

- технологии в медицине 21-го века: научно-практ. конф. Сев-Зап. рег. РФ; материалы межд. конф. – СПб., 2002. – С. 123–124.
13. Терехов А.И. Внутривенное лазерное облучение крови в периоперационном периоде у хирургических больных с сопутствующей гипертонической болезнью: Дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2004. – 120 с.
14. Huang Y.Y., Chen A.C.-H., Carrol J.D., Hamblin M.M. Biphasic dose response in low level light therapy. University of Massachusetts. – 2009. – 18 p.
15. King P.R. Low level laser therapy: a review // Lasers in Medical Science. – 1989. – Vol. 4 (2). – P. 141–150.
16. Rouds D.E., Chamberlain E.C., Okinaki I. Laser radiation of tissue cultures // Ann N.Y. Acad. Sci. – 1965. Vol. 28 (122). – P. 713–727.

Поступила в редакцию 19.07.2017 г.

Для контактов: Ширяев Владимир Сергеевич
E-mail: vovafenan@yandex.ru

УДК 616-0.18.535-21.616-006.03

Морозова Е.А.¹, Елисеенко В.И.², Давтян А.А.¹, Корнильев М.Н.³

Экспериментальное обоснование применения Nd:YAG-лазера для лечения сосудистых поражений

Morozova E.A., Yeliseenko V.I., Davtian A.A., Korniliev M.N.

Experimental rationale of Nd:YAG laser light application for treating vascular lesions

¹ ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России;

² ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России», г. Москва;

³ ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России

Цель исследования. Экспериментальное обоснование эффективности применения излучения неодимового Nd:YAG-лазера для лечения пациентов с сосудистыми поражениями по данным гистологического исследования. **Материалы и методы.** В работе использовали хирургический Nd:YAG-лазер «Smart A10» DEKA (Италия) с длиной волны 1064 нм. В качестве биологической модели использовали кровеносные сосуды ушных раковин экспериментальных животных (кроликов) для оценки морфологических изменений в области лазерного воздействия. В 1-й группе воздействие производили излучением Nd:YAG-лазера на сосуды ушных раковин экспериментальных животных в режиме 40 мДж, 25 Гц, 1 Вт, тип импульса «short». Во 2-й группе животных воздействовали излучением Nd:YAG-лазера в режиме 50 мДж, 40 Гц, 2 Вт, тип импульса «short». В 3-й группе животных использовали излучение Nd:YAG-лазера в режиме 80 мДж, 50 Гц, 4 Вт, тип импульса «short». **Результаты.** Установлено, что Nd:YAG-лазер обладает выраженным гемостатическим эффектом, наибольший объем и глубину повреждения мягких тканей ушной раковины кролика наблюдали при мощности излучения 4 Вт, наименьший объем и глубину повреждения слизистой оболочки – при мощности излучения 1 Вт. **Заключение.** Для эффективного лечения пациентов с сосудистыми поражениями следует применять Nd:YAG-лазер с длиной волны 1064 нм и мощностью излучения от 2 до 4 Вт. **Ключевые слова:** Nd:YAG-лазер, сосудистые поражения, эксперимент, гистология.

Aim. To experimentally background the effectiveness of Nd:YAG laser light in patients with vascular lesions analyzing findings of histological examination. **Materials and methods.** A surgical laser Nd:YAG «Smart A10» DEKA (Italy) with wavelength 1064 nm was used in the study. Blood vessels in rabbit's ear lobes were chosen as a biological model. Morphological changes in them were assessed after laser irradiation. There were three experimental groups. In Group 1 ear blood vessels were irradiated with Nd:YAG laser light (40 mJ, 25 Hz, 1 W, pulse type «short»); in Group 2 experimental animals were irradiated with the same laser but with different parameters (50 mJ, 40 Hz, 2 W, pulse type «short»); in Group 3 – Nd:YAG laser light, 80 mJ, 50 Hz, 4 W, pulse type «short». **Conclusion.** Nd:YAG light has a marked hemostatic effect. The largest volume and depth of injury in soft tissues of rabbit's ear lobes were observed at 4W power; the least volume and depth of mucous injury were seen at 1 W power. Findings of the described experiment demonstrate that Nd:YAG laser light with wavelength 1064 nm and power from 2 to 4 W may be effectively used for treating patients with vascular lesions. **Key words:** Nd:YAG laser light, vascular lesions, experimentation, histology.

Введение

Проблема лечения сосудистых поражений в области лица, шеи и органов полости рта остается актуальной до настоящего времени и обусловлена высокой частотой распространенности данных заболеваний. На их долю приходится от 60 до 80% от общего количества всех образований сосудистого характера [1, 2, 8, 10, 20]. При рождении сосудистые поражения кожи выявляются у 1–3% детей, к первому году жизни данный показатель увеличивается до 10% [2, 8, 11]. Несмотря на доброкачественность, сосудистые образования могут обладать быстрым ростом в таких эстетически значимых зонах, как лицо и шея, не только изменяя внешний вид пациента, но и приводя к нарушениям физиологических функций

(жевания, глотания и речи), психоэмоциональной сферы. При повреждении сосудистые образования дают трудно останавливаемые массивные кровотечения, которые могут явиться причиной смерти больного [2, 10, 13].

Лечение сосудистых поражений челюстно-лицевой области является сложной проблемой в силу особенностей их морфологического строения и взаимоотношения с важными анатомическими структурами. Спонтанной регрессии у детей в современных условиях подвергается около 7–8% простых гемангиом, находящихся на закрытых участках тела у доношенных детей. В процессе инволюции полного регресса может и не произойти, что проявляется остаточными деформациями, рубцами, сохранением дисхромии и сосудистого рисунка кожи лица [12].

С возрастом не подвергшиеся самостоятельной регрессии гемангиомы могут увеличиваться в размерах и тем самым усугублять ситуацию [3, 7]. Выбор оптимального способа лечения важен не только с медицинской точки зрения, но и как фактор социальной реабилитации больных. Результат лечения зависит от механизма действия используемого метода и от характера заживления тканей. При расположении сосудистых образований в области лица, шеи и в полости рта хирург, выбирая метод лечения, стремится получить не только лечебный эффект, но и наиболее совершенный косметический и функциональный результат.

В настоящее время с целью уменьшения травматичности хирургического метода лечения предложены альтернативные методы лечения: эндоваскулярная электрическая коагуляция вен, склерозирование, криодеструкция, СВЧ-деструкция, системное и местное гормональное лечение, эндоваскулярная окклюзия, электрохимический лизис, эмболизация и др. [7]. Перечисленные методы лечения не лишены недостатков: сложность проведения манипуляции, многократное повторение курсов лечения, выраженная воспалительная реакция и болевой синдром, аллергические реакции, гиперпигментация кожи, длительный период реабилитации, рецидивы, косметические дефекты, нарушение функции, образование грубых рубцов [3, 8, 15, 17–20]. Большинство этих проблем можно решить, применяя современные технологии.

Благодаря достижениям научно-технического прогресса в медицину внедряются новые виды энергетического воздействия – лазерное излучение, ультразвуковые сверхвысокочастотные электромагнитные поля, низкие и высокие температуры. В последние годы созданы принципиально новые модели лазерных систем, где избирательное действие на сосуды основывается не только на спектральных, но и на временных характеристиках импульса [16]. Клиническая и морфологическая реакции кожи на лазерное воздействие разнообразны и зависят от длины волны излучения. В хирургии лазеры во время операции вызывают коагуляцию сосудов, т. е. обладают гемостатическим действием [6, 11, 14, 19–21]. Оптимальными свойствами при осуществлении хирургических вмешательств на мягких тканях челюстно-лицевой области обладает лазерное излучение с длиной волны 970–1070 нм. Основным хромофором для этого излучения является гемоглобин, поэтому поглощение в крови примерно в 20 раз больше, чем поглощение в воде [3, 9]. Максимальная поглощающая способность для производных гемоглобина соответствует длинам волн 418, 542 и 577 нм (желто-зеленый диапазон видимого света), поэтому для лечения сосудистой патологии кожи в настоящее время используют лазеры, которые излучают свет в этом диапазоне.

Известно, что свет инфракрасного диапазона поглощается оксигемоглобином и глубоко проникает в мягкие ткани. Такими свойствами обладает неодимовый лазер с длиной волны 1064 нм, излучение которого проникает на глубину до 8 мм [4, 9]. Однако в литературе мало сведений об использовании данного лазера при лечении сосудистых образований, в связи с чем представляет интерес изучение возможностей Nd:YAG-лазера «DEKA» с длиной волны 1064 нм для его применения у данной категории больных.

Цель исследования – экспериментальное обоснование эффективности применения излучения неодимового Nd:YAG-лазера для лечения пациентов с сосудистыми поражениями по данным гистологического исследования.

Материалы и методы

В работе использовали хирургический Nd:YAG-лазер «Smart A10» DEKA (Италия) с длиной волны 1064 нм.

Исследование было проведено на 25 кроликах-самцах породы шиншилла, массой от 2,5 до 4,0 кг, содержащихся в условиях вивария, согласно правилам лабораторной практики при проведении доклинических исследований в РФ (ГОСТ Р50258-92, ГОСТ 351000.3-96 и 51000.4-96). В качестве биологической модели использовали кровеносные сосуды ушных раковин кроликов для оценки морфологических изменений в области лазерного воздействия. Все экспериментальные животные были распределены на 3 группы. У животных 1-й группы воздействие проводили излучением Nd:YAG-лазера на сосуды ушных раковин с энергией 40 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 25 Гц, мощностью 1 Вт, время экспозиции – 5 секунд. Во 2-й группе воздействие проводили излучением Nd:YAG-лазера с энергией 50 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 40 Гц, мощностью 2 Вт, время экспозиции – 5 секунд. В 3-й группе воздействие проводили излучением Nd:YAG-лазера с энергией 80 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 50 Гц, мощностью 4 Вт, время экспозиции – 5 секунд.

Перед оперативным вмешательством всех животных взвешивали и рассчитывали количество вводимых препаратов. Выполняли премедикацию и наркоз комбинацией препаратов «Ронитар» (3 мг/кг массы животного) и «Золетил» (5 мг/кг массы животного), адекватный оперативному вмешательству. Препараты применяли разово, внутримышечно. В условиях экспериментальной операции, с соблюдением правил асептики и антисептики с помощью подсветки на ушной раковине кролика находили кровеносный сосуд. Световод Nd:YAG-лазера располагали на расстоянии 1 мм от обрабатываемой поверхности кровеносного сосуда, время воздействия составляло 5 секунд (рис. 1). Животных выводили из

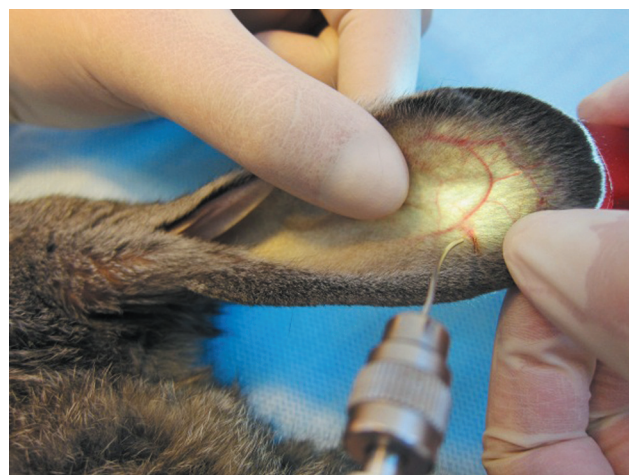


Рис. 1. Воздействие излучения Nd:YAG-лазера на кровеносный сосуд ушной раковины кролика мощностью 2 Вт

эксперимента с соблюдением правил эвтаназии на 1, 3, 7, 14 и 21-е сутки после операции.

Результаты и их обсуждение

Заживление дефекта кожи ушной раковины кролика после лазерного воздействия протекало по-разному. При макроскопическом исследовании мягких тканей уха в области локализации кровеносных сосудов сразу после воздействия Nd:YAG-лазера (рис. 2) отмечались элементы коагуляционного некроза с фрагментами сухого струпа.

На 1-е сутки у подопытных животных 1-й группы после воздействия излучения Nd:YAG-лазера с энергией 40 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 25 Гц, мощностью 1 Вт, время экспозиции 5 секунд на поверхности эпидермиса наблюдали коагуляционный термический струп в виде коагуляционного некроза с аблацией клеток эпидермиса до шиповатого слоя в центральных участках и сохранением структуры по периферии. Глубина некроза составляла $85,4 \pm 13,6$ мкм. Дерма и придатки кожи были не изменены (рис. 3).

После воздействия Nd:YAG-лазера с энергией 50 мДж, длительностью импульса 350 нс (режим «short»), частотой 40 Гц, мощностью 2 Вт, время экспозиции 5 секунд на 1-е сутки у лабораторных животных 2-й группы в области воздействия определялся термический струп с более выраженным коагуляционным некрозом эпидермиса и прилежащей дермой (глубина некроза – $122,4 \pm 42,2$ мкм). В дерме отмечалось неравномерное венозное полнокровие, периваскулярные и очаговые кровоизлияния. В просвете кровеносных сосудов дермы обнаруживались «коагуляционные лазерные тромбы» [3], подвергшиеся коагуляции плазменные белки и форменные элементы крови вследствие термического воздействия лазерного излучения и обеспечивающие полный гемостаз (рис. 4).

На 1-е сутки при увеличении мощности Nd:YAG-лазера до 4 Вт в 3-й группе у экспериментальных животных при параметрах: энергия 80 мДж, длительность импульса 350 нс (режим «short»), частота 50 Гц, время экспозиции 5 секунд поверхность раны была представлена участками коагуляционного термического некроза эпидермиса и подлежащей дермы толщиной $180,8 \pm 38,2$ мкм. Участки некроза неравномерно окрашены, имело место чередование базофильно и оксифильно окрашенных участков струпа, что свидетельствовало о наличии элементов фибрина в оксифильных участках. В дерме – неравномерное венозное полнокровие, отсутствие нейтрофильной инфильтрации. В глубоких отделах – фрагменты гиалинового хряща (рис. 5).

Глубина коагуляционного некроза тканей зависела от параметров мощности лазерного излучения. В первые сутки после воздействия излучения Nd:YAG-лазера минимальная глубина коагуляционного некроза была выявлена у животных 1-й группы, где использовали мощность 1 Вт; наибольшая деструкция тканей ушной раковины была выявлена в 3-й группе у подопытных кроликов, которым применяли мощность лазерного излучения 4 Вт (табл. 1).

Через 3 суток после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт у животных 1-й группы происходило



Рис. 2. Внешний вид ушной раковины кролика сразу после воздействия излучения Nd:YAG-лазера

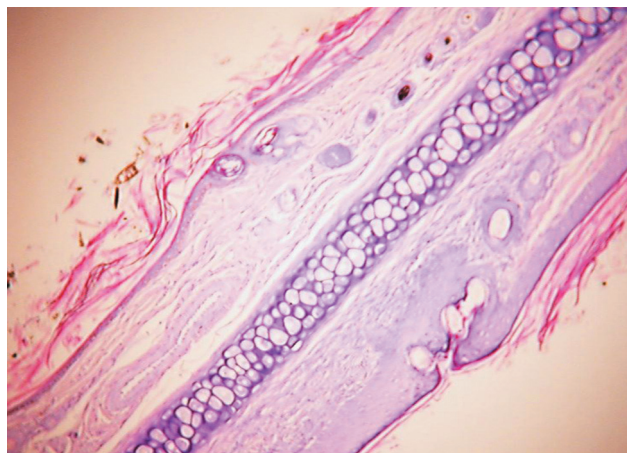


Рис. 3. Гистологическая картина на 1-е сутки после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 120$

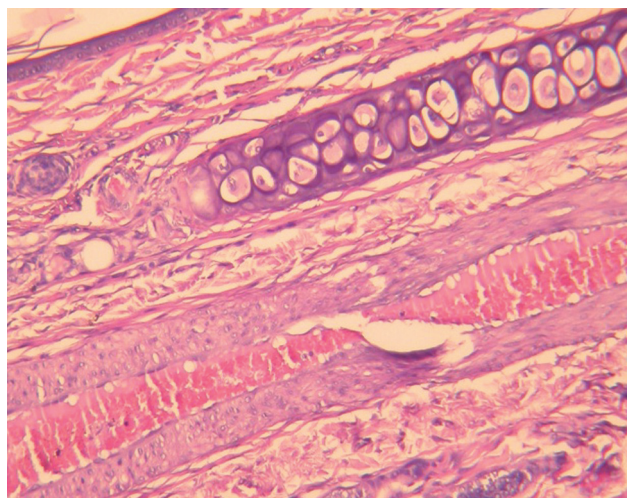


Рис. 4. Коагуляционный «лазерный тромб» (показан стрелками) и венозное полнокровие в подслизистом слое после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 2 Вт через 1 сутки. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 180$

Современные лазерные аппараты в зависимости от рабочей длины волны излучения лазера (0,6–1,9 мкм) эффективно используются для рассечения, удаления, перфорации и коагуляции биотканей, интерстициальной термотерапии и лазерной термопластики хрящей.

Возможность проведения операций – амбулаторно или на дневном стационаре с помощью малоинвазивных технологий

Области применения:

- эндоскопическая, артроскопическая и общая хирургия;
- косметология, флебология;
- гинекология, онкология, урология, проктология;
- стоматология, кардиология, фтизиатрия;
- нейрохирургия, неврология;
- оториноларингология;
- ФДТ.

**Надежность
в эксплуатации**

**Простота
в управлении**

Медицинские технологии
утверждены Росздравнадзором

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
Длина волны излучения:
0,63–0,69, 0,81, 0,97, 1,06, 1,56, 1,9 мкм.
Возможны двухволновые варианты аппарата.
Мощность по желанию заказчика до 60 Вт.
Тач-скрин экран. Измеритель мощности.
Габариты от 120 x 180 x 280 мм. Вес от 2,5 кг.
Рабочее световолокно 200–600 мкм.
Насадка-коллиматор.
Насадка-фокусатор.



Аппараты серии
«АЗОР-АЛМ»

Гарантия 3 года

Реклама

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ СЕРИИ «АЗОР»



«АЗОР-2К-02» – универсальный магнито-лазерный терапевтический аппарат: все применяемые в терапии виды лазерного излучения, единичные и матричные излучатели, световодный инструмент, два канала излучения, автоматический расчет дозы, два ЖК-индикатора, измеритель мощности, современный дизайн, простота в обращении.

Уникальный АУТОРЕЗОНАНСНЫЙ режим – для увеличения микроциркуляции крови и лимфы.

**Уникальные методики надвенозного облучения крови (НЛОК).
Имеется вся разрешительная документация**



«АЗОР-ВЛОК» – аппарат для внутривенного облучения крови: эффективный метод восстановительной и профилактической медицины. Миниатюрные размеры, измеритель мощности, ЖК-индикатор, звуковая сигнализация, катетеры (стерильные разовые световоды).

Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии

Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии предназначены для коагуляции, перфорации, рассечения, вапоризации мягких и твердых тканей при проведении открытых, эндоскопических и пункционных хирургических вмешательств, осуществления процедур силовой лазерной терапии (коррекции формы хрящей методом лазерной термопластики, лечения варикозно расширенных вен методом эндовенозной лазерной коагуляции и т.д.). Выпускаются в одноволновой и двухволновых модификациях с длинами волн рабочего излучения в диапазоне 0,97 ... 2 мкм.



ПРЕИМУЩЕСТВА

- Компания НТО «ИРЭ-Полюс» использует самые надежные полупроводниковые и волоконные лазеры
- Аппараты НТО «ИРЭ-Полюс» способствуют уменьшению болевых ощущений, минимальному отеку тканей, коагуляции в зоне реза и хорошему гемостазу, стерилизации операционной раны, снижению вероятности послеоперационных осложнений и рецидивов
- Применение аппаратов НТО «ИРЭ-Полюс» позволяет использовать новые медицинские технологии, которые способствуют повышению качества лечения, уменьшению болевых ощущений, сокращению сроков послеоперационного восстановления, уменьшению сроков госпитализации вплоть до осуществления лечения в поликлинике или дневном стационаре
- В аппаратах НТО «ИРЭ-Полюс» имеется широкий выбор аппаратов с длиной волны рабочего излучения, обеспечивающие требуемую величину поглощения в различных компонентах биологических тканей, что позволяет оптимизировать результат воздействия в зависимости от стоящей перед врачом задачи: обеспечить оптимальное сочетание режущих и коагулирующих свойств при хорошем гемостазе и минимальных отеках, получить поверхностное воздействие при минимальном термическом повреждении подлежащих тканей, обеспечить объемный прогрев биоткани
- При использовании аппаратов НТО «ИРЭ-Полюс» наша команда поможет врачам пройти обучение с выдачей удостоверения государственного образца, а также получить мастер-классы у авторов медицинских технологий
- Компанией НТО «ИРЭ-Полюс» ведутся постоянные исследования, результатом которых является появление новых эффективных лазеров, способных стать основой для разработки новых медицинских методик и аппаратов для их осуществления

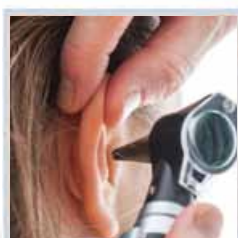
ПРИМЕНЕНИЕ



Флебология



Урология



Оториноларингология



Хирургия



Стоматология

ЛСП «ИРЭ-Полюс»



Лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии предназначены для коагуляции, перфорации, рассечения, вапоризации мягких и твердых тканей при проведении открытых, эндоскопических и пункционных хирургических вмешательств.

Также для осуществления процедур силовой лазерной терапии (коррекции формы хрящей методом лазерной термопластики, лечения варикозно расширенных вен методом эндовенозной лазерной коагуляции и т.д.).

ЛСП «ИРЭ-Полюс» Компакт

Аппарат ЛСП «ИРЭ-Полюс» Компакт предназначен для использования при оказании экстренной помощи в машинах скорой помощи, в составе быстро разворачиваемых госпиталей на местах стихийных бедствий и техногенных катастроф, при осуществлении хирургического лечения, например, лечении варикозно расширенных вен методом ЭВЛК на выезде.

Возможно исполнение аппарата с автономным питанием.



УРОЛАЗ



УРОЛАЗ – лазерный аппарат, соответствующий международным стандартам качества, разработанный и выпускающийся в России, предназначен для работы на доброкачественной гиперплазии предстательной железы (энуклиация и вапоризация), а также предназначен для разрушения камней в мочевыводящих путях и почках. Излучение с длиной волны 1,94 мкм позволяет эффективно осуществлять испарение мягких тканей и дробление камней мочевыводящих путей, а наличие излучения с длиной волны 1,55 мкм позволяет обеспечить регулируемый гемостаз при проведении хирургических вмешательств.

АЛЬТА

Лазерная система АЛЬТА, созданная на основе диодного лазера с длиной волны излучения 980 ± 10 нм и максимальной выходной мощностью до 25 Вт, предназначена для использования в восстановительной и эстетической стоматологии, дентальной имплантации, пародонтологии, эндодонтии, хирургии и удалении новообразований мягких тканей полости рта. Система работает в контактном и неконтактном режиме, осуществляя хирургические разрезы, вапоризацию, абляцию и коагуляцию мягких тканей, обеспечивает гемостаз в области операции.





ФОТОДИТАЗИН® [fotoditazin]

фотосенсибилизатор хлоринового ряда

«ФОТОДИТАЗИН®» гель – РУ № ФСР 2012/13043 от 03.02.2012 г.

«ФОТОДИТАЗИН®» концентрат для приготовления раствора для инфузий – РУ № ЛС 001246 от 18.05.2012 г.



«ФОТОДИТАЗИН®» применяется для флюоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний различных нозологических форм, а так же патологий не онкологического характера в следующих областях медицины:

- ▶ дерматология
- ▶ гинекология
- ▶ урология
- ▶ торакальная хирургия
- ▶ стоматология
- ▶ нейрохирургия
- ▶ офтальмология
- ▶ травматология и ортопедия
- ▶ комбустиология
- ▶ гнойная хирургия
- ▶ ангиология

В соответствии с приказами МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РФ:

Приказ № 1629н от 29 декабря 2012 г.

«Об утверждении перечня видов высокотехнологичной медицинской помощи»

Приказ № 915н от 15 ноября 2012 г. «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю «онкология»

ООО «ВЕТА-ГРАНД»

123056, Россия, г. Москва, ул. Красина, д. 27, стр. 2

тел.: +7(499)253-61-81, +7(499)250-40-00

e-mail: fotoditazin@mail.ru



www.fotoditazin.com
www.фотодитазин.рф

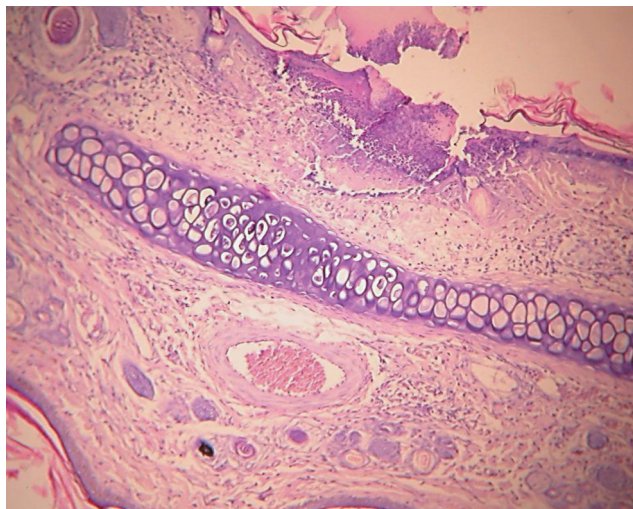


Рис. 5. Гомогенные участки коагуляционного термического некроза эпидермиса и подлежащей дермы с явлениями фрагментации после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 4 Вт на 1-е сутки. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 180$

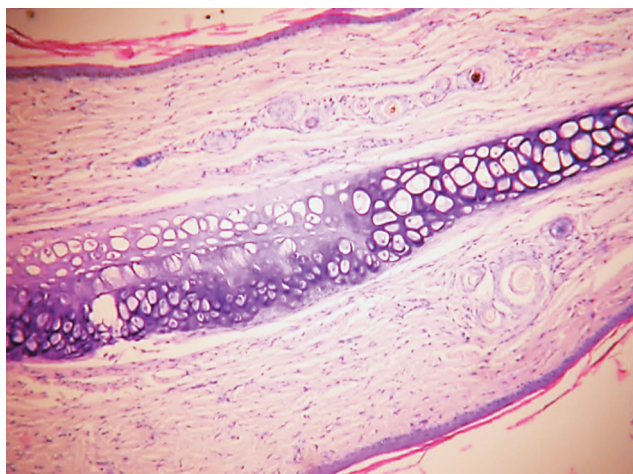


Рис. 6. Очищение раневой поверхности от фрагментов коагуляционного термического струпа. 3-и сутки после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 120$

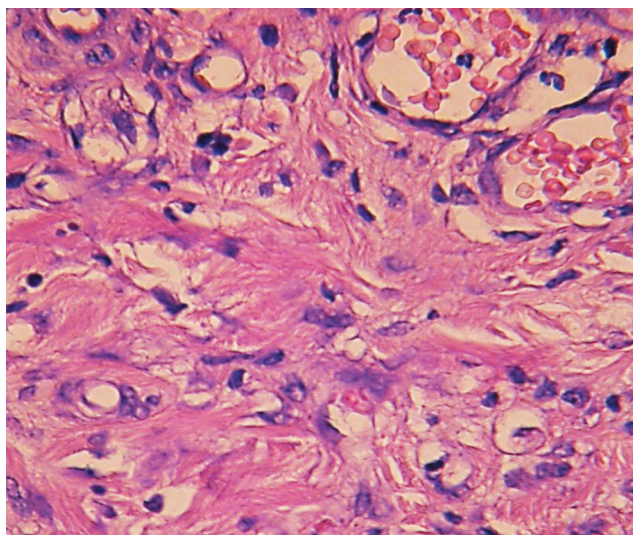


Рис. 7. Гистологическая картина ушной раковины подопытного кролика на 3-и сутки после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 220$

Таблица 1
Глубина коагуляционного некроза кожи ушной раковины кроликов при различных параметрах мощности воздействия излучения Nd:YAG-лазера на 1-е и 3-и сутки

Группы исследования	Лазерное излучение (мощность Вт)	Глубина коагуляционного некроза (мкм), 1-е сутки	Глубина коагуляционного некроза (мкм), 3-и сутки
1-я группа	1 Вт	$85,4 \pm 13,6$ мкм	$58,5 \pm 11,2$ мкм
2-я группа	2 Вт	$122,4 \pm 42,2$ мкм	$100,2 \pm 36,6$ мкм
3-я группа	4 Вт	$180,8 \pm 38,2$ мкм	$120,2 \pm 16,4$ мкм

сокращение объема раны. При гистологическом исследовании отмечали сохранение незначительных фрагментов коагуляционного термического струпа на поверхности эпидермиса с восстановлением гистологической структуры подлежащей дермы. Отмечалось неравномерное венозное полнокровие дермы с явлениями периваскулярного отека и сокращением объема коагуляционного некроза до $58,5 \pm 11,2$ мкм (рис. 6).

На 3-и сутки во 2-й группе экспериментальных животных после воздействия лазерного излучения мощностью 2 Вт в зоне воздействия на поверхности сохранялись гомогенные фрагменты термического струпа, представленного коагуляционным некрозом эпидермиса без карбонизации толщиной до $100,2 \pm 36,6$ мкм, отделенные от подлежащей дермы узкой зоной отека в виде щели. В подлежащей дерме определялся отек, нерезко выраженная лимфоидно-макрофагальная инфильтрация с примесью нейтрофилов. При воздействии лазерного излучения Nd:YAG-лазера мощностью до 4 Вт у подопытных кроликов 3-й группы на 3-и сутки выявлялось сокращение объема коагуляционного некроза до $120,2 \pm 16,4$ мкм, его фрагментация с образованием полостей, выполненных гомогенными бесструктурными массами. Между зоной термического коагуляционного некроза и подлежащей полнокровной дермой выявлялись участки формирующейся грануляционной ткани с многочисленными клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда (рис. 7). На 3-и сутки после выведения кроликов из эксперимента происходило сокращение размеров лазерных ран в объеме с уменьшением толщины коагуляционного некроза тканей (табл. 1).

Через 7 суток после воздействия излучения Nd:YAG-лазера во всех трех группах происходило дальнейшее отторжение коагуляционного термического струпа, отмечалась краевая регенерация эпидермального покрова. В подлежащей дерме – формирование грануляционной ткани с многочисленными клеточными элементами макрофагального и фибробластического ряда, новообразованными капиллярами. При воздействии Nd:YAG-лазера с мощностью 1 Вт через 7 суток у животных 1-й группы происходило полное восстановление гистологической структуры эпидермиса (рис. 8). В дерме – формирование грануляционной ткани с новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда. Во 2-й группе у животных при воздействии лазерного излучения мощностью 2 Вт на поверхностных участках кожи сохранялись элементы термического струпа в виде фрагментарных коагулированных гомогенных масс. В дерме – островки формирующейся грануляционной

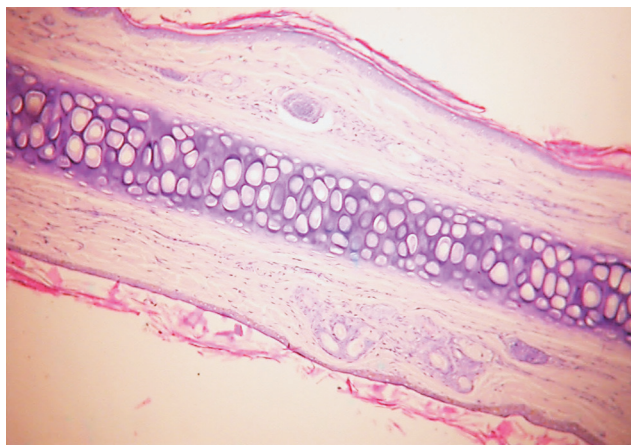


Рис. 8. Восстановление гистологической структуры эпидермиса, венозное полнокровие, коагуляция крови в просвете сосудов, периваскулярный отек дермы, формирование грануляционной ткани. 7-е сутки после воздействия Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 100$

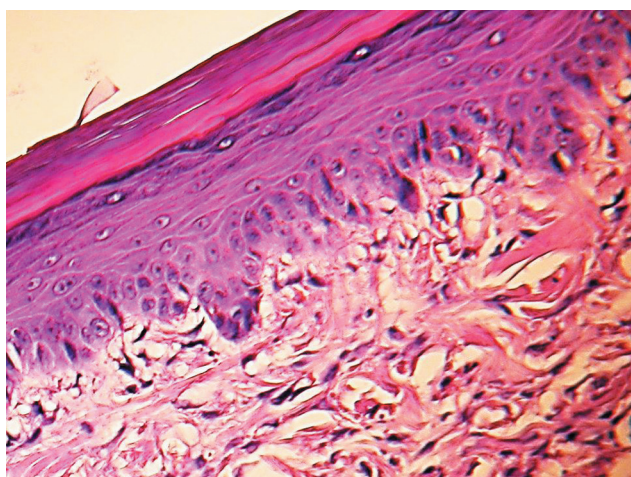


Рис. 9. Восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы. Пучки зрелых коллагеновых волокон в дерме. Очаговые лимфоидно-гистиоцитарные инфильтраты в дерме. 14-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG-лазера мощностью 4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 120$

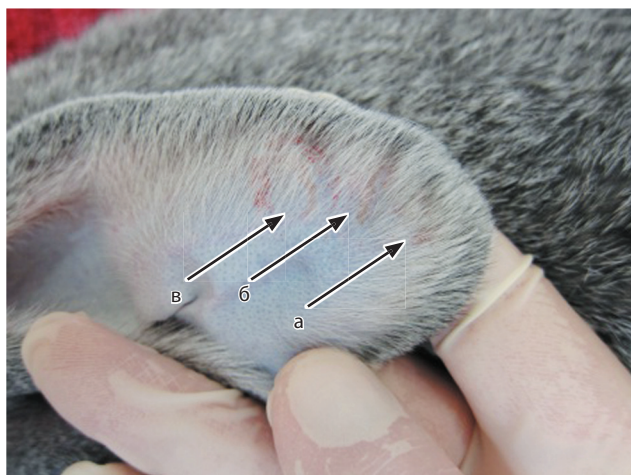


Рис. 10. Вид кожи уха кролика на 21-е сутки после воздействия Nd:YAG-лазера с мощностью: а – 1 Вт; б – 2 Вт; в – 4 Вт

ткани с многочисленными новообразованными капиллярами, клеточными элементами макрофагального ряда. В 3-й группе подопытных животных при увеличении мощности до 4 Вт также происходило очищение поверхности раны от основной массы коагуляционного термического струпа, который был представлен фрагментированными оксифильными участками над регенерирующим эпидермальным покровом кожи. В дерме визуализировались очажки формирующейся грануляционной ткани.

Через 14 суток визуально после воздействия излучения Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт у экспериментальных животных 1-й группы зона воздействия не отличалась от неповрежденных окружающих тканей. При увеличении мощности до 2 Вт у подопытных животных 2-й группы макроскопически определялся едва заметный послеоперационный рубец в виде тонкой полоски розоватого цвета, плотно-эластической консистенции, малорастяжимый, слегка возвышающийся над поверхностью окружающих тканей. При увеличении мощности Nd:YAG-лазера до 4 Вт в 3-й группе животных определялся послеоперационный рубец, при пальпации плотно-эластической консистенции, нерастяжимый, возвышающийся над поверхностью окружающих тканей в виде полоски розоватого цвета.

После воздействия излучения Nd:YAG-лазера на 14-е сутки у экспериментальных животных 1-й, 2-й и 3-й групп происходило полное восстановление гистологической структуры кожи без признаков деформации и рубцевания (рис. 9).

На 21-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG-лазера у всех 3 групп экспериментальных животных макроскопически послеоперационная зона была неотличима от окружающих тканей (рис. 10).

При гистологическом исследовании на 21-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG-лазера мощностью 1, 2 и 4 Вт у экспериментальных животных во всех 3 группах выявлено полное восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы без признаков рубцовой деформации тканей (рис. 11).

При воздействии излучения Nd:YAG-лазера на сосуд ушных раковин происходило испарение межтканевой и внутриклеточной жидкости, что приводило к развитию

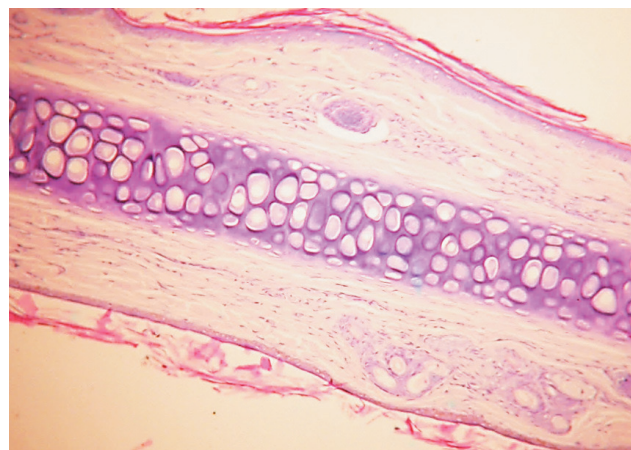


Рис. 11. Полное восстановление гистологической структуры эпидермиса и дермы на 21-е сутки после воздействия излучения Nd:YAG-лазера с мощностью 4 Вт. Окр. гематоксилином и эозином. $\times 100$

коагуляционного термического некроза тканей кожи уха кролика. Глубина тканевой деструкции уха кролика зависела от параметров мощности лазерного излучения. Особенностью термического воздействия Nd:YAG-лазера является испарение тканей с последующим разрывом эпидермиса и образованием воронкообразного углубления.

При излучении Nd:YAG-лазера мощностью 1 Вт происходит поверхностное повреждение эпидермиса уха кролика, увеличение мощности от 2 до 4 Вт приводит к деструкции подлежащей дермы. В связи с распространением лазерного излучения не только по ходу луча, но и в окружающие ткани отмечалось нарушение проницаемости капилляров с периваскулярными диапидезными кровоизлияниями, что выражалось в образовании вокруг лазерных дефектов венчиков гиперемии. В просвете кровеносных сосудов подлежащей дермы обнаруживались «коагуляционные лазерные тромбы» [3], подвергшиеся коагуляции плазменные белки и форменные элементы крови вследствие термического воздействия лазерного излучения, что обеспечивало отсутствие кровотечения во время лазерного воздействия на сосуд ушной раковины кролика в эксперименте.

В процессе заживления лазерных ран в зоне воздействия развивалось асептическое продуктивное воспаление с активной ранней пролиферацией макрофагальных и фибробластических элементов, отсутствие экссудативных реакций и нейтрофильной инфильтрации в подвергшихся коагуляционному некрозу тканях, что может быть связано со стерилизирующим действием лазерного излучения и коагуляционным характером некроза. Деструкция тканей ушной раковины кролика в эксперименте не сопровождалась кровотечением в связи с коагуляцией крови в просвете кровеносных сосудов по ходу лазерного луча и образованием в них «коагуляционных тромбов» типа гиалиновых, подвергшихся организации и васкуляризации на 14–21-е сутки после лазерного воздействия.

Заключение

Таким образом, раневой дефект, обусловленный лазерным воздействием, значительно быстрее проходит все стадии раневого процесса. Минимальны альтеративные процессы и расстройства микроциркуляции, слабее выражена интенсивность воспалительных процессов, быстрее начинаются и интенсивней проходят репаративные процессы: пролиферация фибробластов, неоангиогенез, продукция коллагена, фибриллогенез, созревание и фиброзно-рубцовая трансформация грануляционной ткани, эпителизация раневой поверхности.

Экспериментальное обоснование позитивного влияния излучения неодимового лазера на регенерацию мягких тканей позволяет совершенствовать технику оперативного вмешательства и повысить эффективность лечения пациентов с сосудистыми поражениями, используя излучение Nd:YAG-лазера с длиной волны 1064 нм и мощностью излучения от 2 до 4 Вт.

Литература

1. Буторина А.В. Лазерное лечение капиллярных ангиодисплазий у детей / А.В. Буторина, И.С. Воздвиженский // Врожденная и наследственная патология головы, лица и шеи у детей:

- актуальные вопросы комплексного лечения. – М.: МГМСУ, 2002. – С. 31–36.
2. Буторина А.В., Шафранов В.В. Современное лечение гемангиом у детей // Лечащий врач. – 1999. – № 5. – С. 58–64.
3. Гончарова А.Я. Гемангиомы раннего детского возраста. Тактика ведения пациента // Пластическая хирургия и косметология. – 2012. – № 1. – С. 140–147.
4. Диомидов И.А., Виссарионов В.А. Эффективность применения лазерного излучения в лечении больных с сосудистыми аномалиями // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2013. – № 6. – С. 27–29.
5. Елисеев В.И., Скобелкин О.К., Титова Т.М. Морфология репаративных процессов после остановки желудочных кровотечений с помощью различных лазеров // Архив патологии. 1981. – № 9. – С. 43–52.
6. Кулаков А.А., Григорьянц Л.А., Каспаров А.С. Диодный лазерный скальпель – как современный инструмент хирурга стоматолога // Стоматолог-практик. – 2009. – № 4. С. 48–52.
7. Минаев В.П., Жилин К.М. Современные лазерные аппараты для хирургии и силовой терапии на основе полупроводниковых и волоконных лазеров. Рекомендации по выбору и применению. – М.: Издатель Балабанов И.В., 2009. – С. 33–35.
8. Рыжеский Д.В., Трубин В.В., Дурново Е.А. Использование селективного фототермолиза со склерозированием для лечения врожденных и неонатальных сосудистых гиперплазий кожи челюстно-лицевой области у детей // Современные технологии в медицине. – 2014. – Т. 6. – № 4. – С. 145–150.
9. Спокойный Л.Б., Махоня Д.В. Fidelis hlus – лучшая в мире лазерная система для стоматологии (Er:YAG + Nd:YAG) // Стоматолог-практик. – 2009. – № 2. – С. 18–22.
10. Шейко Е.А. Ошибки и пути их преодоления в лечении гемангиом у детей до года // Мат. 6-й науч.-практ. конф. с международным участием «Акт. вопросы преангиогенеза и злокачественных опухолей в различных климатогеографических зонах». – Якутск, 2009. – С. 156–157.
11. Шейко Е.А., Козель Ю.Ю. Фототермолиз в лечении гемангиом у детей // Лазерная медицина. – 2011. – Т. 15. – Вып. 3. – С. 33–38.
12. Boscolo E., Bischoff J. Vasculogenesis in infantile hemangioma Angiogenesis. – 2009. – Vol. 12 (2). – P. 197–207.
13. Brucker A.L., Frieden I.J. Hemangiomas of infancy // J. Am. Acad. Dermatol. – 2003. – № 48. – P. 477–493.
14. Crockett D.J., Meier J.D., Wilson K.F., Grimmer J.F. Treatment of oral cavity venous malformations with the Nd:YAG laser using the underwater technique. Otolaryngology – Head and Neck Surgery (United States). – 2013. – Vol. 149. – I. 6. – P. 954–956.
15. Ernemann U., Hoffmann J., Breuninger H. et al. Interdisciplinary concept for classification and treatment of vascular anomalies in the head and neck // Mund Kiefer Gesichtschir. – 2012. – Vol. 6. – № 6. – P. 402–409.
16. Gupta S., Kumar S. Lasers in dentistry – an overview. Trends Biomater. Artif. Organs. – 2011. – Vol. 25 (3). – P. 119–123.
17. Lee B.B., Do Y.S., Byun H.S. et al. Advanced management of venous malformation with ethanol sclerotherapy: mid-term results // J. Vasc. Surg. – 2003. – Vol. 37. – № 3. – P. 533–538.
18. Marler J.J. Vascular anomalies: classification, diagnosis, and natural history / J.J. Marler, J.B. Mulliken // Facial Plast. Surg. Clin. North. Am. – 2001. – Vol. 9 (4). – P. 495–504.
19. Medeiros Jr.R., Silva I.H., Carvalho A.T. et al. Nd:YAG laser photocoagulation of benign oral vascular lesions: a case series // J Lasers Med. Sci. – May 2015. – Vol. 30. – I. 8. – P. 2215–2220.
20. Mungnirand A.I., Nuntasunti W., Manuskiatti W. Neodymium-doped yttrium aluminium garnet laser treatment of pediatric venous malformation in the oral cavity // Dermatol Surg. – 2016 Jul. – Vol. 42 (7). – P. 875–879.
21. Romeo U., Russo C., Palaia G. et al. Biopsy of Different Oral Soft Tissues Lesions by KTP and Diode Laser: Histological Evaluation // The Scientific World Journal. – 2014. – Vol. 2014. – Article ID 761704. – 6 p.

Поступила в редакцию 15.07.2017 г.

Для контактов: Морозова Елена Анатольевна
E-mail: lemua@narod.ru