

СИМУЛЬТАННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ НУКЛЕОПЛАСТИКИ И ИМПУЛЬСНОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ДИСКОГЕННОЙ ПОЯСНИЧНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ

**Ларионов С.Н. ORCID ID 0000-0001-9189-3323,
Животенко А.П. ORCID ID 0000-0002-4032-8575,
Потапов В.Э. ORCID ID 0000-0001-9167-637X,
Горбунов А.В. ORCID ID 0000-0002-1352-0502,
Скляренок О.В. ORCID ID 0000-0003-1077-7369**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Иркутский научный центр хирургии и травматологии», Иркутск, Российская Федерация, e-mail: sivotenko1976@mail.ru

Хронический вертеброгенный болевой синдром при поясничных дорсопатиях представляет собой значимую медико-социальную проблему. Смешанный характер боли, сочетающий ноцицептивный и нейропатический компоненты, часто обуславливает недостаточную эффективность как консервативной терапии, так и изолированных малоинвазивных методов. Цель исследования – определить клиническую результативность и отсутствие негативных последствий от использования малоинвазивной технологии, основанной на одновременном применении лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции спинальных ганглиев, для лечения пациентов с хроническим вертеброгенным болевым синдромом на фоне поясничной дорсопатии. Проведено проспективное сравнительное исследование. В основную группу вошли 20 пациентов, которым выполнена комбинированная процедура лазерной нуклеопластики и радиочастотная нейромодуляция спинальных ганглиев. Группу сравнения составили 10 пациентов, получивших только лазерную нуклеопластику. Оценка проводилась с использованием шкал ВАШ, ODI, DN4, PainDetect, SF-36, HADS, а также шкал удовлетворенности Макнаба и Нурика до лечения, при выписке и через 12 месяцев. В обеих группах отмечено достоверное снижение интенсивности болевого синдрома. Однако в основной группе зафиксировано статистически значимо более выраженное уменьшение нейропатического компонента боли (по шкалам DN4 и PainDetect, $p < 0,05$) как на момент выписки, так и в отдаленном периоде. Показатели функционального состояния и качества жизни также улучшились в большей степени в группе комбинированного лечения. Симультанное применение лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции является эффективным и безопасным методом лечения хронической дискогенной радикулопатии, обеспечивающим синергетическое воздействие на оба компонента боли. Данный подход позволяет достичь более стойкого регресса нейропатической боли и улучшить функциональные исходы по сравнению с изолированной лазерной нуклеопластикой.

Ключевые слова: хроническая вертеброгенная боль, поясничная радикулопатия, лазерная нуклеопластика, импульсная радиочастотная нейромодуляция, спинальный ганглий, малоинвазивное лечение.

SIMULTANEOUS USE OF LASER NUCLEOPLASTY AND PULSED RADIOFREQUENCY NEUROMODULATION IN THE TREATMENT OF DISCOGENIC LUMBAR RADICULOPATHY

**Larionov S.N. ORCID ID 0000-0001-9189-3323,
Zhivotenko A.P. ORCID ID 0000-0002-4032-8575,
Potapov V.E. ORCID ID 0000-0001-9167-637X,
Gorbunov A.V. ORCID ID 0000-0002-1352-0502,
Sklyarenko O.V. ORCID ID 0000-0003-1077-7369**

Federal State Budgetary Scientific Institution "Irkutsk Scientific Center of Surgery and Traumatology", Irkutsk, Russian Federation, e-mail: sivotenko1976@mail.ru.

Chronic vertebrogenic pain syndrome associated with lumbar dorsopathies is a significant medical and social problem. The mixed nature of the pain, combining nociceptive and neuropathic components, often results in the insufficient effectiveness of both conservative therapy and isolated minimally invasive methods. Study Objective: To determine the clinical effectiveness and absence of negative consequences from the use of minimally invasive technology based on the simultaneous use of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation of spinal ganglia for the treatment of patients with chronic vertebrogenic pain syndrome associated with lumbar dorsopathy. A prospective comparative study was conducted. The study group included 20 patients who

underwent a combined procedure of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation of the spinal ganglia. The comparison group consisted of 10 patients who underwent laser nucleoplasty alone. Assessment was conducted using the VAS, ODI, DN4, PainDetect, SF-36, HADS, and the McNab and Nurick satisfaction scales before treatment, at discharge, and after 12 months. Both groups demonstrated a significant reduction in pain intensity. However, the study group demonstrated a statistically significantly greater reduction in the neuropathic component of pain (according to the DN4 and PainDetect scales, $p<0.05$) both at discharge and at follow-up. Functional status and quality of life scores also improved to a greater extent in the combination treatment group. The simultaneous use of laser nucleoplasty and radiofrequency neuromodulation is an effective and safe treatment for chronic discogenic radiculopathy, providing a synergistic effect on both pain components. This approach allows for more lasting relief of neuropathic pain and improved functional outcomes compared to isolated laser nucleoplasty.

Keywords: chronic vertebrogenic pain, lumbar radiculopathy, laser nucleoplasty, pulsed radiofrequency neuromodulation, spinal ganglion cyst, minimally invasive treatment.

Введение

Дегенеративные болезни позвоночника, сопровождающиеся болью и неврологическими симптомами, входят в число главных проблем современной медицины. Актуальность проблемы обусловлена совокупностью факторов: высокой долей пациентов трудоспособного возраста, не всегда удовлетворительными результатами консервативного лечения и рецидивирующим характером болевого синдрома [1–3]. Дорсалгия существенно снижает качество жизни пациентов и негативно влияет на их психоэмоциональное состояние. Распространенность проявлений дорсопатии прогрессирует в связи с демографическими сдвигами и старением населения. Дегенеративно-дистрофические изменения в позвоночнике – естественный процесс старения, не коррелирующий с болью, которая носит смешанный характер: сочетает ноцицептивный компонент (воспаление, механическое раздражение от грыжи/протрузии, нестабильности позвоночно-двигательного сегмента) и нейропатический компоненты (компрессия или воспаление корешка, дисфункция спинального ганглия) [4–6]. Эпизодическая боль при дорсопатиях встречается у 80 % населения, наиболее значимой проблемой является ее переход в хроническую форму (≥ 3 месяцев), что происходит в 15–45 % случаев. Значительная часть пациентов (по разным оценкам, от 10 до 40 %) не получает адекватного и стойкого обезболивания при стандартном консервативном лечении (НПВС, физиотерапия, ЛФК, блокады) либо испытывает серьезные побочные эффекты от длительной медикаментозной терапии (гастропатии, кардиоваскулярные риски, опиоидная зависимость). Традиционные открытые хирургические вмешательства, такие как микродискэктомия и спондилодез, несмотря на свою эффективность имеют существенные издержки. К ним относятся высокие риски интра- и послеоперационных осложнений (инфекционный процесс, ятрогенное повреждение нервных структур, развитие нестабильности оперированного позвоночно-двигательного сегмента, формирование эпидурального фиброза). Кроме того, данные методы требуют продолжительного восстановительного периода и сопряжены со значительной частотой рецидива болевого синдрома, что нередко приводит к развитию синдрома оперированного позвоночника [7–9]. В

связи с этим возникает необходимость развития малоинвазивных пункционных технологий, риски и травматичность которых несопоставимо ниже, чем при открытых операциях, и возможно их повторное исполнение. В связи с высокой распространенностью поясничных дорсопатий, сопровождающихся болевым синдромом, в последние десятилетия отмечается тенденция к разработке технологий, предлагающих новые подходы к диагностике и лечению [10–12]. Ключевым принципом большинства руководств является разделение боли на специфические и неспецифические, острую и хроническую, а некоторые содержат более детальные рекомендации, учитывающие особенности различных типов боли, которые нередко имеют смешанную природу [13–15]. Лазерная нуклеопластика изменяет морфологические свойства диска и эффективно уменьшает компрессию корешка, купируя преимущественно ноцицептивную боль, но практически не влияет на нейропатический компонент и центральную сенситизацию, обусловленные воспалением корешка и дисфункцией спинального ганглия. Радиочастотная нейромодуляция, напротив, избирательно подавляет нейропатическую боль, блокируя передачу болевых импульсов в пораженном корешке и спинальном ганглии, при этом не разрушая нервные структуры [16–18].

Таким образом, ввиду ограниченности монотерапии разработка медицинской технологии, основанной на комбинированном воздействии на все звенья патогенеза болевого синдрома, представляется обоснованной, что послужило основанием для разработки медицинской технологии комбинированного минимально инвазивного лечения вертеброгенной боли при поясничных дорсопатиях. Основой для планирования настоящего исследования послужил патогенетически обоснованный комбинированный подход к купированию боли, предполагающий воздействие как на морфологический субстрат (пульпозное ядро межпозвонкового диска) с помощью лазерной нуклеопластики, так и на проводящие ноцицептивные пути посредством радиочастотного воздействия в импульсном режиме на спинальные ганглии и корешковые нервы.

Цель исследования – определить клиническую результативность и отсутствие негативных последствий от использования малоинвазивной технологии, основанной на одновременном применении лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции спинальных ганглиев, для лечения пациентов с хроническим вертеброгенным болевым синдромом.

Материал и методы исследования

Когорту для настоящего пилотного исследования составили 20 пациентов с верифицированным диагнозом дорсопатии, локализованной в пояснично-крестцовом отделе позвоночного столба. Диагноз у всех пациентов был установлен как M51.1 (поражение межпозвонкового диска, осложненного радикулопатией), которым на догоспитальном этапе

проводилось МСКТ и МРТ поясничного отдела с измерением коэффициента диффузии межпозвонковых дисков, ЭНМГ нижних конечностей на базе клиники ИНЦХТ. После соблюдения критериев включения и исключения пациенты отбирались для госпитализации с целью проведения радиочастотной импульсной нейромодуляции спинальных ганглиев и корешковых нервов (РЧН) в сочетании с лазерной нуклеопластикой (ЛН) поясничных межпозвонковых дисков для купирования и снижения интенсивности болевого синдрома в спине и нижних конечностях. Для оценки эффективности методики набрана для сравнения группа контрольная (n = 10) с проведением только лазерной нуклеопластики. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, антропометрическим показателям, исходной интенсивности боли и неврологическому статусу. Предоперационные параметры двух групп пациентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Предоперационные параметры двух групп пациентов

Параметры		Лазерная нуклеопластика n = 10 (группа контрольная)	Лазерная нуклеопластика + РЧ нейромодуляция n = 20 (группа основная)	Значение Р
Пол, n/N (%)				
Мужской		4 (40 %)	10 (50 %)	0,45 ¹
Женский		6 (60 %)	10 (50 %)	
M±SD				
Me [LQ; UQ]				
Возраст, лет		41,2±9,8	39±9,1	0,79 ²
ИМТ, кг/м ²		30,0±5,58	29,2±4,9	0,23 ²
Параметры до операции				
ODI		14 [10; 16]	15 [10,5; 17]	0,71 ²
ВАШ поясница		5 [4; 7,5]	6 [5; 7]	0,27 ²
ВАШ конечность		5 [5,6; 5]	3 [0,5; 5]	0,48 ²
DN4		2 [2; 3,5]	2 [2; 3]	0,31 ²
PainDetect		10 [7; 16]	12 [8; 16,5]	0,13 ²
Нейропатическая боль	нет	7 (70 %)	14 (70 %)	0,12 ¹
	да	3 (30 %)	6 (30 %)	
SF 36 физическое благополучие		37,45 [29,05; 42,43]	38,31 [30,03; 41,91]	0,13 ²
Псих. благополучие		47,20 [33,2; 52,12]	46,88 [35,19; 54,68]	0,14 ²
HADS баллы		11 [7; 16]	11,50 [8; 15]	0,63 ²

¹ Коэффициент Пирсона χ^2 ; ² критерий Манна – Уитни (U-test).

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Критерии включения:

1. Подписание информированного согласия, готовность пациентов соблюдать все процедуры исследования в полном объеме, доступность в течение всего срока исследования.
2. Пациенты с клиническим диагнозом: дорсопатия на поясничном отделе позвоночника; радикулопатия в фазе ирритации вследствие сдавления корешка грыжей межпозвонкового диска с расположением в зонах А и В и 1 степени тяжести по классификации Мичиганского государственного университета (МКБ 10: М-51.1, М54.1, М54.3, М54.4, G55.1) [19].

Критерии исключения:

1. Инфекционные процессы на коже в области предполагаемой манипуляции.
2. Аллергия на местные анестетики.
3. Ранее проведенные хирургические вмешательства на поясничном отделе позвоночника
4. Индекс массы тела (ИМТ) выше 32 кг/м².

Дизайн исследования. В рамках данного исследования использовался проспективный одноцентровый подход. Были обследованы 30 пациентов с болевым синдромом (продолжительность более 3 месяцев), распределенных на две группы. Основная группа (n = 20) подверглась комбинированному миниинвазивному лечению: лазерной нуклеопластике и радиочастотной нейромодуляции (ЛН + РЧН). Контрольная группа (n = 10) получила только ЛН. Оценка результатов проводилась до и через 12 месяцев после операции, включала оценку боли, психоэмоционального состояния, качества жизни и удовлетворенности пациентов от интервенционного вмешательства с использованием стандартизированных шкал и опросников. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ИНЦХТ (№ 5 от 11.05.2023), и все участники подписали информированное согласие. Пациентам также проводились ЭНМГ, МСКТ и МРТ поясничного отдела позвоночника.

Методика и техника хирургического вмешательства детально описаны в предыдущей публикации [20].

Методы статистической обработки

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием программы Statistica v.10.0 (StatSoft Inc., США). Непрерывные количественные данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха – Me (Q1; Q3), так как их распределение отличалось от нормального. Категориальные данные представлены в виде относительных частот (n, %). Для сравнения независимых групп по количественному признаку применяли непараметрический U-критерий Манна – Уитни и коэффициент Пирсона. Статистически значимыми считали различия при достижении уровня $p < 0,05$.

Ограничение исследования

Методологические ограничения включают небольшой размер выборки (n = 20) и отсутствие рандомизации и плацебо-контроля, что ограничивает достоверность выводов, а

одноцентровый характер и наблюдение в течение 12 месяцев сужают возможности экстраполяции полученных результатов на долгосрочную перспективу и другие клинические условия и варианты течения заболевания.

Результаты исследования и их обсуждение

При выписке из стационара интенсивность болевого синдрома (ВАШ) значительно снизилась в обеих группах ($p < 0,001$), однако в группе комбинированного лечения достигнуто большее снижение, что также сказывалось на индексе ODI ($p = 0,01$). В группе лазерной нуклеопластики также отмечается незначимое снижение нейропатического компонента боли по отношению к группе с проведением комбинированного воздействия (лазерная нуклеопластика + РЧ нейромодуляция) $p = 0,029$. Однако группы не отличались по субъективным шкалам оценки удовлетворенности хирургическим лечением Макнаба и Нурика. Через 12 месяцев сохранялось преимущество комбинированного метода по подавлению нейропатического компонента. По субъективным шкалам (Макнаба, Нурика) различий между группами не выявлено. Результаты оценки хирургического лечения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки хирургического лечения

Параметры		Лазерная нуклеопластика n = 10 (группа сравнения)	Лазерная нуклеопластика + РЧ нейромодуляция n = 20 (группа основная)	Значение P
Параметры при выписке из стационара				
ODI		10 [7; 9]	6 [3,5; 8,5]	0,01 ²
ВАШ поясница		2 [0,5; 2,5]	2 [1; 2,5]	0,48 ²
ВАШ конечность		3 [2; 3,5]	0 [0; 1,5]	0,01 ²
DN4		1,5 [1; 2]	0,5 [0; 2]	0,04 ²
PainDetect		10 [6; 10]	1,5 [0,5; 5,5]	0,01 ²
Нейропатическая боль	нет	7 (70 %)	19 (95 %)	0,02 ¹
	да	3 (30 %)	1 (5 %)	
SF 36 физическое благополучие		[37,25; 45,12]	[38,79; 48,09]	0,12 ²
SF 36 Псих. благополучие		45,75 [33,25; 55,15]	45,43 [36,51; 56,35]	0,14 ²
HADS баллы		8 [3; 10]	7 [4; 9]	0,55 ²
Шкала Macnab	Отлично	–	4 (20 %)	0,17 ¹
	Хорошо	8 (80 %)	15 (75 %)	
	Удовлетворительно	2 (20 %)	1 (5 %)	
Шкала Nurick	Полный регресс	–	3 (15 %)	0,11 ¹

	Улучшение	7 (70 %)	15(75 %)	
	Состояние без изменений	3 (30 %)	2 (10 %)	
Параметры через 12 месяцев наблюдения				
ODI		5 [2; 12]	3 [0; 9]	0,71 ²
ВАШ поясница		1 [1; 3]	2 [0; 3]	0,31 ²
ВАШ конечность		0 [0; 2]	0 [0; 3]	0,48 ²
DN4		2 [2; 4]	1 [0; 2]	0,08 ²
PainDetect		9 [7; 16]	3 [0; 8]	0,01 ²
Нейропатическая боль	нет	8 (80 %)	18 (90 %)	0,04 ¹
	да	2 (20 %)	2 (10 %)	
SF 36 физическое благополучие		47,96 [41,02; 53,93]	49,32 [42,40; 55,07]	0,12 ²
SF 36 Псих. благополучие		54,87 [48,15; 58,65]	59,70 [56,80; 62,96]	0,25 ²
HADS баллы		5,94 ± 3,69 7,5 [3; 8,5]	4 ± 3,07 4 [1; 7]	0,15 ²
Шкала Macnab	Отлично	3 (30 %)	4 (20 %)	0,53 ¹
	Хорошо	6 (60 %)	15 (75 %)	
	Удовлетворительно	1 (10 %)	1 (5 %)	
Шкала Nurick	Полный регресс	3 (30 %)	3 (15 %)	0,31 ¹
	Улучшение	6 (60 %)	16 (80 %)	
	Состояние без изменений	1 (10 %)	1 (5 %)	

¹ Коэффициент Пирсона χ^2 ; ² критерий Манна – Уитни (U-test).

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Выводы

Проведенное исследование демонстрирует, что комбинированная методика, одновременно устраняющая морфологический субстрат боли с помощью лазерной нуклеопластики и модулирующая нервную передачу посредством радиочастотного воздействия на ганглии и корешки, является результативным подходом в лечении дискогенных поясничных радикулопатий. Данная стратегия обеспечивает выраженный анальгетический и функциональный эффект, характеризуется высокой безопасностью и может рассматриваться как действенная альтернатива открытой хирургии, улучшающая качество жизни пациентов.

Заключение

Разработанный метод, сочетающий радиочастотную нейромодуляцию корешковых нервов и ганглиев, является актуальным, определяется необходимостью решения ключевой медико-социальной проблемы – лечения хронической вертеброгенной боли. Широкое

распространение поясничных дорсопатий, ограниченная эффективность консервативной терапии и потенциальные риски с возможными осложнениями при открытых хирургических вмешательствах диктуют необходимость поиска новых подходов. Предлагаемый комбинированный метод является патогенетически обоснованным, обеспечивая синергетическое воздействие на ноцицептивный (путем лазерной декомпрессии диска) и нейропатический (путем нейромодуляции) компоненты боли, что соответствует принципам современной минимально инвазивной и персонализированной медицины.

Список литературы

1. Palada V., Ahmed A.S., Finn A., Berg S., Svensson C.I., Kosek E. Characterization of neuroinflammation and periphery-to-CNS inflammatory cross-talk in patients with disc herniation and degenerative disc disease // *Brain Behav Immun*. 2019 Jan. 75. P. 60–71. DOI: 10.1016/j.bbi.2018.09.010. Epub 2018 Sep 22. PMID: 30248387.
2. Wu A., March L., Zheng X. et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017 // *Ann Transl Med*. 2020. Vol. 8 (6). P. 299. DOI: 10.21037/atm.2020.02.175.
3. Khorami A.K., Oliveira C.B., Maher C.G. et al. Recommendations for Diagnosis and Treatment of Lumbosacral Radicular Pain: A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines // *J Clin Med*. 2021. Vol. 10 (11). P. 2482. Published 2021 Jun 3. DOI: 10.3390/jcm10112482.
4. Baron R., Binder A., Attal N., Casale R., Dickenson A.H., Treede R.D. Neuropathic low back pain in clinical practice // *Eur J Pain*. 2016 Jul. Vol. 20 (6). P. 861–873. DOI: 10.1002/ejp.838.
5. Itz C.J., Geurts J.W., van Kleef M., Nelemans P. Clinical course of non-specific low back pain: a systematic review of prospective cohort studies set in primary care // *Eur J Pain*. 2013 Jan. Vol. 17 (1). P. 5–15. DOI: 10.1002/j.1532-2149.2012.00170.x.
6. Bielewicz J., Kamieniak M., Szymoniuk M., Litak J., Czyżewski W., Kamieniak P. Diagnosis and Management of Neuropathic Pain in Spine Diseases // *J Clin Med*. 2023 Feb 9. Vol. 12 (4). P. 1380. DOI: 10.3390/jcm12041380.
7. Zileli M., Crostelli M., Grimaldi M., Mazza O., Anania C., Fornari M. et al. Natural Course and Diagnosis of Lumbar Spinal Stenosis: WFNS Spine Committee Recommendations. *World Neurosurg* X. 2020 Feb 28. Vol. 7: 100073. DOI: 10.1016/j.wnsx.2020.100073.
8. Sathish M., Eswar R. Systematic Reviews and Meta-Analysis in Spine Surgery-How Good Are They in Methodological Quality? A Systematic Review // *Global Spine J*. 2021. Vol. 11 (3). P. 378–399. DOI: 10.1177/2192568220906810.

9. Wan Z.Y., Shan H., Liu T.F., Song F., Zhang J., Liu Z.H. et al. Emerging Issues Questioning the Current Treatment Strategies for Lumbar Disc Herniation // *Front Surg*. 2022 Mar 28. Vol. 9. P. 814531. DOI: 10.3389/fsurg.2022.814531.
10. Xu X., Fu S., Shi X., Liu R. Microglial BDNF, PI3K, and p-ERK in the Spinal Cord Are Suppressed by Pulsed Radiofrequency on Dorsal Root Ganglion to Ease SNI-Induced Neuropathic Pain in Rats // *Pain Res Manag*. 2019 Apr 28. 2019. 5948686. DOI: 10.1155/2019/5948686.
11. Bates D., Schultheis B.C., Hanes M.C., Jolly S.M., Chakravarthy K.V., Deer T.R., Levy R.M., Hunter C.W. A Comprehensive Algorithm for Management of Neuropathic Pain // *Pain Med*. 2019 Jun 1. 20(Suppl 1). S2–S12. DOI: 10.1093/pm/pnz075. Erratum in: *Pain Med*. 2023 Feb 1;24(2):219. DOI: 10.1093/pm/pnac194.
12. Szewczyk A.K., Jamroz-Wisniewska A., Haratym N., Rejdak K. Neuropathic pain and chronic pain as an underestimated interdisciplinary problem // *Int J Occup Med Environ Health*. 2022. Jun 8. Vol. 35 (3). P. 249–264. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.01676.
13. Moisset X. (2024). Neuropathic pain: Evidence based recommendations. *Presse medicale* (Paris, France: 1983). Vol. 53 (2). P. 104232. DOI: 10.1016/j.lpm.2024.104232.
14. Jang J.N., Park S., Park J.H., Song Y., Choi S., Kim Y.U., Park S. Comparison of efficacy according to voltage of pulsed radiofrequency treatment to lumbar dorsal root ganglion in patient with lumbar radiculopathy: Pilot study // *Medicine* (Baltimore). 2023 Apr 25. Vol 102 (17). P. e33617. DOI: 10.1097/MD.00000000000033617.
15. Park S., Park J.H., Jang J.N., Choi S.I., Song Y., Kim Y.U., Park S.. Pulsed radiofrequency of lumbar dorsal root ganglion for lumbar radicular pain: A systematic review and meta-analysis // *Pain practice: the official journal of World Institute of Pain*. 2024. Vol. 24 (5). P. 772–785. DOI: 10.1111/papr.13351.
16. Trinidad J.M., Carnota A.I., Failde I., Torres L.M. Radiofrequency for the treatment of lumbar radicular pain: impact on surgical indications // *Pain Res Treat*. 2015. P. 392856. DOI: 10.1155/2015/392856.
17. Facchini G., Spinnato P., Guglielmi G., Albisinni U., Bazzocchi A. A comprehensive review of pulsed radiofrequency in the treatment of pain associated with different spinal conditions // *Br J Radiol*. 2017 May. Vol. 90 (1073). P. 20150406. DOI: 10.1259/bjr.20150406.
18. Li C., Hou W., Ding D., Yang Y., Gu S., & Zhu Y. 2023. Evidence Mapping Based on Systematic Reviews of Cognitive Behavioral Therapy for Neuropathic Pain // *Neural plasticity*. 2023. 2680620. DOI: 10.1155/2023/2680620.
19. D'Ercole M., Innocenzi G., Ricciardi F., Bistazzoni S. Prognostic Value of Michigan State University (MSU) Classification for Lumbar Disc Herniation: Is It Suitable for Surgical Selection? // *Int J Spine Surg*. 2021. Vol. 15 (3). P. 466–470. DOI: 10.14444/8068.

20. Ларионов С.Н., Животенко А.П., Сороковиков В.А., Горбунов А.В., Потапов В.Э. Эффективность лазерной нуклеопластики и радиочастотной нейромодуляции в лечении дискогенной поясничной радикулопатии // *Acta biomedica scientifica*. 2024. Vol. 9 (6). P. 138–148. DOI: 10.29413/ABS.2024-9.6.14.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.