

# Классические техники микрохирургии хронических заболеваний гортани с использованием лазера: обзор литературы

**А.А. Кривопапов**<sup>1,2✉</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6047-4924>, [Krivopalov@list.ru](mailto:Krivopalov@list.ru)

**П.А. Шамкина**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4595-365X>, [p.s.ent@bk.ru](mailto:p.s.ent@bk.ru)

**А.И. Глущенко**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5209-7869>, [nocturne4@mail.ru](mailto:nocturne4@mail.ru)

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9

<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41

## Резюме

Актуальность проблемы лечения хронических заболеваний гортани не вызывает сомнений. Принимая во внимание возрастную нагрузку на голосовой аппарат, тенденции к снижению заболеваемости не наблюдаются. Частота обращаемости пациентов к оториноларингологу с жалобами на продолжительное изменение тембра голоса, голосовую утомляемость, сложности при голосоведении составляет 7–12%. На долю хронических продуктивных образований гортани приходится до 55–70% патологии в структуре пролиферативных заболеваний верхних дыхательных путей. При несвоевременно оказанной помощи хронические заболевания гортани могут существенно повлиять на способность человека говорить, глотать и нормально дышать. На сегодняшний день применяются различные методы хирургического лечения хронических заболеваний гортани: с использованием как классических холодных инструментов, так и высокоэнергетических лазерных систем. История лазерной медицины ведет отсчет с конца 1960-х гг. и связана с внедрением во врачебную практику высокоинтенсивного аппарата, излучающего поток фотонов в инфракрасном диапазоне. Первые углекислотные лазеры были сложны в эксплуатации (обладали крупными габаритами и сложной технической настройкой), при этом показывали высокие резекционные и коагуляционные качества, чем и заслужили свою популярность. За более чем 60-летний период на медицинском рынке появилось более 3 тыс. новых лазерных приборов, представляющих практический интерес для хирургии гортани. Несмотря на наличие фундаментальных исследований, отражающих позитивные результаты фонохирургии с использованием высокоэнергетических аппаратов, многие оториноларингологи продолжают с опасением относиться к применению лазера. В статье представлены результаты использования традиционных аппаратов в фонохирургии хронических заболеваний гортани и сделаны выводы об эффективности и безопасности применения высокоэнергетических аппаратов.

**Ключевые слова:** доброкачественное новообразование гортани, опухолеподобные образования, фонохирургия, CO<sub>2</sub>-лазер, лазер на иттрий-алюминиевом гранате

**Для цитирования:** Кривопапов АА, Шамкина ПА, Глущенко АИ. Классические техники микрохирургии хронических заболеваний гортани с использованием лазера: обзор литературы. *Медицинский совет.* 2023;17(19):136–141. <https://doi.org/10.21518/ms2023-301>.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Classic techniques used in laser microsurgery of chronic diseases of the larynx: a literature review

**Aleksandr A. Krivopalov**<sup>1,2✉</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6047-4924>, [Krivopalov@list.ru](mailto:Krivopalov@list.ru)

**Polina A. Shamkina**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-4595-365X>, [p.s.ent@bk.ru](mailto:p.s.ent@bk.ru)

**Alexandra I. Glushchenko**<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5209-7869>, [nocturne4@mail.ru](mailto:nocturne4@mail.ru)

<sup>1</sup> Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia

<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya St., St Petersburg, 191015, Russia

## Abstract

The topicality of the issue of treating chronic diseases of the larynx is beyond dispute. Given the increased load on the vocal apparatus, no downward trend in disease incidence is observed. The percentage of patient visits to an otorhinolaryngologist with complaints of prolonged changes in voice timbre, vocal fatigue, and difficulties with voice control is 7–12%. Chronic productive formations of the larynx account for up to 55–70% of pathologies in the proliferative upper respiratory disease pattern. If not treated promptly, chronic diseases of the larynx can significantly affect a person's ability to speak, swallow and breathe normally. Today, various methods for surgical treatment of chronic diseases of the larynx are used: both classical cold instruments and high-energy laser systems. The history of laser medicine dates from the late 1960s and is associated with the introduction of a high-intensity device emitting a photon stream in the infrared range into medical practice. The first carbon dioxide lasers were difficult to use (they were large in size and had complex technical settings), but at the same time they

showed high resection and coagulation qualities, and it earned them their popularity. Over 3 thousand new laser devices representing a practical interest for laryngeal surgery have appeared on the medical market for more than 60-year period. Despite the fact that fundamental research demonstrates the positive results of phonosurgery with high-power devices, many otolaryngologists continue to be in awe of lasers. The article presents the results of the use of traditional devices in phonosurgery for chronic diseases of the larynx and draws conclusions about the effectiveness and safety of high-power devices.

**Keywords:** benign neoplasm of the larynx, tumor-like formations, phono-surgery, CO<sub>2</sub> laser, yttrium-aluminum garnet laser

**For citation:** Krivopalov AA, Shamkina PA, Glushchenko AI. Classic techniques used in laser microsurgery of chronic diseases of the larynx: a literature review. *Meditinskiy Sovet*. 2023;17(19):136–141. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2023-301>.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно международной гистологической классификации опухолей гортани, гортаноглотки и трахеи, разработанной Всемирной организацией здравоохранения, к хроническим гиперпластическим заболеваниям гортани относят: доброкачественные новообразования гортани, эпителиальные опухоли, опухоли мягких тканей, опухоли костной и хрящевой тканей, а также опухолеподобные образования [1].

Доброкачественные опухоли и опухолеподобные образования формируют своеобразную подгруппу хронических гиперпластических заболеваний гортани, на долю которых приходится до 55–70% в структуре пролиферативной патологии верхних дыхательных путей. Принимая во внимание этиологические факторы, провоцирующие развитие хронических заболеваний гортани (ХЗГ), тенденции к снижению заболеваемости в настоящее время не наблюдаются [2, 3]. Среди опухолеподобных образований наиболее часто встречаются полипы (39–68%), отек Рейнке (5,5%), кисты (5%) и неспецифические гранулемы (3%) [4, 5], а среди доброкачественных новообразований довольно распространены папилломы (20–45%) и гемангиомы (до 13–18%) [6–9].

В последние десятилетия оперативное лечение заболеваний гортани с применением микрохирургической техники входит в стандарты оказания медицинской помощи и сопряжено с использованием лазерных технологий [10–13]. Сегодня наряду со стандартным холодным инструментарием в хирургии гортани используются высокоэнергетические инструменты: электрохирургические, радиочастотные, ультразвуковые, лазерные [14].

Слово LASER – это аббревиатура словосочетания Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что означает усиление света посредством вынужденного излучения. Световой поток лазера характеризуется монохроматичностью, когерентностью и направленностью. Под монохроматичностью понимают способность лазера испускать электромагнитное излучение только одной длины волны, под когерентностью – генерацию нескольких колебательно-волновых процессов, согласованных в пространстве и времени, под направленностью подразумевают, что лазерный луч сконцентрирован и является более мощным по сравнению с другими формами света [15, с. 5–26]. Механизм действия лазера основан на взаимодействии фотонов с биологической тканью. В однородной среде луч света всегда образует прямую

линию. При контакте потока частиц оптического диапазона с неоднородной и непрозрачной средой происходит отражение, рассеяние, поглощение, проникновение энергии соответственно биологическим свойствам ткани. Отражение является процессом, проявляющимся при прохождении света через границу раздела сред. Угол отражения тем больше, чем больше угол, под которым падает луч. Под рассеянием пучка света понимают изменение направления распространения света с уменьшением его частоты и интенсивности. Величина рассеяния определяется количеством мутных объектов, с которыми, как с преградой, сталкивается, смещается и преломляется луч [16]. Поглощение света определяется тем, что оптический поток, попав в точку приложения, теряет интенсивность и прекращает свое движение, в результате чего его энергия передается ткани с выделением тепла. Проникновение световой волны – это способность света проникать на определенную глубину в соответствии с оптическими свойствами ткани [17].

Тип лазера характеризуется двумя неизменными параметрами – лазерной средой и целевым хромофором. Лазерная среда, которая может быть твердой, жидкой или газообразной, определяет длину волны лазера [18]. Целевой хромофор, или поглощающий элемент ткани, представляет собой вещество, способное поглощать свет определенной длины волны. Для оториноларингологов повышенный интерес представляют такие хромофоры, как вода, коллаген и гемоглобин, так как они в наибольшей степени представлены в тканях лор-органов [16, 19].

Как известно, живая клетка содержит 75–90% воды по объему. Поскольку биологические ткани в большей части своей массы состоят из воды, то исследование оптических характеристик биоткани часто сводится к определению поглощающих свойств воды [20, 21]. Вода – это прозрачная среда, которая хорошо поглощает свет с длиной волны менее 150 и более 1300 нм. Основной спектр поглощения воды находится в интервале 2500–5000 нм с максимумом поглощения длины волны при 2940 нм. Вторым по распространенности хромофором является гемоглобин. При облучении биоткани в диапазоне длины волн от 300 до 1100 нм выявлено, что гемоглобин как хромофор крови имеет высокие поглощающие свойства. По мере увеличения длины волны более 1100 нм поглощение гемоглобина снижается на фоне существенно усиливающегося поглощения воды. Коллаген – третий по встречаемости хромофор. В эпителиальной клетке количество коллагена достигает

18–30%. Спектр поглощения коллагена находится в видимом диапазоне волн от 400 нм до 760 нм и ближнем инфракрасном диапазоне от 760 до 2500 нм [18, 19, 22].

Чем больше хромофора в ткани, тем выше удельное поглощение световой энергии хромофорами клеток. Таким образом, осуществляется прямая зависимость между количеством хромофоров и глубиной проникновения лазерного луча. По завершении каскада фотореакции волна заданной и постоянной длины находит точку поглощения в специфическом для нее хромофоре, в результате чего выделяется тепловая энергия [23]. Количество тепловой энергии является определяющим фактором повреждения окружающих тканей. Избыточное тепло распространяется в объеме ткани и отводится через сосудистую сеть с дальнейшим затуханием за счет термодинамических процессов. На границе раздела температур возникает нисходящий градиент фототермических изменений от наиболее к наименее разогретой ткани, вследствие чего реализуются эффекты резания, испарения и коагуляции ткани [24, 25].

В зависимости от ведущей функции лазерные установки можно поделить на абляционные (режущие) и неабляционные (фотоангиолитические). Часть лазеров обладает комбинацией эффектов – резекционным и коагуляционным в соответствии с длиной волны и выставленными параметрами лазера [26].

На текущий момент можно обозначить преимущества использования лазеров в хирургии гортани:

- возможность оперировать практически в сухом поле, так как воздействие лазера приводит к активации каскада коагуляции с развитием гемостаза;
- уменьшение риска инфекционных осложнений из-за отсутствия прямого контакта инструмента с тканью (дистантный режим);
- достижение высокой точности сечения ткани при работе в узком пространстве в результате использования гибкого оптоволоконного или микроманипулятора с формированием концентрированного лазерного луча;
- малая инвазивность, которая достигается точностью воздействия и быстрым гемостазом, что способствует менее выраженному послеоперационному болевому синдрому.

В зависимости от активной среды, в которой происходит усиление электромагнитного импульса и придание лучу мононаправленности, лазерные системы бывают углекислотными, иттрий-алюминиевыми, аргоновыми, неодимовыми, из паров меди, эрбиевого стекла, гольмиевого и КТП (титанил-фосфат калия) кристалла [27].

## УГЛЕКИСЛОТНЫЙ (CO<sub>2</sub>) ЛАЗЕР

Наиболее популярным в ларингологии является CO<sub>2</sub>-лазер с длиной волны 10 600 нм. Свет такой длины волны хорошо поглощается водой и практически не рассеивается в тканях, благодаря чему углекислотный лазер обладает высоким свойством резки и вапоризации в хорошо гидратированных тканях. Минимальная глубина проникновения лазера составляет 0,3 мм, однако при этом выделяется всего 0,5 кДж энергии, что недостаточно для

коагуляции подлежащих сосудов [28]. На сегодняшний день CO<sub>2</sub>-лазер зарекомендовал себя как аппарат с максимальными резекционными свойствами, однако в случае возникновения активного кровотечения лазер показывает слабовыраженный коагуляционный эффект [29].

По мере накопления опыта применения CO<sub>2</sub>-лазера для лечения ларингологических пациентов была подтверждена безопасность его использования в хирургии доброкачественных новообразований и рецидивирующего папилломатоза в режиме низкой мощности в сочетании с микроларингеальными инструментами [30].

Y. Zhang et al. сопоставили динамику восстановления голоса у пациентов с лейкоплакией и полипами голосовых складок, прооперированных с помощью холодных микроинструментов и CO<sub>2</sub>-лазера. Более высокая скорость улучшения голоса согласно опроснику Voice Handicap Index в сочетании с более коротким временем нормализации эндоскопической картины гортани была отмечена в группе после лазерного лечения по сравнению с группой после традиционной микрофонохирургии [31].

S. Kumar et al. по результатам проведенного исследования опровергли факт, что тепловое повреждение, наносимое лазерами, вызывает более медленное заживление голосовых складок, и доказали отсутствие статистической разницы между группами пациентов с доброкачественными новообразованиями гортани, пролеченных с помощью холодных микроинструментов и с использованием CO<sub>2</sub>-лазера. Сравнительная оценка послеоперационных результатов показала, что оба хирургических метода обеспечивали полное восстановление стробоскопической картины и значительное улучшение показателей акустического анализа голоса в 100% случаев к концу 3-го месяца после оперативного лечения [32].

## ЛАЗЕР НА ИТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОМ ГРАНАТЕ, ЛЕГИРОВАННЫЙ ТУЛИЕМ (Tm:YAG), 2013 НМ

Другим лазером с высокими резекционными свойствами является излучатель на иттрий-алюминиевом гранате, легированный тулием, с длиной волны 2013 нм. Данное излучение инфракрасного спектра также хорошо поглощается водой. Коэффициент полезного действия данных лазеров и практичность их использования в условиях амбулаторного лечения патологий гортани были представлены отдельными коллективами в ходе клинических исследований [10, 33–37].

В обзоре S.M. Zeitels и et al. была доказана выраженность гемостатического эффекта Tm:YAG по сравнению с CO<sub>2</sub>-лазером для хирургического лечения ХЗГ. В результате были определены более выраженные гемостатические свойства иттрий-алюминиевого лазера в условиях местной и общей анестезии [35].

J.A. Burns et al. представили сообщение о том, что тулиевый лазер является надежным режущим инструментом во время эндоларингеальных операций, хотя термическая травма, возникающая под воздействием Tm:YAG-лазера, была выше, чем от CO<sub>2</sub>-лазера. Полученные результаты позволили усовершенствовать стационарную

установку, дополнив ее системой воздушного охлаждения операционного поля [38].

В серии исследований J.A. Koufman et al. для лечения пациентов с ХЗГ использовали CO<sub>2</sub>-, PDL- и Tm:YAG-лазер. Интраоперационно при использовании всех трех лазерных установок была отмечена высокая безопасность использования, а также отсутствие значимой клинической разницы между группами пациентов в послеоперационном периоде [39].

### ЛАЗЕР НА ИТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОМ ГРАНАТЕ, ЛЕГИРОВАННЫЙ НЕОДИМОМ (ND:YAG), 1064 НМ

Другой лазер на основе иттрий-алюминиевого граната, легированный неодимом, с длиной волны 1064 нм имеет низкий коэффициент абляции и большую глубину проникновения – от 3 до 10 мм в ткани, благодаря чему обеспечивает высокий гемостатический эффект. Для достижения большей глубины проникновения и нивелирования рассеяния лазерной энергии применяются режимы с высокой мощностью, что может приводить к формированию широкой зоны некроза. Таким образом, протяженная по глубине зона термического повреждения может приводить к рубцеванию, стенозированию и возникновению стриктур, однако использование лазера в оптимальных режимах допускает его применение для лечения респираторного папилломатоза и распространенных рубцовых стенозов гортани [40]. S. Mattheis et al. представили сообщение о позитивном опыте трансоральной роботизированной хирургии новообразований лор-органов с использованием волокна Nd:YAG-лазера в качестве хирургического инструмента. Формирование широких зон коагуляции в случае образований со стро-мой из высоковаскуляризированной соединительной ткани приводило к хорошему гемостазу, что может являться потенциально новым направлением в хирургии новообразований труднодоступных локализаций [41]. A. Syed et al. представили клинический случай успешного рассечения циркулярного рубца гортани с применением Nd:YAG у пациента, получавшего терапию антикоагулянтами по поводу подтвержденного COVID-19. Высокая проникающая способность и хороший гемостатический эффект лазера обеспечили быстрое рассечение рубца гортани и сократили время контакта хирургической бригады с COVID-19-положительным пациентом [42].

### ЛАЗЕР НА ИТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОМ ГРАНАТЕ, ЛЕГИРОВАННЫЙ ГОЛЬМИЕМ (HO:YAG), 2090 НМ

Известен лазер на основе иттрий-алюминиевого граната, легированный гольмием. Физические свойства этой среды генерируют поток лучей с длиной волны 2090 нм. Лазер обладает высокой абсорбционной способностью в водонасыщенных тканях с глубиной проникновения до 0,4 мм [43–45]. Ho:YAG успешно применяется в фонохирургии с 1996 г., и его эффективность и безопасность отражены в ряде зарубежных работ. По данным литературы, Ho:YAG лазерная хирургия сосудистых образований

у 95,1% пациентов приводила к безрецидивному удалению, в то время как у 4,9% пациентов наблюдалось значительное уменьшение образования в размере с необходимостью его повторного удаления. Все пациенты были повторно прооперированы с Ho:YAG-лазером с окончательным удалением образования, ни в одном из случаев проблем с дыханием не возникло. В результате 12-летней клинической работы было подтверждено, что Ho:YAG-хирургия является эффективным и безопасным методом лечения хронических неопухолевых заболеваний у взрослых [44–46].

Коллектив авторов под руководством Д.М. Мустафаева сравнил результаты эндоларингеальных микрохирургических вмешательств, выполняемых с помощью Ho:YAG, KTP-лазера и холодных инструментов. В группе пациентов, получавших лечение с применением лазеров, была определена более высокая скорость восстановления эндоскопической картины гортани и улучшения показателей акустического голоса по сравнению с традиционным способом лечения [47].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение высокоэнергетического лазерного излучения в оториноларингологическую практику определило новый подход в фонохирургии, что позволило бескровно и щадяще по отношению к окружающим тканям проводить оперативное вмешательство, а также в короткие сроки восстанавливать голосовую функцию у пациентов с ХЗГ. Благодаря этому лазер, применяемый для фонохирургии ХЗГ, является инструментом выбора. Имеется большое количество исследований, отражающих преимущества использования лазерных систем по сравнению с традиционным холодным способом. Такие преимущества, как высокая точность рассечения, отсутствие интраоперационного кровотечения за счет локального гемостаза и минимальная воспалительная реакция в значительной степени сокращают время операции и ускоряют восстановление голосовой функции пациентов.

Традиционное использование CO<sub>2</sub>-лазера с дистантной подачей луча в операционное поле под контролем роботизированной техники зарекомендовало себя как золотой стандарт лазерной фонохирургии. Тем не менее современная медицинская техника предлагает хирургу новые длины волн и новые способы их доставки в операционное поле. Подача лазерного излучения от активной среды в операционное поле через гибкое оптоволокно делает возможной работу как в контактном, так и в дистантном режиме. Такая возможность является особенно полезной в хирургии гортани, сопряженной со сложным доступом и работой в изолированном пространстве.

Использование лазерных аппаратов позволяет улучшить функциональные результаты эндохирургии гортани, что, на наш взгляд, является современным и клинически эффективным способом лечения ХЗГ.



Поступила / Received 18.07.2023  
Поступила после рецензирования / Revised 21.08.2023  
Принята в печать / Accepted 25.08.2023



## Список литературы / References

- Поляцкий ИЛ, Артемьева АС, Кривопапов ЮА. Пересмотренная классификация ВОЗ опухолей гемопоэтической и лимфоидной тканей, 2017 (4-е изд.): опухоли лимфоидной ткани. *Архив патологии*. 2019;81(3):59–65. <https://doi.org/10.17116/patol20198103159>.
- Polyatskii IL, Artemyeva AS, Krivolapov YuA. Revised WHO classification of tumors of hematopoietic and lymphoid tissues, 2017 (4th ed.): lymphoid tumors. *Arkhiv Patologii*. 2019;81(3):59–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/patol20198103159>.
- Шляга ИД, Колядич ЖВ, Новик АВ, Челебиева НР, Шалыга АИ. Анализ диагностики и лечения хронического гиперпластического ларингита в Республике Беларусь на примере пациентов Добрушского района Гомельской области. *Российская оториноларингология*. 2022;21(4):73–81. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-73-81>.
- Shlyaga ID, Kolyadich ZhV, Novik AV, Chelebieva NP, Shalyga AI. Analysis of diagnosis and treatment of chronic hyperplastic laryngitis in Republic of Belarus on example of patients in Dobrush district of Gomel region. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2022;21(4):73–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-73-81>.
- Коркмазов МЮ, Ленгина МА, Коркмазов АМ, Корнова НВ, Белашангин АС. Лечение и профилактика различных форм ларингита на фоне острых респираторных инфекций. *Медицинский совет*. 2022;8(7):79–87. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-8-79-87>.
- Korkmazov MYu, Lengina MA, Korkmazov AM, Kornova NV, Beloshangin AS. Treatment and prevention of various forms of laryngitis on the background of acute respiratory infections. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;8(7):79–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-8-79-87>.
- Дайхес НА, Быкова ВП, Пономарев АБ, Давудов ХШ. Клиническая патология гортани: руководство-атлас. М.: МИА; 2009. 160 с.
- Derkey CS. Recurrent respiratory papillomatosis. *Laryngoscope*. 2001;111(1):57–69. <https://doi.org/10.1097/00005537-200101000-00011>.
- Захарова МЛ, Павлов ПВ, Рачкова КК. Консервативная терапия инфантильной гемангиомы подглоточного отдела гортани. *Российская оториноларингология*. 2016;6(4):49–54. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-6-49-54>.
- Zakharova ML, Pavlov PV, Rachkova KK. Non-surgical treatment of infant's subglottic hemangiomas. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2016;6(4):49–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2016-6-49-54>.
- Gale N, Poljak M, Zidar N. Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: What is New in the 2017 WHO Blue Book for Tumours of the Hypopharynx, Larynx, Trachea and Parapharyngeal Space. *Head Neck Pathol*. 2017;11(1):23–32. <https://doi.org/10.1007/s12105-017-0788-z>.
- Молодцова ВП, Акопов АЛ, Дворакоская ИВ, Рябова МА, Прудников АВ, Портнов ГВ. Современные комбинированные бронхологические методы диагностики и лечения рецидивирующего папилломатоза трахеи, бронхов и легких взрослых. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2018;24(3):42–57. Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/1k7-xG-uC33-EnCF1-jOfn9pL2jHfUL/view?pli=1>.
- Molodtsova VP, Akopov AL, Dvorakovskaya IV, Ryabova MA, Prudnikov AV, Portnov GV. Modern combined bronchial methods of diagnosis and treatment of recurrent papillomatosis of trachea, bronchi and lungs in adults. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2018;24(3):42–57. (In Russ.) Available at: <https://drive.google.com/file/d/1k7-xG-uC33-EnCF1-jOfn9pL2jHfUL/view?pli=1>.
- Карпов ОЗ, Силаева НА. Организация системы высокотехнологичной медицинской помощи в России: история вопроса (часть II). *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2018;13(4):147–152. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2018.44.92.029>.
- Karpov OE, Silaeva NA. Organization of a system of high-tech medical care in Russia: background (part II). *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2018;13(4):147–152. (In Russ.) <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2018.44.92.029>.
- Коркмазов МЮ, Ангелович МС, Ленгина МА, Ястремский АП. Пятнадцатилетний опыт пластики ликворных свищей с применением высокоинтенсивного лазерного излучения. *Медицинский совет*. 2021;18(1):192–201. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-192-201>.
- Korkmazov MYu, Angelovich MS, Lengina MA, Yastremsky AP. Fifteen years of experience in plastic liquor fistulas using high-intensity laser radiation. *Meditsinskiy Sovet*. 2021;18(1):192–201. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-192-201>.
- Карпищенко СА, Александров АН, Болознева ЕВ, Фаталиева АФ. Применение полупроводникового лазера для редукции Nasal Swell Body. *Российская оториноларингология*. 2019;18(1):46–50. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-46-50>.
- Karpishchenko SA, Aleksandrov AN, Bolozneva EV, Fatalieva AF. Nasal septal Swell Body reduction a diode laser. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2019;18(1):46–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-46-50>.
- Коркмазов МЮ, Дубинец ИД, Ленгина МА, Коркмазов АМ, Корнова НВ, Рябенко ЮИ. Отдельные показатели иммунологической реактивности при хирургической альтерации лор-органов. *Российский иммунологический журнал*. 2022;25(2):201–206. <https://doi.org/10.46235/1028-7221-1121-DIO>.
- Korkmazov MYu, Dubinets ID, Lengina MA, Korkmazov AM, Kornova NV, Ryabenko Yul. Distinct indexes of immunological reactivity in surgical alteration of ORL organs. *Russian Journal of Immunology*. 2022;25(2):201–206. <https://doi.org/10.46235/1028-7221-1121-DIO>.
- Дубинец ИД, Коркмазов МЮ, Синицкий АИ, Данышова ЕИ, Скирипичников ИИ, Мокина МВ, Мирзагалиев ДМ. Окислительный стресс на локальном и системном уровне при хронических гнойных средних отитах. *Медицинский совет*. 2021;18(1):148–156. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-148-156>.
- Dubinets ID, Korkmazov MYu, Sinitskii AI, Danshova EI, Skirpichnikov II, Mokina MV, Mirzagaliev DM. Local and systemic oxidative stress in chronic suppurative otitis media. *Meditsinskiy Sovet*. 2021;18(1):148–156. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-148-156>.
- Шахова МА, Терентьева АБ, Шахов АВ. Анализ предикторов осложнений лазерной хирургии в оториноларингологии. *Российская оториноларингология*. 2019;18(3):65–70. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-3-65-70>.
- Shakhova MA, Terentyeva AB, Shakhov AV. Analysis of laser surgery complications in ENT. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2019;18(3):65–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-3-65-70>.
- Фейнман Р, Лейтон Р, Сэндс М. *Фейнмановские лекции по физике. Т. 3: Излучение. Волны. Кванты*. М.: АСТ; 2019. 496 с.
- Князьков ВБ, Гофман ВР. *Лазерная тонзиллэктомия*. М.: Техносфера; 2014. 240 с.
- Тимченко ЕВ. *Взаимодействие лазерного излучения с веществом*. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева; 2012. 144 с.
- Van Overbeek J. Principles and practice of lasers in otorhinolaryngology and head and neck surgery. *Lasers Med Sci*. 2003;18(1):69. <https://doi.org/10.1007/s10103-002-0252-4>.
- Zhu D, Luo Q, Zhu G, Liu W. Kinetic thermal response and damage in laser coagulation of tissue. *Lasers Surg Med*. 2002;31(5):313–321. <https://doi.org/10.1002/lsm.10108>.
- Коркмазов МЮ, Солодовник АВ, Коркмазов АМ, Ленгина МА. Перспективы использования растительного препарата в сочетании с физическими методами при комплексной терапии хронического аденоидита. *Медицинский совет*. 2021;18(1):19–27. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-19-27>.
- Korkmazov MYu, Solodovnik AV, Korkmazov AM, Lengina MA. Prospects for using herbal preparation in combination with physical methods in complex therapy of chronic adenoiditis. *Meditsinskiy Sovet*. 2021;18(1):19–27. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-18-19-27>.
- Dolotov LE, Sinichkin YP, Tuchin VV, Utz SR, Altshuler GB, Yaroslavsky IV. Design and evaluation of a novel portable erythema-melanin-meter. *Lasers Surg Med*. 2004;34(2):127–135. <https://doi.org/10.1002/lsm.10233>.
- Fink DS, Sibley H, Kunduk M, Schexnaydre M, Sutton C, Kakade-Pawar A, McWhorter AJ. Functional Outcomes after Salvage Transoral Laser Microsurgery for Laryngeal Squamous Cell Carcinoma. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016;155(4):606–611. <https://doi.org/10.1177/014959816648111>.
- Крюков АИ, Царапкин ГЮ, Арзамазов СГ, Панасов СА. Лазеры в оториноларингологии. *Вестник оториноларингологии*. 2016;81(6):62–66. <https://doi.org/10.17116/otorino20168162-66>.
- Krukov AI, Tsarapkin GYu, Arzamazov SG, Panasov SA. The application of lasers in otorhinolaryngology. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2016;81(6):62–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/otorino20168162-66>.
- Кривопапов АА, Рязанцев СВ, Иванов НИ, Захарова ГП. Преимущества лазерной хирургии в ринологии. *Российская ринология*. 2022;30(4):276–281. <https://doi.org/10.17116/rosrino202230041276>.
- Krivopalov AA, Ryazantsev SV, Ivanov NI, Zakharova GP. Advantages of laser surgery in rhinology. *Russian Rhinology*. 2022;30(4):276–281. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/rosrino202230041276>.
- Талибов АХ, Коркмазов МЮ, Ленгина МА, Кривопапов АА, Гришаев НВ. Персонализированный подход к повышению качества жизни и психофизической готовности спортсменов-гиревиков коррекцией сенсорных и вазомоторных расстройств лор-органов. *Человек. Спорт. Медицина*. 2021;21(4):29–41. Режим доступа: <https://hsm.susu.ru/hsm/ru/article/view/1595>.
- Talibov AKH, Korkmazov MYu, Lengina MA, Krivopalov AA, Grishaev NV. Personalized approach to improving the quality of life and psychophysical readiness of weightlifters through the correction of sensory and vasomotor disorders of ENT organs. *Human. Sport. Medicine*. 2021;21(4):29–41. (In Russ.) Available at: <https://hsm.susu.ru/hsm/ru/article/view/1595>.
- Karasu MF, Gundogdu R, Cagli S, Aydin M, Arli T, Aydemir S, Yuce I. Comparison of effects on voice of diode laser and cold knife microlaryngology techniques for vocal fold polyps. *J Voice*. 2014;28(3):387–392. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2013.10.017>.
- Kusek ER, Kusek AJ, Kusek EA. Five-year retrospective study of laser-assisted periodontal therapy. *Gen Dent*. 2012;60(6):540–543. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23220310/>.
- Baggish MS, Sze E, Badawy S, Choe J. Carbon dioxide laser laparoscopy by means of a 3.0-mm diameter rigid wave guide. *Fertil Steril*. 1988;50(3):419–424. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)60125-5](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)60125-5).
- Nawka T, Hosemann W. Surgical procedures for voice restoration. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2005;4:Doc14. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3201008/>.

30. Shapshay SM, Rebeiz EE, Bohigian RK, Hybels RL. Benign lesions of the larynx: should the laser be used? *Laryngoscope*. 1990;100(9):953–957. <https://doi.org/10.1288/00005537-199009000-00008>.
31. Zhang Y, Liang G, Sun N, Guan L, Meng Y, Zhao X et al. Comparison of CO2 laser and conventional laryngomicrosurgery treatments of polyp and leukoplakia of the vocal fold. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8(10):18265–18267. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4694328/>.
32. Kumar S, Prasad BK. A Comparison of Surgical Outcomes of Carbon Dioxide Laser Versus Conventional Cold Instrument Excision of Benign Vocal Cord Lesions. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019;71(Suppl. 1):992–996. <https://doi.org/10.1007/s12070-019-01678-y>.
33. Коркмазов МЮ, Коркмазов АМ, Дубинец ИД, Ленгина МА, Кривопапов АА. Особенности альтернативного воздействия импульсного шума на кохлеарный анализатор у спортсменов: прогноз, методы коррекции и профилактики. *Человек. Спорт. Медицина*. 2021;21(2):189–200. Режим доступа: <https://hsm.susu.ru/hsm/ru/article/view/1406>.
34. Коркмазов МЮ, Коркмазов АМ, Дубинетс ИД, Ленгина МА, Кривопапов АА. Features of the alternative impact of impulse noise on the cochlear analyzer in athletes: prognosis, methods of correction and prevention. *Human. Sport. Medicine*. 2021;21(2):189–200. (In Russ.) Available at: <https://hsm.susu.ru/hsm/ru/article/view/1406>.
35. Ossoff RH, Coleman JA, Courey MS, Duncavage JA, Werkhaven JA, Reinisch L. Clinical applications of lasers in otolaryngology – head and neck surgery. *Lasers Surg Med*. 1994;15(3):217–248. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900150302>.
36. Zeitel SM, Burns JA, Akst LM, Hillman RE, Broadhurst MS, Anderson RR. Office-based and microlaryngeal applications of a fiber-based thulium laser. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115(12):891–896. <https://doi.org/10.1177/000348940611501206>.
37. Коркмазов МЮ, Ленгина МА. Необходимость дополнительных методов реабилитации больных с кохлео-вестибулярной дисфункцией. *Вестник оториноларингологии*. 2012;(55):76–77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/yncybq>.
38. Коркмазов МЮ, Ленгина МА. The need for additional methods of rehabilitation of patients with cochleo-vestibular dysfunction. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2012;(55):76–77. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/yncybq>.
39. Pedersen M, McGlashan J. Surgical versus non-surgical interventions for vocal cord nodules. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;(6):CD001934. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001934.pub2>.
40. Burns JA, Kobler JB, Zeitel SM. Microstereo-laryngoscopic lipoinjection: practical considerations. *Laryngoscope*. 2004;114(10):1864–1867. <https://doi.org/10.1097/00005537-200410000-00035>.
41. Koufman JA, Rees CJ, Frazier WD, Kilpatrick LA, Wright SC, Halum SL, Postma GN. Office-based laryngeal laser surgery: a review of 443 cases using three wavelengths. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;137(1):146–151. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2007.02.041>.
42. Shokrollahi K, Raymond E, Murison MSC. Lasers: Principles and Surgical Applications. *J Surg*. 2004;2(1):28–34. [https://doi.org/10.1016/S1743-9191\(06\)60023-X](https://doi.org/10.1016/S1743-9191(06)60023-X).
43. Mattheis S, Mandapathil M, Rothmeier N, Lang S, Dominas N, Hoffmann TK. Transoral Roboter-assistierte Chirurgie von Kopf-Hals-Tumoren: Eine Fallserie mit 17 Patienten. *Laryngorhinootologie*. 2012;91(12):768–773. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327663>.
44. Syed A, Kamalia MA, Messina A, Andaz S, Melamed J, Gibson V. A Novel Approach to Repair of Tracheal Occlusion Secondary to Percutaneous Tracheostomy Creation. *Cureus*. 2023;15(1):e33868. <https://doi.org/10.7759/cureus.33868>.
45. Ossoff RH, Coleman JA, Courey MS, Duncavage JA, Werkhaven JA, Reinisch L. Clinical applications of lasers in otolaryngology – head and neck surgery. *Lasers Surg Med*. 1994;15(3):217–248. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900150302>.
46. Yan Y, Olszewski AE, Hoffman MR, Zhuang P, Ford CN, Dailey SH, Jiang JJ. Use of lasers in laryngeal surgery. *J Voice*. 2010;24(1):102–109. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2008.09.006>.
47. Xiuwen J, Jianguo T. Endoscopic Ho laser interstitial therapy for pharyngo-laryngeal venous malformations in adults. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2015;272(4):937–940. <https://doi.org/10.1007/s00405-014-3463-y>.
48. Zou Y, Huang J, Zhang X, Liu Q, Li W, Peng S et al. Clinical application of laryngeal endoscopy in the minimally invasive surgery of laryngeal diseases. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Ke Za Zhi*. 2004;18(3):152–154. (In Chinese) Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15222266/>.
49. Мустафаев ДМ, Ашуров ЗМ, Зенгер ВГ, Наседкин АН, Исаев ВМ, Осипенко ЕВ, Алышов ФА. Возможности комбинированного использования Ho:YAG- и KTP-лазеров в хирургии доброкачественных образований гортани. *Лазерная медицина*. 2007;11(3):22–26. Режим доступа: [https://science.goslasmed.ru/docs/magasin/Lasermed\\_2007\\_3\\_11.pdf](https://science.goslasmed.ru/docs/magasin/Lasermed_2007_3_11.pdf).
50. Мустафаев ДМ, Ашуров ЗМ, Зенгер ВГ, Наседкин АН, Исаев ВМ, Осипенко ЕВ, Алышов ФА. Possibilities of combined Ho:YAG- and KTP-lasers effect in the surgical treatment of benign neoplasms in the larynx. *Laser Medicine*. 2007;11(3):22–26. (In Russ.) Available at: [https://science.goslasmed.ru/docs/magasin/Lasermed\\_2007\\_3\\_11.pdf](https://science.goslasmed.ru/docs/magasin/Lasermed_2007_3_11.pdf).

### Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования – А.А. Кривопапов  
 Написание текста – П.А. Шамкина, А.И. Глущенко  
 Сбор и обработка литературы – П.А. Шамкина, А.И. Глущенко  
 Статистическая обработка – А.И. Глущенко  
 Редактирование – А.А. Кривопапов

### Contribution of authors:

Study concept and design – Aleksandr A. Krivopalov  
 Text development – Polina A. Shamkina, Alexandra I. Glushchenko  
 Collection and processing of literature – Polina A. Shamkina, Alexandra I. Glushchenko  
 Statistical processing – Alexandra I. Glushchenko  
 Editing – Aleksandr A. Krivopalov

### Информация об авторах:

**Кривопапов Александр Александрович**, д.м.н., руководитель научно-исследовательского отдела патологии верхних дыхательных путей, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; доцент кафедры оториноларингологии, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; [krivopalov@list.ru](mailto:krivopalov@list.ru)  
**Шамкина Полина Александровна**, к.м.н., научный сотрудник научно-исследовательского отдела патологии верхних дыхательных путей, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; [p.s.ent@bk.ru](mailto:p.s.ent@bk.ru)  
**Глущенко Александра Ивановна**, аспирант научно-исследовательского отдела патологии верхних дыхательных путей, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; [nocturne4@mail.ru](mailto:nocturne4@mail.ru)

### Information about the authors:

**Aleksander A. Krivopalov**, Dr. Sci. (Med.), Head of the Research Department of Pathology of the Upper Respiratory Tract, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; Associate Professor, Department of Otorhinolaryngology, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya St., St Petersburg, 191015, Russia; [krivopalov@list.ru](mailto:krivopalov@list.ru)  
**Polina A. Shamkina**, Cand. Sci. (Med.), Researcher of the Research Department of Pathology of the Upper Respiratory Tract, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; [p.s.ent@bk.ru](mailto:p.s.ent@bk.ru)  
**Alexandra I. Glushchenko**, Postgraduate Student of the Research Department of Pathology of the Upper Respiratory Tract, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; [nocturne4@mail.ru](mailto:nocturne4@mail.ru)