

Эндоскопическая и микрохирургическая дискэктомия на поясничном уровне. Сравнение клинических и экономических результатов

Халепа Р.В.^{1,2,✉}, Амелина Е.В.³, Кубецкий Ю.Е.¹, Петренко М.А.¹, Агагельдыев С.³

¹Федеральный центр нейрохирургии, ул. Немировича-Данченко, 132/1, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630087

²Новосибирский государственный медицинский университет, Красный просп., 52, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630091

³Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, ул. Пирогова, 2, г. Новосибирск, Российская Федерация, 630090

Резюме

Цель исследования. Сравнить клиническую эффективность, сроки восстановления трудоспособности, экономическую эффективность эндоскопической и микрохирургической дискэктомии.

Материалы и методы. Ретроспективное моноцентровое внутрикогортное исследование включало 30 пациентов (15 – с эндоскопической дискэктомией, 15 – с микродискэктомией). Оценивали болевой синдром по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), индекс ODI (Oswestry Disability Index), минимальную клинически значимую разницу (MCID, minimal clinically important difference), длительность операции, сроки приема анальгетиков, нетрудоспособности и стоимость лечения и сравнивали эти показатели в двух группах пациентов.

Результаты. В раннем послеоперационном периоде и через 1 месяц показатели боли по ВАШ и индекс ODI были статистически значимо лучше в группе эндоскопической дискэктомии ($p < 0,01$). Через 3 месяца боль после эндоскопического вмешательства была статистически значимо меньше. Через 12 месяцев статистически значимых различий боли и физической активности не выявлено. Срок нетрудоспособности был меньше после эндоскопических операций ($p = 0,033$). Стоимость лечения для медицинского учреждения была выше при использовании эндоскопического метода ($p < 0,00001$). С учетом сроков временной нетрудоспособности, дополнительных затрат бюджета и недополученных поступлений стоимость обеих методик сопоставима.

Заключение. Эндоскопическая дискэктомия в период до 3 месяцев имеет преимущество перед микродискэктомией за счет меньшего болевого синдрома и большей физической активности, меньшего срока нетрудоспособности, однако в отдаленные сроки результаты сопоставимы с микродискэктомией при более высокой стоимости эндоскопического метода для медицинского учреждения. Однако, учитывая непрямые расходы, связанные с нетрудоспособностью, стоимость обеих методик сопоставима.

Ключевые слова: грыжа межпозвонкового диска, эндоскопическая дискэктомия, микродискэктомия

Для цитирования: Халепа Р.В., Амелина Е.В., Кубецкий Ю.Е., Петренко М.А., Агагельдыев С. Эндоскопическая и микрохирургическая дискэктомия на поясничном уровне. Сравнение клинических и экономических результатов. Сибнейро. 2026; 2(3): 38–50. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.3.38-50>

Вклад авторов

Халепа Р.В. – разработка концепции, методология, создание черновика рукописи, создание рукописи и ее редактирование, визуализация, администрирование проекта.

Амелина Е.В. – методология, верификация данных, формальный анализ, администрирование данных, создание рукописи и ее редактирование, визуализация.

Кубецкий Ю.Е. – верификация данных, ресурсы.

Петренко М.А. – верификация данных, формальный анализ, ресурсы, администрирование данных.

Агагельдыев С. – проведение исследования, создание черновика рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проведено без привлечения какой-либо финансовой поддержки.

Использование ИИ. При написании статьи технологии искусственного интеллекта не использовались.

Доступность данных. Данные доступны по запросу к автору статьи, ответственному за переписку.

Соблюдение прав пациентов и биоэтики. Пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию данных. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Федерального центра нейрохирургии (протокол заседания локального комитета по этике № 8 от 09.09.2025).

Поступила: 09.04.2026

Принята к печати: 06.08.2026

Опубликована: 25.09.2026

Endoscopic and microscopic lumbar discectomy: A comparative study of clinical end cost efficacy

Roman V. Khalepa^{1,2,*}, Evgeniya V. Amelina³, Yuliy E. Kubetskiy¹, Marina A. Petrenko¹,
Serdar Agageldyev³

¹Federal Neurosurgical Center, Nemirovicha-Danchenko str., 132/1, Novosibirsk, Russian Federation, 630087

²Novosibirsk State Medical University, Krasny ave., 52, Novosibirsk, Russian Federation, 630091

³Novosibirsk National Research State University, Pirogova str., 2, Novosibirsk, Russian Federation, 630090

Abstract

The aim. To compare clinical efficacy, recovery time (return to work), and cost-effectiveness of endoscopic versus microsurgical discectomy.

Materials and methods. This retrospective single-center study included 30 patients (15 patients underwent endoscopic discectomy, 15 – microdiscectomy). Assessment parameters included visual analogue scale (VAS) pain scores, Oswestry Disability Index (ODI), minimal clinically important difference (MCID), operative time, duration of analgetic use, length of disability, and treatment costs.

Results. In the early postoperative period and at 1-month follow-up, VAS pain and ODI scores were significantly better in the endoscopy group ($p < 0.01$). At 3 months, these differences partially persisted. By 12 months, no statistically significant differences were observed. The period of disability was shorter in the endoscopy group ($p = 0.033$). However, the cost of treatment was significantly higher for endoscopic procedures ($p < 0.00001$).

Conclusion. Endoscopic discectomy provides an advantage over microdiscectomy for up to 3 months due to less pain and more physical activity, shorter duration of disability, however, in the long term, the results are comparable to microdiscectomy at a higher cost of the endoscopic method for a medical institution, but taking into account the indirect costs associated with disability, the cost of both techniques is comparable. But considering the indirect costs associated with disability, the cost of both methods is comparable.

Keywords: intervertebral disc herniation, endoscopic discectomy, microdiscectomy

For citation: Khalepa R.V., Amelina E.V., Kubetskiy Yu.E., Petrenko M.A., Agageldyev S. Endoscopic and microscopic lumbar discectomy: A comparative study of clinical end cost efficacy. *Sibneuro*. 2026; 2(3): 38–50. <https://doi.org/10.64265/3033-649X-2026.2.3.38-50>

Authors' contribution

Khalepa R.V. – conceptualization, methodology, writing – original draft, writing – review & editing, visualization, project administration.

Amelina E.V. – methodology, validation, formal analysis, data curation, writing – review & editing, visualization.

Kubetskiy Yu.E. – validation, resources.

Petrenko M.A. – validation, formal analysis, resources, data curation.

Agageldyev S. – investigation, writing – original draft.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure. The study was carried out without any financial support.

Use of AI. No AI technologies were used in the writing of this article.

Data availability. The data are available upon reasonable request from the corresponding author.

Compliance with patient rights and bioethics. The patients signed an informed consent form to participate in the study and to have their data published. The study was approved by the local ethics committee of the Federal Neurosurgical Center (Protocol No. 8 dated 09.09.2025).

Received: 09.04.2026

Accepted: 06.08.2026

Published: 25.09.2026

Актуальность

Грыжи межпозвоночных дисков поясничного отдела позвоночника являются одной из наиболее частых причин хирургических вмешательств [1, 2]. «Золотым стандартом» хирургического лечения грыж дисков на поясничном уровне является микрохирургическая дискэктомия, зарекомендовавшая себя как эффективный и безопасный метод [1, 3, 4]. В настоящее время общим трендом является минимизация хирургической агрессии с це-

лью уменьшения длины разреза, травмы мягких тканей, кровопотери, сокращения пребывания пациентов в стационаре, уменьшения количества осложнений [5]. Таким требованиям удовлетворяет монопортальная перкутанная эндоскопическая поясничная дискэктомия, впервые выполненная Р. Камбин в 1991 г. [6], приобретающая все большую популярность [1, 7, 8]. С тех пор проведено множество исследований, в том числе систематических обзоров и метаанализов, сравни-

вающих эти два метода, однако результаты и заключения остаются противоречивыми [2]. Отечественных литературных источников, сравнивающих клинические результаты поясничной микродискэктомии и эндоскопической дискэктомии, найдено всего два [9, 10], к тому же здесь не затронуты вопросы стоимости этих методов, что также важно учитывать в сравнении.

Целью нашего исследования является сравнение клинических результатов, длительности приема обезболивающих препаратов, сроков нетрудоспособности и стоимости выполнения обеих методик.

Материалы и методы

Дизайн исследования: ретроспективное моноцентровое внутрикогортное сравнение двух групп пациентов.

В исследование включено 30 пациентов с грыжами межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночника, оперированных в спинальном нейрохирургическом отделении Федерального центра нейрохирургии (Новосибирск) с 2023 по 2024 г.

Критерием включения было наличие клинически значимого корешкового болевого синдрома на фоне грыжи межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника. Также в исследование включены пациенты, лечение которых не сопровождалось осложнениями.

Критерии исключения: сегментарная нестабильность; спондилолистез; сколиотическая деформация позвоночника (угол Кобба > 10°); нарушения сагиттального баланса, требующие его коррекции; травма или инфекция позвоночника в анамнезе; перенесенные хирургические вмешательства на позвоночнике; осложнения, полученные в результате хирургического вмешательства.

В 15 случаях провели эндоскопическое удаление грыжи диска (группа пациентов 1) и в 15 – микрохирургическое (группа пациентов 2).

Показаниями к операции служили моно-радикулярный компрессионный синдром, корешковая боль, обусловленные заднебоковой грыжей межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника, выявленной по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ), и неэффективность консервативных методов лечения в течение 6 недель. Выбор метода удаления грыжи диска основывался на плотности грыжи диска – при выявлении оссификатов предпочтение отдавалось микродискэктомии.

Средний возраст пациентов, оперированных с применением эндоскопической техники, составил 42 (30–64) года; пациентов, оперированных микрохирургически, – 46 (23–75) лет.

До и после операции оценивали интенсивность боли в спине и нижних конечностях (по 10-балльной визуальной аналоговой шкале (ВАШ)), физическую активность по индексу инвалидности Освестри (ODI, Oswestry Disability Index). Сравнили длительность хирургического вмешательства. Также оценивали длительность приема обезболивающих препаратов, срок нетрудоспособности, стоимость проведенного лечения в стационаре.

Всем поступившим пациентам выполняли МРТ, спиральную компьютерную томографию (СКТ), обзорную и функциональную поясничную спондилографию. По данным МРТ и СКТ оценивали наличие грыжи межпозвонкового диска и наличие оссификатов. По функциональным рентгенограммам подтверждали отсутствие нестабильности позвоночно-двигательных сегментов.

Клиническую эффективность хирургического лечения оценивали по критерию минимальной клинически значимой разницы (MCID, minimal clinical important difference), который имеет следующие референсные значения для дегенеративной патологии позвоночника: ODI – 12,8; ВАШ (нижние конечности) – 1,6; ВАШ (спина) – 1,2 [11–13].

Результаты хирургического лечения изучали через 1 день, 1, 3 и 12 месяцев после проведенного оперативного вмешательства. В раннем послеоперационном периоде (1 день после операции) оценивали только болевой синдром, так как ODI из-за ограничений физической активности адекватно оценить не было возможно. В группе микрохирургических вмешательств в период 12 месяцев после операции данные были доступны только по 14 пациентам.

Стоимость хирургического лечения складывалась из средней стоимости трудозатрат и заработной платы с отчислениями операционной бригады, стоимости расходных материалов, амортизации оборудования, инструментов, применяемых при микрохирургическом и эндоскопическом вмешательствах. Стоимость инструментов и оборудования, расходных материалов оценивалась в актуальных ценах на них в 2025 г. Сумму амортизации оборудования, используемого при оказании эндоскопических и микрохирургических вмешательств, определяли исходя из балансовой стоимости основных средств – особо ценного движимого имущества учреждения (счет

101.20) и срока полезного использования. Суммой амортизации считали часть стоимости основного средства, списываемой в расходы для возмещения износа.

Расчет стоимости услуг выполнен с применением методологического подхода к расчету стоимости платных медицинских услуг, оказываемых в Федеральном центре нейрохирургии (Новосибирск), без применения коэффициентов приведения, к которым относят коэффициент-дефлятор (корректирует цены с учетом инфляции) и индекс дисконта (уменьшает будущую стоимость к текущей); для анализа использовали фактические данные.

При оценке снижения поступлений налоговых выплат в бюджет и страховых взносов в бюджет и Социальный фонд России использовались следующие данные: среднемесячная выплата по больничному листу была принята как средняя заработная плата по региону за 2024–2025 гг., средняя заработная плата для оценки налоговых выплат и страховых взносов принималась на уровне средней по региону в 2025 г. Процент по НДФЛ принимался равным 13 %, по страховым взносам – 30 %.

Хирургическая техника

Все хирургические вмешательства выполняли на раме Wilson в положении пациента на животе, позволяющем избежать сдавления живота. Микрохирургическую декомпрессию проводили с использованием операционного микроскопа кратностью увеличения от $\times 2$ до $\times 4$. С помощью бора высокоскоростной дрели при необходимости резецировали смежные края пластин дуг и частично – медиальные отделы гомолатерального дугоотростчатого сустава. Затем удаляли желтую связку. В эпидуральном пространстве идентифицировали корешок, дуральный мешок, которые ретрактором смещали медиально и далее удаляли грыжевидное выпячивание межпозвонкового диска. Критерием выполненной декомпрессии считали визуализацию свободного края корешка, подвижность и появление его пульсации.

Эндоскопическое удаление грыжи диска проводили под флюороскопическим контролем, устанавливая рабочую канюлю и эндоскоп через треугольник Камбина трансфораминально в эпидуральное пространство по методике Outside-In. Далее проводилась перфорация фиброзного кольца электрокоагулятором и удалялась грыжа диска. Критерием выполненной декомпрессии корешка считали появление свободного пространства

под корешком, его пульсацию и свободную флотацию в жидкости. Операцию проводили в водной среде при непрерывной ирригации физиологическим раствором NaCl.

Статистический анализ

Числовые данные в статье, отражающие результаты исследований, представлены в виде среднего/медианы и нижнего и верхнего квартилей, что связано с отрицательными результатами тестов проверки гипотез о нормальности распределения для большинства параметров (тест Шапиро – Уилка, анализ гистограмм). Для сравнения независимых выборок применяли непараметрический двусторонний критерий Манна – Уитни. Для сравнения зависимых выборок (данные до и после вмешательства) применяли двусторонний критерий Уилкоксона. За уровень статистической значимости принимали $p = 0,05$. Расчеты проводили с использованием программного обеспечения R версии 4.0.5.

Результаты

При поступлении у всех пациентов была боль корешкового характера, обусловленная грыжей межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночника. До операции боль в спине и ODI были сопоставимыми, однако боль в ноге в группе пациентов 1 была статистически значимо больше в сравнении с таковой в группе 2 (Таблица 1).

На следующий день после операции боль в спине и ноге была статистически значимо меньше у пациентов, оперированных эндоскопически, в сравнении с пациентами, оперированных микрохирургически. Через 1 месяц показатели боли были также статистически значимо меньше, и физическая активность ODI была выше в группе 1 по сравнению с группой 2. Через 3 месяца боль в ноге и спине уже была сравнимой, а физическая активность ODI также сохраняла статистически значимо лучшие значения в эндоскопической группе пациентов. Через 1 год после операции боль в спине и ноге и физическая активность ODI не имели статистически значимой разницы (Таблица 2).

Эффективность вмешательства предлагается оценить с помощью MCID. Хирургическое лечение в обеих группах пациентов привело к статистически значимому клиническому улучшению – клинически значимо уменьшилась боль в спине и нижней конечности, улучшилась физическая активность. Пороговые показатели MCID для дегенеративной пато-

логии позвоночника составляют: ODI – 12,8; ВАШ (нижние конечности) – 1,6; ВАШ (спина) – 1,2. Поскольку клиническая значимость оценивается как отношение изменение основных показателей к пороговой величине MCID, то статистически значимое улучшение достигается при показателе больше единицы. Далее в таблице приведена оценка изменения основных показателей, отнесенных к величине MCID (Таблица 3; Рисунок 1).

Динамика боли по ВАШ и физической активности ODI, отнесенная к уровню MCID, представлена на Рисунке 1. Проведенные операции клинически эффективны в обеих группах пациентов (Рисунок 1).

После операции длительность нетрудоспособности пациентов, прооперированных эндоскопически, была статистически значимо меньше, чем у пациентов, оперированных микрохирургически. Длительность приема обезболивающих препаратов после операции меньше в эндоскопической группе, однако эта разница оказалась статистически не значимой (Таблица 4).

Стоимость эндоскопических вмешательств с учетом трудозатрат операционной бригады, их заработной платы, расходных материалов, медикаментов, стоимости и амортизации инструментов, оборудования оказалась статистически значимо выше, чем аналогичный показатель для микрохирургических вмешательств. Стоимость трудозатрат операционной бригады и пребывания в стационаре у пациентов обеих групп оказалась практически одинаковой. Стоимость расходных материалов при выполнении эндоскопических вмешательств выше за счет использования специфических для этих операций алмазных фрез, корончатых римеров, игл Jamshidi. Но стоимость эндоскопического оборудования и инструментов (эндоскопическая стойка с оборудованием, канюли, грасперы, оптика, световод, головка камеры) статистически значимо выше, чем микрохирургического (микроскоп, набор инструментов для микродискэктомии). Стоимость услуг, расходных материалов, оборудования, амортизация отражены в Таблицах 5–7.

Таблица 1. Предоперационные показатели визуальной аналоговой шкалы и индекса инвалидности Освестри в группах пациентов. Источник: составлено авторами

Table 1. Preoperative visual analogue scale and Oswestry disability index scores in studied groups. Source: created by the authors

Показатели	Значения показателей, М/Ме (Q1; Q3)		
	Эндоскопическая дискэктомия (n = 15)	Микродискэктомия (n = 15)	p
ВАШ, боль в ноге	7,07/7,5 (6; 8)	5,8/6 (5; 6,5)	0,0241
ВАШ, боль в спине	5,13/5 (3,5; 8)	5,73/6 (6; 6)	0,534
ODI	47,47/48 (41; 53)	42,67/42 (37; 47)	0,145

Примечание: ВАШ – визуальная аналоговая шкала; ODI – индекс инвалидности Освестри (Oswestry Disability Index)

Note: ВАШ – visual analogue scale; ODI – Oswestry Disability Index

Таблица 2. Показатели визуальной аналоговой шкалы и индекса инвалидности Освестри в группах оперированных пациентов через 1 день, 1 и 3 месяца и 1 год после операции. Источник: составлено авторами

Table 2. Visual analogue scale and Oswestry Disability Index scores in groups of operated patients 1 day, 1 and 3 months, and 1 year after surgery. Source: created by the authors

Показатели	Значения показателей, М/Ме (Q1; Q3)		
	Эндоскопическая дискэктомия (n = 15)	Микродискэктомия (n = 15)	p
1 день после операции			
ВАШ, боль в ноге	0/0 (0; 0)	1,07/0 (0; 2)	0,00339
ВАШ, боль в спине	0,93/0 (0; 2)	3,07/4 (2; 4)	0,0000921
1 месяц после операции			
ВАШ, боль в ноге	0,67/0 (0; 0)	2,93/2 (2; 3,5)	0,00085
ВАШ, боль в спине	0,13/0 (0; 0)	3,67/4 (2; 4,5)	0,00000695
ODI	8/6 (4; 8)	20,67/16 (9; 27)	0,00155
3 месяца после операции			
ВАШ, боль в ноге	0,87/0 (0; 0)	1,4/0 (0; 2)	0,305
ВАШ, боль в спине	0,27/0 (0; 0)	2,6/2 (0; 5)	0,00329
ODI	4,8/4 (0; 5)	13,47/8 (4; 19)	0,0234
1 год после операции			
ВАШ, боль в ноге	0,27/0 (0; 0)	1/0 (0; 1)	0,181
ВАШ, боль в спине	1,07/0 (0; 2,5)	2,43/1,5 (0; 3,75)	0,258
ODI	2,53/0 (0; 5)	12,86/4 (0; 16)	0,155

Примечание: ВАШ – визуальная аналоговая шкала; ODI – индекс инвалидности Освестри (Oswestry Disability Index)

Note: ВАШ – visual analogue scale; ODI – Oswestry Disability Index

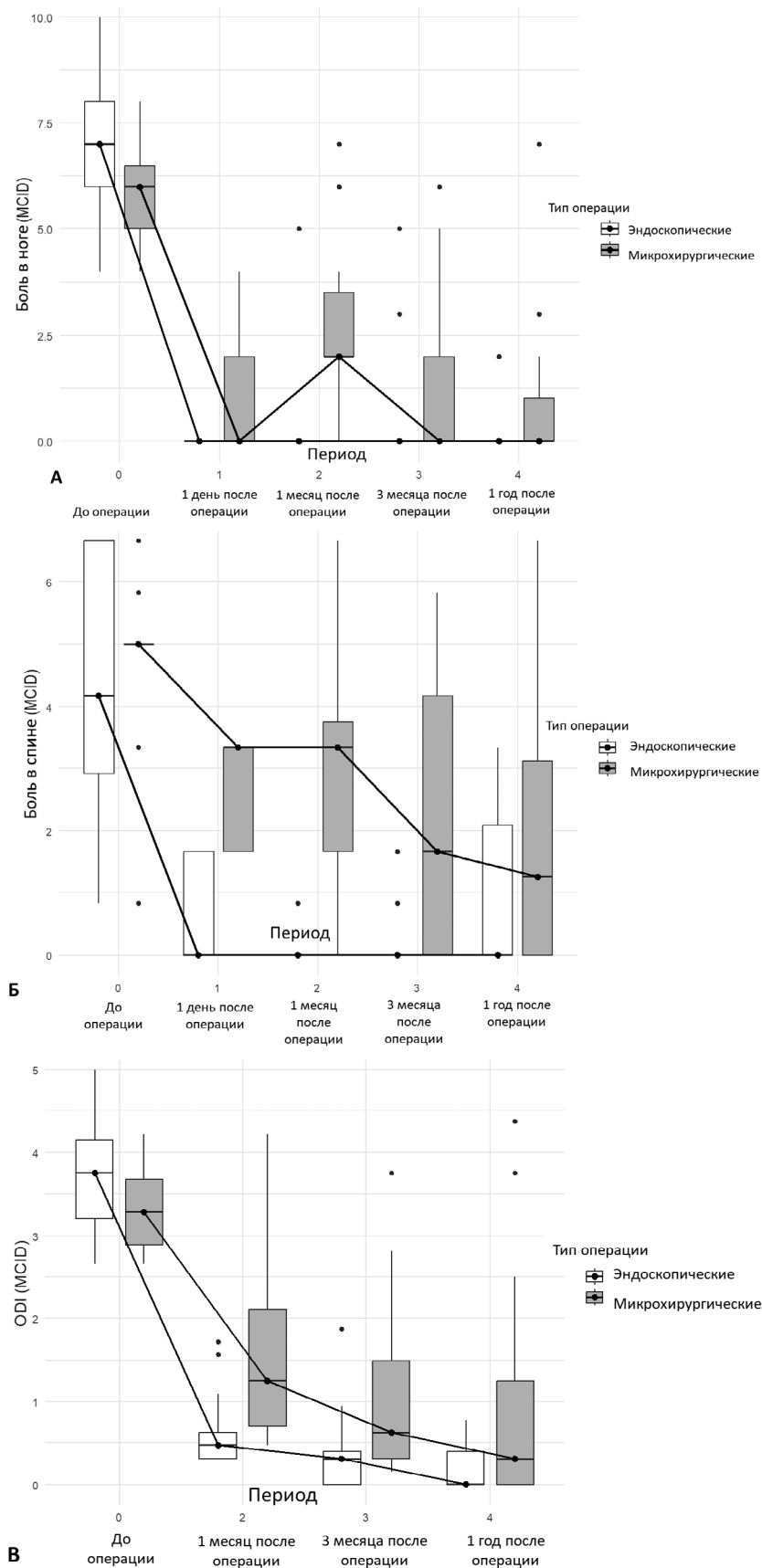


Рисунок 1. Клиническая эффективность, выраженная в минимальной клинически значимой разнице (MCID, minimal clinically important difference), для значений визуально-аналоговой шкалы для боли в ноге (А) и спине (Б) и для индекса инвалидности Освестри (ODI, Oswestry Disability Index) (В). Источник: составлено авторами

Figure 1. Clinical efficacy, expressed as minimal clinically important difference (MCID) for visual analogue scale scores for leg (А) and back pain (Б) and for the Oswestry Disability Index (ODI) (В). Source: created by the authors

Таблица 3. Эффективность проведенных вмешательств, выраженная в показателе минимальной клинически значимой разницы (отношение изменения показателей к величине MCID). Источник: составлено авторами

Table 3. The effectiveness of the interventions, expressed as the minimal clinically important difference (the ratio of the change in indicators to the MCID value). Source: created by the authors

Показатели	Значения разности показателей до и после операции (MCID), М/Ме (Q1; Q3) / % пациентов, у которых изменение превысило уровень MCID	
	Эндоскопическая дискэктомия (n = 15)	Микродискэктомия (n = 15)
1 день после операции		
ВАШ, боль в ноге	4,4/4,4 (3,8; 5) / 100 %	3/2,5 (2,5; 3,8) / 87 %
ВАШ, боль в спине	3,5/3,3 (1,7; 5) / 100 %	2,2/1,7 (1,7; 3,3) / 87 %
1 месяц после операции		
ВАШ, боль в ноге	4/4,4 (3,8; 5) / 93 %	1,8/1,9 (1,2; 2,5) / 80 %
ВАШ, боль в спине	4,2/4,2 (2,5; 6,7) / 87 %	1,7/1,7 (0,8; 2,9) / 60 %
ODI	3,1/3,3 (2,7; 3,5) / 100 %	1,7/2,2 (0,9; 2,6) / 73 %
3 месяца после операции		
ВАШ, боль в ноге	3,8/4,4 (3,1; 5) / 93 %	2,8/3,1 (2,2; 3,8) / 87 %
ВАШ, боль в спине	4,1/4,2 (2,5; 6,2) / 80 %	2,6/2,5 (0,8; 3,8) / 67 %
ODI	3,3/3,4 (2,7; 3,8) / 100 %	2,3/2,5 (2; 2,7) / 93 %
1 год после операции		
ВАШ, боль в ноге	4,2/4,4 (3,8; 5) / 100 %	3/3,4 (2,5; 3,8) / 93 %
ВАШ, боль в спине	3,4/3,3 (1,7; 4,6) / 80 %	2,7/3,3 (1,2; 4,8) / 71 %
ODI	3,5/3,3 (3,1; 4,1) / 100 %	2,3/2,8 (1,9; 3) / 86 %

Примечание: MCID – минимальная клинически значимая разница (minimal clinically important difference); ВАШ – визуальная аналоговая шкала; ODI – индекс инвалидности Освестри (Oswestry Disability Index)

Note: MCID – minimal clinically important difference; ВАШ – visual analogue scale; ODI – Oswestry Disability Index

Таблица 4. Длительность приема обезболивающих препаратов и нетрудоспособности в группах оперированных пациентов. Источник: составлено авторами

Table 4. Duration of pain medication use and disability in groups of surgical patients. Source: created by the authors

Показатели	Значения показателей, М/Ме (Q1; Q3)		
	Эндоскопическая дискэктомия (n = 15)	Микродискэктомия (n = 15)	p
Длительность приема обезболивающих препаратов (недели)	1,9/0 (0; 1,5)	4,5/0,5 (0; 7,5)	0,271
Длительность нетрудоспособности (недели)	7,4/8 (3,5; 12)	12,5/12 (8; 15)	0,03356

Видно, что стоимость эндоскопических операций существенно выше для клиники. Однако если оценивать данную ситуацию с позиции всех бюджетных затрат и недополученных поступлений, то картина не столь однозначная.

При оценке стоимости лечения (кроме затрат клиники) использовался следующий расчет. Для пациентов допенсионного возраста использовалась следующая формула: стоимость лечения = оценка выплат по больничному листу + оценка недополученных в фонд социального страхования отчислений + оценка недополученного НДФЛ = количество дней нетрудоспособности × среднедневная зарплата по региону за последние 2 года + количество дней нетрудоспособности × среднедневная зарплата по региону за 2025 г. × 30 % (ставка страховых отчислений) + количество дней нетрудоспособности × (среднедневная зарплата по региону за 2025 г. – среднедневная зарплата по региону за последние 2 года) × 13 % (ставка НДФЛ). Для пациентов пен-

сионного возраста дополнительные затраты бюджета и недополученные поступления считались равными 0.

В этом случае полная стоимость лечения с применением эндоскопического подхода составила 337 682,5/339 453,1 (235 752,9; 441 335), лечения с применением микрохирургии – 344 432,5/337 520,6 (186 680,5; 434 773,3) ($p = 0,93$).

Таким образом, у пациентов эндоскопической группы в сравнении с пациентами микрохирургической группы в ближайшем послеоперационном периоде и в срок до 3 месяцев боль в спине и ноге статистически значимо меньше, физическая активность ODI статистически значимо лучше, а сроки нетрудоспособности статистически значимо меньше. Однако через год показатели боли и физической активности в обеих группах сопоставимы. Для медицинского учреждения стоимость эндоскопического хирургического вмешательства статистически значимо больше, чем микрохирургического.

Таблица 5. Стоимость услуги в медицинском учреждении с учетом материальных затрат и трудозатрат, руб. Источник: составлено авторами

Table 5. Cost of services in a medical institution, taking into account material costs and labor costs, rubles. Source: created by the authors

Направление затрат	Эндоскопические операции (руб.)	Микрохирургические операции (руб.)
Затраты за минуту		
Хирурги (заработная плата с отчислениями)	107,58	107,58
Операционная бригада (заработная плата с отчислениями)	53,78	53,78
Косвенные затраты	247,87	247,87
Амортизация	9,15	6,58
Итого на 1 мин	418,38	415,80
Затраты на операцию		
Операционная бригада, введение и выведение из наркоза, дополнительно 30 мин	1613,48	1613,48
Косвенные затраты на дополнительные 30 минут	2478,46	2478,46
Материалы на операцию	102 310,99	31 562,14
Цена койко-дня	4300	4300
Итоговая стоимость, М/Ме (Q1; Q3)		
	152 742/152 889,2 (142 487,9; 162 535,1)	87 092/88 481,41 (77 802,3; 90 560,4)
Стоимость (руб.)	$p < 0,00001$	

Примечание: стоимость вмешательства = длительность вмешательства (мин) × стоимость минуты + затраты на операцию + число койко-дней × стоимость койко-дня

Note: cost of intervention = duration of intervention (min) × cost per minute + cost of surgery + number of hospital days × cost per hospital day

Таблица 6. Фактическая стоимость материальных затрат на услугу, амортизация оборудования. Источник: составлено авторами

Table 6. Actual cost of material costs for the service, equipment depreciation. Source: created by the authors

Услуга	Среднее время на 1 операцию, мин	Стоимость материальных затрат, руб.	в том числе Материальные затраты*, руб.	Амортизация оборудования**, руб./мин
Эндоскопические вмешательства	59	39 696	38 623	9,15
Микрохирургические вмешательства	72	23 513	22 328	6,58

Примечание: * – затраты на приобретение материальных запасов, полностью потребляемых в процессе оказания услуги, рассчитываются как сумма произведений средних цен на материальные запасы на объем их потребления; ** – сумма амортизации оборудования, используемого при оказании услуги определяется исходя из балансовой стоимости основных средств – особо ценного движимого имущества учреждения и среднего срока полезного использования; сумма амортизации – это часть стоимости основного средства, списываемая в расходы для возмещения износа; срок полезного использования основных средств и нематериальных активов измеряется преимущественно в месяцах или годах; для перевода в минуты используются формула 7 лет × 365 дней × 24 часа × 60 минут = 3 679 200 минут

Note: * – the costs of acquiring inventories fully consumed in the process of rendering the service are calculated as the sum of the products of average prices for inventories and the volume of their consumption; ** – the amount of depreciation of equipment used in rendering the service is determined based on the book value of fixed assets – particularly valuable movable property of the institution and the average useful life; the amount of depreciation is the part of the cost of a fixed asset written off as an expense to compensate for wear and tear; the useful life of fixed assets and intangible assets is measured primarily in months or years; to convert to minutes, we used the formula 7 years × 365 days × 24 hours × 60 minutes = 3,679,200 minutes

Обсуждение

Хирургия грыж межпозвонковых дисков началась в 1908 г., когда Фред Краузе (Fred Krause) впервые трансдурально удалил грыжу диска на поясничном уровне. В дальнейшем, в 1934 г., Уильям Микстер (William Jason Mixer) и Джозеф Барр (Joseph Barr) представили работу о связи симптомов компрессии корешков с грыжами дисков. В 1938 г.

Дж. Графтон Лав (J. Grafton Love) представил технику интрааминарного экстрадурального удаления грыж дисков. С 1960-х гг. возник тренд на минимизацию хирургической агрессии, и в 1967 г. Махмут Гази Яшаргил (Mahmut Gazi Yaşargil) впервые выполнил микродискэктомию, использовав микроскоп для удаления грыжи диска. [14] С тех пор микродискэктомия стала «золотым стандартом», сохраняющим этот статус до настоящего времени [15]. Эн-

Таблица 7. Стоимость оборудования, инструментария и расходных материалов в абсолютных цифрах для эндоскопических и микрохирургических дискэктомий. Источник: составлено авторами

Table 7. Cost of equipment, instruments, and consumables in absolute figures for endoscopic and microsurgical discectomies. Source: created by the authors

Оборудование и инструменты					
Эндоскопические вмешательства			Микрохирургические вмешательства		
Наименование	Количество	Стоимость (руб.) на 2025 г.	Наименование	Количество	Стоимость (руб.) на 2025 г.
Мобильная эндоскопическая стойка TESSYS с принадлежностями, набор инструментов	1	31 209 124	Операционный микроскоп серии OPMI Vario	1	12 862 067
Шейвер эндоскопический Shrill с принадлежностями (в составе стойки)	1	относится к стойке	Электрический блок управления, моторная рукоятка и насадка Microspeed Uni XS		1 736 350
–	–	–	Коагулятор электрохирургический серия ERBE VIO 3	1	2 951 000
–	–	–	Ранорасширитель, набор по Caspar для микродискэктомии	1	539 000
Мобильная аспирационная система FINA VAC В 800	1	19 900	Мобильная аспирационная система FINA VAC В 800	1	19 900
Рентгеновский мобильный аппарат с С-дугой Arcadis Orbic 3D	1	35 604 250	Рентгеновский мобильный аппарат с С-дугой Arcadis Orbic 3D	1	35 604 250
Рукоятка скальпеля, пинцет, ножницы, иглодержатель, цапки	набор	67 736	Рукоятки скальпеля, костные выкусыватели, микрокрючки, пинцеты, ножницы, распоры, иглодержатели, канюли, крючки, цапки	набор	523 542
Всего	66 901 010			54 236 109	
Расходные материалы					
Эндоскопические вмешательства			Микрохирургические вмешательства		
Консультативно-диагностическое отделение			Консультативно-диагностическое отделение		
Лаборатория			Лаборатория		
Отделение лучевой диагностики			Отделение лучевой диагностики		
Шовный материал			Шовный материал		
Операционные расходные материалы		Всего 38 623	Операционные расходные материалы		Всего 22 328
Реанимация, анестезиология			Реанимация, анестезиология		
Перевязочные и одноразовые материалы			Перевязочные и одноразовые материалы		
Центральное стерилизационное отделение			Центральное стерилизационное отделение		
Лекарственные препараты			Лекарственные препараты		

доскопическая перкутанная хирургия грыж дисков начала развиваться с 1970 г., когда Садахиса Хидзиката (Sadahisa Hijikata) выполнил перкутанную нуклеотомию. В 1975 г. Парвиз Камбин (Parviz Kambin) описал треугольник безопасности, названный в его честь, позволяющий выполнить доступ в эпидуральное пространство трансфораминально. В 1990–2000 гг., с развитием эндоскопического инструментария и совершенствованием техники, эндоскопическая перкутанная дискэктомия

стала использоваться все шире, расширялись показания для удаления грыж дисков [16], стало появляться все больше исследований этого метода, сравнивающих его с признанным методом удаления грыж дисков – микродискэктомией [2, 17, 18], а также сравнивающих стоимость методов [19–21].

В спинальном нейрохирургическом отделении Федерального центра нейрохирургии (Новосибирск) микрохирургическая дискэктомия при грыжах дисков на поясничном уровне

не выполняется с 2013 г., эндоскопическая – с 2016 г. Небольшое количество пациентов, включенных в группы, объясняется несколькими причинами: это пациенты с симптомами компрессии одного корешка, обусловленной грыжей диска заднебоковой локализации, оперированные без осложнений одним хирургом, после пройденной «кривой обучения». Исследование не рандомизировано, так как проведено ретроспективно.

Выбор метода хирургического вмешательства определялся «консистенцией» грыжи диска: так, пациенты с «мягкой» грыжей оперировались эндоскопическим методом, а часть пациентов, у которых по данным СКТ выявлялись участки кальцификации грыжи – традиционным микрохирургическим. Такой подход, на первый взгляд, предопределяет разные клинические исходы хирургических вмешательств, однако исследования демонстрируют, что, несмотря на морфологические различия грыж, клинические исходы при кальцинированных и некальцинированных грыжах во многом сопоставимы. В частности, в сравнительных исследованиях H. Liu и соавт. и Y. Cheng и соавт. [22, 23] не было выявлено статистически значимых различий в показателях боли (ВАШ) и функционального статуса (ODI) после хирургического лечения между группами кальцинированных и «мягких» грыж. Обе группы продемонстрировали статистически значимое улучшение клинических показателей в послеоперационном периоде. Таким образом оссификация не является ограничивающим фактором для достижения благоприятного клинического исхода при адекватно выбранной хирургической тактике.

Кальцинированные грыжи ассоциированы лишь с большей технической сложностью хирургического вмешательства, вследствие чего увеличивается продолжительность операции, а также риск интраоперационных осложнений, включая повреждение твердой мозговой оболочки и неполную декомпрессию. Тем не менее, при достижении адекватной декомпрессии нервных структур эти факторы не оказывают статистически значимого влияния на долгосрочные результаты лечения [24]. В наше исследование включены пациенты без осложнений, поэтому фактор кальцификации грыжи не сыграл роли в клинических результатах.

Работа G. Zhou и соавт. [25] показывает чуть более длительное восстановление пациентов с оссифицированными грыжами дисков после операции, но разница оказалась статистически не значимой.

До операции пациенты обеих групп были сопоставимы по уровням боли в спине и физической активности ODI, однако боль в ноге, обусловленная грыжей диска в эндоскопической группе, была статистически значимо выше по сравнению с микрохирургической, что может быть связано с отсутствием рандомизации при формировании выборки и небольшим количеством пациентов в исследовании.

Такая исходная неоднородность является характерной для ретроспективных и даже части проспективных сравнительных исследований. В ряде современных систематических обзоров и рандомизированных исследованиях подчеркивается, что базовые различия между группами могут присутствовать даже при строгом дизайне исследований [26, 27]. Для более корректной интерпретации результатов мы сделали акцент не только на абсолютных послеоперационных значениях, но и на динамике показателей относительно исходного уровня, включая оценку клинически значимого улучшения по MCID. Из-за небольшого количества пациентов и ретроспективного дизайна полноценная многофакторная коррекция ограничена и требует проверки в более крупной проспективной выборке.

После операции через в сроки 1 день и 1 месяц после операции в нашем исследовании боль в спине, ноге и физическая активность по ODI были лучше в группе эндоскопических вмешательств, что соответствует и данным W.S. Li и соавт. [2]. Через 1 месяц боль в спине и ноге была меньше, а физическая активность – выше также в эндоскопической группе пациентов. Через 3 месяца боль в ноге уже была сопоставима в обеих группах, а через 1 год после операции боль в нижней конечности, спине и физическая активность по ODI статистически значимо не отличались. Схожие результаты отмечают и W. S. Li и соавт. [2], S. Muthu и соавт. [18], Krishnan N. и соавт. [22, 28]. Средний срок приема анальгетических препаратов меньше в эндоскопической группе пациентов, но разница оказалась статистически не значимой. Такую динамику болевого синдрома можно объяснить меньшей травмой мягких тканей, меньшей инвазивностью эндоскопических вмешательств. Выравнивание клинических результатов начиная с 3 месяцев и до 1 года обусловлено регрессом воспалительных и инфильтративных местных изменений. Этим же объясняется и статистически значимо более раннее восстановление трудоспособности пациентов, оперированных эндоскопически, что соответствует и данным исследований М.Н. Кравцова и соавт. [10], S. Muthu и соавт. [18].

Стоимость эндоскопических и микрохирургических вмешательств складывалась из трудозатрат и материальных затрат для клиники. Трудозатраты оказались сопоставимыми при эндоскопических и микрохирургических вмешательствах. Непосредственные материальные затраты эндоскопической хирургии статистически значимо больше микрохирургических за счет специфического оборудования и инструментария. Схожие данные представлены в работах других авторов [20, 21, 29].

В исследованиях P. Sriphiom и соавт., P.S. Gadjradj и соавт. [20, 29] показывалась меньшая стоимость эндоскопической хирургии за счет не прямых расходов, включающих затраты на повторные посещения медицинских учреждений, еду, проезд, проживание, временную нетрудоспособность, которые не учитывались в нашем исследовании из-за ретроспективного характера исследования.

Более полная картина может быть получена при рандомизированном проспективном исследовании, включающем учет всех не прямых расходов и на большей выборке пациентов.

Заключение

Эндоскопическая дискэктомия и микродискэктомия обеспечивают статистически значимое клиническое улучшение после операции у пациентов с грыжами межпозвоночных дисков на поясничном уровне. За счет меньшей травмы мягких тканей пациенты после эндоскопического метода удаления грыжи испытывают меньшую боль, физически более активны и статистически значимо

быстрее восстанавливают трудоспособность по сравнению с оперированными микрохирургическим методом в период до 3 месяцев. Через 1 год после операции клинические результаты сопоставимы, поскольку регрессируют послеоперационные воспалительные изменения мягких тканей. Непосредственные затраты для медицинского учреждения при использовании эндоскопической хирургии грыж дисков статистически значимо больше в сравнении со таковыми при использовании стандартной микродискэктомии из-за дорогостоящего оборудования и инструментов, но, учитывая не прямые расходы, связанные с нетрудоспособностью, стоимость обеих методик сопоставима.

Ограничения исследования

Все нижеописанные ограничения вытекают из пилотного характера исследования. К ограничениям следует отнести небольшую выборку пациентов, ретроспективный и нерандомизированный подход к формированию групп. Выбор метода операции не был рандомизированным и частично зависел от морфологических характеристик грыжи диска. Не оценивалась достаточность выборки. Не проводилась коррекция на множественные сравнения, но все результаты сравнений приведены в тексте, так что возможно их произвести, используя адекватный критерий. При стоимостной оценке был предпринят ряд допущений и предположений, включая использование средних показателей. Все предположения были одинаковы для обеих групп и не должны были внести существенного искажения в сопоставимость результатов.

Литература / References

1. Ruan W, Feng F, Liu Z, Xie J, Cai L, Ping A. Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus open lumbar microdiscectomy for lumbar disc herniation: A meta-analysis. *Int J Surg*. 2016; 31: 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2016.05.061>
2. Li WS, Yan Q, Cong L. Comparison of endoscopic discectomy versus non-endoscopic discectomy for symptomatic lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Global Spine J*. 2022; 12(5): 1012-1026. <https://doi.org/10.1177/21925682211020696>
3. Qin R, Liu B, Hao J, Zhou P, Yao Y, Zhang F, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus posterior open lumbar microdiscectomy for the treatment of symptomatic lumbar disc herniation: A systemic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2018; 120: 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.236>
4. Feng Z, Zhao Z, Cui W, Meng X, Hai Y. Unilateral biportal endoscopic discectomy versus microdiscectomy for lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2024; 33(6): 2139-2153. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-08116-2>
5. Pahwa B, Tayal A, Chowdhury D, Umana GE, Chaurasia B. Endoscopic versus microscopic discectomy for pathologies of lumbar spine: A nationwide cross-sectional study from a lower-middle-income country. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2023; 14(4): 373-380. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_39_23
6. Kambin P. Arthroscopic microdiscectomy. *Mt Sinai J Med*. 1991; 58(2): 159-164.
7. Ahn SS, Kim SH, Kim DW, Lee BH. Comparison of outcomes of percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for young adults: A retrospective matched cohort study. *World Neurosurg*. 2016; 86: 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.09.047>
8. Liu C, Zhou Y. Comparison between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar disc herniation with biradicular symptoms. *World Neurosurg*. 2018; 120: e72-e79. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.146>

9. АрестовСО, Вершинин АВ, Гуща АО. Сравнение эффективности и возможностей эндоскопического и микрохирургического методов удаления грыж межпозвонковых дисков пояснично-крестцового отдела позвоночника. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2014; 78(6): 9-14. [Arestov SO, Vershinin AV, Gushcha AO. A comparative analysis of the effectiveness and potential of endoscopic and microsurgical resection of disc herniations in the lumbosacral spine. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2014; 78(6): 9-14. (In Russ.)].
10. Кравцов МН, Мирзаметов СД, Малаховский ВН, Гайдар БВ, Свистов ДВ. Сравнительная оценка результатов чрескожной эндоскопической и микрохирургической поясничной дискэктомии. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2018; 4(64): 32-37. [Kravtsov MN, Mirzametov SD, Malakhovskiy VN, Gaidar BV, Svistov DV. Comparative evaluation of percutaneous endoscopic and microsurgical lumbar discectomy. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2018; 4(64): 32-37. (In Russ.)].
11. Carreon LY, Bratcher KR, Canan CE, Burke LO, Djurasovic M, Glassman SD. Differentiating minimum clinically important difference for primary and revision lumbar fusion surgeries. *J Neurosurg Spine*. 2013; 18: 102-106. <https://doi.org/10.3171/2012.10.SPINE12727>
12. Copay AG, Glassman SD, Subach BR, Berven S, Schuler TC, Carreon LY. Minimum clinically important difference in lumbar spine surgery patients: A choice of methods using the Oswestry Disability Index, Medical Outcomes Study questionnaire Short Form 36, and pain scales. *Spine J*. 2008; 8: 968-974. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2007.11.006>
13. Леонова ОН, Байков ЕС, Крутько АВ. Минимальная клинически значимая разница как способ оценки эффективности лечения в хирургии позвоночника по шкалам и опросникам: несистематический обзор литературы. *Хирургия позвоночника*. 2022; 19(4): 60-67. [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. *Russian Journal of Spine Surgery*. 2022; 19(4): 60-67. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14531/ss2022.4.60-67>
14. Chaudhary K. The history behind the discovery of root tension signs and the invention of the lumbar discectomy surgery. *J Orthop Case Rep*. 2021; 11(1): 121-126. <https://doi.org/10.13107/jocr.2021.v11.i01.1992>
15. Gołębiewska N. A review of surgical techniques of lumbar disc herniation. *Medical Studies*. 2018; 34: 241-245. <https://doi.org/10.5114/ms.2018.78688>
16. Mayer HM. A history of endoscopic lumbar spine surgery: What have we learnt? *Biomed Res Int*. 2019; 2019: 4583943. <https://doi.org/10.1155/2019/4583943>
17. Cong L, Zhu Y, Tu G. Ameta-analysis of endoscopic discectomy versus open discectomy for symptomatic lumbar disk herniation. *Eur Spine J*. 2016; 25(1): 134-143.
18. Muthu S, Ramakrishnan E, Chellamuthu G. Is endoscopic discectomy the next gold standard in the management of lumbar disc disease? Systematic review and superiority analysis. *Global Spine J*. 2021; 11(7): 1104-1120. <https://doi.org/10.1177/2192568220948814>
19. Choi KC, Shim HK, Kim JS, Cha KH, Lee DC, Kim ER, et al. Cost-effectiveness of microdiscectomy versus endoscopic discectomy for lumbar disc herniation. *Spine J*. 2019; 19(7): 1162-1169. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2019.02.003>
20. Sriphiom P, Vejjaiviva A, Khemvaranan C. Cost-effectiveness analysis between percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD) and conventional lumbar discectomy for herniated nucleus pulposus (HNP). *J Med Assoc Thai*. 2023; 106: 802-207. <https://doi.org/10.35755/jmedassocthai.2023.08.13879>
21. Tapaamorndej N, Wangapakul T, Riley Moguel AE, Kayssi AR, Nisahoh N, Artasar S. Feasibility of endoscopic lumbar discectomy in a remote government hospital in Thailand: A cost-utility analysis. *Cureus*. 2024; 16(1): e52673. <https://doi.org/10.7759/cureus.52673>
22. Liu H, Yang X, Wu H, Zhang S, Wang S. A novel classification and clinical evaluation of various morphologies of calcified lumbar disc herniation treated using unilateral biportal endoscopic technique. *J Orthop Surg Res*. 2025; 20(1): 907. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06342-6>
23. Cheng Y, Zhang Q, Li Y, Chen X, Wu H. Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for L5-S1 calcified lumbar disc herniation: A retrospective study. *Front Surg*. 2022; 9: 998231. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.998231>
24. Kumar V, Bansal P, Dhillon M, Dhatt SS, Vatkar AJ. Surgical techniques and perioperative surgical outcomes after discectomy for calcified lumbar disc herniation: A review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2024; 33(1): 47-60. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07914-y>
25. Zhou G, Liang Z, Gao F, Zhao L, Gao H, Xiao G, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for calcified lumbar disc herniation: A retrospective cohort study, systematic review and meta-analysis. *Pain Physician*. 2024; 27(1): E1-E15.
26. Waseem MH, Ul Abideen Z, Ahsan M, Adnan R, Hasan A, Aamir Z, et al. Comparing unilateral biportal endoscopic discectomy versus microdiscectomy for lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Global Spine J*. 2025; 21925682251412289. <https://doi.org/10.1177/21925682251412289>
27. Zhang J, Gao Y, Zhao B, Li H, Hou X, Yin L. Comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and open lumbar discectomy for lumbar disc herniations: A systematic review and meta-analysis. *Front Surg*. 2022; 9: 984868. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.984868>
28. Krishnan N., Vellara J, Krishnan J, Augustine J, Mohan V. Comparison of clinical outcomes of endoscopic vs microscopic lumbar discectomy: A prospective randomized controlled study. *Indian J Orthop Surg*. 2021; 7: 332-338. <https://doi.org/10.18231/ij.ijos.2021.053>
29. Gadjrads PS, Broulikova HM, van Dongen JM, Rubinstein SM, Depauw PR, Vleggeert C, et al. Cost-effectiveness of full endoscopic versus open discectomy for sciatica. *Br J Sports Med*. 2022; 56(18): 1018-1025. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104808>

Сведения об авторах / Information about the authors

Халепа Роман Владимирович✉ – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, заведующий операционным блоком, Федеральный центр нейрохирургии; ассистент кафедры нейрохирургии, Новосибирский государственный медицинский университет; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>; e-mail: r_halepa@neuronsk.ru

Амелина Евгения Валерьевна – кандидат физико-математических наук, заместитель директора Центра НТИ по новым функциональным материалам, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>; e-mail: e.amelina@nsu.ru

Кубецкий Юлий Евгеньевич – заведующий отделением спинальной нейрохирургии, Федеральный центр нейрохирургии; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7810-3531>; e-mail: yu_kubeckiy@neuronsk.ru

Петренко Марина Анатольевна – начальник финансово-экономического отдела, Федеральный центр нейрохирургии; e-mail: m_petrenko@neuronsk.ru

Агагельдыев Сердар – врач-ординатор, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет; e-mail: s.agageldiev@g.nsu.ru

Roman V. Khalepa✉ – Candidate of Medical Sciences, Head of the Operating Unit; Federal Neurosurgical Center; Assistant at the Department of Neurosurgery, Novosibirsk State Medical University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-6612>; e-mail: r_halepa@neuronsk.ru

Evgeniya V. Amelina – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Deputy Director of the NTI Competence Center for New Functional Materials, Novosibirsk National Research State University; <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>; e-mail: e.amelina@nsu.ru

Yuliy E. Kubetskiy – Head of the Spinal Neurosurgery Department, Federal Neurosurgical Center; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7810-3531>; e-mail: yu_kubeckiy@neuronsk.ru

Marina A. Petrenko – Head of the Financial and Economic Department, Federal Neurosurgical Center; e-mail: m_petrenko@neuronsk.ru

Serdar Agageldyev – Resident Physician, Novosibirsk National Research State University; e-mail: s.agageldiev@g.nsu.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author