

Оригинальная статья = Original article = Оригінальна стаття

DOI: <https://doi.org/10.25305/unj.117768>

Пункционная лазерная микродискектомия: 20-летний опыт

Зорин Н.А.^{1,2,3}, Зорина Т.В.^{1,2,3}, Зорин Н.Н.^{1,2,3}

¹ Кафедра нервных болезней и нейрохирургии, Днепропетровская государственная медицинская академия, Днепр, Украина

² Отделение нейрохирургии позвоночника и спинного мозга, Днепропетровская областная клиническая больница им. И.И. Мечникова, Днепр, Украина

³ Медицинский Центр «Эндоскопическая нейрохирургия», Днепр, Украина

Поступила в редакцию 12.12.2017
Принята к публикации 12.01.2018

Адрес для переписки:

Зорин Николай Александрович,
кафедра нервных болезней и
нейрохирургии, Днепропетровская
государственная медицинская
академия, ул. Владимира
Вернадского, 9, Днепр, 49000, e-
mail: nzorin@i.ua

Цель: на основании анализа 4600 наблюдений уточнить показания к проведению пункционной лазерной микродискектомии (ПЛМ) и определить абсолютные противопоказания.

Материалы и методы. ПЛМ применена у 4600 пациентов при протрузии и грыже межпозвоночных дисков (МПД) шейного и поясничного отделов позвоночника. Результаты оценивали по шкалам VAS и McNab.

Результаты. Неудовлетворительные результаты отмечены у 13% больных. При анализе неудовлетворительных результатов установлено, что пожилой возраст больного, длительность заболевания, выраженная дегидратация МПД, большие размеры грыжи, хотя и влияют на результат лечения, но не могут быть абсолютными противопоказаниями к проведению ПЛМ. Абсолютным противопоказанием к применению ПЛМ, является дегенеративный стеноз позвоночного канала и признаки секвестрации грыжи.

Выводы. ПЛМ является эффективным миниинвазивным методом лечения протрузии и грыжи МПД. Важно анализировать все показания и противопоказания к проведению.

Ключевые слова: протрузия межпозвоночных дисков; грыжа межпозвоночного диска; хирургическое лечение; чрескожные методы; пункционная лазерная микродискектомия

Украинский нейрохирургический журнал. 2018;(1):60-5

Puncture laser microdiscectomy: 20-year experience

Mykola O. Zorin^{1,2,3}, Tamara V. Zorina^{1,2,3}, Mykola M. Zorin^{1,2,3}

¹ Department of Neurological Diseases and Neurosurgery, Dnipropetrovsk State Medical Academy, Dnipro, Ukraine

² Department of Neurosurgery of the Spine and Spinal Cord, Mechnikov Dnipropetrovsk Regional Clinical Hospital, Dnipro, Ukraine

³ Medical Center «Endoscopic Neurosurgery», Dnipro, Ukraine

Received: 12 December 2017
Accepted: 12 January 2018

Address for correspondence:

Mykola O. Zorin, Department of
Neurology and Neurosurgery,
Dnipropetrovsk State Medical
Academy, 9 Volodymyr Vernadsky
St., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49000,
e-mail: nzorin@i.ua

Objective. Based on the analysis of 4600 observations, to clarify the indications for the PLM and to identify absolute contraindications.

Materials and methods. 4600 patients with protrusions and herniated discs of the cervical and lumbar spine by the PLM method were treated. The results were evaluated by the VAS and McNab scales.

Results. Unsuccessful results were obtained in 13% of patients. The analysis of the causes of unsatisfactory results demonstrated that the elderly patient, long-term history, significant dehydration of the disk and the large size of the hernia, although negatively affecting the outcome of the treatment, can not be an absolute counter-indication to PLM. On the contrary, spinal degenerative stenosis and signs of hernia sequestration should be considered as an absolute counter-indication to PLM.

Conclusions. PLM is an effective and minimally invasive method for treating protrusions and herniated discs. It is important to take into account all medical grounds and counter-indications for this procedure.

Key words: disc protrusions; herniated discs; surgical treatment of protrusions and hernia; percutaneous methods; puncture laser microdiscectomy

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2018;(1):60-5

Пункційна лазерна микродискектомія: 20-річний досвід

Зорін М.О.^{1,2,3}, Зоріна Т.В.^{1,2,3}, Зорін М.М.^{1,2,3}

¹ Кафедра нервових хвороб та нейрохірургії, Дніпропетровська державна медична академія, Дніпро, Україна

² Відділення нейрохірургії хребта та спинного мозку, Дніпропетровська обласна клінічна лікарня ім. І.І. Мечникова, Дніпро, Україна

³ Медичний Центр «Ендоскопічна нейрохірургія», Дніпро, Україна

Надійшла до редакції 12.12.2017
Принята до публікації 12.01.2018

Мета: на основі аналізу 4600 спостережень уточнити показання до проведення пункційної лазерної микродискектомії (ПЛМ) та визначити абсолютні протипоказання.

Матеріали і методи. ПЛМ виконана у 4600 пацієнтів при протрузії та грижі міжхребцевих дисків шийного та поперекового відділів хребта. Результати оцінювали за шкалами VAS та McNab.

Результати. Незадовільні результати відзначені у 13% хворих. При аналізі незадовільних результатів встановлено, що літній вік хворого, тривале існування захворювання, значна дегідратація диска та великі розміри грижі, хоча і впливають на результат лікування, проте, їх не можна вважати абсолютним протипоказанням до проведення ПЛМ.

Адреса для листування:

Зорін Микола Олександрович,
кафедра нервових хвороб та
нейрохірургії, Дніпропетровська
державна медична академія, вул.
Володимира Вернадського, 9,
Дніпро, 49000, e-mail: nzorin@i.ua

Абсолютним протипоказанням до застосування ПЛМ, є дегенеративний стеноз хребтового каналу та ознаки секвестрації грижі.

Висновки. ПЛМ є ефективним мініінвазивним методом лікування протрузії і грижі МХД. Важливо аналізувати всі показання і протипоказання до її проведення.

Ключові слова: протрузія міжхребцевих дисків; грижа міжхребцевих дисків; хірургічне лікування; черезшкірні методи; пункційна лазерна мікродискектомія

Український нейрохірургічний журнал. 2018;(1):60-5

Вступление

Чрескожные методы лечения грыжи МПД применяются с прошлого века, их активное внедрение в лечебную практику отмечено в 80-е годы, благодаря использованию медицинского лазера [1-3]. Отношение к чрескожным методам лечения неоднозначное. Сторонники консервативной терапии считали их излишне агрессивными, сторонники хирургического лечения – недостаточно радикальными. Чрескожные методы лечения постоянно совершенствуются и трансформируются [4-7]. В Украине метод внедрен Е.Г. Педаченко и М.В. Хижняком в 1995 г., в Днепропетровске – Н.А. Зориным в 1997 г. В настоящее время в мире используют различные чрескожные методы: хемонуклеолиз, озонотерапию, автоматизированную чрескожную дискектомия, интрадискальную электротермокоагуляцию, холодноплазменную нуклеопластику [8]. Наиболее распространенным методом является чрескожная ПЛМ [9-16]. В литературе метод называют нуклеотомией, нуклеопластикой, нуклеолизом, лазерной вапоризацией (лат. vaporization – испарение), дисковой декомпрессией [2,13-15]. Термин ПЛМ точнее отражает суть метода, предусматривающего уменьшение объема МПД за счет удаления из студенистого ядра определенного количества жидкости, что способствует снижению внутридискового давления и, как следствие, уменьшению напряженности фиброзного кольца. Размеры грыжи не меняются сразу во время операции (по данным спиральной компьютерной томографии – СКТ), однако она становится мягче и менее агрессивно воздействует на окружающие нервные структуры. Именно из-за того, что после операции размеры грыжи по данным магниторезонансной томографии (МРТ) и СКТ мало изменяются, противники этого метода считают его «шарлатанством», а из-за отсутствия каких-либо специфических критериев воздействия лазера на ткань МПД по данным МРТ и СКТ непросвещенные в этом вопросе «специалисты» утверждают, что операцию вообще не выполняли, что вызывает недовольство пациентов и дает основание для жалоб.

Единого мнения относительно эффективности ПЛМ нет. В разных странах отношение к ней также существенно различается. Так, в США существует многочисленная разветвленная сеть Центров спинальной лазерной хирургии, которые успешно применяют ПЛМ. Метод широко используют в Испании, Австрии, Италии, менее широко – во Франции, Германии. Противоречивы и результаты многоцент-

ровых долгосрочных исследований эффективности ПЛМ по сравнению с таковой консервативных или микрохирургических методов [6,17]. Так, некоторые исследователи показали, что через 5 лет состояние пациентов, которых лечили консервативно (физиопроцедуры, эпидуральная блокада с применением стероидных гормонов), мало отличалось от такового при применении ПЛМ. В то же время, отдаленные результаты после ПЛМ несущественно отличались от результатов микрохирургической дискектомии. Авторы, вероятно, не учитывали, что ни один метод не устраняет дегенеративно-дистрофический процесс в позвоночнике, все они направлены лишь на улучшение качества жизни пациента и не обеспечивают долгосрочной гарантии высокого качества жизни. Все зависит от индивидуальных особенностей организма пациента, образа жизни, выраженности и скорости прогрессирования дегенеративных процессов и т.д. Известны наблюдения самоизлечения при грыже вследствие естественной дегидратации грыжи и самого диска, оссифицирующего лигаментоза, стабилизации позвоночно-двигательного сегмента (ПДС, 5-я стадия остеохондроза по Осна). Правда, при этом возможно возникновение стеноза позвоночного канала или грыжи МПД на другом уровне. Другими словами, состояние большинства пациентов при грыже МПД может улучшиться, однако, когда это произойдет, неизвестно. Кроме того, возможно формирование грубой радикуло- или каудопатии, что обуславливает стойкую инвалидность. Поэтому, целесообразность хирургического лечения в ситуациях, когда консервативная терапия не обеспечивает быстрый (в течение 3-5 нед) положительный результат, не вызывает сомнений. Выбор метода зависит от врача, владеющего одним из них, и желания больного. ПЛМ как метод, наименее инвазивный из всех хирургических, не требующий госпитализации пациента, занимает промежуточное место между консервативными и инвазивными хирургическими методами лечения протрузии и грыжи МПД.

Цель: на основании анализа 4600 собственных наблюдений уточнить показания к проведению ПЛМ и определить абсолютные противопоказания.

Материалы и методы

В Центре в период с 1997 по 2016 г. с применением метода ПЛМ оперированы 4600 пациентов. Возраст больных от 16 до 83 лет, 96% из них были в возрасте

от 25 до 55 лет. Мужчин было 62%, женщин - 38%. За 7 лет оперированы 3072 больных с использованием YAG-ниодимового лазера Medilas Fibertom 4060 фирмы «Dornier» (Германия), с 2007 г. – 1528 больных с использованием диодного лазера той же фирмы. По мере развития компьютерной томографии (КТ) и МРТ объем и качество дооперационного обследования больных изменились, ранее применяли компьютерный томограф «Somatom» и 0,25 Тл МР-томограф фирмы Siemens, в последние годы – 4-срезовый томограф Asteion (Toshiba, Япония) и 1,5 Тл МР-томограф (Toshiba). Только КТ проведена 46% больных, только МРТ – 32%, оба метода исследования – 22%. При предположении о нестабильности ПДС у 23% больных проводили рентгенологическое исследование с функциональными нагрузками. На шейном отделе позвоночника ПЛД выполнена у 8% больных (368 операций), на поясничном отделе – у 89% (4094 операции), – на обеих уровнях у 3% (138 операций). ПЛМ на одном МПД выполнена у 2622 пациентов, в одну сессию на двух МПД – у 1950, в одну сессию на трех МПД - у 28, у 8 из них одновременно на шейном и поясничном отделах позвоночника. Об эффективности операции судили по изменению болевых ощущений по шкале VAS в сроки 1 мес, по шкале McNab – в течение 6 мес после операции. Опрос больных проводили в телефонном режиме. Со всеми пациентами заключали контракт о том, что при отсутствии положительного эффекта в течение 6 нед или ухудшении состояния в отдаленном послеоперационном периоде, они должны обратиться за помощью в Центр. Поэтому, при отсутствии жалоб у больного результат автоматически считали положительным. Больных, недовольных своим самочувствием, активно вызывали для дополнительного обследования. Полученные данные обработаны с помощью методов математической статистики с использованием пакетов прикладных программ Statistica 6 for Windows, Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

При оценке результатов в целом у всех больных IV уровень по шкале McNab достигнут у 72%,

III уровень у – 15%, состояние не изменилось – у 10%, ухудшилось – у 3%, что потребовало повторного выполнения ПЛМ – у 26 либо осуществления микрохирургической дискэктомии – у 122. Однако такая оценка недостаточно объективна, поскольку в разные периоды работы менялись показания к операции, как в сторону их неоправданного расширения, так и жесткого ограничения. Улучшалось качество обследования пациентов, повышалась точность визуализации во время операции, накапливался опыт исполнителей, менялся источник лазерного излучения, корректировалась суммарная лазерная нагрузка на пациента. Поэтому для более объективной оценки эффективности ПЛМ мы провели исследование, рассматривая разные аспекты метода, как объективные, так и субъективные. Прежде всего, мы проанализировали динамику обращаемости пациентов в Центр (рис. 1).

Наибольшее число больных обратились в Центр в первые 2 года его работы. Это обусловлено значительной привлекательностью метода по сравнению с стандартной дискэктомией, требующей длительной госпитализации, применения наркоза и продолжительной реабилитации пациентов. Микрохирургическая микродискэктомия только начала развиваться в Днепрпетровске. Значительное уменьшение частоты выполнения ПЛМ в последующие 2 года обусловлено большой частотой неудовлетворительных результатов вследствие неправильного отбора больных, недостаточного опыта хирургов, и неоправданного расширения показаний к применению метода. Проанализировав ошибки, мы ограничили показания к выполнению ПЛМ, отказались оперировать при наличии абсолютных противопоказаний, повысили требования к технике пункции МПД. Результаты заметно улучшились. В 2005-2007 гг. востребованность операции была самой высокой, в последующем наметился ее стойкий спад, что объясняется улучшением результатов микрохирургической дискэктомии, внедрением эндоскопических технологий не только в Днепрпетровской области, но и других нейрохирургических центрах Украины. За

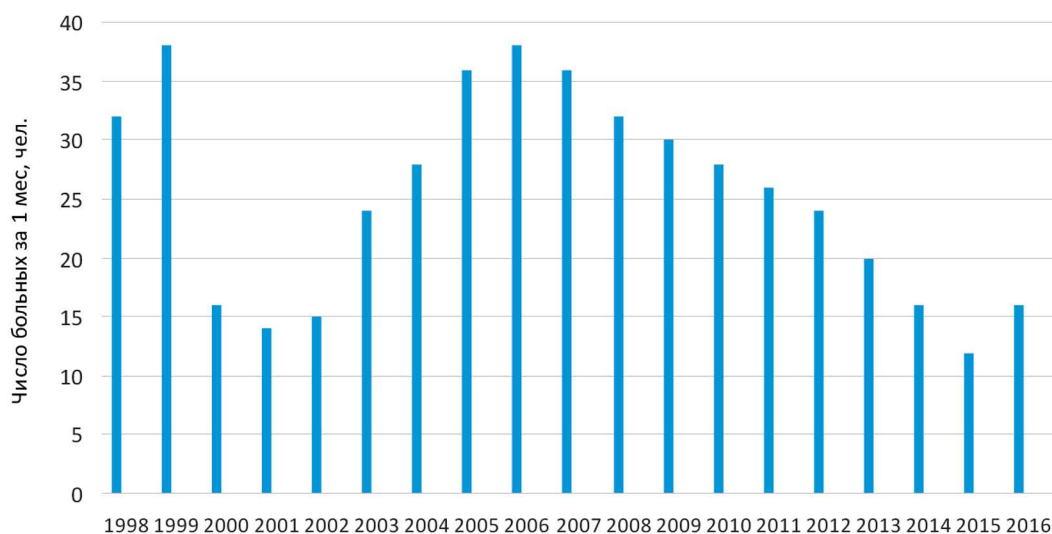


Рис.1. Динамика обращаемости больных за помощью в Центр.

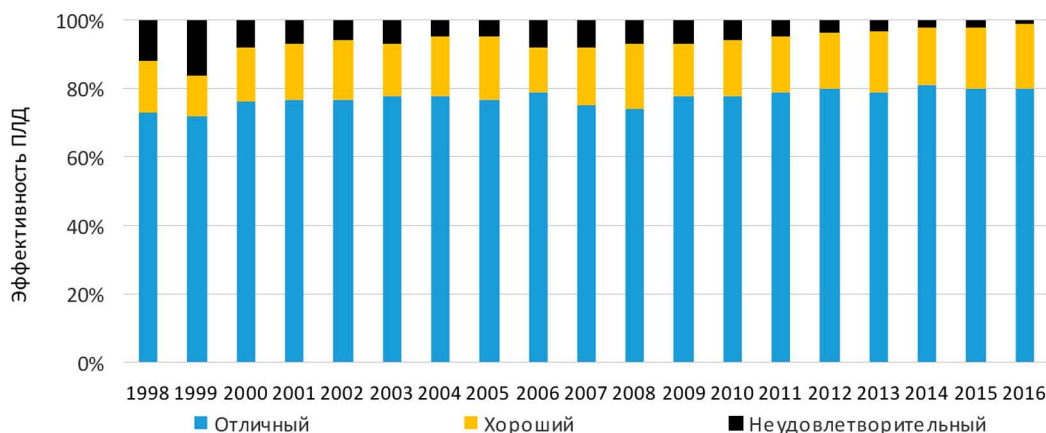


Рис. 2. Эффективность ПЛД по шкале McNab в разные годы.

последние годы результаты ПЛМ значительно улучшились, что дает основание считать метод достаточно эффективным. На рис. 2 показана эффективность ПЛМ по шкале McNab в разные годы. Наихудшими результатами ПЛМ были в первые 3 года работы и в период с 2006 по 2009 г. В последующие годы отмечено уменьшение частоты неудовлетворительных результатов и увеличение отличных результатов, при этом соотношение хороших результатов во все годы было на одном уровне – $(17,2 \pm 1,45)\%$.

Нами проанализированы причины неудовлетворительных результатов. У 460 (10%) больных состояние после ПЛД не изменилось, у 38 (3%) – ухудшилось, что проявлялось, в основном, увеличением интенсивности боли по шкале VAS в среднем на $(1,6 \pm 0,35)$ балла. Прогрессирование неврологического дефицита в виде чувствительных расстройств отмечено у 12 пациентов, пареза в нижней конечности – у 5. Основными причинами неудовлетворительных результатов были: пожилой возраст пациентов (старше 60 лет), длительность заболевания более 12 мес, низкая гидрофильность МПД, большой размер грыжи (более 7 мм), низкое качество диагностики, что не позволило до операции установить секвестрацию грыжи с полным разрывом фиброзного кольца, технические погрешности во время проведения ПЛМ (рис. 3).

Неудовлетворительный результат ПЛМ отмечен у 95 (16%) больных в возрасте от 60 до 83 лет. Кроме пожилого возраста, у них не было других ограничений в проведении операции. Болевой синдром в виде стойкой радикулярной боли у большинства из них соответствовал таковому до операции, у 14% – отмечено усиление боли по шкале VAS, что потребовало увеличения дозы анальгетиков и проведения повторной блокады с применением кортикостероидов.

У 49 (10%) пациентов с неудовлетворительным результатом длительность заболевания превышала 12 мес. У них, как правило, в сроки до 1 мес отмечено увеличение выраженности болевого синдрома, что обусловлено обострением хронического перидурита. В последующие 1,5–2 мес интенсивность боли уменьшалась, достигая исходного уровня.

Низкая гидрофильность МПД отмечена у 178 (36%) больных, у которых не достигнут положительный результат. По данным МРТ в Т2 взвешенных

режимах выявлено уменьшение интенсивности сигнала от пораженного МПД, он визуализировался как «черный» диск. Следует сказать, что у большинства больных пораженные МПД выглядели подобным образом, однако у них достигнут хороший результат. Следовательно, наличие дегидратированного, или «черного» МПД не является противопоказанием к проведению ПЛМ. Помимо степени дегидратации, следует учитывать высоту МПД, она не должна быть меньше 2/3 высоты интактного МПД. Именно сочетание этих двух признаков является противопоказанием к выполнению ПЛМ. Крайняя степень дегидратации МПД проявляется феноменом «вакуум-эффекта» по данным СКТ, что также не дает оснований надеяться на успех ПЛМ. По данным МРТ «вакуум-эффект» выявить крайне сложно. Поэтому в целях более тщательного отбора пациента для ПЛМ мы в последнее время проводим оба исследования, которые дополняют один другой. Помимо основных причин неудовлетворительных результатов, возможны и более редкие: стеноз позвоночного канала, грубая нестабильность ПДС, не

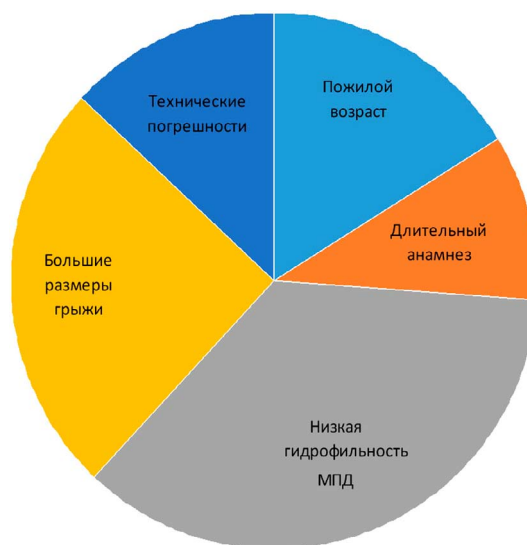


Рис. 3. Причины неудовлетворительных результатов (у 498 больных).

диагностированный «фасет-синдром», они отнесены нами в группу технических погрешностей.

В то же время, наш опыт свидетельствует, что преклонный возраст не является абсолютным противопоказанием к выполнению ПЛМ. Мы наблюдали отличный и хороший результат у пациентов старше 60 лет, и даже у пациента 83 лет с выраженным болевым радикулярным синдромом, обусловленным грыжей МПД L_{IV}-L_V, в сочетании с тяжелыми соматическими заболеваниями, отмечен отличный результат. Следовательно, помимо возраста, необходимо учитывать и такие факторы, как высота МПД, степень его дегидратации, дегенеративный стеноз позвоночного канала, нестабильность ПДС. Метод ПЛМ мы применили у 586 пациентов в возрасте старше 60 лет. Отличный результат достигнут у 63% из них, хороший – у 23%. Однако следует отметить, что, если у молодых пациентов продолжительность периода выздоровления составляла в среднем (23,4±7,5) дня, у пожилых – (40,3±9,4) дня (p=0,01).

Размер грыжи несомненно имел важное значение. Именно это было причиной неудовлетворительных результатов у 119 пациентов, однако это не означает, что грыжи размером 7-8 мм нельзя лечить с применением метода ПЛМ. Так, у больных при размере грыжи менее 6 мм эффективность ПЛМ составляла 92%, 7-8 мм – 83%, однако достаточно высокой для такого миниинвазивного метода. Кроме размера грыжи, важно учитывать ее локализацию, форму, размеры позвоночного канала, наличие миграции секвестра как в краниальном, так и каудальном направлении. Наиболее благоприятным для выполнения ПЛМ является задне-срединное расположение грыжи. Если грыжа на широком основании, в форме выпуклой линзы, с ровными контурами, без признаков миграции, можно рассчитывать на хороший результат даже при размере 9 мм. При фораминальном или экстрафораминальном расположении грыжи даже при ее размере до 6 мм можно не достичь желаемого эффекта. Нами разработана методика лечения грыж такой локализации, которая позволила повысить эффективность ПЛМ, однако эффективность лечения интра- и экстрафораминальных грыж на 12% меньше, чем задне-срединных и парамедианных грыж.

У 87 больных выполнена ПЛМ с КТ-ассистенцией. Наличие в томографе Asteion 4S специальной флюороскопической программы позволяло устанавливать пункционную иглу в строго заданной точке МПД, контролируя ее движение на аксиальных срезах.

Нам удалось достичь максимальной точности, с погрешностью ±1 мм, попадания в заданную точку. Однако при сравнительном анализе установлено, что эффективность ПЛМ, выполненной под электронно-оптическим преобразователем (ЭОП), существенно не отличается от эффективности ПЛМ, выполненной с КТ-ассистенцией. Только у больных при фораминальном и экстрафораминальном расположении грыжи эффективность ПЛМ, выполненной с КТ-ассистенцией, была на 11,5% выше, чем при осуществлении ПЛМ под контролем ЭОП. При этом продолжительность операции, выполненной с КТ-ассистенцией, увеличивалась почти вдвое и составляла (46,6±7,2) мин (p=0,05). Следовательно, у большинства больных ПЛМ можно выполнять под контролем ЭОП, что проще, быстрее и комфортнее для пациента. Выполнение ПЛМ с КТ-ассистенцией целесообразно только при фораминальном и экстрафораминальном расположении грыжи. Важным преимуществом операции с КТ-ассистенцией является возможность объективной оценки эффективности операции. При проведении ПЛМ в ткани МПД образуется газ, идентичный «вакуум-эффекту» (рис.4). Размеры таких полостей, заполненных газом, прямо пропорциональны эффективности операции: чем больше полость «вакуум-эффекта», тем более вероятен хороший результат.

Поскольку во время операции положение конца иглы, по которой заводят световод, меняется несколько раз, таких полостей может быть несколько. Хороший результат отмечен при наличии «вакуум-эффекта» в самой грыже. Как правило, у таких пациентов боль исчезала уже к концу операции. Учитывая это, мы в последнее время предлагаем пациентам по окончании операции под ЭОП, провести КТ в целях прогнозирования результата. Описанный псевдо «вакуум-эффект», в отличие от истинного (дегенеративного), нестойкий. Уже через 10-12 сут полости, заполненные газом, исчезают. Поэтому, мнение противников ПЛМ о «высушивании» МПД несостоятельно. Кроме того, у некоторых больных «черный диск» через 3-4 мес после проведения ПЛМ приобретал, по данным МРТ, вид интактного МПД.

Техническими погрешностями, прежде всего, считали несовершенство диагностики. В первые годы, когда при обследовании применяли компьютерный томограф «Somatom» с невысоким качеством изображения, нередко не выявляли секвестрацию МПД, были занижены его размеры, в связи с чем операция изначально не имела шансов на успех. Отсутствие

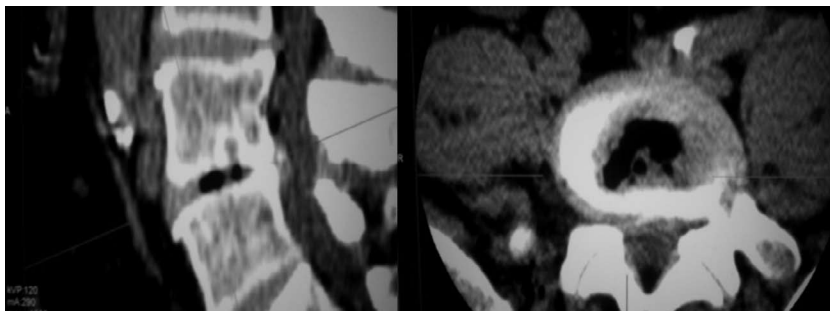


Рис.4. Псевдо «вакуум-эффект» по окончании ПЛМ.

хорошего операционного флюороскопа в первые годы работы не позволяло у всех больных добиться точного соблюдения технологии пунктирования пораженного МПД. В 38 больных конец иглы был установлен слишком близко к одной из замыкательных пластин, что обусловило ее термическое повреждение. После операции у этих пациентов возник асептический спондилит, что почти в 2,5 раза увеличило процесс выздоровления. Особенно это важно при проведении ПЛМ на шейном отделе позвоночника, где высота МПД часто не превышает 2 мм.

Наш 20-летний опыт использования ПЛМ в лечении протрузии и грыжи МПД в шейном и поясничном отделах позвоночника свидетельствует, что метод имеет свои преимущества и недостатки. При строгом соблюдении технологии и показаний к его применению эффективность ПЛМ превышает 90%. При этом его малая инвазивность, а, следовательно, и безопасность для больного, по сравнению с другими хирургическими методами, делают его более привлекательным. Однако его применение ограничено у больных пожилого возраста, при выраженной дегидратации МПД, больших грыжах. ПЛМ абсолютно противопоказана при секвестрированных грыжах, больших экстрафораминальных грыжах, дегенеративном стенозе позвоночного канала. Недостатком метода следует считать наличие у некоторых больных воспалительного ответа на манипуляцию, что проявляется увеличением интенсивности боли в раннем послеоперационном периоде, выраженности мышечно-тонического синдрома с нарушением статики и динамики позвоночника. У большинства больных указанные явления исчезают через 2-3 нед.

Выводы

1. ПЛМ – высокоэффективный миниинвазивный метод лечения грыж малого размера и протрузии МПД в шейном и поясничном отделах позвоночника.

2. Преклонный возраст пациентов, размер грыжи более 6 мм, умеренная дегидратация МПД и нестабильность ПДС ограничивают проведение ПЛМ, но не могут быть абсолютными противопоказаниями.

3. Абсолютными противопоказаниями к проведению ПЛМ являются наличие признаков секвестрации грыжи, дегенеративный стеноз позвоночного канала, экстрафораминальные грыжи большого размера, мигрирующие в краниальном направлении.

References

- Ascher PW, Heppner F. CO₂-Laser in neurosurgery. *Neurosurg Rev.* 1984;7(2-3):123-33. doi:10.1007/BF01780695. PubMed PMID: 6436735.
- Choy DS, Case RB, Fielding W, Hughes J, Liebler W, Ascher P. Percutaneous laser nucleolysis of lumbar disks. *N Engl J Med.* 1987 Sep 17;317(12):771-2. doi: 10.1056/NEJM198709173171217. PubMed PMID: 3627193.
- Choy DS. Percutaneous laser disc decompression: a 17-year experience. *Photomed Laser Surg.* 2004 Oct;22(5):407-10. doi: 10.1089/pho.2004.22.407. PubMed PMID: 15671713.

- Erbas YC, Pusat S, Erdogan E. Percutaneous Laser Disc Decompression: Retrospective Analysis of 197 Cases and Review of The Literature. *Turk Neurosurg.* 2015;25(5):766-70. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.14692-15.2. PubMed PMID: 26442543.
- Streitparth F, Walter T, Wonneberger U, Schnackenburg B, Philipp CM, Colletini F, Teichgräber UK, Gebauer B. MR guidance and thermometry of percutaneous laser disc decompression in open MRI: an ex vivo study. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2014 Jun;37(3):777-83. doi: 10.1007/s00270-013-0734-8. PubMed PMID: 24091751.
- Singh V, Manchikanti L, Calodney AK, Staats PS, Falco FJ, Caraway DL, Hirsch JA, Cohen SP. Percutaneous lumbar laser disc decompression: an update of current evidence. *Pain Physician.* 2013 Apr;16(2 Suppl):SE229-60. PubMed PMID: 23615885.
- Zhao XL, Fu ZJ, Xu YG, Zhao XJ, Song WG, Zheng H. Treatment of lumbar intervertebral disc herniation using C-arm fluoroscopy guided target percutaneous laser disc decompression. *Photomed Laser Surg.* 2012 Feb;30(2):92-5. doi: 10.1089/pho.2011.3050. PubMed PMID: 22150064; PubMed Central PMCID: PMC3270046.
- Manchikanti L, Singh V, Falco FJ, Calodney AK, Onyewu O, Helm S 2nd, Benyamin RM, Hirsch JA. An updated review of automated percutaneous mechanical lumbar discectomy for the contained herniated lumbar disc. *Pain Physician.* 2013 Apr;16(2 Suppl):SE151-84. PubMed PMID: 23615890.
- Khyzhnyak MV, Priymak EV. [Puncture surgical technology in treatment of discogenic pain syndrome of the lumbar spine]. *Ukrainian Neurosurgical Journal.* 2013;(2):35-8. Russian. doi: 10.25305/unj.51872.
- Pedachenko EG, Polishchuk ME, Slyn'ko EI, Khonda OM, Khyzhnyak MV. Diahnostyka ta khirurhichne likuvannya diskohennykh neyrokompresiynykh syndromiv khrebt. Kiev: TOV «VIK-PRYNT»; 2014. Ukrainian.
- Khyzhnyak MV, Priymak EV. [Comparative assesment of the immediate and remote results of puncture methods of treatment of discogenic pain syndromes of the lumbar spine in patients of different age groups]. *International neurological journal.* 2014;(1):121-6. Russian. Available from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mnzh_2014_1_12.
- Pedachenko EG, Kramarenko VA, Krasilenko EP, Pedachenko YuE, Khizhnyak MV. [Pain syndromes of the early period after lumbar microdiscectomy]. *International neurological journal.* 2014;8(70):128-135. Russian. Available from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mnzh_2014_8_10.
- Vasil'yev AYU, Kaznacheyev VM. Punktсионная лазерная vaporizatsiya degenerirovannykh mezhpozvonkovykh diskov. Moscow: Ob'yedinenennaya redaktsiya MVD RF; 2005. Russian.
- Choy DS, Altman P, Trokel SL. Efficiency of disc ablation with lasers of various wavelengths. *J Clin Laser Med Surg.* 1995 Jun;13(3):153-6. doi: 10.1089/clm.1995.13.153 PubMed PMID: 10150639.
- Ren L, Guo H, Zhang T, Han Z, Zhang L, Zeng Y. Efficacy evaluation of percutaneous laser disc decompression in the treatment of lumbar disc herniation. *Photomed Laser Surg.* 2013 Apr;31(4):174-8. doi: 10.1089/pho.2012.3402. PubMed PMID: 23565889.
- Casper GD, Mullins LL, Hartman VL. Laser-assisted disc decompression: a clinical trial of the holmium:YAG laser with side-firing fiber. *J Clin Laser Med Surg.* 1995 Feb;13(1):27-32. doi: 10.1089/clm.1995.13.27. PubMed PMID: 10150570.
- Brouwer PA, Brand R, van den Akker-van Marle ME, Jacobs WC, Schenk B, van den Berg-Huijsmans AA, Koes BW, van Buchem MA, Arts MP, Peul WC. Percutaneous laser disc decompression versus conventional microdiscectomy in sciatica: a randomized controlled trial. *Spine J.* 2015 May 1;15(5):857-65. doi: 10.1016/j.spinee.2015.01.020. PubMed PMID: 25614151.