

# ОТКРЫТЫЕ И МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ СТАБИЛЬНЫХ СИМПТОМАТИЧЕСКИХ СТЕНОЗОВ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

DOI: 10.17691/stm2019.11.4.16

УДК 616.711.6/7-007.271-089.5-031.83

Поступила 06.08.2019 г.

© С.Г. Млявых, к.м.н., руководитель Института травматологии и ортопедии;  
А.Е. Боков, к.м.н., зав. отделением онкологии и нейрохирургии Института травматологии и ортопедии;  
А.Я. Алейник, к.м.н., нейрохирург Института травматологии и ортопедии;  
К.С. Яшин, к.м.н., нейрохирург Института травматологии и ортопедии;  
Н.Н. Карякин, д.м.н., ректор

Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1,  
Н. Новгород, 603005

Традиционные открытые хирургические вмешательства, весьма успешно зарекомендовавшие себя в лечении стабильных симптоматических стенозов поясничного отдела позвоночника, хотя и обеспечивают достаточный объем декомпрессии, а при необходимости — и стабильную фиксацию, тем не менее имеют ряд существенных недостатков. На этом фоне все большая часть хирургов отдает свои предпочтения выполнению различных вариантов минимально-инвазивных декомпрессирующих и декомпрессиивно-стабилизирующих хирургических технологий, однако это неизбежно сопровождается кривой обучения, трудностями оценки адекватности выполненной декомпрессии, возрастающим риском интраоперационных осложнений.

**Цель исследования** — сравнить ближайшие и отдаленные результаты применения классических и минимально-инвазивных вмешательств у пациентов с симптоматическим люмбарным стенозом без нарушения стабильности оперированных позвоночно-двигательных сегментов с учетом качества жизни и удовлетворенности проведенным лечением.

**Материалы и методы.** В амбиспективное когортное исследование включено 204 пациента с симптомами дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника, оперированных с применением открытых (1-я группа; n=114) и минимально-инвазивных (2-я группа; n=90) технологий в пределах одного или двух позвоночно-двигательных сегментов. В 1-й группе выполняли классическую ламинэктомию/интерламинэктомию (29,8%) в сочетании с заднелатеральным (5,3%), трансфораминальным спондилодезом (60,5%) или с межкостистой стабилизацией (4,4%). Во 2-й группе применяли чрескожную билатеральную транспедикулярную остеотомию и удлинение ножек позвонков (21,1%), интраламинарную тубулярную декомпрессию (73,3%), трансфораминальный спондилодез (5,6%).

Минимальный срок послеоперационного наблюдения составил 24 мес.

**Результаты.** В обеих группах преобладал экономный вариант декомпрессии с фораминотомией. Минимально-инвазивные вмешательства сопровождались меньшим объемом интраоперационной кровопотери и более коротким пребыванием пациентов в стационаре ( $p < 0,000001$ ). При этом не выявлено статистически значимых различий в частоте развития интраоперационных осложнений.

По сравнению с дооперационным периодом в обеих группах болевой синдром значительно регрессировал, а качество жизни улучшилось и оставалось на достигнутом уровне ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона) на протяжении всего периода наблюдения.

Сравнительный анализ результатов лечения через 2 года показал отсутствие преимуществ в группе открытых вмешательств. По оценке состояния психологического здоровья (SF-12), уровню нарушения жизнедеятельности (ODI), а также уровню болевого синдрома в спине (шкала ВАШ) качество жизни пациентов в группе минимально-инвазивных технологий было выше ( $p < 0,03$ ). 54 и 41% пациентов 1-й группы, а также 67 и 26% пациентов 2-й группы были соответственно полностью и частично удовлетворены результатами хирургического лечения. В 2-й группе наблюдалось большее количество пациентов с отличным результатом (по шкале MacNab) через 1 и 2 года после операции (соответственно 18,8 против 6,1% и 34,4 против 14,9%). Неудовлетворительные результаты в течение первого года наблюдения чаще отмечались в 1-й группе ( $p < 0,016$ ), однако через 2 года подобные результаты несколько чаще развивались во 2-й группе ( $p < 0,0077$ ).

**Заключение.** При стабильном симптоматическом стенозе поясничного отдела позвоночника в пределах 1–2 сегментов оправдано применение одной из технологий минимально-инвазивной декомпрессии, а при его дестабилизирующем характере — минимально-инвазивного спондилодеза. Чрескожная остеотомия и удлинение ножек поясничных позвонков, а также тубулярная интраламинарная микродекомпрессия являются достойными альтернативами при умеренно-выраженной симптоматике стеноза и/или тяжелой сопутствующей патологии.

**Для контактов:** Млявых Сергей Геннадьевич, e-mail: serg.mlyavykh@gmail.com

**Ключевые слова:** дегенеративные заболевания позвоночника; симптоматический поясничный стеноз; минимально-инвазивная спинальная хирургия; качество жизни.

**Как цитировать:** Mlyavykh S.G., Bokov A.E., Aleynik A.Ya., Yashin K.S., Karyakin N.N. Open and minimally invasive technologies in surgical treatment of stable symptomatic stenosis of the lumbar spine. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2019; 11(4): 135–145, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.4.16>

English

## Open and Minimally Invasive Technologies in Surgical Treatment of Stable Symptomatic Stenosis of the Lumbar Spine

**S.G. Mlyavykh**, MD, PhD, Director of the Institute of Traumatology and Orthopedics;  
**A.E. Bokov**, MD, PhD, Head of the Department of Oncology and Neurosurgery, Institute of Traumatology and Orthopedics;  
**A.Ya. Aleynik**, MD, PhD, Neurosurgeon, Institute of Traumatology and Orthopedics;  
**K.S. Yashin**, MD, PhD, Neurosurgeon, Institute of Traumatology and Orthopedics;  
**N.N. Karyakin**, MD, DSc, Rector

Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia

The traditional open surgical interventions for symptomatic stenosis (though providing sufficient decompression and stable fixation) have a number of drawbacks. Therefore, today an increasing number of surgeons prefer minimally invasive decompression and fusion. As any new methodology, the process of learning is accompanied with difficulties in assessing the degree of decompression, and also with an increasing risk of intraoperative complications.

**The aim of the study** was to compare the early and long-term outcomes of the traditional and novel minimally invasive techniques in patients with symptomatic lumbar stenosis without instability of the operated segments, while considering the patient quality of life and satisfaction with the treatment.

**Materials and Methods.** This ambispective cohort study included 204 patients with symptoms of degenerative stenosis of the lumbar spine; the patients underwent either open (group 1; n=114) or minimally invasive (group 2; n=90) surgeries on one or two spinal segments. In group 1, classical laminectomy/interlaminectomy (29.8%) was performed in combination with posterolateral (5.3%), transforaminal fusion (60.5%) or interspinous stabilization (4.4%). In group 2, we used percutaneous bilateral pedicle osteotomy and lengthening (21.1%), intralaminar tubular decompression (73.3%), and transforaminal fusion (5.6%).

The minimum postoperative follow-up was 24 months.

**Results.** In both groups, the limited decompression with foraminotomy prevailed. Minimally invasive procedures were accompanied by a lower intraoperative blood loss and a shorter hospital stay ( $p < 0.000001$ ). There were no statistically significant differences in the incidence of intraoperative complications.

Compared to the preoperative period, the pain syndrome significantly decreased in both groups, and the quality of life improved and remained at the improved level ( $p < 0.05$ , Wilcoxon's test) throughout the entire observation period.

The long-term results of the treatment (after 2 years) showed no superiority in the open surgery methods. According to the physical health parameters (SF-12), the Oswestry disability index (ODI), and the low back pain score (VAS), the quality of life in patients operated with the minimally invasive technologies was higher ( $p < 0.03$ ). About 54 and 41% of patients in group 1, as well as 67 and 26% of patients in group 2, were completely and partially (respectively) satisfied with the results of surgical treatment. In group 2, there were a greater number of patients with excellent results (by the MacNab scale), 1 and 2 years after surgery (18.8 vs. 6.1% and 34.4 vs. 14.9%, respectively). During the first year of observation, unsatisfactory results were more often observed in group 1 ( $p < 0.016$ ); after 2 years, the similarly unsatisfactory results developed more often in group 2 ( $p < 0.0077$ ).

**Conclusion.** With stable 1–2 levels symptomatic lumbar stenosis, the use of a minimally invasive decompression technology is justified; with unstable stenosis, the minimally invasive spinal fusion can be recommended. Percutaneous osteotomy and lengthening of pedicles, as well as tubular intralaminar micro-decompression, are appropriate alternatives in the presence of mild symptomatic stenosis with/without severe comorbidity.

**Key words:** degenerative diseases of the spine; symptomatic lumbar stenosis; minimally invasive spinal surgery; quality of life.

### Введение

Дегенеративным стенозом поясничного отдела позвоночника принято называть патологическое состо-

яние, при котором на фоне прогрессирующих дегенеративно-дистрофических изменений в поясничных позвоночно-двигательных сегментах (ПДС) сокращается объем пространства, доступного для нервных и

сосудистых элементов. Заболевание носит вторичный характер, его появление и дальнейшее развитие более характерно для второй половины жизни, при этом длительное время оно может существовать бессимптомно. С того момента, когда начинает развиваться спектр клинических паттернов, характеризующихся в первую очередь нейрогенной хромотой, болью в пояснично-крестцовой области, ягодицах и нижних конечностях, быстрой утомляемостью или чувством тяжести в ногах во время движения, а также различной степени выраженности неврологическим дефицитом, дегенеративный поясничный стеноз становится симптоматическим [1]. Распространенность абсолютного и относительного стеноза в возрастной категории 60–69 лет достигает 20 и 47% соответственно [2], при этом частота симптоматического поясничного стеноза (СПС) составляет 10–14% [3–5].

По результатам многочисленных рандомизированных контролируемых исследований установлено превосходство хирургического лечения над консервативным [6–9], при этом не выявлено устойчивых корреляций между клиническими признаками СПС и данными инструментальной диагностики. Это приводит к отсутствию четких и однозначных показаний к использованию как классических открытых, так и новых, как правило, минимально-инвазивных прямых и непрямых декомпрессивных и декомпрессивно-стабилизирующих хирургических технологий, особенно в тех случаях, когда значимый стеноз выявляется на нескольких поясничных уровнях [10, 11]. При этом степень удовлетворенности пациентов результатами выполненного оперативного вмешательства составляет 60–70% и еще больше снижается в случаях преобладания в клинической картине вертебрального болевого синдрома [12–14], что, как правило, характерно для пациентов с наличием нестабильности позвоночного столба на поясничном уровне.

В настоящее время выбор способа оперативного лечения невозможен без учета двух основных компонентов: ортопедического (биомеханического), учитывающего наличие нестабильности и деформации ПДС, и синдромального (функционального) с выделением ведущего синдрома — нейрогенной хромоты и/или радикулярной симптоматики и аксиального болевого синдрома [15, 16]. Наиболее благоприятны результаты хирургического лечения в группе пациентов, у которых преобладают симптомы компрессии нервных структур на фоне морфологически стабильного поясничного отдела позвоночника. Однако и в этом случае отсутствуют четкие критерии выбора варианта и объема декомпрессии, а также требуется проведение сопутствующей ригидной или динамической стабилизации.

Широко распространенная традиционная декомпрессия с ригидной фиксацией позвоночника, хотя и обеспечивает достаточный объем декомпрессии, но отличается рядом недостатков, в первую очередь связанных с атрофией и дисфункцией мышц спины,

которые приводят к появлению острой и хронической боли, развитию вторичного стеноза и спондилолистеза, особенно в смежных ПДС [17, 18]. Поэтому ряд авторов склоняются к проведению различных вариантов минимально-инвазивной прямой или непрямой декомпрессии структур позвоночника без применения дополнительной жесткой фиксации ПДС, в том числе и при наличии стабильного спондилолистеза. Однако в этом случае усложняется контроль за адекватностью выполнения основного этапа вмешательства, возрастает риск развития интраоперационных осложнений и ятрогенной нестабильности оперированных сегментов.

**Цель настоящего исследования** — сравнительный анализ ближайших и отдаленных результатов различных вариантов хирургического лечения стабильного симптоматического поясничного стеноза с учетом качества жизни пациентов и их удовлетворенности проведенным лечением.

## Материалы и методы

**Пациенты.** В амбиспективное (ретроспективный анализ проспективной базы данных) когортное исследование включены 204 пациента с симптомами дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника, оперированных с января 2009 г. по декабрь 2016 г. в нейрохирургическом отделении Института травматологии и ортопедии Приволжского исследовательского медицинского университета (Н. Новгород). Все операции были выполнены тремя хирургами с опытом работы в области хирургии позвоночника более 7 лет.

Критериями включения пациентов в исследование служили возраст старше 40 лет; наличие клинически выраженных симптомов дегенеративного стеноза ( $\geq 7$  баллов по системе оценки риска люмбарного стеноза S. Koppen с соавт. [19]); наличие морфологического субстрата, компримирующего дуральный мешок и/или спинномозговые корешки в пределах 1–2 ПДС и подтверждаемого данными МРТ и/или КТ в течение 1 года до хирургического лечения; продолжительность заболевания не менее 6 мес на фоне отсутствия стойкого клинического эффекта от консервативного лечения; послеоперационное этапное наблюдение на протяжении не менее 2 лет с наличием заполненных стандартных опросников и шкал.

Из исследования были исключены пациенты с экзтрузиями диска на любом уровне поясничного отдела позвоночника; с установленными признаками нестабильности поясничных ПДС по White–Panjabi [20]; с врожденными или тяжелыми структуральными деформациями поясничного отдела позвоночника (спондилолистез, угол сколиотической деформации по Cobb  $> 20^\circ$  [21], апикальная ротация  $\geq II$  степени по Nash–Moe, нарушение глобального сагиттального баланса); с ранее перенесенными любыми хирургическими вмешательствами на поясничном отделе позвоночника; с впервые выявленными или

Таблица 1

**Общая характеристика пациентов в группах открытых и минимально-инвазивных хирургических вмешательств (Me [Q1; Q3])**

Показатели	1-я группа (n=114) — открытые технологии	2-я группа (n=90) — минимально-инвазивные технологии	p
Пол, м/ж	54/60	34/56	0,21 <sup>1</sup>
Возраст, лет	61 [55; 65]	62 [54; 68]	0,8 <sup>2</sup>
Индекс массы тела: <20/20–26/27–30/31–35/>35	0/22/58/23/11	0/19/36/28/7	0,26 <sup>3</sup>
Индекс коморбидности Чарлсона: 0/1/2/3/4/5/6, баллы	57/4/12/22/12/5/2	47/3/12/17/7/4/0	0,88 <sup>3</sup>
Классификация ASA: 1/2/3/4, баллы	1/21/92/0	3/18/68/1	0,38 <sup>3</sup>
Длительность консервативного лечения до операции: <12 мес/>12 мес	36/78	23/67	0,43 <sup>1</sup>
Протяженность стеноза: 1 сегмент/2 сегмента	70/44	68/22	0,08 <sup>1</sup>
Классификация стеноза по данным МРТ [21]: В/С/D	3/65/46	6/54/30	0,27 <sup>3</sup>

Примечание: <sup>1</sup> — критерий  $\chi^2$  с поправкой Йетса; <sup>2</sup> — U-критерий Манна–Уитни; <sup>3</sup> — критерий  $\chi^2$  Пирсона.

ранее установленными новообразованиями, переломами, инфекционными спондилитами (спондилодисцитами) вне зависимости от локализации.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (2013) и одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. От каждого пациента получено информированное согласие.

В зависимости от техники хирургического вмешательства были выделены две группы: 1-я (n=114) — пациенты, оперированные из классического «открытого» заднего доступа к позвоночнику; 2-я (n=90) — пациенты, которым проведены декомпрессивные или декомпрессивно-стабилизирующие операции с использованием минимально-инвазивных технологий. Группы не имели статистически значимых различий по полу, возрасту, индексу массы тела, сопутствующей соматической патологии, длительности предшествующего хирургии консервативного лечения, протяженности и степени выраженности стеноза по данным МРТ (табл. 1).

**Хирургическая техника.** В обеих группах операции выполнены с использованием заднего хирургического доступа к позвоночнику с применением общей анестезии: в пределах одного ПДС — у 138 пациентов (67,6%), в пределах двух ПДС — у 66 пациентов (32,4%).

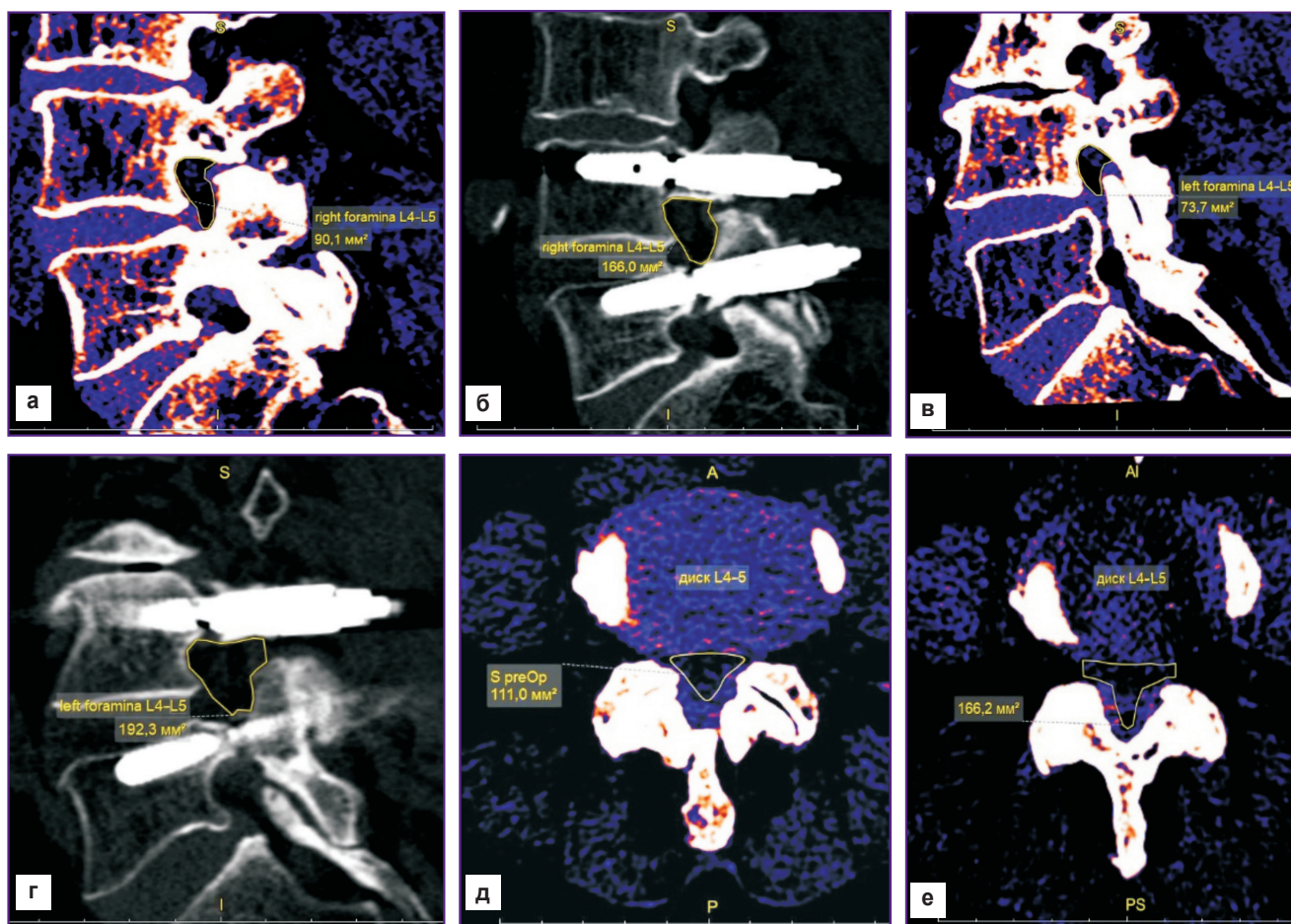
В группе открытых вмешательств были применены классическая ламинэктомия или интерламинэктомия (29,8%) в сочетании с заднелатеральным (5,3%), трансфораминальным спондилодезом (60,5%) и ригидной педикулярной фиксацией или в сочетании с межостистой стабилизацией (4,4%). Технологии выполнения вмешательств в этой группе не отличались от общепринятых.

В группе минимально-инвазивных операций выполнялись чрескожная билатеральная транспедикулярная остеотомия и удлинение ножек позвонков (21,1%) или интраламинарная билатеральная декомпрессия

из молатерального тубулярного доступа (73,3%), в том числе и в сочетании с трансфораминальным спондилодезом (5,6%).

**Чрескожная остеотомия и удлинение ножек позвонков.** Процедуру выполняли по разработанной методике [22]. После прокола кожи, подкожной клетчатки и фасции в пределах 10 мм под контролем флюороскопии с помощью римера в ножке позвонка формируется канал. С использованием радиальной костной пилы, установленной в канале, осуществляется остеотомия ножки в зоне ее перехода в тело позвонка. С целью максимально безопасного выполнения процедуры хирург постоянно сверяет тактильные ощущения с флюороскопическим контролем. После завершения остеотомии с обеих сторон в каналы ножек позвонка последовательно устанавливаются имплантаты, представляющие собой раздвигающийся трехкомпонентный транспедикулярный винт. С помощью специальных ключей параллельно в действие приводятся резьбовые механизмы внутренних компонентов имплантатов, благодаря которым последние удлиняются, вызывая одновременное увеличение костных дефектов в зонах остеотомии, в результате чего ножки позвонка также удлиняются, а позвоночный канал и фораминальные отверстия расширяются (рис. 1). Перед завершением процедуры установленные имплантаты блокируются таким образом, что ножки позвонка стабилизируются в удлиненном состоянии до тех пор, пока не произойдет их полного сращения.

**Интраламинарная односторонняя или двусторонняя микродекомпрессия из молатерального минимально-инвазивного доступа.** Процедуру выполняли с использованием оригинального набора [23] овальных нерасширяющихся тубулярных ретракторов (рис. 2). В тех случаях, когда требовалась только декомпрессия, применяли малый овальный тубулярный ретрактор, при необходимости завершить операцию



**Рис. 1.** Компьютерные томограммы пациентки С., 74 лет, оперированной по поводу стабильного поясничного стеноза с применением технологии остеотомии и удлинения ножек позвонков L<sub>4</sub> и L<sub>5</sub>: сагиттальные сканы на уровне фораминальных отверстий L<sub>4-5</sub> справа до (а) и после (б) операции, слева до (в) и после (г) операции; аксиальные сканы на уровне межпозвоночного диска L<sub>4-5</sub> до (д) и после (е) операции; желтой линией обозначены границы фораминальных отверстий и позвоночного канала с программным вычислением их площадей в мм<sup>2</sup>

межтеловым спондилодезом — средний овальный тубулярный ретрактор. После установки ретрактора и проведения флюороскопического контроля все манипуляции выполнялись с использованием операционного микроскопа.

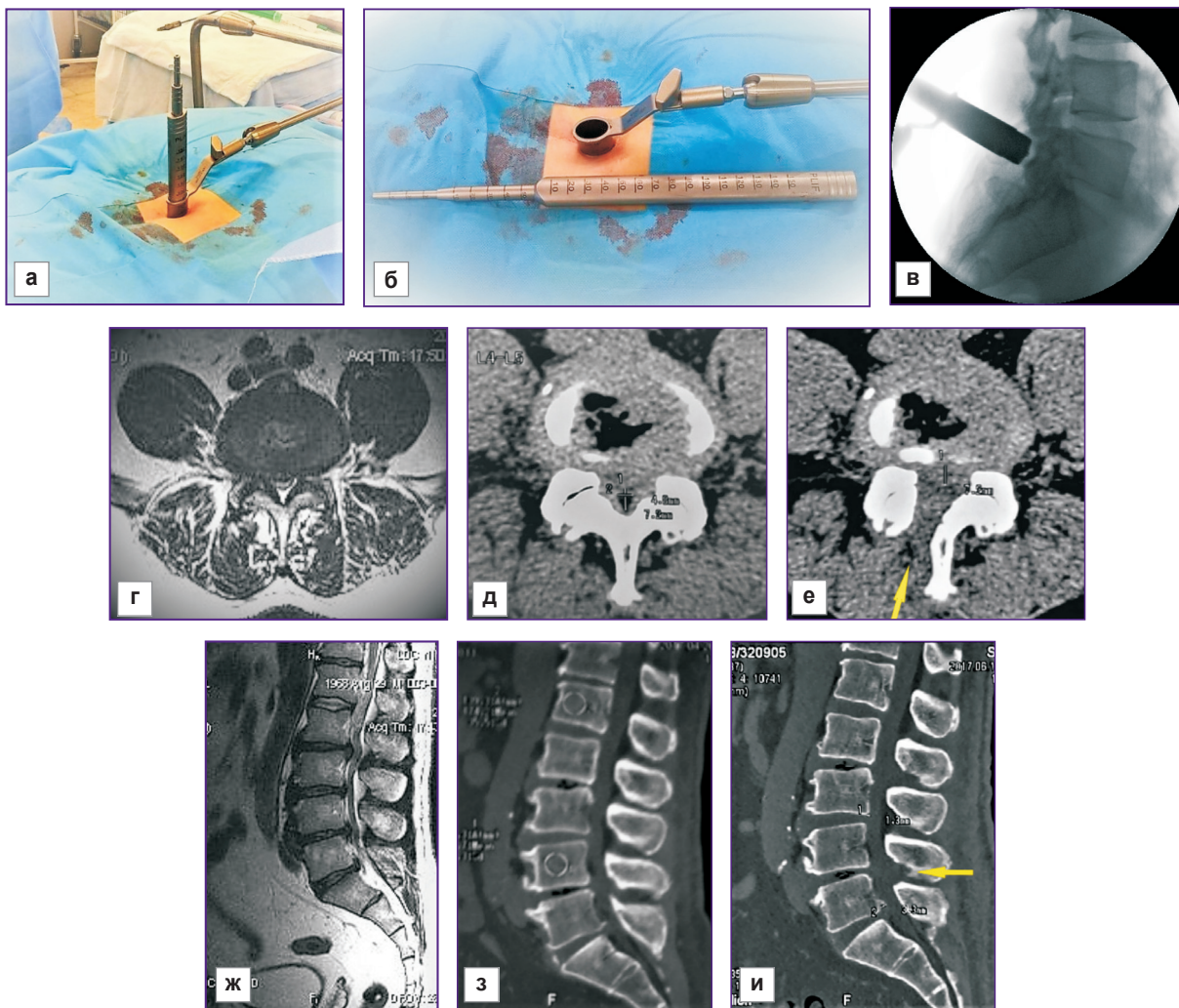
На первом этапе идентифицируются дистальный и латеральный края дуги позвонка. С помощью высокоскоростных боров выполняется ламинотомия в форме арки на стороне установленного тубуса от медиального края суставного отростка — через основание остистого отростка до средней линии, а в краниальном направлении — до границы прикрепления желтой связки. Затем желтая связка отделяется от дуги и тубус поворачивается вдоль своей оси на 90°, после чего с помощью бора выполняется резекция основания остистого отростка вышележащего позвонка с целью визуализации контралатеральной части дуги.

Для удобства выполнения последующих этапов операционный стол и тубус наклоняются в направлении контралатеральной стороны. Желтая связ-

ка отделяется от края контралатеральной части дуг выше- и нижележащих позвонков и резецируется, а освобожденные края дуг резецируются с помощью алмазного бора.

Следующий этап — медиальную фасетэктомию и фораминотомию контралатеральной стороны — выполняют с помощью байонетных кусачек Керрисона и, постепенно продвигаясь в обратном направлении, удаляют ранее отделенную от дуг желтую связку. Операционный стол и тубус возвращаются в исходное положение, проводятся окончательная резекция верхнего края нижележащего позвонка с ипсилатеральной стороны, удаление остатков желтой связки, медиальная фасетэктомия и фораминотомия с ипсилатеральной стороны. Перед фораминотомией тубус вновь поворачивается вдоль своей оси на 45°, что облегчает манипуляции с использованием изогнутых кусачек Керрисона и корешкового крючка.

После завершения этапа декомпрессии выполняются визуальный контроль отсутствия эпидурального кровотечения и промывание раны физиологическим



**Рис. 2.** Пациент С., 59 лет, оперированный по поводу стабильного поясничного стеноза с применением технологии двусторонней тубулярной микрохирургической декомпрессии на уровне L<sub>4-5</sub>:

общий вид расположения овального тубулярного ретрактора в ране до (а) и после (б) удаления мышечных расширителей, а также на интраоперационной флюорограмме (в); аксиальные (г–е) и сагиттальные (ж–и) сканы: МРТ до (г, ж), КТ до (д, з) и КТ после (е, и) выполнения минимально-инвазивной декомпрессии. Желтыми стрелками отмечена зона дефекта дуги позвонка, сформированного в ходе декомпрессии

раствором. Ретрактор постепенно удаляется из раны, при этом проводится окончательный гемостаз мягких тканей. Накладывается шов на фасцию и кожу. С целью уменьшения послеоперационного болевого синдрома мышечный слой, окружающий фасеточный сустав на стороне вмешательства, инфильтрируется раствором местного анестетика установленной концентрации в объеме, не превышающем 20 мл.

**Оценка результатов лечения.** Для объективизации и стандартизации клинических проявлений СПС использовали стандартные шкалы и опросники: 100 мм визуально-аналоговую шкалу боли (ВАШ); опросник Освестри (Oswestry Disability Index — ODI, версия 2.0) для определения индекса нарушения жизнедеятельности [24]; Цюрихский опросник (Zurich Claudication Questionnaire — ZCQ) для оценки каче-

ства жизни пациентов с перемежающейся хромотой [25, 12]; короткую форму опросника, определяющего качество жизни (SF-12, версия 2) с расчетом суммарных индексов физического и психического компонентов здоровья [26]. Оценку качества жизни проводили за две недели до операции и в послеоперационном периоде через 1 и 2 года. При этом исходно по данным анкетирования с использованием опросников ZCQ, ODI, SF-12 между сравниваемыми группами статистически достоверных различий не установлено. В обеих группах клинически преобладал синдром компрессии, однако в группе применения минимально-инвазивных технологий он был статистически значимо интенсивнее (табл. 2).

Комплексная оценка результатов лечения через 1 и 2 года послеоперационного наблюдения проводилась с ис-

пользованием модифицированной шкалы MacNab [27].

**Статистическая обработка материала.** Сравнение данных в обеих группах на этапах предоперационного и послеоперационного обследования было проведено с использованием пакетов программ Statistica 10.0. Сравнение результатов лечения выполнено с использованием методов непараметрической статистики.

## Результаты

**Особенности хирургического этапа лечения пациентов в группах традиционной декомпрессии и минимально-инвазивных технологий.** Анализ показателей хирургического лечения пациентов обеих групп представлен в табл. 3. В обоих случаях в основном выбирался вариант экономной декомпрессии с фораминомией. Вместе с тем в группе традиционных вмешательств чаще выполнялись расширенный и тотальный варианты декомпрессии, а в группе минимально-инвазивных — экономная и непрямая декомпрессия. Во 2-й группе отмечены более низкие объем интраоперационной кровопотери и продолжительность оперативного вмешательства, меньшая длительность послеоперационного пребывания пациента в стационаре ( $p < 0,05$ ). При этом не выявлено статистически значимых различий в частоте развития интраоперационных осложнений.

**Сравнительный анализ клинических результатов традиционных и минимально-инвазивных вмешательств.** В обеих группах наблюдалось статистически значимое улучшение состояния пациентов по данным шкалы ВАШ и опросников ODI, ZCQ, SF-12

Т а б л и ц а 2

**Оценка состояния пациентов до операции по результатам анкетирования в группах открытых и минимально-инвазивных хирургических вмешательств (Me [Q1; Q3])**

Показатели	1-я группа — открытые технологии (n=114)	2-я группа — минимально-инвазивные технологии (n=90)	p (по Манну-Уитни)
ВАШ, боль в спине, мм	51 [30; 70]	38,5 [20; 60]	0,0059
ВАШ, боль в ноге, мм	61,5 [40; 72]	72 [52; 86]	0,00022
Опросник Освестри, ODI, %	52 [44; 62]	54 [44; 60]	0,82
Опросник SF-12, физический компонент, баллы	30,3 [25,9; 35,3]	30,1 [24,3; 34,3]	0,27
Опросник SF-12, психологический компонент, баллы	37,7 [32,1; 40,7]	37,7 [32,9; 41,1]	0,84
ZCQ (SS1–SS7 — выраженность симптомов), баллы	3,1 [2,7; 3,5]	3,2 [2,7; 3,7]	0,28
ZCQ (SS8–SS12 — шкала физической активности), баллы	2,8 [2,2; 3,4]	2,6 [2,1; 3,2]	0,42
ZCQ (SS1–SS12 — оценка надежности), баллы	3,0 [2,5; 3,2]	2,9 [2,5; 3,3]	0,82

на протяжении всего периода послеоперационного наблюдения ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона).

Анализ отдаленных (не менее 24 мес после операции) результатов лечения в группах минимально-инвазивных и традиционных методов на основании шкал ODI, ZCQ, ВАШ, SF-12 показал отсутствие преимуществ в группе традиционных открытых вмешательств. Более того, по оценке состояния психологического здоровья (блок опросника SF-12), уровню нарушения жизнедеятельности (ODI), а также уровню болевого синдрома в спине (ВАШ) качество жизни пациентов в группе минимально-инвазивных технологий оказалось статистически значимо лучше.

Т а б л и ц а 3

**Особенности хирургического этапа лечения пациентов в группах открытых и минимально-инвазивных хирургических вмешательств (Me [Q1; Q3])**

Показатели	1-я группа — открытые технологии (n=114)	2-я группа — минимально-инвазивные технологии (n=90)	p
Объем декомпрессии: нет/экономная/экономная с фораминомией/ расширенная/тотальная	2/20/51/39/2	22/19/48/1/0	$< 0,000001^1$
Кровопотеря: $< 100/100–500/500–1000/> 1000$ мл	21/86/5/2	81/9/0/0	$< 0,000001^1$
Длительность операции, мин	155 [130; 170]	100 [80; 115]	$< 0,000001^2$
Интраоперационные осложнения: повреждение твердой мозговой оболочки/повреждение корешка/нет	1/7/106	0/2/88	0,26 <sup>1</sup>
Длительность послеоперационного лечения, койко-дни	8 [7; 10]	3 [3; 4]	$< 0,000001^2$

П р и м е ч а н и е: <sup>1</sup> — критерий  $\chi^2$  Пирсона; <sup>2</sup> — U-критерий Манна–Уитни.

Таблица 4

**Оценка состояния и комплексного клинического результата лечения пациентов через 2 года после операции по данным анкетирования в группах минимально-инвазивных и открытых хирургических вмешательств (Ме [Q1; Q3])**

Показатели	1-я группа (n=114) — открытые технологии	2-я группа (n=90) — минимально-инвазивные технологии	p
ВАШ, боль в спине, мм	37 [24; 45]	26 [20; 37]	<b>0,00035<sup>1</sup></b>
ВАШ, боль в ноге, мм	18,5 [10; 30]	17,5 [10; 30]	0,73 <sup>1</sup>
Опросник Освестри, ODI, %	42 [30; 48]	38 [26; 44]	<b>0,03</b>
Опросник SF-12, физический компонент, баллы	37,5 [33,5; 40,3]	37,6 [32,9; 46,2]	0,38 <sup>1</sup>
Опросник SF-12, психологический компонент, баллы	42,5 [38,4; 44,9]	44,2 [39,9; 48,9]	<b>0,013<sup>1</sup></b>
ZCQ (SS1–SS7 — выраженность симптомов), баллы	2,3 [1,8; 3,0]	2,1 [1,8; 2,5]	0,13 <sup>1</sup>
ZCQ (SS8–SS12 — шкала физической активности), баллы	1,8 [1,4; 2,4]	1,8 [1,4; 2,4]	0,66 <sup>1</sup>
ZCQ (SS1–SS12 — оценка надежности), баллы	2,2 [1,7; 2,6]	2,0 [1,7; 2,4]	0,21 <sup>1</sup>
ZCQ (SS13–SS18 — удовлетворенность лечением), баллы	1,8 [1,4; 2,4]	1,6 [1,3; 2,0]	0,18 <sup>1</sup>
Степень удовлетворенности лечением через 2 года по опроснику ZCQ: полностью удовлетворен/частично удовлетворен/полностью не удовлетворен	61/47/6	60/23/7	0,06 <sup>2</sup>
Шкала MacNab:			
1-й год: 1/2/3/4-я степень	7/59/38/10	17/38/32/3	<b>0,016<sup>2</sup></b>
2-й год: 1/2/3/4-я степень	17/56/37/4	31/32/22/5	<b>0,0077<sup>2</sup></b>

Примечание: <sup>1</sup> — U-критерий Манна–Уитни; <sup>2</sup> — критерий  $\chi^2$  Пирсона.

Почти 54% пациентов после открытых операций и 67% пациентов, перенесших минимально-инвазивные вмешательства, были полностью удовлетворены результатами хирургического лечения, а 41 и 26% соответственно отметили частичную удовлетворенность после завершения двухлетнего послеоперационного наблюдения.

Анализ отдаленных результатов лечения с применением модифицированной шкалы MacNab выявил в группе минимально-инвазивных вмешательств большее количество пациентов с отличным результатом через 1 и 2 года после операции (соответственно 18,8 против 6,1% и 34,4 против 14,9%). Неудовлетворительных результатов, потребовавших выполнения ревизионной операции в течение первого года наблюдения, было больше в группе открытых вмешательств (8,7 против 3,3%), однако после завершения второго года подобные результаты несколько чаще наблюдались в группе минимально-инвазивных вмешательств (5,5 против 3,5%) (табл. 4).

## Обсуждение

Увеличение продолжительности жизни, а следовательно, и заболеваемости СПС, ее влияние на качество жизни, возрастающие расходы национальных систем здравоохранения на лечение данной категории граждан вынуждают исследователей пересматривать научно обоснованные рекомендации по лечению этой патологии. Путь к достижению цели

нелегко из-за разнообразия некоррелирующих клинических форм и данных инструментальной диагностики, большого количества смешанных этиологических факторов, включая сопутствующую экстравертебральную патологию, которые также необходимо учитывать. Тем не менее в настоящее время хирургическое лечение СПС, по-видимому, является наиболее эффективным методом и становится «золотым стандартом». Так, по данным Шведского национального регистра, средний годовой уровень хирургических вмешательств при СПС увеличился с 10–15 на 100 000 жителей в 2003 г. до 30–35 на 100 000 жителей в 2013 г. [14, 28].

Несмотря на превосходство хирургического лечения над консервативным, по данным многочисленных рандомизированных контролируемых исследований [6], сохраняется значительная несогласованность в выборе типа хирургического вмешательства, а также отсутствует консенсус относительно того, какие виды лечения подходят для различных форм стеноза [29, 30]. Особенно настойчиво продолжает обсуждаться эффективность минимально-инвазивных и спондилодезирующих вмешательств при СПС, поскольку данные многочисленных исследований часто противоречат друг другу [31–33].

Основными аргументами сторонников открытого спондилодеза при СПС, особенно при его сочетании с дегенеративным спондилолистезом, является то, что данный тип вмешательств более доступен технически, значительно облегчает боль в спине путем



стабилизации дегенеративного сегмента, а также предотвращает прогрессирование механической нестабильности, в том числе развивающейся в результате декомпрессирующего этапа вмешательства, тем самым минимизируя риск возникновения остаточного болевого синдрома или новых неврологических симптомов [31, 33, 34].

Аргументы за выполнение минимально-инвазивных декомпрессирующих вмешательств состоят в том, что при отсутствии спондилолистеза или при его стабильном характере в обеих группах результаты операций были идентичны [35]. При этом открытый спондилодез существенно увеличивает расходы на лечение, является доказанным фактором риска развития осложнений и прогрессирующей дегенерации смежных сегментов [36–39]. Почти каждый второй пациент после операции не удовлетворен ее результатами, а через 4–5 лет качество жизни оперированных и неоперированных пациентов по многим параметрам вновь не имеет отличий [12–14].

Целью данного исследования явилась попытка ретроспективно проанализировать и сравнить отдаленные клинические результаты пациентов, оперированных по поводу дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника с применением открытых и минимально-инвазивных технологий, в том числе разработанных авторами. У всех пациентов, включенных в окончательную когорту, отсутствовали признаки нестабильности, грубого нарушения сагиттального/фронтального баланса или дегенеративного сколиоза. В то же время у части оперированных пациентов присутствовал анте- или ретроспондилолистез, сопровождающийся выраженной гипертрофией фасеточных суставов и вторичным циркулярным сужением позвоночного канала и/или фораминальных отверстий. Так как рентгеноморфометрические признаки при СПС не имеют четкой стандартизации и часто не согласуются с его симптоматикой, свое внимание, как и многие другие российские и зарубежные исследователи, мы сосредоточили на изучении клинических результатов, а именно динамики болевого синдрома, качества жизни и удовлетворенности пациентов выполненным лечением с использованием наиболее популярных шкал и опросников [40–42].

Сравнительная оценка результатов хирургического и продолжительного (2 года) послеоперационного этапов наблюдения за состоянием пациентов с СПС продемонстрировала значительное преимущество минимально-инвазивных, в том числе разработанных и усовершенствованных нами технологий. Клиническая важность последствия такого выбора особенно актуальна для пожилых пациентов.

Поэтому при отсутствии убедительных данных, предполагающих достижение лучшего клинического результата после применения более травматичного открытого вмешательства у пациентов с симптомами одно-двухуровневого стабильного поясничного стеноза, необходимо предложить использование минималь-

но-инвазивной процедуры, которая в первую очередь направлена на устранение клинических проявлений компрессионного синдрома и сохранение стабильности пораженных ПДС. При этом в условиях третьей стадии дегенеративного каскада (рестабилизации) нет необходимости полного исправления анатомических нарушений, в частности антелистеа или ретролистеза. Наша точка зрения в значительной степени расходится с распространенным мнением о том, что хирург должен исправить любую деформацию в надежде исключить в последующем развитие симптомов нестабильности. Данная теория так называемого профилактического подхода к хирургическому лечению дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника до конца не обоснована, при этом риск развития серьезных осложнений, длительность восстановительного лечения и экономические затраты в результате применения обширных открытых реконструктивных операций существенно возрастают.

Основные ограничения выполненного исследования заключаются в его ретроспективном характере и недостаточном объеме выборки. Дополнительные трудности в ходе длительного периода наблюдения за пациентами старшей возрастной группы возникали из-за объективного прогрессирования разнообразной сопутствующей патологии, отсутствия возможности полноценного учета психосоциального и эмоционального факторов, которые, как сообщается в литературе, способны оказать существенное влияние на качество жизни и субъективную оценку нарушений, вызванных дегенеративным процессом в позвоночнике [12, 26–28]. Кроме того, даже значительный опыт одного федерального центра не может отразить реальную тенденцию в хирургическом лечении СПС, так как его кадровые и технические возможности не отражают реальную ситуацию большинства специализированных лечебных учреждений, а некоторые технологии еще не вошли в повседневный арсенал хирургов-вертебрологов.

## Заключение

С учетом полученных нами данных считаем, что у пациентов с доказанными клинико-морфологическими проявлениями стабильного поясничного стеноза в пределах 1–2 сегментов патогенетически обосновано применение одной из технологий минимально-инвазивной декомпрессии. В этом случае такие стабилизирующие структуры, как фасеточные суставы, межостистые связки, способны оставаться интактными. При невозможности их сохранения хирургом с успехом могут быть применены технологии минимально-инвазивного спондилодеза. Технологии чрескожной остеотомии и удлинения ножек поясничных позвонков, а также тубулярная интраламинарная микродекомпрессия являются достойными альтернативами у пациентов с умеренно выраженной симптоматикой и/или тяжелой сопутствующей патологией.

**Финансирование исследования.** Работа не финансировалась никакими источниками.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

**Литература/References**

1. Suri P., Rainville J., Kalichman L., Katz J.N. Does this older adult with lower extremity pain have the clinical syndrome of lumbar spinal stenosis? *Jama* 2010; 304(23): 2628–2636, <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1833>.
2. Kalichman L., Cole R., Kim D.H., Li L., Suri P., Guermazi A., Hunter D.J. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J* 2009; 9(7): 545–550, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2009.03.005>.
3. Ammendolia C., Stuber K.J., Rok E., Rampersaud R., Kennedy C.A., Pennick V., Steenstra I.A., de Bruin L.K., Furlan A.D. Nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication. *Cochrane Database Syst Rev* 2013, <https://doi.org/10.1002/14651858.cd010712>.
4. Katz J.N., Harris M.B. Lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med* 2008; 358(8): 818–825, <https://doi.org/10.1056/nejmcp0708097>.
5. Ishimoto Y., Yoshimura N., Muraki S., Yamada H., Nagata K., Hashizume H., Takiguchi N., Minamide A., Oka H., Kawaguchi H., Nakamura K., Akune T., Yoshida M. Prevalence of symptomatic lumbar spinal stenosis and its association with physical performance in a population-based cohort in Japan: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* 2012; 20(10): 1103–1108, <https://doi.org/10.1016/j.joca.2012.06.018>.
6. Malmivaara A., Slätis P., Heliövaara M., Sainio P., Kinnunen H., Kankare J., Dalin-Hirvonen N., Seitsalo S., Herno A., Kortekangas P., Niinimäki T., Rönty H., Tallroth K., Turunen V., Knekt P., Härkänen T., Hurri H.; Finnish Lumbar Spinal Research Group. Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial. *Spine* 2007; 32(1): 1–8, <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000251014.81875.6d>.
7. Weinstein J.N., Tosteson T.D., Lurie J.D., Tosteson A.N., Blood E., Hanscom B., Herkowitz H., Cammisa F., Albert T., Boden S.D., Hilibrand A., Goldberg H., Berven S., An H.; SPORT Investigators. Surgical versus nonsurgical therapy for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med* 2008; 358(8): 794–810, <https://doi.org/10.1056/nejmoa0707136>.
8. Lurie J.D., Tosteson A.N., Tosteson T.D., Carragee E., Carrino J.A., Kaiser J., Sequeiros R.T., Lecomte A.R., Grove M.R., Blood E.A., Pearson L.H., Weinstein J.N., Herzog R. Reliability of readings of magnetic resonance imaging features of lumbar spinal stenosis. *Spine* 2008; 33(14): 1605–1610, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181791af3>.
9. Lurie J.D., Tosteson T.D., Tosteson A., Abdu W.A., Zhao W., Morgan T.S., Weinstein J.N. Long-term outcomes of lumbar spinal stenosis. *Spine* 2015; 40(2): 63–76, <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000731>.
10. Boden S.D., Davis D.O., Dina T.S., Patronas N.J., Wiesel S.W. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72(3): 403–408, <https://doi.org/10.2106/00004623-199072030-00013>.

11. Boden S.D., McCowin P., Davis D., Dina T., Mark A., Wiesel S. Abnormal magnetic-resonance scans of the cervical spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72(8): 1178–1184, <https://doi.org/10.2106/00004623-199072080-00008>.
12. Stucki G., Liang M.H., Fossel A.H., Katz J.N. Relative responsiveness of condition-specific and generic health status measures in degenerative lumbar spinal stenosis. *J Clin Epidemiol* 1995; 48(11): 1369–1378, [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(95\)00054-2](https://doi.org/10.1016/0895-4356(95)00054-2).
13. Weinstein J.N., Tosteson T.D., Lurie J.D., Tosteson A., Blood E., Herkowitz H., Cammisa F., Albert T., Boden S.D., Hilibrand A., Goldberg H., Berven S., An H. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis four-year results of the spine patient outcomes research trial. *Spine* 2010; 35(14): 1329–1338, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181e0f04d>.
14. Strömqvist B., Fritzell P., Hägg O., Jönsson B., Sandén B.; Swedish Society of Spinal Surgeons. Swespine: the Swedish spine register: the 2012 report. *Eur Spine J* 2013; 22(4): 953–974, <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2758-9>.
15. Lee J.Y., Whang P.G., Lee J.Y., Phillips F.M., Patel A.A. Lumbar spinal stenosis. *Instr Course Lect* 2013; 62: 383–396.
16. Goh K.J., Khalifa W., Anslow P., Cadoux-Hudson T., Donaghy M. The clinical syndrome associated with lumbar spinal stenosis. *Eur Neurol* 2004; 52(4): 242–249, <https://doi.org/10.1159/000082369>.
17. Cawley D.T., Alexander M., Morris S. Multifidus innervation and muscle assessment post-spinal surgery. *Eur Spine J* 2013; 23(2): 320–327, <https://doi.org/10.1007/s00586-013-2962-7>.
18. Keller A., Brox J.I., Gunderson R., Holm I., Friis A., Reikeras O. Trunk muscle strength, cross-sectional area, and density in patients with chronic low back pain randomized to lumbar fusion or cognitive intervention and exercises. *Spine* 2004; 29(1): 3–8, <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000103946.26548.eb>.
19. Konno S., Hayashino Y., Fukuhara S., Kikuchi S., Kaneda K., Seichi A., Chiba K., Satomi K., Nagata K., Kawai S. Development of a clinical diagnosis support tool to identify patients with lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2007; 16(11): 1951–1957, <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0402-2>.
20. White A.A., Panjabi M.M. *Clinical biomechanics of the spine*. Philadelphia: JB Lippincott; 1990.
21. Schizas C., Theumann N., Burn A., Tansey R., Wardlaw D., Smith F.W., 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(21): 1919–1924, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181d359bd>.
22. Млявых С.Г., Андерсон Д.Г. Способ хирургического лечения спинального стеноза поясничного отдела позвоночника и устройство для его осуществления. Патент РФ 2462203. 2012. Mlyavykh S.G., Anderson D.G. *Method of surgical treatment of spinal stenosis of lumbar spine and device for its realization*. Patent RU 2462203. 2012.
23. Млявых С.Г., Боков А.Е., Алейник А.Я. Способ доступа к структурам различных отделов позвоночника и устройство для его осуществления. Заявка на патент РФ 2019126261. 20.08.2019. Mlyavykh S.G., Bokov A.E., Alejnik A.Ya. *An access technique to different spinal structures, and a device to bring it into action*. Application for a patent RU 2019126261. 20.08.2019.
24. Pratt R.K., Fairbank J.C., VIRR A. The reliability of the

- Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. *Spine* 2002; 27(1): 84–91, <https://doi.org/10.1097/00007632-200201010-00020>.
25. Stucki G., Daltroy L., Liang M.H., Lipson S.J., Fossel A.H., Katz J.N. Measurement properties of a self-administered outcome measure in lumbar spinal stenosis. *Spine* 1996; 21(7): 796–803, <https://doi.org/10.1097/00007632-199604010-00004>.
26. Бывальцев В.А., Белых Е.Г., Сороковиков В.А., Арсентьева Н.И. Использование шкал и анкет в вертебрологии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2011; 111(9 часть 2): 51–56. Byval'tsev V.A., Belykh E.G., Sorokovikov V.A., Arsent'eva N.I. The use of scales and questionnaires in vertebrology. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova* 2011; 111(9 Pt 2): 51–56.
27. Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg Am* 1971; 53(5): 891–903, <https://doi.org/10.2106/00004623-197153050-00004>.
28. Jansson K.-Å., Blomqvist P., Granath F., Németh G. Spinal stenosis surgery in Sweden 1987–1999. *Eur Spine J* 2003; 12(5): 535–541, <https://doi.org/10.1007/s00586-003-0544-9>.
29. Frazier D.D., Lipson S.J., Fossel A.H., Katz J.N. Associations between spinal deformity and outcomes after decompression for spinal stenosis. *Spine* 1997; 22(17): 2025–2029, <https://doi.org/10.1097/00007632-199709010-00017>.
30. Katz J.N., Lipson S.J., Lew R.A., Grobler L.J., Weinstein J.N., Brick G.W., Fossel A.H., Liang M.H. Lumbar laminectomy alone or with instrumented or noninstrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis: patient selection, costs, and surgical outcomes. *Spine* 1997; 22(10): 1123–1131, <https://doi.org/10.1097/00007632-199705150-00012>.
31. Martin B.I., Mirza S.K., Comstock B.A., Gray D.T., Kreuter W., Deyo R.A. Are lumbar spine reoperation rates falling with greater use of fusion surgery and new surgical technology? *Spine* 2007; 32(19): 2119–2126, <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e318145a56a>.
32. Försth P., Michaëlsson K., Sandén B. Does fusion improve the outcome after decompressive surgery for lumbar spinal stenosis? A two-year follow-up study involving 5390 patients. *Bone Joint J* 2013; 95(7): 960–965, <https://doi.org/10.1302/0301-620x.95b7.30776>.
33. Ghogawala Z., Benzel E.C., Amin-Hanjani S., Barker F.G. 2nd, Harrington J.F., Magge S.N., Strugar J., Coumans J.V., Borges L.F. Prospective outcomes evaluation after decompression with or without instrumented fusion for lumbar stenosis and degenerative Grade I spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine* 2004; 1(3): 267–272, <https://doi.org/10.3171/spi.2004.1.3.0267>.
34. Herkowitz H.N., Kurz L. Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73(6): 802–808, <https://doi.org/10.2106/00004623-199173060-00002>.
35. Grob D., Humke T., Dvorak J. Degenerative lumbar spinal stenosis. Decompression with and without arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am* 1995; 77(7): 1036–1041, <https://doi.org/10.2106/00004623-199507000-00009>.
36. Deyo R.A., Mirza S.K., Martin B.I., Kreuter W., Goodman D.C., Jarvik J.G. Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults. *JAMA* 2010; 303(13): 1259–1265, <https://doi.org/10.1001/jama.2010.338>.
37. Deyo R.A. Treatment of lumbar spinal stenosis: a balancing act. *Spine J* 2010; 10(7): 625–627, <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.05.006>.
38. Munting E., Röder C., Sobottke R., Dietrich D., Aghayev E.; Spine Tango Contributors. Patient outcomes after laminotomy, hemilaminectomy, laminectomy and laminectomy with instrumented fusion for spinal canal stenosis: a propensity score-based study from the Spine Tango registry. *Eur Spine J* 2015; 24(2): 358–368, <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3349-0>.
39. Mannion R.J., Guilfoyle M.R., Efendy J., Nowitzke A.M., Laing R.J., Wood M.J. Minimally invasive lumbar decompression: long-term outcome, morbidity, and the learning curve from the first 50 cases. *J Spinal Disord Tech* 2012; 25(1): 47–51, <https://doi.org/10.1097/bsd.0b013e31820baa1e>.
40. Крутько А.В., Дурни П., Васильев А.И., Булатов А.В. Минимально-инвазивные технологии в хирургическом лечении дегенеративного поясничного сколиоза взрослых. Хирургия позвоночника 2014; 4: 49–56. Krutko A.V., Durny P., Vasilyev A.I., Bulatov A.V. Minimally invasive surgical treatment for adult degenerative lumbar scoliosis. *Hirurgia pozvonochnika* 2018; 4: 49–56, <https://doi.org/10.14531/ss2014.4.49-56>.
41. Гуца А.О., Колесов С.В., Полторако Е.Н., Колбовский Д.А., Казьмин А.И. Хирургическое лечение многоуровневого стеноза позвоночного канала в поясничном отделе позвоночника с применением динамической стабилизации в рамках мультицентрового исследования. Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова 2017; 4: 11–17. Gushcha A.O., Kolesov S.V., Poltorako E.N., Kolbovskiy D.A., Kaz'min A.I. Surgical treatment of multilevel lumbar vertebral canal stenosis using dynamic stabilization. Multicenter study. *Vestnik travmatologii i ortopedii imeni N.N. Priorova* 2017; 4: 11–17, <https://doi.org/10.32414/0869-8678-2017-4-11-17>.
42. Бывальцев В.А., Калинин А.А., Белых Е.Г., Сороковиков В.А., Шепелев В.В. Оптимизация результатов лечения пациентов с сегментарной нестабильностью поясничного отдела позвоночника при использовании малоинвазивной методики спондилодеза. Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко 2015; 79(3): 45. Byval'tsev V.A., Kalinin A.A., Belykh E.G., Sorokovikov V.A., Shepelev V.V. Optimization of segmental lumbar spine instability treatment using minimally invasive spinal fusion technique. *Voprosy neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko* 2015; 79(3): 45, <https://doi.org/10.17116/neiro201579345-54>.