



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PREDICTORS OF INDIRECT DECOMPRESSION IN PATIENTS WITH MONOSEGMENTAL LUMBAR SPINAL STENOSIS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

исключает формирование периурального фиброза [17].

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

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

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

Материал и методы

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

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

Критерии включения в исследование:

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

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

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

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

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

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

Критерии невключения в исследование:

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

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

3) дегенеративный патоморфологический субстрат на двух и более уровнях;

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

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

6) патология нижних конечностей с их укорочением;

7) наличие нейростимулятора спинного мозга.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 1

Основные характеристики пациентов исследуемых групп и их сравнение

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

* Значимые различия; ИМТ – индекс массы тела.

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

Результаты

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

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

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

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

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

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

С помощью ROC-анализа в многофакторной модели определили порог

Таблица 2

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

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

* Значимые различия.

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

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

AUC = 92,4 % подтверждает хорошее качество прогнозирования.

Обсуждение

В нашу работу включены пациенты с одноуровневым центральным дегенеративным стенозом позвоночного

Таблица 3

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

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

* Значимые предикторы.

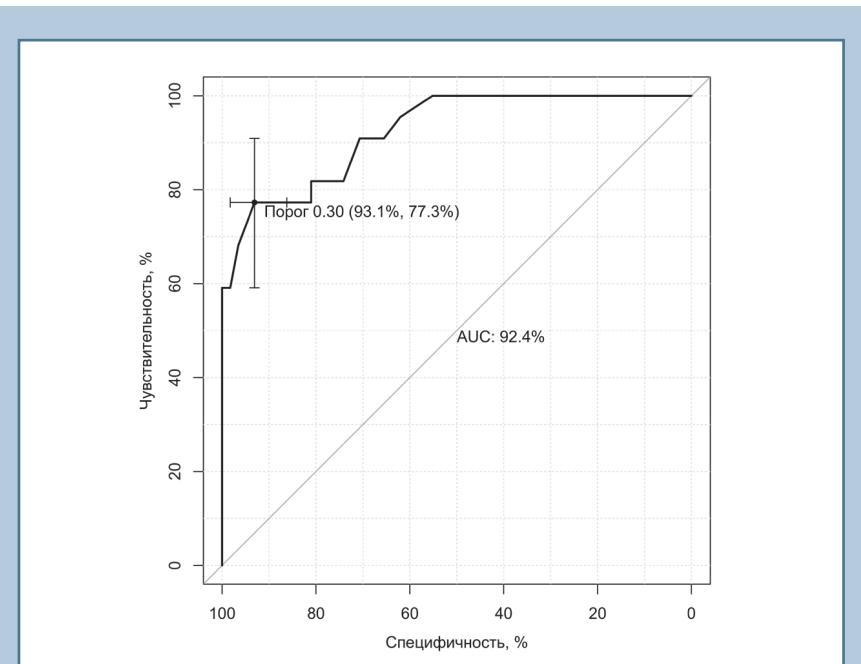


Рис.

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

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

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

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

Таблица 4

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

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

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

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

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

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

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

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

Наше исследование отличается тем, что сформирована однородная групп-

Таблица 5

Сходства и отличия в проанализированных тематических статьях

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

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

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

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

Заключение

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

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

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

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

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.

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

Литература/References

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

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

Адрес для переписки:

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

Address correspondence to:

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

Статья поступила в редакцию 04.06.2025

Рецензирование прошло 18.09.2025

Подписано в печать 07.11.2025

Received 04.06.2025

Review completed 18.09.2025

Passed for printing 07.11.2025

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

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

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

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

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

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

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

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