

DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-80-86

УДК: 615.849.19

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НАНОСЕКУНДНАЯ ЛАЗЕРОТЕРАПИЯ И МИКРОХИРУРГИЯ МОДЕЛЬНОГО ПАРОДОНТИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Чунихин А.А., Базикян Э.А., Чунихин Н.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова», г. Москва, Россия

### Аннотация

**Предмет.** Проблема терапии болезней пародонта остро стоит в современной стоматологии. Множественность этиопатогенетических факторов, вызывающих развитие пародонтитов, осложнения, связанные с потерей зубов, обуславливают поиск новых методик комплексной терапии заболеваний пародонта, в том числе с включением современных лазерных технологий.

**Цель** — сравнительная оценка влияния на регенерацию тканей пародонта наносекундного лазерного излучения с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм и традиционной фотодинамической терапии с помощью морфологического и морфометрического анализов в эксперименте *in vivo*.

**Методология.** Моделирование пародонтита у экспериментальных животных проводили с использованием «лигатурной» методики в течение 7 дней. Лечение пародонтита начинали с механической и медикаментозной обработки карманов, затем животных делили на три группы: в первой применяли новое наносекундное лазерное устройство с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм, во второй — традиционную фотодинамическую терапию с использованием фотосенсибилизатора на основе хлорина Е6, в третьей — только медикаментозную терапию. На 7-, 14- и 21-е сутки проводили визуальную оценку состояния тканей пародонта у экспериментальных животных, морфологический и морфометрический анализы.

**Результаты.** На 21-е сутки наблюдения в основной группе в полости рта полностью завершён процесс регенерации пародонта, в группе сравнения остались локальные карманы небольшой глубины с грануляционной тканью. Морфологическое исследование показало, что в основной группе количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа на поздних этапах лечения в 2,9 раза больше, чем в группе сравнения.

**Выводы.** Результаты исследования подтвердили необходимость включения лазерных методик в комплексную терапию болезней пародонта. Применение новой лазерной технологии наносекундной лазерной терапии и микрохирургии при лечении болезней пародонта способствует сокращению времени процедуры, сроков реабилитации и стимуляции роста сосудов.

**Ключевые слова:** лазерное излучение, полупроводниковый лазер, фотодинамический эффект, пародонтит, регенерация тканей пародонта

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

---

### Адрес для переписки:

Андрей Анатольевич ЧУНИХИН  
129344, г. Москва, ул. Енисейская, д. 5, кв. 35  
Тел. +7 985 231-83-63  
docca74@yandex.ru

### Correspondence address:

Andrey A. CHUNIKHIN  
129344, Moscow, Yenisei, d. 5, sq. 35  
Phone: +7 985 231-83-63  
docca74@yandex.ru

### Образец цитирования:

Чунихин А.А., Базикян Э.А., Чунихин Н.А.  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НАНОСЕКУНДНАЯ ЛАЗЕРОТЕРАПИЯ И МИКРОХИРУРГИЯ МОДЕЛЬНОГО ПАРОДОНТИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
Проблемы стоматологии, 2019, т. 15, № 1, стр. 80-86  
© Чунихин А.А. и др. 2019  
DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-80-86

### For citation:

Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Chunikhin N.A.  
EXPERIMENTAL LOW ENERGY NANOSECOND LASEROTHERAPY AND MICROSURGERY OF MODELING PERIODONTITIS USING MORPHOLOGICAL ANALYSIS  
Actual problems in dentistry, 2019, vol. 15, № 1, pp. 80-86  
© Chunikhin A.A. et al. 2019  
DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-80-86

DOI: 10.18481/2077-7566-2018-15-1-80-86

## EXPERIMENTAL LOW ENERGY NANOSECOND LASERTHERAPY AND MICROSURGERY OF MODELING PERIODONTITIS USING MORPHOLOGICAL ANALYSIS

Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Chunikhin N.A.

Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Moscow, Russian

### Abstract

**Background.** The problem of the treatment of periodontal disease is acute in modern dentistry. The multiplicity of etiopathogenetic factors causing the development of periodontitis, malignations associated with the loss of teeth cause the search for new methods of complex therapy of periodontal diseases, including the inclusion of modern laser technologies.

**Purpose** — comparative assessment of the effect on the regeneration of periodontal tissues of nanosecond laser radiation with a wavelength of  $1265 \pm 5$  nm of traditional photodynamic therapy using morphological and morphometric analysis in an *in vivo* experiment.

**Methodology.** Modeling of periodontitis in experimental animals was performed using a ligature technique for 7 days. Treatment of periodontitis began with mechanical and drug treatment of pockets, then the animals were divided into three groups. In the first group, a new nanosecond laser device with a wavelength of  $1265 \pm 5$  nm was used for treatment, the second used traditional photodynamic therapy using a chlorine E6 photosensitizer, in the third group until the end of treatment only drug therapy was used. On days 7, 14, 21, a visual assessment of the condition of periodontal tissues in experimental animals, morphological and morphometric analysis were performed.

**Results.** On the 21st day of observation in the main group in the oral cavity, the periodontal regeneration process was completed, in the comparison group there are local pockets of shallow depth with granulation tissue. The morphological study showed that in the main group the number of full blood vessels in the field of view of the microscope at the later stages of treatment is 2.9 times higher than in the comparison group.

**Conclusions.** The results of the study confirmed the need to include laser techniques in the complex therapy of periodontal diseases. The use of new laser technology of nanosecond laser therapy and microsurgery in the treatment of periodontal diseases contributes to shortening the procedure time, shortening the rehabilitation time, and stimulating vascular growth.

**Keywords:** laser radiation, semiconductor laser, photodynamic effect, periodontitis, periodontal tissue regeneration

### Введение

Болезни пародонта являются сложной комплексной патологией полости рта и занимают весомую часть среди всех стоматологических нозологий. Осложнения, связанные с патологией пародонта, зачастую приводят к потере зубов в молодом возрасте и ухудшению качества жизни пациентов [1, 2]. В этиологии пародонта выделяют множество факторов: нарушение окклюзии, хроническую травму, сопутствующую соматическую патологию [3]. По сведениям многих исследователей, ведущую роль в развитии болезней пародонта играют патогенные микроорганизмы. Пародонтопатогены обладают высокой резистентностью к медикаментозным антисептикам, что обуславливает комплексный подход к терапии болезней пародонта и поиск новых методик с включением физических факторов воздействия на микроорганизмы и стимуляции регенерации тканей пародонта [4—6]. Лазерные технологии являются наиболее безопасными и эффективными в комплексном лечении заболеваний пародонта за счет уникальных свойств лазерного света [7]. Воздействие лазерного излучения на ткани определено различными эффектами (фототермическим, фотохимическим, фотодинамическим), каждый из которых определяет механизм воздействия. Широкие возможности настройки гармоник излучения современных лазерных аппаратов позволяют с высокой точностью удалять патологические ткани с одновременной стимуляцией регенерации здоровых тканей [8, 9].

В комплексной терапии болезней пародонта эффективность применения метода фотодинамической лазерной терапии основана на деструктивном воздействии на патологические ткани активных форм кислорода, получаемых при облучении квантами лазерного излучения фотосенсибилизатора. Фотосенсибилизаторы содержат молекулярный кислород и способны накапливаться в патологических клетках, возбуждаясь до синглетного кислорода под действием лазерного излучения и запуская каскад окислительных реакций [10—14]. Исследования ученых последних лет показывают, что использование коротких и ультракоротких лазерных импульсов способствует более глубокому проникновению в ткани лазерного света без их существенного нагрева, а возбуждение синглетного кислорода возможно из кислорода тканей без применения фотосенсибилизаторов в полосе поглощения кислорода длиной волны 1260-1270 нм [15—17].

Результатом научно-исследовательской работы, проведенной сотрудниками кафедры хирургии полости рта Московского государственного медико-стоматологического университета имени А. И. Евдокимова, явилось конструирование лазерно-диодного медицинского устройства с уникальными параметрами излучения, имеющего компактные размеры и способного к генерации наносекундного импульсного излучения [18, 19]. Проведенные ранее исследования с новым устройством показали высокую эффективность гене-

рации синглетного кислорода в модельных биохимических средах [20].

Представляет интерес проведение сравнительного экспериментального исследования на животных с использованием методов морфологической и морфометрической оценок по изучению воздействия лазерного излучения с заданными параметрами на ткани пародонта.

**Цель исследования** — оценить влияние на регенерацию тканей пародонта наносекундного лазерного излучения с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм с возможностью проведения фотоокситерапии без использования экзогенных фотосенсибилизаторов и традиционной фотодинамической терапии с помощью морфологического и морфометрического анализов в эксперименте *in vivo*.

### Материалы и методы

Для проведения эксперимента использовали половозрелых мужских особей крыс весом 200-250 г чистой линии Wistar. Исследование проводили в соответствии с руководством ARRIVE (Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments) [21, 22] и правилами работы с животными на основе положений Хельсинкской декларации и рекомендаций, содержащихся в Директиве ЕС 86/609/ЕСС и Конвенции Совета Европы по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей [23]. Для статистически доказательного исследования 70 животных разделили на три группы: основную, сравнения и контрольную (по 30 животных в основной группе и группе сравнения и 10 в контрольной). Во всех группах на начальном этапе проводили моделирование пародонтита. Для этого под общим наркозом разрушали круговую связку центральных нижних резцов, в образовавшийся зубодесневой карман восьмиобразно вводили шелковую лигатуру и фиксировали ее стеклоиномерным цементом по методике Воложина А. И., Виноградовой С. И. (1991) [24].

Через 7 суток во всех группах начинали терапию: проводили механическую обработку образовавшихся патологических карманов с использованием кюрет, затем антисептическую обработку, далее приступали к лазеротерапии. В основной группе использовали новое лазерное устройство с длиной волны излучения  $1265 \pm 5$  нм, обрабатывали карманы с использованием опволоконного световода диаметром 400 мкм контактным способом с предварительной активацией световода на темной бумаге. Обработку проводили круговыми движениями вокруг нижних моляров в течение 3 мин. Процедуру лазерной обработки карманов повторяли в течение 7 дней, затем делали перерыв на 7 дней, далее в течение 7 дней продолжали обработку бесконтактным способом, погружая световод в десневую борозду, но не касаясь тканей слизистой оболочки. Параметры излучения в первую неделю устанавливали следующие: средняя мощность излучения 1,8 Вт, наносекундный импульсный режим излучения с частотой 200 нс и паузой 400 нс. При проведении второго курса

лазеротерапии использовали мощность 2 Вт и частоту импульсов 900 нс с паузой 200 нс. Во второй группе сравнения проводили стандартную процедуру фотодинамической терапии с использованием экзогенного фотосенсибилизатора на основе хлорина Е6, который наносили в зубодесневой карман на 10 мин., затем остатки смывали с использованием физиологического раствора, далее проводили лазерное облучение с использованием лазерного аппарата с длиной волны 660 нм, выдающего непрерывное лазерное излучение, с экспозицией 5 мин. Курс процедур лазерной терапии, как и в основной группе, составлял 7 дней, затем 7 дней перерыв, далее повторный семидневный курс. Выведение животных из эксперимента было обусловлено курсом проведения лазерного облучения животных. Для получения репрезентативных статистически достоверных данных в основной группе и группе сравнения животных выводили из эксперимента в количестве 10 особей на 7-, 14- и 21-е сутки, т. е. после первого курса лечения модельного пародонтита с использованием лазера, далее после перерыва в лечении и затем сразу после повторного курса лазеротерапии. В контрольной группе всех животных выводили из эксперимента на 21-е сутки, при этом на этапах лечения проводили антисептическую обработку пародонтальных карманов в качестве медикаментозной терапии. На этапах эксперимента фиксировали картину состояния тканей в области моделированного пародонтита в полости рта у экспериментальных животных на предмет наличия отека тканей, уменьшения глубины пародонтальных карманов, снижения воспалительной реакции.

После эвтаназии проводили декапитацию, затем выделяли фрагмент челюсти с нижними резцами для проведения морфометрического исследования. Фрагмент челюсти фиксировали в 10% растворе формалина, затем подвергали декальцинации с использованием раствора Биодек R (Италия), далее образцы обезживали с использованием этилена и заливали в парафиновые блоки. Гистологические срезы толщиной 4 мкм, полученные на микротоме HM355S (Thermo Scientific, Германия), окрашивали гематоксилином и эозином. Для получения гистологического среза правильной ориентации материал многократно дорезали методами ступенчатых и серийных срезов, меняя положение парафинового блока. Гистологические препараты исследовали и фотографировали с помощью микроскопа AxioLab A1 (Carl Zeiss Microscopy, Германия). Качественный морфологический анализ проводили для оценки отека периодонтальной связки, репарации костной ткани, выраженности полнокровия сосудов пародонта в области зубодесневого сегмента на разных этапах лечения. Морфометрический анализ васкуляризации тканей пародонта проводили с использованием объективов  $\times 10$  (тестовая площадь —  $1\,400\,000$  мкм<sup>2</sup>) и  $\times 20$  (тестовая площадь —  $350\,000$  мкм<sup>2</sup>) с применением программного обеспечения морфологического модуля Axiovision (Zeiss, Германия). На каждом срезе проводили по 5 измерений. Результаты обрабатывали

статистически с использованием программного обеспечения MS Office Excel и Statistica for Windows 10.0, представляли в виде среднего значения  $\pm$  стандартное квадратическое отклонение ( $M \pm \sigma$ ). Количественные данные в группах анализировали с помощью непараметрического метода Манна—Уитни (Mann—Whitny) для малых выборок [25]. Величина критического уровня значимости принималась равной 0,05, т. е. различия признавались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования

В основной группе после проведения первого курса лазерного воздействия на ткани пародонта в полости рта наблюдались отек тканей слизистой оболочки, выраженные пародонтальные карманы, сохранялось воспаление в тканях пародонта (рис. 1А). При изучении морфологической картины на данном этапе наблюдения отмечались выраженный отек ткани периодонтальной связки, полнокровие сосудов глубже расположенных сохраненных участков периодонтальной связки, подвижность зубов (рис. 1Б).

В группе сравнения на 7-е сутки наблюдения в полости рта животных отмечалось улучшение состояния по сравнению с основной группой: незначительный отек и гиперемия тканей, уменьшение пародонтальных карманов, в меньшей степени выражена подвижность зубов (рис. 2А). Морфологические наблюдения на данном этапе в группе сравнения позволили выявить очаги частично восстановленной, с параллельными пучками коллагеновых и эластических волокон, направленных перпендикулярно корню зуба, отеочной периодонтальной связки, более выраженное полнокровие сосудов в периодонтальной связке по сравнению с основной группой (рис. 2Б).

На 14-е сутки наблюдения в основной группе в полости рта наблюдались незначительные признаки воспаления тканей, в большей степени восстановленная периодонтальная связка зуба, единичные неглубокие пародонтальные карманы, незначительная подвижность зубов (рис. 3А). Изучение морфологической картины показало наличие участков частично восстановленной, с параллельными пучками коллагеновых и эластических волокон, направленных перпендикулярно корню зуба, отеочной периодонтальной связки, умеренно выраженный отек ткани и полнокровие сосудов сохраненных участков периодонтальной связки (рис. 3Б).

В группе сравнения на 14-е сутки в полости рта экспериментальных животных отмечались более выраженный отек тканей по сравнению с основной группой и подвижность зубов, пародонтальный карман был на более выраженном отрезке тканей вокруг зубов (рис. 4А). Значительных морфологических различий на данном этапе наблюдения не наблюдалось, за исключением чуть более выраженного отека периодонтальной связки ближе к корню зуба и пародонтального кармана, сохраняющегося на значительных участках (рис. 4Б).

На 21-е сутки наблюдения в полости рта экспериментальных животных сохранялся незначительный

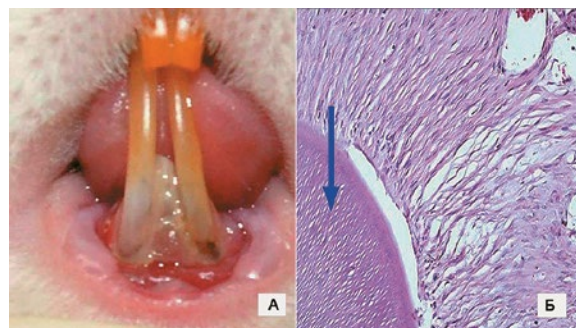


Рис. 1. Результаты наблюдения на 7-е сутки эксперимента в основной группе: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 1. Observation results on the 7th day of the experiment in the main group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; Б — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root), hematoxylin-eosin staining, х120

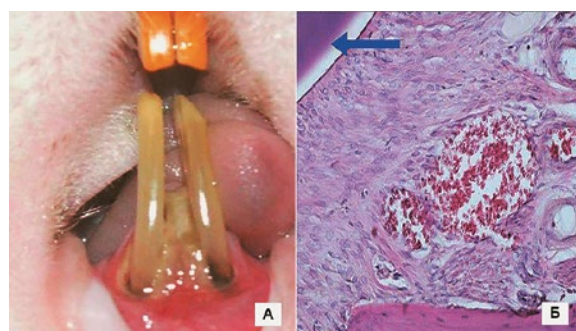


Рис. 2. Результаты наблюдения на 7-е сутки эксперимента в группе сравнения: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 2. Observation results on the 7th day of the experiment in the comparison group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; Б — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root), hematoxylin-eosin staining, х120

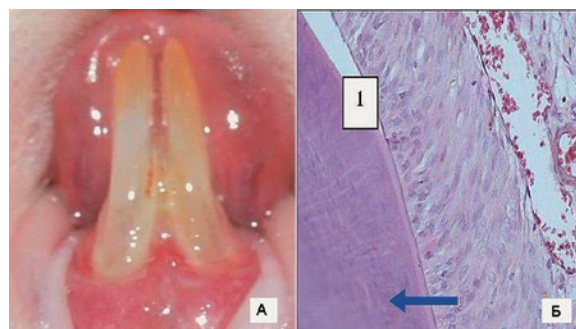


Рис. 3. Результаты наблюдения на 14-е сутки эксперимента в основной группе: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба; 1 — регенировавшая зубодесневая борозда без детрита), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 3. Observation results on the 14th day of the experiment in the main group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; Б — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root; 1 — regenerated tooth-gingival sulcus without detritus, hematoxylin-eosin staining, х120

отек тканей пародонта при полном отсутствии пародонтальных карманов и подвижности зубов (рис. 5А). Морфологическое изучение позволило выявить полностью регенерировавшую, богатую фибробластами с выраженным отеком периодонтальную связку с расширенными полнокровными сосудами на границе с костными балками альвеолярной кости, большое количество полнокровных сосудов в периодонтальной связке (рис. 5Б).

В группе сравнения на 21-е сутки наблюдения в полости рта экспериментальных животных отмечались более выраженный отек тканей, выраженная подвижность зубов по сравнению с основной группой, а также сохраненные на небольшом протяжении пародонтальные карманы глубиной более 3 мм (рис. 6А). Морфологический анализ на данном этапе наблюдения позволил выявить сохранившиеся мелкие очаги грану-

ляционной ткани с полнокровными сосудами без отека и воспалительной инфильтрации, с единичными макрофагами и лимфоцитами, а также единичные сосуды в области исследования (рис. 6Б).

В группе контроля к 21-му дню наблюдения отмечали в полости рта клиническую картину с признаками выраженного воспаления, значительную гиперемию и отек тканей, подвижность зубов. Морфологический анализ позволил выявить выраженные пародонтальные карманы, разрушения периодонтальной связки, замещенной грануляционной тканью с диффузной инфильтрацией лейкоцитами с примесью макрофагов, акантоз эпителия, тяжи которого врастают в грануляционную ткань, микроабсцессы.

Количественный анализ по определению полнокровных сосудов в периодонтальной связке на разных этапах наблюдения показал, что на 7-е сутки в основной группе количество сосудов ( $M \pm \sigma$ ) на границе с альвеолярной костью составило  $2,8 \pm 0,29$ , при этом в эти же сроки наблюдения в группе сравнения количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа было значительно больше и составило  $5,3 \pm 0,42$ . Это обусловлено, скорее всего, коагулирующим эффектом нового лазерного устройства на начальных этапах лечения. Уже к 14-м суткам наблюдения количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа практически сравнялось в обеих группах и составило в основной группе  $3,2 \pm 0,30$ , в группе сравнения —  $3,7 \pm 0,26$ . Интересные результаты морфометрический анализ показал на поздних этапах лечения: на 21-е сутки в основной группе количество полнокровных сосудов в поле зрения микроскопа значительно возросло и составило  $5,2 \pm 0,32$ , в контрольной данный показатель уменьшился до уровня  $1,8 \pm 0,15$ , при этом количество полнокровных сосудов было больше, чем в группе сравнения

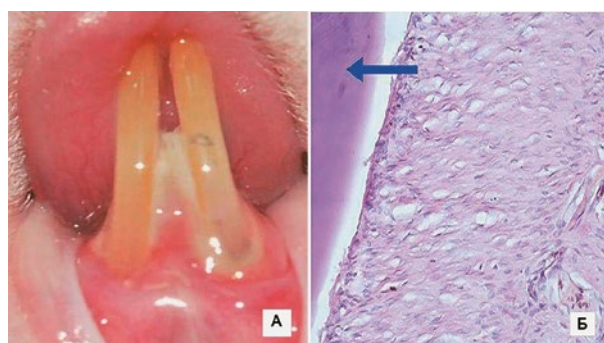


Рис. 4. Результаты наблюдения на 14-е сутки эксперимента в группе сравнения: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 4. Observation results on the 14th day of the experiment in the comparison group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; В — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root), hematoxylin-eosin staining, h120

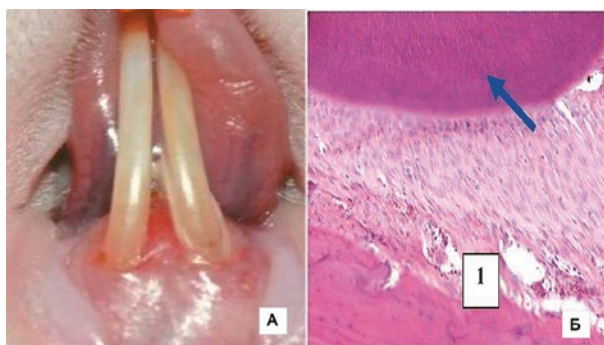


Рис. 5. Результаты наблюдения на 21-е сутки эксперимента в основной группе: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба; 1 — периодонтальная связка с расширенными полнокровными сосудами на границе с костными балками альвеолярной кости), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 5. Observation results on the 21st day of the experiment in the main group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; В — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root; 1 — periodontal ligament with expanded full-blooded vessels at the border with bone beams of the alveolar bone, hematoxylin-eosin stain, h120

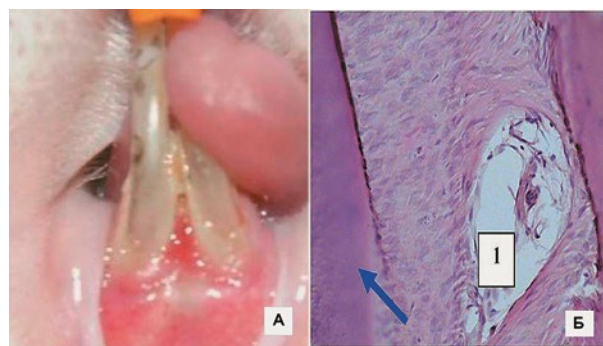


Рис. 6. Результаты наблюдения на 21-е сутки эксперимента в группе сравнения: А — состояние полости рта экспериментальных животных; Б — морфологическая картина тканей пародонта (стрелка — корень зуба; 1 — периодонтальная связка с единичными расширенными сосудами на границе с костными балками альвеолярной кости), окраска гематоксилином и эозином, х120

Fig. 6. Observation results on the 21st day of the experiment in the comparison group: А — condition in the oral cavity of experimental animals; В — morphological picture of periodontal tissues (arrow — tooth root; 1 — periodontal ligament with isolated dilated vessels at the border with the bone beams of the alveolar bone), hematoxylin-eosin stain, h120

(на уровне  $2,2 \pm 0,28$ ). Таким образом, в основной группе количество полнокровных сосудов на заключительном этапе терапии было в 2,9 раза больше, чем в группе сравнения. Во всех группах разница в подсчетах по критерию Манна—Уитни была статистически достоверной при  $p < 0,05$ . Результаты морфометрического анализа отражены на графике (рис. 7).

Таким образом, проведена качественная оценка воздействия различных видов лазерного излучения в комплексной терапии модельного пародонтита у экспериментальных животных. Результаты исследования показали, что использование новой лазерной технологии с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм способствует стимуляции роста сосудов в тканях пародонта по сравнению с традиционной фотодинамической лазерной терапией.

## Заключение

Результаты исследования подтвердили необходимость включения в комплексную терапию болезней пародонта лазерных методов воздействия с целью повышения эффективности и ускорения сроков лечения. Сравнительный анализ применения лазерной фотоокситерапии без использования экзогенных фотосенсибилизаторов и фотодинамической терапии показал, что лазерное облучение тканей пародонта у животных при лечении модельного пародонтита с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм в наносекундном импульсном режиме на поздних этапах лечения способствует неоваскуляризации тканей пародонта и созданию реактивного воспаления, что обеспечивает стимуляцию регенерации всех структур пародонта. Как показал морфометрический анализ, фотодинамическая терапия с применением фотосенсибилизатора, наоборот, угнетает развитие сосудистой сети в пародонте, что может быть обусловлено токсическим действием фотосенсибилизатора. На ранних этапах лечения новое наносекундное лазерное устройство использовалось для проведения микрохирургии пародонтальных карманов с целью удаления грануляций с использованием фототермических эффектов, на поздних этапах лечения — для проведения терапии, направленной на стимуляцию регенерации тканей пародонта с применением фотохимических эффектов синглетной фотоокситерапии.

## Литература

1. Янушевич, О.О. Состояние тканей пародонта у населения в возрасте 35-44 лет в регионах России / О.О. Янушевич, И.Н. Кузьмина // Российский стоматологический журнал. – 2009. – № 1. – С. 43–45.
2. Клинико-социальная характеристика пациентов с частичным отсутствием зубов и внедрение критериев качества жизни для оценки эффективности их лечения / С.В. Кирсанова, Э.А. Базикиан, К.Г. Гуревич, Е.Г. Фабрикант // Институт стоматологии. – 2007. – № 4 (37). – С. 24–25.
3. Янушевич, О.О. Влияние окклюзионной травмы на развитие заболеваний пародонта / О.О. Янушевич, Г.С. Рунова, А.Д. Гончаренко // Российская стоматология. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 16–19.
4. Применение безлекарственных антисептических средств в комплексном лечении хронического пародонтита / О.О. Янушевич, В.Г. Атрушкевич, Р.А. Айвазова, Е.Ю. Соколова // Dental Forum. – 2017. – № 1. – С. 63–67.
5. Базикиан, Э.А. Перспективные лазерные технологии в терапии заболеваний пародонта / Э.А. Базикиан, Н.В. Сырникова, А.А. Чунихин // Пародонтология. – 2017. – № 3 (84). – С. 55–59.
6. Clinical, Radiographic and Microbiological Evaluation of High Level Laser Therapy, a New Photodynamic Therapy Protocol, in Peri-Implantitis Treatment; a Pilot Experience / G. Cascianiga, G. Rey, M. Baldoni, A. Pausco // BioMed Research International. – 2016. doi:10.1155/2016/6321906
7. Закиров, Т.В. Современные представления о возможности использования лазера при лечении воспалительных заболеваний пародонта / Т.В. Закиров // Проблемы стоматологии. – 2012. – № 3. – С. 10–14.
8. Farivar, S. Biological Effects of Low Level Laser Therapy / S. Farivar, T. Malekshahabi, R. Shiri // J Lasers Med Sci. – 2014. – Vol. 5 (2). – P. 58–62.
9. Klinische und mikrobiologische Untersuchung zur Eignung verschiedener Nahtmaterialien in der Parodontal-chirurgie / J. Karutz, H. Briedigkeit, Ü. B. Göbel, R. J. Radlanski, B. M. Kleber // DtschZahnarzt Z. – 2001. – Vol. 56. – P. 653.
10. Крихели, Н.И. Изменение микробиологических и биохимических показателей у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени после включения фотодинамической терапии в план комплексного лечения / Н.И. Крихели, А.Е. Попова // Российская стоматология. – 2013. – Т. 6, № 4. – С. 4–11.
11. Фурцев, Т.В. Сравнительный анализ эффектов диодного лазера и фотодинамической терапии в комплексном лечении хронического пародонтита средней степени тяжести / Т.В. Фурцев, Е.А. Липецкая // Российский стоматологический журнал. – 2012. – № 2. – С. 35–37.
12. Antimicrobial photodynamic therapy may promote periodontal healing through multiple mechanisms / P. Braham, C. Herron, C. Street, R. Darveau // J. Periodontol. – 2009. – Vol. 80 (11). – P. 1790–1798.
13. Генина, Э.А. Методы биофотоники: фототерапия: учебное пособие / Э.А. Генина. – Саратов: Новый ветер, 2012. – 119 с.
14. Лазерная биофотоника / А.Н. Башкатов, Э.А. Генина, А.В. Приезжев, В.В. Тучин // Квантовая электроника. – 2016. – Т. 46, № 6. – С. 487.

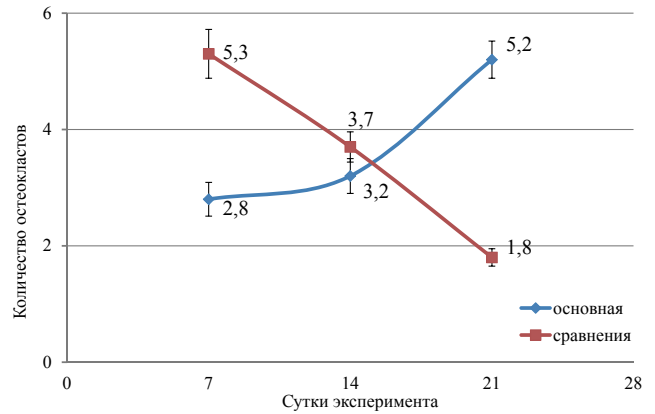


Рис. 7. Результаты морфометрической оценки количества полнокровных сосудов на разных этапах наблюдения (M±σ)

Fig. 7. Results of a morphometric assessment of the number of full blood vessels at different stages of observation (M±σ)

донта с применением фотохимических эффектов синглетной фотоокситерапии.

Кроме этого, необходимо отметить, что проведение методики лазеротерапии с использованием фотоокситерапии без фотосенсибилизаторов с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм позволяет практически в 5 раз сократить время процедуры по сравнению с фотодинамической терапией, что имеет большое значение для дальнейшего применения устройства в клинической практике. Проведенные доклинические экспериментальные исследования *in vivo* подтвердили высокую эффективность включения новой лазерной технологии наносекундной микрохирургии и низкоэнергетической лазерной терапии с длиной волны  $1265 \pm 5$  нм с применением нового лазерного устройства в комплексную терапию болезней пародонта. Применение новой технологии способствует сокращению сроков реабилитации, тщательной дегрануляции и эрадикации пародонтальных карманов, стимуляции регенерации всех структур пародонта, созданию устойчивой ремиссии.

15. Zakharov, S. D. Light-oxygen effect as a physical mechanism for activation of biosystems by quasi-monochromatic light (a review) / S. D. Zakharov, A. V. Ivanov // *Biophysics*. – 2005. – Vol. 50 (1). – P. 64–85.
16. Krasnovsky, A. A. Rates of  $O_2$  production upon direct laser excitation of molecular oxygen by 1270 nm laser radiation in air-saturated alcohols and micellar aqueous dispersions / A. A. Krasnovsky, Ya. V. Roubal, A. A. Strizhakov // *Chem. Phys. Lett.* – 2008. – Vol. 458. – P. 195–199.
17. Воронова, О. С. Влияние фемтосекундного лазерного излучения на показатели оксидативного стресса в опухолевой ткани при экспериментальном раке шейки матки / О. С. Воронова, Т. П. Генинг, В. В. Светухин // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 1. – С. 24–27.
18. Лазерный импульсный модуль для комплексной терапии, гипертермии и хирургии заболеваний челюстно-лицевой области: патент 2635773 Российская Федерация МПК A61N 5/067 / Базикян Э. А., Чунихин А. А., Янусевич О. О. – заявитель и патентообладатель Чунихин А. А., Базикян Э. А. – № 2016129331 от 19.07.2016. – опубл. 15.11.2017 Бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – 2017. – № 32. – 13 с.
19. Chunikhin, A. A. A laser unit for photodynamic therapy and robot-assisted microsurgery in dentistry / A. A. Chunikhin, E. A. Bazikyan, N. A. Pikhtin // *Tech. Phys. Lett.* – 2017. – Vol. 43 (6). – P. 507–510.
20. Сравнительная оценка эффективности генерации синглетного кислорода лазерным наносекундным модулем робототехнического хирургического комплекса в модельных биохимических средах / А. А. Чунихин, Э. А. Базикян, Н. В. Сырникова, А. Г. Чобанян // *Российская стоматология*. – 2017. – Т. 10 (2). – С. 30–35.
21. Animal models in biological and biomedical research – experimental and ethical concerns / M. L. Andersen, L. M. F. Winter // *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. – 2017. URL: dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170238.
22. Kilkenny, C. Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research / C. Kilkenny, W. J. Browne, I. C. Cuthill, M. Emerson, D. G. Altman // *PLoS Biol.* – 2010. – Vol. 8 (6). doi:10.1371/journal.pbio.1000412
23. World Medical Association «Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects» // *JAMA*. – 2013. – Vol. 310 (20). – P. 2191–2194.
24. Воложин, А. И. Моделирование и лечение воспаления в пародонте / А. И. Воложин, С. И. Виноградова // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. – 1991. – № 6. – С. 49–51.
25. Mann, H. B. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other / H. B. Mann, D. R. Whitney // *Annals of Mathematical Statistics*. – 1947. – № 18. – P. 50–60.

## References

1. Yanushevich, O. O., Kuzmina, I. N. (2009). Sostoyaniye tkaney parodonta u naseleniya v vozraste 35-44 let v regionakh Rossii [The condition of periodontal tissues among the population aged 35-44 years in the regions of Russia]. *Rossiyskiy stomatologicheskij zhurnal [Russian dental journal]*, 1, 43–45. (In Russ.)
2. Kirsanova, C. V., Bazikyan, E. A., Gurevich, K. G., Fabrikant, E. G. (2007). Kliniko-social'naya karakteristika pacientov s chastichnym otstutstviem zubov i vnedrenie kriteriev kachestva zhizni dlja ocenki jeffektivnosti ih lecheniya [Clinical and social characteristics of patients with partial absence of teeth and the introduction of quality of life criteria to assess the effectiveness of their treatment]. *Institut stomatologii. [Institute of Dentistry]*, 4 (37), 24–25. (In Russ.)
3. Yanushevich, O. O., Runova, G. S., Goncharenko, A. D. (2009). Vliyanie okkluzionnoj travmy na razvitiye zabolevanij parodonta [The effect of occlusive trauma on the development of periodontal disease]. *Rossiyskaja stomatologija. [Russian dentistry]*, 2 (3), 16–19. (In Russ.)
4. Yanushevich, O. O., Atrushkevich, V. G., Aivazova, R. A., Sokolova E. Yu. (2017). Primenenie bezlekarstvennykh antisepticheskikh sredstv v kompleksnom lechenii hronicheskogo parodontita [The use of drug-free antiseptics in the complex treatment of chronic periodontitis]. *Dental Forum [Dental Forum]*, 1, 63–67. (In Russ.)
5. Bazikyan, E. A., Syrnikova, N. V., Chunikhin, A. A. (2017). Perspektivnye lazernye tehnologii v terapii zabolevanij parodonta [Promising laser technologies in the treatment of periodontal diseases]. *Parodontologiya [Parodontology]*, 3 (84), 55–59. (In Russ.)
6. Saccianiga, G., Rey, G., Baldoni, M., Pausco, A. (2016). Clinical, Peri-Implantitis Treatment; a Pilot Experience. *BioMed Research International*, doi: 10.1155 / 2016/6321906
7. Zakirov, T. V. (2012). Sovremennye predstavleniya o vozmozhnosti ispol'zovaniya lazera pri lechenii vospalitel'nykh zabolevanij parodonta [Modern ideas about the possibility of using a laser in the treatment of inflammatory periodontal diseases]. *Problemy stomatologii [Problems of dentistry]*, 3, 10–14. (In Russ.)
8. Farivar, S., Malekshahabi, T., Shiari, R. (2014). Biological Effects of Low Level Laser Therapy. *J Lasers Med Sci.*, 5 (2), 58–62.
9. Karutz, J., Briedigkeit, H., Göbel, Ü. B., Radlanski, R. J., Kleber, B. M. (2001). Klinische und mikrobiologische Untersuchung zur Eignung verschiedener Nahtmaterialien in der Parodontal – chirurgie. *DtschZahnärztl Z.*, 6, 653.
10. Krikheli, N. I., Popova, A. E. (2013). Izmenenie mikrobiologicheskikh i biohimicheskikh pokazatelej u pacientov s hronicheskim generalizovannym parodontitom srednej stepeni posle vkljucheniya fotodinamicheskoj terapii v plan kompleksnogo lecheniya [Changes in microbiological and biochemical parameters in patients with moderate chronic generalized periodontitis after the inclusion of photodynamic therapy in the integrated treatment plan]. *Rossiyskaja stomatologija. [Russian dentistry]*, 6 (4), 4–11. (In Russ.)
11. Furtsev, T. V., Lipetsk, E. A. (2012). Sravnitel'nyj analiz jeffektov diodnogo lazera i fotodinamicheskoj terapii v kompleksnom lechenii hronicheskogo parodontita srednej stepeni tjazhesti [Comparative analysis of the effects of a diode laser and photodynamic therapy in the complex treatment of chronic periodontitis of moderate severity]. *Rossiyskij stomatologicheskij zhurnal [Russian dental journal]*, 2, 35–37. (In Russ.)
12. Braham, P., Herron, C., Street, C., Darveau R. (2009). Antimicrobial photodynamic therapy may promote periodontal healing through multiple mechanisms. *J. Periodontol.*, 80 (11), 1790–1798.
13. Genina, E. A. (2012). *Metody biofotoniki: fototerapiya [Biophotonic methods: phototherapy: tutorial]*. Saratov: New Wind, 119. (In Russ.)
14. Bashkatov, A. N., Genina, E. A., Priezezhnev, A. V., Tuchin, V. V. (2016). Laser biophotonics. *Quantum Electronics*, 46 (6), 487.
15. Zakharov, S. D., Ivanov, A. V. (2005). The effect is a physical mechanism for a quasi-monochromatic light (a review). *Biophysics*, 50 (1), 64–85.
16. Krasnovsky, A. A., Roubal, Ya. V., Strizhakov, A. A. (2008). Rates of  $O_2$  production after 1270 nm laser air emission in air – saturated alcohols and micellar aqueous dispersions. *Chem. Phys. Lett.*, 458, 195–199.
17. Voronova, O. S., Gening, T. P., Svetukhin, V. V. (2012). Vliyanie femtosekundnogo lazernogo izlucheniya na pokazateli oksidativnogo stressa v opuholevoj tkani pri jeksperimental'nom rake shejki matki [The effect of femtosecond laser radiation on the indicators of oxidative stress in tumor tissue in experimental cervical cancer]. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]*, 1, 24–27. (In Russ.)
18. Bazikyan, E. A., Chunikhin, A. A., Yanushevich, O. O. (2017). *Lazernyy impul'snyy modul' dlya kompleksnoj terapii, hipertermii i khirurgii zabolevanij chelyustno-litsevoj oblasti: patent 2635773 Rossiyskaya Federatsiya [Laser Pulse Module for Complex Therapy, Hyperthermia and Surgery of Diseases of the Maxillofacial Region: patent No. 2635773 Russian Federation]*. IPC A61N 5/067; applicant and patentee Chunikhin A. A., Bazikyan E. A. № 2016129331 dated 07.19.2016; publ. November 15, 2017 Bulletin Inventions. Utility models, 32, 13.
19. Chunikhin, A. A., Bazikyan, E. A., Pikhtin, N. A. (2017). A laser unit for photodynamic therapy and robot-assisted microsurgery in dentistry. *Tech. Phys. Lett.*, 43 (6), 507–510.
20. Chunikhin, A. A., Bazikyan, E. A., Syrnikova, N. V., Chobanyan, A. G. (2017). Sravnitel'nyj analiz jeffektivnosti generacii singletnogo kisloroda lazernym наносекундным модулем робототехнического хирургического комплекса в модельных биохимических средах [Comparative evaluation of the efficiency of singlet oxygen generation by the laser nanosecond module of a robotic surgical complex in model biochemical media]. *Rossiyskaja stomatologija. [Russian dentistry]*, 10 (2), 30–35. (In Russ.)
21. Andersen, M. L., Winte, r M. F. (2017). Ethical concerns. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. doi:10.1590/0001-3765201720170238.
22. Kilkenny, C., Browne, W. J., Cuthill, I. C., Emerson, M., Altman, D. G. (2010). Improving Bioscience Research Reporting: The ARRIVE Guidelines for Reporting Animal Research. *PLoS Biol.*, 8 (6). doi: 10.1371 / journal.pbio.1000412
23. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Involving Human Subjects. *JAMA*, 310 (20), 2191–2194.
24. Volozhin, A. I., Vиноградова, S. I. (1991). Modelirovanie i lechenie vospaleniya v parodontе [Modeling and treatment of inflammation in periodontal]. *Patologicheskaja fiziologija i jeksperimental'naja terapija [Pathological physiology and experimental therapy]*, 6, 49–51. (In Russ.)
25. Mann, H. B., Whitney, D. R. (1947). It is a bit more variable than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50–60.

## Авторы:

**Андрей Анатольевич ЧУНИХИН**  
к. м. н., доцент кафедры хирургии полости рта, Московский государственный  
медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва  
docca74@yandex.ru  
**Эрнест Арамович БАЗИКЯН**  
д. м. н., профессор, заведующий кафедрой хирургии полости  
рта, Московский государственный медио-стоматологический  
университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва  
prof.bazikyan@gmail.com  
**Никита Андреевич ЧУНИХИН**  
студент стоматологического факультета, Московский государственный  
медио-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова, г. Москва  
nickchn@yandex.ru

## Authors:

**Andrey A. CHUNIKHIN**  
PhD, Associate Professor, Department of Oral Surgery, Moscow State University  
of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Moscow, Russia  
docca74@yandex.ru  
**Ernest A. BAZIKYAN**  
Prof., MD, Head of the Department of Oral Surgery, Moscow State University  
of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Moscow  
prof.bazikyan@gmail.com  
**Nikita A. CHUNIKHIN**  
student Faculty of Dentistry, Moscow State University of Medicine  
and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Moscow, Russia  
nickchn@yandex.ru

Поступила 01.02.2019 Received  
Принята к печати 25.02.2019 Accepted