

ЛАЗЕРОИНДУЦИРОВАННЫЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ПУНКЦИОННОМ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Чудновский В.М., Юсупов В.И., Чижова Т.Л., Кудряшова Ю.В.
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток
chudnovsky@poi.dvo.ru

Показано, что интенсивные лазероиндуцированные гидродинамические эффекты, обусловленные взрывным кипением и кавитацией являются ведущими факторами, обеспечивающими эффективное хирургическое лечение и регенерацию хрящевой и костной ткани при лазерном пункционном лечении ряда распространённых заболеваний опорно-двигательного аппарата.

С появлением достаточно компактных и мощных лазерных устройств, излучение которых передаётся по световолокну, получили развитие методы перкутанных лазерных операций, в частности пункционных операций по удалению кист различной этиологии, доброкачественных и злокачественных новообразований, перкутанной дискэктомии поясничных и шейных дисков, пункционной лазерной деструкции чувствительного корешка тройничного нерва, лазерной остеоперфорации по поводу лечения остеомиелита и хронической ишемии конечностей и т.п.

Все перечисленные методики хирургического лечения ориентированы на использование в той или иной мере лазерной термодеструкции, однако локальный разогрев «зачернённого» дистального, рабочего участка лазерного световолокна до температур порядка 700-1000° С при соприкосновении с водным раствором порождает не менее важный декомпрессирующий фактор хирургического вмешательства – мощное гидродинамическое возмущение, обусловленное взрывным кипением водного раствора и кавитацией.

Наиболее явно лазероиндуцированные гидродинамические эффекты проявляются в пункционном лазерном лечении дискогенных компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов, выполняемых по методике ППЛДД (поликанальная лазерная декомпрессия межпозвонкового диска) [1], а так же, как мы полагаем, при лазерной остеоперфорации по поводу лечения острого и хронического остеомиелита [3].

В методе ППЛДД используется излучение полупроводниковых лазеров средней мощности (3-5 Вт) с длиной волны 0.97 мкм, которое в 4 раза сильнее, чем излучение Nd-YAG лазера поглощается водой и при мощностях в 3-5 Вт не выходит за пределы межпозвонкового диска. В данном методе посредством продвижения волокна с разогретым до 700-1000° С дистальным концом формируются сеть каналов, пронизывающих грыжевой диск в различных направлениях, что позволяет объединить большинство трещин и полостей, возникших в диске по мере развития дегенеративного патологического процесса в единую систему и сохранить диск на 96-98%. Важно отметить, что по мере манипуляций через пункционную иглу в диск периодически закачивается физиологический раствор, который заполняет полости диска и с которым впоследствии контактирует разогретый участок световолокна.

Было установлено, что в результате манипуляций по методу ППЛДД происходит резкое снижение плотности (20-50%) грыжевого выпячивания, определяемое на КТ-изображениях («феномен Суляндзиги») [1]. Анализ КТ-изображений более чем 400 пациентов позволил установить, что снижение плотности грыжевого выпячивания связано с кавернизацией тела грыжи, превращения его, по сути, в мягкую губку, за счёт чего устраняется диско-радикулярный конфликт.

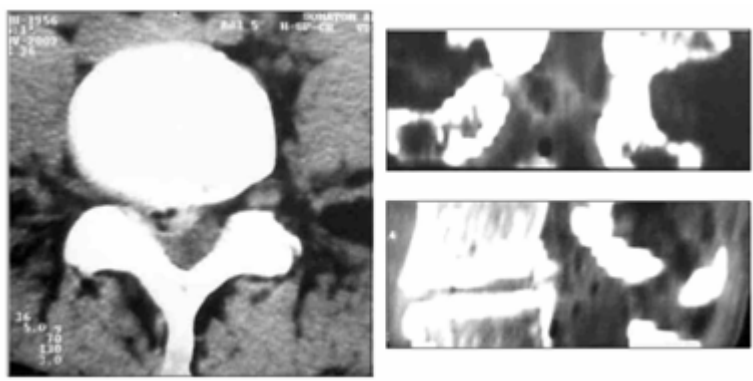


Рис. 1. Дробление грыжи на отдельные фрагменты за счёт образовавшихся полостей.

Появление в теле грыжевого выпячивания множества различных по объёму и конфигурации полостей (рис. 1) нельзя объяснить исключительно термодеструктивными процессами (термоабляцией), поскольку эффект наблюдается когда разогретый дистальный конец световолокна перемещается в теле диска достаточно далеко от собственно грыжевого выпячивания.

По этой причине возникла гипотеза о лазериндуцированной гидродинамической природе "феномена Суляндзиги", когда каверны в теле грыжи образуются за счёт выполнения условий резонанса Гельмгольца для лазериндуцированных колебаний плотности пароводяной смеси в полостях диска, ударных волн, распространяющихся в водной среде и по телу межпозвоночного диска, а также кавитации пузырьков в теле грыжевого выпячивания. Резонанс Гельмгольца избирательно отбирает энергию лазериндуцированных колебаний и транспортирует её к телу грыжи, являющейся присоединённой массой (пробкой), что вызывает её активное разрушение.

С целью проверки данной гипотезы, во время проведения манипуляций по методике ППЛДД с введением в диск водного раствора одновременно были записаны акустические шумы, сопровождающие перемещение разогретого лазерного световолокна. Использовался широкополосный микрофон (полоса 3 кГц) с регистрацией и компьютерной спектральной обработкой акустических сигналов. Многократные записи акустических сигналов у различных пациентов показали, что во время проведения лазерных пункционных операций в теле грыжевого диска формируются пакеты ударных волн, вызванные эффектами лазериндуцированного взрывного кипения (рис. 2). Анализ спектров показал, что появление в теле грыжевого выпячивания полостей во многом обусловлено кавитацией - схлопыванием паровых пузырей в теле грыжи. Вероятнее всего, наблюдаемые на низких частотах отчётливые пики (порядка 60-70 и 100 Гц) (рис. 3), связаны с выполнением условий резонанса Гельмгольца для конкретной ситуации, что является основным механизмом разрушения грыжи и устранения диско-радикулярного конфликта.

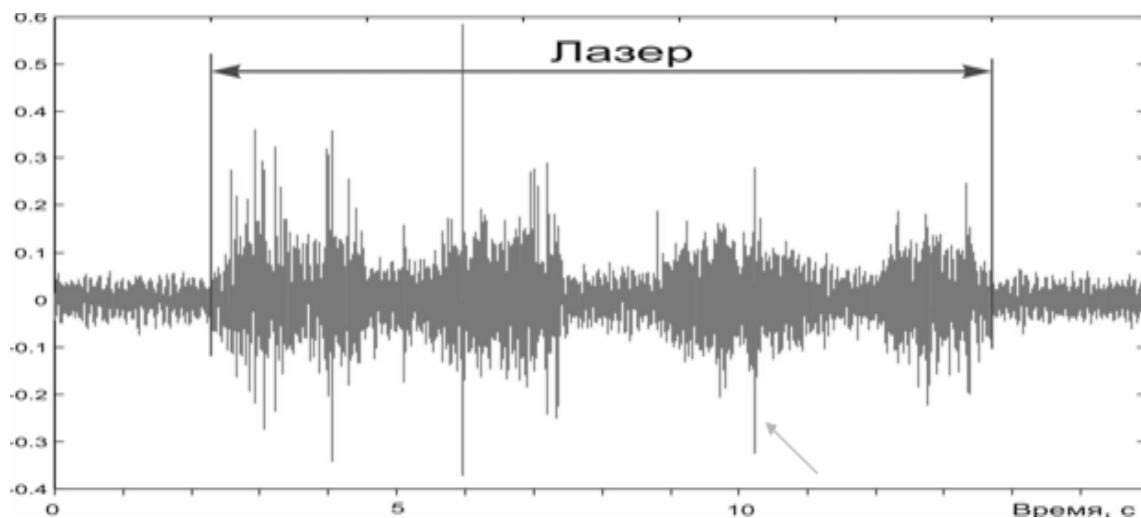


Рис. 2. Запись акустического сигнала во время проведения манипуляций по методике ППЛДД.

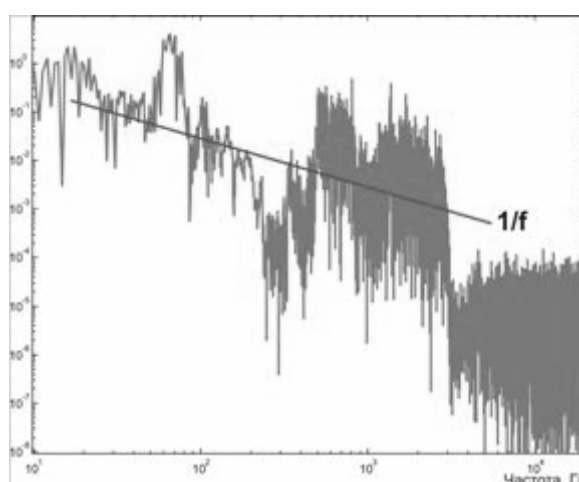


Рис. 3. Спектральная плотность мощности акустического сигнала при ППЛДД.

В экспериментах по измерению температуры (материалом для исследований служили межпозвонковые диски L_1-L_5 , произвольно выбранные при вскрытии больных, умерших от соматических заболеваний в возрасте от 53 до 80 лет) показано, что в диске по мере проведения манипуляции давление пара превышает 3 атмосферы. Такое давление в условиях резонанса Гельмгольца обеспечивает перенос пароводяной смеси по системе трещин-каналов к грыжевому выпячиванию, где кавитирующие паровые пузырьки совместно с высокоскоростным струйным течением и ударными волнами активно разрушают тело грыжи. В случае, когда рабочий, разогретый конец лазерного световолокна находится непосредственно в теле грыжевого выпячивания, эффект максимален, поскольку в этом случае большой вклад в разрушение грыжи вносит термоабляция.

Построена теоретическая модель лазероиндуцированных эффектов взрывного кипения, кавитации и резонанса Гельмгольца с вынуждающей силой в диске с учётом параметров хрящевой ткани. Теоретически показано, что в рамках рассмотренной модели для устранения диско-радикулярного конфликта импульсный режим лазерного воздействия (разогрева дистального участка световолокна) более предпочтителен. Рассчитаны оптимальные параметры импульсов лазерного излучения, соответствующие частотам резонанса Гельмгольца.

Обсуждается вклад лазероиндуцированной гидродинамики в эффект регенерации хряща межпозвонковых дисков под действием лазерного излучения

средней мощности [2] и регенерации костной ткани при лечении острого и хронического остеомиелита методом лазерной остеоперфорации [3]. Процессы пролиферации клеток и регенерации тканей обеспечиваются резким возрастанием вероятности «замыкания» клеточных интегринов с RGD-последовательностями коллагенового матрикса в условиях гидродинамического возмущения и порождаемого им смещениями мембран хондроцитов и матрикса относительно друг друга.

1. Сандлер Б.И., Суляндзига Л.Н., Чудновский В.М., Юсупов В.И. и др. Перспективы лечения дискогенных компрессионных форм пояснично-крестцовых радикулитов с помощью пункционных неэндоскопических лазерных операций. Владивосток: Дальнаука, 2004. 181 с.
2. Лазерная инженерия хрящей/ Под ред. В.Н. Багратошвили, Э.Н. Соболя, А.Б. Шехтера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 488 с.
3. Крочек И.В., Привалов В.А., Лаппа А.В., и др. Лазерная остеоперфорация в лечении острого и хронического остеомиелита. Методические рекомендации/ Челябинск: ЧГМА, ЧГУ, 2004. 34 с.

LASER-INDUCED HYDRODYNAMICAL EFFECTS IN PARACENTETIC SURGICAL TREATMENT OF DISEASES OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM

It is shown, that intensive the laser-induced hydrodynamical effects caused by explosive boiling and cavitation are the leading factors providing effective surgical treatment and regeneration cartilaginous and a bone fabric at laser paracentetic treatment of some widespread diseases of the musculoskeletal system