

Опыт лечения пациентов с инструментальным разрывом трахеи

Ф.А. Черноусов, С.А. Хачатрян ✉, Е.Б. Николаева, А.М. Гасанов, В.Г. Котанджян, К.М. Рабаданов, Ю.С. Тетерин, Ш.А. Басханов

Отделение неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

129090, Российская Федерация, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3

✉ Контактная информация: Хачатрян Сурен Арутюнович, врач-торакальный хирург, торакальное хирургическое отделение ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Email: khachatryan.suro250@gmail.com

АКТУАЛЬНОСТЬ

Инструментальные разрывы трахеи (ИРТ) являются редким, но опасным осложнением инвазивных медицинских процедур. Отсутствие единых диагностических алгоритмов и тактик лечения, особенно у пациентов, нуждающихся в искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ), определяет актуальность исследования.

ЦЕЛЬ

Улучшить результаты лечения пациентов с инструментальными повреждениями трахеи (ИПТ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведён ретроспективный и проспективный анализ 80 пациентов с ИПТ, находившихся на лечении в период с 2003 по 2024 год. Средний возраст пациентов составил $52,2 \pm 11,4$ года, большинство пациентов (87,5%) — женщины. Для диагностики инструментальных разрывов трахеи использовали компьютерную томографию (КТ, $n=60$), трахеоскопию ($n=55$) и рентгеноконтрастное исследование пищевода/эзофагоскопию ($n=77$). Оценивали чувствительность и специфичность методов. Лечение включало консервативную и мини-инвазивную тактику ($n=72$) и хирургическое ушивание дефекта трахеи ($n=8$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Чувствительность КТ в диагностике разрыва трахеи составила 100%. Консервативное лечение проводили всем пациентам на спонтанном дыхании ($n=53$), 14 больных, нуждавшихся в длительной ИВЛ, лечили путём позиционирования манжеты эндотрахеальной трубки (ЭТТ) ниже дефекта. Среди пациентов на ИВЛ, у которых манжета ЭТТ была установлена ниже разрыва, заживление наступило в 85,7% (12/14) случаев. При дистальных разрывах мембранозной стенки трахеи принималось решение о стентировании трахеи бифуркационным стентом с расположением манжеты ЭТТ в просвете стента ($n=4$). В одном случае при дистальном разрыве трахеи пациентка переведена на самостоятельное дыхание с поддержкой вено-венозной экстракорпоральной мембранной оксигенации. Хирургическая тактика лечения была применена в 8 случаях. Летальность в группе консервативного и мини-инвазивного лечения составила 8,3% (6/72), в то время как в группе хирургического лечения — 50% (4/8). Общая летальность — 12,5% (10/80).

ВЫВОДЫ

1. Компьютерно-томографическая диагностика разрывов трахеи обладает 100% чувствительностью, что позволяет отказаться от рутинной трахеоскопии для подтверждения диагноза. 2. Трахеоскопия применяется для оценки параметров разрыва и репозиции эндотрахеальной трубки. 3. Консервативное лечение высокоэффективно и является методом выбора. 4. Приоритет консервативных и эндоскопических методик над хирургическими значительно улучшил исходы у пациентов на искусственной вентиляции лёгких.

Ключевые слова:

трахея, постинтубационный разрыв трахеи, инструментальный разрыв трахеи, пневмомедиастинум, эмфизема, пневмоторакс, трахео-медиастинальный свищ

Ссылка для цитирования

Черноусов Ф.А., Хачатрян С.А., Николаева Е.Б., Гасанов А.М., Котанджян В.Г., Рабаданов К.М. и др. Опыт лечения пациентов с инструментальным разрывом трахеи. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2025;14(4):703–713. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-703-713>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ДИ — доверительный интервал
ИВЛ — искусственная вентиляция лёгких
ИПТ — инструментальное повреждение трахеи
ИРТ — инструментальный разрыв трахеи
КТ — компьютерная томография
ЭДГС — эзофагогастродуоденоскопия

ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация
ЭТТ — эндотрахеальная трубка
FN — False Negative — ложноотрицательный
FP — False Positive — ложноположительный
TN — True Negative — истинно отрицательный
TP — True Positive — истинно положительный

ВВЕДЕНИЕ

Инструментальный разрыв трахеи (ИРТ) можно определить как любое повреждение трахеальной стенки из-за инвазивной медицинской или хирургической процедуры. Интубация трахеи с помощью эндотрахеальных трубок на протяжении многих лет остаётся стандартом для обеспечения искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) [1–3]. Эта рутинная инвазивная процедура сопровождается развитием механических повреждений трахеи и бронхов с частотой, не превышающей 0,05% [4–8].

Этиология ятрогенных повреждений мембранозной стенки трахеи имеет разные механизмы: чрезмерное раздувание манжеты интубационной трубки, трахеостома, баллонная дилатация или бужирование при стенозах трахеи, установка и удаление саморасширяющихся стентов — всё это может явиться причиной ятрогенного разрыва трахеи [5, 9–13]. Частота повреждений трахеи значительно выше при интубации двухпросветной интубационной трубкой для раздельной вентиляции лёгких и составляет 0,19%, а при чрескожной дилатационной трахеостомии, по различным данным, достигает 1% [2, 14–17].

При подозрении на повреждение трахеи выбор диагностического алгоритма и определение чётких показаний для выполнения компьютерной томографии (КТ) и трахеоскопии нуждаются в конкретизации. По данным литературы трахеоскопия — это «золотой стандарт» в выявлении ИРТ. Неоправданным можно признать принятие решения о хирургическом ушивании дефекта трахеи у пациентов, находящихся на спонтанном дыхании, или интубация таких больных. Лечение разрывов трахеи у пациентов на ИВЛ требует развития методов ранней диагностики и внедрения оптимальных лечебных тактик на основе мультидисциплинарного подхода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведён ретроспективный и проспективный анализ результатов обследования и лечения 80 пациентов с инструментальным повреждением трахеи (ИПТ), находившихся на лечении в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского в период с 2003 по март 2024 года. Из них 40 пациентов (50%) были переведены из других стационаров. Среди больных было 10 мужчин и 70 женщин. Возраст — от 20 до 88 лет, в среднем $52,2 \pm 11,4$ года (здесь и далее $M \pm SD$ означает среднее арифметическое \pm стандартное отклонение). На спонтанном дыхании находились 53 пациента, на ИВЛ — 27.

Комплексное обследование больных с подозрением на ИРТ включало рентгенографию пищевода с контрастированием, КТ шеи и груди; и эндоскопические методы — трахеоскопию и эзофагодуоденоскопию (ЭГДС). С целью исключения повреждения пищевода пациентам на спонтанном дыхании выполняли рентгенографию пищевода с контрастированием ($n=53$ или 66,3%) (рис. 1, табл. 1), пациентам на ИВЛ ($n=24$) — эзофагоскопию, у 3 пациентов диагноз был выявлен интроперационно, таким образом обследование не проводилось.

Из 80 пациентов с разрывом трахеи диагноз у 77 был подтверждён с помощью инструментальных методов (КТ и эндоскопический метод), а у 3 — интраоперационно (этим пациентам инструментальную диагностику не проводили). В зависимости от метода инструментальной диагностики ИРТ пациенты были разделены на три группы:

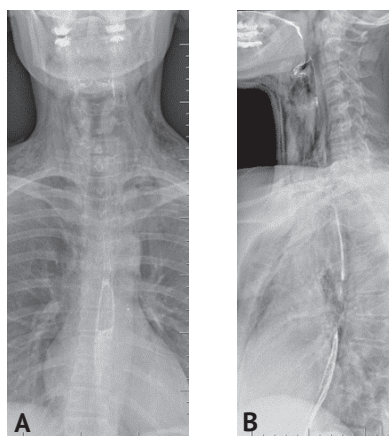


Рис. 1. Рентгенограммы глотки и пищевода с контрастированием: А — прямая проекция; В — боковая проекция. Массивная подкожная эмфизема мягких тканей шеи с двух сторон с переходом на грудную стенку. Газ в средостении. Газа и жидкости в плевральной полости не выявлено. При полипозиционном исследовании пищевода с полугустой взвесью сульфата бария акт глотания не нарушен, пищевод свободно проходит на всём протяжении. Затекания контрастного вещества за контуры пищевода и глотки не выявлено
Fig. 1. Radiographs of the pharynx and esophagus with contrast: A — frontal projection; B — lateral projection. Massive subcutaneous emphysema of the soft tissues of the neck on both sides, extending to the chest wall. Gas in the mediastinum. No gas or fluid was detected in the pleural cavity. A multipositional examination of the esophagus with a semi-thick barium sulfate suspension revealed normal swallowing and the freely passable esophagus throughout its entire length. No leakage of contrast agent beyond the contours of the esophagus and pharynx was found

Таблица 1

Инструментальные методы обследования пациентов с инструментальным разрывом трахеи

Table 1

Instrumental methods for examining patients with instrumental tracheal rupture

Наименование исследования	Число пациентов	
	<i>n</i>	% ¹
Компьютерная томография	60	75
Трахеотрахеоскопия	55	68,75
Рентгеноконтрастное исследование пищевода	53	66,3
Эзофагогастродуоденоскопия	24	30

Примечание: ¹ — процент к общему числу ($n=80$) наблюдений. Количество исследований превышает количество пациентов из-за проведения одному пациенту нескольких исследований

Note: ¹ — percentage of the total number ($n=80$) of observations. The number of examinations exceeds the number of patients due to multiple examinations being conducted on the same patient

группа I ($n=17$): трахеоскопия,
группа II ($n=38$): КТ и трахеоскопия,
группа III ($n=22$): КТ.

КТ позволила выявить газовый синдром (пневмоторакс, пневмомедиастинум), оценить локализацию и размеры дефекта мембранозной стенки трахеи (рис. 2).

Трахеоскопию выполнили 55 пациентам I и II группы (68,8%), что позволило наглядно определить локализацию, протяжённость и глубину повреждения мембранозной стенки трахеи (рис. 3).

У пациентов, находящихся на спонтанном дыхании, при подозрении на ИРТ для уточнения диагноза предпочтительным методом исследования была КТ в связи с неинвазивностью исследования и высокой информативностью метода. У пациентов, которые находились на ИВЛ, при подозрении на ИРТ и

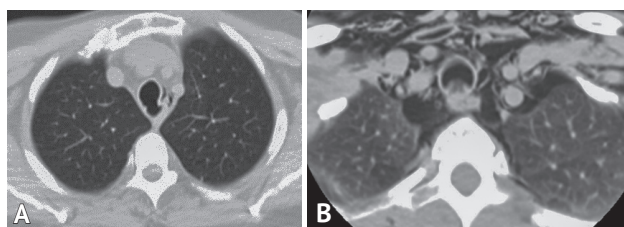


Рис. 2. Компьютерная томограмма пациента с инструментальным разрывом трахеи: А — 3 шириной до 6 мм протяжённостью около 28 мм. Пневмомедиастинум; В — диагностируется дефект задней стенки трахеи на уровне Th3–Th4 шириной до 8 мм протяжённостью около 22 мм, признаки пневмомедиастинума, тканевой эмфиземы шеи и грудной клетки

Fig 2. Computed tomography scan of a patient with an instrumental tracheal rupture: A — a defect of the posterior wall of the trachea at the level of Th2–Th3, up to 6 mm wide and approximately 28 mm long is diagnosed. Pneumomediastinum; B — a defect of the posterior wall of the trachea at the level of Th3–Th4, up to 8 mm wide and approximately 22 mm long is diagnosed. Signs of pneumomediastinum, tissue emphysema of the neck and chest

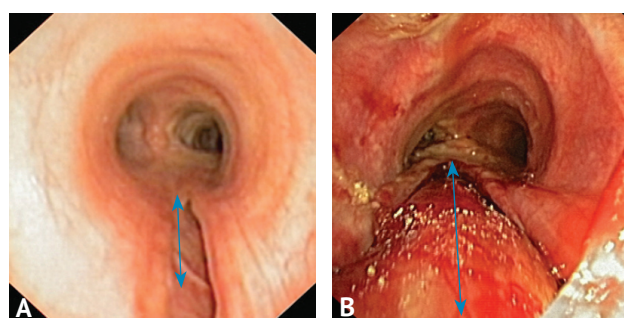


Рис. 3. Трахеоскопия (эндофото) пациента с инструментальным разрывом трахеи: А — по мембранозной стенке на расстоянии 7,0 см ниже голосовых складок определяется линейный дефект размерами 3,0×0,5 см глубиной до 0,5–0,8 см, дно представлено наложением тонкого светлого фибрина, края ровные. Дистальный край дефекта на 1,0 см выше карины; В — по мембранозной стенке на расстоянии 5,0 см ниже голосовых складок определяется линейный дефект размерами 4,0×1 см глубиной до 0,6–0,8 см, дно представлено передней стенкой пищевода, края ровные. Дистальный край дефекта на 0,5 см выше карины

Fig 3. Tracheoscopy (endophoto) of a patient with an instrumental tracheal rupture: A — a linear defect measuring 3.0 x 0.5 cm and up to 0.5–0.8 cm deep along the membranous wall at a distance of 7.0 cm below the vocal folds is detected. The bottom is represented by a thin, light-colored fibrin overlay, with smooth edges. The distal edge of the defect is 1.0 cm above the carina. B — a linear defect measuring 4.0 x 1 cm and up to 0.6–0.8 cm deep along the membranous wall at a distance of 5.0 cm below the vocal folds is detected. The bottom is represented by the anterior wall of the esophagus, the edges are smooth. The distal edge of the defect is 0.5 cm above the carina

наличия возможности транспортировки выполняли КТ (10 пациентов; 12,5%) для оценки состояния стенок воздухоносных путей, локализации и размеров дефекта, выявления медиастинита, пневмоторакса и пневмомедиастинума. У 14 пациентов, находящихся на ИВЛ (17,5%), учитывая отсутствие возможности транспортировки их в отделение КТ из-за тяжести состояния, при подозрении на ИРТ была выполнена только трахеоскопия. У пациентов на ИВЛ при выявлении дефекта мембранозной стенки трахеи при КТ в обязательном порядке выполняли трахеоскопию для коррекции расположения манжеты ЭТТ (24 пациентов; 30%) (табл. 1, рис. 4).

Были проанализированы возраст, пол пациентов, клинические данные, характеристика дефекта мембранозной стенки трахеи (локализация, протяжённость), данные инструментальных методов исследования,

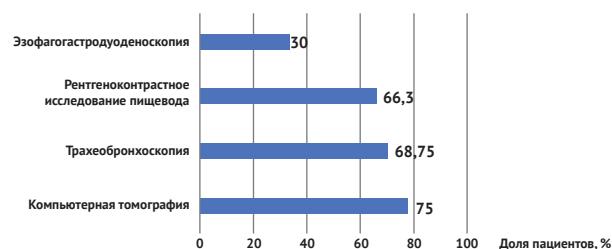


Рис. 4. Инструментальные методы обследования пациентов с инструментальным разрывом трахеи

Fig 4. Instrumental methods of examination of patients with instrumental rupture of the trachea – esophagogastroduodenoscopy

Таблица 2

Распределение пациентов с инструментальным разрывом трахеи по полу и возрасту

Table 2

Distribution of patients with instrumental tracheal rupture by gender and age

Возраст, лет	Мужчины, n (%)	Женщины, n (%)	Всего, n (%)
До 30	7 (8,75)	11 (13,75)	18 (22,5)
31–40	1 (1,25)	8 (10)	9 (11,25)
41–50	—	10 (12,5)	10 (12,5)
51–60	—	18 (22,5)	18 (22,5)
61–70	1 (1,25)	9 (11,25)	10 (12,5)
Старше 70	1 (1,25)	14 (17,5)	15 (18,75)
Всего	10 (12,5)	70 (87,5)	80 (100)

Примечание: в скобках — процент к общему числу (n=80) наблюдений

Note: in brackets – percentage of the total number (n=80) of observations

результаты лечения пациентов, частота смертельных исходов.

Статистический анализ. Описательная статистика приведена в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$), абсолютных (n) и относительных (%) величин. Оценивали чувствительность и специфичность, а также положительную и отрицательную прогностическую ценность КТ в отношении ИРТ. С целью оценки чувствительности метода КТ в отношении ИРТ, результаты, полученные с её помощью, сравнивали с результатами трахеоскопии. За «истинно положительный» (TP — True Positive) результат приняли ИРТ, подтверждённый при КТ и трахеоскопии, «ложно положительный» (FP — False Positive) результат — ИРТ подтверждён при КТ, но не подтверждён при трахеоскопии, «истинно отрицательный» результат (TN — True Negative) — ИРТ не подтверждён ни при КТ, ни при трахеоскопии и «ложно отрицательный» результат (FN — False Negative) — ИРТ не подтверждён при КТ, но подтверждён при трахеоскопии. Для каждого пациента установили следующие параметры: КТ при подозрении на ИРТ (0 — исследование не проводили, 1 — проводили); КТ в динамике (0 — исследование не проводили, 1 — проводили); выявление дефекта при КТ (0 — не выявлен ИРТ, 1 — выявлен ИРТ); трахеоскопия (0 — исследование не проводили, 1 — проводили).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В нашем исследовании преобладали люди трудоспособного возраста (65 больных; 81,25%), что говорит о социальной значимости проблемы. Распределение пациентов по полу и возрасту приведено в табл. 2.

Как следует из табл. 2, женщин было намного больше (70 больных; 87,5%), чем мужчин (10 больных; 12,5%).

Причинами повреждения трахеи явились: интубация трахеи однопросветной интубационной трубкой — у 66 больных (82,5%), интубация двухпросветной интубационной трубкой — у 3 больных (3,75%), трахеостомия — у 11 (13,75%). В 66 наблюдениях (82,5%) интубация трахеи выполнена в плановом порядке, в 14 — в экстренном (17,5%). Данные об этиологических факторах представлены в табл. 3.

Подавляющее большинство интубаций трахеи выполнено в плановом порядке (66 больных; 82,5%). Как следует из табл. 4, основной причиной повреждения трахеи была интубация однопросветной интубационной трубкой (66 больных; 82,5%), что соответствует наиболее частому использованию однопросветной интубационной трубки в практике анестезиолога-реаниматолога.

Подозрение на повреждение мембранозной стенки трахеи после экстубации возникло у 53 больных (66,25%) на основании жалоб и клинической картины.

Пациентов после экстубации беспокоила боль при глотании (52 больных; 65%) и гнусавость голоса (38 больных; 47,5%). Проявления дыхательной недостаточности I–II ст. отмечены у 5 пациентов (6,25%), находящихся на спонтанном дыхании, этим больным потребовалось проведение кислородной поддержки. Эти жалобы отсутствовали у 27 больных, находящихся на ИВЛ (33,75%).

Пальпаторно подкожная эмфизема выявлена у 68 больных, что составило 85%. По данным комплексного обследования, односторонний пневмоторакс диагностирован у 16 больных (20%), двусторонний — у 3 (3,75%), пневмомедиастинум — у 71 (88,75%). У 1 пациента (1,3%) выявлена подслизистая гематома передней стенки пищевода небольшого размера на уровне глоточно-пищеводного перехода, не потребовавшая оперативного вмешательства. Распределение больных по наличию жалоб и симптомов ИРТ приведено в табл. 4.

Как следует из табл. 4, основным проявлением ИРТ были подкожная эмфизема (68 пациента; 85%) и пневмомедиастинум (71 пациент; 88,6%). Пневмоторакс в большинстве случаев выявлен у пациентов, находящихся на спонтанном дыхании. У пациентов на ИВЛ пневмоторакс встречался реже, что, вероятнее всего, связано с расположением манжеты ЭТГ дистальнее дефекта мембранозной стенки трахеи и перекрывании зоны дефекта, что препятствовало поступлению воздуха в плевральную полость.

В нашем наблюдении расстояние от дистального края дефекта мембранозной стенки трахеи до бифуркации составило от 0 до 7 см (табл. 5).

Наименьшая протяжённость дефекта трахеи в нашем наблюдении составила 1 см, наибольший размер дефекта достигал 7 см (табл. 6). Как следует из табл. 8, при инструментальных разрывах чаще всего повреждается дистальная часть мембранозной стенки трахеи. Если у пациентов на спонтанном дыхании локализация дефекта не имеет значения в тактическом плане, то у пациентов, нуждающихся в ИВЛ, локализация и протяжённость разрыва мембранозной стенки трахеи важны для принятия решения о тактике дальнейшего лечения.

Распределение пациентов по протяжённости дефекта мембранозной стенки трахеи приведена в табл. 6.

Рентгенография пищевода с контрастированием и эзофагоскопия не выявили ни у одного пациента трансмурального повреждения стенки пищевода.

Таблица 3

Распределение пациентов с инструментальным разрывом трахеи по этиологии повреждения трахеи

Table 4

Distribution of patients with instrumental tracheal rupture by etiology of tracheal injury

Способ интубации трахеи	Плановая	Экстренная	Всего
Интубация однопросветной эндотрахеальной трубкой	52 (65%)	14 (17,5%)	66 (82,5%)
Интубация двухпросветной эндотрахеальной трубкой	3 (3,75%)	—	3 (3,75%)
Трахеостомия	11 (13,75%)	—	11 (13,75%)
Итого	66 (82,5%)	14 (17,5%)	80 (100%)

Примечание: в скобках — процент к общему числу (n=80) наблюдений
Note: in brackets — percentage of the total number (n=80) of observations

Таблица 4

Распределение пациентов с инструментальным разрывом трахеи по клиническим проявлениям

Table 5

Distribution of patients with instrumental tracheal rupture by clinical manifestations

Клинические проявления	Спонтанное дыхание (n=53)	Искусственная вентиляция лёгких (n=27)	Всего (n=80)
Подкожная эмфизема	50 (94,3%)	18 (66,6%)	68 (85%)
Гнусавость голоса	38(71,7%)	—	38(47,5%)
Боль при глотании	52 (98,1%)	—	52 (65%)
Дыхательная недостаточность	5 (9,4%)	—	5 (6,25%)
Односторонний пневмоторакс	13 (24,5%)	3 (11,1%)	16 (20%)
Двусторонний пневмоторакс	2 (3,8%)	1 (3,7%)	3 (3,75%)
Пневмомедиастинум	50 (94,3%)	21 (77,8%)	71 (88,6%)
Повреждение пищевода	—	1 (3,7%)	1 (1,25%)

Примечание: сумма симптомов превышает количество пациентов из-за наличия у одного больного нескольких симптомов
Note: The sum of symptoms exceeds the number of patients due to the presence of multiple symptoms in one patient

Таблица 5

Распределение пациентов по локализации дефекта мембранозной стенки трахеи от бифуркации трахеи

Table 6

Patient distribution by location of the tracheal membranous wall defect from the tracheal bifurcation

Расстояние от дистального края дефекта трахеи до бифуркации, см	Количество пациентов, n (%)
0–1	31 (38,7)
1–3	28 (35)
более 3	21 (26,3)

Таблица 6

Распределение пациентов по протяжённости дефекта мембранозной стенки трахеи

Table 6

Distribution of patients by extent of tracheal membranous wall defect

Протяжённость дефекта трахеи, см	Количество пациентов (n=80), n (%)
1–3	41 (51,3%)
Более 3	39 (48,7%)

Инструментальное обследование прошли 77 пациентов с подозрением на ИРТ, у 3 пациентов дефект мембранозной стенки трахеи был выявлен интраоперационно. При сравнении данных различных инструментальных методов диагностики для выявления дефекта мембранозной стенки трахеи были получены следующие результаты.

В группе I при выполнении трахеоскопии дефект мембранозной стенки трахеи выявлен во всех случаях. В группе II при подозрении на ИРТ дефект выявлен при трахеоскопии, на КТ дефект мембранозной стенки также был визуализирован. В группе III с подозрением на ИРТ, которым было выполнено только КТ, дефект мембранозной стенки трахеи выявлен во всех случаях.

Данные о пациентах и методах исследования приведены в табл. 7, 8 (рис. 5–7).

Чувствительность и специфичность КТ относительно трахеоскопии среди пациентов II группы составила 100,0% (95% ДИ 91,2–100,0%, $TP=40$, $FN=0$), специфичность КТ (вероятность того, что у пациентов без заболевания результат теста будет отрицательным (истинно-отрицательный показатель) составил 0 ($TN=0$, $FP=0$). Положительная прогностическая ценность составила 100,0% (95% ДИ 91,2–100,0). Расчёт специфичности и отрицательной прогностической ценности оказался невозможен, поскольку в исследуемой выборке пациентов II группы не было случаев, верифицированных как «отрицательный» по референсному стандарту ($TN=0$, $FP=0$). Таким образом, в данной когорте метод КТ продемонстрировал максимально высокую способность к выявлению заболевания, однако его способность к подтверждению отсутствия патологии не оценивалась.

Клинически важное наблюдение состоит в следующем: по прагматическому правилу (КТ положительная и трахеоскопия не проводилась или была отрицательной) во всех случаях КТ позволила выявить дефект мембранозной стенки трахеи.

В группе II чувствительность КТ составила 100% — это означает, что среди пациентов с подтверждённым разрывом референс здесь совпал с результатом трахеоскопии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ

Консервативное и мини-инвазивное лечение проведено 72 пациентам (90%). В эту группу вошли 53 пациента на спонтанном дыхании, а также 14 пациентов на ИВЛ, которым удалось расположить манжету ЭТТ ниже дефекта трахеи; 4 пациента, которым выполняли стентирование трахеи бифуркационным стентом с расположением манжеты ЭТТ в просвет стента до заживления дефекта мембранозной стенки трахеи, и один больной, которому была установлена вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО). Больной был переведён на спонтанное дыхание.

У 7 пациентов (8,6%) на спонтанном дыхании с односторонним пневмотораксом выполнено дренирование плевральной полости; у 2 (2,5%) был выявлен двусторонний пневмоторакс, требующий дренирования обеих плевральных полостей. Остальные 6 пациентов (7,5%) на спонтанном дыхании с односторонним пневмотораксом, учитывая малый объём пневмоторакса и отсутствие дыхательной недостаточности, в дренировании плевральной полости не нуждались. Независимо от протяжённости и локализации дефекта мембранозной стенки трахеи все пациенты на спонтанном дыхании получали консервативное лечение, которое заключалось в разжижении и выведении мокроты, подавлении кашлевого рефлекса, антибиотикотерапии с профилактической целью для предотвращения нагноения, а также обеспечении кислородом пациентов с дыхательной недостаточностью.

Таблица 7

Данные о пациентах и методах исследования

Table 7

Patient data and study methods

Параметр	Число пациентов, n
Всего пациентов	80
Пациенты, которым проводили КТ	60
Пациенты, которым проводили трахеоскопию	55
I: Пациенты только с КТ	22
II: Пациенты только с трахеоскопией	17
III: Пациенты: КТ+трахеоскопия	38
Комбинация (выполняется любое из исследований)	77
Диагноз ИРТ при КТ не подтверждён	0
Диагноз ИРТ при трахеоскопии не подтверждён	0

Примечания: КТ — компьютерная томография, ИРТ — инструментальный разрыв трахеи

Notes: КТ — computed tomography, ИРТ — instrumental tracheal rupture

Таблица 8

Оценка чувствительности и специфичности методов

Table 8

Assessment of sensitivity and specificity of methods

Исследование	TP	FN	FP	TN	Чувствительность	Специфичность
I группа	17	4	0	0	1,000 (ДИ 95% 0,816–1,000)	—
II группа	38	0	0	0	1,000 (ДИ 95% 0,816–1,000)	0,912378
III группа	22	2	0	0	0,909 (ДИ 95% 0,722–0,975)	—

Примечания: ДИ — доверительный интервал; TP — True Positive; FN — False Negative; FP — False Positive; TN — True Negative

Notes: ДИ — confidence interval; TP — True Positive; FN — False Negative; FP — False Positive; TN — True Negative

Notes: ДИ — confidence interval; TP — True Positive; FN — False Negative; FP — False Positive; TN — True Negative

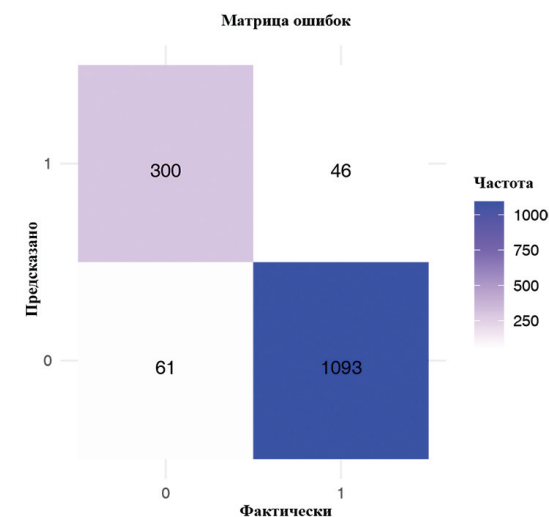


Рис. 5. Сравнение результатов компьютерной томографии и трахеоскопии по ложноположительному результату
Fig 5. Comparison of the results of computed tomography and tracheoscopy for false-positive result

Всем пациентам, находящимся на ИВЛ, с выявленным пневмотораксом любого объёма (4 больных; 5%) в обязательном порядке было выполнено дренирование плевральной полости в связи с риском возникновения напряжённого пневмоторакса.

Консервативная и мини-инвазивная тактика лечения пациентов на ИВЛ была предпринята в 19 наблю-

дениях (23,6%). У 14 больных удалось расположить манжету ЭТТ ниже уровня дефекта трахеи, что позволило изолировать зону дефекта трахеи, контролировать газовый синдром и обеспечить проведение ИВЛ до заживления дефекта мембранозной стенки трахеи, сроки которого составили от 7 до 10 дней.

У 4 пациентов (5%) с дистальным разрывом мембранозной стенки трахеи (до 1 см от карины) расположение манжеты ЭТТ ниже дефекта не представлялось возможным, в связи с чем выполнено эндоскопическое стентирование трахеи и главных бронхов бифуркационным Y-образным стентом. Стентирование трахеи представляет собой безопасное и эффективное малотравматичное эндоскопическое вмешательство, которое позволяет полностью прикрыть стенку дефекта трахеи и осуществлять длительную ИВЛ с помощью установленной в просвете трахеальной части стента интубационной или трахеостомической трубки. В результате изоляции зоны разрыва мембранозной стенки трахеи удаётся добиться регрессии газового синдрома и заживления дефекта стенки трахеи. Обеспечение герметичности воздухоносного пути за счёт установки манжеты ЭТТ в стент способствует улучшению показателей лёгочной вентиляции и улучшает прогноз лечения. В этой группе у троих больных стент был удалён через 3 недели после установления, при эндоскопическом исследовании дефект не визуализировался. Схема установления трахеостомической трубки в просвет Y-образного стента приведена на рис. 8.

Одна больная с дистальным разрывом мембранозной стенки трахеи была переведена на спонтанное дыхание с поддержкой вено-венозной ЭКМО.

В группе больных, которым удалось расположить манжету ЭТТ ниже уровня дефекта мембранозной стенки трахеи, у 12 пациентов из 14 (85,7%) удалось добиться полного заживления дефекта мембранозной стенки трахеи, что было подтверждено при трахеоскопии.

Оценка эффективности консервативного лечения пациентов приведена в табл. 9.

Хирургическое лечение дефекта мембранозной стенки трахеи было выполнено 8 пациентам (10%). Хирургической тактики лечения мы придерживались при выявлении дефекта интраоперационно, при распространении разрыва на главные бронхи, при невозможности расположить манжету ЭТТ дистальнее разрыва трахеи и наличии неконтролируемого газового синдрома.

У 3 пациентов разрыв трахеи был выявлен интраоперационно. У одного — во время торакоскопии, выполняемой по поводу буллёзной болезни легких. Ещё у одного пациента дефект мембранозной стенки трахеи с переходом на левый главный бронх был выявлен во время торакотомии. Операция расширена до правосторонней торакотомии, дефект бронха и трахеи ушит однорядным швом нитью PDS4-0. У одной пациентки с разрывом шейного отдела пищевода разрыв мембранозной стенки трахеи выявлен при левосторонней цервикотомии, дефект ушит через тот же доступ. После операции пациенты экстубированы на операционном столе и были выписаны на 13-е, 14-е и 22-е сутки соответственно.

Пяти пациентам (6,3%) было выполнено хирургическое лечение в объёме: правосторонняя торакотомия,

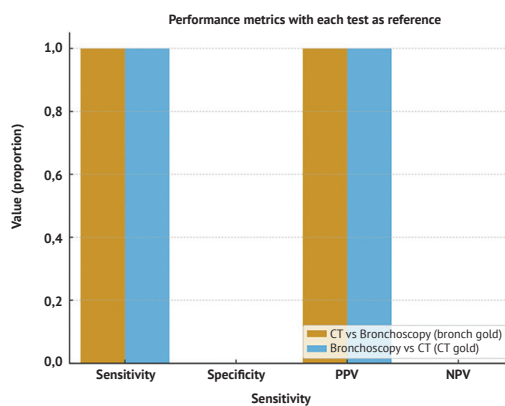


Рис. 6. Сравнение результатов в группе компьютерной томографии и трахеоскопии по сравнению с группой трахеоскопии

Fig 6. Comparison of results in the CT and tracheoscopy group versus the tracheoscopy group

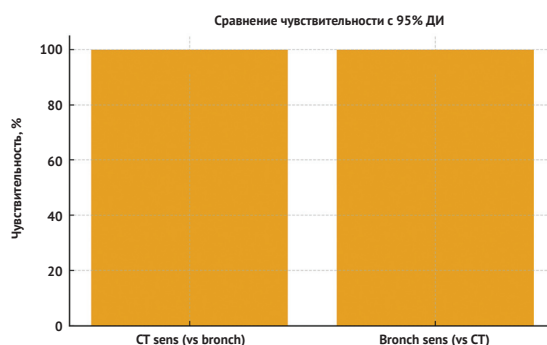


Рис. 7. Сравнение чувствительности компьютерной томографии и трахеоскопии

Fig 7. Comparison of the sensitivity of computed tomography and tracheoscopy

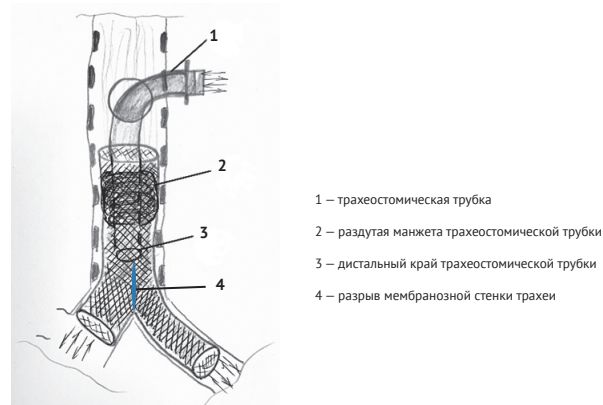


Рис. 8. Трахеостомическая трубка, установленная в трахеальной части бифуркационного стента. Манжета трахеостомической трубки раздута в просвете трахеальной части стента

Fig 8. A tracheostomy tube installed in the tracheal portion of a bifurcation stent. The tracheostomy tube cuff is inflated within the lumen of the tracheal portion of the stent

резекция V ребра, формирование мышечно-надкостничного лоскута на сосудистой ножке, мобилизация трахеи, ушивание дефекта задней стенки трахеи с укрытием линии швов мышечно-надкостничным лоскутом, дренирование плевральной полости. Вторым этапом им выполнена трахеопластика с формированием трахеофиссуры с установкой T-образной трубки для исключения давления манжеты трахеостомической трубки на лоскут. Трубку окутывали мажевой салфеткой, чтобы минимизировать поступление воздуха мимо неё, к ней подключали ИВЛ, заглушая верхнее

Таблица 9

Оценка эффективности консервативного лечения

Table 9

Evaluation of the effectiveness of conservative treatment

Лечение консервативное, мини-инвазивное	Количество	Заживление дефекта, n, (%)	Выздоровление, n (%)	Летальность, n (%)
Спонтанное дыхание	53	53 (100)	53 (100)	—
ИВЛ с изоляцией зоны дефекта путём позиционирования манжеты ЭТТ	14	12 (85,7)	10 (71,4)	4 (28,6)
Стентирование трахеи	4	3 (75)	3 (75)	1 (25)
Вено-венозная ЭКМО	1	0	0	1
Всего	72	68 (94,4)	66 (91,7)	6 (8,3)

Примечания: в скобках — процент к общему числу в конкретной группе наблюдений. ИВЛ — искусственная вентиляция лёгких; ЭТТ — эндотрахеальная трубка; ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация

Notes: in brackets — percentage of the total number in a specific observation group. ИВЛ — mechanical ventilation; ЭТТ — endotracheal tube; ЭКМО — extracorporeal membrane oxygenation

колено. Показанием к операции было низкое расположение дефекта в дистальной части трахеи (менее 1 см от карины) с неконтролируемым газовым синдромом и необходимостью продлённой ИВЛ. В этой группе больных 1 пациент проходил длительное лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии и с выздоровлением был выписан на 37-е сутки после операции.

Выполненные операции представлены в табл. 10.

Летальность. Умерли 10 из 80 пациентов с ИРТ. Летальность составила 12,5%.

В группе оперированных больных, которым произведена изоляция линии швов трахеи мышечно-надкостничным лоскутом, у 4 наступил смертельный исход в связи с сопутствующей патологией и развитием гнойно-септических осложнений.

В группе пациентов, которым удалось установить манжету ЭТТ ниже уровня дефекта трахеи, 2 пациентов умерли на 2-е сутки после выявления разрыва мембранозной стенки в связи с основным заболеванием, ещё 2 — вследствие развития гнойно-септических осложнений и полиорганной недостаточности. При трахеоскопии в динамике отмечено, что у 2 больных дефект мембранозной стенки трахеи зажил.

Из 4 больных, которым было выполнено стентирование трахеи, один больной скончался на 11-е сутки после стентирования в связи с основным заболеванием. Следует отметить, что у пациента не было осложнений, связанных с ИВЛ.

У больного, который был переведён на спонтанное дыхание с подключением вено-венозной ЭКМО, газовый синдром регрессировал, но пациент скончался на 3-и сутки в связи с основным заболеванием.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проблема диагностики и лечения ятрогенных разрывов трахеи сохраняет свою актуальность в настоящее время. Газовый синдром является характерным для повреждения воздухоносных путей [4, 5, 18, 19]. Типичные клинические симптомы травмы трахеи включают нарушение дыхания, подкожную эмфизему, гнусавость голоса, боль при глотании, пневмомедиастинум, пневмоторакс, реже — пневмоперитонеум, лёгочное кровотечение [18, 19–21].

До сих пор не установлен единый подход к диагностике ятрогенных повреждений трахеи у разных категорий больных, а также нет единого принятого алгоритма лечения этих больных. Эндоскопические методы диагностики широко применяются при подозрении на разрыв трахеи, что не имеет преимуществ

Таблица 10

Операции, выполненные пациентам с инструментальным разрывом трахеи

Table 10

Surgeries performed on patients with instrumental tracheal rupture

Вид операции	Количество больных, n (%)	Летальность, n (%)
Видеоторакоскопия справа, ушивание дефекта трахеи	1 (12,5)	—
Торакотомия справа, ушивание дефекта трахеи и бронха	1 (12,5)	—
Левосторонняя цервикотомия, ушивание дефекта трахеи	1 (12,5)	—
Правосторонняя торакотомия, резекция V, VI рёбер. Формирование мышечно-надкостничного трансплантата. Ушивание дефекта трахеи с пластикой мышечно-надкостничным трансплантатом. Мобилизация широчайшей мышцы спины. Пластика грудной стенки лоскутом широчайшей мышцы спины на сосудистой ножке. Трахеопластика с заведением Т-образной трубки	5 (62,5)	4 (50)
Итого	8 (100)	4 (50)

Примечание: в скобках — процент к общему числу (n=8) оперированных больных
Note: in brackets — percentage of the total number (n=8) of operated patients

по сравнению с КТ [22–26]. Несмотря на ценность информации, полученной при трахеоскопии, эндоскопическое исследование является инвазивным методом, имеющим ряд ограничений в применении за счёт риска прогрессирования газового синдрома и усугубления дыхательной недостаточности [5, 13, 18, 24].

Поскольку трахеоскопия являлась частью эталонного метода диагностики, её чувствительность формально составила 100%. Однако анализ базы пациентов и клинических исходов показал, что КТ имеет самостоятельное диагностическое значение и в ряде случаев позволила выявить разрыв до трахеоскопии, что подтверждает её роль в оптимизации лечебно-диагностического алгоритма.

В результате полученных данных мы пришли к выводу, что выявление дефекта мембранозной стенки трахеи при КТ не имеет ложноположительного результата, что ещё раз свидетельствует о том, что данный диагностический метод имеет высокую чувствительность и не требует выполнения трахеоскопии для подтверждения диагноза.

Однако из литературных источников известно, что при КТ может быть ложноотрицательный результат и при подозрении на ИРТ, который не подтвердился при

КТ, для исключения повреждения трахеи рекомендовано выполнение эндоскопического исследования.

При выявлении дефекта трахеи методом КТ для подтверждения диагноза не требуется выполнения эндоскопического исследования, что доказано в нашем исследовании. В том случае, когда большинству пациентов выполнили КТ трахеи и у всех этих больных был выявлен дефект мембранозной стенки трахеи. Однако эндоскопическое исследование – обязательная процедура при разрыве трахеи у реанимационных больных для оценки глубины, протяжённости и локализации дефекта, при необходимости и возможности – с последующим позиционированием манжеты ЭТТ ниже дефекта под визуальным контролем.

В клинической практике имеет значение величина дефекта трахеи и расстояние от его дистального края до бифуркации трахеи в категории больных, нуждающихся в ИВЛ. Это связано в первую очередь с возможностью расположения манжеты ЭТТ ниже дефекта и обеспечения адекватной ИВЛ до заживления разрыва мембранозной стенки трахеи. Во-вторых, эти параметры важны для выбора способа обеспечения вентиляции лёгких при невозможности расположения манжеты ЭТТ дистальнее дефекта.

При трансмуральных разрывах трахеи обязательной является оценка состояния пищевода на предмет повреждений. У пациентов, находящихся на самостоятельном дыхании, целесообразно проведение рентгенографии пищевода или КТ с пероральным контрастированием [27]. У пациентов в бессознательном состоянии и на ИВЛ с этой целью выполняют эзофагоскопию [5].

Тактика ведения пациентов с ИПТ предполагает применение консервативного или хирургического подхода [18, 15, 28]. Она основывается на двух ключевых факторах: необходимости обеспечения ИВЛ и переносимости хирургического вмешательства на трахею в зависимости от характера основной патологии и тяжести соматического статуса.

М. Conti [16] проанализировали результаты хирургического лечения ятрогенного разрыва трахеи у 35 пациентов. Дефект трахеи ушит во всех случаях. Отмечено, что у 29 пациентов (83%) для укрепления швов трахеи применяли искусственные ткани (*TachoSil*, *TachoComb*, *Sulmycin*), в том числе у 9 – дополнительно использовали аутоканы (лоскуты из плевры, перикарда, вилочковой железы, широчайшей мышцы спины и шилоподъязычной мышцы).

В нашем исследовании у пациентов на спонтанном дыхании консервативное лечение было предпочтительно, и в 100% наблюдений удалось достичь заживления мембранозной стенки трахеи и выздоровления пациентов. Сложным вопросом остаётся определение тактики лечения инструментального разрыва трахеи у пациентов в тяжёлом состоянии в отделении реанимации и интенсивной терапии, нуждающихся в продлённой ИВЛ. Летальность у этой категории больных, по данным литературы, достигает 71,4% [4, 16, 17]. Учитывая хорошие результаты консервативного лечения и низкую летальность у больных на ИВЛ по сравнению с оперированными пациентами, рекомендовано при возможности расположить манжету ЭТТ ниже дефекта мембранозной стенки – этот метод является предпочтительным.

При невозможности проведения адекватной ИВЛ и неконтролируемом газовом синдроме консилиум врачей с участием хирурга, эндоскописта, анестезиолога-реаниматолога принимает решение о хирур-

гическом устранении дефекта или эндоскопическом стентировании. Стоит отметить, что не все пациенты по тяжести состояния могут быть подвергнуты хирургическому лечению, учитывая травматичность и продолжительность операции. Смертельный исход в нашем исследовании был зафиксирован у 10 пациентов (12,5%). Среди больных, нуждающихся в длительной ИВЛ, смертельный исход наступил у 6 пациентов из 19 (31,6%), что значительно меньше по сравнению с данными мировой литературы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностика дефекта мембранозной стенки трахеи при компьютерной томографии имеет высокую чувствительность и достигает 100%, по нашим данным, что ещё раз свидетельствует об отсутствии необходимости выполнения эндоскопического исследования для подтверждения диагноза.

Эндоскопическое исследование является инвазивным методом, имеющим ряд ограничений в применении за счёт риска прогрессирования газового синдрома и усугубления дыхательной недостаточности. Однако эндоскопическое исследование – обязательная процедура при разрыве трахеи у реанимационных больных для оценки глубины, протяжённости и локализации дефекта, при возможности с последующим позиционированием манжеты эндотрахеальной трубки ниже дефекта под контролем зрения.

Консервативный метод лечения пациентов с инструментальным разрывом мембранозной стенки трахеи обладает высокой эффективностью, позволяет полностью добиться заживления дефекта мембранозной стенки трахеи.

Значимое снижение показаний к хирургическому ушиванию дефекта трахеи, внедрение эндоскопических методик привело к улучшению результатов лечения пациентов, находящихся на искусственной вентиляции лёгких.

ВЫВОДЫ

1. Компьютерная томография продемонстрировала 100% чувствительность в диагностике инструментальных разрывов трахеи, что позволяет исключить трахеоскопию из алгоритма подтверждения диагноза в группе пациентов на спонтанном дыхании.

2. Трахеоскопия применяется для оценки параметров разрыва (локализации, протяжённости, глубины) и репозиции манжеты эндотрахеальной трубки у пациентов на искусственной вентиляции лёгких.

3. Консервативное лечение у пациентов на искусственной вентиляции лёгких путём позиционирования манжеты эндотрахеальной трубки дистальнее разрыва позволяет изолировать зону дефекта трахеи и является высокоэффективным методом, который помог добиться заживления у 85,7% пациентов в этой группе.

4. Снижение частоты хирургических вмешательств и приоритет консервативных и эндоскопических методик (позиционирование эндотрахеальной трубки, стентирование) привели к улучшению исходов у пациентов на искусственной вентиляции лёгких, с летальностью в этой группе 22,2%.

5. В результате исследования установлено, что инструментальное повреждение трахеи у пациентов, не нуждающихся в искусственной вентиляции лёгких, при отсутствии осложнений не требует хирургического лечения и такие повреждения могут самостоятельно заживать.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Богданов А.Б., Корячкин В.А. *Интубация трахеи*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское медицинское издательство; 2004.
- Бунятян А.А., Мизиков В.М. (ред.) *Анестезиология: национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. с. 194–213.
- Перельман М.И., Паршин В.Д., Гудовский Л.М. Разрывы трахеи интубационной трубкой. *Проблемы туберкулеза и болезней легких*. 2005;(1):36–40.
- Паршин В.Д., Выжигина М.А., Еременко А.А., Никода В.В., Русаков М.А., Вишневецкая Г.А., и др. Ятрогенное повреждение трахеи и пищевода в реанимационной практике – взгляд хирурга. *Анестезиология и реаниматология*. 2013;(2):50–54.
- Deja M, Menk M, Heidenhain C, Spies CD, Heymann A, Weidemann H, et al. Strategies for diagnosis and treatment of iatrogenic tracheal ruptures. *Minerva Anesthesiol*. 2011;77(12):1155–1166. PMID: 21602752
- Ross HM, Grant FJ, Wilson RS, Burt ME. Nonoperative management of tracheal laceration during endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg*. 1997;63(1):240–242. PMID: 8993280 [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(96\)01077-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(96)01077-6)
- Hawkins RB, Thiele EL, Huffmyer J, Bechtel A, Yount KW, Martin LW. Extracorporeal membrane oxygenation for management of iatrogenic distal tracheal tear. *JTCVS Tech*. 2020;4:389–391. PMID: 32838337 <https://doi.org/10.1016/j.jtc.2020.07.020>
- Karpitski A, Shestiuik A, Panko S, Zhurbenka H, Vakulich D, Ihnatsiuk A. Thoracoscopic treatment of iatrogenic injuries of the tracheobronchial tree: a retrospective analysis of 5 cases and review of the literature. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2022;17(1):240–244. PMID: 35251412 <https://doi.org/10.5114/wiitm.2021.107816>
- Варганова Н.А. Ятрогенные повреждения трахеи в практике анестезиолога. *Медицина неотложных состояний*. 2013;(7):150–152.
- Fruchter O, Raviv Y, Fox BD, Kramer MR. Removal of metallic tracheobronchial stents in lung transplantation with flexible bronchoscopy. *J Cardiothorac Surg*. 2010;5:72. PMID: 20831830 <https://doi.org/10.1186/1749-8090-5-72>
- Kim JH, Shin JH, Song HY, Shim TS, Ko GY, Yoon HK, et al. Tracheobronchial laceration after balloon dilation for benign strictures: incidence and clinical significance. *Chest*. 2007;131(4):1114–1117. PMID: 17426217 <https://doi.org/10.1378/chest.06-2301>
- Marchese R, Mercadante S, Paglino G, Agozzino C, Villari P, Di Giacomo G. Tracheal stent to repair tracheal laceration after a double-lumen intubation. *Ann Thorac Surg*. 2012;94(3):1001–1003. PMID: 22916757 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.12.080>
- Struck MF, Hempel G, Pietsch UC, Broschewitz J, Eichfeld U, Werdehausen R, et al. Thoracotomy for emergency repair of iatrogenic tracheal rupture: single center analysis of perioperative management and outcomes. *BMC Anesthesiology*. 2019;19(1):194. PMID: 31656172 <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0869-5>
- Meyer M. Iatrogenic tracheobronchial lesions--a report on 13 cases. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;49(2):115–119. PMID: 11339448 <https://doi.org/10.1055/s-2001-11704>
- Mussi A, Ambrogio MC, Ribecchini A, Lucchi M, Menoni F, Angeletti CA. Acute major airway injuries: clinical features and management. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;20(1):46–51. PMID: 11423273 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00702-3](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00702-3)
- Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheobronchial ruptures. *Chest*. 2006;130(2):412–418. PMID: 16899839 <https://doi.org/10.1378/chest.130.2.412>
- Cardillo G, Carbone L, Carleo F, Batzella S, Jacono RD, Lucantoni G, et al. Tracheal lacerations after endotracheal intubation: a proposed morphological classification to guide non-surgical treatment. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(3):581–587. PMID: 19748275 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.07.034>
- Паршин В.Д., Погодина А.Н., Выжигина М.А., Русаков М.А. Ятрогенные постинтубационные разрывы трахеи. *Анестезиология и реаниматология*. 2006;(2):9–13.
- Gil T, Warmus J, Włodarczyk J, Grochowski Z, Bederski K, Kocoń P, et al. Iatrogenic injuries to the trachea and main bronchi. *Kardiochir Torakochirurgia Pol*. 2016;13(2):113–116. PMID: 27516782 <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.61043>
- Koletsis E, Prokakis C, Baltayiannis N, Apostolakis E, Chatzimichalis A, Dougenis D. Surgical decision making in tracheobronchial injuries on the basis of clinical evidences and the injury's anatomical setting: a retrospective analysis. *Injury*. 2012;43(9):1437–1441. PMID: 20863493 <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.08.038>
- Boutros J, Marquette CH, Ichai C, Leroy S, Benzaquen J. Multidisciplinary management of tracheobronchial injury. *Eur Respir Rev*. 2022;31(163):210126. PMID: 35082126 <https://doi.org/10.1183/16000617.0126-2021>
- Fauer A, Floccard B, Pilleul F, Faure F, Badinand B, Mennesson N, et al. Multiplanar reconstruction: a new method for the diagnosis of tracheobronchial rupture? *Intensive Care Med*. 2007;33(12):2173–2178. PMID: 17684721 <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0830-9>
- Welter S. Repair of tracheobronchial injuries. *Thorac Surg Clin*. 2014;24(1):41–50. PMID: 24295658 <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2013.10.006>
- Chen JD, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Killeen KL, Dutton RP. Using CT to diagnose tracheal rupture. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;176(5):1273–1280. PMID: 11312194 <https://doi.org/10.2214/ajr.176.5.1273>
- Park K, Lee JG, Lee CY, Kim DJ, Chung KY. Transcervical intraluminal repair of posterior membranous tracheal laceration through semi-lateral transverse tracheotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134(6):1597–1598. PMID: 18023697 <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.09.001>
- Carretta A, Melloni G, Bandiera A, Negri G, Voci C, Zannini P. Conservative and surgical treatment of acute posttraumatic tracheobronchial injuries. *World J Surg*. 2011;35(11):2568–2574. PMID: 21901327 <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1227-z>
- Poli-Merol ML, Belouadah M, Parvy F, Chauvet P, Egretteau L, Daoud S. Tracheobronchial injury by blunt trauma in children: is emergency tracheobronchoscopy always necessary? *Eur J Pediatr Surg*. 2003;13(6):398–402. PMID: 14743328 <https://doi.org/10.1055/s-2003-44730>
- Angelillo-Mackinlay T. Transcervical repair of distal membranous tracheal laceration. *Ann Thorac Surg*. 1995;59(2):531–532. PMID: 7847986 [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(94\)00882-8](https://doi.org/10.1016/0003-4975(94)00882-8)
- Kim JH, Shin JH, Song HY, Shim TS, Ko GY, Yoon HK, et al. Tracheobronchial laceration after balloon dilation for benign strictures: incidence and clinical significance. *Chest*. 2007;131(4):1114–1117. PMID: 17426217 <https://doi.org/10.1378/chest.06-2301>
- Marchese R, Mercadante S, Paglino G, Agozzino C, Villari P, Di Giacomo G. Tracheal stent to repair tracheal laceration after a double-lumen intubation. *Ann Thorac Surg*. 2012;94(3):1001–1003. PMID: 22916757 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.12.080>
- Struck MF, Hempel G, Pietsch UC, Broschewitz J, Eichfeld U, Werdehausen R, et al. Thoracotomy for emergency repair of iatrogenic tracheal rupture: single center analysis of perioperative management and outcomes. *BMC Anesthesiology*. 2019;19(1):194. PMID: 31656172 <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0869-5>
- Meyer M. Iatrogenic tracheobronchial lesions--a report on 13 cases. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;49(2):115–119. PMID: 11339448 <https://doi.org/10.1055/s-2001-11704>
- Mussi A, Ambrogio MC, Ribecchini A, Lucchi M, Menoni F, Angeletti CA. Acute major airway injuries: clinical features and management. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;20(1):46–51. PMID: 11423273 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00702-3](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00702-3)
- Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheobronchial ruptures. *Chest*. 2006;130(2):412–418. PMID: 16899839 <https://doi.org/10.1378/chest.130.2.412>
- Cardillo G, Carbone L, Carleo F, Batzella S, Jacono RD, Lucantoni G, et al. Tracheal lacerations after endotracheal intubation: a proposed morphological classification to guide non-surgical treatment. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(3):581–587. PMID: 19748275 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.07.034>
- Паршин В.Д., Погодина А.Н., Выжигина М.А., Русаков М.А. Иатрогенные Постинтубационные Разрывы Трахеи. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2006;(2):9–13 (In Russ.)

REFERENCES

- Bogdanov AB, Koryachkin VA. *Intubatsiya trakhei*. Saint-Petersburg: Sankt-Peterburgskoe meditsinskoe izdatel'stvo Publ.; 2004. (In Russ.)
- Bunyatyan AA, Mizikov VM (eds.) *Anesteziologya*. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2011:194–213. (In Russ.)
- Perel'man MI, Parshin VI, Gudovskiy LM. Razryvy trakhei intubatsionnoy trubkoy. *Problemy tuberkuleza i bolezney legkikh*. 2005;(1):36–40. (In Russ.)
- Parshin VD, Vyzhigina MA, Yeremenko AA, Nikoda VV, Rusakov MA, Vishnevskaya GA, et al. Iatrogenic Trachea and Esophagus Injury in Intensive Care Practice: The Surgeon's View. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2013;(2):50–54. (In Russ.)
- Deja M, Menk M, Heidenhain C, Spies CD, Heymann A, Weidemann H, et al. Strategies for diagnosis and treatment of iatrogenic tracheal ruptures. *Minerva Anesthesiol*. 2011;77(12):1155–1166. PMID: 21602752
- Ross HM, Grant FJ, Wilson RS, Burt ME. Nonoperative management of tracheal laceration during endotracheal intubation. *Ann Thorac Surg*. 1997;63(1):240–242. PMID: 8993280 [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(96\)01077-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(96)01077-6)
- Hawkins RB, Thiele EL, Huffmyer J, Bechtel A, Yount KW, Martin LW. Extracorporeal membrane oxygenation for management of iatrogenic distal tracheal tear. *JTCVS Tech*. 2020;4:389–391. PMID: 32838337 <https://doi.org/10.1016/j.jtc.2020.07.020>
- Karpitski A, Shestiuik A, Panko S, Zhurbenka H, Vakulich D, Ihnatsiuk A. Thoracoscopic treatment of iatrogenic injuries of the tracheobronchial tree: a retrospective analysis of 5 cases and review of the literature. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*. 2022;17(1):240–244. PMID: 35251412 <https://doi.org/10.5114/wiitm.2021.107816>
- Vartanova NA. Iatrogenic Tracheal Injuries in the Practice of Anaesthesiologist. *Emergency Medicine*. 2013;(7):150–152. (In Russ.)
- Fruchter O, Raviv Y, Fox BD, Kramer MR. Removal of metallic tracheobronchial stents in lung transplantation with flexible bronchoscopy. *J Cardiothorac Surg*. 2010;5:72. PMID: 20831830 <https://doi.org/10.1186/1749-8090-5-72>
- Kim JH, Shin JH, Song HY, Shim TS, Ko GY, Yoon HK, et al. Tracheobronchial laceration after balloon dilation for benign strictures: incidence and clinical significance. *Chest*. 2007;131(4):1114–1117. PMID: 17426217 <https://doi.org/10.1378/chest.06-2301>
- Marchese R, Mercadante S, Paglino G, Agozzino C, Villari P, Di Giacomo G. Tracheal stent to repair tracheal laceration after a double-lumen intubation. *Ann Thorac Surg*. 2012;94(3):1001–1003. PMID: 22916757 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.12.080>
- Struck MF, Hempel G, Pietsch UC, Broschewitz J, Eichfeld U, Werdehausen R, et al. Thoracotomy for emergency repair of iatrogenic tracheal rupture: single center analysis of perioperative management and outcomes. *BMC Anesthesiology*. 2019;19(1):194. PMID: 31656172 <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0869-5>
- Meyer M. Iatrogenic tracheobronchial lesions--a report on 13 cases. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;49(2):115–119. PMID: 11339448 <https://doi.org/10.1055/s-2001-11704>
- Mussi A, Ambrogio MC, Ribecchini A, Lucchi M, Menoni F, Angeletti CA. Acute major airway injuries: clinical features and management. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;20(1):46–51. PMID: 11423273 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00702-3](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00702-3)
- Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheobronchial ruptures. *Chest*. 2006;130(2):412–418. PMID: 16899839 <https://doi.org/10.1378/chest.130.2.412>
- Cardillo G, Carbone L, Carleo F, Batzella S, Jacono RD, Lucantoni G, et al. Tracheal lacerations after endotracheal intubation: a proposed morphological classification to guide non-surgical treatment. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(3):581–587. PMID: 19748275 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.07.034>
- Паршин В.Д., Погодина А.Н., Выжигина М.А., Русаков М.А. Иатрогенные Постинтубационные Разрывы Трахеи. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2006;(2):9–13 (In Russ.)

19. Gil T, Warmus J, Włodarczyk J, Grochowski Z, Bederski K, Kocoń P, et al. Iatrogenic injuries to the trachea and main bronchi. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* 2016;13(2):113–116. PMID: 27516782 <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.61043>
20. Koletsis E, Prokakis C, Baltayiannis N, Apostolakis E, Chatzimichalis A, Dougenis D. Surgical decision making in tracheobronchial injuries on the basis of clinical evidences and the injury's anatomical setting: a retrospective analysis. *Injury.* 2012;43(9):1437–1441. PMID: 20863493 <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.08.038>
21. Boutros J, Marquette CH, Ichai C, Leroy S, Benzaquen J. Multidisciplinary management of tracheobronchial injury. *Eur Respir Rev.* 2022;51(163):210126. PMID: 35082126 <https://doi.org/10.1183/16000617.0126-2021>
22. Fauer A, Floccard B, Pilleul F, Faure F, Badinand B, Mennesson N, et al. Multiplanar reconstruction: a new method for the diagnosis of tracheobronchial rupture? *Intensive Care Med.* 2007;33(12):2173–2178. PMID: 17684721 <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0830-9>
23. Welter S. Repair of tracheobronchial injuries. *Thorac Surg Clin.* 2014;24(1):41–50. PMID: 24295658 <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2013.10.006>
24. Chen JD, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Killeen KL, Dutton RP. Using CT to diagnose tracheal rupture. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;176(5):1273–1280. PMID: 11312194 <https://doi.org/10.2214/ajr.176.5.1761273>
25. Park K, Lee JG, Lee CY, Kim DJ, Chung KY. Transcervical intraluminal repair of posterior membranous tracheal laceration through semi-lateral transverse tracheotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(6):1597–1598. PMID: 18023697 <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.09.001>
26. Carretta A, Melloni G, Bandiera A, Negri G, Voci C, Zannini P. Conservative and surgical treatment of acute posttraumatic tracheobronchial injuries. *World J Surg.* 2011;35(11):2568–2574. PMID: 21901327 <https://doi.org/10.1007/s00268-011-1227-z>
27. Poli-Merol ML, Belouadah M, Parvy F, Chauvet P, EgretEAU L, Daoud S. Tracheobronchial injury by blunt trauma in children: is emergency tracheobronchoscopy always necessary? *Eur J Pediatr Surg.* 2003;13(6):398–402. PMID: 14743328 <https://doi.org/10.1055/s-2003-44730>
28. Angelillo-Mackinlay T. Transcervical repair of distal membranous tracheal laceration. *Ann Thorac Surg.* 1995;59(2):531–532. PMID: 7847986 [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(94\)00882-8](https://doi.org/10.1016/0003-4975(94)00882-8)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Черноусов Фёдор Александрович

профессор, доктор медицинских наук, врач-торакальный хирург, ведущий научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-1159-5367>, fchernousov@mail.ru;

20%: подготовка и редактирование текста, ответственный за целостность всех частей статьи, координация всех этапов работы, утверждение окончательного варианта статьи

Хачатрян Сурен Арутюнович

врач-торакальный хирург торакального хирургического отделения ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-4437-2696>, khachatryan.suro250@gmail.com;

20%: концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста статьи, работа с редакцией журнала

Николаева Елена Борисовна

кандидат медицинских наук, врач-торакальный хирург, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0001-6681-0683>, nikolaevaeb@sklif.mos.ru;

15%: оценка качества источников литературы, редактирование статьи, проверка литературных источников, координация всех этапов работы

Гасанов Али Магомедович

доктор медицинских наук, врач-эндоскопист, ведущий научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-1994-2052>, endogas@yandex.ru;

10%: сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование статьи

Котанджян Вазген Гагикович

врач-торакальный хирург, заведующий хирургическим торакальным отделением ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0001-7838-4890>, dr.kotanjjan@yandex.ru;

10%: сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование статьи

Рабданов Кади Магомедович

кандидат медицинских наук, врач-торакальный хирург, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-7220-8447>, r.kadi@yandex.ru;

10%: сбор и обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, редактирование статьи

Тетерин Юрий Сергеевич

кандидат медицинских наук, заведующий отделением неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0003-2222-3152>, urset@mail.ru;

10%: участие в лечебном и диагностическом процессе

Басханов Шамиль Асхабович

врач-эндоскопист, отделение неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

<https://orcid.org/0000-0002-3360-2521>, baskhanovborz95@mail.ru;

5%: участие в лечебном и диагностическом процессе

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Experience in Treating Patients with Instrumental Tracheal Rupture

F.A. Chernousov, S.A. Khachatryan ✉, **E.B. Nikolaeva, A.M. Gasanov, V.G. Kotanjyan, K.M. Rabadanov, Yu.S. Teterin, Sh.A. Baskhanov**

Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine
Bolshaya Sukharevskaya Sq. 3, Moscow, Russian Federation 129090

✉ **Contacts:** Suren A. Khachatryan, Thoracic Surgeon, Thoracic Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: khachatryan.suro250@gmail.com

RELEVANCE Instrumental tracheal ruptures (ITRs) are a rare but dangerous complication of invasive medical procedures. The lack of uniform diagnostic algorithms and treatment strategies, especially in patients requiring mechanical ventilation (MV), underscores the relevance of this study.

THE AIM OF OUR STUDY was to improve treatment outcomes for patients with instrumental tracheal injuries (ITIs).

MATERIAL AND METHODS A retrospective and prospective analysis of 80 patients with ITI treated between 2003 and 2024 was conducted. The mean patient age was 52.2±11.4 years, and the majority of patients (87.5%) were women. Computed tomography (CT, n=60), tracheoscopy (n=55), and esophageal radiocontrast imaging/esophagoscopy (n=77) were used to diagnose instrumental tracheal ruptures. The sensitivity and specificity of the methods were assessed. Treatment included conservative and minimally invasive approaches (n=72), and surgical closure of the tracheal defect (n=8).

RESULTS The sensitivity of CT for diagnosing tracheal rupture was 100%. All spontaneously breathing patients (n=53) received conservative treatment; 14 patients requiring long-term mechanical ventilation were treated by positioning the endotracheal tube (ETT) cuff below the defect. Among patients on mechanical ventilation in whom the ETT cuff was placed below the rupture, healing occurred in 85.7% (12/14) of cases. For distal tracheal membranous wall ruptures, tracheal stenting with a bifurcation stent, and placement of the ETT cuff within the stent lumen was considered (n=4). In one case of distal tracheal rupture, the patient was transferred to spontaneous breathing with support from venovenous extracorporeal membrane oxygenation. Surgical treatment was used in 8 cases. The mortality rate in the conservative and minimally invasive treatment group was 8.3% (6/72), while in the surgical treatment group it was 50% (4/8). Overall mortality was 12.5% (10/80).

CONCLUSION 1. Computed tomography for tracheal ruptures is 100% sensitive, eliminating the need for routine tracheoscopy to confirm the diagnosis. 2. Tracheoscopy is used to assess the parameters of rupture and reposition the endotracheal tube. 3. Conservative treatment is highly effective and is the treatment of choice. 4. Prioritizing conservative and endoscopic techniques over surgical ones significantly improved outcomes in patients on mechanical ventilation.

Keywords: trachea, postintubation tracheal rupture, instrumental tracheal rupture, pneumomediastinum, emphysema, pneumothorax, tracheomediastinal fistula

For citation Chernousov FA, Khachatryan SA, Nikolaeva EB, Gasanov AM, Kotanjyan VG, Rabadanov KM, et al. Experience in Treating Patients with Instrumental Tracheal Rupture. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2025;14(4):703–713. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2025-14-4-703-713> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Fedor A. Chernousov	Professor, Doctor of Medical Sciences, Thoracic Surgeon, Leading Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-1159-5367 , fchernousov@mail.ru; 20%, text preparation and editing, ensuring the integrity of all parts of the article, coordinating all stages of the work, approval of the final version of the article
Suren A. Khachatryan	Thoracic Surgeon, Thoracic Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-4437-2696 , khachatryan.suro250@gmail.com; 20%, study concept and design, study implementation, data collection and processing, data analysis and interpretation, article writing, editorial collaboration
Elena B. Nikolaeva	Candidate of Medical Sciences, Thoracic Surgeon, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-6681-0683 , nikolaevaeb@sklif.mos.ru; 15%, literature quality assessment, article editing, review of references, coordination of all stages of the work
Ali M. Gasanov	Doctor of Medical Sciences, Endoscopist, Leading Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-1994-2052 , endogas@yandex.ru; 10%, data collection and processing, analysis and interpretation of the obtained data, article editing
Vazgen G. Kotanjyan	Thoracic Surgeon, Head, Thoracic Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-7838-4890 , dr.kotanjyan@yandex.ru; 10%, data collection and processing, analysis and interpretation of the obtained data, article editing
Kadi M. Rabadanov	Candidate of Medical Sciences, Thoracic Surgeon, Senior Researcher, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-7220-8447 , r.kadi@yandex.ru; 10%, data collection and processing, analysis and interpretation of the obtained data, article editing
Yuri S. Teterin	Candidate of Medical Sciences, Head, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-2222-3152 , urset@mail.ru; 10%, participation in the treatment and diagnostic process
Shamil A. Baskhanov	Endoscopist, Department of Emergency Surgery, Endoscopy, and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-3360-2521 , baskhanovborz95@mail.ru; 5%, participation in the treatment and diagnostic process

Received on 21.01.2025

Review completed on 25.04.2025

Accepted on 30.09.2025

Поступила в редакцию 21.01.2025

Рецензирование завершено 25.04.2025

Принята к печати 30.09.2025