

© Team of authors, 2022 / © Коллектив авторов, 2022

## Use of thermal helium-oxygen mixture for correction of respiratory failure in complex treatment of patients with cicatricial stenosis of larynx and trachea

E.A. Kirasirova<sup>1</sup>, E.A. Frolkina<sup>1</sup>, R.A. Rezakov<sup>1</sup>, R.F. Mamedov<sup>1</sup>, N.V. Lafutkina<sup>1</sup>, I.E. Rybalchenko<sup>2</sup>, S.I. Tyutina<sup>1</sup>, V.A. Trusov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSHI L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup>FAI Gormedtekhnik, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

Contacts: Ruslan Anatolyevich Rezakov –e-mail: egorova917@mail.ru

## Использование термической гелий-кислородной смеси для коррекции дыхательной недостаточности в комплексном лечении пациентов с рубцовым стенозом гортани и трахеи

E.A. Кирасирова<sup>1</sup>, E.A. Фролкина<sup>1</sup>, Р.А. Резаков<sup>1</sup>, Р.Ф. Мамедов<sup>1</sup>, Н.В. Лафуткина<sup>1</sup>, И.Е. Рыбальченко<sup>2</sup>, С.И. Тютинина<sup>1</sup>, В.А. Трусов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ Научно-исследовательский клинический институт оториноларингологии им. Л.И. Свержевского ДЗМ, Москва, Россия

<sup>2</sup>ГАУ Москвы «Гормедтехника ДЗМ», Москва, Россия

Контакты: Резаков Руслан Анатольевич –e-mail: egorova917@mail.ru

## 应用热氦氧混合气纠正喉气管瘢痕性狭窄患者呼吸衰竭

E.A. Kirasirova<sup>1</sup>, E.A. Frolkina<sup>1</sup>, R.A. Rezakov<sup>1</sup>, R.F. Mamedov<sup>1</sup>, N.V. Lafutkina<sup>1</sup>, I.E. Rybalchenko<sup>2</sup>, S.I. Tyutina<sup>1</sup>, V.A. Trusov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FSHI L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

<sup>2</sup>FAI Gormedtekhnik, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

通讯作者: Ruslan Anatolyevich Rezakov –e-mail: egorova917@mail.ru

Doi: 10.25792/HN.2022.10.4.24-29

The relevance of the work is determined by the fact that the result of treatment of patients with chronic larynx and trachea stenosis depends not only on the method of treatment, but also on the effect on postoperative tissue repair in conditions of chronic respiratory failure, which accompanies cicatricial stenosis of the larynx and trachea (CSLT). Development of new noninvasive techniques eliminating the consequences of hypoxia is a promising direction of respiratory support in the complex treatment of patients with chronic laryngeal and tracheal stenosis.

The article analyzes the effectiveness of correction of respiratory disorders using a thermal helium-oxygen mixture (Heliox) in patients with chronic cicatricial stenosis of the larynx and trachea. The study included 41 patients aged 19-67 years with a disease duration of 2 months to 16 years.

The necessary clinical and radiation, endoscopic and functional examination was performed on an outpatient basis. To detect chronic respiratory failure, the gas and acid-base composition of arterial blood was assessed. In the hospital, all patients underwent surgical intervention in the required volume. All patients in the pre- and postoperative period received inhalation therapy with a thermal helium-oxygen mixture according to the developed algorithm. After discharge from the hospital, a dynamic outpatient observation was carried out for 6 months.

The study showed that an integrated approach to the treatment using a thermal helium-oxygen mixture (Heliox) to correct respiratory disorders and manifestations of chronic hypoxia is a promising method for pre- and postoperative management of patients with cicatricial stenosis of the larynx and trachea.

**Key words:** cicatricial stenosis of the larynx and trachea, chronic respiratory failure, hypoxia, helium-oxygen mixture, Heliox

**Conflicts of interest.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Funding.** There was no funding for this study

**For citation:** Kirasirova E.A., Frolkina E.A., Rezakov R.A., Mamedov R.F., Lafutkina N.V., Rybalchenko I.E., Tyutina S.I., Trusov V.A. Use of thermal helium-oxygen mixture for correction of respiratory failure in complex treatment of patients with cicatricial stenosis of larynx and trachea. Head and neck. Russian Journal. 2022;10(4):24-29

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Актуальность работы обусловлена тем, что результат лечения больных хроническим стенозом гортани и трахеи зависит не только от метода лечения, но и от воздействия на послеоперационную репарацию тканей в условиях хронической дыхательной недостаточности, которая сопутствует рубцовому стенозу гортани и трахеи (РСГТ). Разработка новых неинвазивных методик, устраняющих последствия гипоксии, является перспективным направлением респираторной поддержки в комплексном лечении пациентов с хроническим стенозом гортани и трахеи.

**Цель исследования:** анализ эффективности коррекции дыхательных нарушений при помощи использования термической гелий-кислородной смеси (Гелиокс) у пациентов с хроническим РСГТ.

**Материал и методы.** В исследование включен 41 пациент с возрастным интервалом 19–67 лет и длительностью заболевания от 2 месяцев до 16 лет. Амбулаторно было проведено необходимое клинико-лучевое, эндоскопическое и функциональное обследование. Для выявления хронической дыхательной недостаточности исследовали газовый и кислотно-щелочной составы артериальной крови. В стационаре всем пациентам проводилось хирургическое вмешательство в необходимом объеме. Все пациенты в до- и послеоперационном периодах получали ингаляционную терапию термической гелий-кислородной смесью по разработанному алгоритму. После выписки из стационара проводилось динамическое амбулаторное наблюдение в течение 6 месяцев.

**Результаты.** Исследование показало, что комплексный подход к лечению больных с РСГТ с применением термической гелий-кислородной смеси (Гелиокс) для коррекции дыхательных нарушений и проявлений хронической гипоксии, является перспективным методом до- и послеоперационного ведения пациентов с РСГТ.

**Ключевые слова:** рубцовый стеноз гортани и трахеи, хроническая дыхательная недостаточность, гипоксия, гелий-кислородная смесь, Гелиокс

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Кирасирова Е.А., Фролкина Е.А., Резаков Р.А., Мамедов Р.Ф., Лафуткина Н.В., Рыбальченко И.Е., Тютин С.И., Трусов В.А. Использование термической гелий-кислородной смеси для коррекции дыхательной недостаточности в комплексном лечении пациентов с рубцовым стенозом гортани и трахеи. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2022;10(4):24–29

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов

Эта работа имеет отношение к тому факту, что результаты лечения пациентов с хроническим стенозом гортани и трахеи зависят не только от метода лечения, но и от воздействия на послеоперационную репарацию тканей в условиях хронической дыхательной недостаточности, которая сопутствует рубцовому стенозу гортани и трахеи (РСГТ). Разработка новых неинвазивных методик, устраняющих последствия гипоксии, является перспективным направлением респираторной поддержки в комплексном лечении пациентов с хроническим стенозом гортани и трахеи.

Цель исследования: анализ эффективности коррекции дыхательных нарушений при помощи использования термической гелий-кислородной смеси (Гелиокс) у пациентов с хроническим РСГТ.

Материал и методы. В исследование включен 41 пациент с возрастным интервалом 19–67 лет и длительностью заболевания от 2 месяцев до 16 лет. Амбулаторно было проведено необходимое клинико-лучевое, эндоскопическое и функциональное обследование. Для выявления хронической дыхательной недостаточности исследовали газовый и кислотно-щелочной составы артериальной крови. В стационаре всем пациентам проводилось хирургическое вмешательство в необходимом объеме. Все пациенты в до- и послеоперационном периодах получали ингаляционную терапию термической гелий-кислородной смесью по разработанному алгоритму. После выписки из стационара проводилось динамическое амбулаторное наблюдение в течение 6 месяцев.

Результаты. Исследование показало, что комплексный подход к лечению больных с РСГТ с применением термической гелий-кислородной смеси (Гелиокс) для коррекции дыхательных нарушений и проявлений хронической гипоксии, является перспективным методом до- и послеоперационного ведения пациентов с РСГТ.

Ключевые слова: рубцовый стеноз гортани и трахеи, хроническая дыхательная недостаточность, гипоксия, гелий-кислородная смесь, Гелиокс

**Конфликт интересов:** Автор не имеет конфликта интересов.

**Финансирование:** Работа выполнена без спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Kirasirova E.A., Frolkina E.A., Rezakov R.A., Mamedov R.F., Lafutkina N.V., Rybalchenko I.E., Tyutina S.I., Trusov V.A. Use of thermal helium-oxygen mixture for correction of respiratory failure in complex treatment of patients with cicatricial stenosis of larynx and trachea. *Head and neck. Russian Journal.* 2022;10(4):24–29

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов

## Введение

Хронический рубцовый стеноз гортани и трахеи (РСГТ) – процесс, для которого характерно замещение структур нормальной гортанно-трахеальной стенки на грубую рубцовую ткань, вызывающую уменьшение просвета дыхательных путей [1, 2]. Пациенты с хроническим РСГТ в большинстве случаев являются лицами трудоспособного возраста, что имеет большое социальное и экономическое значение [3].

Совершенствование техники реконструктивных операций на гортани и трахее, разработка новых алгоритмов послеоперационного ведения пациентов, развитие фармакологической терапии привели к улучшению результатов лечения РСГТ, однако проблема продолжает оставаться актуальной, поскольку исход лечения не всегда является удовлетворительным. Одной из возможных причин этого является хроническая дыхательная недостаточность (ДН), которая в большинстве случаев сопутствует РСГТ [2].

Длительно существующая ДН неизбежно приводит не только к выраженным респираторным нарушениям, но и к гипоксическим изменениям во всем организме, включающим компенсаторные реакции, направленные на усиление обеспечения кислородом тканей в условиях его дефицита [4]. С целью коррекции гипоксического статуса в организме происходит перестройка в работе многих органов и систем. Дыхательная система для компенсации дефицита  $O_2$  усиливает работу респираторных мышц, что в результате увеличивает потребление кислорода, прогрессирование гипоксии, образование недоокисленных продуктов обмена [5, 6]. Со стороны гемодинамики и микроциркуляции происходит увеличение кислородной емкости крови за счет выхода эритроцитов из депо и усиления эритропоэза, что приводит к повышению вязкости крови и тромбированию мелких сосудов [7, 8]. Все вышеперечисленное без соответствующей коррекции может являться причиной неудовлетворительных результатов лечения РСГТ в условиях ДН.

Таким образом, подход к лечению хронического РСГТ должен быть комплексным и помимо хирургической и фармакологической терапии включать устранение дыхательных нарушений и коррекцию постгипоксических изменений [9].

**Цель исследования.** Разработать алгоритм эффективного метода коррекции респираторных нарушений при помощи термической гелий-кислородной смеси в комплексном лечении пациентов с хроническим РСГТ.

## Материал и методы

В отделе реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО им. Л.И. Свержевского проведено обследование и лечение 41 пациента с хроническим рубцовым стенозом гортани и шейного отдела трахеи различной этиологии. Все пациенты были разделены на 2 группы: в первую группу вошли 32 пациента, которые были трахеостомированы на догоспитальном этапе, во вторую группу вошли 9 пациентов без трахеостомы. Возраст пациентов составлял 19–67 лет, длительность заболевания – от 2 месяцев до 16 лет. Всем пациентам в дооперационном периоде было проведено эндоскопическое исследование и компьютерная томография гортани и трахеи, исследование функции внешнего дыхания (ФВД) для оценки степени выраженности стеноза дыхательных путей. Исследование ФВД проводилось пациентам, в т.ч. канюленосителям, которые могли выполнить исследование после удаления трахеостомической трубки. У 8 пациентов с

выраженной острой ДН выполнение данного исследования не представлялось возможным из-за жалоб на нехватку воздуха.

Для выявления ДН и определения степени ее выраженности всем пациентам на дооперационном этапе выполняли исследование газового и кислотно-щелочного состава артериальной крови. Исследование проводилось на автоматическом газовом анализаторе ABL80 FLEX CO-OX (Radiometer Medical ApS, Дания). Забор крови осуществлялся из лучевой артерии гепаринизированным шприцем по стандартной методике.

Полученные результаты интерпретировались согласно общепринятой классификации в зависимости от показателей оксигемоглобина, напряжения кислорода и углекислоты крови [10]. По результатам газового состава крови ДН разделяли на норму, компенсированную, субкомпенсированную и декомпенсированную ДН. Изменения кислотно-основного состава крови у пациентов с хроническим рубцовым стенозом гортани и шейного отдела трахеи оценивались по показателям кислотности, буферных бикарбонатных оснований и напряжению кислорода. Выделяли норму, респираторный ацидоз, респираторный алкалоз, метаболический ацидоз и метаболический алкалоз. Для коррекции респираторного статуса использовали термическую гелий-кислородную смесь, как альтернативу классической кислородотерапии [11, 12].

Преимущество гелий-кислородной смеси обусловлено физическими свойствами гелия и объясняется законами биофизики дыхания [13, 14]. Работа респираторной системы в условиях нарушения проходимости дыхательной трубки усиливается за счет замены ламинарного потока газовой смеси на турбулентный [15, 16]. Гелий – инертный газ, обладающий небольшой атомной массой, что обеспечивает его низкую плотность и высокую скорость диффузии. При замене азота на гелий в газовой смеси его плотность уменьшается почти в 3 раза, что ведет к снижению сопротивляемости и облегчению работы дыхательной системы, а также – к улучшению вентиляции легких и оксигенации крови [17, 18].

Термическая гелий-кислородная смесь подавалась с помощью аппарата «Ингалит-В2-01», разработанного Институтом медико-биологических проблем Российской Академии Наук для ингаляций подогреваемых искусственных газовых смесей по открытому дыхательному контуру. Нагретая с помощью нагревательного элемента аппарата до 80 °С гелий-кислородная смесь подавалась через маску (температура смеси в маске – до 45 °С) при нормальном барометрическом давлении. Начало ингаляции и поступление смеси газов активировались выдохом. Выдох производился через клапан, при этом пациенты не отнимали маску от лица. На дооперационном этапе 8 пациентам было трудно дышать через клапанный механизм маски, поэтому им проводилась ингаляция через маску с облегченным клапанным механизмом по типу CPAP. Использовалась нормоксическая дыхательная газовая смесь медицинского назначения «ГелиОксА» в пропорциональном отношении 70% гелий, 30% кислород (Гелиокс), производства ООО «Акела-Н» (сертификат соответствия РОСС RU.HX05.H00437).

В ГБУЗ Научно-исследовательский клинический институт им. Л.И. Свержевского разработана методика применения Гелиокса в комплексном лечении хронических рубцовых стенозов гортани и шейного отдела трахеи. Дыхание Гелиоксом проводилось в следующем режиме: ингаляция смесью в течение 10 минут, затем спокойное дыхание атмосферным воздухом в течение 15 минут. Данный цикл повторялся 2 раза. Сеанс проводился 5 раз на дооперационном этапе (дважды в сутки за 2 дня до

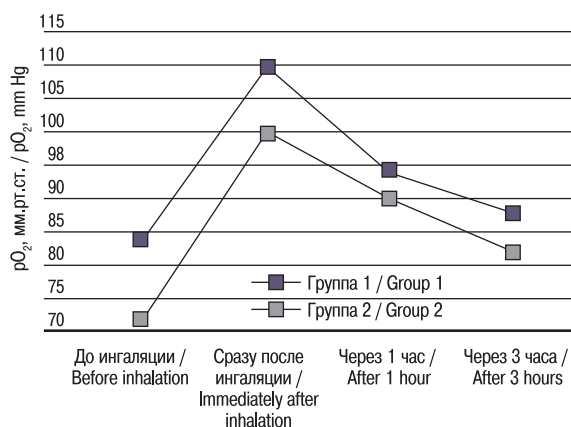


Рис. 1. Динамика показателей оксигенации артериальной крови  
Figure 1. Dynamics of arterial blood oxygenation parameters

операции и 1 раз утром в день операции). Данный режим ингаляций направлен на предоперационную коррекцию дыхательных нарушений и постгипоксических изменений организма, а также на насыщение организма кислородом перед оперативным вмешательством.

В послеоперационном периоде ингаляции Гелиоксом возобновляли на следующие сутки после выполненного хирургического вмешательства. Терапия подогретой гелий-кислородной смесью продолжалась в том же режиме, что и на дооперационном этапе. Сеанс включал в себя 2 цикла ингаляций и проводился дважды в сутки. Пациенты получали ингаляции ежедневно до выписки из стационара, что в среднем составляло 10 ингаляций. На послеоперационном этапе циклический режим ингаляции обоснован с позиции теории «газового молекулярноклеточного массажа», предложенной профессором Б.Н. Павловым, и нацелен на продолжение коррекции работы органов и систем организма после длительного пребывания в состоянии хронической ДН. Все ингаляции проводились с контролем пульса, артериального давления и сатурации крови. Переносимость ингаляций была хорошей в 100% случаев.

Контроль показателей респираторного статуса для оценки эффективности ингаляции термической гелий-кислородной смесью проводился в несколько этапов. Забор артериальной крови для исследования газового и кислотно-щелочного состава осуществлялся на этапе до ингаляции, затем сразу после, и далее – через 1 час и через 3 часа после сеанса ингаляции.

Для оценки процесса репарации после реконструктивных операций у пациентов с хроническим рубцовым стенозом гортани и шейного отдела трахеи использовалось цитологическое исследование клеточного состава слизистой оболочки гортани и трахеи в области операции, что позволило объективно отследить динамику заживления области оперативного вмешательства и влияние на репаративные процессы применяемой нами терапии.

Ежедневно оценивался внешний вид послеоперационной раны, наличие и характер отделяемого, рост грануляций. При внешней оценке регенерации раны основное внимание уделялось длительности течения фаз ранозаживления.

Выписка пациентов из стационара производилась на 5–7-й день с момента операции. Все пациенты находились на амбулаторном наблюдении в течение 6 месяцев.

## Результаты

На дооперационном этапе у пациентов с хроническим РСГТ при исследовании газового и кислотно-щелочного составов артериальной крови были выявлены признаки хронической ДН. В первой группе у 22 (69%) пациентов признаков ДН не выявлено, а у 10 (31%) пациентов выявлена компенсированная форма. Признаки компенсированного респираторного ацидоза были выявлены у 9 (28%) пациентов первой группы, у 23 (72%) в кислотно-щелочном составе крови отклонений от нормы обнаружено не было. Во второй группе у 2 (22%) пациентов была зарегистрирована декомпенсированная форма ДН, а у 7 (67%) пациентов ДН носила субкомпенсированный характер. По данным кислотно-щелочного состава крови во второй группе наблюдался компенсированный респираторный ацидоз у 1 (11%) пациента, у 2 (22%) – декомпенсированный, а у 6 (67%) пациентов – субкомпенсированный респираторный ацидоз.

Ингаляции проводили всем пациентам в до- и послеоперационном периодах. Контроль респираторного статуса осуществляли постоянно для определения эффективности дыхательной терапии у пациентов с РСГТ. Для оценки дыхательного статуса рассматривался показатель напряжения кислорода крови (pO<sub>2</sub>). В результате проведенного исследования было выявлено, что до ингаляции в первой группе средний показатель pO<sub>2</sub> составлял 84 мм рт.ст. (при норме pO<sub>2</sub> – 80–100 мм рт.ст.), во второй группе данный показатель в среднем был 72 мм рт.ст. Сразу после сеанса ингаляции термической гелий-кислородной смесью напряжение кислорода артериальной крови у всех пациентов в обеих группах составило 100 мм рт.ст. и более. Респираторный статус пациентов обеих групп через 1 час был в пределах нормы и в среднем в первой группе составлял 94 мм рт.ст. и 90 мм рт.ст. – во второй группе. При измерении оксигенации артериальной крови через 3 часа после ингаляции были выявлены нормальные показатели pO<sub>2</sub>: у пациентов первой группы – 88 мм рт.ст., во второй группе – 82 мм рт.ст. (рис. 1). Помимо улучшения показателей оксигенации крови все пациенты в 100% случаев отмечали улучшение общего состояния и уменьшение одышки в дооперационном периоде, уменьшение болевого синдрома в послеоперационном периоде.

Для контроля процесса регенерации тканей в послеоперационной области и оценки эффективности дыхательной терапии в период после проведенного хирургического вмешательства проводилось цитологическое исследование отделяемого послеоперационной области и сравнение полученных результатов цитогамм с показателями клеточного состава здоровых лиц, описанных в литературе Е.Д. Лисициным в 2001 г. У пациентов обеих групп в течение первых 3 суток отмечалась воспалительная цитологическая картина мазков-отпечатков. К концу 5-х суток регистрировали воспалительно-регенераторный тип цитогамм, для которого было характерно повышение числа мононуклеаров. На 8–9-е сутки выявлялась смена типа цитогамм на регенераторный. Ни в одном из случаев патологического типа репарации тканей (дегенеративный, дегенеративно-воспалительный) отмечено не было.

В послеоперационном периоде проводилась визуальная оценка операционной области. Определялись сроки формирования визуальных локальных признаков деструктивной и репаративной фазы репарации тканей (рис. 2). Сроки появления эритемы и формирования фибринового налета в обеих группах в среднем составляли 1,2±1,0 сутки, продолжительность периода экссудации – 4,6±2,0 суток, реорганизация фибринового налета и



Рис. 2. Эндоскопическая картина при ретроградном осмотре через трахеостомическое отверстие. Внешний вид раны после реконструктивной операции на гортани на 1-е, 6-е, 12-е сутки

Figure 2. Endoscopic view during retrograde examination through the tracheostomy orifice. Appearance of the wound on the 1st, 6th, 12th day after reconstructive laryngeal surgery

полное заживление слизистой оболочки приходилось на  $12 \pm 3$  сутки. Согласно полученным результатам, наблюдалось сокращение сроков регенерации операционной раны после реконструктивных хирургических вмешательств на двое суток у 28 (68%) пациентов, на трое суток у 8 (19%) пациентов, ускорение регенерации тканей не было выявлено у 5 (13%) пациентов. Улучшение общего состояния пациентов в послеоперационном периоде наблюдалось в 100% случаев в обеих группах.

## Обсуждение

По данным проведенного исследования, у пациентов с хроническим РСГТ имеет место хроническая ДН различной степени тяжести. У пациентов без трахеостомы наблюдаются выраженные дыхательные нарушения вплоть до декомпенсированного состояния. Наличие трахеостомы корректирует респираторный статус, однако полностью не компенсирует состояние гипоксии организма.

Разработанный алгоритм использования термического Гелиокса для устранения дыхательных нарушений является эффективным, способствует не только быстрой коррекции респираторных нарушений, но и поддержанию нормального газового состава крови в течение длительного периода. Использование термической гелий-кислородной смеси помимо коррекции респираторных нарушений способствует устранению явлений гипоксии, адекватной предоперационной подготовке организма и улучшению процесса регенерации тканей в условиях скорректированных явлений хронической ДН.

## Заключение

Включение разработанного алгоритма ингаляций гелий-кислородной смесью в комплексную терапию лечения РСГТ является новым эффективным и перспективным методом коррекции респираторных нарушений и гипоксического статуса у пациентов с хронической ДН.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Anis M.M., Zhao Z., Khurana J., et al. Translational genomics of acquired laryngotracheal stenosis. *Laryngoscope*. 2014;124(5):E175–9. <https://doi.org/10.1002/lary.24382>.

2. Rosow D.E., Barbarite E. Review of adult laryngotracheal stenosis: pathogenesis, management, and outcomes. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg*. 2016;24(6):489–93. <https://doi.org/10.1097/MOO.0000000000000305>.

3. Плужников М.С., Рябова М. А., Карпищенко С. А. Хронические рубцовые стенозы гортани. Клинические рекомендации. Национальная медицинская ассоциация оториноларингологов. Санкт-Петербург. 2016. [Pluzhnikov M.S., Ryabova M.A., Karpishchenko S.A. Hronicheskie rubcovye stenozы gortani. Klinicheskie rekomendacii. Nacional. Med. Associac. Otorinolaringol. 2016 (In Russ.)].

4. Lukyanova L.D., Germanova E.L., Kopaladze R.A. Development of resistance of an organism under various conditions of hypoxic preconditioning: role of the hypoxic period and reoxygenation. *Bull. Exp. Biol. Med*. 2009;147(4):400–4. <https://doi.org/10.1007/s10517-009-0529>.

5. Goligher E.C., Slutsky A.S. Not Just Oxygen? Mechanisms of Benefit from High-Flow Nasal Cannula in Hypoxemic Respiratory Failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2017;195(9):1128–31. <https://doi.org/10.1164/rccm.201701-0006ED>.

6. Khokha R., Murthy A., Weiss A. Metalloproteinases and their natural inhibitors in inflammation and immunity. *Nat. Rev. Immunol*. 2013;13(9):649–65. <https://doi.org/10.1038/nri3499>.

7. Bento C.F., Pereira P. Regulation of hypoxia-inducible factor 1 and the loss of the cellular response to hypoxia in diabetes. *Diabetol*. 2011;54(8):1946–56. <https://doi.org/10.1007/s00125-011-2191-8>.

8. Вавин В.В., Кузнецова Д.А., Нажмудинов И.И., Давудов Х.Ш. Этиопатогенетические факторы заживления раны при хронических постинтубационных рубцовых стенозах гортани и трахеи. *Вестн. оториноларингологии*. 2020;85(2):78–83. <https://doi.org/10.17116/otorino20208502178>. [Vavin V.V., Kuznecova D.A., Nazhmidinov I.I., Davudov H.Sh. Etiopatogeneticheskie faktory zazhivleniya rany pri hronicheskikh postintubacionnyh rubcovykh stenozakh gortani i trahei. *Vestn. Otorinolaringol*. 2020;85(2):78–83 (In Russ.)].

9. Ruthenborg R.J., Ban J.-J., Wazir A., et al. Regulation of wound healing and fibrosis by hypoxia and hypoxia-inducible factor-1. *Mol. Cells*. 2014;37(9):637–43. <https://doi.org/10.14348/molcells.2014.0150>.

10. Barach A.L. Air accidents laid to 'oxygen want. *New York Times*, 1937. 25p. <https://www.nytimes.com/1937/06/11/archives/air-accidents-laid-to-oxygen-want-dr-a-l-barach-tells-doctors-of.html>.

11. McGarvey J.M., Pollack Ch.V. Heliox in airway management. *Emerg. Med. Clin. North Am*. 2008;26(4):905–20. viii. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2008.07.007>.

12. Martínón-Torres F. What's weighing down heliox? *Lancet Respir. Med*. 2015;3(1):14–5. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(14\)70314-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(14)70314-5).

13. Beurskens Ch.J.P., Wösten-van Asperen R.M., Preckel B., Juffermans N.P. The potential of heliox as a therapy for acute respiratory distress syndrome in adults and children: a descriptive review. *Respir*. 2015;89(2):166–74. <https://doi.org/10.1159/000369472>.

14. Duncan P.G. The use of heliox in critical care. *Int. J. Critical Illn. Injury Sci.* 2014;4(2):138–42. <https://doi.org/10.4103/2229-5151.134153>.
15. Smith S.W., Reuben A., Harris A. Heliox for asthma in the emergency department: a review of the literature. *Emerg. Med. J.* 2004;21(2):131–5. <https://doi.org/10.1136/emj.2002.003483>.
16. Khanlou H., Eiger G. Safety and efficacy of heliox as a treatment for upper airway obstruction due to radiation-induced laryngeal dysfunction. *Heart Lung.* 2001;30(2):146–7. <https://doi.org/10.1067/mhl.2001.112026>.
17. Петриков С.С., Журавель С.В., Шогенова Л.В. и др. Термическая гелий-кислородная смесь в лечебном алгоритме больных с COVID-19. *Вестн. РАМН.* 2020;75(5S):353–62. [Doi: https://doi.org/10.15690/vramn1412](https://doi.org/10.15690/vramn1412). [Petrikov S.S., ZHuravel' S.V., SHogonova L.V., et al. Termicheskaya geliy-kislorodnaya smes' v lechebnoy algoritme bol'nykh s COVID-19. *Ann. Rus. Acad. Med. Sci.* 2020;75(5S):353–62 (In Russ.)].
18. Slinger C., Slinger R., Vyasa A., et al. Heliox for inducible laryngeal obstruction (vocal cord dysfunction): A systematic literature review. *Laryngoscope Invest. Otolaryngol.* 2019;4(2):255–8. [Doi: 10.1002/lto2.229](https://doi.org/10.1002/lto2.229).

Поступила 06.12.21

Получены положительные рецензии 20.07.22

Принята в печать 25.07.22

Received 06.12.21

Positive reviews received 20.07.22

Accepted 25.07.22

**Вклад авторов:** Е.А. Кирасирова, И.Е. Рыбальченко, Е.А. Фролкина — концепция и дизайн исследования. Е.А. Фролкина, Р.А. Резаков, Р.Ф. Мамедов, Н.В. Лафуткина, С.И.Тютинина, В.А. Трусов — сбор и обработка материалов. Е.А. Фролкина — написание текста. Е.А. Кирасирова, В.А. Трусов — редактирование.

**Contribution or the authors:** E.A. Kirasirova, I.E. Rybalchenko, E.A. Frolkina — the concept and design of the study. E.A. Frolkina, R.A. Rezakov, R.F. Mamedov, N.V. Lafutkina, S.I. Tutina, V.A. Trusov — collection and processing of material. E.A. Frolkina — writing the text. E.A. Kirasirova, V.A. Trusov — editing.

### Информация об авторах:

Кирасирова Елена Анатольевна — д.м.н., врач высшей квалификационной категории, заведующая научно-исследовательским отделом реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (916) 307-44-65; e-mail: 43lor@mail.ru.

Фролкина Екатерина Алексеевна — аспирант научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (916) 614-45-51; e-mail: egorova917@mail.ru.

Резаков Руслан Анатольевич — к.м.н., врач высшей квалификационной категории, научный сотрудник научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (905) 549-15-25; e-mail: egorova917@mail.ru.

Мамедов Рамис Фирудунович — к.м.н., врач высшей квалификационной категории, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (926) 317-73-40; e-mail: 43lor@mail.ru.

Лафуткина Надежда Васильевна — к.м.н., врач высшей квалификационной категории, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им.

Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (916) 798-65-57; e-mail: 43lor@mail.ru.

Рыбальченко Ирина Ефимовна — д.экон.н., профессор кафедры государственного и муниципального управления, учета и аудита Астраханского государственного университета, генеральный директор ГАУ Москвы «Гормедтехника ДЗМ». Адрес: 115093 г. Москва, ул. Дубининская, д.98. тел.: 8 (499) 237-17-66; e-mail: gmt@gmtmsk.ru.

Тютинина Светлана Игоревна — аспирант научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (967) 103-45-89; e-mail: lana.tyutina@mail.ru.

Трусов Владислав Алексеевич — ординатор научно-исследовательского отдела реконструктивной хирургии полых органов шеи НИКИО, ГБУЗ НИКИО им. Л.И. Свержевского ДЗМ. Адрес: 117152 Москва, Загородное шоссе, д. 18А, стр. 2; тел.: 8 (906) 745-11-16; e-mail: dr.trusov@mail.ru.

### Information about the authors:

Kirasirova Elena Anatolievna — Doctor of Medical Sciences, Physician of the Highest Qualification Category, Head of the Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (916) 307-44-65; e-mail: 43lor@mail.ru.

Frolkina Ekaterina Alekseevna — MD, Postgraduate Student of the Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (916) 614-45-51; e-mail: egorova917@mail.ru.

Rezakov Ruslan Anatolievich — Candidate of Medical Sciences, Physician of the Highest Qualification Category, Researcher of the Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (905) 549-15-25; e-mail: egorova917@mail.ru.

Mamedov Ramis Firudunovich — Candidate of Medical Sciences, Physician of the Highest Qualification Category, Senior Researcher Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (926) 317-73-40; e-mail: 43lor@mail.ru.

Lafutkina Nadezhda Vasilievna — Candidate of Medical Sciences, Physician of the Highest Qualification Category, Senior Researcher Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (916) 798-65-57; e-mail: 43lor@mail.ru.

Rybalchenko Irina Efimovna — Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of State and Municipal Management, Accounting and Auditing, Astrakhan State University, General Director of the State Autonomous Institution Gormedtekhnikha, MHD, Moscow. Address: 98, Dubininskaya str., Moscow, 115093, tel. 8 (499) 237-17-66; e-mail: gmt@gmtmsk.ru.

Tyutina Svetlana Igorevna — MD, Postgraduate Student of the Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (967) 103-45-89; e-mail: lana.tyutina@mail.ru.

Trusov Vladislav Alekseevich — MD, Resident of the Research Unit, Department of Reconstructive Surgery of Hollow Organs of the Neck, L.I. Sverzhevsky Otorhinolaryngology Scientific Research Clinical Institute, MHD. Address: 117152 Moscow, Zagorodnoe highway, 18A, bldg. 2; tel.: 8 (906) 745-11-16; e-mail: dr.trusov@mail.ru.