

Экспериментальное исследование эффективности трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации с помощью эрбиевого лазера*

Аннотация

Представлены результаты применения эрбиевого лазера с целью продуцирования направленного ангиогенеза при трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации в эксперименте с моделью хронически ишемизированного миокарда животных. Представлена оценка эффективности применения эрбиевого лазера с целью продуцирования направленного ангиогенеза. Установлены оптимальные режимы воздействия импульсного излучения эрбиевого лазера на миокард с учетом термического повреждения тканей. Исследованы морфологические изменения и проведен морфометрический анализ тканей в области трансмиокардиальных лазерных каналов на модели хронической ишемической болезни сердца собак. Исследования проводились с целью последующей разработки и внедрения новой методики в клиническую практику у больных ИБС с диффузным поражением коронарных артерий.

Введение

Несмотря на успехи современной кардиологии, ишемическая болезнь сердца (ИБС) остается одной из основных причин инвалидизации и смертности взрослого населения ведущих стран мира. Поэтому внедрение новых и совершенствование имеющихся методов лечения ИБС является важнейшей задачей здравоохранения. Основными причинами ИБС в любом ее проявлении являются нарушение проходимости коронарных артерий и сужение их просвета из-за атеросклероза. Существующие методы лечения ИБС подразделяются на консервативные и хирургические. Когда консервативная терапия не дает положительного эффекта, прибегают к оперативному хирургическому вмешательству. К традиционным оперативным методам относятся прямая реваскуляризация, так называемое аортокоронарное шунтирование, а также баллонная ангиопластика и коронарное стентирование. Аортокоронарное шунтирование (АКШ) как метод прямой реваскуляризации миокарда является высокоэффективной операцией, позволяющей увеличить продолжительность жизни больных и значительно улучшить ее качество. Несмотря на это проблему оказания помощи больным ИБС нельзя считать решенной, так как примерно у 15 % пациентов форма поражения коронарных артерий носит диффузный характер, что не позволяет выполнить операцию АКШ. Имеется проблема хирургического лечения больных с рецидивом стенокардии после АКШ или многократно выполненных коронарных ангиопластик. По этой причине ежегодно до 25 % пациентов со стенокардией получают отказ в хирургическом лечении. Поэтому одновременно с совершенствованием операций АКШ серьезное внимание уделяется разработке принципиально новых альтернативных способов восстановления сердечного кровотока, таких как трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация (ТМЛР) [1]-[6], генная терапия [3], использование ангиогенных пептидов, а также комбинации этих методов. Одним из перспективных направлений восстановления сердечного кровотока является ТМЛР коронарных артерий с целью продуцирования направленного ангиогенеза или новых функциональных сосудов в сердце [4]. На сегодняшний день для ТМЛР применяют высокоэнергетические СО₂-гольмиевые и эксимерные лазеры – как самостоятельно, так и в сочетании с АКШ. Большинство экспериментальных и клинических исследований ТМЛР выполнено с помощью СО₂-лазера [5], [6]. Предварительные, но малочисленные исследования с применением гольмиевого и эксимерного лазеров показали, что клинические результаты сопоставимы с применением СО₂-лазера. Идея использовать лазер для реваскуляризации миокарда принадлежит М. Mirhoseini. На

первой стадии нерандомизированных исследований им было показано, что процедура ТМЛР безопасна и приводит к значительному снижению клинического синдрома у больных стенокардией. Клинические данные свидетельствуют о приемлемой переносимости операции (периоперационная выживаемость – 89,2 %) и значительном улучшении самочувствия больных после нее. Несмотря на то что метод ТМЛР официально разрешен, он не нашел широкого клинического применения из-за ограниченной статистики результатов. В связи с тем, что процесс неоангиогенеза, которым сопровождается заживление тканей в области их лазерной перфорации, связан с термической деструкцией тканей миокарда, исследование типа используемого лазера и режима его воздействия приобретает решающее значение.

Большой опыт применения высокоэнергетического СО₂-лазера для ТМЛР был накоплен в НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Как показали экспериментальные исследования, главным достоинством этого лазера является возможность пенетрации миокарда в течение одного сердечного цикла, что позволяет снизить вероятность развития нарушений ритма за счет возможности синхронизации лазерного воздействия с ЭКГ. К недостаткам применения СО₂-лазера следует отнести опасность развития нарушений сердечного ритма и отсутствие гибкой оптоволоконной системы доставки лазерного излучения к объекту воздействия. Поэтому техника выполнения ТМЛР постоянно совершенствуется за счет применения новых типов лазеров, излучение которых может подводиться к эндокардиальной поверхности миокарда с помощью волоконно-оптических средств. В связи с этим представляется актуальным исследование эффективности применения эрбиевого лазера с длиной волны излучения 1,54 мкм. Для этой длины волны излучения разработаны и выпускаются гибкие волоконные световоды с высоким коэффициентом пропускания [7].

Цель исследования

Эффективность применения эрбиевого лазера с целью продуцирования направленного ангиогенеза при трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации исследовалась в эксперименте на модели хронически ишемизированного миокарда животных. Исследования проводились с целью последующей разработки и внедрения новой методики в клиническую практику у больных ИБС с диффузным поражением коронарных артерий.

Задачи исследования

1. Установить оптимальные режимы воздействия импульсного излучения эрбиевого лазера на миокард с учетом термического повреждения тканей.

* Рис. 2-4 находятся на 3-й полосе обложки.

2. Изучить морфологические изменения и провести морфометрический анализ тканей в области трансмиокардиальных лазерных каналов на модели хронической ишемической болезни сердца собак.

3. Проверить в клинической практике эффективность ТМЛР с помощью импульсного эрбиевого лазерного излучения у больных ИБС с диффузным поражением коронарных артерий.

Материалы и методы исследования

В экспериментальных исследованиях использовали лазерный аппарат «Глассер» со следующими параметрами:

- тип лазера – твердотельный, импульсный, на основе эрбиевого стекла;
- длина волны излучения, мкм: 1,54;
- энергия излучения – перестраиваемая, Дж, не более: 5;
- длительность импульса, мс: 0,5...10;
- частота повторения, Гц, не более: 2.

Экспериментальная часть работы была выполнена на 25 беспородных собаках массой тела от 14 до 22 кг и на 30 участках передней стенки левого желудочка сердец людей, умерших по различным причинам в возрасте от 42 до 67 лет. Участки передней стенки левого желудочка использовались для модельных экспериментов по выбору оптимального режима лазерного излучения. Забор людского материала проводился в сроки, не превышающие сутки с момента смерти. Для последующего сравнения эффекта воздействия перфорация участков передней стенки левого желудочка производилась лазерным излучением для шести следующих значений выходной энергии в импульсе: 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 5 Дж и длительности импульса в пределах 0,5...10 мс. При этом частота следования импульсов составляла 2 Гц при выходной энергии до 2 Дж и 1 Гц при выходной энергии 5 Дж.

Модель хронической ишемической болезни сердца была выполнена всем 25 животным путем перевязки передней нисходящей артерии (ПНА) и ее ветвей в условиях интубационного наркоза. Формирование инфаркта подтверждалось электрокардиографически (рис. 1).

Через 2 месяца после моделирования хронической ИБС в условиях общей анестезии 15 лабораторных животных были подвергнуты ТМЛР и вошли в исследуемую группу, 10 животных составили контрольную группу. Доступ к сердцу осуществляли путем левосторонней торакотомии. Производилась перикардиотомия. На работающем сердце создавали 18...20 трансмиокардиальных лазерных каналов непосредственно в зоне инфаркта миокарда, перифокально в области постинфарктного рубца и в интактной зоне. Для доставки излучения к операционному полю использовалось кварц-кварцевое оптическое волокно с диаметром сердцевины 600 мкм из «сухого» кварца длиной до 3 м. Трансмуральный ход каналов подтверждался пульсирующим кровотоком из полости ЛЖ. Через 3 месяца после выведения животных из эксперимента для исследования сосудистой плотности в зоне воздействия на миокард препарировали его участки по заранее оставленным шовным меткам из инфарктной (рубец), перинфарктной (ишемизированный миокард) и интактной областей. Материал фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина не менее суток. На парафиновых срезах толщиной

7 мкм, окрашенных по Маллори, с помощью микроскопа «Jenaval» и цифровой камеры «Motic 1001» делали снимки миокарда с увеличением $40\times$ и затем с помощью морфометрической программы «Motic Images Plus 2.0» определяли количество и площадь сосудов в поле зрения. На поперечных срезах определяли площадь внешнего сечения сосудов (с оболочкой) в квадратных микрометрах, причем данные разделяли на три класса: сосуды с сечением до 40 мкм^2 (капилляры и малые вены), от 41 до 400 мкм^2 (артериолы и сосуды синусоидного типа) и сосуды с сечением свыше 401 мкм^2 . Затем производили подсчет количества сосудов на площади в 1 мм^2 и объемной процентной плотности сосудов.

Для статистического анализа использовали программы «Statistica 6.0» и «Sigma Stat 3.0». Поскольку распределение данных отличалось от нормального, применяли непараметрические методы анализа: ранговый дисперсионный анализ Краскала-Уоллеса, попарный метод множественных сравнений Данна, тест χ^2 при заданном уровне значимости 0,05.

Результаты исследования

В результате проведенного исследования выявлена линейная зависимость между увеличением энергии в импульсе лазерного излучения и увеличением зоны изменений миокарда. Последующий анализ результатов абляции передней стенки левого желудочка трупного материала показал тенденцию к увеличению зоны повреждения миокарда при увеличении энергии и длительности импульсов. Результаты гистологической и морфометрической оценки глубины повреждения тканей показали, что наиболее благоприятными были режимы с энергией в импульсе излучения 3 и 5 Дж при длительности импульса излучения 10 мс. При доставке лазерного импульса к операционному полю на момент формирования трансмиокардиального канала каких-либо нарушений ритма со стороны сердца отмечено не было.

Обзорная микроскопия мест проведения ТМЛР показала, что к концу третьего месяца после операции каналы были полностью облитерированы за счет разрастания рыхлой соединительной ткани с обилием сосудов типа синусоидов, капилляров и мелких артерий с акцентированным медиальным слоем в зонах фиброза (см. рис. 2).

На рис. 3 видно, что некоторые каналы имеют связь с крупными артериями, расположенными рядом с ними. Рубец окружают гипертрофированные мышечные волокна, между которыми выявлено большое количество кровеносных сосудов более мелкого калибра, чем в области повреждения, с утолщенными стенками, ориентированные на субэпикардиальные участки мест воздействия лазера.

На рис. 4 видно, что характерным изменением при выполнении ТМЛР является неоваскуляризация с формированием крупных тонкостенных кровенаполненных сосудов с площадью более 400 мкм^2 .

Количество и плотность их в зависимости от исследуемой зоны миокарда и режима воздействия лазерного излучения были различны.

Количество сосудов на квадратный миллиметр

В контрольной группе наименьшее количество сосудов на квадратный миллиметр отмечено в перинфарктной зоне ($130,95 \pm 76,53$), но достоверной разницы в сравнении с зоной

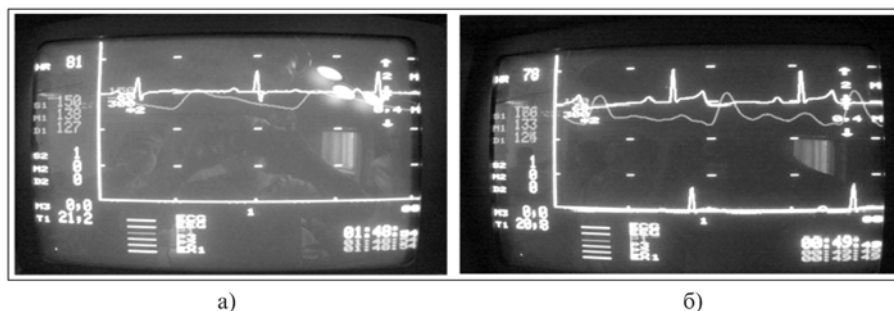


Рис. 1. ЭКГ: а) до перевязки ПНА; б) после перевязки ПНА

инфаркта ($144,25 \pm 110,04$) и интактной зоной ($135,96 \pm 74,96$) ($p < 0,05$) отмечено не было (табл. 1).

При воздействии лазерного излучения с энергией 3 Дж количество сосудов на квадратный миллиметр в зоне инфаркта увеличивается, но достоверной разницы в отличие от контрольной группы не имеет [$(183,04 \pm 114,52)$ против ($144,25 \pm 110,04$) ($p > 0,05$)]. В перинфарктной зоне количество сосудов достоверно возрастает по сравнению с контрольной группой [$(221,05 \pm 100,58)$ против ($130,95 \pm 76,53$) ($p < 0,05$)], такая же тенденция отмечена и в интактной зоне [$(212,86 \pm 120,82)$ против ($135,96 \pm 74,96$) ($p < 0,05$)].

При воздействии лазерного излучения с энергией 5 Дж достоверное увеличение количества сосудов на квадратный миллиметр происходило только в инфарктной зоне [$(192,38 \pm 122,83)$ против ($144,25 \pm 110,04$) ($p < 0,05$)]. В перинфарктной [$(128,47 \pm 71,30)$ против ($130,95 \pm 76,53$) ($p > 0,05$)] и интактной [$(164,30 \pm 101,58)$ против ($135,96 \pm 74,96$) ($p > 0,05$)] областях таких отличий отмечено не было.

При сравнении режимов между собой отмечено достоверное увеличение количества сосудов в перинфарктной [$(221,05 \pm 100,58)$ против ($128,47 \pm 71,30$) ($p < 0,05$)] и интактной областях [$(212,86 \pm 120,82)$ против ($164,30 \pm 101,58$) ($p < 0,05$)] после применения излучения с энергией 3 Дж.

Таким образом, после воздействия лазерного излучения наблюдается увеличение количества сосудов на квадратный миллиметр во всех областях миокарда в сравнении с контрольной группой. В большей степени этот эффект выражен в перинфарктной и интактной зонах миокарда при использовании излучения с энергией 3 Дж.

Объемная плотность сосудов

В контрольной группе объемная плотность сосудов в перинфарктной области ($3,18 \pm 3,09$) достоверно меньше, чем в зоне инфаркта ($5,75 \pm 4,95$) и интактной зоне ($4,47 \pm 4,22$) ($p < 0,05$) (табл. 2). В исследуемой группе после применения лазерного излучения с энергией 3 Дж объемная плотность сосудов в зоне инфаркта ($8,68 \pm 8,79$) против ($5,75 \pm 4,95$) ($p < 0,05$), перинфарктной зоне [$(8,57 \pm 7,93)$ против ($3,18 \pm 3,09$) ($p < 0,05$)] и интактной зоне [$(5,94 \pm 3,92)$ против ($4,47 \pm 4,22$) ($p < 0,05$)] миокарда достоверно увеличивается по сравнению с контрольной группой.

При воздействии лазерного излучения с энергией 5 Дж в зоне инфаркта отмечено достоверное увеличение объемной плотности сосудов в сравнении с контрольной группой [$(8,09 \pm 7,14)$ против ($5,75 \pm 4,95$) ($p < 0,05$)], но этот показатель был меньше, чем после воздействия лазерного излучения с энергией 3 Дж [$(8,09 \pm 7,14)$ против ($8,68 \pm 8,79$) ($p > 0,05$)]. В перинфарктной зоне объемная плотность сосудов значимо увеличивалась в сравнении с контрольной группой [$(6,5 \pm 8,28)$ против ($3,18 \pm 3,09$) ($p < 0,05$)], но была достоверно ниже в сравнении с группой воздействия лазерного излучения с энергией 3 Дж [$(6,5 \pm 8,28)$ против ($8,57 \pm 7,93$) ($p < 0,05$)]. В интактной зоне после применения лазерного излучения с энергией 5 Дж не было отмечено увеличения объемной плотности сосудов в сравнении с контрольной группой [$(4,35 \pm 5,28)$ против ($4,47 \pm 4,22$) ($p > 0,05$)].

Таким образом, воздействие лазерного излучения с энергией 3 Дж приводит к достоверному увеличению объемной плотности сосудов во всех областях миокарда в сравнении с контрольной группой (см. рис. 5). Применение режима излучения с энергией 5 Дж приводит к достоверному увеличению объемной плотности сосудов в зоне инфаркта и перинфаркт-

ной зоне, но не оказывает никакого влияния на интактную область. Сравнительный анализ этих режимов показал, что воздействие режима излучения с энергией 3 Дж приводит к более значимому увеличению показателя объемной плотности сосудов.

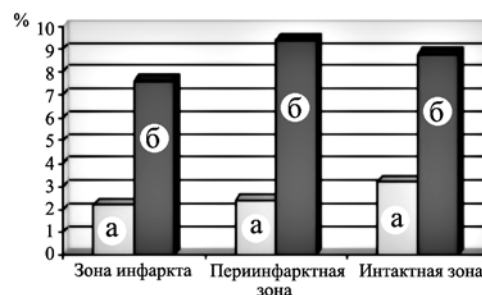


Рис. 5. Объемная плотность сосудов в различных зонах миокарда: а) контрольная группа; б) исследуемая группа

Соотношение размера сосудов в различных областях миокарда

В контрольной группе соотношение сосудов разного размера в различных зонах миокарда имеет свои особенности. В интактном миокарде основная доля [63,3 % против 36,7 % ($p < 0,05$)] приходится на сосуды среднего калибра с площадью сечения $40...400 \text{ мкм}^2$ (артериолы, вены и сосуды синусоидного типа). Сосуды с площадью поперечного сечения до 40 мкм^2 (капилляры) и более 400 мкм^2 имеют практически равные доли [20,0 и 16,7 % ($p > 0,05$)]. Распределение сосудов по площади поперечного сечения приведено в табл. 3.

В области инфаркта в отличие от интактной зоны отмечено увеличение доли сосудов с площадью сечения до 40 мкм^2 [32,0 против 20,0 % ($p > 0,05$)] и уменьшение доли сосудов с площадью сечения более 400 мкм^2 [4,8 против 16,7 % ($p < 0,05$)], что свидетельствует о преобладании в рубцовой ткани сосудов капиллярного типа. Среди сосудов среднего калибра (площадь сечения $40...400 \text{ мкм}^2$) достоверной разницы отмечено не было. В перинфарктной зоне в сравнении с интактной наблюдается снижение доли сосудов с площадью сечения до 40 мкм^2 [14,7 против 20,0 % ($p > 0,05$)] и от 41 до 400 мкм^2 [52,3 против 63,3 % ($p > 0,05$)], а также увеличение доли крупных сосудов [32,9 против 16,7 % ($p > 0,05$)], что свидетельствует о снижении васкуляризации данного региона.

В исследуемой группе (после воздействия лазерного излучения энергией 3 Дж) по сравнению с контрольной происходит увеличение доли капилляров [32,0 против 37,8 % ($p > 0,05$)] и снижение доли сосудов среднего калибра [56,7 против 63,3 % ($p > 0,05$)] в инфарктной зоне. Доля крупных сосудов в обеих группах различий не имела [4,8 против 5,4 % ($p > 0,05$)]. В перинфарктной области обращает на себя внимание достоверное увеличение доли сосудов среднего калибра [69,2 против 52,3 % ($p < 0,05$)] и уменьшение доли сосудов крупного диаметра [32,9 против 14,6 % ($p < 0,05$)]. Количество капилляров в этой зоне также увеличивается [16,7 против 14,7 % ($p > 0,05$)]. Данный факт свидетельствует об улучшении васкуляризации этого региона. Фактическое соотношение сосудов перинфарктной области после воздействия лазерного излучения стало близким к их исходному соотношению в зоне интактного миокарда контрольной группы.

В интактном миокарде исследуемой группы происходит увеличение доли капилляров [33,3 против 20,0 % ($p > 0,05$)] на

Таблица 1

Количество сосудов на квадратный миллиметр

Группы	Области	Зона инфаркта	Перинфарктная зона	Интактная зона
Контрольная группа		144,25 ± 110,04	130,95 ± 76,53	135,96 ± 74,96
Исследуемая группа – 3 Дж		183,04 ± 114,52	221,05 ± 100,58	212,86 ± 120,82
Исследуемая группа – 5 Дж		192,38 ± 122,83	128,47 ± 71,30	164,30 ± 101,58

фоне снижения доли сосудов среднего [56,4 против 63,3 % ($p > 0,05$)] и крупного [10,3 против 16,7 % ($p > 0,05$)] диаметров.

Ограниченные клинические испытания

Полученные результаты исследования показывают, что воздействие лазерного излучения стимулирует неангиогенез за счет увеличения доли сосудов мелкого и среднего диаметров (до 400 мкм), которые обеспечивают наиболее эффективную гемодинамику. После полученных положительных результатов в эксперименте на животных были проведены ограниченные клинические испытания применения эрбиевого лазера. Сочетанные операции ТМЛР и аортокоронарного шунтирования выполнены 19 пациентам, средний возраст которых составил ($57,7 \pm 6,4$) лет, 16 (84,2%) из них были мужчины. Подавляющее большинство больных – 17 человек (89,4%) страдали стенокардией III-IV ф.к. ССС. Инфаркт миокарда перенесли 9 (47,3%) пациентов. Практически у всех больных отмечено снижение насосной функции миокарда левого желудочка, у 11 из них (57,8%) фракция выброса составила менее 0,5. Трехсосудистое поражение коронарных артерий отмечено у 16 (84,2%) пациентов, стеноз ствола левой коронарной артерии – у 5 (26,3%). У всех больных до операции было выявлено диффузное изменение различных бассейнов коронарных артерий, дистальное поражение коронарного русла или мелкие несунтабельные ветви. Оценку регионарной перфузии и жизнеспособности миокарда у больных, которым предполагалось выполнить ТМЛР, проводили с помощью добутаминовой стресс-эхокардиографии (стресс-ЭхоКГ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) с $99mTc$. Наличие обратной дисфункции миокарда при выполнении стресс-ЭхоКГ позволило четко дифференцировать жизнеспособную ткань и рубцовую. Для характеристики жизнеспособности миокарда при проведении ОФЭКТ оценивали дефекты перфузии, которые классифицировали как обратимые и необратимые. Обратимыми считали дефекты перфузии, которые регистрировались на исходных (постнагрузочных) скантинграммах и отсутствовали на отсроченных изображениях. Они свидетельствовали о наличии жизнеспособного миокарда в этих зонах.

ТМЛР сочетали с аортокоронарным шунтированием. Формирование лазерных каналов производили на работающем сердце в условиях вспомогательного искусственного кровообращения. В первую очередь выполняли шунтирование измененных артерий. Далее в каждой зоне (передняя стенка, передне-боко-

вая, задняя, верхушка), где невозможна прямая реваскуляризация, выполняли от 8 до 12 перфораций. Количество каналов зависело от размеров сердца, распределения коронарных артерий на его поверхности, поражения того или иного сосуда и зоны обратимой ишемии миокарда, требующей лечения. После проведения ТМЛР и аортокоронарного шунтирования с целью оценки эффективности результатов в плане изучения динамики перфузии миокарда левого желудочка ОФЭКТ выполнена 8 (42,1%) пациентам через 3 мес. после операции. По предварительным данным у 4 (62,5%) больных выявлено улучшение перфузии миокарда. Эти изменения отмечены в зонах лазерного воздействия и прилежащих к ним областях. Отсутствие изменений отмечено у 3 пациентов, что, по-видимому, связано с наличием обширных рубцовых изменений. Отмечено, что у всех больных выявлено суммарное увеличение перфузии миокарда левого желудочка. Для детальной оценки динамики перфузии миокарда в зонах воздействия лазерного излучения необходимо дальнейшее проведение исследований.

Заключение

Клинические исследования позволили достоверно установить, что проведение ТМЛР с помощью эрбиевого лазерного излучения не оказывает аритмогенного эффекта при формировании каналов на работающем сердце. Все трансмиокардиальные каналы, созданные излучением эрбиевого лазера, закрываются в течение трех месяцев с момента их создания, не обеспечивая прямого кровоснабжения миокарда из полости левого желудочка. Воздействие лазерного излучения на ишемизированный миокард приводит к образованию новых сосудов, увеличивая их количество и объемную плотность, что является неспецифической реакцией на повреждение. Степень неангиогенеза зависит от выраженности воспалительной реакции в области трансмиокардиальной реваскуляризации. Воздействие импульсного излучения эрбиевого лазера приводит к изменению соотношения сосудов различного диаметра, увеличивая долю капилляров и артериол в зоне выполнения процедуры. Предварительные исследования по применению ТМЛР с помощью излучения эрбиевого лазера у пациентов, страдающих ИБС, осложненной диффузным коронаросклерозом, свидетельствуют об улучшении перфузии миокарда в областях его воздействия, что позволяет рассматривать данную методику как перспективную для дальнейшего изучения и последующего внедрения в клиническую практику.

Таблица 2

Объемная плотность сосудов в различных зонах миокарда в контрольной и исследуемой группах

Группы	Области	Зона инфаркта	Периинфарктная зона	Интakтная зона
Контрольная группа		$5,75 \pm 4,95$	$3,18 \pm 3,09$	$4,47 \pm 4,22$
Исследуемая группа – 3 Дж		$8,68 \pm 8,79$	$8,57 \pm 7,93$	$5,94 \pm 3,92$
Исследуемая группа – 5 Дж		$8,09 \pm 7,14$	$6,5 \pm 8,28$	$4,35 \pm 5,28$

Таблица 3

Распределение сосудов по площади поперечного сечения

Группы	Площадь	Площадь поперечного сечения, мкм ²			Всего
		0...40	41...400	Более 400	
Контрольная группа (n / %)					
Зона инфаркта		47 / 32,0	93 / 63,3	7 / 4,8	147 / 100
Периинфарктная зона		13 / 14,7	46 / 52,3	29 / 32,9	88 / 100
Интakтный миокард		6 / 20,0	19 / 63,3	5 / 16,7	30 / 100
Режим 3 Дж (n / %)					
Зона инфаркта		14 / 37,8	21 / 56,7	2 / 5,4	37 / 100
Периинфарктная зона		13 / 16,7	54 / 69,2	11 / 14,6	78 / 100
Интakтный миокард		13 / 33,3	22 / 56,4	4 / 10,3	39 / 100

Работа выполнена при участии ФГБУН Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, ФГБУН РНЦХ им. Б.В. Петровского, ФГБУ «ЦКБП» УД Президента РФ.

Список литературы:

1. *Беришвили И.И.* Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация. Вторая жизнь. Т. 1. – М.: Издательство «ГЕОС», 2016.
2. *Бокерия Л.А., Беришвили И.И., Бузишвили Ю.И., Сигаев И.Ю.* Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация. – М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2001.
3. *Бокерия Л.А., Петросян А.Д.* Трансмиокардиальная лазерная реваскуляризация в сочетании с интрамиокардиальным введением аутологичных стволовых клеток костного мозга // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. 2017. № 18 (4). С. 368.
4. *Молочков А.В.* Реваскуляризация миокарда при диффузном поражении коронарных артерий / Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – М., 2003.
5. *Mirhoseini M., Cayton M.M.* Revascularization of the heart by the laser // J. Microsurg. 1981. Vol. 2. P. 253.
6. *Mirhoseini M., Shelgicar S., Cayton M.* Clinical and histological evaluation of laser myocardial revascularization // J. Clin. Laser Med. Surg. 1990. Vol. 6. P. 73.
7. *Szekely L., Kreiszi I., Salamon F., Koltai M.* Transmyocardial laser revascularization – evidence of enhanced angiogenesis by a new type of laser / The 9th World Congress of the International Society of Cardio-Thoracic Surgeons. Lisbon, Portugal. 1999, November. P. 14.

*Степан Николаевич Андреев,
д-р физ.-мат. наук, ученый секретарь,
Сергей Владимирович Белов,
д-р техн. наук, ст. научный сотрудник,*

*Юрий Константинович Данилейко,
д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лабораторией,
Борис Ильич Денкер,
д-р физ.-мат. наук, профессор,
зав. лабораторией, гл. научный сотрудник,
Алексей Борисович Егоров,
научный сотрудник,
Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН,
Игорь Викторович Жбанов,
д-р мед. наук, профессор, руководитель,
отделение хирургического лечения ишемической болезни сердца,
Российский научный центр хирургии
им. акад. Б.В. Петровского,
Анатолий Владимирович Молочков,
д-р мед. наук, руководитель,
Центр сердечно-сосудистых заболеваний,
Центральная клиническая больница
Управления делами Президента РФ,
Эльхан Гаджиханович Османов,
д-р мед. наук, профессор,
кафедра факультетской хирургии № 2,
ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»,
Виктор Афанасьевич Салюк,
д-р техн. наук, ст. научный сотрудник,
Институт общей физики
им. А.М. Прохорова РАН,
г. Москва,
e-mail: ser79841825@yandex.ru*

**Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов (МНТО ПМ) –
издатель журнала «ПРИБОРЫ»**

Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов издает отраслевой научно-технический и производственный журнал «ПРИБОРЫ», отражающий состояние современного российского рынка приборостроительной продукции, интересы предприятий и потребителей, результаты деятельности разработчиков новых изделий и систем автоматизации, аналитические обзоры состояния этой сферы науки, техники и производства. Журнал ориентирован на широкий круг специалистов промышленности, предпринимателей, работников фирм и вузов, заинтересованных в систематическом получении актуальной и достоверной информации о выпускаемых в России и странах СНГ приборах и средствах автоматизации, о новых изделиях, предлагаемых потребителям, а также о действующих нормативных документах и рекомендациях. Журнал публикует материалы о новых методах измерений, сбора и представления измерительной и контрольной информации, новых конструкторских и технологических решениях, новых технологиях и материалах, составляющих основу создания новой конкурентоспособной продукции, осуществляет систематические публикации материалов по созданию и эксплуатации систем автоматизации различного назначения для отраслей промышленности, науки, по информационным технологиям, программно-техническим комплексам. Публикуется информация о профиле и продукции отдельных приборостроительных предприятий, их новых разработках, производственных и технологических возможностях и интересах. Тесные связи нашего Общества и редакции с Международной конфедерацией по измерениям (ИМЕКО) позволяют постоянно знакомить наших читателей с материалами этой весьма авторитетной международной профессиональной организации.

Журнал зарегистрирован в ВАК РФ как научное издание.

Журнал выходит 12 раз в год и распространяется по подписке.

Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать» – 79727.

Индекс журнала в каталоге «Пресса России» – 38862.

В редакции можно оформить льготную подписку на 2018 год.

Стоимость годовой подписки (12 экз.) – 12000 руб.

Заявки принимаются по тел./факсу: (495) 695-10-71

или по e-mail: kavalerov@mail.ru.

Более подробная информация о журнале «Приборы» – на сайте: www.pribory-smi.ru.