

УДК 616-089 -06:616-005.1-084:615.849.19

DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-4-57-61

Е. Е. КОЗЫРЕВА, М. А. РЯБОВА

Экспериментальное обоснование параметров превентивной лазерной (970 нм) коагуляции сосудов при интраоперационном кровотечении

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
e-mail: posobilo@mail.ru

Статья поступила в редакцию 08.10.18; принята к печати 21.12.18

Резюме

Интраоперационное кровотечение ухудшает визуализацию хирургического поля. Работа в практически сухом операционном поле уменьшает длительность хирургического вмешательства и количество использования коагулятора для коагуляции, что, в свою очередь, уменьшает болевой синдром в послеоперационном периоде и риск развития отсроченного кровотечения после тонзиллэктомии.

Цель – экспериментально подобрать параметры гемостатического воздействия полупроводниковым лазером с длиной волны 970 нм и разработать технику безопасной превентивной коагуляции сосудов в операционной ране при помощи полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм для их бескровного пересечения.

Материал и методы. Для эксперимента было предоставлено 47 крыс Wistar весом 300–400 г, после подготовки операционного поля у каждой крысы производилось выделение трех групп сосудов. Сосудистое русло крысы являлось моделью сосудистого русла небной миндалины во время выполнения тонзиллэктомии. Все животные были разделены на группы, в зависимости от мощности лазера. Для эксперимента использовался полупроводниковый хирургический лазер с длиной волны 970 нм в постоянном режиме, диаметр волокна – 400 мкм. После коагуляции каждого сосуда производилась визуальная и микроскопическая оценка сосудов. Исследование возможности коагуляции сосудов на протяжении оценивалось после пересечения сосуда скальпелем.

Результаты. Повреждения стенок сосудов не наблюдалось на мощностях от 5,0 до 7,0 Вт. В то же время на мощности лазера от 5,0 до 6,0 Вт отсутствовал гемостаз после пересечения сосудов. На мощности 6,5 Вт адекватный гемостаз наблюдался только в 42 % случаев.

Выводы. Наиболее эффективный и безопасный для окружающих тканей коагуляционный режим полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм наблюдается на мощности 7,0 Вт. Превышение показателей мощности работы полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм приводит к образованию карбонизата окружающих тканей, к нарушению сосудистой стенки. С целью профилактики кровотечения артерии диаметром более 1,5 мм необходимо прошивать. Мелкие сосуды диаметром менее 0,4 мм не нуждаются в превентивной коагуляции и могут быть скоагулированы во время проведения разреза лазерным волокном.

Ключевые слова: сосудистое русло небной миндалины, кровообращение небной миндалины, коагуляция сосудов, полупроводниковый лазер, тонзиллэктомия, кровотечение

Для цитирования: Козырева Е. Е., Рябова М. А. Экспериментальное обоснование параметров превентивной лазерной (970 нм) коагуляции сосудов при интраоперационном кровотечении. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2018; 17(4): 57–61. Doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-4-57-61

UDC 616-089 -06:616-005.1-084:615.849.19

DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-4-57-61

Е. Е. KOZYREVA, M. A. RYABOVA

Experimental justification of laser parameters for preventive laser (970 nm) vessel coagulation in intraoperative bleeding

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Academician I. P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University» of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Russia, St. Petersburg
197022, Russia, Saint Petersburg, L'va Tolstogo street, 6-8
e-mail: posobilo@mail.ru

Received 08.10.18; accepted 21.12.18

Summary

Intraoperative bleeding impairs visualization of the surgical field. Working in a practically bloodless operating field reduces the duration of surgery and reduces the need for cautery use, which reduces pain in the postoperative period and the risk of delayed bleeding after tonsillectomy.

Objective – to select the parameters of a diode laser with a wavelength of 970 nm in order to get optimal hemostatic effect and to develop a technique for safe preventive coagulation of vessels in the surgical wound using diode laser with a wavelength of 970 nm for their bloodless section.

Materials and methods. 47 Wistar rats weighing 300–400 g were used in the experiment. After preparation of the surgical field, three groups of vessels were isolated from each rat. The rat vascular bed was used as a model of tonsillar vascular bed in the patients undergoing tonsillectomy. All animals were divided into groups, depending on the laser power. For the experiment we used a diode surgical laser with a wavelength of 970 nm in a constant mode, a fiber diameter of 400 microns. After coagulation of each vessel, a visual and microscopic assessment of the vessels was performed. The study of the possibility of vascular coagulation was evaluated after the vessel was cross-sectioned with a scalpel.

Results. Damage to the walls of blood vessels was not observed at powers from 5.0 W to 7.0 W. At the same time, at the laser power from 5.0 W to 6.0 W there was no hemostasis after crossing the vessels. At a power of 6.5 W, adequate hemostasis was observed only in 42 % of cases. The coagulation mode of a diode laser with a wavelength of 970 nm, which is the most effective and safe for surrounding tissues, was observed at a power of 7.0 W.

Conclusions. Exceeding the power levels of a diode laser with a wavelength of 970 nm leads to the formation of carbonization of the surrounding tissues, to a damage of the vascular wall. In order to prevent bleeding, arteries with a diameter of more than 1.5 mm must be stitched. Small vessels with a diameter of less than 0.4 mm do not require preventive coagulation and can be coagulated during the incision with a laser fiber.

Keywords: blood flow of palatine tonsil, blood circulation of palatine tonsil, vessel coagulation, diode laser, tonsillectomy, bleeding

For citation: Kozyreva E. E., Ryabova M. A. Experimental justification of laser parameters for preventive laser (970 nm) vessel coagulation in intraoperative bleeding. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2018;17(4):57–61. Doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-4-57-61

Введение

При выполнении тонзиллэктомии хирург всегда стремится к минимальной кровопотере, что помогает осуществить безопасное и атравматичное удаление небных миндалин и существенно снизить риск развития послеоперационных осложнений. Во время проведения тонзиллэктомии используются не только классический распатор, но и «горячие» инструменты (лазеры, коблатор, ультразвуковой скальпель, аргонплазменный скальпель, электрохирургические ножницы и пр.) [1]. При этом использование лазера должно быть обеспечено безопасностью и прогнозируемостью результатов [2]. Во время выполнения лазерной тонзиллэктомии диссекция небной миндалины происходит практически в сухом операционном поле. В случае наличия в ране крупных сосудов, которые не коагулируются при пересечении лазером, создаются предпосылки для интраоперационного кровотечения, приходится дополнительно использовать электрокоагуляцию для гемостаза. Методика биполярной или монополярной электрокоагуляции приводит к глубокой коагуляции и карбонизации окружающих тканей, что усиливает послеоперационный болевой синдром и увеличивает риск развития вторичных послеоперационных кровотечений [3, 4]. Поэтому во время тонзиллэктомии необходимо стремиться к минимизации частоты использования каутера.

Цель исследования – экспериментально подобрать параметры гемостатического воздействия полупроводниковым лазером с длиной волны 970 нм и разработать технику безопасной превентивной коагуляции сосудов в операционной ране при помощи полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм для их бескровного пересечения.

Материал и методы исследования

Данный эксперимент был рассмотрен и разрешен Этическим комитетом в области исследований на животных на основании экспериментального протокола от 24.10.2016 г. Эксперимент проводился в

соответствии с нормативным документом, определяющим правила содержания лабораторных животных в России [5]. В период октября 2016 г. – мая 2017 г. для проведения экспериментального исследования было предоставлено 47 крыс Wistar весом 300–400 г. Крысы были получены из питомника лабораторных животных Российской академии медицинских наук «Рапполово» (Санкт-Петербург), во время эксперимента животные содержались в отдельных клетках со свободным доступом к воде и пище. Вмешательство производилось под общим обезболиванием: внутривенно «Золетил-100» 5 мг/кг + «Рометар» (Ксилазин) 0,08 мл/кг. После подготовки операционного поля у каждой крысы производилось выделение трех групп сосудов: правая и левая каудальные эпигастральные артерии, правая и левая бедренные артерии, брюшная аорта. Сосудистое русло крысы являлось моделью сосудистого русла небной миндалины во время выполнения тонзиллэктомии. У каждого сосуда измерялся и фиксировался участок сосуда длиной 20 мм. Далее при помощи штангенциркуля измерялся диаметр сосудов.

Все животные были разделены на группы, в зависимости от мощности лазера. В целом было 11 групп: 1-я – 5,0 Вт, 2-я – 5,5 Вт, 3-я – 6,0 Вт, 4-я – 6,5 Вт, 5-я – 7,0 Вт, 6-я – 7,5 Вт, 7-я – 8,0 Вт, 8-я – 8,5 Вт, 9-я – 9,0 Вт, 10-я – 9,5 Вт, 11-я – 10,0 Вт. Заранее планировалось, что в случае получения адекватного гемостаза на самой низкой мощности (5,0 Вт) мощность лазера будет снижена, при получении неадекватного гемостаза на самой высокой мощности (10,0 Вт) мощность будет повышена.

Для эксперимента использовался полупроводниковый хирургический лазер Лахта – Милон с длиной волны 970 нм в постоянном режиме, диаметр волокна – 400 микрон. Учитывая, что при дистантном действии лазера область погибших клеток может значительно превышать данный показатель в случае контактного облучения, изучение эффектов лазера начали проводить с малых показателей мощностей (с 5,0 Вт) в постоянном режиме. Эффект гемостати-



Рис. 1. Дистантный постоянный режим работы полупроводникового лазера во время эксперимента

Fig. 1. Distant continuous-wave diode laser action during the experiment

ческого лазерного излучения с длиной волны 970 нм оценивали в дистантном режиме при радиусе пятна от 585 мкн до 1170 мкн. Путем приближения и удаления торца волокна от облучаемого сосуда (от 1 до 5 мм) меняли диаметр пятна лазерного излучения (от 585 до 1170 мкн), изменяя таким образом плотность мощности лазерного излучения, при этом коагуляцию сосудов проводили в одинаковых временных интервалах (20 с) (рис. 1). Таким образом, во всех случаях диаметр пятна лазерного излучения был равен диаметру сосуда (рис. 2). Проводилось медленное движение рукой со скоростью передвижения волокна 1 мм/с, выбранный скоростной режим был подобран экспериментально в пилотном исследовании. Плавное движение рукой со скоростью 1 мм/с отработывалось до начала проведения эксперимента при помощи волокна и секундомера на отмеренных участках по 20 мм на курином мясе. Перед началом эксперимента волокно очищалось и скальвровалось.

После коагуляции каждого сосуда первым этапом производилась визуальная оценка сосуда, оценивалось наличие или отсутствие нарушения целостности сосудистой стенки. Вторым этапом под микроскопом



Рис. 2. Диаметр пятна лазерного излучения равен диаметру сосуда

Fig. 2. The diameter of the laser spot is equal to the diameter of the vessel

в 10-кратном увеличении (микроскоп ТУ 64-1-1645-78) производился подсчет зоны коагуляции и зоны карбонизации. Для подсчета использовали микроскопическое стекло с калибровочной шкалой. Подсчеты производились при помощи программы «Image J».

Исследование возможности коагуляции сосуда на протяжении полупроводниковым лазером с длиной волны 970 нм на каждой исследуемой мощности оценивалось после пересечения сосуда скальпелем. При наличии гемостаза производилось наблюдение за сосудом в ране в течение 210 мин (3,5 ч). Животные находились после операции в специальной послеоперационной зоне. Длительность анестезии для хирургических манипуляций составила 60 мин, анестезии для наблюдения – 210 мин. Способ эвтаназии: Sodium Pentobarbitone 200 мг/кг внутривенно.

Результаты исследования и их обсуждение

Всего в исследование было включено 47 крыс Wistar, которые были распределены в 11 неоднородных групп (от 3 до 6 крыс). В соответствии с нормами Этического комитета, число животных было сокра-

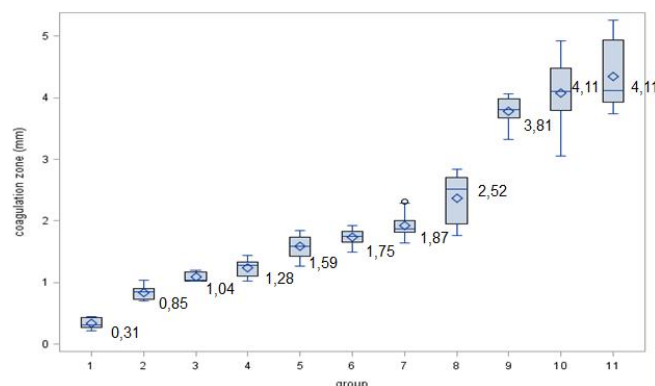


Рис. 3. Зона коагуляции, мм

Fig. 3. Coagulation zone, mm

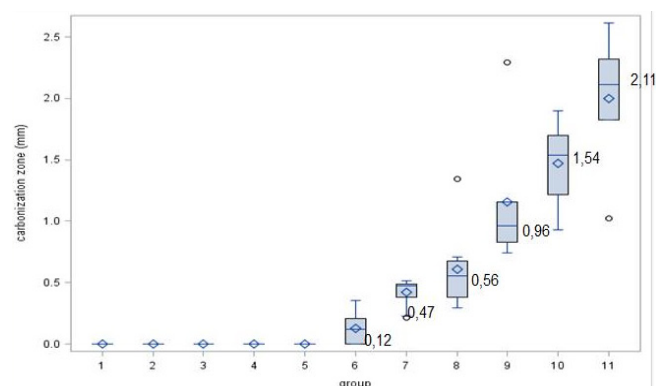


Рис. 4. Зона карбонизации, мм

Fig. 4. Carbonation zone, mm

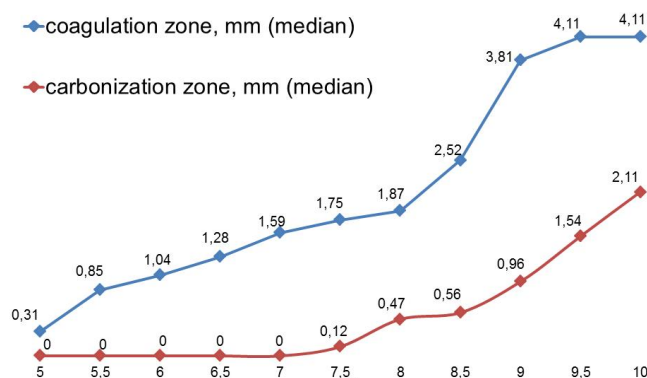


Рис. 5. Рост зон коагуляции и карбонизации в зависимости от увеличения мощности полупроводникового лазера

Fig. 5. The growth of coagulation and carbonization zones depending on the diode laser power up

щено до минимума, который был необходим для проведения адекватного статистического анализа и получения научно обоснованных данных. Данные были анализированы при помощи статистической программы «SAS Statistics program» (SAS 9.4 Software).

Сосуды различались по диаметру: каудальные эпигастральные артерии – от 0,30 до 0,41 мм; бедренные артерии – от 0,985 до 1,740 мм; брюшные аорты – от 2,85 до 3,29 мм.

Медиана диаметра бедренных артерий составила 1,41 мм.

Учитывая ненормальное распределение в группах, при анализе коагуляционных и карбонизационных зон каждого сосуда высчитывали медианы в группах, которые затем анализировали.

При сравнении медиан коагуляционных зон (мм) мы обнаружили, что повышение мощности лазера напрямую взаимосвязано с ростом коагуляционной зоны (рис. 3).

Тот же самый эффект мы отметили при анализе медиан карбонизационных зон (мм) (рис. 4).

Сопоставляя кривые зон коагуляции и карбонизации, мы отметили, что превентивная коагуляция сосудов на мощности лазера более 7,0 Вт приводит к формированию зоны карбонизации окружающей ткани с тенденцией к росту зоны коагуляции (рис. 5).

Повреждения стенок сосудов не наблюдалось на мощностях от 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0 Вт. В то же время на мощности лазера 5,0, 5,5 и 6,0 Вт отсутствовал гемостаз при каждом пересечении сосуда. На мощности 6,5 Вт адекватный гемостаз наблюдался только в 42 % случаев. Самый лучший результат адекватного гемостаза наблюдался на мощности 7,0 Вт при отсутствии признаков повреждения сосудистой стенки (рис. 6).

Мы не получили адекватного гемостаза при коагуляции сосудов с диаметром более 1,5 мм (брюшные аорты крыс – 2,85–3,29 мм).

При попытке превентивной коагуляции каудальных эпигастральных сосудов (0,3–0,4 мм) мы получали перегревание окружающих тканей и появление зон карбонизации, во всех случаях отметили, что во время разреза лазером происходит полноценная коагуляция сосудов диаметром менее 0,4 мм, нет необходимости превентивно их коагулировать.

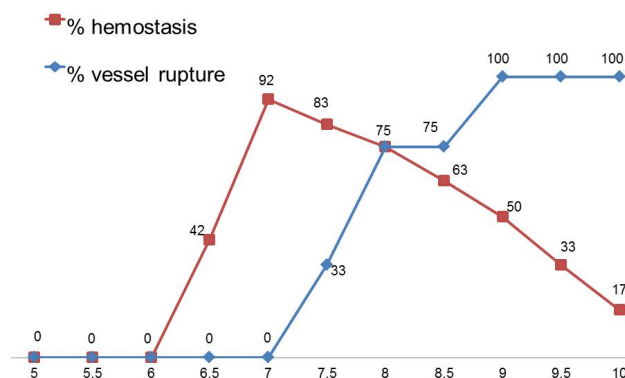


Рис. 6. Наличие гемостаза после пересечения сосудов при сопутствующей оценке наличия/отсутствия повреждения стенки сосуда

Fig. 6. The presence of hemostasis after crossing the vessels associated with the presence/absence of vessel wall damage

Выводы

1. Наиболее эффективный и безопасный для окружающих тканей коагуляционный режим полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм наблюдается на мощности 7,0 Вт.

2. Превышение показателей мощности работы полупроводникового лазера с длиной волны 970 нм приводит к образованию карбонизата окружающих тканей, к нарушению сосудистой стенки, что в дальнейшем может удлинять процесс заживления операционной раны, приводить к рубцеванию, являться предпосылкой к послеоперационным осложнениям (отсроченному кровотечению, болевому синдрому и пр.).

3. С целью профилактики кровотечения артерии диаметром более 1,5 мм необходимо прошивать, так как при превентивной лазерной коагуляции происходит нарушение сосудистой стенки (эффект «лопання») с последующим развитием кровотечения.

4. Мелкие сосуды диаметром менее 0,4 мм не нуждаются в превентивной коагуляции и могут быть скоагулированы во время проведения разреза лазерным волокном.

Благодарность / Acknowledgements

Авторы выражают благодарность сотрудникам Центральной научно-исследовательской лаборатории Первого Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова. / We would like to thank the staff of Central Research Laboratory of First Pavlov state medical university of Saint Petersburg.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Литература / References

1. Sarny S, Ossimitz G, Habermann W, Stammberger H. Hemorrhage following tonsil surgery: a multicenter prospective study. *Laryngoscope*. 2011;121(12):2553–2560. Doi: 10.1002/lary.22347.
2. Шумилова Н. А. Опыт применения высокоэнергетических лазеров в оториноларингологии // *Folia otorhinolaryngologiae et pathologiae respiratoria*. – 2016. – № 1 (22). – С. 75–83. [Shumilova NA. Experience of high-energy laser radiation using in otorhinolaryngology. *Folia Otorhi-*

nolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. 2016;22(1): 75–83. (In Russ.)].

3. Gysin C, Dulguero P. Hemorrhage after tonsillectomy: does the surgical technique really matter? *ORL. 2013;7(3): 123–132. Doi: 10.1159/000342314.*

4. Blanchford H, Lowe D. Cold versus hot tonsillectomy: state of the art and recommendations. *ORL. 2013;5(3):136–141. Doi: 10.1159/000342315.*

5. Белозерцева И. В., Драволлина О. А., Тур М. А. Руководство по использованию лабораторных животных для научных и учебных целей в ПСПбГМУ им. И. П. Павлова. – СПб.: СПбГМУ, 2014. – С. 14–24. [Belozertseva IV, Dravolina OA, Tur MA. *Rukovodstvo po ispol'zovaniyu laboratornykh zhivotnykh dlya nauchnykh i uchebnykh tselei v PSPbGMU im. I.P. Pavlova. SPb.: Izdatel'stvo SPbGMU. 2014;14–24. (In Russ.)].*

Информация об авторах

Козырева Екатерина Евгеньевна – очный аспирант кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: posobilo@mail.ru.

Рябова Марина Андреевна – д-р мед. наук, профессор кафедры оториноларингологии с клиникой ПСПбГМУ им. И. П. Павлова, e-mail: marinaryabova@mail.ru.

Author information

Kozyreva Ekaterina E. – Ph.D. student, resident of the Department of Otorhinolaryngology, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, e-mail: posobilo@mail.ru.

Ryabova Marina A. – Ph.D., Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, e-mail: marinaryabova@mail.ru.