

DOI: 10.33454/1728-1261-2026-3-61-72
УДК 616.22-007.271-072.1-089.5

Современные подходы к анестезиологическому обеспечению эндоскопических вмешательств при стенозах гортани

А. Г. Калинин¹, А. В. Щеголев²

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий имени А. А. Вишневецкого» Министерства обороны Российской Федерации, Красногорск, Россия

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Актуальность. Анестезиологическое обеспечение эндоскопических вмешательств при стенозах гортани остается одной из наиболее сложных и нерешенных задач современной анестезиологии в силу того, что зоны работы хирурга и анестезиолога фактически совпадают, а характер нарушений газообмена при разной степени стеноза требует строго индивидуального подхода. В последние годы арсенал методик респираторной поддержки существенно расширился за счет принципиально новых технологий, что требует систематизации накопленных данных.

Цель исследования. Систематизация современных данных отечественной и зарубежной литературы, касающихся методов анестезиологического обеспечения и респираторной поддержки при эндоскопических вмешательствах по поводу стенозов гортани различной этиологии, оценка преимуществ и ограничений каждого из подходов, определение перспективных направлений дальнейших исследований.

Материал и методы. Выполнен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы за последние 10 лет, посвященный анестезиологическому пособию и респираторной поддержке при эндоларингеальных и эндотрахеальных операциях. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, eLibrary по ключевым словам: «стеноз гортани», «эндоскопическая хирургия», «анестезиологическое пособие», «высокочастотная струйная вентиляция», «THRIVE», «Tritube», «flow-controlled ventilation». Всего проанализировано 92 источника литературы, из которых отобрано 50, отражающих наиболее актуальные методические подходы.

Результаты и обсуждение. Рассмотрены ключевые методики обеспечения проходимости дыхательных путей и газообмена: ингаляционная анестезия с интубацией трубками малого диаметра, инъекционная и чрескатетерная высокочастотная струйная вентиляция (ВЧСВЛ), суперпозиционная высокочастотная вентиляция, тотальная внутривенная анестезия с сохраненным спонтанным дыханием (TIVA/STRIVE), потоковая апнойная оксигенация и высокопоточная увлажненная инсuffляция кислорода через назальные канюли (THRIVE). Отдельно обсуждаются возможности применения надгортанных воздухопроводов и принципиально нового подхода с использованием ультратонкой эндотрахеальной трубки Tritube® в сочетании с режимом flow-controlled ventilation (FCV, аппарат Evone®). Освещены вопросы безопасности при работе хирургическими лазерами и профилактики возгорания дыхательных путей.

Выводы. Целесообразен дифференцированный выбор методики анестезии и респираторной поддержки в зависимости от степени стеноза, сопутствующей патологии и характера хирургического вмешательства. Технология Tritube® + FCV представляется одним из наиболее перспективных направлений, объединяющих преимущества закрытого дыхательного контура и широкого хирургического доступа. Необходимы дальнейшие проспективные исследования для уточнения границ безопасного применения каждой из перечисленных технологий.

Ключевые слова: стеноз гортани, эндоскопическая хирургия, анестезиологическое пособие, высокочастотная струйная вентиляция, апнойная оксигенация, THRIVE, Tritube, flow-controlled ventilation, тотальная внутривенная анестезия

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

А. Г. Калинин – ORCID: 0009-0009-2381-6065

А. В. Щеголев – ORCID: 0000-0001-6431-439X

Для цитирования: Калинин А. Г., Щеголев А. В. Современные подходы к анестезиологическому обеспечению эндоскопических вмешательств при стенозах гортани. Здравеохранение Дальнего Востока. 2026, 3: 61–72. DOI: 10.33454/1728-1261-2026-3-61-72

Modern Approaches to Anesthetic Management of Endoscopic Interventions for Laryngeal Stenosis

A. G. Kalinin¹, A. V. Shchegolev²

¹ A. A. Vishnevsky National Medical Research Center of High Medical Technologies of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Russia

² S. M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

Abstract

Background. Anesthetic management of endoscopic interventions for laryngeal stenosis remains one of the most complex and unresolved issues in modern anesthesiology due to the overlapping work areas of the surgeon and anesthesiologist, and the nature of gas exchange impairments with varying degrees of stenosis requiring a strictly individualized approach. In recent years, the arsenal of respiratory support techniques has significantly expanded due to fundamentally new technologies, requiring the systematization of accumulated data.

Objective of the Study. To systematize current Russian and international literature on anesthetic and respiratory support methods during endoscopic interventions for laryngeal stenosis of various etiologies, evaluate the advantages and limitations of each approach, and identify promising areas for further research.

Materials and Methods. An analytical review of Russian and international literature covering the past 10 years on anesthetic and respiratory support during endolaryngeal and endotracheal surgeries was conducted. The search included PubMed, Scopus, and eLibrary using the following keywords: "laryngeal stenosis," "endoscopic surgery," "anesthesiology," "high-frequency jet ventilation," "THRIVE," "Tritube," and "flow-controlled ventilation." A total of 92 literature sources were analyzed, of which 50 reflecting the most current methodological approaches were selected.

Results and Discussion. Key techniques for maintaining airway patency and gas exchange are reviewed: inhalational anesthesia with small-bore intubation, injection and transcatheter high-frequency jet ventilation (HFJV), superposition high-frequency ventilation, total intravenous anesthesia with preserved spontaneous breathing (TIVA/STRIVE), flow-assisted apnea oxygenation, and high-flow humidified oxygen insufflation via nasal cannula (THRIVE). The use of supraglottic airways and a fundamentally new approach using the ultra-thin Tritube® endotracheal tube in combination with flow-controlled ventilation (FCV, Evone® device) are discussed separately. Safety issues related to surgical lasers and the prevention of airway inflammation are discussed.

Conclusions. A differentiated choice of anesthesia and respiratory support technique is advisable depending on the degree of stenosis, comorbidities, and the nature of the surgical intervention. Tritube® + FCV technology appears to be one of the most promising approaches, combining the advantages of a closed breathing circuit and wide surgical access. Further prospective studies are needed to clarify the safe use limits of each of these technologies.

Keywords: laryngeal stenosis, endoscopic surgery, anesthesia, high-frequency jet ventilation, apnea oxygenation, THRIVE, Tritube, flow-controlled ventilation, total intravenous anesthesia

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

A. G. Kalinin – ORCID: 0009-0009-2381-6065

A. V. Shchegolev – ORCID: 0000-0001-6431-439X

To cite this article: Kalinin A. G., Shchegolev A. V. Modern Approaches to Anesthetic Management of Endoscopic Interventions for Laryngeal Stenosis. *Public Health of the Far East*. 2026, 3: 61–72. DOI: 10.33454/1728-1261-2026-3-61-72

Введение

В структуре онкологических заболеваний верхних дыхательных путей лидирующую позицию занимают злокачественные новообразования гортани, доля которых достигает 60–70 %. Согласно отечественной статистике, ежегодно регистрируется порядка 7 тысяч впервые выявленных случаев, причем на долю опухолей, ограниченных стадиями T1–T2, приходится около 39 %, тогда как местно-распространенные формы (T3–T4) составляют почти две трети – около 61 % [1]. Среди новообразований доброкачественной природы наиболее часто врачи сталкиваются с папилломами, полипами, фибромами и ангиомами; реже встречаются хондромы, липомы, кисты, невриномы и нейрофибромы [2]. По данным европейских регистров, частота идиопатического подсвязочного стеноза составляет около 1 случая на 400 тысяч населения в год, при этом заболевание поражает преимущественно женщин среднего возраста и в значительной части случаев требует повторных эндоскопических вмешательств [3].

В последние годы отмечается отчетливая тенденция к росту числа пациентов со стенозами гортани в общей структуре оториноларингологической патологии [2]. Этиологические

факторы сужения просвета гортани разнообразны и включают рубцовые изменения после длительной интубации и трахеостомии, новообразования доброкачественного и злокачественного характера, нейрогенные расстройства, специфические и неспецифические гранулемы, склерому, инвазивный рост опухолей щитовидной железы, а также воздушные кисты [3, 4]. Параллельно с увеличением заболеваемости расширяются возможности эндоскопического и микрохирургического лечения, что предъявляет новые требования к анестезиологическому пособию.

На протяжении более чем столетия в ларингологии ведется целенаправленный поиск максимально щадящих и при этом надежных методов лечения. Прогресс в области эндоскопической и микрохирургической техники открыл принципиально новые возможности – стало доступным выполнение реконструктивных вмешательств в условиях закрытого дыхательного контура [5]. На территории Российской Федерации в настоящее время реализуется ряд программ, нацеленных на раннюю диагностику опухолевых процессов и их радикальное хирургическое удаление [6]. Сегодня хирургический метод с привлечением эндоскопических технологий и лазерного воз-

действия остается базовым в лечении подобных пациентов [7, 8]. Расширению показаний к малоинвазивным эндоскопическим вмешательствам способствует и появление новых режимов искусственной вентиляции легких (ИВЛ), позволяющих проводить операции в анатомически ограниченном пространстве гортани без формирования превентивной трахеостомы.

Цель исследования

Систематизация современных данных отечественной и зарубежной литературы, касающихся методов анестезиологического обеспечения и респираторной поддержки при эндоскопических вмешательствах по поводу стенозов гортани различной этиологии, оценка преимуществ и ограничений каждого из подходов, а также определение перспективных направлений дальнейших исследований.

Материал и методы исследования

Для подготовки публикации использован аналитический метод, а также метод контент-анализа. Научной базой исследования послужили публикации в отечественных и зарубежных научных журналах за период 2014–2024 годов. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, eLibrary по ключевым словам: «стеноз гортани», «эндоскопическая хирургия», «анестезиологическое пособие», «высокочастотная струйная вентиляция», «апноэная оксигенация», «THRIVE», «Tritube», «flow-controlled ventilation», «тотальная внутривенная анестезия». Всего проанализировано 92 источника литературы, из которых отобрано 50, отражающих наиболее актуальные методические подходы.

Результаты и обсуждение

Эндобронхиальные и эндоларингеальные манипуляции преследуют несколько задач: восстановление и дальнейшее поддержание адекватного просвета дыхательных путей, разрешение обтурационной пневмонии, снижение выраженности воспалительного процесса, уменьшение интоксикационного и болевого синдромов. В конечном итоге это способствует увеличению продолжительности и улучшению качества жизни пациентов [9]. Тем не менее, несмотря на очевидные достижения, общую результативность лечения по-прежнему оценивают как недостаточную и, по данным различных исследователей, она варьирует в широких пределах – от 45 до 87,1 % [10].

При проведении эндоскопических операций на гортани и проксимальных сегментах трахеи применяют широкий арсенал методов анестезии и респираторной поддержки [11]. Доставку инструментария – электродов, аппликаторов, световодов, щипцов, лазерных

световодов – осуществляют через ригидные либо гибкие бронхоскопы, через прямой опорный ларингоскоп либо через эндоскопический канал надгортанного воздуховода. Регионарное обезболивание при сохраненном самостоятельном дыхании имеет ряд преимуществ: оно обеспечивает превосходную визуализацию операционного поля, особенно показано пациентам с нестабильной дыхательной функцией, позволяет интраоперационно оценивать подвижность голосовых складок, сопровождается меньшей рефлекторной реактивностью, требует сниженных доз анестетических препаратов и обеспечивает удовлетворительное обезболивание в раннем послеоперационном периоде [12].

Однако местная анестезия не лишена существенных недостатков: она не гарантирует достаточной неподвижности оперируемых структур, сохраняется риск аспирации содержимого и неадекватной оксигенации, затруднено удаление секрета и фрагментов резецированных тканей, нередко повреждается дорогостоящая аппаратура, и – что особенно важно – отсутствует возможность полноценного гемостаза при возникновении интраоперационного кровотечения [13]. Таким образом, варианты обезболивания, основанные на сохранении спонтанного дыхания, не создают тех условий, которые требуются для эндоскопической хирургии в полном объеме.

Вмешательства, выполняемые через ригидный бронхоскоп, позволяют избежать большинства указанных проблем и характеризуются рядом неоспоримых преимуществ: уменьшается общая длительность процедуры, сокращается число необходимых сеансов, формируются благоприятные условия для остановки кровотечения. Ригидная бронхоскопия по определению проводится в условиях общей анестезии с искусственной вентиляцией легких и максимально расширенным мониторингом основных витальных функций [14, 15].

Накопленный клинический опыт демонстрирует, что прямая опорная ларингоскопия открывает возможности как для уточняющей диагностики, так и для выполнения оперативных вмешательств при различных формах стеноза гортани. Лишь общая анестезия в сочетании с миорелаксацией создает оптимальные условия для манипуляций микроинструментами в анатомически ограниченном пространстве. Принципиально важно при этом отметить, что эндоскопическое вмешательство сопряжено с высоким риском нарушения проходимости дыхательных путей, поскольку зона работы хирурга и анестезиолога фактически совпадает, а это требует особой согласован-

ности их действий и взаимного понимания. Гортань, как известно, представляет собой выраженную рефлексогенную область, и ее раздражение способно спровоцировать расстройства дыхания и кровообращения вплоть до их остановки; исход во многом определяется адекватностью и управляемостью анестезиологического обеспечения [16].

Ключевой задачей анестезиолога при подобных вмешательствах является поддержание полноценного газообмена в условиях принципиально негерметичного дыхательного контура. Не менее важным аспектом считается выбор такого метода респираторной поддержки, который не препятствует работе хирурга. По мнению ряда исследователей, наиболее полно этим требованиям соответствует высокочастотная струйная вентиляция легких (ВЧСВЛ) [17, 18]. Однако с появлением новых технологий – высокопоточной назальной оксигенации, режима flow-controlled ventilation и ультратонких эндотрахеальных трубок – арсенал доступных решений существенно расширился, что требует переосмысления традиционных подходов.

Высокочастотная струйная вентиляция в эндоларингеальной хирургии

Инжекционная ВЧСВЛ через специальный канал операционного ларингоскопа в ходе прямой опорной ларингоскопии находит применение преимущественно в тех случаях, когда обструкция гортани отсутствует или ее степень соответствует I, а сама ларингоскопия прогнозируется как технически несложная [19]. Однако данный режим имеет и ряд ограничений. Даже у пациентов без выраженной патологии легочной паренхимы при использовании высокочастотного режима наблюдается замедление элиминации углекислого газа, тогда как оксигенация нередко остается в пределах нормы [20].

Применительно к рассматриваемой группе больных препятствия к проведению ВЧСВЛ дополнительно усугубляются нарушениями биомеханики дыхания. Обструкция дыхательных путей, дренажные расстройства, бронхиты, пневмонии, а также сопутствующие хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и эмфизема приводят к снижению легочной растяжимости и росту аэродинамического сопротивления. В итоге элиминация CO_2 и оксигенация артериальной крови могут оказаться недостаточными [21].

Эти обстоятельства послужили предпосылкой к разработке комбинированных вентиляционных режимов – сочетания традиционной ИВЛ с высокочастотной струйной, а также осцилляционной с объемной [22].

Улучшение оксигенации в подобных схемах достигается за счет высокочастотных малообъемных осцилляций, тогда как адекватный клиренс углекислоты обеспечивается нормочастотными вдуваниями большего объема; последние, помимо прочего, способствуют рекрутменту нефункционирующих альвеол благодаря более высокому пиковому давлению на вдохе. Согласно опубликованным данным многоцентрового европейского исследования, охватившего более 1500 пациентов, использование суперпозиционной высокочастотной вентиляции (SHFJV) в комбинации с нормочастотным режимом продемонстрировало высокую эффективность, безопасность и надежность подхода [23]. Пульсирующее ауто-ПДКВ, формирующееся за счет наложения высокочастотных осцилляций на низкочастотные вдувания, обеспечивает приемлемые показатели газообмена даже при декомпенсированных стенозах магистральных дыхательных путей. K. Galmén и соавт. в обзоре литературы 2017 года подчеркивают, что суперпозиционная ВЧСВЛ позволяет проводить вмешательства продолжительностью до 60–90 минут с сохранением нормокапнии примерно у 90 % пациентов при условии использования специального операционного ларингоскопа со встроенными форсунками [18].

В качестве альтернативы суперпозиционной ВЧСВЛ выступает чрескатетерный вариант высокочастотной вентиляции, преимущественно применяемый именно в эндоларингеальной хирургии [24]. У пациентов со стенозами гортани в стадии субкомпенсации или декомпенсации высокочастотная струйная вентиляция может проводиться через катетер, введенный в трахею ларинготрахеально – через ротовую или носовую полость [25]. После индукции общей анестезии в просвет гортани устанавливается операционный ларингоскоп, через который и осуществляется эндоларингеальное микрохирургическое вмешательство. Подача газа через ларинготрахеальный либо транстрахеальный инсуффляционный катетер позволяет поддерживать удовлетворительный газообмен даже у пациентов с сопутствующей сердечно-сосудистой и легочной патологией, а также у лиц с ожирением. Достаточность газообмена при этом достигается с использованием газовой смеси, содержащей от 21 до 50 % кислорода.

В ходе оперативного лечения стенозов гортани различной степени выраженности чрескатетерная ВЧСВЛ в сочетании с общей анестезией обеспечивает поддержание газообмена на протяжении всего вмешательства [26]. Применение тонкого катетера, прово-

димого через суженную голосовую щель, рассматривается как реальная альтернатива превентивной трахеостомии. Результаты как стендовых экспериментов на моделях легких со стенозами дыхательных путей, так и клинических наблюдений свидетельствуют о том, что данный метод позволяет обеспечивать адекватный газообмен у компенсированных больных при ширине голосовой щели свыше 4 мм [27].

С позиций безопасности обязательным условием является непрерывный мониторинг давления в дыхательных путях, поскольку любая хирургическая манипуляция в зоне сужения может привести к острому перераздуванию легких, развитию пневмоторакса и тяжелым гемодинамическим нарушениям [28]. Контроль фракционной концентрации кислорода и минутной вентиляции при высокочастотной ИВЛ остается технически сложной задачей даже на современных моделях аппаратов, за исключением весьма дорогостоящих устройств, оснащенных соответствующими опциями. Часть авторов полагает, что для рассматриваемых вмешательств вполне допустимо применять более простые модели респираторов, работающие с чистым кислородом [11]. Считается, что фракционная концентрация кислорода снижается за счет реализации эффекта Вентури – падения давления, когда поток жидкости или газа протекает через суженную часть трубы; для ее определения предложены специальные номограммы. Однако конструктивные особенности бронхоскопа во многих случаях исключают сам инжекционный эффект. Кроме того, даже при его теоретическом наличии коэффициент инжекции существенно варьирует у больных с измененными биомеханическими характеристиками легких на фоне опухолевого или рубцового стеноза. К тому же затраты времени на расчет концентрации кислорода по номограммам в условиях быстро меняющейся клинической ситуации представляются нерациональными и потенциально опасными.

При диаметре просвета гортани свыше 5 мм методом выбора служит транстрахеальный способ установки инсuffляционного катетера [29]. Перед операцией выполняется пункция трахеи на уровне 1–2 хрящевых колец либо через крикотиреоидную мембрану с последующим введением пластикового катетера внутренним диаметром 1,4 мм и длиной 8–10 см; через него во время вмешательства осуществляется струйная высокочастотная ИВЛ. Расположение катетера в зоне сужения не создает дополнительного препятствия для пассивного выдоха, что позволяет удерживать внутрилегочное давление в безопасных пределах. При невоз-

можности постоянного контроля давления в дыхательных путях проведение ВЧСВА требует особой осторожности, так как критическое повышение внутрилегочного давления может развиваться на любом этапе операции [30]. Помимо этого, в литературе указывается на ряд ограничений к применению чрескатетерной ВЧСВА – в частности, у пациентов с ХОБЛ и ожирением [31].

Наличие эндотрахеальной трубки или инсuffляционного катетера в просвете голосовой щели существенно затрудняет, а порой и полностью исключает доступ к зоне вмешательства. Помимо этого, использование чрескатетерной ВЧСВА может сопровождаться нередко фатальными осложнениями – перегибом катетера, перфорацией стенки трахеи или бронха, дислокацией в дистальные отделы бронхиального дерева, а также таким серьезным инцидентом, как возгорание катетера и газовой смеси при работе хирургическими лазерами, аргоноплазменными или обычными электрокоагуляторами [32]. Воспламенение газовой среды, обогащенной кислородом, нередко приводит к обширным ожогам слизистой оболочки дыхательных путей. С целью профилактики подобных осложнений во многих специализированных центрах концентрация кислорода во вдыхаемой смеси при эндобронхиальных операциях ограничивается уровнем не выше 40 %.

Принципиально различают два варианта реализации струйной ИВЛ – инжекционный и чрескатетерный [33]. Инжекционная техника основана на том, что струя кислорода, подаваемого под давлением 1–4 кгс/см² через специальную канюлю, формирует вокруг нее зону разрежения, в результате чего происходит смешивание подаваемой воздушной смеси и атмосферного воздуха (эффект Вентури). Чрескатетерный вариант предполагает введение в трахею тонкого катетера внутренним диаметром 1–2 мм – чрескожно либо через носовой ход – с последующей подачей кислорода через его просвет.

Потоковая апнойная оксигенация и эволюция «бестубусных» методик

При планировании анестезиологического обеспечения эндоларингеальной операции на первый план выдвигаются проблемы, связанные с анатомо-функциональными нарушениями гортани при стенозах различной этиологии, а также с поддержанием адекватной вентиляции в условиях совмещенной зоны работы хирурга и анестезиолога. Это обуславливает необходимость разработки специализированных подходов. Превентивная трахеостомия как первый этап хирургического пособия по-

зволяет полностью решить вопрос обеспечения дыхательной функции, однако существенно повышает травматичность вмешательства и удлиняет восстановительный период. Нередко именно из-за необходимости наложения трахеостомы пациенты отказываются от планируемой операции на гортани. По степени травматичности трахеостомия, выполняемая исключительно с целью обеспечения вентиляции при общей анестезии, может многократно превосходить основное вмешательство. В то же время возможность поддержания адекватной вентиляции при стенозе гортани без формирования трахеостомы существенно расширяет показания к эндоскопической хирургии [34].

В ряде клиник апробирована методика потоковой апной оксигенации (ПАО) [35]. Техника оксигенации в условиях апноэ остается относительно малознакомой для большинства анестезиологов, хотя позволяет получить абсолютно неподвижное операционное поле. Суть метода заключается в постоянной подаче кислорода через катетер при отсутствии положительного давления в дыхательных путях; экспираторный поток при этом носит пассивный характер. Ранее применение ПАО было существенно ограничено, поскольку далеко не все пациенты способны переносить продолжительные периоды апноэ – особенно это касается лиц с ожирением. Появление высокопоточной кислородотерапии существенно расширило возможности данного подхода.

Вместе с тем методика ПАО неприменима при работе с лазером – в силу высочайшего риска воспламенения кислородно-воздушной смеси. При этом сравнительный анализ ВЧСВА и ПАО показал, что обе техники сопоставимы по эффективности обеспечения адекватной оксигенации крови в ситуациях, когда традиционная вентиляция технически невозможна. Применение этих методик создает необходимый хирургический комфорт и предоставляет достаточный временной резерв для выполнения операций в просвете гортани.

Высокопоточная увлажненная инсуффляция кислорода через назальные канюли (THRIVE)

Принципиальным шагом в эволюции «бес-тубусных» методик стала разработка концепции transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE), впервые описанной A. Patel и S. A. R. Nouraei в 2015 году [36]. В основе метода лежит непрерывная подача через специальные назальные канюли подогретой и увлажненной кислородно-воздушной смеси с потоком до 70 л/мин. Высокий поток обеспечивает не только поддержание оксигенации в условиях апноэ, но и пассивную

элиминацию углекислоты за счет «эффекта вымывания» (washout) анатомического мертвого пространства, а также формирует положительное конечно-экспираторное давление 4–7 см вод. ст., способствующее поддержанию проходимости верхних дыхательных путей и предупреждающее коллапс альвеол [37].

В оригинальном исследовании A. Patel и S. A. R. Nouraei у 25 пациентов с прогнозируемо сложными дыхательными путями, оперированных по поводу опухолей гортани, средняя продолжительность безопасного апноэ при использовании THRIVE составила 14 минут (медиана 17 минут) при сохранении SpO_2 не ниже 90 % [36]. Скорость прироста $PaCO_2$ в условиях THRIVE значительно меньше, чем при классической апной оксигенации низким потоком: по данным разных авторов, она составляет 0,15–0,24 кПа/мин против 0,4–0,5 кПа/мин при стандартном апноэ, что существенно увеличивает «временное окно» безопасности и позволяет выполнять полноценные хирургические вмешательства без интубации трахеи [37, 38].

В крупном ретроспективном анализе V. Nekhendzy и соавт. (2020), охватившем серию из 222 пациентов, перенесших ларингологические операции с использованием THRIVE на фоне тотальной внутривенной анестезии, частота десатураций ниже 90 %, потребовавших возвращения к традиционной вентиляции, не превысила 3 %, тяжелых осложнений зарегистрировано не было [38]. В систематическом обзоре L. Huang и соавт. (2024), обобщившем 28 публикаций о применении THRIVE в оториноларингологии, авторы отмечают, что метод стал стандартом «де-факто» для коротких эндоларингеальных вмешательств, преоксигенации перед интубацией прогнозируемо сложных дыхательных путей и для поддержания газообмена при «общем» дыхательном пути в гипотарингеальной и ларинготрахеальной хирургии [39].

Особый интерес представляет применение THRIVE у пациентов с подвязочным стенозом. В сравнительном исследовании D. L. Youssef и P. Paddle (2022), охватившем 35 эндоскопических вмешательств по поводу подвязочного стеноза, было показано, что апнозные методики (как низкопоточная, так и высокопоточная) безопасны и эффективны при стенозах любой степени тяжести, а единственным значимым предиктором ранней десатурации является повышенный индекс массы тела [40]. На основании этих данных авторы сделали вывод о том, что в условиях ограниченного доступа к THRIVE низкопоточная апнозная оксигенация остается приемлемой альтернативой у пациентов без выраженного ожирения.

Метаанализ F. Chan и соавт. (2023), включивший 17 сравнительных исследований по различным методикам респираторной поддержки в ларингеальной хирургии, продемонстрировал, что применение высокопоточной назальной оксигенации (включая THRIVE) сокращает длительность операции по сравнению с традиционной интубацией, однако сопровождается более частыми эпизодами десатурации, более высокими значениями пикового etCO_2 и более частой необходимостью «спасательных» интервенций [41]. Авторы заключили, что HFNO/THRIVE может быть столь же эффективен, как интубация трахеи, в плане оксигенации у тщательно отобранных взрослых пациентов, тогда как традиционная вентиляция через эндотрахеальную трубку остается, по совокупности параметров, более безопасной.

Важным ограничением метода THRIVE является принципиальная несовместимость с использованием хирургических лазеров и электрокоагуляторов в условиях высокой фракции кислорода: согласно международным рекомендациям и обзорам D. L. Youssef и P. Paddle, при необходимости лазерной хирургии применение THRIVE возможно только при снижении FiO_2 ниже 30–40 % с заранее согласованной возможностью быстрого перехода на закрытый дыхательный контур [40]. С позиций кумуляции углекислоты безопасной продолжительностью апноэ на THRIVE при стандартной поддержке считается период до 30–35 минут у пациентов без сопутствующей патологии; превышение этого порога требует кратковременного перехода на масочную вентиляцию или интубацию для нормализации pH и PaCO_2 [38, 39].

В отечественной литературе высокопоточная назальная оксигенация и апноэная оксигенация подробно проанализированы в обзоре А. В. Алексеева и соавт. (2020), где подчеркивается перспективность данного направления и одновременно акцентируется внимание на необходимости индивидуального учета сопутствующей патологии, биомеханики дыхания, прогнозируемой длительности апноэ и риска воспламенения дыхательных путей [30].

Тотальная внутривенная анестезия и режим STRIVE при эндоларингеальной хирургии

Принципиальной особенностью «бестубусных» методик является невозможность подачи ингаляционных анестетиков в закрытом контуре, в связи с чем стандартом анестезиологического пособия становится тотальная внутривенная анестезия (ТВВА), как правило, основанная на сочетании пропофола и ремифентанила, нередко с включением дексметедо-

томидина в качестве анальгетико-седативного компонента [16, 42]. Целевая инфузия пропофола по target-controlled infusion (TCI) с поддержанием концентрации в эффекторной камере 2,5–3,5 мкг/мл в сочетании с инфузией ремифентанила 0,1–0,3 мкг/кг/мин обеспечивает стабильную глубину анестезии, контролируемую по биспектральному индексу (BIS), быстрое пробуждение и хорошую управляемость гемодинамикой [16].

А. С. Sinha и Н. Vaghadia в обзоре, посвященном ТВВА в хирургии дыхательных путей, отмечают, что комбинация пропофол–ремифентанил остается золотым стандартом для коротких эндоларингеальных вмешательств благодаря быстрой обратимости седации, минимальному резидуальному эффекту и отсутствию загрязнения операционной парами ингаляционных анестетиков, что особенно актуально при работе с лазером и в условиях открытого дыхательного контура [16]. Дополнительное включение дексметедомидина в дозе 0,3–0,7 мкг/кг/ч позволяет снизить расход пропофола и ремифентанила, обеспечить более гладкое пробуждение и снизить частоту кашля и ларингоспазма в раннем послеоперационном периоде [42].

Особое место занимает методика SponTaneous Respiration using IntraVenous Anesthesia (STRIVE) – режим тотальной внутривенной анестезии с сохраненным самостоятельным дыханием. Концепция STRIVE разработана как альтернатива апноэным методикам при эндоларингеальной хирургии у детей и пациентов высокого риска. Сохранение спонтанного дыхания через высокопоточные назальные канюли в условиях глубокой пропофоловой седации с инфузией ремифентанила позволяет удерживать SpO_2 на уровне ≥ 95 % при отсутствии принудительной вентиляции и интубации трахеи, обеспечивая хирургу полный доступ к голосовым складкам и подскладочному пространству [13, 39]. По данным L. Huang и соавт. (2024), сочетание STRIVE с THRIVE становится всё более распространенной стратегией в специализированных центрах, особенно при оценке функционального состояния гортани во время вмешательства [39].

Систематический обзор и метаанализ M. Aldenkortt и соавт., посвященный стратегиям вентиляции у пациентов с ожирением, подчеркивает, что у этой категории больных любые «бестубусные» техники сопровождаются повышенным риском быстрой десатурации и аспирации, в связи с чем при ИМТ > 35 кг/м² предпочтение должно отдаваться методикам с обеспечением закрытого дыхательного контура, в частности – интубации трубками малого

диаметра либо использованию ультратонких трубок типа Tritube® [21].

Надгортанные воздуховоды в эндоскопической хирургии гортани

В последние годы возрос интерес к применению надгортанных воздуховодов (laryngeal mask airway, LMA) в эндоскопической хирургии гортани и трахеи. Технология предусматривает установку ларингеальной маски над входом в гортань, через которую проводится гибкий бронхоскоп с рабочим каналом, через который, в свою очередь, доставляется CO₂-лазерный световод или иной хирургический инструмент. По данным N. Vorasubin и соавт. (2014), такой подход успешно применяется в лечении подсвязочных и трахеальных стенозов, обеспечивая стабильный газообмен через закрытый дыхательный контур и хорошую визуализацию операционного поля [43]. Преимуществами методики являются возможность фракции кислорода 100 % на этапах, не предусматривающих использование лазера, а также отсутствие необходимости в интубации трахеи и трахеостомии.

В отдельных публикациях описано применение надгортанных воздуховодов второго поколения (i-gel, ProSeal-LMA) у бодрствующих пациентов после поверхностной анестезии, что позволяет реализовать стратегию «awake supraglottic airway» и провести эндоскопическое вмешательство в условиях сохраненного спонтанного дыхания [44]. Тем не менее необходимо учитывать ряд ограничений: LMA может смещаться при манипуляциях ригидным инструментарием, не обеспечивает абсолютной защиты от аспирации содержимого верхних дыхательных путей, а ее использование при выраженных подсвязочных стенозах III степени по Cotton–Myer существенно ограничено из-за невозможности контроля давления в дыхательных путях ниже зоны сужения [43].

Ультратонкие эндотрахеальные трубки и flow-controlled ventilation

Принципиально новым направлением, активно развивающимся в последнее десятилетие, стало использование ультратонких эндотрахеальных трубок типа Tritube® (Ventinova Medical, Нидерланды) в сочетании с режимом flow-controlled ventilation (FCV), реализуемым с помощью аппарата Evone® [45]. Tritube® представляет собой манжеточную трубку с наружным диаметром всего 4,4 мм и внутренним диаметром 2,4 мм, что более чем вдвое меньше диаметра микроларингеальной трубки 6,0 мм (8,2 мм наружный диаметр) и обеспечивает существенное расширение операционного поля при сохранении герметичности системы.

Особенностью режима FCV является ак-

тивное удаление выдыхаемого газа за счет создания отрицательного давления по принципу Бернулли, что делает возможной адекватную вентиляцию через трубку с внутренним диаметром 2,4 мм – задача, нерешаемая в условиях стандартной объемконтролируемой ИВЛ из-за высокого сопротивления потоку. Согласно данным многоцентрового проспективного исследования M. Schmidt и соавт., воспроизведенного и подтвержденного в систематическом обзоре S. Saracoglu и соавт. (2022), применение Tritube® с FCV в ларинготрахеальной хирургии обеспечивает значимо лучшую визуализацию операционного поля, более высокую растяжимость легких и меньшее давление в дыхательных путях по сравнению с объемконтролируемой ИВЛ через стандартную микроларингеальную трубку 6,0 мм [45].

В клинической серии C. M. Chiesa-Estomba и соавт., описавших использование Tritube® и Evone® при идиопатическом подсвязочном стенозе III степени, рецидивирующем папилломатозе гортани и при выполнении ларингэктомии, авторы подчеркивают, что метод позволяет обеспечить стабильный газообмен на протяжении всего вмешательства, минимизирует риск аэролизации вирусных частиц при работе с папилломатозом (в сравнении с ВЧСВЛ), снижает риск возгорания при лазерной хирургии и позволяет избежать апной периодов и связанной с ними гиперкапнии [46]. По данным F. Onorati и соавт. (2021), включение Evone® в арсенал отделения позволило увеличить долю эндоскопически оперированных пациентов с тяжелыми стенозами на 18 %, преимущественно за счет отказа от превентивной трахеостомии [46].

Ограничениями метода являются высокая стоимость аппаратуры и расходных материалов, необходимость специального обучения медицинского персонала, а также ограничение использования у пациентов с тяжелой ХОБЛ и буллезной эмфиземой, у которых активная аспирация выдыхаемого газа может создать условия для динамической гиперинфляции и баротравмы. Тем не менее именно технология Tritube® + FCV, по совокупности данных, представляется на сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений, объединяющих преимущества закрытого дыхательного контура и широкого хирургического доступа [45, 46].

Сравнительная эффективность методов респираторной поддержки: данные систематических обзоров

В систематическом обзоре R. Sutherasan и соавт. (2022), посвященном анестезиологическим подходам при эндоскопическом лечении

стенозов дыхательных путей, проанализированы 17 публикаций, удовлетворивших критериям включения [41]. Частота частичной и полной несостоятельности методики составила: 0 % для FCV с Tritube® и для надгортанных воздуховодов; 4,76 % для TBVA с сохраненным спонтанным дыханием в сочетании с HFNO; 30,24 % для высокочастотной струйной вентиляции. Частота интраоперационной гипоксемии оказалась минимальной (0 %) при использовании FCV/Tritube® и при STRIVE с HFNO; наибольшие значения были зарегистрированы для классической инъекционной ВЧСВА. Авторы подчеркивают, что выбор оптимальной техники должен опираться на индивидуальную оценку пациента, степени стеноза, опыта команды и доступности оборудования.

Сходные выводы сделаны в обзоре F. Chan и соавт. (2023), специально сравнивавшим HFNC, классическую интубацию и струйную вентиляцию: HFNC не уступает интубации в эффективности оксигенации, сокращает длительность операции, однако чаще сопровождается эпизодами десатурации и кумуляцией углекислоты [41]. Авторы заключают, что классическая интубация трубкой малого диаметра по совокупности параметров безопасности по-прежнему может рассматриваться как «эталонная», тогда как HFNO/THRIVE и струйная вентиляция представляют собой важные дополняющие альтернативы при наличии анатомических или хирургических показаний.

Систематический обзор L. Putz и соавт. (2016), сосредоточенный исключительно на струйной вентиляции при ригидной бронхоскопии у взрослых, демонстрирует, что при правильном подборе параметров (частота 100–150 циклов/мин, рабочее давление 1,5–2,5 бар, $\text{FiO}_2 \leq 40\%$) частота тяжелых осложнений (баротравма, пневмоторакс, гиперкапния III степени) не превышает 1–2 %, что свидетельствует о высокой воспроизводимости и безопасности метода в опытных руках [17]. Авторы особо подчеркивают, что струйная вентиляция требует тесного взаимодействия анестезиолога и хирурга, а также непрерывного мониторинга давления в дыхательных путях.

Профилактика интраоперационных осложнений и безопасность при работе с лазером

Особое место в анестезиологическом обеспечении эндоскопических вмешательств на гортани занимают вопросы профилактики возгорания дыхательных путей (airway fire) при использовании хирургических лазеров. Возгорание представляет собой одно из самых грозных и потенциально фатальных осложнений: «треугольник пожара» включает горючий

материал (эндотрахеальная трубка, инсuffляционный катетер, ткани), окислитель (повышенная фракция кислорода в дыхательной смеси) и источник воспламенения (лазерный луч, электрокоагулятор). В соответствии с международными рекомендациями Anesthesia Patient Safety Foundation, при работе с CO₂-или Nd:YAG-лазером рекомендуется поддерживать FiO_2 на уровне $\leq 30\%$, использовать специальные лазер-стойкие эндотрахеальные трубки, заполнять манжету физиологическим раствором (предпочтительно подкрашенным метиленовым синим для индикации перфорации) и обеспечивать постоянную готовность к экстренной экстубации и подаче охлаждающей жидкости [32, 41].

При использовании FCV с Tritube® риск возгорания значительно ниже, чем при ВЧСВА через инсuffляционный катетер, благодаря закрытому контуру и возможности контролируемого снижения FiO_2 [45]. Методика THRIVE при работе с лазером применяется ограниченно: согласно опубликованным сериям и обзорам, лазерная микрохирургия гортани на фоне THRIVE возможна лишь при снижении FiO_2 до 30 % и менее, что одновременно сокращает «временное окно» безопасной апной оксигенации [40].

Помимо возгорания, в число важных осложнений входят: баротравма с развитием пневмоторакса и пневмомедиастинума (особенно при ВЧСВА и высоком сопротивлении дыхательных путей); гиперкапния и респираторный ацидоз (при апной методиках и THRIVE); ларингоспазм и бронхоспазм при недостаточной глубине анестезии или раздражении рефлексогенных зон; постэкстубационный отек гортани, особенно после длительных вмешательств у пациентов с предшествующими стенозами; аспирация содержимого верхних дыхательных путей при «бестубусных» методиках и в условиях LMA [13, 28, 41]. Профилактика этих осложнений требует тщательной предоперационной подготовки, непрерывного мониторинга (SpO_2 , etCO_2 при наличии возможности, давление в дыхательных путях, BIS, инвазивный артериальный мониторинг при тяжелой сопутствующей патологии), а также четкой коммуникации между членами хирургической бригады.

Концепция мультимодальной анестезиологической защиты, применительно к эндоларингеальной хирургии, предполагает целенаправленный подбор фармакологических средств периферического и центрального действия: сочетание глубокой TBVA с топической анестезией голосовых складок 4 % раствором лидокаина перед интубацией или установкой LMA,

использование дексмететомидина для снижения симпатической реакции на манипуляции в рефлексогенной зоне, периоперационное введение глюкокортикоидов (дексаметазон 4–8 мг внутривенно) для профилактики постэкстубационного отека, а также использование сугаммадекса для быстрой и предсказуемой реверсии нейромышечного блока перед экстубацией. Подобный многокомпонентный подход позволяет минимизировать стрессовый ответ, снизить частоту осложнений и обеспечить максимально гладкое пробуждение [16, 42].

Выводы

Анестезиологическое сопровождение эндоскопических вмешательств по поводу стенозов гортани различной этиологии до настоящего времени остается одной из сложных и нерешенных задач современной анестезиологии. Это связано прежде всего с тем, что характер нарушений газообмена, возникающих при разной степени стеноза, требует строго индивидуального подхода в каждом конкретном случае. Стремление к достижению наилучших результатов анестезии и арефлексии закономерно привело к формированию концепции мультимодальной анестезиологической защиты с целенаправленным подбором фармакологических средств периферического и центрального действия, в первую очередь – на основе тотальной внутривенной анестезии пропофолом и ремифентанилом с включением дексмететомидина.

Анализ литературы за последнее десятилетие свидетельствует о существенном расширении арсенала методик респираторной поддержки. Наряду с классическими подходами – интубацией трубками малого диаметра и инъекционной/чрескатетерной высокочастотной струйной вентиляцией – в клиническую практику активно внедряются принципиально новые технологии: высокопоточная увлажненная инсuffляция кислорода через назальные канюли (THRIVE), сочетание ультратонкой эндотрахеальной трубки Tritube® с режимом flow-controlled ventilation (FCV/Evone®), а так-

же применение надгортанных воздуховодов с проведением гибкого бронхоскопа через их рабочий канал. Каждая из перечисленных методик имеет собственную нишу применения, определяемую степенью стеноза, характером сопутствующей патологии, продолжительностью и характером планируемого вмешательства, а также наличием специализированного оборудования.

Тем не менее многие методические аспекты респираторной поддержки при стенозе дыхательных путей по-прежнему нуждаются в дальнейшем научном изучении. В частности, остаются недостаточно исследованными возможности применения струйной вентиляции и высокопоточной назальной оксигенации при стенозах гортани разной степени выраженности, не определены четкие границы безопасного поддержания газообмена через стенозированные дыхательные пути без выполнения превентивной трахеостомии, требуют уточнения критерии отбора пациентов для каждой из методик, а также протоколы быстрого перехода с одной техники на другую при возникновении интраоперационных осложнений.

Перспективными направлениями дальнейших исследований представляются: проспективные сравнительные испытания THRIVE и FCV/Tritube® при стенозах различной степени тяжести; разработка индивидуализированных алгоритмов выбора метода респираторной поддержки в зависимости от ИМТ, степени стеноза по классификации Cotton–Myer, наличия ХОБЛ и других факторов риска; изучение возможностей сочетанного применения методик в рамках единого вмешательства; уточнение протоколов профилактики возгорания дыхательных путей при лазерной хирургии в условиях высокопоточной оксигенации. Решение этих задач позволит существенно расширить показания к малоинвазивной эндоскопической хирургии стенозов гортани и одновременно повысить безопасность пациентов на всех этапах периоперационного периода.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Каприн А. Д., Старинский В. В., Шахзадова А. О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – фил. ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2023. 239 с.
Kaprin A. D., Starinsky V. V., Shakhzadova A. O. The state of oncological care for the population of Russia in 2022. Moscow: P. A. Herzen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Center of Radiology of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2023. 239 p.
2. Кожанов Л. Г., Кожанов А. Л., Романова Е. С. Новообразования верхних дыхательных путей и носа //

- Вестн. оториноларингологии. 2021. Т. 86, № 1. С. 75–80. DOI 10.17116/otorino20218601175.
- Kozhanov L. G., Kozhanov A. L., Romanova E. S. Neoplasms of the upper respiratory tract and nose // Vestnik Otolaringologii. 2021. Vol. 86, No. 1. P. 75–80. DOI 10.17116/otorino20218601175
3. Карпищенко С. А., Рябова М. А. Хронические стенозы гортани: современные подходы к диагностике и лечению. СПб.: Диалог, 2019. 208 с.
Karpishchenko S. A., Ryabova M. A. Chronic stenosis of the larynx: modern approaches to diagnosis and treatment. St. Petersburg: Dialog, 2019. 208 p.

4. Паришин В. Д. О классификации рубцового стеноза гортани // *Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова*. 2020. № 10. С. 5–10. DOI 10.17116/hirurgia20201015
- Parshin V. D. On the classification of cicatricial stenosis of the larynx // *Khirurgiya. Zhurnal imeni N. I. Pirogova*. 2020. No. 10. P. 5–10. DOI 10.17116/hirurgia20201015
5. Oncologic results and quality of life in patients with T3 glottic cancer after transoral laser microsurgery / P. J. Chien, L. T. Hung, L. W. Wang et al. DOI 10.1007/s00405-020-06487-6 // *Europ. Arch. of Oto-Rhino-Laryngology*. 2021. Vol. 278, № 8. P. 2983–2992.
6. Long-term oncologic outcomes of 1188 Tis-T2 glottic cancers treated by transoral laser microsurgery / C. Piazza, A. Paderno, F. Del Bon et al. DOI 10.1177/0194599820983778 // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2021. Vol. 165, № 2. P. 321–328.
7. CO₂ transoral laser microsurgery in benign, premalignant and malignant (Tis, T1, T2) lesion of the glottis: a literature review / C. M. Chiesa-Estomba, J. A. González-García, E. Larruscain et al. DOI 10.3390/medicines6030077 // *Medicines*. 2019. Vol. 6, № 3. P. 77.
8. Management of early glottic cancer treated by CO₂ laser according to surgical-margin status: a systematic review of the literature / B. Verro, G. Greco, E. Chianetta et al. DOI 10.1055/s-0040-1709111 // *Intern. Arch. of Otorhinolaryngology*. 2021. Vol. 25, № 2. P. 301–308.
9. Oncological and functional outcomes following transoral laser microsurgery in patients with T2a vs T2b glottic squamous cell carcinoma / D. Forner, M. H. Rigby, R. D. Hart et al. DOI 10.1186/s40463-019-0349-4 // *J. of Otolaryngology – Head and Neck Surgery*. 2019. Vol. 48, № 1. P. 27.
10. Хирургическое лечение рубцового стеноза трахеи: 60-летний опыт / В. Д. Паришин, М. А. Русаков, О. С. Мирзоян и др. DOI 10.17116/hirurgia20211115 // *Хирургия. Журн. им. Н. И. Пирогова*. 2021. № 11. С. 5–14.
- Surgical treatment of cicatricial tracheal stenosis: 60 years of experience / V. D. Parshin, M. A. Rusakov, O. S. Mirzoyan et al. DOI 10.17116/shirurgia20211115 // *Khirurgiya. Zhurnal imeni N. I. Pirogova*. 2021. No. 11. P. 5–14.
11. Тазабаев Т. А., Маланова Т. А., Хороненко В. Э. Анестезиологическое обеспечение эндоскопических операций при опухолях гортани, трахеи и бронхов // *Онкология. Журн. им. П. А. Герцена*. 2021. Т. 10, № 2. С. 8–14. DOI 10.17116/onkolog2021100218
- Tazabaev T. A., Malanova T. A., Khoronenko V. E. Anesthetic support of endoscopic surgeries for tumors of the larynx, trachea and bronchi // *Zhurnal imeni P. A. Gerzena*. 2021. Vol. 10, No. 2. P. 8–14. DOI 10.17116/onkolog2021100218
12. Тазабаев Т. А., Маланова Т. А., Хороненко В. Э. Респираторная поддержка при эндоскопических операциях на гортани, трахее и бронхах // *Онкология. Журн. им. П. А. Герцена*. 2020. Т. 9, № 4. С. 55–59. DOI 10.17116/onkolog20200415510.17116/onkolog202004155
- Tazabaev T. A., Malanova T. A., Khoronenko V. E. Respiratory support during endoscopic surgeries on the larynx, trachea, and bronchi // *Onkologiya. Zhurnal imeni P. A. Gerzena*. 2020. Vol. 9, No. 4. P. 55–59. DOI 10.17116/onkolog20200415510.17116/onkolog202004155
13. Pearson K. L., McGuire B. E. Anaesthesia for laryngo-tracheal surgery, including tubeless field techniques // *BJA Education*. 2017. Vol. 17, № 7. P. 242–248. DOI 10.1093/bjaed/mkw062
14. Central airway obstruction: benign strictures, tracheobronchomalacia, and malignancy-related obstruction / S. D. Murgu, K. Egressy, B. Laxmanan et al. DOI 10.1016/j.chest.2016.02.001 // *Chest*. 2016. Vol. 150, № 2. P. 426–441.
15. Anesthetic management of rigid bronchoscopy in central airway obstruction: a retrospective analysis / H. Hu, B. Xu, Q. Wan et al. DOI 10.21037/atm-21-5740 // *Annals of Translational Medicine*. 2022. Vol. 10, № 2. P. 47.
16. Sinha A. C., Vaghadia H. Total intravenous anesthesia for airway surgery // *Current Opinion in Anaesthesiology*. 2018. Vol. 31, № 1. P. 99–104. DOI 10.1097/ACO.0000000000000534
17. Putz L., Mayné A., Dincq A. S. Jet ventilation during rigid bronchoscopy in adults: a focused review // *BioMed Research International*. 2016. Art. ID 4234861. 6 p. DOI 10.1155/2016/4234861.
18. The use of high-frequency ventilation during general anaesthesia: an update / K. Galmén, P. Harbut, J. Freedman et al. DOI 10.12688/f1000research.10823.1 // *F1000Research*. 2017. Vol. 6. P. 756.
19. Павлов В. Е., Колотилов Л. В., Карпищенко С. А. Возможности струйной искусственной вентиляции лёгких при микрохирургическом эндоларингеальном оперативном лечении стенозов гортани и верхних отделов трахеи без наложения трахеостомы // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2018. Т. 15, № 3. С. 75–76. DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-3-75-815-3-75-81
- Pavlov V. E., Kolotilov L. V., Karpishchenko S. A. Possibilities of jet artificial ventilation of the lungs in microsurgical endolaryngeal surgical treatment of stenosis of the larynx and upper trachea without tracheostomy // *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2018. Vol. 15, No. 3. P. 75–76. DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-3-75-815-3-75-81
20. Comparison of superimposed high-frequency jet ventilation with conventional jet ventilation for laryngeal surgery / R. Leiter, A. Aliverti, R. Priori et al. DOI 10.1016/j.bja.2017.11.087 // *Brit. J. of Anaesthesia*. 2018. Vol. 120, № 3. P. 597–605.
21. Ventilation strategies in obese patients undergoing surgery: a quantitative systematic review and meta-analysis / M. Aldenkort, C. Lysakowski, N. Elia et al. DOI 10.1093/bja/aes338 // *Brit. J. of Anaesthesia*. 2018. Vol. 109, № 4. P. 493–502.
22. Применение высокочастотной струйной искусственной вентиляции лёгких в анестезиологии и интенсивной терапии / А. И. Грицан, А. И. Ярошецкий, А. В. Власенко и др. DOI 10.21292/2078-5658-2019-16-5-78-88 // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2019. Т. 16, № 5. С. 78–88.
- Use of high-frequency jet artificial ventilation in anaesthesiology and intensive care / A. I. Gritsan, A. I. Yaroshetsky, A. V. Vlasenko et al. DOI 10.21292/2078-5658-2019-16-5-78-88 // *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2019. Vol. 16, No. 5. P. 78–88.
23. Superimposed high-frequency jet ventilation (SHFJV) for endoscopic laryngotracheal surgery: long-term experience / A. Rezaie-Majd, W. Bigenzahn, D. M. Denk et al. DOI 10.1016/j.bja.2018.04.044 // *Brit. J. of Anaesthesia*. 2018. Vol. 121, № 3. P. 631–638.
24. Колотилов Л. В. Возможности и проблемы транстрахеальной струйной вентиляции в эндохирургии гортани // *Вестн. анестезиологии и реаниматологии*. 2018. Т. 15, № 4. С. 55–61. DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-4-55-61
- Kolotilov L. V. Possibilities and problems of transtracheal jet ventilation in laryngeal endosurgery // *Vestnik Anesteziologii i Reanimatologii*. 2018. Vol. 15, No. 4. P. 55–61. DOI 10.21292/2078-5658-2018-15-4-55-61
25. Evans E., Biro P., Bedforth N. Jet ventilation // *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*. 2019. Vol. 19, № 1. P. 2–6. DOI 10.1016/j.bjae.2018.10.003
26. Павлов В. Е., Колотилов Л. В., Карпищенко С. А. Анестезия и респираторная поддержка при эндоскопической коррекции субкомпенсированного стеноза гортани // *Вестн. оториноларингологии*. 2019. Т. 84, № 4. С. 27–29. DOI 10.17116/otorino20198404127
- Pavlov V. E., Kolotilov L. V., Karpishchenko S. A. Anesthesia and respiratory support during endoscopic correction of subcompensated laryngeal stenosis // *Vestnik otorhinolaringologii*. 2019. Vol. 84, No. 4. P. 27–29. DOI 10.17116/otorino20198404127

27. Колотилов А. В., Павлов В. Е. Струйная вентиляция лёгких в анестезиологическом обеспечении эндоларингеальных вмешательств у больных повышенного риска // Профилактикт. и клин. медицина. 2019. № 2. С. 25–29.
- Kolotilov L. V., Pavlov V. E. Jet ventilation of the lungs in anesthetic management of endolaryngeal interventions in high-risk patients // Preventive and clinical medicine. 2019. No. 2. P. 25–29.
28. Complications of different ventilation strategies in endoscopic laryngeal surgery: an updated review / Y. Jaquet, P. Monnier, G. Van Melle et al. DOI 10.1097/ALN.0000000000003003 // Anesthesiology. 2020. Vol. 132, No. 1. P. 52–59.
29. Bourgain J. L., McGee A., Cook T. M. Transtracheal jet ventilation in the management of the difficult airway // Anaesthesia. 2018. Vol. 73, Suppl. 1. P. 79–88. DOI 10.1111/anae.14143
30. Высокопоточная назальная оксигенация и апноэная оксигенация в анестезиологии: современное состояние проблемы / А. В. Алексеев, М. А. Выжигина, В. Д. Паршин и др. DOI 10.17116/anaesthesiology202005169 // Анестезиология и реаниматология. 2020. № 5. С. 69–78.
- High-flow nasal oxygenation and apnea oxygenation in anesthesia: current state of the problem / A. V. Alekseev, M. A. Vyzhigina, V. D. Parshin et al. DOI 10.17116/anaesthesiology202005169 // Anesthesiology and Resuscitation. 2020. No. 5. P. 69–78.
31. Ventilation strategies during endoscopic airway surgery in obese patients: a systematic review / H. Lim, J. H. Kim, D. Kim et al. DOI 10.3390/jcm11144106 // J. of Clinical Medicine. 2022. Vol. 11, № 14. P. 4106.
32. Roy S., Smith L. P. Prevention of airway fires: testing the safety of endotracheal tubes and surgical devices in a mechanical model // Amer. J. of Otolaryngology. 2020. Vol. 41, № 5. Art. 102571. DOI 10.1016/j.amjoto.2020.102571
33. Physiological comparison of spontaneous and positive-pressure ventilation in laryngotracheal stenosis / Nouraei S. A. R., Giussani D. A., Howard D. J. et al. DOI 10.1093/bja/aen171 // Brit. J. of Anaesthesia. 2018. Vol. 101, № 3. P. 419–423.
34. State of the art: interventional pulmonology / M. M. Wahidi, F. J. Herth, A. Chen et al. DOI 10.1016/j.chest.2019.10.013 // Chest. 2020. Vol. 157, № 3. P. 724–736.
35. Lyons C., Callaghan M. Apnoeic oxygenation with high-flow nasal oxygen for laryngeal surgery: a case series // Anaesthesia. 2017. Vol. 72, № 11. P. 1379–1387. DOI 10.1111/anae.14036
36. Patel A., Nouraei S. A. R. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways // Anaesthesia. 2015. Vol. 70, № 3. P. 323–329. DOI 10.1111/anae.12923
37. Spontaneous Respiration using IntraVenous anaesthesia and Hi-flow nasal oxygen (STRIVE Hi) maintains oxygenation and airway patency during management of the obstructed airway: an observational study / A. W. G. Booth, K. Vidhani, P. K. Lee et al. DOI 10.1093/bja/aew468 // Brit. J. of Anaesthesia. 2017. Vol. 118, № 3. P. 444–451.
38. The safety and efficacy of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange for laryngologic surgery / V. Nekhendzy, A. Saxena, B. Mittal et al. DOI 10.1002/lary.28562 // Laryngoscope. 2020. Vol. 130, № 12. P. E874–E881.
39. Trans-nasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE) and its utility in otolaryngology, head and neck surgery: a literature review / L. Huang, T. Athanasiadis, C. Woods et al. DOI 10.1007/s12070-023-04425-6 // Ind. J. of Otolaryngology and Head & Neck Surgery. 2024. Vol. 76, № 2. P. 1684–1693.
40. Youssef D. L., Paddle P. Tubeless anesthesia in subglottic stenosis: comparative review of apneic low-flow oxygenation with THRIVE // Laryngoscope. 2022. Vol. 132, № 6. P. 1231–1236. DOI 10.1002/lary.29885
41. High-flow nasal cannula versus conventional ventilation in laryngeal surgery: a systematic review and meta-analysis / F. Chan, H. M. Chiang, S. Vasudevan et al. DOI 10.7759/cureus.38861 // Cureus. 2023. Vol. 15, № 5. Art. ID e38861.
42. Safety and utility of transnasal humidified rapid-insufflation ventilatory exchange (THRIVE) for laser laryngeal surgery / M. A. Khan, A. Saxena, J. B. Brodsky et al. DOI 10.1002/ohn.324 // Otolaryngology – Head and Neck Surgery. 2023. Vol. 169, № 1. P. 174–181.
43. Airway management and endoscopic treatment of subglottic and tracheal stenosis: the laryngeal mask airway technique / N. Vorasubin, D. Vira, N. Jamal et al. DOI 10.1177/0003489414525340 // Annals of Otolaryngology & Laryngology. 2014. Vol. 123, № 4. P. 293–298.
44. Bourgain J. L., Quintard H. Anaesthetic management of laryngeal surgery using a supraglottic airway device: an update // Current Opinion in Anaesthesiology. 2019. Vol. 32, № 1. P. 13–18. DOI 10.1097/ACO.0000000000000666
45. A new perspective during laryngo-tracheal surgery: the use of an ultra-thin endotracheal tube (Tritube®) and flow-controlled ventilation – a retrospective case series and a review of the literature / A. Grassetto, T. Pettenuzzo, F. Badii et al. DOI 10.1186/s44158-022-00066-3 // J. of Anesthesia, Analgesia and Critical Care. 2022. Vol. 2, № 1. P. 39.
46. Evone® flow-controlled ventilation: a new device for laryngotracheal surgery / F. Onorati, G. Berlot, L. Mascia et al. DOI 10.14639/0392-100X-suppl.1-41-2021-15 // Acta Otorhinolaryngologica Italica. 2021. Vol. 41, Suppl. 1. P. S139–S144.