

## Определение эффективного режима лазерного излучения для коагуляции стенки кисты Бейкера в эксперименте ex-vivo

© С.А. ЧЕРНЯДЬЕВ<sup>1</sup>, А.В. АРЕТИНСКИЙ<sup>2</sup>, Н.И. СИВКОВА<sup>3</sup>, А.В. ЖИЛЯКОВ<sup>4</sup>, Н.Ю. КОРОБОВА<sup>1</sup>, В.И. ГОРБАТОВ<sup>5</sup>, С.Ю. МЕДВЕДЕВА<sup>6</sup>, А.И. ЧЕРНООКОВ<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Уральский государственный медицинский университет, ул. Тимирязева, д. 50, Екатеринбург, 620028, Российская Федерация

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью “ПЭТ - Технолоджи”, ул. Соболева, д. 29, Екатеринбург, 620036, Российская Федерация

<sup>3</sup>Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ул. Мира, д. 19, Екатеринбург, 620002, Российская Федерация

<sup>4</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Новые технологии для амбулаторной медицины», ул. Бажова, д. 68, Екатеринбург, 620075, Российская Федерация

<sup>5</sup>Уральский государственный горный университет, ул. Куйбышева, д. 30, Екатеринбург, 620144, Российская Федерация

<sup>6</sup>Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, ул. Первомайская, д. 106, Екатеринбург, 620219, Российская Федерация

<sup>7</sup>Центр Флебологии, ул. 10-летия Октября, д. 109, Москва, 119333, Российская Федерация

**Актуальность.** Кисты Бейкера составляют наиболее многочисленную группу доброкачественных полостных новообразований подколенной области. Анатомическая особенность расположения, неясность этиологии и патогенеза приводят к отсутствию единой точки зрения на тактику лечения подколенных кист. В современных медицинских технологиях часто применяют метод локальной лазерной гипертермии, когда в основе хирургического лечения лежит денатурация коллагена, составляющего основу ткани или органа. Поскольку эта методика не имеет прямого термического контроля течения манипуляции, то возникает необходимость остро дозированной управляемой фотокоагуляции.

**Цель.** Определить оптимальные энергетические и временные параметры прямого контактного лазерного воздействия на стенку кисты Бейкера при моделировании ее фотокоагуляции ex-vivo.

**Материалы и методы.** В эксперименте использовался образец стенки кисты Бейкера, полученный в результате открытой экстирпации кисты. Материал был разделен на 5 примерно равных по размеру и массе фрагментов. Первый из них, без каких-либо физических воздействий, был сразу помещен в 10% раствор формалина. На все остальные части препарата проводилось лазерное облучение при поверхностном контакте световода с синовиальным слоем образцов. Воздействие на фрагмент проводилось в постоянном режиме светового потока с длиной волны 1,47 мкм.

**Результаты.** Исследовались макроскопические и микроскопические трансформации, возникающие в тканях стенки кисты Бейкера, при выходной мощности излучения 5 и 10 Вт. Было проведено две серии эксперимента продолжительностью 5 и 10 секунд. На поверхности синовиальной оболочки стенки кисты Бейкера эффект в виде точечной карбонизации наблюдался во всех образцах, подвергнутых лазерному воздействию. При микроскопическом исследовании препарата, не подвергнутого воздействию лазерного излучения, синовиальная оболочка была лишь разрыхлена. Во фрагменте, подвергнутому контактному воздействию лазерного излучения мощностью 10 Вт, продолжительностью 10 секунд, гистологически определяется фокус некроза синовиальной оболочки и поверхностных слоев коллагеновых структур без перифокальной клеточной реакции. Во всех остальных образцах после лазерной фотокоагуляции при гистологическом исследовании определяется очаговая деструкция синовиальной оболочки с выраженным интерстициальным отеком. В близко расположенных рыхлых коллагеновых слоях выявлялась очаговая фрагментация только поверхностных волокон.

**Заключение.** Воздействие высокоэнергетического лазерного излучения 1,47 мкм на стенку кисты Бейкера во всех сериях эксперимента не привело к ее тотальному коагуляционному некрозу даже в зоне непосредственного облучения. Учитывая длительность достаточной для деструкции стенки кисты энергетической экспозиции облучения, а также малую площадь воздействия лазерного облучения торцовым световодом, очевидно, что потребуется значительное количество времени для полной коагуляции образования.

**Ключевые слова:** лазерная коагуляция, хирургические режимы излучения, киста Бейкера, моделирование процесса

## Determination of the Effective Mode of Laser Radiation for Coagulation of the Wall of the Baker Cyst in the Ex-vivo Experiment

© S.A. CHERNYADYEV<sup>1</sup>, A.V. ARETINSKY<sup>2</sup>, N.I. SIVKOVA<sup>3</sup>, A.V. ZHILYAKOV<sup>4</sup>, N.YU. KOROBOVA<sup>1</sup>, V.I. GORBATOV<sup>5</sup>, S.YU. MEDVEDEVA<sup>6</sup>, A.I. CHERNOOKOV<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Ural State Medical University, 50 Timiryazev str., Ekaterinburg, 620028, Russian Federation

<sup>2</sup>The federal network of Nuclear Medicine centers - PET – Technology, 29 Soboleva str., Ekaterinburg, 620036, Russian Federation

<sup>3</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 19 Mira str., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation

<sup>4</sup>General Director of the Limited Liability Company "New Technologies for Outpatient Medicine", 68 Bazhov str., Yekaterinburg, 620075, Russian Federation

<sup>5</sup>Ural State Mining University, 30 Kuibyshev str., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation

<sup>6</sup>Institute of Immunology and Physiology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 106 Pervomayskaya str., Yekaterinburg, 620219, Russian Federation

<sup>7</sup>Center of Phlebology, 109 10-years of October str., Moscow, 119333, Russian Federation

**Relevance.** The Baker's cyst is the most numerous group of benign neoplasms of the popliteal region. The anatomical feature of the location, the vagueness of the etiology and pathogenesis leads to the lack of a single point of view on the tactics of treating popliteal cysts. In modern medical technologies, the method of local laser hyperthermia is often used, when the denaturing of collagen forming the basis of a tissue or an organ is based on surgical treatment. Since this technique does not have direct thermal control over the course of manipulation, it becomes necessary to strictly dosage controlled photocoagulation.

**Objectives of the study.** To determine the optimal energy and time parameters of direct contact laser action on the wall of the Baker cyst in the simulation of its ex-vivo photocoagulation.

**Materials and methods of research.** In the experiment we used a wall sample of Baker's cyst, obtained as a result of open extirpation of the cyst. The material was divided into 5 roughly equal in size and mass fragments. The first of them, without any physical effects, was immediately placed in a 10% formalin solution. For all other parts of the preparation, laser irradiation was carried out in a stationary manner with a surface contact of the optical fiber with the synovial layer of the samples. The effect on the fragment was carried out in a constant mode of the light flux with a wavelength of 1.47  $\mu\text{m}$ .

**Results.** The macroscopic and microscopic transformations that occur in the tissues of the wall of the Baker cyst were studied, with an output power of 5 and 10 W. Two series of experiments were conducted lasting 5 and 10 seconds. On the surface of the synovial membrane of the wall of Baker's cyst, the effect in the form of point carbonation was observed in all samples subjected to laser treatment. When a microscopic study of a drug not exposed to laser radiation, the synovial membrane was only loosened. In the fragment subjected to the contact action of 10 W laser radiation for 10 seconds, the focus of necrosis of the synovium and surface layers of collagen structures without a perifocal cell reaction is histologically determined. In all other samples, after laser photocoagulation, a focal destruction of the synovial membrane with a pronounced interstitial edema was determined in the histological study. Focal fragmentation of the surface fibers was detected near the loose collagen layers.

**Conclusions.** The effect of high-energy laser radiation of 1.47  $\mu\text{m}$  on the wall of the Baker cyst in all series of experiments did not lead to its total coagulation necrosis even in the direct irradiation zone. Considering the duration of the cyst of the energy exposure of the irradiation sufficient for the destruction of the wall, and also the small area of exposure of the laser irradiation to the face lightguide, it is evident that a considerable amount of time will be required for complete coagulation of the formation.

**Key words:** laser coagulation, surgical radiation regimes, Baker's cyst, process modeling

Кисты Бейкера составляют наиболее многочисленную группу доброкачественных полостных новообразований подколенной области. Киста Бейкера или подколенная киста является растяжением суставной сумки, чаще всего - gastrocnemio-semimembranosus. Частота кист Бейкера, выявляемых при обращении к врачу по поводу болей в области коленных суставов, значительно колеблется и варьирует от 3,4% до 32% [1, 2, 3],

Анатомическая особенность расположения, неясность этиологии и патогенеза приводит к отсутствию единой точки зрения на тактику лечения подколенных кист. На сегодняшний день общепризнанными показаниями к оперативному вмешательству считаются отсутствие эффекта от консервативного лечения, выра-

женный болевой синдром и ограничение подвижности сустава.

При выявлении кисты Бейкера методом ультразвукового сканирования нижних конечностей впервые в клинике ЗАО «Центр Флебологии» был предложен метод лазерной облитерации новообразования. Результаты подобного лечения обобщены в диссертационной работе [4].

В современных медицинских технологиях часто применяют метод локальной лазерной гипертермии, когда в основе хирургического лечения лежит денатурация коллагена, составляющего основу ткани или органа. При осуществлении локальной фотокоагуляции соединительных тканей условия воздействия (такие, как время и температура нагрева) часто оказываются неоптимальными, а результаты - плохо предска-



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки с жестко фиксированным перпендикулярно лазерным световодом. / Fig. 1. General view of the experimental setup with a fixed fixed perpendicular to the laser lightguide.

мыми, поскольку хирурги не обращают внимание на специфическую архитектуру конкретных тканей. [5].

Высокоэнергетическое лазерное излучение с длиной волны 1,47 мкм из-за тепловых эффектов вызывает vaporization остатков внутрикостозной жидкости и гидратированной синовиальной оболочки. Данный эффект, под контролем ультразвуковой визуализации, выглядит как образование линейного участка гиперэхогенной тени, что и считается достижением необходимого клинического результата. Поскольку методика не имеет прямого термического контроля во время выполнения манипуляции, то в связи с этим возникла необходимость уточнения степени локальной фотокоагуляции ткани стенки кисты Бейкера, в зависимости от временных и энергетических параметров облучения.

Цели исследования. Определить оптимальные энергетические и временные параметры прямого контактного лазерного воздействия на стенку кисты Бейкера при моделировании ее фотокоагуляции ex-vivo.

### Материалы и методы

Экспериментальная часть работы выполнена на базе ЗАО «Центр Флебологии» ОСП г. Екатеринбург, гистологическое исследование на базе лаборатории



Рис. 2. Общий вид макропрепарата фрагмента стенки кисты Бейкера. В центре виден участок поверхностной карбонизации после контактного лазерного облучения. / Fig. 2. General view of the macro preparation of the wall fragment of the Baker cyst. In the center, there is a surface carbonization site after contact laser irradiation.

морфологии и биохимии Института иммунологии и физиологии УрО РАН. Образец для гистологического изучения был изъят в результате открытой экстирпации кисты. Предварительно было оформлено информированное согласие пациента на участие в эксперименте. Общая масса удаленной кисты составила 8 грамм. Материал был разделен на 5 примерно равных по размеру и массе фрагментов. Их средняя толщина была примерно 1,5 мм.

Первый из них, без каких-либо физических воздействий, был сразу помещен в 10% раствор формалина. Все остальные части препарата кисты Бейкера были поочередно размещены на экспериментальной установке (рис. 1).

Эта установка состояла из диодного лазерного аппарата Multidiode ENDO™ laser 1470 (InterMedic, Испания), генерирующего лазерное излучение с длиной волны 1470 нм, штатива для фиксации световода, позволяющего перпендикулярно позиционировать торцевую часть световода на заданном расстоянии от фрагмента стенки кисты (рис. 1). Во всех случаях перед выполнением опытов производился замер мощности лазерного излучения на торце световода.

Лазерное облучение проводилось стационарно при поверхностном контакте световода с синовиальным слоем образцов. Излучение доставлялось через

Таблица 1 / Table 1

*Временные и энергетические параметры воздействия на фрагменты стенки кисты Бейкера /  
Temporary and energy parameters of impact fragments of the walls of Baker's cyst*

Номер образца/ Sample number	Время воздействия (сек)/ Exposure time (sec)	Мощность излучения (Вт)/ Radiation power (W)	Энергия (Дж)/ Energy (J)	Плотность потока энергии (Вт/см²)/ The energy flux density (W/cm²)	Энергетическая экспозиция (доза) энергии (Дж/см²)/ Energy exposure (dose) energy (j/cm²)
1	0	0	0	0	0
2	10	5	50	500	5000
3	10	10	100	1000	10000
4	5	10	50	1000	5000
5	5	5	25	500	2500

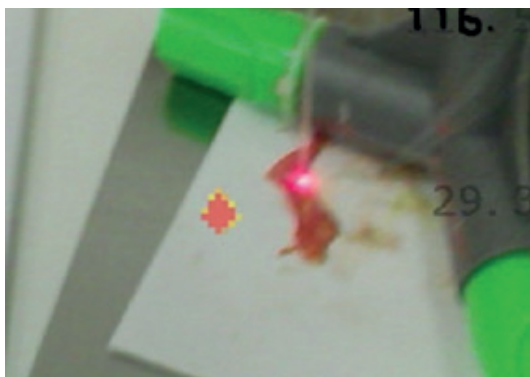


Рис. 3. Резкий рост температуры, зафиксированный переносным тепловизором, при плотном соприкосновении торца световода с образцом. / Fig. 3. Sharp increase in temperature, fixed by a portable thermal imager, with a tight contact of the end of the optical fiber with the sample.

гибкое, покрытое полиэтиленовой оболочкой кварцевое моноволокно диаметром 600 мкм, срезанное под углом 90°. Таким образом, световое пятно лазера представляло собой правильную окружность площадью 0,01 см<sup>2</sup>, с равномерным распределением световой энергии по площади. Во время работы лазерной установки для защиты исследователей и ассистента использовались специальные защитные очки.

Контактное воздействие на фрагмент проводилось в постоянном режиме светового потока. Исследовались макроскопические и микроскопические трансформации, возникающие в тканях стенки кисты Бейкера, при выходной мощности излучения 5 и 10 Вт. Было проведено две серии эксперимента продолжительностью 5 и 10 секунд. Мощность излучения устанавливалось регулятором на панели хирургической лазерной установки. Экспозиция облучения контролировалась ассистентом с помощью секундомера. Термические изменения возникающие в процессе опыта регистрировались с расстояния 45 см. Для этой цели использовался переносной тепловизор CONDROL

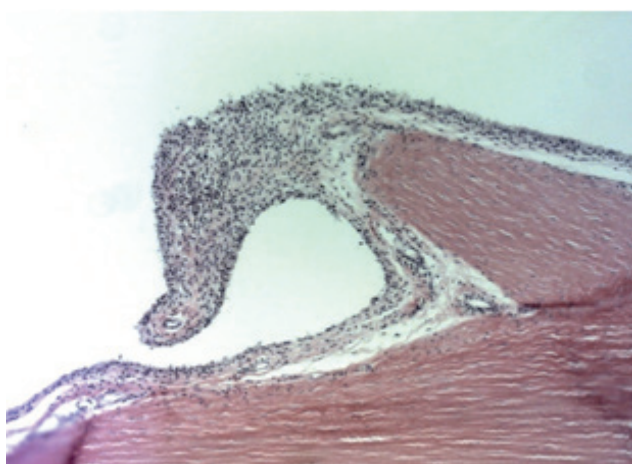


Рис. 4. Резкий рост температуры, зафиксированный переносным тепловизором, при плотном соприкосновении торца световода с образцом Увеличениех 100. / Fig. 4. Sharp increase in temperature, fixed by a portable thermal imager, with a tight contact of the end of the optical fiber with the sample. Magnification x 100.

IR-CAM (Россия) с диапазоном температурных измерений от -30° до +350°С, погрешностью ±4°С и температурным отклонением в 0,10°С.

По окончании лазерного воздействия гибкий световод отодвигался от образца и производилась макроскопическая оценка появившихся изменения ткани (рис. 2). Визуальные повреждения стенки кисты фиксировались цифровым фотоаппаратом Canon IXUS 180 (20 мегапиксель). Затем фрагмент незамедлительно помещали в предварительно маркированный флакон с 10% раствором формалина. Всего в исследовании чувствовало 5 образцов. Параметры воздействия на образцы приведены в табл. 1. Из каждого биоптата изготавливали по 3–4 микроскопических среза толщиной 5–7 мкм, окрашивали гематоксилином и эозином [6]. Для гистологической идентификации соединительной ткани использовали окраску препаратов по Ван-Гизону [7]. После окрашивания микропрепараты исследовались под световым микроскопом LeicaDM 2500 с возможностью вывода изображения на монитор компьютера.

### Результаты и их обсуждение

На поверхности синовиальной оболочки стенки кисты Бейкера исход в виде точечной карбонизации наблюдался во всех образцах, подвергнутых лазерному воздействию (рис. 2). Эти изменения в зоне облучения, возникают, когда контакт с материалом практически полностью исключает отражение излучения в окружающее пространство и температура ткани резко возрастает (рис. 3). Температура при этом достигает значительных величин, что и приводит к обугливанию синовиального слоя.

При микроскопическом исследовании препарата, не подвергнутого воздействию лазерного излучения, была выявлена следующая гистологическая картина: синовиальная оболочка разрыхлена с грануляционны-

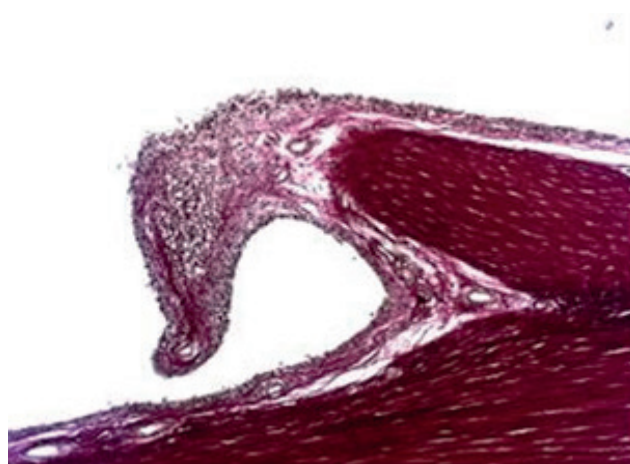


Рис. 5. Стенки кисты Бейкера без воздействия. Отмечается сохранная синовиальная оболочка, грануляционный полип. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличениех 100. / Fig. 5. Walls of Baker's cyst without exposure. Preserved synovial membrane, granulation polyp. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification x 100.

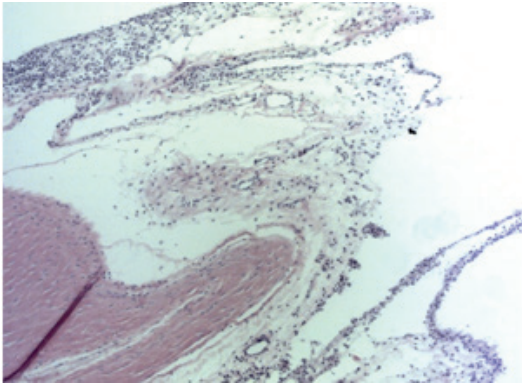


Рис. 6. Стенка кисты после лазерного воздействия. Деструкция синовиальной оболочки и выраженный отек. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение x 100. / Fig. 6. Cyst wall after laser exposure. Destruction of the synovium and marked swelling. Stained with hematoxylin and eosin. Magnification x 100.

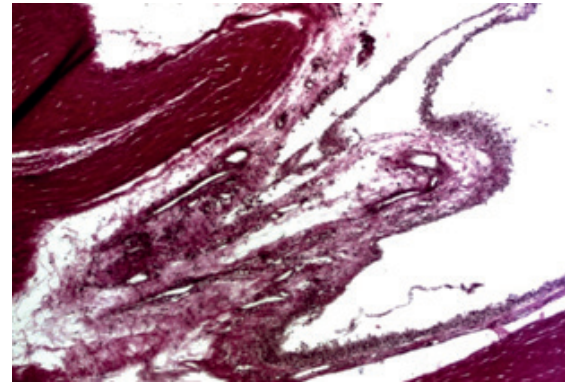


Рис. 7. Стенка кисты после лазерного воздействия. Очаговая фрагментация поверхностных коллагеновых волокон. Окраска по Ван-Гизону. Увеличение x 100. / Fig. 7. Cyst wall after laser exposure. Focal fragmentation of superficial collagen fibers. Painting by Van Gieson. Magnification x 100.

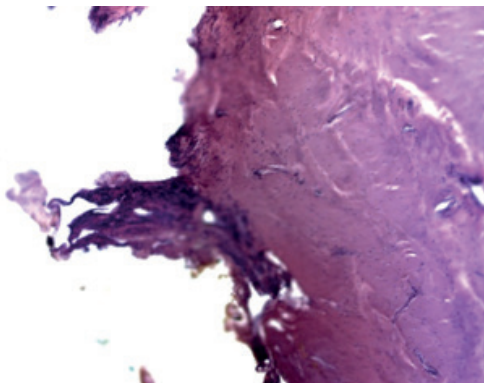


Рис. 8. Стенка кисты лазерного воздействия. Некроз синовиальной оболочки и поверхностных коллагеновых структур в зоне лазерного воздействия. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение x 100. / Fig. 8. Wall cyst of laser exposure. Necrosis of the synovial membrane and superficial collagen structures in the laser exposure zone. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification x 100.

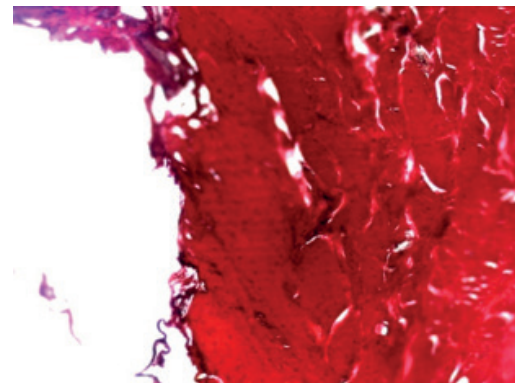


Рис. 9. Стенка кисты лазерного воздействия. Мукоидное набухание и фрагментация поверхностных коллагеновых структур. Окраска по Ван-Гизону. Увеличение x 100. / Fig. 9. Wall cyst of laser exposure. Mucoid swelling and fragmentation of superficial collagen structures. Painting by Van Gieson. Magnification x 100.

ми полипами, выступающими в полость. Характер инфильтрата лимфоплазмочитарный с небольшим количеством гранулоцитов. В стенке кисты в эндотении между коллагеновыми волокнами определяется фокусы лимфоидной инфильтрации. Умеренный интерстициальный отек подлежащих коллагеновых структур. Обнаружен грануляционный полип (рис. 4, 5).

Во фрагменте, подвергнутому контактному воздействию лазерного излучения (образец №3) мощностью 10 Вт, продолжительностью 10 секунд, гистологически определялся фокус некроза синовиальной оболочки и поверхностных слоев коллагеновых структур без перифокальной клеточной реакции, обнаруживалось мукоидное набухание и деструкция поверхностных коллагеновых волокнистых структур (рис. 6, 7). Таким образом, морфологически определен порог минимальной дозы для изолированного повреждения синовиального слоя кисты Бейкера (табл. 1).

Во всех остальных образцах (№ 2, 4, 5) после лазерной фотокоагуляции при гистологическом исследовании определялась очаговая деструкция синовиальной оболочки с выраженным интерстициальным

отеком и признаками десквамации синовиальной оболочки в полость кисты. В подлежащих рыхлых коллагеновых слоях выявлялась очаговая фрагментация только поверхностных волокон (рис. 8, 9).

Целью эндокистозного применения лазерного излучения является фотокоагуляция тканей кисты Бейкера с последующей ее облитерацией, устранением специфической симптоматики [8] и профилактикой разрыва [9]. Необходимость в подобном вмешательстве очевидна, поскольку в ряде трудов сообщалось о том, что подколенная киста приводит к неблагоприятным исходам эндопротезирования коленного сустава [10, 11] и отягощает течение гонартроза [12].

До сих пор обсуждается несколько возможных теорий о механизмах воздействия лазерной энергии на стенку кисты: за счет вскипания остатков серозного содержимого, непосредственный контакт со световодом или прямое поглощение лазерной энергии. Учитывая, что серозная жидкость в большом количестве содержит воду, также как и стенка кисты, а кровообращение в последней незначительно, поэтому для фотокоагуляции подколенного образования оптимальным

излучением являются лазеры с длинами волн 1,47 - 1,56 мкм. Этот выбор очевиден, поскольку данное лазерное излучение обладает низкой проникающей способностью, а поглощение в воде для него является преобладающим (W-лазеры) [13].

В начале эксперимента предполагалось, что лазерная энергия при прямом контакте с кончиком световода будет поглощена непосредственно стенкой кисты и для этого не требуется вскипания внутрикостозной жидкости. Это обеспечило бы воздействие на все слои стенки кисты и термическое повреждение всей ее толщи в зоне облучения. Тем более, что именно такое использование лазерной энергии позволяет проводить ЭВЛО с возможностью надежно облитерировать вены большого диаметра (более 1 см) [14, 15]. Но, полученные нами результаты экспериментальной работы не позволяют провести корреляцию между макроскопическими изменениями фрагмента стенки кисты (карбонизация зоны воздействия, изменение цвета окружающих тканей) с данными гистологических исследований. Наличие точечной зоны карбонизации на всех образцах не может свидетельствовать о более глубоком коагуляционном некрозе всех слоев стенки кисты Бейкера с разрушением коллаген-эластинового каркаса в результате прямого лазерного воздействия. Все изменения ограничивались пределами длины поглощения лазерного излучения и ширины светового пятна, в случае нашего опыта - не более 600 мкм, что подтверждается другими исследователями [16, 17]. Вероятно, это связано с тем, полученной энергии не хватает для более глубокого нагрева коллагена, составляющего стенки кисты, выше 70°C. Второй причиной может быть обугливание световода и синовиального слоя кисты, является мощным хромофором, активно поглощающим лазерную энергию, что препятствует ее проникновению в более глубокие слои стенки.

### Список литературы

- Liao ST, Chiou CS, Chang CC. Pathology associated to the Baker's cysts: a musculoskeletal ultrasound study. *Clinical rheumatology*. 2010; 29: 9: 1043-1047.
- Herman AM, Marzo JM. Popliteal cysts: a current review. *Orthopedics*. 2014; 37: 8: e678-e684.
- Морозов С.П., Терновой С.К., Городниченко А.И., Арцыбашева М.В., Филистеев П.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике повреждений и заболеваний коленного сустава. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2014; 2: 58-62.
- Коробова Н.Ю. *Лазерная облитерация кист Бейкера*. Дис. канд. мед. наук. Екатеринбург. 2015;138.
- Игнатьева Н. Ю. *Термическая стабильность коллагена в соединительных тканях*. Диссертация доктора химических наук. Москва. 2011; 301.
- Автандилов Г.Г. *Медицинская морфометрия: Рук-во для врачей*. М. 1990; 384.
- Ромейс Б. *Микроскопическая техника. Пер. с нем.* М. 1953; 720.
- Smith MK, Lesniak B, Baraga MG, Kaplan L, Jose J. Treatment of popliteal (Baker) cysts with ultrasound-guided aspiration, fenestration, and injection: long-term follow-up. *Sports health*. 2015; 7: 5: 409-414.
- Kim JS, Lim SH, Hong BY, Park SY. Ruptured popliteal cyst diagnosed by ultrasound before evaluation for deep vein thrombosis. *Annals of rehabilitation medicine*. 2014; 38: 6: 843-846.
- Dirschl DR, Lachiewicz PF. Dissecting popliteal cyst as the presenting symptom of a malfunctioning total knee arthroplasty: Report of four cases. *The Journal of arthroplasty*. 1992; 7: 1: 37-41.
- Hommel H, Perka C, Kopf S. The fate of Baker's cyst after total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016; 98: 9: 1185- 1188.

### Выводы

1. Воздействие высокоэнергетического лазерного излучения 1,47 мкм на стенку кисты Бейкера во всех сериях эксперимента не привело к ее тотальному коагуляционному некрозу даже в зоне непосредственного облучения.

2. Контактное воздействие высокоэнергетического лазерного излучения 1,47 мкм при мощности 10 Вт в течение 10 секунд приводит к некрозу только синовиального слоя. Также при этом наблюдается только частичная фрагментация подлежащих коллагеновых волокон в независимости от величины выходной мощности излучения и его экспозиции.

3. Учитывая необходимую для деструкции стенки кисты энергетическую экспозицию облучения, а также крайне малую площадь воздействия лазерного излучения с торца световода диаметром 600 мкм, очевидно, что потребуется значительное количество времени для полной коагуляции образования.

### Дополнительная информация

#### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### Информация о финансировании

Результаты являются частью НИОКР профинансированной из средств гранта по программе «Старт-1», выданного Федеральным государственным бюджетным учреждением «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям).

#### Информация о вкладе каждого автора

Чернядьев С.А., Аретинский А.В. — концепция и дизайн исследования; Жилияков А.В., Коробова Н.Ю. — сбор и обработка материалов; Сивкова Н.И. — анализ полученных данных, написание текста, Медведева С.Ю., Чернооков А.И. — гистоморфологический анализ, Горбатов В.И. — термодинамическое моделирование процессов коагуляции, консультирование.

### References

- Liao ST, Chiou CS, Chang CC. Pathology associated to the Baker's cysts: a musculoskeletal ultrasound study. *Clinical rheumatology*. 2010; 29: 9: 1043-1047.
- Herman AM, Marzo JM. Popliteal cysts: a current review. *Orthopedics*. 2014; 37: 8: e678-e684.
- Morozov SP, Ternovoi SK, Gorodnichenko AI, Artsybasheva MV, Filisteev PA. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of injuries and diseases of the knee joint. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskii vestnik*. 2014; 2: 58-62.(in Russ.)
- Korobova N.Iu. *Lazernaia obliteratsiia kist Beikera*. Dis. kand. med. nauk. Ekaterinburg. 2015;138.(in Russ.)
- Ignat'eva NY. *Termicheskaia stabil'nost' kollagena v soedinitel'nykh tkaniakh*. Dissertatsiia doktora khimicheskikh nauk/ Mosk. 2011; 301.(in Russ.)
- Avtandilov GG. *Meditsinskaia morfometriia: Ruk-vo dlia vrachei*. M. 1990; 384. (in Russ.)
- Romeis B. *Mikroskopieskaia tekhnika. Per. s nem.* M. 1953; 720. (in Russ.)
- Smith MK, Lesniak B, Baraga MG, Kaplan L, Jose J. Treatment of popliteal (Baker) cysts with ultrasound-guided aspiration, fenestration, and injection: long-term follow-up. *Sports health*. 2015; 7: 5: 409-414.
- Kim JS, Lim SH, Hong BY, Park SY. Ruptured popliteal cyst diagnosed by ultrasound before evaluation for deep vein thrombosis. *Annals of rehabilitation medicine*. 2014; 38: 6: 843-846.
- Dirschl DR, Lachiewicz PF. Dissecting popliteal cyst as the presenting symptom of a malfunctioning total knee arthroplasty: Report of four cases. *The Journal of arthroplasty*. 1992; 7: 1: 37-41.

12. Bevers K, Vriezolk JE, Bijlsma JW, van den Ende CH, den Broeder AA. Ultrasonographic predictors for clinical and radiological progression in knee osteoarthritis after 2 years of follow-up. *Rheumatology*. 2015; 54: 11: 2000-2003.
13. Шахно Е. А. *Физические основы применения лазеров в медицине. Учебное пособие*. С-Пб. 2012; 266.
14. Соколов А.Л., Лядов К.В., Луценко М.М. *Лазерная облитерация вен для практических врачей*. М.: Медпрактика-М. 2011; 136.
15. Шевченко Ю.Л., Стойко Ю.М., Мазайшвили К.В. *Лазерная хирургия варикозной болезни*. М.: Боргес. 2010; 195.
16. Мазайшвили К.В., Стойко Ю.М., Хлевцова Т.В., Кутидзе И.А., Моренко Д.Н. Перфорации венозной стенки как ведущая причина болевого синдрома после эндовенозной лазерной облитерации. *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2011; 17: 3: 79-83.
17. Reszko AE, Magro CM, Diktaban T, Sadick NS. Histological comparison of 1064 nm Nd: YAG and 1320 nm Nd: YAG laser lipolysis using an ex vivo model. *Journal of drugs in dermatology: JDD*. 2009; 8: 4: 377-382.
11. Hommel H, Perka C, Kopf S. The fate of Baker's cyst after total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016; 98: 9: 1185- 1188.
12. Bevers K, Vriezolk JE, Bijlsma JW, van den Ende CH, den Broeder AA. Ultrasonographic predictors for clinical and radiological progression in knee osteoarthritis after 2 years of follow-up. *Rheumatology*. 2015; 54: 11: 2000-2003.
13. Shakhno EA. *Fizicheskie osnovy primeneniia lazerov v meditsine*. S-Pb. 2012; 266. (in Russ.)
14. Sokolov AL, Liadov KV, Lutsenko MM. *Lazernaia obliteratedsiia ven dlia prakticheskikh vrachei*. M.: Medpraktika-M. 2011; 136. (in Russ.)
15. Shevchenko IuL, Stoiko IuM, Mazaishvili KV. *Lazernaia khirurgiia varikoznoi bolezni*. M.: Borges. 2010; 195. (in Russ.)
16. Mazaishvili KV, Stoiko IuM, Khlevtova TV, Kutidze IA, Morenko DN. Perforation of the venous wall as a leading cause of pain after endovenous laser obliteration. *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. 2011; 17: 3: 79-83. (in Russ.)
17. Reszko AE, Magro CM, Diktaban T, Sadick NS. Histological comparison of 1064 nm Nd: YAG and 1320 nm Nd: YAG laser lipolysis using an ex vivo model. *Journal of drugs in dermatology: JDD*. 2009; 8: 4: 377-382.

### Информация об авторах

1. Чернядьев Сергей Александрович - д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургических болезней Уральского государственного медицинского университета; e-mail: chsa-surg@mail.ru
2. Аретинский Александр Витальевич - врач радиолог - рентгенолог, общество с ограниченной ответственностью "ПЭТ - Технологии", e-mail: a.aretinskiy@pet-net.ru
3. Сивкова Надежда Ивановна - к.соц.н., доцент Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: Letica@mail.ru
4. Жилияков Андрей Викторович - к.м.н., генеральный директор ООО «Новые технологии для амбулаторной медицины», e-mail: doctor-zhilyakov@rambler.ru
5. Коробова Наталья Юрьевна - ассистент кафедры Уральского государственного медицинского университета, e-mail: olvin.phlebolog@mail.ru
6. Горбатов Владимир Иванович - к.физ.-мат.н, доцент Уральского государственного горного университета, e-mail: gorbatov@ursmu.ru
7. Медведева Светлана Юрьевна - к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии и биохимии Института иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, e-mail: medvedeva-ran@yandex.ru
8. Чернооков Александр Иванович - д.м.н., профессор, ЗАО «Центр Флебологии», e-mail: chsa-surg@mail.ru

### Information about the Authors

1. Sergey Alexandrovich Chernyadyev - M.D., Professor of the Ural state medical University; e-mail: chsa-surg@mail.ru
2. Alexander Vitalievich Aretinsky - doctor of the radiologist / radiographer, limited liability company "PET - technology", e-mail: a.aretinskiy@pet-net.ru
3. Nadezhda Ivanovna Sivkova - candidate of sociological sciences, associate Professor, Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin, e-mail: Letica@mail.ru
4. Andrey Viktorovich Zhilyakov - Ph.D., limited liability company "New technologies for outpatient medicine", e-mail: doctor-zhilyakov@rambler.ru
5. Natalya Yurievna Korobova - assistant Professor, Ural state medical University, e-mail: olvin.phlebolog@mail.ru
6. Vladimir Ivanovich Gorbatov - candidate of physical and mathematical sciences, associate Professor of Ural state mining University, e-mail: gorbatov@ursmu.ru
7. Svetlana Yurievna Medvedeva - Ph.D., leading researcher of the laboratory of morphology and biochemistry of the Institute of immunology and physiology Ural branch of the Russian Academy of Sciences, e-mail: medvedeva-ran@yandex.ru
8. Alexander Ivanovich Chernookov - M.D., Professor, JSC "Center of Phlebology", e-mail: chsa-surg@mail.ru

### Цитировать:

Чернядьев С.А., Аретинский А.В., Сивкова Н.И., Жилияков А.В., Коробова Н.Ю., Горбатов В.И., Медведева С.Ю., Чернооков А.И. Определение эффективного режима лазерного излучения для коагуляции стенки кисты Бейкера в эксперименте ex-vivo. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2018; 11: 2: 119-125. DOI: 10.18499/2070-478X-2018-11-2-119-125.

### To cite this article:

Chernyadyev S.A., Aretinsky A.V., Sivkova N.I., Zhilyakov A.V., Korobova N.Yu., Gorbatov V.I., Medvedeva S.Yu., Chernookov A.I. Determination of the Effective Mode of Laser Radiation for Coagulation of the Wall of the Baker Cyst in the Ex-vivo Experiment. *Journal of experimental and clinical surgery* 2018; 11: 2: 119-125. DOI: 10.18499/2070-478X-2018-11-2-119-125.