

Особенности применения CO₂-лазера при хирургическом лечении хронических рубцовых стенозов гортани

В.В. Вавин¹✉,
e-mail: lor42@mail.ru

И.И. Нажмуудинов^{1,2}
Х.Ш. Давудов¹

Т.И. Гаращенко^{1,2}
Б.Х. Давудова¹

К.М. Магомедова¹
М.Ю. Хоранова¹

¹ Научно-клинический центр оториноларингологии; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

Резюме

Цель обзора – определить современные возможности применения углекислого лазера в микрохирургическом лечении хронических рубцовых стенозов гортани. В настоящее время лазерные эндоларингеальные операции являются одним из основных стандартов в хирургическом лечении пациентов с данной патологией гортани, в том числе и при оказании высокотехнологичной помощи. Применяются разнообразные типы лазеров и методы хирургического воздействия на гортань. Выбор данных методик обусловлен, в первую очередь, мнением оперирующего хирурга. В обзоре освещены принципы лазерной хирургии в общем, и при использовании углекислого лазера в частности. Использование микроманипуляторов позволяет совмещать работу углекислого лазера с операционным микроскопом, бесконтактно воздействуя на ткани-мишени с максимальной точностью. Данная технология способствует расширению спектра хирургических манипуляций при эндоларингеальных вмешательствах. Рассмотрены основные рабочие режимы углекислого лазера, применимые для различных клинических ситуаций, такие как мощность, импульсность, плотность лазерной мощности (PD). Помимо этого, совмещение микроманипулятора с операционным микроскопом позволяет применять дополнительные приемы, направленные на профилактику рестенозирования, такие как использование микролоскутов, подслизистая вапоризация рубцовой ткани гортани. Представлены возможности рецидива рубцового стеноза различными вариантами стентирования. Риск осложнений этой методики не выше, чем при других типах лазерных операций на гортани, и при соблюдении должных мер профилактики может быть сведен к минимуму. В обзоре подробно разобраны возможные осложнения, как ранние, так и поздние, меры их профилактики, а также способы устранения их последствий.

Ключевые слова: углекислый (CO₂) лазер, микрохирургия гортани, осложнения, хронический рубцовый стеноз гортани

Для цитирования: Вавин В.В., Нажмуудинов И.И., Давудов Х.Ш., Гаращенко Т.И., Давудова Б.Х., Магомедова К.М., Хоранова М.Ю. Особенности применения CO₂-лазера при хирургическом лечении хронических рубцовых стенозов гортани. *Медицинский совет.* 2020;(6):108–113. doi: 10.21518/2079-701X-2020-6-108-113.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Features of CO₂-laser application in surgical treatment of chronic cicatricial stenoses of the larynx

Vyacheslav V. Vavin¹✉,
e-mail: lor42@mail.ru

Ibragim I. Nazhmudinov^{1,2}
Khasan Sh. Davudov¹

Tat'yana I. Garashchenko^{1,2}
Basharat Kh. Davudova¹

Kamila M. Magomedova¹
Marina Yu. Khoranova¹

¹ Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanova St., Moscow, 117997, Russia

Abstract

The aim of the review is to identify current possibilities of carbon dioxide laser application in microsurgical treatment of chronic laryngeal cicatricial stenoses. Currently, laser endolaryngeal surgeries are one of the main standards in surgical treatment of patients with this laryngeal pathology, including when providing high-tech assistance. Various types of lasers and methods of surgical treatment of the larynx are used. The choice of these methods is primarily determined by the opinion of the operating surgeon. The review highlights the principles of laser surgery in general, and when using carbon dioxide laser in particular. The use of micromanipulators makes it possible to combine the work of carbon dioxide laser with the operating microscope, affecting target tissues noninvasively with maximum precision. This technology makes it possible to expand the range of surgical manipulations in endolaryngeal surgeries. The main operating modes of the carbon dioxide laser, applicable for different clinical situations, such as power, impulse, laser power density (PD) are considered. In addition, the combination of a micromanipulator with an operating microscope allows the use of additional techniques aimed at preventing restenosis, such as the use of microflaps, submucosal laryngeal cicatricial tissue vaporization. The possibilities of the recurrence of cicatricial stenosis by different variants of stenting are presented. The risk of complications of this technique is not higher than in other types of larynx laser surgeries, and with proper preventive measures can be minimized. In the review, possible complications, both early and late, measures of their prophylaxis, as well as ways to eliminate their consequences are analyzed in detail.

Keywords: carbon dioxide (CO₂) laser, microsurgery of the larynx, complications, laryngeal stenosis

For citation: Vavin V.V., Nazhmudinov I.I., Davudov Kh.Sh., Garashchenko T.I., Davudova B.Kh., Magomedova K.M., Khoranova M.Yu. Features of CO₂-laser application in surgical treatment of chronic cicatricial stenoses of the larynx. *Meditsinskiy sovet = Medical Council.* 2020;(6):108–113. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2020-6-108-113.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Применение лазеров на основе диоксида углерода (CO_2) привлекает все большее внимание ларингохирургов, так как, помимо хорошего режущего и гемостатического эффекта, они способны коагулировать лимфатические и кровеносные сосуды шириной менее 0,5 мм. Это позволяет избежать возникновения выраженного послеоперационного отека и кровотечения, что особенно важно в послеоперационном ведении пациентов с патологией гортани. Длины волн, испускаемые CO_2 -лазерами, выше, чем у большинства других типов лазеров, глубина их проникновения составляет 0,03 мм и очень безопасна. Результаты экспериментальных исследований показали, что, кроме коагуляции небольших кровеносных и лимфатических сосудов, лазерный CO_2 -луч способен коагулировать мелкие периферические нервы и тем самым существенно уменьшает послеоперационную раневую боль. Помимо этого, имеется четкое определение границы между тканями, получающими тепловое повреждение, и теми, которые их окружают, что важно при проведении патоморфологической диагностики. Высокотемпературное испарение, возникающее при работе лазера, делает лазерную рану стерильной [1–4].

История применения лазеров в ларингологии насчитывает более 50 лет, когда Theodore Maiman в 1960 г. изобрел первый (рубиновый) лазер [5], который затем был внедрен в работу для медицинских целей. При этом особое внимание было уделено его возможностям в хирургии злокачественных опухолей [6]. Отоларингологи стали одними из первых, кто начал использовать этот инструмент [6, 7].

CO_2 -лазер впервые был введен в клиническую практику в 1964 г. Kumar N. Patel. Широкое применение в ларингохирургии он получил в 1972 г. после первого сообщения Strong M.S. и Jako G.J. о возможностях его использования на гортани человека [6]. В 1984 г. надежность CO_2 -лазера привела к его утверждению Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США, и его применение стало более распространенным. В настоящее время CO_2 -лазер считается неотъемлемой частью современной диагностической, терапевтической и хирургической аппаратуры [4].

Несмотря на то что лазерное оборудование требует существенного оснащения и квалификации персонала, его применение экономически обосновано [8].

Учитывая, что CO_2 -лазер может быть совмещен с операционным микроскопом, а также иметь микроманипулятор и сканер, многие исследователи отмечают одним из главных преимуществ, по сравнению с другими лазерами, его высокую точность работы [9–14]. Потребности работы в нелинейной плоскости были реализованы недавним внедрением в практику гибкой системы подачи энергии CO_2 -лазера [2, 14, 15].

Несомненными преимуществами использования CO_2 -лазера с операционным микроскопом являются микрохирургическая точность, хорошая интраоперационная детализация и сухое хирургическое поле, а также хорошие функциональные исходы с точки зрения глотания и речи, превышающие функциональные результаты традиционных хирургических подходов [14, 16, 17].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ CO_2 -ЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ

CO_2 -лазер можно использовать для разреза, удаления или испарения и абляции ткани. Важными принципами CO_2 -лазерной хирургии являются правильные настройки лазера: выбор размера пятна, фокусировки, мощности и режимов (суперпульса / импульсного / непрерывного), которые важны для достижения желаемых эффектов и в ряде случаев требуют смены на разных этапах операции [7, 18, 19].

Настройки CO_2 -лазера можно выбирать в зависимости от типа ткани, подлежащей лазерному воздействию (хрящ / мышцы / слизистая оболочка), желаемой глубины лазерного разреза, необходимости гемостаза и необходимости ограничения чрезмерного нагрева ткани. Хирург может оптимизировать преимущества CO_2 -лазера, регулируя плотность его мощности, размер пятна на оптимальном фокусном расстоянии, а также общий рабочий цикл – непрерывный или импульсный режим, длительность импульсов (миллисекунд) и интервалы времени между импульсами [1, 2, 20, 21].

Плотность лазерной мощности (PD) является ключевым хирургическим параметром. На нее влияет расстояние от ткани, диаметр пучка и количество ватт (джоулей/сек). Все эти параметры могут контролироваться хирургом для оптимизации работы лазерного луча. Например, для достижения полного испарения ткани хирург должен использовать 4500 PD. Мощность лазера (Вт) выбирается хирургом каждый раз при его использовании и может быть запрограммирована для выполнения различных операций. Для хирургии гортани рекомендуется лазер мощностью до 40 Вт. Еще одним важным параметром работы CO_2 -лазера является размер его пятна: чем меньше границы, тем меньше интервал глубины фокусировки, при котором лазер разрезает эффективно, и тем больше увеличивается фокусировка лазерного луча. Использование точечных размеров пятна (0,5–0,8 мм) обеспечивает удобный компромисс между глубиной фокусировки и способностью к разрезу. Для коагуляции кровоточащих сосудов PD необходимо довести до уровня, при котором ткань больше не испаряется, а только нагревается, и кровеносные сосуды коагулируются. Общий рабочий цикл лазера – это общее время взаимодействия лазерной энергии с тканями-мишенями. Его можно регулировать несколькими способами: непрерывной волной (CW) и импульсными настройками – энергией, излучаемой в виде дискретных импульсов; длиной, частотой и временными интервалами между импульсами. Как правило, используют следующие режимы: одиночный импульс – единичный импульс энергии, испускаемый каждый раз, когда педаль нажата, повторяющийся импульс – повторные импульсы энергии, испускаемые при нажатой педали, суперпульс (SP) – несколько тысяч энергетических импульсов с очень высокой мощностью пиковых импульсов, излучаемых в секунду во время нажатия педали. При этом пиковая мощность всплесков может составлять несколько сотен ватт, тогда как мощность, показанная на лазерном аппарате, отражает только среднюю мощность, передаваемую с течением времени. Всплески распо-

жены достаточно далеко друг от друга для эффективного охлаждения ткани между импульсами, что уменьшает тепловое повреждение окружающей ткани и сводит к минимуму обугливание. Для большей коагуляции необходимо переключаться с SP на CW [2, 7, 14, 18, 19, 21, 22].

Одним из самых важных моментов использования CO₂-лазера является гемостаз. Нужно помнить, что лазер не проникает через кровь, поэтому операционное поле необходимо держать в сухом состоянии с помощью отсоса, отсоса-коагулятора, биполярной коагуляции, зажимов и лигирующих клипс. Причем при гемостазе крупных сосудов предпочтительно использование последних для профилактики серьезных послеоперационных кровотечений [1].

Обугливание тканей можно уменьшить за счет создания меньшего количества тепла, используя настройку «суперпульс», которая в отличие от непрерывного режима работы позволяет избежать перегревания ткани. Важно протирать хирургическое поле от нагара влажной турундой, чтобы эффект испарения на ткани-мишени был максимальным [7, 21].

Кроме того, необходимо применять постоянное натяжение ткани, чтобы обнажить плоскость разреза, поддерживать хорошую экспозицию и облегчать рассечение. Все движения должны быть плавными [1].

Нужно учитывать, что взаимодействие CO₂-лазера с тканью значительно улучшается при ее хорошей гидратации, поэтому важно следить, чтобы ткани не пересыхали, и своевременно увлажнять их [7].

Перед началом работы необходимо проверить выравнивание прицельной балки с фокусом луча (например, направляя лазерный луч на влажный деревянный шпатель). Во время работы нужно помнить о возможном отражении лазерного луча от ларингоскопа и инструментов и тщательно следить за защитой эндотрахеальной трубки [1].

ХИРУРГИЯ РУБЦОВЫХ СТЕНОЗОВ ГОРТАНИ

Развитие хирургии рубцовых стенозов гортани в настоящее время предъявляет требования к разработке методов, позволяющих сократить сроки лечения и реабилитации, при этом учитывая необходимость восстановления не только дыхательной, но и голосовой функции гортани [23–25]. Несмотря на имеющийся опыт хирургии рубцовых стенозов гортани, во всем мире на настоящий момент нет четких критериев использования существующих методик, выбора доступа (наружный или эндоскопический), необходимости применения пластических материалов, стентов, дополнительного оборудования (лазер, коблатор, радиоволна и др.). Как правило, решение принимает хирург исходя из собственного опыта и имеющегося оснащения [26–30].

При этом в последнее десятилетие отмечается четкая тенденция к использованию CO₂-лазера в хирургии рубцовых стенозов гортани [34].

При рубцовом поражении вестибулярного отдела гортани использование CO₂-лазера дает преимущество в виде возможности разобщения раневых поверхностей микролоскутами [31].

При рубцовом поражении среднего отдела гортани при помощи CO₂-лазера в режиме «суперпульс» мощностью 5–7 Вт проводится иссечение рубцовой ткани до формирования нормального просвета гортани, высвобождая голосовые связки. Далее, в просвет гортани между голосовыми складками в область комиссуры устанавливаются силиконовый имплант в виде кия с последующей фиксацией через щитовидный хрящ швом Лихтенберга на 3–4 недели. При рубцовом стенозе комиссуры гортани протяженностью до 4 мм проводят рассечение рубцово-измененных тканей комиссуры среднего отдела гортани до нормального просвета при помощи CO₂-лазера в режиме «суперпульс» мощностью 3 Вт с формированием верхнего и нижнего листков слизистого лоскута. Подслизистые ткани лоскута и края голосовых связок при этом вапоризируют, оставляя верхний и нижний слои эпителия размерами, достаточными для закрытия раневой поверхности. Указанными слоями закрывают края раневых поверхностей, фиксируя их путем сшивания верхнего и нижнего листков сформированного слизистого лоскута эндоларингеальными швами с формированием пятна контакта голосовых складок таким образом, чтобы в зоне контакта происходило или соприкосновение раневой поверхности с неповрежденной слизистой, или контакт «слизистая оболочка – слизистая оболочка» [13, 21]. При рубцовом стенозе межчерпаловидной области проводилось рассечение рубцово-измененных тканей межчерпаловидной зоны гортани при помощи CO₂-лазера в режиме «суперпульс» мощностью 3 Вт с восстановлением нормального просвета гортани, формированием верхнего и нижнего листков слизистого лоскута. Подслизистые ткани лоскута и при этом вапоризируют, оставляя верхний и нижний слои эпителия размерами, достаточными для закрытия раневой поверхности. Указанными слоями закрывают края раневых поверхностей, фиксируя их путем сшивания верхнего и нижнего листков сформированного слизистого лоскута эндоларингеальными швами. При этом формирование пятна контакта происходит таким образом, чтобы в зоне контакта происходило или соприкосновение раневой поверхности с неповрежденной слизистой, или контакт «слизистая – слизистая» [32].

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ

Пересечение структур гортани для улучшения доступа – резекция язычной части надгортанника улучшает доступ к преднадгортанному пространству и к рубцовым тканям на гортанной поверхности надгортанника. Хотя резекция желудочковой складки улучшает доступ к желудочку гортани во время резекции и облегчает послеоперационный контроль за состоянием этой области, важно учитывать, что это преимущество должно быть сопоставлено с возможным функциональным дефицитом, поскольку сохраненная желудочковая складка может использоваться для создания хорошего голоса при отсутствии голосовой складки вследствие рубцового поражения [3, 14, 15].

Дебулькинг (циторедукция) – в ряде случаев эта ключевая технология позволяет хирургу создавать простран-

ство, в котором можно перемещать ткани и определять границы рубцового поражения (например, при полном заращении гортани) [1, 14].

Гидродиссекция – использование воды как барьера для проникновения лазерного луча. Рассеивание в пространстве Рейнке или вокруг нервов и сосудов может быть облегчено путем инфильтрации физиологическим раствором в пространство Рейнке или в ткани вокруг нервов и сосудов. Для лучшего гемостаза для инъекции можно использовать раствор, содержащий адреналин [1, 13, 21].

Существуют критерии, по которым хирург может отличать рубцовую ткань от нормальной ткани при прорезывании рубца путем проверки жесткости тканей (рубец и хрящ ригиднее), а также цвета тканей (рубец и хрящ обугливается интенсивнее) [1, 4, 15, 35].

Осложнения хирургии гортани с использованием CO₂-лазера могут быть связаны как непосредственно с лазерным вмешательством, так и с проведением прямой опорной ларингоскопии.

РАННИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

Травма зубов, орофарингеальная травма и невралгия язычного нерва, как правило, возникают при сложном эндоскопическом доступе и длительном давлении ларингоскопа на ткани. Чтобы минимизировать вероятность повреждения, нужно использовать защитный кожух на зубы, проверять коронки или импланты, объяснять пациенту возможные риски до операции. В лечении поверхностных травм полости рта и глотки достаточно проведение местной противовоспалительной терапии [1, 9, 20, 34].

При кровотечении из крупных сосудов важно применять лигирующие клипсы, а не коагуляцию. Хотя эти осложнения являются редкостью, они могут быть причиной катастрофических событий, особенно при кровотечении из язычной, верхней гортанной или сонной артерии [1, 14, 35].

Хирургическая эмфизема возникает при формировании небольших дефектов, чаще, когда операция проходит в области конической связки и воздух попадает в мягкие ткани. Лечение консервативное. Чтобы избежать эмфиземы, можно нажимать на гортань во время экстубации и затем применять повязку вокруг шеи [1].

Обструкция дыхательных путей – это нестандартная ситуация, при малейшем риске которой должна быть наложена профилактическая трахеостома [1, 34].

Аспирационный синдром чаще всего развивается при резекциях рубцов, в которые вовлечен надгортанник. Как правило, это является временной проблемой: начальная терапия должна заключаться в адекватном обезболивании, питании нежидкими продуктами и иногда временном кормлении через назогастральный зонд [14, 15, 33].

Лазерные ожоги происходят, когда ткани, например кожа лица, недостаточно защищены мокрой тканью [1, 9].

Возгорание воздушной смеси относится к крайне редкой ситуации, которая полностью предотвратима при соблюдении необходимых мер предосторожности [4, 19, 20, 36].

ПОЗДНИЕ ОСЛОЖНЕНИЯ

Гранулема. Это осложнение возникает, как правило, в тех случаях, когда имеется оголенный хрящ (в комиссуре или в области голосового отростка черпаловидного хряща). Обычно эта ситуация управляема консервативной терапией и лазерным удалением гранулемы [9, 20, 34].

Хондроперихондрит встречается достаточно редко, в случаях, когда имеется значительное воздействие на хрящ, например при удалении его части. Зачастую этому способствует предшествующая химиолучевая терапия. Лечение заключается в антибиотикотерапии и повторных микроларингоскопиях для удаления слизи и секвестров, при этом можно использовать стерилизацию оставшегося хряща лазером, что также позволяет профилактировать остаточный воспалительный процесс [1, 4, 8].

Рубцовый рестеноз. Возникает в большинстве случаев при формировании протяженной раневой поверхности, особенно по окружности. Для профилактики следует по возможности избегать формирования обширных и циркулярных повреждений, а в послеоперационном периоде – контролировать и регулировать процессы эпителизации и в случае необходимости своевременно проводить стентирование [1, 34].

Таким образом, использование разнообразных режимов и методик CO₂-лазерной микрохирургии гортани позволяет расширить арсенал хирургических эндоларингеальных приемов при хроническом рубцовом стенозе гортани, которые в ряде случаев не выполнимы другими методами.



Поступила / Received 11.01.2020

Поступила после рецензирования / Revised 30.01.2020

Принята в печать / Accepted 15.02.2020

Список литературы

- Steiner W., Fagan J. Transoral laser microsurgery (TLM) of cancer & other pathology of the upper aerodigestive tract. In: Fagan J. et al. *The Open Access Atlas of Otolaryngology, Head & Neck Operative Surgery*. University of Cape Town; 2017. doi: 10.15641/0-7992-2534-1.
- Wang Z., Devaiah A.K., Feng L. Fiber-guided CO₂-laser surgery in an animal model. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(5):646–650. doi: 10.1089/pho.2006.24.646.
- Yan Y., Olszewski A.E., Hoffman R.M., Ford C.N., Dailey H.S., Jiang S.H. Use of Lasers in Laryngeal Surger. *Journal of Voice.* 2010;24(1):102–109. doi: 10.1016/j.jvoice.2008.09.006.
- Zeitels S.M., Burns J.A. laser applications in laryngology: past, present, future. *Otolaryngol Clin N Am.* 2006;39(1):159–172. doi: 10.1016/j.otc.2005.10.001.
- Maiman T.H. Stimulated Optical Radiation in Ruby. *Nature.* 1960;187:493–494. doi: 10.1038/187493a0.
- Ossoff R.H., Coleman J.A., Courey M.S., Duncavage J.A., Werkhaven J.A., Reinisch L. Clinical applications of lasers in otolaryngology – head and neck surgery. *Lasers Surg Med.* 1994;15(3):217–248. doi: 10.1002/lsm.1900150302.
- Peter H. CO₂-Lasers: *The Four Keys To Success*. June 8, 2011. Available at: <https://www.veterinarypracticenews.com/co2-lasers-the-four-keys-to-success/>
- Zeitels S.M., Burns J.A. Office-based laryngeal laser surgery with local anesthesia. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007;15(6):394–400. doi: 10.1097/MOO.0b013e3282f1fbb2.
- Crockett D.M., Reynolds B.N. Laryngeal laser surgery. *Otolaryngol Clin North Am.* 1990;23(1):49–66. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2179824>.
- Franco R.A. Jr., Zeitels S.M., Farinelli W.A., Faquin W., Anderson R.R. 585-nm pulsed dye laser treatment of glottal dysplasia. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2003;112(9 Pt 1):751–758. doi: 10.1177/000348940311200902.

11. Hatayama H., Kato J., Inoue A., Akashi G., Hirai Y. Comparison of violet diode laser with CO₂-laser in surgical performance of soft tissues. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2007;2007:64250E. doi: 10.1117/12.699475.
12. Kothari P., Dhillon R. Key developments in otolaryngology. *Practitioner*. 2006;250(1679):57–58, 60, 62. Available at: <https://www.pubfacts.com/detail/16514856/Key-developments-in-otolaryngology>.
13. Nerurkar N., Narkar N., Joshi A., Kalel K., Bradoo R. Vocal outcomes following subepithelial infiltration technique in microflap surgery: a review of 30 cases. *J Laryngol Otol*. 2007;121(8):768–771. doi: 10.1017/S002221510700744X.
14. Zeitels S.M., Kobler J.B., Heaton J.T., Faquin W. Carbon dioxide laser fiber for laryngeal cancer surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115(7):535–541. doi: 10.1177/000348940611500708.
15. Ledda G.P., Grover N., Pundir V., Masala E., Puxeddu R. Functional outcomes after CO₂-laser treatment of early glottic carcinoma. *Laryngoscope*. 2006;116(6):1007–1011. doi: 10.1097/01.MLG.0000217557.45491.BD.
16. Strong M.S., Jako G.J. Laser surgery in the larynx. Early clinical experience with continuous CO₂-laser. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1972;81(6):791–798. doi: 10.1177/000348947208100606.
17. Xu W., Han D., Hou L., Zhang L., Yu Z., Huang Z. Voice function following CO₂-laser microsurgery for precancerous and early stage glottic carcinoma. *Acta Otolaryngol*. 2007;127(6):637–641. doi: 10.1080/00016480600987776.
18. Крюков А.И., Царапкин Г.Ю., Арзамасов С.Г., Панасов С.А. Лазеры в оториноларингологии. *Вестник оториноларингологии*. 2016;81(6):62–66. doi: 10.17116/otorino20168162-66.
19. Arroyo H.H., Neri L., Fussuma C.Y., Imamura R. Diode Laser for Laryngeal Surgery: a Systematic. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2016;20(02):172–179. doi: 10.1055/s-0036-1579741.
20. Dalal N., Urvish S., Ajay S. Role of CO₂-laser and Diode laser in ENT. *GCSMC J Med Sci*. 2017;6(1):27–31. Available at: <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleid=1656914>.
21. Tan N.C.-W., Pittore B., Puxeddu R. The «M» shaped microflap for treatment of complex Reinke's Space Oedema of the vocal cords. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2010;30:259–263. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/1c0f/df4da17ca42a3480cdf8ff8c77f5f3bb813c.pdf?ga=2.268484657.1101270703.1581333559-36641059.1571644276>.
22. Ракунова Е.Б. Современные возможности лечения пациентов с доброкачественными и опухолеподобными заболеваниями гортани. *Вестник оториноларингологии*. 2017;82(1):68–72. doi: 10.17116/otorino201782168-72.
23. Чекан В.Л. Лечение сочетанных рубцовых стенозов гортани и трахеи. *Вестник оториноларингологии*. 2013;78(1):64–67. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/1/030042-46682013115>.
24. Дайхес Н.А., Нажмуудинов С.Г., Гусейнов И.И., Романенко И.Г. *Хронические рубцовые стенозы гортани: клинические рекомендации*. М.; 2016. 18 с. Режим доступа: <http://www.nmaoru.org/files/KR303%20Hr%20rubcovoye%20stenozy%20gortani.pdf>.
25. Павлов П.В., Захарова М.Л., Корниевский Л.А. Современные аспекты ларинготрахеальной реконструкции у детей. *Педиатр*. 2017;8(специал. вып.):251. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-aspekty-laringotrahealnoy-rekonstruktsii-u-detey/viewer>.
26. Zalzal G.H., Cotton R.T. Glottic and subglottic stenosis. In: Cumming C.W. (ed.) *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2nd edn. Mosby Year Book, St. Louis, Baltimore, Boston, Chicago, London, Philadelphia, Sydney, Toronto; 2000.
27. Карпищенко С.А., Рябова М.А., Улулов М.Ю., Шумилова Н.А., Портнов Г.В. Выбор параметров лазерного воздействия в хирургии ЛОР-органов. *Вестник оториноларингологии*. 2016;81(4):14–18. doi: 10.17116/otorino201681414-18.
28. Arroyo H.H., Neri L., Fussuma C.Y., Imamura R. Diode Laser for Laryngeal Surgery: a Systematic. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2016;20(02):172–179. doi: 10.1055/s-0036-1579741.
29. Haykal S., Salna M., Waddell T.K., Hofer S.O. Advances in Tracheal Reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2014;2(7):178. doi: 10.1097/GOX.0000000000000097.
30. Karasu M.F., Gundogdu R., Cagli S. et al. Comparison of effects on voice of diode laser and cold knife microlaryngology techniques for vocal fold polyps. *J Voice*. 2014;28(3):387–392. doi: 10.1016/j.jvoice.2013.10.017.
31. Вавин В.В., Добрецов К.Г. Особенности микрохирургии вестибулярного отдела гортани с использованием CO₂-лазера и диодного лазера. *Вестник оториноларингологии*. 2019;84(2):57–60. doi: 10.17116/otorino2019840257.
32. Нажмуудинов И.И., Вавин В.В., Давудов Х.Ш., Гарашенко Т.И., Давудова Б.Х., Магомедова К.М., Хоранова М.Ю. Варианты хирургического лечения рубцовых стенозов среднего (складкового) отдела гортани. *Медицинский совет*. 2019;(21):118–125. doi: 10.21518/2079-701X-2019-21-118-125.
33. Ossoff R.H., Matar S.A. The advantages of laser treatment of tumors of the larynx. *Oncology (Williston Park)*. 1988;2(9):58–61, 64–65. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3275068>.
34. Ремакль М., Эккель Х.З. (ред.). *Хирургия гортани и трахеи*. М.: Издательство Панфилова; БИНОМ. Лаборатория знаний; 2014. 368 с.
35. Remacle M., Eckel H., Antonelli A. et al. Endoscopic cordectomy. A proposal for a classification by the Working Committee, European Laryngological Society. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2000;257(4):227–331. doi: 10.1007/s004050050228.
36. Haug M.H., Møller P., Olofsson J. Laser surgery in otorhinolaryngology: a 10-year experience. *J Otolaryngol*. 1993;22(1):42–45. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8445703>.

References

1. Steiner W., Fagan J. Transoral laser microsurgery (TLM) of cancer & other pathology of the upper aerodigestive tract. In: Fagan J. et al. *The Open Access Atlas of Otolaryngology, Head & Neck Operative Surgery*. University of Cape Town; 2017. doi: 10.15641/0-7992-2534-1.
2. Wang Z., Devaiah A.K., Feng L. Fiber-guided CO₂-laser surgery in an animal model. *Photomed Laser Surg*. 2006;24(5):646–650. doi: 10.1089/pho.2006.24.646.
3. Yan Y., Olszewski A.E., Hoffman R.M., Ford C.N., Dailey H.S., Jiang S.H. Use of Lasers in Laryngeal Surger. *Journal of Voice*. 2010;24(1):102–109. doi: 10.1016/j.jvoice.2008.09.006.
4. Zeitels S.M., Burns J.A. Laser applications in laryngology: past, present, future. *Otolaryngol Clin N Am*. 2006;39(1):159–172. doi: 10.1016/j.otc.2005.10.001.
5. Maiman T.H. Stimulated Optical Radiation in Ruby. *Nature*. 1960;187:493–494. doi: 10.1038/187493a0.
6. Ossoff R.H., Coleman J.A., Courey M.S., Duncavage J.A., Werkhaven J.A., Reinisch L. Clinical applications of lasers in otolaryngology – head and neck surgery. *Lasers Surg Med*. 1994;15(3):217–248. doi: 10.1002/lsm.1900150302.
7. Peter H. *CO₂-Lasers: The Four Keys To Success*. June 8, 2011. Available at: <https://www.veterinarypracticenews.com/co2-lasers-the-four-keys-to-success/>
8. Zeitels S.M., Burns J.A. Office-based laryngeal laser surgery with local anesthesia. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2007;15(6):394–400. doi: 10.1097/MOO.0b013e3282f1fbb2.
9. Crockett D.M., Reynolds B.N. Laryngeal laser surgery. *Otolaryngol Clin North Am*. 1990;23(1):49–66. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2179824>.
10. Franco R.A. Jr., Zeitels S.M., Farinelli W.A., Faquin W., Anderson R.R. 585-nm pulsed dye laser treatment of glottal dysplasia. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2003;112(9 Pt 1):751–758. doi: 10.1177/000348940311200902.
11. Hatayama H., Kato J., Inoue A., Akashi G., Hirai Y. Comparison of violet diode laser with CO₂-laser in surgical performance of soft tissues. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2007;2007:64250E. doi: 10.1117/12.699475.
12. Kothari P., Dhillon R. Key developments in otolaryngology. *Practitioner*. 2006;250(1679):57–58, 60, 62. Available at: <https://www.pubfacts.com/detail/16514856/Key-developments-in-otolaryngology>.
13. Nerurkar N., Narkar N., Joshi A., Kalel K., Bradoo R. Vocal outcomes following subepithelial infiltration technique in microflap surgery: a review of 30 cases. *J Laryngol Otol*. 2007;121(8):768–771. doi: 10.1017/S002221510700744X.
14. Zeitels S.M., Kobler J.B., Heaton J.T., Faquin W. Carbon dioxide laser fiber for laryngeal cancer surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115(7):535–541. doi: 10.1177/000348940611500708.
15. Ledda G.P., Grover N., Pundir V., Masala E., Puxeddu R. Functional outcomes after CO₂-laser treatment of early glottic carcinoma. *Laryngoscope*. 2006;116(6):1007–1011. doi: 10.1097/01.MLG.0000217557.45491.BD.
16. Strong M.S., Jako G.J. Laser surgery in the larynx. Early clinical experience with continuous CO₂-laser. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1972;81(6):791–798. doi: 10.1177/000348947208100606.
17. Xu W., Han D., Hou L., Zhang L., Yu Z., Huang Z. Voice function following CO₂-laser microsurgery for precancerous and early stage glottic carcinoma. *Acta Otolaryngol*. 2007;127(6):637–641. doi: 10.1080/00016480600987776.
18. Kryukov A.I., Tsarapkin G.Yu., Arzamasov S.G., Panasov S.A. The application of lasers in otorhinolaryngology. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2016;81(6):62–66. (In Russ.) doi: 10.17116/otorino20168162-66.
19. Arroyo H.H., Neri L., Fussuma C.Y., Imamura R. Diode Laser for Laryngeal Surgery: a Systematic. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2016;20(02):172–179. doi: 10.1055/s-0036-1579741.
20. Dalal N., Urvish S., Ajay S. Role of CO₂-laser and Diode laser in ENT. *GCSMC J Med Sci*. 2017;6(1):27–31. Available at: <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleid=1656914>.
21. Tan N.C.-W., Pittore B., Puxeddu R. The «M» shaped microflap for treatment of complex Reinke's Space Oedema of the vocal cords. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2010;30:259–263. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/1c0f/df4da17ca42a3480cdf8ff8c77f5f3bb813c.pdf?ga=2.268484657.1101270703.1581333559-36641059.1571644276>.
22. Rakunova E.B. The modern possibilities for the treatment of the patients presenting with benign and tumour-like diseases of the larynx. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2017;82(1):68–72. (In Russ.) doi: 10.17116/otorino201782168-72.
23. Chekan V.L. The treatment of combined cicatricial stenoses of the larynx and trachea. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2013;78(1):64–67. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-otorinolaringologii/2013/1/030042-46682013115>.
24. Daykhes N.A., Nazhmudinov S.G., Guseynov I.I., Romanenko I.G. *Chronic cicatricial stenosis of the larynx: clinical recommendations*. Moscow; 2016. 18 p. Access mode: <http://www.nmaoru.org/files/KR303%20Hr%20rubcovoye%20stenozy%20gortani.pdf>.

25. Pavlov P.V., Zakharova M.L., Korniyevskiy L.A. Modern aspects of laryngo-tracheal reconstruction in children. *Pediatr = Pediatrician (St. Petersburg)*. 2017;8(special issue):251. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-aspekty-laringotrahealnoy-rekonstruktsii-u-detey/viewer>.
26. Zalzal G.H., Cotton R.T. Glottic and subglottic stenosis. In: Cumming C.W. (ed.). *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2nd ed. Mosby Year Book, St. Louis, Baltimore, Boston, Chicago, London, Philadelphia, Sydney, Toronto; 2000.
27. Karpishchenko S.A., Ryabova M.A., Ulupov M.Yu., Shumilova N.A., Portnov G.V. The choice of parameters for the laser application in ENT surgery. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2016;81(4):14–18. (In Russ.) doi: 10.17116/otorino201681414-18.
28. Arroyo H.H., Neri L., Fussuma C.Y., Imamura R. Diode Laser for Laryngeal Surgery: a Systematic. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2016;20(02):172–179. doi: 10.1055/s-0036-1579741.
29. Haykal S., Salna M., Waddell T.K., Hofer S.O. Advances in Tracheal Reconstruction. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2014;2(7):178. doi: 10.1097/GOX.000000000000097.
30. Karasu M.F., Gundogdu R., Cagli S. et al. Comparison of effects on voice of diode laser and cold knife microlaryngology techniques for vocal fold polyps. *J Voice*. 2014;28(3):387–392. doi: 10.1016/j.jvoice.2013.10.017.
31. Vavin V.V., Dobretsov K.G. Features of microsurgery of the vestibular larynx using CO and a diode laser. *Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2019;84(2):57–60. doi: 10.17116/otorino20198402157.
32. Nazhmudinov I.I., Vavin V.V., Davudov K.S., Garashchenko T.I., Davudova B.K., Magomedova K.M., Khoranova M.Y. Options for surgical treatment of cicatricial stenosis of the middle (folded) larynx. *Meditsinskiy sovet = Medical Council*. 2019;(21):118–125. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2019-21-118-125.
33. Ossoff R.H., Matar S.A. The advantages of laser treatment of tumors of the larynx. *Oncology (Williston Park)*. 1988;2(9):58–61, 64–65. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3275068>.
34. Remacle M., Eckel H.E. *Surgery of Larynx and Trachea*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2010.
35. Remacle M., Eckel H., Antonelli A. et al. Endoscopic cordectomy. A proposal for a classification by the Working Committee, European Laryngological Society. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2000;257(4):227–331. doi: 10.1007/s004050050228.
36. Haug M.H., Møller P., Olofsson J. Laser surgery in otorhinolaryngology: a 10-year experience. *J Otolaryngol*. 1993;22(1):42–45. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8445703>.

Информация об авторах:

Вавин Вячеслав Валерьевич, к.м.н., старший научный сотрудник научно-клинического отдела заболеваний верхних дыхательных путей, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; ORCID: 0000-0002-1743-9023; e-mail: lor42@mail.ru

Назмудинов Ибрагим Исмаилович, д.м.н., руководитель научно-клинического отдела заболеваний верхних дыхательных путей, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; ORCID: 0000-0002-4302-5203; e-mail: ibragimlor@mail.ru

Давудов Хасан Шаманович, д.м.н., профессор, заместитель директора, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; ORCID: 0000-0002-2887-0652; e-mail: prof.davudov-otolar@mail.ru

Гарашченко Татьяна Ильинична, д.м.н., профессор, ученый секретарь, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30 корп. 2; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; ORCID: 0000-0002-5024-6135; e-mail: 9040100@mail.ru

Давудова Башарат Хасановна, к.м.н., старший научный сотрудник, врач-оториноларинголог, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; ORCID: 0000-0002-0622-8749; e-mail: basharat@mail.ru

Магомедова Камила Магомедовна, к.м.н., врач-оториноларинголог, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; ORCID: 0000-0003-2381-7817; e-mail: kamila-m@mail.ru

Хоранова Марина Юрьевна, младший научный сотрудник, врач-оториноларинголог, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-клинический центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства России; 123182, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, д. 30, корп. 2; ORCID: 0000-0002-4549-9074; e-mail: marina17.03@mail.ru

Information about the authors:

Vyacheslav V. Vavin, Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Scientific and Clinical Department of Upper Respiratory Diseases, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; ORCID: 0000-0002-1743-9023; e-mail: lor42@mail.ru

Ibragim I. Nazhmudinov, Dr. of Sci. (Med.), Head of the Scientific and Clinical Department of Upper Respiratory Diseases, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2 Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "N.I. Pirogov Russian National Research Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 1, Ostrovityanova St., Moscow, 117997, Russia; ORCID: 0000-0002-4302-5203; e-mail: ibragimlor@mail.ru

Khasan Sh. Davudov, Dr. of Sci. (Med.), professor, Deputy Director, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; ORCID: 0000-0002-2887-0652; e-mail: prof.davudov-otolar@mail.ru

Tat'yana I. Garashchenko, Dr. of Sci. (Med.), professor, academic secretary, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; Professor of the Department of Otorhinolaryngology, Faculty of Continuing Professional Education, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "N.I. Pirogov Russian National Research Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation; 1 Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russia; ORCID: 0000-0002-5024-6135; e-mail: 9040100@mail.ru

Basharat Kh. Davudova, Cand. of Sci. (Med.), senior researcher, otorhinolaryngologist, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; ORCID: 0000-0002-0622-8749; e-mail: basharat@mail.ru

Kamila M. Magomedova, Cand. of Sci. (Med.), otorhinolaryngologist, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2, Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; ORCID: 0000-0003-2381-7817; e-mail: kamila-m@mail.ru

Marina Yu. Khoranova, junior researcher, otorhinolaryngologist, Federal State Budgetary Institution "Scientific and Clinical Center of Otorhinolaryngology" of the Federal Medico-Biological Agency of Russia; 30, Bldg. 2 Volokolamskoe shosse, Moscow, 123182, Russia; ORCID: 0000-0002-4549-9074; e-mail: marina17.03@mail.ru