

# Экспериментальное изучение фракционного лазерного воздействия на регенерацию костной ткани в зоне аугментации

А.И. ЯРЕМЕНКО, д.м.н., проф., зав. кафедрой

А.Ю. ЗЕРНИЦКИЙ, к.м.н., доц.

Е.А. ЗЕРНИЦКАЯ, интерн

Кафедра стоматологии хирургической и ЧЛХ

ПСПБГМУ им академика И.П. Павлова

## Pilot in vivo animal study of bone regeneration by fractional laser

A.I. YAREMENKO, A.Yu. ZERNITSKIY, E.A. ZERNITSKAYA

### Резюме

Было произведено гистологическое исследование (окраска гематоксилин-эозин) теменных костей кроликов во время их регенерации после фракционного воздействия Er: YAG-лазером, длина волны 2.94. Через 48 дней после фракционного лазерного воздействия костные образцы содержали полости и фрагменты некротизированных тканей, заключенные в пустые лакуны. В данном случае некротические участки, полученные в результате лазерного воздействия, наблюдаются по периферии полости. В отличие от более раннего периода, на 100 день после фракционного лазерного воздействия наблюдается фрагментация масс лазерного некроза и частичное заполнение костных капсул жировым и кроветворным костным мозгом. В местах плотного контакта ксенографта с костью реципиента признаки костеобразования в виде скопления остеобластов и отложения узких полосок остеоида на поверхности наблюдалось на 100 день, что свидетельствует о регенеративных процессах в костной ткани.

**Ключевые слова:** эрбиев лазер, регенерация костной ткани, теменная кость кролика, гистологический анализ, фракционная лазерная микрокоагуляция.

### Abstract

The histological structure of the rabbit parietal bone during its regeneration after fractional Er: YAG-laser (=2.94) treatment was investigated by hematoxylin and eosin (H&E) stain. In 48 days after fractional laser treatment, bone-samples contained microcavities and fragments of necrotic tissue with empty cellular lacuna. In this case, necrotic lesions appeared around the periphery of microcavities created by laser radiation. Fragmentation of detrital mass and partial substitution of microcavities with fatty bone marrow were observed in bone-samples in 100 days after fractional laser treatment, in contrast to the earlier period. Partial filling of microcavities edges by fibrous tissue with presence of osteoblasts on their inner surface was observed in 100 days also, that indicates regenerative processes in the bone.

**Key words:** erbium laser, bone regeneration, rabbit parietal bone, histological analysis, fractional laser Microcoagulation.

**В** ежесдневной работе хирурга-стоматолога, работающего в области дентальной имплантации, встречаются некоторые ограничения. До установки имплантатов — это недостаточный объем костной ткани, а после установки имплантатов — недостаточный объем прикрепленной кератинизированной десны.

В конечном счете, целью дентальной имплантации является долговременная стабильность имплантата. Эта цель достигается с помощью достаточного объема костной ткани, наличия зоны прикрепленной кератинизированной десны, правильной индивидуальной гигиены полости рта, адекватного позиционирования имплантата и грамотного протезирования.

Недостаточность костной ткани является актуальной проблемой. Некоторые публикации, наглядно показывающие положительное влияние лазерного излучения на регенерацию тканей, позволили предположить, что лазер способен эффективно воздействовать на костную ткань в зоне имплантации [1, 2, 4, 5, 8–10].

Но данные публикации никогда не рассматривались в контексте увеличения объема костной ткани, что в данный момент с развитием имплантологии является актуальным [3, 7]. Для того чтобы изучить действие эрбиевого лазера на раневую поверхность костной ткани, в том числе с присутствием ксенографта, было проведено следующее исследование. Для эксперимента были взяты шесть кроликов самцов породы «Ангора» массой 1,5–2,0 кг, которым под общей анестезией (препараты: ксилан 0,2 мл в/м, золитил 0,1 мл в/м) проводили фракционное лазерное воздействие на теменной кости.

Животные были разделены на две группы. У животных 1-й группы (три кролика) был произведен сагиттальный разрез на черепе длиной 5 см, разведена кожа, подочно-жировая клетчатка, надкостница, экспонированы теменные кости (рис. 1). На левой теменной кости была произведена лазерная обработка (StarLux system (Palomar), YAG: Er,  $\lambda = 2,94$  мкм; режим — 50 кВт/10 мс; излучение: 22 microbeam  $\times$  5,4 мДж,  $E_p = 118,8$  мДж,  $\tau_r = 140$  мкс,  $N_p = 2$  (пауза 7,3 мс), правая сторона служила контрольной зоной (рис. 2). Ткани уложены на место, рана ушита послойно.

У животных 2-й группы (три кролика) был произведен сагиттальный раз-



Рис. 1. Разрез мягких тканей и надкостницы (кролик 1 из 1-й группы)



Рис. 2. Лазерная обработка (кролик 1 из 1-й группы)



Рис. 4. Компьютерная томография через 1,5 месяца после операции. Наблюдается стабильный уровень костной ткани, нет как признаков секвестрации, так и признаков увеличения объема костной ткани (кролик 1 из 1-й группы)

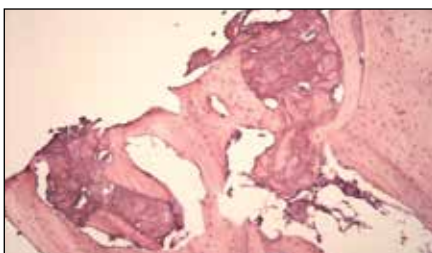


Рис. 5. Два очага лазерного некроза в костных капсулах. В правом очаге по внутренней поверхности капсулы заметна полоска некроза (кролик 1 из 1-й группы)



Рис. 7. Компьютерная томография через 3 месяца после операции. Можно предположить уплотнение костной ткани в области лазерного воздействия (кролик 2 из 1-й группы)

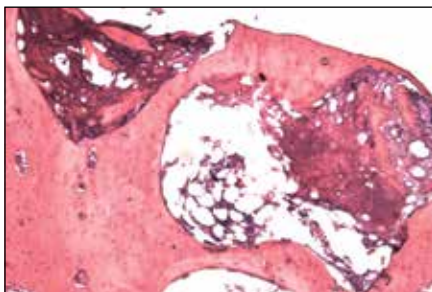


Рис. 8. На сроке 3 месяца фрагментация масс лазерного некроза и частичное заполнение костных капсул жировым и кроветворным костным мозгом, наличие остеобластов по внутренней поверхности капсул (кролик 2 из 1-й группы)



Рис. 3. 1,5 месяца после операции (кролик 1 из 1-й группы)



Рис. 6. 3 месяца после операции (кролик 2 из 1-й группы)



Рис. 9. Разрез мягких тканей и надкостницы (кролик 4 из 2-й группы)



Рис. 10. Механическое повреждение костной ткани и последующая лазерная обработка (кролик 4 из 2-й группы)

рез на черепе длиной 5 см, разведена кожа, подкожно-жировая клетчатка, надкостница, экспонированы теменные кости (рис. 9). На левой и правой теменных костях трепаном были сформированы дефекты костной ткани диаметром 4,5 мм и глубиной 1,5 мм с сохранением внутренней кортикальной пластинки (рис. 10). Оба дефекта были выполнены костным ксенографтом Geistlich Bio-Oss® (Geistlich Pharma North America Inc) (рис. 11). Однако перед замещением дефекта в левой теменной кости было произведено фракционное лазерное воздействие на костную рану. Ткани уложены на место, рана ушита послойно.

**Результаты.**

В послеоперационном периоде не было потерь среди экспериментальных животных. Согласно протоколу к Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях, от 18 марта 1986 г., кролики были выведены из эксперимента через 1,5 и 3 месяца. Отсутствовали признаки секвестрации костной ткани и осложнений воспалительного характера (несмотря на отсутствие антибактериального пособия в послеоперационном периоде). Для оценки результатов использовались компьютерное томографическое исследование

в 3D-режиме на дентальном компьютерном томографе GALILEOS (Sirona, Германия) и гистоморфологического исследования участка теменной кости на увеличении 100" (окраска гематоксилин-эозин) [6].

При гистологическом исследовании у животных 1-й группы наблюдался лазерный некроз участка теменной кости (1,5 месяца) (рис. 3, 5), который на сроке три месяца полностью замещался костной тканью (рис. 6, 8). У животных 2-й группы, выведенных через 1,5 месяца, наблюдалось прорастание костной ткани вокруг гранул ксенографта (рис. 12, 14), а на сроке три месяца — тесная интеграция гранул ксенографта в окружающую костную ткань (рис. 15, 17). При томографическом исследовании не наблюдалось четких различий между зоной фракционного лазерного воздействия и зоной аугментации ксенографта (рис. 4, 7, 13), кроме кролика №5 на сроке выведения три месяца, у которого выявлены определенные различия в зоне с лазерным воздействием (рис. 16).

Из результатов исследования были сделаны следующие выводы.

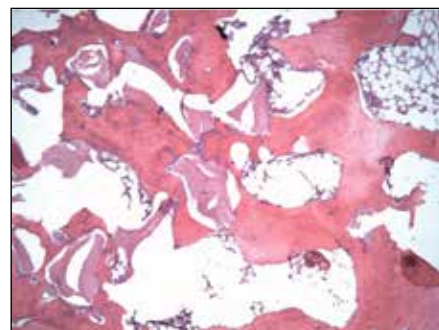
1) Фракционная лазерная микрокоагуляция (LPM) является безопасным методом воздействия на костную ткань.



**Рис. 11. Внесение материала Bio-Oss (кролик 4 из 2-й группы)**



**Рис. 13. Компьютерная томография 1,5 месяца после операции. Наблюдается стабильность ксенографта в костных дефектах (кролик 4 из 2-й группы)**



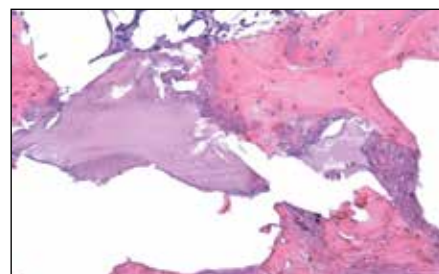
**Рис. 14. Фрагменты ксенографта с признаками некробиоза в виде бесклеточных очагов. Заполнение полости жировым костным мозгом (кролик 4 из 2-й группы)**



**Рис. 12. 1,5 месяца после операции (кролик 4 из 2-й группы)**



**Рис. 16. Компьютерная томография 3 месяца после операции. Можно наблюдать признаки конгломерации гранул ксенографта в костном дефекте (кролик 5 из 2-й группы)**



**Рис. 17. В местах плотного контакта ксенографта с костью реципиента признаки костеобразования в виде скопления остеобластов и отложения узких полосок остеоида на поверхности (кролик 5 из 2-й группы)**



**Рис. 15. 3 месяца после операции (кролик 5 из 2-й группы)**

2) Создана модель эксперимента для изучения лазерного воздействия на костную ткань.

3) LPM-технология улучшает конгломерацию гранул ксенографта и собственной костной ткани при заживлении костного дефекта.

4) Полученные результаты дают основание для дальнейшего изучения воздействия лазерного излучения на процессы заживления костной ткани, а также возбуждение камбиальных клеток кости с целью увеличения объема костной ткани в зоне облучения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karabut M. M., Belikov A. V., Altshuler G. B. Laser microablative tunnel formation to initiate alveolar bone regeneration. Pilot ex vivo study // CТM. 2013. Т. 5. №4. P. 7–18.

2. Ishikawa I., Sculean A. Laser dentistry in periodontics. In: 1st International workshop of evidence based dentistry on lasers in dentistry / Gutknecht N., ed. — Quintessence Publishing, 2007. — P. 115–129.

3. Khoury F., Khoury C. Mandibular bone blocks grafts: instrumentation, harvesting technique and application // Journal de Parodontologie & d'Implantologie Orale. 2006. №25. P. 15–34.

4. Wang X., Zhang, C., Matsumoto K. In vivo study of the healing processes that occur in the jaws of rabbits following perforation by an Er, Cr: YSGG laser // Laser. Med. Sci. 2005. №20 (1). P. 21–27.

5. De Mello, E. D. A., Pagnoncelli R. M., Munin, E., Sant'Ana Filho M., de Mello, G. P. S., Arisawa, E. A. L., de Oliveira, M. G. Comparative histological analysis of bone healing of standardized bone defects performed with the Er: YAG laser and steel burs // Laser. Med. Sci. 2008. №23 (3). P. 253–260.

6. Новиков С. В., Румякин В. П., Иванова А. С. Экспериментальное гистологическое исследование костных регенератов, полученных из костных аутоаугментатов различных донорских зон кроликов // Пародонтология. 2012. №4 (65). С. 55–61.

Novikov S. V., Rumjakin V. P., Ivanova A. S. Eksperimental'noe gistologicheskoe issledovanie kostnyh regeneratov, poluchennyh iz kostnyh autoaugmentatov razlichnyh donorskih zon krolikov // Parodontologija. 2012. №4 (65). S. 55–61.

7. Канноева М. В., Ушаков А. И., Зорян Е. В. Использование ксеногенных остеопластических материалов в дентальной имплантации // Пародонтология. 2015. №2 (75). С. 81–87.

Kannoeva M. V., Ushakov A. I., Zorjan E. V. Ispol'zovanie ksenogennyh osteoplasticheskikh materialov v dental'noj implantacii // Parodontologija. 2015. №2 (75). S. 81–87.

8. Мандра Ю. В., Жегалина Н. М., Власова М. И., Светлакова Е. Н. Экспериментальное обоснование времени экспозиции диодного лазера для коррекции повышенной чувствительности шеек зубов у пациентов с хроническим пародонтитом // Пародонтология. 2013. №4 (69). С. 28–31.

Mandra Ju.V., Zhegalina N. M., Vlasova M. I., Svetlakova E. N. Eksperimental'noe obosnovanie vremeni jekspozicii diodnogo lazera dlja korekcii povyshennoj chuvstvitel'nosti sheek zubov u pacientov s hronicheskim parodontitom // Parodontologija. 2013. №4 (69). S. 28–31.

9. Karabut M. M., Belikov A. V., Skripnik, A. V., Strunina, T. V., Kuznetsov, S. S., Kiseleva, E. B., Gubarkova E. V., Senina-Volzhsaya, I. V., Feldchtein, F. I., Altshuler, G. B., and Gladkova, N. D. Laser microablative tunnel formation to initiate alveolar bone regeneration. Pilot ex vivo study // Sovremennye tehnologii v medicine. 2013. №5 (4). P. 6–18.

10. Караков К. Г., Хачатурян Э. Э., Сеираниду З. А. Опыт клинического применения лазерной фотодинамической системы в стоматологии // Пародонтология. 2012. №1 (62). С. 61–63.

Karakov K. G., Hachaturjan E. E., Seiranidu Z. A. Opyt klinicheskogo primeneniya lazernoj fotodinamicheskoy sistemy v stomatologii // Parodontologija. 2012. №1 (62). S. 61–63.

**Поступила 22.01.2016**

Координаты для связи с авторами:

197022, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8



### Мифы об ортодонтии

(пособие для пациентов)

Автор: С. Н. Вахней

Разобраться самому и грамотно объяснить пациенту, в какой последовательности проводятся вмешательства, поможет алгоритм проведения мероприятий по реконструкции зубочелюстной системы.



### Имплантация для всех

(пособие для пациентов)

Автор: А. Ю. Февралева

Что такое имплантат, что влияет на его приживление, какие протезы можно изготовить на имплантатах, и что необходимо для успешного и долгосрочного результата лечения.



### Болезни пародонта

(пособие для пациентов)

Авторы: О. В. Савич, А. Ю. Февралева

Наглядная информация для работы врача с пациентом. Объяснение причин возникновения заболеваний пародонта. Профилактика и этапы лечения.