

ПЕРСПЕКТИВЫ ЛАЗЕРОВ В СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ

В.В. ЧЕРНЕГОВ¹, Л.В. ВАСИЛЬЕВА¹, А.А. МИТРОФАНОВ¹, О.В. МИТРОФАНОВА²

¹ Кафедра челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Диагностический Центр 7 (глазной) для взрослого и детского населения, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Биомеханические параметры лазерного излучения сложны и до сих пор недостаточно изучены. Действию лазера на биологические системы и ткани посвящено огромное число исследований. Считается, что выводы данных исследований формируют практически самостоятельную область знаний. Центральную роль в ней играют разделы клинической патологии. Описание эффектов воздействия лазерного излучения считалось бы недостоверным без анализа данного направления. Сложно представить прогресс в медицине без лазерных технологий, которые стали современными помощниками в решении массы медицинских задач, открыв перед нами новые возможности. Изучение механизмов действия волн лазерного излучения и уровней энергии на биологические структуры диктует необходимость постоянного совершенствования лазерных медицинских multifunctional аппаратов, диапазон применения которых в клинической практике стал настолько широким, что уже сложно найти область медицины, где лазеры не используют.

Ключевые слова: лазеры, пикосекундный лазер, стоматология, челюстно-лицевая хирургия.

Для цитирования: Чернегов ВВ, Васильева ЛВ, Митрофанов АА, Митрофанова ОВ. Перспективы лазеров в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. *Вестник Авиценны*. 2020;22(3):478-83. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-478-483>

LASER PROSPECTS IN DENTISTRY AND MAXILLOFACIAL SURGERY

V.V. CHERNEGOV¹, L.V. VASILIEVA¹, A.A. MITROFANOV¹, O.V. MITROFANOVA²

¹ Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

² Diagnostic Centre 7 (ophthalmic) for Adults and Children, Saint Petersburg, Russian Federation

The biomechanical parameters of laser radiation are complex and still insufficiently studied. A great number of studies are devoted to the laser's actions on biological systems and tissues. It is considered that the findings of these studies form an almost independent field of knowledge. The major role in it plays the parts of clinical pathology. Description of action effects of laser radiation would not be considered credible without analyzing this direction. It is difficult to imagine progress in medicine without laser technologies that became modern assistants in solving many medical problems, by opening up new opportunities for us. The study of the mechanisms of action of laser radiation waves and energy levels on biological structures dictates the need for continuous improvement of laser medical multifunctional devices, the range of applications in clinical practice has become so broad that it is difficult to find a field of medicine where lasers are not used.

Keywords: Lasers, picosecond laser, dentistry, maxillofacial surgery.

For citation: Chernegov VV, Vasilieva LV, Mitrofanov AA, Mitrofanova OV. Perspektivy lazerov v stomatologii i chelyustno-litsevoy khirurgii [Laser prospects in dentistry and maxillofacial surgery]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2020;22(3):478-83. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-478-483>

ВВЕДЕНИЕ

Лазер (англ. LASER, сокращение от Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – «стимулированное излучение за счёт увеличения светового потока») – аппарат, создающий действие когерентного светового потока, которое обусловлено квантомеханическим эффектом принудительного излучения. Луч лазера может иметь предельно высокие пиковые мощности, действовать непрерывно с постоянной амплитудой или импульсно [1]. Существует несколько вариантов классификации лазеров. Наиболее актуален подход, основанный на рассмотрении активного вещества, находящегося в том или ином физическом состоянии. Исходя из этого, лазеры разделяют на твердотельные (рубиновый, стеклянный, сапфировый, alexandritовый), газовые (гелий-неоновый, аргоновый), жидкостные (если активное вещество полупроводниковый переход, то данный лазер

полупроводниковый), химические лазеры на центрах окраски, свободных электронов и рентгеновские [3]. В настоящее время лазерная медицина движется по трём направлениям: лазерная хирургия, лазерная терапия и лазерная диагностика [4-7].

Физико-химические аспекты воздействия лазерного излучения на биологические ткани

На данный момент клиницисты придерживаются эмпирического взгляда к формированию новейших методик лазерного воздействия. Это обусловлено недостаточным изучением теоретических и экспериментальных доказательств механизма действия лазерного луча на биообъект, а также слабым знанием специалистами физических и биофизических основ [2, 8]. Лишь, обращая внимание на физико-химические проявления и обуславливающие их закономерности и взгляды, можно с высоким процентом достоверности сформулировать теоретически точ-

ную модель данного механизма и выявить ведущие параллели её экспериментального подтверждения. Это даст возможность максимально подробно аргументировать патогенетическое направление лазерного воздействия и оптимизировать дозы при том или ином вмешательстве [9]. Рабочий принцип простого лазера, используемого в стоматологии, заключается в колебании светового луча между оптическими зеркалами и линзами, который набирает силу после каждого цикла. При достижении необходимой мощности, луч выпускается. Возникает контролируемая реакция за счёт энергетического выброса [10]. На действие луча лазера, при его реторсии на биологические ткани, оказывают влияние длина энергетической волны, испускаемой лазером, энергетическая плотность луча и параметры энергии луча, имеющие временные характеристики. При воздействии луча лазера на ткани активируется ряд процессов. Данные процессы характеризуются передачей, отражением, поглощением и рассеиванием лазерного излучения [11]. Поглощаясь атомами и молекулами, составляющими ткань, световая энергия преобразуется в температурную, акустическую, химическую, или не лазерную энергию. Длина волны, количество воды, пигментация и типовая принадлежность ткани управляют поглощением. Энергия лазера, проходя через ткань, не меняется, а при отражении от неё не оказывает влияния. Рассеиваясь, энергия лазера, проходящая через молекулы и атомы, отклоняется в различных направлениях, отличающихся от начального. В результате поглощается большая часть луча с меньшим тепловым эффектом. Длина волны также значительно влияет и на рассеивание.

Применение лазеров в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии

Аргоновый лазер (с длиной волны 488 нм и 514 нм). Отличается хорошо абсорбируемым тканевыми пигментами излучением. Длина волны 488 нм аналогична светополимеризационным стоматологическим лампам. Но полимеризация фотоотверждаемых материалов лазерным излучением проходит быстрее, превосходя обычные лампы. Хороший гемостаз так же свойственен аргоновому лазеру, благодаря чему он часто применяется в хирургической стоматологии.

Диодный лазер (принцип полупроводника, с длиной волны 792-1030 нм). Обладает массой положительных эффектов. Его луч хорошо проходит через пигментированную ткань. Основное применение – гемостаз тканей, противовоспалительный и репаративно-стимулирующий эффект. Используется в труднодоступных местах, так как движение его луча передаётся посредством гибкого кварц-полимерного световода. Часто применяется стоматологами-хирургами. Взяв за основу соотношение цены и качества, следует отметить, что на данный момент – это наиболее доступный лазер.

Неодимовый лазер (с длиной волны 1064 нм). Отличается хорошим поглощением тканевым пигментом. Ранее широко применялся стоматологами. Может работать как импульсно, так и непрерывно. Удобен в использовании посредством гибкого световода, доставляющего его луч.

Гелий-неоновый лазер (с длиной волны 610-630 нм). Он отличается фотостимулирующим эффектом и хорошо проникает в ткани. В основном применяется физиотерапевтами. Данные аппараты часто используют пациенты самостоятельно, так как они находятся в свободной реализации.

Углекислотный лазер (с длиной волны 10600 нм). Его луч отличается хорошим поглощением водой, наряду со слабым прохождением через гидроксипатит. Вызывает перегрев эмали

и костной ткани, поэтому используют его на твёрдых тканях довольно редко. Существует и проблема с прицельной доставкой его излучения непосредственно к тканям. Тем не менее, в прошлом применялся довольно часто. Сейчас данные лазеры уступили место более современным аппаратам.

Эрбиевый лазер (с длиной волны 2940 и 2780 нм). Излучение данных лазеров хорошо поглощается и водой, и гидроксипатитом. Применяется на твёрдых тканях зуба. Считается перспективным для стоматологии. Излучение так же проходит по гибкому световоду. Показан данный лазерный аппарат при практически всех заболеваниях, встречающихся врачу-стоматологу на повседневном приёме [11].

Современные лазерные системы применяют в хирургической стоматологии:

- во время проведения вестибулопластических операций, френулопластик, перикоронарэктомий;
- при вмешательствах на маргинальном периодонте (гипертрофический гингивит, остеомиогингивальные операции);
- при цистэктомии – обработка культи корня после его резекции, с целью его микробной деконтаминации и закрытия дельтовидных каналов [12].

В челюстно-лицевой хирургии использование современных лазеров так же достаточно актуально. Лазер зарекомендовал себя как полезный инструмент на практике для таких процедур, как открытие имплантатов, коррекция дёсневой края, различных хирургических воздействий на зубы, лазерной артроскопической хирургии височно-нижнечелюстного сустава, а также при лечении патологических состояний полости рта в виде сосудистых поражений. Использование лазера в челюстно-лицевой хирургии продолжает прогрессировать, параллельно с появлением новых лазеров с новыми уровнями эффективности, помогающими нам в костной пластике, лечении периимплантитов, терапии заболеваний височно-нижнечелюстного сустава и новых направлениях, таких как навигационная хирургия. С их помощью удаляют доброкачественные образования с экзофитным ростом, путём интраполостного лазерного облучения убирают ретенционные кисты, локализующиеся в малых слюнных железах. Так же лазером удаляют папилломы, фибромы, невусы, базалиомы на коже челюстно-лицевой области. Лазеры ускорили данные процедуры, увеличили процент заживления послеоперационных ран без видимых рубцов, а пациенты стали легче переносить оперативные вмешательства. Лазером коагулируют очаги лейкоплакии в труднодоступных местах, без повреждения соседних тканей. Так же лазерные аппараты используются при лечении гемангиом кожи и вмешательствах на слизистой оболочке полости рта [13]. В ходе многочисленных исследований было доказано преимущество лазерного вмешательства по сравнению со скальпелем, позволяя удалять ткани бескровно и прецизионно [14]. Оптика световолокна доставляет луч лазера максимально точно, действуя на биологические ткани любых размеров, и даже на отдельные клетки. С помощью лазера можно уменьшить отёк и зону термического поражения мягких тканей и слизистой оболочки, за счёт его щадящего действия. Доказано образование коагуляционной плёнки на месте лазерного воздействия, которая может защитить раневую поверхность от слюны и микрофлоры ротовой полости [15-17].

Пикосекундный александритовый лазер

В 2013 году на мировой рынок вышел принципиально новый современный холодный пикосекундный лазер, разработанный американскими инженерами. В 2016 году он был

представлен в России. Пикосекундный лазер – это александритовый лазер с длиной волн 532, 755 и 1064 нм в зависимости от применяемой насадки, которая состоит из массива дифракционных микролинз. Они перераспределяют энергию каждого импульса так, что один высокоинтенсивный энергетический луч, окружён множеством лучей с интенсивностью потока в 20 раз ниже, обеспечивая фракционное воздействие [18]. 70% импульсов составляют несколько пикосекунд (пикосекунда – 10^{-12} секунды, длительность импульса стандартного лазера – 10^{-9} секунды), остальные 30% образуют низкоинтенсивный фон. С этими характеристиками и связано отсутствие термальных повреждений во время процедур. Данный фотоакустический (фотомеханический) эффект и обуславливает ревитализацию. Это и отличает пикосекундный лазер от предшественников. Применение пикосекундного лазера началось в косметологии с удаления татуировок и перманентного макияжа. На тот момент имеющиеся лазеры не отличались эффективностью при воздействии на цветные рисунки на коже. Но во время его использования для удаления инородных пигментов на коже, были замечены положительные сопутствующие эффекты. Сейчас пикосекундные лазеры уже широко применяются в эстетической дерматологии при лечении пигментных нарушений, а именно солнечных лентиг, веснушек, кофейных пятен, себорейного кератоза. Доказана их эффективность при дермальных (невус, невус Ота, невус Ито) и пигментных поражениях смешанного типа, таких как меланодермия, невус Беккера, пятнистый невус и поствоспалительная гиперпигментация [19].

Как и любая другая аппаратная процедура, применение пикосекундного лазера ограничено рядом противопоказаний. К ним относят наличие злокачественных опухолевых образований, заболеваний крови (анемия, лейкопения, гемофилия, лейкопения), вирусных инфекций, хронических болезней в стадии обострения, а также беременность и период лактации, сахарный диабет, эпилепсия, психические расстройства. Список показаний же, в настоящий момент, относительно небольшой, и подразумевает применение его только в области косметологии на кожных покровах, в том числе челюстно-лицевой области. На данный момент исследовано и рекомендовано применение пикосекундного лазера при наличии пигментных пятен, при удалении татуировок всех цветов, при рубцовых деформациях кожи, растяжках, для коррекции глубоких и поверхностных морщин, а также при решении других эстетических проблем, связанных с возрастными кожными изменениями.

Мы придерживаемся мнения, что изучение эффективности применения пикосекундного лазера в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии будет способствовать значительному расширению показаний, увеличению положительных исходов заболеваний и сокращению сроков восстановления и реабилитации. Так, в результате исследований был выявлен положительный эффект пикосекундного 755 нм лазера при терапии доброкачественных пигментных поражений [20]. Достаточно освещены положительные результаты эффективности пикосекундного лазера при гипопигментации. Стоит отметить, что недостаток меланосом вызывает гипопигментацию, а их избыток – гиперпигментацию. Меланосомы базируются в эпидермисе, но при определённых условиях, проникая через базальную мембрану в верхний слой дермы, фокусируются в нём. Их цвет варьирует от жёлтого до чёрного. Их термальная релаксация составляет от 50 до 250 наносекунд [21]. Размер частиц меланина составляет от 10 до 15 нм в диаметре, и содержатся они в каждой меланосоме в большом количестве. Возможность применения меньших флюенсов,

посредством эффекта фотоакустики, является преимуществом пикосекундных лазеров, чем и обусловлена их высокая эффективность при терапии пигментных нарушений.

Проводилось сравнение пикосекундного лазера 755 нм 750-900 наносекунд с Q-switched рубиновым и неодимовым лазерами у пациентов, имеющих тёмный цвет кожи (III-VI тип по Фицпатрику) при лечении ряда пигментных нарушений (лентиг, невусы различного типа, поствоспалительная пигментация) [22]. Анализ эффектов показал схожие показатели при использовании как пикосекундного, так и наносекундного лазера, но при лечении последним в 16% случаев отмечалось образование постоянной диспигментации. Наличие побочных эффектов применения пикосекундного лазера носило временный характер.

Ряд авторов исследовал эффект пикосекундного лазера 755 нм во время лечения невуса Ота. Во всех клинических случаях отмечалось осветление участков воздействия. Каких-либо побочных эффектов зарегистрировано не было [23]. Так же на 13 пациентах [20] авторы исследовали эффект пикосекундного 755 нм лазера при лечении пигментных поражений, по типу невуса Хори, лентиг, «кофейных пятен», невуса Беккера, пятнистого невуса. Не менее 25% клиренса присутствовало во всех случаях уже после 3 процедур. Формирования поствоспалительной гиперпигментации зафиксировано не было.

В ходе анализа ряда клинических случаев [24,25] доказана высокая эффективность применения пикосекундного 755 нм лазера перед Q-switched рубиновым во время терапии моноциклин-индуцированной пигментации. Имеются сведения, что при воздействии на эпидермальные пигментные поражения эффективна длина волны 532 нм, за счёт хорошего поглощения меланином, а длина волны 1064 нм более эффективна при глубоких поражениях дермы [26]. Так же обоснована эффективность пикосекундных александритовых лазеров при фракционном омоложении в области лица и шеи, за счёт светоиндуцированного оптического пробоя (Light-induced optical breakdown, LIОВ), который обладает эффектом сверхкороткого импульса лазерного луча. Он активирует генерацию плазмы, лавинную многофотонную ионизацию, при условии действия нелинейного поглощения. Были разработаны специальные насадки для голографического дифракционного разделения луча, создающие двухуровневое множество оптических пробоев. Насадка с длиной волны 532 нм позволяет фокусировать оптический пробой в эпидермисе, а имеющая длину волны 1064 нм – в верхнем слое папиллярной дермы. Данная технология эффективна при омоложении кожи, удалении пигментации, морщин, рубцов и пост-акне [20]. Она провоцирует взрывное образование пара (кавитационных пузырьков), и дерма повреждается механически. При фокусировке фракционного воздействия в дерме возникают мелкие микрополости (0,1-0,2 мм), эпидермис не повреждается, что вызывает дальнейший неоколлагенез [27].

Так, в ходе клинических исследований была доказана эффективность светоиндуцированного оптического пробоя при воздействии на морщины [28] на разных участках области лица у 5 пациентов при помощи неодимового 1064 нм лазера, работающего в пикосекундном диапазоне. Статистически значимые результаты были отмечены у всех пациентов уже после пяти процедур, что было оценено тремя экспертами. Интересно и то, что результаты сохранялись или даже имели тенденцию к улучшению ещё в течение трёх месяцев. Пациентами во время процедур отмечалось либо отсутствие болевых ощущений, либо их минимальные показатели. Временное покраснение было единственным побочным эффектом.

Проводя исследования на 20 пациентах, авторы [29] использовали фракционный 755 нм пикосекундный лазер при терапии рубцовых изменений после акне на коже лица. Излучение фокусировали с помощью линз на 5-10% изменённых участках кожи. Зафиксирован значительный эффект, равный 24,3% уже к шестой процедуре. Исследования биоптата дермы показали удлинение эластиновых волокон. Аналогичный лазерный аппарат так же использовали при омоложении кожи лица [30]. Через четыре процедуры были отмечены значительное снижение пигментации, повышение качества текстуры, кератоза, которые стойко сохранялись даже после двух месяцев после воздействия. Спустя месяц после последней процедуры улучшение состояния морщин сохранялось, но уже через три месяца данный результат отсутствовал. Порог болевых ощущений составил 3,6 из 10 баллов. Побочные эффекты так же были в виде временной гиперемии. Наличия шрамов зафиксировано не было.

Существуют данные об эффективности пикосекундного лазера при ряде заболеваний, которые преимущественно встречаются у женщин, и имеют мало эффективных методов лечения. Они включают розацеа, заболевания соединительной ткани, склероатрофический лишай, парестетическую ноталгию и макулярный амилоидоз, а также сирингому. Во всех случаях была доказана эффективность лазерного воздействия, в том числе пикосекундным лазером [31]. Благодаря действию ультракоротких пикосекундных импульсов пациент чувствует минимальные болевые ощущения и дискомфорт от процедуры. Это способствует сокращению времени лечения и периода реабилитации.

Так, доказан ряд положительных характеристик пикосекундного лазера во время удаления татуировок практически всего цветового спектра на всех типах кожи [32-36]. Эффективность

его применения при удалении травматических татуировок, в том числе пороховых, пока что не получила подтверждения, но, безусловно, имеет высокий интерес как в быту, так и при различных вооружённых конфликтах.

К сожалению, на данный момент отсутствуют и какие-либо данные о применении пикосекундного александритового лазера в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Перспективность изучения данного направления имеет огромный как теоретический, так и практический интерес. Основываясь на имеющихся данных, становится очевидной необходимость исследования возможности применения пикосекундных лазеров в челюстно-лицевой области. Существуют данные [37] об использовании данных лазеров зарубежными коллегами при удалении косметических татуировок на слизистой оболочке полости рта. В данных исследования описаны отличные клинические результаты, в том числе отсутствие шрамов и диспигментации. Взяв за основу результаты данного исследования, а также ряд успешных клинических анализов применения пикосекундного лазера при лечении рубцов на коже лица [20], появляется интерес к более подробному изучению его эффективности при заболеваниях и рубцовых деформациях слизистых оболочек, в том числе полости рта. Изучение применения современного лазерного оборудования, такого как пикосекундный александритовый лазер в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, будет способствовать выходу данного направления на принципиально новый уровень оказания высокотехнологичной помощи. Уже сейчас современные лазерные аппараты дают нам возможность достигнуть большего результата в лечении многих заболеваний, заметно сократив при этом сроки лечения и реабилитации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левичев ВВ. *Электронные и фотонные устройства: принцип работы, технологии изготовления*. Санкт-Петербург, РФ: Университет ИТМО; 2015. 65 с.
2. Добро ЛФ, Богатов НМ, Супрунов ВВ. *Лазеры в медицине*. Краснодар, РФ: Кубанский гос. ун-т; 2011. 80 с.
3. Звелто О. *Принципы лазеров*. Москва, РФ: Мир; 1990. 560 с.
4. Толстых ПИ, Коробов УН, Шехтер АБ, Толстых МП, Странадко ЕФ, Раджабов АА, Усманов ДН. Экспериментальное изучение влияния фотодинамической терапии на заживление гнойных ран. *Лазерная медицина*. 2001;5(2):8-13.
5. Цыб АФ, Каплан МА, Романко ЮС, Попучиев ВВ. *Клинические аспекты фотодинамической терапии*. Калуга, РФ: Изд-во научной литературы Бочкаревой Н.Ф.; 2009. 204 с.
6. Васильев АП, Стрельцова НН. О механизме клинического эффекта лазерного излучения с позиции теории адаптации. *Лазерная медицина*. 2015;19(1):40-4.
7. Москвин СВ. *Эффективность лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия»*. Тверь, РФ: ООО «Издательство «Триада»; 2014. 896 с.
8. Плужников МС, Карпищенко СА, Рябова МА. *Контактная лазерная хирургия*. Санкт-Петербург, РФ: «Эскулап»; 2005. 194 с.
9. Неворотин АИ, Воднев АА, Агапов ДП. Анализ лазерных поражений живой ткани. В: Петрищев НН. (ред.) *Актуальные проблемы лазерной медицины*. Санкт-Петербург, РФ: Изд-во СПб ГМУ; 2001. с. 12-28.
10. Шугайлов АИ, Максименко АА. Лазеры в стоматологии. *Стоматолог-практик*. 2009;7:34-5.

REFERENCES

1. Levichev VV. *Elektronnyye i fotonnyye ustroystva: printsip raboty, tekhnologii izgotovleniya* [Electronic and photonic devices: principle of operation, manufacturing technologies]. Saint Petersburg, RF: Universitet ITMO; 2015. 65 p.
2. Dobro LF, Bogatov NM, Suprunov VV. *Lazery v meditsine* [Lasers in medicine]. Krasnodar, RF: Kubanskiy gos. un-t; 2011. 80 p.
3. Zvelto O. *Printsipy lazerov* [Principles of lasers]. Moscow, RF: Mir; 1990. 560 p.
4. Tolstykh PI, Korobov UN, Shekhter AB, Tolstykh MP, Stranadko EF, Radzhabov AA, Usmanov DN. Eksperimentalnoe izuchenie vliyaniya fotodinamicheskoy terapii na zazhivlenie gnoynykh ran [Experimental study of the effect of photodynamic therapy on the healing of purulent wounds]. *Lazernaya meditsina*. 2001;5(2):8-13.
5. Tsyb AF, Kaplan MA, Romanko YUS, Popuchiev VV. *Klinicheskie aspekty fotodinamicheskoy terapii* [Clinical aspects of photodynamic therapy]. Kaluga, RF: Izd-vo nauchnoy literatury Bochkaryovoy N.F.; 2009. 204 p.
6. Vasilyev AP, Streltsova NN. O mekhanizme klinicheskogo effekta lazernogo izlucheniya s pozitsii teorii adaptatsii [On the mechanism of the clinical effect of laser radiation from the point of view of adaptation theory]. *Lazernaya meditsina*. 2015;19(1):40-4.
7. Moskvina SV. *Effektivnost' lazernoy terapii. Seriya "Effektivnaya lazernaya terapiya"* [Effectiveness of laser therapy. A series of "Effective laser therapy"]. Tver, RF: OOO "Izdatel'stvo "Triada"; 2014. 896 p.
8. Pluzhnikov MS, Karpishchenko SA, Ryabova MA. *Kontaktnaya lazernaya khirurgiya* [Contact laser surgery]. Saint Petersburg, RF: "Eskulap"; 2005. 194 p.
9. Nevorotin AI, Vodnev AA, Agapov DP. Analiz lazernykh porazheniy zhivoy tkani. V: Petrishchev NN. (red.) *Aktualnye problemy lazernoy meditsiny* [Analysis of laser lesions of living tissue. In: Petrishchev NN. (Ed.) Current problems of laser medicine]. Saint Petersburg, RF: Izd-vo SPb GМУ; 2001: p. 12-28.
10. Shugaylov AI, Maksimenko AA. Lazery v stomatologii [Lasers in dentistry]. *Stomatolog-praktik*. 2009;7:34-5.

11. Антюфеева НВ. Лазеры в стоматологии. *Международный школьный научный вестник*. 2017;2:40-7.
12. Кулаков АА, Григорьянц ЛА, Каспаров АС, Минаев ВП. *Применение диодного лазерного скальпеля в амбулаторной хирургической стоматологии*. Москва, РФ: ФГУ «ЦНИИС и ЧЛХ»; 2008. 23 с.
13. Москвин СВ, Амирханян АН. *Методы комбинированной и сочетанной лазерной терапии в стоматологии*. Тверь, РФ: ООО «Издательство «Триада»; 2011. 208 с.
14. Гарашченко ТИ, Богомилский МР, Минаев ВП. *Лечение ЛОР-заболеваний с использованием лазерных скальпелей*. Тверь, РФ: «Губернская медицина»; 2001. 52 с.
15. Ляндрес ИГ. *Лазерные технологии в стоматологии*. Уфа, РФ: БГМУ; 2007. 116 с.
16. Shalawe WS, Ibrahim ZA, Sulaiman AD. Clinical comparison between diode laser and scalpel incision in oral soft tissue biopsy. *Al-Rafidain Dent J*. 2012;12(2):337-43.
17. Walsh LJ. The status of laser application in dentistry. *Australian Dent J*. 2003;48(3):146-55.
18. Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2002;13(4):246-9.
19. Torbeck RL, Schilling L, Khorasani HL, Dover JS, Arndt KA, Sae di N. Evolution of the picosecond laser: literature review. *Dermatological Surgery*. 2019;45(2):183-94.
20. Chan JC, Shek SY, Kono T, Manstein D, Chan HH. A retrospective analysis on the management of pigmented lesions using a picosecond 755-nm alexandrite laser in Asians. *Lasers Surg Med*. 2016;48:23-9.
21. Felton SJ, Al-Niami F, Ferguson JE, Madan V. Our perspective of the treatment of nevus of Ota with 1,064-, 755- and 532-nm wavelength lasers. *Lasers Med Sci*. 2014;29:1745-9.
22. Levin MK, Ng E, Bae YS, Jeremy AB, Roy GG. Treatment of pigmentary disorders in patients with skin of color with a novel 755 nm picosecond, Q-switched ruby, and Q-switched Nd:YAG nanosecond lasers: A retrospective photographic review. *Lasers Surg Med*. 2016;48(2):181-7.
23. Chesnut C, Diehl J, Lask G. Treatment of nevus of Ota with a picosecond 755-nm alexandrite laser. *Dermatology Surg*. 2015;41:508-10.
24. Moore M, Mishra V, Friedman DP, Goldman MP. Minocycline induced postsclerotherapy pigmentation successfully treated with a picosecond alexandrite laser. *Dermatology Surg*. 2016;42:133-4.
25. Rodrigues M, Bekhor P. Treatment of minocycline-induced cutaneous pigmentation with the picosecond alexandrite (755-nm) laser. *Dermatology Surg*. 2015;41:1179-82.
26. Круглова ЛС, Иконникова ЕВ. Гиперпигментация кожи: современный взгляд на методы коррекции (часть 2). *Российский журнал кожных и венерических болезней*. 2017;20(4):248-51.
27. Habbema L, Verhagen R, Van Hal R, Liu Y, Varghese B. Minimally invasive no thermal laser technology using laser-induced optical breakdown for skin rejuvenation. *J Bio Photonics*. 2012;5:194-9.
28. Habbema L, Verhagen R, Van Hal R, Liu Y, Varghese B. Efficacy of minimally invasive no thermal laser-induced optical breakdown technology for skin rejuvenation. *Lasers Med Sci*. 2013;28(3):935-40.
29. Brauer JA, Kazlouskaya V, Alabdulrazzaq H, Bae YS, Bernstein LJ, Anolik R, Heller PA, Geronemus RG. Use of a picosecond pulse duration laser with specialized optic for treatment of facial acne scarring. *JAMA Dermatol*. 2015;151:278-84.
30. Wu DC, Fletcher L, Guiha I, Goldman MP. Evaluation of the safety and efficacy of the picosecond alexandrite laser with specialized lens array for treatment of the photo aging décolletage. *Lasers Surg Med*. 2016;48:188-92.
31. LaRosa C, Chiaravalloti A, Jinna S, Berger W, Finch J. Laser treatment of medical skin disease in women. *Int J Women's Dermatology*. 2017;3(3):131.
32. Aslam A, Owen CM. Fashions change but tattoos are forever: time to regret. *Br J Dermatology*. 2013;169(6):1364-6.
33. Au S, Liolios AM, Goldman MP. Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO₂ ablation. *Dermatology Surg*. 2015;41:242-5.
34. Bae YC, Alabdulrazzaq H, Brauer J, Geronemus R. Successful treatment of paradoxical darkening. *Lasers Surg Med*. 2016;47:1-3.
11. Antyufeeva NV. Lazery v stomatologii [Lasers in dentistry]. *Mezhdunarodnyy shkol'nyy nauchnyy vestnik*. 2017;2:40-7.
12. Kulakov AA, Grigoryants LA, Kasparov AS, Minaev VP. *Primenenie diodnogo lazernogo skal'pelya v ambulatornoy khirurgicheskoy stomatologii* [Application of a diode laser scalpel in outpatient surgical dentistry]. Moscow, RF: FGU «TSNIIS i CHLK»; 2008. 23 p.
13. Moskvina SV, Amirkhanyan AN. *Metody kombinirovannoy i sochetannoy lazernoy terapii v stomatologii* [Methods of combined and combined laser therapy in dentistry]. Tver, RF: ООО «Izdatel'stvo "Triada"»; 2011. 208 p.
14. Garashchenko TI, Bogomilsky MR, Minaev VP. *Lechenie LOR-zabolevaniy s ispol'zovaniem lazernykh skal'peley* [Treatment of ENT diseases with the use of laser scalpels]. Tver, RF: "Gubernskaya meditsina"; 2001. 52 p.
15. Lyandres IG. *Lazernye tekhnologii v stomatologii* [Laser technologies in dentistry]. Ufa, RF: BGMU; 2007. 116 p.
16. Shalawe WS, Ibrahim ZA, Sulaiman AD. Clinical comparison between diode laser and scalpel incision in oral soft tissue biopsy. *Al-Rafidain Dent J*. 2012;12(2):337-43.
17. Walsh LJ. The status of laser application in dentistry. *Australian Dent J*. 2003;48(3):146-55.
18. Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2002;13(4):246-9.
19. Torbeck RL, Schilling L, Khorasani HL, Dover JS, Arndt KA, Sae di N. Evolution of the picosecond laser: literature review. *Dermatological Surgery*. 2019;45(2):183-94.
20. Chan JC, Shek SY, Kono T, Manstein D, Chan HH. A retrospective analysis on the management of pigmented lesions using a picosecond 755-nm alexandrite laser in Asians. *Lasers Surg Med*. 2016;48:23-9.
21. Felton SJ, Al-Niami F, Ferguson JE, Madan V. Our perspective of the treatment of nevus of Ota with 1,064-, 755- and 532-nm wavelength lasers. *Lasers Med Sci*. 2014;29:1745-9.
22. Levin MK, Ng E, Bae YS, Jeremy AB, Roy GG. Treatment of pigmentary disorders in patients with skin of color with a novel 755 nm picosecond, Q-switched ruby, and Q-switched Nd:YAG nanosecond lasers: A retrospective photographic review. *Lasers Surg Med*. 2016;48(2):181-7.
23. Chesnut C, Diehl J, Lask G. Treatment of nevus of Ota with a picosecond 755-nm alexandrite laser. *Dermatology Surg*. 2015;41:508-10.
24. Moore M, Mishra V, Friedman DP, Goldman MP. Minocycline induced postsclerotherapy pigmentation successfully treated with a picosecond alexandrite laser. *Dermatology Surg*. 2016;42:133-4.
25. Rodrigues M, Bekhor P. Treatment of minocycline-induced cutaneous pigmentation with the picosecond alexandrite (755-nm) laser. *Dermatology Surg*. 2015;41:1179-82.
26. Kruglova LS, Ikonnikova EV. Giperpigmentatsiya kozhi: sovremennyy vzglyad na metody korrektsii (chast' 2) [Skin hyperpigmentation: a modern view of correction methods (part 2)]. *Rossiyskiy zhurnal kozhnykh i venericheskikh bolezney*. 2017;20(4):248-51.
27. Habbema L, Verhagen R, Van Hal R, Liu Y, Varghese B. Minimally invasive no thermal laser technology using laser-induced optical breakdown for skin rejuvenation. *J Bio Photonics*. 2012;5:194-9.
28. Habbema L, Verhagen R, Van Hal R, Liu Y, Varghese B. Efficacy of minimally invasive no thermal laser-induced optical breakdown technology for skin rejuvenation. *Lasers Med Sci*. 2013;28(3):935-40.
29. Brauer JA, Kazlouskaya V, Alabdulrazzaq H, Bae YS, Bernstein LJ, Anolik R, Heller PA, Geronemus RG. Use of a picosecond pulse duration laser with specialized optic for treatment of facial acne scarring. *JAMA Dermatol*. 2015;151:278-84.
30. Wu DC, Fletcher L, Guiha I, Goldman MP. Evaluation of the safety and efficacy of the picosecond alexandrite laser with specialized lens array for treatment of the photo aging décolletage. *Lasers Surg Med*. 2016;48:188-92.
31. LaRosa C, Chiaravalloti A, Jinna S, Berger W, Finch J. Laser treatment of medical skin disease in women. *Int J Women's Dermatology*. 2017;3(3):131.
32. Aslam A, Owen CM. Fashions change but tattoos are forever: time to regret. *Br J Dermatology*. 2013;169(6):1364-6.
33. Au S, Liolios AM, Goldman MP. Analysis of incidence of bulla formation after tattoo treatment using the combination of the picosecond Alexandrite laser and fractionated CO₂ ablation. *Dermatology Surg*. 2015;41:242-5.
34. Bae YC, Alabdulrazzaq H, Brauer J, Geronemus R. Successful treatment of paradoxical darkening. *Lasers Surg Med*. 2016;47:1-3.

35. Bernstein EF, Schomacker KT, Basilavacchio LD, Plugis JM, Bhawalkar JD. A novel dual-wavelength, Nd:YAG, picosecond-domain laser safely and effectively removes multicolor tattoos. *Lasers Surg Med.* 2015;539-612.
36. Alabdulrazzaq H, Brauer JA, Bae YS, Geronemus RG. Clearance of yellow tattoo ink with a novel 532-nm picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2015;47:285-8.
37. Feng H, Christmas MP, Muzumdar S, Geronemus RG. Successful treatment of cosmetic tattoos of the oral mucosa using QS 694-nm ruby laser and 755-nm alexandrite picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2020;52(8):705-7.
35. Bernstein EF, Schomacker KT, Basilavacchio LD, Plugis JM, Bhawalkar JD. A novel dual-wavelength, Nd:YAG, picosecond-domain laser safely and effectively removes multicolor tattoos. *Lasers Surg Med.* 2015;539-612.
36. Alabdulrazzaq H, Brauer JA, Bae YS, Geronemus RG. Clearance of yellow tattoo ink with a novel 532-nm picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2015;47:285-8.
37. Feng H, Christmas MP, Muzumdar S, Geronemus RG. Successful treatment of cosmetic tattoos of the oral mucosa using QS 694-nm ruby laser and 755-nm alexandrite picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2020;52(8):705-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернегов Валентин Васильевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова
SPIN-код: 9301-4984
Author ID: 472472
E-mail: Vchernegov@mail.ru

Васильева Людмила Васильевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова
SPIN-код: 3042-0545
Author ID: 886185
E-mail: vasilievaLv0611@yandex.ru

Митрофанов Александр Андреевич, клинический ординатор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова
ORCID ID: 0000-0003-4093-8223
SPIN-код: 7976-0141
Author ID: 1047887
E-mail: mitrofan450@gmail.com

Митрофанова Ольга Викторовна, врач-терапевт общеклинического медицинского персонала, Диагностический центр 7 (глазной) для взрослого и детского населения
ORCID ID: 0000-0003-0010-6035
E-mail: olenkam86@gmail.com

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Митрофанов Александр Андреевич
клинический ординатор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова
194044, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6
Тел.: +7 (962) 6168870
E-mail: mitrofan450@gmail.com

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: ЧВВ, МОВ
Сбор материала: МАА
Анализ полученных данных: ВЛВ, МОВ
Подготовка текста: ВЛВ, МАА
Редактирование: ВЛВ, МОВ
Общая ответственность: ЧВВ

Поступила 25.06.2020
Принята в печать 24.09.2020

AUTHOR INFORMATION

Chernegov Valentin Vasilyevich, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Kirov Military Medical Academy
SPIN: 9301-4984
Author ID: 472472
E-mail: Vchernegov@mail.ru

Vasilyeva Lyudmila Vasilyevna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Kirov Military Medical Academy
SPIN: 3042-0545
Author ID: 886185
E-mail: vasilievaLv0611@yandex.ru

Mitrofanov Aleksandr Andreevich, Clinical Resident of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Kirov Military Medical Academy
ORCID ID: 0000-0003-4093-8223
SPIN: 7976-0141
Author ID: 1047887
E-mail: mitrofan450@gmail.com

Mitrofanova Olga Viktorovna, Therapist of General Clinical Medical Staff, Diagnostic Centre 7 (ophthalmic) for Adults and Children
ORCID ID: 0000-0003-0010-6035
E-mail: olenkam86@gmail.com

Information about the source of support in the form of grants, equipment, and drugs

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Mitrofanov Aleksandr Andreevich
Clinical Resident of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Kirov Military Medical Academy
194044, Russian Federation, Saint Petersburg, Akademika Lebedeva str., 6
Tel.: +7 (962) 6168870
E-mail: mitrofan450@gmail.com

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: ChVV, MOV
Data collection: МАА
Analysis and interpretation: VLV, MOV
Writing the article: VLV, МАА
Critical revision of the article: VLV, MOV
Overall responsibility: ChVV

Submitted 25.06.2020
Accepted 24.09.2020