

УДК 616.22-007.271-003.92(086.5):615.849.19-089.87  
<https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-2-38-41>

**Экспериментальное обоснование выбора режима лазерного излучения с длиной волны 980 нм для рассечения рубцов верхних дыхательных путей**  
**С. А. Карпищенко<sup>1,2</sup>, М. Ю. Улулов<sup>2</sup>, А. О. Иванцов<sup>3</sup>, М. Е. Малкова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи, Санкт-Петербург, 190013, Россия

<sup>2</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, 197022, Россия

<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени им. Н. Н. Петрова, Санкт-Петербург, 197758, Россия

**Mode selection of laser radiation with a wavelength of 980 nm for dissection of upper airway scars. Experimental study**

**S. A. Karpishchenko<sup>1,2</sup>, M. Yu. Ulupov<sup>2</sup>, A. O. Ivantsov<sup>3</sup>, M. E. Malkova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech, Saint Petersburg, 190013, Russia

<sup>2</sup> Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, 197022, Russia

<sup>3</sup> Petrov National Medical Research Center for Oncology, Saint Petersburg, 197758, Russia

Целью нашей работы являлась экспериментальная разработка оптимального с точки зрения бокового термического повреждения окружающих тканей режима лазерного излучения (длина волны лазера 980 нм) для рассечения рубцов верхних дыхательных путей. Термическое повреждение имеет принципиальное значение при воздействии на рубцовую ткань, поскольку влечет за собой воспаление в зоне рассечения, что повышает риск рестенозирования. Исследование проводилось на базе кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. И. П. Павлова. В качестве модели биологической ткани было выбрано свиное сухожилие в связи со схожими оптическими и механическими свойствами с рубцовой тканью. Разрез наносился в контактном непрерывном режиме на мощности 7 Вт и в контактном импульсном режиме на мощности 15 Вт (импульс – 20 мс, пауза – 60 мс). Воздействие на ткани в указанных режимах проводилось в двух направлениях: от проксимального края сухожилия к дистальному и обратно. Измерение ширины зон абляции и коагуляции осуществлялось в условиях микроскопии с помощью окуляр-микрометра при увеличении  $\times 40$ . Средняя ширина зоны бокового повреждения ткани при воздействии в контактном импульсном режиме в дистальном направлении  $355 \pm 19$  нм, что сопоставимо с результатами CO<sub>2</sub>-лазера в режиме суперпульс.

**Ключевые слова:** диодный лазер, модель рубцового стеноза гортани.

**Для цитирования:** Карпищенко С. А., Улулов М. Ю., Иванцов А. О., Малкова М. Е. Экспериментальное обоснование выбора режима лазерного излучения с длиной волны 980 нм для рассечения рубцов верхних дыхательных путей. *Российская оториноларингология*. 2020;19(2):38–41. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-2-38-41>

The aim of our work was the experimental development of the optimal laser radiation regime (laser wavelength 980 nm) for dissecting scars of the upper respiratory tract in terms of lateral thermal damage to surrounding tissues. Thermal damage is of fundamental importance when exposed to scar tissue, since it leads to inflammation in the dissection zone, which increases the risk of restenosis. The study was conducted on the basis of the Chair of Otorhinology with a clinic of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University. A pork tendon was chosen as a model of biological tissue due to the similar optical and mechanical properties of scar tissue. The incision was made in the continuous contact mode at a power of 7 W and in the contact pulse mode at a power of 15 W (pulse – 20 ms, pause – 60 ms). The impact on the tissue in these modes was carried out in two directions: from the proximal edge of the tendon to the distal and vice versa. The measurement of the width of the ablation

and coagulation zones was carried out under microscopic conditions using an eyepiece micrometer with an increase of  $\times 40$ . The average width of the zone of lateral tissue damage when exposed in the contact pulse mode in the distal direction is  $355 \pm 19$  nm, which is comparable with the results of a  $\text{CO}_2$ -laser in the superpulse mode.

**Keywords:** diode laser, laryngeal cicatricial stenosis model.

**For citation:** Karpishchenko S. A., Ulupov M. Yu., Ivantsov A. O., Malkova M. E. Mode selection of laser radiation with a wavelength of 980 nm for dissection of upper airway scars. Experimental study. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2020;19(2):38–41. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2020-2-38-41>

### Введение

Интерес медицинского сообщества к лазерным технологиям сохраняется с момента первого применения лазера в клинической практике Гольдманом в 1962 году [1]. Вскоре после этого, в 1968 году, Jako использовал лазерное излучение для удаления полипов голосовых складок [2]. Применение лазерных аппаратов в оперативной оториноларингологии положительно зарекомендовало себя в течение многих лет (перфорация подножной пластины стремени, вазотомия нижних носовых раковин, удаление полипов полости носа, резекции опухолей области головы и шеи) [3]. Несмотря на успешное использование в хирургии, лазерное излучение наносит дополнительное термическое повреждение тканей, поэтому крайне важно, чтобы хирург понимал сложные лазерно-тканевые взаимодействия (механическое, термическое и ионизирующее повреждение ткани) [4]. Эффект лазерного воздействия прежде всего зависит от длины волны излучения, режима воздействия и оптических свойств биологической ткани [5].

Золотым стандартом для рассечения рубцов верхних дыхательных путей считается карбондиоксидный лазер ( $\text{CO}_2$ ) в связи с минимальным термическим повреждением окружающих тканей. Сама аппаратура является дорогостоящей. В России производятся полупроводниковые лазерные аппараты, поэтому они более доступны для закупок большинством лечебных учреждений. Современные полупроводниковые лазеры с передачей излучения по кварцевому световоду позволяют работать в контактном режиме, что удобнее для манипулирования, чем дистантный режим  $\text{CO}_2$ -лазера.

Чаще всего полупроводниковый лазер используется в контактном непрерывном режиме на мощности 5–7 Вт, но размер зоны бокового повреждения в данном режиме значимо превышает таковой при воздействии  $\text{CO}_2$ -лазера ( $242 \pm 85$  nm) [6].

### Цель исследования

Разработать в эксперименте режим воздействия на плотную соединительную ткань полупроводниковым лазером с длиной волны 980 nm, сопоставимый с  $\text{CO}_2$ -лазером по боковому термическому повреждению.

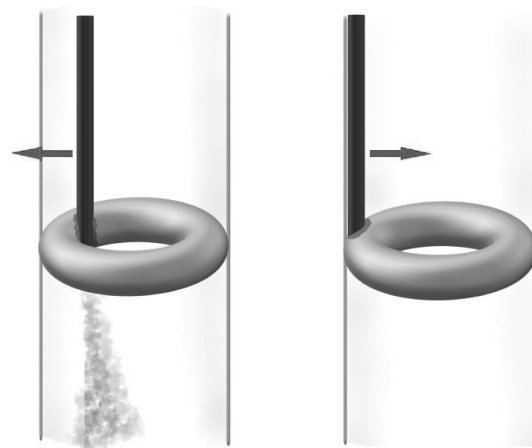
### Материалы и методы исследования

Модель рубцового стеноза дыхательных путей: в качестве биологической ткани выбрано свиное сухожилие толщиной 1 см. В центре сухожилия скальпелем сформировано округлое отверстие диаметром 1 см. Далее сухожилие помещено в пластиковый тубус диаметром 2,5 см. Разрез нанесен при помощи диодного лазера с длиной волны 980 nm, толщина волокна 400 мкм в контактном непрерывном режиме на мощности 7 Вт и в контактном импульсном режиме на мощности 15 Вт (импульс – 20 мс, пауза – 60 мс). Воздействие на ткани в указанных режимах проводилось в двух направлениях: от проксимального края сухожилия к дистальному и в обратном (рис.).

Глубина образовавшегося кратера оценивалась при выполнении поперечных срезов относительно линии разреза.

Измерение ширины зоны абляции и боковой зоны коагуляции и суммарной зоны термического повреждения ткани осуществлялось в условиях микроскопии с помощью окуляр-микрометра при увеличении  $\times 40$ . Полученный результат умножался на табличный коэффициент, соответствующий цене одного деления окуляр-микрометра в мкм. Проведено 3 серии опытов по 10 измерений в каждом.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием стандартного пакета прикладных статистических программ. Результаты исследования обрабатывались с ис-



Модель рубцового стеноза дыхательных путей  
Scar Airway Stenosis Model

пользованием t-критерия Student для определения различий относительных и абсолютных значений. Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы (об отсутствии различий и влияний) принимали равным 0,05.

**Результаты и их обсуждение**

Суммарная ширина зоны бокового повреждения ткани при воздействии в контактном непрерывном режиме на мощности 7 Вт в проксимальном направлении составила 874±121 нм, в контактном импульсном режиме в дистальном направлении – 355±19 нм. Обращает на себя внимание значимое различие стандартных квадратичных отклонений (в 10 раз), следовательно, данные повреждения тканей в импульсном режиме были однородны, а при постоянном лазерном воздействии наблюдался более широкий интервал результатов (от 627 до 1116 нм). Это означает, что ширина повреждения тканей в предлагаемом режиме более прогнозируема и воспроизводима, чем в стандартном. Достигается это благодаря наличию пауз в импульсном режиме, в течение

которых биологическая ткань успевает остыть. В традиционном режиме прогрев ткани осуществляется постоянно, а величина его зависит от скорости нанесения разреза. Данный параметр задается хирургом и сложно поддается стандартизации.

Также полученные различия, вероятно, связаны с движением волокна от дистального края к проксимальному, поскольку в предлагаемом режиме торец волокна более плотно прилегает к испаряемой ткани и лазерное излучение более направленно и результативно.

**Выводы**

Предлагаемый режим лазерного воздействия является более щадящим по отношению к окружающим тканям в сравнении со стандартным режимом воздействия диодного лазера и сопоставим с CO<sub>2</sub>-лазером. При меньшем прогреве окружающих тканей снижается риск реактивного воспаления и, как следствие, повторного рубцевания.

**Авторы заявляют о отсутствии конфликта интересов.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Nouraei S., Ma E., Patel A., Howard D., Sandhu G. Estimating the population incidence of adult post-intubation laryngotracheal stenosis. *Clinical Otolaryngology*. 2007;32(5):411–412. doi:10.1111/j.1749-4486.2007.01484.x
2. Valdez T., Shapshay S. Idiopathic Subglottic Stenosis Revisited. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. 2002;111(8):690–695. doi:10.1177/000348940211100806
3. Halmos G., Schuiringa F., Pálínkó D., van der Laan T., Dikkers F. Finding balance between minimally invasive surgery and laryngotracheal resection in the management of adult laryngotracheal stenosis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014;271(7):1967–1971. doi:10.1007/s00405-014-2901-1
4. Lewis S., Earley M., Rosenfeld R., Silverman J. Systematic review for surgical treatment of adult and adolescent laryngotracheal stenosis. *The Laryngoscope*. 127(1):191–198. doi.org/10.1002/lary.26151
5. Карпищенко С. А. Laser surgery of paralytic laryngeal stenosis. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2011;(4):7–9 [Karpishchenko S. A. Laser surgery of paralytic laryngeal stenosis. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2011;(4):7–9 (in Russ.)].
6. Долгов О. И. Эффективность лазерной хордаритеноидэктомии при паралитических стенозах гортани. *Российская оториноларингология*. 2011;1:61–65 [Dolgov O. I. Contact laser surgery effectiveness in paralytic laryngeal stenosis treatment. *Rossiiskaya otorinolaringologiya*. 2011;1:61–65 (in Russ.)]. <http://entru.org/en/2011-1.html>
7. Myer C., O'Connor D., Cotton R. Proposed Grading System for Subglottic Stenosis Based on Endotracheal Tube Sizes. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*. 1994;103(4):319–323. doi:10.1177/000348949410300410.

**Информация об авторах**

**Карпищенко Сергей Анатольевич** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оториноларингологии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И. П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8); тел.: +7-911-717-62-26, e-mail: karpishchenkos@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1124-1937>

✉ **Улюпов Михаил Юрьевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры оториноларингологии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И. П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8); тел.: +7-911-294-23-09, e-mail: mike.ulupov@gmail.com

**Иванцов Александр Олегович** – доктор медицинских наук, старший научный сотрудник, научная лаборатория морфологии опухолей, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени им. Н. Н. Петрова (Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 68); тел.: 7-911-932-75-92, e-mail: shurikiv@mail.ru

**Малкова Мария Евгеньевна** – аспирант кафедры оториноларингологии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И. П. Павлова (Россия, 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8); тел. 7-931-539-51-71, e-mail: malkovusha@gmail.com

**Information about the authors**

**Sergei A. Karpishchenko** – MD, Professor of the Chair of Otorhinolaryngology, of Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, (6-8, L'va Tolstogo St., Saint Petersburg, 197022, Russia); phone: +7 (812) 338-70-19, e-mail: karpishchenkos@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1124-1937>

✉ **Mikhail Yu. Ulupov** – PhD (Medicine), Associate Professor of the Chair of Otorhinolaryngology, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (6-8, L'va Tolstogo St., Saint Petersburg, 197022, Russia); phone: +7 (911) 294 23 09, e-mail: mike.ulupov@gmail.com

**Aleksandr O. Ivantsov** – MD, Senior Researcher, Research Laboratory of Tumor Morphology, Petrov National Medical Research Center for Oncology (68, Leningradskaya St., Pesochny settlement, St. Petersburg, 197758, Russia); phone: 7-911-932-75-92, e-mail: shurikiv@mail.ru

**Mariya E. Malkova** – Postgraduate student of the Chair of Otorhinolaryngology, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (6-8, L'va Tolstogo St., Saint Petersburg, 197022, Russia); phone: +7 931 539 51 71, e-mail: malkovusha@gmail.com