

DOI: 10.37988/1811-153X_2022_4_137

[Н.В. Романенко,](#)

к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии

[С.В. Тарасенко,](#)

д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургической стоматологии

[Н.Б. Серезникова,](#)

к.б.н., с.н.с. Биобанка Института регенеративной медицины

[А.Б. Шехтер,](#)

д.б.н., профессор, главный научный сотрудник Биобанка Института регенеративной медицины

[А.Ю. Суворов,](#)

к.м.н., старший медицинский статистик

[С.В. Джиджавадзе,](#)

клинический ординатор кафедры хирургической стоматологии

[А.А. Деревянкин,](#)

клинический ординатор кафедры хирургической стоматологии

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,
119991, Москва, Россия**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:**

Романенко Н.В., Тарасенко С.В., Серезникова Н.Б., Шехтер А.Б., Суворов А.Ю., Джиджавадзе С.В., Деревянкин А.А. Сравнительная оценка результатов биологического ответа слизистой оболочки полости рта на воздействие лазерным излучением с длиной волны 445 и 810 нм (экспериментальное исследование). — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (4): 137—143. DOI: 10.37988/1811-153X_2022_4_137

Сравнительная оценка результатов биологического ответа слизистой оболочки полости рта на воздействие лазерным излучением с длиной волны 445 и 810 нм (экспериментальное исследование)

Реферат. В настоящее время российскими и зарубежными производителями медицинского оборудования представлена инновационная лазерная технология, предполагающая препарирование мягких тканей бесконтактным способом. Лазерное излучение с длиной волны 445 нм генерируется диодным полупроводником и соответствует голубому цвету видимого спектра света. Актуальным представляется научное обоснование эффективности применения голубого лазера в качестве инструмента альтерации в хирургической стоматологической практике. **Цель** исследования — изучение морфологических изменений интактной слизистой оболочки полости рта при воздействии лазерным излучением с длиной волны 445 нм. **Материалы и методы.** Изучали особенности биологического ответа слизистой оболочки рта на альтерацию, сформированную лазерным излучением с длиной волны 445±40 нм. Объектом изучения послужили 24 половозрелые лабораторные крысы массой от 180 до 250 г. В основной группе (12 крыс) линейный разрез слизистой оболочки проводили с применением лазерного аппарата с длиной волны 445 нм бесконтактным способом при мощности лазерного излучения 0,7 Вт в непрерывном режиме и неиницированным волокном. Группу сравнения составили образцы слизистой оболочки рта, имеющие дефект, сформированный воздействием лазерным излучением с длиной волны 810 нм контактным методом при мощности 0,7 Вт в импульсном режиме и инициированным волокном. **Результаты.** Согласно гистологической картине, препарирование слизистой оболочки рта лабораторных животных бесконтактным методом и лазерным излучением с длиной волны 445 нм вызывает меньшее повреждение тканей при сравнении с контактным методом и использованием лазерного излучения с длиной волны 810 нм. **Заключение.** Полученные результаты гистологического исследования указывают на безопасность излучения голубого лазера и преимущество перед лазерным излучением инфракрасного диапазона.

Ключевые слова: диодный лазер, лазерное излучение, 445 нм, гистологическое исследование, голубой лазер

[N.V. Romanenko,](#)

PhD in Medical Sciences, associate professor of the Surgical dentistry Department

[S.V. Tarasenko,](#)

PhD in Medical Sciences, full professor of the Maxillofacial surgery Department

[N.B. Serezhnikova,](#)

PhD in Biology, senior researcher at the BioBank of the Institute for Regenerative Medicine

[A.B. Shekhter,](#)

PhD in Biology, full professor, chief researcher of the BioBank of the Institute for Regenerative Medicine

A comparative assessment of the results of the biological response of the oral mucosa on the effect of laser radiation with a wavelength of 445 nm and 810 nm

Abstract. Currently, russian and foreign manufacturers of medical equipment present an innovative laser technology involving preparation of soft tissues by non-contact method. Laser radiation with a wavelength of 445 nm is generated by a diode semiconductor and corresponds to the blue color of the visible light spectrum. The scientific justification of the effectiveness of blue laser as an alteration tool in surgical dentistry is relevant. **The aim** of the study is to study morphological changes of intact oral mucosa when exposed to laser radiation of 445 nm wavelength. **Materials and methods.** Peculiarities of the biological response of the oral mucosa to alteration formed by laser radiation with a wavelength of 445±40 nm were studied. The objects of the study were

A.Y. Suvorov,

PhD in Medical Sciences, chief medical
statistician

S.V. Djidjavadze,

clinical resident of the Surgical dentistry
Department

A.A. Derevyankin,

clinical resident of the Surgical dentistry
Department

Sechenov University,
119435, Moscow, Russia

24 sexually mature laboratory rats weighing from 180 to 250 grams. In the main group (12 rats), a linear incision of the mucous membrane was made using a 445 nm laser in a non-contact mode at the 0.7 W emission power in a continuous mode using uninitiated fiber. The comparison group was the samples of the oral mucous membrane with the defect formed by exposure to 810 nm laser by contact method at the power of 0.7 W in the pulsed mode and using initiated fiber. **Results.** According to the histological picture, the preparation of the oral mucosa of laboratory animals by non-contact method and 445 nm laser emission caused less tissue damage in comparison to the contact method and 810 nm laser. **Conclusions.** The results of histological study indicate the safety of blue laser emission and its advantage over the infrared laser.

Keywords: diode laser, laser radiation, 445 nm, histological examination, blue laser

FOR CITATION:

Romanenko N.V., Tarasenko S.V., Serezhnikova N.B., Shekhter A.B., Suvorov A.Y., Djidjavadze S.V., Derevyankin A.A. A comparative assessment of the results of the biological response of the oral mucosa on the effect of laser radiation with a wavelength of 445 nm and 810 nm. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (4): 137—143 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X_2022_4_137

ВВЕДЕНИЕ

Концепция малоинвазивного и низкотравматичного хирургического лечения приоритетна в современной стоматологической практике [1–3]. Безболезненность медицинских процедур, слабая выраженность симптомов послеоперационного периода, короткие сроки реабилитации пациентов и отсутствие рубцовой ткани в области операционного вмешательства взаимосвязаны с оценкой качества жизни человека.

В хирургической стоматологической практике сокращение периода реабилитации пациентов коррелирует со сроками эпителизации различных видов повреждений слизистой оболочки полости рта [4–6]. Проведенные многочисленные исследования указывают на значительное сокращение сроков регенерации послеоперационной раны слизистой оболочки полости рта, созданной лазерным излучением, при сравнении с традиционными хирургическими методами [7–10].

Применение лазерных технологий предполагает и предупреждение кровопотери при проведении хирургических вмешательств [11, 12]. В большинстве случаев для препарирования мягких тканей полости рта используются диодные полупроводниковые лазеры с длиной волны 810, 940 и 980 нм [13–16]. Данные длины волн находятся в инфракрасном (невидимом) спектре света. Для их визуализации в устройствах лазерных аппаратов имеется пилотный луч с длиной волны 635 нм, что соответствует красному цвету видимого спектра света. Энергия диодных лазеров поглощается в большей степени гемоглобином крови и в меньшей степени меланином тканей [11]. При препарировании слизистой оболочки рта лазерным излучением отмечается выраженный гемостатический эффект [12, 17–20]. Рассечение и отсечение тканей выполняют гибким стекловолокном, которое предварительно иницируют [13]. Препарирование мягких тканей излучением с длиной волны 810, 940 и 980 нм возможно только контактным способом [17, 21, 22]. Технические особенности данной процедуры влекут за собой значительное повышение

температуры тканей в области операционного поля, особенно при несвоевременном очищении стекловолокна, что вызывает термический ожог и выраженный коагуляционный некроз тканей, а также формирует болевой синдром у пациентов в ранний послеоперационный период.

В настоящее время мировые производители медицинского оборудования заявили о создании лазерного аппарата с длиной волны 445 нм. Данная длина волны видимого света находится в спектре голубого цвета.

Представленные на российском и зарубежном рынке лазерные аппараты с длиной волны 445 нм заявлены как бесконтактные хирургические устройства. Данное заявление производителей заведомо предполагает малую инвазивность лечебных манипуляций и более высокую безопасность применения данной лазерной технологии у пациентов разных возрастных групп и у пациентов с сопутствующими заболеваниями. Все эти факты создают предпосылки для широких перспектив применения лазерной технологии с длиной волны 445 нм.

Внедрение в стоматологическую практику технологии лазерного излучения голубого цвета обуславливает важность и необходимость проведения исследований по изучению механизма действия волны длиной 445 нм на ткани живого организма. Актуальным представляется экспериментальное изучение биологического ответа тканей на воздействие излучением голубого лазера и определение степени безопасности данной лазерной технологии для применения в стоматологической практике.

Цель исследования — изучение морфологических изменений интактной слизистой оболочки полости рта при воздействии лазерным излучением с длиной волны 445 нм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве источника лазерного излучения с длиной волны 810±10 нм использовали аппарат Picasso Lite (AMD Lasers, США), сертифицированный на территории

Российской Федерации. Источником излучения с длиной волны 445 ± 40 нм служил опытный образец полупроводникового лазера производства научно-технического объединения «ИРЭ-Полюс» (Россия).



Рис. 1. Операционная рана — линейный разрез слизистой оболочки рта лабораторной крысы, выполненный лазерным лучом с длиной волны 445 нм

Fig. 1. Operating wound — a linear section of the mucous membrane of the oral cavity of a laboratory rat, made by a laser irradiation with a wavelength of 445 nm



Рис. 2. Операционная рана — линейный разрез слизистой оболочки рта лабораторной крысы, выполненный лазерным лучом с длиной волны 810 нм

Fig. 2. Operating wound — a linear section of the mucous membrane of the oral cavity of a laboratory rat, made by a laser irradiation with a wavelength of 810 nm

Объектом изучения послужили 24 половозрелые лабораторные крысы мужского пола породы Wistar массой от 180 до 250 г. Перед выполнением линейного разреза слизистой оболочки рта с целью общего обезболивания крысам внутримышечно вводили препараты Золетил (тилетамина гидрохлорид и золазепам гидрохлорид; Virbac, Франция) из расчета 5 мг/кг и Ксила (ксилазина гидрохлорид; Interchemie, Нидерланды) из расчета 0,2 мл/кг.

Лабораторные животные случайным образом были разделены на 2 равные группы по 12 особей. В основной группе линейный разрез слизистой оболочки в области нижнего свода преддверия полости рта проводили бесконтактным способом 445-нанометровым лазером на мощности излучения 0,7 Вт в непрерывном режиме и неиницированным волокном диаметром 400 мкм. Расстояние от кончика световода до поверхности десны составляло 0,5–1 мм (рис. 1). В группе сравнения разрез выполняли контактным способом с применением 810-нанометрового лазера на мощности излучения 0,7 Вт в импульсном режиме и инициированным волокном диаметром 400 мкм (рис. 2).

Для точности разреза и предупреждения вибрации свободной части оптоволоконного кабеля последнее выступало из металлической втулки аппликатора на 4 мм. Оптоволоконно освобождали от защитного покрытия также на длину 4 мм. Таким образом, в просвете металлической втулки аппликатора оптоволоконно находилось в защитном футляре, что также не позволяло свободной части оптоволоконного кабеля быть подвижной. Движение оптоволоконного кабеля вдоль операционной раны выполняли со скоростью 3 мм/с, что позволяло за 1,5 секунды сформировать разрез длиной 5 мм.

Через 25 минут после окончания хирургической манипуляции выполняли биопсию слизистой оболочки полости рта: проводили иссечение фрагмента мягких тканей полости рта, на 2 мм со всех сторон отступив от границ операционного поля. Биоптаты фиксировали в нейтральном растворе формалина в течение 24 часов, обезвоживали в изопропиловом спирте и заливали в парафин. На ротационном микротоме из парафиновых блоков получали срезы толщиной 4 мкм, которые приклеивали на предметные стекла, покрытые поли-L-лизинном. Препараты высушивали в термостате при температуре 37°C в течение 48 часов и окрашивали гематоксилином и эозином.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При гистологическом исследовании биоптатов основной группы в 50% случаев в области операционного дефекта очагов заметного коагуляционного некроза не наблюдали. Эпителиальный слой клеток сохранен. Определяется десквамация эпителия в центре операционного разреза. Признаки воспалительной инфильтрации отсутствуют (рис. 3). В остальных случаях были выявлены очаги коагуляционного некроза небольшого размера. В центре операционного разреза эпителий полностью

отсутствовал или был некротизирован. По периферии эпителий почти полностью сохранен. Признаки воспалительной инфильтрации отсутствуют (рис. 4).

При формировании операционного разреза 810-нанометровым лазером в 25% случаев обнаружили дефекты большой площади. В области дефектов отмечали относительно толстые слои коагуляционного некроза с уплотнением соединительной ткани и разрушением большей части клеточных элементов (рис. 5). На поверхности участка, где эпителий не сохранился, имелись обрывки с полной коагуляцией ткани без клеток.

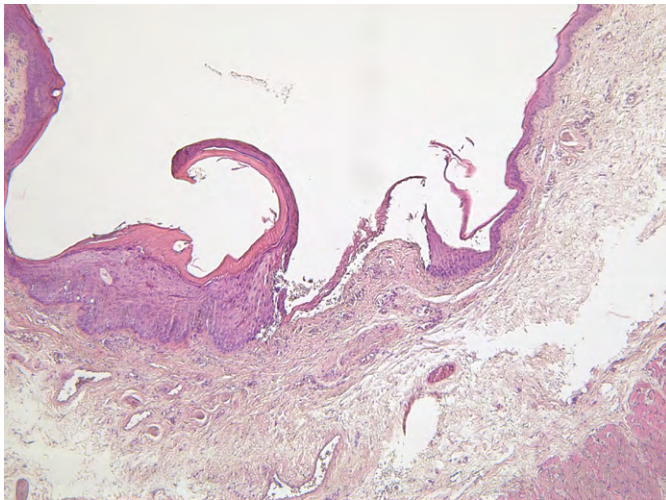


Рис. 3. Участок слизистой оболочки рта лабораторной крысы, имеющий дефект, созданный лазерным излучением с длиной волны 445 нм бесконтактным методом на мощности 0,7 Вт в непрерывном режиме: десквамация эпителия в центре операционного разреза (ув. 50)
Fig. 3. Section of the oral mucosa of a laboratory rat with a defect created by 445-nm laser irradiation in non-contact mode at a power of 0.7 W in continuous mode: desquamation of the epithelium in the center of the surgical incision (mag. 50×)

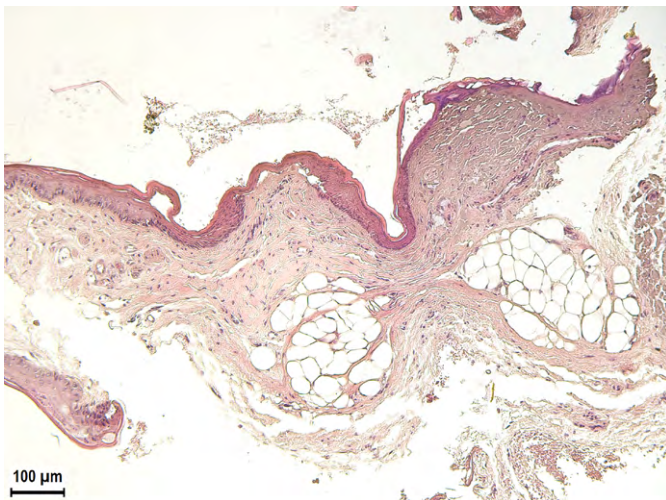


Рис. 4. Участок слизистой оболочки рта лабораторной крысы, имеющий дефект, созданный лазерным излучением с длиной волны 445 нм бесконтактным методом на мощности 0,7 Вт в непрерывном режиме: очаги коагуляционного некроза небольшого размера (ув. 100)
Fig. 4. Section of the oral mucosa of a laboratory rat with a defect created by 445-nm laser irradiation in non-contact mode at a power of 0.7 W in continuous mode: coagulation necrosis foci of small size (mag. 100×)

В более глубоких участках эпителий сохраняется, клеточные элементы присутствуют, но в большей их части выявляется деструкция цитоплазмы и ядер этих клеток (плазморексис и кариорексис). Под участками поражения отмечаются ткани в состоянии отека, резкое полнокровие сосудов и появление нейтрофильных лейкоцитов в небольшом количестве. В большинстве (75%) случаев в биоптатах группы сравнения в центре операционного разреза наблюдаются зоны коагуляционного некроза без эпителия, имеющие меньший размер (рис. 6). По периферии операционного разреза присутствует более тонкий слой сохранившегося эпителия.

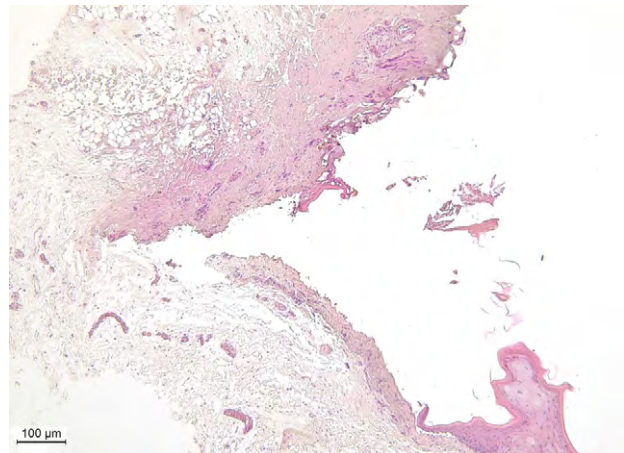


Рис. 5. Участок слизистой оболочки рта лабораторной крысы, имеющий дефект, созданный лазерным излучением с длиной волны 810 нм контактным методом на мощности 0,7 Вт в импульсном режиме: зона коагуляционного некроза большой площади (ув. 100)
Fig. 5. Section of the oral mucosa of a laboratory rat with a defect created by 810-nm laser irradiation in contact mode at a power of 0.7 W in pulse mode: coagulation necrosis zone of a large area (mag. 100×)

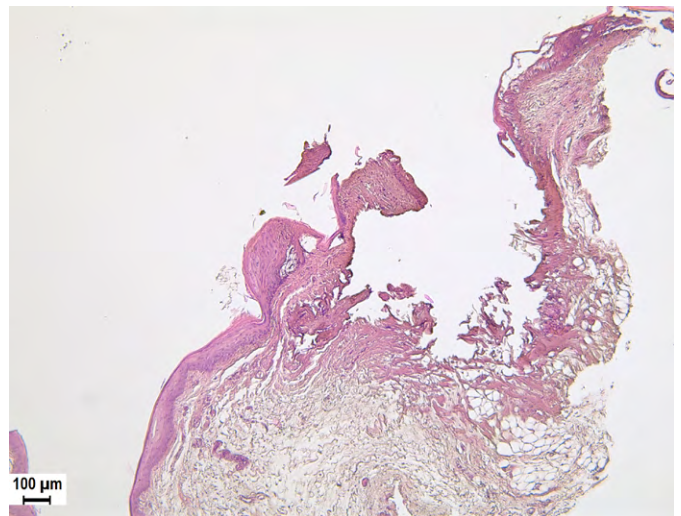


Рис. 6. Участок слизистой оболочки рта лабораторной крысы, имеющий дефект, созданный лазерным излучением с длиной волны 810 нм контактным методом на мощности 0,7 Вт в импульсном режиме: зона коагуляционного некроза без эпителия (ув. 50)
Fig. 6. Section of the oral mucosa of a laboratory rat with a defect created by 810-nm laser irradiation in contact mode at a power of 0.7 W in pulse mode: coagulation necrosis zone without epithelium (mag. 50×)

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в амбулаторной стоматологической практике для препарирования мягких тканей широкое распространение получили диодные полупроводниковые лазеры с длиной волны 810 и 980 нм. По данным Emre Aytugan и соавт., как средство альтерации лазерное излучение с длиной волны 810 нм менее травматично при сравнении с излучением 980 нм [23]. Также учеными установлено более высокое качество разреза слизистой оболочки [23, 24]. Излучение с длиной волны 810 нм не влияет на структуру поверхности стоматологических винтовых внутрикостных имплантатов из титана [25] и не вызывает повышения температуры на их поверхности выше критических показателей [26]. Гистологические исследования указывают на отсутствие тромбоза сосудов в области операционной раны, наличие только коагулированных сосудов и отсутствие стромальных изменений [24]. Учеными отмечено меньшее повышение температуры в области поверхностных тканей и глубоких тканей в зоне операционного разреза при сравнении с воздействием лазерного излучения с длиной волны 980 нм [24].

В данном экспериментальном исследовании для группы сравнения лазерное излучение с длиной волны 810 нм было выбрано на основании опубликованных научных данных, а также в связи с широкой доступностью таких диодных лазерных аппаратов.

Нанесение хирургической травмы лазерным лучом на биологические ткани вызывает в них воспалительную реакцию. Известно, что выраженность воспалительной реакции прямо пропорциональна мощности лазерного излучения [7]. По данным А.М. Гуторовой, регенерация тканей и организация раневого дефекта замедляются при увеличении мощности [7]. Необходимым представилось определение минимальной мощности, при которой возможно сформировать разрез слизистой оболочки полости рта.

Эмпирическим путем нами было установлено, что минимальная мощность, при которой происходит расщепление слизистой оболочки рта лабораторной крысы инициированным волокном 810-нанометрового лазера в импульсном режиме равна 0,7 Вт. Для сопоставимости результатов воздействие излучением с длиной волны 445 нм также применяли на мощности 0,7 Вт.

По данным Н.Е. Горбатовой и соавт., особенностью биологического ответа живого организма на воздействие лазерным излучением при непрерывном режиме является повышение температуры тканей в зоне гипертермии (такое название имеет зона, расположенная по периферии от зоны коагуляции) [27]. В связи с этим для препарирования мягких тканей нами использован импульсный режим, что создавало условия для термальной релаксации тканей в зоне хирургического вмешательства. На важность использования импульсного режима при выполнении хирургических манипуляций с применением лазерных технологий указывают и результаты исследований зарубежных клиницистов [23, 28].

Первые попытки выполнить разрез 445-нанометровым лазером бесконтактным способом в импульсном режиме привели к выраженной карбонизации тканей в области операционного поля. Нами было высказано предположение, что данное явление обусловлено высокой мощностью лазерного излучения в момент импульса. При выставленной мощности 0,7 Вт аппарат «ИРЭ-Полюс» в момент импульса на табло показывал 13 Вт. Уменьшить пиковую мощность в ручном режиме не представилось возможным, было принято решение о переключении в непрерывный режим.

Для достоверности результатов и определения гипотетического эффекта достаточно 12 особей в группе. При планировании исследования мы придерживались принципа Whitehead и предполагали получение большого размера эффекта — $\delta \geq 0,7$ [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сравнении биоптатов слизистой оболочки рта лабораторных крыс двух групп была выявлена разница в биологическом ответе на хирургическую травму, вызванную разными методами альтерации и лазерным излучением с разной длины волны. При воздействии на слизистую оболочку полости рта лазерным излучением с длиной волны 445 нм бесконтактным методом в зоне альтерации тканей участки коагуляционного некроза отсутствовали или были небольших размеров, эпителиальный слой клеток сохранен, признаки воспалительной инфильтрации не наблюдались.

При воздействии на слизистую оболочку рта лазерным излучением с длиной волны 810 нм контактным методом в зоне операционного разреза, наоборот, присутствовали участки коагуляционного некроза, причем отдельные имели площадь больших размеров, эпителий подвергался деструкции и некрозу, наблюдались воспалительная инфильтрация, изменения в наполненности кровеносных сосудов и отек соединительной ткани.

Согласно гистологической картине, бесконтактное препарирование слизистой оболочки рта лабораторных животных лазерным излучением с длиной волны 445 нм вызывает меньшее повреждение тканей при сравнении с контактным методом лазерного облучения при длине волны 810 нм.

Полученные нами результаты сопоставимы с данными группы ученых из Университета Бонна (Германия). Amelie Nanke и коллегами также было установлено преимущество бесконтактного метода препарирования мягких тканей лазерным излучением с длиной волны 445 нм [21].

Таким образом, нами определена возможность препарирования мягких тканей полости рта лазерным излучением с длиной волны 445 нм бесконтактным способом при мощности 0,7 Вт. Полученные результаты гистологического исследования указывают на безопасность излучения голубого лазера и преимущество перед лазерным излучением инфракрасного диапазона света.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 21.08.2022 **Принята в печать:** 22.10.2022

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 21.08.2022

Accepted: 22.10.2022

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Bonatto G.O., Silva A.P.M., Buchala C.A.C.N. Major approaches to minimally traumatic surgery in dentistry: a systematic review. — *Journal of Medical and Health Sciences*. — 2021; 2 (5): 1—6. DOI: 10.54448/mdnt21517
- Frencken J.E. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. — *Br Dent J*. — 2017; 223 (3): 183—189. PMID: 28798450
- Sultan N., Jafri Z., Sawai M., Bhardwaj A. Minimally invasive periodontal therapy. — *J Oral Biol Craniofac Res*. — 2020; 10 (2): 161—165. PMID: 32489815
- Караров К.Г., Власова Т.Н., Оганян А.В., Мажаров В.Н., Каракова С.Н., Хачатурян Э.Э., Хачатурян А.Э., Эм А.В. Эффективность применени ямасляно-бальзамических антисептиков у пациентов с эрозивно-язвенными поражениями слизистой оболочки полости рта. — *Главный врач Юга России*. — 2019; 6 (70): 16—20. [Karakov K.G., Vlasova T.N., Oganyan A.V., Majorov V.N., Karakova S.N., Khachaturyan E.E., Khachaturyan A.E., Em A.V. The efficiency of application of oil-balsamic antiseptics in patients with erosive and ulcerative damages of the mucosa of the oral cavity. — *Glavnyi Vrach Uga Russia*. — 2019; 6 (70): 16—20 (In Russ.)]. eLibrary ID: 41747107
- Pavlenko O., Boiko M., Savitskaya I., Geilenko O. Histotopographic and morphometric characteristics of the oral mucosa postoperative wounds healing, depending on the method of connecting the wound edges. — *EUREKA: Health Sciences*. — 2021; 3: 69—78. DOI: 10.21303/2504-5679.2021.001845
- Politis C., Schoenaers J., Jacobs R., Agbaje J.O. Wound Healing Problems in the Mouth. — *Front Physiol*. — 2016; 7: 507. PMID: 27853435
- Гуторова А.М. Сравнительный анализ репаративных процессов в зависимости от метода хирургического лечения: дис. ... к.м.н. — М: Сеченовский университет, 2019. — 147 с. [Guntorova A.M. Comparative analysis of reparative processes depending on the method of surgical treatment: master's thesis. — Moscow: Sechenov University, 2019. — 147 p. (In Russ.)].
- Трунин Д.А., Вырмаскин С.И., Афанасьев В.В. Опыт применения лазеров для вестибулопластики в периимплантантной зоне. — *Медико-фармацевтический журнал Пульс*. — 2021; 6: 87—92. [Trunin D.A., Vyrmaskin S.I., Afanasev V.V. Experience of using lasers for vestibuloplasty in pery-impant area. — *Medical and pharmaceutical journal Pulse*. — 2021; 6: 87—92 (In Russ.)]. eLibrary ID: 46113079
- Kaur M., Sharma Y.P.D., Singh P., Sharma S., Wahi A. Comparative evaluation of efficacy and soft tissue wound healing using diode laser (810 nm) versus conventional scalpel technique for second-stage implant surgery. — *J Indian Soc Periodontol*. — 2018; 22 (3): 228—234. PMID: 29962702
- Merigo E., Clini F., Fornaini C., Oppici A., Paties C., Zangrandi A., Fontana M., Rocca J.P., Meleti M., Manfredi M., Cella L., Vescovi P. Laser-assisted surgery with different wavelengths: a preliminary ex vivo study on thermal increase and histological evaluation. — *Lasers Med Sci*. — 2013; 28 (2): 497—504. PMID: 22526970
- Конвигсар Р.А. Лазеры в стоматологии. Фундаментальные основы и клиническая практика (пер. с англ.). — М.: Таркомм, 2020. — С. 40—79, 80—103. [Convissar R.A. Principles and Practice of Laser Dentistry. — Mosby, 2015. — 328 p.].
- Теодоро Л.Х., Гарсия В.Г. Хирургическое и нехирургическое лечение болезней пародонта. — В кн.: Фрейтас П.М., Симоэс А. Лазеры в стоматологии: клиническое руководство (пер. с англ.). — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — С. 191—196. [Theodoro L.H., Garcia V.G. Surgical and non-surgical treatment of periodontal diseases. — In: Freitas P.M., Simões A. Lasers in Dentistry: Guide for clinical practice. — Wiley-Blackwell, 2015. — Pp. 153—158].
- Журавлев А.Н., Пешков В.А., Гришунова Ж.А., Коптелова А.С., Ермакова А.А. Преимущества диодного лазера на стоматологическом хирургическом приеме. — *Лазерная медицина*. — 2021; S3: 73—74. [Zhuravlev A.N., Peshkov V.A., Grishunova Zh.A., Koptelova A.S., Ermakova A.A. Advantages of diode laser light at dental surgical procedures. — *Laser Medicine*. — 2021; S3: 73—74 (In Russ.)]. eLibrary ID: 47114289
- Sant'Anna E.F., Araújo M.T.S., Nojima L.I., Cunha A.C.D., Silveira B.L.D., Marquezan M. High-intensity laser application in Orthodontics. — *Dental Press J Orthod*. — 2017; 22 (6): 99—109. PMID: 29364385
- Pal M., Saokar A., Gopalkrishna P., Rajeshwari H.R., Kumar S. Diode laser-assisted management of intraoral soft tissue overgrowth: a case series. — *Gen Dent*. — 2020; 68 (4): 28—31. PMID: 32597774
- Pisano M., Sammartino P., Di Vittorio L., Iandolo A., Caggiano M., Roghi M., Bizzoca M.E., Lo Muzio L. Use of diode laser for surgical removal of pyogenic granuloma of the lower lip in a pediatric patient: A case report. — *Am J Case Rep*. — 2021; 22: e929690. PMID: 34146391
- Azma E., Safavi N. Diode laser application in soft tissue oral surgery. — *J Lasers Med Sci*. — 2013; 4 (4): 206—11. PMID: 25606331
- Campos F.H.O., Ferreira L.B., Romano M.M., Moreira M.S., Eduardo C.P., Ramalho K.M. Immediate laser-induced hemostasis in anticoagulated rats subjected to oral soft tissue surgery: a double-blind study. — *Braz Oral Res*. — 2018; 32: e56. PMID: 29898023
- Katta N., Santos D., McElroy A.B., Estrada A.D., Das G., Mohsin M., Donovan M., Milner T.E. Laser coagulation and hemostasis of large diameter blood vessels: effect of shear stress and flow velocity. — *Sci Rep*. — 2022; 12 (1): 8375. PMID: 35589781
- Żywicka B., Bujok J., Janeczek M., Czernski A., Szymonowicz M., Dobrzyński M., Świdorski J., Rybak Z. Usefulness of thulium-doped fiber laser and diode laser in zero ischemia kidney surgery-comparative study in pig model. — *Materials (Basel)*. — 2021; 14 (8): 2000. PMID: 33923581

21. Hanke A., Fimmers R., Frentzen M., Meister J. Quantitative determination of cut efficiency during soft tissue surgery using diode lasers in the wavelength range between 400 and 1500 nm. — *Lasers Med Sci.* — 2021; 36 (8): 1633—1647. [PMID: 33496905](#)
22. Derikvand N., Chinipardaz Z., Ghasemi S., Chiniforush N. The versatility of 980 nm diode laser in dentistry: A case series. — *J Lasers Med Sci.* — 2016; 7 (3): 205—208. [PMID: 28144444](#)
23. Aytugar E., Unver T., Aytugar T.B., Celikten M., Selvi F., Alatli F.C., Usumez A. Healing of surgical wounds treated with 810nm, 940nm, and 980nm diode lasers in different operation modes. — *Annals of Medical Research.* — 2019; 26 (8): 1647—1654. [DOI: 10.5455/annalsmedres.2019.05.290](#)
24. Fornaini C., Merigo E., Sozzi M., Rocca J.P., Poli F., Selleri S., Cucinotta A. Four different diode lasers comparison on soft tissues surgery: a preliminary ex vivo study. — *Laser Ther.* — 2016; 25 (2): 105—114. [PMID: 27721562](#)
25. Stubinger S., Etter C., Miskiewicz M., Homann F., Saldamli B., Wieland M., Sader R. Surface alterations of polished and sand-blasted and acid-etched titanium implants after Er:YAG, carbon dioxide, and diode laser irradiation. — *Int J Oral Maxillofac Implants.* — 2010; 25 (1): 104—11. [PMID: 20209192](#)
26. Leja C., Geminiani A., Caton J., Romanos G.E. Thermodynamic effects of laser irradiation of implants placed in bone: an in vitro study. — *Lasers Med Sci.* — 2013; 28 (6): 1435—40. [PMID: 23053251](#)
27. Горбатова Н.Е., Золотов С.А., Симановский Я.О., Никифоров С.М., Голубев С.В., Алимпиев С.С., Гейниц А.В., Елисеенко В.И., Станкова Н.В. Экспериментальная сравнительная оценка эффективности режимов абляции различной длительности импульсами CO₂ лазеров на кожных покровах мини-свиней для целей лазерной дермабразии. — *Биомедицина.* — 2013; 4: 90—106.
[Gorbatova N.E., Zolotov S.A., Simanovsky Ya.O., Nikiforov S.M., Golubev S.V., Alimpiyev S.S., Geynits A.V., Eliseenko V.I., Stankova N.V. Experimental assessment of efficiency of modes of an ablation impulses of CO₂ lasers of various duration of integuments of mini-pigs for a laser dermabraziiya. — *Biomedicine.* — 2013; 4: 90—106 (In Russ.)]. [eLibrary ID: 21097747](#)
28. Borchers R. Comparison of diode lasers in soft tissue surgery using CW and superpulsed mode: An in vivo study. — *International Journal of Laser Dentistry.* — 2011; 1 (1): 17—27. [DOI: 10.5005/jp-journals-10022-1003](#)
29. Whitehead A.L., Julious S.A., Cooper C.L., Campbell M.J. Estimating the sample size for a pilot randomised trial to minimise the overall trial sample size for the external pilot and main trial for a continuous outcome variable. — *Stat Methods Med Res.* — 2016; 25 (3): 1057—73. [PMID: 26092476](#)