ТРАНСПЕДИКУЛЯРНОЕ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ГРЫЖ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ МИГРАЦИИ

И.В. Басанкин, В.А. Порханов, К.К. Тахмазян, А.А. Гользатян, С.Б. Малахов, Л.Ю. Калугин,
М.И. Томина, В.К. Шаповалов

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт — Краевая клиническая больница №1 им. С.В. Очаповского»
министерства здравоохранения Краснодарского края; Россия, 350086 Краснодар, ул. 1 Мая, 167

Контакты: Игорь Вадимович Басанкин basankin@rambler.ru

Введение. Грыжи с высокой степенью миграции, как правило, локализуются в области межсуставной части позвонка медиальнее ножки. Удаление грыж диска данной локализации считается сложной технической задачей.

Цель исследования — оценить эффективность метода транспедикулярной эндоскопической секвестрэктомии в лечении пациентов с грыжами, характеризующимися высокой степенью миграции.

Материалы и методы. Проанализированы результаты лечения 12 пациентов с грыжами поясничного отдела позвоночника с миграцией в зону Макнаба, находившихся на стационарном лечении в 2016–2018 гг. Все пациенты перенесли транспедикулярную эндоскопическую секвестрэктомию.

Результаты. Средняя интенсивность боли в ноге к концу 1-х суток после операции снизилась с 7,41 до 0,67 балла по визуальной аналоговой шкале, а через 1 год составила 0,35 балла. Средняя интенсивность боли в спине оценивалась до операции в 5,25 балла, в 1-е сутки после нее снизилась до 1,25 балла, через 1 год — до 0,67 балла. Неврологические нарушения полностью регрессировали у 10 (91,6 %) пациентов, легкая остаточная гипестезия по дерматому L₄ наблюдалась у 2 пациентов, не нарушая качество их жизни. Средний индекс Освестри (Oswestry Disability Index) до операции составил 69,17, а через 1 год после операции — 14,12. Осложнений и повторных операций не было ни у одного пациента.

Заключение. Транспедикулярная эндоскопическая секвестрэктомия позволила добиться хороших результатов лечения у пациентов с миграцией поясничной грыжи за ножку позвонка, поэтому может рассматриваться как безопасная и эффективная альтернатива трансфораминальным и интерламинарным эндоскопическим вмешательствам.

Ключевые слова: транспедикулярная эндоскопия, грыжи с высокой степенью миграции, малоинвазивная хирургия, грыжи поясничного отдела позвоночника

Для цитирования: Басанкин И.В., Порханов В.А., Тахмазян К.К. и др. Транспедикулярное эндоскопическое удаление грыж поясничного отдела позвоночника с высокой степенью миграции. Нейрохирургия 2020;22(3):42–50.

DOI: 10.17650/1683-3295-2020-22-3-42-50

Transpedicular endoscopic removal of highly migrated disc herniations of lumbar spine

I. V. Basankin, V. A. Porkhanov, K. K. Takhmazyan, A. A. Giulzatyan, S. B. Malakhov, L. Yu. Kalugin, M. I. Tomina, V. K. Shapovalov

Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1 n. a. S. V. Ochapovsky, Ministry of Health of the Krasnodar Region;
1671 May St., Krasnodar 350086, Russia

Background. Highly migrated disc herniations are usually localized in the area of pars interarticularis medially to the vertebral pedicle. Removal of disk herniations of this localization is a difficult technical task.

The study objective is to demonstrate the effectiveness of the transpedicular endoscopic discectomy in the treatment of patients with highly migrated disc herniations.

Materials and methods. The results of treatment of 12 patients with Macnab zone herniations who were in hospital from 2016 to 2018 were analyzed. All patients underwent transpedicular endoscopic sequestrectomy.

Results. Leg pain after surgery regressed in all patients from the initial 7.41 points (visual-analog scale) to 0.67 points by the end of the 1st day, and it was 0.35 points a year later. The average level of back pain by VAS before surgery was 5.25, on the 1st day after surgery — 1.25 points, 1 year after — 0.67 points. Neurological disorders completely regressed in 10 (91.6 %) patients, there were a slight residual L₄ dermatome hypesthesia in 2 patients, without disrupting their quality of life. The average Oswestry Disability Index before surgery was 69.17, and 1 year after surgery was 14.12. There were no complications and reoperations.

Conclusion. Transpedicular endoscopic discectomy allowed us to achieve good treatment results in patients with migration of a lumbar hernia by the pedicle. It can be a safe and effective alternative to the transforaminal or interlaminar endoscopic technique.

Key words: transpedicular endoscopy, highly migrated disc herniations, minimal invasive surgery, lumbar spine herniations

For citation: Basankin I.V., Porkhanov V.A., Takhmazyan K.K. et al. Transpedicular endoscopic removal of highly migrated disc herniations of lumbar spine. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2020;22(3):42–50. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Грыжа межпозвоночного диска — наиболее распространенная причина корешковой боли в ноге у людей любого возраста [1, 2].

Грыжи с высокой степенью миграции, как правило, локализируются в области межсуставной части позвонка (*pars interarticularis*) медиальнее ножки (на педикулярном уровне) [3]. Данная область впервые была описана I. Маснаб в 1971 г. [4], она называется «скрытой зоной» или зоной Макнаба (рис. 1).

Зона Макнаба имеет четкие анатомические границы: ее переднюю стенку образует тело позвонка, латеральную стенку — ножка позвонка, заднюю стенку — *pars interarticularis*, медиальную стенку — дуральный мешок.

До сих пор нет однозначного ответа на вопрос о том, какой доступ следует предпочесть для удаления грыж в «скрытой зоне». Выбор доступа во многом зависит от оснащения лечебного учреждения, личных предпочтений и опыта хирурга.

Микрохирургический интерламинарный доступ к грыже с высокой степенью миграции подразумевает частичную резекцию дужки позвонка и дугоотростчатого сустава, иногда гемиламинэктомию или фасетэктомию [6]. По данным F. Postacchini и соавт., при интерламинарном доступе примерно в 2/3 случаев резецируется более половины фасеточного сустава [7]. Данный доступ со временем стал использоваться реже, поскольку он может стать причиной выраженной нестабильности позвоночно-двигательного сегмента и возникновения вертеброгенного болевого синдрома в поясничном отделе позвоночника [8, 9].

Применение более агрессивных хирургических техник, например заднего и трансфораминального межтелового спондилодеза (posterior and transforaminal lumbar interbody fusion) необоснованно при описываемой патологии, однако сложности при удалении патологического субстрата, расширенные резекции заднего опорного комплекса в поисках мигрировавшего секвестра нередко диктовали необходимость фиксации

Рис. 1. Схема расположения «скрытой зоны» (зоны Макнаба) (обозначена красным пунктиром). Воспроизведено из [5] с разрешения авторов

Fig. 1. Schematic representation of the “hidden zone” (dotted red square). Reproduced from [5] with permission of the authors

дестабилизированного в результате этих действий сегмента, вследствие чего операция утрачивала характер малоинвазивной и сопровождалась осложнениями, присущими инструментальной фиксации [10, 11].

Несмотря на почти 50-летний опыт эндоскопической хирургии грыж различных локализаций и высокий уровень развития оптических систем и инструментария, удаление грыж с высокой степенью миграции

до сих пор рассматривается как трудная с технической точки зрения задача ввиду ограниченной доступности некоторых видов секвестров. До 2016 г. в научной литературе имелись описания следующих эндоскопических методов удаления таких грыж.

1. Интерламинарный доступ преимущественно на уровне L_5-S_1 при грыжах диска L_4-L_5 с каудальной миграцией [12].

Рис. 2. Этапы транспедикулярной эндоскопической секвестрэктомии: а, б — установка иглы Джамишиди; в — извлечение иглы, установка спицы-проводника; г, д — установка дилататоров; е — формирование канала в ножке позвонка; ж, з — установка эндоскопического порта; и — визуализация грыжи

Fig. 2. Stages of transpedicular endoscopic sequestrectomy: а, б — setting the Jamshidi needle; в — removing the needle, placing the conductor; г, д — placing of dilators; е — the formation of the channel in the vertebral pedicle; ж, з — installation of the endoscopic port; и — endoscopic view of disc herniation

2. Контралатеральный трансфораминальный доступ к противоположному межпозвонковому отверстию через пространство под дуральным мешком [13].
3. Трансфораминальный доступ с выполнением фораминопластики и с использованием гасперов с храповым механизмом [14, 15].

Эти методы имеют ограниченное применение, удалить грыжу с высокой степенью миграции этими методами трудно.

Цель исследования — оценить эффективность метода транспедикулярной эндоскопической секвестрэктомии в лечении пациентов с грыжами, характеризующимися высокой степенью миграции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное пилотное исследование. Объектом исследования стала небольшая случайная бесповторная выборка из 12 пациентов (8 (67 %) женщин и 4 (33 %) мужчин) с грыжами поясничного отдела позвоночника с высокой степенью краниальной или каудальной миграции (за ножку позвонка), находившихся на стационарном лечении в 2016–2018 гг. Возраст пациентов варьировал от 33 до 77 лет (медиана 51 год). До хирургического вмешательства все пациенты в течение 2–6 нед проходили курс комплексной консервативной терапии, включавшей прием нестероидных противовоспалительных препаратов, центральных миорелаксантов, витаминов, а также физиотерапию. Данная терапия не дала выраженного положительного эффекта. Всем пациентам была выполнена транспедикулярная эндоскопическая секвестрэктомия.

Оперативное вмешательство выполнялось под общей анестезией при положении пациента лежа на животе (с валиками под грудью, под тазом). Использовалось эндоскопическое хирургическое оборудование Joimax (Германия) с системой Shril (фрезы и риммеры), предназначенное для трансфораминальных вмешательств. При планировании точки доступа отталкивались от следующих параметров: для ножки L_5 точка входа находится в 12 см от линии остистых отростков, для ножки L_4 — в 11 см, а для ножки L_3 — в 10 см [16].

Под рентгенографическим контролем в прямой и боковой проекциях из стандартной точки вкола иглу Джамшиди длиной 15,2 см и диаметром 11 G под углом 30–40° вводили чрезмышечно и устанавливали на латеральной поверхности ножки между телом позвонка и поперечным отростком (рис. 2а, б). После этого при помощи легких ударов молотка иглу продвигали через ножку позвонка до перфорации внутреннего кортикального слоя. После удаления мандрена в иглу устанавливали спицу-проводник. Иглу извлекали (рис. 2в). На следующем этапе производили разрез кожи длиной 8 мм и применяли соответствующие цветные дилататоры для доступа к боковой поверхности

ножки позвонка (рис. 2г, д). После этого использовали штатный риммер диаметром 8 мм, которым по установленным дилататорам «вырезали» костный фрагмент ножки позвонка (рис. 2е), направители удаляли, после чего высокоскоростным буром расширяли и углубляли отверстие, а затем устанавливали эндоскопический порт диаметром 7,2 мм (рис. 2ж, з). Эндоскоп диаметром 3,8 мм проводили через порт, визуализировали грыжу (рис. 2и) и приступали к ее удалению.

Для оценки результатов исследования проведен клинический осмотр. Интенсивность боли пациенты оценивали с использованием визуально-аналоговой шкалы (ВАШ). Качество жизни отражал индекс Освестри (Oswestry Disability Index). Для визуализации изменений выполняли магнитно-резонансную и компьютерную томографию и функциональную рентгенографию поясничного отдела позвоночника.

Результаты анализа были обработаны статистическими методами с помощью пакета программ Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Межпозвоночная грыжа располагалась на уровне L_2-L_3 у 2 пациентов, L_3-L_4 — у 4, L_4-L_5 — у 6, при этом каудальная миграция наблюдалась в 10 (83,3 %) случаях, краниальная — в 2 (16,7 %).

Средняя интенсивность боли в спине до оперативного вмешательства составила 5,25 балла по ВАШ, в 1-е сутки после оперативного вмешательства — 1,25 балла, через 1 год — 0,67 балла. Интенсивность боли в ноге после операции снизилась у всех пациентов с 7,41 до 0,67 балла по ВАШ к концу 1-х суток, а через 1 год — до 0,35 баллов. Неврологические нарушения полностью регрессировали у 10 (91,6 %) пациентов, легкая остаточная гипестезия по дерматому L_4 наблюдалась у 2 пациентов, не нарушая качество их жизни (см. таблицу).

Осложнений после выполненных операций не наблюдалось ни у одного пациента. Повторные вмешательства также не потребовались. Все пациенты были удовлетворены результатами операции, вернулись к повседневной жизни и приступили к привычной трудовой деятельности через 1–3 мес в зависимости от вида нагрузок. Средний индекс Освестри, отражающий качество жизни, до операции составил 69,17, а через 1 год после операции — 14,12.

При контрольной компьютерной и магнитно-резонансной томографии поясничного отдела позвоночника через 6 мес и через 1 год ни в одном случае не обнаружено переломов ножек позвонков, а также появления костных остеофитов или гиперостоза после заживления трепанационного отверстия в ножке позвонка. Позвоночный канал оставался свободным, рецидивов грыжи не зарегистрировано ни у одного пациента.

Данные о пациентах с грыжами поясничного отдела позвоночника, перенесших оперативное вмешательство
Data on patients with lumbar herniated disks who underwent surgical intervention

Пол, возраст пациента Sex, age	Локализация грыжи диска Location of the herniated disk	Направление миграции секвестра Direction of disk fragment migration	Оценка интенсивности боли по визуально-аналоговой шкале, баллы Pain intensity per the Visual Analog Scale, points						Предоперационный невроло- гический дефицит Preoperative neurological deficit	Исход Outcome
			в спине in the back			в ноге in the leg				
			до операции prior to surgery	через 1 сут after 1 day	через 1 год after 1 year	до операции prior to surgery	через 1 сут after 1 day	через 1 год after 1 year		
Жен., 61 год Fem., 61 years	L ₃ –L ₄ слева L ₃ –L ₄ on the left	Вниз Downward	5	2	1	7	1	0	Парез разгибателей стопы (4 балла) Foot extensor paresis (4 points)	Регресс Regression
Муж., 51 год Male, 51 years	L ₃ –L ₄ слева L ₃ –L ₄ on the left	Вниз Downward	5	1	0	7	2	1	Гипестезия по дерматому L ₄ слева Hypoesthesia at the left L ₄ dermatome	Гипестезия L ₄ слева Hypoesthesia at the left L ₄
Жен., 60 лет Fem., 60 years	L ₄ –L ₅ справа L ₄ –L ₅ on the right	Вниз Downward	6	3	1	9	1	1	Гипестезия по дерматому L ₅ справа Hypoesthesia at the right L ₅ dermatome	Регресс Regression
Жен., 50 лет Fem., 50 years	L ₄ –L ₅ слева L ₄ –L ₅ on the left	Вниз Downward	5	1	1	8	1	1	Парез разгибателя большого пальца слева (3 балла) Left toe extensor paresis (3 points)	Регресс Regression
Муж., 50 лет Male, 50 years	L ₄ –L ₅ слева L ₄ –L ₅ on the left	Вверх Upward	3	0	0	10	0	0	Гипестезия по дерматому L ₄ слева. Парез разгибателей стопы (4 балла) Hypoesthesia at the left L ₄ dermatome. Foot extensor paresis (4 points)	Регресс Regression
Жен., 72 года Fem., 72 years	L ₃ –L ₄ слева L ₃ –L ₄ on the left	Вниз Downward	6	2	1	7	0	0	Парез разгибателей стопы (4 балла), гипестезия по дер- матому L ₄ Foot extensor paresis (4 points), hypoesthesia at the L ₄ dermatome	Гипестезия L ₄ слева Hypoesthesia at the left L ₄
Жен., 77 лет Fem., 77 years	L ₂ –L ₃ слева L ₂ –L ₃ on the left	Вниз Downward	7	1	0	9	0	0	Гипестезия по дерматому L ₃ слева Hypoesthesia at the left L ₃ dermatome	Регресс Regression

Окончание таблицы
End of the table

Пол, возраст пациента Sex, age	Локализация грыжи диска Location of the herniated disk	Направление миграции сегмента Direction of disk fragment migration	Оценка интенсивности боли по визуально-аналоговой шкале, баллы Pain intensity per the Visual Analog Scale, points						Предоперационный невроло- гический дефицит Preoperative neurological deficit	Исход Outcome
			в спине in the back			в ноге in the leg				
			до операции prior to surgery	через 1 сут after 1 day	через 1 год after 1 year	до операции prior to surgery	через 1 сут after 1 day	через 1 год after 1 year		
Жен., 51 год Fem., 51 years	L ₄ – L ₅ слева L ₄ – L ₅ on the left	Вниз Downward	5	1	1	6	0	1	Парез разгибателя большого пальца левой стопы Left toe extensor paresis	Регресс Regression
Жен., 44 года Fem., 44 years	L ₄ – L ₅ слева L ₄ – L ₅ on the left	Вниз Downward	4	0	0	8	1	0	Гипестезия по дерматомам L ₅ , S ₁ слева, парез разгибателя большого пальца левой стопы (4 балла) Hypoesthesia at the left L ₅ , S ₁ dermatomes, left toe extensor paresis (4 points)	Регресс Regression
Муж., 33 года Male, 33 years	L ₄ – L ₅ справа L ₄ – L ₅ on the right	Вниз Downward	5	0	0	7	2	0	Нет дефицита, корешковая боль No deficit, radicular pain	Регресс Regression
Жен., 37 лет Fem., 37 years	L ₂ – L ₃ слева L ₂ – L ₃ on the left	Вверх Upward	6	2	2	7	0	0	Гипестезия в паховой области слева Hypoesthesia in the left inguinal region	Регресс Regression
Муж., 43 года Male, 43 years	L ₃ – L ₄ справа L ₃ – L ₄ on the right	Вниз Downward	5	2	1	5	0	0	Нет дефицита, корешковая боль No deficit, radicular pain	Регресс Regression

Рис. 3. Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника пациента К. с грыжей L_4-L_5 ; а – сагиттальная проекция; б – аксиальная проекция

Fig. 3. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine of patient K. with a herniation of L_4-L_5 disc: а – sagittal projection; б – axial projection

Рис. 4. Фотография удаленных фрагментов грыжи диска у пациента К.
Fig. 4. Photo of removed fragments of a disc herniation in the patient K.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Пациент К., 50 лет (№ 5) с диагнозом: секвестрированная грыжа L_4-L_5 с краниальной миграцией. Компрессионно-ишемическая радикулопатия L_4 слева (рис. 3). Выполнено транспедикулярное эндоскопическое удаление грыжи через ножку L_4 слева (рис. 4). Длительность операции – 45 мин.

Выписан на 2-е сутки после операции. Интра- и послеоперационных осложнений не было. Приступил к трудовой деятельности через 1 мес (физический труд умеренной тяжести).

При контрольной магнитно-резонансной томографии через 1,5 мес не выявлено сдавления корешка; на уровне L_4-L_5 визуализированы послеоперационные изменения (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

Применение стандартного интерламинарного микрохирургического доступа для удаления грыж диска с высокой степенью миграции сопряжено со значительными техническими сложностями при извлечении секвестра из зоны Макнаба и подразумевает значительную по объему резекцию *pars interarticularis* и частичную резекцию дугоотростчатого сустава, что может обуславливать возникновение сегментарной нестабильности и послеоперационной боли в спине. Стандартные эндоскопические доступы (интерламинарный, трансфораминальный) не позволяют решить проблему высокой степени миграции грыжи в педикулярную зону. Контралатеральный трансфораминальный доступ сопряжен с высокой вероятностью повреждения твердой мозговой оболочки с вентральной стороны.

В 2016 г. G. Krzok и соавт. впервые описали транспедикулярный доступ к зоне Макнаба [16]. В работе были проанализированы результаты лечения 22 пациентов с грыжами с высокой степенью миграции. Средняя оценка боли в ноге по ВАШ у пациентов снизилась с 8,1 до 1,7 балла, регресс корешкового болевого синдрома отмечен сразу после оперативного вмешательства. У 10 пациентов до операции был парез различной степени выраженности, который регрессировал у всех из них в течение 3 мес

Рис. 5. Послеоперационная магнитно-резонансная томография пациента К. Визуализируются послеоперационные изменения, сдавление корешка отсутствует

Fig. 5. Postoperative magnetic resonance imaging of patient K. Postoperative changes are visualized, nerve root compression is not revealed

после эндоскопической хирургии. У 1 пациента развился тромбоз глубоких вен голени после вмешательства. Ни у 1 больного не был диагностирован перелом ножки позвонка. Авторы пришли к выводу, что данный метод лечения грыж с высокой степенью миграции эффективен и безопасен. Клинические случаи удаления грыж дисков L_3-L_4 и L_4-L_5 , описанные Р. Униал и соавт. [17], J. Quillo-Olvera и соавт. [18], подтверждают выводы G. Krzok и соавт. об эффективности транспедикулярной техники. При этом J. Quillo-Olvera рекомендует во избежание перелома ножек позвонка не использовать риммеры диаметром >8 мм и не выполнять транспедикулярную эндоскопию на уровне L_1-L_2 из-за анатомической узости ножек. На данном уровне высок риск ятрогенного перелома ножек.

В 2019 г. G. Krzok и соавт. опубликовали результаты лечения 3 пациентов с левосторонними грыжами с высокой степенью миграции, расположенными на уровне L_5-S_1 [19]. У всех пациентов было выполнено транспедикулярное эндоскопическое удаление грыжи. Во всех 3 случаях авторам удалось удалить секвестр через костное окно в ножке позвонка и добиться быстрого выздоровления больных. Перелом ножки у пациентов не зарегистрирован. Через день после операции интенсивность боли в ногах снизилась до 1,5 балла по ВАШ. Неврологический дефицит полностью регрессировал через 2 мес.

Можно констатировать, что результаты нашей работы аналогичны результатам, полученным зарубежными исследователями. Нам также удалось добиться хороших результатов: купировать болевой синдром и устранить неврологический дефицит, улучшить качество жизни пациентов. Таким образом, транспедикулярное эндоскопическое удаление грыж диска с высокой степенью миграции может рассматриваться как эффективный и безопасный метод. При соблюдении техники операции, развитых навыках хирурга, точном отборе пациентов результаты применения метода представляются легко воспроизводимыми при минимальном риске осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют о том, что транспедикулярное эндоскопическое удаление грыжи с миграцией в зону Макнаба — анатомически обоснованное малоинвазивное хирургическое вмешательство, позволяющее добиться хороших результатов с возможностью быстрой реабилитации. Метод может быть безопасной и эффективной альтернативой трансфораминальной или интерламинарной эндоскопической технике. Однако поскольку представленные нами данные получены на малой выборке ($n = 12$), необходимо проведение проспективных рандомизированных исследований с участием достаточного числа пациентов для подтверждения эффективности данной методики.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бывальцев В.А., Сорокиных В.А., Белых Е.Г. и др. Сравнительный анализ отдаленных результатов микрохирургической, эндоскопической и эндоскопически-ассистированной дискэктомии при грыжах поясничных межпозвонковых дисков. Эндоскопическая хирургия 2012;18(3):38–46. [Byvaltsev V.A., Sorokovikov V.A., Belykh E.G. et al. Comparative analysis of long-term results of microsurgical, endoscopic and endoscopically assisted discectomies for lumbar intervertebral disc hernia. Endoskopicheskaya khirurgiya = Endoscopic surgery 2012;18(3):38–46. (In Russ.)].
2. Гуша А.О., Шевелев И.Н., Арестов С.О. Опыт эндоскопических вмешательств при патологии позвоночника. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2007;(2):26–32. [Gushcha A.O., Shevelev I.N., Arestov S.O. Experience with endoscopic interventions in diseases of the vertebral column. Zhurnal "Voprosy neirokhirurgii" im. N.N. Burdenko = N.N. Burdenko Journal of Neurosurgery 2007;(2):26–32. (In Russ.)].
3. Essentials of Spinal Microsurgery. Ed. by J.A. McCulloch, P.H. Young. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998. Pp. 329–382. DOI: 10.1007/bf02767774.
4. Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. J Bone Joint Surg Am 1971;53(5):891–903. DOI: 10.2106/00004623-197153050-00004.
5. Reinshagen C., Redjal N., Molcanyi M., Rieger B. Surgical approaches to the lumbar hidden zone: current strategies and future directions. EBioMedicine 2015;2(9):1005–7. DOI: 10.1016/j.ebiom.2015.09.010.
6. Hassler W., Brandner S., Slansky I. Microsurgical management of lateral lumbar disc herniations: combined lateral and interlaminar approach. Acta Neurochir (Wien) 1996;138(8):907–11. DOI: 10.1007/bf01411277.
7. Postacchini F., Cinotti G., Gumina S. Microsurgical excision of lateral lumbar disc herniation through an interlaminar approach. J Bone Joint Surg Br 1998;80(2):201–7. DOI: 10.1302/0301-620x.80b2.0800201.
8. Schulz C., Kunz U., Mauer U.M., Mathieu R. Early postoperative results after removal of cranially migrated lumbar disc prolapse retrospective comparison of three different surgical strategies. Adv Orthop 2014;2014:702163. DOI: 10.1155/2014/702163.
9. Alimi M., Njoku I. Jr, Cong G.T. et al. Minimally invasive foraminotomy through tubular retractors via a contralateral approach in patients with unilateral radiculopathy. Neurosurgery 2014;10 Suppl 3:436–47. DOI: 10.1227/neu.0000000000000358.
10. Morgenstern R., Morgenstern C. Percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion (pTLIF) with a posterolateral approach for the treatment of degenerative disk disease: feasibility and preliminary results. Int J Spinal Surg 2015;9:41. DOI: 10.14444/2041.
11. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К. Осложнения хирургического лечения поясничных стенозов дегенеративной этиологии. Хирургия позвоночника 2016;13(4):66–72. [Afaunov A.A., Basankin I.V., Kuzmenko A.V., Shapovalov V.K. Complications

- of surgical treatment of degenerative lumbar stenosis. *Khirurgiya pozvonochnika = Spine Surgery* 2016;13(4):66–72. (In Russ.)). DOI: 10.14531/ss2016.4.66–72.
12. Ruetten S., Komp M., Merk H., Godolias G. et al. Surgical treatment for lumbar lateral recess stenosis with the full-endoscopic interlaminar approach versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *J Neurosurg Spine* 2009;10(5):476–85. DOI: 10.3171/2008.7.17634.
 13. Choi G., Prada N., Modi H.N. et al. Percutaneous endoscopic lumbar herniectomy for high-grade down-migrated L₄–L₅ disc through an L₅–S₁ interlaminar approach: a technical note. *Minim Invasive Neurosurg* 2010;53(3): 147–52. DOI: 10.1055/s-0030-1254145.
 14. Yeom K.S., Choi Y.S. Full endoscopic contralateral transforaminal discectomy for distally migrated lumbar disc herniation. *J Orthop Sci* 2011;16(3):263–9. DOI: 10.1007/s00776-011-0048-0.
 15. Choi G., Lee S.-H., Lokhande P. et al. Percutaneous endoscopic approach for highly migrated intracanal disc herniations by foraminoplasty technique using rigid working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33(15):E508–15. DOI: 10.1097/brs.0b013e31817bf1a1.
 16. Krzok G., Telfeian A.E., Wagner R., Ipreburg M. Transpedicular lumbar endoscopic surgery for highly migrated disk extrusions: preliminary series and surgical technique. *World Neurosurg* 2016;95:299–303. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.08.018.
 17. Uniyal P., Choi G., Khedkar B. Percutaneous transpedicular lumbar endoscopy: a case report. *Int J Spine Surg* 2016;10:31. DOI: 10.14444/3031.
 18. Quillo-Olvera J., Akbary K., Kim J.S. Percutaneous endoscopic transpedicular approach for high-grade down-migrated lumbar disc herniations. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(8):1603–7. DOI: 10.1007/s00701-018-3586-9.
 19. Krzok G. Transpedicular endoscopic surgery for highly downmigrated L₄–S₁ disc herniation. *Case Rep Med* 2019;2019:5724342. DOI: 10.1155/2019/5724342.

Вклад авторов

И.В. Басанкин: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи;
 В.А. Порханов, С.Б. Малахов: разработка дизайна исследования;
 К.К. Тахмязян, В.К. Шаповалов: получение данных для анализа;
 А.А. Гюльзатян: обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;
 Л.Ю. Калугин: обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных;
 М.И. Томина: анализ полученных данных, статистическая обработка.

Authors' contributions

I.V. Basankin: developing the research design, analysis of the obtained data, article writing;
 V.A. Porkhanov, S.B. Malakhov: developing the research design;
 K.K. Takhmazyan, V.K. Shapovalov: obtaining data for analysis;
 A.A. Giulzatyan: reviewing the publications of the articles theme, article writing;
 L.Yu. Kalugin: reviewing of publications on the article's theme, statistical analysis;
 M.I. Tomina: analysis of the obtained data, statistical analysis.

Конфликт интересов. Л.Ю. Калугин является сотрудником компании Joimax. Остальные соавторы заявляют о отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. L.Yu. Kalugin is an employee of the company Joimax. Other authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике Научно-исследовательского института — Краевой клинической больницы № 1 им. С.В. Очаповского.

Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of Research Institute — Regional Clinical Hospital No. 1 n. a. S.V. Ochapovsky, Ministry of Health of the Krasnodar Region.

All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила: 11.02.2020. **Принята к публикации:** 16.06.2020.

Article submitted: 11.02.2020. **Accepted for publication:** 16.06.2020.