

Влияние лазерной терапии на эндотелиальную дисфункцию у больных, оперированных по поводу ортогнатической патологии

© Н.Г. КУЛИКОВА^{1,2}, Т.В. КОНЧУГОВА¹, С.В. МОСКВИН³, З.Г. ЖИЛОКОВ², А.С. ТКАЧЕНКО²

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия;

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, Москва, Россия;

³ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

Резюме

Цель исследования. Оптимизировать послеоперационную реабилитацию путем применения в раннем послеоперационном периоде низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) разных длин волн для профилактики развития воспалительных осложнений.

Материал и методы. После рентгенологического обследования и ультразвуковой диагностики сосудов тканей пародонта выполнены оперативные методы ортогнатического лечения, после завершения которых проведен курс НИЛИ. Изучение содержания VEGF и его рецепторов (sVEGF-R1; sVEGF-R2) проведено иммуноферментным твердофазным методом с использованием стандартных наборов реактивов. Лазерное воздействие (длина волны 635 нм), проводили непосредственно на вестибулярную и оральную поверхности десневых тканей и в зоне операции, лабильно по сканирующей методике, 1,5 мин (мощность 5 Вт), импульсную инфракрасную лазерную терапию (ИКЛТ) излучением длины волны 904 нм (длительность светового импульса 100 с, мощность 15 Вт, 1500 Гц) — накожно в проекционных зонах (четыре контрольные точки верхней и нижней челюстей) операции через кожу щеки контактно на зоны воздействия, по стабильной методике (1,5 мин) с временным диапазоном между подачей НИЛИ с красным и инфракрасным излучением не выше 100 с (1,5 мин).

Результаты. Сосудисто-эндотелиальные дисфункции после применения лазерного излучения разных длин волн лучше устраняются за счет повышения скорости микрокапиллярного кровотока (прирост 66,7%; $p < 0,05$) в артериальном и 70,3% в венозном отделе капилляров ($p < 0,01$), что сопровождается расширением сосудов: диаметр увеличился на 26,9% по сравнению с таковым под действием красного (на 13,0%) и инфракрасного лазерного излучения (на 7,2%; $p < 0,01$).

Выводы. Применение в раннем послеоперационном периоде низкоинтенсивного лазерного излучения разных длин волн обеспечивает улучшение вазоактивных процессов геморегуляции в десневых тканях, что сопровождается устранением вазоспазма, вызванного операционным стрессом, активацией артериодилатирующих эффектов, способствует профилактике развития воспалительных осложнений.

Ключевые слова: низкоинтенсивное лазерное излучение, длина волны, лазерная терапия, ортогнатическая патология, ранний послеоперационный период, эндотелиально-сосудистые дисфункции.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Куликова Н.Г. — <https://orcid.org/0000-0002-6895-0681>

Кончугова Т.В. — <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Москвин С.В. — <https://orcid.org/0000-0002-1503-0742>

Жилоков З.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-6995-4126>

Ткаченко А.С. — <https://orcid.org/0000-0001-8506-8562>

Автор, ответственный за переписку: Куликова Н.Г. — e-mail: kulikovang777@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Куликова Н.Г., Кончугова Т.В., Москвин С.В., Жилоков З.Г., Ткаченко А.С. Влияние лазерной терапии на эндотелиальную дисфункцию у больных, оперированных по поводу ортогнатической патологии. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2022;99(1):28–33. <https://doi.org/10.17116/kurort20229901128>

Laser therapy effect on endothelial dysfunction in patients after the surgery for orthognathic disorders

© N.G. KULIKOVA^{1,2}, T.V. KONCHUGOVA¹, S.V. MOSKVIN³, Z.G. ZHILOKOV², A.S. TKACHENKO²

¹National Medical Research Center for Medical Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia;

²RUDN University, Moscow, Russia;

³Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Abstract

Objective. To optimize postoperative rehabilitation by applying low-intensity laser irradiation (LILI) with different wavelengths in the early postoperative period to prevent inflammatory complications.

Material and methods. After radiological examination and ultrasound diagnostics of the periodontal tissue vessels, surgical methods of orthognathic treatment were performed, after completion of which a course of LILI was carried out. The VEGF its receptors (sVEGF-R1; sVEGF-R2) content was measured by enzyme immunoassay using standard reagent kits. The laser therapy using 635 nm laser light was applied directly to the vestibular and oral surfaces of the gingival tissues and in the operation area, changeable by the scanning method, for 1.5 minutes (5 W power); the pulsed infrared laser therapy (PILT) with the 904 nm wavelength (light pulse duration 100 s, power 15 W, 1500 Hz) applied epicutaneously to the operation projective zones (four control points of the upper and lower jaw) through the skin of the cheek, in stable method (1.5 minutes) with a time range between red and infrared wavelength LILI not exceeding 100 s (1.5 minutes).

Results. Vascular and endothelial dysfunction after laser irradiation with different wavelengths is better controlled by increasing the microcapillary blood flow (66.7% gain; $p < 0.05$) in arteriolar and 70.3% in venular sections of capillaries ($p < 0.01$), which is associated by vasodilatation: diameter increased by 26.9% compared to that under the influence of red laser radiation (by 13.0%) and infrared laser radiation (by 7.2%); $p < 0.01$).

Conclusions. Early laser therapy using the low-intensity laser irradiation with different wavelengths improves vasoactive processes of hemoregulation in dental tissues associated with the elimination of vasospasm caused by operative stress, activation of arterioldilatory effects, contributes to the prevention of development of inflammatory complications.

Keywords: low-intensity laser irradiation, wavelength, laser therapy, orthognathic pathology, early postoperative period, endothelial vascular dysfunction.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Kulikova N.G. — <https://orcid.org/0000-0002-6895-0681>

Konchugova T.V. — <https://orcid.org/0000-0003-0991-8988>

Moskvin S.V. — <https://orcid.org/0000-0002-1503-0742>

Zhilokov Z.G. — <https://orcid.org/0000-0001-6995-4126>

Tkachenko A.S. — <https://orcid.org/0000-0001-8506-8562>

Corresponding author: Kulikova N.G. — e-mail: kulikovang777@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:

Kulikova NG, Konchugova TV, Moskvin SV, Zhilokov ZG, Tkachenko AS. Laser therapy effect on endothelial dysfunction in patients after the surgery for orthognathic disorders. *Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy*. 2022;99(1):28–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20229901128>

Введение

Методы физиотерапии в раннем послеоперационном периоде у пациентов после ортогнатических операций научно обоснованы и имеют разноплановый многокомпонентный характер, но к настоящему времени нет четких методических рекомендаций по их применению, в том числе в отношении лазерной терапии [1–3]. Лазерное излучение позволяет без фармакологической нагрузки потенцировать иммунные, саногенные, сосудистые и противовоспалительные эффекты, что крайне важно, поскольку сосуды и особенно микрососуды, вовлекаясь в постстрессовый механизм послеоперационного периода, нуждаются в мягкой коррекции, что крайне важно для слизистой оболочки ротовой полости [4, 5]. В раннем послеоперационном периоде у пациентов после ортогнатических операций необходимо улучшить микроциркуляцию в тканях пародонта, повысить дренажную активность, устранить зоны локального воспаления и создать оптимальные условия для активизации регенерации поврежденных тканей [6, 7]. Исследования специалистов по данному вопросу демонстрируют факт неоднозначного влияния внешних факторов и преформированной среды на эндотели-

альные структуры и рецепторы фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), что следует учитывать в геморегуляторных ответах послеоперационного периода [8, 9]. Последнее обусловлено тем, что развивающиеся в послеоперационном периоде сосудисто-скоростные процессы потенцируют гипоксию клеток и меняют соотношение плацентарного фактора роста (PLGF)/VEGF-гетеродимеров [10, 11], участвующих в формировании зон воспаления, пролиферации, миграции эндотелия и проницаемости сосудов в условиях меняющейся внешней среды и операционных стрессовых воздействий. Это и определило цель исследования.

Цель исследования — оптимизировать послеоперационную реабилитацию путем применения в раннем послеоперационном периоде низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) разных длин волн для профилактики развития воспалительных осложнений.

Материал и методы

Критерии включения: пациенты после ортогнатических операций. Критерии невключения: пациенты, не подписавшие документы об информированном

добровольном согласии на проведение лазерного воздействия в раннем послеоперационном периоде. После стандартного клинико-диагностического обследования проведены хирургические вмешательства на пародонтальных тканях. У 74 (65,4%) больных выполнена остеотомия небного шва (SARPE) с установкой небного дистрактора, у 49 (34,6%) — билатеральная сагиттальная плоскостная остеотомия нижней челюсти с применением внутриротового доступа и постановкой зубных рядов в ортогнатическое положение. Затем выполнен остеосинтез титановыми минипластинами также с использованием внутриротового доступа.

Сразу после оперативного воздействия в первый день проводили лазерную терапию наряду с ограничением физических нагрузок, исключением слишком горячей/холодной пищи и обеспечением щадящим питанием. Ультразвуковую диагностику сосудов тканей пародонта осуществляли до и после лазерной терапии. Эффекты НИЛИ сравнивали при моновоздействии с длиной волны 904 и 635 нм и комбинированной методике [12]. Непосредственно после оперативного воздействия проводили лазерную терапию по разработанной схеме: комбинацию лазерного излучения ($\lambda=635$ нм) выполняли непосредственно на вестибулярную и оральную поверхности десневых тканей и в зоне операции, лабиально, в сканирующей методике, 1,5 мин (мощность 5 Вт) и импульсную инфракрасную лазерную терапию (ИКЛТ); параметры — $\lambda=904$ нм, длительность светового импульса 100 с, мощность 15 Вт, 1500 Гц, накожно в проекционных зонах (четыре контрольные точки верхней и нижней челюстей) операции через кожу щеки контактно зонам воздействия, в стабильной методике (1,5 мин) с временным диапазоном между воздействием НИЛИ волн красного и инфракрасного спектра не выше 100 с (1,5 мин). Процедуры НИЛИ оперированным больным выполняли излучателем для полостного воздействия (коэффициент пропускания — 0,6 нм), излучателем для наружно-накожного проведения лазерной терапии (коэффициент пропускания — 0,45 нм). Курс лечения составил 10 процедур, ежедневно или через день. Оценку эффективности проводили на основе клинического анализа, жалоб больных, уровней VEGF и его рецепторов, сосудистых показателей микрокровотока.

Анализ полученных данных проводили в программах Microsoft Office Excel (2017), выполняли статистическую обработку SPSS (версия PASW Statistics, 2018). Использовали параметрические (метод линейной корреляции, критерий Стьюдента) и непараметрические методы (коэффициент ранговой корреляции по Спирмену, непарный критерий Вилкоксона—Манна—Уитни и парный критерий Вилкоксона). Размер выборки определен — 113 пробандов (статистическая вероятность

получения репрезентательных данных на уровне 0,95%; $p<0,05$).

При клиническом осмотре после операции больные отмечали отечность тканей, онемение зубов нижней челюсти, нижней губы, кожи подбородка, болезненность при пальпации в проекционных зонах оперативного воздействия, нарушение чувствительности (гипостезия с участками анестезии, гиперестезия десен оперированной челюсти), а при механическом раздражении зубов — провоцирование болевых ощущений. В первый день после операции всем больным проводили противовоспалительную, обезболивающую, антибиотикотерапию и лазерную терапию.

Пациентам основной группы (ОГ; $n=29$ человек) проводили процедуры импульсным НИЛИ красного ($\lambda=635$ нм) и инфракрасного спектра ($\lambda=904$ нм) по наружной методике на проекционные зоны оперативного воздействия (по 2 мин на верхнюю и нижнюю челюсти излучение с каждой длиной волны последовательно). Сформированы 2 группы сравнения: первая (С1; $n=31$) — пациентам проводили воздействие только импульсным НИЛИ инфракрасного спектра ($\lambda=904$ нм) (4 зоны по 2 мин на зону, на верхнюю и нижнюю челюсти); вторая (С2; $n=31$) — пациентам применяли только импульсное НИЛИ красного спектра ($\lambda=635$ нм) (4 зоны по 2 мин на зону, на верхнюю и нижнюю челюсти). Всего на курс 10 ежедневных процедур, на 10-е сутки оценивали эффекты лазерной терапии в динамике. Контрольную группу (КГ; $n=22$) составили больные, получавшие только фармакологическое лечение в послеоперационном периоде [13].

Результаты

Возраст пробандов (60 женщин и 53 мужчины) с зубочелюстными аномалиями, имеющих показания к ортогнатическим оперативным вмешательствам, составил $37,8\pm 3,3$ года ($p<0,05$). Оценка стоматологического статуса пациентов основана на выявлении клинических индексов воспаления (индекс гигиены ИГР-У — 2,7; индекс гингивита ПМА-PARMA — 57,2%, реографический индекс — 2,3), имевших количественные сдвиги по сравнению с физиологическими показателями нормы. Особое внимание обращено на снижение индекса эластичности сосудов — на $35,5\pm 3,15\%$ ($p<0,01$), повышение показателя тонуса сосудов на $40,5\pm 3,5\%$ ($p=0,0001$) и отклонение от нормы индекса периферического сопротивления на $45,5\pm 4,2\%$ ($p<0,001$), поскольку данная группа показателей отражает сосудистые и метаболические процессы в тканях пародонта [14].

После проведения лазерной терапии клинический эффект был более выражен у пациентов ОГ, получавших комбинированную лазерную терапию,

Таблица 1. Динамика микроциркуляции в тканях пародонта у пациентов группы С1

Table 1. Change of micro blood flow in periodontal tissues in group C1 patients

Параметры сосудов	Норма	До лечения	После лечения
Диаметр сосудов артериолярного отдела, мкм	11,3±0,68	8,1±0,38	9,2±0,26* #
Скорость капиллярного кровотока (артериолярный отдел), мкм/с	1082±29,2	287±9,5	290±9,9* ###
Диаметр сосудов веноулярного отдела, мкм	14,4±0,84	10,2±0,74	12,09±0,47* ###
Скорость капиллярного кровотока (веноулярный отдел), мкм/с	412±5,2	96,3±1,09	109±1,82* ###
Плотность капиллярной сети в 1 мм ²	8,0±0,18	3,80±0,05	4,09±0,08* ###

Примечание. Данные представлены в виде среднего значения и ошибки среднего ($M\pm m$). p — статистическая значимость различий до и после лечения в группе (* — $p<0,05$); # — статистическая значимость различий между показателями нормы и значениями после лазерной терапии в группе (# — $p<0,05$, ## — $p<0,01$, ### — $p<0,001$).

Note. Data are presented as mean value and standard error ($M\pm m$). p : statistical significance of differences before and after treatment within the group (* — $p<0.05$); #: statistical significance of differences between reference values and values after laser treatment in the group (# — $p<0.05$, ## — $p<0.01$, ### — $p<0.001$).

Таблица 2. Динамика микрокровотока в тканях пародонта у пациентов группы С2

Table 2. Change of micro blood flow in periodontal tissues in group C2 patients

Параметры сосудов	Норма	До лечения	После лечения
Диаметр сосудов артериолярного отдела, мкм	11,3±0,68	8,5±0,37	10,6±0,26** #
Скорость капиллярного кровотока (артериолярный отдел), мкм/с	1082±29,2	287±9,5	425±10,9** ###
Диаметр сосудов веноулярного отдела, мкм	14,4±0,84	10,4±0,53	12,9±0,57* #
Скорость капиллярного кровотока (веноулярный отдел), мкм/с	412±5,2	96,3±1,09	262±1,55*** ###
Плотность капиллярной сети в 1 мм ²	8,0±0,18	3,80±0,05	6,29±0,08*** #

Примечание. Данные представлены в виде среднего значения и ошибки среднего ($M\pm m$). p — статистическая значимость различий до и после лечения в группе (* — $p<0,05$, ** — $p<0,01$, *** — $p<0,001$); # — статистическая значимость различий между показателями нормы и значениями после лазерной терапии в группе (# — $p<0,05$, ## — $p<0,01$, ### — $p<0,001$).

Note. Data are presented as mean value and standard error ($M\pm m$). p : statistical significance of differences before and after treatment within the group (* — $p<0.05$; ** — $p<0.01$; *** — $p<0.001$); #: statistical significance of differences between reference values and values after laser treatment in the group (# — $p<0.05$, ## — $p<0.01$, ### — $p<0.001$).

что проявилось уменьшением болезненности после 3—4-й процедуры, восстановлением чувствительности у 83% пациентов по сравнению с 7% пациентов группы С2 и 35% пациентов группы С1 ($p<0,01$ для обоих показателей). У пациентов КГ полное восстановление чувствительности и отсутствие болевого синдрома отмечали на 10-й день фармакотерапии.

После операции у 75% пациентов в тканях пародонта выявлен смешанный гемодинамический тип микроциркуляции, наиболее близкий к застойному, который в 15% случаев характеризовался гиперемической реакцией. В динамике лазерной терапии с волнами разной длины получены результаты, анализ которых позволил выявить более высокую эффективность комбинированной лазерной терапии (излучение с волнами разной длины) в отношении воздействия на микроциркуляцию в тканях пародонта, что, по нашему предположению, должно нивелировать сосудисто-эндотелиальные сдвиги, лежащие в основе воспалительных осложнений оперативного вмешательства (табл. 1).

После применения НИЛИ в красном спектре лазерного излучения наблюдали увеличение скорости капиллярного кровотока: прирост составил 11,2% в артериолярном отделе и 11,7% в веноулярном отделе капилляров ($p<0,01$). Диаметр сосудов увеличился как за счет улучшения кровенаполнения капилляров, так и за счет улучшения эластичности сосудов. Индекс эластичности сосудов увеличился от 37,2±1,3

до 47,25±1,9, что отличалось от результатов применения НИЛИ в инфракрасном спектре: от 38,3±1,6 до 40,5±1,7 ($p<0,01$) (табл. 2).

После применения ИКЛТ наблюдали более выраженное увеличение скорости капиллярного кровотока: прирост составил 32,5% в артериолярном отделе и 62,3% в веноулярном отделе капилляров ($p<0,01$). Диаметр сосудов повысился более существенно, чем после применения красного спектра лазерного излучения, что, возможно, связано с более глубоким проникновением в ткани НИЛИ инфракрасного спектра [15].

В ОГ получены следующие микроциркуляционные ответы (табл. 3). После воздействия НИЛИ разной длины волны получены эффекты, демонстрирующие увеличение скорости капиллярного микрокровотока: прирост составил 66,7% ($p<0,05$) в артериолярном отделе и 70,3% в веноулярном отделе капилляров ($p<0,01$).

Диаметр сосудов после воздействия НИЛИ с волнами разной длины повысился на 26,9% по сравнению с лазерной терапией красного спектра — на 13,0% и ИКЛТ — на 7,2% ($p<0,01$ для обоих показателей), что сопровождалось более значимым купированием болевого синдрома в первые дни проведения лазерной терапии и устранением сосудисто-эндотелиальных дисфункций (табл. 4).

Синергизм красного и инфракрасного спектра лазерного излучения создает оптимальные условия

Таблица 3. Динамика микрокровотока в тканях пародонта после применения низкоинтенсивного лазерного излучения с разной длиной волны**Table 3. Change of micro blood flow in periodontal tissues after the exposure of low-intensity laser irradiation with different wavelengths**

Параметры сосудов	Норма	До лечения	После лечения
Диаметр сосудов артериолярного отдела, мкм	11,3±0,68	8,8±0,71	11,7±0,28*
Скорость капиллярного кровотока (артериолярный отдел), мкм/с	1082±29,2	287±9,5	858±10,9*** #
Диаметр сосудов веноулярного отдела, мкм	14,4±0,84	10,1±0,54	14,0±0,55**
Скорость капиллярного кровотока (веноулярный отдел), мкм/с	412±5,2	96,3±1,09	324±1,87*** #
Плотность капиллярной сети в 1 мм ²	8,0±0,18	3,80±0,08	7,42±0,18*** #

Примечание. Данные представлены в виде среднего значения и ошибки среднего ($M \pm m$). p — статистическая значимость различий до и после лечения в группе (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$); # — статистическая значимость различий между показателями нормы и значениями после лазерной терапии в группе (# — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$).

Note. Data are presented as mean value and standard error ($M \pm m$). p : statistical significance of differences before and after treatment within the group (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$); # — statistical significance of differences between reference values and values after laser treatment in the group (# — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$).

Таблица 4. Показатели содержания фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) и рецепторов VEGF в динамике применения низкоинтенсивного лазерного излучения**Table 4. Vascular endothelial growth factor (VEGF) and VEGF receptor content change during the low-intensity laser irradiation**

Показатели	С1		С2		ОГ		Норма
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения	
VEGF-A, нг/мл	189,00	190,80 ***	226,00	240,80* ##	190,50	289,70*** #	298,10
VEGF-R1, нг/мл	0,29	0,30* ##	0,17	0,31** ##	0,26	0,40***	0,43
VEGF-R2, нг/мл	24,65	25,71* ##	23,96	25,92** ##	22,64	28,93*** #	30,23
VEGF-A/VEGF-R1, усл. ед	0,68	0,78* ***	0,59	1,02** ##	0,57	1,25*** #	1,56
VEGF-A/VEGF-R2, усл. ед.	0,005	0,009* ##	0,005	0,010* ##	0,005	0,019***	0,019—0,020

Примечание. p — статистическая значимость различий до и после лечения в группе (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$); # — статистическая значимость различий между показателями нормы и значениями после лазерной терапии в группе (# — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$, ### — $p < 0,001$).

Note. p : statistical significance of differences before and after treatment within the group (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$); #: statistical significance of differences between reference values and values after laser treatment in the group (# — $p < 0,05$, ## — $p < 0,01$, ### — $p < 0,001$).

для активации регенераторных процессов в тканях пародонта, что позволяет ускорить заживление в зоне операционной раны, улучшить микроциркуляцию и устранить сосудисто-эндотелиальные сдвиги, провоцирующие развитие воспалительных осложнений. После применения НИЛИ разных длин волн регистрировали статистически значимую коррекцию исходных показателей VEGF и рецепторов VEGF, что проявилось повышением уровней рецепторов VEGF-R2 (нг/мл) и VEGF-R1.

Обсуждение

Развивающиеся после операции сосудистые нарушения (вазоконстрикция сосудов, стаз и застойные изменения, повышенный тонус сосудов) затрудняют прохождение необходимого объема крови, вызывают отечность тканей и сосудисто-эндотелиальные дисфункции, повышающие риск развития воспалительных реакций в пародонтальных тканях [15]. Установлено, что комбинированная методика НИЛИ оказывает нормализующее влияние на микроциркуляцию тканей пародонта и создает условия для оптимальной регенерации в зоне операци-

онной раны. В связи с этим можно утверждать, что лазерная терапия, при которой применяют излучение разных длин волн, оказывает статистически значимое корректирующее влияние на сосудистые нарушения в тканях зубоальвеолярного аппарата у пациентов после ортогнатических операций.

Выводы

1. При проведении ортогнатических операций у значительной доли пациентов с зубочелюстными аномалиями возникает высокий риск развития воспалительных осложнений в связи с наличием в дооперационном периоде микрососудистых расстройств и сосудисто-эндотелиальных сдвигов в тканях пародонта, которые не всегда могут быть устранены фармакологическими препаратами.

2. С целью профилактики развития воспалительных осложнений после ортогнатических операций в первый день после их проведения целесообразно включать в лечебные мероприятия комбинацию лазерного излучения разных длин волн для улучшения микрососудистых и сосудисто-эндотелиальных функций тканей пародонта.

Благодарности. Авторы выражают благодарность всем сотрудникам лаборатории и кафедры, которые принимали участие в экспериментальной и научной работе.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования — Н.Г. Куликова; сбор и обработка материала —

З.Г. Жилоков; статистическая обработка данных — А.С. Ткаченко; написание текста, редактирование — Н.Г. Куликова, Т.В. Кончугова, С.В. Москвин.

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

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Иванов А.С. *Руководство по лазеротерапии стоматологических заболеваний*. СПб.: СпецЛит; 2014.
Ivanov AS. *Rukovodstvo po lazeroterapii stomatologicheskikh zabolevanij*. SPb.: SpecLit; 2014. (In Russ.).
- Куликова Н.Г., Жилоков З.Г., Ткаченко А.С. Лазерная терапия у больных, оперированных по поводу ортогнатической патологии. *Физиотерапевт*. 2021;2:32-37.
Kulikova NG, Zhilokov ZG, Tkachenko AS. Laser therapy in patients operated for orthognathic pathology. *Fizioterapevt*. 2021;2:32-37. (In Russ.). <https://doi.org/10.33920/med-14-2104-04>
- Шустов М.А., Шустова В.А. *Физиотерапия в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии*. СПб.: СпецЛит; 2019.
Shustov MA, Shustova VA. *Fizioterapiya v stomatologii i chelyustno-licevoj hirurgii*. SPb.: SpecLit; 2019. (In Russ.).
- Корепанов В.И. Лазерная терапия в стоматологии. *Российский стоматологический журнал*. 2000;2(1):37-38.
Korepanov VI. Laser Therapy in dentistry. *Rossiyskij stomatologicheskij zhurnal*. 2000;2(1):37-38. (In Russ.).
- Кречина Е.К., Маслова В.В., Шидова А.В., Москвин С.В. Сравнительная оценка воздействия на микроциркуляцию низкоинтенсивного импульсного и непрерывного лазерного излучения красного и инфракрасного диапазонов спектра в комплексной терапии хронического пародонтита. *Лазерная медицина*. 2009;13(2):22-26.
Krechina EK, Maslova VV, Shidova AV, Moskvina SV. Comparative assessment of the effects on microcirculation of low-intensity pulse and continuous laser radiation of red and infrared spectrum in complex therapy of chronic periodontitis. *Lazernaya medicina*. 2009;13(2):22-26. (In Russ.).
- Куликова Н.Г., Нестерова Е.В., Ткаченко А.С., Жилоков З.Г. К вопросу о применении комбинированной лазерной терапии разной длины волны в раннем послеоперационном периоде. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2021;98(3-2):109.
Kulikova NG, Nesterova EV, Tkachenko AS, Zhilokov ZG. On the use of combined laser therapy of different wavelengths in the early postoperative period. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury*. 2021;98(3-2):109. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221>
- Куликова Н.Г., Жилоков З.Г., Ткаченко А.С. Иммунные ответы после применения лазерной терапии у оперированных ортогнатических больных. *Вестник последиplomного медицинского образования*. 2021;2(1):32-34.
Kulikova NG, Zhilokov ZG, Tkachenko AS. Immune responses after laser therapy in operated orthognathic patients. *Vestnik poslediplomnogo medicinskogo obrazovaniya*. 2021;2(1):32-34. (In Russ.).
- Dias FJ, Issa JP, Barbosa AP, de Vasconcelos PB, Watanabe IS, Mizusakii-yomasa M. Effects of low-level laser irradiation in ultrastructural morphology, and immunoeexpression of VEGF and VEGFR-2 of rat masseter muscle. *Micron*. 2012;43(2-3):237-244. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2011.08.005>
- das Neves LM, Leite GP, Marcolino AM, Pinfildi CE, Garcia SB, de Araújo JE, Guirro EC. Laser photobiomodulation (830 and 660 nm) in mast cells, VEGF, FGF, and CD34 of the musculocutaneous flap in rats submitted to nicotine. *Lasers in Medical Science*. 2017;32(2):335-341.
- Ягода А.В., Гладких Н.Н., Гладких Л.Н. Особенности адгезивной функции эндотелия при различных клинических вариантах первичного пролапса митрального клапана. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2016;15(1):45-50.
Yagoda AV, Gladkih NN, Gladkih LN. Features adhesive endothelial function in various clinical variants of the primary prolapse mitral valve. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2016;15(1):45-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2016-1-45-50>
- Kawano Y, Utsunomiya-Kai Y, Kai K, Miyakawa I, Ohshiro T, Narahara H. The production of VEGF involving MAP kinase activation by low level laser therapy in human granulosa cells. *Laser Therapy*. 2018;21(4):269-274. <https://doi.org/10.5978/islsm.12-OR-15>
- de Jesus JF, Spadacci-Morena DD, Dos Anjos Rabelo ND, Pinfildi CE, Fukuda TY, Plapler H. Low-level laser therapy (780 nm) on VEGF modulation at partially injured Achilles tendon. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2018;34(8):331-335. <https://doi.org/10.1089/pho.2016.4092>
- de Oliveira TS, Serra AJ, Manchini MT, Bassaneze V, Krieger JE, de Tarso Camillo de Carvalho P, Antunes DE, Bocalini DS, Ferreira Tucci PJ, Silva JA Jr. Effects of low level laser therapy on attachment, proliferation, and gene expression of VEGF and VEGF receptor 2 of adipocyte-derived mesenchymal stem cells cultivated under nutritional deficiency. *Lasers in Medical Science*. 2015;30(1):217-223. <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1646-9>
- Iyomasa MM, Rizzi EC, Leão JC, Issa JP, Dias FJ, Pereira YC, Fonseca MJ, Vicentini FT, Watanabe IS. Zymographic and ultrastructural evaluations after low-level laser irradiation on masseter muscle of HRS/J strain mice. *Lasers in Medical Science*. 2018;28(3):777-783. <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1156-6>
- Moskvina S, Askhadulin E, Kochetkov A. Low-Level Laser Therapy in Prevention of the Development of Endothelial Dysfunction and Clinical Experience of Treatment and Rehabilitation of COVID-19 Patients. *Rehabilitation Research and Practice*. 2021;2021:6626932. <https://doi.org/10.1155/2021/6626932>

Получена 18.03.2021

Received 18.03.2021

Принята в печать 12.09.2021

Accepted 12.09.2021