–1067. DOI: 10.1007/s00586-022-07507-1
10. Inoue D, Matsumori H, Shigematsu H, Ueda Y, Morita T, Kawasaki S, Ikejiri M, Tanaka Y. Impact of cage angle on spinal alignment in posterior lumbar interbody fusion: A comparison of 12°, 16°, and 22° cages. *Spine Surg Relat Res*. 2025;9:580–587. DOI: 10.22603/ssrr.2025-0027
11. Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, Rigal J, Aunoble S. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment. *Eur Spine J*. 2011;20 Suppl 5:699–703. DOI: 10.1007/s00586-011-1938-8
12. O'Connor B, Bansal A, Leveque JC, Drolet CE, Shen J, Nemani V, Canlas G, Louie PK. Early compensatory segmental angle changes at L3–L4 and L4–L5 after a L5–S1 interbody fusion for a grade 1 spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2024;49:865–872. DOI: 10.1097/BRS.0000000000004845
13. Ajiboye RM, Alas H, Mosich GM, Sharma A, Pourtaheri S. Radiographic and clinical outcomes of anterior and transforaminal lumbar interbody fusions: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *Clin Spine Surg*. 2018;31:E230–E238. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000549
14. Yingsakmongkol W, Jitpakdee K, Varakornpipat P, Choentrakool C, Tanasansomboon T, Limthongkul W, Singhatanadigje W, Kotheeranurak V. Clinical and radiographic comparisons among minimally invasive lumbar interbody fusion: a comparison with three-way matching. *Asian Spine J*. 2022;16:712–722. DOI: 10.31616/asj.2021.0264
15. Amaral R, Pokorny G, Marcelino F, Moriguchi R, Pokorny J, Barreira I, Mizael W, Yoza M, Fragoso S, Pimenta L. Lateral versus posterior approaches to treat degenerative lumbar pathologies - systematic review and meta-analysis of recent literature. *Eur Spine J*. 2023;32:1655–1677. DOI: 10.1007/s00586-023-07619-2
16. Martin CT, Niu S, Whicker E, Ward L, Yoon ST. Radiographic factors affecting lordosis correction after transforaminal lumbar interbody fusion with unilateral facetectomy. *Int J Spine Surg*. 2020;14:681–686. DOI: 10.14444/7099
17. Wang D, Chen X, Han D, Wang W, Kong C, Lu S. Radiographic and surgery-related predictive factors for increased segmental lumbar lordosis following lumbar fusion surgery in patients with degenerative lumbar spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2024;33:2813–2823. DOI: 10.1007/s00586-024-08248-z
18. Kim M, Kumar R, Drolet CE, Bs MA, Hanks T, Yamaguchi K, Krause K, Nemani VM, Leveque JC, Louie PK. What is the early fate of adjacent segmental lordosis compensation at L3–4 and L5–S1 following a lateral versus transforaminal lumbar interbody fusion at L4–5? *Eur Spine J*. 2024;33:3503–3508. DOI: 10.1007/s00586-024-08384-6
19. Василенко И.И., Евсюков А.В., Рябых С.О., Амелина Е.В., Кубецкий Ю.Е., Гарипов И.И., Рзаев Д.А. Лечение пациентов с дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника с использованием MIS-технологий: анализ 5-летних результатов. *Хирургия позвоночника*. 2022;19(4):52–59. [Vasilenko II, Evsyukov AV, Ryabykh SO, Amelina EV, Kubetsky YuE, Garipov II, Rzaev JA. Treatment of patients with degenerative deformities of the lumbar spine using MIS technologies: analysis of 5-year results. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2022;19(4):52–59]. DOI: 10.14531/ss2022.4.52-59 EDN: BEXXQF
20. Crawford CH 3rd, Epperson TN 4th, Gum JL, Owens RK 2nd, Djurasovic M, Glassman SD, Carreon LY. Predictors of segmental lumbar lordosis following midline posterior (transforaminal) lumbar interbody fusion: Does interbody device type matter? *N Am Spine Soc J*. 2022;11:100145. DOI: 10.1016/j.xnsj.2022.100145
21. Berlin C, Zang F, Halm H, Quante M. Preoperative lordosis in L4/5 predicts segmental lordosis correction achievable by transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J*. 2021;30:1277–1284. DOI: 10.1007/s00586-020-06710-2
22. Alahmari A, Thornley P, Glennie A, Urquhart JC, Al-Jahdali F, Rampersaud R, Fisher C, Siddiqi F, Rasoulinejad P, Bailey CS. Preoperative disc angle is an important predictor of segmental lordosis after degenerative spondylolisthesis fusion. *Glob Spine J*. 2024;14:610–619. DOI: 10.1177/2192568222118845

23. Sulaiman S, V AN, N SAJ, K AM, Shekoba M, S S, B M. Radiographic and surgical predictive factors for restoring segmental lumbar lordosis and normal spinopelvic balance following TLIF surgery in lumbar spondylolisthesis patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2025;26:926. DOI: 10.1186/s12891-025-08893-5
24. Khalifeh JM, Massie LW, Dibble CF, Dorward IG, Macki M, Khandpur U, Alshohatec K, Jain D, Chang V, Ray WZ. Decompression of lumbar central spinal canal stenosis following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Clin Spine Surg.* 2021;34:E439–E449. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001192

Статья поступила в редакцию 22.01.2026

Рецензирование пройдено 18.03.2026

Подписано в печать 20.04.2026

Received 22.01.2026

Review completed 18.03.2026

Passed for printing 20.04.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. Концептуализация: А.В. Крутько, Е.С. Байков; сбор данных: Е.С. Байков, Н.С. Кузьмин; методология: О.Н. Леонова, Н.С. Кузьмин, А.В. Крутько; администрирование проекта: А.В. Крутько; написание первичной рукописи: А.В. Крутько, О.Н. Леонова, Е.С. Байков, Н.С. Кузьмин; написание финальной рукописи: А.В. Крутько, О.Н. Леонова, Е.С. Байков, Н.С. Кузьмин. 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. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» (заседания № 1/20 от 17.08.2020, № 1/24 от 26.02.2024).

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

✉ Ольга Николаевна Леонова, канд. мед. наук; Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9; eLibrary SPIN: 4907-0634; ORCID: 0000-0002-9916-3947; onleonova@gmail.com

Евгений Сергеевич Байков, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 5367-5438; ORCID: 0000-0002-4430-700X; Evgen-bajk@mail.ru

Никита Сергеевич Кузьмин; eLibrary SPIN: 2978-5700; ORCID: 0009-0007-7447-024X; nikkuzmin1997@gmail.com

Александр Владимирович Крутько, д-р мед. наук; eLibrary SPIN: 8006-6351; ORCID: 0000-0002-2570-3066; KrutkoAV@cito-priorov.ru

Authors' Info

✉ Olga Nikolayevna Leonova, MD, Cand. Sci. (Medicine); 9 Novospassky Lane, Moscow, 115172, Russia; eLibrary SPIN: 4907-0634; ORCID: 0000-0002-9916-3947; onleonova@gmail.com

Evgenii Sergeevich Baykov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 5367-5438; ORCID: 0000-0002-4430-700X; evgen-bajk@mail.ru

Nikita Sergeevich Kuzmin; eLibrary SPIN: 2978-5700; ORCID: 0009-0007-7447-024X; nikkuzmin1997@gmail.com

Aleksandr Vladimirovich Krutko, MD, Dr. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 8006-6351; ORCID: 0000-0002-2570-3066; KrutkoAV@cito-priorov.ru



ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОЕ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ПОЯСНИЧНОЙ ЭКСТРУЗИИ ПРИ РЕЦИДИВЕ ПОСЛЕ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЙ МИКРОДИСКЭКТОМИИ: АНАЛИЗ СЕРИИ СЛУЧАЕВ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

И.В. Басанкин^{1,2}, Б.А. Сычеников^{2,3}, А.А. Гюльзатян¹, К.К. Тахмазян¹, С.Б. Малахов¹,
В.К. Шаповалов^{1,2}, Д.Д. Галиновский³, М.Д. Бартнев³

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

²Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия;

³Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка», Москва, Россия

Цель исследования. Оценить клиническую эффективность трансфораминальной эндоскопической дискэктомии (TESSYS) при рецидиве грыж поясничного отдела позвоночника, первично удаленных методом микродискэктомии.

Материал и методы. Проведено ретроспективное наблюдательное исследование серии случаев ($n = 24$). В 2024–2025 гг. пациентам с рецидивом грыжи диска на уровне L₄–L₅ ($n = 14$) или L₅–S₁ ($n = 10$) выполнено трансфораминальное эндоскопическое удаление грыжи (TESSYS). Рецидив определяли как повторное выявление грыжевого материала на том же уровне и стороне при возобновлении корешковой симптоматики после периода клинического улучшения 1 мес. и более. Исходы оценивали по ВАШ (боль в спине и ноге), ODI и MRC до операции, при выписке, через 3 и 12 мес., анализировали достижение MCID для ODI, длительность госпитализации и осложнения.

Результаты. Средний возраст пациентов составил $48,3 \pm 11,0$ года, длительность госпитализации — $1,46 \pm 0,66$ дня. Отмечено статистически значимое улучшение по ВАШ и ODI на всех этапах наблюдения ($p < 0,001$). Показатели по ВАШ боли в спине снизились с $6,21 \pm 1,50$ до $0,75 \pm 0,85$ балла к 12 мес., боли в ноге — с $6,92 \pm 1,06$ до $0,38 \pm 1,06$ балла. ODI уменьшился с $58,50 \pm 14,08$ % до $4,54 \pm 7,56$ % к 12 мес.; MCID достигнут у 100 % пациентов. Мышечная сила (MRC) увеличилась с $4,00 \pm 1,29$ до $4,71 \pm 0,69$ к 12 мес. Интраоперационных осложнений (повреждения корешков, разрыва твердой мозговой оболочки, инфекции) не наблюдалось. У 2 (8,3 %) пациентов выявлена транзиторная парестезия/дизестезия, купированная консервативно в течение двух недель; у 1 (4,2 %) пациента — рецидив через 10 мес., потребовавший декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства.

Заключение. В представленной серии TESSYS показала высокую клиническую эффективность и безопасность при рецидивирующей грыже диска, однако данную интерпретацию ограничивают малый размер выборки и отсутствие собственной контрольной группы.

Ключевые слова: трансфораминальная эндоскопическая дискэктомия; TESSYS; рецидив грыжи диска; микродискэктомия.

Для цитирования: Басанкин И.В., Сычеников Б.А., Гюльзатян, Тахмазян К.К., Малахов С.Б., Шаповалов В.К., Галиновский Д.Д., Бартнев М.Д. Трансфораминальное эндоскопическое удаление поясничной экстррузии при рецидиве после предшествующей микродискэктомии: анализ серии случаев и обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2026. Т. 23, № 2. С. 83–91. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.83-91>

TRANSFORAMINAL ENDOSCOPIC REMOVAL OF RECURRENT LUMBAR DISC EXTRUSION AFTER PRIOR MICRODISCECTOMY: A CASE SERIES ANALYSIS AND LITERATURE REVIEW

I.V. Basankin^{1,2}, B.A. Sychenikov^{2,3}, A.A. Giulzatyan¹, K.K. Takhmazyan¹, S.B. Malakhov¹, V.K. Shapovalov^{1,2},
D.D. Galinovskiy³, M.D. Bartnev³

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

²Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia;

³Moscow Multidisciplinary Clinical Center 'Kommunarka', Moscow, Russia

Objective. To evaluate the clinical efficacy of transforaminal endoscopic discectomy (TESSYS) for recurrent lumbar disc herniation initially removed by microdiscectomy.

Material and Methods. A retrospective observational case series study ($n = 24$) was performed. In 2024–2025, patients with recurrent disc herniation at L₄–L₅ ($n = 14$) or L₅–S₁ ($n = 10$) level underwent transforaminal endoscopic removal of the herniation (TESSYS). Recurrence was defined as repeated detection of herniated material at the same level and side with recurrence of radicular symptoms after a period of clinical improvement of 1 month or more. Outcomes were assessed using VAS (back and leg pain), ODI and MRC before surgery, at discharge, and after 3 and 12 months. Achievement of MCID for ODI, length of hospital stay, and complications were analyzed.

Results. The average age of patients was 48.3 ± 11.0 years, and length of hospital stay was 1.46 ± 0.66 days. Statistically significant improvement in VAS and ODI was observed at all follow-up stages ($p < 0.001$). By 12 months the VAS score for back pain decreased from 6.21 ± 1.50 to 0.75 ± 0.85 , and for leg pain — from 6.92 ± 1.06 to 0.38 ± 1.06 . The ODI score decreased from $58.50 \pm 14.08\%$ to $4.54 \pm 7.56\%$ by 12 months; MCID was achieved in 100% of patients. Muscle strength (MRC) increased from 4.00 ± 1.29 to 4.71 ± 0.69 by 12 months. No intraoperative complications (nerve root injury, dural tear, infection) were observed. In two patients (8.3%), transient paresthesia/dysesthesia was identified and resolved conservatively within 2 weeks; in one patient (4.2%), a recurrence at 10 months required decompression and stabilization surgery.

Conclusion. In the presented series, TESSYS demonstrated high clinical efficacy and safety for recurrent disc herniation; however, this interpretation is limited by the small sample size and the lack of own control group.

Key Words: transforaminal endoscopic discectomy; TESSYS; recurrent disc herniation; microdiscectomy.

Please cite this paper as: *Basankin IV, Sychenikov BA, Giulzatyan AA, Takhmazyan KK, Malakhov SB, Shapovalov VK, Galinovskiy DD, Bartenev MD. Transforaminal endoscopic removal of recurrent lumbar disc extrusion after prior microdiscectomy: a case series analysis and literature review. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2026;23(2):83–91. In Russian. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2026.2.83-91>*

Грыжа межпозвоночного диска поясничного отдела – распространенная причина боли в нижних конечностях и одна из наиболее частых форм дегенеративной патологии позвоночника [1, 2]. Тактика лечения грыж поясничного отдела позвоночника варьирует и определяется размером и локализацией грыжи относительно нервных структур, особенностями позвоночного канала, стабильностью сегмента, длительностью и выраженностью болевого синдрома, а также личными приоритетами и возможностями хирурга.

Поясничная микродискэктомия считается золотым стандартом хирургии грыж межпозвоночного диска и обеспечивает 90–92 % благоприятных исходов [3]. Вместе с тем среди наиболее обсуждаемых проблем после микродискэктомии остается рецидив грыжи, нередко требующий повторного вмешательства. Частота рецидива составляет 5–26 %, при этом кумулятивный риск реопераций достигает 25 % через 10 лет [4].

В последние годы чрескожные эндоскопические вмешательства при удалении межпозвоночных грыж становятся более популярными [5]. Эффективность и безопасность эндоскопических методик, в частности трансфораминальной эндоскопической техники (TESSYS), подтверждены рядом клинических исследований [6, 7]. При TESSYS формируется доступ к грыже через естественное анатомическое окно – «треугольник Камбина», что позволяет снизить травматизацию

тканей, кровопотерю и ускорить послеоперационное восстановление [8, 9]. Частота рецидива после TESSYS составляет 3,6–10,0 % [10].

Несмотря на то что у части пациентов с рецидивом грыжи межпозвоночного диска возможно улучшение состояния на фоне консервативной терапии, большинству в итоге требуется повторное хирургическое вмешательство [11]. Ревизионная операция, независимо от выбранной техники, более сложна из-за рубцово-спаечных изменений и связана с повышенным риском ятрогенного повреждения нервно-костно-связочных структур [12]. Открытый и эндоскопический интерламинарный доступ при ревизионных вмешательствах, как правило, выполняют через ранее оперированное междузвонковое «окно» и, следовательно, неизбежно предполагают диссекцию в зоне эпидурального фиброза и рубцово-спаечного процесса. Это повышает техническую сложность мобилизации дурального мешка и корешка, ограничивает визуализацию анатомических ориентиров и чревато увеличением частоты интраоперационных осложнений, прежде всего, дуральных разрывов с ликвореей, ятрогенной травмы корешка, выраженного эпидурального кровотечения/гематомы [13].

По сравнению с открытым или эндоскопическим интерламинарным доступом, TESSYS потенциально позволяет частично или полностью обойти зону рубцов за счет иной траектории доступа, а также минимизировать воздей-

ствие на костно-связочные структуры, обеспечивая стабильность позвоночника. Вместе с тем число работ, оценивающих эффективность TESSYS при рецидивирующей поясничной грыже диска, остается ограниченным. В связи с этим в настоящем исследовании выполнен ретроспективный анализ клинической эффективности и безопасности TESSYS у пациентов с рецидивом грыжи поясничного межпозвоночного диска с последующим сопоставлением показателей исходов с литературными сериями ревизионной микродискэктомии (внешний исторический контроль).

Цель исследования – оценка клинической эффективности TESSYS при рецидиве грыж поясничного отдела позвоночника, первично удаленных методом микродискэктомии.

Материал и методы

Проведено ретроспективное наблюдательное исследование серии случаев пациентов ($n = 24$) с рецидивом грыжи межпозвоночного диска поясничного отдела позвоночника после микродискэктомии, которым было выполнено трансфораминальное эндоскопическое вмешательство (по методике TESSYS) в 2024–2025 гг.

Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 г.). Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие

в исследовании, а также на публикацию обезличенных медицинских данных.

Рецидив грыжи диска определяли как повторное выявление грыжевого материала на том же уровне, на той же стороне и при возобновлении корешковой симптоматики, возникшей вслед за периодом клинического улучшения (не менее одного месяца) после первичной микродискэктомии.

Всем пациентам выполняли МРТ поясничного отдела без контрастирования. Стандартный протокол включал sagittal T1 и T2, frontal T2, а также axial T2 и T1 на уровне диска и смежных сегментах. МРТ оценивали врач-рентгенолог (описание исследования) с последующей верификацией спинальным хирургом по клинико-радиологическому соответствию.

Критерии включения:

- 1) возраст 18 лет и старше;
- 2) ранее выполненная поясничная микродискэктомия на уровне клинически значимого сегмента;
- 3) период клинического улучшения после первичной операции не менее 1 мес. (полный и устойчивый регресс корешкового болевого синдрома);
- 4) повторное появление клинически значимого, конкордантного с уровнем поражения корешкового болевого синдрома (люмбоишиалгии), резистентного к консервативной терапии;
- 5) подтвержденный по данным МРТ рецидив грыжи диска на уровне ранее оперированного сегмента, соответствующий клинической симптоматике.

Критерии исключения:

- 1) фораминальные, экстрафораминальные грыжи;
- 2) дегенеративная деформация поясничного отдела позвоночника;
- 3) спондилолистез (степень по Meyerding ≥ 1);
- 4) нестабильность на ранее оперированном уровне по данным функциональной рентгенографии (трансляция более 3 мм, ангуляция более 10°);
- 5) иная патология, определяющая болевой синдром (центральный стеноз);
- 6) инфекционное, онкологическое поражение позвоночника.

В рамках исследования применяли следующие методы:

1) оценка неврологического статуса и общее клиническое обследование с целью объективизации состояния пациента;

2) для количественной оценки болевого синдрома использовали ВАШ (0–10) – до вмешательства, а также к выписке и спустя 3 и 12 мес. после операции;

3) степень ограничения жизнедеятельности определяли с помощью опросника Освестри (ODI: 0–100 %) в те же временные точки;

4) слабость мышц оценивали по пятибалльной шкале мышечной силы (MRC).

Всем пациентам выполняли клинический и неврологический осмотр с оценкой чувствительности, мышечной силы и симптомов натяжения. Инструментальную верификацию осуществляли с помощью МРТ поясничного отдела позвоночника. Исходы оценивали в фиксированные временные точки: до операции, при выписке, через 3 мес. и через 12 мес. после оперативного вмешательства.

Первичной конечной точкой считали изменение функционального статуса по ODI к 12 мес. относительно исходного уровня. Клинически значимое улучшение (MCID) по ODI определяли как снижение показателя не менее чем на 30 % от исходного значения [14].

Вторичные конечные точки включали выраженность боли в спине и ноге по ВАШ до операции, при выписке, через 3 мес. и через 12 мес. после оперативного вмешательства, динамику неврологического статуса с оценкой мышечной силы по шкале MRC, частоту неблагоприятных исходов/осложнений к 12 мес.

Дополнительно был выполнен ретроспективный поданализ доступных послеоперационных данных МРТ поясничного отдела позвоночника. Послеоперационная МРТ не входила в обязательный протокол наблюдения для всех пациентов и выполнялась у части из них по клиническим показаниям и/или в рамках контрольного обследования. Анализ носил описа-

тельный характер. Оценивали наличие признаков адекватной декомпрессии, остаточного или повторного грыжевого материала, сохраняющейся компрессии корешка или дурального мешка, а также выраженных послеоперационных изменений, требующих клинико-радиологического сопоставления. Интерпретацию проводили на основании заключения врача-рентгенолога с последующей верификацией лечащим хирургом.

Хирургическая техника

Оперативное вмешательство выполняли стандартной трансфораминальной эндоскопической методикой TESSYS с использованием рабочего канала малого диаметра (7–7,5 мм) под общей анестезией без миорелаксантов. Доступ формировали через трансфораминальное «окно» (в зоне треугольника Камбина) под рентгенологическим контролем с поэтапным проведением направителя, дилататоров и установкой рабочей канюли. При необходимости для обеспечения адекватной траектории и декомпрессии выполняли ограниченную фораминопластику. После введения эндоскопа манипуляции проводили под прямым эндоскопическим контролем, что позволяло безопасно ориентироваться в условиях рубцово-спаечных изменений и визуально дифференцировать рубцовую ткань, элементы корешка/дурального мешка и грыжевой материал. Грыжевые фрагменты удаляли эндоскопическими грасперами, при этом приоритетом являлось устранение компрессии корешка и восстановление его свободной флотации. Гемостаз обеспечивали точечной коагуляцией под визуальным контролем с минимизацией тракции нервных структур. Завершающим этапом считали контрольную ревизию зоны декомпрессии с подтверждением отсутствия резидуальной грыжи и стабильного гемостаза, после чего выполняли удаление канюли и ушивание раны.

Статистический анализ

Статистический анализ выполняли в GraphPad Prism 9.0 (GraphPad Software Inc., США). Для количествен-

ных переменных рассчитывали число наблюдений (N), среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD), медиану (Me), нижний и верхний квартили (Q1; Q3), минимум и максимум. Представление одновременно M ± SD и Me [Q1; Q3] применено вследствие асимметрии распределений и ограниченности шкал (ВАШ, ODI, MRC), что особенно актуально при малой выборке. Для категориальных признаков вычисляли абсолютные и относительные частоты (n, %). Нормальность распределения разностей проверяли критерием Шапиро – Уилка. При отсутствии статистически значимого отклонения разностей от нормальности использовали парный t-критерий Стьюдента, при нарушении нормальности разностей – критерий Вилкоксона для связанных выборок с поправкой Holm. Уровень статистической значимости принимали p < 0,05.

Результаты

В исследование были включены 24 пациента с рецидивом грыжи поясничного отдела позвоночника после микродискэктомии, которым было выполнено эндоскопическое вмешательство по методике TESSYS. Данные исходов на сроке 12 мес. были доступны у 24/24 (100 %) пациентов. Возраст составил 48,3 ± 11,0 года; Me 48 [40; 52]. Мужчины – 15 (62,5 %), женщины – 9 (37,5 %). Средняя длительность госпитализации – 1,46 ± 0,66 дня. Уровни поражения: L₄–L₅ (n = 14) и L₅–S₁ (n = 10). По стороне поражения преобладали левосторонние случаи (Л: n = 16; П: n = 8; Л > П).

Динамика клинических исходов

Боль в спине (ВАШ). Исходно: 6,21 ± 1,50 балла, Me 6,00 [5,00; 7,25]; при выписке: 1,71 ± 1,08 балла; через 3 мес.: 0,92 ± 0,78 балла; через 12 мес.: 0,75 ± 0,85 балла.

1. До операции vs. выписка: улучшение 4,50 (95% ДИ 3,88–5,08), p < 0,001.

2. До операции vs. 3 мес.: улучшение 5,29 (95% ДИ 4,75–5,79), p < 0,001.

3. До операции vs. 12 мес.: улучшение 5,46 (95% ДИ 4,92–6,00), p < 0,001.

Боль в ноге (ВАШ). Исходно: 6,92 ± 1,06, Me 7,00 [6,00; 8,00]; при выписке: 1,21 ± 1,06; через 3 мес.: 0,50 ± 0,78; через 12 мес.: 0,38 ± 1,06.

1. До операции vs. выписка: улучшение 5,71 (95% ДИ 5,29–6,08), p < 0,001.

2. До операции vs. 3 мес.: улучшение 6,42 (95% ДИ 5,96–6,88), p < 0,001.

3. До операции vs. 12 мес.: улучшение 6,54 (95% ДИ 6,04–7,00), p < 0,001.

Исходно ODI составил 58,50 ± 14,08 %, Me 54,00 [47,50; 74,50]; при выписке: 13,00 ± 6,91 %; через 3 мес.: 4,92 ± 4,70 %; через 12 мес.: 4,54 ± 7,56 %.

1. До операции vs. выписка: улучшение 45,50 п.п. (95% ДИ 41,62–49,42), p < 0,001.

2. До операции vs. 3 мес.: улучшение 53,58 п.п. (95% ДИ 49,50–57,67), p < 0,001.

3. До операции vs. 12 мес.: улучшение 53,96 п.п. (95% ДИ 49,92–58,08), p < 0,001.

К 12 мес. критерий MCID был достигнут у 24 из 24 пациентов, что составило 100,0 %; 95% ДИ: 86,2–100,0 %.

Исходно показатель MRC составил 4,00 ± 1,29; Me 4,00 [4,00; 5,00]; при выписке: 4,50 ± 0,93; через 3 мес.: 4,67 ± 0,70; через 12 мес.: 4,71 ± 0,69.

1. До операции vs. выписка: улучшение 0,50 (95% ДИ 0,29–0,75), p = 0,004.

2. До операции vs. 3 мес.: улучшение 0,67 (95% ДИ 0,38–1,00), p = 0,004.

3. До операции vs. 12 мес.: улучшение 0,71 (95% ДИ 0,38–1,04), p = 0,004.

Интраоперационных осложнений, связанных с оперативным вмешательством, таких как повреждение нервных корешков, разрыв твердой мозго-

вой оболочки, нагноение, не наблюдалось ни у одного пациента.

У 21 (87,5 %) пациента достигнута цель операции без возникновения нежелательных явлений в течение одного года. У 2 (8,3 %) пациентов выявлена транзиторная парестезия/дизестезия, которая была купирована на фоне консервативной терапии в течение двух недель после операции. Еще у 1 (4,2 %) пациента был отмечен рецидив на уровне L₄–L₅ через 10 мес. после повторной операции, ему выполнена декомпрессивно-стабилизирующая операция с положительным эффектом.

Интраоперационные показатели (длина разреза, кровопотеря, длительность оперативного вмешательства, время излучения при интраоперационном рентгене) представлены в табл.

Во всех точках наблюдения относительно исходного уровня выявлено статистически значимое улучшение по ВАШ (спина/нога) и ODI (p < 0,001) с крупными размерами эффекта. Для MRC отмечено достоверное увеличение мышечной силы к выписке и сохранение эффекта к 12 мес. (p = 0,004).

Послеоперационная МРТ была доступна у 16 (66,7 %) из 24 пациентов. Исследования выполняли в разные сроки после операции, они были проанализированы ретроспективно как дополнительный радиологический критерий. В большинстве доступных наблюдений отмечали признаки адекватной декомпрессии нервных структур без резидуального клинически значимого компрессирующего субстрата. В ряде случаев ви-

Таблица
Интраоперационные показатели

Показатель	Значение (M ± SD)
Длина разреза, см	0,7 ± 0,2
Длительность оперативного вмешательства, мин	60,7 ± 12,5
Кровопотеря, мл	17,0 ± 5,8*
Время излучения при интраоперационном рентгене, с	23,0 ± 5,5

* Интраоперационную кровопотерю определяли как объем крови в аспирате минус объем введенной ирригационной жидкости.

зуализировались послеоперационные мягкотканые и рубцово-реактивные изменения, интерпретация которых требовала сопоставления с клинической картиной. У пациента с последующим повторным рецидивом через 10 мес. контрольная МРТ подтвердила рецидивирующий дискорадикулярный конфликт. Учитывая селективный характер выполнения послеоперационной МРТ, радиологические данные не использовали как самостоятельный основной критерий эффективности метода.

Клинический случай

Пациент, мужчина, 47 лет, находился на лечении в нейрохирургическом отделении с 18.12.2024 по 20.12.2024 г. с диагнозом по МКБ-10 M51.1: дегенеративно-дистрофическое поражение поясничного отдела позвоночника, рецидив грыжи диска L₄-L₅, острая левосторонняя L₅-радикулопатия, выраженный болевой и мышечно-тонический синдром; в анамнезе – микрохирургическое удаление секвестра грыжи L₄-L₅ слева от 03.10.2016 г.

Жалобы при поступлении: боль в нижней части спины (ВАШ 6/10), боль в правой и левой ягодичной области (ВАШ 6/10), боль по задней поверхности левого бедра и голени (ВАШ 8/10).

Анамнез заболевания: в сентябре 2016 г. была диагностирована секвестрированная грыжа диска L₄-L₅ слева с выраженной радикулопатией L₅; 03.10.2016 г. выполнено хирургическое лечение в объеме микродискэктомии L₄-L₅ слева с положительной динамикой. В декабре 2024 г. появились боли в поясничном отделе и левой нижней конечности с прогрессирующим усилением. Консервативная терапия существенного эффекта не дала.

Инструментальная диагностика: выполнены МРТ и КТ поясничного отдела позвоночника, функциональная рентгенография. Выявлен рецидив грыжи диска L₄-L₅ слева с каудальной миграцией в зону 3 по Lee; признаков нестабильности не установлено (рис. 1).

Неврологический статус: очаговой неврологической симптоматики не выявлялось (мышечная сила 5/5, чувствительных нарушений не было, патологические рефлексы отсутствовали), походка была анталгической; движения в поясничном отделе ограничены, поясничный лордоз выпрямлен, симптом Ласега положительный слева; пациент передвигался с большим трудом.

С учетом клинико-рентгенологической картины пациента госпитализировали для хирургического лечения.

Лечение: 19.12.2024 г. выполнено видеоэндоскопическое трансфораминальное удаление грыжи L₄-L₅ слева (рис. 2).

Трансфораминальный эндоскопический доступ был выбран с учетом рецидивного характера грыжи на уровне L₄-L₅ и каудальной мигра-

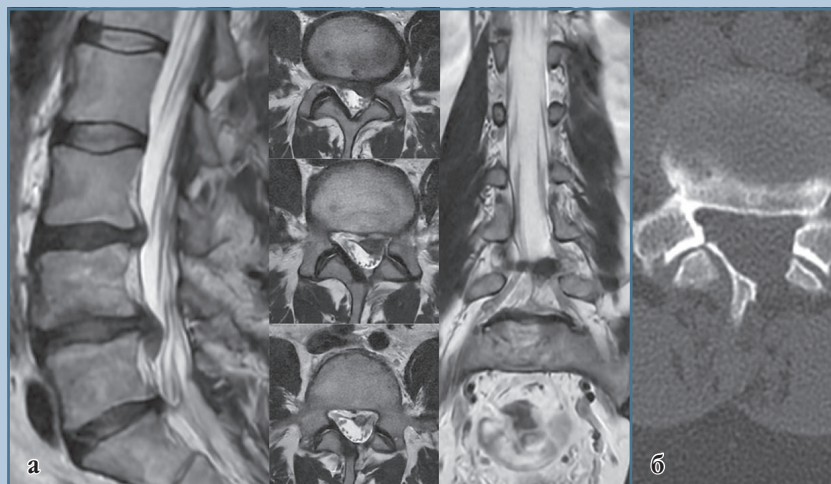


Рис. 1

Предоперационные МРТ и КТ поясничного отдела позвоночника пациента 47 лет: а – сагиттальный, аксиальный и фронтальный сканы в T2-режиме, визуализируется рецидив грыжи диска L₄-L₅ с миграцией вниз в зону 3 по Lee; б – аксиальный скан КТ на уровне L₄ позвонка, визуализируется костный дефект дужки слева



Рис. 2

Послеоперационный сагиттальный, аксиальный и фронтальный МРТ-сканы в T2-режиме. Отмечается полная декомпрессия нервных структур на уровне L₄-L₅

ции фрагмента (зона 3 по Lee), поскольку данный путь обеспечивает прямой доступ к дискорадикулярному конфликту без расширенной ревизии задних структур. Отсутствие признаков нестабильности по функциональным снимкам обосновывало выполнение изолированной декомпрессии без стабилизации. Дополнительным аргументом в пользу трансфораминального доступа при рецидиве являлось стремление снизить травматизацию тканей в зоне предыдущего вмешательства и уменьшить объем диссекции.

В послеоперационном периоде боль по ВАШ в ноге – 0/10, в спине – 2/10. Пациент выписан на 2-е сут после операции в удовлетворительном состоянии. При контрольных осмотрах через 3 и 12 мес. жалоб не предъявлял.

Обсуждение

Под рецидивом грыжи поясничного межпозвонкового диска понимают ситуацию, при которой после хирургического вмешательства у пациента отмечается исчезновение либо существенное уменьшение болей в ноге, однако спустя некоторое время вновь возникает повторное грыжевое выпячивание пульпозного ядра, приводящее к компрессии соответствующего нервного корешка или дурального мешка и рецидиву болевого синдрома в пояснице и нижней конечности. Диагностика и лечение рецидивной грыжи межпозвонкового диска сопровождаются значительными затратами и формируют выраженную финансовую нагрузку [15]. Единого общепринятого определения рецидива грыжи поясничного межпозвонкового диска в настоящее время не существует. Ряд авторов полагают, что для постановки диагноза рецидива после первичной операции необходим бессимптомный интервал не менее 6 мес. [16]. В других работах рецидив определяется при повторном возникновении грыжи на том же уровне после купирования дооперационных симптомов более чем на 1 мес. [17].

В настоящее время рецидив грыжи межпозвонкового диска преимущественно лечат с помощью повторной микродискэктомии, выполняемой с применением традиционного хирургического доступа [18]. Хотя вмешательство при таком доступе позволяет более радикально удалить грыжевой материал и при необходимости обеспечить дополнительную фиксацию позвоночного сегмента, оно одновременно сопровождается повышением хирургического риска, увеличением продолжительности операции, объема интраоперационной кровопотери и общей стоимости лечения [19].

Для формирования внешнего литературного ориентира мы выполнили нарративный обзор исследований, посвященных ревизионной микродискэктомии (повторной микродискэктомии/редискэктомии) при рецидиве грыжи поясничного межпозвонкового диска после первичной дискэктомии/микродискэктомии. Полученные данные использовали для референсного сопоставления результатов настоящей серии наблюдений с опубликованными показателями (внешний исторический контроль).

По критериям максимальной сопоставимости с нашим набором данных оптимально соответствовали одноцентровое ретроспективное исследование ревизионной микродискэктомии Mashhadinezhad et al. с оценкой через 12 мес. [20] и данные регистрового исследования Mehren et al. микроскопической ревизии после дискэктомии с оценкой в 12 и 24 мес. [21].

В ретроспективной серии ревизионной микродискэктомии Mashhadinezhad et al. ($n = 179$) зарегистрировано снижение по ВАШ боли в спине с $7,18 \pm 1,44$ до $1,92 \pm 0,79$ балла, боли в ноге – с $9,26 \pm 0,95$ до $1,69 \pm 0,63$ балла, уменьшение ODI – с $77,89 \pm 11,18$ до $32,83 \pm 20,16$. Частота случайной дуротомии составила $15/179$ (8,3 %), при этом авторы не сообщают о тяжелых осложнениях, связанных с этим. Интегральная оценка результата по шкале Prolo показала, что 56 % (101/179) пациентов достигли хорошего/отличного исхода, тогда как 44 % (78/179)

имели удовлетворительный/плохой результат [20].

В исследовании Mehren et al. [21] у пациентов после микроскопической ревизии отмечено улучшение показателей ODI ($45,9 \rightarrow 22,4$ к 12 мес.) и уменьшение болевого синдрома; показатели ВАШ в спине: с 43,9 до 27,0 балла; в ноге: 65,5 до 25,0 балла к 12 мес. (в данной работе шкала ВАШ была 100-балльной). В поданализе, посвященном интраоперационным повреждениям, частота разрыва твердой мозговой оболочки при ревизионных вмешательствах составила $9/117$ (7,7 %). Через 12 мес. в группе ревизий более 80 % пациентов оценивали результат как приемлемый (55,8 % – полностью довольны, 25,0 % – скорее довольны). Стандартизированная количественная оценка неврологического статуса (например, по MRC) в указанных публикациях не представлена, поэтому литературное сопоставление ограничивалось исходами по ODI/ВАШ и частотой осложнений.

Внешнее сравнение с работами по ревизионной микродискэктомии подтверждает сопоставимую тенденцию улучшения ODI/ВАШ в релевантные сроки наблюдения, при этом в литературе чаще сообщается о дуротомии (7,7–8,3 %), что может указывать на потенциальные преимущества эндоскопического доступа в условиях рубцовых изменений, требующие подтверждения в сравнительных исследованиях.

В нашей когорте доля хороших и отличных результатов достигла 87,5 %, что в сочетании с благоприятной динамикой ODI/ВАШ может отражать потенциал эндоскопической траектории доступа в условиях рубцовых изменений. При этом в литературе чаще сообщается о более высокой частоте случайной дуротомии при ревизионных открытых вмешательствах (7,7–8,3 %), что также косвенно указывает на возможные преимущества эндоскопического доступа, однако требует подтверждения в проспективных сравнительных исследованиях с унифицированными критериями исходов.

В последние годы эндоскопическая методика TESSYS рассматривается как альтернативный подход к лечению рецидива грыжи поясничного отдела позвоночника. Техника TESSYS предполагает использование рабочего канала малого диаметра (7–7,5 мм), уменьшает необходимость широкой дополнительной резекции костных структур и тем самым способствует сохранению стабильности сегмента. Операция выполняется под прямым эндоскопическим контролем, что облегчает идентификацию рубцовых тканей, нервных корешков, сосудистых структур, фрагментов пульпозного ядра и других анатомических образований. Hoogland et al. [22] сообщили о лечении 262 пациентов с рецидивом грыжи поясничного межпозвоночного диска эндоскопической трансфораминальной методикой, при этом доля «хороших/отличных» результатов составила 85,70 %. Частота рецидива составила 4,62 %. В исследовании Xu et al. [23] 31 пациента с рецидивом грыжи поясничного отдела позвоночника наблюдали в течение двух лет после TESSYS; доля «хороших/отличных» исходов составила 83,9 %, что сопоставимо с ранее опубликованными данными, при этом повторного рецидива грыжи не отмечалось.

При анализе МРТ после ревизионных вмешательств необходимо учитывать, что визуализируемые изменения

не всегда прямо отражают клинический результат. Послеоперационный фиброз, реактивные изменения тканей и особенности эпидурального пространства могут имитировать сохраняющийся диско-радикулярный конфликт либо затруднять его достоверную оценку. Именно поэтому данные лучевой визуализации следует трактовать прежде всего в совокупности с клинико-неврологической динамикой, а также с интраоперационными данными о полноте удаления компримирующего грыжевого фрагмента и достижении адекватной декомпрессии нервных структур.

Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, размер выборки относительно мал ($n = 24$), что требует расширения числа наблюдений и увеличения длительности наблюдения. Во-вторых, отсутствие собственной контрольной группы пациентов, перенесших ревизионную микродискэктомию, не позволяет проводить прямое сравнение методов лечения в рамках единого исследования. Для контекстного сопоставления использованы литературные данные, сформированные по принципу внешнего контроля. Такой подход неизбежно связан с риском систематических ошибок: гетерогенности популяции (критерии определения рецидива, исходные клинико-морфологические характеристики), различиями хирургических техник. В связи с этим резуль-

таты литературного сравнения следует интерпретировать как референсное сопоставление с опубликованными данными, а не как доказательство превосходства одного метода над другим.

Дополнительным ограничением настоящего исследования является отсутствие унифицированного протокола послеоперационного МРТ-контроля у всей когорты. Послеоперационные МРТ были доступны лишь у части пациентов, что ограничивает возможность экстраполяции «радиологических находок» на всю серию наблюдений.

Заключение

Данное исследование демонстрирует, что TESSYS обладает высокой эффективностью при рецидивирующей грыже межпозвоночного диска и, возможно, даже превосходит результаты микродискэктомии, при этом, вероятнее всего, сопровождается меньшим числом осложнений. Представляется, что TESSYS имеет ряд преимуществ по сравнению с микродискэктомией: меньшее количество или отсутствие случаев ятрогенного неврологического повреждения, прямой доступ к экстррузии, отсутствие влияния рубцовой ткани на доступ у пациентов, ранее перенесших микродискэктомию. Потенциальные преимущества требуют подтверждения в сравнительных исследованиях.

Литература/References

1. Аганесов А.Г., Арестов С.О., Асютин Д.С. и др. *Хирургия дегенеративных поражений позвоночника: национальное руководство, краткое издание*. Москва, 2023. [Aganesov AG, Arestov SO, Asyutin DS, et al. *Surgery of Degenerative Lesions of the Spine: National Guidelines, Summary Edition*. Moscow, 2023]. DOI: 10.33029/9704-7299-6-SDS-2023-1-192 EDN: NGHMKW
2. Крутько А.В., Байков Е.С., Леонова О.Н., Коновалов Н.А., Гринь А.А., Гуца А.О., Сороковиков В.А. *Дегенеративные заболевания позвоночника*. Москва, 2021. [Krutko AV, Baykov ES, Leonova ON, Kononov NA, Grin AA, Gushcha AO, Sorokovikov VA. *Degenerative Diseases of the Spine*. Moscow, 2021]. EDN: AWHFNU
3. Белых Е.Г., Бывальцев В.А., Сороковиков В.А. Анализ результатов микрохирургических, эндоскопических и эндоскопически ассистированных дискэктомий. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2010;75(5):21–24. [Belykh EG, Byvaltsev VA, Sorokovikov VA. Analysis of the results of microsurgical, endoscopic and endoscopically

assisted discectomies. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2010; 75 (5):21–24]. EDN: OOPXDF

4. Zileli M, Oertel J, Sharif S, Zygourakis C. Lumbar disc herniation: Prevention and treatment of recurrence: WFNS spine committee recommendations. *World Neurosurg* X. 2024;22:100275. DOI: 10.1016/j.wnsx.2024.100275
5. Gadjradj PS, Rubinstein SM, Peul WC, Depauw PR, Vleggeert-Lankamp CL, Seiger A, van Susante JL, de Boer MR, van Tulder MW, Harhangi BS. Full endoscopic versus open discectomy for sciatica: randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ*. 2022;376:e065846. DOI: 10.1136/bmj-2021-065846
6. Muthu S, Ramakrishnan E, Chellamuthu G. Is endoscopic discectomy the next gold standard in the management of lumbar disc disease? Systematic review and superiority analysis. *Global Spine J*. 2021;11:1104–1120. DOI: 10.1177/2192568220948814
7. Басанкин И.В., Гюльзатян А.А., Афаунов А.А., Тахмязян Т.К., Малахов С.Б., Диденко В.Г., Таюрский Д.А., Грицаев И.Е., Сычеников Б.А. Комбинация

- транспедикулярного и трансфораминального эндоскопических доступов при удалении грыж поясничного отдела позвоночника с очень высокой степенью миграции: малая серия клинических случаев и обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2025;22(3):57–66. [Basankin IV, Giulzatyan AA, Afaunov AA, Tahmazyan KK, Malakhov SB, Didenko VG, Tayurski DA, Gritsaev IE, Sychenikov BA. Combination of transpedicular and transforaminal endoscopic approaches for removal of lumbar disc herniations with very high degree of migration: a small case series and literature review. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2025;22(3):57–66. DOI: 10.14531/ss2025.3.57-66 EDN: FSHKSZ
8. Lee DY, Shim CS, Ahn Y, Choi YG, Kim HJ, Lee SH. Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for recurrent disc herniation. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009;46:515–521. DOI: 10.3340/jkns.2009.46.6.515
 9. Гизатуллин Ш.Х., Кристостуров А.С., Давыдов Д.В., Станишевский А.В., Поветкин А.А., Колобаева Е.Г. Эндоскопическая декомпрессия по принципу «снаружи внутрь» при дегенеративно-дистрофических заболеваниях пояснично-крестцового отдела позвоночника. Москва, 2021. [Gizatullin ShKh, Kristosturov AS, Davydov DV, Stanishevsky AV, Povetkin AA, Kolobaeva EG. *Endoscopic Decompression Based on the "Outside-In" Principle for Degenerative Diseases of the Lumbosacral Spine*. Moscow, 2021]. EDN: RCRXHK
 10. Jia M, Sheng Y, Chen G, Zhang W, Lin J, Lu S, Li F, Ying J, Teng H. Development and validation of a nomogram predicting the risk of recurrent lumbar disc herniation within 6 months after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *J Orthop Surg Res*. 2021;16:274. DOI: 10.1186/s13018-021-02425-2
 11. Bailey CS, Rasoulinejad P, Taylor D, Sequeira K, Miller T, Watson J, Rosedale R, Bailey SI, Gurr KR, Siddiqi F, Glennie A, Urquhart JC. Surgery versus conservative care for persistent sciatica lasting 4 to 12 months. *N Engl J Med*. 2020;382:1093–1102. DOI: 10.1056/NEJMoa1912658
 12. Fu TS, Lai PL, Tsai TT, Niu CC, Chen LH, Chen WJ. Long-term results of disc excision for recurrent lumbar disc herniation with or without posterolateral fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:2830–2834. DOI: 10.1097/01.brs.0000190393.15369.94
 13. Liu KC, Hsieh MH, Yang CC, Chang WL, Huang YH. Full endoscopic interlaminar discectomy (FEID) for recurrent lumbar disc herniation: surgical technique, clinical outcome, and prognostic factors. *J Spine Surg*. 2020;6:483–494. DOI: 10.21037/jss-19-370
 14. Asher AM, Oleisky ER, Pennings JS, Khan I, Sivaganesan A, Devin CJ, Bydon M, Asher AL, Archer KR. Measuring clinically relevant improvement after lumbar spine surgery: is it time for something new? *Spine J*. 2020;20:847–856. DOI: 10.1016/j.spinee.2020.01.010
 15. Xing Z, Guo H, Song Y, Cai L, Zhang R, Zhu M. Development and validation of a nomogram for predicting postoperative recurrent lumbar disc herniation after unilateral biportal endoscopic discectomy. *Sci Rep*. 2025;15:26336. DOI: 10.1038/s41598-025-10943-w
 16. Lee JK, Amorosa L, Cho SK, Weidenbaum M, Kim Y. Recurrent lumbar disc herniation. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010;18:327–337. DOI: 10.5435/00124635-201006000-00005
 17. Xu G, Zhang X, Zhu M, Yan Y, Zhang Y, Zhang J, Li F, Xu M, Zhang D. Clinical efficacy of transforaminal endoscopic discectomy in the treatment of recurrent lumbar disc herniation: a single-center retrospective analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24:24. DOI: 10.1186/s12891-023-06148-9
 18. Ahsan K, Khan SI, Zaman N, Ahmed N, Montemurro N, Chaurasia B. Fusion versus nonfusion treatment for recurrent lumbar disc herniation. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2021;12:44–53. DOI: 10.4103/jcvjs.JCVJS_153_20
 19. Musa G, Abakirov MD, Chmutin GE, Mamyrbaev ST, Ramirez MJE, Sichizya K, Kim AV, Antonov GI, Chmutin EG, Hovrin DV, Slabov MV, Chaurasia B. Advancing insights into recurrent lumbar disc herniation: A comparative analysis of surgical approaches and a new classification. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2024;15:66–73. DOI: 10.4103/jcvjs.jcvjs_177_23
 20. Mashhadinezhad H, Sarabi E, Mashhadinezhad S, Ganjeifar B. Clinical outcomes after microdiscectomy for recurrent lumbar disc herniation: a single-center study. *Arch Bone Jt Surg*. 2018;6:397–401.
 21. Mehren C, Wanke-Jellinek I, Korge A. Revision after failed discectomy. *Eur Spine J*. 2020;29(Suppl 1):14–21. DOI: 10.1007/s00586-019-06194-9
 22. Hoogland T, van den Brekel-Dijkstra K, Schubert M, Miklitz B. Endoscopic transforaminal discectomy for recurrent lumbar disc herniation: a prospective, cohort evaluation of 262 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:973–978. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816c8ade
 23. Xu G, Zhang X, Zhu M, Yan Y, Zhang Y, Zhang J, Li F, Xu M, Zhang D. Clinical efficacy of transforaminal endoscopic discectomy in the treatment of recurrent lumbar disc herniation: a single-center retrospective analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24:24. DOI: 10.1186/s12891-023-06148-9

Статья поступила в редакцию 16.12.2025

Рецензирование пройдено 06.05.2026

Подписано в печать 13.05.2026

Received 16.12.2025

Review completed 06.05.2026

Passed for printing 13.05.2026

Дополнительная информация

Вклад авторов. И.В. Басанкин – разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи; Б.А. Сыченников – разработка дизайна исследования, написание текста статьи, анализ полученных данных; А.А. Гюльзатян – разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи, анализ полученных данных; К.К. Тахмазан – анализ полученных данных; С.Б. Малахов – анализ полученных данных; В.К. Шаповалов – анализ полученных данных; Д.Д. Галиновский – анализ полученных данных; М.Д. Бартевев – анализ полученных 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. Неприменимо.

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

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

Борис Анатольевич Сычеников; ORCID: 0000-0001-9699-6786; borislav77@yandex.ru

✉ Абрам Акопович Гюльзатян, канд. мед. наук; Россия, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167; eLibrary SPIN: 6853-4861; ORCID: 0000-0003-1260-4007; abramgulz@gmail.com

Карапет Карапетович Тахмязян, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 4792-9506; ORCID: 0000-0002-4496-2709; drkarpo@gmail.com

Сергей Борисович Малахов; eLibrary SPIN: 8403-0335; ORCID: 0000-0001-5419-4208; malakhovserg@gmail.com

Владимир Константинович Шаповалов, канд. мед. наук; eLibrary SPIN: 2639-0804; ORCID: 0000-0003-4556-251X; shapovalovspine@gmail.com

Данила Дмитриевич Галиновский; ORCID: 0009-0005-2371-3673; galinovskij@bk.ru

Максим Дмитриевич Бартечев; ORCID: 0009-0006-3224-6840; Bertenev-maxim@mail.ru

Authors' Info

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

Boris Anatolievich Sychenikov; ORCID: 0000-0001-9699-6786; borislav77@yandex.ru

✉ Abram Akopovich Giulzatyan, MD, Cand. Sci. (Medicine); 167 Pervogo Maya str., Krasnodar, 350086, Russia; eLibrary SPIN: 6853-4861; ORCID: 0000-0003-1260-4007; abramgulz@gmail.com

Karapet Karapetovich Takhmazyan, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 4792-9506; ORCID: 0000-0002-4496-2709; drkarpo@gmail.com

Sergey Borisovich Malakhov; eLibrary SPIN: 8403-0335; ORCID: 0000-0001-5419-4208; malakhovserg@gmail.com

Vladimir Konstantinovich Shapovalov, MD, Cand. Sci. (Medicine); eLibrary SPIN: 2639-0804; ORCID: 0000-0003-4556-251X; shapovalovspine@gmail.com

Danila Dmitrievich Galinovskiy; ORCID: 0009-0005-2371-3673; galinovskij@bk.ru

Maxim Dmitrievich Bartenev; ORCID: 0009-0006-3224-6840; Bertenev-maxim@mail.ru

СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ТИХОДЕЕВ (1951–2026)



Сергей Алексеевич Тиходеев – травматолог-ортопед, доктор медицинских наук, профессор, лауреат Государственной премии Российской Федерации, более 50 лет проработал в области хирургической вертебрологии.

Его профессиональный путь начался после окончания Первого Ленинградского медицинского института им И.П. Павлова, когда в 1972 г. он пришел в Ленинградский институт хирургического туберкулеза (ЛИХТ), в те годы известный абсолютно новаторскими подходами в хирургическом лечении гнойно-воспалительных заболеваний позвоночника и научными разработками в области костно-пластической хирургии.

На первом этапе научной деятельности Сергей Алексеевич занимался изучением венозной системы позвоночника при туберкулезе и гематогенном остеомиелите. На основе биохимических, патофизиологических и иммунологических методов исследования патогенеза спинальных расстройств при различных заболеваниях и травмах позвоночника он предложил метод веноспондилоинфузии в лечении миелоишемических осложнений разных заболеваний, а в 1983 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата медицинских наук «Веноспондилоинфузия в диагностике и лечении остеомиелита позвоночника».

Продолжая научные традиции Ленинградского института хирургического туберкулеза, С.А. Тиходеев занимался совершенствованием методик хирургического лечения гнойно-воспалительных заболеваний позвоночника. Разработал новый доступ к поясничному отделу, методики декомпрессии спинного мозга, специальный инструментарий. Комплексные исследования на рентгенологическом, патоморфологическом, патофизиологическом и биохимическом уровнях позволили по-новому решить вопросы хирургического лечения неспецифического спондилита и в 1990 г. защитить докторскую диссертацию «Хирургическое лечение гематогенного остеомиелита позвоночника». В 1993 г. за цикл работ «Реконструктивно-восстановительная хирургия воспалительных заболеваний позвоночника у детей и взрослых» С.А. Тиходеев в составе группы авторов был награжден Государственной премией Российской Федерации в области науки и техники. Долгие годы он являлся заместителем директора института по научной работе, возглавляя научную группу хирургии туберкулеза позвоночника и пограничных заболеваний.

В 1995 г. С.А. Тиходеев создал и возглавил Санкт-Петербургский центр хирургии позвоночника на базе Городской многопрофильной больницы № 2 (Санкт-Петербург). С группой единомышленников, в которую входили нейрохирурги, травматологи, неврологи, реабилитологи, была впервые организована специализированная помощь паци-





ентам с заболеваниями позвоночника. Тогда же была начата и разработка абсолютно нового для того времени хирургического направления – малотравматичной хирургии позвоночника. Значительное снижение травматичности и длительности операций, периоперационной кровопотери, а также внедрение интраоперационного мониторинга позволило расширить показания к проведению операций у больных групп риска – старших возрастных групп и с тяжелой сопутствующей патологией. Тридцать лет назад, в 1997 г., на базе медицинской академии последиplomного образования был организован один из первых в стране курс «Хирургическое лечение заболеваний и травм позвоночника», ставший площадкой для обучения специалистов из различных регионов.

За плечами С.А. Тиходеева тысячи успешно проведенных операций, большинство из которых – сложные реконструктивно-восстановительные вмешательства при гнойно-воспалительных заболеваниях на позвоночнике. Он интуитивно создавал те принципы, на которых сегодня строится такая хирургия: доступность, малоинвазивность и безопасность. Его отличали педантичность и умение концентрироваться на главных проблемах. Он систематически вел дневники, куда записывал особенности каждой операции и зарисовал их схемы. Под руководством С.А. Тиходеева защищены две докторских и три кандидатских диссертации. Он автор более 100 научных работ, 11 изобретений, множества рационализаторских предложений, шести методических рекомендаций и двух монографий, в том числе первой отечественной работы по направлению, в наше время имеющему международное обозначение MISS (mini-invasive spinal surgery). Его монография на эту тему, вышедшая в 2005 г., – одна из первых.

Время неумолимо движется вперед, уходит поколение учителей. Быть первым всегда сложно, С.А. Тиходеев был одним из тех, кто создавал фундамент новой для того времени специальности – хирургической вертебрологии. Его имя останется в нашей памяти.

*Сотрудники Санкт-Петербургского НИИ физиотульмонологии,
члены редколлегии и читатели журнала «Хирургия позвоночника»,
учившиеся у С.А. Тиходеева основам профессии.*

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



**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/>

**6-й Всемирный конгресс ортопедов и травматологов
туркского мира**
Время проведения: 17–20 сентября 2026 г.

Место проведения: Ташкент, Узбекистан
Контактная информация:
<http://www.turkdunyasiortopedi.org>

**Петербургский международный хирургический
форум**
Время проведения: 17–19 сентября 2026 г.

Место проведения: Санкт-Петербург, Россия
Контактная информация:
<https://congress.almazovcentre.ru/event/159>

4-й съезд Всемирной конференции по ортопедии
Время проведения: 24–26 сентября 2026 г.

Место проведения: Лондон, Великобритания
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>

**Всероссийский конгресс травматологов-ортопедов
Урала, посвященный 95-летию Уральского
института травматологии и ортопедии
им. В.Д. Чаклина «Чаклинские чтения.
Современные вызовы и пути решения»**
Время проведения: 2–3 октября 2026 г.

Место проведения: Екатеринбург, Россия
Контактная информация:
<https://med-expo.org/meropriyatiya>

**Очная научно-практическая конференция
в формате круглого стола – дискуссионной
площадки для специалистов «Реабилитация
и ортопедическая хирургия: вызовы и решения»**
Время проведения: 3 октября 2026 г.

Место проведения: Москва, Россия
Контактная информация:
<https://www.cognitron.info/rehab>

**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 вертебрологов
EUROSPINE 2026**
Время проведения: 7–9 октября 2026 г.

Место проведения: Гётеборг, Швеция
Контактная информация:
<https://www.eurospine.org/events/annual-meeting/2026/>

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



Конференция Международного общества по изучению спинного мозга Время проведения: 7–10 октября 2026 г.	Место проведения: Куала-Лумпур, Малайзия Контактная информация: https://www.srs.org/SRS-Events/The-International-Spinal-Cord-Society-2026?dataid=8331&
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
Ежегодная научно-практическая конференция «Турнеровские чтения» Время проведения: 8–9 октября 2026 г.	Место проведения: Санкт-Петербург, Россия Контактная информация: https://turnerreadings.org/
XXV форум Российской ассоциации детских хирургов с международным участием Время проведения: 15–17 октября 2026 г.	Место проведения: Москва, Россия Контактная информация: https://forum.childsurgeon.ru
Немецкий конгресс ортопедической и травматологической хирургии DKOU Время проведения: 20–23 октября 2026 г.	Место проведения: Берлин, Германия Контактная информация: https://dkou.org/
Научно-практическая конференция «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии мирного и военного времени» Время проведения: 22–23 октября 2026 г.	Место проведения: Донецк, Россия Контактная информация: https://rtcdnr.gosuslugi.ru/
100-й конгресс Французского общества ортопедической хирургии и травматологии (SOFOT) Время проведения: 11–13 ноября 2026 г.	Место проведения: Канны, Франция Контактная информация: https://www.sofcot.fr/
Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы травматологии и ортопедии, нейрохирургии», посвященная 80-летию Иркутского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Время проведения: 13 ноября 2026 г.	Место проведения: Иркутск, Россия Контактная информация: https://iscst.ru/13-november-2026-niito-80/
XI Международный Пироговский форум травматологов-ортопедов Время проведения: 16–17 ноября 2026 г.	Место проведения: Москва, Россия Контактная информация: https://pirogovforum.com/main.html
7-й продвинутый семинар по торакальной, поясничной и спинально-тазовой хирургии Время проведения: 20–21 ноября 2026 г.	Место проведения: Янина, Греция Контактная информация: https://www.srs.org/SRS-Events/7th-Advanced-Workshop-on-Thoracic-Lumbar-and-Spinopelvic-Surgery
109-й Национальный конгресс Итальянского общества ортопедии и травматологии (SIOT 2026) Время проведения: 26–28 ноября 2026 г.	Место проведения: Милан, Италия Контактная информация: https://congressosiot.it/

ФОРУМЫ ДЛЯ ВЕРТЕБРОЛОГОВ

КОНГРЕССЫ, СИМПОЗИУМЫ,

КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ

ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



XIII Всероссийский съезд травматологов-ортопедов
Время проведения: 11–12 декабря 2026 г.

Место проведения: Казань, Россия

Контактная информация:

<https://kazan-ator-26.ru/>

34-я Международная конференция по передовым методикам лечения заболеваний позвоночника (IMAST)
Время проведения: 7–9 апреля 2027 г.

Место проведения: Копенгаген, Дания

Контактная информация:

<https://www.srs.org/SRS-Events/34th-International-Meeting-on-Advanced-Spine-Techniques>

Конгресс «Spineweek 2027»
Время проведения: 16–20 мая 2027 г.

Место проведения: Монреаль, Канада

Контактная информация:

<https://spineweek.org/>

Ежегодная конференция AO Spine и Глобальный конгресс по заболеваниям позвоночника (GSC)
Время проведения: 9–12 июня 2027 г.

Место проведения: Йокогама, Япония

Контактная информация:

<https://globalspinecongress.org/>

62-я ежегодная конференция Общества исследований сколиоза (SRS)
Время проведения: 14–18 сентября 2027 г.

Место проведения: Новый Орлеан, Луизиана, США

Контактная информация:

<https://www.srs.org/SRS-Events/62nd-Annual-Meeting>



КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

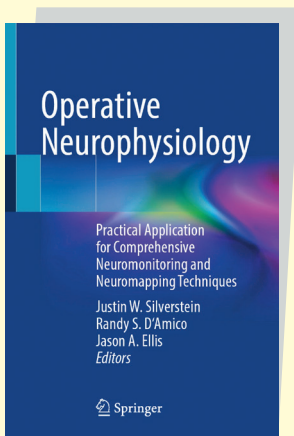
ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



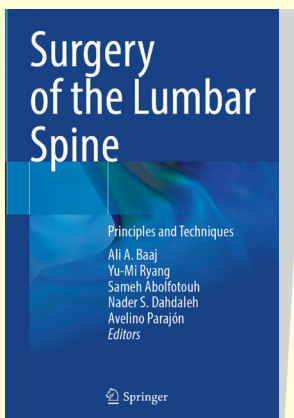
**Оперативная нейрофизиология:
практическое применение комплексных методов
нейромониторинга и нейрокартирования**
**Operative Neurophysiology:
Practical Application for Comprehensive
Neuromonitoring and Neuromapping Techniques**
Ed. by: J.W. Silverstein, R.S. D'Amico, J.A. Ellis



Springer Cham, 2026
787 с.

Интраоперационный нейрофизиологический мониторинг (ИОНМ) стал неотъемлемой частью многих хирургических операций. Это подробное руководство восполняет потребность в публикации, посвященной электронейрофизиологическим 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



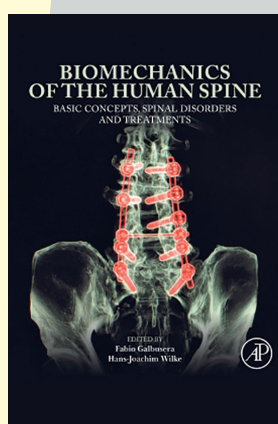
ХИРУРГИЯ ПОЗВОНОЧНИКА

www.spinesurgery.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



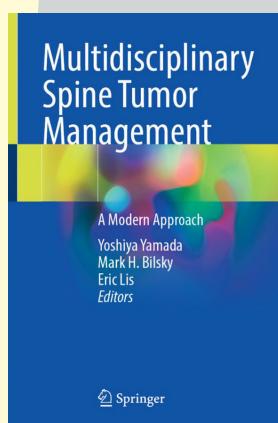
**Биомеханика позвоночника человека:
основные понятия, заболевания позвоночника
и методы лечения**
**Biomechanics of the Human Spine:
Basic Concepts, Spinal Disorders and Treatments**
Ed. by: F. Galbusera, H.-J. Wilke



2nd Edition
Academic Press, 2026

Книга представляет собой незаменимый источник информации как для инженеров-биомедиков, так и для хирургов-ортопедов. Книга разделена на четыре основных раздела, каждый из которых, опираясь на информацию предыдущего раздела, предлагает глубокое понимание биомеханики позвоночника. Книга начинается с описания функциональной анатомии позвоночника, с особым вниманием к часто упускаемым из виду аспектам клинической литературы. Во втором разделе подробно рассматривается механика тканей позвоночника, в том числе условия проведения экспериментов и математические модели. В третьем разделе рассматриваются современные методы исследования позвоночника, а в заключительном разделе – биомеханические аспекты патологий позвоночника и их хирургического лечения. Вклад ведущих мировых институтов обеспечивает включение в книгу новейших исследований и опыта в области биомеханики позвоночника. Среди основных моментов – глубокие экспериментальные исследования, численное моделирование и исследования *in vivo*, такие как визуализация и анализ движения. Книга отличается комплексным подходом, преодолевающим разрыв между биомеханическими знаниями и их клиническим применением. Она незаменима для специалистов в этой области, предлагая ценные знания и практические рекомендации для понимания и лечения заболеваний позвоночника.

**Междисциплинарное лечение опухолей
позвоночника: современный подход**
**Multidisciplinary Spine Tumor Management:
A Modern Approach**
Ed. by: Y. Yamada, M.H. Bilsky, E. Lis



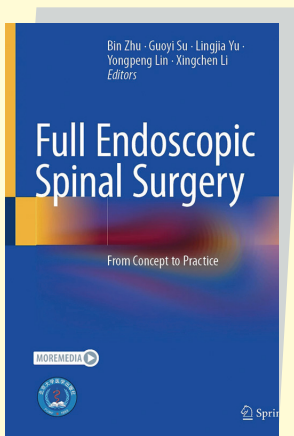
Springer Cham, 2025
272 p.

В книге представлен междисциплинарный подход к лечению опухолей позвоночника. В связи с уникальными механическими и неврологическими функциями позвоночника опухоли в этой области требуют специальных знаний, которыми обладают врачи и хирурги разных специализаций, и объединение этих знаний в междисциплинарную команду – это смена парадигмы, произошедшая в XXI в. Многие сейчас признают преимущества междисциплинарного подхода, но на практике немногим удалось сформировать сплоченную и эффективную команду. В Мемориальном онкологическом центре имени Слоуна-Кеттеринга (Memorial Sloan Kettering Cancer Center) по-настоящему междисциплинарная команда работает вместе уже более двух десятилетий. Цель данной книги – объединить этот опыт в одном 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.



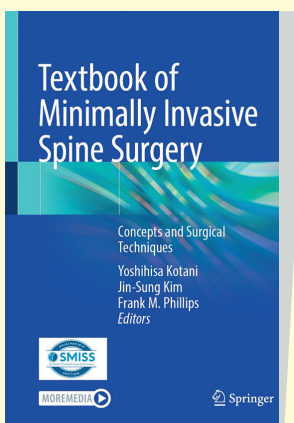
**Полная эндоскопическая хирургия позвоночника:
от концепции к практике**
**Full Endoscopic Spinal Surgery:
From Concept to Practice**
Ed. by B. Zhu, G. Su, L. Yu, Y. Lin, X. Li



Springer Singapore, 2026
367 с.

В книге обсуждаются диагностический и терапевтический подходы, выбор хирургической процедуры и этапы операции при распространенных дегенеративных заболеваниях позвоночника. В первых главах представлены основные принципы и история развития хирургической эндоскопии позвоночника, анатомия позвоночника, рентгенологические параметры, широко используемые шкалы оценки состояния позвоночника и естественное течение различных дегенеративных заболеваний. Далее описаны методы диагностики, стратегии лечения, хирургические методы и прогнозируемые результаты дегенеративных заболеваний позвоночника с описанием типичных случаев, иллюстрациями и интраоперационными эндоскопическими видеозаписями поясничных трансфораминальных, поясничных интерламинарных, грудных трансфораминальных, грудных интерламинарных, шейных эндоскопических процедур и процедур эндоскопического спондилодеза в поясничном отделе позвоночника. Книга станет полезным справочником, помогающим читателям быстро освоить соответствующую анатомию и методики эндоскопической хирургии всего позвоночника.

**Руководство по малоинвазивной хирургии
позвоночника: концепции и хирургические методы**
**Textbook of Minimally Invasive Spine Surgery:
Concepts and Surgical Techniques**
Ed. by Y. Kotani, J.S. Kim, F. Phillips



Springer Singapore, 2026
874 с.

Книга представляет собой исчерпывающий обзор, в котором рассматриваются как устоявшиеся методы, так и передовые достижения в области малоинвазивной хирургии позвоночника (MISS). В ней подробно изучаются новейшие хирургические методики и вспомогательные технологии, совершенствующие практику хирургии позвоночника во всем мире. Книга разделена на тематические разделы, посвященные ключевым областям, таким как поясничная эндоскопия для декомпрессии и спондилодеза, торакальные и шейные эндоскопические процедуры, методы спондилодеза, включая MIS TLIF и латеральные доступы, а также методы, выполняемые из переднего доступа. Рассматриваются вспомогательные технологии, в том числе системы навигации по позвоночнику, робототехника, приложения дополненной/виртуальной/магнитно-резонансной томографии, обсуждается роль искусственного интеллекта в улучшении результатов хирургических вмешательств. Каждая глава содержит подробное описание хирургических методик с полезными советами и разбором типичных ошибок, выполненными международными экспертами с помощью высококачественных изображений и видео. Учебник предназначен как для опытных хирургов-вертебрологов, так и для тех, кто стремится внедрить малоинвазивные методы в свою практику, также будет полезен стажерам-хирургам-вертебрологам, хирургическим медсестрам, медицинским инженерам, рентгенологам и другим медицинским работникам, занимающимся лечением заболеваний позвоночника. Этот авторитетный источник информации по малоинвазивной хирургии позвоночника создан под редакцией уважаемых специалистов и с участием ведущих экспертов, сделавших значительный вклад в развитие данной области благодаря своим исследованиям и практике.

Хирургия ПОЗВОНОЧНИКА

Russian Journal of Spine Surgery



ПОДПИШИТЕСЬ СЕЙЧАС
www.spinesurgery.ru



Форма № ПД -4	
Извещение	УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России) <small>(наименование получателя платежа)</small>

	_____ № _____ <small>(ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)</small>
	В _____ <small>(наименование банка получателя платежа)</small>
	БИК _____ № _____ <small>(номер кор./сч. банка получателя платежа)</small>
	Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» _____
	<small>(наименование платежа)</small>
	Сумма платежа _____ руб. _____ коп.
	Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.
	Итого _____ руб. _____ коп.
Кассир	
УФК по Новосибирской области (ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России) <small>(наименование получателя платежа)</small>	

	_____ № _____ <small>(ИНН получателя платежа) (номер счета получателя платежа)</small>
	В _____ <small>(наименование банка получателя платежа)</small>
	БИК _____ № _____ <small>(номер кор./сч. банка получателя платежа)</small>
	Подписка на журнал «Хирургия позвоночника» _____
	<small>(наименование платежа)</small>
	Сумма платежа _____ руб. _____ коп.
	Сумма платы за услуги _____ руб. _____ коп.
	Итого _____ руб. _____ коп.
Квитанция Кассир	





Редакционная подписка

Объем издания 100–150 страниц. Периодичность 4 раза в год. Журнал содержит специализированную информацию, посвященную проблемам хирургии позвоночника и смежным дисциплинам.

Стоимость годовой подписки по России:

для физических лиц – 4800 р., для организаций – 6400 р.

Стоимость годовой подписки по странам зарубежья:

для физических лиц – 6400 р., для организаций – 7200 р.

Организациям для подписки необходимо отправить заявку на требуемое количество комплектов, а также реквизиты для выставления счета по e-mail: MBedulina@niito.ru.

Подписчикам журнала предоставляется доступ к полным версиям статей на сайте www.spinesurgery.ru
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 межстрочных интервала, используя шрифт Times New Roman, размер 12. Страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в нижнем правом углу, начиная с титульной. Графики предоставляются в формате Microsoft Excel. Общий объем оригинальной статьи не должен превышать 12 страниц, обзорной работы – 16, кратких сообщений – 4.

Титульный лист должен содержать название статьи; имена, отчества и фамилии авторов с указанием высших из имеющихся у них ученых степеней (званий) и должности, которую они занимают; полное название учреждения(ий), где выполнялась работа; контактную информацию (e-mail, тел.) всех авторов, личные международные идентификаторы ORCID и eLibrary SPIN всех авторов (обязательно) для опубликования в журнале. Всю информацию необходимо предоставить на русском и английском языках.



Авторство. Данные об авторах указываются в последовательности, которая определяется их совместным решением и подтверждается подписями на титульном листе. Кроме того, следует указать вклад каждого автора в исследование (в словесном и процентном выражении). Иные лица, внесшие вклад в выполнение работы, недостаточный для признания авторства (не могущие принять на себя ответственность за содержание работы, но оказавшие техническую, финансовую, интеллектуальную помощь), должны быть перечислены (с их письменного согласия) в разделе «Выражение признательности» после текста статьи.

Резюме и ключевые слова. В структурированном резюме (на русском и английском языках) объемом не менее 200 слов должны быть отражены предмет исследования (наблюдения), цель, материал и методы, основные результаты, область их применения и выводы, приведены 3–8 ключевых слов (словосочетаний).

Рубрикация. Оригинальная статья обычно имеет следующую композицию: введение, методы (материал и методы), результаты, обсуждение, заключение (выводы). В больших статьях главы «Результаты» и «Обсуждение» могут иметь подзаголовки. В обзорах, описаниях случаев возможна другая структура текста. Во вводной части статьи следует указать тип публикации и уровень доказательности исследования.

Библиографические ссылки должны быть сверены с оригиналами и приведены по мере цитирования под заголовком «Литература». В тексте ссылки нумеруются в квадратных скобках: [1], [3–6], [8, 9]. В названиях журналов следует пользоваться сокращениями, принятыми в Index Medicus. В оригинальных статьях рекомендуется использовать литературные источники последних 10 лет. Не рекомендуется ссылаться на материалы конференций, на диссертации и авторефераты диссертаций. Если по исследуемой теме у одних и тех же авторов имеется несколько публикаций, ссылаться рекомендуется на последнюю из них.

Список литературных источников на русском языке должен быть представлен и в транслитерированном виде. Библиографическое описание на русском языке выполняется на основе ГОСТ Р 7.0.5–2008 («Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»). Англоязычная часть библиографического описания должна соответствовать формату, рекомендуемому Американской национальной организацией по информационным стандартам (National Information Standards Organisation – NISO), принятому National Library of Medicine (NLM) для ее баз данных (Library's MEDLINE/PubMed database: www.nlm.nih.gov/citingmedicine). В библиографическом описании приводятся фамилии всех авторов. Указание DOI приветствуется.

Иллюстрации. Рисунки, графики, схемы, фотографии нумеруются и подписываются фамилией первого автора и началом названия статьи. В тексте указываются ссылки на каждый рисунок в соответствии с первым упоминанием. Иллюстрации должны быть четкими, пригодными для воспроизведения, в формате TIF или JPG с разрешением 300 точек; их количество, включая а, б и т.д., – не более восьми. Для ранее опубликованных иллюстраций необходимо указать оригинальный источник и предоставить письменное разрешение на воспроизведение от их автора (владельца).

Таблицы нумеруются, если их число более одной, и последовательно цитируются в тексте (примемлемо не больше пяти). Каждый столбец должен иметь краткий заголовок, пропуски в строках обозначаются знаком тире. Для данных из других источников необходима ссылка на эти источники. Дублирование сведений в тексте, графиках, таблице недопустимо.

Сокращения. Следует ограничиться общепринятыми сокращениями (ГОСТ 7.12–93 для русского и ГОСТ 7.11–78 для иностранных европейских языков), избегая новых без достаточных на то оснований. Аббревиатуры расшифровываются при первом использовании терминов и остаются неизменными по всему тексту. Сокращения, аббревиатуры в таблице разъясняются в примечании к ней.

Английский язык и транслитерация

При транслитерации рекомендуется использовать стандарт BGN/PCGN (United States Board on Geographic Names/Permanent Committee on Geographical Names for British Official Use), рекомендованный международным издательством Oxford University Press как British Standard. Для транслитерации текста в соответствии со стандартом BGN можно воспользоваться ссылкой <http://ru.translit.ru/?account=bgn>. Англоязычное название статьи должно быть грамотно с точки зрения языка, при этом по смыслу полностью соответствовать русскоязычному названию. Фамилию, имя и отчество необходимо писать в соответствии с заграничным паспортом или так, как в ранее опубликованных статьях. Авторам, публикующимся впервые и не имеющим заграничного паспорта, следует воспользоваться стандартом транслитерации BGN/PCGN. Необходимо указывать официальное англоязычное название учреждения. Полный список названий учреждений и их официальные англоязычные версии можно найти на сайте РУНЭБ [eLibrary.ru](http://elibrary.ru). Англоязычная версия резюме статьи должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной. Для выбора ключевых слов на английском следует использовать тезаурус Национальной медицинской библиотеки США – Medical Subject Headings (MeSH).