

УДК 616.147.3-007.64

ПОИСК ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЕНОЗНУЮ СТЕНКУ ПРИ ЭНДОВЕНОЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБЛИТЕРАЦИИ

В.В. Андриенко, Н.А. Алиев

Донецкое клиническое территориальное медицинское объединение, Донецк, Украина

Резюме

Цель. Оптимизировать энергетическое воздействие на венозную стенку при эндовенозной лазерной облитерации (ЭВЛО) радиальным световодом. **Материал и методы.** Произведено сравнение показателей освещенности моделей насадок на дистальный отдел лазерного световода. Эксперименты выполнены с использованием оригинальных моделей насадок, в корпусах которых были сформированы пустотелые торообразные камеры различной формы, внутренняя поверхность которых была образована по поверхностям Каталана: гиперболе, окружности, двум видам парабол. В качестве контроля использовалась модель известной существующей насадки, т. е. без торообразной камеры. Показатели освещенности моделей насадок снимались люксометром LX1330B в четырех положениях с углом поворота насадок на 90°, 180°, 270° и 360°. **Результаты:** эксперименты показали, что любая из новых моделей насадок обладает большей излучающей способностью в сравнении с известным прототипом. Модель насадки с параболической формой торообразной камеры обладает наибольшей излучающей, спрямляющей и фокусирующей способностью. **Заключение.** В результате разработки новой насадки на дистальный отдел лазерного световода, содержащей в своем корпусе пустотелую торообразную камеру, созданы предпосылки для более эффективного энергетического воздействия на венозную стенку в процессе ЭВЛО. Возможность использования нескольких торообразных камер различной формы, обладающих различными линейными плотностями энергии, позволит говорить о новом подходе к реализации ЭВЛО в виде дифференцированного силового воздействия на биологические структуры венозно-кровяного матрикса.

Ключевые слова: эндовенозная лазерная облитерация, насадка на световод.

Для цитирования: Андриенко В.В., Алиев Н.А. Поиск путей оптимизации энергетического воздействия на венозную стенку при эндовенозной лазерной облитерации // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 40–44.

Контакты: Андриенко Владимир Владимирович, e-mail: boleznisosudov@gmail.com

SEARCHING WAYS TO OPTIMIZE THE ENERGY IMPACT AT THE VENOUS WALL IN ENDOVENOUS LASER ABLATION

Andriienko V.V., Aliev N.A.

Donetzk Clinical Territorial Medical Union, Donetsk, Ukraine

Abstract

Objective. To optimize the energy impact at the venous wall in endovenous laser ablation (EVLA) with a radial fiber. **Material and methods.** Illumination parameters of various models of headpieces put at the distal part of laser fibers have been compared. Experiments were performed with original models of headpieces which had in-built hollow toroidal chambers of various shapes and the inner surface of which was formed on the Catalan surface: hyperbola, circle and two kinds of parabolas. As a control, the researchers used a known model of headpiece, i. e. without the toroidal chamber. Illumination parameters of headpieces were measured with luxometer LX1330B in four positions with headpiece rotation angles equal to 90°, 180°, 270° and 360°. **Results.** The experimental work has shown that any of new headpiece models has better irradiating capacity, if to compare with the famous prototype. A headpiece model with the parabolic shape of toroidal chamber has the best radiating, aligning and focusing capabilities. **Conclusion.** A new headpiece for the distal part of laser fiber with the hollow toroidal chamber brings better energetic effect at the venous wall during EVLA procedure. Application of several toroidal chambers of various shape with different linear energy densities allows to develop a new approach for EVLA therapy when the differential force effect is applied to biological structures of the venous-blood matrix.

Keywords: endovenous laser ablation, laser fiber headpiece.

For citation: Andriienko V.V., Aliev N.A. Searching ways to optimize the energy impact at the venous wall in endovenous laser ablation. *J. Laser Medicine*. 2018; 22 (4): 40–44 (in Russian).

Contacts: Vladimir Andriienko, e-mail: boleznisosudov@gmail.com

Введение

Эволюционируя в клинических условиях 20 лет и пройдя путь от световодов торцевого типа и «гемоглобинпоглощающих» лазеров до световодов с моно/бирадиальным типом эмиссии лазерного излучения и «водопоглощающих» лазеров, эндовенозная лазерная облитерация (ЭВЛО) заняла лидирующую позицию в мировой флебологической практике для лечения варикозной болезни, имея самый высокий уровень рекомендаций [13]. Однако несмотря на все достижения, некоторые нежелательные эффекты, такие как карбонизация, адгезия световода к венозной стенке и фрагментация насадки радиального световода в вене, все еще имеют место в процессе операции [2, 15].

Другим нежелательным исходом операции является реканализация подкожных вен в отдаленном послеоперационном периоде. Исходя из данных анализа мировой литературы, ее частота может достигать 7–10% [10, 11]. Общеизвестно, что главной причиной реканализации вены после ЭВЛО является недостаточное термическое воздействие на венозную стенку. Все предыдущие попытки улучшить результаты операции были связаны с поиском оптимальных энергетических режимов, выбором типа световодов, определением максимального диаметра вены для ЭВЛО и др. [6, 8, 14]. Учитывая тот факт, что использование радиальных световодов с длиной волны около полутора микрон для ЭВЛО имеет наилучшие результаты по ряду конечных точек

и доминирует в мировой флебологической практике, становится ясным, что нельзя считать «лазерное оборудование» и «параметры реализации метода» причинами, определяющими итоговый результат как отрицательный [12]. Следовательно, за неблагоприятный исход отвечает совокупность факторов, важнейшими из которых являются оптический световод, насадка на его дистальном конце (при использовании радиального световода), а также технологические несовершенства, которые неизбежно встречаются на разных этапах производства лазерного оборудования.

Поскольку лазерное излучение можно расценивать как «усиленное» световое излучение, то для него характерен один из законов оптики: при падении света на границу раздела двух сред происходит отражение и преломление светового луча, а также частичное поглощение квантов энергии и рассеивание светового потока [1]. Данные физические процессы имеют место во всех известных радиальных световодах, что, безусловно, связано с определенными потерями энергии, обуславливая неаутентичность лазерного излучения и неравномерный прогрев венозной стенки [3, 4].

Кроме того, применение кварца как материала насадки световода имеет ряд недостатков. В подавляющем большинстве для материала насадки используется продукт двойной технологической переплавки кварцевого песка, синтетически полученное химическое соединение – кварцевое стекло. Двойная переплавка дважды нарушает природную кристаллическую решетку минерала. К тому же в синтетически полученных соединениях всегда изначально есть микротрещины, включения, дислокации и вакансии, наличие которых объясняет прочность вещества. То есть чем их больше, тем химическое соединение менее прочное. После переплавки твердость кварца по шкале МООСА снижается с 7 до 5 баллов, а плотность – с 2,65 до 2,2 г/см³. Более того, некоторые разновидности кварца поглощают до 17% светового

излучения [5, 9]. В процессе проведения ЭВЛО происходит нагревание кварцевого стекла насадки световода, это приводит к увеличению количества микротрещин насадки и абсолютной величины микрошероховатости ее наружной поверхности, что является одним из определяющих моментов в объяснении механизмов карбонизации и адгезии радиального световода к венозной стенке, зачастую делая невозможным его повторное использование [7] (рис. 1).

Цель работы – оптимизировать энергетическое воздействие на венозную стенку при проведении ЭВЛО радиальным световодом.

Материал и методы

Нами была выдвинута гипотеза, что наличие пустотелой торообразной камеры в корпусе насадки радиального световода способно исключить негативные последствия неаутентичного рассеянного лазерного излучения за счет фокусировки и спрямления электромагнитных колебаний в единый радиальный кольцевой поток энергии. В этой связи была предложена новая насадка на дистальный отдел оптического световолокна (патент РФ на изобретение № 2648821/28.03.2018. Бюл. № 10. Алиев Н.А., Андриенко В.В. «Комбинированный инструмент для эндовасальной облитерации вен»).

В целях определения оптимальной формы торообразной камеры, лучше всего фокусирующей и спрямляющей электромагнитные колебания в единый радиальный световой поток, исследователи, используя теорию аффинного подобия, при коэффициенте масштабирования М 16:1, изготовили четыре модели насадок из оптически прозрачного высокопрочного органического стекла с торообразными камерами различной формы, выполненными по одной из кривых второго порядка: окружности, гиперболы, двух видов парабол (рис. 2).

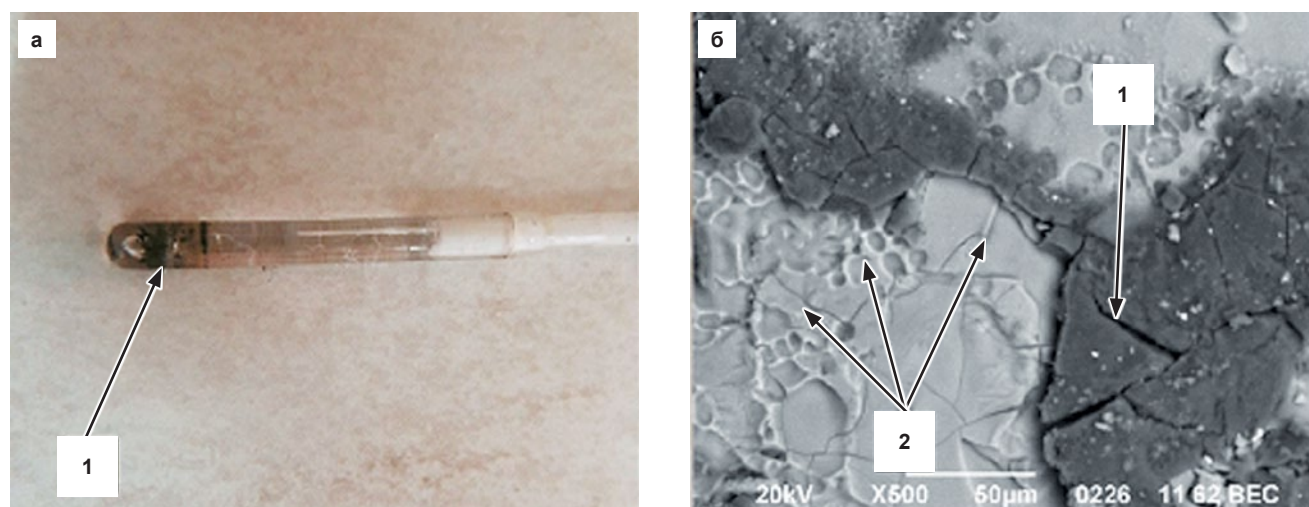


Рис. 1. Радиальный световод, использованный для ЭВЛО двух больших подкожных вен, длина волны – 1470 нм, мощность – 8 Вт, скорость тракции – 1 мм/с. а – макросъемка; б – электронный микроскоп, ув. ×500: 1 – участок карбонизации; 2 – «микротрещины», «микрошероховатости» материала насадки

Fig. 1. Radial fiber used for EVLA of two large saphenous veins: wavelength – 1 470 nm, power – 8 W, traction speed – 1 mm/s. a – macrophotography; б – electron microscope, magnif. ×500: 1 – carbonization area; 2 – «microfissures», «microroughness» of headpiece material

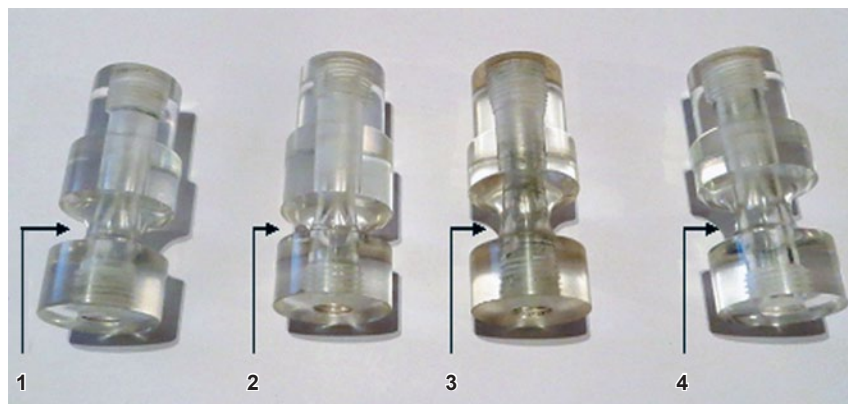


Рис. 2. Модели насадок с торообразными камерами различной формы: 1 – малая парабола; 2 – гипербола; 3 – окружность; 4 – большая парабола

Fig. 2. Headpiece models with various toroid-shaped chambers: 1 – small parabola; 2 – hyperbole; 3 – circuit; 4 – large parabola

Для контроля также была изготовлена модель существующей насадки, т. е. без торообразной камеры. Профили моделей насадок формировались специальными резцами на оптико-шлифовальном координатном станке, с соблюдением идентичности размеров наружного диаметра и глубины полости фигуры. Для испытания насадок, а в последующем и световодов нового типа нами был спроектирован и изготовлен комбинированный стенд, предусматривающий контроль и проверку инструментов любого термооблитерационного эндовазального воздействия, а также для моделирования собственно процесса ЭВЛО (рис. 3).

Комбинированный стенд сконструирован из двух агрегатов. Первый осуществляет контроль и проверку интенсивности передачи теплового воздействия на венозную ткань, рабочих параметров как известных типов световодов, так и предложенных новых, в том числе и с дифференциальным термическим воздействием на венозную ткань, с двумя и более различными торообразными камерами. Агрегат представляет собой смонтированный на раме двухопорный кессон, изолированный от окружающей среды воротниковыми манжетами. Кессон выполнен из прозрачного оргстекла или акрила со сформированной по центру дифракционной щелью.

Испытания моделей насадок производились на первом агрегате модельного стенда следующим образом. На подвижном винте в кессон встраивалась модель насадки, в центральную камеру которой был вмонтирован излучатель электромагнитных колебаний, закрепленный неподвижно относительно стенок камеры. Съем параметров освещенности осуществлялся через дифракционную щель люксометром LX1330B в четырех положениях с углом поворота насадок на 90°, 180°, 270° и 360°.

Второй агрегат имитирует функциональный динамический процесс движения крови по венозному руслу конечности (в данном экспериментальном исследовании не использовался).

Результаты

Как показали исследования, модель насадки, содержащая торообразную камеру любой формы, обладает большей излучающей способностью в сравнении с существующим прототипом. Поверхность торообразной камеры, сформированная из части поверхности параболоида, обладает наибольшей излучающей способностью по сравнению со всеми вышеперечисленными, в том числе и окружности, при прочих равных условиях: наружном диаметре и глубине полости фигуры (табл.).

Рис. 3. Комбинированный стенд: 1 – первый агрегат; 2 – второй агрегат

Fig. 3. Combined stand: 1 – first unit; 2 – second unit



Таблица

Тренды характеристик освещенности в зависимости от мощности излучателя и формы торообразной камеры, люксы

Table

Trends in illumination characteristics depending on emitter power and on toroidal chamber shape, lux units

Форма торообразной камеры Shape of toroidal chamber	Мощность излучателя, Вт Emitter power, W							
	0,1080	0,1240	0,1400	0,1560	0,1720	0,1880	0,2040	0,2200
Большая парабола Large parabola $Y = 0,27X^2 + 0,12X$	1650	1810	1996	2193	2390	2518	2746	2887
Окружность Circuit Ф16 мм	1391	1523	1697	1850	2031	2209	2390	2514
Малая парабола Small parabola $Y = 0,5X^2 + 0,4X$	1290	1468	1634	1801	1996	2100	2221	2391
Гипербола Hyperbola $X^2/A^2 - Y^2/B^2 = 1$	1200	1351	1493	1682	1876	2057	2101	2293
Без камеры Without chamber	1091	1254	1397	1551	1704	1877	2012	2184

При этом в позиции поворота на 180° градусов только параболическая поверхность не дает излучению проникать в обратном направлении. То есть параболоид-вращение обладает наибольшей способностью к спрямлению лучей, формированию радиальной кольцевой диаграммы, что говорит о высокой эффективности применения таких насадок при ЭВЛО. Данный аспект открывает большие перспективы в создании световодов с параболическими насадками и их комбинациями (при необходимости с менее интенсивными поверхностями излучения, основанными на том же принципе).

Заключение

Безусловно, говорить окончательно о преимуществах новой насадки можно только после апробации и проведения испытаний радиальных световодов с насадкой нового типа, что и предполагается выполнить на втором агрегате модельного стенда. Однако сейчас можно утверждать, что созданы предпосылки для более эффективного энергетического воздействия на венозную стенку в процессе ЭВЛО за счет спрямления, фокусировки и преобразования лазерного излучения в единый радиально-кольцевой поток энергии. Использование насадки с двумя и более пустотелыми камерами разной формы, которые будут иметь световой поток разной мощности, и соответственно, разную линейную плотность энергии, позволяет говорить о новом подходе к реализации ЭВЛО в виде дифференцированного силового воздействия на компоненты венозно-кровенного матрикса.

Литература

1. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Физматлит, 2003. – 848 с.
2. Мазайшвили К.В., Акимов С.С., Семкин В.Д., Ангелова В.А. Структура и особенности осложнений эндовенозной лазерной облитерации // Флебология – 2017. – Т. 11. – Вып. 4. – С. 212–217.
3. Патент РФ на изобретение № 2506921/20.02.14. Бюл. № 5. Нойбергер В. Устройство для эндолюминальной лазерной абляции и способ лечения вен.
4. Патент РФ на изобретение № 2557888/27.07.15. Бюл. № 23. Луковкин А.В., Тюрин Д.С., Михайличенко М.В., Калитко И.М. Устройство для эндолюминального лечения кровеносного сосуда.

5. Смит Г. Драгоценные камни. М.: Мир. – 1984. – 592 с.
6. Шайдаков Е.В., Булатов В.Л., Илюхин Е.А. и др. Оптимальные режимы эндовенозной лазерной облитерации с длиной волны 970, 1470 и 1560 нм: ретроспективное продольное когортное многоцентровое исследование // Флебология. – 2013. – Т. 7. – Вып. 1. – С. 22–29.
7. Шайдаков Е.В., Илюхин Е.А., Григорян А.Г. и др. Карбонизация при эндовасальной лазерной облитерации радиальным световодом с длиной волны 1470 и 970 нм // Ангиол. и сосуд. хирургия. – 2015. – Т. 21. – № 3. – С. 107–110.
8. Шевченко Ю.Л., Стойко Ю.М., Мазайшвили К.В. и др. Выбор оптимальных параметров излучения 1470 нм для эндовенозной лазерной облитерации // Флебология. – 2013. – Т. 7. – № 4. – С. 18–24.
9. Шуман В. Мир камня. М.: Мир. – 1986. – 263 с.
10. Guangzhi He, Chenhong Zheng, Ming-An Yu. Comparison of ultrasound-guided endovenous laser ablation and radiofrequency for the varicose veins treatment: An updated meta-analysis. *Int. J. Surg.* 2017; Mar. (39): 267–275.
11. Lawaetz M., Serup J., Lawaetz B. et al. Comparison of endovenous ablation techniques, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous varicose veins. Extended 5-year follow-up of a RCT. *Int. Angiol.* 2017; Jun. 36 (3): 281–288.
12. Masayuki Hirokawa, Nobuhisa Kurihara. Comparison of bare-tip and radial fiber in endovenous laser ablation with 1470 nm diode laser. *Ann. Vasc. Dis.* 2014; Oct. 7 (3): 239–245.
13. Nicolaides A., Kakkos S., Baekgaard N. et al. Management of chronic venous disorders of the lower limbs. Guidelines According to Scientific Evidence. Part I. *Int. Angiol.* 2018; Jun. 37 (3): 181–254.
14. Park J.A., Park S.W., Chang I.S. et al. The 1,470-nm bare-fiber diode laser ablation of the great saphenous vein and small saphenous vein at 1-year follow-up using 8–12 W and a mean linear endovenous energy density of 72 J/cm. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2014; Nov. 25 (11): 1795–1800.
15. Sroka R., Stepp H., Hennig G. et al. Medical laser application: translation into the clinics. *J. Biomed. Opt.* 2015; Jun. 20 (6): 1–18.

References

1. Landsberg G.S. Optics. M.: Fizmatlit. 2003: 848.
2. Mazayshvili K.V., Akimov S.S., Semkin V.D., Angelova V.A. Structure and features of complications of endovenous laser obliteration. *Phlebologia*. 2017; 11 (4): 212–217.
3. The patent of the Russian Federation for the invention № 2506921/20.02.14. Bul. No 5. Noiberger V. Device for endoluminal laser ablation and a technique for treating veins.
4. The patent of the Russian Federation for the invention № 2557888/07.27.15. Bul. No. 23. Lukovkin A.V., Tyurin D.S.,

- Mikhailichenko M.V., Kalitko I.M. Device for the endoluminal treatment of blood vessels.
5. Smith G. Precious stones. M.: Mir. 1984: 592.
 6. Shaydakov E.V., Bulatov V.L., Ilyukhin E.A. et al. Optimal modes of endovenous laser obliteration with wavelengths 970, 1470 and 1560 nm: a retrospective longitudinal cohort multicenter study. *Phlebologia*. 2013; 7 (1): 22–29.
 7. Shaydakov E.V., Ilyukhin E.A., Grigoryan A.G. et al. Carbonization in endovascular laser obliteration with radial fiber and wavelengths 1470 and 970 nm. *Angiologia i sosudistaya khirurgia*. 2015; 21 (3): 107–110.
 8. Shevchenko Yu.L., Stoyko Yu.M., Mazayshvili K.V. et al. Selection of the optimal irradiation parameters of wavelength 1470 nm for endovenous laser obliteration. *Flebologiya*. 2013; 7 (4): 18–24.
 9. Schuman V. World of stone. M.: Mir. 1986: 263.
 10. Guangzhi He, Chenhong Zheng, Ming-An Yu. Comparison of ultrasound-guided endovenous laser ablation and radiofrequency for the varicose veins treatment: An updated meta-analysis. *Int. J. Surg.* 2017; Mar. (39): 267–275.
 11. Lawaetz M., Serup J., Lawaetz B. et al. Comparison of endovenous ablation techniques, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous varicose veins. Extended 5-year follow-up of a RCT. *Int. Angiol.* 2017; Jun. 36 (3): 281–288.
 12. Masayuki Hirokawa, Nobuhisa Kurihara. Comparison of bare-tip and radial fiber in endovenous laser ablation with 1470 nm diode laser. *Ann. Vasc. Dis.* 2014; Oct. 7 (3): 239–245.
 13. Nicolaides A., Kakkos S., Baekgaard N. et al. Management of chronic venous disorders of the lower limbs. Guidelines According to Scientific Evidence. Part I. *Int. Angiol.* 2018; Jun. 37 (3): 181–254.
 14. Park J.A., Park S.W., Chang I.S. et al. The 1,470-nm bare-fiber diode laser ablation of the great saphenous vein and small saphenous vein at 1-year follow-up using 8–12 W and a mean linear endovenous energy density of 72 J/cm. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2014; Nov. 25 (11): 1795–1800.
 15. Sroka R., Stepp H., Hennig G. et al. Medical laser application: translation into the clinics. *J. Biomed. Opt.* 2015; Jun. 20 (6): 1–18.

УДК 615.849.19:616.441-008.64:616.447-008.8

ДИНАМИКА УРОВНЯ ПАРАТГОРМОНА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПАРАЩИТОВИДНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ

И.В. Смелова¹, Е.С. Головнева², К.В. Никушкина²¹ ГБУЗ «Многопрофильный центр лазерной медицины», Челябинск, Россия² ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет Минздрава России», Челябинск, Россия

Резюме

В клинической практике для коррекции гипотиреоза успешно используется лазерное воздействие. Применяемое лазерное излучение может повлиять на функциональные показатели как щитовидной железы, так и паращитовидных желез, так как они образуют единый морфофункциональный комплекс. Целью исследования являлось изучение влияния инфракрасного лазерного облучения области локализации щитовидной и паращитовидных желез при суммарной плотности дозы с поверхности кожи 112 и 450 Дж/см² на уровень паратгормона (ПТГ) в норме и при гипотиреозе. Эксперимент проведен на 78 лабораторных крысах самцах. Показано, что лазерное воздействие достоверно изменяет уровень паратгормона как у интактных животных, так и у животных с моделью гипотиреоза в зависимости от плотности дозы.

Ключевые слова: лазерное излучение, паращитовидные железы, паратгормон, гипотиреоз.

Для цитирования: Смелова И.В., Головнева Е.С., Никушкина К.В. Динамика уровня паратгормона после воздействия лазерного излучения на паращитовидные железы // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 44–47.

Контакты: Ирина Викторовна Смелова, e-mail: spiral.siv@mail.ru

DYNAMICS OF PARATHORMONE LEVEL AFTER IRRADIATION OF THE PARATHYROID GLANDS WITH LASER LIGHT

Smelova I.V.¹, Golovneva E.S.², Nikushkina K.V.²¹ Multi-Profile Center of Laser Medicine, Chelyabinsk, Russia² South-Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Chelyabinsk, Russia

Abstract

Laser irradiation has been successfully used to correct hypothyroidism in clinical practice. Laser light irradiation can affect functional parameters of both the thyroid gland and parathyroid glands, since they form a single morphofunctional complex. The aim of the present work was to study the effect of infrared laser irradiation of the location of thyroid and parathyroid glands at parathyroid hormone (PTH) levels in normal conditions and in hypothyroidism. The applied laser light had total density dose on skin surface 112 and 450 J/cm² per. 78 male laboratory rats were used in the trial. It has been shown that laser exposure significantly changes PTH levels in both intact animals and animals with hypothyroidism model depending on the dose density.

Keywords: laser radiation, parathyroid gland, parathyroid hormone, hypothyroidism.

For citation: Smelova I.V., Golovneva E.S., Nikushkina K.V. Dynamics of parathormone level after irradiation of the parathyroid glands with laser light. *J. Laser Medicine*. 2018; 22 (4): 44–47 (in Russian).

Contacts: Irina Smelova, e-mail: spiral.siv@mail.ru

Введение

Заболевания паращитовидных желез занимают в структуре эндокринной патологии третье место после сахарного диабета и тиреопатий. Интерес

исследователей к изучению их морфофункционального состояния в условиях нормы и болезни обусловлен важной ролью, которую они играют в регуляции гомеостаза [7]. Морфология, функция, взаимосвязь с другими