



# ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МОНОСЕГМЕНТАРНЫМ СТЕНОЗОМ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА В ПОЯСНИЧНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА

**Ш.А. Ахметьянов, А.А. Азизхонов, Е.А. Мушкачев, А.Д. Сангинов, И.Д. Исаков, А.В. Пелеганчук**

*Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии*

*им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия*

**Цель исследования.** Анализ отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с моносегментарным стенозом поясничного отдела позвоночника после использования минимально-инвазивных и стандартных открытых методик.

**Материал и методы.** В открытое когортное рандомизированное проспективное исследование включены 132 пациента, оценка отдаленных результатов проведена у 110 пациентов, часть пациентов выбыла из исследования по естественным причинам. Пациенты оперированы в 2009–2011 гг. в объеме минимально-инвазивного декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства (группа 1) и декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства из традиционного заднесрединного доступа (группа 2). Проанализировали следующие параметры: индекс дееспособности по Освестри, уровень боли по ВАШ. Формирование межтелового блока оценивали по шкале Тап, жировую дегенерацию паравертебральной мускулатуры – по шкале Goutallier. Также оценивали развитие или усугубление течения дегенерации смежного сегмента. Для обработки данных и построения графиков применяли пакеты статистического анализа из языка R.

**Результаты.** В отдаленные сроки наблюдения (144 мес.) при оценке болей в спине по ВАШ и индексу дееспособности Освестри выявлено статистически значимое отличие  $p < 0,001$  в пользу минимально-инвазивных вмешательств. Оба метода привели к высокой частоте формирования костного блока и низкой частоте повторных операций. В группе минимально-инвазивных оперативных вмешательств отмечается меньшая частота развития жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры и поражения смежного сегмента.

**Заключение.** Открытые и минимально-инвазивные оперативные вмешательства имеют сопоставимые долгосрочные клинические и морфологические результаты. Открытые оперативные вмешательства в отдаленном периоде чреваты усугублением жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры и более частым развитием синдрома смежного уровня. Минимально-инвазивные методики являются эффективной и безопасной альтернативой традиционным открытым оперативным вмешательствам и позволяют снизить травматичность, сохранить неповрежденный задний опорный комплекс позвоночника, при этом выполнить адекватную декомпрессию и стабилизацию с последующим формированием костного блока.

**Ключевые слова:** спинальный стеноз, минимально-инвазивные операции, контралатеральная декомпрессия over the top, жировая дегенерация паравертебральной мускулатуры, синдром смежного диска.

**Для цитирования:** Ахметьянов Ш.А., Азизхонов А.А., Мушкачев Е.А., Сангинов А.Д., Исаков И.Д., Пелеганчук А.В. Отдаленные результаты лечения пациентов с моносегментарным стенозом позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника // Хирургия позвоночника. 2023. Т. 20. № 4. С. 58–67.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.4.58-67>.

## LONG-TERM RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH MONOSEGMENTAL STENOSIS OF THE SPINAL CANAL IN THE LUMBAR SPINE

*Sh.A. Akhmetyanov, A.A. Azizkhonov, E.A. Mushkachev, A.J. Sanginov, I.D. Isakov, A.V. Peleganchuk*

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

**Objective.** To evaluate the long-term results of surgical treatment of patients with monosegmental stenosis of the lumbar spine after using minimally invasive and standard open techniques.

**Material and Methods.** The open cohort randomized prospective study included 132 patients. Long-term results were assessed in 110 patients, some patients discontinued participation in the study for natural reasons. Patients were operated on in 200–2011 in the volume of minimally invasive decompression and stabilization surgery (Group 1) and decompression and stabilization surgery through conventional posteromedial approach (Group 2). The following parameters were analyzed: Oswestry Disability Index and VAS pain intensity. Formation of an interbody block was assessed using the Tan scale, and the fatty degeneration of the paravertebral muscles – according

to the Goutallier scale. Development or aggravation of the course of degeneration of the adjacent segment was also evaluated. Statistical analysis was performed using the R packages for data processing and plotting.

**Results.** At long-term follow-up (144 months), when assessing back pain according to VAS and ODI, a statistically significant difference  $p < 0.001$  in favor of minimally invasive interventions was revealed. Both surgical methods resulted in high rates of fusion and low reoperation rates. In the group of minimally invasive surgical interventions, there is a lower incidence of fatty degeneration of the paravertebral muscles and damage to the adjacent segment.

**Conclusions.** Open and minimally invasive surgical interventions have comparable long-term clinical and morphological results. Open surgical interventions in the long term are fraught with aggravation of fatty degeneration of the paravertebral muscles and more frequent development of the adjacent level syndrome. Minimally invasive techniques are an effective and safe alternative to traditional open surgery and can reduce trauma, preserve the intact posterior support complex of the spine at adjacent levels, while performing adequate decompression and stabilization, followed by the formation of a bone block.

**Key Words:** spinal stenosis, minimally invasive surgery, over-the-top contralateral decompression, fatty degeneration of paravertebral muscles, adjacent disc syndrome.

Please cite this paper as: Akhmetyanov ShA, Azizkhanov AA, Mushkachev EA, Sanginov AJ, Isakov ID, Peleganchuk AV. Long-term results of treatment of patients with monosegmental stenosis of the spinal canal in the lumbar spine. Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika). 2023;20(4):58–67. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2023.4.58-67>.

Благодаря развивающимся техническим достижениям и инновациям малоинвазивная хирургия позвоночника (MISS) становится все более популярной, особенно в последнее время [1–5]. Основная цель MISS состоит в уменьшении связанной с доступом травмы мягких тканей, мышечно-связочного аппарата позвоночно-двигательных сегментов, сохраняя при этом клинические и рентгенологические результаты открытых методик [4–7]. MISS направлена на снижение интраоперационной кровопотери, частоты раневых инфекций, послеоперационных гематом и стабилизацию нормальной мышечной функции за счет сохранения иннервации паравертебральных мышц [8–11]. Другими предполагаемыми преимуществами являются более быстрое заживление ран, уменьшение послеоперационной боли и применения обезболивающих препаратов, более короткое время до полноценной активизации и более короткая продолжительность пребывания в стационаре. Вариантом таких методов MISS являются минимально-инвазивный трансфореминальный межтеловой спондилодез, контралатеральная декомпрессия (over the top), транскутанная транспедикулярная фиксация. Одним из недостатков MISS является более высокое интраоперационное облучение из-за более частого и длительного использования рентгеноскопии [12].

Цель исследования – анализ отдаленных результатов хирургического лечения пациентов с моносегментарным стенозом поясничного отдела позвоночника после использования минимально-инвазивных и стандартных открытых методик.

Дизайн: рандомизированное когортное проспективное исследование.

### Материал и методы

#### Критерии соответствия

Критерии включения в исследование:

- синдром моно- или полирадикулярной компрессии корешков спинного мозга с возможным сочетанием с рефлекторными болевыми синдромами, синдром нейрогенной перемежающейся хромоты, обусловленный стенозом одного поясничного позвоночно-двигательного сегмента;
- нестабильность или дегенеративный спондилолистез, требующий инструментальной стабилизации только на одном поясничном позвоночно-двигательном сегменте.

Критерии невключения:

- двусторонний фораминальный стеноз;
- полисегментарный стеноз позвоночного канала;
- спондилолистез II степени и выше;
- необходимость коррекции сагиттального баланса;

– рецидив болевого синдрома после предшествующих операций на позвоночнике;

– тяжелая сопутствующая соматическая патология;

– возраст менее 20 и более 75 лет;

– другие заболевания позвоночника или крупных суставов нижних конечностей, включая врожденный стеноз позвоночного канала, травмы, опухоль и воспалительные заболевания поясничного отдела позвоночника и др.

#### Пациенты

Указанным выше критериям соответствовали 132 пациента, оперированных в клинике нейрохирургии в 2009–2011 гг. Основными показаниями для хирургического лечения были резистентные к консервативному лечению рефлекторные и корешковые болевые синдромы, обусловленные моносегментарным стенозом поясничного отдела позвоночника. Методом простой рандомизации при помощи компьютерной программы пациентов разделили на 2 группы:

- в группе 1 (основной) 64 пациентам выполняли минимально-инвазивные декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства при моносегментарном стенозе позвоночного канала на пояснично-крестцовом отделе позвоночника;
- в группе 2 (сравнения) 68 больным декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства выполняли из тра-

диционного заднесрединного доступа со скелетированием задних отделов позвоночника.

Оценку результатов в отдаленные сроки (144 мес.) провели у 110 пациентов, в том числе у 53 пациентов группы 1 и у 57 – группы 2. Из исследования по естественным причинам выбыли 22 пациента.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом Новосибирского НИИТО им. Я.Л. Цивьяна.

#### *Описание медицинских вмешательств*

В группе 1 выполняли минимально-инвазивные хирургические вмешательства. Доступ к позвоночнику осуществляли парасагиттально путем тупого расслоения мышц в межмышечной борозде и между волокнами мышцы через разрезы кожи около 3–4 см. Осуществляли интерламинарный доступ в позвоночный канал. Полностью обнажали дуральный мешок в направлении контралатеральной стороны позвоночного канала. Из этого доступа отчетливо визуализируются точки введения педикулярных винтов в угол между поперечным и суставным отростками. С противоположной стороны винтовую фиксацию проводили транскрутанной технологией по направляющим спицам, которые установлены в тела позвонков под ЭОП-контролем пункционной иглой Джамшиди. Межтеловой спондилодез проводили по методу TLIF с тотальной фораминотомией. В группе 2 все декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства выполняли из традиционного заднесрединного доступа со скелетированием задних отделов структур позвонков. Пациентам выполнили адекватную традиционную декомпрессию интраканальных сосудисто-нервных образований (декомпрессивная ламинэктомия с обязательным удалением компримирующих субстратов), транспедикулярную фиксацию и задний межтеловой спондилодез (PLIF).

Данные по травматичности, клинической эффективности в сравниваемых группах в раннем послеоперационном периоде и в сроки наблюдения

до 24 мес. опубликованы в предыдущих публикациях и исследованиях [12, 13].

#### *Методы обследования*

Пациентам групп исследования в сроки наблюдения 144 мес. проводили МРТ, МСКТ поясничного отдела позвоночника, рентгенографию позвоночника в полный рост с захватом головок бедренных костей в положении стоя в двух проекциях. Оценивали динамику неврологического статуса, болевого синдрома по 10-балльной ВАШ, а также динамику функциональной активности по индексу Освестри (ODI – Oswestry Disability Index) [14].

По данным рентгенологического обследования оценивали показатели глобального (SVA, SSA) и локального (угол по Cobb LL, L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub>) сагиттальных балансов [15]. Оценку показателей должностного лордоза LL вычисляли по формуле:  $LL = PI \times 0,54 + 27,6^\circ$ , далее должностующий угол L<sub>4</sub>–S<sub>1</sub> по формуле:  $0,66 \times LL$  [16]. По данным рентгенографии также оценивали возможное развитие проксимального (РЖК) и дистального (ДЖК) переходных кифозов.

По данным КТ оценивали формирование костного блока по шкале Tap: при Grade 1, 2 считали костный блок состоявшимся, при Grade 3, 4 – отсутствие формирования костного блока [17]. По МСКТ определяли формирование заднего блока, миграцию и проседание межтелового кейджа, целостность транспедикулярной конструкции. По МРТ определяли состояние смежных сегментов: дегенерацию диска по Pfirrmann [18] и стенозирование по Schizas [19], также оценивали жировую дегенерацию паравертебральной мускулатуры по Goutallier [20].

#### *Статистический анализ*

Дескриптивные статистики непрерывных показателей рассчитывали в виде медианы [первый квартиль; третий квартиль] (МЕД [Q1; Q3]), среднего арифметического  $\pm$  стандартное отклонение (СРЕД  $\pm$  СО) и минимального – максимального (МИН – МАКС) значений. У категориальных показателей определяли количество паци-

ентов (частоту) для каждой категории, для бинарных показателей – количество пациентов, частоту и 95 % доверительный интервал (95 % ДИ) частоты по формуле Вильсона.

Проверка критерием Шапиро – Уилка не выявила нормально распределенных показателей, поэтому сравнения непрерывных показателей между группами проводили U-критерием Манна – Уитни. Категориальные и бинарные показатели сравнивали точным двусторонним критерием Фишера. Коррекцию ошибки множественного тестирования при сравнении категорий проводили методом Бенджамини – Хохберга.

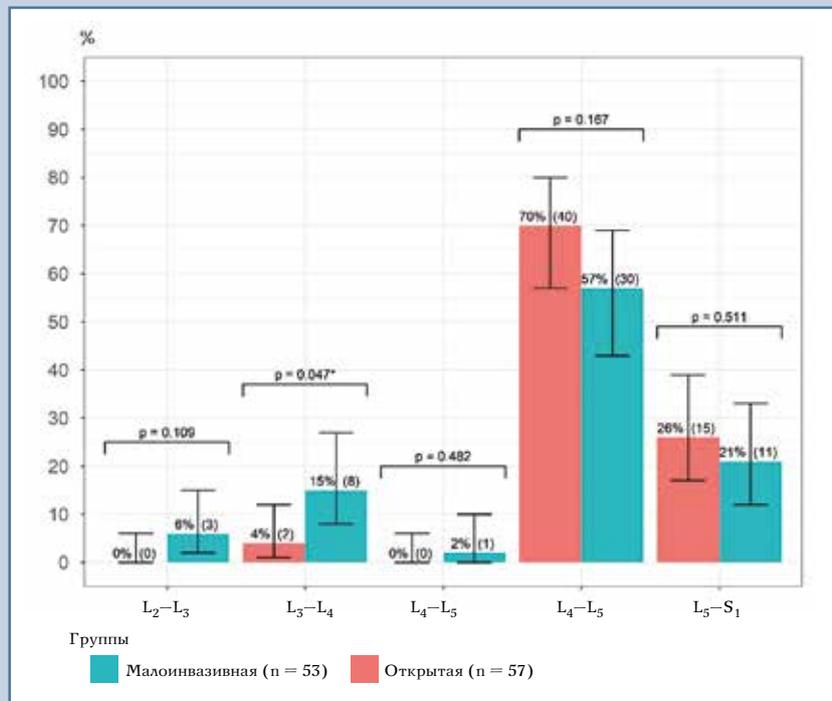
Статистические гипотезы проверяли при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ , то есть различие считали статистически значимым, если  $p < 0,05$ .

Статистические расчеты проводили в программе RStudio (версия 2022.02.1 Build 461 – © 2009–2022 RStudio, Inc., США) на языке R (версия 4.1.3 (2022-03-10), Австрия, URL: <https://www.R-project.org/>).

## **Результаты**

По основным контролируемым параметрам, кроме возраста пациентов (который не является показателем, определяющим результат лечения), различий между группами пациентов не отмечено, средний возраст в группе 1 составил  $48,47 \pm 10,86$  года, в группе 2 –  $54,7 \pm 10,64$  года;  $p = 0,002$ . Пациентов мужского пола в группе 1 было 18 (34 %), в группе 2 – 30 (53 %);  $p = 0,056$ . Доминирующей локализацией поражений у пациентов обеих групп был уровень L<sub>4</sub>–L<sub>5</sub>. По локализации поражения группы пациентов статистически различались между собой по уровню L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub> ( $p = 0,047$ ; рис. 1).

При оценке болей в спине по ВАШ выявили статистически значимое отличие ( $p < 0,001$ ; рис. 2). При оценке боли в нижних конечностях по ВАШ определили, что болевой синдром имеет не корешковый характер, а рефлекторный. Статистически значимой



**Рис. 1**  
 Распределение пациентов групп исследования по уровням поражения

Статистически значимой разницы в группах по числу реопераций не выявлено ( $p > 0,999$ ). Развитие РЖК в группе 1 зарегистрировано у 2 (4%) пациентов (95% ДИ [1%; 13%]); в группе 2 – у 3 (5%) пациентов (95% ДИ [2%; 14%]);  $p > 0,999$ . Случаев ДЖК в группах не встречалось. Проседание межжелудочкового ке́йджа в группе 1 отмечено в 7 (13%) случаях (95% ДИ [7%; 25%]); в группе 2 – в 4 (7%; 95% ДИ [3%; 17%]);  $p = 0,352$  (табл. 1).

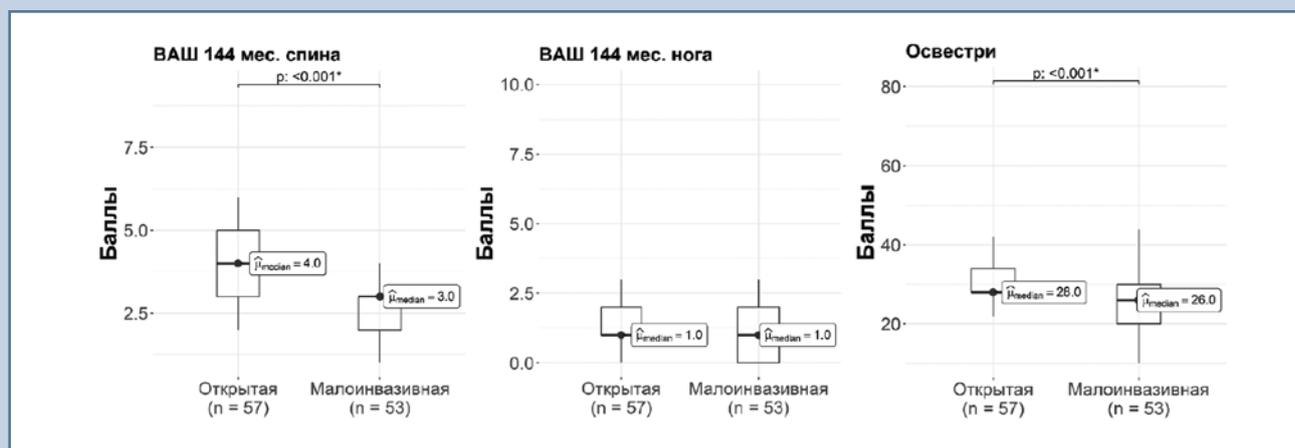
Показатели глобального и локального сагиттальных балансов по группам до операции и в отдаленном послеоперационном периоде статистически значимо не отличались. Все пациенты не имели локального сегментарного дисбаланса. Значения SVA, SSA не превышали определяющее значение показателя глобального дисбаланса (табл. 1).

По данным МСКТ-исследования, отсутствие костного блока по шкале Tap выявлено у 4 пациентов в группе открытых оперативных вмешательств. В группе минимально-инвазивных оперативных вмешательств среди доступных для исследования пациентов показатели соответствовали Grade 1, 2 (рис. 3). Имеется статистически значимое отличие в формировании заднего блока оперированного сегмента в пользу открытых оперативных вмешательств.

разницы в группах не обнаружено (рис. 2).

При сравнении функциональной активности по индексу дееспособности Освестри отметили статистически зна-

чимую разницу ( $p = 0,001$ ) между группами: в группе минимально-инвазивных оперативных вмешательств пациенты отмечают значительно лучшее качество повседневной жизни (рис. 2).



**Рис. 2**  
 Сравнение боли по ВАШ и индексу Освестри в группах исследования

Таблица 1

Показатели сагиттального баланса и развития РЖК и ДЖК в группах исследования

Показатели	Группа 1 (n = 57)		Группа 2 (n = 53)		Сравнение групп, р-уровень	
	МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)		МЕД [Q1; Q3] СРЕД ± СО (МИН – МАКС)			
	до операции	после операции	до операции	после операции	до операции	после операции
PI, град.	56 [46; 61] 53,86 ± 11,64 (20–79)	56 [46; 61] 53,86 ± 11,64 (20–79)	52 [45; 61] 52,96 ± 10,57 (26–76)	52 [45; 61] 52,96 ± 10,57 (26–76)	0,711	0,711
PT, град.	56 [46; 61] 53,86 ± 11,64 (20–79)	16 [12; 22] 16,88 ± 6,41 (2–38)	19 [12; 21] 18,38 ± 8,72 (–4–40)	15 [12; 19] 15,91 ± 7,16 (1–33)	0,326	0,352
SS, град.	36 [27; 43] 34,61 ± 10,59 (5–56)	37 [31; 43] 36,12 ± 9,77 (12–55)	35 [28; 43] 35,75 ± 10,74 (18–62)	36 [29; 43] 35,79 ± 10,21 (14–65)	0,827	0,765
LL, град.	52 [38; 60] 48,30 ± 15,83 (1–80)	52 [41; 59] 49,23 ± 13,44 (9–76)	51 [35; 56] 47,17 ± 16,32 (–7–80)	49 [40; 57] 46,58 ± 14,75 (–14–76)	0,660	0,317
L <sub>4</sub> –S <sub>1</sub> , град.	27 [21; 35] 28,28 ± 10,96 (1–47)	30 [25; 38] 31,28 ± 8,51 (6–51)	32 [23; 38] 29,75 ± 11,29 (–4–56)	31 [23; 37] 29,72 ± 10,55 (–11–58)	0,405	0,445
SVA, град.	28 [18; 34] 28,79 ± 14,86 (2–74)	21 [13; 32] 23,00 ± 17,26 (от -28,3 до -86,0)	21 [12; 31] 21,71 ± 10,58 (2–45)	16 [6; 24] 15,43 ± 12,38 (от -30 до -36)	0,016*	0,014*
SSA, град.	122 [113; 128] 120,59 ± 8,72 (102–132)	124 [116; 129] 122,07 ± 8,72 (95–132)	122 [112; 128] 120,50 ± 8,38 (102–132)	126 [117; 130] 123,25 ± 7,86 (100–132)	0,933	0,519
РЖК, n	3		2		>0,999	
% [95 % ДИ]	5 [2; 14]		4 [1; 13]			
ДЖК, n	0		0		>0,999	
% [95 % ДИ]	0 [0; 6]		0 [0; 7]			

Статистически значимо различающиеся показатели. Сравнение непрерывных данных проводили U-критерием Манна – Уитни, бинарных данных – точным двусторонним критерием Фишера.

Это, вероятно, связано со скелетированием позвоночника с двух сторон и возможной частичной резекцией медиальных отделов дугоотростчатых суставов, что в совокупности с жесткой фиксацией позвоночно-двигательного сегмента приводит к формированию заднего блока (рис. 4).

По данным МРТ-исследования выявлено статистически значимое отличие в формировании синдрома смежного сегмента с преобладанием дегенерации смежного диска по Pfirmann в группе открытых оперативных вмешательств. По результатам оценки стенозирования позвоночного канала смежного сегмента

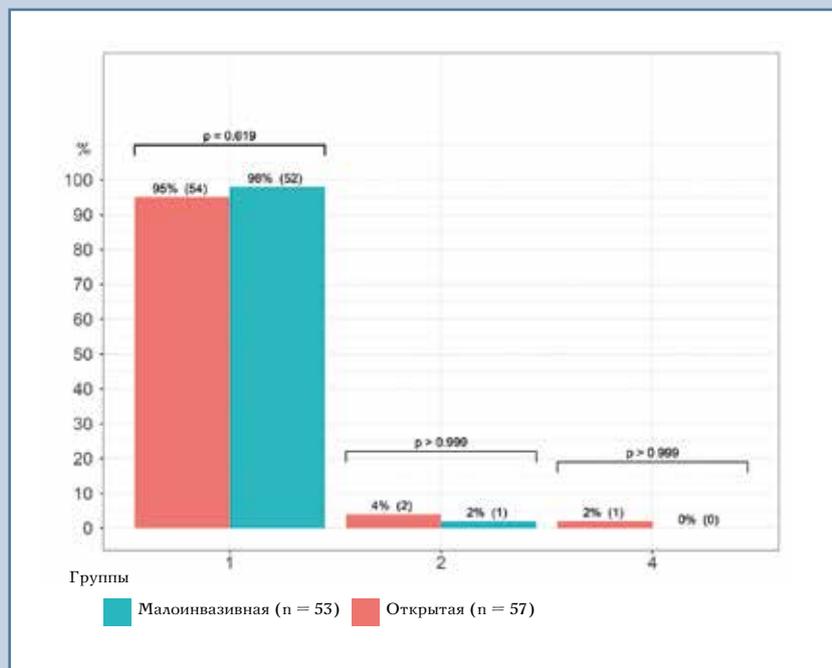
по шкале Schizas статистически значимых отличий не обнаружено (табл. 2).

При оценке жировой дегенерации паравerteбральной мускулатуры по шкале Goutallier выявлено статистически значимое отличие между группами. В группе минимально-инвазивных оперативных вмешательств развитие и усугубление течения по стадиям ниже. Это связано с тем, что при выполнении срединного доступа со скелетированием позвоночника повреждается паравerteбральная мускулатура и ишемизируется от дальнейшего сдавления ранорасширителями. При доступе по Wiltse подход к структурам позвоночника осуществляется в межмышечной

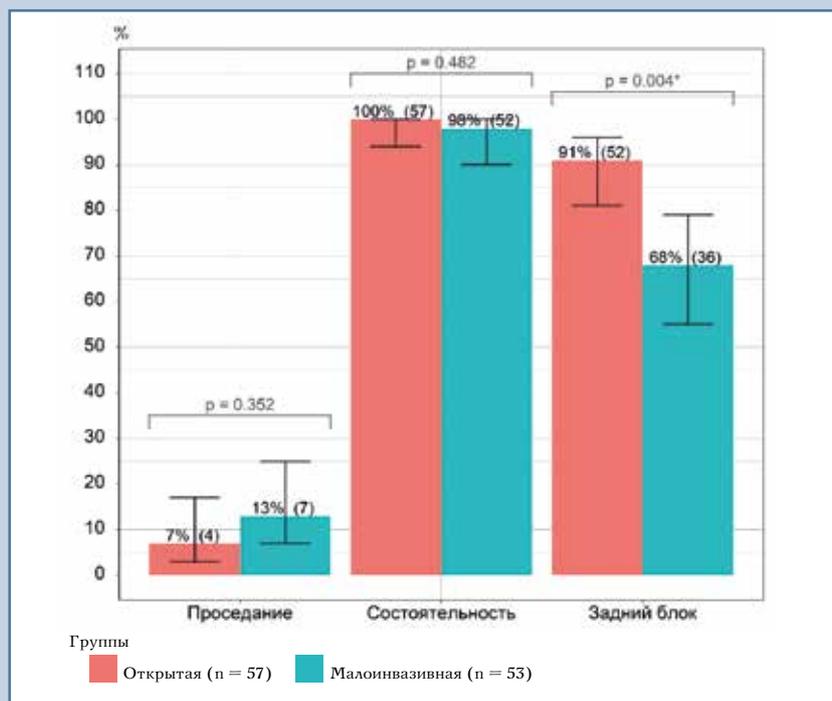
борозде между латеральными и медиальными пучками (табл. 2).

#### Нежелательные явления

При проведении контрольных осмотров в послеоперационном периоде в группах были выявлены ранние осложнения, которые купировали в сроки до двух лет. В сроки от 24 до 144 мес. зарегистрирован 1 (1,7%) случай псевдоартроза в группе открытых оперативных вмешательств, был проведен перемонтаж конструкции. В 3 (5,6%) случаях в группе минимально-инвазивных оперативных вмешательств выполнили продление конструкции на вышележащий сегмент в связи с развитием синдрома смежно-



**Рис. 3**  
Формирование костного блока у пациентов в группах исследования по шкале Tap



**Рис. 4**  
Сравнение формирования межтелового и костного блоков у пациентов групп исследования

го диска. В группе открытых оперативных вмешательств продление конструкции потребовалось в 10 (17,5 %) случаях.

## Обсуждение

Долгосрочные клинические результаты хирургического лечения одноуровневого стеноза у пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника показывают, что оба подхода (минимально-инвазивный и открытый) позволили добиться значительного улучшения клинических исходов непосредственно после операции, результаты оставались значительными в отдаленные сроки наблюдения.

По результатам нашего исследования отмечена статистически значимая разница в показателях боли в спине и качества жизни в пользу минимально-инвазивного подхода при наблюдении до 144 мес. Вероятнее всего, это связано со значительным повреждением паравerteбральной мускулатуры при скелетировании позвоночника, с нарушением прикрепления апоневроза к остистым отросткам в группе открытых оперативных вмешательств, что в отдаленные сроки наблюдения приводит к поражению смежных сегментов и изменению мышечного корсета позвоночника. Многие авторы показали существенные различия в ближайших послеоперационных результатах [21–26].

В систематическом обзоре Li et al. [26] не обнаружено существенной разницы между методами в послеоперационных показателях VAS и ODI. Во вторичных исходах статистически значимых различий также не было, но сроки наблюдения гораздо меньше, чем в нашем исследовании.

Симптомы синдрома смежного диска чаще обнаруживаются в группе открытых оперативных вмешательств и статистически значимо отличаются при поражении верхнего сегмента. По данным метаанализа, только 5 включенных в него исследований сообщили о синдроме смежного диска [27]. Неясно, оценивался

Таблица 2

Показатели развития синдрома смежного сегмента и жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры у пациентов групп исследования

Показатели	Группа 1 (n = 57), n (%)		Группа 2 (n = 53), n (%)		Сравнение групп точным двусторонним критерием Фишера с коррекцией Бенджамини – Хохберга, р-уровень	
	до операции	после операции	до операции	после операции	до операции	после операции
Pfirmann краниальный	1: 17 (29,8) 2: 28 (49,1) 3: 12 (21,1)	1: 2 (3,5) 2: 8 (31,6) 3: 28 (49,1) 4: 9 (15,8)	1: 22 (41,5) 2: 14 (26,4) 3: 17 (32,1)	1: 14 (26,4) 2: 19 (35,8) 3: 16 (30,2) 4: 4 (7,5)	Общее сравнение: 0,050* категория: р, коррекция р 1: 0,234; 0,234 2: 0,019*; 0,056 3: 0,203; 0,234	Общее сравнение: 0,003* категория: р, коррекция р 1: <0,001*; 0,003* 2: 0,689; 0,689 3: 0,052; 0,105 4: 0,241; 0,322
Pfirmann каудальный	0: 18 (31,6) 1: 3 (5,3) 2: 20 (35,1) 3: 11 (19,3) 4: 4 (7,0) 5: 1 (1,8)	0: 18 (31,6) 1: 0 (0,0) 2: 7 (12,3) 3: 18 (31,6) 4: 10 (17,5) 5: 4 (7,0)	0: 12 (22,6) 1: 5 (9,4) 2: 17 (32,1) 3: 12 (22,6) 4: 4 (7,5) 5: 3 (5,7)	0: 12 (22,6) 1: 3 (5,7) 2: 11 (20,8) 3: 17 (32,1) 4: 5 (9,4) 5: 5 (9,4)	Общее сравнение: 0,741 категория: р, коррекция р 0: 0,392; 0,957 1: 0,478; 0,957 2: 0,841; >0,999 3: 0,815; >0,999 4: >0,999; >0,999 5: 0,350; 0,957	Общее сравнение: 0,257 категория: р, коррекция р 0: 0,392; 0,588 1: 0,109; 0,588 2: 0,304; 0,588 3: >0,999; >0,999 4: 0,272; 0,588 5: 0,736; 0,883
Schizas краниальный	A: 50 (87,7) B: 7 (12,3)	A: 35 (61,4) B: 18 (31,6) C: 4 (7,0)	A: 45 (84,9) B: 8 (15,1)	A: 39 (73,6) B: 13 (24,5) C: 1 (1,9)	Общее сравнение: 0,783 категория: р, коррекция р A: 0,783; 0,783 B: 0,783; 0,783	Общее сравнение: 0,253 категория: р, коррекция р A: 0,223; 0,525 B: 0,525; 0,525 C: 0,365; 0,525
Schizas каудальный	0: 17 (29,8) A: 37 (64,9) B: 3 (5,3) C: 0 (0,0)	0: 17 (29,8) A: 22 (38,6) B: 18 (31,6) C: 0 (0,0)	0: 10 (18,9) A: 33 (62,3) B: 9 (17,0) C: 1 (1,9)	0: 10 (18,9) A: 28 (52,8) B: 12 (22,6) C: 3 (5,7)	Общее сравнение: 0,105 категория: р, коррекция р 0: 0,193; 0,387 A: 0,844; 0,844 B: 0,067; 0,268 C: 0,482; 0,642	Общее сравнение: 0,077 категория: р, коррекция р 0: 0,193; 0,258 A: 0,180; 0,258 B: 0,392; 0,392 C: 0,109; 0,258
Классификация жировой дегенерации по Goutallier	0: 29 (50,9) 1: 15 (26,3) 2: 10 (17,5) 3: 2 (3,5) 4: 1 (1,8)	0: 1 (1,8) 1: 0 (0,0) 2: 3 (5,3) 3: 19 (33,3) 4: 34 (59,6)	0: 33 (62,3) 1: 15 (28,3) 2: 4 (7,5) 3: 1 (1,9) 4: 0 (0,0)	0: 17 (32,1) 1: 19 (35,8) 2: 10 (18,9) 3: 3 (5,7) 4: 4 (7,5)	Общее сравнение: 0,417 категория: р, коррекция р 0: 0,253; 0,633 1: 0,834; >0,999 2: 0,155; 0,633 3: >0,999; >0,999 4: >0,999; >0,999	Общее сравнение: <0,001* категория: р, коррекция р 0: <0,001*; <0,001* 1: <0,001*; <0,001* 2: 0,038*; 0,038* 3: <0,001*; <0,001* 4: <0,001*; <0,001*

\* Статистически значимо различающиеся показатели.

ли данный синдром в других исследованиях или об этом исходе просто не сказано. О его распространенности в других систематических обзорах не сообщалось.

Адекватная частота формирования костного блока наблюдалась в обеих группах. У 4 пациентов в группе открытых оперативных вмешательств выявлен псевдоартроз, который потребовал повторной операции. Наблюдаемая скорость формирования костно-

го блока была ниже, чем сообщалось в ранее опубликованных систематических обзорах по этой теме [21, 23]. Sun et al. [23] сообщили о частоте формирования костного блока в 97,2 % случаев в когорте минимально-инвазивных оперативных вмешательств и в 98,5 % – в когорте открытых, а Xie et al. [21] – о частоте формирования костного блока в 95,9 % случаев при минимально-инвазивных

и 97,7 % – при открытых оперативных вмешательствах.

Sun et al. [23] отметили большое количество повторных операций в группе MISS (5,0 % против 2,9 %), в то время как Xie et al. [21] обнаружили одинаковую частоту повторных операций при использовании обоих подходов (0,4 % против 0,5 %). Частота повторных операций в нашем исследовании статистически значимо не отличалась. Повторные оперативные вмешательства

были связаны с формированием псевдоартроза и синдрома смежного диска.

При оценке жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры отмечается статистически значимое различие, в группе открытых оперативных вмешательств в отдаленном периоде оно обнаруживается значительно чаще. При оценке исходных МРТ-данных степень жировой дегенерации в обеих группах сопоставима. В нашем исследовании жировое перерождение мускулатуры оценивали по шкале Goutallier, которая представляет собой систему визуализации для качественной оценки жировой инфильтрации [20, 28]. Первоначально предложенная для оценки жировой дегенерации вращательной манжеты плеча на КТ классификация Goutallier была расширена до оценки по МРТ и других мышц, включая мышцы спины [29–31]. Жировая дегенерация многораздельных мышц и снижение поперечного сечения поясничных мышц были связаны с более низкими функциональными показателями с точки зрения более высоких данных по индексу инвалидности Освестри [31].

Более того, имеются доказательства положительной корреляции между шкалой Goutallier и процентным содержанием жира в многораздельной мышце, измеренным количественным способом [32]. Точно так же Crawford et al. [33] сообщили о сильной или очень сильной корреляции для МР-изображений 25 случайно выбранных субъектов между оценками Goutallier и средним процентным содержанием жира, измеренным с помощью того же метода, что и в нашем исследовании.

Кроме того, регистрация жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры при дооперационных исследованиях приводит к худшим клиническим исходам после хирургического вмешательства по поводу стеноза позвоночного канала [34].

При открытых оперативных вмешательствах параспинальные мышцы должны отсекаются от остистых отростков, что может вызвать денервацию мышц, ишемию и прогрессирующую мышечную атрофию [35–37].

В нескольких исследованиях сравнивалась послеоперационная дегенерация параспинальных мышц, возникающая после открытых и минимально-инвазивных оперативных вмешательств, с использованием МРТ или КТ [34]. Mori et al. [38] оценили повреждение мышц от открытых оперативных вмешательств и обнаружили значительную послеоперационную атрофию паравертебральной мускулатуры на оперированном и каудально прилегающих уровнях. Они сообщили о меньшем количестве дегенерации паравертебральной мускулатуры после минимально-инвазивных операций, чем после открытых, путем измерения средней площади поперечного сечения и жировой инфильтрации мышц на уровне L<sub>1</sub>–S<sub>1</sub>.

Несколько исследований показали, что жировая инфильтрация в параспинальных мышцах более выражена в нижних поясничных сегментах у бессимптомных лиц [33, 39]. Gille et al. [40], обнаружили, что изменение сократительного компонента площади поперечного сечения выпрямляющей мышцы в основном происходит дистальнее поясничного оперированного сегмента. В нашем исследовании жировая

инфильтрация в послеоперационных мышцах также была более заметной на каудальном уровне, чем на краниальном. Это наблюдение, вероятно, связано с тем, что жировая инфильтрация скелетных мышц обычно начинается в более дистальных участках скелета [41].

## Заключение

Открытые и минимально-инвазивные оперативные вмешательства имеют сопоставимые долгосрочные клинические и морфологические результаты. Открытые оперативные вмешательства в отдаленном периоде чреватые усугублением жировой дегенерации паравертебральной мускулатуры и более частым развитием синдрома смежного уровня. Минимально-инвазивные методики являются эффективной и безопасной альтернативой традиционным открытым оперативным вмешательствам в долгосрочной перспективе и позволяют снизить травматичность, сохранить неповрежденный задний опорный комплекс смежных сегментов позвоночника, при этом выполнить адекватную декомпрессию и стабилизацию с последующим формированием блока.

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

*Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом учреждения.*

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

## Литература/References

1. Adogwa O, Parker SL, Bydon A, Cheng J, McGirt MJ. Comparative effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: 2-year assessment of narcotic use, return to work, disability, and quality of life. J Spinal Disord Tech. 2011;24:479–484. DOI: 10.1097/BSD.0b013e3182055cac.
2. Brodano GB, Martikos K, Lolli F, Gasbarrini A, Cioni A, Bandiera S, Di Silvestre M, Boriani S, Greggi T. Transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative disc disease and spondylolisthesis grade I: minimally invasive versus open surgery. J Spinal Disord Tech. 2015;28:559–564. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000034.
3. Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. J Neurosurg Spine. 2008;9:560–565. DOI: 10.3171/SPL.2008.9.08142.
4. Habib A, Smith ZA, Lawton CD, Fessler RG. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a perspective on current evidence and clinical knowledge. Minim Invasive Surg. 2012;2012:657342. DOI: 10.1155/2012/657342.

5. **Wiltse LL, Spencer CW.** New uses and refinements of the paraspinous approach to the lumbar spine. *Spine*. 1988;13:696–706. DOI: 10.1097/00007632-198806000-00019.
6. **Gurr KR, McAfee PC.** Cotrel-Dubouset instrumentation in adults. A preliminary report. *Spine*. 1988;13:510–520. DOI: 10.1097/00007632-198805000-00014.
7. **Васюра А.С., Новиков В.В., Белозеров В.В., Удалова И.Г.** Опыт применения гибридного инструментария при хирургическом лечении грудных идиопатических сколиозов с поясничным противоискривлением // *Хирургия позвоночника*. 2015. Т. 12. № 4. С. 30–35. [Vasyura AS, Novikov VV, Belozеров VV, Udalovala IG. Experience in the use of hybrid instrumentation in surgical treatment of thoracic idiopathic scoliosis with lumbar countercurve. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2015;12(4):30–35]. DOI: 10.14531/ss2015.4.30-35.
8. **Fan SW, Hu ZJ, Zhao FD, Zhao X, Huang Y, Fang X.** Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach. *Eur Spine J*. 2010;19:316–324. DOI: 10.1007/s00586-009-1191-6.
9. **Кудрявцева И.П., Сафонова Г.Д., Бердюгин К.А.** Состояние паравертебральных мышц при заболеваниях позвоночника (обзор литературы) // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 5. С. 166. [Kudryavtseva IP, Safonova GD, Berdyugin KA. State of paravertebral muscles in spinal diseases (review). *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(5)166].
10. **Шнякин П.Г., Ботов А.В., Милехина И.Е., Руденко П.Г., Архипкин С.В.** Проблема жировой дегенерации параспинальной мускулатуры у пациентов после операций по поводу дегенеративного стеноза // *Гений ортопедии*. 2021. Т. 27. № 6. С. 727–731. [Shnyakin PG, Botov AV, Milyokhina IE, Rudenko PG, Arkhipkin SV. The problem of adipose degeneration of the paraspinous muscles in patients after surgery for degenerative stenosis. *Genij Ortopedii*. 2021;27(6):727–731]. DOI: 10.18019/1028-4427-2021-27-6-727-731.
11. **Бывальцев В.А., Калинин А.А.** Возможности применения минимально-инвазивных дорсальных декомпрессио-стабилизирующих вмешательств у пациентов с избыточной массой тела и ожирением // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2018. Т. 82. № 5. С. 69–80. [Byval'tsev VA, Kalinin AA. Minimally invasive dorsal decompression-stabilization surgery in patients with overweight and obesity. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2018;5:69–80]. DOI: 10.17116/neiro20188205169.
12. **Ахметьянов Ш.А.** Минимально-инвазивные декомпрессио-стабилизирующие методы хирургического лечения моносегментарного стеноза поясничного отдела позвоночника: дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 2016. [Akhmetyanov ShA. Minimally invasive decompression and stabilization methods for surgical treatment of monosegmental lumbar spinal stenosis. PhD thesis. Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics n.a. Ya.L. Tsiyan. Novosibirsk, 2016].
13. **Ахметьянов Ш.А., Крутько А.В.** Результаты хирургического лечения дегенеративно-дистрофических поражений пояснично-крестцового отдела позвоночника // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 5. С. 324. [Akhmetyanov ShA, Krutko AV. Results of surgical treatment of degenerative lesions of the lumbosacral spine. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(5):324].
14. **Fairbank JC, Pynsent PB.** The Oswestry Disability Index. *Spine*. 2000;25:2940–2952. DOI: 10.1097/00007632-200011150-00017.
15. **Fritzell P, Hagg O, Wessberg P, Nordwall A.** Chronic low back pain and fusion: a comparison of three surgical techniques: a prospective multicenter randomized study from the Swedish lumbar spine study group. *Spine*. 2002;27:1131–1141. DOI: 10.1097/00007632-200206010-00002.
16. **Le Huec JC, Hasegawa K.** Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J*. 2016;25:3630–3637. DOI: 10.1007/s00586-016-4485-5.
17. **Tan GH, Goss BG, Thorpe PJ, Williams RP.** CT-based classification of long spinal allograft fusion. *Eur Spine J*. 2007;16:1875–1881. DOI: 10.1007/s00586-007-0376-0.
18. **Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N.** Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001;26:1873–1878. DOI: 10.1097/00007632-200109010-00011.
19. **Schizas C, Theumann N, Burn A, Tansey R, Wardlaw D, Smith FW, Kulik G.** Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine*. 2010;35:1919–1924. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd.
20. **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. DOI: 10.1097/00003086-199407000-00014.
21. **Xie L, Wu WJ, Liang Y.** Comparison between minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and conventional open transforaminal lumbar interbody fusion: an updated meta-analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2016;129:1969–1986. DOI: 10.4103/0366-6999.187847.
22. **Wong AP, Smith ZA, Stadler JA 3rd, Hu XY, Yan JZ, Li XF, Lee JH, Khoo LT.** Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): surgical technique, long-term 4-year prospective outcomes, and complications compared with an open TLIF cohort. *Neurosurg Clin N Am*. 2014;25:279–304. DOI: 10.1016/j.nec.2013.12.007.
23. **Sun ZJ, Li WJ, Zhao Y, Qiu GX.** Comparing minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: a meta-analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2013;126:3962–3971.
24. **Phan K, Rao PJ, Kam AC, Mobbs RJ.** Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2015;24:1017–1030. DOI: 10.1007/s00586-015-3903-4.
25. **Lin Y, Chen W, Chen A, Li F.** Comparison between minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis of clinical results and safety outcomes. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2016;77:2–10. DOI: 10.1055/s-0035-1554809.
26. **Li A, Li X, Zhong Y.** Is minimally invasive superior than open transforaminal lumbar interbody fusion for single-level degenerative lumbar diseases: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018;13:241. DOI: 10.1186/s13018-018-0941-8.
27. **Heemskerk JL, Akinduro OO, Clifton W, Quinones-Hinojosa A, Abode-Iyama KO.** Long-term clinical outcome of minimally invasive versus open single-level transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar diseases: a meta-analysis. *Spine J*. 2021;21:2049–2065. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.07.006.
28. **Lee E, Choi JA, Oh JH, Ahn S, Hong SH, Chai JW, Kang HS.** Fatty degeneration of the rotator cuff muscles on pre- and postoperative CT arthrography (CTA): is the Goutallier grading system reliable? *Skeletal Radiol*. 2013;42:1259–1267. DOI: 10.1007/s00256-013-1660-1.
29. **Yanik B, Keyik B, Conkbayir I.** Fatty degeneration of multifidus muscle in patients with chronic low back pain and in asymptomatic volunteers: quantification with chemical shift magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol*. 2013;42:771–778. DOI: 10.1007/s00256-012-1545-8.
30. **Engelken F, Wassilew GI, Kohlitz T, Brockhaus S, Hamm B, Perka C, Diederichs G.** Assessment of fatty degeneration of the gluteal muscles in patients with THA using MRI: reliability and accuracy of the Goutallier and quartile classification systems. *J Arthroplasty*. 2014;29:149–153. DOI: 10.1016/j.arth.2013.04.045.
31. **Mandelli F, Nuesch C, Zhang Y, F Halbeisen, Scharen S, Mundermann A, Netzer C.** Assessing fatty infiltration of paraspinous muscles in patients with lumbar spinal stenosis: Goutallier classification and quantitative MRI measurements. *Front Neurol*. 2021;12:656487. DOI: 10.3389/fneur.2021.656487.
32. **Fu CJ, Chen WC, Lu ML, Cheng CH, Niu CC.** Comparison of paraspinous muscle degeneration and decompression effect between conventional open and minimal invasive approaches for posterior lumbar spine surgery. *Sci Rep*. 2020;10:14635. DOI: 10.1038/s41598-020-71515-8.
33. **Crawford RJ, Filli L, Elliott JM, Nanz D, Fischer MA, Marcon M, Ulbrich EJ.** Age- and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2016;37:742–748. DOI: 10.3174/ajnr.A4596.

34. **Urrutia J, Besa P, Lobos D, Andia M, Arrieta C, Uribe S.** Is a single-level measurement of paraspinal muscle fat infiltration and cross-sectional area representative of the entire lumbar spine? *Skeletal Radiol.* 2018;47:939–945. DOI: 10.1007/s00256-018-2902-z.
35. **Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H.** Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. A histologic and enzymatic analysis. *Spine.* 1996;21:941–944. DOI: 10.1097/00007632-199604150-00007.
36. **Suwa H, Hanakita J, Ohshita N, Gotoh K, Matsuoka N, Morizane A.** Postoperative changes in paraspinal muscle thickness after various lumbar back surgery procedures. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2000;40:151–154. DOI: 10.2176/nmc.40.151.
37. **Kim DY, Lee SH, Chung SK, Lee HY.** Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation. *Spine.* 2005;30:123–129. DOI: 10.1097/01.brs.0000148999.21492.53.
38. **Mori E, Okada S, Ueta T, Itaru Y, Maeda T, Kawano O, Shiba K.** Spinous process-splitting open pedicle screw fusion provides favorable results in patients with low back discomfort and pain compared to conventional open pedicle screw fixation over 1 year after surgery. *Eur Spine J.* 2012;21:745–753. DOI: 10.1007/s00586-011-2146-2.
39. **Lee SH, Park SW, Kim YB, Nam TK, Lee YS.** The fatty degeneration of lumbar paraspinal muscles on computed tomography scan according to age and disc level. *Spine J.* 2017;17:81–87. DOI: 10.1016/j.spinee.2016.08.001.
40. **Gille O, Jolivet E, Dousset V, Degrise C, Obeid I, Vital JM, Skalli W.** Erector spinae muscle changes on magnetic resonance imaging following lumbar surgery through a posterior approach. *Spine.* 2007;32:1236–1241. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31805471fe.
41. **Hamrick MW, McGee-Lawrence ME, Frechette DM.** Fatty infiltration of skeletal muscle: mechanisms and comparisons with bone marrow adiposity. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2016;7:69. DOI: 10.3389/fendo.2016.00069.

#### Адрес для переписки:

Ахметьянов Шамиль Альфирович  
630091, Россия, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии  
им. Я.Л. Цивьяна,  
sh.ahmetyanov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 16.05.2023

Рецензирование пройдено 16.10.2023

Подписано в печать 20.10.2023

#### Address correspondence to:

Akhmetyanov Shamil Alfirovich  
Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics  
n.a. Ya.L. Tsiyuan,  
17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia,  
sh.ahmetyanov@yandex.ru

Received 16.05.2023

Review completed 16.10.2023

Passed for printing 20.10.2023

Шамиль Альфирович Ахметьянов, канд. мед. наук, нейрохирургическое отделение № 2, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-0505-8319, sh.ahmetyanov@yandex.ru; Абдуворис Абдурахимович Азизханов, клинический ординатор, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0009-0005-1471-3989, voris28.09.97@mail.ru;

Евгений Андреевич Мушкачев, младший научный сотрудник отделения нейровертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0003-0346-3898, musbkachevi@gmail.com;

Абдугафур Джабборович Сангинов, канд. мед. наук, нейрохирургическое отделение № 2, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4744-4077, Dr.sanginov@gmail.com;

Илья Дмитриевич Исаков, младший научный сотрудник отделения нейровертебрологии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-9228-3241, doctorisakov@mail.ru;

Алексей Владимирович Пелеганчук, канд. мед. наук, научный сотрудник отделения нейровертебрологии, заведующий отделением нейрохирургии № 2, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Россия, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17, ORCID: 0000-0002-4588-428X, apeleganchuk@mail.ru.

Shamil Alfirovich Akhmetyanov, MD, PhD, Department of Neurosurgery No. 2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-0505-8319, sh.ahmetyanov@yandex.ru;

Abduworis Abduakhadovich Azizkhonov, clinical resident, Department of Neurosurgery No. 2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0009-0005-1471-3989, voris28.09.97@mail.ru;

Evgeny Andreyevich Musbkachev, junior researcher, Research Department of Neurovertebrology, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0003-0346-3898, musbkachevi@gmail.com;

Abdugafur Jabborovich Sanginov, MD, PhD, Department of Neurosurgery No. 2, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsiyuan, 17 Frunze str., Novosibirsk, 630091, Russia, ORCID: 0000-0002-4744-4077, Dr.sanginov@gmail.com;

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

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