



О ЛАЗЕРНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА: ТАК ЛИ НУЖЕН УДАР ПО СЕРДЦУ?

В.Минаев, к.т.н., ООО "НТО "ИРЭ-Полюс",
Москва, vMinaev@ntoire-polus.ru

При всех достоинствах лазерной реваскуляризации миокарда надо понимать, что перфорация мощным импульсным излучением означает "удар" по сердцу, который способен вызвать наведенную аритмию, накладывает условие обязательной синхронизации импульсов излучения с ритмами сердца. Насколько необходимо именно импульсное воздействие на сердце? В статье обсуждаются возможные варианты аппаратной реализации этого метода и возможные пути его дальнейшего развития.

Заболевания сердца лидируют среди причин смертности населения. Академик Л.А.Бокерия приводил (20.06.2009) статистические результаты, согласно которым из ста наступивших смертей причиной тридцати шести стала ишемическая болезнь сердца. Кровоснабжение участков сердечной мышцы – миокарда при этом заболевании нарушается (вплоть до прекращения) из-за закупорки сосудов холестерином, и это ведет к их отмиранию. Поэтому интерес ко всем методам лечения этого распространенного недуга понятен. Идея трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации (ТМЛР) поражает своей логичностью и дерзновенностью. В основе метода – создание каналов в ишемизированных областях миокарда путем лазерной перфорации, благодаря чему кровообращение в них поддается восстановлению. Однако, одной из важнейших проблем при реализации этого метода становится выбор лазера, способного осуществить перфорацию. К сожалению, появившиеся в последнее время работы [1,2] не рассматривают возможность использования для этих целей современных полупроводниковых и волоконных лазеров. Настоящая

публикация призвана восполнить в какой-то мере этот пробел.

Специалистам понятно, что характер воздействия лазерного излучения на мягкие ткани в немалой степени зависит от коэффициента поглощения лазерного излучения различными компонентами биологических тканей. Зависимости их поглощения от длины волны лазерного излучения приведены на рис.1. При этом оцифрованными стрелками сверху рисунка обозначены лазерные источники, излучающие в соответствующих диапазонах: 1 – АИГ:Nd+КТР ($\lambda=0,53$ мкм); 2 – лазеры на красителях, $\lambda=0,55-0,59$ мкм; 3 – импульсная лампа; 4 и 5 – диодные лазеры ($\lambda=0,81$ мкм и $\lambda=0,94-0,97$ мкм); 6 – АИГ:Nd и лазеры на Yb-активированном волокне, $\lambda=1,06$ мкм; 7 – АИГ:Nd, $\lambda=1,32$ мкм; 8 – лазеры на Er-активированном волокне, $\lambda=1,56$ мкм, 9 – лазеры на Tm-активированном волокне. Стрелкой справа указан уровень для CO₂-лазера ($\lambda=10,6$ мкм).

Наибольшее распространение в применении ТМЛР-аппаратов имеют мощные импульсные CO₂-лазеры. Именно ТМЛР, использующие

углекислотный лазер, были допущены к клиническим применениям и американской FDA, и Росздравнадзором. Особенности использования таких лазеров подробно описаны в [2]. При всех достоинствах этих лазеров надо понимать, что перфорация мощным импульсным излучением означает "удар" по сердцу, который способен вызвать наведенную аритмию. Для исключения вероятности возникновения столь нежелательного эффекта приходится аппаратно обеспечивать ЭКГ-синхронизацию, а это усложняет конструкцию установки. Кроме того, определенные неудобства возникают из-за невозможности использовать в конструкции аппарата гибкие волоконные световоды.

Неудивительно, что поиски альтернативы аппаратам на углекислотных лазерах пока не прекращены. Известны попытки использовать импульсные эксимерные лазеры и лазеры на АИГ:Но, но составить конкуренцию CO₂-лазерам они не в состоянии [2].

В результате совместной работы специалисты Института общей физики им.А.М.Прохорова (ИОФ РАН), Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им.А.Н.Бакулева (НЦССХ) и ООО "Плазмоника" предложили использовать для ревазуляризации миокарда лазерное излучение с длиной волны $\lambda=1,44$ мкм. Они разработали опытный образец импульсного лазерного аппарата на основе АИГ:Nd-лазера с ламповой накачкой [1]. Такая длина волны совпадает с локальным максимумом поглощения воды. В аппарате также предусмотрена ЭКГ-синхронизация с ритмами сердца.

Вместе с тем, уже с начала текущего столетия был поставлен правомерный вопрос: "насколько необходимым является именно импульсное воздействие на сердце, несущее с собой

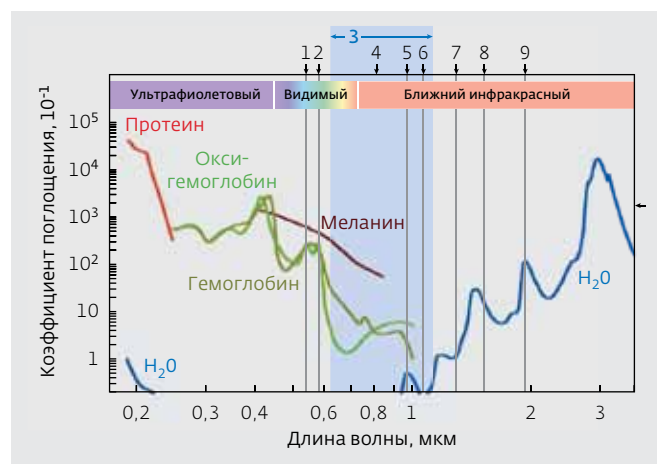


Рис.1. Спектры поглощения основных хромофоров биотканей

обязательное ударное воздействие на сердце, способное вызвать фатальную наведенную аритмию?". В России первыми врачами, опробовавшими ревазуляризацию с помощью аппаратов с непрерывным излучением от АИГ:Nd-лазеров ($\lambda=1,06$ мкм) и от диодных лазеров ($\lambda=0,81$ мкм), стали хирурги из Челябинского государственного института лазерной хирургии [3]. В период с 1995 по 1999 год они выполнили трансмиокардиальную ревазуляризацию (ТМР) 84 пациентам, причем 63 пациентам была выполнена изолированная ТМР, 15 пациентам одновременно проведена аневризмэктомия левого желудочка, а шести - проведены сочетанные операции ТМЛР и аортокоронарного шунтирования (АКШ). Собственно перфорация миокарда проводилась контактно, концом световода. Ударное воздействие на сердце при этом отсутствовало, что позволяло исключить из метода необходимость синхронизации с ритмами сердца.



Рис.2. Фрагмент ТЛРМ задней стенки левого желудочка [5]

Важно отметить, что послеоперационной летальности в группе "чистых" ТМЛР к настоящему моменту не было. Не вдаваясь в медицинские детали, заметим, что результаты исследований показали достоверное улучшение перфузии миокарда и клинического состояния после оперативного вмешательства в сроки до 3 лет.

Заметим, что использованное в этих исследованиях излучение на выбранных длинах волн заведомо не является оптимальным из-за глубокого проникновения в мягкие ткани. Более перспективной представлялось использование излучения полупроводниковых лазерных аппаратов с длиной волны $\lambda=0,97$ мкм, которая также совпадает с локальным максимумом поглощения лазерного излучения в воде и гемоглобине (хотя и менее интенсивным, чем на $\lambda=1,44$ мкм). Исследование ТМЛР с использованием лазерного аппарата "Лазон-10П" были начаты в НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН, где после проведения доклинических исследований на собаках [4] начались клинические исследования, их результаты в конечном итоге вошли в монографию [5].

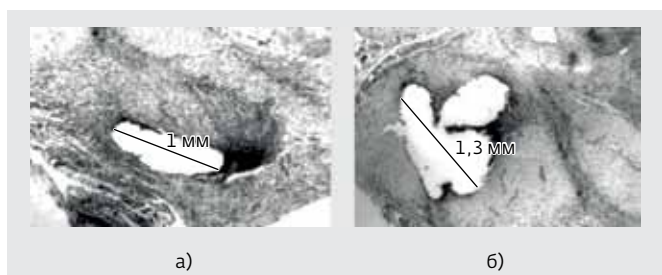


Рис.4. Гистологические срезы миокарда после проведения лазерной ревазуляризации излучением $\lambda=1,56$ мкм: а) – выполнены через 34 дня; б) – через 48 дней

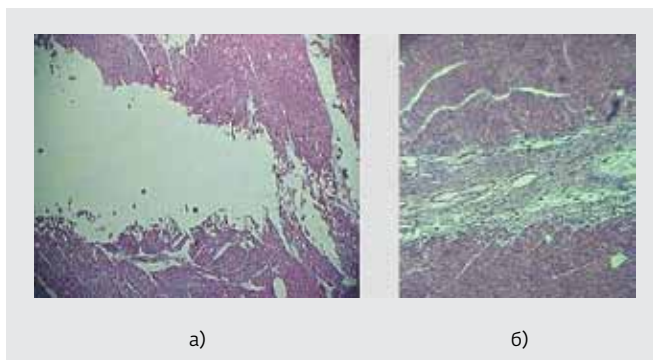


Рис.3. Результаты ЛРМ излучением с длиной волны $\lambda=0,97$ мкм: а) – сразу после операции, б) – через месяц после операции [5]

На рис.2. из материалов доклада [4] показан момент контактной перфорации миокарда лазерным излучением $\lambda=0,97$ мкм. На рис.3 представлены результаты ревазуляризации миокарда из экспериментов, проводимых на животных, с использованием излучения $\lambda=0,97$ мкм и максимальной мощности $P=10$ Вт. На фотографиях гистологических срезов миокарда виден лазерный канал сразу после операции (рис.3а) и через месяц (рис.3б). Первая фотография показывает минимальные термические повреждения прилегающей к каналу мышечной ткани. На второй фотографии видно, что канал зарос соединительной тканью с проросшими в миокард сосудами, которые улучшают кровоснабжение сердца.

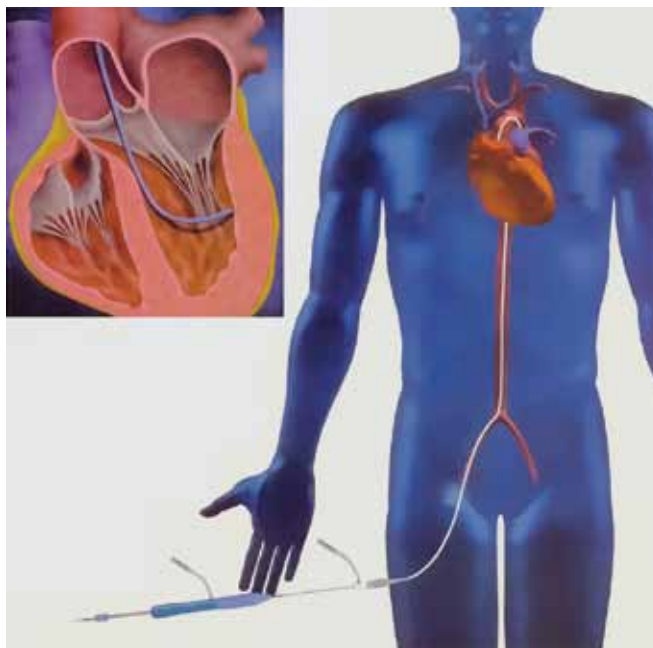


Рис.5. Транслюминальное осуществление операции ТМЛР



В дальнейшем аналогичные работы были выполнены в НЦССХ им. А.Н.Бакулева с использованием полупроводникового лазерного аппарата ЛС-0,97-"ИРЭ-Полюс" (позднее Комитет по новой медицинской технике принял решение переименовать его на ЛСП-"ИРЭ-Полюс"). Использовали аппарат с длиной волны $\lambda=0,97$ мкм для ТМЛР и в Челябинском НИИ лазерной хирургии.

В Новосибирском НИИ патологии кровообращения им. Е.Н.Мешалкина проводили исследования по ТЛРМ с помощью аппарата, принадлежащего тому же семейству ЛСП-"ИРЭ-Полюс", с лазером на Ег-активированном волокне, работающим на длине волны $\lambda=1,56$ мкм и максимальной использованной мощностью излучения $P=8$ Вт. Выбор этой длины волны определен ее расположением рядом с еще одним локальным максимумом поглощения биоткани. Эта группа исследователей на февраль 2005 года выполнила 116 процедур ТМЛР. При этом отработана методика, при которой поверхность каналов, образованных в результате ТМЛР, эндотелизировались по типу сосудов. На рис.4 [6] представлены результаты такого воздействия. Итоги проведенных в НИИПК им. Е.Н.Мешалкина работ по ТМЛР обобщены в монографии [7].

Но возможности современных аппаратов не ограничиваются использованием выбранных длин волн излучения полупроводниковых и волоконных лазеров. В частности, для ТМЛР-аппаратов открываются перспективы работы с Тm-активированным волокном с длиной волны, соответствующей еще более интенсивному локальному максимуму поглощения воды, - на $\lambda=1,9$ мкм. В этом случае величина глубины проникновения излучения приближается к глубине проникновения излучения CO_2 -лазера. Вместе с тем, это излучение хорошо передается по световодам с сердцевиной из осушенного кварца, то есть его легко приспособить для перфорации миокарда контактным методом.

В настоящее время операции ТМЛР выполняются на открытом сердце. Но если в таких операциях можно будет подавать лазерное излучение по световоду, это создаст предпосылки для проведения подобных операций менее инвазивными методами - транслюминально, то есть вводом световода внутрь сердца по артерии. Аргументом, говорящим в пользу разработки такой технологии, стало создание трехмерных



систем навигации, позволяющих точно определить положение рабочего конца световода в теле человека. Схема проведения подобной операции представлена на рис. 5.

Факт снижения весогабаритных характеристик современных лазерных медицинских аппаратов на основе полупроводниковых лазеров обеспечивает им преимущества перед аппаратами на основе углекислотных лазеров. Практически на порядок более низкой оказывается и их стоимость.

Исходя из изложенного, весьма актуальным представляется проведение сравнительных исследований эффективности использования для ТМЛР лазерного излучения с различными длинами волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Беришвили И.И. и др.** Твердотельный лазер с оптоволоконным выводом излучения для трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации. – Лазерная медицина, 2010, т.14, вып.4, с.21–27.
2. **Панченко В.Н, Васильцов В.В., Ульянов В.В.** Лазерный метод ТМЛР лечения ишемической болезни сердца. Фотоника, 2012, №1 с.14–19.
3. **Евдокимов С.В., Евдокимов В.П., Лаппа А.В., Солодовников В.В.** Применение АИГ:Nd- и диодного лазеров для трансмиокардиальной реваскуляризации миокарда. – Сборник научных работ Челябинского государственного института лазерной хирургии, вып.2, Челябинск, 1999, с.80–82.
4. **Шипулин В.М., Андреев С.Л., Вечерский Ю.Ю. и др.** Использование лазеров в сердечно-сосудистой хирургии: от эксперимента к практике. – Томск:SST, 2010.
5. **Ларионов П.М., Караськов А.М.** Применение лазерного скальпеля ЛС-1,56- "ИРЭ-Полюс" для не прямой лазерной реваскуляризации ишемизированного миокарда в эксперименте. – Труды VII сессии НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2003, с.207.
6. **Чернявский А.М., Ларионов П.М., Караськов А.М.** Направленный ангиоаскулогенез при хирургическом лечении ишемической болезни сердца/ ФГБУ "НИИ-ИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина" Минздравсоцразвития России/Отв. ред. И.И. Семенов. – Новосибирск: Дизайн науки, 2011.
7. **R.Gaughan.** Lasers Make a Comeback in Treating Heart Disease. – Biophotonics International, July/August, 2000, p.48–53.

ЧТО ТАКОЕ ПРЕПРЕГИ И КОМУ ОНИ НУЖНЫ?

Полимерные композиционные материалы находят широкое применение в авиастроении, ветроэнергетике, автомобилестроении. Углеродное волокно (углеволокно, УВ) – наноструктурированный органический материал, содержащий 92–99,99% углерода и обладающий высокими значениями прочности и модуля упругости. Более легкие детали установок обеспечивают снижение потребления топлива, повышенную износоустойчивость, нечувствительность к коррозии, а в их производстве инструментальная обработка сведена к минимуму. Хотя надо иметь в виду, что использование таких материалов связано с проблемой защиты от поражения молниями. Углепластики являются очень плохими электропроводниками в отличие от алюминия и не защищают радиоэлектронное оборудование от действия тока очень высокого напряжения при разряде. К тому же диссипация электрического

разряда молнии внутри конструкции вызывает ее физические повреждения. Данная проблема решается за счет использования экрана в виде алюминиевой сетки, которая вплетается в углеродную ткань с определенным шагом. Углеродные нити заливаются термопластичной связующей смолой. При производстве крупных деталей используют препреги (англ. pre-preg, сокращенный от pre-impregnated – предварительно пропитанный), композиционные материалы-полуфабрикаты, содержащие армирующие углеволокна с полимерным связующим материалом, изготавливаются в виде жгутов.

Интерес к этим материалам растет. ГК "РОСНАНО" подготовила дорожную карту "Использование нанотехнологий в производстве углеродных волокон и продуктов на их основе" и провела конкурс на лучший проект изделия из углепластичных композитов. "РОСНАНО" прогнозирует рост мирового рынка ветроэнергетики

(углеволокно используется в лопастях) и увеличение размера лопастей ветряных установок, повышение спроса на рынке спортивных товаров с применением композиционных материалов (сноуборды, лыжи, удочки, теннисные ракетки, клюшки, яхты), рост спроса на бурильные установки в связи со значимостью присутствия России в стратегически важных регионах (шельф Арктики) и формированием новых требований к глубине бурильных установок (более 2,4 км). Поэтому приход на российский рынок американской компании INGERSOLL, которая поставляет порталные станки для выкладки препрегов, закономерен. Дилером компании выступает компания "Пумори-инжиниринг инвест"

Н.Истомина,
по материалам www.pumori-invest.ru
и www.rusnano.com