

НЕХИРУРГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ МУКОЗИТА И ПЕРИИМПЛАНТИТА

И.Н. Разина, Л.М. Ломиашвили, В.Б. Недосеко

ФБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск, Россия

Резюме

В статье представлен обзор литературных источников, электронных баз данных, посвященный консервативным методам лечения мукозита и периимплантита. Проведен анализ результатов использования диодных лазеров, генерирующих излучение в инфракрасной области электромагнитного спектра. Обозначены перспективы дальнейшего развития, проблемные моменты использования данного типа лазера в имплантологической практике. Освещены вопросы бактерицидного влияния лазера на микроорганизмы периимплантатных тканей, термического эффекта лазера, возможности повреждения поверхности имплантата лазерным излучением, биостимулирующее и противовоспалительное действие лазера, а также его использование в качестве вспомогательного инструмента для улучшения очистки поверхности имплантата, ускорения остеоинтеграции, контроля апи-кальной миграции и формирования стабильного прикрепления.

Ключевые слова: имплантация, мукозит, периимплантит, лазерное излучение, инфракрасный лазер.

Для цитирования: Разина И.Н., Ломиашвили Л.М., Недосеко В.Б. Нехирургические методы лечения осложнений дентальной имплантации. Перспективы применения инфракрасного лазерного излучения при лечении мукозита и периимплантита // Лазерная медицина. – 2020. – Т. 24. – Вып. 1. – С. 49–56.

Контакты: Разина И.Н.; e-mail: ira241969@mail.ru

NON-SURGICAL TREATMENTS OF COMPLICATIONS AFTER DENTAL IMPLANTATION. PERSPECTIVES FOR INFRARED LASER LIGHT IN THE TREATMENT OF MUCOSITIS AND PERI-IMPLANTITIS

Razina I.N., Lomiashvili L.M., Nedoseko V.B.

Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Abstract

The present article is a review of literature sources and electronic databases on the conservative treatment of mucositis and peri-implantitis. The authors analyze potentials of diode lasers, generating light in the infrared region of electromagnetic spectrum. They discuss further development of this direction and issues for the application of this type of lasers in implantology. They also discuss several parameters for the discussed laser light in dental implantology, like: antimicrobial effect, thermal effect, possible damage to implant surface, biostimulating and anti-inflammatory effect, better implant surface cleaning, accelerated osseointegration, control for apical migration and formation of stable denture attachment.

Keywords: implantation, mucositis, peri-implantitis, laser radiation, infrared laser

For citations: Razina I.N., Lomiashvili L.M., Nedoseko V.B. Non-surgical treatments of complications after dental implantation. Perspectives for infrared laser light in the treatment of mucositis and peri-implantitis. *Lazernaya Medicina*. 2020; 24 (1): 49–56. [In Russ.].

Contacts: Razina I.N.; e-mail: ira241969@mail.ru

Введение

Дентальная имплантация открыла новые возможности в реабилитации пациентов с частичным и полным отсутствием зубов, значительно улучшая качество их жизни. Данный подход в последние десятилетия стал стандартным и широко используемым в стоматологии. Однако, как и любое медицинское вмешательство, имплантация сопряжена с определенными рисками. Ежегодно увеличивается количество операций по установке имплантатов, при этом проблема диагностики и лечения осложнений дентальной имплантации становится все более актуальной [1, 2].

Согласно новой классификации состояний и заболеваний тканей пародонта, а также тканей, окружающих имплантат, предложенной Американской академией пародонтологии и Европейской федерацией пародонтологии (2017 г.), к осложнениям дентальной имплантации относят мукозит, периимплантит и дефицит твердой и мягкой ткани в области имплантата. Наибольший

интерес представляют методы диагностики и лечения таких воспалительных осложнений, как мукозит и периимплантит, которые могут привести к потере имплантата и несостоятельности ортопедических конструкций [1]. Мукозит – обратимое воспаление мягких тканей, окружающих функционирующий имплантат. Периимплантит – воспалительный процесс, возникающий вокруг интегрированного в кости имплантата, сопровождающийся потерей костной ткани [2]. Сведения о распространенности данной патологии значительно варьируют. Согласно последним данным системных метаанализов, периимплантит выявляется у 18,5% пациентов и встречается в 12,8% случаев установленных имплантатов [3].

Лечение мукозита и периимплантита преследует цель остановить прогрессирование болезни, потерю опорной кости, в результате чего периимплантатные мягкие и твердые ткани могут быть сохранены и восстановлены. Существуют различные методы лечения

воспалительных осложнений дентальной имплантации [1, 4, 5], однако стандартного подхода до сих пор не предложено. При этом элиминацию микроорганизмов и их токсинов считают основной задачей лечения [6, 7].

Клинические протоколы лечения периимплантита включают нехирургические консервативные и хирургические варианты лечения [8]. Имеющиеся в настоящее время данные не дают каких-либо конкретных рекомендаций по применению хирургической терапии периимплантита [9]. Предполагается, что консервативное лечение периимплантита возможно, если глубина зондирования периимплантатной борозды не превышает 5 мм, в противном случае показано хирургическое лечение [5]. Однако некоторые пациенты избегают хирургических манипуляций, предпочитая консервативные методы как более комфортные и менее травматичные. Нехирургическая обработка может быть предпочтительна при мукозите, при выявлении медицинских противопоказаний или отказе дать согласие на другие, более инвазивные методы лечения. Кроме того, проведенный анализ подтвердил, что можно добиться хороших клинических и рентгенологических результатов, используя как хирургический, так и нехирургический подход [10]. В то же время некоторые клинические исследования выявили, что нехирургического подхода недостаточно [11, 12]. Таким образом, выбор тактики лечения является довольно сложной задачей для практического врача.

Способы очистки поверхности имплантата

Учитывая, что первоочередной задачей лечения периимплантатных осложнений является полная очистка поверхности имплантата от зубных отложений и микробной биопленки, важной проблемой является выбор способа очистки поверхности и подбор инструментов. Предложено очищать имплантат более мягкими инструментами для сохранения титановой поверхности, в частности, ультразвуковыми насадками с одноразовым пластиковым кончиком, полировать поверхность резиновой чашкой и пастой, нитью, межзубными щетками, пластиковыми, углеродными или титановыми инструментами с небольшой рабочей поверхностью, позволяющими удалить налет преимущественно горизонтальными движениями в области витков имплантата [13]. Показано, что такие инструменты не приводят к образованию царапин, шероховатости поверхности имплантата в отличие от металлических и ультразвуковых скейлеров [14]. Однако исследование, проведенное Каррингом и соавт. [15], продемонстрировало, что одной только обработки с использованием ультразвукового устройства, кюреток недостаточно для обеззараживания поверхностей имплантатов с карманами ≥ 5 мм. Полное удаление микроорганизмов с использованием предложенных методов труднодостижимо, при этом источником реколонизации может быть не только микробная биопленка на поверхности имплантата, но и внутриклеточные микроорганизмы, сохранившиеся в тканях десны [16]. Для решения данной проблемы предложено использовать антибиотики [17–19]. Однако увеличение числа случаев микробной резистентности, аллергии

к антибиотикам свидетельствует о необходимости поиска других вариантов терапии. Предлагаются разные подходы: попытка изменить иммунную/воспалительную реакцию хозяина на микробную инвазию, более эффективное удаление микробных биопленок, улучшение качества очистки имплантата [5]. В качестве дополнения к механической обработке имплантата, ручному и ультразвуковому снятию зубных отложений было предложено использовать различные антисептики, в том числе хлоргексидин [20], воздушно-абразивную обработку [11, 12], при этом предпочтительнее использовать порошок глицина, который обладает меньшим размером частиц, чем бикарбонат натрия [13]. Актуальны и альтернативные варианты деконтаминации – фотодинамическая терапия (ФДТ) [21], лазеротерапия [9, 13, 22].

Лазерные технологии в лечении мукозита и периимплантита

Применение лазера открыло новые возможности при лечении осложнений дентальной имплантации [23]. Отмечен положительный опыт использования лазеров, в том числе при хирургических манипуляциях для удаления воспаленных мягких тканей и обеззараживания поверхности имплантата [9, 24, 25]. Выбор лазерной системы, ее волновые характеристики и другие параметры имеют немаловажное значение. На настоящий момент наиболее востребованы при лечении осложнений дентальной имплантации Nd: YAG, Er: YAG и Er, Cr: YSGG, CO (2), а также диодные лазеры.

Диодные лазеры, генерирующие излучение в инфракрасной области электромагнитного спектра, нашли широкое применение в стоматологии ввиду коммерческой доступности, большого спектра возможностей и ряда преимуществ в клиническом применении [22]. В отличие от эрбиевых и неодимовых лазеров диодные лазеры не оказывают негативного влияния на поверхность имплантата, при правильном использовании не повышают температуру тканей, что исключает термическое повреждение, и оказывают позитивное влияние при лечении пациентов с периимплантитом [26, 27]. Лазерное излучение инфракрасного спектра способно уничтожить бактерии и инактивировать бактериальные эндотоксины [6]. Предполагается, что лазер может облегчить удаление зубных отложений с поверхности зуба или имплантата, снижая прочность их прикрепления [13]. Однако ряд вопросов по использованию лазеров требуют дальнейшего изучения.

Лазерное излучение и клиническое состояние периимплантатных тканей

Анализ литературных данных выявил незначительное количество работ, посвященных изучению влияния инфракрасного лазерного излучения на клиническое состояние периимплантатных тканей. Так, в работе Lerario et al. показано, что использование диодного лазера (810 нм, 30 с, 1 Вт, 50 Гц, 24,87 Дж/см²) позволяет уменьшить кровоточивость при зондировании и глубину зондирования периимплантатной борозды более

значимо, чем в группе сравнения (без использования лазера) [28]. В исследовании G.R. Mettraux et al. выявлено, что применение диодного лазера (810 нм, 2,5 Вт, 50 Гц, 30 с, 3 р.) в 1, 7 и 14-й день привело к уменьшению глубины зондирования на 3–4 мм, кровоточивости при зондировании – на 57%, нагноения – на 100% [29]. В работе M. Roncati также показано позитивное влияние лазера (810 нм, 30 с на каждом воспаленном участке, 0,5 Вт, непрерывный режим) по результатам оценки рентгенограмм и клинического состояния периимплантатных тканей [30]. M. Roncati et al. установлено, что механическая очистка с дополнительным использованием лазерного излучения способна уменьшить кровоточивость десен, глубину зондирования на период от 6 до 12 месяцев, но отмечается возможность повторного инфицирования, что связывают с невозможностью полной очистки имплантата [31].

Однако есть и негативные результаты использования лазера. В частности, в работе Arisan показано, что дополнительное использование лазерного излучения (1,0 Вт, импульсный режим, 810 нм; 1 мин; плотность мощности 400 мВт/см²; диаметр пятна 1 мм) не дает преимуществ перед традиционным лечением по результатам микробиологических и клинических исследований [32]. Таким образом, немногочисленные работы представляют противоречивые данные относительно влияния инфракрасного лазера на клиническое состояние тканей, окружающих имплантат, что может быть обусловлено различиями условий проведения экспериментов, применяемых настроек, опыта и мануальных навыков исследователей, малочисленностью выборок, отсутствием контрольных групп в некоторых работах, что делает невозможной оценку дополнительного влияния лазерного излучения и предполагает необходимость дальнейших исследований [33].

Антимикробное действие лазерного излучения

Недостаточно изучен вопрос антимикробного влияния инфракрасного лазерного излучения. Уменьшение количества микроорганизмов в тканях, окружающих имплантат, может восстановить нарушенное равновесие между микробиотой и механизмами иммунной защиты, предотвратить потерю костной ткани, и как следствие, имплантата. Бактерицидный эффект инфракрасного лазерного излучения в большей мере подтвержден в отношении микробиоты пародонтальных карманов пациентов с пародонтитом [34]. Мориц с соавт. доказали, что дополнительное использование лазерного излучения мощностью 2,5 Вт приводит к сокращению количества патогенных микроорганизмов [35]. В эксперименте на животных C.R. Fontana подтвердил антимикробную эффективность диодных лазеров различной мощности (0,4; 0,6; 0,8; 1,0 и 1,2 Вт) [36]. Однако, согласно анализу работ, посвященных влиянию инфракрасного лазерного излучения на микробиоту периимплантатной борозды (кармана) при лечении мукозита и периимплантита, незначительно.

В пятилетнем исследовании Баха и соавт. установлен антимикробный эффект лазеротерапии (1 Вт, 20 с), которую проводили каждые 6 месяцев в дополнение к механической очистке, что позволило значимо сократить частоту рецидивов периимплантита [37]. В более поздних исследованиях выявлено бактерицидное действие в результате однократного применения GaAlAs-лазера (2,5 и 3 Вт) в отношении биопленки *P. Gingivalis* и *E. Faecalis*, фиксированных к поверхности имплантата [26]. M. Giannelli установил, что диодный лазер (808 нм, бесконтактный режим, 1 мин, диаметр волокна 600 мкм, 2 Вт, 400 Дж/см² – для режима непрерывной волны; 22 мк Дж, 20 кГц, 7 мкс, 88 Дж/см² – для режима импульсных волн) эффективен в отношении микробной биопленки *Staphylococcus aureus*, фиксированной к поверхности имплантата; бактерицидный эффект оценивали с помощью флуоресцентной микроскопии и подсчета колониеобразующих единиц [38]. Установлено антимикробное действие лазера с длиной волны 810 и 980 нм в отношении *Streptococcus sanguinis* [27].

Однако на сегодняшний день применение лазерного излучения при лечении периимплантита остается спорным, так как некоторые исследования не подтвердили его бактерицидное действие [32]. Отсутствует достаточное количество полномасштабных, рандомизированных, контролируемых клинических исследований антимикробного влияния лазера при лечении мукозита и периимплантита, при этом нет единого мнения о необходимости применения определенных лазерных систем, длины волны излучения и других параметров лазера, которые должны использоваться для элиминации микроорганизмов.

Термическое влияние лазерного излучения на поверхность имплантата

Один из дискуссионных вопросов лазеротерапии периимплантитов – термическое влияние лазерного излучения на поверхность имплантата [39, 40]. Поверхность имплантата имеет сложный рельеф, облегчающий бактериальную адгезию и колонизацию, что осложняет его очистку. Необходимо устранение мягких и твердых отложений без повреждения оксидного слоя, что может ухудшить остеоинтеграцию имплантата. Существуют противоречивые мнения в данном вопросе. С одной стороны, предполагается позитивное влияние лазера, способствующее ослаблению связи отложений с поверхностью имплантата и облегчению его очищения [13]. С другой стороны, есть риск повреждения титановой поверхности, что особенно характерно для лазеров с высокой выходной мощностью [41, 42]. В частности, изучено влияние CO₂ и Ег: YAG лазеров, которые могут привести к повышению температуры выше критического порога (10 °C) после 10 секунд непрерывного облучения [43]. Однако диодный инфракрасный лазер не повреждает поверхность имплантата, не вызывает образования дефектов, растрескивания, плавления [42] и может использоваться для лечения периимплантита [39]. При этом излучение с длиной волны 940 нм оценивается как одна из самых безопасных лазерных

систем [40]. Тем не менее вопрос термического повреждения и безопасности использования диодных лазеров в комплексном лечении пациентов с периимплантитом остается открытым [44].

Биостимулирующий эффект лазеротерапии

Вызывают интерес противовоспалительные, биостимулирующие возможности низкоуровневой лазерной терапии, влияние лазера на остеоинтеграцию имплантатов (эффект фотобиомодуляции) [45]. Установлено, что лазерное облучение (810 нм) способно эффективно снижать воспалительный ответ на микробный эндотоксин *Porphyromonas gingivalis*, фиксированный на поверхности титана [46]. В эксперименте на животных L. Mayer et al. показали, что лазерная терапия при низких параметрах излучения – 20 Дж на сеанс 830 нм, 50 мВт, CW, проводимая каждые 48 часов в течение 13-дневного периода (7 сеансов), значительно улучшает состояние костной ткани по результатам частотно-резонансного анализа и гистологического анализа контакта кости с имплантатом [30]. Увеличение прочности фиксации имплантата зарегистрировано через 30 и 45 суток с помощью торкметра по нагрузке, необходимой для удаления имплантата из кости [47]. Низкоуровневая лазерная терапия оказывала позитивное влияние на состояние костной ткани вокруг имплантатов по результатам теста на растяжение, гистоморфометрического анализа и энергетически-дисперсионного рентгеновского микроанализа кальция и фосфора [48].

Доказаны биостимулирующие, усиливающие регенераторный потенциал свойства лазерного излучения в диапазоне доз от 1,5 до 3 Дж/см². Зарегистрировано ускорение образования эпителиального прикрепления, изменение поведения фибробластов десны человека, модуляция активности клеток, взаимодействующих с имплантатом, что улучшило заживление тканей и повысило успех имплантации [49]. M. Khadra et al. наблюдали усиление пролиферации клеток через 96 часов после лазеротерапии. Синтез остеокальцина и выработка фактора TGF-бета (1) были значительно выше на образцах, подвергшихся воздействию лазерного излучения 3 Дж/см² [50]. Установлено также, что использование низкоуровневой лазеротерапии положительно влияет на стабильность имплантатов через 3 недели после операции [51]. F. Chellini et al. изучали влияние лазерного излучения 808 ± 10 нм средней мощности (2 Вт, 400 Дж/см²; CW или импульсный режим, 20 кГц, 7 мкс, 0,44 Вт, 88 Дж/см²) на жизнеспособность клеток, их пролиферацию, адгезию, анализировали остеогенную дифференцировку в сравнении с действием хлоргексидина. Ими установлено, что лазерное облучение не нарушило целостность поверхности титана и обладало остеоиндуктивным потенциалом в сравнении с цитотоксичным действием хлоргексидина [52]. Тем не менее представлены другие результаты, не подтвердившие позитивный эффект лазеротерапии [53], поэтому необходимы дополнительные исследования биостимулирующего влияния лазерного излучения при лечении осложнений дентальной имплантации.

Использование лазерного излучения как хирургического инструмента

Лазерный кюретаж, деэпителизация пародонтальных карманов нередко используются в пародонтологической практике [34]. Возможность диодного лазера удалять инфицированные периимплантатные ткани также применяется при лечении мукозита и периимплантита [13]. Удаление эпителия с помощью активированного стекловолоконного оптического волокна возможно как внутри, так и снаружи периимплантатной борозды (кармана). Предложена техника, так называемой лазерной регенерации тканей [54], которая заключается в удалении эпителия из наружной части периимплантатного кармана каждые 7–10 дней. Процедуру проводят с целью контроля апикальной миграции эпителия, что, как предполагается, может способствовать формированию стабильного прикрепления эпителия к поверхности имплантата [54]. Данный подход может быть перспективен, но требует дальнейшего изучения.

Заключение

Учитывая неуклонный рост имплантологических вмешательств во всем мире, разработка и усовершенствование методов лечения осложнений дентальной имплантации приобретают все большую актуальность. Нехирургические методы лечения мукозита и периимплантита вызывают большой интерес как у врачей, так и у пациентов, предпочитающих психологически более комфортные, атравматичные вмешательства, но необходимо определение четких критериев при выборе данного подхода, главным из которых на настоящий момент является глубина зондирования периимплантатной борозды. Анализ литературных данных показал перспективность применения при консервативном лечении периимплантита диодных лазеров, генерирующих излучение в инфракрасной области электромагнитного спектра, и необходимость дальнейшего изучения их влияния на клиническое состояние, микробный состав периимплантатных тканей, перспектив использования в качестве вспомогательного инструмента для улучшения очистки поверхности имплантата, ускорения остеоинтеграции, контроля апикальной миграции и формирования стабильного прикрепления. Остаются также актуальными вопросы термического влияния лазерного излучения на имплантат, биостимулирующее и противовоспалительные эффекты влияния лазеротерапии на состояние периимплантатных тканей.

Литература

1. Гударьян А.А., Ширинкин С.В. Современные подходы в комплексном лечении воспалительно-деструктивных осложнений дентальной имплантации // *Sciences of Europe*. – 2019. – № 36-2 (36). – С. 55–63.
2. Monje A., Insua A., Wang H.L. Understanding Peri-Implantitis as a Plaque-Associated and Site-Specific Entity: On the Local Predisposing Factors. *J. Clin. Med.* 2019; 8 (2): 279.
3. Rakic M., Galindo-Moreno P., Monje A. et al. How frequent does peri-implantitis occur? A systematic re-

- view and meta-analysis. *Clin. Oral Investig.* 2018; 22: 1805–1816.
4. Heitz-Mayeld L.J., Salvi G.E., Mombelli A. et al. Anti-infective surgical therapy of peri-implantitis. A 12-month prospective clinical study. *Clin. Oral Implants Res.* 2012; 23: 205–210.
 5. Lang N.P., Wilson T.G., Corbet E.F. Biological complications with dental implants: Their prevention, diagnosis and treatment. *Note. Clin. Oral Implants Res.* 2000; 11: 146–155.
 6. Lasserre J.F., Brex M.C., Toma S. Oral Microbes, Biofilms and Their Role in Periodontal and Peri-Implant Diseases. *Materials (Basel)*. 2018; 11 (10): 1802.
 7. Subramani K., Wismeijer D. Decontamination of titanium implant surface and re-osseointegration to treat peri-implantitis: a literature review. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27: 1043–1054.
 8. Heitz-Mayfield L.J., Aaboe M., Araujo M. et al. Group 4 ITI Consensus Report: Risks and biologic complications associated with implant dentistry. *Clin. Oral Implants Res.* 2018; 29: 351–358.
 9. Romanos G.E., Javed F., Delgado-Ruiz R.A. et al. Peri-implant diseases: a review of treatment interventions. *Dent. Clin North Am.* 2015; 59 (1): 157–178.
 10. Ramanauskaite A., Daugela P., Juodzbaly G. Treatment of peri-implantitis: meta-analysis of findings in a systematic literature review and novel protocol proposal. *Quintessence Int.* 2016; 47 (5): 379–393.
 11. Renvert S., Lindahl C., Roos Jansaker A.M. et al. Treatment of peri-implantitis using an Er: YAG laser or an air-abrasive device: A randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* 2011; 38: P. 65–73.
 12. Schwarz F., Becker K., Renvert S. Efficacy of air polishing for the non-surgical treatment of peri-implant diseases: A systematic review. *J. Clin. Periodontol.* 2015; 42 (10): 951–959.
 13. Ронкати М. Нехирургическое пародонтологическое лечение: показания, возможности, протоколы использования диодного лазера. – М.: Квинтэссенция, 2018. – 409 с.
 14. Gehrke P., Spanos E., Fischer C. et al. Influence of scaling procedures on the integrity of titanium nitride coated CAD/CAM abutments. *J. Adv. Prosthodont.* 2018; 10 (3): 197–204.
 15. Karring E.S., Stavropoulos A., Ellegaard B. et al. Treatment of periimplantitis by the Vectors system. A pilot study. *Clin. Oral Implants Res.* 2005; 16: 288–293.
 16. Lamont R.J., Chan A., Belton C.M. et al. Porphyromonas gingivalis invasion of gingival epithelial cells. *Infect. Immun.* 1995; 6: 3878–3885.
 17. Mombelli A., Feloutzis A., Brägger U. et al. Treatment of peri-implantitis by local delivery of tetracycline. Clinical, microbiological and radiological results. *Clin. Oral Implants Res.* 2001; 12 (4): 287–294.
 18. Renvert S., Lessem J., Dahlén G. et al. Topical minocycline microspheres versus topical chlorhexidine gel as an adjunct to mechanical debridement of incipient peri-implant infections: a randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* 2006; 33 (5): 362–369.
 19. Van Winkelhoff A.J. Antibiotics in the treatment of peri-implantitis. *Eur. J. Oral Implantol.* 2012; 5: 43–50.
 20. Gosau M., Hahnel S., Schwarz F. et al. Effect of six different peri-implantitis disinfection methods on *in vivo* human oral biofilm. *Clin. Oral Implants Res.* 2010; 21: 866–872.
 21. Takasaki A.A., Aoki A., Mizutani K., et al. Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Periodontol 2000*. 2009. № 51: 109–140.
 22. Рисованный С.И., Рисованная О.Н., Гайворонская Т.В. Оптимизация алгоритма лечения периимплантита с использованием лазерных технологий // Кубанский научный медицинский вестник. – 2011. – № 6 (129). – С. 117–120.
 23. Lin G.H., Suárez López Del Amo F., Wang H.L. Laser therapy for treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology. *J. Periodontol.* 2018; 89 (7): 766–782.
 24. El-Kholey K.E. Efficacy and safety of a diode laser in second-stage implant surgery: a comparative study. *Int J. Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43 (5): 633–638.
 25. Matsuyama T., Aoki A., Oda S., Yoneyama T. et al. Effects of the Er: YAG laser irradiation on titanium implant materials and contaminated implant abutment surfaces. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 2003; 21: 7–17.
 26. Goncalves F., Zanetti A.L., Zanetti R.V. et al. Effectiveness of 980-nm diode and 1064-nm extra-long-pulse neodymium-doped yttrium aluminum garnet lasers in implant disinfection. *Photomed Laser Surg.* 2010; 28: 273–280.
 27. Valente N.A., Mang T., Hatton M. et al. Effects of two diode lasers with and without photosensitization on contaminated implant surfaces: an *ex vivo* study. *Photomed. Laser Surg.* 2017; 35 (7): 347–356.
 28. Lerario F., Roncati M., Gariffo A. et al. Non-surgical periodontal treatment of peri-implant diseases with the adjunctive use of diode laser: preliminary clinical study. *Lasers Med. Sci.* 2016; 31 (1): 1–6.
 29. Mettraux G.R., Sculean A., Bürgin W.B. et al. Two-year clinical outcomes following non-surgical mechanical therapy of peri-implantitis with adjunctive diode laser application. *Clin. Oral Implants Res.* 2016; 27 (7): 845–849.
 30. Mayer L., Gomes F.V., Carlsson L. et al. Histologic and Resonance Frequency Analysis of Peri-Implant Bone Healing After Low-Level Laser Therapy: An *in vivo* Study. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* 2015; 30 (5): 1028–1035.
 31. Roncati M., Lucchese A., Carinci F. Non-surgical treatment of peri-implantitis with the adjunctive use of an 810-nm diode laser. *J. Indian. Soc. Periodontol.* 2013; 17 (6): 812–815.
 32. Arisan V., Karabuda Z.C., Arıcı S.V. et al. A randomized clinical trial of an adjunct diode laser application for the nonsurgical treatment of peri-implantitis. *Photomed Laser Surg.* 2015; 33 (11): 547–554.
 33. Cobb C.M. Lasers in periodontics: A review of the literature. *J. Periodontol.* 2006; 77: 545–564.

34. Разина И.Н., Недосеко В.Б., Чеснокова М.Г. Клинико-микробиологическое обоснование проведения лазерной деэпителизации пациентам с хроническим генерализованным пародонтитом // Стоматология. – 2015. – № 4. – С. 21–24.
35. Moritz A., Schoop U., Goharkhay K. et al. Treatment of periodontal pockets with a diode laser. *Lasers Surg. Med.* 1998; 22 (5). P. 302–311.
36. Fontana C.R. Microbial reduction in periodontal pockets under exposition of a medium power diode laser: an experimental study in rats. *Lasers Surg. Med.* 2004; 35 (4): 263–268.
37. Bach G., Neckel C., Mall C. et al. Conventional versus laser-assisted therapy of periimplantitis: a five-year comparative study. *Implant. Dent.* 2000; 9 (3): 247–251.
38. Giannelli M., Landini G., Materassi F. The effects of diode laser on *Staphylococcus aureus* biofilm and *Escherichia coli* lipopolysaccharide adherent to titanium oxide surface of dental implants. An *in vitro* study. *Lasers Med Sci.* 2016; 31 (8): 1613–1619.
39. Romanos G.E., Everts H., Nentwig G.H. Effects of diode and Nd: YAG laser irradiation on titanium discs: a scanning electron microscope examination. *J. Periodontol.* 2000; 71 (5): 810–815.
40. Romanos G.E., Motwani S.V., Montanaro N.J. et al. Photothermal effects of defocused initiated versus non-initiated diode implant irradiation. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019; 37 (6): 356–361.
41. Castro G.L., Gallas M., Nunez I.R. et al. Scanning electron microscopic analysis of diode laser-treated titanium implant surfaces. *Photomed Laser Surg.* 2007; 25: 124–128.
42. Kreisler M., Gotz H., Duschner H. Effect of Nd: YAG, Ho: YAG, Er: YAG, CO₂ and GaAIs laser irradiation on surface properties of endosseous dental implants. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* 2002; 17: 202–211.
43. Geminiani A., Caton J.G., Romanos G.E. Temperature increase during CO₂ and Er: YAG irradiation on implant surfaces. *Implant. Dent.* 2011; 20 (5): 379–382.
44. Esposito M., Grusovin M.G., Worthington H. Treatment of Peri-Implantitis: What Interventions Are Effective? A Cochrane Systematic Review. *Int. J. Oral Implantol.* 5. 2012; 1: 21–41.
45. Prados-Frutos J.C., Rodríguez-Molinero J., Prados-Privado M. et al. Lack of clinical evidence on low-level laser therapy (LLLT) on dental titanium implant: a systematic review. *Lasers Med. Sci.* 2016; 31 (2): 383–392.
46. Giannelli M., Pini A., Formigli L. et al. Comparative *in vitro* study among the effects of different laser and LED irradiation protocols and conventional chlorhexidine treatment for deactivation of bacterial lipopolysaccharide adherent to titanium surface. *Photomed Laser Surg.* 2011; 29 (8): 573–580.
47. Boldrini C., de Almeida J.M., Fernandes L.A. et al. Biomechanical effect of one session of low-level laser on the bone-titanium implant interface. *Lasers Med Sci.* 2013. 28 (1): 349–352.
48. Khadra M., Rønold H.J., Lyngstadaas S.P. et al. Low-level laser therapy stimulates bone-implant interaction: an experimental study in rabbits. *Clin. Oral Implants Res.* 2004; 15 (3): 325–332.
49. Khadra M. The effect of low level laser irradiation on implant-tissue interaction. *In vivo and in vitro* studies. *Swed. Dent. J. Suppl.* 2005; 172: 1–63.
50. Khadra M., Lyngstadaas S.P., Haanaes H.R. et al. Effect of laser therapy on attachment, proliferation and differentiation of human osteoblast-like cells cultured on titanium implant material. *Biomaterials.* 2005; 26 (17): 3503–3509.
51. Memarian J., Ketabi M., Amini S. The effect of low-level laser 810 nm and light-emitting diodephotobiomodulation (626 nm) on the stability of the implant and inflammatory markers interleukin-1 beta and prostaglandin E2, around implants. *Dent. Res. J. (Isfahan).* 2018; 15 (4): 283–288.
52. Chellini F., Giannelli M., Tani A. et al. Mesenchymal stromal cell and osteoblast responses to oxidized titanium surfaces pre-treated with $\lambda = 808$ nm GaAIs diode laser or chlorhexidine: *in vitro* study. *Lasers Med Sci.* 2017; 32 (6): 1309–1320.
53. Torkzaban P., Kasraei S., Torabi S. et al. Low-level laser therapy with 940 nm diode laser on stability of dental implants: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med. Sci.* 2018; 33 (2): 287–293.
54. Romanos G. Current concepts in the use of lasers in periodontal and implant dentistry. *J. Indian. Soc. Periodontol.* 2015; 19 (5): 490–494.

References

1. Gudarian A.A., Shirinkin S.V. Modern approaches in the complex treatment of inflammatory and destructive complications of dental implantation. *Sciences of Europe.* 2019; 36–2 (36): 55–63. [In Russia].
2. Monje A., Insua A., Wang H.L. Understanding Peri-Implantitis as a Plaque-Associated and Site-Specific Entity: On the Local Predisposing Factors. *J. Clin. Med.* 2019; 8 (2): 279.
3. Rakic M., Galindo-Moreno P., Monje A. et al. How frequent does peri-implantitis occur? A systematic review and meta-analysis. *Clin. Oral Investig.* 2018; 22: 1805–1816.
4. Heitz-Mayeld L.J., Salvi G.E., Mombelli A. et al. Anti-infective surgical therapy of peri-implantitis. A 12-month prospective clinical study. *Clin. Oral Implants Res.* 2012; 23: 205–210.
5. Lang N.P., Wilson T.G., Corbet E.F. Biological complications with dental implants: Their prevention, diagnosis and treatment. *Note. Clin. Oral Implants Res.* 2000; 11: 146–155.
6. Lasserre J.F., Brex M.C., Toma S. Oral Microbes, Biofilms and Their Role in Periodontal and Peri-Implant Diseases. *Materials (Basel).* 2018; 11 (10): 1802.
7. Subramani K., Wismeijer D. Decontamination of titanium implant surface and re-osseointegration to treat peri-implantitis: a literature review. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* 2012; 27: 1043–1054.

8. Heitz-Mayfield L.J., Aaboe M., Araujo M. et al. Group 4 ITI Consensus Report: Risks and biologic complications associated with implant dentistry. *Clin. Oral Implants Res.* 2018; 29: 351–358.
9. Romanos G.E., Javed F., Delgado-Ruiz R.A. et al. Peri-implant diseases: a review of treatment interventions. *Dent. Clin North Am.* 2015; 59 (1): 157–178.
10. Ramanauskaite A., Daugela P., Juodzbals G. Treatment of peri-implantitis: Meta-analysis of findings in a systematic literature review and novel protocol proposal. *Quintessence Int.* 2016; 47 (5): 379–393.
11. Renvert S., Lindahl C., Roos Jansaker A.M. et al. Treatment of peri-implantitis using an Er: YAG laser or an air-abrasive device: A randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* 2011; 38: 65–73.
12. Schwarz F., Becker K., Renvert S. Efficacy of air polishing for the non-surgical treatment of peri-implant diseases: A systematic review. *J. Clin. Periodontol.* 2015; 42 (10): 951–959.
13. Roncati M. Non-surgical periodontal treatment: indications, possibilities, protocols for using a diode laser. M.: Quintessence, 2018: 409. [In Russ.].
14. Gehrke P., Spanos E., Fischer C. et al. Influence of scaling procedures on the integrity of titanium nitride coated CAD/CAM abutments. *J. Adv. Prosthodont.* 2018; 10 (3): 197–204.
15. Karring E.S., Stavropoulos A., Ellegaard B. et al. Treatment of periimplantitis by the Vectors system. A pilot study. *Clin. Oral Implants Res.* 2005; 16: 288–293.
16. Lamont R.J., Chan A., Belton C.M. et al. Porphyromonas gingivalis invasion of gingival epithelial cells. *Infect. Immun.* 1995; 6: 3878–3885.
17. Mombelli A., Feloutzis A., Brägger U. et al. Treatment of peri-implantitis by local delivery of tetracycline. Clinical, microbiological and radiological results. *Clin. Oral Implants Res.* 2001; 12 (4): 287–294.
18. Renvert S., Lessem J., Dahlén G. et al. Topical minocycline microspheres versus topical chlorhexidine gel as an adjunct to mechanical debridement of incipient peri-implant infections: a randomized clinical trial. *J. Clin. Periodontol.* 2006; 33 (5): 362–369.
19. Van Winkelhoff A.J. Antibiotics in the treatment of peri-implantitis. *Eur. J. Oral. Implantol.* 2012; 5: 43–50.
20. Gosau M., Hahnel S., Schwarz F. et al. Effect of six different peri-implantitis disinfection methods on *in vivo* human oral biofilm. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21: 866–872.
21. Takasaki A.A., Aoki A., Mizutani K., et al. Application of antimicrobial photodynamic therapy in periodontal and peri-implant diseases. *Periodontol 2000.* 2009. № 51: 109–140.
22. Risovanny S.I., Risovannaya O.N., Gaivoronskaya T.V. Optimization of the algorithm for treatment of peri-implantitis using laser technologies. *Kuban scientific medical Bulletin.* 2011; 6 (129): 117–120. [In Russia].
23. Lin G.H., Suárez López Del Amo F., Wang H.L. Laser therapy for treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: An American Academy of Periodontology. *J. Periodontol.* 2018; 89 (7): 766–782.
24. El-Kholey K.E. Efficacy and safety of a diode laser in second-stage implant surgery: a comparative study. *Int J. Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43 (5): 633–638.
25. Matsuyama T., Aoki A., Oda S., Yoneyama T. et al. Effects of the Er: YAG laser irradiation on titanium implant materials and contaminated implant abutment surfaces. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 2003; 21: 7–17.
26. Goncalves F., Zanetti A.L., Zanetti R.V. et al. Effectiveness of 980-nm diode and 1064-nm extra-long-pulse neodymium-doped yttrium aluminum garnet lasers in implant disinfection. *Photomed Laser Surg.* 2010; 28: 273–280.
27. Valente N.A., Mang T., Hatton M. et al. Effects of two diode lasers with and without photosensitization on contaminated implant surfaces: an *ex vivo* study. *Photomed. Laser Surg.* 2017; 35 (7): 347–356.
28. Lerario F., Roncati M., Gariffo A. et al. Non-surgical periodontal treatment of peri-implant diseases with the adjunctive use of diode laser: preliminary clinical study. *Lasers Med. Sci.* 2016; 31 (1): 1–6.
29. Mettraux G.R., Sculean A., Bürgin W.B. et al. Two-year clinical outcomes following non-surgical mechanical therapy of peri-implantitis with adjunctive diode laser application. *Clin. Oral Implants Res.* 2016; 27 (7): 845–849.
30. Mayer L., Gomes F.V., Carlsson L. et al. Histologic and Resonance Frequency Analysis of Peri-Implant Bone Healing After Low-Level Laser Therapy: An *in vivo* Study. *Int. J. Oral Maxillofac Implants.* 2015; 30 (5): 1028–1035.
31. Roncati M., Lucchese A., Carinci F. Non-surgical treatment of peri-implantitis with the adjunctive use of an 810-nm diode laser. *J. Indian. Soc. Periodontol.* 2013; 17 (6): 812–815.
32. Arisan V., Karabuda Z.C., Arıcı S.V. et al. A randomized clinical trial of an adjunct diode laser application for the nonsurgical treatment of peri-implantitis. *Photomed Laser Surg.* 2015; 33 (11): 547–554.
33. Cobb C.M. Lasers in periodontics: A review of the literature. *J. Periodontol.* 2006; 77: 545–564.
34. Razina I.N., Nedoseko V.B., Chesnokova M.G. Clinical and microbiological justification of laser de-epithelization in patients with chronic generalized periodontitis. *Stomatology.* 2015; 4: 21–24. [In Russ.].
35. Moritz A., Schoop U., Goharkhay K. et al. Treatment of periodontal pockets with a diode laser. *Lasers Surg. Med.* 1998; 22 (5). P. 302–311.
36. Fontana C.R. Microbial reduction in periodontal pockets under exposition of a medium power diode laser: an experimental study in rats. *Lasers Surg. Med.* 2004; 35 (4): 263–268.
37. Bach G., Neckel C., Mall C. et al. Conventional versus laser-assisted therapy of periimplantitis: a five-year comparative study. *Implant. Dent.* 2000; 9 (3): 247–251.
38. Giannelli M., Landini G., Materassi F. The effects of diode laser on *Staphylococcus aureus* biofilm and

- Escherichia coli* lipopolysaccharide adherent to titanium oxide surface of dental implants. An *in vitro* study. *Lasers Med Sci.* 2016; 31 (8): 1613–1619.
39. Romanos G.E., Everts H., Nentwig G.H. Effects of diode and Nd: YAG laser irradiation on titanium discs: a scanning electron microscope examination. *J. Periodontol.* 2000; 71 (5): 810–815.
40. Romanos G.E., Motwani S.V., Montanaro N.J. et al. Photothermal effects of defocused initiated versus non-initiated diode implant irradiation. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019; 37 (6): 356–361.
41. Castro G.L., Gallas M., Nunez I.R. et al. Scanning electron microscopic analysis of diode laser-treated titanium implant surfaces. *Photomed Laser Surg.* 2007; 25: 124–128.
42. Kreisler M., Gotz H., Duschner H. Effect of Nd: YAG, Ho: YAG, Er: YAG, CO₂, and GaAIs laser irradiation on surface properties of endosseous dental implants. *Int. J. Oral. Maxillofac Implants.* 2002; 17: 202–211.
43. Geminiani A., Caton J.G., Romanos G.E. Temperature increase during CO (2) and Er: YAG irradiation on implant surfaces. *Implant. Dent.* 2011; 20 (5): 379–382.
44. Esposito M., Grusovin M.G., Worthington H. Treatment of Peri-Implantitis: What Interventions Are Effective? A Cochrane Systematic Review. *Int. J. Oral Implantol.* 5. 2012; 1: 21–41.
45. Prados-Frutos J.C., Rodríguez-Molinero J., Prados-Privado M. et al. Lack of clinical evidence on low-level laser therapy (LLLT) on dental titanium implant: a systematic review. *Lasers Med. Sci.* 2016; 31 (2): 383–392.
46. Giannelli M., Pini A., Formigli L. et al. Comparative *in vitro* study among the effects of different laser and LED irradiation protocols and conventional chlorhexidine treatment for deactivation of bacterial lipopolysaccharide adherent to titanium surface. *Photomed Laser Surg.* 2011; 29 (8): 573–580.
47. Boldrini C., de Almeida J.M., Fernandes L.A. et al. Biomechanical effect of one session of low-level laser on the bone-titanium implant interface. *Lasers Med Sci.* 2013. 28 (1): 349–352.
48. Khadra M., Rønold H.J., Lyngstadaas S.P. et al. Low-level laser therapy stimulates bone-implant interaction: an experimental study in rabbits. *Clin. Oral. Implants Res.* 2004; 15 (3): 325–332.
49. Khadra M. The effect of low level laser irradiation on implant-tissue interaction. *In vivo and in vitro studies.* *Swed. Dent. J. Suppl.* 2005; 172: 1–63.
50. Khadra M., Lyngstadaas S.P., Haanaes H.R. et al. Effect of laser therapy on attachment, proliferation and differentiation of human osteoblast-like cells cultured on titanium implant material. *Biomaterials.* 2005; 26 (17): 3503–3509.
51. Memarian J., Ketabi M., Amini S. The effect of low-level laser 810 nm and light-emitting diode photobiomodulation (626 nm) on the stability of the implant and inflammatory markers interleukin-1 beta and prostaglandin E₂, around implants. *Dent. Res. J. (Isfahan).* 2018; 15 (4): 283–288.

52. Chellini F., Giannelli M., Tani A. et al. Mesenchymal stromal cell and osteoblast responses to oxidized titanium surfaces pre-treated with $\lambda = 808$ nm GaAIs diode laser or chlorhexidine: *in vitro* study. *Lasers Med Sci.* 2017; 32 (6): 1309–1320.
53. Torkzaban P., Kasraei S., Torabi S. et al. Low-level laser therapy with 940 nm diode laser on stability of dental implants: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med. Sci.* 2018; 33 (2): 287–293.
54. Romanos G. Current concepts in the use of lasers in periodontal and implant dentistry. *J. Indian. Soc. Periodontol.* 2015; 19 (5): 490–494.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The Authors confirm that respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

Информация об авторах

Разина Ирина Николаевна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры терапевтической стоматологии Омского государственного медицинского университета (г. Омск, Россия); ORCID: 0000-0003-4873-1091. **Ломиашивили Лариса Михайловна** – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой терапевтической стоматологии Омского государственного медицинского университета (г. Омск, Россия); ORCID: 0000-0003-1678-4658.

Недосеко Владимир Борисович – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры терапевтической стоматологии Омского государственного медицинского университета (г. Омск, Россия); ORCID: 0000-0003-1274-0818.

Information about authors

Razina Irina – MD, Cand. Sc. (med), assistant at the chair of therapeutic dentistry in Omsk State Medical University (Omsk, Russia); ORCID: 0000-0003-4873-1091. **Lomiashvili Larisa** – MD, Dr. Sc. (med), professor at the chair of therapeutic dentistry in Omsk State Medical University (Omsk, Russia); ORCID: 0000-0003-1678-4658. **Nedoseko Vladimir** – MD, Dr. Sc. (med), professor at the chair of therapeutic dentistry in Omsk State Medical University (Omsk, Russia); ORCID 0000-0003-1274-0818.