

Инструментальный разрыв трахеи

С.А. Хачатрян , Ф.А. Черноусов, Ш.Н. Даниелян

Торакальное хирургическое отделение

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

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

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

РЕЗЮМЕ

Разрыв трахеи неотложное жизнеугрожающее осложнение, относящееся к сложным и малоосвоенным разделам хирургии повреждений. В статье представлен обзор современной мировой и отечественной литературы, посвященный инструментальным разрывам трахеи, актуальности ранней диагностики и различных методов лечения. На основании анализа современных данных литературы в статье описаны вопросы консервативного и хирургического методов лечения, а также оценка их результатов. Проблема диагностического алгоритма и выбора консервативного, хирургического метода лечения не решена и сохраняет свою актуальность. Вопросы лечения пациентов при выявлении дефекта мембранозной стенки трахеи реанимационного профиля и нуждавшихся в искусственной вентиляции легких в клинической практике остаются нерешенными. Все вышесказанное свидетельствует об актуальности проведенного исследования.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представить данные отечественной и зарубежной литературы, посвященной диагностике и лечению инструментальных разрывов трахеи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Выполнен обзор литературы за период с 1993 по 2024 год на русском и английском языках, доступной на базах *Pubmed*, *Medline*, *UpToDate*, *Scopus*, *E-library*, по таким темам, как постинтубационный разрыв трахеи, ятрогенный разрыв трахеи, диагностика и лечение инструментальных разрывов трахеи, закрытая травма трахеи.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изложена концепция системы классификации, факторы риска, этиопатогенез. Приведены сведения о диагностической значимости компьютерной томографии и трахеобронхоскопии. Пристальное внимание уделено методам и выбору тактики лечения, принципам интраоперационной тактики, стратегии консервативного лечения. Дана сравнительная оценка результатов лечения и их осложнений при консервативном или хирургическом подходе лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о том, что вопросы диагностики и лечения ятрогенных повреждений трахеи во многом остаются нерешенными. Нет общепринятого алгоритма инструментальной диагностики разрывов трахеи. Нет единых подходов к определению показаний и противопоказаний к консервативному и хирургическому лечению повреждений трахеи. В вопросе выбора лечебной тактики существуют диаметрально противоположные мнения. Эти противоречия создают существенные трудности в оценке результатов лечения этой сложной категории пациентов.

Ключевые слова:

трахея, постинтубационный разрыв трахеи, инструментальный разрыв трахеи, пневмомедиастинум, эмфизема, пневмоторакс

Ссылка для цитирования

Хачатрян С.А., Черноусов Ф.А., Даниелян Ш.Н. Инструментальный разрыв трахеи. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2024;13(1):99–107. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-99-107>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность, финансирование

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ИВЛ — искусственная вентиляция легких
КТ — компьютерная томография
ПДКВ — положительное давление в конце выдоха

ЭКМО — экстракорпоральная мембранная оксигенация
ЭТТ — эндотрахеальная трубка

ЭТИОЛОГИЯ И ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРАХЕИ

По этиологии повреждения трахеи механического характера делятся на ятрогенные и травматические [1]. В клинической практике чаще сталкиваются с повреждениями трахеи в результате ранений и закрытой травмы шеи. С развитием медицины и расширением показаний для инвазивной вентиляции легких в структуре повреждения трахеи все больше преобладает

ятрогенный механизм травмы. В литературе имеются сообщения о крайне редких наблюдениях спонтанного разрыва трахеи [2–4].

Интубация трахеи с помощью эндотрахеальных трубок (ЭТТ) различной конструкции на протяжении многих лет остается стандартом для обеспечения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [1, 5, 6]. Это

на первый взгляд, рутинная инвазивная процедура сопровождается развитием осложнений, в том числе механических повреждений трахеи и бронхов с частотой, не превышающей 0,05% [7–10]. Чрезмерное раздувание манжеты интубационной трубки является одним из этиопатогенетических факторов ятрогенных разрывов трахеи. Дефект трахеи при таком механизме повреждения локализуется преимущественно в проксимальном сегменте грудного отдела трахеи в зоне расположения манжеты ЭТТ [11–14].

Частота повреждения трахеи выше при выполнении раздельной вентиляции легких при помощи двухпросветной интубационной трубки, и достигает 0,19% [15, 16].

Частота ятрогенных разрывов трахеи при чрескожной дилатационной трахеостомии еще выше и по различным данным достигает 1% [5, 17–19].

Во время баллонной дилатации или бужирования трахеи разрыв слизистой оболочки трахеи происходит почти в половине наблюдений, однако трансмуральный разрыв встречается редко [20]. Установка и удаление саморасширяющихся стентов может также быть причиной ятрогенного разрыва трахеи [21–23]. Имеются сообщения о повреждениях трахеи во время ригидной трахеоскопии, при попытках тонкоигольной аспирационной биопсии лимфоузлов средостения под ультразвуковым контролем [24–26]. К другим механизмам ятрогенной травмы трахеи относятся: повреждение в результате баротравмы при жестких режимах ИВЛ, при внутрисветовых вмешательствах (новообразования или стриктуры, инородные тела), а также при операциях на шее и верхнем средостении, в том числе на щитовидной железе, пищеводе, при выполнении медиастиноскопии [7, 27–30].

Следует особо отметить ятрогенные разрывы трахеи у тяжелых пациентов отделений реанимации и интенсивной терапии, нуждающихся в обеспечении длительной ИВЛ. Летальность у этой категории больных достигает 71,4% [8].

КЛАССИФИКАЦИЯ

По глубине повреждения ятрогенные разрывы трахеи делятся на трансмуральные и неполные разрывы.

В настоящее время единой классификации ятрогенных повреждений трахеи нет, что создает определенные трудности в выборе лечебной тактики. В то же время ряд авторов в своих научных исследованиях ссылаются на морфологическую классификацию *Cardillo G. et al.* [31], согласно которой выделяют четыре степени травмы трахеи (рисунок):

I степень — разрыв слизистой и подслизистой оболочек трахеи без эмфиземы средостения и без повреждения пищевода;

II степень — разрыв трахеи до мышечного слоя с подкожной эмфиземой или эмфиземой средостения, без повреждения пищевода или медиастина;

IIIА степень — трансмуральный разрыв трахеи с пролабированием клетчатки средостения или пищевода в просвет трахеи без травмы пищевода или медиастина;

IIIВ степень — разрыв трахеи любой глубины и локализации с повреждением пищевода или медиастина.

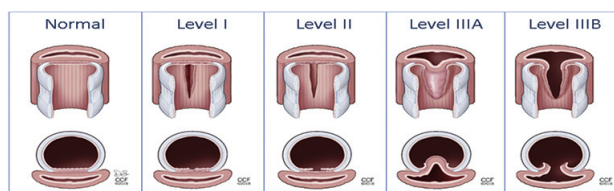


Рисунок. Морфологическая классификация травмы трахеи (*Cardillo G. et al.*, 2009)

Figure. Morphological classification of tracheal injury (*Cardillo G. et al.*, 2009)

ФАКТОРЫ РИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРАХЕИ

Надо отметить, что повреждения трахеи встречаются и при технически безупречно выполненной интубации. В то же время риск повреждений трахеи возрастает при трудной интубации. К причинам трудной ларингоскопии и интубации трахеи относятся: отсутствие возможности лежать на спине, акромегалия, беременность (III триместр), ревматоидный артрит, анкилозирующий спондилит, аномалии гортани, макроглоссия, глубокая и узкая ротоглотка, выступающие вперед резцы и клыки, короткая толстая шея, микрогнатия и др. [32]. В целом, факторы риска трахеобронхиальных повреждений можно делить на две большие группы: механические и анатомические. Механические факторы в свою очередь делятся на субъективные (неопытность врача, множественные попытки интубации трахеи) и инструментальные (использование проводника во время интубации, несоответствующий размер эндотрахеальной трубки, использование двухпросветной трубки). Анатомические факторы риска включают ряд аномалий развития, в том числе врожденные дивертикулы трахеи, синдром *Mounier-Kuhn*, деформация или сдавление трахеи извне за счет новообразований шеи и верхнего средостения.

В случаях ятрогенного разрыва трахеи при отсутствии анатомических предпосылок и технических погрешностей при интубации говорят о слабости мембранозной стенки трахеи. К факторам, способствующим развитию слабости мембранозной стенки трахеи и повышенному риску ятрогенных повреждений, относятся: длительное использование ингаляционных кортикостероидных препаратов, пожилой возраст, воспалительные заболевания трахеи, высокий индекс массы тела [33–35].

По данным ряда исследователей было установлено, что женщины старше 65 лет и экстренная интубация трахеи являются наиболее значимыми факторами риска ятрогенных разрывов трахеи [8, 31, 36–40]. Специальная подготовка медперсонала и отбор пациентов являются ключевыми факторами, способствующими снижению частоты ятрогенных осложнений трахеи.

ДИАГНОСТИКА ЯТРОГЕННЫХ РАЗРЫВОВ ТРАХЕИ

Типичные клинические симптомы травмы трахеи включают нарушения дыхания, подкожную эмфизему, пневмомедиастинум, пневмоторакс, реже легочное кровотечение, пневмоперитонеум [38, 41–44]. Клинические признаки разрыва трахеи в виде легочного синдрома проявляются немедленно или через некоторое время после экстубации или манипуляций с ЭТТ. Немедленные или поздние проявления газового синдрома зависят от расположения манжеты ЭТТ, если

манжета ЭТТ прикрывает дефект трахеи и препятствует просачиванию воздуха в средостение, газовый синдром не будет наблюдаться до экстубации или смещения манжеты ЭТТ.

Высокой чувствительностью в диагностике травмы трахеи обладают компьютерная томография (КТ) и трахеобронхоскопия, в то время как обычная рентгенография позволяет лишь документировать лучевые признаки газового синдрома [36, 45–47].

По данным *Fauer A. et al.* [48], анализируя результаты КТ у 1356 пациентов при наличии хотя бы одного клинического или рентгенологического признака, подозрительного на травму трахеи, пришли к выводу, что высокая чувствительность метода КТ и отсутствие ложноотрицательных результатов позволяют говорить об отсутствии необходимости выполнения эндоскопического исследования для подтверждения КТ-диагноза разрыва трахеи. Вместе с тем, трахеоскопия показана всем пациентам с наличием клинических признаков травмы трахеи при отрицательных данных КТ [48].

По данным ряда авторов, КТ не является достоверным методом диагностики разрывов трахеи [36, 49, 50], а эндоскопическое исследование является обязательным при наличии подозрительных клинических и рентгенологических симптомов.

Во всех случаях трансмурального разрыва трахеи очень важным является оценка состояния пищевода на предмет повреждений. У пациентов, находящихся на самостоятельном дыхании, целесообразно проведение рентгенографии пищевода или КТ с пероральным контрастированием [51]. У пациентов в бессознательном состоянии и на ИВЛ с этой целью выполняют эзофагоскопию [8, 27].

Несмотря на ценность информации, полученной при трахеобронхоскопии, эндоскопическое исследование является инвазивным методом, имеющим ряд ограничений в применении за счет риска прогрессирования газового синдрома и усугубления дыхательной недостаточности [52, 53]. Однако эндоскопическое исследование — обязательная процедура при разрыве трахеи у реанимационных больных для оценки глубины, протяженности и локализации дефекта при возможности с последующим смещением манжеты ЭТТ ниже дефекта под контролем зрения. Таким образом, нет единого подхода к диагностике ятрогенных повреждений трахеи.

ТАКТИКА ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЯТРОГЕННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ТРАХЕИ

Тактика ведения пациентов с инструментальными повреждениями трахеи предполагает применение консервативного или хирургического лечения [38, 41, 54–57]. Она основывается на двух ключевых факторах: необходимости обеспечения ИВЛ и переносимости оперативного вмешательства на трахее в зависимости от характера основной патологии и тяжести соматического статуса.

Суть оперативного лечения заключается в герметизации трахеи путем ушивания дефекта из трансцервикального и (или) правостороннего трансторакального доступа в зависимости от локализации повреждения [58–61].

В сообщении *Angelillo-Mackinlay T.* [54] описано наблюдение успешного хирургического лечения постинтубационного разрыва дистального отдела трахеи из трансцервикального доступа с продольным пересече-

нием проксимальных восьми полуколец по передней стенке, ушиванием дефекта мембранозной стенки трахеи непрерывной викриловой нитью (4–0) со стороны просвета и восстановлением целостности передней стенки путем наложения отдельных узловых швов.

В сообщении *Sung Kwang Lee et al.* [62] анализированы результаты лечения 11 пациентов с ятрогенной травмой трахеи (с протяженностью дефекта, в среднем, $4,18 \pm 2,6$ см), в том числе в результате трахеостомии (3) и оротрахеальной интубации (8). При постинтубационном разрыве трахеи стандартным доступом являлась правосторонняя торакотомия в пятом межреберье, за исключением единственного наблюдения дистального разрыва трахеи с переходом на левый главный бронх, что потребовало выполнения левосторонней торакотомии. У 3 пациентов с повреждением трахеи в результате трахеостомии произведено ушивание дефекта мембранозной стенки трансцервикальным доступом с поперечной трахеотомией. Авторы отмечают, что летальность при оперативном лечении не выше мировых данных по консервативной терапии, и делают вывод, что у пациентов с инструментальными повреждениями трахеи хирургическое вмешательство должно быть выполнено при отсутствии положительной динамики на фоне консервативной терапии.

При хирургическом лечении травмы трахеи широко применяют различные способы пластических вмешательств. Для укрепления швов шейного отдела трахеи чаще всего используют лоскуты из грудино-ключично-сосцевидной или других мышц шеи на сосудистой ножке. Для укрепления большого дефекта трахеи *Kalkwarf K. et al.* [63] использовали двойной межреберный лоскут. Успешное применение диафрагмального лоскута при интраоперационном повреждении мембранозной стенки трахеи протяженностью 8 см описали *Westaby S. et al.* [64]. Лоскуты из париетальной плевры используют реже в связи с трудностью формирования хорошо кровоснабжаемого пластического материала. Коваленко П.П. [65] сообщает о 9 наблюдениях применения данной методики.

Сообщение *Manuel F. et al.* [15] посвящено анализу результатов хирургического лечения ятрогенного разрыва трахеи у 35 пациентов. Дефект трахеи ушит во всех случаях, отмечается, что у 29 пациентов (83%) для укрепления швов трахеи применяли искусственные ткани (*TachoSil*, *TachoComb*, *Sulmycin*), в том числе у 9 дополнительно использовали аутоотканы (лоскуты из плевры, перикарда, вилочковой железы, широчайшей мышцы спины и шиловидноязычной мышцы).

Исследование *Carretta A. et al.* [66], посвященное сравнительному анализу результатов хирургического и консервативного лечения разрывов трахеи, не выявило никаких статистически значимых различий. В исследование были включены 50 наблюдений травмы трахеи, в том числе 36 ятрогенной этиологии. Хирургическое лечение проводилось у 30 пациентов, консервативное — у 20.

Показаниями к консервативному лечению ятрогенного разрыва трахеи являются [8, 31, 37, 41, 67]:

- стабильные показатели дыхания и гемодинамики;
- спонтанное дыхание или перспектива перевода пациента на спонтанное дыхание в ближайшее время;
- отсутствие повреждения пищевода;

- отсутствие прогрессирующего газового синдрома;
- отсутствие признаков сепсиса и (или) медиастинита.

Абсолютным показанием к экстренной операции считают разрыв трахеи с одновременным повреждением пищевода [8, 41, 67].

Ряд экспертов согласны с тем, что оперативное лечение показано пациентам с дефектом трахеи протяженностью более 4 см [8, 44, 68].

Minambres et al. [34] считают, что операция должна быть произведена при протяженности дефекта трахеи более 2 см, в то время как консервативное лечение рекомендуется при меньших по длине повреждениях.

В сравнительном исследовании *Gomez-Caro et al.* [69] обнаружили, что результаты лечения ятрогенных повреждений трахеи не зависят от протяженности дефекта.

По мнению Паршина В.Д. и соавт. [41], операция при ятрогенных разрывах трахеи показана в следующих случаях:

- 1) кровотечение в дыхательные пути, не останавливаемое раздуванием манжетки интубационной трубки и связанное (возможно) с повреждением крупного сосуда;
- 2) прогрессирование газового синдрома;
- 3) распространенный разрыв мембранозной части с переходом на бифуркацию трахеи, главный бронх или с интерпозицией паратрахеальных тканей;
- 4) одновременное повреждение пищевода;
- 5) разрыв мембранозной части трахеи во время интубации перед торакотомией или обнаружение разрыва во время торакотомии по другому поводу.

Паршин В.Д. и соавт. [41] пришли к выводу, что к оперативному лечению при изолированных постинтубационных разрывах трахеи нужно относиться достаточно сдержанно.

В статье *Conti M. et al.* [37] были анализированы результаты лечения 30 пациентов с постинтубационным разрывом трахеи. Пациентам, находящимся на самостоятельном дыхании, на момент установки диагноза (15 наблюдений), проводили консервативную терапию. У них дефект трахеи зажил без осложнений. Двое (13,3%) из 15 пациентов, находящихся на ИВЛ, были оперированы в связи с их операбельностью, в то время как у неоперабельных больных (13) проводили консервативное лечение с эндоскопическим позиционированием ЭЭТ. Девять (69%) из 13 неоперабельных по тяжести состояния пациентов, которым проводили консервативную терапию, полностью выздоровели. Авторы пришли к выводу, что консервативное лечение следует проводить у пациентов с постинтубационным разрывом трахеи, которые дышат самостоятельно или когда экстубация трахеи запланирована в течение 24 часов с момента установления диагноза. Хирургическое восстановление дефекта трахеи должно быть проведено при невозможности обеспечить адекватную оксигенацию с помощью неинвазивной вентиляции легких или продвижением манжеты интубационной трубки ниже дефекта трахеи.

Cardillo G. et al. [31] анализировали лечебную тактику, основанную на предложенной ими классификации повреждений трахеи. При разрывах I, II и IIIA степени проводили эндоскопическую аппликацию 1–2 мл герметика (*Tissucol W*, *Baxter*, *Deerfield*, *MA*, *США*) на всем протяжении дефекта трахеи, покрывая его сплошным

слоем. При разрыве трахеи IIIB степени выполняли правостороннюю заднебоковую торакотомию и ушивание дефекта. Проводили антибактериальную терапию, подавление кашля и полное парентеральное питание до бронхоскопического подтверждения заживления дефекта трахеи на 7-е сутки послеоперационного периода.

По мнению *Deja M. et al.* [8], при трансмуральном разрыве трахеи с пролабированием клетчатки средостения или пищевода в просвет трахеи без повреждения пищевода у пациентов, находящихся на ИВЛ, следует проводить консервативную терапию с применением положительного давления в конце выдоха (ПДКВ). Интубацию трахеи авторы проводят под эндоскопическим контролем с позиционированием манжеты дистальнее зоны повреждения. Они рекомендуют непрерывный контроль давления в манжете эндотрахеальной трубки на минимально низких цифрах. Спонтанная вентиляция с адекватно контролируемым уровнем седации позволяет добиться снижения давления в дыхательных путях и свести к минимуму риск осложнений.

В статье *Welter S. et al.* [70] сообщается об уникальном опыте внутрипросветного ушивания дефекта трахеи с помощью эндоскопического иглодержателя. Устройство состоит из жесткого телескопа *HOPKINS*, прикрепленного неподвижно к эндоскопическому иглодержателю.

За 10 лет авторы использовали данную методику у 18 пациентов с ятрогенным разрывом трахеи IIIa степени по классификации *Cardillo G.*, что свидетельствовало о трансмуральном повреждении мембранозной стенки трахеи без повреждения пищевода. По мнению авторов, основными преимуществами данного минимально инвазивного метода являются: отсутствие обширного травматического хирургического доступа, возможность ранней экстубации трахеи и перевода на самостоятельное дыхание при адекватной функции легких и сердца, снижение уровня послеоперационной боли и косметический эффект. Авторы сообщают, что все пациенты выписаны после лечения.

Имеются единичные публикации о применении экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) у пациентов с разрывами трахеи. В настоящее время вено-венозная ЭКМО признана эффективным методом протезирования функции легких у пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью при невозможности обеспечения адекватной вентиляции легких [71–73]. Однако ЭКМО-ассоциированные осложнения носят жизнеугрожающий характер, что существенно ограничивает применение метода в обычной практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о том, что вопросы диагностики и лечения ятрогенных повреждений трахеи во многом остаются нерешенными. Нет общепринятого алгоритма инструментальной диагностики разрывов трахеи. Нет единых подходов к определению показаний и противопоказаний к консервативному и хирургическому (оперативному) лечению повреждений трахеи. В вопросе выбора лечебной тактики существуют диаметрально противоположные мнения. Эти противоречия создают существенные трудности в оценке результатов лечения этой сложной категории пациентов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Богданов А.Б., Корячкин В.А. *Интубация трахеи*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское медицинское издательство; 2004.
- 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: 20851830 <https://doi.org/10.1186/1749-8090-5-72>
- Lyons JD, Feliciano DV, Wyrzykowski AD, Rozycki GS. Modern management of penetrating tracheal injuries. *Am Surg*. 2013;79(2):188–193. PMID: 23336659
- Roh JL, Lee JH. Spontaneous Tracheal Rupture after Severe Coughing in a 7-Year-Old Boy. *Paediatrics*. 2006;118(1):224–227. PMID: 16801394 <https://doi.org/10.1542/peds.2005-3019>
- Поддержание проходимости дыхательных путей и проблема «трудной интубации трахеи». В кн.: Бунятян А.А., Мизиков В.М. (ред.) *Анестезиология: национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2011. Гл. 11. с. 194–213.
- Перельман М.И., Гудовский Л.М., Русаков М.А., Паршин В.Д. 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., Вишневская Г.А., Паршин В.В. 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>
- Варганова А. Ятрогенные повреждения трахеи в практике анестезиолога. *Медицина неотложных состояний*. 2013;(7):150–152.
- Голуб И.Е., Пинский С.Б., Нетесин Е.С. Постинтубационные повреждения трахеи. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2009;87(4):124–128.
- Lacoste L, Gineste D, Karayan J, Montaz N, Lehuède MS, Girault M, et al. Airway complications in thyroid surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1993;102(6):441–446. PMID: 8512271 <https://doi.org/10.1177/000348949310200607>
- Massard G, Rougé C, Dabbagh A, Kessler R, Hentz JG, Roeslin N, et al. Tracheobronchial lacerations after intubation and tracheostomy. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(5):1483–1487. PMID: 8633963 [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(96\)00083-5](https://doi.org/10.1016/0003-4975(96)00083-5)
- Struck MF, Hempel G, Pietsch UC, Broschewitz J, Eichfeld U, Werdehausen R, et al. *BMC Anesthesiol*. 2019;19(1):194. PMID: 31656172 <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0869-5>
- 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.athoracsurg.2011.12.080>
- Гасанов А.Л., Левицкая Н.Н., Пинчук Т.П., Даниелян Ш.Н., Петриков С.С., Ефременко С.В. Эндоскопическая диагностика постинтубационных повреждений гортани и трахеи у нейрохирургических больных. *Хирург*. 2013;(5):59–64.
- 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>
- Sandhu A, Rubio E, Le S, Boyd M. Mucosal airway laceration secondary to endobronchial ultrasound bronchoscopy. *Can Respir J*. 2012;19(4):e31–e32. PMID: 22891191 <https://doi.org/10.1155/2012/860345>
- Kim JH, Shin JH, Song H-Y, Shim TS, Ko G-Y, Yoon H-K, 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>
- Vlahou, Athanasia Ampatzidou, Fotini; Bismpa, Kalliopi; Karaikos, Theodoros. Conservative management of large post-intubation tracheal laceration. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 27(1):p 85–88, Jan-Mar 2024.
- Akkas M, Tiambeng C, Aksu NM, Onur R. Tracheal rupture as a result of coughing. *Am J Emerg Med*. 2018;36:2133.e1–3.
- Mughal MM, Gildea TR, Murthy S, Pettersson G, DeCamp M, Mehta AC. Short-term deployment of self-expanding metallic stents facilitates healing of bronchial dehiscence. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172(6):768–771. PMID: 22916757 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2011.12.080>
- Liberman M, Durancieu A, Martin J, Thiffault V, Ferraro P. Major airway laceration secondary to endobronchial ultrasound transbronchial lymph node biopsy. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2010;17(3):264–265. PMID: 23168898 <https://doi.org/10.1097/LBR.0b013e3181e6ff7d>
- Kumar S, Goel S, Bhalla AS. Spontaneous Tracheal Rupture in a Case of Interstitial Lung Disease (ILD): A Case Report. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(6):TD01–TD02. PMID: 26266186 <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/5996>
- Tsunezuka Y, Sato H, Hiranuma C, Ishikawa N, Oda M, Watanabe G. Spontaneous tracheal rupture associated with acquired tracheobronchomalacia. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;9(6):394–396. PMID: 15003102
- Иноземцев Е.О., Курганский И.С., Лепехова С.А., Григорьев Е.Г. Возможности предупреждения несостоятельности швов трахеи. *Вестник оториноларингологии*. 2018;83(3):94–97.
- Романчишен А.Ф. Комментарий к статье А.М. Иванов, С.Д. Новиков, Д.С. Новиков «Благоприятный исход хирургического лечения искусственного разрыва трахеи». *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2008;(1):106.
- Соколов А.Г., Хорошилов И.А., Деринг Е.В. Несостоятельность анастомоза после циркулярной резекции трахеи и ее профилактики. *Сибирское медицинское обозрение*. 2006;(3):17–20.
- Gosnell JE, Campbell P, Sidhu S, Sywak M, Reeve TS, Delbridge LW. Inadvertent tracheal perforation during thyroidectomy. *Br J Surg*. 2006;93(1):55–56. PMID: 16278924 <https://doi.org/10.1002/bjs.5136>
- 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>
- Андреев А.А., Долбнева Е.Л., Мизиков В.М., Стамов В.И. Обеспечение проходимости верхних дыхательных путей в стационаре. В кн.: Заболотских И.Б., Шифман Е.М. (ред.) *Анестезиология и реаниматология: клинические рекомендации*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2016. с. 616–648.
- Óvári A, Just T, Dommerich S, Hingst V, Böttcher A, Schuldt T, Guder E, Mencke T, Pau HW. Conservative management of post-intubation tracheal tears – report of three cases. *J Thorac Dis*. 2014;6(6):E85–E91. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2014.03.30>
- Minambres E, Burón J, Ballesteros MA, Llorca J, Muñoz P, González-Castro A. Tracheal rupture after endotracheal intubation: a literature systematic review. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;35(6):1056–1062. PMID: 19369087 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.01.053>
- Schneider T, Storz K, Dienemann H, Hoffmann H. Management of iatrogenic tracheobronchial injuries: a retrospective analysis of 29 cases. *Ann Thorac Surg*. 2007;83(6):1960–1964. PMID: 17532378 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2007.01.042>
- 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>
- 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>
- Murthy SC, Gildea TR, Mehta AC. Removal of self-expandable metallic stents: is it possible? *Semin Respir Crit Care Med*. 2004;25(4):381–385. PMID: 16088481 <https://doi.org/10.1055/s-2004-832711>
- Lee SK, Kim DH, Lee SK, Kim Y-D, Cho JS, I H. Does Surgical Repair Still have a Role for Iatrogenic Tracheobronchial Rupture? Clinical Analysis of a Thoracic Surgeon's Opinion. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;22(6):348–353. PMID: 27840372 <https://doi.org/10.5761/atcs.0a.16-00189>
- Welter S, Krbek T, Halder R, Stamatis G. A new technique for complete intraluminal repair of iatrogenic posterior tracheal lacerations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011;12(1):6–9. PMID: 20921002 <https://doi.org/10.1510/icvts.2010.248641>
- 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. *Kardiochirurgia Torakochirurgia Pol*. 2016;13(2):113–116. PMID: 27516782 <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.61043>
- Hofmann HS, Rettig G, Radke J, Neef H, Silber RE. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;21(4):649–652. PMID: 11932162 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00037-4](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00037-4)
- 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>
- Borasio P, Ardissone F, Chiampo G. Post-intubation tracheal rupture: a report on ten cases. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1997;12(1):98–100. PMID: 9262088 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(97\)00111-5](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(97)00111-5)
- Leinung S, Ott R, Schuster E, Eichfeld U. Tracheobronchial ruptures: classification and management. *Chirurg*. 2005;76(8):783–788. PMID: 15809879 <https://doi.org/10.1007/s00104-005-1016-z>
- Leinung S, Möbius C, Hofmann HS, Ott R, Rüffert H, Schuster E, et al. Iatrogenic tracheobronchial ruptures – treatment and outcomes.

- Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2006;5(3):303–306. PMID: 17670575 <https://doi.org/10.1510/icvts.2005.117242>
48. Fauer A, Floccfrd 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>
 49. Boiselle PM, Ernst A. Recent advances in central airway imaging. *Chest.* 2002;121(5):1651–1660. PMID: 12006457 <https://doi.org/10.1378/chest.121.5.1651>
 50. Park IK, 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>
 51. Poli-Merol ML, Belouadah M, Parvy F, Chauvet P, Egretu 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>
 52. Barmada H, Gibbons JR. Tracheobronchial injury in blunt and penetrating chest trauma. *Chest.* 1994;106(1):74–78. PMID: 8020323 <https://doi.org/10.1378/chest.106.1.74>
 53. Devitt JH, Boulanger BE. Lower airway injuries and anaesthesia. *Can J Anaesth.* 1996;43(2):148–159. PMID: 8825540 <https://doi.org/10.1007/BF03011256>
 54. 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)
 55. Ambrogi MC, Mussi A, Ribecchini A, Angeletti CA. Posterior wall laceration of the thoracic trachea: the transcervical-transtacheal approach. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;19(6):932–934. PMID: 11404158 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00678-9](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00678-9)
 56. Mussi A, Ambrogi 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)
 57. Okada S, Ishimori S, Yamagata S, Satoh S, Tanaba Y, Yaegashi S. Videobronchoscope-assisted repair of the membranous tracheal laceration during insertion of a tracheostomy tube after tracheostomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;124(4):837–838. PMID: 12324745 <https://doi.org/10.1067/jtcvs.2002.126044>
 58. Абакумов М.М. Множественные и сочетанные ранения шеи, груди, живота. Москва: БИНОМ-Пресс; 2013.
 59. Базаров Д.В., Еременко А.А., Бабаев М.А., Жуяева Т.П., Выжигина М.А., Кавочкин А.А., и др. Разрыв трахеи интубационной трубки при эндоваскулярной имплантации аортального клапана. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2017;7(7):54–58.
 60. Grewal HS, Dangayach NS, Ahmad U, Ghosh S, Gildea T, Mehta AC. Treatment of tracheobronchial injuries: a contemporary review. *Chest.* 2019;155(3):595–604. PMID: 30059680 <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.07.018>
 61. Vaidya PJ, Munavvar M, Leuppi JD, Mehta AC, Chhajed PN. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: safe as it sounds. *Respirology.* 2017;22(6):1093–1101. PMID: 28631863 <https://doi.org/10.1111/resp.13094>
 62. Singh P, Wojnar M, Malhotra A. Iatrogenic tracheal laceration in the setting of chronic steroids. *J Clin Anesth.* 2017;37:38–42. PMID: 28235525 <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.10.043>
 63. Kalkwarf KJ, Betzold RD, Larimer ZS, Steliga MA. Cervicothoracic airway injury repair using double-wide intercostal muscle flap. *Ann Thorac Surg.* 2014;97:2202–2204. PMID: 24882313 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.10.053>
 64. Westaby S, Shepherd PM, Nohl-Oser Hans C. The use of diaphragmatic pedicle grafts for reconstructive procedures in the esophagus and tracheobronchial tree. *Ann Thorac Surg.* 1982;33(5):486–490. PMID: 7082085 [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)60790-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)60790-4)
 65. Коваленко П.П., Куценко В.П. Плевро-надкостничная пластика грудного отдела трахеи. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 1974;6(6):25–29.
 66. 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>
 67. Beiderlinden M, Adamzik M, Peters J. Conservative treatment of tracheal injuries. *Anesth Analg.* 2005;100(1): 210–214. PMID: 15616080 <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000140780.14175.5A>
 68. Gabor S, Renner H, Pinter H, Sankin O, Maier A, Tomaselli F, et al. Indications for surgery in tracheobronchial ruptures. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20(2):399–404. PMID: 11463564 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00798-9](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00798-9)
 69. Gomez-Caro Andres A, Moradiellos Diez FJ, Ausin Herrero P, et al. Successful conservative management in iatrogenic tracheobronchial injury. *Ann Thorac Surg.* 2005;79(6):1872–1878. PMID: 15919275 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.10.006>
 70. 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>
 71. Son BS, Cho WH, Kim CW, Cho HM, Kim SH, Lee SK, et al. Conservative extracorporeal membrane oxygenation treatment in a tracheal injury: a case report. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:48. PMID: 25885371 <https://doi.org/10.1186/s13019-015-0252-7>
 72. Antonacci F, De Tisi C, Donadoni I, Maurelli M, Iotti G, Taccone FS, et al. Veno-venous ECMO during surgical repair of tracheal perforation: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2018;42:64–66. PMID: 29223011 <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2017.11.036>
 73. Rousie C, Van Damme H, Radermecker MA, Reginster P, Tecqmenne C, Limet R. Spontaneous Tracheal Rupture: a Case Report. *Acta Chir Belg.* 2004;104(2):204–208. PMID: 15154580 <https://doi.org/10.1080/00015458.2004.11679537>

REFERENCES

1. Bogdanov AB, Koryachkin VA. *Intubatsiya trakhei*. Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskoe meditsinskoe izdatel'stvo Publ.; 2004. (In Russ.)
2. 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>
3. Lyons JD, Feliciano DV, Wyrzykowski AD, Rozycki GS. Modern management of penetrating tracheal injuries. *Am Surg.* 2013;79(2):188–193. PMID: 23336659
4. Roh JL, Lee JH. Spontaneous Tracheal Rupture after Severe Coughing in a 7-Year-Old Boy. *Paediatrics.* 2006;118(1):224–227. PMID: 16801394 <https://doi.org/10.1542/peds.2005.3019>
5. Podderzhание prokhdimosti dykhatel'nykh putey i problema "trudnoy intubatsii trakhei". In: Bunyatyan AA, Mizikov VM (eds.) *Anesteziologiya*. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2011. Ch.11. pp.194–213. (In Russ.)
6. Perel'man MI, Gudovskiy LM, Rusakov MA, Parshin VD. Razryvy trakhei intubatsionnoy trubkoy. Tuberculosis and Lung Diseases. 2005;1(3):36–40. (In Russ.)
7. Parshin VD, Rusakov MA, Vyzhigina MA, Yermenko AA, Nikoda VV, 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(2):50–54. (In Russ.)
8. 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
9. 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)
10. Hawkins RB, Thiele EL, Hufmeyer 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.jtcx.2020.07.020>
11. Vartanova NA. Iatrogenic Tracheal Injuries in the Practice of Anaesthesiologist. *Emergency Medicine (Ukr.).* 2013;7(7):150–152. (In Russ.)
12. Golub IE, Pinsky SB, Netesin ES. Postintubational Damage of Trachea. *Siberian Medical Journal (Irkutsk).* 2009;4(4):124–128. (In Russ.)
13. Lacoste L, Gineste D, Karayan J, Montau, Lehuède MS, Girault M, et al. Airway complications in thyroid surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1995;102(6):441–446. PMID: 8512271 <https://doi.org/10.1177/000348949310200607>
14. Massard G, Rougé C, Dabbagh A, Kessler R, Hentz JG, Roeslin N, et al. Tracheobronchial lacerations after intubation and tracheostomy. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(5):1483–1487. PMID: 8633963 [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(96\)00083-5](https://doi.org/10.1016/0003-4975(96)00083-5)
15. Struck MF, Hempel G, Pietsch UC, Broschewitz J, Eichfeld U, Werdehausen R, et al. *BMC Anesthesiol.* 2019;19(1):194. PMID: 31656172 <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0869-5>
16. 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>
17. Gasanov A, Pinchuk T, Danielyan Sh, Petrikov S, Efremenko S. Endoscopic Diagnostics Post Intubation Complications in Neurosurgical Patients. *Surgeon.* 2013;5(5):59–64. (In Russ.)
18. Meyer M. Iatrogenic tracheobronchial lesions—a report on 13 cases. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49(2):115–119. PMID: 11359448 <https://doi.org/10.1055/s-2001-11704>
19. Sandhu A, Rubio E, Ie S, Boyd M. Mucosal airway laceration secondary to endobronchial ultrasonography. *Can Respir J.* 2012;19(4):e31–e32. PMID: 22891191 <https://doi.org/10.1155/2012/860345>
20. Kim JH, Shin JH, Song H-Y, Shim TS, Ko G-Y, Yoon H-K, 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>

21. Vlahou, Athanasia Ampatzidou, Fotini; Bismpa, Kalliopi; Karaikos, Theodoros. Conservative management of large post-intubation tracheal laceration. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 27(1):p 85–88, Jan-Mar 2024.
22. Akkas M, Tiambeng C, Aksu NM, Onur R. Tracheal rupture as a result of coughing. *Am J Emerg Med*. 2018;36:2133.e1–3.
23. Mughal MM, Gildea TR, Murthy S, Pettersson G, DeCamp M, Mehta AC. Short-term deployment of self-expanding metallic stents facilitates healing of bronchial dehiscence. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172(6):768–771. PMID: 22916757 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.12.080>
24. Liberman M, Duranceau A, Martin J, Thiffault V, Ferraro P. Major airway laceration secondary to endobronchial ultrasound transbronchial lymph node biopsy. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2010;17(3):264–265. PMID: 23168898 <https://doi.org/10.1097/LBR.0b013e3181e6ff7d>
25. Kumar S, Goel S, Bhalla AS. Spontaneous Tracheal Rupture in a Case of Interstitial Lung Disease (ILD): A Case Report. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(6):TD01–TD02. PMID: 26266186 <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/5996>
26. Tsunozuka Y, Sato H, Hiranuma C, Ishikawa N, Oda M, Watanabe G. Spontaneous tracheal rupture associated with acquired tracheobronchomalacia. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;9(6):394–396. PMID: 15003102
27. Inozemtsev EO, Kurgansky IS, Lepekhova SA, Grigoryev EG. The possibilities for the prevention of incompetent tracheorrhaphy. *Vestnik Oto-Rino-Laringologii*. 2018;83(3):94–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/otorinol201883394>
28. Romanchishen A.F. Comments on the Paper. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2008;(1):106. (In Russ.)
29. Sokolovich AG, Dering EV, Horoshilov IA. Inefficiency and Prophylaxis of Anastomosis After Circular Resection of Trachea. *Siberian Medical Review*. 2006;(3):17–20. (In Russ.)
30. Gosnell JE, Campbell P, Sidhu S, Sywak M, Reeve TS, Delbridge LW. Inadvertent tracheal perforation during thyroidectomy. *Br J Surg*. 2006;93(1):55–56. PMID: 16278924 <https://doi.org/10.1002/bjs.5136>
31. 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>
32. Andreenko AA, Dolbneva EL, Mizikov VM, Stamov VI. Obespechenie prokhodimosti verkhnikh dykhatel'nykh putey v statsionare. In: Zabolotnikh IB, Shifman EM (eds.) *Anesteziologiya i reanimatologiya*. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2016. pp. 616–648. (In Russ.)
33. Óvári A, Just T, Dommerich S, Hingst V, Böttcher A, Schuldt T, Guder E, Mencke T, Pau HW. Conservative management of post-intubation tracheal tears – report of three cases. *J Thorac Dis*. 2014;6(6):E85–E91. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2014.03.30>
34. Minambres E, Burón J, Ballesteros MA, Llorca J, Muñoz P, González-Castro A. Tracheal rupture after endotracheal intubation: a literature systematic review. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;35(6):1056–1062. PMID: 19369087 <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.01.053>
35. Schneider T, Storz K, Dienemann H, Hoffmann H. Management of iatrogenic tracheobronchial injuries: a retrospective analysis of 29 cases. *Ann Thorac Surg*. 2007;83(6):1960–1964. PMID: 17532378 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.01.042>
36. 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>
37. 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>
38. Murthy SC, Gildea TR, Mehta AC. Removal of self-expandable metallic stents: is it possible? *Semin Respir Crit Care Med*. 2004;25(4):381–385. PMID: 16088481 <https://doi.org/10.1055/s-2004-832711>
39. Lee SK, Kim DH, Lee SK, Kim Y-D, Cho JS, I H. Does Surgical Repair Still have a Role for Iatrogenic Tracheobronchial Rupture? Clinical Analysis of a Thoracic Surgeon's Opinion. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;22(6):348–353. PMID: 27840372 <https://doi.org/10.5761/atcs.0a.16-00189>
40. Welter S, Krbek T, Halder R, Stamatis G. A new technique for complete intraluminal repair of iatrogenic posterior tracheal lacerations. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011;12(1):6–9. PMID: 20921002 <https://doi.org/10.1510/icvts.2010.248641>
41. Parshin VD, Pogodina AN, Vyzhigina MA, Rusakov MA. Iatrogenic Postintubation Tracheal Rupture. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology*. 2006;(2):9–13. (In Russ.)
42. Gil T, Warmus J, Włodarczyk J, Grochowski Z, Bederski K, Kocoń P, et al. Iatrogenic injuries to the trachea and main bronchi. *Kardiachir Torakochirurgia Pol*. 2016;13(2):113–116. PMID: 27516782 <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.61043>
43. Hofmann HS, Rettig G, Radke J, Neef H, Silber RE. Iatrogenic ruptures of the tracheobronchial tree. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;21(4):649–652. PMID: 11932162 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00037-4](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00037-4)
44. 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>
45. Borasio P, Ardissone F, Chiampo G. Post-intubation tracheal rupture: a report on ten cases. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1997;12(1):98–100. PMID: 9262088 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(97\)00111-5](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(97)00111-5)
46. Leinung S, Ott R, Schuster E, Eichfeld U. Tracheobronchial ruptures: classification and management. *Chirurg*. 2005;76(8):783–788. PMID: 15809879 <https://doi.org/10.1007/s00104-005-1016-z>
47. Leinung S, Möbius C, Hofmann HS, Ott R, Rüffert H, Schuster E, et al. Iatrogenic tracheobronchial ruptures – treatment and outcomes. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2006;5(3):303–306. PMID: 17670575 <https://doi.org/10.1510/icvts.2005.117242>
48. Fauer A, Floccfrd 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>
49. Boiselle PM, Ernst A. Recent advances in central airway imaging. *Chest*. 2002;121(5):1651–1660. PMID: 12006457 <https://doi.org/10.1378/chest.121.5.1651>
50. Park IK, 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>
51. 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>
52. Barmada H, Gibbons JR. Tracheobronchial injury in blunt and penetrating chest trauma. *Chest*. 1994;106(1):74–78. PMID: 8020323 <https://doi.org/10.1378/chest.106.1.74>
53. Devitt JH, Boulanger BE. Lower airway injuries and anaesthesia. *Can J Anaesth*. 1996;43(2):148–159. PMID: 8825540 <https://doi.org/10.1007/BF03011256>
54. 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)
55. Ambrogio MC, Mussi A, Ribecchini A, Angeletti CA. Posterior wall laceration of the thoracic trachea: the transcervical-transtacheal approach. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001;19(6):932–934. PMID: 11404158 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00678-9](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00678-9)
56. 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)
57. Okada S, Ishimori S, Yamagata S, Satoh S, Tanaba Y, Yaegashi S. Videobronchoscope-assisted repair of the membranous tracheal laceration during insertion of a tracheostomy tube after tracheostomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;124(4):837–838. PMID: 12324745 <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.126044>
58. Abakumov MM. *Mnozhestvennye i sochetannye raneniya shei, grudi, zhivota*. Moscow: BINOM-Press; 2013. (In Russ.)
59. Bazarov DV, Eremenko AA, Babaev MA, Zulyaeva TP, Vyzhigina MA, Kavochkin AA, et al. Post-intubation tracheal rupture during transcatheter aortic valve implantation. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2017;(7):54–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia2017754-58>
60. Grewal HS, Dangayach NS, Ahmad U, Ghosh S, Gildea T, Mehta AC. Treatment of tracheobronchial injuries: a contemporary review. *Chest*. 2019;155(3):595–604. PMID: 30059680 <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.07.018>
61. Vaidya PJ, Munavvar M, Leuppi JD, Mehta AC, Chhajed PN. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: safe as it sounds. *Respirology*. 2017;22(6):1093–1101. PMID: 28631863 <https://doi.org/10.1111/resp.13094>
62. Singh P, Wojnar M, Malhotra A. Iatrogenic tracheal laceration in the setting of chronic steroids. *J Clin Anesth*. 2017;37:38–42. PMID: 28235525 <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.10.043>
63. Kalkwarf KJ, Betzold RD, Larrimer ZS, Steliga MA. Cervicothoracic airway injury repair using double-wide intercostal muscle flap. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:2202–2204. PMID: 24882313 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.10.053>
64. Westaby S, Shepherd PM, Nohl-Oser Hans C. The use of diaphragmatic pedicle grafts for reconstructive procedures in the esophagus and tracheobronchial tree. *Ann Thorac Surg*. 1982;33(5):486–490. PMID: 7082085 [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(10\)60790-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(10)60790-4)
65. Kovalenko PP, Kutsenko VP. Plevro-nadkostnichnaya plastika grudnogo otdela trakhei. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 1974;(6):25–29. (In Russ.)
66. 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>
67. Beiderlinden M, Adamzik M, Peters J. Conservative treatment of tracheal injuries. *Anesth Analg*. 2005;100(1):210–214. PMID: 15616080 <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000140780.14175.5A>

68. Gabor S, Renner H, Pinter H, Sankin O, Maier A, Tomaselli F, et al. Indications for surgery in tracheobronchial ruptures. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;20(2):399–404. PMID: 11463564 [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(01\)00798-9](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(01)00798-9)
69. Gomez-Caro Andres A, Moradiellos Diez FJ, Ausin Herrero P, et al. Successful conservative management in iatrogenic tracheobronchial injury. *Ann Thorac Surg.* 2005;79(6):1872–1878. PMID: 15919275 <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.10.006>
70. 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>
71. Son BS, Cho WH, Kim CW, Cho HM, Kim SH, Lee SK, et al. Conservative extracorporeal membrane oxygenation treatment in a tracheal injury: a case report. *J Cardiothorac Surg.* 2015;10:48. PMID: 25885371 <https://doi.org/10.1186/s13019-015-0252-7>
72. Antonacci F, De Tisi C, Donadoni I, Maurelli M, Iotti G, Taccone FS, et al. Veno-venous ECMO during surgical repair of tracheal perforation: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2018;42:64–66. PMID: 29223011 <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2017.11.036>
73. Rousie C, Van Damme H, Radermecker MA, Reginster P, Tecqmenne C, Limet R. Spontaneous Tracheal Rupture: a Case Report. *Acta Chir Belg.* 2004;104(2):204–208. PMID: 15154580 <https://doi.org/10.1080/00015458.2004.11679537>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хачатрян Сурен Арутюнович

врач-торакальный хирург, торакальное хирургическое отделение ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;

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

50%: поиск данных в мировой литературе, правка текста статьи, техническая работа с материалом, работа с редакцией журнала

Черноусов Федор Александрович

доктор медицинских наук, профессор, 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;

30%: оценка качества источников литературы, редактирование статьи, проверка литературных источников, координация всех этапов работы

Даниелян Шаген Николаевич

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

<https://orcid.org/0000-0001-6117-387X>, shdanielyan@gmail.com;

20%: оценка качества источников литературы, редактирование статьи, координация всех этапов работы, стилистическая обработка текста статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Instrumental Tracheal Rupture

S.A. Khachatryan✉, F.A. Chernousov, Sh.N. Danielyan

Thoracic Surgical Department

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine

3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russian Federation

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

ABSTRACT Tracheal rupture is an urgent life-threatening complication that relates to complex and poorly understood areas of trauma surgery. The article presents a review of modern world and domestic literature on instrumental tracheal ruptures, the relevance of early diagnosis and various treatment methods. Based on an analysis of modern literature data, the article describes the issues of conservative and surgical treatment methods, as well as an assessment of their results. The problem of the diagnostic algorithm and the choice of conservative, surgical treatment has not been solved and remains relevant. The issues of treating patients with a defect in the membranous wall of the trachea in intensive care and in need of artificial ventilation in clinical practice remain unresolved. All of the above indicates the relevance of the study.

AIM OF THE STUDY To present data from domestic and foreign literature on the diagnosis and treatment of instrumental tracheal ruptures.

MATERIAL AND METHODS A review of the literature was carried out for the period from 1993 to 2024 in Russian and English, available on the databases Pubmed, Medline, UpToDate, Scopus, E-library, on topics such as post-intubation tracheal rupture, iatrogenic tracheal rupture, diagnosis and treatment of instrumental tracheal ruptures, closed tracheal injury.

RESULTS The concept of the classification system, risk factors, etiopathogenesis is outlined. Information is provided on the diagnostic significance of computed tomography and tracheobronchoscopy. Close attention is paid to the methods and choice of treatment tactics, the principles of intraoperative tactics, and the strategy of conservative treatment. A comparative assessment of treatment results and their complications with a conservative or surgical treatment approach is given.

CONCLUSION Thus, an analysis of domestic and foreign literature indicates that the issues of diagnosis and treatment of iatrogenic tracheal injuries remain largely unresolved. There is no generally accepted algorithm for instrumental diagnosis of tracheal ruptures. There are no uniform approaches to determining indications and contraindications for conservative and surgical treatment of tracheal injuries. There are diametrically opposed opinions regarding the choice of treatment tactics. These contradictions create significant difficulties in assessing the results of treatment of this complex category of patients.

Keywords: trachea, post-intubation tracheal rupture, instrumental tracheal rupture, pneumomediastinum, emphysema, pneumothorax

For citation Khachatryan SA, Chernousov FA, Danielyan ShN. Instrumental Tracheal Rupture. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2024;13(1):99–107. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2024-13-1-99-107> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study has no sponsorship

Affiliations

Suren A. Khachatryan

Thoracic Surgeon, Thoracic Surgery Department of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine;

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

50%, searching for data in world literature, editing the text of the article, technical work with the material, working with the editors of the journal

Fyodor A. Chernousov	Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher of the 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 ; 30%, assessing the quality of literature sources, editing the article, checking literary sources, coordinating all stages of work
Shagen N. Danielyan	Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher at the Department of Emergency Surgery, Endoscopy and Intensive Care, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-6117-387X , shdanielyan@gmail.com ; 20%, assessing the quality of literature sources, editing the article, coordinating all stages of work, stylistic processing of the article text

Received on 19.04.2023**Review completed on 10.05.2023****Accepted on 04.05.2023****Поступила в редакцию 19.04.2023****Рецензирование завершено 10.05.2023****Принята к печати 04.05.2023**