

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ПУНКЦИОННОЙ ПОЛИКАНАЛЬНОЙ ДЕКОМПРЕССИИ МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА У ПАЦИЕНТОВ С ГРЫЖАМИ ДИСКОВ ПОЯСНИЧНОГО УРОВНЯ**

Поиск наиболее эффективных технологий для лечения пациентов с неврологическими проявлениями грыж межпозвонкового диска поясничного уровня является актуальной задачей современной медицинской науки. При недостаточно эффективном консервативном лечении и отсутствии четких показаний к нейрохирургическим операциям открытого типа возникает необходимость в технологиях, которые могли бы заполнить эту нишу. Малая инвазивность и высокая технологичность хирургического лечения являются основными направлениями развития методов лечения заболеваний позвоночника, что привело к появлению операций пункционного типа (Hijicata S., 1975). Целью такой операции является, как правило, удаление части ткани пульпозного ядра для снижения внутрисклового давления и уменьшения размеров грыжи межпозвонкового диска. Первая пункционная операция с использованием лазера проведена D.S. Choу в 1986 году. Дальнейшее развитие пункционных методов проходило в рамках представлений о приоритете нуклеотомии для формирования «резервной полости» и обратной миграции в нее грыжевого выпячивания как основном факторе устранения диско-радикулярного конфликта. Метод пункционной поликанальной лазерной декомпрессии диска относится к группе малоинвазивных лазерных пункционных вмешательств, используемых при лечении неврологических и ортопедических расстройств, вызванных грыжей межпозвонкового диска (МПД).

### **Цели и задачи исследования:**

1. Комплексная оценка эффективности малоинвазивного пункционного метода лечения — пункционной поликанальной лазерной декомпрессии диска (ППЛДД) с использованием неврологического мониторинга, специализированных опросников нарушений жизнедеятельности и шкалы болевого аудита, КТ, МРТ- визуализации.

2. Выяснить физический механизм метода ППЛДД. Объяснить данные КТ-визуализации в процессе проведения ППЛДД — значительное падение НУ плотности вещества грыжи и образование большого количества пузырьков в пульпозном ядре и грыжевом выпячивании, имеющих плотность воздуха по шкале Хаунсфилда, что невозможно объяснить в рамках теории образования «резервной полости».

### **Материал и методы**

Были исследованы 130 пациентов с грыжами дисков поясничного уровня, прошедших лечение по методу ППЛДД, наиболее социально активного и трудоспособного возраста 30-59 лет — 95 пациентов (73%). Мужчин было 53,1%, женщин — 46,9%. Все пациенты во время обострения до проведения ППЛДД прошли

курсы консервативного стационарного или амбулаторного лечения по общепринятым схемам.

Критерии отбора пациентов для ППЛДД: неэффективное консервативное лечение в общепринятые сроки и подтвержденная МРТ или КТ дискогенная природа заболевания. Комплексная оценка включала: неврологический осмотр, использование шкалы ВАШ, опросников Освестри (ODI), Роланда — Морриса (RDQ), КТ или МРТ-исследование.

Все пациенты были обследованы на этапе до ППЛДД, в период лечения в стационаре, при выписке на 7-й день, в сроки  $6,2 \pm 1,24$  недель,  $6,3 \pm 0,76$  месяцев,  $12,5 \pm 1,32$  месяцев. Данные анкетирования на дооперационном этапе позволяют определить степень нарушения жизнедеятельности как выраженную, при наличии грубых неврологических расстройств. В 54 (41,5%) наблюдениях аксиальный размер грыжи составлял 7-8 мм; у 64 (49,3%) — до 10 мм. У 12 (9,2%) больных с тяжелым болевым синдромом обнаружены грыжи МПД размером более 10 мм.

### **Результаты оценки эффективности ППЛДД и их обсуждение**

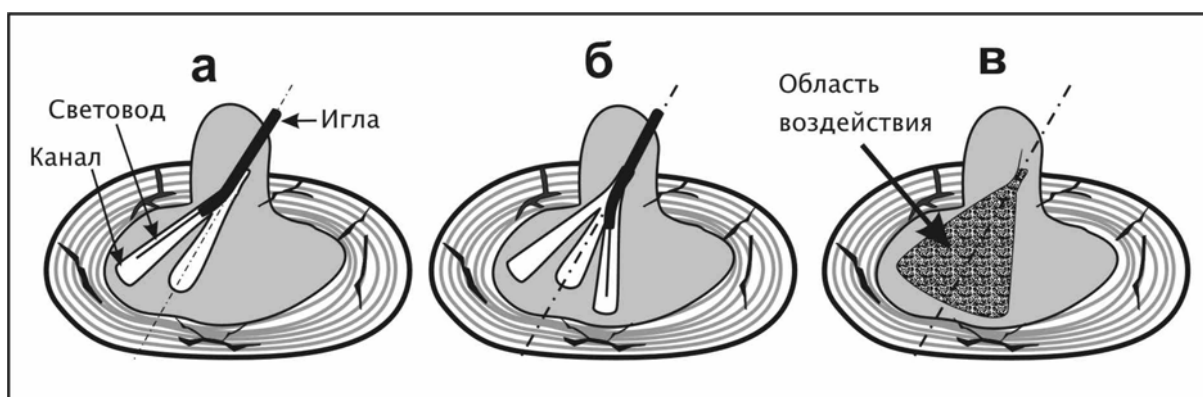
Наибольшая скорость неврологического восстановления отмечена в течение первой недели после ППЛДД по таким показателям, как симптомы натяжения корешков, нарушения статики позвоночника, дефанса поясничных мышц. Более медленное улучшение происходит по таким показателям, как расстройство чувствительности — регресс симптома у 30,6% пациентов, полное или почти полное восстановление силы мышц ноги у 36% пациентов. Таким образом, в течение первой недели после ППЛДД полное восстановление чувствительности и силы в мышцах ноги произошло у трети больных. Отличный и хороший результат в срок до 6 месяцев получен у 102 (85,0%) больных; удовлетворительный результат в виде значительного уменьшения боли с сохранением легкого неврологического дефицита — у 16 (13,3%) пациентов; у 2 (1,7%) больных — результат неудовлетворительный. В течение дальнейшего времени наблюдения неврологическая динамика замедляется и в срок после 6 месяцев изменения становятся малозначимыми.

Клинические результаты коррелировали также с данными, полученными при обработке опросников и шкал. Проведен поиск соответствия данным неврологической динамики и изменений по шкалам и опросникам. Сопоставление ВАШ с данными неврологического осмотра: при исходных значениях ВАШ 8-10 баллов (80-100 мм) положительная неврологическая динамика соответствует не менее 2 баллам по ВАШ; при исходных ВАШ 6-8 баллов — 3 баллам. При сопоставлении с данными опросника Роланда — Морриса, значимое изменение индекса RDQ составило 22% (4 отмеченных утверждения). Освестровский опросник — значимым изменением ODI является 8-10%. КТ или МРТ-исследование после ППЛДД на сроках 8-14 месяцев проведено у 89 (68,5%) пациентов. Получены результаты: полное исчезновение (инволюция) грыжи — 14 (18%) пациентов, значительное уменьшение (более чем в 2 раза) — 35 (44%), изменение контуров грыжи — уменьшение размеров менее чем в 2 раза и фибротизация — 30 (38%) пациентов. Этот тип изменений встречался у длительно болевших пациентов с частыми обострениями, четкой возрастной зависимости не выявлено. При интраоперационном КТ-исследовании во всех случаях зафиксировано наличие мелких газовых полостей в МПД, выхождение их в области разрыва диска и грыжи МПД. Также

зафиксировано изменение контуров и общее падение НУ плотности грыжевого выпячивания. В тех случаях, когда падение плотности было выраженным (более 30 НУ), клинический эффект наступал в течение первых часов после ППЛДД. Результаты комплексной оценки через 1 год после ППЛДД: 111 (85,4%) — «хорошо» и «отлично»; 17 (13%) пациентов — «удовлетворительно» и 2 (1,5%) пациента неудовлетворенный результат. Для пациентов, оценивших результат лечения «хорошо» и «отлично», очень важным оказался короткий период реабилитации и полное восстановление их профессиональной активности.

### Общая схема ППЛДД

Образование каналов в диске при выполнении операции методом ППЛДД (рис.): а — схема образования одного канала с использованием изогнутой иглы; б — схема образования трех каналов; в — пример канала в диске (горизонтальный разрез диска) и его геометрические размеры в мм.



**Рис.** Схема действия лазерного излучения на диск при выполнении операции методом ППЛДД

ППЛДД имеет ряд существенных отличий от традиционной лазерной нуклеотомии: длина волны лазерного скальпеля — 970 нм с пиком поглощения в водной среде; малая мощность пучка (2,5-3,5 Вт); использование водных растворов; малый объем разрушаемой ткани; набор инструментов, позволяющий пунктировать диск вблизи грыжи или через нее; использование КТ для контроля эффекта процедуры по падению плотности грыжи и появлению газовых пузырьков в грыже и пульпозном ядре. Для регистрации акустических процессов, происходящих в МПД *in vivo* и *in vitro*, использовали приборный комплекс с возможностью записи и анализа спектра и амплитуды акустических эффектов, возникающих в диске в диапазоне 0,1 Гц- 200 кГц. Применена модель резонатора Гельмгольца для объяснения акустических процессов при ППЛДД в диске, имеющем разрыв фиброзного кольца и грыжевое выпячивание. Проведен расчет резонансных частот для данной модели резонатора Гельмгольца.

Причиной акустических эффектов при лазерном воздействии в МПД является взрывное кипение физиологического раствора, который вводится в канал воздействия, и горение коллагенсодержащей хрящевой ткани МПД, которая наполняется парогазовыми пузырьками. Это происходит в результате контакта разогретого до высоких температур (700-1000°C) торца лазерного оптоволокна с водой и водосодержащей тканью МПД, так как длина волны 970 нм имеет локальный пик



поглощения в водной среде. Экзотермическая реакция горения коллагена, которая начинается уже при 185 °С (локальный максимум тепловыделения около 340 °С, абсолютный — около 500°С), является дополнительным источником энергии. Дополнительная энергия при температуре 700-1000 °С выделяется приблизительно за  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  с, что приводит к резкому расширению спектра генерируемого акустического сигнала ударного типа с частотой порядка 100 Гц и амплитудой  $10^2$ - $3 \cdot 10^2$ . Высокое стационарное давление возникает в результате появления в зоне действия лазера многочисленных парогазовых пузырьков и является источником мощных низкочастотных колебаний с частотой  $\sim 4$  Гц и амплитудой  $5 \cdot 10^3$ - $10^4$  Па и более, за счёт периодического сброса давления при выходе парогазовой смеси из зоны лазерного канала. Грыжа МПД имеет акустическую модель резонатора Гельмгольца, при этом горлом резонатора и местом воздействия, где происходит самое интенсивное движение газопаровой смеси, является разрыв фиброзного кольца диска и ткань грыжевого выпячивания. Расчеты показали, что собственные частоты такого резонатора Гельмгольца располагаются именно в области  $\sim 100$  Гц. Сочетание мощных низко- и высокочастотных колебаний ударного типа приводит к интенсивному перемещению и перемешиванию сложного газо-паро-коллагенового композита в пространстве дефекта фиброзного кольца. Это приводит к быстрому и значительному падению плотности грыжи и уменьшению корешковой компрессии.

#### **Результаты изучения биофизической модели ППЛДД**

В развитии эффекта декомпрессии значение имеют уже известные физические явления — пик поглощения  $\lambda$  970 нм в водонасыщенной среде с развитием термокапиллярной деструкции, эффект «попкорна» — резкое падение прочностных свойств грыжи при обработке ее изнутри сжатым воздухом и паром. Впервые показано, что при лазерном воздействии по методу ППЛДД в МПД возникают мощные акустогидродинамические возмущения ударного типа, вызванные взрывным кипением воды и горением коллагена в канале воздействия. Зарегистрированные акустические явления по физическим параметрам оказались сходными с рассчитанными для модели резонатора Гельмгольца. Они способны приводить к преобразованию и перемешиванию парогазовой смесью дегенеративно-изменённой ткани в пространстве разрыва фиброзного кольца и грыжевого выпячивания. Акустогидродинамические процессы приводят к падению плотности грыжевого выпячивания, образованию видимых при КТ-исследовании газовых пузырьков в пульпозном ядре и грыже диска и, как следствие, уменьшению дискогенной компрессии. Показано, что образование каналов в МПД излучением полупроводникового лазера мощностью 3 Вт с длиной волны 0,97 мкм по методике ППЛДД приводит к генерации двух типов акустических эффектов — низкочастотных колебаний с частотой  $\sim 1$ -10 Гц и колебаний ударного типа с частотой порядка 100 Гц.

#### **Выводы**

1. Полученные результаты комплексной оценки эффективности метода позволяют сделать вывод о высокой эффективности ППЛДД. Примененные опросники и шкалы показали высокую степень достоверности и корреляции с данными МРТ, КТ, клинического обследования. Метод ППЛДД может быть рекомендован для применения при неэффективном консервативном лечении в общепринятые сроки при отсутствии абсолютных показаний для операций открытого типа.

2. Основными физическими факторами эффективности ППЛДД являются термокапиллярные преобразования структуры и плотности грыжи диска, сложные лазер-индуцированные акустогидродинамические процессы преобразования ткани грыжи диска. Результатом комплекса физических факторов воздействия, возникающим только при лазерировании диска, является резкое падение плотности грыжи с образованием в ней большого количества газовых полостей, резкое снижение давления грыжи на корешок. Таким образом, основой действия ППЛДД является не формирование «резервной полости» в диске для перемещения грыжи, а акустические и гидродинамические процессы, приводящие к падению плотности грыжи и в дальнейшем ее резорбции. Традиционно принятая теория образования «резервной полости» при лазерном воздействии в МПД и обратной миграции в нее грыжевого выпячивания не нашла подтверждения в наших исследованиях.