

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2026.4.98>

Компьютерная томография в диагностике опухолевого поражения легочной артерии

А.М. Шестюк, А.С. Карпицкий

Учреждение здравоохранения «Брестская областная клиническая больница», г. Брест, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2026. – Том 25, №4. – С. 98-104.

Computed tomography in the diagnosis of the pulmonary artery tumor lesions

A.M. Shestiuk, A.S. Karpitski

Brest Regional Clinical Hospital, Brest, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2026;25(4):98-104.

Резюме.

Цель работы – анализ диагностических возможностей компьютерной томографии грудной клетки при вовлечении в патологический процесс легочной артерии у пациентов с раком легкого.

Материал и методы. Исследованы результаты обследования 40 пациентов с верифицированным раком легкого при врастании опухоли в легочную артерию. Всем выполнена нативная компьютерная томография (КТ) грудной клетки, 10 из них (25%) – с внутривенным контрастированием. Контрольную группу составили КТ исследования грудной клетки 30 пациентов без онкологии. Два рентгенолога (опыт 25 и 15 лет) независимо проанализировали тестовый пакет изображений.

Результаты. Точность нативной КТ грудной клетки при выявлении ракового поражения легочной артерии составила лишь 65,7%, чувствительность – 65%, специфичность – 66%. Площадь под PRC-кривой – 0,689, что свидетельствует о низкой прогностической ценности КТ грудной клетки без контраста в диагностике. При выполнении контрастной КТ признаки инвазии легочной артерии подтверждены в 100% случаев. При предоперационном планировании контрастная КТ грудной клетки позволяет хирургу точно определить зону инвазии, диаметры проксимального и дистального сегментов сосуда, что важно для выбора доступа и метода возможной реконструкции легочной артерии.

Заключение. Нативная КТ грудной клетки обладает недостаточной точностью для диагностики инвазии легочной артерии. В то же время контрастная КТ является методом выбора, обеспечивая 100% выявление признаков поражения легочной артерии и возможность предоперационного планирования, что улучшает качество хирургического лечения.

Ключевые слова: рак легкого, легочная артерия, компьютерная томография, инвазия, контрастное усиление, реконструкция.

Abstract.

Objectives. To analyze the diagnostic capabilities of the chest computed tomography (CT) in cases of the pulmonary artery involvement in the pathological process in patients with lung cancer.

Material and methods. The examination results of 40 patients with the confirmed lung cancer and tumor invasion of the pulmonary artery were analyzed. All patients underwent native computed tomography (CT) of the chest; 10 of them (25%) had intravenous contrast enhancement. The control group consisted of the chest CT scans of 30 patients without cancer. Two radiologists (with 25- and 15-years' experience) independently analyzed the test image set.

Results. The accuracy of native chest CT in detecting cancerous involvement of the pulmonary artery was only 65.7%, with a sensitivity of 65% and a specificity of 66%. The area under the PRC curve was 0.689, indicating the low prognostic value of non-contrast chest CT in diagnosis. With contrast-enhanced CT, signs of pulmonary artery invasion were confirmed in 100% of cases. In preoperative planning, contrast-enhanced chest CT allows the surgeon to accurately determine the area of invasion and the diameters of the proximal and distal segments of the vessel, which is important for selecting the approach and method of possible pulmonary artery reconstruction.

Conclusions. Non-contrast CT of the chest lacks sufficient accuracy for diagnosing pulmonary artery invasion. At the same time, contrast-enhanced CT is the method of choice, ensuring 100% detection of signs of pulmonary artery involvement and enabling preoperative planning, which improves the quality of surgical treatment.

Keywords: lung cancer, pulmonary artery, computed tomography, invasion, contrast enhancement, reconstruction.

Введение

Лечение рака легкого считается одной из наиболее сложных проблем современной медицины [1]. Согласно результатам глобального онкологического эпидемиологического исследования за 2020 год, рак легких занимает второе место по заболеваемости среди злокачественных новообразований. Кроме того, количество летальных исходов при этом заболевании остаётся высоким и достигает 18% от всех случаев, связанных с выявлением злокачественных неоплазий [2].

Компьютерная томография (КТ) – современный высокоточный цифровой метод медицинской визуализации, основанный на компьютерных технологиях. КТ представляет собой уникальный инструмент для диагностики и способен обеспечить детализированное изображение внутренних структур организма, подвергаясь при этом разнообразным вариантам математической трансформации и аналитической обработки.

Пандемия COVID-19 существенно увеличила нагрузка на систему здравоохранения. Вследствие этого наблюдается рост числа медицинских учреждений, оснащенных аппаратами для проведения компьютерной томографии. В итоге количество выполненных КТ-сканирований органов грудной клетки существенно выросло. В связи с этим многие рентгенологи, даже не имея большого опыта в интерпретации КТ-изображений легких, начали заниматься их анализом [3].

КТ органов грудной клетки считается высокоинформативным и общепризнанным неинвазивным методом выявления рака легких. На сегодняшний день среди пациентов с факторами риска (курение, профессиональные вредности, возраст старше 50 лет) КТ органов грудной клетки рекомендуется как метод скрининга рака легкого [4].

Обнаружение патогномичных КТ признаков инвазии опухоли в легочную артерию в значительной степени зависит от опыта и субъективности радиологов [5]. При этом все большую информативность в выявлении вовлечения в опухолевой процесс легочной артерии придают такие сложные методы исследования, как контрастная КТ и позитронно-эмиссионная томография [6].

Цель работы – анализ диагностических возможностей компьютерной томографии грудной клетки при вовлечении в патологический процесс легочной артерии у пациентов с раком легкого.

Материал и методы

Выполнена выборка данных, включающая протоколы компьютерной томографии органов грудной клетки 40 пациентов с раком легкого и установленным опухолевым поражением легочной артерии (ЛА), выполненных в период с января 2021 по декабрь 2023 года.

КТ исследования грудной клетки всем пациентам выполнялись на компьютерном томографе «Aquilion Lightning» (Toshiba, Япония) в 80 спиральном режиме с толщиной томографических срезов 1 мм, напряжением рентгеновской трубки 120 кВ, силой тока 50-400 мА.

У всех пациентов с злокачественными опухолями проводилась морфологическая верификация, основанная на патогистологических исследованиях образцов тканей, полученных в результате эндоскопической или открытой биопсии.

Из 40 пациентов выделена группа из 10 человек (25%) с опухолевым поражением ЛА, которым проводилось компьютерное сканирование органов грудной клетки с контрастным усилением. Эти исследования выполнялись с целью дополнительного дообследования (80%) или для предоперационного планирования хирургического вмешательства (20%).

В контрольную группу вошли исследования 30 пациентов, отобранных методом сплошной выборки, которым выполнялась рентгеновская компьютерная томография легких, однако признаки онкологического заболевания в легких не обнаружены.

Для проверки диагностической ценности нативных КТ изображений грудной клетки сформирован пакет исследований, включающий данные КТ изображений пациентов с вовлечением и без вовлечения легочной артерии в опухолевой процесс. Тестовый пакет КТ изображений, оформленный в бесплатном приложении «Google Form», изучен двумя врачами-рентгенологами

с 25 и 15-летним опытом в диагностике рентгеновских компьютерных изображений органов грудной клетки. Специалистам предложено после анализа КТ изображений ответить на вопрос о наличии или отсутствии вовлечения в патологический процесс легочной артерии на представленном скане. Результаты проведенного теста сведены в виде таблицы сопряженности 2x2, которые включали в себя набор данных нескольких параметров точности: количество правильных положительных ответов, количество неправильных положительных ответов, количество неправильных отрицательных ответов, количество правильных отрицательных ответов.

Результаты

Анализ полученных результатов тестирования врачей-рентгенологов показал, что, согласно критерию Пирсона (хи-квадрат), существует значительная связь между тестируемыми и результативными признаками (χ^2 составляет 6,882, $p < 0,01$), и полученные данные могут использоваться для дальнейшего анализа (табл. 1).

Проведенный анализ ответов врачей-специалистов, которые изучали предложенные нативные КТ исследования органов грудной клетки, указал на низкую точность метода в выявлении фактов врастания опухоли в стенку легочной артерии, либо его отсутствие, которое составило 65,7%. Вероятность выявления инвазии опухоли в ЛА среди онкологических пациентов, которая определяет чувствительность диагностического теста, равна 65%. При этом специфичность нативной КТ при дифференциальной диагностике этого патологического состояния составила 66%.

Для оценки точности прогноза был использован метод, основанный на вычислении площади под кривой PRC. В отличие от ROC кривой, PRC кривая предпочтительнее для определения эффективности теста, предназначенного для анализа КТ изображений. Полученная вероятность правильного прогноза обнаружения инвазии опухолью ЛА при выполнении нативного КТ составила 0,689 [95% ДИ: 0,529-0,813] (рис. 1).

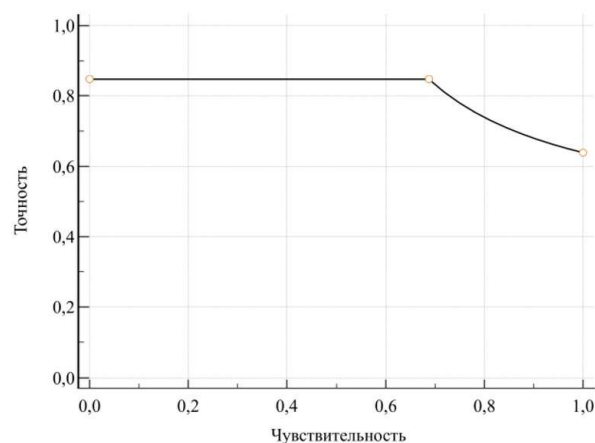


Рисунок 1 – Прогностическое значение обнаружения инвазии опухолью легочной артерии при выполнении нативного КТ органов грудной клетки

В то же время анализ проведенного тестирования врачей-рентгенологов показал, что рентгенологические признаки вовлечения легочной артерии в патологический процесс при выполнении контрастной КТ грудной клетки подтверждены у всех пациентов (100%).

Рентгенологическая семиотика поражения ЛА отличается при изучении сканов КТ в каждом конкретном случае. Однако среди выявляемых признаков врастания опухоли в ЛА при выполнении контрастной КТ органов грудной клетки можно выделить основные, такие как:

- Изменение контура сосуда в месте контакта с опухолью. При инвазии четкий контур сосуда в зоне контакта с опухолью теряется, становится неровным, «изъеденным».

- Установление дефекта наполнения в просвете сосуда. Характеризуется наличием патологического участка в просвете артерии в непосредственной близости от опухоли, который не контрастируется. Этот дефект представляет собой непосредственно опухолевый тромб или массу, проросшую в сосуд.

- Охват сосуда опухолью на 270-360°. Если опухоль циркулярно охватывает ЛА более чем на три четверти его окружности, то это с высокой долей вероятности указывает на её инвазию.

Таблица 1 – Таблица сопряженности 2x2 результатов тестирования врачей

Результаты ответов	Наличие патологии	Отсутствие патологии	Всего
Положительный ответ	26	10	36
Отрицательный ответ	14	20	34
Всего	40	30	70

– Сужение и резкий перерыв просвета ЛА. В результате прорастания опухолью просвет сосуда внезапно обрывается или резко сужается.

– Протяженный контакт между опухолью и стенкой ЛА без выявления периваскулярной жировой клетчатки. В норме вокруг сосудов и бронхов есть тонкий слой жировой клетчатки, который на КТ выглядит темным (гиподенсивным). При инвазии этот темный ободок в месте контакта с опухолью исчезает и становится неразличимым. Это говорит о том, что опухоль разрушила эту естественную анатомическую границу (рис. 2).

При изучении КТ органов грудной клетки, выполняемой у пациентов с терминальной стадией рака легкого (8 пациентов), выявляемые рентгенологические признаки, которые указывают на вовлечение ЛА в опухолевый процесс, являются частью проявления мультиорганной инвазии опухолевого узла в корень пораженного легкого или структуры средостения. Во всех этих случаях (100%) регистрируются рентгенологические признаки охвата сосуда злокачественной опухолью на 270-360°, что в свою очередь сочетается с наличием признаков изменения контура легочного сосуда и отсутствия периваскулярной клетчатки. Признаки сужения просвета легочного сосуда выявлены в 7 (87,5%) случаях, наличие дефекта наполнения

в просвете артерии зарегистрирована в 3 (37,5%) исследованиях. При анализе КТ органов грудной клетки с контрастным усилением, выполняемых для предоперационного планирования (2 пациента), выявлялись несколько рентгенологических симптомов, которые указывают на инвазию опухоли в ЛА: отсутствие периваскулярной клетчатки в зоне контакта с опухолью – 2 случая, изменение внутреннего контура сосуда – в 1 случае (рис. 3).

Отмечено, что выполняемые для предоперационного планирования КТ органов грудной клетки, позволяют оперирующему хирургу четко определить анатомическую зону инвазии опухоли в ЛА, оценить диаметры дистального и проксимального участков сосуда, выявить наличие вовлечения в патологический процесс других анатомических структур. Полученные результаты имеют важное значение для планирования оперативного вмешательства, начиная от этапа формирования хирургического доступа до вида реконструкции сосуда, в том числе, связанные с подготовкой донорского материала для пластики ЛА.

Обсуждение

Сосудистая инвазия определяется как проникновение злокачественных опухолевых клеток

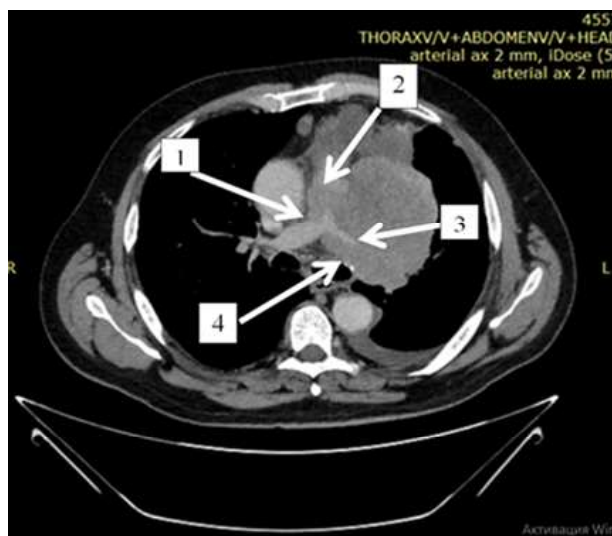


Рисунок 2 – Рентгенологические признаки вовлечения легочной артерии в патологический процесс при выполнении контрастной КТ органов грудной клетки: 1 – изменение контура сосуда в месте контакта с опухолью, 2 – дефект наполнения в просвете сосуда, 3 – сужение и резкий перерыв просвета сосуда, 4 – охват сосуда опухолью на 270-360°

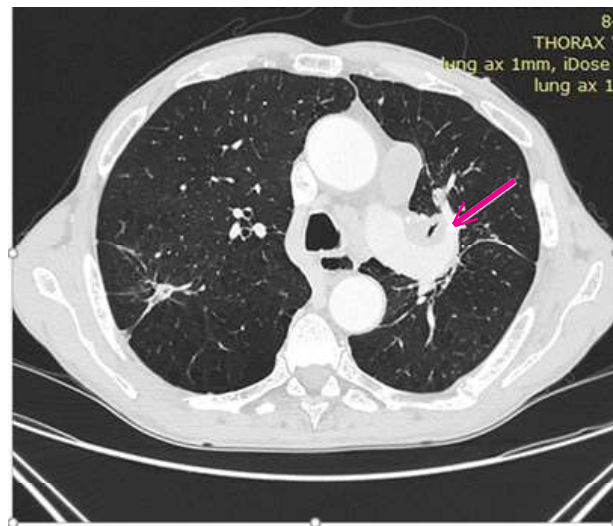


Рисунок 3 – Предоперационное планирование на основании КТ органов грудной клетки при вовлечении легочной артерии в патологический процесс, стрелка – контакт опухоли с стенкой легочной артерии

в стенку кровеносных сосудов в пределах первичной опухоли и окружающих тканей. Это состояние тесно связано с метастазированием, вопросами развития рецидива опухоли, прогнозом и лечением онкологического заболевания. Точная оценка предоперационного определения инвазии опухоли в стенку сосуда имеет решающее значение для оптимального клинического принятия решений и персонализированного лечения [7].

В настоящее время прогнозирование сосудистой опухолевой инвазии до операции с использованием только традиционных клинических обследований остается сложной задачей.

КТ органов грудной клетки является стандартным методом клинической диагностики поражения легких. В последние годы, благодаря постоянному совершенствованию и оптимизации этапов выполнения компьютерной томографии, информация, представленная этой технологией, стала гораздо более полной и точной.

Нативное компьютерное исследование грудной клетки является наиболее распространенным рентгенологическим исследованием, проводимым после рентгенографии грудной клетки для оценки распространенности опухоли легкого у пациента. Однако чувствительность, специфичность и точность низкодозовой КТ органов грудной клетки для подтверждения инвазии в средостение, по имеющимся данным, составляют 40-84 %, 57-94 % и 56-89 % соответственно [8].

КТ органов грудной клетки с контрастным усилением является предпочтительным методом визуализации для оценки характеристик опухолевого узла, особенно для определения размера опухоли и её взаимоотношения с другими структурами в легочной паренхиме и средостении.

Результат сравнительной оценки КТ органов грудной клетки, выполненных в «обычном» режиме и с применением контрастного усиления для выявления сосудистых поражений при раке легкого, показал, что диагностическая чувствительность и точность контрастной КТ были значительно выше, чем у «простой» КТ ($p < 0,05$), но не было значительной разницы в диагностической специфичности между этими двумя методами [9].

Внутривенное введение контрастного вещества при КТ органов грудной клетки не является обязательным. Однако оно рекомендуется при центральных опухолях с вероятным поражением органов средостения и в случаях, когда сложно отличить медиастинальные сосуды от увеличенных лимфатических узлов [10].

Признаки сосудистой инвазии опухоли, выявляемые при контрастной КТ органов грудной клетки, хорошо изучены и описаны в литературе. Критерии положительного заключения об вовлечении сосуда в патологический онкологический процесс включают в себя такие признаки, как частичное или полное поражение стенки сосуда опухолью, рентгенологическое отсутствие жировой плоскости между опухолью и сосудом, сосудистая окклюзия, наличие тромба в просвете, выявление сформированных сосудистых коллатералей [11].

Относительно недавно в анализе медицинских изображений появилось научное направление – радиомика, которое использует высокопроизводительные вычислительные методы для количественного измерения характеристик изображения в интересующей области. G. Yang и соавт. было подтверждено, что текстурный анализ является перспективным биомаркером визуализации, способным анализировать распределение и взаимосвязь пикселей или воксельных уровней серого на медицинских изображениях [12].

Изучение текстурных характеристик данных, полученных при выполнении КТ органов грудной клетки, открывает возможность для непредвзятой оценки гетерогенности тканей. Этот подход фокусируется на описании того, как плотности пикселей (или вокселей в трехмерном случае) распределены, и как они соотносятся друг с другом в пределах полученного цифрового изображения. В части статистической обработки данных осуществляется анализ изображений на первом уровне, подразумевающий оценку распределения уровня серого, основываясь на гистограмме выбранной области, а также анализ таких характеристик, как среднее значение интенсивности, процент пикселей (вокселей) в определенном диапазоне, степень неоднородности (энтропия), стандартное отклонение, параметры асимметрии, а также меру «заостренности» или «плоскости» распределения. Анализ второго порядка охватывает вычисления таких величин, как энтропия второго порядка, энергия текстуры, степень однородности, разнообразие [13].

С развитием компьютерных технологий и искусственного интеллекта на основе контрастной КТ органов грудной клетки появились возможности выполнения объемного моделирования расположения сосудов по отношению к опухоли, текстурного анализа для дифференциальной диагностики и предоперационной оценки пространственного расположения опухоли [7].

Заключение

Нативная компьютерная томография органов грудной клетки обладает недостаточной точностью для диагностики инвазии опухоли в легочную артерию у пациентов с раком легкого. В то же время выполнение компьютерной томографии с контрастным усилением позволяет более детально определить особенности инвазивного роста образования легкого в окружающие структуры. Неоспоримым преимуществом внутривенного усиления при выполнении компьютерной томографии при выявлении инвазии опухоли легкого в легочную артерию можно считать возможность предоперационного планирования и моделирования этапов оперативного вмешательства хирургом, что улучшает качество хирургической помощи. Развитие современных цифровых технологий изучения изображений компьютерной томографии дает возможность существенно повысить качество предоперационной диагностики при дифференцировке опухолевого вставания в стенку легочной артерии.

Литература

1. Жарков, В. В. Радикальное лечение местно-распространенного немелкоклеточного рака легкого с поражением медиастинальных лимфоузлов / В. В. Жарков, С. А. Еськов, Д. В. Ашуркевич // Онкологический журнал. 2016. Т. 10, № 3. С. 21–30.
2. Ma, S. The advanced lung cancer inflammation index (ALI) predicted the postoperative survival rate of patients with non-small cell lung cancer and the construction of a nomogram model / S. Ma, Z. Li, L. Wang // World journal of surgical oncology. 2024 Jul. Vol. 22, № 1. P. 158. DOI: 10.1186/s12957-024-03432-3
3. Оценка перспектив использования технологий искусственного интеллекта для анализа КТ-изображений органов грудной клетки с целью выявления признаков

злокачественных новообразований в легких / П. С. Пилос, И. С. Дрокин, Д. А. Баженова [и др.] // Медицинская визуализация. 2023. Т. 27, № 2. С. 138–146. DOI: 10.24835/1607-0763-1557

4. Pinsky, P. F. Lung cancer screening with low-dose CT: a world-wide view / P. F. Pinsky // Translational lung cancer research. 2018 Jun. Vol. 7, № 3. P. 234–242. DOI: 10.21037/tlcr.2018.05.12
5. Role of imaging in the diagnosis, staging, and treatment of thymoma / M. F. Benveniste, M. L. Rosado-de-Christenson, B. S. Sabloff [et al.] // Radiographics. 2011 Nov-Dec. Vol. 31, № 7. P. 1847–1861. DOI: 10.1148/rg.317115505
6. 18F-FDG PET/CT radiomics for prediction of lymphovascular invasion in patients with early stage non-small cell lung cancer / J. Wang, Z. Zheng, Y. Zhang [et al.] // Frontiers in oncology. 2023 Jul. Vol. 13. Art. 118580. DOI: 10.3389/fonc.2023.118580
7. Radiomics analysis in predicting vascular invasion in gastric cancer based on enhanced CT: a preliminary study / Z. Chen, G. Zhang, Y. Liu, K. Zhu // BMC Cancer. 2024 Aug. Vol. 24, № 1. Art. 1020. DOI: 10.1186/s12885-024-12793-7
8. Imaging of the patient with non-small cell lung cancer / R. F. Munden, S. S. Swisher, C. W. Stevens, D. J. Stewart // Radiology. 2005 Dec. Vol. 237, № 3. P. 803–818. DOI: 10.1148/radiol.237304096
9. Study on the correlation between CT Features and vascular tumor thrombus together with nerve invasion in surgically resected lung adenocarcinoma / Y. Song, D. Chen, D. Lian, [et al.] // Frontiers in surgery. 2022 Jun. Vol. 9. Art. 931568. DOI: 10.3389/fsurg.2022.931568
10. Pretreatment evaluation of non-small-cell lung cancer / The American Thoracic Society and The European Respiratory Society // American journal of respiratory and critical care medicine. 1997 Jul. Vol. 156, № 1. P. 320–332. DOI: 10.1164/ajrccm.156.1.ats156.1
11. Clinical TNM Lung Cancer Staging: A Diagnostic Algorithm with a Pictorial Review / I. Kuhtić, T. Mandić Paulić, L. Kovačević [et al.] // Diagnostics. 2025 Apr. Vol. 15, № 7. P. 908. DOI: 10.3390/diagnostics15070908
12. 2D and 3D texture analysis to predict lymphovascular invasion in lung adenocarcinoma / G. Yang, P. Nie, L. Zhao [et al.] // European journal of radiology. 2020 Aug. Vol. 129. Art. 109111. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109111
13. Textural analysis of multiparametric MRI detects transition zone prostate cancer / H. S. Sidhu, S. Benigno, B. Ganeshan [et al.] // European radiology. 2017 Jul. Vol. 27, № 6. P. 2348–2358. DOI: 10.1007/s00330-016-4579-9

Поступила 04.05.2026 г.

Принята в печать 27.08.2026 г.

References

1. Zharkov VV, Eskov SA, Ashurkevich DV. Radical treatment of locally prevalent non-small-cell cancer of the mediastinal lymph node. *Onkologicheskii Zhurnal*. 2016;10(3):21-30. (In Russ.).
2. Ma S, Li Z, Wang L. The advanced lung cancer inflammation index (ALI) predicted the postoperative survival rate of patients with non-small cell lung cancer and the construction of a nomogram model. *World Journal of Surgical Oncology*. 2024 Jun 14;22(1):158. doi: 10.1186/s12957-024-03432-3
3. Pilyus PS, Drokin IS, Bazhenova DA, Makovskaya LA, Sinitsyn VE. Assessment of the prospects for using artificial intelligence technologies to analyze CT scans of thoracic organs to detect signs of malignant neoplasms in the lungs.

Meditinskaya Vizualizatsiya. 2023;27(2):138-146. (In Russ.) doi: 10.24835/1607-0763-1557

4. Pinsky PF. Lung cancer screening with low-dose CT: a world-wide view. *Translational Lung Cancer Research*. 2018 Jun;7(3):234-242. doi: 10.21037/tlcr.2018.05.12
5. Benveniste MF, Rosado-de-Christenson ML, Sabloff BS, Moran CA, Swisher SG, Marom EM. Role of imaging in the diagnosis, staging, and treatment of thymoma. *Radiographics*. 2011 Nov-Dec;31(7):1847-1861. doi: 10.1148/rg.317115505
6. Wang J, Zheng Z, Zhang Y, Tan W, Li J, Xing L, et al. 18F-FDG PET/CT radiomics for prediction of lymphovascular invasion in patients with early stage non-small cell lung cancer. *Frontiers in Oncology*. 2023 Jul;13:1185808. doi: 10.3389/fonc.2023.1185808
7. Chen Z, Zhang G, Liu Y, Zhu K. Radiomics analysis in

- predicting vascular invasion in gastric cancer based on enhanced CT: a preliminary study. *BMC Cancer*. 2024 Aug;24(1):1020. doi: 10.1186/s12885-024-12793-7
8. Munden RF, Swisher SS, Stevens CW, Stewart DJ. Imaging of the patient with non-small cell lung cancer. *Radiology*. 2005 Dec;237(3):803-818. doi: 10.1148/radiol.2373040966
 9. Song Y, Chen D, Lian D, Xu S, Xiao H. Study on the correlation between CT Features and vascular tumor thrombus together with nerve invasion in surgically resected lung adenocarcinoma. *Frontiers in Surgery*. 2022 Jun;9:931568. doi: 10.3389/fsurg.2022.931568
 10. The American Thoracic Society and The European Respiratory Society. Pretreatment evaluation of non-small-cell lung cancer. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 1997 Jul;156(1):320-332. doi: 10.1164/ajrccm.156.1.ats156.1
 11. Kuhtić I, Mandić Paulić T, Kovačević L, Badovinac S, Jakopović M, Dobrenić M, et al. Clinical TNM Lung Cancer Staging: A Diagnostic Algorithm with a Pictorial Review. *Diagnostics*. 2025 Apr;15(7):908. doi: 10.3390/diagnostics15070908
 12. Yang G, Nie P, Zhao L, Guo J, Xue W, Yan L, et al. 2D and 3D texture analysis to predict lymphovascular invasion in lung adenocarcinoma. *European Journal of Radiology*. 2020 Aug;129:109111. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109111
 13. Sidhu HS, Benigno S, Ganeshan B, Dikaos N, Johnston EW, Allen C, et al. Textural analysis of multiparametric MRI detects transition zone prostate cancer. *European Radiology*. 2017 Jun;27(6):2348-2358. doi: 10.1007/s00330-016-4579-9

Submitted 04.05.2026

Accepted 27.08.2026

Сведения об авторах:

Шестюк Андрей Михайлович – к.м.н., доцент, врач-хирург отделения хирургии и трансплантации, УЗ «Брестская областная клиническая больница», <https://orcid.org/0000-0002-2624-5773>, e-mail: shestuk@gmail.com;

А.С. Карпицкий – д.м.н., профессор, главный врач УЗ «Брестская областная клиническая больница», <https://orcid.org/0000-0001-8205-8959>.

Information about authors:

Andrey M. Shestiyuk – Candidate of Medical Sciences, associate professor, the department of surgery and transplantation, Brest Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0002-2624-5773>, e-mail: shestuk@gmail.com;

A.S. Karpitski – Doctor of Medical Sciences, professor, chief physician, Brest Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0001-8205-8959>.