



УДК [616.441-006.5-06+616.231-007.271]-07-072.7
<https://doi.org/10.56871/ViM.2026.78.70.002>

Роль визуализирующих и функциональных методик в диагностике компрессионного стеноза трахеи у больных шейно-загрудинным зобом

Игорь Владимирович Карпатский, Екатерина Олеговна Жучкина, Олег Игоревич Карпатский

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Для цитирования: Карпатский И.В., Жучкина Е.О., Карпатский О.И. Роль визуализирующих и функциональных методик в диагностике компрессионного стеноза трахеи у больных шейно-загрудинным зобом. *Визуализация в медицине*. 2026;8(2):17–28. <https://doi.org/10.56871/ViM.2026.78.70.002>.

Поступила: 15.05.2026

Одобрена: 17.06.2026

Принята к печати: 10.08.2026

Резюме. Введение. Шейно-загрудинный зоб приводит к постепенной компрессии трахеи, которая нередко протекает субклинически, что затрудняет своевременную диагностику. Диссоциация между клиническими проявлениями и степенью стеноза обуславливает необходимость комплексного применения визуализирующих и функциональных методов, однако их роль и сравнительная ценность остаются недостаточно систематизированными. **Цель** — на основе анализа современной литературы оценить диагностическую ценность лучевых и функциональных методик в выявлении, определении степени тяжести и характера компрессионного стеноза трахеи у пациентов с шейно-загрудинным зобом. **Материалы и методы.** Проведен систематический поиск в базах PubMed и eLIBRARY за 1996–2026 гг. Проанализировано 180 публикаций, посвященных клинко-патологическим аспектам шейно-загрудинного зоба, компрессионным стенозам трахеи и нарушениям воздушного потока. **Результаты.** Мультиспиральная компьютерная томография является «золотым стандартом» визуализации ретростернального компонента, позволяет точно оценить протяженность, конфигурацию стеноза, степень девиации трахеи и топографо-анатомические взаимоотношения, что критически важно для планирования хирургического доступа и анестезиологического пособия. Ультразвуковое исследование дает дополнительную информацию об объеме щитовидной железы и коррелирует с наличием компрессии, но ограничено в оценке загрудинных структур. При помощи спирометрии с анализом петли «поток–объем» удастся выявить функционально значимую обструкцию верхних дыхательных путей даже при субклиническом течении. Наиболее чувствительным критерием служит изменение инспираторной части кривой. Интеграция данных мультиспиральной компьютерной томографии и спирометрии позволяет не только верифицировать стеноз, но и прогнозировать вентиляционные нарушения. **Заключение.** Оптимальный диагностический алгоритм при компрессионном стенозе трахеи у больных шейно-загрудинным зобом должен включать мультиспиральную компьютерную томографию как базовый анатомический метод и спирометрию для объективизации функционального резерва, что обеспечивает раннюю маршрутизацию пациентов и снижает риск необратимых дыхательных расстройств.

Ключевые слова: шейно-загрудинный зоб, компрессионный стеноз трахеи, мультиспиральная компьютерная томография, спирометрия, петля «поток–объем»

✉ Игорь Владимирович Карпатский. E-mail: ikar122@inbox.ru

© Карпатский И.В., Жучкина Е.О., Карпатский О.И., 2026

<https://doi.org/10.56871/ViM.2026.78.70.002>

The role of imaging and functional techniques in the diagnosis of compressive tracheal stenosis in patients with cervico-mediastinal goiter

Igor V. Karpatsky, Ekaterina O. Zhuchkina, Oleg I. Karpatsky

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Litovskaya str., Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

For citation: Karpatsky I.V., Zhuchkina E.O., Karpatsky O.I. The role of imaging and functional techniques in the diagnosis of compressive tracheal stenosis in patients with cervico-mediastinal goiter. *Visualization in Medicine*. 2026;8(2):17–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/ViM.2026.78.70.002>.

Received: 15.05.2026

Revised: 17.06.2026

Accepted: 10.08.2026

Abstract. Introduction. Cervico-mediastinal goiter leads to gradual tracheal compression that often remains subclinical, delaying timely diagnosis. The dissociation between clinical manifestations and the degree of stenosis necessitates the combined use of imaging and functional methods; however, their roles and comparative value have not yet been sufficiently systematized. **Aim.** To evaluate the diagnostic value of imaging and functional techniques in detecting, grading, and characterizing compressive tracheal stenosis in patients with cervico-mediastinal goiter, based on an analysis of the current literature. **Material and methods.** A systematic search was performed in PubMed and eLIBRARY databases for the period 1996–2026. A total of 180 publications addressing the clinical and pathophysiological aspects of cervico-mediastinal goiter, compressive tracheal stenosis, and airflow disturbances were analyzed. **Results.** Multislice computed tomography is the “gold standard” for visualizing the retrosternal component; it accurately assesses the length and configuration of the stenosis, the degree of tracheal deviation, and topographic anatomical relationships, which is critically important for planning surgical access and anesthetic management. Ultrasound provides additional information on thyroid volume and correlates with the presence of compression, but it is limited in evaluating retrosternal structures. Spirometry with flow–volume loop analysis detects functionally significant upper airway obstruction even in subclinical cases; the most sensitive criterion is a change in the inspiratory limb of the curve. Integration of multislice computed tomography and spirometry data allows not only verification of the stenosis but also prediction of ventilatory impairment. **Conclusion.** The optimal diagnostic algorithm for compressive tracheal stenosis in patients with cervico-mediastinal goiter should include multislice computed tomography as the basic anatomical method and spirometry for objective assessment of functional reserve, thereby ensuring early patient routing and reducing the risk of irreversible respiratory disorders.

Keywords: cervico-mediastinal goiter, compressive tracheal stenosis, multislice computed tomography, spirometry, flow–volume loop

✉ Igor V. Karpatsky. E-mail: ikar122@inbox.ru

© Karpatsky I.V., Zhuchkina E.O., Karpatsky O.I., 2026

ВВЕДЕНИЕ

Шейно-загрудный зоб (ШЗЗ) представляет собой одну из клинически значимых форм патологии щитовидной железы (ЩЖ) и характеризуется распространением ее ткани за грудину в переднее, реже — заднее средостение [1]. Распространенность ШЗЗ отличается значительной вариабельностью и находится в пределах от 2,6 до 30,4% в зависимости от эндемичности региона. Средний уровень ШЗЗ среди всех хирургических заболеваний ЩЖ составляет около 10–15% [2].

Увеличение объема ЩЖ приводит к сдавлению жизненно важных анатомических структур шеи и средостения, прежде всего трахеи, пищевода и сосудисто-нервных образований [3]. Наибольшее клиническое значение имеет компрессионное воздействие на трахею, поскольку постепенное уменьшение ее просвета может сопровождаться нарушениями функции внешнего дыхания (ФВД) [4]. Особенность данной патологии заключается в медленном прогрессировании компрессии, вследствие чего длительное время формируются компенсаторные механизмы адаптации к хроническому повышению сопротивления дыхательных путей [5]. Диссоциация между выраженностью клинических проявлений и степенью стенозирования трахеи подчеркивает решающую роль инструментальных методик обследования, таких как мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и спирометрия.

В последнее время все больше внимания уделяется не только степени сужения просвета трахеи, но и характеру деформации, протяженности стеноза и связанным с ними изменениям аэродинамики воздушного потока, что позволяет более точно прогнозировать функциональные нарушения и выбирать тактику хирургического лечения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести анализ современных литературных данных о диагностической ценности методов лучевой диагностики и ФВД в выявлении, определении степени выраженности и характера компрессионного стеноза трахеи у пациентов с ШЗЗ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В электронных библиографических базах данных PubMed и eLIBRARY проведен систематический поиск научных публикаций, посвященных клинико-патофизиологическим аспектам ШЗЗ, компрессионным стенозам трахеи и вторичным нару-

шениям воздушного потока. Глубина поиска составила 30 лет (1996–2026). Изучено 180 источников, соответствовавших критериям тематической релевантности и научной достоверности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В клинической практике имеется необходимость разграничения различных степеней ШЗЗ. Однако единой общепринятой классификации в настоящее время не существует [6, 7]. Каждый из предложенных вариантов преследует определенные, зачастую строго утилитарные цели.

По этиологии все загрудные зобы можно разделить на первичные и вторичные. К первым относят эктопированные в средостение в ходе эмбриогенеза зобы. Они встречаются достаточно редко, не более чем в 1% наблюдений, и кровоснабжаются из медиастинальных артерий (рис. 1). К вторичным относят изначально шейные зобы, опускающиеся за грудину по мере увеличения объема патологически измененной тиреоидной ткани. Они кровоснабжаются системой щитовидных артерий.



Рис. 1. Трехмерная реконструкция компьютерной томограммы с контрастным усилением (артериальная фаза). Истинный внутригрудной зоб (указан стрелкой) (фото авторов)

Fig. 1. Three-dimensional reconstruction of a contrast-enhanced tomography scan (arterial phase). True intrathoracic goiter (indicated by arrow) (photo by the authors)

Таблица 1

Классификация шейно-загрудинного зоба по А.Ф. Романчишену (2013)

Table 1

Classification of cervicomediastinal goiter by A.F. Romanchishen (2013)

Степень / Degree	Характеристика / Characteristic
I	Нижние полюсы долей щитовидной железы имеют тенденцию к распространению за грудину / The inferior poles of the thyroid lobes tend to extend behind the sternum
II	Нижние полюсы долей щитовидной железы расположены ретростернально, но выводятся на шею при пальпации в момент глотания больного / The inferior poles of the thyroid lobes are located retrosternally but can be brought out into the neck by palpation during swallowing
III	Расположенные загрудинно нижние отделы щитовидной железы не выводятся на шею при пальпации в момент глотания / The retrosternal lower portions of the thyroid gland cannot be brought out into the neck by palpation during swallowing
IV	На шее пальпаторно определяются лишь верхушки долей щитовидной железы / Only the upper poles of the thyroid lobes are palpable in the neck
V	Вся зобно измененная железа расположена в средостении / The entire goiter-transformed thyroid gland is located in the mediastinum

В российской литературе часто упоминается клиническая пятистепенная классификация по А.Ф. Романчишену (табл. 1), основанная на степени загрудинного расположения долей ЩЖ и их пальпаторной доступности [8]. Такое разделение имеет не только диагностическое, но и практическое значение, поскольку определяет вариант оперативного доступа и объем хирургического вмешательства [9].

Для описания данных МСКТ может применяться классификация G. Mercante и соавт. (2011) [10]. В соответствии с ней оценивают распространение зоба в трех плоскостях.

1. Краниокаудальная (сагиттальная) плоскость:

- I степень — нижний полюс образования находится между верхней апертурой грудной клетки и выпуклостью дуги аорты;
- II степень — нижний полюс образования находится между выпуклостью и вогнутостью дуги аорты;
- III степень — нижний полюс образования находится ниже вогнутости дуги аорты.

2. Переднезадняя (аксиальная) плоскость:

- тип А (преваскулярный) — основная масса ЩЖ расположена кпереди от сосудов;
- тип В (ретроваскулярный, паратрахеальный) — основная масса ЩЖ расположена позади сосудов и паратрахеально;
- тип С (ретротрахеальный) — основная масса ЩЖ расположена позади трахеи.

3. Латеро-латеральная (корональная) плоскость:

- унилатеральный зоб — в средостении располагается только одна доля;
- билатеральный зоб — в средостении располагаются обе доли ЩЖ.

Для оптимизации хирургической тактики и выбора операционного доступа в 2017 г. I.T. Cvasciuc и соавт. предложили четырехступенчатую систему оценки, основанную на форме расположенной за грудиной тиреоидной ткани (табл. 2) [11].

При прогрессирующем увеличении объема и массы ЩЖ она начинает оказывать механическое воздействие на прилежащие органы шеи и верхнего средостения. Наиболее часто компрессии подвергается трахея. Сдавление обычно максимально выражено на уровне верхней грудной апертуры. В норме трахея обладает определенной подвижностью и способностью адаптироваться к изменениям положения окружающих структур за счет своей эластичности и хрящевого каркаса [12]. Однако при длительном давлении со стороны увеличенной ЩЖ эта способность постепенно утрачивается, она подвергается выраженным деформационным изменениям, степень и характер которых зависят от направления и силы компрессии. В норме просвет трахеи имеет округлый или слегка овальный вид, но при сдавлении он постепенно сплющивается, приобретая различные формы. В ряде случаев наблюдаются асимметричное сужение просвета, его деформация в виде дуги или серпа [13, 14]. В литературе также описаны наблюдения, когда массивный зоб вызывал сдавление трахеи с ее частичным разделением на два канала, что значительно усугубляло дыхательные расстройства [15].

Стеноз трахеи сопровождается нарушением аэродинамики, что вызывает появление одышки, стридора и чувства сдавления в области груди и шеи [4]. Нередко клиническая картина усиливается в горизонтальном положении и при поворотах головы, что часто связано с изменением направления

Таблица 2

Классификация шейно-загрудинного зоба по I.T. Cvasciuc и соавт. (2017)

Table 2

Classification of cervicomedistinal goiter by I.T. Cvasciuc et al. (2017)

Тип / Type	Определение / Definition	Операция / Operation
A	Зоб пирамидальной формы вершиной вниз / The goiter is pyramidal in shape with the apex pointing downwards	Шейный доступ / Cervical approach
B	Зоб пирамидальной формы вершиной вверх / The goiter is pyramidal in shape with the apex pointing upwards	Шейный доступ ± продольно-поперечная стернотомия или торакотомия / Cervical approach ± longitudinal-transverse sternotomy or thoracotomy
C	Двусторонний зоб с узкой шейкой или ножкой, на которой находится загрудинное образование / Bilateral goiter with a narrow neck or pedicle bearing a retrosternal mass	Шейный доступ ± продольно-поперечная стернотомия / Cervical approach ± longitudinal-transverse sternotomy
D	Эктопический или рецидивный внутригрудной зоб, не связанный с тиреоидной тканью на шее / Ectopic or recurrent intrathoracic goiter with no connection to cervical thyroid tissue	Продольно-поперечная стернотомия или торакотомия / Longitudinal-transverse sternotomy or thoracotomy

Таблица 3

Сравнительная характеристика российских классификаций стенозов трахеи

Table 3

Comparative characteristics of Russian classifications of tracheal stenosis

Степень / Degree	Шафировский Б.Б., 1995 / Shafirovsky B.B., 1995		Паршин В.Д., 2020 / Parshin V.D., 2020
	название / denomination	характеристика / characteristic	
I	Компенсированный / Compensated	Меньше половины диаметра трахеи (свыше 10 мм) — клинические проявления отсутствуют или минимальны / Less than half the diameter of the trachea (over 10 mm) — clinical manifestations are absent or minimal	Просвет сужен на 1/3 диаметра нормальной трахеи конкретного пациента / The lumen is narrowed by 1/3 of the diameter of the normal trachea of a particular patient
II	Субкомпенсированный / Subcompensated	От половины до 2/3 диаметра (6–10 мм). Одышка при физической нагрузке / From half to 2/3 of the diameter (6–10 mm). Shortness of breath during physical exertion	От 1/3 до 2/3 диаметра / From 1/3 to 2/3 of the diameter
III	Декомпенсированный докритический / Decompensated subcritical	Свыше 2/3 просвета (3–6 мм). Одышка при небольшой физической нагрузке / More than 2/3 of the lumen (3–6 mm). Shortness of breath with slight physical exertion	Более 2/3 диаметра / More than 2/3 of the diameter
IV	Декомпенсированный критический / Decompensated critical	Просвет сужения менее 3 мм. Одышка в покое, часто стридор / The lumen of the stenosis is less than 3 mm. Dyspnea at rest, often stridor	Полная атрезия / Complete atresia

давления увеличенных долей ЩЖ на трахею. Из-за этого некоторые пациенты вынуждены спать в положении полусидя, с приподнятым головным концом кровати, на животе или на стороне загрудинного узла при одностороннем увеличении ЩЖ [16, 17].

Помимо дыхательных путей, значительное увеличение железы может вызвать компрессию пищевода, который располагается позади трахеи. Давление на его стенку приводит к ощущению инородного тела, дисфагии и дискомфорту при глотании [18,

19]. Возможно также сдавление крупных сосудов средостения с развитием синдрома верхней полой вены [20–22]. В диагностике может помочь симптом Пембертона: при вертикальном подъеме рук на 2–3 минуты происходит сужение верхней грудной апертуры и увеличивается давление зоба на сосуды. Реакция является положительной, если у пациента наблюдается расширение шейных вен, лицо окрашивается в синюшно-багровый цвет [21, 23]. В литературе также описана вероятность развития

легочной гипертензии, сердечной недостаточности и нарушения сердечного ритма при больших размерах ШЗЗ [24].

В ответ на постепенное развитие механической обструкции дыхательных путей в организме формируются компенсаторные реакции. На начальных стадиях наблюдается усиление работы дыхательной мускулатуры и увеличение глубины и частоты дыхания, что позволяет поддерживать адекватный газообмен. По мере прогрессирования компрессии формируется хроническая дыхательная недостаточность (ДН) [5, 25]. Со временем компенсаторные механизмы истощаются, что проявляется выраженной одышкой даже в покое, цианозом губ, головокружением, приступообразным кашлем и признаками гипоксического поражения органов [12, 15].

В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют валидные классификации компрессионных стенозов трахеи. Существующие классификации преимущественно относятся к рубцовым стриктурам. Ключевыми критериями стадирования выступают величина (в процентах) сужения просвета трахеи и протяженность пораженного участка. Большинство работ по ШЗЗ, осложненному компрессионным синдромом, опираются именно на них. Основные различия между классификациями заключаются в выборе границ между стадиями [26], что наглядно иллюстрируется на примере двух следующих вариантов (табл. 3).

В англоязычной литературе для оценки стенозов трахеи широко используют классификацию Майера–Коттона [27]:

- I степень — обструкция 0–50% просвета;
- II степень — обструкция 51–70% просвета;
- III степень — обструкция 71–99% просвета;
- IV степень — просвет полностью отсутствует (100% обструкция).

Для оценки степени компрессионного сужения трахеи применяют различные инструментальные методики. Основными из них являются УЗИ, рентген, МСКТ и спирометрия.

Ультразвуковое исследование не является методом выбора для прямой оценки трахеальной компрессии, однако играет важную вспомогательную роль. Оно позволяет оценить объем тиреоидной ткани и наличие ее узловых трансформаций. Н. Ziaї и соавт. (2018) выявили корреляцию между объемом ЩЖ и наличием компрессии трахеи. Общий объем ЩЖ $\geq 37,8$ см³ показал чувствительность 89% и специфичность 87% для обнаружения трахеального сужения по данным МСКТ [28]. УЗИ также используют для прогнозирования трудной интубации. В пилотном исследовании M.F. Maria и соавт.

(2024) оценивали ультразвуковые параметры (расстояние от кожи до трахеи и от трахеи до сонной артерии) у пациентов с компрессионным зобом и трахеальной девиацией [29]. Основной проблемой УЗИ является сложность визуализации и определения объема ретростерального компонента.

МСКТ в настоящее время считают основным методом диагностики ШЗЗ и оценки степени компрессии трахеи. Это объясняется высокой пространственной разрешающей способностью метода, возможностью получения тонких срезов и построения трехмерных реконструкций органов шеи и верхнего средостения [30]. При шейно-загрудинных формах зоба значительная часть ткани ЩЖ располагается за грудиной, где она может прилегать к дуге аорты, плечеголовным сосудам и трахее. Главное преимущество МСКТ заключается в ее высокой информативности при визуализации ретростеральной области, недоступной для большинства других неинвазивных методов [31]. Согласно данным систематического обзора и мета-анализа M.H. Cheung и соавт. (2026), включавшего 102 исследования и 15 719 пациентов, отклонение трахеи при МСКТ у больных загрудинным зобом выявляют в 60,6% случаев (95% ДИ 52,5–68,5), а непосредственную компрессию — в 48,6% случаев (95% ДИ 37,6–59,6) [32].

При МСКТ превосходно визуализируются конфигурация и протяженность компримированного участка, что имеет ключевое прогностическое значение. Степень сужения трахеи при стенозе может быть количественно выражена через отношение диаметра суженного участка к диаметру интактного, умноженное на 100%. Однако основная проблема данного подхода заключается в том, что внешнее компрессионное воздействие формирует стеноз неправильной формы. В связи с этим целесообразно использовать оценку площадей: отношение просвета на уровне максимального стеноза к просвету интактного участка, что позволяет нивелировать погрешности, обусловленные искажением геометрии трахеи. М. Binar и соавт. (2019) в ретроспективном анализе 163 компьютерных томограмм головы и шеи выявили значимую корреляцию между объемом ЩЖ и степенью трахеальной компрессии ($p < 0,001$). Пороговые значения объема тиреоидной ткани для сужения на 10, 20, 30 и 40% составили 19,75, 21,56, 24,54 и 30,29 мл соответственно [13].

МСКТ играет решающую роль на этапе предоперационного планирования. В клинической практике описан феномен трахеи в форме «полумесяца» (рис. 2) — радиологический признак субклинической трахеальной компрессии у пациентов с пальпируемым зобом, описанный J. Torpı и соавт. (2019).



Рис. 2. Компьютерная томограмма шеи у пациента с шейно-загрудинным зобом в аксиальной проекции. Симптом «полумесяца» (указан стрелкой) (фото авторов)

Fig. 2. Computed tomography scan of the neck in a patient with cervicomedisternal goiter in the axial plane. The crescent sign (indicated by arrow) (photo by the authors)



Рис. 3. Компьютерная томограмма шеи у пациента с шейно-загрудинным зобом в аксиальной проекции. Щелевидная деформация трахеи (указана стрелкой) (фото авторов)

Fig. 3. Computed tomography of the neck in a patient with cervicomedisternal goiter in the axial plane. Slit-like deformation of the trachea (indicated by arrow) (photo by the authors)

Его выявление рассматривают как относительное показание к операции [33]. Критические стенозы трахеи (рис. 3) с поперечными размерами ее просвета в сдавленной ее части в пределах 1–3 мм требуют неотложной госпитализации пациентов для хирургического лечения в связи с риском острой асфиксии. Ретростернальное расположение зоба нередко сопряжено с близостью к крупным сосудам, трахее, пищеводу и нервным стволам. По данным современных хирургических исследований, именно топографические взаимоотношения между зобом и окружающими структурами определяют необходимость расширенного доступа — стернотомии или торакотомии. С помощью МСКТ можно заранее оценить риск повреждения сосудистых

структур, определить направление смещения трахеи, протяженность и плотность образования [10, 34, 35]. Контрастное усиление дополнительно позволяет различить сосуды средостения и узлы зоба, что важно для профилактики интраоперационных кровотечений. Данные по локализации, конфигурации и протяженности стеноза, по степени девиации трахеи критически важны для планирования анестезиологического пособия, так как влияют на технику интубации и выбор размеров интубационной трубки, позволяют прогнозировать ситуации, требующие подключения эндоскопического пособия.

Основной проблемой клинической интерпретации данных МСКТ при компрессионных стенозах трахеи является связь геометрических параметров зоны сужения со степенью выраженности дыхательной недостаточности у конкретного пациента. Правила современной доказательной медицины диктуют необходимость индивидуального подхода. Прогноз и срочность лечебных мероприятий основываются не только на абсолютных размерах суженного участка, но и на степени компенсации дыхательной функции, характере патологического процесса и динамике увеличения объема ЩЖ, наличии сопутствующей кардиопульмональной патологии. Важную роль в оценке нарушения функции внешнего дыхания при компрессии дыхательных путей играет неинвазивный метод измерения воздушных потоков — спирография.

Спирографию используют для разграничения респираторной патологии при подозрении на внешнюю обструкцию трахеи. При наличии симптомов или рентгенологических данных компрессии трахеи проводят спирографию с анализом формы кривых и показателей обратимости. Для дифференциальной диагностики внегрудной обструкции выполняют спокойные и форсированные маневры: рассчитывают отношение пиковых и средних инспираторных/экспираторных потоков. Их значительное изменение указывает на экстраторакальную обструкцию. Наличие плато на инспираторной части петли «поток–объем» также характерно для стеноза трахеи.

ЩЗЗ компримирует трахею у значительной части пациентов, приводя к нарастающей обструкции верхних дыхательных путей, которая длительно может оставаться нераспознанной [4]. Для выявления обструкции авторы рекомендуют петлю «поток–объем» с акцентом на инспираторный компонент. Наиболее чувствительным спирографическим тестом для ранней диагностики трахеальной компрессии является визуальный анализ петли «поток–объем». Согласно проспективному исследованию G. Özgül и соавт. (2020), петля «поток–объем» соответствовала обструкции верхних дыхательных

путей в 85,7% при сужении просвета трахеи менее чем на 50%. При уменьшении площади просвета более чем на 50% изменение формы кривой «поток–объем» выявляли в 100% случаев ($p=0,0001$) [36]. L. Ennu и соавт. (2023) показали, что отклонение спирометрических показателей может быть обнаружено даже у бессимптомных пациентов с зобом. Через три месяца после тиреоидэктомии наблюдается значимое улучшение $ОФВ_1$, пиковая объемная скорость выдоха (ПОС), соотношения $ОФВ_1/ОФВ_{0,5}$ и мгновенная объемная скорость выдоха $_{50\%}$ ($МОС_{50\%}$) / мгновенная объемная скорость вдоха $_{50\%}$ ($МОСвд_{50\%}$) ($p < 0,05$). Соотношение $МВЛ/ОФВ_1$ (максимальная вентиляция легких к объему форсированного выдоха за 1-ю секунду) показало статистически значимую корреляцию с массой ЩЖ, что делает его чувствительным индексом для раннего выявления нарушений [37].

При стенозе или компрессии на спирограмме проявляются особенности фиксированной или вариабельной обструкции. При фиксированном стенозе крупных дыхательных путей, таких как рубцовый стеноз трахеи, на кривых «поток–объем» и «объем–время» регистрируется плато как на вдохе, так и на выдохе. Максимум потока снижается, и на обоих участках фазы дыхания создается характерное плато. При вариабельном стенозе у больных

с преобладанием шейного компонента зоба выраженность обструкции усиливается во время вдоха (рис. 4). На кривой «поток–объем» наблюдается характерное усечение на вдохе и относительное сохранение экспираторной части, так как давление внутри грудной клетки при форсированном выдохе компенсирует влияние сужения. При этом снижается пиковая скорость экспираторного потока, а на инспираторной части петли возникает плато [38, 39]. Большие внутригрудные зобы способны создавать дополнительное препятствие на выдохе (вариабельная внутригрудная обструкция) из-за нарастания компрессии трахеи патологической тканью, вклинивающейся в верхнюю грудную апертуру. Это приводит к уплощению экспираторной части кривой «поток–объем».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ научных публикаций, посвященных компрессионным стенозам трахеи и методам их диагностики у больных ШЗЗ, позволяет констатировать устойчивый рост интереса к данной проблеме в современной медицинской науке. Это связано с высокой распространенностью узловых форм зоба среди населения и нередкой клинической недооценкой тяжести компрессионного синдрома, который длительное время может протекать субклинически. В арсенале современных диагностических средств присутствуют как визуализирующие, так и функциональные методы, однако их комплексное применение остается недостаточно регламентированным. Важным является понимание изменений воздушного потока, к которым приводит прогрессирующая компрессия трахеи. Это позволяет выявлять патологию на этапе, предшествующем возникновению тяжелых клинических проявлений, когда функциональные нарушения еще не стали очевидными при общем клиническом осмотре. Объединение информации об изменениях воздушного потока с данными лучевой и функциональной диагностики создает основу для раннего обнаружения компрессионных стенозов трахеи и маршрутизации пациентов ШЗЗ. При этом МСКТ обеспечивает точную визуализацию анатомии стеноза и планирование доступа, а спирометрия с анализом петли «поток–объем» позволяет оценить функциональную значимость сужения на догоспитальном этапе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение ис-

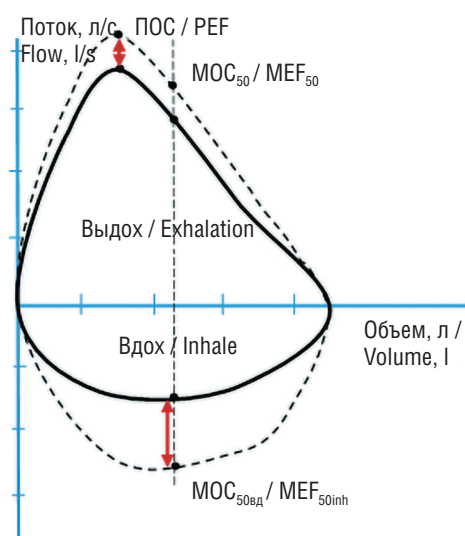


Рис. 4. Вид кривой «поток–объем» у пациентов с компрессией трахеи зобом (сплошная линия) на фоне нормальной (пунктирная линия). ПОС — пиковая объемная скорость выдоха; МОС — мгновенная объемная скорость выдоха (рисунок авторов)
Fig. 4. Flow-volume curve in patients with tracheal compression by goiter (solid line) compared to normal trachea (dashed line). PEF — peak expiratory flow; MEF — maximal expiratory flow (drawing by the authors)

следования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гостимский А.В., Карпатский И.В., Матвеева З.С., Шудаев И.Р., Селиханов Б.А. Диагностика и выбор хирургической тактики при шейно-загрудинном зобе. *Таврический медико-биологический вестник*. 2020;23(2):52–58. <https://doi.org/10.37279/2070-8092-2020-23-2-52-58>.
2. Карпатский И.В., Матвеева З.С., Шудаев И.Р., Акинчев А.Л. Роль современных методов диагностики в определении хирургической тактики у больных шейно-загрудинным зобом. *Детская медицина Северо-Запада*. 2023;11(2):103–112. <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2023.43.38.011>.
3. Михайличенко В.Ю., Каракурсаков Н.Э., Безруков О.Ф., Керимов Э.Я., Самарин С.А. Компрессионный синдром при патологии щитовидной железы. *Таврический медико-биологический вестник*. 2020;23(2):143–147. <https://doi.org/10.37279/2070-8092-2020-23-2-143-147>.
4. Sorensen J.R., Lauridsen J.F., Døssing H., Nguyen N., Hegedüs L., Bonnema S.J., Godballe C. Thyroidectomy Improves Tracheal Anatomy and Airflow in Patients with Nodular Goiter: A Prospective Cohort Study. *Eur Thyroid J*. 2017;6(6):307–314. <https://doi.org/10.1159/000480348>.
5. Ket S., Ozbudak O., Ozdemir T., Dertsiz L. Acute respiratory failure and tracheal obstruction in patients with posterior giant mediastinal (intrathoracic) goiter. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2004;3(1):174–175. [https://doi.org/10.1016/S1569-9293\(03\)00270-6](https://doi.org/10.1016/S1569-9293(03)00270-6).
6. Пастернак И.А., Казачков Е.Л., Пастернак А.Е. Классификационные и диагностические аспекты патологии щитовидной железы на современном этапе (обзор литературы). *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2020;(1):108–115. <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2020-1-108-115>.
7. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Литтерра; 2015. 416 с.
8. Ильичева Е.А., Лебедева Д.В., Григорьев Е.Г. Хирургическое лечение рецидивного многоузлового шейно-загрудинного зоба. *Байкальский медицинский журнал*. 2024;3(2):39–44. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2024-2-39-44>.
9. Романчишен А.Ф., Вабалайте К.В., Романчишен Ф.А. Боллезни щитовидной и околощитовидных желез: эмбриология, анатомия, этиопатогенез, диагностика, лечение. СПб.: СпецЛит; 2019. 96 с.
10. Mercante G., Gabrielli E., Pedroni C., Formisano D., Bertolini L., Nicoli F. et al. CT cross-sectional imaging classification system for substernal goiter based on risk factors for an extracervical surgical approach. *Head Neck*. 2011;33(6):792–799. <https://doi.org/10.1002/hed.21539>.
11. Cvasciuc I.T., Fraser S., Lansdown M. Retrosternal goitres: a practical classification. *Acta Endocrinol (Buchar)*. 2017;13(3):261–265. <https://doi.org/10.4183/aeb.2017.261>.
12. Гостимский А.В., Романчишен А.Ф., Селиханов Б.А. Неотложные и срочные операции при заболеваниях щитовидной железы. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2013;172(2):88–91. EDN: PZACXT.
13. Binar M., Serindere M., Bozlar U., Karahatay S., Demirkapi S., Aydin U. et al. Determining the thyroid gland volume causing tracheal compression: a semiautomated 3D CT volumetry study. *Medicina (Kaunas)*. 2019;55(5):143. <https://doi.org/10.3390/medicina55050143>.
14. Zhang H., Yu J., Chen C., Cao L., Ma P., Jia L., Zhang N., Zhao T. Anesthetic management of giant thyroid tumor with cardiac comorbidity causing tracheal compression: a case report. *J Med Case Rep*. 2025;19(1):650. <https://doi.org/10.1186/s13256-025-05707-z>.
15. Cook T.M., Morgan P.J., Hersch P.E. Equal and opposite expert opinion. Airway obstruction caused by a retrosternal thyroid mass: management and prospective international expert opinion. *Anaesthesia*. 2011;66(9):828–836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2011.06650.x>.
16. Stang M.T., Armstrong M.J., Ogilvie J.B., Yip L., McCoy K.L., Faber C.N. et al. Positional dyspnea and tracheal compression as indications for goiter resection. *Arch Surg*. 2012;147(7):621–626. <https://doi.org/10.1001/archsurg.2012.96>.
17. Mahajan S., Sekar L., Kumar S. Airway management in a patient with retrosternal goiter: a context-sensitive airway management strategy. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;74(Suppl 2):2214–2216. <https://doi.org/10.1007/s12070-020-02083-6>.
18. Sorensen J.R., Bonnema S.J., Godballe C., Hegedüs L. The impact of goiter and thyroid surgery on goiter related esophageal dysfunction. A systematic review. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9:679. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00679>.
19. Alfonso A., Christoudias G., Amaruddin Q., Herbsman H., Gardner B. Tracheal or esophageal compression due to benign thyroid disease. *Am J Surg*. 1981;142(3):350–354. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(81\)90346-9](https://doi.org/10.1016/0002-9610(81)90346-9).

20. Михайличенко В.Ю., Каракурсаков Н.Э., Шестопалов Д.В., Старых А.А. Случай шейно-загрудинного зоба с компрессией верхней полой вены. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016;(1-3):352–354. EDN: VMBOKB.
21. Пиксин И.Н., Давыдкин В.И., Вилков А.В., Голубев А.Г., Пряников И.Р. Стратификация тяжести компрессионного синдрома у больных зобом. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2017;11(3):158–163. https://doi.org/10.12737/article_59c4b67323d567.03252720.
22. Huins C.T., Georgalas C., Mehrzad H., Tolley N.S. A new classification system for retrosternal goitre based on a systematic review of its complications and management. *Int J Surg*. 2008;6(1):71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2007.02.003>.
23. Jukić T., Kusić Z. Image in endocrinology. Pemberton's sign in patient with substernal goiter. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95(9):4175. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0944>.
24. Aghajanzadeh M., Asgary M.R., Mohammadi F., Darvishi H., Safarpour Y. An investigation into symptoms, diagnosis, treatment, and treatment complications in patients with retrosternal goiter. *J Family Med Prim Care*. 2018;7(1):224–229. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_286_17.
25. Koulouris C., Paraschou A., Manaki V., Mantalovas S., Spiridou K., Spiridou A. et al. Cardiopulmonary arrest caused by large substernal goiter-treatment with combined cervical approach and median mini-sternotomy: report of a case. *Medicina (Kaunas)*. 2021;57(4):303. <https://doi.org/10.3390/medicina57040303>.
26. Паршин В.Д. О классификации рубцового стеноза трахеи. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;(10):5–10. <https://doi.org/10.17116/hirurgia20201015>. EDN: JUYTLX.
27. Myer C.M. III, O'Connor D.M., Cotton R.T. Proposed grading system for subglottic stenosis based on endotracheal tube sizes. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1994;103(4):319–323. <https://doi.org/10.1177/000348949410300410>.
28. Ziai H., Lebo N.L., Kielar A.Z., Odell M.J. Can thyroid ultrasonography predict substernal extension or tracheal compression in goiters? *Can Assoc Radiol J*. 2018;69(4):422–429. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2018.07.007>.
29. Mongardini F.M., Vanella S., Iuorio A., Torretta G., Storti A., Docimo G. et al. Ultrasound predictive parameters of difficult airway in thyroid surgery: a pilot study. *Updates Surg*. 2024;76(5):1963–1968. <https://doi.org/10.1007/s13304-024-01908-1>.
30. Дедов И.И., Бухман А.И., Путина Т.В., Серпуховитин С.Ю. Компьютерно-томографическая диагностика загрудинного зоба. *Проблемы эндокринологии*. 1994;40(5):26–28.
31. Магомедов М.М., Османов О.М. Хирургическое лечение загрудинного зоба. *Московский хирургический журнал*. 2021;(1):54–58. <https://doi.org/10.17238/issn2072-3180.2021.1.54-58>.
32. Cheung M.H., Walker A.M., Nguyen S.A., Butehorn H., Albergotti W.G. Surgical management of substernal goiters: a systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*. 2026;136(2):575–585. <https://doi.org/10.1002/lary.70087>.
33. Toppi J., Tham Y.S., Kleid S. The crescent trachea: a new radiological sign of subclinical tracheal compression in patients with large goitres. *World Fam Med*. 2019;17(5):28–34. <https://doi.org/10.5742/MEWFM.2019.93643>.
34. Riffat F., Del Pero M.M., Fish B., Jani P. Radiologically predicting when a sternotomy may be required in the management of retrosternal goiters. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2013;122(1):15–19. <https://doi.org/10.1177/000348941312200104>.
35. Ben Nun A., Soudack M., Best L.A. Retrosternal thyroid goiter: 15 years experience. *Isr Med Assoc J*. 2006;8(2):106–109.
36. Özgül G., Yavuz E. Pulmonary function test and thoracic computed tomography in the evaluation of dyspnea in patients with goiter. *Bagcilar Med Bull*. 2020;5(4):204–209. <https://doi.org/10.4274/BMB.galenos.2020.07.030>.
37. Enny L., Garg S., Mouli S., Manjunath S., Singh K.R., Ramakant P., Mishra A.K. Effect of thyroidectomy on tracheal remodeling and airway physiology in apparently asymptomatic patients with goiter: a prospective study. *World J Surg*. 2023;47(12):3222–3228. <https://doi.org/10.1007/s00268-023-07192-1>.
38. Lunn W.W., Sheller J.R. Flow volume loops in the evaluation of upper airway obstruction. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28(4):721–729.
39. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26(5):948–968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>.

REFERENCES

1. Gostimsky A.V., Karpatsky I.V., Matveeva Z.S., Shudaev I.R., Selikhanov B.A. Diagnosis and choice of surgical tactics in cervicomedial goiter. *Tavrisheskiy Mediko-Biologicheskiy Vestnik*. 2020;23(2):52–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.37279/2070-8092-2020-23-2-52-58>.
2. Karpatsky I.V., Matveeva Z.S., Shudaev I.R., Akinchev A.L. The role of modern diagnostic methods in determining surgical tactics in patients with cervicomedial goiter. *Children's Medicine of the North-West*. 2023;11(2):103–112. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2023.43.38.011>.
3. Mikhailichenko V.Yu., Karakursakov N.E., Bezrukov O.F., Kerimov E.Ya., Samarin S.A. Compression syndrome in thyroid pathology. *Tavrisheskiy Mediko-Biologicheskiy Vestnik*. 2020;23(2):143–147. (In Russ.). <https://doi.org/10.37279/2070-8092-2020-23-2-143-147>.
4. Sorensen J.R., Lauridsen J.F., Døssing H., Nguyen N., Hegedüs L., Bonnema S.J., Godballe C. Thyroidectomy Improves Tracheal Anatomy and Airflow in Patients with Nodular Goiter: A Prospective Cohort Study. *Eur Thyroid J*. 2017;6(6):307–314. <https://doi.org/10.1159/000480348>.
5. Ket S., Ozbudak O., Ozdemir T., Dertsiz L. Acute respiratory failure and tracheal obstruction in patients with posterior

- giant mediastinal (intrathoracic) goiter. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2004;3(1):174–175. [https://doi.org/10.1016/S1569-9293\(03\)00270-6](https://doi.org/10.1016/S1569-9293(03)00270-6).
6. Pasternak I.A., Kazachkov E.L., Pasternak A.E. Classification and diagnostic aspects of thyroid pathology at the present stage (literature review). *Journal of Siberian Medical Sciences.* 2020;(1):108–115. (In Russ.). <https://doi.org/10.31549/2542-1174-2020-1-108-115>.
 7. Dedov I.I., Melnichenko G.A., Fadeev V.V. Endocrinology. 3rd ed., revised and updated. Moscow: Littera; 2015. 416 p. (In Russ.).
 8. Ilyicheva E.A., Lebedeva D.V., Grigoriev E.G. Surgical treatment of recurrent multinodular cervicomedistinal goiter. *Baikal Medical Journal.* 2024;3(2):39–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2024-2-39-44>.
 9. Romanchishen A.F., Vabalayte K.V., Romanchishen F.A. Diseases of the thyroid and parathyroid glands: embryology, anatomy, etiopathogenesis, diagnosis, treatment. Saint Petersburg: SpetsLit; 2019. 96 p. (In Russ.).
 10. Mercante G., Gabrielli E., Pedroni C., Formisano D., Bertolini L., Nicoli F. et al. CT cross-sectional imaging classification system for substernal goiter based on risk factors for an extracervical surgical approach. *Head Neck.* 2011;33(6):792–799. <https://doi.org/10.1002/hed.21539>.
 11. Cvasciuc I.T., Fraser S., Lansdown M. Retrosternal goitres: a practical classification. *Acta Endocrinol (Buchar).* 2017;13(3):261–265. <https://doi.org/10.4183/aeb.2017.261>.
 12. Gostimsky A.V., Romanchishen A.F., Selikhanov B.A. Emergency and urgent operations in thyroid diseases. *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2013;172(2):88–91. (In Russ.). EDN: PZACXT.
 13. Binar M., Serindere M., Bozlar U., Karahatay S., Demirkapi S., Aydin U. et al. Determining the thyroid gland volume causing tracheal compression: a semiautomated 3D CT volumetry study. *Medicina (Kaunas).* 2019;55(5):143. <https://doi.org/10.3390/medicina55050143>.
 14. Zhang H., Yu J., Chen C., Cao L., Ma P., Jia L., Zhang N., Zhao T. Anesthetic management of giant thyroid tumor with cardiac comorbidity causing tracheal compression: a case report. *J Med Case Rep.* 2025;19(1):650. <https://doi.org/10.1186/s13256-025-05707-z>.
 15. Cook T.M., Morgan P.J., Hersch P.E. Equal and opposite expert opinion. Airway obstruction caused by a retrosternal thyroid mass: management and prospective international expert opinion. *Anaesthesia.* 2011;66(9):828–836. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2011.06650.x>.
 16. Stang M.T., Armstrong M.J., Ogilvie J.B., Yip L., McCoy K.L., Faber C.N. et al. Positional dyspnea and tracheal compression as indications for goiter resection. *Arch Surg.* 2012;147(7):621–626. <https://doi.org/10.1001/archsurg.2012.96>.
 17. Mahajan S., Sekar L., Kumar S. Airway management in a patient with retrosternal goiter: a context-sensitive airway management strategy. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2022;74(Suppl 2):2214–2216. <https://doi.org/10.1007/s12070-020-02083-6>.
 18. Sorensen J.R., Bonnema S.J., Godballe C., Hegedüs L. The impact of goiter and thyroid surgery on goiter related esophageal dysfunction. A systematic review. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2018;9:679. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00679>.
 19. Alfonso A., Christoudias G., Amaruddin Q., Herbsman H., Gardner B. Tracheal or esophageal compression due to benign thyroid disease. *Am J Surg.* 1981;142(3):350–354. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(81\)90346-9](https://doi.org/10.1016/0002-9610(81)90346-9).
 20. Mikhailichenko V.Yu., Karakursakov N.E., Shestopalov D.V., Starykh A.A. A case of cervicomedistinal goiter with compression of the superior vena cava. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh I Fundamental'nykh Issledovaniy.* 2016; (1-3):352–354. (In Russ.). EDN: VMBOKB.
 21. Piksin I.N., Davydkin V.I., Vilkov A.V., Golubev A.G., Prynkov I.R. Stratification of the severity of compression syndrome in patients with goiter. *Journal of new medical technologies.* 2017;11(3):158–163. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_59c4b67323d567.03252720.
 22. Huins C.T., Georgalas C., Mehrzad H., Tolley N.S. A new classification system for retrosternal goitre based on a systematic review of its complications and management. *Int J Surg.* 2008;6(1):71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2007.02.003>.
 23. Jukić T., Kusić Z. Image in endocrinology. Pemberton's sign in patient with substernal goiter. *J Clin Endocrinol Metab.* 2010;95(9):4175. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-0944>.
 24. Aghajanzadeh M., Asgary M.R., Mohammadi F., Darvishi H., Safarpour Y. An investigation into symptoms, diagnosis, treatment, and treatment complications in patients with retrosternal goiter. *J Family Med Prim Care.* 2018;7(1):224–229. https://doi.org/10.4103/jfmnp.jfmnp_286_17.
 25. Koulouris C., Paraschou A., Manaki V., Mantalovas S., Spiridou K., Spiridou A. et al. Cardiopulmonary arrest caused by large substernal goiter-treatment with combined cervical approach and median mini-sternotomy: report of a case. *Medicina (Kaunas).* 2021;57(4):303. <https://doi.org/10.3390/medicina57040303>.
 26. Parshin V.D. On the classification of cicatricial tracheal stenosis. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2020;(10):5–10. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia20201015>. EDN: JUYTLX.
 27. Myer C.M. III, O'Connor D.M., Cotton R.T. Proposed grading system for subglottic stenosis based on endotracheal tube sizes. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1994;103(4):319–323. <https://doi.org/10.1177/000348949410300410>.
 28. Ziai H., Lebo N.L., Kielar A.Z., Odell M.J. Can thyroid ultrasonography predict substernal extension or tracheal compression in goiters? *Can Assoc Radiol J.* 2018;69(4):422–429. <https://doi.org/10.1016/j.carj.2018.07.007>.
 29. Mongardini F.M., Vanella S., Iuorio A., Torretta G., Storti A., Docimo G. et al. Ultrasound predictive parameters of difficult airway in thyroid surgery: a pilot study. *Updates Surg.* 2024;76(5):1963–1968. <https://doi.org/10.1007/s13304-024-01908-1>.

30. Dedov I.I., Bukhman A.I., Putina T.V., Serpukhovitin S.Yu. Computer tomographic diagnosis of substernal goiter. *Problems of Endocrinology*. 1994;40(5):26–28. (In Russ.).
31. Magomedov M.M., Osmanov O.M. Surgical treatment of substernal goiter. *Moscow Surgical Journal*. 2021;(1):54–58. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn2072-3180.2021.1.54-58>.
32. Cheung M.H., Walker A.M., Nguyen S.A., Butehorn H., Albergotti W.G. Surgical management of substernal goiters: a systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*. 2026;136(2):575–585. <https://doi.org/10.1002/lary.70087>.
33. Toppi J., Tham Y.S., Kleid S. The crescent trachea: a new radiological sign of subclinical tracheal compression in patients with large goitres. *World Fam Med*. 2019;17(5):28–34. <https://doi.org/10.5742/MEWFM.2019.93643>.
34. Riffat F., Del Pero M.M., Fish B., Jani P. Radiologically predicting when a sternotomy may be required in the management of retrosternal goiters. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2013;122(1):15–19. <https://doi.org/10.1177/000348941312200104>.
35. Ben Nun A., Soudack M., Best L.A. Retrosternal thyroid goiter: 15 years experience. *Isr Med Assoc J*. 2006;8(2):106–109.
36. Özgül G., Yavuz E. Pulmonary function test and thoracic computed tomography in the evaluation of dyspnea in patients with goiter. *Bagcilar Med Bull*. 2020;5(4):204–209. <https://doi.org/10.4274/BMB.galenos.2020.07.030>.
37. Enny L., Garg S., Mouli S., Manjunath S., Singh K.R., Ramakant P., Mishra A.K. Effect of thyroidectomy on tracheal remodeling and airway physiology in apparently asymptomatic patients with goiter: a prospective study. *World J Surg*. 2023;47(12):3222–3228. <https://doi.org/10.1007/s00268-023-07192-1>.
38. Lunn W.W., Sheller J.R. Flow volume loops in the evaluation of upper airway obstruction. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28(4):721–729.
39. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V., Crapo R.O., Burgos F., Casaburi R. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005;26(5):948–968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>.

ОБ АВТОРАХ

✉ **Игорь Владимирович Карпатский** — к.м.н., доцент кафедры госпитальной хирургии. E-mail: ikar122@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0047-6327>; SPIN: 1889-5852

Екатерина Олеговна Жучкина — студент 6-го курса. E-mail: katia.ju4kina@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-9302-8909>; SPIN: 9797-2505

Олег Игоревич Карпатский — лаборант, кафедра госпитальной хирургии. E-mail: olegkarp@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-0081-525X>

AUTHORS' INFO

✉ **Igor V. Karpatsky** — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Hospital Surgery. E-mail: ikar122@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0047-6327>; SPIN: 1889-5852

Ekaterina O. Zhuchkina — 6th-year student. E-mail: katia.ju4kina@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0003-9302-8909>; SPIN: 9797-2505

Oleg I. Karpatsky — Laboratory Assistant, Department of Hospital Surgery. E-mail: olegkarp@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-0081-525X>