

DOI: 10.17650/1683-3295-2021-24-1-101-109



ЧРЕСКОЖНАЯ ЛАЗЕРНАЯ НУКЛЕОПЛАСТИКА НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В.А. Белобородов¹, И.А. Степанов^{1, 2}¹ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 664003 Иркутск, ул. Красного Восстания, 1;²ООО «Харлампиевская клиника»; Россия, 664025 Иркутск, ул. Горького, 8**Контакты:** Иван Андреевич Степанов stepanovivanneuro@gmail.com

Цель исследования – представить анализ клинических испытаний по изучению клинической эффективности и безопасности методики чрескожной лазерной нуклеопластики на основе сделанного обзора российских и зарубежных исследований.

Представлены современные литературные данные, освещающие вопросы показаний, противопоказаний, техники выполнения, эффективности и безопасности методики чрескожной лазерной декомпрессии межпозвонковых дисков у пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков. Изложены современные данные о выборе наиболее рациональной тактики хирургического лечения пациентов с данной патологией. Обозначены актуальные, остающиеся нерешенными вопросы, что диктует необходимость проведения крупных рандомизированных плацебо-контролируемых клинических исследований с включением результатов последних в систематические обзоры и метаанализы.

Ключевые слова: межпозвонковый диск, поясничный отдел позвоночника, чрескожная лазерная декомпрессия межпозвонковых дисков, клиническая эффективность, нежелательные явления

Для цитирования: Белобородов В.А., Степанов И.А. Чрескожная лазерная нуклеопластика на поясничном уровне: обзор литературы. Нейрохирургия 2022;24(1):101–9. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-1-101-109.

Percutaneous laser nucleoplasty at lumbar level: Literature review

V.A. Beloborodov¹, I.A. Stepanov^{1, 2}¹Irkutsk State Medical University; 1 Krasnogo Vosstaniya Str., Irkutsk 664003, Russia;²Kharlampiev Clinic; 8 Gorky Str., Irkutsk 664025, Russia**Contacts:** Ivan Andreevich Stepanov stepanovivanneuro@gmail.com

The purpose of the study – to present an analysis of clinical trials to study the clinical efficacy and safety of the technique of percutaneous laser decompression of intervertebral discs based on a review of Russian and foreign studies.

The review article presents modern literature data covering the issues of indications, contraindications, technique, efficacy and safety of percutaneous laser disc decompression in patients with degenerative disease of the lumbar intervertebral discs. The publication present modern data on the choice of the most rational tactics for surgical treatment of patients with this pathology. Relevant, unresolved issues are indicated, which dictates the need for large randomized placebo-controlled clinical trials, with the inclusion of the latter's results in systematic reviews and meta-analyses.

Key words: intervertebral disc, lumbar spine, percutaneous laser disc decompression, clinical efficacy, adverse events

For citation: Beloborodov V.A., Stepanov I.A. Percutaneous laser nucleoplasty at lumbar level: Literature review. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2022;24(1):101–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-1-101-109.

ВВЕДЕНИЕ

Боль в нижней части спины с иррадиацией (или без нее) в нижние конечности, обусловленная дегене-

ративным заболеванием межпозвонковых дисков (ДЗД) в поясничном отделе позвоночника, — ведущая причина утраты трудоспособности населения в возрасте

от 25 до 45 лет в индустриально развитых странах мира [1, 2]. Показатель заболеваемости данной нозологической формой варьирует в широких пределах и составляет 50–150 случаев на 100 тыс. населения в год [3]. При отсутствии эффекта от выполняемых консервативных и парахирургических методов лечения у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночника в течение 4–6 нед показано выполнение планового оперативного вмешательства [4]. Традиционные оперативные вмешательства по поводу ДЗД, как правило, ассоциированы с продолжительной госпитализацией, длительным периодом реабилитации и некоторыми видами нежелательных явлений [5]. По этой причине одно из наиболее актуальных и перспективных направлений современной спинальной хирургии — поиск минимально-инвазивных методов хирургического лечения указанной группы пациентов.

Чрескожная лазерная декомпрессия межпозвонковых дисков (ЧЛДД) — современный минимально-инвазивный метод хирургического лечения пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночного столба. Операция относится к группе пункционных хирургических методик, не требует специального анестезиологического обеспечения и позволяет значительно сократить сроки госпитализации и послеоперационной реабилитации пациентов. В свою очередь, короткий период реабилитации пациентов способствует скорейшему восстановлению трудоспособности [6–8]. Все вышеперечисленное, безусловно, представляет ЧЛДД как перспективную альтернативу традиционным методам хирургического лечения пациентов с ДЗД.

Поиск литературных источников в научных базах данных MEDLINE, Embase, Cochrane Library и eLibrary продемонстрировал значительное количество исследований, посвященных изучению эффективности и безопасности методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночника. Необходимо отметить, что результаты исследований по данной теме неоднозначны, что и стало побудительным мотивом к написанию данного литературного обзора.

Цель обзора — анализ современных литературных данных, посвященных изучению методики ЧЛДД, техники выполнения, эффективности и безопасности методики, а также показаний и противопоказаний для пациентов с ДЗД.

ИСТОРИЯ

Впервые методика ЧЛДД применена в 1986 г. у пациента с грыжей межпозвонкового диска поясничного отдела позвоночного столба, а спустя год в разделе Letter to the Editor научно-медицинского периодического издания New England Journal of Medicine представлены первые результаты применения ЧЛДД в клинической серии, включающей 12 пациентов с ДЗД поясничного отдела [9]. Уже в 1991 г. Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых про-

дуктов и медикаментов (Food and Drug Administration, FDA) процедура ЧЛДД одобрена к использованию в широкой клинической практике [10]. Также с этого момента начато активное изучение клинической эффективности ЧЛДД, опубликован ряд обзорных работ и оригинальных исследований. Так, в литературных обзорах P. Goupille и соавт. [8] и B. Schenk и соавт. [11] впервые подробно описаны показания, противопоказания, техника выполнения и возможные осложнения использования методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночника. В наблюдательных когортных исследованиях D.S. Choy [12], а также A. Gangi и соавт. [13] опубликованы успешные результаты применения процедуры ЧЛДД у пациентов с грыжами поясничных межпозвонковых дисков. Систематический обзор V. Singh и соавт. [14] объединил результаты 17 исследований различного дизайна (ретроспективные, наблюдательные, проспективные и случай–контроль) и продемонстрировал высокую клиническую эффективность методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночного столба. Однако авторы указанного систематического обзора подчеркнули, что отсутствие рандомизированных контролируемых клинических исследований не позволяет убедительно высказаться в отношении высокой клинической эффективности ЧЛДД. В 2017 г. P.A. Brouwer и соавт. [7] представили результаты проспективного рандомизированного контролируемого клинического исследования, посвященного сравнению клинической эффективности методик ЧЛДД и микродискэктомии у пациентов с грыжами межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночного столба: наглядно доказано, что процедура ЧЛДД по своей клинической эффективности не уступает поясничной микродискэктомии и сопряжена с достоверно низкой распространенностью нежелательных явлений.

ОБОСНОВАНИЕ И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ

Методика ЧЛДД основана на чрескожном введении оптического волокна (проводника лазерного излучения) в середину межпозвонкового диска с помощью специальной пункционной иглы, как показано на рисунке [13]. Лазерное излучение нагревает часть пульпозного ядра до критических значений температуры и последующего его «выпаривания», что приводит к снижению внутридискового давления. В свою очередь, снижение внутридискового давления способствует регрессу болевого синдрома как в нижней части спины, так и в нижних конечностях [15].

Выбор длины волны излучения. В настоящее время единого мнения в отношении выбора наиболее оптимального типа лазера, мощности и длительности излучения нет. Наибольшее распространение в клинической практике спинальных хирургов получили лазеры, излучающие в инфракрасном диапазоне: кристалл иттрий-алюминиевого граната, легированный неодимом;

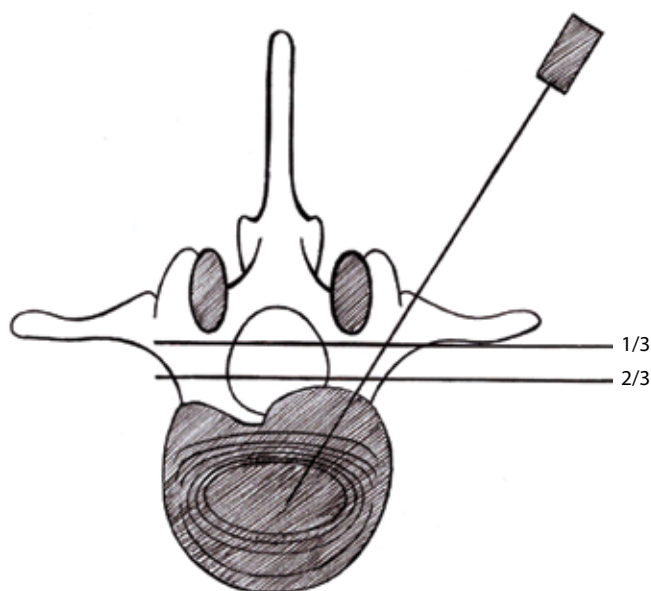


Схема выполнения методики чрескожной лазерной декомпрессии межпозвонковых дисков поясничного отдела [13]

Scheme of implementation of the technique of percutaneous laser decompression of intervertebral discs of the lumbar region [13]

кристалл иттрий-алюминиевого граната, легированный гольмием; диодный лазер. А также и в зеленом диапазоне: двухчастотный кристалл иттрий-алюминиевого граната, легированный неодимом; кристалл титанил-фосфата калия [16–19]. Мощность лазерного излучения, безусловно, имеет важнейшее значение в достижении необходимого клинического результата. Так, низкая мощность излучения может привести к «выпариванию» недостаточного количества ткани пульпозного ядра и, как следствие, к недостаточной внутридисковой декомпрессии [20]. С другой стороны, высокая мощность лазерного излучения может выступить причиной выраженного повреждения и ожога не только пульпозного ядра, но и фиброзного кольца с окружающими сосудисто-нервными структурами [18]. Важно отметить, что мощность должна строго соответствовать длительности импульсов лазерного излучения и паузам между ними. «Выпаривание» ткани пульпозного ядра во многом зависит от степени поглощения энергии молекулами воды, а потому длина волны лазерного излучения должна строго соответствовать полосе поглощения воды (ок. 1950 нм) [18]. До настоящего времени клинические исследования, посвященные изучению выбора оптимальной длины волны лазерного излучения при выполнении внутридисковой декомпрессии, отсутствуют.

В экспериментальном исследовании на кадаверных межпозвонковых дисках поясничного отдела позвоночника D.S. Chou и соавт. [21] оценили степень «выпаривания» ткани пульпозного ядра при использовании различных типов лазеров с определенной длиной волны (эксимерный лазер с длиной волны 193 нм;

аргоновый — 488 и 514 нм; на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированный неодимом — 1064 и 1318 нм; на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированный гольмием — 2150 нм; на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированный эрбием — 2940 нм; CO₂-лазер — 10600 нм). Образцы кадаверных межпозвонковых дисков взвешивали до и после выполнения процедуры лазерной декомпрессии. Сделано заключение, что наибольшей степенью «выпаривания» ткани пульпозного ядра при адекватной мощности облучения обладают следующие лазеры: на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированный эрбием (2940 нм) и CO₂-лазер (10600 нм). Однако авторы подчеркнули, что перечисленные типы аппаратов сложны в техническом использовании. С учетом этого, а также всех перечисленных параметров и характеристик оптимальным типом выступает лазер на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированный неодимом (1064 нм).

Активность диодного лазера с длиной волны 805 нм, усиленного введением индоцианинового зеленого, изучена в эксперименте на межпозвонковых дисках собак. Введение индоцианинового зеленого позволяет увеличить степень «выпаривания» ткани пульпозного ядра диодным лазером до 100 раз. Использование диодного лазера с мощностью излучения 1, 3 и 5 Вт, усиленного введением индоцианинового зеленого, достоверно снижает вес пульпозного ядра дисков собак на 20, 45 и 65 % соответственно. Также отмечено, что без усиления действия за счет индоцианинового зеленого эффективная мощность лазерного излучения должна бы составить не менее 15 Вт, что могло бы привести к повреждению окружающих тканей [22].

Объем «выпаривания» ткани пульпозного ядра. Результаты наблюдений, изучающих объем «выпаривания» пульпозного ядра при использовании лазерного излучения, значительно разнятся. Так, D.S. Chou и соавт. [23] в своей работе показали, что использование лазера на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного неодимом (энергия — 1000 Дж, длина волны — 1064 нм), позволяет уменьшить массу пульпозного ядра на 98 мг. В сообщении M. Buchelt и соавт. [24] отмечено, что применение лазера на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного гольмием (мощность излучения 20 Вт, энергия — 500 Дж), значительно снижает массу ткани пульпозного ядра. Изучая объем «выпаривания» ткани пульпозного ядра межпозвонковых дисков человека K. Min и соавт. [25] пришли к следующему выводу: использование лазера на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного гольмием (длина волны — 2100 нм), достоверно снижает массу пульпозного ядра на 0,6 г. В экспериментальном исследовании B.A. Schlangmann и соавт. [26] подробно изучены степени «выпаривания» ткани пульпозного ядра человеческих и бычьих

межпозвонковых дисков в зависимости от длины волны лазерного излучения и создаваемой локальной температуры. В результате заключили, что определяющее значение в степени «выпаривания» ткани межпозвонкового диска имеет высвобождаемая энергия, а наиболее эффективны лазеры на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного гольмием и неодимом.

Снижение внутридискового давления. Ряд авторов считает, что межпозвонковый диск представляет собой биологическую гидравлическую систему, в которой уменьшение объема ткани неминуемо приводит к снижению внутридискового давления. Так, T. Yonezawa и соавт. [27], а также D.S. Chou и S. Diwan [28] доказали в эксперименте на межпозвонковых дисках кроликов, что значение внутридискового давления значительно снижается после «выпаривания» пульпозного ядра с помощью лазера на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного неодимом (1064 нм). В другом экспериментальном наблюдении D.S. Chou и P. Altman [29] наглядно продемонстрировано, что «выпаривание» ткани пульпозного ядра кадаверных межпозвонковых дисков с помощью лазера (1320 нм) на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного неодимом, позволяет снизить внутридисковое давление на 56 % (с 2419 ± 569 до 1344 ± 601 мм рт. ст.).

Биохимические реакции в пульпозном ядре при использовании лазерного излучения. В экспериментальных работах на моделях межпозвонковых дисков кроликов P. Goupille и соавт. [30] и K. Iwatsuki и соавт. [31] подробно изучили уровень содержания провоспалительных биологически активных веществ (фосфолипаза A2 и простагландин E2) в ткани пульпозного ядра после «выпаривания» последнего с помощью лазерного излучения, а также скорость нервной проводимости корешков спинного мозга. Сделан вывод, что «выпаривание» ткани пульпозного ядра способствует статистически значимому увеличению скорости проведения нервного импульса по корешкам спинного мозга, а также снижению уровня содержания фосфолипазы A2 и простагландина E2 в ткани пульпозного ядра. К сожалению, подобных исследований, изучающих влияние процедуры ЧЛДД на активность нервной системы и течение воспалительного процесса в ткани межпозвонкового диска человека, более не найдено.

Структурные изменения в межпозвонковом диске и окружающих тканях. Доказано, что лазерное излучение высокой мощности может привести к повреждению структур межпозвонкового диска и окружающих тканей [32, 33]. Так, Y. Anzai и соавт. [34] изучали особенности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в стандартных режимах паравертебральных мышц кроликов после выполнения процедуры ЧЛДД лазером на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната,

легированного неодимом. Исследователями описаны 3 области пульпозного ядра различной интенсивности на рутинных T1- и T2-взвешенных изображениях, которые соответствовали зонам «вакуолизации», коагуляционного некроза и выраженного интерстициального отека. Так, J.J. Phillips и соавт. [35] отметили достоверное снижение интенсивности сигнала трупных межпозвонковых дисков (данные T2-взвешенного МРТ-изображения после использования лазера на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного гольмием). Гистологическое исследование межпозвонковых дисков выявило наличие множественных очагов «вакуолизации» и некроза за счет термической коагуляции белков.

В наблюдении H. Tonami и соавт. [36] изучались изменения размеров грыж межпозвонковых дисков, а также сигнал от межпозвонкового диска и смежного с ним тела позвонка (T2-взвешенные изображения) после выполнения ЧЛДД. Достоверных различий в размерах грыж межпозвонковых дисков не отмечено, но верифицировано увеличение интенсивности сигнала (T2-изображения МРТ от ткани оперированного диска и смежного с ним тела позвонка). С другой стороны, O.A. Cvitanic и соавт. [37] не обнаружили статистически значимых различий в размерах грыж межпозвонковых дисков, а также не отметили увеличения интенсивности сигнала от ткани пульпозного ядра и замыкательной пластики.

Так, M. Sato и соавт. [38] изучали влияние мощности лазерного излучения (на основе кристалла иттрий-алюминиевого граната, легированного гольмием) на клетки межпозвонкового диска. Исследователи пришли к выводу, что высокая мощность излучения отрицательно влияет на состояние клеток диска, приводит к разрушению цитоплазматической мембраны и гибели последних. С другой стороны, малая мощность лазерного излучения способствует пролиферации клеток межпозвонкового диска, увеличению биосинтеза протеогликанов и восстановлению структуры пульпозного ядра и фиброзного кольца.

ПОКАЗАНИЯ, ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ И НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Основные показания к выполнению процедуры ЧЛДД сформулированы и впоследствии дополнены A. Gangi и соавт. [13]. Так, для пациентов с ДЗД поясничного отдела для назначения процедуры ЧЛДД существуют основные показания [13]:

- грыжа поясничного межпозвонкового диска:
 - подтвержденная данными МРТ/МСКТ-исследования;
 - без признаков миграции или секвестрации;
 - без признаков стенозирования позвоночного канала;
- клинично-неврологические проявления компрессии корешков спинного мозга;

- боль в нижней части спины с иррадиацией в нижнюю конечность — положительный симптом Ласега (E.Ch. Lasegue);
 - нарушение чувствительности в виде парестии или гипестезии в зоне иннервации корешка спинного мозга;
 - снижение сухожильных рефлексов;
 - отсутствие клинической эффективности от консервативного лечения в течение не менее 4–6 нед.
- Противопоказания для пациентов с ДЗД поясничного отдела при назначении процедуры ЧЛДД [13]:
- болезни кровоточивости;
 - спондилолистез;
 - стеноз позвоночного канала;
 - наличие в анамнезе ранее выполненных оперативных вмешательств на поясничном отделе позвоночного столба;
 - выраженное снижение высоты межпозвонкового диска;
 - наличие психиатрических нозологических форм;
 - беременность;
 - выраженный неврологический дефицит, в том числе и признаки каудогенной перемежающейся хромоты.

D.D. Ohnmeiss и соавт. [39] и D.S. Choy и соавт. [40] особое внимание уделяют строгому отбору пациентов с ДЗД поясничного отдела для выполнения методики ЧЛДД. Данная методика представляет собой минимально-инвазивную хирургическую процедуру, позволяющую избежать недостатков традиционных открытых оперативных вмешательств на позвоночнике (повреждение паравертебральных мышц, кровотечение, инфекции в области хирургического вмешательства, продолжительная госпитализация и длительный период реабилитации) и достигнуть положительного клинического результата [7].

Принято классифицировать нежелательные явления, ассоциированные с выполнением методики ЧЛДД, на интра- и послеоперационные [41]. Одно из наиболее распространенных осложнений, связанных с выполнением данной хирургической процедуры, — спондилодисцит [42]. По мнению ряда исследователей, частота встречаемости спондилодисцита варьирует от 0 до 1,2 % в зависимости от его формы (септическая или асептическая) [43]. Как правило, асептический спондилодисцит возникает в результате термического повреждения структур межпозвонкового диска и (или) замыкательных пластинок [32]. Основная цель ЧЛДД — «выпаривание» ткани пульпозного ядра, снижение внутрисдискового давления при максимальном сохранении целостности фиброзного кольца. Следовательно, мощность лазерного излучения должна контролироваться хирургом с целью предупреждения термического повреждения окружающих тканей [11]. Также повреждения можно предупреждать путем постоянного вербального контакта с пациентом на про-

тяжении всего оперативного вмешательства. Так, появление выраженной боли у пациента в нижней части спины и (или) нижних конечностях может свидетельствовать о возникновении термического повреждения окружающих пульпозное ядро тканей и сигналом к прекращению подачи лазерного излучения [11]. Септический спондилодисцит возникает при попадании инфекционного агента в толщу межпозвонкового диска [44, 45]. Применение периоперационной антибиотикопрофилактики может снизить риск развития септического спондилодисцита, однако в систематических обзорах S.G. Karoog и соавт. [46] и P.C. Willems и соавт. [47] наглядно продемонстрировано отсутствие достоверной эффективности использования антибактериальных лекарственных средств в профилактике септического спондилодисцита у пациентов, перенесших дискографию. А в сообщении P. Vescovi и соавт. [48] отмечено, что лазерное излучение обладает бактерицидным действием.

Кровотечение, в том числе и формирование эпидуральной гематомы, — нередкое осложнение при выполнении процедуры ЧЛДД [49, 50]. Другое распространенное нежелательное явление в интра- и послеоперационных периодах — побочные эффекты лекарственных препаратов для внутривенной седации и местной инфильтрационной анестезии при выполнении ЧЛДД [51–53].

Одно из наиболее распространенных интраоперационных осложнений, связанных с применением СО₂-лазера при выполнении процедуры ЧЛДД, — термическое повреждение корешка спинного мозга. По мнению ряда исследователей, частота встречаемости данного нежелательного явления составляет ок. 8 % [54, 55]. Так, B. Schenk и соавт. [11] считают, что термический ожог невралных структур эффективно предупреждается использованием металлической канюли при выполнении ЧЛДД. В клинической серии D.D. Ohnmeiss и соавт. [39], основанной на анализе результатов применения методики ЧЛДД у 164 пациентов с ДЗД поясничного отдела, отмечено развитие нарушений чувствительности у 14 респондентов в раннем послеоперационном периоде. У 12 пациентов из них отмечались дерматомные парестии и (или) гипестезии, а в 2 случаях выявлены признаки стойкой вегетативной симпатической дисфункции. В мультицентровом ретроспективном клиническом исследовании Н.М. Мауег и соавт. [56], включающем анализ результатов применения ЧЛДД у 658 пациентов, развитие нежелательных явлений в интра- и послеоперационных периодах составило 1,1 и 1,5 % соответственно. Среди интраоперационных нежелательных явлений стоит отметить повреждение *a. iliolumbalis* (1 случай) и *a. sigmoidea* (1 случай) — с термическим ожогом поперечного отростка и прилежащего мышечно-апоневротического слоя. К послеоперационным осложнениям отнесено повреждение L5-корешка спинного мозга

с формированием стойкого неврологического дефицита (4 случая). В работе N.E. Epstein [57] у 1 пациента в раннем послеоперационном периоде отмечены признаки развития подострого синдрома *cauda equina*.

В экспериментальном исследовании Z. Cselik и соавт. [58] доказали, что длина волны лазерного излучения достоверно коррелирует с частотой встречаемости интраоперационных нежелательных явлений. Так, использование лазерного излучения с длиной волны 1470 нм не приводит к повреждению тканей, окружающих пульпозное ядро, и позволяет эффективно снизить внутридисковое давление, а лазерное излучение с длиной волны 980 нм способствует повреждению не только пульпозного ядра, но и фиброзного кольца, и прилежащих сосудисто-невральных структур.

КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Клиническая эффективность методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела подтверждается многочисленными клиническими исследованиями и систематическими обзорами. Так, в исследовании R. Duarte и J.C. Costa [59] показано, что у 67 % пациентов с грыжами межпозвонковых дисков поясничного отдела позвоночного столба, перенесших процедуру ЧЛДД, отмечены хорошие результаты по субъективной оценочной шкале Макнаба (I. MacNab) и у 6 % пациентов — удовлетворительные результаты. В клинической серии А.В. Горбунова и соавт. [60], включающей 230 респондентов, отмечены отличные (20,1 %), хорошие (40,3 %) и удовлетворительные (33,8 %) результаты использования методики ЧЛДД по шкале Макнаба. Результаты мультицентрового ретроспективного исследования применения методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела представили Р.Р. Menchetti и соавт. [61]. Исследователи отметили преимущественно отличные и хорошие результаты по оценочной шкале Макнаба (более 70 %) с минимальным количеством нежелательных явлений при среднем периоде послеоперационного наблюдения за респондентами не менее 5 лет. В работах G.P. Tassi [62] представлены результаты сравнения клинической эффективности методик ЧЛДД и поясничной микродискэктомии и делается вывод, что эффективность изучаемых хирургических методик сопоставима: отличные и хорошие результаты в группе ЧЛДД — 84 %, в группе микродискэктомии — 86 % случаев (при достоверном преобладании осложнений в группе поясничной микродискэктомии — 0 и 2,2 % случаев соответственно). В ретроспективных наблюдениях D.S. Choy [12], а также D.H. Gronemeyer и соавт. [63] отличные и хорошие клинические результаты применения процедуры поясничной ЧЛДД отмечены у 83 и 74 % респондентов соответственно. В наблюдательном когортном исследовании М. Knight и А. Goswami [64] также продемонстрированы преимущественно отличные (51 %) и хорошие (22 %) клинические результаты по субъективной оценочной шкале

Макнаба в периоде послеоперационного наблюдения не менее 3 лет. Среди нежелательных явлений выявлены асептический спондилодисцит (1 %), увеличение размеров грыжи межпозвонкового диска (2 %) и выполнение повторных оперативных вмешательств (17 %).

Упомянутый выше систематический обзор V. Singh и соавт. [14], объединивший результаты 17 клинических серий, наглядно продемонстрировал высокую клиническую эффективность процедуры ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночника. Тем не менее авторы данного систематического обзора подчеркнули, что отсутствие включенных рандомизированных контролируемых клинических исследований не позволяет убедительно высказаться в отношении высокой клинической эффективности указанной хирургической процедуры.

Поиск литературных источников в отечественных и зарубежных научных базах данных продемонстрировал наличие единственного рандомизированного контролируемого клинического исследования, посвященного изучению клинической эффективности методики ЧЛДД у пациентов с ДЗД поясничного отдела позвоночника. Исследование Р.А. Brouwer и соавт. [7] включает в себя 115 респондентов, данные о которых рандомизированы (58 пациентов включены в группу поясничной микродискэктомии, 57 — в группу ЧЛДД) с периодом послеоперационного наблюдения не менее 2 лет. Первичные конечные точки данного исследования:

- 1) влияние болевого синдрома на нарушение жизнедеятельности — опросник Роланда—Морриса (M. Roland, R. Morris, 1983);
- 2) выраженность боли в поясничном отделе позвоночника и нижних конечностях — шкала Лайкерта (R. Likert, 1932) и визуальная аналоговая шкала. Вторичные конечные точки исследования:
- 1) функциональная активность — шкала Проло (D. Prolo, 1986);
- 2) уровень качества жизни пациентов — опросник The Short Form — 36;
- 3) количество осложнений и выполненных повторных оперативных вмешательств.

Исследователи пришли к выводу, что методики ЧЛДД и поясничной микродискэктомии сопоставимы по клинической эффективности при статистически значимом преобладании выполнения повторных оперативных вмешательств в группе ЧЛДД (21 и 52 % соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, методика чрескожной лазерной декомпрессии межпозвонковых дисков (чрезкожной нуклеопластики) представляет собой современный эффективный минимально-инвазивный способ хирургического лечения пациентов с дегенеративным заболеванием поясничных межпозвонковых дисков.

Результаты целого ряда клинических исследований различного дизайна убедительно показывают, что данная методика может выступать эффективной альтернативой поясничной микродискэктомии. Необходимо подчеркнуть, что основа успешного применения чрескожной лазерной декомпрессии межпозвонковых дисков — строгое определение показаний и противопо-

показаний к выполнению данной хирургической методики. Безусловно, для более объективной оценки клинической эффективности данной методики необходимо проведение крупных рандомизированных плацебо-контролируемых клинических исследований с включением результатов последних в систематические обзоры и метаанализы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Battie M.C., Joshi A.B., Gibbons L.E., ISSLS Degenerative Spinal Phenotypes Group. Degenerative Disc Disease: What is in a name? *Spine (Phila Pa 1976)* 2019;44(21):1523–9. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003103.
- Brinjikji W., Diehn F.E., Jarvik J.G. et al. MRI findings of disc degeneration are more prevalent in adults with low back pain than in asymptomatic controls: A systematic review and meta-analysis. *Am J Neuroradiol* 2015;36(12):2394–9. DOI: 10.3174/ajnr.A4498.
- Chen J., Jing X., Li C. et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5/S1 lumbar disc herniation using a transforaminal approach versus an interlaminar approach: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2018;116:412–20.e2. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.075.
- Коновалов Н.А., Назаренко А.Г., Асютин Д.С. и др. Современные методы лечения дегенеративных заболеваний межпозвонкового диска. Обзор литературы. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко 2016;80(4):102–8. [Konovalov N.A., Nazarenko A.G., Asyutin D.S. et al. Modern treatments for degenerative disc diseases of the lumbosacral spine. A literature review. *Zhurnal "Voprosy neurokhirurgii" imeni N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2016;80(4):102–8 (In Russ.).] DOI: 10.17116/neiro2016804102-108.
- Chen X., Chamoli U., Lapkin S. et al. Complication rates of different discectomy techniques for the treatment of lumbar disc herniation: A network meta-analysis. *Eur Spine J* 2019;28(11):2588–601. DOI: 10.1007/s00586-019-06142-7.
- Lewandrowski K.U., de Carvalho P.S.T., Calderaro A.L. et al. Outcomes with transforaminal endoscopic versus percutaneous laser decompression for contained lumbar herniated disc: A survival analysis of treatment benefit. *J Spine Surg* 2020;6(1 Suppl):S84–99. DOI: 10.21037/jss.2019.09.13.
- Brouwer P.A., Brand R., van den Akker-Marle M.E. et al. Percutaneous laser disc decompression versus conventional microdiscectomy for patients with sciatica: Two-year results of a randomised controlled trial. *Interv Neuroradiol* 2017;23(3):313–24. DOI: 10.1177/1591019917699981.
- Goupille P., Mulleman D., Mammou S. et al. Percutaneous laser disc decompression for the treatment of lumbar disc herniation: A review. *Semin Arthritis Rheum* 2007;37(1):20–30. DOI: 10.1016/j.semarthrit.2007.01.006.
- Choy D.S., Case R.B., Fielding W. et al. Percutaneous laser nucleolysis of lumbar disks. *N Engl J Med* 1987;317(12):771–2. DOI: 10.1056/NEJM198709173171217.
- Choy D.S.J. The true story of percutaneous laser disc decompression. *J Clin Laser Med Surg* 2004;19(5):231–3. DOI: 10.1089/10445470152611946.
- Schenk B., Brouwer P.A., Peul W.C., van Buchem M.A. Percutaneous laser disk decompression: A review of the literature. *Am J Neuroradiol* 2006;27(1):232–5.
- Choy D.S. Percutaneous laser disc decompression (PLDD): twelve years' experience with 752 procedures in 518 patients. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16(6):325–31. DOI: 10.1089/clm.1998.16.325.
- Gangi A., Dietemann J.L., Ide C. et al. Percutaneous laser disk decompression under CT and fluoroscopic guidance: indications, technique, and clinical experience. *Radiographics* 1996;16(1):89–96. DOI: 10.1148/radiographics.16.1.89.
- Singh V., Manchikanti L., Calodney A.K. et al. Percutaneous lumbar laser disc decompression: An update of current evidence. *Pain Physician* 2013;16(2 Suppl):SE229–60.
- Ishiwata Y., Takada H., Gondo G. et al. Magnetic resonance-guided percutaneous laser disc decompression for lumbar disc herniation — relationship between clinical results and location of needle tip. *Surg Neurol* 2007;68(2):159–63. DOI: 10.1016/j.surneu.2006.10.058.
- Yonezawa T., Onomura T., Kosaka R. et al. The system and procedures of percutaneous intradiscal laser nucleotomy. *Spine (Phila Pa 1976)* 1990;15(11):1175–85. DOI: 10.1097/00007632-199011010-00017.
- Gottlob C., Kopchok G.E., Peng S.-K. et al. Holmium:YAG laser ablation of human intervertebral disc: Preliminary evaluation. *Lasers Surg Med* 1992;12(1):86–91. DOI: 10.1002/lsm.1900120113.
- Quigley M.R., Shih T., Elrifai A., Maroon J.C., Lesiecki M.L. Percutaneous laser discectomy with the Ho:YAG laser. *Lasers Surg Med* 1992;12(6):621–4. DOI: 10.1002/lsm.1900120609.
- Davis J.K. Percutaneous discectomy improved with KTP laser. *Clin Laser Mon* 1990;8:105–6.
- Quigley M.R., Maroon J.C. Laser discectomy: A review. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19(1):53–6. DOI: 10.1097/00007632-199401000-00010.
- Choy D.S., Altman P.A., Case R.B., Trokel S.L. Laser radiation at various wavelengths for decompression of intervertebral disk. Experimental observations on human autopsy specimens. *Clin Orthop Relat Res* 1991;267:245–50.
- Sato M., Ishihara M., Arai T. et al. Use of a new ICG-dye-enhanced diode laser for percutaneous laser disc decompression. *Lasers Surg Med* 2001;29(3):282–7. DOI: 10.1002/lsm.1120.
- Choy D.S., Ascher P.W., Ranu H.S. et al. Percutaneous laser disc decompression. A new therapeutic modality. *Spine (Phila Pa 1976)* 1992;17(8):949–56. DOI: 10.1097/00007632-199208000-00014.
- Buchelt M., Schlangmann B., Schmolke S., Siebert W. High power Ho:YAG laser ablation of intervertebral discs: Effects on ablation rates and temperature profile. *Lasers Surg Med* 1995;16(2):179–83. DOI: 10.1002/lsm.1900160207.
- Min K., Leu H., Zweifel K. Quantitative determination of ablation in weight of lumbar intervertebral discs with holmium: YAG laser. *Lasers Surg Med* 1996;18(2):187–90. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9101(1996)18:2<187::AID-LSM9>3.0.CO;2-O.
- Schlangmann B.A., Schmolke S., Siebert W.E. Temperature and ablation measurements in laser therapy of intervertebral disk tissue. *Orthopade* 1996;25(1):3–9. (In Germ.).
- Yonezawa T., Tanaka S., Watanabe H. et al. Percutaneous Intradiscal Laser Discectomy. In: *Percutaneous Lumbar*

- Discectomy. Eds.: H.M. Mayer, M. Brock. Springer-Verlag, 1989. 220 p.
28. Choy D.S., Diwan S. *In vitro* and *in vivo* fall of intradiscal pressure with laser disc decompression. *J Clin Laser Med Surg* 1992;10(6):435–7. DOI: 10.1089/clm.1992.10.435.
 29. Choy D.S., Altman P. Fall of intradiscal pressure with laser ablation. *J Clin Laser Med Surg* 1995;13(3):149–51. DOI: 10.1089/clm.1995.13.149.
 30. Goupille P., Mulleman D., Valat J.-P. Radiculopathy associated with disc herniation. *Ann Rheum Dis* 2006;65(2):141–3. DOI: 10.1136/ard.2005.039669.
 31. Iwatsuki K., Yoshimine T., Sasaki M. et al. The effect of laser irradiation for nucleus pulposus: An experimental study. *Neurol Res* 2005;27(3):319–23. DOI: 10.1179/016164105X39923.
 32. Turgut M., Onol B., Kilinik K., Tahta K. Extensive damage to the end-plates as a complication of laser discectomy. An experimental study using an animal model. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139(5):404–10. DOI: 10.1007/BF01808875.
 33. Turgut M., Sargin H., Onol B., Acikgoz B. Changes in end-plate vascularity after Nd:YAG laser application to the guinea pig intervertebral disc. *Acta Neurochir (Wien)* 1998;140(8):819–26. DOI: 10.1007/s007010050184.
 34. Anzai Y., Lufkin R.B., Castro D.J. et al. MR imaging-guided interstitial Nd:YAG laser phototherapy: Dosimetry study of acute tissue damage in an *in vivo* model. *J Magn Reson Imaging* 1991;1(5):553–9. DOI: 10.1002/jmri.1880010508.
 35. Phillips J.J., Kopchok G.E., Peng S.-K. et al. MR imaging of Ho:YAG laser discectomy with histologic correlation. *J Magn Reson Imaging* 1993;3(3):515–20. DOI: 10.1002/jmri.1880030314.
 36. Tonami H., Yokota H., Nakagawa T. et al. Percutaneous laser discectomy: MR findings within the first 24 hours after treatment and their relationship to clinical outcome. *Clin Radiol* 1997;52(12):938–44. DOI: 10.1016/s0009-9260(97)80228-0.
 37. Cvitanic O.A., Schimandle J., Casper G.D., Tirman P.F. Subchondral marrow changes after laser discectomy in the lumbar spine: MR imaging findings and clinical correlation. *Am J Roentgenol* 2000;174(5):1363–9. DOI: 10.2214/ajr.174.5.1741363.
 38. Sato M., Ishihara M., Kikuchi M., Mochida J. The influence of Ho:YAG laser irradiation on intervertebral disc cells. *Lasers Surg Med* 2011;43(9):921–6. DOI: 10.1002/lsm.21120.
 39. Ohnmeiss D.D., Guyer R.D., Hochschuler S.H. Laser disc decompression. The importance of proper patient selection. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19(18):2054–9.
 40. Choy D.S., Botsford J., Black W.A. Jr. Patient selection: indications and contraindications. *J Clin Laser Med Surg* 1995;13(3):157–9. DOI: 10.1089/clm.1995.13.157.
 41. Steiner P., Zweifel K., Botnar R. et al. MR guidance of laser disc decompression: Preliminary *in vivo* experience. *Eur Radiol* 1998;8(4):592–7. DOI: 10.1007/s003300050441.
 42. Siebert W.E., Berendsen B.T., Tollgaard J. Percutaneous laser disk decompression. Experience since 1989. *Orthopade* 1996;25(1):42–8. (In Germ.).
 43. Gangi A., Dietemann J.L., Gasser B. et al. Interventional radiology with laser in bone and joint. *Radiol Clin North Am* 1998;36(3):547–57. DOI: 10.1016/s0033-8389(05)70043-9.
 44. Idris S., Collum N. Complicated septic cervical and lumbar discitis. *BMJ Case Rep* 2012;2012:bcr0120125642. DOI: 10.1136/bcr.01.2012.5642.
 45. Yang D.-H., Chang M.-H., Chang W.-C. Isolated septic discitis associated with *Streptococcus bovis* bacteremia. *South Med J* 2011;104(5):375–7. DOI: 10.1097/SMJ.0b013e3182142e11.
 46. Kapoor S.G., Huff J., Cohen S.P. Systematic review of the incidence of discitis after cervical discography. *Spine J* 2010;10(8):739–45. DOI: 10.1016/j.spinee.2009.12.022.
 47. Willems P.C., Jacobs W., Duinkerke E.S., de Kleuver M. Lumbar discography: should we use prophylactic antibiotics? A study of 435 consecutive discograms and a systematic review of the literature. *J Spinal Disord Tech* 2004;17(3):243–7. DOI: 10.1097/00027270-200406000-00013.
 48. Vescovi P., Conti S., Merigo E. et al. *In vitro* bactericidal effect of Nd:YAG laser on *Actinomyces israelii*. *Lasers Med Sci* 2013;28(4):1131–5. DOI: 10.1007/s10103-012-1197-x.
 49. Paikin J.S., Wright D.S., Eikelboom J.W. Effectiveness and safety of combined antiplatelet and anticoagulant therapy: A critical review of the evidence from randomized controlled trials. *Blood Rev* 2011;25(3):123–9. DOI: 10.1016/j.blre.2011.01.007.
 50. Limantoro I., Pisters R. Peri-procedural antithrombotic bridging and the assessment of the associated risk of major bleeding. *Thromb Haemost* 2012;108(1):9–10. DOI: 10.1160/TH12-05-0333.
 51. Zhou Y., Singh N., Abdi S. et al. Fluoroscopy radiation safety for spine interventional pain procedures in university teaching hospitals. *Pain Physician* 2005;8(1):49–53.
 52. Manchikanti L., Cash K.A., Moss T.L. et al. Risk of whole body radiation exposure and protective measures in fluoroscopically guided interventional techniques: A prospective evaluation. *BMC Anesthesiol* 2003;3(1):2. DOI: 10.1186/1471-2253-3-2.
 53. Patton K., Borshoff D.C. Adverse drug reactions. *Anaesthesia* 2018;73(Suppl 1):76–84. DOI: 10.1111/anae.14143.
 54. Kobayashi S., Uchida K., Takeno K. et al. A case of nerve root heat injury induced by percutaneous laser disc decompression performed at an outside institution: Technical case report. *Neurosurgery* 2007;60(2 Suppl 1):ONSE171–ONSE172. DOI: 10.1227/01.NEU.0000249228.82365.D2.
 55. Plancarte R., Calvillo O. Complex regional pain syndrome type 2 (causalgia) after automated laser discectomy. A case report. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997;22(4):459–62. DOI: 10.1097/00007632-199702150-00021.
 56. Mayer H.M., Brock M., Stern E., Muller G. Percutaneous endoscopic laser discectomy – experimental results. In: *Percutaneous Lumbar Discectomy*. Eds.: H.M. Mayer, M. Brock. Springer-Verlag, 1989. 220 p.
 57. Epstein N.E. Laser-assisted discectomy performed by an internist resulting in *cauda equina* syndrome. *J Spinal Disord* 1999;12(1):77–9.
 58. Cselik Z., Aradi M., von Jako R.A. et al. Impact of infrared laser light-induced ablation at different wavelengths on bovine intervertebral disc ex vivo: Evaluation with magnetic resonance imaging and histology. *Lasers Surg Med* 2012;44(5):406–12. DOI: 10.1002/lsm.22034.
 59. Duarte R., Costa J.C. Percutaneous laser disc decompression for lumbar discogenic radicular pain. *Radiologia* 2012;54(4):336–41. (In Span.). DOI: 10.1016/j.rx.2011.02.008.
 60. Горбунов А.В., Кошкарёва З.В., Животенко А.П. и др. Эффективность лазерной вапоризации при лечении межпозвонковых грыж поясничного отдела позвоночника. *Acta Biomedica Scientifica* 2020;5(2):43–8. [Gorbunov A.V., Koshkareva Z.V., Zhivotenko A.P. et al. The effectiveness of laser vaporization in the treatment of intervertebral hernias of the lumbar spine. *Acta Biomedica Scientifica* 2020;5(2):43–8. (In Russ.)]. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.2.7.
 61. Menchetti P.P., Canero G., Bini W. Percutaneous laser discectomy: Experience and long term follow-up. *Acta Neurochir Suppl* 2011;108:117–21. DOI: 10.1007/978-3-211-99370-5_18.
 62. Tassi G.P. Comparison of results of 500 microdiscectomies and 500 percutaneous laser disc decompression procedures for lumbar disc herniation. *Photomed Laser Surg* 2007;24(6):694–7. DOI: 10.1089/pho.2006.24.694.
 63. Gronemeyer D.H., Buschkamp H., Braun M. et al. Image-guided percutaneous laser disk decompression for herniated lumbar disks: A 4-year follow-up in 200 patients. *J Clin Laser Med Surg* 2003;21(3):131–8. DOI: 10.1089/104454703321895572.
 64. Knight M., Goswami A. Lumbar percutaneous KTP532 wavelength laser disc decompression and disc ablation in the management of discogenic pain. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20(1):9–13. DOI: 10.1089/104454702753474940.

Благодарность. Авторы выражают благодарность руководству ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» в лице ректора И.В. Малова и проректора по научной работе И.Ж. Семинского за поддержку исследования, а также художнику-дизайнеру П.Д. Разницыной за помощь в подготовке иллюстративного материала и техническом редактировании рукописи.

Acknowledgment. The authors express their gratitude to the leadership of the Irkutsk State University in the person of Rector I.V. Malov and Vice-Rector for Scientific Work I.Zh. Seminsky for supporting the research, as well as to the artist-designer P.D. Raznitsyna for assistance in preparing illustrative material and technical editing of the manuscript.

Вклад авторов

В.А. Белобородов: научное редактирование статьи;

И.А. Степанов: литературный обзор, написание статьи.

Authors' contributions

V.A. Beloborodov: scientific editing of the article;

I.A. Stepanov: literature review, article writing.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.А. Белобородов / V.A. Beloborodov: <https://orcid.org/0000-0002-3299-1924>

И.А. Степанов / I.A. Stepanov: <https://orcid.org/0000-0001-9039-9147>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.