

© К.В. Козубова^{1,2}, Е.А. Бусько^{1,2}, Д.В. Нестеров^{1,3}, И.А. Буровик^{1,2},
 С.С. Багненко^{1,4}, Р.А. Кадырлеев^{1,2}, Э.С. Филонова¹, В.В. Нестерова¹, П.В. Балахнин¹

Сравнительная оценка возможностей мультипараметрического ультразвукового исследования и компьютерной томографии с контрастированием в дифференциальной диагностике очаговых поражений печени у пациентов с колоректальным раком

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Петрова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

© Ksenia V. Kozubova^{1,2}, Katerina A. Busko^{1,2}, Denis V. Nesterov^{1,3}, Ilya A. Burovik^{1,2}, Sergey S. Bagnenko^{1,4},
 Roman A. Kadyrleev^{1,2}, Elvira S. Filonova^{1,2}, Valerya V. Nesterova¹, Pavel V. Balakhnin¹

Comparative Diagnostic Performance of Multiparametric Ultrasound Versus Contrast-Enhanced Computed Tomography the Differential Diagnosis of Focal Liver Lesions in Colorectal Cancer

¹N.N. Petrov National Medicine Research Center of Oncology, St. Petersburg, the Russian Federation
²St. Petersburg State University St. Petersburg, the Russian Federation

³North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, the Russian Federation
⁴St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, the Russian Federation

Введение. Метастатическое поражение печени является ключевым прогностическим фактором у пациентов с колоректальным раком. Точная визуализация очаговых образований печени определяет стадирование, тактику лечения и необходимость дополнительных диагностических процедур. Разные методы лучевой диагностики обеспечивают различную частоту получения специфичных паттернов визуализации, позволяющих уверенно характеризовать природу очага без дополнительных исследований. Однако влияние химиотерапии на характер паттернов и их диагностическую специфичность остается недостаточно изученным.

Цель. Сравнить частоту получения специфичной картины очаговых образований печени при серошкальном и контрастно-усиленном ультразвуковом исследовании, а также при компьютерной томографии с контрастированием у пациентов с колоректальным раком.

Материалы и методы. Было обследовано 35 пациентов с колоректальным раком (12 не получавших химиотерапию, 23 после химиотерапии). Всем больным выполнялись нативное и контрастно-усиленное ультразвуковое исследование, а также многофазная компьютерная томография. Оценивали характер визуализируемых очагов и наличие специфичных паттернов контрастирования, позволяющих однозначно определить природу поражения.

Результаты. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ) продемонстрировало наивысшую ча-

Introduction. Liver metastasis represents a critical prognostic determinant in colorectal cancer (CRC). Precise imaging characterization of focal liver lesions directly impacts staging accuracy, treatment planning, and the need for additional diagnostic procedures. While various radiological modalities yield distinct imaging patterns that enable confident lesion characterization without further studies, the effect of chemotherapy on these patterns and their diagnostic specificity remains understudied.

Aim. To compare the diagnostic yield of specific imaging features for focal liver lesions using grayscale ultrasound (US), contrast-enhanced ultrasound (CEUS), and contrast-enhanced computed tomography (CECT) in patients with CRC.

Materials and Methods. This prospective study included 35 CRC patients (12 chemotherapy-naïve, 23 post-chemotherapy). All participants underwent comprehensive imaging evaluation comprising B-mode US, CEUS, and multiphase CECT. Imaging analysis focused on lesion characterization and identification of specific enhancement patterns enabling definitive lesion classification.

Results. CEUS demonstrated superior performance in detecting specific diagnostic features compared to both grayscale

стоту получения специфичной картины. У пациентов после химиотерапии КУУЗИ сохраняло высокую специфичность паттернов контрастирования, тогда как при компьютерной томографии она снижалась до 86 %.

Выводы. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование обеспечивает максимальную частоту получения специфичной картины очаговых образований печени, сохраняя высокую диагностическую эффективность после химиотерапии. Стандартизированные паттерны контрастирования позволяют надежно дифференцировать метастазы от доброкачественных образований. Химиотерапия не снижает диагностическую эффективность контрастно-усиленного ультразвукового исследования, тогда как при компьютерной томографии специфичность паттернов уменьшается. Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование может служить методом выбора первой линии для верификации очагов, выявленных при серошкальной сонографии, и альтернативой компьютерной томографии в ситуациях диагностической неопределенности или противопоказаний к проведению компьютерной томографии.

Ключевые слова: колоректальный рак; метастазы печени; контрастно-усиленное ультразвуковое исследование; компьютерная томография; диагностическая визуализация

Для цитирования: Козубова К.В., Бусько Е.А., Нестеров Д.В., Буровик И.А., Багненко С.С., Кадырлеев Р.А., Филонова Э.С., Нестерова В.В., Балахнин П.В. Сравнительная оценка возможностей мультипараметрического ультразвукового исследования и компьютерной томографии с контрастированием в дифференциальной диагностике очагов печени у пациентов с колоректальным раком. *Вопросы онкологии*. 2025; 71(6): 00-00.-DOI 10.37469/0507-3758-2025-71-6-OF-2539

US and CECT. Notably, CEUS maintained high pattern specificity in the post-chemotherapy cohort, while CECT specificity declined to 86 %.

Conclusion. CEUS provides optimal diagnostic yield for characterizing focal liver lesions while maintaining consistent performance post-chemotherapy. Standardized contrast enhancement patterns enable reliable metastasis-benign differentiation. Chemotherapy does not reduce the diagnostic effectiveness of CEUS, whereas with CT the specificity of patterns decreases. CEUS can serve as a first-line modality for lesion verification after initial US detection and as a valuable alternative to CT in cases of diagnostic uncertainty or contraindications to CT.

Keywords: colorectal cancer; liver metastases; contrast-enhanced ultrasound; computed tomography; diagnostic imaging

For Citation: Ksenia V. Kozubova, Katerina A. Busko, Denis V. Nesterov, Ilya A. Burovik, Sergey S. Bagnenko, Roman A. Kadyrleev, Elvira S. Filonova, Valerya V. Nesterova, Pavel V. Balakhnin. Comparative diagnostic performance of multiparametric ultrasound versus contrast-enhanced computed tomography the differential diagnosis of focal liver lesions in colorectal cancer. *Voprosy Oncologii = Problems in Oncology*. 2025; 71(6): 00-00.-DOI 10.37469/0507-3758-2025-71-6-OF-2539

✉ Контакты: Козубова Ксения Вячеславовна, dr.kozubova@yandex.ru

Введение

Злокачественные новообразования остаются одной из ведущих причин смертности населения, при этом течение и прогноз онкологических заболеваний во многом определяются их способностью к метастазированию. Печень занимает особое место среди органов-мишеней для отдаленных метастазов, что обусловлено ее уникальными анатомо-физиологическими особенностями: двойным кровоснабжением из печеночной артерии и воротной вены, а также развитой синусоидальной сетью, обеспечивающей замедленный кровоток и создающей условия для оседания циркулирующих опухолевых клеток.

Колоректальный рак (КРР) является одной из наиболее частых первичных опухолей, метастазирующих в печень, поскольку венозная кровь от толстой кишки поступает через брыжеечные вены непосредственно в воротную систему печени. Синхронные метастазы в печени выявляются у 13–18 % пациентов на момент первичной диагностики [1, 2], а метастатические метастазы развиваются у 20 % пациентов после резекции первичной опухоли [2]. Метастатическое поражение печени является ключевым прогностическим фактором, определяющим исход заболевания и тактику лечения [3, 4, 5].

Точная диагностика метастазов КРР критически важна для стадирования заболевания и выбора стратегии ведения пациента. Ложноотрицательные результаты визуализации приводят к недооценке распространенности процесса, что может стать причиной выполнения нерадикальной операции или выбора неоптимального хирургического лечения. Ложноположительная диагностика влечет назначение избыточной химиотерапии с ее токсическими эффектами или отказ от потенциально излечивающей резекции печени. Развитие методов визуализации, способных с высокой точностью выявлять и характеризовать метастатическое поражение печени, является приоритетной задачей современной онкологии.

Стандартный арсенал методов лучевой диагностики очаговых образований печени включает серошкальное ультразвуковое исследование (УЗИ), многофазную компьютерную томографию (КТ с КУ), а также контрастно-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ). Каждый метод формирует характерные паттерны визуализации с различной частотой получения специфичной картины. КУУЗИ использует микропузырьковые контрастные агенты, циркулирующие исключительно в сосудистом русле, что позволяет в режиме реального времени оценивать васкуляризацию

очагов во всех фазах контрастирования [6]. КТ с КУ обеспечивает высокое пространственное разрешение и возможность количественной оценки накопления контраста, формируя специфичные паттерны для различных типов образований, однако имеет чувствительность 64–84 % [7, 8]. Паттерны контрастирования метастазов могут широко варьировать [9], а химиотерапия-ассоциированные изменения дополнительно затрудняют интерпретацию [10]. Серошкальное УЗИ обладает ограниченной чувствительностью в выявлении метастазов печени по сравнению с контрастными методами визуализации [9]. Важным фактором, влияющим на качество визуализации, является предшествующая химиотерапия, которая может вызывать стеатоз, синусоидальную обструкцию и воспалительные изменения паренхимы печени, потенциально снижая частоту получения специфичных паттернов [10, 11].

Специфичные паттерны характеризуются патогномоничными признаками, позволяющими однозначно определить характер поражения. Представления о характере васкуляризации метастазов КРР различаются в зависимости от метода визуализации. При КТ с КУ большинство метастазов КРР традиционно считаются гиповаскулярными образованиями, демонстрирующими слабое накопление контрастного вещества в артериальную фазу [10, 12, 13]. Для метастазов КРР при КУУЗИ характерно разнообразие паттернов контрастирования в артериальную фазу: в 40–42 % случаев наблюдается периферическое кольцевидное накопление контраста с гипоконтрастным центром, в 58 % — диффузное гиперконтрастное усиление различной степени выраженности [14, 15]. Характерным диагностическим признаком метастазов является быстрое и полное вымывание контраста в портальную и позднюю венозную фазы, независимо от типа артериального усиления [6, 15]. Неспецифичные паттерны представляют собой атипичные варианты накопления и вымывания контраста, не соответствующие классическим описаниям, что создает диагностическую неопределенность и затрудняет принятие клинического решения. Такие ситуации требуют дополнительных исследований, динамического наблюдения или инвазивной биопсии для верификации диагноза.

Существующие исследования фокусируются на оценке чувствительности и специфичности различных методов визуализации в выявлении метастазов КРР в печени [8, 14, 16, 17, 18, 19, 20]. Однако частота получения специфичных паттернов визуализации, определяющих возможность однозначной интерпретации результатов исследования без необходимости дополнительных диагностических процедур, остается малоизученной проблемой. Высокая частота

специфичных паттернов позволяет уверенно формулировать заключение, минимизирует диагностическую неопределенность и сокращает потребность в дополнительных исследованиях. Влияние химиотерапии на сохранение специфичности паттернов визуализации при различных методах также требует систематического изучения. Сравнительный анализ частоты получения специфичной картины очаговых образований печени при серошкальном УЗИ, КУУЗИ и КТ с КУ у пациентов с КРР до и после химиотерапии позволит определить оптимальную диагностическую стратегию для минимизации диагностической неопределенности в клинической практике. Цель исследования — сравнить частоту получения специфичной картины очаговых образований печени при серошкальном УЗИ, КУУЗИ и КТ с КУ у пациентов с КРР.

Материалы и методы

В исследование были включены 35 пациентов (11 мужчин и 24 женщины), средний возраст которых составил $60,8 \pm 13,7$ года (диапазон — 22–84 года), обследовавшиеся в ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России на этапе первичной диагностики, а также находившиеся в процессе динамического наблюдения в период от года до пяти лет. Из них 12 человек ранее не получали химиотерапевтического лечения, 23 пациента обследовались в рамках динамического наблюдения после завершения комплексной терапии, включавшей химиотерапию.

Критериями включения являлись:

- наличие верифицированного КРР в анамнезе либо впервые выявленное заболевание;
- проведение УЗИ, КУУЗИ, КТ с КУ;
- подозрение на наличие очагового образования в печени по одному из методов визуализации.

Критерии исключения из исследования:

- отсутствие обследования одним или более методом лучевой диагностики по причине противопоказаний;
- наличие множественных доброкачественных поражений печени (гемангиомы, кисты), затрудняющих дифференциальную диагностику;
- ранее выполненные обширные хирургические вмешательства на печени или трансплантация печени;
- цирроз печени;
- пациенты младше 18 лет, беременные.

Серошкальное УЗИ

УЗИ печени в В-режиме проводилось поэтапно в соответствии со стандартизированным про-

токолом исследования. При выявлении очаговых изменений органа оценивались экзогенность, экоструктура, контур, наличие гипоехогенного ободка, отражающего возможную перифокальную реакцию.

В случаях, когда в паренхиме печени определялось несколько очаговых образований, обладающих сходными эхографическими признаками, для дальнейшего диагностического анализа в качестве «репрезентативного» выбирался очаг, наиболее доступный для визуализации. Если же в ходе обследования выявлялись очаги, различающиеся по своим эхографическим характеристикам (например, по уровню экзогенности, внутренней структуре или форме), каждый из них подлежал отдельной оценке с применением мультипараметрического подхода. Такой алгоритм обеспечивал комплексность анализа, позволял повысить диагностическую точность и минимизировать вероятность как гипердиагностики, так и пропуска клинически значимых патологических изменений.

Контрастное ультразвуковое исследование

КУУЗИ печени выполнялось с использованием специализированного ультразвукового контрастного препарата SonoVue (Bracco, Швейцария), предназначенного для внутривенного введения. При сканировании применялся режим с низким механическим индексом ($MI < 0,1$), что предотвращало разрушение препарата и способствовало оптимальной визуализации динамики накопления и вымывания контрастного препарата в очаговых образованиях печени.

Для проведения КУУЗИ выполняли периферическую катетеризацию (чаще — кубитальной вены левой руки) катетером ≥ 20 –22 G для предотвращения разрушения микропузырьков при болюсном введении. После проверки правильной установки катетера подключали двустороннюю канюлю. Контрастную суспензию готовили по инструкции: во флакон с лиофилизатом через адаптер вводили 5 мл растворителя и встряхивали ≥ 20 с до получения однородной суспензии. Для введения использовали шприц с 2,4 мл приготовленного раствора и второй шприц с 5 мл физиологического раствора для ускорения его поступления в кровоток.

После подготовки системы и визуализации целевой зоны в печени по команде оператора последовательно болюсно вводились контрастный препарат и физиологический раствор. Сразу после введения на ультразвуковом аппарате активировалась запись кинопетли с включением таймера, что обеспечивало точное определение фаз контрастирования. Непрерывная видеозапись велась на протяжении первых 140–150

сек (период максимальной информативности). Далее, чтобы минимизировать разрушение микропузырьков, сканирование выполнялось серийно — каждые 15–20 сек до 6–8-й мин наблюдения. Данные сохранялись в цифровом формате (*jpeg* и *avi*) с высокой частотой кадров, что позволяло проводить покадровый анализ накопления и вымывания контраста, а также повторную экспертную оценку (*second look*) независимым специалистом в диагностически сложных случаях.

Оценка очагового образования проводилась в соответствии с международными стандартами выполнения КУУЗИ, включающими артериальную, портальную и позднюю венозную фазу. Ключевыми параметрами оценки являлись динамика накопления и характер вымывания контрастного препарата, позволяющие дифференцировать доброкачественные и злокачественные очаговые поражения печени. Применяемый протокол полностью соответствовал действующим международным и национальным клиническим рекомендациям по контрастно-усиленной ультразвуковой диагностике печени [6], что обеспечивало высокую воспроизводимость, безопасность и точность метода в выявлении и характеристике очаговых образований.

Многофазная компьютерная томография

КТ с КУ выполнялась на 128-срезовом томографе Philips (Нидерланды) Ingenuity Core (толщина среза — 1,5 мм). Использовали неионные йодсодержащие контрасты («Ультравист» 300 мг/мл, «Омнипак» 350 мг/мл), объем препарата рассчитывали по фактической массе тела (1,2–1,4 мл/кг, не более 120 мл), скорость введения — 3–4 мл/с, затем вводили 20–30 мл физиологического раствора. При выявлении очага в печени оценивали характер артериального накопления, динамику в портальную фазу и морфологические признаки (рубец, некроз, кальцинаты).

Обобщенные результаты исследований по каждому пациенту были обезличены и занесены в единую таблицу MS Excel и структурированы для последующей обработки данных.

Типичные паттерны очаговых образований печени по данным лучевой диагностики

Серошкальное УЗИ (В-режим)

Серошкальное УЗИ является первичным методом визуализации, но его специфичность в дифференциации очаговых образований печени часто ограничена, поскольку многие доброкачественные и злокачественные образования могут иметь схожую экзогенность. Тем не менее, су-

существуют типичные признаки, которые могут направить диагностический поиск.

Простая киста обычно выглядит как анэхогенное образование с четкими, ровными контурами, тонкой стенкой и характерным эффектом дистального усиления.

Гемангиома чаще всего представляет собой гиперэхогенное образование с четкими контурами, однородной внутренней структуры, хотя крупные гемангиомы могут быть гетероэхогенными, с четкими неровными контурами.

Фокальная нодулярная гиперплазия (ФНГ) чаще всего является изоэхогенным или слегка гипоехогенным образованием, часто с центральным гипоехогенным рубцом; при этом контуры в большинстве случаев четкие, реже — нечеткие.

Метастазы наиболее часто выглядят как гипоехогенные образования или имеют характерный «мишеневидный» вид (гипоехогенный ободок вокруг гиперэхогенного центра).

КУУЗИ

КУУЗИ позволяет оценить микроциркуляцию в очаге в реальном времени, что значительно повышает специфичность диагностики. Ключевым дифференциально-диагностическим признаком является наличие или отсутствие «вымывания» (*washout*) контраста в портальной и поздней венозной фазах.

Для гемангиомы характерен паттерн периферического, глобулярного, узлового усиления в артериальную фазу, с последующим прогрессивным центрипетальным заполнением в портальную и позднюю венозную фазы. Образование остается изо- или гиперэхогенным, «вымывание» контраста полностью отсутствует.

ФНГ демонстрирует выраженное, быстрое центростремительное усиление в артериальную фазу, часто с характерным паттерном «колеса со спицами» (*spoke-wheel pattern*). В портальную и позднюю венозную фазы образование становится изоэхогенным или слегка гиперэхогенным, может определяться гипоконтрастный центральный рубец.

Для кисты характерна аконтрастность во все фазы контрастирования.

Метастазы также часто демонстрируют периферическое усиление в виде ободка в артериальную фазу, за которым следует быстрое «вымывание» (*washout*), делая очаг гипоехогенным в портальной и поздней венозной фазах.

КТ с КУ

КТ с КУ является стандартным методом медицинской визуализации очаговых образований печени, позволяющим в ходе динамического контрастирования оценить накопление и вымывание контрастного вещества в различные фазы.

Гемангиома на КТ с КУ демонстрирует периферическое, узловое, глобулярное усиление в

артериальную фазу, с последующим центрипетальным заполнением в портальную фазу.

ФНГ характеризуется выраженным гомогенным усилением в артериальную фазу, при этом центральный рубец иногда остается гиподенсным. В портальную фазу образование становится изоденсным или слегка гиперденсным. Центральный рубец в большинстве случаев остается гиподенсным.

Типичной картиной метастаза считают очаг с контрастированием по типу ободка в артериальную фазу и гиподенсный в портальную фазу.

Окончательный диагноз

Окончательная постановка диагноза осуществлялась на основании клинико-морфологических данных, включающих результаты биопсии, хирургического вмешательства и/или динамического наблюдения с использованием комплексного анализа данных лучевой диагностики.

Результаты

По данным окончательного клинико-морфологического диагноза, у 35 пациентов выявлено следующее распределение очаговых образований в печени. Метастатическое поражение зарегистрировали у 25 человек (71,4 %). Доброкачественные изменения были выявлены в меньшей части наблюдений: гемангиомы — у шести пациентов (17,1 %), ФНГ — у двух (5,7 %). По одному пациенту (2,9 %) имели участок перфузионных нарушений и простую кисту. Таким образом, всего было определено 35 очагов различной природы.

Серошкальное УЗИ позволило выявить очаговые образования печени у 26 из 35 обследованных пациентов (74,3 %). У 25,7 % ($n = 9$) очаги не визуализировались даже при проведении полипозиционного сканирования. Среди визуализированных очагов метастазы были выявлены у 21 пациента (80,7 %). Гемангиомы обнаружены в трех случаях (11,5 %), ФНГ — в одном случае (3,9 %), а киста — у одного пациента (3,9 %). Участков перфузионных нарушений при нативном УЗИ выявлено не было.

Специфичная эхографическая картина, характерная для метастазов, была определена у трех пациентов с метастатическим поражением печени из 21 (рис. 1). В остальных случаях все очаги не имели четких признаков, по которым можно было бы высказаться об их злокачественной природе.

В случае с доброкачественными очагами специфичная картина гемангиом (гиперэхогенные однородные образования с четкими контурами) зарегистрирована у трех пациентов из группы с гемангиомами ($n = 2$) (рис. 2).

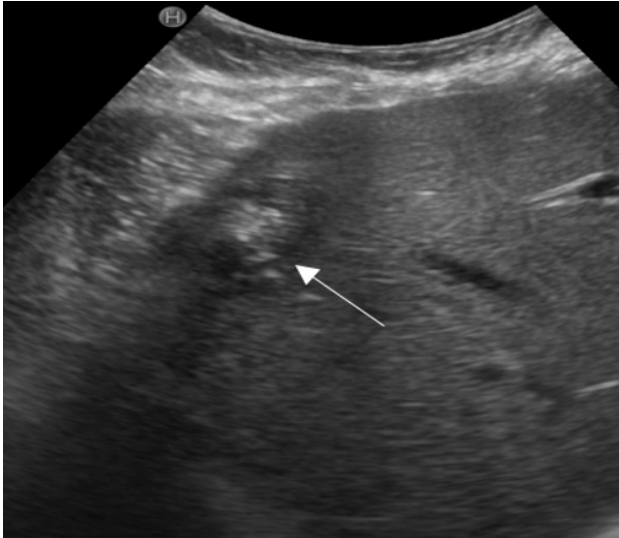


Рис. 1. Характерные признаки метастаза печени у пациента с КРР по данным серовещного УЗИ (стрелка): нечеткий неровный контур, гипозоногенный ободок

Fig. 1. Characteristic sonographic features of a liver metastasis in a CRC patient. B-mode ultrasound demonstrates a mass with an indistinct, lobulated contour and a hypoechoic rim (arrow)

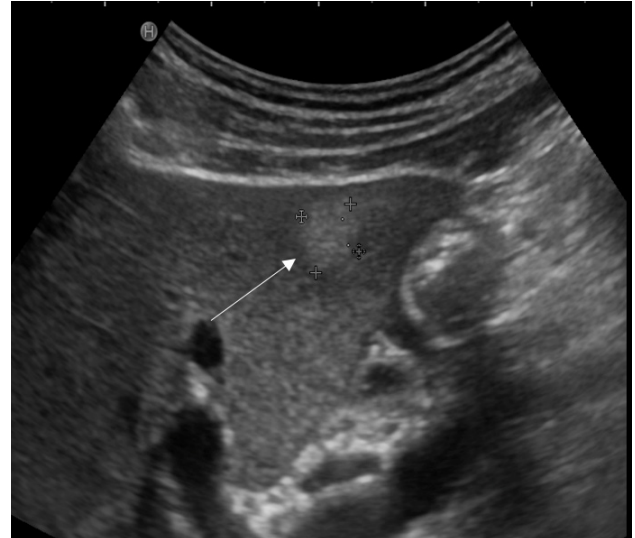


Рис. 2. УЗ-картина типичной гемангиомы в В-режиме (стрелка) — гиперэхогенная однородная, с четкими контурами

Fig. 2. B-mode sonographic features of a typical hemangioma. A well-defined, homogeneous, hyperechoic mass (arrow) is demonstrated

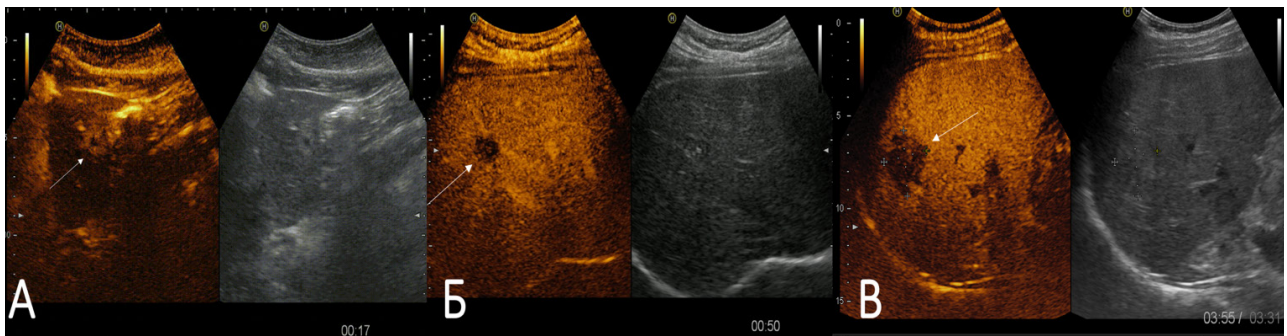


Рис. 3. КУУЗИ. Метастазы КРР в печени (стрелка): А — артериальная фаза — периферическое контрастирование очага; Б — гипоконтрастирование в портальную фазу; В — гипоконтрастирование в позднюю венозную фазу

Fig. 3. CEUS. CRC liver metastasis. (A) Arterial phase: peripheral rim enhancement. (B) Progressive hypocontrast in portal venous phase. (B) Progressive hypocontrast in delayed venous phase

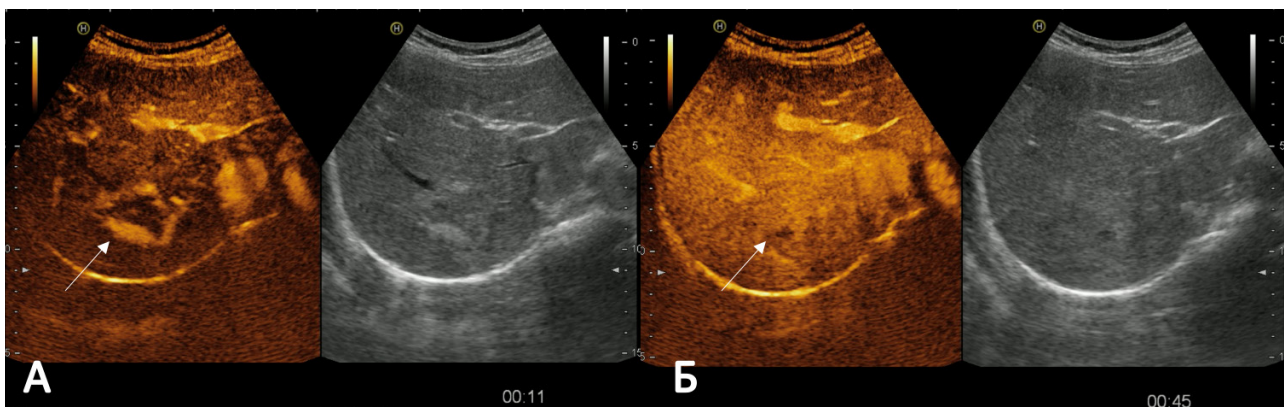


Рис. 4. УЗИ. Гемангиома печени (стрелка): А — артериальная фаза — периферическое глобулярное контрастирование; Б — центрипетальное контрастирование в портальную фазу

Fig. 4. US. Hepatic hemangioma (arrow). (A) Arterial phase: peripheral nodular enhancement. (B) Portal phase: progressive centripetal enhancement

Неспецифичная эхографическая картина очагов в печени была отмечена у 20 пациентов, в том числе у 17 с метастазами, у одного с ФНГ, у одного с участком перфузионных нарушений и у одного с кистой.

Таким образом, при выполнении нативного УЗИ специфичная картина очаговых образований печени была выявлена у шести из 26 пациентов с визуализированными очагами, что составило 23,1 %.

КУУЗИ продемонстрировало более высокую чувствительность в определении очаговых изменений в печени. Образования были выявлены у 31 из 35 пациентов (88,6 %). У четырех пациентов очаги не визуализировались. Среди них метастазы регистрировались у 25 человек (80,7 %). Доброкачественные изменения были представлены гемангиомами ($n = 3$; 9,7 %), ФНГ ($n = 1$; 3,2 %), участком перфузионных нарушений ($n = 1$; 3,2 %) и кистой ($n = 1$; 3,2 %).

В идентифицированных в печени очагах были выделены патогномоничные паттерны контрастирования, представленные ниже.

Специфичный паттерн метастатического поражения (периферическое накопление контраста в артериальную фазу с последующим быстрым «вымывание» в портальную и позднюю венозную фазы) был зарегистрирован у 24 из 25 пациентов с метастазами (рис. 3).

Специфичная картина гемангиом (глобулярное периферическое накопление контрастного препарата с центрипетальным заполнением в портальную и позднюю венозную фазу) наблюдалась у трех пациентов с данными типом очагов (рис. 4).

В четырех случаях была получена неспецифичная картина, что потребовало назначения ме-

тодов обследования или верификации (1 — метастаз, 3 — доброкачественные изменения).

КТ с КУ обеспечила наибольший процент выявляемости образований в печени. Очаги были определены у 34 из 35 пациентов (97,1 %). У одного пациента патологические изменения не визуализировались. Метастазы определялись у 24 человек (70,6 %). Среди доброкачественных изменений гемангиомы зафиксированы у шести пациентов (17,7 %), ФНГ — у двух (5,9 %), участок перфузионных нарушений — в одном случае (2,9 %) и киста — также в одном случае (2,9 %).

При проведении КТ с КУ у 34 пациентов с очаговыми образованиями печени определялись следующие паттерны контрастирования:

- для метастазов (гиподенсные очаги с кольцевидным периферическим усилением в артериальную фазу и прогрессирующим снижением плотности в портальную и отсроченную фазы) выявлены у 15 из 24 пациентов (62,5 %) (рис. 5).

- для гемангиом (периферическое нодулярное накопление с постепенным центрипетальным заполнением и достижением изоденсности с паренхимой в отсроченной фазе) зафиксированы у двух пациентов из шести (33,3 %) (рис. 6);

- неспецифичные паттерны контрастирования (атипичные варианты накопления и вымывания контраста) зарегистрированы у 17 пациентов: у девяти с метастазами, у четырех с гемангиомами, у одного с ФНГ и у трех с другими доброкачественными изменениями.

В итоге специфичная картина очагов в печени по данным КТ с контрастированием была определена у 17 из 34 пациентов (50,0 %).



Рис. 5. КТ. Типичный паттерн контрастирования метастаза в печени у пациента с КРП (стрелка): А — артериальная фаза — гиподенсный очаг с кольцевидным периферическим усилением; Б — портальная фаза — прогрессирующее снижение плотности

Fig. 5. CT. Typical contrast enhancement pattern of a hepatic metastasis in CRC patient (arrow): (A) Arterial phase: A hypodense lesion demonstrating peripheral rim enhancement. (B) Portal venous phase: Progressive washout of contrast material

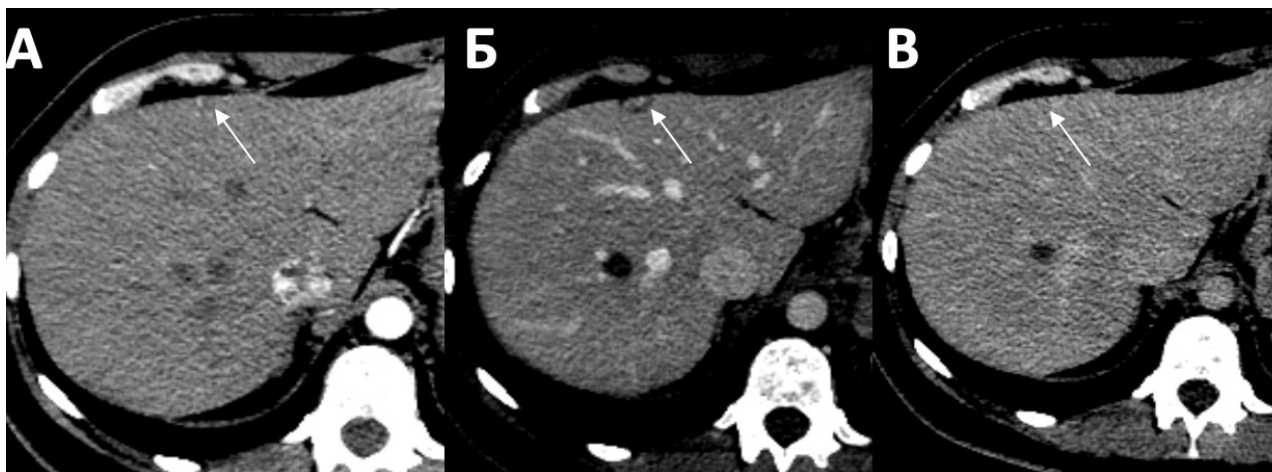


Рис. 6. КТ. Типичный паттерн контрастирования гемангиомы в печени у пациента с КРР (стрелка): А — артериальная фаза — периферическое нодулярное накопление; Б — портальная фаза — постепенное центрипетальное заполнение; В — отсроченная фаза — плотность очага изоденсна паренхиме печени

Fig. 6. CT. Typical contrast enhancement pattern of a hepatic hemangioma in CRC patient (arrow): (A) Arterial phase: peripheral nodular enhancement. (B) Portal venous phase: progressive centripetal enhancement. (V) Delayed phase: the lesion is isodense to the surrounding liver parenchyma

Сравнительный анализ в подгруппах

У пациентов ($n = 12$), не получавших химиотерапевтическое лечение на этапе первичной диагностики, частота получения специфичной картины очаговых образований в печени составила:

- серошкальное УЗИ: 2/9 визуализированных очагов (22,2 %);
- КУУЗИ: 8/10 визуализированных очагов (80,0 %);
- КТ с КУ: 4/11 (36,4 %).

У пациентов после химиотерапии ($n = 23$) частота получения специфичной картины составила:

- серошкальное УЗИ: 4/17 визуализированных очагов (23,5 %);
- КУУЗИ: 19/21 визуализированных очагов (90,5 %);
- КТ с КУ: 13/23 (56,5 %).

Сравнительный анализ показал, что методы с использованием контрастного усиления (КУУЗИ и КТ) существенно превосходят серошкальное УЗИ по всем основным диагностическим показателям. КУУЗИ продемонстрировало сопоставимую с КТ чувствительность в выявлении очаговых образований печени, а в ряде клинических ситуаций — более высокую информативность. Важным преимуществом КУУЗИ является его безопасность, отсутствие ионизирующего излучения и возможность многократного применения в динамическом наблюдении.

Полученные данные подтверждают высокую диагностическую ценность контрастных методов визуализации печени у пациентов с КРР, а также необходимость их интеграции в стандартные алгоритмы обследования.

Обсуждение

Настоящее исследование посвящено сравнительному анализу частоты получения специфичных паттернов визуализации очаговых образований печени при различных методах диагностики у пациентов с КРР. Специфичные паттерны характеризуются патогномичными признаками, позволяющими радиологу с высокой долей вероятности сформулировать заключение о характере очага без необходимости дополнительных исследований [6].

Частота получения специфичных паттернов визуализации существенно различалась между исследованными методами. КУУЗИ обеспечило специфичную картину в 87,1 % случаев (27 из 31 визуализированного очага), что почти вдвое превысило показатель КТ с контрастным усилением (50,0 %, 17 из 34) и более чем втрое превысило частоту специфичных паттернов при серошкальном УЗИ (23,1 %, шесть из 26). Для метастазов КРР при КУУЗИ характерно периферическое накопление контраста в артериальную фазу с последующим быстрым вымыванием в портальную и позднюю венозную фазы, тогда как типичные гемангиомы демонстрируют глобулярное периферическое контрастирование с центрипетальным заполнением без последующего вымывания [4, 6]. Только у четырех из 31 пациента (12,9 %) при КУУЗИ была получена неспецифичная картина, требующая дополнительного обследования.

Критически важным результатом исследования является влияние предшествующей химиотерапии на частоту получения специфичных паттернов при различных методах визуализации. У пациентов до химиотерапии ($n = 12$) частота специфичных паттернов составила при КУУЗИ

80,0 % (восемь из 10 визуализированных очагов), при КТ с КУ — 36,4 % (4 из 11), при серошкальном УЗИ — 22,2 % (два из девяти). После химиотерапии ($n = 23$) показатель для КУУЗИ не только не снизился, но даже возрос до 90,5 % (19 из 21), тогда как при КТ с КУ частота специфичных паттернов составила 56,5 % (13 из 23), а при серошкальном УЗИ — 23,5 % (четыре из 17). Таким образом, КУУЗИ сохраняет высокую частоту получения специфичной картины независимо от проведения системной терапии, что согласуется с данными о стабильной диагностической эффективности метода у пациентов после химиотерапевтического лечения [11, 21].

Химиотерапия вызывает морфологические изменения паренхимы печени, включая стеатоз, синусоидальную обструкцию и воспалительные реакции, которые затрудняют визуализацию метастазов при КТ [10, 22]. Однако при КУУЗИ оценка васкуляризации очагов в режиме реального времени позволяет идентифицировать специфичные паттерны контрастирования даже на фоне химиотерапия-ассоциированных изменений паренхимы, что обеспечивает стабильность диагностических паттернов независимо от морфологических изменений окружающей печеночной ткани.

Высокая частота получения специфичных паттернов при КУУЗИ имеет существенное клиническое значение для принятия диагностического решения. Когда радиолог сталкивается с необходимостью определения характера очагового образования печени, специфичная картина позволяет сформулировать определенное заключение без дополнительных исследований. При КТ с КУ половина всех случаев (50,0 %) представляла неспецифичные паттерны контрастирования, требующие дополнительной верификации с помощью магнитно-резонансной томографии, биопсии или динамического наблюдения. При серошкальном УЗИ диагностическая неопределенность возникала в 76,9 % случаев. Минимизация диагностической неопределенности критически важна для онкологических пациентов, поскольку сокращает время до начала специфической терапии и позволяет избежать инвазивных диагностических процедур [15].

Вариабельность паттернов контрастирования метастазов при КТ объясняется гетерогенностью их васкуляризации и различиями в методах детекции [9, 12, 13]. Микропузырьковые контрастные агенты, используемые при КУУЗИ, циркулируют исключительно в сосудистом русле и обеспечивают более точную оценку микроциркуляции по сравнению с йодсодержащими препаратами при КТ, что объясняет более высокую частоту получения специфичных паттернов при КУУЗИ [6].

Серошкальное УЗИ продемонстрировало низкую частоту специфичных паттернов (23,1 %), что ограничивает его использование в качестве основного метода характеристики очаговых образований печени. Метод обеспечивает специфичную картину преимущественно для гиперэхогенных гемангиом, тогда как для метастазов специфичные признаки выявлялись лишь в 15 % случаев. Эти данные согласуются с представлениями о серошкальном УЗИ как о скрининговом методе, требующем последующей верификации выявленных очагов контрастными методами визуализации [6, 13].

Сравнение полученных результатов с литературными данными затруднено тем, что большинство исследований фокусируется на чувствительности и специфичности методов визуализации, тогда как частота получения специфичных паттернов редко анализируется как самостоятельный показатель. В метаанализе, включавшем 12 проспективных исследований, сообщалось о сопоставимой чувствительности КУУЗИ, КТ и МРТ в выявлении метастазов КРР в печени [8], однако не анализировалась частота неопределенных диагностических случаев, требующих дополнительной верификации.

Клиническое исследование, посвященное оценке влияния КУУЗИ на терапевтическую стратегию, продемонстрировало, что метод изменил тактику лечения у значительной части пациентов благодаря возможности уверенной характеристики очаговых образований [18]. Это косвенно подтверждает высокую частоту специфичных паттернов при КУУЗИ.

Следует отметить ряд ограничений проведенного исследования. Оно включало относительно небольшую выборку (35 пациентов), что может ограничивать возможность экстраполяции полученных результатов. Не все очаги были подвергнуты морфологической верификации, что является потенциальным источником диагностической неопределенности. Оценка специфичности паттернов визуализации носила субъективный характер и зависела от опыта исследователя, хотя все исследования интерпретировались специалистами с многолетним опытом применения контрастных методов визуализации. Включение пациентов как на этапе первичной диагностики, так и после комплексного лечения позволило объективно оценить влияние химиотерапии на частоту получения специфичных паттернов при различных методах визуализации.

Заключение

В совокупности результаты исследования подтверждают, что КУУЗИ обладает высокой диагностической ценностью в выявлении и

дифференциальной диагностике очаговых образований печени у пациентов с КРР. Метод продемонстрировал сопоставимую, а в ряде случаев превосходящую эффективность по сравнению с КТ с КУ, сохраняя при этом преимущества безопасности и возможности многократного применения.

Выводы

1. КУУЗИ обеспечивает наивысшую частоту получения специфичной картины очаговых образований печени среди визуализированных очагов (27/31; 87,1 %) по сравнению с серошкальным УЗИ (6/26; 23,1 %) и КТ с КУ (17/34; 50,0 %) у пациентов с КРР.

2. Частота выявления специфичной картины очаговых образований печени не снижается после проведения лекарственного лечения: у пациентов без химиотерапии КУУЗИ демонстрирует специфичные паттерны в 80,0 % (8/10), после химиотерапии их частота находится на уровне 90,5 % (19/21), превосходя серошкальное УЗИ (23,5 %, 4/17) и КТ с КУ (56,5 %, 13/23).

3. Серошкальное УЗИ обладает низкой чувствительностью в выявлении очагов в печени (74,3 %).

4. В ряде случаев КУУЗИ может являться альтернативным методом диагностики, особенно при неясной лучевой картине или невозможности проведения КТ с КУ.

5. КУУЗИ может являться методом выбора первой линии при выявлении очага в печени по данным серошкального УЗИ. При наличии патогномоничных для доброкачественных очагов характеристик дальнейшее исследование не требуется.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding

The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики

Все процедуры с вовлечением больных были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией по правам человека в редакции 2013 г. Все пациенты, включенные в исследование, получали лечение в рамках рутинной практики после подписания информированного согласия на лечение. Персональные данные пациентов не использовались при проведении исследования.

Compliance with patient rights and principles of bioethics

All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of Declaration of Helsinki Protocol (2013). All patients received standard-of-care treatment in routine clinical practice after

providing written informed consent. No personally identifiable data were used in this study.

Участие авторов

Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ИСМЖЕ. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

Authors' contributions

The authors declare that their authorship is in accordance with the international ICMJE criteria. All authors have made a substantial contribution to the publication: conception of the work, acquisition and analysis of data, drafting and editing the article, revision and final approval of the version to be published.

All authors approved the final version of the article before publication and agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Horn S.R., Amini N., Monjazez A.M., et al. Epidemiology of liver metastases. *Cancer Epidemiology*. 2020; 67: 101760.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canep.2020.101760>.
- Väyrynen V., Wirta E.-V., Seppälä T., et al. Incidence and management of patients with colorectal cancer and synchronous and metachronous colorectal metastases: a population-based study. *BJIS Open*. 2020; 4(4): 685–692.-DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs5.50299>.
- Engstrand J., Nilsson H., Strömberg C., et al. Colorectal cancer liver metastases: a population-based study on incidence, management and survival. *BMC Cancer*. 2018; 18: 78.-DOI: <https://doi.org/10.1186/s12885-017-3925-x>.
- Martin J., Gholami S., Bachellier P., et al. Colorectal liver metastases: current management and future perspectives. *World J Clin Oncol*. 2020; 11(10): 761–808.-DOI: <https://doi.org/10.5306/wjco.v11.i10.761>.
- Reboux N., Jooste V., Goungounga J., et al. Incidence and survival in synchronous and metachronous liver metastases from colorectal cancer. *JAMA Network Open*. 2022; 5(10): e2236666.-DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.36666>.
- Dietrich C.F., Averkiou M., Barr R.G., et al. Guidelines and Good Clinical Practice Recommendations for Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) in the liver — update 2020. *Ultrasound Med Biol*. 2020; 46(10): 2579–2604.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.04.030>.
- Bipat S., van Leeuwen M.S., Comans E.F., et al. Colorectal liver metastases: CT, MR imaging, and PET for diagnosis — meta-analysis. *Radiology*. 2005; 237(1): 123–131.-DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.2371042060>.
- Tsili A.C., Alexiou G., Naka C., et al. Imaging of colorectal cancer liver metastases using CEUS, multidetector CT, MRI, and FDG PET/CT: a meta-analysis. *Acta Radiologica*. 2021; 62(3): 302–312.-DOI: <https://doi.org/10.1177/0284185120925481>.
- Xu L.-H., Cai S.-J., Cai G.-X., Peng W.-J. Imaging diagnosis of colorectal liver metastases. *World J Gastroenterol*. 2011;

- 17(42): 4654–4659.-DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v17.i42.4654>.
10. Viganò L., Sollini M., Ieva F., et al. Chemotherapy-associated liver injuries: unmet needs and new insights for surgical oncologists. *Ann Surg Oncol.* 2021; 28(8): 4074–4079.-DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-021-10069-z>.
 11. Sun L., Yin S., Xing B., et al. Contrast-enhanced ultrasound with sonovue and sonazoid for the diagnosis of colorectal liver metastasis after chemotherapy. *J Ultrasound Med.* 2023; 42(2): 355–362.-DOI: <https://doi.org/10.1002/jum.16042>.
 12. Freitas P.S., Mamoni R.L., Ferreira M.C., et al. Imaging evaluation of the liver in oncology patients: a comparison of techniques. *World J Hepatol.* 2021; 13(12): 1936–1955.-DOI: <https://doi.org/10.4254/wjh.v13.i12.1936>.
 13. Paulatto L., Donadon M., Fard N., et al. Colorectal liver metastases: radiopathological correlation. *Insights into Imaging.* 2020; 11: 110.-DOI: <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00904-4>.
 14. Busko E.A., Bagnenko S.S., Kozubova K.V., et al. Comparative assessment of CT and CEUS in colorectal cancer liver metastases diagnosis. *Annals of HPB Surgery.* 2022; 27(1): 22–32.-DOI: <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2022-1-22-32>.
 15. Murphy-Lavallee J., Kavanagh R., Mawdsley C., et al. Are metastases really hypovascular in the arterial phase? *J Ultrasound Med.* 2007; 26(11): 1545–1556.-DOI: <https://doi.org/10.7863/jum.2007.26.11.1545>.
 16. Liu W., Li J., Zhang X., et al. Contrast-enhanced intraoperative ultrasound improved sensitivity and PPV in colorectal liver metastasis: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg Oncol.* 2021; 28(7): 3763–3773.-DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-020-09365-x>.
 17. Lund M., Bjerre T.A., Grønbaek H., et al. CEUS compared with CECT, MRI, and FDG-PET/CT for diagnosing CRC liver metastases: a diagnostic test accuracy systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Gastroenterol Hepatol.* 2024; 18(9): 541–549.-DOI: <https://doi.org/10.1080/17474124.2024.2407973>.
 18. Sawatzki M., Güller U., Güsewell S., et al. Contrast-enhanced ultrasound can guide the therapeutic strategy by improving the detection of colorectal liver metastases. *J Hepatol.* 2021; 74(2): 419–427.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2020.09.036>.
 19. Stavrou G.A., Bala A., Kakar S., et al. Intraoperative (contrast-enhanced) ultrasound has the highest diagnostic accuracy in resection of colorectal liver metastases. *J Gastrointest Surg.* 2021; 25(12): 3160–3169.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s11605-021-04925-2>.
 20. Zhang L., Zhang L., Wang H., et al. Diagnostic performance of CEUS and MRI for detecting colorectal liver metastases: a systematic review and meta-analysis. *Dig Liver Dis.* 2019; 51(9): 1241–1248.-DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dld.2019.06.004>.
 21. Konopke R., Bunk A., Kersting S., et al. Contrast-enhanced ultrasonography in patients with colorectal liver metastases after chemotherapy. *Ultraschall in der Medizin.* 2008; 29: 203–209.-DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027795>.
 22. Robinson P.J.A. The effects of cancer chemotherapy on liver imaging. *Eur Radiol.* 2009; 19(7): 1752–1762.-DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-009-1333-6>.

Поступила в редакцию / Received / 17.11.2025
 Прошла рецензирование / Reviewed / 19.11.2025
 Принята к печати / Accepted for publication /

Сведения об авторах / Author Information / ORCID

Ксения Вячеславовна Козубова / Ksenia V. Kozubova / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9611-0439>.
 Екатерина Александровна Бусько / Katerina A. Busko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>.
 Денис Валерьевич Нестеров / Denis V. Nesterov / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8022-6864>.
 Илья Александрович Буровик / Ilya A. Burovik / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4714-1228>.
 Сергей Сергеевич Багненко / Sergey S. Bagnenko / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4131-6293>.
 Роман Андреевич Кадырлеев / Roman A. Kadyrleev / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6576-1087>.
 Эльвира Сергеевна Филонова / Elvira S. Filonova / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2038-3964>.
 Валерия Валерьевна Нестерова / Valeriya V. Nesterova / ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-6798-5537>.
 Павел Васильевич Балахнин / Pavel V. Balakhnin / ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-6729>.

