

© Team of authors, 2024 / © Коллектив авторов, 2024  
3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.1.9. Surgery / 3.1.3. Оториноларингология, 3.1.9. Хирургия

## Surgical treatment of cicatricial stenosis of the trachea after complicated treatment of a new coronavirus infection

A.A. Pechetov, A.N. Lednev, M.A. Makov, T.N. Khlan, D.A. Volchanski

National Medical Research Center of Surgery named after A. Vishnevsky (Director: Academician A.Sh. Revishvili), Moscow, Russia  
Contacts: Lednev Alexey Nikolaevich – e-mail: lednev@ixv.ru

## Хирургическое лечение рубцовых стенозов трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции

А.А. Печетов, А.Н. Леднев, М.А. Маков, Т.Н. Хлань, Д.А. Волчанский

ФГБУ НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского Минздрава РФ, Москва, Россия  
Контакты: Леднев Алексей Николаевич – e-mail: lednev@ixv.ru

## 新冠病毒感染复杂治疗后气管瘢痕性狭窄的外科治疗

A.A. Pechetov, A.N. Lednev, M.A. Makov, T.N. Khlan, D.A. Volchanski

National Medical Research Center of Surgery named after A. Vishnevsky (Director: Academician A.Sh. Revishvili), Moscow, Russia  
通讯作者: Lednev Alexey Nikolaevich – e-mail: lednev@ixv.ru

The 2019 Novel Coronavirus Infection (COVID-19) is a rapidly spreading pandemic disease worldwide that has created significant public health challenges. According to statistics, about 5-12% of patients with COVID-19 need hospitalization and treatment in intensive care units. Given the most common respiratory system injury, most intensive care patients require oxygen therapy and long-term artificial lung ventilation (ALV). Post-intubation and post-tracheostomy tracheal stenosis is an iatrogenic complication that occurs in 10–22% of patients after prolonged mechanical ventilation among the entire patient pool, while the frequency of cicatricial tracheal stenosis after a complicated course of COVID-19 coronavirus infection remains unknown. This paper presents the features of diagnosis and surgical treatment.

**Key words:** tracheal stenosis, tracheostomy, circular resection of the trachea, new coronavirus infection, COVID-19

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

**Financing.** Patients were treated at the expense of federal funding for high-tech medical care.

**For citation:** Pechetov A.A., Lednev A.N., Makov M.A., Khlan T.N., Volchanski D.A. Surgical treatment of cicatricial stenosis of the trachea after complicated treatment of a new coronavirus infection. *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(1):29–33

**Doi:** 10.25792/HN.2024.12.1.29-33

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

Новая коронавирусная инфекция 2019 г. (COVID-19) – это охватывающее весь мир пандемическое заболевание с быстрыми темпами распространения и создавшее серьезные проблемы для здравоохранения. По статистике, около 5–12% пациентов с COVID-19 нуждаются в госпитализации и лечении в отделениях интенсивной терапии. С учетом наиболее частого поражения дыхательной системы, большинству реанимационных пациентов требуется оксигенотерапия и длительная искусственная вентиляция легких (ИВЛ). Постинтубационный и посттрахеостомический стеноз трахеи – это ятрогенное осложнение, которое возникает у 10–22% пациентов после длительной ИВЛ среди всего пула пациентов, в то время как частота рубцовых стенозов трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции COVID-19 остается неизвестной. В данной работе представлены особенности диагностики и хирургического лечения.

**Ключевые слова:** рубцовый стеноз трахеи, трахеостомия, циркулярная резекция трахеи, новая коронавирусная инфекция, COVID-19

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

**Финансирование.** Лечение пациентов проводили за счет средств федерального финансирования высокотехнологической медицинской помощи.

Для цитирования. Печетов А.А., Леднев А.Н., Маков М.А., Хлань Т.Н., Волчанский Д.А. Хирургическое лечение рубцовых стенозов трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2024;12(1):29–33

Doi: 10.25792/HN.2024.12.1.29-33

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

2019年新型冠状病毒感染 (COVID-19) 是一种迅速传播的全球性大流行病, 给公共卫生带来了重大挑战。根据统计, 大约5–12%的COVID-19患者需要住院治疗并接受重症监护。鉴于最常见的呼吸系统损伤, 大多数重症监护病人需要氧疗和长期人工肺通气 (ALV)。插管后和气管切开术后的气管狭窄是一种在长时间机械通气的患者中出现的10–22%的医源性并发症, 而在COVID-19冠状病毒感染复杂病程后的瘢痕性气管狭窄的频率仍然未知。本文介绍了诊断和外科治疗的特点。

关键词: 气管狭窄, 气管切开术, 气管环形切除术, 新型冠状病毒感染, COVID-19

利益冲突: 作者声明没有任何利益冲突。

资金来源: 本研究没有资金支持。

引用本文: Pechetov A.A., Lednev A.N., Makov M.A., Khlan T.N., Volchanski D.A. Surgical treatment of cicatricial stenosis of the trachea after complicated treatment of a new coronavirus infection. *Head and neck. Russian Journal.* 2024;12(1):29–33

Doi: 10.25792/HN.2024.12.1.29-33

作者负责所呈现数据的原创性以及出版插图材料——表格、图画、患者照片的可能性。

## Введение

В декабре 2019 г. в КНР был обнаружен новый коронавирус, вызывающий тяжелое острое респираторное заболевание. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) 31 января 2020 г. охарактеризовала его как чрезвычайную международную ситуацию в области общественного здравоохранения. Наиболее частым и тяжелым осложнением у пациентов с COVID-19 является острый респираторный дистресс-синдром, требующий оксигенотерапии и искусственной вентиляции легких (ИВЛ). По данным исследователей из Китая, от 9,8 до 15,2% пациентов нуждаются в ИВЛ [1]. Средняя продолжительность вентиляции легких у пациентов с COVID-19 составляла 17 дней [2, 3]. Интубация с высоким давлением манжеты и отсутствие смены положения тела могут способствовать механизму, лежащему в основе формирования стеноза. Длительное давление манжеты может вызвать повреждение слизистой оболочки и некроз стенки трахеи [4]. Частота постинтубационных стенозов трахеи у пациентов в отсутствие COVID-19 составляет 10–22% [5]. При осложненном течении коронавирусной инфекции частота стенозов трахеи на сегодняшний день остается неизвестной. Кроме того, не определены особенности диагностики и хирургической тактики ведения этих больных.

## Материал и методы

В период с марта 2020 г. по январь 2022 г. проведено лечение 10 пациентов со стенозом трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции COVID-19. Два пациента исключены из анализа в связи с отсутствием убедительных данных о COVID-19-ассоциированном этиологическом факторе развития стеноза (ИВЛ в анамнезе).

Проанализированы результаты лечения 8 пациентов с постинтубационным (3 пациента) и посттрахеостомическим (5 пациен-

тов) стенозом трахеи. Медиана возраста составила 44 (41; 62) года, преобладали женщины (5:3). У всех пациентов ИВЛ была впервые в жизни по поводу неэффективности дыхательной деятельности на фоне подтвержденной коронавирусной инфекции. Рентгенологические характеристики поражения легочной паренхимы на момент ИВЛ включали: у 5 пациентов (более 50% поражения), у 3 (менее 50% поражения). Медиана времени нахождения больных на ИВЛ составила 5,6 (3; 21) суток. Время с момента ИВЛ до возникновения клинических проявлений стеноза трахеи составило от 1,5 до 8 месяцев с медианой 3,5 (1; 6) месяца. Таким образом, у всех пациентов стеноз трахеи носил ассоциированный характер с осложненным течением коронавирусной инфекции COVID-19.

Основными жалобами пациентов были затруднение дыхания, одышка при физической нагрузке, кашель с затрудненным отхождением мокроты, наличие трахеостомы.

Пациенты обследованы по единому протоколу, который включал: мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) шеи и грудной клетки с трехмерной реконструкцией трахеобронхиального дерева и диаметра сужения, трахеобронхоскопию для определения расстояния от голосовых связок, протяженности сужения, расстояния от сужения до каринального отдела трахеи, бронхиоло-альвеолярный лаваж и бактериологическое исследование отделяемого из трахеобронхиального дерева, эхокардиографию, консультацию смежных специалистов.

После оценки функционального статуса, определения топографо-анатомических особенностей стеноза трахеи принимали решение относительно тактики хирургического лечения. Локализация поражения: у 2 пациентов стеноз носил внутригрудной характер, что потребовало выполнения продольно-поперечной стернотомии (рис. 1), при контрольной ларинготрахеоскопии на 8-е сутки после циркулярной резекции трахеи

анастомоз состоятелен, просвет трахеи удовлетворительный (рис. 2); у 5 пациентов была шейная локализация стеноза трахеи. В периоперационном периоде проводилась антибактериальная терапия по результатам бактериологических посевов.

Протяженность стеноза трахеи составила от 15 до 56 мм, длина трахеи от голосовых связок до каринального отдела трахеи варьировалась от 113 до 132 мм. Среди пациентов с посттрахеостомическим стенозом трахеи у 2 больных поражение сопровождалось субатрезией подскладочного отдела гортани, что потребовало наложения высокого трахео-гортанного анастомоза, у 1 больного была полная атрезия подскладочного отдела трахеи (рис. 3).

С учетом ограниченного характера поражения, удовлетворительного функционального состояния 7 пациентам выполнена циркулярная резекция трахеи, у 1 пациентки, ввиду протяженного характера поражения и субтотальной трахеомалации, выполнена трахеопластика на Т-образном стенде Монтгомери (рис. 4).

Контрольную бронхоскопию выполняли на 7-е сутки послеоперационного периода.

## Результаты

Результаты лечения пациентов прослежены в период от 3 до 17 месяцев, с медианой 8 (2; 18) месяцев.

Все пациенты экстубированы в операционной. Время выполнения циркулярной резекции трахеи составило от 90 до 210 минут с медианой 132 (114; 182) минуты, суммарное время апноэ составило от 6 до 18 минут с медианой 9 (7; 15). Время выполнения трахеопластики составило 87 минут.

Продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии составила от 1 до 3 суток, с медианой 1 (1; 2) сутки. По данным бактериологического исследования микрофлорой из просвета трахеи, преобладала условно-патогенная микрофлора: *S. aureus*, а также грамотрицательные микроорганизмы – *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*.

Тяжесть осложнений оценивали по классификации, предложенной Clavien-Dindo. Инфекционные осложнения, не ассоциированные с несостоятельностью трахеи, потребовавшие проведения антибактериальной терапии и местного лечения, зарегистрированы у 1 пациента из 8: нагноение послеоперационной раны. Осложнений, связанных с несостоятельностью первичного шва трахеи не зарегистрировано. Летальных исходов не было. Рецидивов заболевания после выполнения циркулярной резекции трахеи в сроки наблюдения не зарегистрировано.

Медиана продолжительности лечения в стационаре составила 9 (7; 10) суток у пациентов после циркулярной резекции трахеи. Пациентка после трахеопластики на Т-образном стенде Монтгомери выписана на 11-е сутки после операции.

Таким образом, хороший результат лечения был достигнут у всех пациентов.

## Обсуждение

Постинтубационный стеноз трахеи является редким осложнением длительной ИВЛ с частотой 4,9 случая на миллион населения в год [6]. Согласно исследованиям, среднее время возникновения стеноза трахеи после экстубации варьировалось от 28 дней до 6 месяцев [7]. Основные причины возникновения постинтубационного стеноза трахеи включают: высокое давление в манжете эндотрахеальной трубки, использование трубок несоответствующего диаметра, отсутствие профилак-

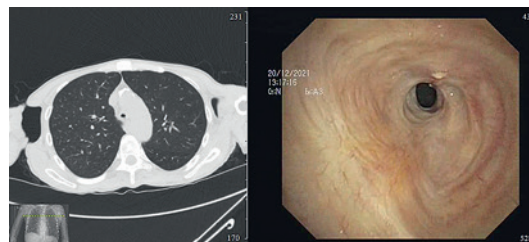


Рис. 1. Внутригрудной стеноз

Fig. 1. Intrathoracic stenosis

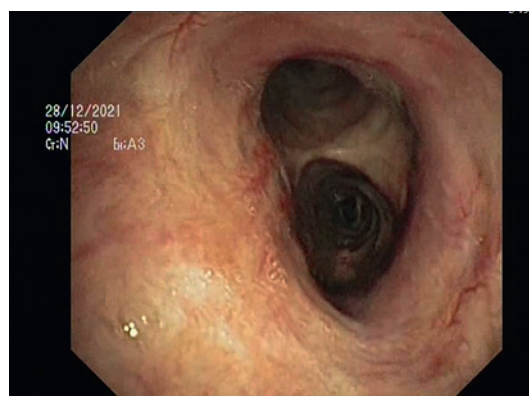


Рис. 2. Анастомоз на 8 сутки после операции

Fig. 2. Anastomosis on the 8th day after surgery

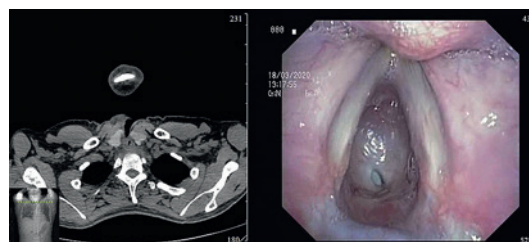


Рис. 3. Атрезия подскладочного отдела трахеи

Fig. 3. Subglottic tracheal atresia

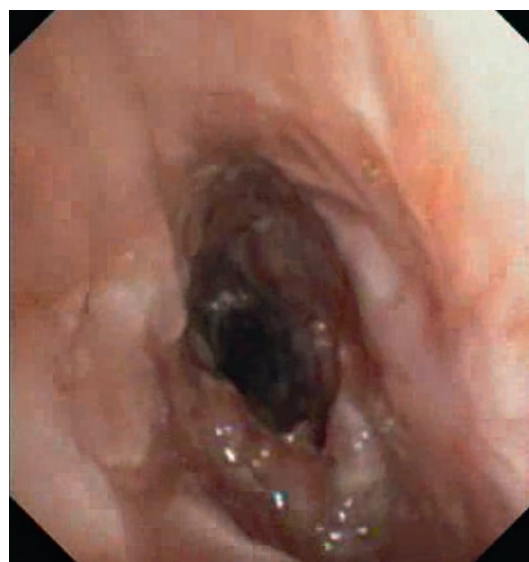


Рис. 4. Протяженный стеноз с трахеомалацией

Fig. 4. Extended stenosis with tracheomalacia

ческого сдувания манжеты и смена ее положения. Также среди факторов риска выделяют перенесенный туберкулез, пожилой возраст, женский пол и влияние эстрогенов, курение, ожирение и сахарный диабет.

По данным литературы, несмотря на многочисленные публикации, данных о частоте развития постинтубационного стеноза трахеи после осложненного течения COVID-19 и его влияния на течение периоперационного периода нет. Однако есть мнение, что подобные пациенты могут быть подвержены повышенному риску развития постинтубационного стеноза трахеи из-за гипервоспалительной реакции организма, провоцирующей ускорение фиброзных процессов [8].

Ранняя трахеостомия подходит для пациентов, которым прогнозируют длительную интубацию трахеи, что характерно для большого числа пациентов с COVID-19 в отделении интенсивной терапии [9]. В то же время существует тенденция в стремлении отложить трахеостомию с ожиданием восстановления эффективной дыхательной деятельности и эррадикации коронавируса из организма, что также может быть связано наличием высокого риска перекрестного заражения медицинских работников в момент трахеостомии [10]. Все это может отражаться на увеличении частоты постинтубационных стенозов трахеи в отсроченном периоде.

F. Mattioli и соавт. описали эндоскопическое лечение стеноза трахеи, возникающего после COVID-19. С помощью баллонной дилатации и местного инъекционного введения кортикостероидов возможно поддержание проходимости дыхательных путей. В то же время он упомянул, что эта процедура может быть временной и носить симптоматический характер, что не устраняет причину заболевания [11]. На наш взгляд, эндоскопические методы лечения возможно рассматривать у пациентов с «мягким и свежим» стенозом, либо при наличии противопоказаний для радикального оперативного лечения из-за сопутствующих заболеваний.

Важную роль играет предоперационное бактериологическое исследование отделяемого из просвета трахеи, что позволяет назначить антибактериальную терапию с учетом результатов посева. Для определения объемов хирургического лечения необходимо учитывать расположение, протяженность, степень компенсации стеноза и наличие сопутствующих заболеваний, таких как эпилепсия, что сопровождается крайне высоким риском несостоятельности анастомоза в случае развития эпилептического припадка.

С учетом вышеизложенного, если топографо-анатомические характеристики, состояние больного и опыт хирурга позволяют выполнить радикальную резекцию пораженного участка трахеи с восстановлением дыхательной проходимости анастомозом конец-в-конец, это может выступать в качестве стандарта лечения.

Среди особенностей циркулярной резекции трахеи у пациентов с тяжелой коронавирусной пневмонией в анамнезе следует отметить сниженную толерантность к продолжительности эпизодов апноэ, значимое снижение сатурации и повышение CO<sub>2</sub> на вдохе наблюдали уже после 1-й минуты апноэ, что не характерно для пациентов со стенозом трахеи. Основные стратегии лечения стеноза трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции COVID-19 аналогичны лечению стеноза трахеи в целом.

## Заключение

В период продолжающейся пандемии, вызываемой коронавирусом SARS-CoV-2, возрастает потребность в длительной ИВЛ

и трахеостомии, что дает основания предполагать увеличение числа пациентов с постинтубационным и посттрахеостомическим стенозом трахеи в ближайшем будущем. Необходимо отметить важную роль первичного медицинского звена в подозрении стеноза трахеи у пациентов после осложненного течения коронавирусной инфекции COVID-19 с жалобами на затрудненное и шумное дыхание. Радикальное лечение рубцового стеноза трахеи – непростая хирургическая задача, более успешно воспроизводимая в крупных многопрофильных центрах с наличием значительного опыта. Стеноз трахеи после осложненного течения коронавирусной инфекции требует более тщательного предоперационного обследования, выбора адекватного объема хирургического вмешательства и обученной анестезиологической бригады, что в совокупности позволяет добиться возвращения пациентов к полноценной жизни.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Huang C., Wang Y., Li X., et al. *Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. Lancet. 2020;395(10223):497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.*
- Yang X., Yu Y., Xu J., et al. *Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. Lancet. Respir. Med. 2020. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30079-5.*
- Bellani G., Laffey J.G., Pham T., et al. *Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. JAMA. 2016;315(8):788–800. doi: 10.1001/jama.2016.0291.*
- Farzanegan R., Feizabadi M., Ghorbani F., et al. *An overview of tracheal stenosis research trends and hot topics. Arch. Iran. Med. 2017;20(9):598–607.*
- Miwa M., Nakajima M., Kaszynski R.H., et al. *Two cases of post-intubation laryngotracheal stenosis occurring after severe COVID-19. Intern. Med. (Tokyo, Japan) 2021;60(3):473–7.*
- Nouraei S.A., Ma E., Patel A., et al. *Estimating the population incidence of adult post-intubation laryngotracheal stenosis. Clin. Otolaryngol.: Official J. of ENT-UK; Off. J. Netherlands Soc. Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg. 2007;32(5):411–2.*
- Halum S.L., Ting J.Y., Plowman E.K., et al. *A multi-institutional analysis of tracheotomy complications. Laryngoscope. 2012;122(1):38–45. doi: 10.1002/lary.22364.*
- Gervasio C.F., Averono G., Robiolo L., et al. *Tracheal stenosis after tracheostomy for mechanical ventilation in COVID-19 pneumonia - a report of 2 cases from northern Italy. Am. J. Case Rep. 2020;21.*
- Piazza C., Filauro M., Dikkers F.G., et al. *Long-term intubation and high rate of tracheostomy in COVID-19 patients might determine an unprecedented increase of airway stenoses: a call to action from the European Laryngological Society. Eur. Arch. Oto-Rhino-Laryngol. 2021;278(1):1–7.*
- Nouraei S.A., Ma E., Patel A., Howard D.J., Sandhu G.S. *Estimating the population incidence of adult post-intubation laryngotracheal stenosis. Clin. Otolaryngol.: Official J. of ENT-UK; official J. Netherlands Society for Oto-Rhino-Laryngol. Cervico-Facial Surg. 2007;32(5):411–2.*
- Mattioli F., Marchioni A., Andreani A., et al. *Post-intubation tracheal stenosis in COVID-19 patients, European archives of oto-rhino-laryngology. Official J. Eur. Federation of Oto-Rhino-Laryngol. Soc. (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology – Head and Neck Surg. 2021;278(3):847–8.*

Поступила 04.05.2022

Получены положительные рецензии 12.07.23

Принята в печать 05.10.23

Received 04.05.2022  
Positive reviews received 12.07.23  
Accepted 05.10.23

**Вклад авторов.** А.А. Печетов – концепция. А.Н. Леднев – дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста. Д.А. Волчанский – статистическая обработка данных. А.А. Печетов, М.А. Маков, Т.Н. Хлань – редактирование.

**Authors' contributions.** A.A. Pechetov – concept. A.N. Lednev – research design, collection and processing of material, writing the text. - D.A. Volchansky – statistical data processing. A.A. Pechetov, M.A. Makov, T.N. Hlan – editing.

### Информация об авторах:

**Печетов Алексей Александрович** – к.м.н., заведующий отделением торакальной хирургии ФГБУ НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого Минздрава РФ. Адрес: 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27; тел.: +7 (906) 781-99-79; e-mail: pechetov@ixv.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1823-4396>. Scopus AuthorID: 14010265400

**Леднев Алексей Николаевич** – к.м.н., младший научный сотрудник отделения торакальной хирургии ФГБУ НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого Минздрава РФ. Адрес: 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27; тел.: 8 (925) 598-06-04; e-mail: lednev@ixv.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3039-1183>. Scopus AuthorID: 57209692380

**Маков Максим Александрович** – врач-торакальный хирург отделения торакальной хирургии ФГБУ НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого Минздрава РФ. Адрес: 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27; тел.: +7 (926) 768-16-50; e-mail: makov@ixv.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0847-0694>. Scopus AuthorID: 57199326520

**Хлань Татьяна Николаевна** – врач-анестезиолог-реаниматолог отдела анестезиологии и реаниматологии ФГБУ НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого Минздрава РФ. Адрес: 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27; тел.: +7 (903) 710-54-62; e-mail: Chlan@ixv.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8942-0770>.

**Волчанский Дмитрий Александрович** – врач-хирург, аспирант отделения торакальной хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневого»

Минздрава РФ. Адрес: 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27; тел.: +7 (926) 851-13-51; e-mail: dmitryvochansky@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5947-3211>. Scopus AuthorID: 57211861517

### Authors information:

**Pechetov Aleksey Aleksandrovich** – PhD, Head of the Department of Thoracic Surgery, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center of Surgery named after. A.V. Vishnevsky Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 117997 Moscow, st. Bolshaya Serpukhovskaya, 27; tel.: +7 (906) 781-99-79; e-mail: pechetov@ixv.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1823-4396>. Scopus AuthorID: 14010265400

**Lednev Alexey Nikolaevich** – PhD, junior researcher at the Department of Thoracic Surgery, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center of Surgery named after. A.V. Vishnevsky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 117997 Moscow, st. Bolshaya Serpukhovskaya, 27; tel.: 8 (925) 598-06-04; e-mail: lednev@ixv.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3039-1183>. Scopus AuthorID: 57209692380

**Makov Maxim Aleksandrovich** – thoracic surgeon, Department of Thoracic Surgery, Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center of Surgery named after. A.V. Vishnevsky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 117997 Moscow, st. Bolshaya Serpukhovskaya, 27; tel.: +7 (926) 768-16-50; e-mail: makov@ixv.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0847-0694>. Scopus AuthorID: 57199326520

**Khlan Tatyana Nikolaevna** – anesthesiologist-resuscitator of the department of anesthesiology and resuscitation of the Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center of Surgery named after. A.V. Vishnevsky Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 117997 Moscow, st. Bolshaya Serpukhovskaya, 27; tel.: +7 (903) 710-54-62; e-mail: Chlan@ixv.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8942-0770>.

**Volchansky Dmitry Aleksandrovich** – surgeon, graduate student of the Department of Thoracic Surgery of the Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center of Surgery named after. A.V. Vishnevsky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 117997 Moscow, st. Bolshaya Serpukhovskaya, 27; tel.: +7 (926) 851-13-51; e-mail: dmitryvochansky@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5947-3211>. Scopus AuthorID: 57211861517