

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent346678>

Экспериментальное исследование эффектов лазерной сиалолитотрипсии

Д.В. Жучкова^{1, 2}, С.П. Сысолятин^{1, 2, 3}¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация;² Клиника «Эндостом», Москва, Российская Федерация;³ Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования Федерального медицинского биофизического центра имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Эффективность удаления конкрементов с помощью сиалоэндоскопии зависит от размера и расположения конкремента в слюнной железе. Согласно результатам исследований, преимущественным интракорпоральным литотриптером в дроблении уролитов и сиалолитов выступает гольмиевый YAG-лазер. Однако на сегодняшний день в сравнительных исследованиях лазеров разного типа в урологии высокую эффективность демонстрирует тулиевый лазер FiberLase U2. Исследования хирургов-урологов послужили основанием для проведения эксперимента с дроблением сиалолитов, а также анализа физических эффектов, возникающих в процессе.

Цель исследования — оценить безопасность и время дробления сиалолитов тулиевым лазером FiberLase U2 *in vitro*.

Материалы и методы. Для проведения исследования были отобраны 12 сиалолитов округлой формы диаметром 5–6 мм. Нами была разработана модель, имитирующая проток железы. Через проксимальный конец модели подвели волокно лазера FiberLase U2 и последовательно проводили серию литотрипсий в трёх режимах аппарата при максимальном и минимальном значениях энергии и частоты импульса, фиксируя подъём температуры при ирригации и возникающие эффекты при дроблении.

Результаты. Дробление сиалолитов до фрагментов размером ≤ 1 мм возможно во всех трёх режимах лазера. Работа при максимальных значениях энергии и частоты импульса протекала быстрее, при этом максимальный подъём температуры варьировал от 45 °С до 48 °С в зависимости от режима. Дробление сопровождалось выраженной кавитацией, частыми искрами при подаче лазерного импульса. Фрагментация при минимальных параметрах энергии и частоты импульса протекала значительно медленнее, однако максимальный подъём температуры оставался в диапазоне от 33 °С до 40 °С, перечисленные эффекты наблюдались в меньшей степени во всех трёх режимах.

Заключение. Применение тулиевого лазера для дробления конкрементов во всех трёх режимах при максимальных значениях энергии и частоты импульса неэффективно и небезопасно, работа при минимальных значениях режимов Dusting и Porcorning показала наилучшие результаты, однако необходимо дальнейшее изучение дробления данным лазером.

Ключевые слова: сиалолит; литотрипсия; слюннокаменная болезнь; фрагментация сиалолита.

Как цитировать:

Жучкова Д.В., Сысолятин С.П. Экспериментальное исследование эффектов лазерной сиалолитотрипсии // Российский стоматологический журнал. 2023. Т. 27, № 5. С. 395–401. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent346678>

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent346678>

Experimental study of the effects of laser sialolithotripsy

Darya V. Zhuchkova^{1, 2}, Svyatoslav P. Sysolyatin^{1, 2, 3}

¹ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation;

² "Endostom" clinic, Moscow, Russian Federation;

³ Medical and Biological University of Innovation and Continuing Education of the Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The effectiveness of removing concretions using sialoendoscopy depends on the size and location of the concretion in the salivary gland. According to the research results, holmium YAG lasers are the predominant intracorporeal lithotriptors in crushing uroliths and sialoliths. However, to date, in comparative studies of lasers of different types in urology, the Thule laser FiberLase U2 demonstrates high efficiency. Research by urologist surgeons served as the basis for the experiment on the possibility of crushing sialoliths and analyzing the physical effects.

AIM: To evaluate the safety and time of crushing of sialolith using a thulium laser FiberLase U2 *in vitro*.

MATERIALS AND METHODS: Twelve round-shaped sialolith with a diameter of 5–6 mm were selected for the study. A model simulating the gland duct was developed. The fiber of the FiberLase U2 laser was fed through the proximal end of the model, and a series of lithotripsies were performed sequentially in three modes of the device at maximum and minimum values of energy and pulse frequency, fixing the temperature rise during irrigation and the resulting effects during crushing.

RESULTS: Crushing sialoliths to fragments measuring <1 mm is possible in all three laser modes. Operation at maximum values of pulse energy and frequency proceeded faster, whereas the maximum temperature rise varied from 45°C to 48°C, depending on the mode. Crushing was accompanied by pronounced cavitation and frequent sparks when the laser pulse was applied. Fragmentation at the minimum parameters of the pulse energy and frequency proceeded much slower; however, the maximum temperature rise ranged from 33°C to 40°C, and the listed effects were observed to a lesser extent in all three modes.

CONCLUSION: The use of a Thule laser for crushing concretions in all three modes at maximum pulse energy and frequency is inefficient and unsafe. Work at minimum values of the dusting and popcorning modes has shown the best results; however, further study of crushing with this laser is necessary.

Keywords: sialolith; lithotripsy; salivary gland stones; fragmentation of sialolith.

To cite this article:

Zhuchkova DV, Sysolyatin SP. Experimental study of the effects of laser sialolithotripsy. *Russian Journal of Dentistry*. 2023;27(5):395–401.

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent346678>

Submitted: 24.04.2023

Accepted: 27.05.2023

Published online: 05.11.2023

ОБОСНОВАНИЕ

Технология эндоскопического удаления камней убедительно доказала свои преимущества перед иными методами лечения, но показания к её применению остаются узкими. Исследователи указывают, что она высокоэффективна, только когда камень располагается в выводном протоке и его размеры составляют до 3 мм. По мере увеличения размеров камней или расположения в более глубоких отделах эффективность технологии прогрессивно падает [1, 2]. Главным образом это связано с возрастающим несоответствием диаметра протока и размеров камня [1, 3]. Таким образом, большинство хирургов едины во мнении, что дальнейшее развитие эндоскопического удаления камней требует развития технологии их дробления [4].

На основании ранее проведённых экспериментов оптимальным признан литотриптер на основе гольмиевого YAG-лазера, который занял основное место в практике с уролитами и сиалолитами [5–12]. Однако в последние годы в урологической практике высокую эффективность демонстрирует тулиевый лазер [13, 14]. Производители, а также хирурги-урологи указывают на его преимущества, в частности уменьшение эффекта ретропульсии камня при лазерном ударе и более медленное повышение температуры ирригационной жидкости, чем при использовании гольмиевого лазера. Эти факторы подтолкнули нас к исследованию его применения в дроблении сиалолитов [15–18]. Необходимость изучения объясняется тем, что слюнные камни отличаются по плотности, минеральному составу и морфологии от мочевых камней, физические эффекты при их дроблении будут различны [19, 20].

Мы сочли необходимым провести экспериментальное исследование физических эффектов, возникающих в процессе лазерного удара на сиалолит, включающее изучение процесса ретропульсии, изменения температуры, а также времени, необходимого для дробления конкремента до мелких фрагментов.

Цель исследования — оценить безопасность и время дробления сиалолитов тулиевым лазером FiberLase U2 *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента были отобраны 12 сиалолитов округлой формы размером 5–6 мм, ранее

удалённые из слюнных желёз. Дробление производили тулиевым лазером FiberLase U2, который позволяет работать в трёх режимах: Popcorning, Dusting, Fragmentation. В данном исследовании осуществлялась фрагментация при минимальных и максимальных значениях лазерного импульса двух сиалолитов в каждом режиме лазера (табл. 1).

Экспериментальная модель представляла собой полихлорвиниловую трубку диаметром 8 мм, имитирующую проток слюнной железы. Дистальный конец трубки закрывали колпачком, на 1 см выше от последнего прошивали сито с помощью лигатурной проволоки, диаметр ячеек составлял 1 мм для прохождения фрагментов камня. Позади сита устанавливали датчик термопары для измерения температуры промывной жидкости во время фрагментации. В модель помещали сиалолит и наполняли её 0,9% раствором хлорида натрия. Через проксимальный конец трубки подводили волокно лазера диаметром 400 мкм и устанавливали на поверхности сиалолита. Была также организована система подачи 0,9% раствора хлорида натрия к проксимальному отделу для постоянного промывания, имитирующая ирригацию во время сиалолитоскопии в клинических условиях (рис. 1).

Начальная температура 0,9% раствора хлорида натрия составляла 20 °С, при этом измерение проводили каждые 10 мин фрагментации. Далее был отмечен постепенный подъём температуры для каждого сиалолита (фрагментирование двух сиалолитов в каждом режиме), а также регистрировалась температура раствора на половине времени при дроблении (промежуточная).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Дробление сиалолитов до фрагментов размером ≤1 мм возможно во всех трёх режимах тулиевого лазера FiberLase U2.

В первой части эксперимента процесс дробления исследовался при максимальных значениях лазерного импульса. Дробление в режиме Fragmentation заняло 7 мин, максимальная температура раствора составила 47 °С. Работа в режиме Dusting протекала 16 мин с максимальным подъёмом температуры до 48 °С. Фрагментировать сиалолит в режиме Popcorning удалось за 18 мин, при этом максимальное значение температуры составило 46 °С. Стоит отметить, что дробление во всех режимах

Таблица 1. Минимальные и максимальные значения энергии и частоты импульса тулиевого лазера FiberLase U2

Table 1. Minimum and maximum values of the energy and pulse frequency of the thule laser FiberLase U2

Название режима	Минимальные значения энергии и частоты импульса	Максимальные значения энергии и частоты импульса
Popcorning	0,025 Дж; 240 Гц	0,2 Дж; 175 Гц
Dusting	0,1 Дж; 60 Гц	0,8 Дж; 43,8 Гц
Fragmentation	1 Дж; 6 Гц	4,5 Дж; 7,8 Гц

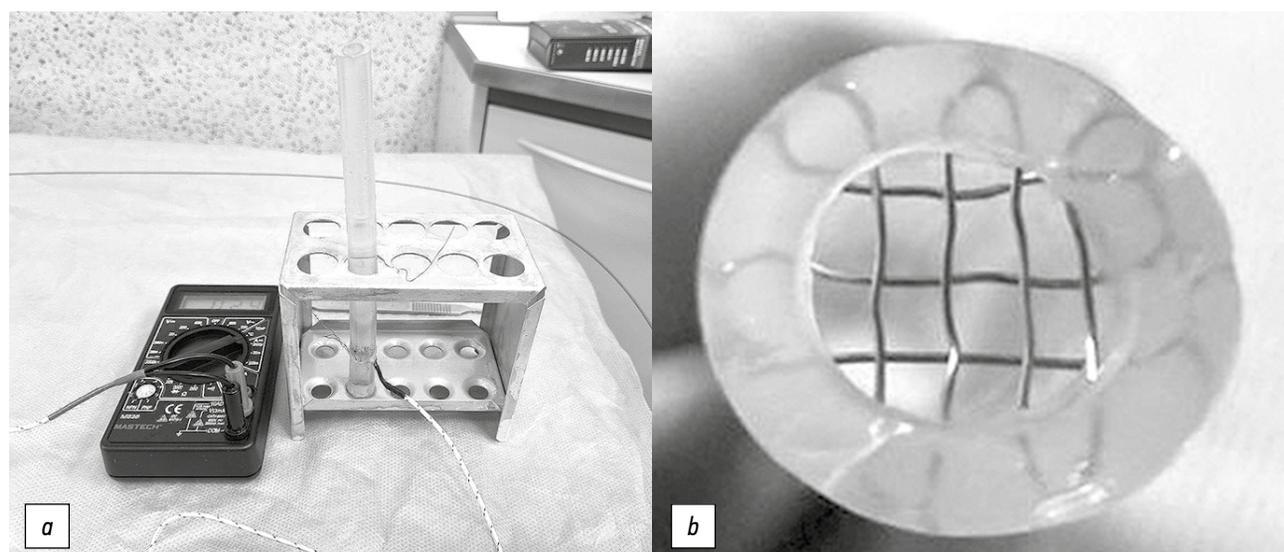


Рис. 1. Экспериментальная модель: *a* — общий вид; *b* — сито.
Fig. 1. Experimental model: *a* — general view; *b* — sieve.

при максимальных значениях лазерной энергии сопровождается выраженной кавитацией, а также искрой практически при каждом ударе. Видимость нарушается из-за обилия пузырьков воздуха и мелких частиц, откалывающихся от сиалолита. Поверхность конкремента отличается обширными очагами обугливания чёрного цвета (рис. 2).

На втором этапе исследования фрагментация осуществлялась при минимальных значениях лазерного импульса. Режим Fragmentation позволил раздробить сиалолит до фрагментов нужного размера за 24 мин, при этом максимальная температура составила 40 °С. Литотрипсия в режиме Dusting протекала 35 мин, температура от первоначального значения увеличилась до 36 °С. Режим Percussing позволил фрагментировать конкремент за 57 мин, при этом максимальный подъём температуры зафиксирован на 34 °С. Во время работы во всех трёх режимах мы также наблюдали образование мелких пузырьков воздуха и откалывающихся частиц, но их количество и размер не нарушали видимость во время дробления. Частые эпизоды искры сопровождали только литотрипсию в режиме Fragmentation. Результаты измерения температуры и времени дробления сведены в табл. 2.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно результатам ряда исследований, успехом литотрипсии считается дробление камня до фрагментов размером 1,5–2 мм, способных к самостоятельной эвакуации или эндоскопическому удалению с помощью щипцов и корзиночных экстракторов [5, 8, 21].

В данном эксперименте нам важно было исследовать время, необходимое для полного дробления конкремента до частиц такого размера (≤ 1 мм), и подъём температуры ирригационной жидкости.

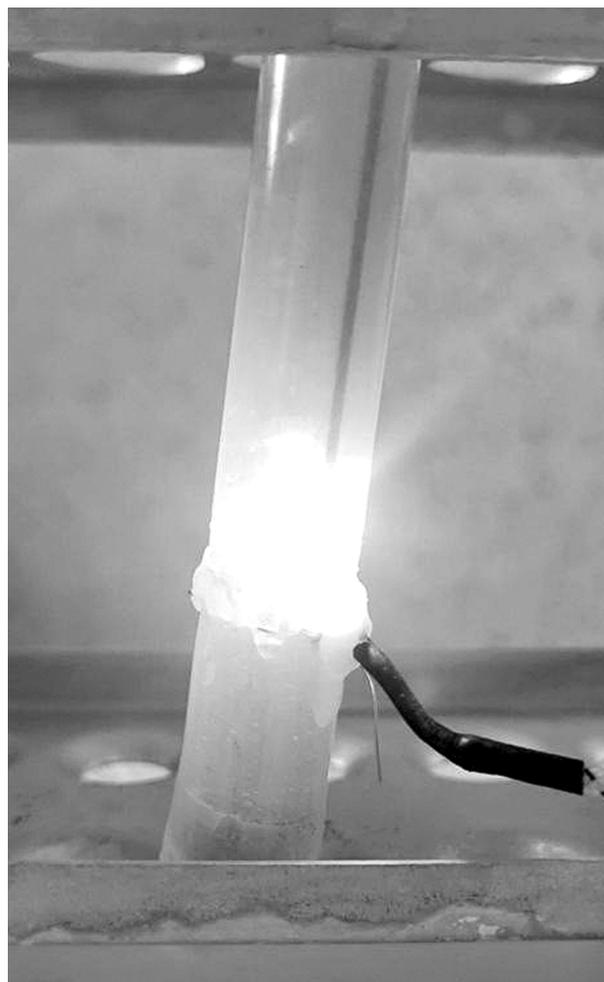


Рис. 2. Возникновение искры при дроблении в режиме Fragmentation при максимальных значениях энергии и частоты лазерного импульса.

Fig. 2. The appearance of a spark when crushing in the Fragmentation mode in the maximum values of the energy and frequency of the laser pulse.

Таблица 2. Результаты измерения температуры и времени фрагментации камней тулиевым лазером FiberLase U2**Table 2.** The results of measuring the temperature and time of fragmentation of stones with a thule laser FiberLase U2

Название режима	№ камня	Энергия импульса, Дж Частота импульса, Гц	Время дробления камня, мин	Начальная температура раствора, °С	Промежуточное измерение температуры раствора, °С	Максимальная температура раствора, °С
Popcorning	1	0,025 Дж 240 Гц	57	20	28	34
	2	0,2 Дж 175 Гц	55	20	26	33
	1	0,1 Дж 60 Гц	18	20	38	46
	2	0,8 Дж 43,8 Гц	16	20	35	44
Dusting	1	1 Дж 6 Гц	35	20	35	36
	2	4,5 Дж 7,8 Гц	33	20	34	35
	1	0,8 Дж 43,8 Гц	16	20	32	48
	2	1 Дж 6 Гц	15	20	30	45
Fragmentation	1	1 Дж 6 Гц	24	20	27	40
	2	4,5 Дж 7,8 Гц	22	20	25	39
	1	4,5 Дж 7,8 Гц	7	20	33	47
	2	7,8 Гц	6	20	32	45

За основу мы взяли модель, предложенную L.A. Hardy, C.R. Wilson и др., которые проводили изучение уролитоптрипсии данным типом лазера *in vitro*. Отрицательной её характеристикой является невозможность исследовать эффект ретропульсии камня, который происходит при каждом лазерном ударе [22]. Мы наблюдали скачки камня, но измерить расстояние не представлялось возможным из-за её конструкции и вертикального расположения.

Согласно результатам исследования L.A. Hardy, C.R. Wilson и соавт., время, требуемое для дробления мочевого камня до фрагментов $\leq 1,5$ мм тулиевым лазером, оказалось практически в 2 раза меньше, чем при дроблении гольмиевым YAG-лазером. Однако пиковая температура ирригационной жидкости достигала более высоких значений, даже несмотря на уменьшение значения частоты лазерного импульса. Результаты нашего эксперимента на сиалолитах показали, что при увеличении энергии импульса тулиевого лазера дробление происходит быстрее, при этом сам процесс осложняется выраженной кавитацией, частыми искрами и, как следствие, увеличением времени дробления и высоким подъёмом температуры раствора. Стоит отметить, что рост значения температуры не был постоянным, при непрерывной ирригации происходил спад до следующей подачи лазерного импульса.

Тулиевый лазер FiberLase U2 эффективен для дробления сиалолитов во всех представленных режимах. При этом работа при максимальных значениях энергии и частоты импульса отличалась большей скоростью, высоким подъёмом температуры промывного раствора, постоянной кавитацией и искрами в ответ на лазерный удар. Следует отметить, что высокая температура при ирригации представляет опасность для протока и может привести к ожогу и перфорации, а наличие выраженных

сопутствующих эффектов предполагает трудности у хирурга во время оперативного лечения.

Фрагментация при минимальных значениях энергии и частоты лазерного импульса также сопровождалась всеми вышеперечисленными эффектами, однако меньшей степени выраженности. Основная проблема заключается в низкой скорости дробления, что значительно удлинит время оперативного вмешательства.

Сиалолиты, отобранные для исследования, были одинаковой длины, но, вероятно, отличались рентгеновской плотностью. Для чистоты эксперимента необходимо иметь образцы, совпадающие по всем параметрам. Мы также считаем интересным провести сравнительное исследование дробления тулиевым и гольмиевым YAG-лазером на слюнных камнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Раздробить сиалолиты до фрагментов нужного размера удалось во всех режимах тулиевого лазера FiberLase U2. Работа при максимальных параметрах отличалась высокой скоростью (от 6 до 18 мин), но при этом высоким подъёмом температуры (45–48 °С) и выраженными сопутствующими эффектами, что говорит о небезопасности и неэффективности процесса.

Дробление при минимальных значениях происходило медленнее (от 22 до 57 мин), однако температура не достигала таких цифр, как на первом этапе исследования (максимальный подъём составил 40 °С в режиме Fragmentation). Согласно эксперименту, оптимальными режимами выступили Dusting и Popcorning. Необходимо дальнейшее проведение исследования в клинических условиях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысолятин С.П., Банникова К.А., Сысолятин П.Г., Гайтова В.Г., Байдик О.Д. Эндосиалоскопическая диагностика и лечение сиалолитиаза // Сибирский научный медицинский журнал. 2020. Т. 40, № 1. С. 45–52. doi: 10.15372/SSMJ20200106
2. Odden P.A., Royer G., Graillon N., et al. Treatment of salivary stones by intraductal pneumatic lithotripsy: a preliminary presentation of the StoneBreaker with sterile bag covering // J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2017. Vol. 118, N 2. P. 119–121. doi: 10.1016/j.jormas.2017.02.001
3. Strychowsky J.E., Sommer D.D., Gupta M.K., Cohen N., Nahlieli O. Sialendoscopy for the management of obstructive salivary gland disease: a systematic review and meta-analysis // Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 2012. Vol. 138, N 6. P. 541–547. doi: 10.1001/archoto.2012.856
4. Galdermans M., Gemels B. Success rate and complications of sialendoscopy and sialolithotripsy in patients with parotid sialolithiasis: a systematic review // Oral Maxillofac Surg. 2020. Vol. 24, N 2. P. 145–150. doi: 10.1007/s10006-020-00834-x
5. Koch M., Hung S.H., Su C.H., et al. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis with two different Ho:YAG lasers: presetting parameters, effectiveness, success rates // Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2019. Vol. 23, N 13. P. 5548–5557. doi: 10.26355/eurrev_201907_18288
6. Faklaris I., Bouropoulos N., Vainos N.A. Sialolithiasis: Application parameters for an optimal laser therapy // J Biophotonics. 2020. Vol. 13, N 7. e202000044. doi: 10.1002/jbio.202000044
7. Koch M., Schapher M., Mantsopoulos K., Iro H. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis using the Calculase III™ Ho:YAG laser: first experiences // Lasers Surg Med. 2021. Vol. 53, N 4. P. 488–498. doi: 10.1002/lsm.23325
8. Schrötzlmair F., Müller M., Pongratz T., et al. Laser lithotripsy of salivary stones: Correlation with physical and radiological parameters // Lasers Surg Med. 2015. Vol. 47, N 4. P. 342–349. doi: 10.1002/lsm.22333
9. Martellucci S., Pagliuca G., de Vincentiis M., et al. Ho:Yag laser for sialolithiasis of Wharton's duct // Otolaryngol Head Neck Surg. 2013. Vol. 148, N 5. P. 770–774. doi: 10.1177/0194599813479914
10. Capaccio P., Torretta S., Pignataro L., Koch M. Salivary lithotripsy in the era of sialendoscopy // Acta Otorhinolaryngol Ital. 2017. Vol. 37, N 2. P. 113–121. doi: 10.14639/0392-100X-1600
11. Traxer O., Keller E.X. Thulium fiber laser: the new player for kidney stone treatment? A comparison with Holmium:YAG laser // World J Urol. 2020. Vol. 38, N 8. P. 1883–1894. doi: 10.1007/s00345-019-02654-5

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

12. Kałużny J., Klimza H., Tokarski M., et al. The holmium:YAG laser lithotripsy—a non-invasive tool for removal of midsize stones of major salivary glands // Lasers Med Sci. 2022. Vol. 37, N 1. P. 163–169. doi: 10.1007/s10103-020-03201-0
13. Мартов А.Г., Баранов А.В., Биктимиров Р.Г., Альпин Д.М., Биктимиров Т.П. Применение лазерного излучения в урологии // Лазерная медицина. 2020. Т. 24, № 1. С. 57–62. doi: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-57-62
14. Мартов А.Г., Ергаков Д.В., Гусейнов М.А., и др. Первоначальный опыт клинического применения тулиевой контактной литотрипсии в трансуретральном лечении мочекаменной болезни // Урология. 2018. № 1. С. 112–120. doi: 10.18565/urology.2018.1.112-120
15. Keller E.X., De Coninck V., Doizi S., Daudon M., Traxer O. Thulium fiber laser: ready to dust all urinary stone composition types? // World J Urol. 2021. Vol. 39, N 6. P. 1693–1698. doi: 10.1007/s00345-020-03217-9
16. Blackmon R.L., Irby P.B., Fried N.M. Comparison of holmium:YAG and thulium fiber laser lithotripsy: ablation thresholds, ablation rates, and retroplulsion effects // J Biomed Opt. 2011. Vol. 16, N 7. 071403. doi: 10.1117/1.3564884
17. Hardy L.A., Wilson C.R., Irby P.B., Fried N.M. Thulium fiber laser lithotripsy in an in vitro ureter model // J Biomed Opt. 2014. Vol. 19, N 12. 128001. doi: 10.1117/1.JBO.19.12.128001
18. Попов С.В., Орлов И.Н., Сытник Д.А., и др. Тулиевая и гольмиевая уретеролитотрипсия: оценка термического воздействия на мочеточник путём измерения температуры иригационной жидкости в условиях in vitro // Экспериментальная и клиническая урология. 2021. Т. 14, № 1. С. 26–30. doi: 10.29188/2222-8543-2021-14-1-26-30
19. Sevostyanova O.A., Boshchenko V.S., Osadchii V.K., Parnachev V.P., Polienko A.K. The study of mineral composition and structure of uroliths in the residents of Tomsk district (Tomsk) // Urologiia. 2017. N 2. P. 76–81. doi: 10.18565/urolog.2017.2.76-81
20. Kraaij S., Brand H.S., van der Meij E.H., de Visscher J.G. Biochemical composition of salivary stones in relation to stone- and patient-related factors // Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2018. Vol. 23, N 5. P. e540–e544. doi: 10.4317/medoral.22533
21. Durbec M., Dinkel E., Vigier S., et al. Thulium-YAG laser sialendoscopy for parotid and submandibular sialolithiasis // Lasers Surg Med. 2012. Vol. 44, N 10. P. 783–786. doi: 10.1002/lsm.22094
22. Жучкова Д.В., Сысолятин С.П. Экспериментальное исследование эффекта ретропульсии при сиалолитотрипсии тулиевым лазером // Клиническая стоматология. 2023. Т. 26, № 1. С. 121–125. doi: 10.37988/1811-153X_2023_1_121

REFERENCES

1. Sysolyatin SP, Bannikova KA, Sysolyatin PG, Gaytova VG, Baydik OD. Endosialoscopic diagnosis and treatment of sialolithiasis. *The Siberian Scientific Medical Journal*. 2020;40(1):45–52. doi: 10.15372/SSMJ20200106
2. Oddon PA, Royer G, Graillon N, et al. Treatment of salivary stones by intraductal pneumatic lithotripsy: a preliminary presentation of the StoneBreaker with sterile bag covering. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2017;118(2):119–121. doi: 10.1016/j.jormas.2017.02.001
3. Strychowsky JE, Sommer DD, Gupta MK, Cohen N, Nahlieli O. Sialendoscopy for the management of obstructive salivary gland disease: a systematic review and meta-analysis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;138(6):541–547. doi: 10.1001/archoto.2012.856
4. Galdermans M, Gemels B. Success rate and complications of sialendoscopy and sialolithotripsy in patients with parotid sialolithiasis: a systematic review. *Oral Maxillofac Surg*. 2020;24(2):145–150. doi: 10.1007/s10006-020-00834-x
5. Koch M, Hung SH, Su CH, et al. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis with two different Ho:YAG lasers: presetting parameters, effectiveness, success rates. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2019;23(13):5548–5557. doi: 10.26355/eurrev_201907_18288
6. Faklaris I, Bouropoulos N, Vainos NA. Sialolithiasis: Application parameters for an optimal laser therapy. *J Biophotonics*. 2020;13(7):e202000044. doi: 10.1002/jbio.202000044
7. Koch M, Schapher M, Mantsopoulos K, Iro H. Intraductal lithotripsy in sialolithiasis using the Calculase III™ Ho:YAG laser: first experiences. *Lasers Surg Med*. 2021;53(4):488–498. doi: 10.1002/lsm.23325
8. Schrötzlmair F, Müller M, Pongratz T, et al. Laser lithotripsy of salivary stones: Correlation with physical and radiological parameters. *Lasers Surg Med*. 2015;47(4):342–349. doi: 10.1002/lsm.22333
9. Martellucci S, Pagliuca G, de Vincentiis M, et al. Ho:Yag laser for sialolithiasis of Wharton's duct. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2013;148(5):770–774. doi: 10.1177/0194599813479914
10. Capaccio P, Torretta S, Pignataro L, Koch M. Salivary lithotripsy in the era of sialendoscopy. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2017;37(2):113–121. doi: 10.14639/0392-100X-1600
11. Traxer O, Keller EX. Thulium fiber laser: the new player for kidney stone treatment? A comparison with Holmium:YAG laser. *World J Urol*. 2020;38(8):1883–1894. doi: 10.1007/s00345-019-02654-5
12. Kałużny J, Klimza H, Tokarski M, et al. The holmium:YAG laser lithotripsy—a non-invasive tool for removal of midsize stones of major salivary glands. *Lasers Med Sci*. 2020;37(1):163–169. doi: 10.1007/s10103-020-03201-0
13. Martov AG, Baranov AV, Biktimirov RG, Alpin DM, Biktimirov TR. Application of laser radiation in urology. *Lazernaya medicina*. 2020;24(1):57–62. doi: 10.37895/2071-8004-2020-24-1-57-62
14. Martov AG, Ergakov DV, Guseinov MA, et al. Initial experience in clinical application of thulium laser contact lithotripsy for transurethral treatment of urolithiasis. *Urologiia*. 2018;(1):112–120. doi: 10.18565/urology.2018.1.112-120
15. Keller EX, De Coninck V, Doizi S, Daudon M, Traxer O. Thulium fiber laser: ready to dust all urinary stone composition types. *World J Urol*. 2021;39(6):1693–1698. doi: 10.1007/s00345-020-03217-9
16. Blackmon RL, Irby PB, Fried NM. Comparison of holmium:YAG and thulium fiber laser lithotripsy: ablation thresholds, ablation rates, and retropulsion effects. *J Biomed Opt*. 2011;16(7):071403. doi: 10.1117/1.3564884
17. Hardy LA, Wilson CR, Irby PB, Fried NM. Thulium fiber laser lithotripsy in an in vitro ureter model. *J Biomed Opt*. 2014;19(12):128001. doi: 10.1117/1.JBO.19.12.128001
18. Popov SV, Orlov IN, Sytnik DA, et al. Thulium and holmium ureterolithotripsy: evaluation of thermal effects on the ureter by measuring the temperature of the irrigation fluid in vitro. *Experimental and Clinical Urology*. 2021;14(1):26–30. doi: 10.29188/2222-8543-2021-14-1-26-30
19. Sevostyanova OA, Boshchenko VS, Osadchii VK, Parnachev VP, Polienko AK. The study of mineral composition and structure of uroliths in the residents of Tomsk district (Tomsk). *Urologiia*. 2017;(2):76–81. doi: 10.18565/urol.2017.2.76-81
20. Kraaij S, Brand HS, van der Meij EH, de Visscher JG. Biochemical composition of salivary stones in relation to stone-and patient-related factors. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2018;23(5):e540–e544. doi: 10.4317/medoral.22533
21. Durbec M, Dinkel E, Vigier S, et al. Thulium-YAG laser sialendoscopy for parotid and submandibular sialolithiasis. *Lasers Surg Med*. 2012;44(10):783–786. doi: 10.1002/lsm.22094
22. Zhuchkova DV, Sysolyatin SP. Experimental investigation of the effect of retropulsion in sialolithotripsy with a thulium laser. *Clinical Dentistry*. 2023;26(1):121–125. doi: 10.37988/1811-153X_2023_1_121

ОБ АВТОРАХ

* **Жучкова Дарья Вячеславовна**, ассистент;
адрес: Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6;
ORCID: 0000-0002-9200-4257;
eLibrary SPIN: 4679-9403;
e-mail: DaLitvinova@mail.ru

Сысолятин Святослав Павлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-5794-9087;
eLibrary SPIN: 2050-5215;
e-mail: sp-sysolyatin@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

* **Darya V. Zhuchkova**, Assistant;
address: 6 Miklukho-Maklaya street, 117198 Moscow, Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-9200-4257;
eLibrary SPIN: 4679-9403;
e-mail: DaLitvinova@mail.ru

Svyatoslav P. Sysolyatin, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: 0000-0002-5794-9087;
eLibrary SPIN: 2050-5215;
e-mail: sp-sysolyatin@yandex.ru