- на, А. А. Коробкеев, Е. В. Алышева, И. А. Монастырская // *Морфология*. – 2016. – Т. 149, № 3. – С. 123.
4. Лежнина, О. Ю. Современные морфофункциональные параметры артериального русла сердца / О. Ю. Лежнина, А. А. Коробкеев, И. И. Федько // *Астраханский медицинский журнал*. – 2012. – № 4. – С. 166–168.
5. Проект рекомендаций по диагностике и лечению стабильной стенокардии (II пересмотр), 2008. – Режим доступа: <http://www.cardiosite.ru/recommendations/article.asp?id=5643>.
6. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение прикладных программ Statistica / О. Ю. Реброва. – М.: Медиа Сфера, 2003. – 312 с.
7. Челнокова, Н. О. Ангиоархитектоника области бифуркации левой венечной артерии взрослых мужчин / Н. О. Челнокова, Е. А. Анисимова, Н. В. Островский, Г. Н. Маслякова // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки*. – 2015. – № 3 (35). – С. 41–49.
8. Anbumani, T. L. An anatomical study on the coronary arteries and their variations / T. L. Anbumani, Ch. Deepthi, A. Thamarai Selvi, S. Anthony Ammal // *Int. J. Anat. Res.* – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 2114–2118. doi: 10.16965/ijar.2016.158
9. Korobkeev, A. A. Anatomic and functional arrangement of subepicardial arterial system in human heart / A. A. Korobkeev, O. Yu. Lezhnina, M. A. Dolgashova // *Medical News of North Caucasus*. – 2016. – Vol. 11, № 2. – P. 217–219. doi: 10.14300/mnnc.2016.11041
10. Roy, S. Morphometric study of left coronary artery trunk in adult human cadavers: a study on the eastern region population / S. Roy, A. Gupta, B. K. Nanrah [et al.] // *J. Clin. Diagn. Res.* – 2014. – Vol. 8, № 2. – P. 7–9. doi: 10.7860/JCDR/2014/7602.3991
- References**
1. Alysheva Ye. V., Lezhnina O. Yu., Korobkeev A. A., Monastyrskaya I. A. *Morfologiya*. – *Morphology*. 2016;149(3):17.
2. Zharikova T. S., Milyukov V. E., Nikolenko V. N., Korobkeev A. A., Lezhnina O. Yu. *Meditsinskii Vestnik Severnogo Kavkaza*. – *Medical News of North Caucasus*. 2015;10(4):424–428. doi: 10.14300/mnnc.2015.10103
3. Lezhnina O. Yu., Korobkeev A. A., Alysheva Ye. V., Monastyrskaya I. A. *Morfologiya*. – *Morphology*. 2016;149(3):123.
4. Lezhnina O. Yu., Korobkeev A. A., Fedko I. I. *Astrakhsan meditsinskii zhurnal*. – *Astrakhan Medical Journal*. 2012;4:166–168.
5. Projekt rekomendatsiy po diagnostike i lecheniyu stabilnoy stenokardii (II peresmotr); 2008. URL: <http://www.cardiosite.ru/recommendations/article.asp?id=5643>.
6. Rebrova O. Yu. Statisticheskiy analiz meditsinskih dannykh. *Primeneniye prikladnykh programm Statistica*. M.: «Media Sfera»; 2003. 312 p.
7. Chelnokova N. O., Anisimova Ye. A., Ostrovsky N. V., Maslyakova G. N. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskiye nauki*. – *Proceedings of the higher educational institutions. Volga region. Medical sciences*. 2015;3(35):41–49.
8. Anbumani T. L., Deepthi Ch., Thamarai Selvi A., Anthony Ammal S. *Int. J. Anat. Res.* 2016;4(1):2114–2118. doi: 10.16965/ijar.2016.158
9. Korobkeev A. A., Lezhnina O. Yu., Dolgashova M. A. *Meditsinskii Vestnik Severnogo Kavkaza*. – *Medical News of North Caucasus*. 2016;11(2):217–219. doi: 10.14300/mnnc.2016.11041
10. Roy S., Gupta A., Nanrah B. K., Verma M., Saha R. *J. Clin. Diagn. Res.* 2014;8(2):7–9. doi: 10.7860/JCDR/2014/7602.3991

Сведения об авторах:

Лежнина Оксана Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии; тел.: (8652)353229; e-mail: okliz26@mail.ru
Коробкеев Александр Анатольевич, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой; тел.: (8652)353229; e-mail: korobkeev@stgmu.ru

© Коллектив авторов, 2016
УДК 616.716.8.002.69:352.41/16.36
DOI – <http://doi.org/10.14300/mnnc.2016.11133>
ISSN 2073-8137

МЕХАНИЗМЫ РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Е. В. Щетинин¹, С. В. Сирак¹, Н. И. Быкова², А. А. Адамчик², Г. Г. Петросян¹,
Ю. Ю. Гатило¹, И. В. Кошель¹

¹ Ставропольский государственный медицинский университет, Россия

² Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

MECHANISMS OF REPARATIVE OSTEOGENESIS UNDER THE INFLUENCE OF PULSED LASER OF INFRARED RANGE

Shchetinin E. V.¹, Sirak S. V.¹, Bykova N. I.², Adamchik A. A.², Petrosyan G. G.¹,
Gatilo Yu. Yu.¹, Koshel I. V.¹

¹ Stavropol State Medical University, Russia

² Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Рассматриваются вопросы патофизиологических особенностей репаративного остеогенеза костной ткани челюстей под воздействием импульсного лазерного излучения инфракрасного диапазона в эксперименте на животных. Рентгенологические, гистологические, гистохимические и электронно-микроскопические данные

свидетельствуют, что лазерное излучение инфракрасного диапазона оказывает стимулирующее действие на регенерацию костной ткани нижней челюсти. Лазерное излучение интенсифицирует остеогенез на ранних стадиях репаративной регенерации: костеобразование ускоряется путем стимуляции образования первичных зародышевых кристаллов гидроксиапатита на фибриллах коллагена и усиления кальцификации остеоидных структур.

Ключевые слова: регенерация, костная ткань, лазерное излучение, остеогенез, эксперимент

The pathophysiological aspects of reparative osteogenesis of bone tissue of the jaws under the influence of pulsed laser radiation in the infrared range in the experiment on animals were investigated. Radiographic, histologic, histochemical and electron microscopic data indicate that the infrared laser light stimulates the regeneration of bone tissue of the lower jaw. Laser radiation intensifies osteogenesis in the early stages of reparative regeneration: bone formation is accelerated by stimulating the formation of primordial germ crystals of hydroxyapatite on the collagen fibrils and enhancing of calcification of osteoid structures.

Keywords: regeneration, bone tissue, laser radiation, osteogenesis, experiment

Лазерное излучение ближнего инфракрасного (ИК) диапазона (с длиной волны 0,85–0,95 мкм) обладает ярко выраженным противовоспалительным и противоотечным действиями, стимулирует микроциркуляцию, нормализует проницаемость сосудистых стенок, стимулирует обмен и повышает парциальное давление кислорода в тканях, ускоряет заживление ран и предотвращает образование рубцов, снижает патогенность микрофлоры и повышает её чувствительность к антибиотикам, стимулирует иммунную систему [1, 3, 4, 9]. Наиболее эффективным как более биотропно насыщенным является импульсное или модулированное лазерное излучение [1, 8]. Широкий спектр механизмов профилактического и лечебного действия импульсной лазерной физиотерапии ИК-диапазона делает её актуальной в лечении широкого ряда заболеваний челюстно-лицевой области [5, 7, 11].

Отечественные аппараты, использующие полупроводниковые ИК-лазеры («ОПТОДАН», «АЛП-01-ИАТОН», «Изель»), позволяют проводить терапию достаточно широкого спектра заболеваний, используя, за редким исключением, уровни интенсивности не более 4 Вт в импульсе. Однако ряд патологий для эффективной терапии требуют более высоких уровней мощности лазерного излучения и широкого набора частот следования импульсов [1, 2].

Имеющиеся в литературе данные показывают, что лазерное излучение ИК-диапазона способно играть важную роль в процессах минерального обмена костной ткани [6, 7, 10]. Есть данные, что под воздействием лазерного излучения инфракрасного диапазона (ЛИИКД) в костной ткани активируется процесс переноса ионов ортофосфорной кислоты в места образования кристаллов апатитов на фибриллах коллагена, способствуя осаждению кальциевых солей [12, 13]. Данная информация

представляет определенный интерес для поиска способов оптимизации репаративного остеогенеза костной ткани.

Цель исследования: оценка патофизиологических особенностей репаративного остеогенеза костной ткани челюстей под воздействием импульсного лазерного излучения инфракрасного диапазона.

Материал и методы. Для определения характера изменения в очаге регенерации костной ткани под влиянием ЛИИКД проведены экспериментальные исследования на 20 кроликах-самцах породы шиншилла, в возрасте 4–5 мес.

Рис. 1. Этапы оперативного вмешательства: а – введение препарата «Золетил» в ушную вену кролика; б – оперативное поле перед разрезом; в – трепанирование кости нижней челюсти в проекции нижнечелюстного канала фиссурным твердосплавным бором; г – сформированный дефект нижней челюсти

Под общей анестезией препаратом «Золетил», разрешенным для официального применения в ветеринарии, из расчета 10 мг/кг массы тела через ушную вену животного (рис. 1-а), выстригали шерсть, обрабатывали йодом оперативное поле (рис. 1-б), проводили разрез мягких тканей вдоль края тела нижней челюсти длиной до 2 см, твердосплавным бором (рис. 1-в) с охлаждением физиологическим раствором соз-

давали стандартизированный дефект – два отверстия в боковых отделах нижней челюсти диаметром по 5 мм (рис. 1-г), затем края раны послойно ушивали.

В послеоперационном периоде начиная с первых суток после операции на правой стороне (ПС) челюсти проводили лазеротерапию ИК-лазером «Интрадонт» с выходной мощностью 20 Вт, длиной волны $0,9 \pm 0,01$ мкм и длительностью импульса лазерного излучения 250 ± 50 нс, длительностью экспозиции 20 минут 3 раза в сутки с интервалом 8 часов, ежедневно до момента выведения кроликов из эксперимента. Левая сторона (ЛС) каждой челюсти служила контролем и воздействию ЛИИКД не подвергалась.

Животных из эксперимента выводили в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных введением в ушную вену воздуха через 7, 14, 21, 35 и 50 суток с отбором проб тканей для гистологических исследований. В результате эксперимента получены и изучены 40 блоков нижней челюсти и 800 гистологических срезов.

После фиксации в 10 % растворе нейтрального формалина часть тканевого материала декальцинировали в 7 % растворе азотной кислоты и заливали в целлоидин. Для просмотра гистосрезов в микроскопе NikonEclipse 80i их окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван-Гизон, серебрением по Маллори, по Бильшовскому, по Футу. С каждого препарата выполняли цифровые снимки (в формате jpg, размером 3136×2352 пикселей в палитре 24 бит) при увеличении $\times 40$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$, $\times 1000$. Другую часть исследуемых костей декальцинировали в растворе ЭДТА и заливали в парафин. Нейтральные мукополисахариды выявляли с помощью ШИК-реакции для идентификации гликогена, аналогичную реакцию проводили после предварительной обработки срезов ферментом амилазой. Кислые мукополисахариды определяли реакцией метакромазии с толуидиновым синим.

Для электронно-микроскопического исследования сразу же после вывода животных из эксперимента в сроки через 7, 14, 21 сутки после начала эксперимента (по 2 кролика на точку наблюдения) из костного регенерата брали участки ткани (2×1 мм) и помещали в свежеприготовленный 1 % раствор четырехоксида осмия на фосфатном буфере. Обезжировали в спиртах возрастающей концентрации, заливали в смеси аралдита. Полимеризацию проводили при температуре 58°C в течение 24 ч. Ультратонкие срезы получали на ультратоме Reichert R-100 и контрастировали цитратом свинца.

Материалы исследования подвергнуты математической обработке на персональном компьютере с помощью пакетов статистических программ Exel 2007, Statistica for Windows 5.0. Результаты пред-

ставлены в виде средней арифметической и ее стандартной ошибки ($M \pm m$). Достоверность различий (p) между значениями в разные периоды времени внутри каждой из групп оценивалась с помощью Т-критерия Вилкоксона. Для сопоставления двух, трех или более эмпирических распределений одного и того же признака использовали непараметрические методы, альтернативные параметрическому критерию Стьюдента: W-критерий Уилкоксона, χ^2 -критерий Пирсона, U-критерий Манна – Уитни, а также коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследования. Как показали результаты исследования, с левой стороны (контроль) нижней челюсти животных рентгенологически различимая рыхлая масса мозоли частично выполняла дефект лишь к 21-м суткам опыта. К 35-м суткам отмечалось уменьшение дефекта, к 50-м суткам дефект выполнен спонгиозной костью только по периферии дефекта.

С правой стороны (основная группа) челюсти, которая подвергалась воздействию ЛИИКД, рыхлая, небольших размеров тень отмечается на периферии дефекта уже к 7-м суткам опыта, рыхлая ткань полностью заполняет дефект к 21-м суткам, а к 50-м суткам в дефекте образуется спонгиозная костная ткань.

При гистологическом изучении ЛС через 7 суток после операции дефект нижней челюсти еще не заполнен клеточно-волоконистой соединительной тканью (рис. 2-а). Сосуды в окружающей костной ткани незначительно расширены. Костеобразование по краям дефекта еще отсутствует. По пери- и эндостальной поверхности отмечается пролиферация остеобластических элементов и образование ветвящихся клеточных тяжей.

Рис. 2. Микропрепараты контрольной (а, в) и основной (б, г) групп препаратов на 7-е (а, б), 21-е (в) и 50-е (г) сутки эксперимента: а – дефект практически не заполнен клеточно-волоконистой соединительной тканью. Окраска гематоксилином и эозином. Ок. 10, об. 10; б – дефект костной ткани заполнен густой сетью переплетающихся костных балок. Окраска гематоксилином и эозином. Ок. 10, об. 10; в – неоднородный характер регенерата с отдельными участками клеточно-волоконистой ткани и зон смешанных структур грубопучкового строения. Окраска пикрофуксином по Ван-Гизон. Ок. 10, об. 20; г – врастание пластинчатой костной ткани по периферии дефекта. Окраска по Маллори. Ок. 10, об. 20

На ПС челюсти на этом же сроке опыта дефект костной ткани по периферии заполнен густой сетью переплетающихся костных балок (рис. 2-б). В новообразованных костных балках отмечаются участки интенсивной кальцификации. Среди них определяются расширенные кровеносные сосуды и большое количество клеточных элементов.

Через 14 суток после операции на ЛС дефект заполнен остеогенной тканью, частью представленной по краю полости нежно-трабекулярной костной тканью. Дефект ПС нижней челюсти заполнен густой сетью новообразованных костных балок. Лишь кое-где наблюдаются вкрапления клеточно-волоконистой ткани. Контуры дефекта кости неровны. Сосуды в межбалочных пространствах расширены.

Через 21 сутки после операции на ЛС челюсти дефект кости все еще заполнен клеточно-волоконистой остеогенной тканью. По периферии определяется интенсивное образование костных балок. Сосуды расширены. На ПС челюсти дефект выполнен микро-трабекулярной сетью новообразованных костных балок грубопучковой структуры.

К 35-м суткам структура регенерата в контроле имеет неоднородный характер. Определяются отдельные участки клеточно-волоконистой ткани, зоны смешанных структур в новообразованной костной ткани грубопучкового строения (рис. 2-в). На ПС челюсти дефект выполнен незрелой грубоволоконистой костной тканью, имеющей спонгиозное строение.

К 50-м суткам дефект ЛС выполнен костной тканью губчатого строения. В центре регенерата отчетливо видны участки остеοидной ткани. На ПС челюсти дефект полностью выполнен новообразованной губчатой костной тканью, отмечается вторичная перестройка с вращением в область дефекта пластинчатой костной ткани, главным образом по периферии дефекта (рис. 2-г). Гистохимическими исследованиями установлено, что через 7 суток после операции в костной ткани появляется значительное количество кислых мукополисахаридов (КМПС). Оставаясь значительным в течение 14 дней, содержание КМПС к концу опыта убывало. На 50-е сутки регенерации распределение этих веществ мало отличалось от такового в нормальной зрелой клетке. Если в препаратах ПС содержание КМПС в регенерате костной ткани на 7-е сутки преобладало, то в препаратах ЛС челюсти содержание КМПС в регенерате преобладает только на 21-е сутки. Динамика изменения нейтральных мукополисахаридов (НМПС) в костной мозоли была аналогична динамике изменений КМПС. Содержание КМПС в остеοиде на 7-е и 14-е сутки возросло и, хотя стабилизировалось к 21-м суткам, на 50-е сутки после операции оставалось повышенным. Изменение содержания НМПС в регенерате было более выражено на ПС челюсти.

При изучении ультраструктуры регенерата обнаружено, что на 7-е сутки после операции клеточные элементы в зоне регенерации проявляют значительную синтетическую активность. В цитоплазме остеобластов обнаруживается сильно развитый эндоплазматический ретикулум, сложный аппарат Гольджи, большое количество гранул рибонуклеидпротеида.

Ядерный хроматин проявляет тенденцию к маргинации. В межклеточном веществе выявляются коллагеновые волокна и мельчайшие кальцификаты. На 14-е сутки после операции в межклеточном веществе регенерата видны электронно-плотные частицы – кальцификаты. В цитоплазме клеток обнаруживается сильно развитый эндоплазматический ретикулум, гипертрофированный аппарат Гольджи. Отмечается тесная топографическая связь митохондрий со структурами эндоплазматического ретикулума и цистернами аппарата Гольджи. Вокруг скоплений гликогена в большом количестве концентрируются свободные рибосомы и полисомы. Ядерный хроматин концентрируется вдоль ядерной оболочки.

Таким образом, по данным рентгенологических исследований, на ПС челюстей, которая подвергалась воздействию ЛИИКД 3 раза в сутки, определяется более интенсивное костеобразование в костном дефекте челюстной кости по сравнению с контролем (ЛС).

По данным гистологических исследований, на 7-е сутки после операции в препаратах ПС в области краев дефекта челюсти определяется образование костных балок, в препаратах ЛС дефект выполнен лишь клеточно-волоконистой соединительной тканью. К концу экспериментов на ПС дефекта отмечается образование губчатой кости с явлениями вторичной перестройки и развитием кортикальной кости. В контрольных препаратах процесс образования костной мозоли постоянно отстает от такового в основной группе.

Столь же выраженной была разница между контролем и опытом в динамике изменения НМПС и КМПС. Данные о более раннем и интенсивном появлении мукополисахаридов в регенерате на ПС челюсти, а также выраженная их нормализация в регенерате этой группы животных к концу экспериментов указывает на стимулирующее остеогенез действие ЛИИКД.

При сравнении ультраструктуры ЛС и ПС челюстей животных следует отметить появление участков кальцификации в межклеточном веществе регенерата в области ПС челюстей животных уже на 7-е сутки после операции. На 14-е сутки в препаратах ПС животных в межклеточном веществе регенерата определяется более интенсивная, чем в препаратах ЛС, кальцификация.

Данные электронно-микроскопических исследований также указывают на интенсификацию процессов кальцификации под действием ЛИИКД.

Заключение. На основании рентгенологических, гистологических, гистохимических и электронно-микроскопических исследований можно заключить, что лазерное излучение инфракрасного диапазона оказывает стимулирующее действие на регенерацию костной ткани нижней челюсти. Стимулирующее действие ЛИИКД на процессы остеогенеза более интенсивно проявляется на ранних стадиях репаративной регенерации. ЛИИКД ускоряет костеобразование путем стимуляции образования первичных зародышевых кристаллов гидроксиапатита на фибриллах коллагена и усиления кальцификации остеοидных структур.

Литература

1. Бойко, В. И. Механизм действия лазерного излучения на биологические объекты / В. И. Бойко, Л. П. Ларичева, Л. М. Дегтярева // *Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники»*. – 2008. – Т. 2. – С. 122–125.
2. Владимиров, И. А. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного из-

лучения / И. А. Владимиров, Г. И. Клебанов, Г. Г. Борисенко, А. Н. Осипов // *Биофизика*. – 2004. – Т. 49, № 2. – С. 339–350. PubMed ID: 15129632

3. Гейниц, А. В. Внутривенное лазерное облучение крови / А. В. Гейниц, С. В. Москвин, Г. А. Азизов. – М. ; Тверь : Триада, 2006.
4. Елизаров, А. В. Экспериментальная стимуляция регенераторной активности тканей пародонта электро-

- магнитным излучением крайне высокой частоты / А. В. Елизаров, С. В. Сирак, И. Э. Казиева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 155.
5. Клебанов, Г. И. К вопросу о механизме лечебного действия низкоинтенсивного инфракрасного излучения / Г. И. Клебанов, М. В. Крейнина, Е. А. Полтанов [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2001. – Т. 131, № 3. – С. 286.
6. Сирак, С. В. Клинико-экспериментальное использование остеопластических материалов в сочетании с электромагнитным излучением для ускорения регенерации костных дефектов челюстей / С. В. Сирак, И. Э. Казиева, А. К. Мартиросян // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 5-2. – С. 389–393.
7. Сирак, С. В. Влияние импульсного излучения полупроводникового лазера инфракрасного диапазона на активность щелочной фосфатазы при экспериментальном неосложненном переломе нижней челюсти и травматическом остеомиелите / С. В. Сирак, Е. В. Щетинин, Г. Г. Петросян [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2016. – № 4. – С. 106–110.
8. Aoki, A. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy / A. Aoki, K. Mizutani, F. Schwarz [et al.] // Periodontology 2000. – 2015. – Vol. 68, № 1. – P. 217–269. doi: 10.1111/prd.12080
9. Araruna Alves, A. C. Effects of low-level laser irradiation on cartilage injury in animal models: A systematic review / A. C. Araruna Alves, A. A. O. de Oliveira Silva, C. S. M. de Melo Rambo [et al.] // Clinical and Experimental Medical Letters. – 2013. – Vol. 54, № 1. – P. 35–42. doi: 10.12659/MST.883868
10. Moore, P. Effect of wavelength on low-intensity laser irradiation-stimulated cell proliferation in vitro / P. Moore, T. D. Ridgway, R. G. Higbee [et al.] // Lasers in Surgery and Medicine. – 2005. – Vol. 36, № 1. – P. 8–12. doi: 10.1002/lsm.20117
11. Schwarz, F. In vivo and in vitro effects of an Er:YAG laser, a GaAlAs diode laser, and scaling and root planing on periodontally diseased root surfaces: A comparative histologic study / F. Schwarz, A. Sculean, M. Berakdar [et al.] // Lasers in Surgery and Medicine. – 2003. – Vol. 32, № 5. – P. 359–366. doi: 10.1002/lsm.10179
12. Sirak, S. V. Morphological Assessment of Semiconductor Infrared Laser Utilization in Mandibular Fracture Treatment / S. V. Sirak, E. V. Shchetinin, M. Yu. Vafiadi [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – Vol. 6, № 6. – P. 698–704.
13. Taniguchi, Y. Optimal Er:YAG laser irradiation parameters for debridement of microstructured fixture surfaces of titanium dental implants / Y. Taniguchi, A. Aoki, K. Mizutani [et al.] // Lasers in Medical Science. – 2013. – Vol. 28, № 4. – P. 1057–1068. doi: 10.1007/s10103-012-1171-7

References

1. Boyko V. I., Laricheva L. P., Degtyareva L. M. *Elektronika i svyaz. Problemy elektroniki. – Electronics & Communications. Issues of electronics.* 2008;2:122–125.
2. Vladimirov I. A., Klebanov G. I., Borisenko G. G., Osipov A. N. *Biofizika. – Biophysics.* 2004;49(2):339–350. PubMed ID: 15129632.
3. Geynits A. V., Moskvina S. V., Azizov G. A. Intravenous laser irradiation of blood. M.: «Triada»; 2006.
4. Elizarov A. V., Sirak S. V., Kazieva I. E., Bykov I. M. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – Modern problems of science and education.* 2013;3:155.
5. Klebanov G. I., Kreinina M. V., Poltanov E. A. *Bulleten eksperimentalnoy biologii i medicine. – Bulletin of experimental biology and medicine.* 2001;131(3):286.
6. Sirak S. V., Kazieva I. E., Martirosyan A. K. *Fundamentalnye issledovaniya. – Fundamental research.* 2013;5-2:389–393.
7. Sirak S. V., Shchetinin E. V., Petrosyan G. G. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik. – Kuban science medical bulletin.* 2016;4:106–110.
8. Aoki A., Mizutani K., Schwarz F. *Periodontology 2000.* 2015;68(1):217–269. doi: 10.1111/prd.12080
9. Araruna Alves A. C., de Oliveira Silva A. A. O., de Melo Rambo C. S. M. *Clinical and Experimental Medical Letters.* 2013;54(1):35–42. doi: 10.12659/MST.883868
10. Moore P., Ridgway T. D., Higbee R. G. *Lasers in Surgery and Medicine.* 2005;36(1):8–12. doi: 10.1002/lsm.20117
11. Schwarz F., Sculean A., Berakdar M. *Lasers in Surgery and Medicine.* 2003;32(5):359–366. doi: 10.1002/lsm.10179
12. Sirak S. V., Shchetinin E. V., Vafiadi M. Yu. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2015;6(6):698–704.
13. Taniguchi Y., Aoki A. *Lasers in Medical Science.* 2013;28(4):1057–1068. doi: 10.1007/s10103-012-1171-7

Сведения об авторах:

Щетинин Евгений Вячеславович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой патологической физиологии; тел.: (865)352684; e-mail: ev.cliph@rambler.ru

Сирак Сергей Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии; тел.: (865)350551; e-mail: sergejsirak@yandex.ru

Быкова Наталья Ильинична, кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской стоматологии, ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии; тел.: 89181487866; e-mail: bikov_mi@mail.ru

Адамчик Анатолий Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии; тел.: 8928334517; e-mail: adamchik1@mail.ru

Петросян Григорий Григорьевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры патологической физиологии; тел.: (8652)352684; e-mail: patphysiology@stgmu.ru

Гатило Юрий Юрьевич, аспирант кафедры патологической физиологии; тел.: (8652)352628; e-mail: patphysiology@stgmu.ru

Кошель Иван Владимирович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии; тел.: 89624590333; e-mail: sergejsirak@yandex.ru