

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

Предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств при дегенеративном поясничном стенозе

А.В. Крутько, А.Г. Назаренко, Г.Е. Балычев, Е.С. Байков, О.Н. Леонова

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

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Декомпрессивные хирургические вмешательства при дегенеративном поясничном стенозе значительно улучшают клинический статус пациентов. Однако в ряде случаев последние не удовлетворены исходом лечения. В настоящее время в литературе ведётся поиск модифицируемых клинико-морфологических факторов, с помощью которых возможно улучшить результаты хирургических вмешательств.

Цель. Выявить клинические и морфологические предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств у пациентов с дегенеративным поясничным стенозом.

Материалы и методы. Проведён анализ данных 61 истории болезни пациентов, оперированных по поводу моно- и полисегментарного дегенеративного поясничного стеноза. Выполнена оценка клинико-демографических данных, а также степени, характера и протяжённости дегенеративных изменений позвоночно-двигательных сегментов и сагиттального баланса позвоночника. Под успехом хирургического лечения понимали одновременное соблюдение через 6–18 месяцев трёх критериев: 1) достижения минимальной клинически значимой разницы MCID для индекса Освестри ODI ($\geq 12\%$); 2) рекалибрации позвоночного канала на уровне вмешательства по данным магнитно-резонансной томографии (регресс Schizas на ≥ 1 стадию); 3) улучшения субъективного ощущения пациента (4–5 по шкале Ликерта). Для выявления предикторов исхода лечения использовалась логистическая регрессия.

Результаты. Все пациенты отметили значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома (визуально-аналоговая шкала боли, спина и нога) и улучшение качества жизни (ODI) после операции ($p < 0,001$). В 73,8% случаев отмечено преодоление порогового значения MCID для ODI; в 75,41% пациенты были удовлетворены оперативным лечением. Успех хирургического вмешательства был достигнут в 65,57%. При однофакторном регрессионном анализе клинико-демографических и морфологических параметров единственным независимым предиктором успеха оперативного лечения был нейропатический болевой синдром перед операцией по данным опросника DN4 (OR=1,52, $p=0,011$).

Заключение. Декомпрессивные хирургические вмешательства при дегенеративном поясничном стенозе являются эффективным методом лечения вне зависимости от протяжённости и степени дегенеративных изменений позвоночно-двигательных сегментов, сопутствующей дегенеративной патологии, в том числе с нарушением сагиттального баланса. Предиктором успеха декомпрессивного вмешательства является степень выраженности дооперационного нейропатического болевого синдрома.

Ключевые слова: дегенеративный стеноз; поясничный отдел позвоночника; декомпрессивное хирургическое вмешательство; нейропатический болевой синдром.

Как цитировать:

Крутько А.В., Назаренко А.Г., Балычев Г.Е., Байков Е.С., Леонова О.Н. Предикторы успеха декомпрессивных хирургических вмешательств при дегенеративном поясничном стенозе // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2024. Т. 31, № 1. С. 67–80. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

Success predictors of decompressive surgical treatment for lumbar degenerative spinal canal stenosis

Aleksandr V. Krutko, Anton G. Nazarenko, Gleb E. Balychev, Evgenii S. Baykov, Olga N. Leonova

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Decompressive surgical treatment for degenerative lumbar stenosis significantly improves patient clinical status. However, in some cases, patients are not satisfied with the outcomes. Various studies have examined clinical and morphological factors to improve the results of surgical interventions.

AIM: To identify clinical and morphological predictors of the success of decompressive surgical interventions for lumbar degenerative stenosis.

MATERIALS AND METHODS: This retrospective study included 61 patients who underwent surgery for mono- and postsegmental lumbar degenerative stenosis. Clinical and demographic data and the stage of degenerative changes in the functional spinal unit and sagittal balance of the spine were assessed. The success of surgical treatment was defined as simultaneous compliance with three criteria after 6–18 months: achievement of MCID for ODI ($\geq 12\%$), recalibration of the spinal canal at the level of intervention according to MRI data (Schizas regression to ≥ 1 stage), and improvement of the patient's subjective feeling (4–5 on the Likert scale). Logistic regression analysis was used to identify predictors of treatment outcome.

RESULTS: A significant decrease in the intensity of pain syndrome (VAS in back and leg) and an improvement in the quality of life (ODI) after surgery ($p < 0.001$) were found in all patients. In 73.8% of cases, the MCID threshold exceeded for ODI, whereas in 75.41%, patients were satisfied with surgical treatment. The success rate of surgical intervention was 65.57%. In one-factor regression analysis of clinical, demographic, and morphological parameters, the only independent predictor of surgical treatment was neuropathic pain before surgery according to the DN4 questionnaire ($OR=1.52$; $p=0.011$).

CONCLUSION: Decompressive surgical treatment for degenerative lumbar stenosis is an effective treatment method, regardless of the extent and degree of degenerative changes in the spinal–motor segments and concomitant degenerative pathology, including disruption of sagittal balance. The predicting factor of the success of decompressive intervention is the severity of preoperative neuropathic pain.

Keywords: degenerative stenosis; lumbar spine; decompressive surgery; neuropathic pain syndrome.

To cite this article:

Krutko AV, Nazarenko AG, Balychev GE, Baykov ES, Leonova ON. Success predictors of decompressive surgical treatment for lumbar degenerative stenosis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2024;31(1):67–80. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto623807>

Received: 24.11.2023

Accepted: 12.12.2023

Published online: 21.02.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Дегенеративный поясничный стеноз, несмотря на широкое распространение в популяции, имеет разные степени, формы и механизмы формирования, что обуславливает различные клинические проявления. Интенсивный болевой синдром, нейрогенная перемежающаяся хромота и периферические парезы, часто выявляемые у лиц со стенозами позвоночного канала, значительно ухудшают качество жизни и функциональные возможности пациентов [1]. Несмотря на всё разнообразие современных консервативных методик, хирургические методы лечения обладают большей эффективностью и прогнозируемостью [2, 3]. Стандартизированный подход к лечению в настоящее время сменяется на более персонализированный, с тенденцией к менее травматичным методикам с меньшим применением фиксирующих конструкций [4, 5] и сравнительно более высокой безопасностью, с прогнозируемыми результатами [3, 4].

Стенозы позвоночного канала, затрагивающие несколько позвоночно-двигательных сегментов, равно как и их выраженность, могут влиять на тяжесть состояния пациентов и нарушение их функциональных возможностей [1, 6]. Для улучшения клинического состояния необходимо выполнение декомпрессии невралжных структур в достаточном объеме. Объективизация объема декомпрессии осуществляется по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) на основании снижения степени стеноза по классификации Schizas [7]. При этом конкурирующие состояния, такие как дегенеративные сколиозы и спондилолистезы, способны оказывать независимое влияние на состояние пациентов, что может снижать успешность вмешательств и дискредитировать методику.

Основной системой оценки улучшения функциональных показателей пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника неизменно остаётся регресс индекса Освестри (ODI). Для определения, ощутил ли пациент улучшение своего состояния после оперативного лечения или нет, используется параметр достижения минимальной клинически значимой разницы (MCID).

В ряде случаев, несмотря на достижение порогового значения по ODI, пациенты остаются не удовлетворены результатами оперативного лечения. Причинами этого могут быть как сохранение и формирование после операции нейропатического болевого синдрома, высокий уровень тревоги и депрессии, которые сами по себе способны снижать качество жизни пациентов, так и неустраняемые ввиду неудовлетворительного качества костной ткани нарушения сагиттального баланса.

Таким образом, изучение результатов лечения с выявлением предикторов успеха и удовлетворённости пациентов является ключом для формирования оптимальных лечебно-диагностических алгоритмов.

Цель исследования — выявление клинических и морфологических предикторов успеха декомпрессивных

хирургических вмешательств у пациентов с поясничным дегенеративным стенозом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование. При выполнении учитывались рекомендации STROBE.

Критерии соответствия

Критерии включения в исследование:

- первичное хирургическое вмешательство в объёме микрохирургической декомпрессии невралжных структур без применения стабилизирующих конструкций;
- предоперационные МРТ, компьютерная томография, постуральная рентгенография позвоночника и послеоперационная МРТ (не ранее чем через 1 месяц и до 12 месяцев);
- центральный стеноз позвоночного канала на поясничном отделе позвоночника;
- заполненные до и после операции (в сроке до 18 месяцев) шкалы оценки качества жизни ODI, шкала Ликерта, шкала нейропатического болевого синдрома DN4 и интенсивности болевого синдрома (ВАШ).

Критерии невключения в исследование:

- повторные декомпрессивные или декомпрессивно-стабилизирующие вмешательства на позвоночнике;
- клинически значимый фораминальный односторонний латеральный стеноз позвоночного канала;
- недегенеративные поражения позвоночника;
- невозможность пройти клиническую оценку с заполнением клинических опросников на контрольном осмотре.

Критериями исключения из исследования стали:

- отказ от участия в клиническом исследовании (3 клинических случая);
- наличие сопутствующей патологии в стадии обострения, значительно влияющей на общее клиническое состояние пациента (1 клинический случай).

Условия проведения

Выполнен анализ данных взрослых пациентов, оперированных по поводу дегенеративных поражений позвоночника с мая 2021 по декабрь 2022 года. Показанием к хирургическому лечению был вертеброгенный компрессионный синдром (корешковый или нейрогенная перемежающаяся хромота) в сочетании с неврологическим дефицитом или без него, резистентный к консервативной терапии не менее 3 месяцев. Морфологическим субстратом клинических проявлений был моно- или полисегментарный дегенеративный стеноз позвоночного канала

поясничного отдела в сочетании с другой дегенеративной патологией поясничного отдела позвоночника (спондилолистез, сколиоз, сагиттальный дисбаланс) или без таковой. У всех пациентов, имевших нарушения сагиттального баланса, отмечалось выраженное снижение плотности костной ткани, определяемое по результатам компьютерной томографии на уровне интереса в единицах Хаунсфилда ($HU \leq 110$), что являлось противопоказанием для выполнения корригирующих оперативных вмешательств с имплантацией металлоконструкций.

Продолжительность исследования

Дизайном исследования предусмотрено два визита: 1) предоперационный, 2) послеоперационный (в промежутке между 6 и 18 месяцами).

Описание медицинского вмешательства

Хирургическое лечение осуществлялось согласно принципам клиничко-морфологического соответствия и минимальной достаточности; проводилась микрохирургическая двусторонняя декомпрессия невралных структур из одностороннего доступа на клинически значимых уровнях по методике «over-the-top», предложенной Mauger и соавт. [8]. Из одностороннего доступа выполнялась интерламинэктомия на наиболее клинически значимой стороне с медиальной фасетэктомией, резекцией жёлтой связки, ипси- и контрлатеральной декомпрессией невралных структур на вовлечённых уровнях. Интраоперационным признаком достаточной декомпрессии считалось одновременное достижение следующих критериев: отсутствия компрессии со стороны костных и других плотных образований с возможностью свободного смещения невралных структур, отчётливой пульсации и отсутствия перетяжек дурального мешка.

Клиничко-демографические данные включали пол, возраст, индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$), индекс недееспособности Освестри, показатели шкалы нейропатической боли DN4, цифровой рейтинговой шкалы боли в спине и нижних конечностях.

Основной исход исследования

Для оценки успешности хирургического лечения использовали одновременное соблюдение трёх критериев: 1) достижение MCID для ODI на контрольном осмотре; 2) рекалибрация позвоночного канала на уровне вмешательства по данным МРТ поясничного отдела позвоночника; 3) улучшение субъективного ощущения пациента (по шкале Ликерта). Для шкалы ODI исход считался успешным при уменьшении показателя через 1 год (MCID на 12% и более) [9–11]. Так как категория «рекалибрация позвоночного канала» была достигнута у всех пациентов (100%), то в когорте участников настоящего исследования выявление предикторов успеха лечения будет проведено на основе достижения MCID по ODI и удовлетворённости пациентов.

Дополнительные исходы исследования

Анализ в подгруппах

Пациенты были разделены на бинарные группы: по достижению MCID согласно индексу Освестри (регресс $ODI \geq 12$), по удовлетворённости (значения 4–5 и 1–3 балла). Успешность оперативного лечения оценивалась исходя из комбинации достижения MCID по ODI и удовлетворённости оперативным лечением.

Методы регистрации исходов

По МРТ поясничного отдела позвоночника оценивали стадию дегенерации межпозвоночного диска согласно классификации Pfirrmann, изменения по типу Modic (MC), дефекты замыкательных пластинок (Total Endplate Score, TEPS), стеноз позвоночного канала по классификации Schizas до и после операции [12–15]. Значимой считали рекалибрацию позвоночного канала на симптомном уровне при уменьшении степени стеноза не менее чем на 1 градацию по классификации Schizas. В исследование были включены пациенты, имеющие типы C и D по вышеуказанной классификации. Удовлетворённость пациентов оценивали по шкале Ликерта: при значениях 4 («немного лучше, чем перед операцией») и 5 («гораздо лучше, чем перед операцией») считали, что пациент доволен результатом лечения, а при значениях 1 («гораздо хуже, чем перед операцией»), 2 («немного хуже, чем перед операцией») или 3 («состояние без изменений») считали, что пациенты результатами недовольны. По постуральной рентгенографии позвоночника оценивали тип Roussouly и параметры сагиттального баланса: PI (Pelvic Incidence), PT (Pelvic Tilt), SS (Sacral Slope), сегментарные углы LL (L1-S1) на каждом поясничном уровне, LowLL (L4-S1), SVA, SFD, индекс Barrey, PI-LL. Оценку нарушения глобального баланса производили по индексу Barrey (IB): при значениях <1 баланс считали не нарушенным, а при ≥ 1 — нарушенным.

Этическая экспертиза

Исследование одобрено локальным этическим комитетом НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова (заседание № 1/23 от 05.05.2023 г.).

Статистический анализ

Принципы расчёта размера выборки

Размер выборки предварительно не рассчитывался, были отобраны все пациенты, соответствующие критериям включения.

Методы статистического анализа данных

Для количественных переменных в качестве описательных статистик приведены средние, среднеквадратические отклонения, медианы, квартили, минимальные и максимальные значения и число валидных наблюдений, для категориальных переменных приведены частоты значений и доли в процентах относительно числа валидных

наблюдений. Сравнения показателей до и после операции проводились при помощи парного Т-теста (а также с применением непараметрического критерия Вилкоксона для связанных выборок в качестве поддерживающего анализа, результаты были согласованными). Сравнение групп, сформированных по определённым заранее признакам — достижение ODI, удовлетворённость, успех лечения (сочетание рекалибрации позвоночного канала, клинического успеха и удовлетворённости), — проводилось при помощи дисперсионного анализа (и критерия Манна–Уитни в качестве поддерживающего анализа, результаты были согласованными) для количественных признаков и критерия хи-квадрат Пирсона для категориальных признаков. Также были построены логистические регрессионные модели для двоичных показателей: достижение ODI, удовлетворённость и успех лечения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В период с мая 2021 по декабрь 2022 года в 12-м отделении ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» было выполнено 98 декомпрессивных хирургических вмешательств по поводу клинических проявлений дегенеративного стеноза поясничного отдела позвоночника. Критериям включения в исследование соответствовали 61 (62,24%) пациент.

Медиана возраста пациентов составила 67,0 [61,0; 71,0] года, большую часть пациентов исследуемой когорты — 43/61 (70,49%) — составляли женщины, у большинства — 29,697 [25,6; 33,1] — отмечались избыточная масса тела и ожирение I–II степени. 42,62% (35/61) пациентов имели клинику нейрогенной перемежающейся хромоты; 36,1% (22/61) — компрессионно-ишемическую радикулопатию. У 18/61 (29,51%) до операции выявлен стеноз позвоночного канала степени D по классификации Schizas на любом из уровней, у остальных 70,49% пациентов до операции степень стеноза соответствовала C по классификации Schizas. Наиболее часто встречались III и IV типы по Rousouly — 83,6% пациентов. Нарушения сагиттального профиля (IB \geq 1) были выявлены у 19/61 (31,15%) пациентов.

При анализе распространённости стадий дегенерации межпозвонковых дисков выявлено, что в исследуемой когорте пациентов на всех уровнях поясничного отдела позвоночника наиболее представленной была IV стадия по Pfitzmann — 180/305 (59,02%). На всех уровнях поясничного отдела позвоночника изменения MC 0 и 2 определены в сопоставимых долях — 259/610 и 333/610 (42,46 и 54,59%) соответственно, в то время как MC 1 и 3 встречались достаточно редко — 13/610 и 5/610 (2,13 и 0,82%) соответственно. Дефекты замыкательных пластинок (TEPS) были распределены равномерно с тенденцией к среднему и значительно выраженным изменениям: 3-я степень — 159/610 (26,07%) измерений, 4-я степень — 180/610 (29,51%), 5-я степень — 164/610 (26,86%), 6-я степень — 107/610 (17,54%).

Основные результаты исследования

После выполнения оперативного лечения с осуществлением всех трёх интраоперационных компонентов достаточности декомпрессии у всех пациентов в послеоперационном периоде по данным МРТ поясничного отдела позвоночника была верифицирована рекалибрация позвоночного канала на уровне вмешательства. В 62,29% (38/61) случаев зарегистрировано уменьшение степени стеноза на 1 градацию: в 47,54% (29/61) — из степени C в B, в 6,56% (4/61) — из степени D в C. У 37,70% (23/61) пациентов отмечено уменьшение степени стеноза на две и более градации: у 14,75% (9/61) — из степени C в A, у 19,67% (12/61) — из степени D в B и у 3,28% (2/61) — из степени D в A.

Все пациенты, включённые в исследование, отметили значимое уменьшение интенсивности болевого синдрома и улучшение качества жизни после операции: ВАШ в спине — 8,0 [5,0; 10,0] против 4,0 [2,0; 6,0] балла ($p < 0,001$); ВАШ в ноге — 7,0 [8,0; 4,0] против 3,0 [2,0; 6,0] балла ($p < 0,001$); ODI — 55,00 [42,22; 62,22] против 28,00 [11,11; 42,22] ($p < 0,001$). При анализе динамики интенсивности нейропатического болевого синдрома также отмечен его значимый регресс — DN4 5,0 [3,0; 6,0] против 2,0 [1,0; 4,0] ($p < 0,001$) соответственно.

У 45/61 (73,8%) пациентов отмечено преодоление порогового значения MCID для ODI, в 16/61 (26,2%) случаях значимых улучшений не выявлено. Исходя из достижения MCID по ODI пациенты были разделены на две группы: достигшие (45 пациентов) и не достигшие успеха (16 пациентов).

Пациенты, удовлетворённые оперативным лечением, составили 46/61 (75,41%) клинических случаев. У 15/61 (24,59%) пациентов либо не отмечается субъективного улучшения, либо ощущается отрицательная динамика.

Сочетание объективного улучшения функционального состояния, обусловленного рекалибрацией позвоночного канала, с удовлетворённостью оперативным лечением мы приняли за успех оперативного лечения. Он был достигнут у 40/61 (65,57%) пациентов. Отсутствие достижения MCID и неудовлетворённость оперативным лечением отмечены у 11/61 (18,03%) пациентов. А 10/61 (16,39%) человек вошли в промежуточную группу: при наличии данных о значимом улучшении функции по индексу Освестри, рекалибрации позвоночного канала пациенты остались недовольны проведённым лечением.

Дополнительные результаты исследования

Достижение минимальной значимой клинической разницы

При сравнении клинико-рентгенологических параметров пациентов, достигших и не достигших клинического успеха, определено, что лица, достигшие MCID, имели большую интенсивность болей в ноге и спине до операции

Таблица 1. Сравнение инструментально-рентгенологических параметров пациентов, достигших и не достигших клинического успеха, значимые различия (медиана [интерквартильный интервал], $p > 0,05$).

Table 1. Comparison of instrumental and radiological parameters of patients who achieved and did not achieve clinical success, significant differences ($p > 0,05$).

Параметр	Успех	Неуспех	p
LL (L1-L5)	48 [41; 56]	39 [35,5; 49,5]	0,044 ^F
EP-L1 _{lower}	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0,015 ^P
EP-L2 _{lower}	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0,017 ^P
EP-L3 _{upper}	4 [3; 5]	4 [3; 4]	0,026 ^P
EP-L5 _{upper}	5 [4; 6]	4 [3; 5]	0,010 ^P

Примечание. ^F — критерий Фишера (двусторонний), ^P — хи-квадрат Пирсона.

Note. ^F — Fisher's exact test (two-tailed), ^P — Pearson's chi-square test.

и меньшую интенсивность боли после операции — 8 [7; 10] против 7 [4,5; 8,5] для болей в ноге до операции ($p=0,024$); 3 [1; 5] против 5,5 [4; 7] для болей в ноге после операции ($p=0,003$); 7 [5; 9] против 4 [2; 7] для болей в спине до операции ($p=0,002$); 3 [2; 4] против 5,5 [3; 6] для болей в спине после операции ($p=0,007$), большее нарушение функциональной недееспособности до операции (57,8 [51,1; 64,4] для группы успешного лечения против 42,4 [35,3; 55,9] для группы неуспешного лечения, $p=0,001$). В ходе анализа выявлены также различия по морфологическим характеристикам. Достигшие MCID пациенты имели более выраженный поясничный лордоз, соответствующий III типу по Roussouly, при этом в другой группе преобладали пациенты с I типом по Roussouly ($p < 0,05$). У пациентов группы успеха отмечены менее выраженные поражения замыкательных пластинок ($p < 0,05$) (табл. 1).

Все остальные параметры, включая демографические, МРТ-характеристики, параметры сагиттального баланса, значимыми между группами не были ($p > 0,05$).

По данным однофакторного регрессионного анализа между группами пациентов, достигших и не достигших пороговых значений MCID, предикторами клинического успеха при выполнении декомпрессивного вмешательства на поясничном уровне определены значения ВАШ в ногах до операции (OR=1,67, $p=0,005$), в спине до операции (OR=1,47, $p=0,026$).

Удовлетворённость лечением

При детальном сравнении клиничко-рентгенологических параметров удовлетворённых пациентов с неудовольными лечением пациентами определено, что довольные лечением пациенты имели большую интенсивность болевого синдрома в ногах до операции и меньшую после операции (8 [7; 10] против 6,5 [4,0; 8,0] до операции, 3,0 [2,0; 5,0] против 6,0 [4,0; 7,0] после операции, $p=0,027$ и $p < 0,001$ соответственно), меньшую интенсивность боли в спине на контрольном осмотре после операции (3,0 [2,0; 5,0] против 6,0 [3,0; 7,0], $p=0,003$), меньшую интенсивность нейропатической боли после операции (6,0 [3,0; 7,0] против 4,0 [3,0; 7,0], $p < 0,001$), большой регресс функциональной

недееспособности и меньшее её значение после операции (изменение ODI для удовлетворённых лечением —35,3 [-44,4; -20,0] против 0,9 [-15,5; 6,7] для неудовлетворённых лечением, оба $p < 0,001$), а также у этих пациентов отмечались менее выраженные дефекты замыкательных пластинок по предоперационным МРТ-изображениям (L3_{upper} — 4 [4; 4] против 4 [3; 5], $p < 0,05$).

По данным однофакторного регрессионного анализа, предикторами удовлетворённости проведённым декомпрессивным вмешательством на поясничном уровне определены значение ВАШ в ноге до операции (OR=1,32, $p=0,045$) и выраженность нейропатического болевого синдрома по данным DN4 до операции (OR=0,61, $p=0,003$): чем более выражен болевой синдром в ноге до операции и/или менее выражен нейропатический болевой синдром, тем более вероятна удовлетворённость пациента хирургическим лечением.

Успешность лечения

При сравнении между собой группы пациентов, достигших MCID и удовлетворённых оперативным лечением, с группой не достигших MCID и неудовольных лечением выявлено, что пациенты первой группы после операции имели большую интенсивность болевого синдрома в ноге и спине до операции (8 [7; 10] против 7 [4; 8] для болей в ноге; 7 [5; 8] против 4 [2; 7] для болей в спине, $p=0,027$ и 0,015 соответственно), большую функциональную недееспособность по данным ODI (57,50 [47,50; 62,22] в группе достигших и удовлетворённых против 42,22 [35,00; 57,78] в группе не достигших и неудовлетворённых, $p=0,034$), меньшую интенсивность болевого синдрома в ноге на контрольном осмотре (2 [1; 5] против 6,5 [4; 7], $p=0,000$), меньшую интенсивность боли в спине после операции (3 [2; 4] против 6 [2,5; 6,5], $p=0,009$), меньшую интенсивность нейропатической боли после операции (2 [0; 3] против 4,5 [2; 7], $p=0,003$), а также у этих пациентов отмечались менее выраженные дефекты замыкательных пластинок по предоперационным МРТ-изображениям ($p=0,015$).

По данным однофакторного регрессионного анализа, предиктором исхода оперативного лечения при выполнении

декомпрессивного вмешательства на поясничном уровне является нейропатический характер болевого синдрома перед операцией по данным DN4 ($OR=1,52$, $p=0,011$): при высоких значениях опросника нейропатической боли DN4 с большой вероятностью результат проведённого хирургического лечения окажется негативным.

Нежелательные явления

В рамках проведённого ретроспективного исследования нежелательных явлений отмечено не было.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Хирургическое лечение пациентов по поводу клинических проявлений дегенеративного поясничного стеноза в подавляющем большинстве случаев позволяет значительно улучшить качество их жизни [3, 4]. Пожилой возраст ассоциирован с высоким индексом коморбидности, снижением плотности костной ткани и другими состояниями, ограничивающими допустимые объёмы хирургического лечения, связанные преимущественно с применением имплантатов [16, 17].

Обсуждение основного результата исследования

Протяжённость дегенеративного стеноза (число уровней) и его степени увеличиваются с возрастом [4], но влияния на результаты лечения эти параметры не оказывают. В исследовании M. Minetama и соавт. получены идентичные результаты при анализе пациентов с различными степенями и протяжённостью дегенеративных стенозов позвоночного канала, что было выявлено по результатам лечения 325 лиц с одноуровневыми стенозами и 260 пациентов без учёта количества уровней [18, 19].

Влияние других дегенеративных изменений позвоночно-двигательных сегментов остаётся неоднозначным. Выявленное многими авторами негативное влияние изменений по типу Modic на результаты хирургического лечения дегенеративных стенозов [20, 21] опровергается актуальными многоцентровыми исследованиями и мета-анализами [22–24]. По результатам исследования A. Lawan и соавт., влияние изменений по типу Modic, в отличие от дефектов замыкательных пластинок, являлось незначимым. Дефекты замыкательных пластинок являются одной из причин интенсивного болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника, что было выявлено в рамках метаанализа, включавшего после исключений 26 оригинальных исследований [18, 25], что согласуется с нашими результатами: у пациентов группы, не достигшей MСID, были выявлены более грубые изменения замыкательных пластинок $L1_{lower}$, $L2_{lower}$, $L3_{upper}$, $L5_{upper}$ чем в группе, достигшей успеха, однако независимым предиктором успеха эти показатели не являлись.

Устранение субстрата компрессии невралых структур на клинически значимых уровнях приводит к улучшению

состояния до 80% пациентов при достижении достаточного передне-заднего размера позвоночного канала [26]. Декомпрессия считается достаточной в случае рекалибрации позвоночного канала на одну градацию и ниже по классификации Schizas, что позволяет прогнозировать успешность хирургического лечения [7]. При этом избыточная декомпрессия, как было показано в исследовании P.V. Халепа и соавт., изучавших результаты лечения 107 пациентов пожилого возраста, оперированных по поводу одноуровневых стенозов, не улучшает среднесрочные результаты лечения [26]. В настоящем исследовании рекалибрация позвоночного канала отмечена у всех пациентов при использовании минимально инвазивной технологии «over-the-top», техника которой подробно описана в работе А.А. Гринь [27]. В 62,29% случаев зарегистрировано уменьшение степени стеноза на одну градацию, а у 37,71% пациентов отмечено уменьшение на две и более стадии. Такой результат позволил в 100% случаев достигнуть морфологической части успеха, при этом не выявлено различия в клинических проявлениях и улучшении состояния при большей степени декомпрессии.

По данным ряда авторов, большой вклад в качество жизни пациентов вносит сагиттальный баланс позвоночника [28, 29]. Сагиттальный дисбаланс влияет на достижение клинического успеха. Пациенты, оперированные с применением металлофиксаторов без коррекции сагиттального профиля, подвержены формированию интенсивного болевого синдрома, худшим функциональным результатам, а также проксимальным переходным кифозам [30], в то время как влияние нарушенных сагиттальных параметров на результаты изолированных декомпрессий остаётся противоречивым. По результатам ретроспективного анализа 109 клинических случаев пациентов, оперированных по поводу дегенеративного стеноза позвоночного канала, разделённых на группы с нарушением глобального сагиттального баланса ($SVA \geq 50$ мм) и без такового ($SVA < 50$ мм), выявлено, что при компенсированных нарушениях отмечается уменьшение параметра SVA после выполнения декомпрессивного вмешательства, а при выраженных нарушениях ($SVA > 80$ мм) достаточной коррекции не происходит, что отражается на качестве жизни и функциональных результатах пациентов [31, 32]. По данным настоящего исследования, влияние сагиттального дисбаланса на результаты декомпрессий в среднесрочном периоде наблюдения отсутствовало — параметры SVA, индекс Vaggeu и прочие критерии не оказывали значимого воздействия ($p > 0,05$). Пример лечения пациента с выраженным нарушением сагиттального баланса представлен на рис. 1.

В рамках исследования K. Ikuta и соавт. на основании результатов лечения 69 пациентов, перенёсших эндоскопическую декомпрессию по поводу дегенеративного стеноза, в качестве предиктора неудовлетворительного исхода было выявлено наличие «вакуум-феномена». Оценка результатов проводилась по достижении

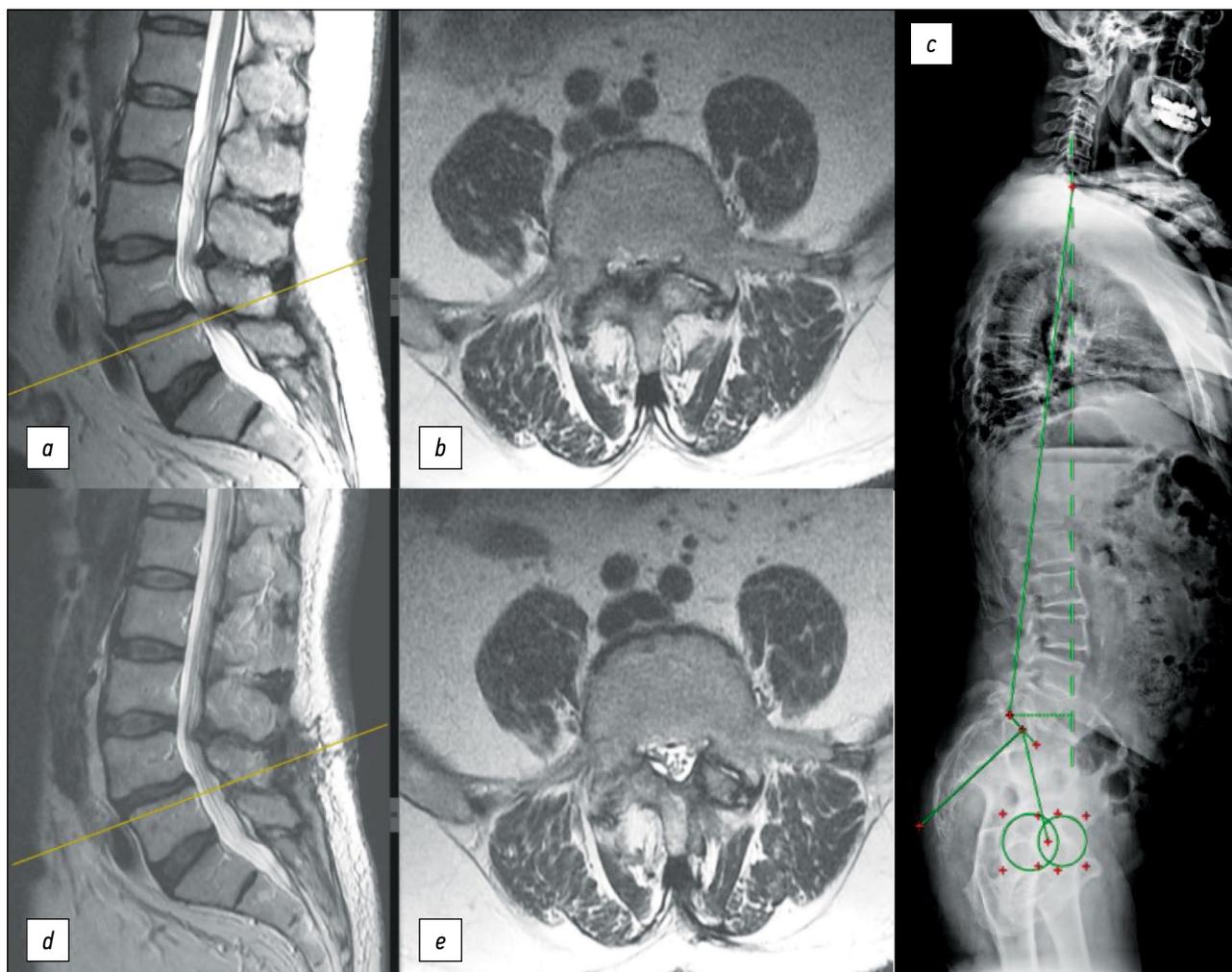


Рис. 1. Пациент Б., 83 года: ВАШ спины — 5 баллов, ВАШ ноги — 8 баллов, ODI=47,5%, DN4 — 2 балла; *a, b* — МРТ поясничного отдела позвоночника — дегенеративный стеноз на уровне L4-L5 степени D по Schizas, дегенеративный спондилолистез L4 I степени; *c* — постуральная рентгенография позвоночника — индекс Barrey=1,76, хирургическое лечение — микрохирургическая декомпрессия «over-the-top» на уровне L4-L5; *d, e* — МРТ поясничного отдела позвоночника через 1 год — рекалибрация позвоночного канала до степени A4 по Schizas, ODI — 4,0%, ВАШ ноги — 0 баллов, ВАШ спины — 3 балла. Достигнут клинический успех — регресс по ODI на 43,50%, рекалибрация позвоночного канала, удовлетворённость оперативным лечением по шкале Ликерта — 5 («гораздо лучше, чем перед операцией»). Достигнут успех лечения.

Fig. 1. Patient B., 83 years old. VAS in back — 5 points; VAS in leg — 8 points. ODI = 47.5%. DN-4 — 2 points. MRI of the lumbar spine — degenerative stenosis L4-L5 Schizas grade D, degenerative spondylolisthesis L4 grade I. (Fig. 1, *a, b*). Postural radiography of the spine — Barrey Index = 1.76 (Fig. 1, *c*). Surgical treatment — microsurgical “over-the-top” decompression at L4-L5. Lumbar spine MRI after 1 year — recalibration of the spinal canal to Schizas grade A4 (Fig. 1, *d, e*). ODI — 4.0%, VAS in leg — 0 points, VAS in back — 3 points. Regression according to ODI by 43.50%, recalibration of the spinal canal confirmed, satisfaction with surgical treatment on the Likert scale: 5 — “Much better than before the surgery”. Treatment success achieved.

MCID по ODI [33]. В другом исследовании, проведённом Z.O. Knio и соавт., в которое были включены 68 пациентов, оперированных по методике «over-the-top», было выявлено 24,5% неудовлетворительных результатов, предикторами которых, по итогам многофакторного анализа, стали женский пол и курение [34]. Однако влияние курения на результаты лечения на сроке наблюдения в один год было опровергнуто в рамках исследования, включавшего 195 пациентов [35].

Длительный дооперационный болевой синдром (более 3 месяцев) и его сохранение в спине после декомпрессии

(более 2 месяцев) оказывают негативное влияние на клинические результаты лечения [36]. Психологические, социальные и многие другие особенности пациента также могут оказывать существенное влияние на исход хирургического лечения [37, 38]. Однако изучение вышеуказанных параметров не входило в задачи нашего исследования, и они требуют рассмотрения в рамках других работ.

По результатам работ A. Hiyama и E. Vagaska, в которых изучалась интенсивность болевого синдрома у пациентов, оперированных по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника с ноцицептивной и нейрогенной болью, было

выявлено, что при большей интенсивности болевого синдрома у пациентов до операции частота формирования нейропатического болевого синдрома выше, с тенденцией к сохранению более высоких значений боли после оперативного лечения [39, 40]. Анализ предикторов формирования нейропатического болевого синдрома выявил два независимых фактора — пол и интенсивность боли. Болевой синдром выше 4,5 балла по ВАШ в течение последних 4 недель, а также женский пол были ассоциированы с большей частотой формирования нейрогенного болевого синдрома, при этом характер и степень дегенеративных изменений поясничного отдела позвоночника влияния не оказывали [40].

По результатам исследования S.Y. Park и соавт., включавшего 86 пациентов, разделённых на группы в зависимости от превалирующего типа боли, было выявлено, что нейропатическая боль часто формируется на фоне компрессионных радикулопатий (примерно в 1/3 клинических случаев), что особо важно учитывать у лиц с дегенеративными стенозами [41]. Пример лечения пациентки с нейропатической болью представлен на рис. 2.

В ряде клинических случаев после выполнения декомпрессионного лечения развивается постдекомпрессионная нейропатия, характеризующаяся отличающейся от первоначальной недерматомной болью, преимущественно в ногах,

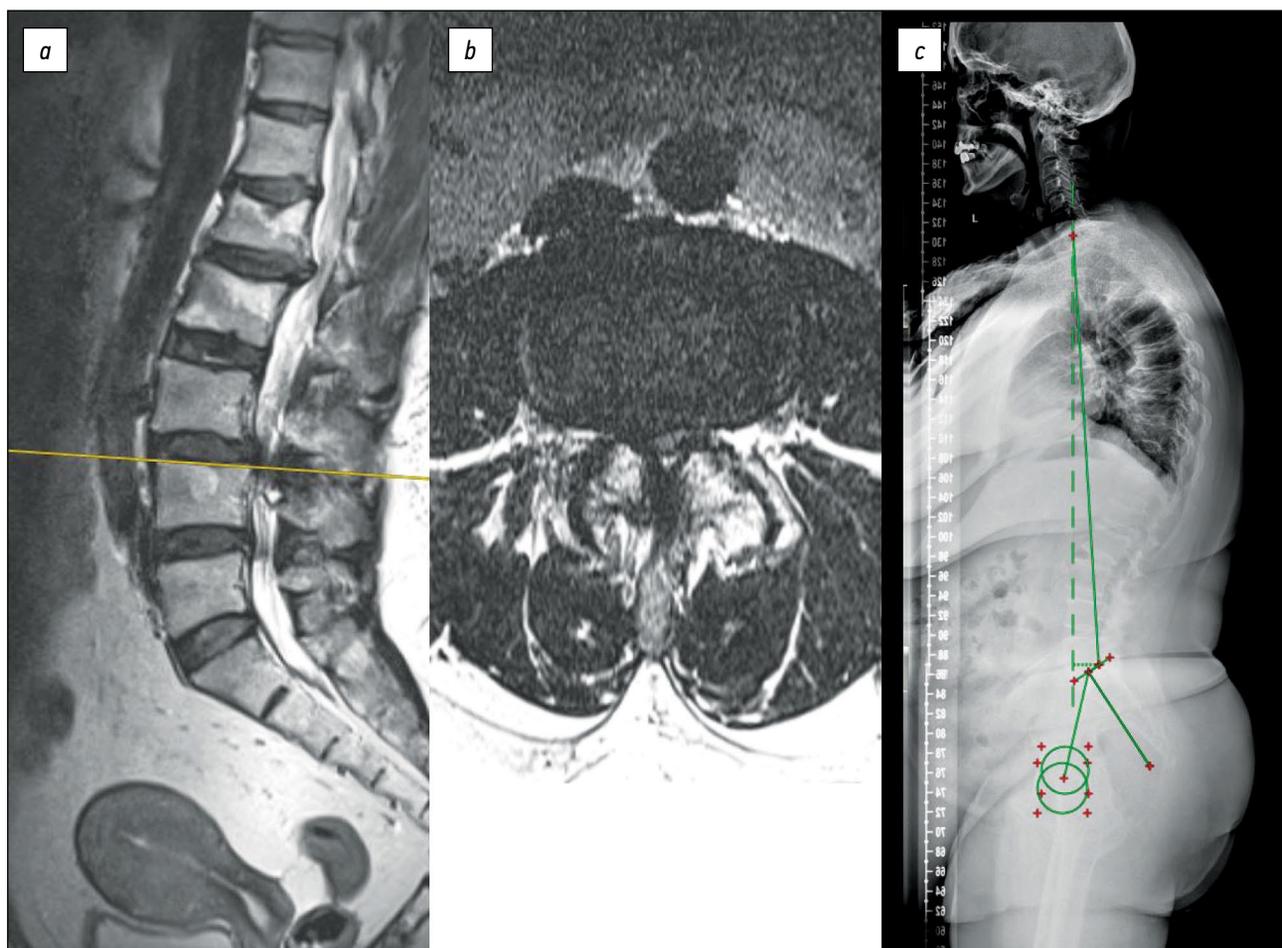


Рис. 2. Пациентка И., 62 года: ВАШ спины — 4 балла, ВАШ ноги — 5 баллов, ODI=64,44%, DN4 до операции — 7 баллов; *a, b* — МРТ поясничного отдела позвоночника — дегенеративный стеноз на уровне L3-L4 степени C по Schizas; *c* — постуральная рентгенография позвоночника — индекс Barrey=0,71. Хирургическое лечение — микрохирургическая декомпрессия «over-the-top» на уровне L3-L4. Несмотря на достигнутую рекалибрацию до степени B по Schizas, у пациентки сохраняются боли в нижних конечностях. ODI — 48,89%, ВАШ ноги — 4 балла, ВАШ спины — 3 балла. Клинически успех достигнут — регресс по ODI на 15,5%, достигнута рекалибрация позвоночного канала, однако пациентка результатом оперативного лечения не удовлетворена — 3 по шкале Ликерта («состояние без изменений»). Сохраняется высокое значение нейропатической боли: DN4=7 баллов. Хирургическое лечение признано неуспешным.

Fig. 2. Patient I., 62 years old: VAS in back — 4 points, VAS in legs — 5 points, ODI = 64.44%, DN4 before surgery — 7 points; *a, b* — MRI lumbar spine — degenerative stenosis L3-L4, Schizas grade C (Fig. 2, *a, b*); Postural radiography of the spine — Barrey Index =0.71 (Fig. 2, *c*). Surgical treatment — microsurgical “over-the-top” decompression at L3-L4. Despite the achieved recalibration to Schizas grade B, the patient continues to have pain in the lower extremities. ODI — 48.89%, VAS in legs — 4 points, VAS in back — 3 points. Clinical success achieved — ODI regression by 15.5% recalibration of the spinal canal, but the patient is not satisfied with the result of surgical treatment — 3 on the Likert scale (“state without change”). The high value of neuropathic pain remains: DN4=7 points. Surgical treatment defined unsuccessful.

часто нарушающая сон и способная вызывать стойкий болевой синдром со значительным влиянием на результаты оперативного лечения [42]. В нашем исследовании была выявлена связь удовлетворённости пациентов лечением и наличия нейропатической боли как единственного независимого предиктора успешности оперативного лечения, что может быть объяснено формированием именно постдекомпрессионной нейропатии. Широкое распределение сроков формирования нейропатической боли и неоднозначность симптомов значительно затрудняют диагностику и ведут к недооценке важного предиктора негативного результата. Необходимость применения антидепрессантов, антиконвульсантов и другой терапии, влияющей на нейрогенную боль, оправдано на всех этапах лечения с целью снижения влияния этого фактора на результаты терапии у пациентов с высокими рисками, выявляемыми на предоперационном этапе обследования.

Выявленная в нашем исследовании промежуточная группа лиц, достигших клинически значимого улучшения состояния, но неудовлетворённых оперативным лечением, представляет особый интерес для изучения. Не были выявлены факторы, значимо различавшиеся между группами. Объяснить это можно как завышенными ожиданиями пациентов, нарушениями сагиттального профиля, так и психологическими, социальными и многими другими особенностями пациентов, что, возможно, и стало причиной формирования в нашем исследовании группы лиц с успешным с точки зрения клиники результатом, однако не удовлетворённым состоянием своего здоровья после операции. Изучение таких параметров требует большего количества исследуемых данных.

Ограничения исследования

- В рамках настоящего ретроспективного исследования не проводилась оценка индекса коморбидности, депрессии и тревоги (CES-D, GDS, HADS), что исключило анализ психологического компонента здоровья пациентов и его влияния на результаты хирургического лечения;
- не учитывались сопутствующие заболевания пациентов, такие как сахарный диабет и его осложнения, в частности, диабетическая полинейропатия, потенциально способная оказывать влияние на клинические проявления и результат лечения;
- не осуществлялась оценка длительности до- и послеоперационного болевого синдрома, что могло быть предиктором развития хронического болевого синдрома и повышенного уровня тревоги;
- выявленное большее значение индекса Vagrey до операции у пациентов с грубым стенозом указывает на наличие сагиттального дисбаланса, однако данный параметр может быть как функциональным, так и структуральным, который в рамках данного исследования не дифференцировался, а его динамика после операции не исследовалась.

Уровень доказательности исследования по Оксфордской системе — «-2».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Декомпрессивные вмешательства по поводу дегенеративного поясничного стеноза являются эффективным методом лечения с прогнозируемыми положительными результатами, в том числе с сагиттальными деформациями дегенеративного генеза. Полноценное стандартизованное обследование пациентов перед операцией с выявлением факторов риска, таких как нейропатический болевой синдром, позволит снизить частоту осложнений и неудовлетворительных результатов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.В. Крутько — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, написание и редактирование текста статьи; А.Г. Назаренко — хирургическое лечение пациентов, ревизия и редактирование текста статьи; Г.Е. Бальчев — сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; Е.С. Байков — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, написание и редактирование текста статьи; О.Н. Леонова — сбор и анализ литературных источников, подготовка, написание и редактирование текста статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFO

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.V. Krutko, A.G. Nazarenko, G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — designed the study; A.V. Krutko, A.G. Nazarenko, E.S. Baykov — surgical treatment; G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — analyzed data; G.E. Balychev, E.S. Baykov, O.N. Leonova — wrote the manuscript with input from all authors; A.V. Krutko, A.G. Nazarenko — oversaw the project.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lai M.K.L., Cheung P.W.H., Cheung Ja.P.Y. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis // *European Spine Journal*. 2020. Vol. 29, № 9. P. 2173–2187. doi: 10.1007/s00586-020-06524-2
- Zaina F., Tomkins-Lane C., Carragee E., Negrini S. Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal stenosis // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016. Vol. 2016, № 1. P. CD010264. doi: 10.1002/14651858.CD010264.pub2
- Weinstein J.N., Tosteson T.D., Lurie J.D., et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation. The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): A randomized trial // *JAMA*. 2006. Vol. 296, № 20. P. 2441–2450. doi: 10.1001/jama.296.20.2441
- Katz J.N., Zimmerman Z.E., Mass H., Makhni M.C. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review // *JAMA*. 2022. Vol. 327, № 17. P. 1688–1699. doi: 10.1001/JAMA.2022.5921
- Karlsson T., Försth P., Skorpil M., et al. Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial with two-year MRI follow-up // *Bone Jt J*. 2022. Vol. 104B, № 12. P. 1343–1351. doi: 10.1302/0301-620X.104B12.BJJ-2022-0340.R1
- Yamamoto T., Yagi M., Suzuki S., et al. Multilevel Decompression Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis Is Similarly Effective with Single-level Decompression Surgery // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022. Vol. 47, № 24. P. 1728–1736. doi: 10.1097/BRS.0000000000004447
- Hu Y., Fu H., Yang D., Xu W. Clinical efficacy and imaging outcomes of unilateral biportal endoscopy with unilateral laminotomy for bilateral decompression in the treatment of severe lumbar spinal stenosis // *Front Surg*. 2023. Vol. 9. P. 1061566. doi: 10.3389/fsurg.2022.1061566
- Mayer H.M., List J., Korge A., Wiechert K. Microsurgery of acquired degenerative lumbar spinal stenosis. Bilateral over-the-top decompression through unilateral approach // *Orthopade*. 2003. Vol. 32, № 10. P. 889–895. doi: 10.1007/S00132-003-0536-9
- Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В. Минимальная клинически значимая разница как способ оценки эффективности лечения в хирургии позвоночника по шкалам и опросникам: не-систематический обзор литературы // *Хирургия позвоночника*. 2022. Т. 19, № 4. С. 60–67. doi: 10.14531/SS2022.4.60-67
- Mohsinaly Y., Boissiere L., Maillot C., Pesenti S., Le Huec J.C. Treatment of lumbar canal stenosis in patients with compensated sagittal balance // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021. Vol. 107, № 7. P. 102861. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102861
- Singh S., Shahi P., Asada T., et al. Poor muscle health and low preoperative ODI are independent predictors for slower achievement of MCID after minimally invasive decompression // *Spine J*. 2023. Vol. 23, № 8. P. 1152–1160. doi: 10.1016/J.SPINEE.2023.04.004
- Pfirschmann C.W.A., Metzendorf A., Zanetti M., Hodler J., Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001. Vol. 26, № 17. P. 1873–1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011
- Modic M.T., Steinberg P.M., Ross J.S., Masaryk T.J., Carter J.R. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging // *Radiology*. 1988. Vol. 166, № 1 Pt 1. P. 193–199. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678
- Rajasekaran S., Venkatadass K., Naresh Babu J., Ganesh K., Shetty A.P. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: Results from in-vivo serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs // *Eur Spine J*. 2008. Vol. 17, № 5. P. 626–643. doi: 10.1007/s00586-008-0645-6
- Schizas C., Theumann N., Burn A., et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010. Vol. 35, № 21. P. 1919–1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
- Kitab S., Habboub G., Abdulkareem S.B., Alimidhatti M.B., Benzel E. Redefining lumbar spinal stenosis as a developmental syndrome: Does age matter? // *J Neurosurg Spine*. 2019. Vol. 31, № 3. P. 357–365. doi: 10.3171/2019.2.SPINE181383
- Fan N., Yuan S., Du P., et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis // *BMC Musculoskelet Disord*. 2021. Vol. 22, № 1. P. 1041. doi: 10.1186/s12891-021-04940-z
- Minetama M., Kawakami M., Teraguchi M., et al. Endplate defects, not the severity of spinal stenosis, contribute to low back pain in patients with lumbar spinal stenosis // *Spine J*. 2022. Vol. 22, № 3. P. 370–378. doi: 10.1016/j.spinee.2021.09.008
- Kulkarni A.G., Das S. Feasibility and Outcomes of Tubular Decompression in Extreme Stenosis // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020. Vol. 45, № 11. P. E647–E655. doi: 10.1097/BRS.0000000000003359
- Jensen O.K., Nielsen C.V., Sørensen J.S., Stengaard-Pedersen K. Type 1 Modic changes was a significant risk factor for 1-year outcome in sick-listed low back pain patients: A nested cohort study using magnetic resonance imaging of the lumbar spine // *Spine J*. 2014. Vol. 14, № 11. P. 2568–2581. doi: 10.1016/j.spinee.2014.02.018
- Sheng-yun L., Letu S., Jian C., et al. Comparison of modic changes in the lumbar and cervical spine, in 3167 patients with and without spinal pain // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, № 12. P. e114993. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0114993
- Lambrechts M.J., Issa T.Z., Toci G.R., et al. Modic Changes of the Cervical and Lumbar Spine and Their Effect on Neck and Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Global Spine Journal*. 2022. Vol. 13, № 5. P. 1405–1417. doi: 10.1177/21925682221143332
- Aaen J., Banitalebi H., Austevoll I.M., et al. The association between preoperative MRI findings and clinical improvement in patients included in the NORDSTEN spinal stenosis trial // *Eur Spine J*. 2022. Vol. 31, № 10. P. 2777–2785. doi: 10.1007/S00586-022-07317-5
- Chen L., Battié M.C., Yuan Y., Yang G., Chen Z., Wang Y. Lumbar vertebral endplate defects on magnetic resonance images: prevalence, distribution patterns, and associations with back pain // *Spine J*. 2020. Vol. 20, № 3. P. 352–360. doi: 10.1016/j.spinee.2019.10.015
- Lawan A., Crites Videman J., Battié M.C. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic

review and meta-analysis // *European Spine Journal*. 2021. Vol. 30, № 9. P. 2531–2548. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6

26. Халепя П.В., Климов В.С., Рзаев Д.А., Василенко И.И., Конев Е.В., Амелина Е.В. Хирургическое лечение пациентов пожилого и старческого возраста с дегенеративным центральным стенозом позвоночного канала на поясничном уровне // *Хирургия позвоночника*. 2018. Т. 15, № 3. С. 73–84. doi: 10.14531/SS2018.3.73-84

27. Гринь А.А., Никитин А.С., Каландари А.А., Асратян С.А., Юсупов С.Э.Р. Интерламинарная декомпрессия в лечении пациентов с дегенеративным стенозом позвоночного канала на поясничном уровне (обзор литературы и результаты собственного исследования) // *Нейрохирургия*. 2019. Т. 21, № 4. С. 57–66. doi: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-57-66

28. Le Huec J.C., Thompson W., Mohsinaly Y., Barrey C., Faundez A. Sagittal balance of the spine // *Eur Spine J*. 2019. Vol. 28, № 9. P. 1889–1905. doi: 10.1007/S00586-019-06083-1

29. Schwab F., Ungar B., Blondel B., et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: A validation study // *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012. Vol. 37, № 12. P. 1077–1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2

30. Михайловский М.В., Сергунин А.Ю. Проксимальные переходные кифозы — актуальная проблема современной вертебрологии // *Хирургия позвоночника*. 2014. Т. 0, № 1. С. 11–23. doi: 10.14531/SS2014.1.11-23

31. Hikata T., Watanabe K., Fujita N., et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance // *J Neurosurg Spine*. 2015. Vol. 23, № 4. P. 451–458. doi: 10.3171/2015.1.SPINE14642

32. Raganato R., Pizones J., Yilgor C., et al. Sagittal realignment: surgical restoration of the global alignment and proportion score parameters: a subgroup analysis. What are the consequences of failing to realign? // *Eur Spine J*. 2023. Vol. 32, № 6. P. 2238–2247. doi: 10.1007/s00586-023-07649-w

33. Ikuta K., Sakamoto K., Hotta K., Kitamura T., Senba H., Shidahara S. Predictors for clinical outcomes of tubular surgery for endoscopic decompression in selected patients with lumbar spinal stenosis // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022. Vol. 142, № 10. P. 2525–2532. doi: 10.1007/S00402-021-03845-9

REFERENCES

1. Lai MKL, Cheung PWH, Cheung JaPY. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis. *European Spine Journal*. 2020;29(9):2173–2187. doi: 10.1007/s00586-020-06524-2

2. Zaina F, Tomkins-Lane C, Carragee E, Negrini S. Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal stenosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;2016(1):CD010264. doi: 10.1002/14651858.CD010264.pub2

3. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disk herniation. The Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): A randomized trial. *JAMA*. 2006;296(20):2441–2450. doi: 10.1001/jama.296.20.2441

4. Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and Management of Lumbar Spinal Stenosis: A Review. *JAMA*. 2022;327(17):1688–1699. doi: 10.1001/JAMA.2022.5921

5. Karlsson T, Försth P, Skorpil M, et al. Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: a randomized clinical trial with two-year

34. Knio Z.O., Schallmo M.S., Wesley H., et al. Unilateral Laminotomy with Bilateral Decompression: A Case Series Studying One- and Two-Year Outcomes with Predictors of Minimal Clinical Improvement // *World Neurosurg*. 2019. Vol. 131. P. e290–e297. doi: 10.1016/J.WNEU.2019.07.144

35. Goyal D.K.C., Divi S.N., Bowles D.R., et al. Does Smoking Affect Short-Term Patient-Reported Outcomes After Lumbar Decompression? // *Glob Spine J*. 2021. Vol. 11, № 5. P. 727–732. doi: 10.1177/2192568220925791

36. Costelloe C.C., Burns S., Yong R.J., Kaye A.D., Urman R.D. An Analysis of Predictors of Persistent Postoperative Pain in Spine Surgery // *Curr Pain Headache Rep*. 2020. Vol. 24, № 4. P. 11. doi: 10.1007/s11916-020-0842-5

37. Holbert S.E., Andersen K., Stone D., Pipkin K., Turcotte J., Patton C. Social Determinants of Health Influence Early Outcomes Following Lumbar Spine Surgery // *Ochsner J*. 2022. Vol. 22, № 4. P. 299–306. doi: 10.31486/toj.22.0066

38. Vieira A.S.M., Baptista A.F., Mendes L., et al. Impact of neuropathic pain at the population level // *J Clin Med Res*. 2014. Vol. 6, № 2. P. 111–9. doi: 10.14740/JOCMR1675W

39. Hiyama A., Katoh H., Nomura S., Sakai D., Watanabe M. The Effect of Preoperative Neuropathic Pain and Nociceptive Pain on Postoperative Pain Intensity in Patients with the Lumbar Degenerative Disease Following Lateral Lumbar Interbody Fusion // *World Neurosurg*. 2022. Vol. 164. P. e814–e823. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.050

40. Vagaska E., Litavcova A., Srotova I., et al. Do lumbar magnetic resonance imaging changes predict neuropathic pain in patients with chronic non-specific low back pain? // *Med (United States)*. 2019. Vol. 98, № 17. P. e15377. doi: 10.1097/MD.00000000000015377

41. Park S.Y., An H.S., Moon S.H., et al. Neuropathic Pain Components in Patients with Lumbar Spinal Stenosis // *Yonsei Med J*. 2015. Vol. 56, № 4. P. 1044–1050. doi: 10.3349/YMJ.2015.56.4.1044

42. Boakye L.A.T., Fourman M.S., Spina N.T., Laudermitch D., Lee J.Y. 'Post-decompressive neuropathy': New-onset post-laminectomy lower extremity neuropathic pain different from the preoperative complaint // *Asian Spine J*. 2018. Vol. 12, № 6. P. 1043–1052. doi: 10.31616/asj.2018.12.6.1043

MRI follow-up. *Bone Jt J*. 2022;104B(12):1343–1351. doi: 10.1302/0301-620X.104B12.BJJ-2022-0340.R1

6. Yamamoto T, Yagi M, Suzuki S, et al. Multilevel Decompression Surgery for Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis Is Similarly Effective with Single-level Decompression Surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022;47(24):1728–1736. doi: 10.1097/BRS.0000000000004447

7. Hu Y, Fu H, Yang D, Xu W. Clinical efficacy and imaging outcomes of unilateral biportal endoscopy with unilateral laminotomy for bilateral decompression in the treatment of severe lumbar spinal stenosis. *Front Surg*. 2023;9:1061566. doi: 10.3389/fsurg.2022.1061566

8. Mayer HM, List J, Korge A, Wiechert K. Microsurgery of acquired degenerative lumbar spinal stenosis. Bilateral over-the-top decompression through unilateral approach. *Orthopade*. 2003;32(10):889–895. doi: 10.1007/S00132-003-0536-9

9. Leonova ON, Baikov ES, Krutko AV. Minimal clinically important difference as a method for assessing the effectiveness of spinal surgery using scales and questionnaires: non-systematic

- literature review. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2022;19(4):60–67. doi: 10.14531/SS2022.4.60-67
10. Mohsinaly Y, Boissiere L, Maillot C, Pesenti S, Le Huec JC. Treatment of lumbar canal stenosis in patients with compensated sagittal balance. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2021;107(7):102861. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102861
11. Singh S, Shahi P, Asada T, et al. Poor muscle health and low preoperative ODI are independent predictors for slower achievement of MCID after minimally invasive decompression. *Spine J*. 2023;23(8):1152–1160. doi: 10.1016/J.SPINEE.2023.04.004
12. Pfirrmann CWA, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(17):1873–1878. doi: 10.1097/00007632-200109010-00011
13. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: Assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988;166(1 Pt 1):193–199. doi: 10.1148/radiology.166.1.3336678
14. Rajasekaran S, Venkatadass K, Naresh Babu J, Ganesh K, Shetty AP. Pharmacological enhancement of disc diffusion and differentiation of healthy, ageing and degenerated discs: Results from in-vivo serial post-contrast MRI studies in 365 human lumbar discs. *Eur Spine J*. 2008;17(5):626–643. doi: 10.1007/s00586-008-0645-6
15. Schizas C, Theumann N, Burn A, et al. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(21):1919–1924. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d359bd
16. Kitab S, Habboub G, Abdulkareem SB, Alimidhatti MB, Benzal E. Redefining lumbar spinal stenosis as a developmental syndrome: Does age matter? *J Neurosurg Spine*. 2019;31(3):357–365. doi: 10.3171/2019.2.SPINE181383
17. Fan N, Yuan S, Du P, et al. Complications and risk factors of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy in the treatment of lumbar spinal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021;22(1):1041. doi: 10.1186/s12891-021-04940-z
18. Minetama M, Kawakami M, Teraguchi M, et al. Endplate defects, not the severity of spinal stenosis, contribute to low back pain in patients with lumbar spinal stenosis. *Spine J*. 2022;22(3):370–378. doi: 10.1016/j.spinee.2021.09.008
19. Kulkarni AG, Das S. Feasibility and Outcomes of Tubular Decompression in Extreme Stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020;45(11):E647–E655. doi: 10.1097/BRS.0000000000003359
20. Jensen OK, Nielsen CV, Sørensen JS, Stengaard-Pedersen K. Type 1 Modic changes was a significant risk factor for 1-year outcome in sick-listed low back pain patients: A nested cohort study using magnetic resonance imaging of the lumbar spine. *Spine J*. 2014;14(11):2568–2581. doi: 10.1016/j.spinee.2014.02.018
21. Sheng-yun L, Letu S, Jian C, et al. Comparison of modic changes in the lumbar and cervical spine, in 3167 patients with and without spinal pain. *PLoS One*. 2014;9(12):e114993. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0114993
22. Lambrechts MJ, Issa TZ, Toci GR, et al. Modic Changes of the Cervical and Lumbar Spine and Their Effect on Neck and Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine Journal*. 2022;13(5):1405–1417. doi: 10.1177/21925682221143332
23. Aaen J, Banitalebi H, Austevoll IM, et al. The association between preoperative MRI findings and clinical improvement in patients included in the NORDSTEN spinal stenosis trial. *Eur Spine J*. 2022;31(10):2777–2785. doi: 10.1007/S00586-022-07317-5
24. Chen L, Battié MC, Yuan Y, Yang G, Chen Z, Wang Y. Lumbar vertebral endplate defects on magnetic resonance images: prevalence, distribution patterns, and associations with back pain. *Spine J*. 2020;20(3):352–360. doi: 10.1016/j.spinee.2019.10.015
25. Lawan A, Crites Videman J, Battié MC. The association between vertebral endplate structural defects and back pain: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2021;30(9):2531–2548. doi: 10.1007/s00586-021-06865-6
26. Khalepa RV, Klimov VS, Rzaev JA, Vasilenkoll, Konev EV, Amelina EV. Surgical treatment of elderly and senile patients with degenerative central lumbar spinal stenosis. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2018;15(3):73–84. doi: 10.14531/SS2018.3.73-84
27. Grin AA, Nikitin AS, Kalandari AA, et al. Interlaminar decompression for patients with degenerative lumbar stenosis. Literature review and results of a prospective study. *Neyrokhirurgiya*. 2019;21(4):57–66. doi: 10.17650/1683-3295-2019-21-4-57-66
28. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, Barrey C, Faundez A. Sagittal balance of the spine. *Eur Spine J*. 2019;28(9):1889–1905. doi: 10.1007/S00586-019-06083-1
29. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: A validation study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(12):1077–1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2
30. Mikhailovsky MV, Sergunin AY. Proximal Junctional Kyphosis: a Topical Problem of Modern Spine Surgery. *Hirurgia Pozvonochnika*. 2014;0(1):11–23. doi: 10.14531/SS2014.1.11-23
31. Hikata T, Watanabe K, Fujita N, et al. Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes after decompression surgery for lumbar spinal canal stenosis without coronal imbalance. *J Neurosurg Spine*. 2015;23(4):451–458. doi: 10.3171/2015.1.SPINE14642
32. Raganato R, Pizones J, Yilgor C, et al. Sagittal realignment: surgical restoration of the global alignment and proportion score parameters: a subgroup analysis. What are the consequences of failing to realign? *Eur Spine J*. 2023;32(6):2238–2247. doi: 10.1007/s00586-023-07649-w
33. Ikuta K, Sakamoto K, Hotta K, Kitamura T, Senba H, Shidahara S. Predictors for clinical outcomes of tubular surgery for endoscopic decompression in selected patients with lumbar spinal stenosis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2022;142(10):2525–2532. doi: 10.1007/S00402-021-03845-9
34. Knio ZO, Schallmo MS, Wesley H, et al. Unilateral Laminotomy with Bilateral Decompression: A Case Series Studying One- and Two-Year Outcomes with Predictors of Minimal Clinical Improvement. *World Neurosurg*. 2019;131:e290–e297. doi: 10.1016/J.WNEU.2019.07.144
35. Goyal DK., Divi SN, Bowles DR, et al. Does Smoking Affect Short-Term Patient-Reported Outcomes After Lumbar Decompression? *Glob Spine J*. 2021;11(5):727–732. doi: 10.1177/2192568220925791
36. Costelloe CC, Burns S, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. An Analysis of Predictors of Persistent Postoperative Pain in Spine Surgery. *Curr Pain Headache Rep*. 2020;24(4):11. doi: 10.1007/s11916-020-0842-5
37. Holbert SE, Andersen K, Stone D, Pipkin K, Turcotte J, Patton C. Social Determinants of Health Influence Early Outcomes Following Lumbar Spine Surgery. *Ochsner J*. 2022; 22(4):299–306. doi: 10.31486/toj.22.0066
38. Vieira ASM, Baptista AF, Mendes L, et al. Impact of neuropathic pain at the population level. *J Clin Med Res*. 2014;6(2):111–9. doi: 10.14740/JOCMR1675W
39. Hiyama A, Katoh H, Nomura S, Sakai D, Watanabe M. The Effect of Preoperative Neuropathic Pain and Nociceptive Pain on Postoperative

Pain Intensity in Patients with the Lumbar Degenerative Disease Following Lateral Lumbar Interbody Fusion. *World Neurosurg.* 2022;164:e814–e823. doi: 10.1016/j.wneu.2022.05.050

40. Vagaska E, Litavcova A, Srotova I, et al. Do lumbar magnetic resonance imaging changes predict neuropathic pain in patients with chronic non-specific low back pain? *Med (United States).* 2019;98(17):e15377. doi: 10.1097/MD.0000000000015377

41. Park SY, An HS, Moon SH, et al. Neuropathic Pain Components in Patients with Lumbar Spinal Stenosis. *Yonsei Med J.* 2015;56(4):1044–1050. doi: 10.3349/YMJ.2015.56.4.1044

42. Boakye LAT, Fourman MS, Spina NT, Laudermitch D, Lee JY. 'Post-decompressive neuropathy': New-onset post-laminectomy lower extremity neuropathic pain different from the preoperative complaint. *Asian Spine J.* 2018;12(6):1043–1052. doi: 10.31616/asj.2018.12.6.1043

ОБ АВТОРАХ

Крутько Александр Владимирович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-2570-3066/;
eLibrary SPIN: 8006-6351;
e-mail: ortho-ped@mail.ru

Назаренко Антон Герасимович, д-р мед. наук,
профессор РАН;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: anazarenko@mail.ru

* **Балычев Глеб Евгеньевич**;
адрес: Россия, 115172, Москва, Новоспасский пер., 9;
ORCID: 0000-0001-7884-6258;
eLibrary SPIN: 9647-8748;
e-mail: balichev.gleb@gmail.com

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

Леонова Ольга Николаевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9916-3947;
eLibrary SPIN: 4907-0634;
e-mail: onleonova@gmail.com

AUTHORS' INFO

Aleksandr V. Krutko, MD, Dr Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-2570-3066/;
eLibrary SPIN: 8006-6351;
e-mail: ortho-ped@mail.ru

Anton G. Nazarenko, MD, Dr Sci. (Med.),
professor of Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-1314-2887;
eLibrary SPIN: 1402-5186;
e-mail: anazarenko@mail.ru

* **Gleb E. Balychev**;
address: 9 Novospasskiy per., 115172 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0001-7884-6258;
eLibrary SPIN: 9647-8748;
e-mail: balichev.gleb@gmail.com

Evgenii S. Baykov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-4430-700X;
eLibrary SPIN: 5367-5438;
e-mail: Evgen-bajk@mail.ru

Olga N. Leonova, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: 0000-0002-9916-3947;
eLibrary SPIN: 4907-0634;
e-mail: onleonova@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author