

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1452>

Влияние современных технологий компьютерной и магнитно-резонансной томографии на дооперационное стадирование рака поджелудочной железы

© Жарикова А.В.^{1*}, Кондратьев Е.В.¹, Тихонова В.С.², Груздев И.С.¹, Ростовцев М.В.^{1, 3, 4}, Марков П.В.¹, Стручков В.Ю.¹, Кармазановский Г.Г.^{1, 5}

¹ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ОЛД УКБ 2; 119435 Москва, ул. Погодинская, д.1, стр.1, Российская Федерация

³ ГБУЗ города Москвы “Городская клиническая больница имени М.Е. Жадкевича (ГКБ № 71) ДЗ города Москвы”; 121374 Москва, Можайское шоссе, д. 14, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

⁵ ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

Цель исследования: обзор и анализ зарубежной и отечественной литературы, клинических рекомендаций, посвященных оценке распространенности опухоли протоковой аденокарциномы поджелудочной железы и тактике лечения пациентов с выявленным новообразованием поджелудочной железы.

Материал и методы. Проведен анализ отечественных и зарубежных источников литературы по базам PubMed с использованием ключевых слов “pancreatic cancer”, “vascular invasion”, “locally advanced cancer”, “cancer statistics”, “СТ”, “MRI”, “neoadjuvant therapy” за последние 5–10 лет.

В данном обзоре рассмотрены основные методы визуализации, используемые для определения взаимоотношения опухоли с прилежащими магистральными сосудами и оценки резектабельности рака поджелудочной железы.

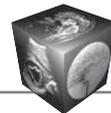
Заключение. Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография с контрастным усилением – первоочередные методы диагностики протоковой аденокарциномы поджелудочной железы. Они высокоинформативны для оценки контакта/вовлечения сосудистых структур, распространенности опухолевого процесса, однако стандартные критерии неинформативны для оценки ответа на химиотерапевтическое лечение, поэтому требуется внедрение альтернативных способов его оценки, одним из которых является радиомика, лежащая в основе работы искусственного интеллекта и программ глубокого машинного обучения.

Ключевые слова: протоковая аденокарцинома поджелудочной железы; вовлечение сосудов; местнораспространенная опухоль; неoadъювантная химиотерапия; КТ; МРТ

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Жарикова А.В., Кондратьев Е.В., Тихонова В.С., Груздев И.С., Ростовцев М.В., Марков П.В., Стручков В.Ю., Кармазановский Г.Г. Влияние современных технологий компьютерной и магнитно-резонансной томографии на дооперационное стадирование рака поджелудочной железы. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (2): 118–133. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1452>

Поступила в редакцию: 13.02.2024. **Принята к печати:** 19.03.2024. **Опубликована online:** 11.04.2024.



The influence of modern computer and magnetic resonance imaging technologies on the preoperative staging of pancreatic cancer

© Alexandra V. Zharikova^{1*}, Evgeny V. Kondratyev¹, Valeriya S. Tikhonova², Ivan S. Gruzdev¹, Mikhail V. Rostovtsev^{1, 3, 4}, Pavel V. Markov¹, Vladimir Yu. Struchkov¹, Grigory G. Karmazanovsky^{1, 5}

¹ A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow 117997, Russian Federation

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 8, bld. 2, Trubetskaya str., Moscow 119991, Russian Federation

³ M.E. Zhadkevich City Clinical Hospital (City Hospital No71); 14, Mozhayskoye shosse, Moscow 121374, Russian Federation

⁴ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

⁵ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostriviyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

Aim. Review and analysis of foreign and domestic literature, clinical recommendations devoted to assessing the prevalence of pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) tumor and treatment tactics for patients with identified pancreatic tumors.

Materials and methods. An analysis of domestic and foreign literature sources was carried out using PubMed databases using the keywords “pancreatic cancer”, “vascular invasion”, “locally advanced cancer”, “cancer statistics”, “CT”, “MRI”, “neoadjuvant therapy” over the last 5–10 years.

This review examines the main imaging techniques used to determine the relationship of the tumor with adjacent great vessels and assess the resectability of pancreatic cancer.

Conclusion. Contrast-enhanced computed tomography and magnetic resonance imaging are the primary methods for diagnosing streaming adenocarcinoma of the pancreas. They are highly informative for assessing the contact / involvement of vascular structures, the extent of the tumor process, however, standard criteria aren't informative for assessing the response to chemotherapy treatment, so the introduction of alternative methods for assessing it is required, one of which is radiomics, which underlies the work of artificial intelligence and deep machine learning programs.

Keywords: pancreatic ductal adenocarcinoma; vascular involvement; locally advanced tumor; neoadjuvant chemotherapy; CT; MRI

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Zharikova A.V., Kondratyev E.V., Tikhonova V.S., Gruzdev I.S., Rostovtsev M.V., Markov P.V., Struchkov V.Yu., Karmazanovsky G.G. The influence of modern computer and magnetic resonance imaging technologies on the preoperative staging of pancreatic cancer. *Medical Visualization*. 2024; 28 (2): 118–133. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1452>

Received: 13.02.2024.

Accepted for publication: 19.03.2024.

Published online: 11.04.2024.

Введение

Протоковая аденокарцинома поджелудочной железы (ПАКПЖ) – “самый смертоносный рак” с крайне низкой пятилетней выживаемостью 9% [1], являющийся одним из наиболее агрессивных видов рака, сложных для лечения, а также имеющих низкий удельный вес морфологической верификации диагноза (75,8%) [2]. При анализе статистики онкологических заболеваний за последние десятилетия в России и США установлено, что показатели смертности от рака поджелудочной железы возросли [1]. Заболеваемость лиц обоих

полов в России в период с 2020 до 2021 г. увеличилась с 12,98 до 13,10%, а мировой показатель за аналогичный период не изменился и составляет 6,79% [2].

Ожидается, что к 2030 г. ПАКПЖ станет одной из ведущих причин смертности от злокачественных новообразований в США [3].

Рак поджелудочной железы чаще поражает мужчин (в структуре заболеваемости онкологическими заболеваниями в России в 2020 г. рак поджелудочной железы составил 3,6% у мужчин и 3,2% у женщин), обнаруживается преимущест-



венно у лиц пожилого возраста (60 лет и старше), средний возраст на момент постановки диагноза – 65 лет [2]. До 71% пациентов к моменту выявления опухоли имеют местнораспространенный процесс, который распространяется за пределы ткани поджелудочной железы на расположенные рядом сосудистые структуры: верхнюю брыжеечную, нижнюю брыжеечную, селезеночную и воротную вены, артерии целиакомезентериального бассейна до такой степени, что единственный вариант лечения – хирургическая резекция опухоли становится технически невозможной ввиду вовлечения магистральных сосудов или отдаленного метастазирования [3].

Хирургическое вмешательство, а именно панкреатодуоденальная резекция или дистальная резекция, является основным вариантом лечения для больных с ПАКПЖ. На основании накопленного опыта и активного развития различных видов химиотерапии выявлено, что мультимодальный подход, включающий в себя хирургическую резекцию и химиотерапию, для данной группы пациентов является методом выбора. Очередность этапов лечения для каждого пациента индивидуальна и, в первую очередь, определяется локальным статусом и стадией заболевания.

Локальный статус или резектабельность ПАКПЖ определяется взаимоотношением образования и основных сосудистых структур забрюшинного пространства, таких как верхняя брыжеечная артерия, чревный ствол, общая печеночная артерия, воротная вена, верхняя брыжеечная и нижняя полая вены [4].

1. Резектабельная опухоль – отсутствие контакта и вовлечения артериальных сосудов или наличие контакта менее половины окружности венозного сосуда, отдаленного метастазирования нет.

2. Погранично резектабельная опухоль – контакт с артериями до $1/2$ окружности и/или вовлечение вен (контакт более $1/2$ окружности вены с наличием возможности реконструкции), отдаленного метастазирования нет.

3. Местнораспространенный процесс – контакт с артериями более $1/2$ окружности, любого отдаленного метастазирования нет [5].

При наличии отдаленного метастазирования выполнить радикальную резекцию невозможно, поэтому такая ситуация признается неоперабельной, и пациент может получить паллиативную химиотерапию или может быть включен в клиническое исследование [5, 6].

Благодаря совершенствованию химиотерапевтического лечения в последнюю декаду проведение неoadъювантной химиотерапии играет ключевую роль в мультимодальном лечении пациентов

не только с погранично резектабельными опухолями, но и с местнораспространенным процессом [7].

Неoadъювантная терапия (НАТ) у пациентов с ПАКПЖ в последнее десятилетие находится в фокусе повышенного внимания благодаря увеличению общей выживаемости больных. Данные рандомизированного многоцентрового исследования показывают, что пациенты, прошедшие неoadъювантное лечение, имеют более длительную безрецидивную общую выживаемость, чем пациенты, прошедшие адъювантную химиотерапию (25,5 мес (95% доверительный интервал (ДИ) 19,7–29,7 мес) и 16,7 мес (95% ДИ 11,6–22,2 мес)) [8].

Другое многоцентровое исследование показало, что однолетняя безрецидивная выживаемость после немедленного хирургического вмешательства у пациентов составила 33% (95% ДИ 19–58), а при неoadъювантной химиотерапии с последующей резекцией – 59% (46–74) (отношение рисков 0,53 [95% ДИ 0,28–0,98], $p = 0,016$) [9]. У пациентов с погранично резектабельными образованиями НАТ не повышает частоту успешных резекций (R0 – край резекции), но улучшает общую выживаемость [9]. При наличии у пациента местнораспространенного процесса НАТ позволяет провести рестадирование с последующей радикальной резекцией [7].

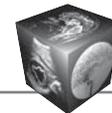
Лучевая диагностика рака поджелудочной железы

Ввиду отсутствия ранних симптомов заболевания, тенденции рака поджелудочной железы к быстрому распространению и метастазированию на ранних стадиях для повышения выживаемости пациентов решающее значение имеет раннее выявление опухоли. Лучевые методы диагностики играют ведущую роль как в ранней диагностике, стадировании рака поджелудочной железы, так и в динамическом наблюдении пациентов во время и после лечения.

К целям диагностического этапа можно отнести:

- первичную диагностику;
- дифференциальную диагностику образований поджелудочной железы;
- стадирование процесса (резектабельность или выявление отдаленных метастазов);
- определение индивидуальных особенностей сосудистой анатомии (КТ).

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) – наиболее точный метод оценки местной распространенности рака поджелудочной железы. ЭндоУЗИ не рекомендуется как метод, заменяющий КТ в диагностике инвазии сосудистого русла, но может быть методом, дополняющим КТ



при возникновении затруднений в оценке сосудистого русла по итогам выполненной КТ [10].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) в случае невозможности выполнить МСКТ и эндоскопическую ультрасонографию (ЭУЗИ), может дать достаточно информации для оценки контакта опухоли с сосудистыми структурами, но лишь при условии, что толщина среза последовательностей, выполненных с контрастным усилением, не превышает 2 мм, чем толще срез, тем меньше пространственное разрешение и ниже точность оценки распространения опухоли на сосудистую стенку. ПЭТ/КТ без контрастного усиления не может заменить ни КТ, ни МРТ в оценке распространенности рака поджелудочной железы, в случае, если есть возможность выполнить с внутривенным контрастным усилением (КТ-часть), может стать адекватной альтернативой.

Таким образом, «золотым стандартом» визуализации рака поджелудочной железы является КТ с контрастным усилением, которая обладает рядом преимуществ относительно других лучевых методов, такими как высокое пространственное и временное разрешение, а также высокая доступность. Однако КТ имеет также ряд недостатков – в первую очередь, это лучевая нагрузка, необходимость внутривенного введения йодсодержащего контрастного препарата, кроме того, ввиду особенностей васкуляризации небольшие очаги

как в самой поджелудочной железе, так и метастатические очаги в печени могут быть пропущены врачом при интерпретации данных [6, 10, 11].

МРТ может быть источником дополнительной информации относительно типа обнаруженного образования, в первую очередь, для дифференциальной диагностики рака поджелудочной железы и хронического панкреатита, в том числе аутоиммунного [10].

МРТ рекомендуется назначать для детальной оценки структуры печени и исключения ее метастатического поражения, в частности, МР-диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) и МРТ с применением гепатоспецифического контрастного препарата обладают наибольшей диагностической точностью при поиске метастатических очагов, в том числе небольшого размера [12, 13].

КТ-семиотика

На компьютерных томограммах рак поджелудочной железы (рис. 1–3) в большинстве случаев выглядит как гиподенсное/гиповаскулярное образование на изображениях артериальной и венозной фаз контрастирования, слабо накапливает контрастное вещество к отсроченной фазе. Однако в 11–27% образование может быть изоденсно неизменной ткани поджелудочной железы. Сложность диагностики таких вариантов заключается в том, что выявить изоденсные обра-

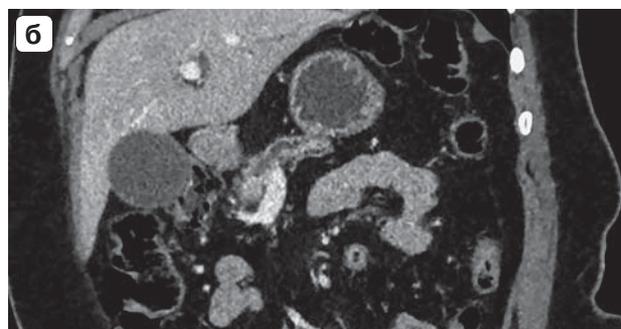
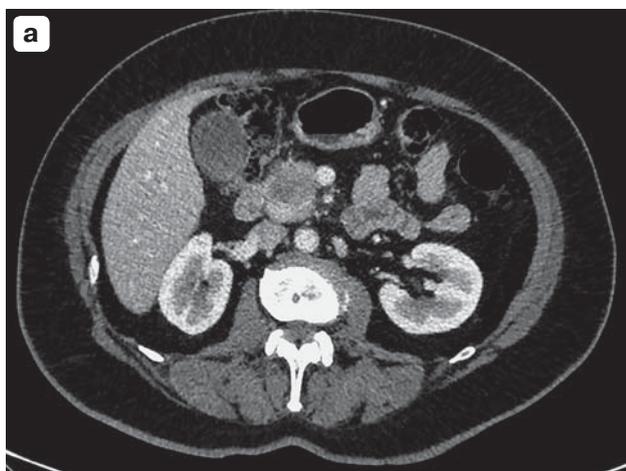


Рис. 1. Протоковая аденокарцинома головки поджелудочной железы, КТ-изображения. **а** – в портальную фазу исследования контрастного усиления на аксиальной плоскости определяется гиповаскулярное образование головки поджелудочной железы, контактирующее с верхней брыжеечной артерией без признаков инвазии; **б** – портальная фаза исследования контрастного усиления, криволинейная реконструкция, расширение главного панкреатического протока с блоком на уровне опухоли.

Fig. 1. Ductal adenocarcinoma of the head of the pancreas, CT images. **a** – in the portal phase of the study of contrast enhancement on the axial plane, a hypovascular formation of the head of the pancreas is determined, in contact with the superior mesenteric artery without signs of invasion; **b** – portal phase of contrast enhancement study, curvilinear reconstruction, expansion of the main pancreatic duct with a block at the tumor level.

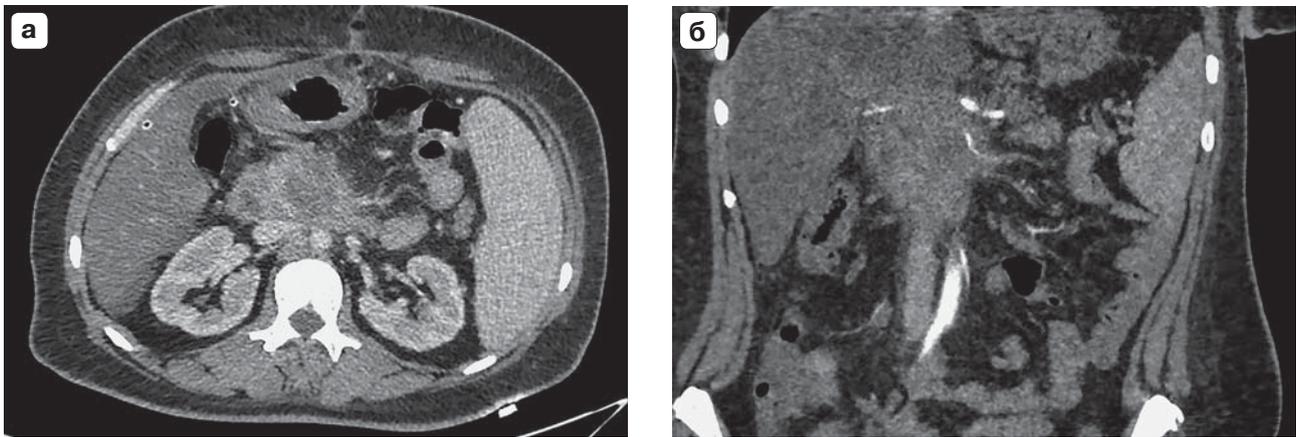
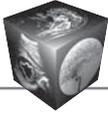


Рис. 2. Местнораспространенная гиповаскулярная опухоль головки поджелудочной железы (с-г) с признаками сосудистой инвазии, КТ-изображения. **а** – в портальную фазу исследования контрастного усиления на аксиальной плоскости определяется гиповаскулярное образование головки поджелудочной железы, опухолевые инфильтративные изменения распространяются на ворота печени и двенадцатиперстную кишку; **б** – артериальная фаза контрастного усиления, фронтальная плоскость, верхняя брыжеечная артерия (ВБА) проходит в структуре опухолевого инфильтрата, стенки ВБА деформированы, просвет выражено сужен.

Fig. 2. Locally advanced hypovascular tumor of the head of the pancreas (c-r) with signs of vascular invasion, CT images. **a** – in the portal phase of the study of contrast enhancement on the axial plane, a hypovascular formation of the head of the pancreas is determined, tumor infiltrative changes extend to the porta hepatis and duodenum; **b** – arterial phase of contrast enhancement, frontal plane, the superior mesenteric artery (SMA) passes through the structure of the tumor infiltrate, the walls of the SMA are deformed, the lumen is markedly narrowed.

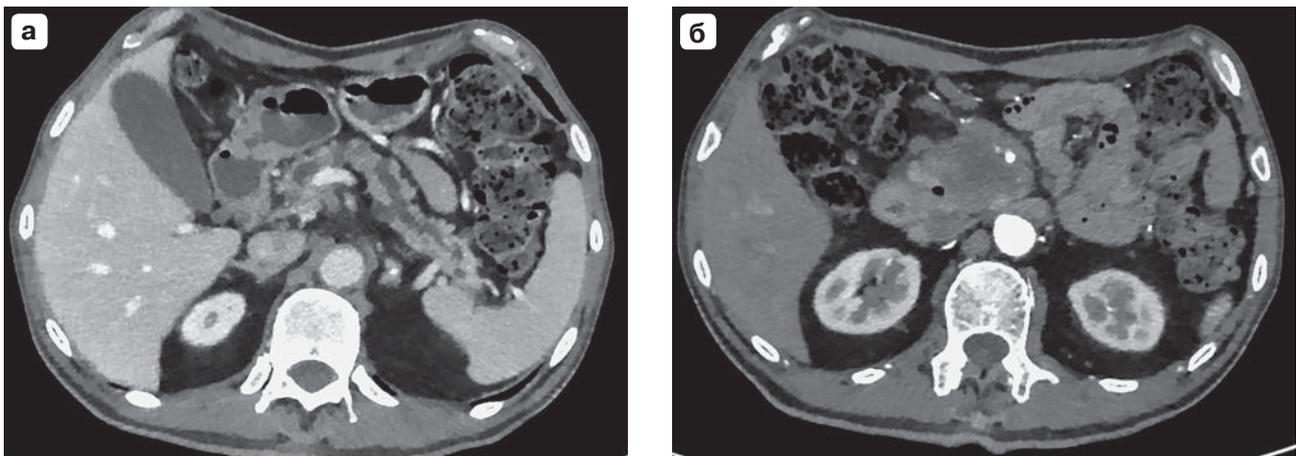
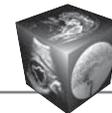


Рис. 3. Местнораспространенная опухоль головки поджелудочной железы (верифицированная аденокарцинома) с инвазией магистральных сосудов и корня брыжейки тонкой кишки, КТ-изображения. **а** – портальная фаза исследования контрастного усиления, аксиальная плоскость, расширение главного панкреатического протока до 7 мм с блоком на уровне опухоли; **б** – артериальная фаза контрастного усиления, аксиальная плоскость, опухоль инвазирует верхнюю брыжеечную артерию, панкреатодуоденальные и тощекишечные ветви (инвазия корня брыжейки).

Fig. 3. Locally advanced tumor of the head of the pancreas (verified adenocarcinoma) with invasion of the great vessels and the root of the mesentery of the small intestine, CT images. **a** – portal phase of contrast enhancement study, axial plane, dilation of the main pancreatic duct to 7 mm with a block at the level of the tumor; **b** – arterial phase of contrast enhancement, axial plane, the tumor invades the superior mesenteric artery, pancreaticoduodenal and jejunal branches (invasion of the mesenteric root).



зования крайне трудно, и на ранних стадиях такого заболевания частота ложноотрицательных результатов диагностики может быть катастрофичной. Наличие изоденсного образования можно заподозрить при наличии ряда косвенных признаков: локальное расширение протока поджелудочной железы, локальное расширение общего желчного протока, симптом “двойного протока” (расширены проток поджелудочной железы и общий желчный проток), утрата дольчатой структуры паренхимы поджелудочной железы [14].

MPT-семиотика

MPT равноценна КТ в отношении выявления опухоли (зачастую помогает лучше визуализировать образования малых размеров 2–3 см), оценки вовлечения сосудов и резектабельности [15].

На МР-томограммах ПАКПЖ (рис. 4, 5) гипоинтенсивна на T1ВИ, слабогиперинтенсивна (с мелкими включениями гиперинтенсивного сигнала)

на T2ВИ, на ДВИ может быть ограничение диффузии, однако при выраженном ограничении диффузии ПАКПЖ необходимо дифференцировать с аутоиммунным панкреатитом. Диффузные, множественные области с высокой интенсивностью сигнала на ДВИ предполагают аутоиммунный панкреатит, в то время как ПАКПЖ характеризуется локальными зонами высокого сигнала на ДВИ [16].

Применение контрастного усиления (парамагнитный гадолинийсодержащий препарат) помогает увеличить разницу между сигналом от паренхимы поджелудочной железы и участком, подозрительным на новообразование [13].

ДВИ визуализируют патологические зоны как участки ограничения диффузии с низким сигналом на картах исчисляемого коэффициента диффузии (ИКД). Чувствительность и специфичность режима ДВИ достигают 96,2 и 98,6% соответственно [13, 14].

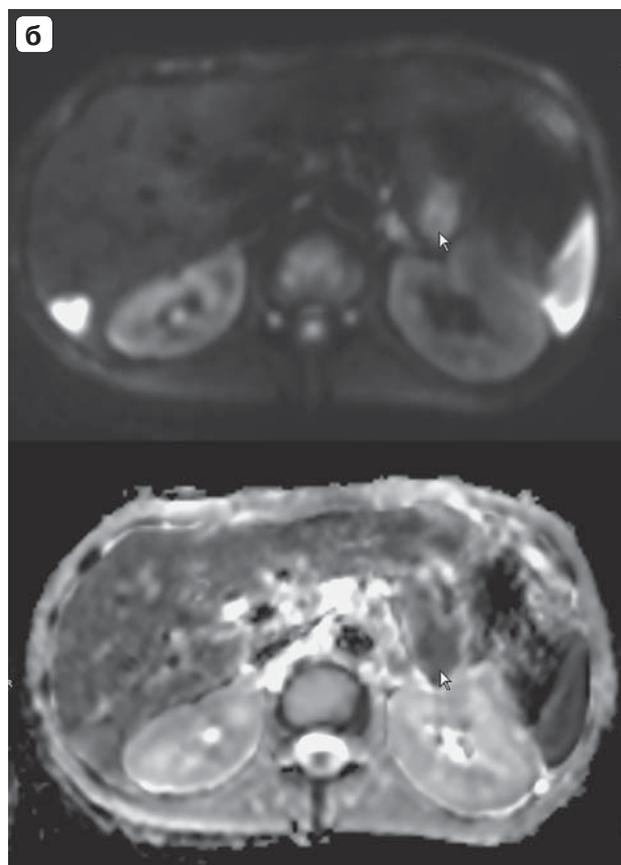
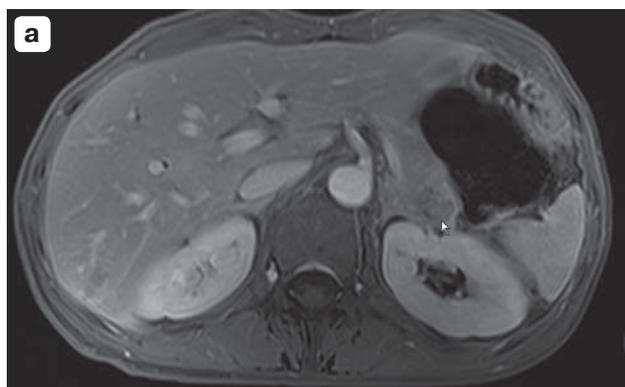


Рис. 4. Гиповаскулярное образование хвоста поджелудочной железы (с-г), МРТ-изображения. **а** – на T1ВИ на фоне контрастного усиления определяется гиповаскулярное образование в области хвоста поджелудочной железы; **б** – на ДВИ и ИКД истинное ограничение диффузии.

Fig. 4. Hypovascular formation of the tail of the pancreas (с-г), MRI images. **a** – on T1VI, against the background of contrast enhancement, a hypovascular formation is determined in the area of the tail of the pancreas; **б** – on DWI and ICD there is a true diffusion limitation.

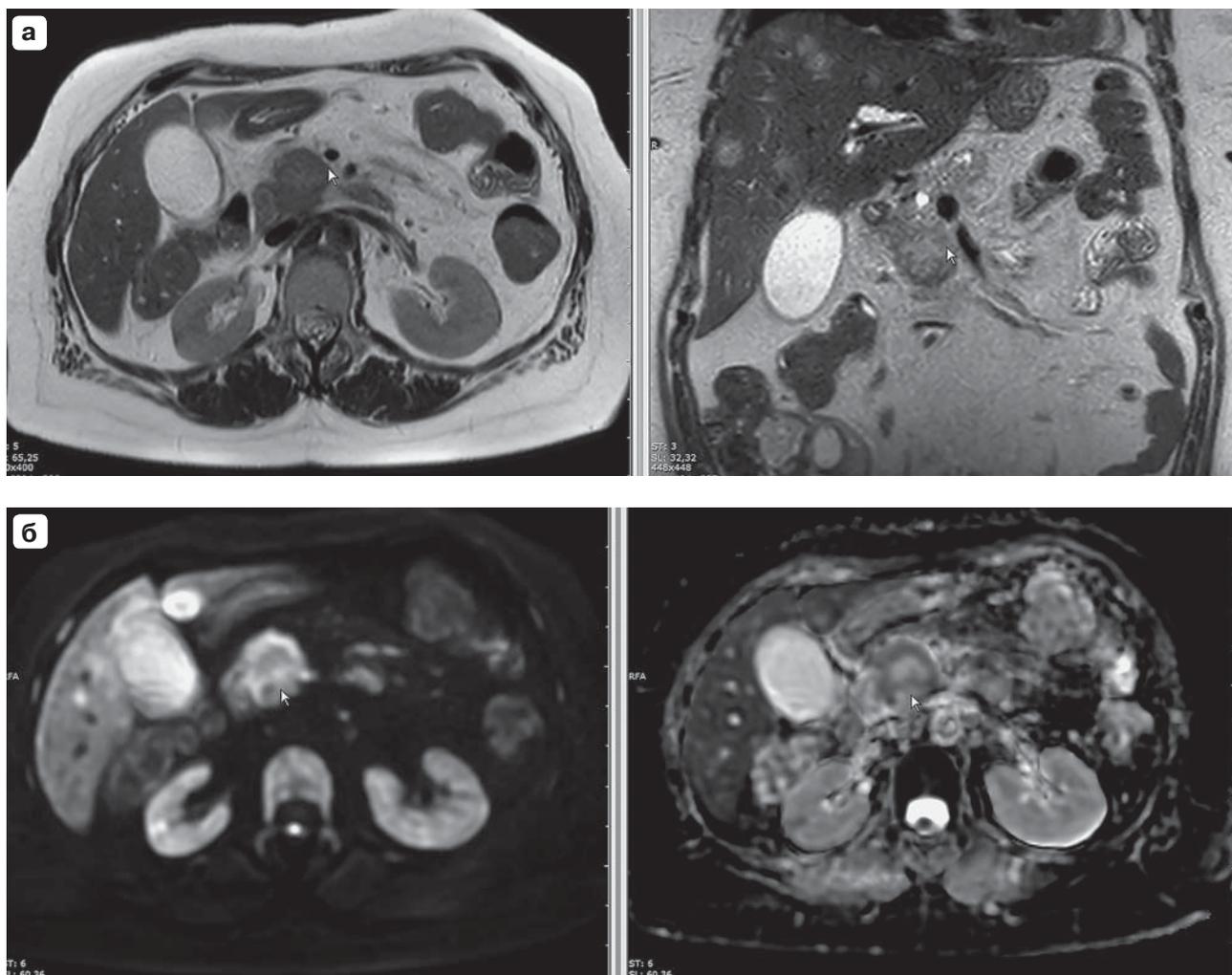


Рис. 5. Опухоль головки поджелудочной железы. **а** – на T2ВИ, аксиальная плоскость, на уровне головки поджелудочной железы гипоинтенсивное образование 4 см; **б** – на ДВИ и ИКД образование ограничивает диффузию.

Fig. 5. Tumor of the head of the pancreas. **a** – on T2VI, axial plane, at the level of the head of the pancreas there is a hypointense formation of 4 cm; **b** – on DWI and ICD, the formation limits diffusion.

Стадирование рака поджелудочной железы

Для стадирования рака поджелудочной железы используется система TNM, 8-е издание (табл. 1, 2) [6, 13].

Оценка распространенности опухоли поджелудочной железы

Главной задачей инструментального исследования, в частности КТ, является оценка распространения опухолевого процесса на магистральные сосуды.

Аксиальные, фронтальные, сагиттальные срезы и реконструкции помогают более достоверно и объективно оценить взаимоотношение между

опухолью и крупными артериями, венами, а также стенками близлежащих органов (желудок, двенадцатиперстная кишка, селезенка) [13].

Резектабельность рака поджелудочной железы обусловлена взаимоотношениями опухоли с прилежащими магистральными сосудами (чревным стволом, общей печеночной артерией, верхней брыжеечной артерией, верхней брыжеечной веной, воротной веной и нижней полой веной) [4, 10].

Для того чтобы врачи разных специальностей хорошо понимали друг друга, существуют термины, которые, в нашем случае, позволяют лучевым диагностам и хирургам правильно определять тактику ведения пациента.

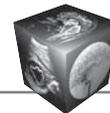


Таблица 1. Стадирование рака поджелудочной железы по системе TNM (8-е издание) [6, 13]

Table 1. TNM staging of pancreatic cancer (8th edition)

Первичная опухоль (T) / Primary tumor (T):

- Tx – недостаточно данных для оценки первичной опухоли
insufficient data to assess the primary tumor
- Tis – carcinoma *in situ* (по сути “инциденталома”, от англ. “случай”, “побочное обстоятельство”)
carcinoma *in situ* (essentially “incidentaloma”, from the English “case”, “side circumstance”)
- T1 – опухоль ограничена поджелудочной железой, в наибольшем измерении размер не превышает 2 см. В зависимости от степени дифференцировки опухолевой ткани она может хорошо или плохо отличаться от неизменной паренхимы поджелудочной железы (высокодифференцированная аденокарцинома зачастую плохо визуализируется)
the tumor is limited to the pancreas, in the greatest dimension the size does not exceed 2 cm. Depending on the degree of differentiation of the tumor tissue, it can differ well or poorly from the unchanged pancreatic parenchyma (well-differentiated adenocarcinoma is often poorly visualized)
- T1 подразделяется на 3 группы / T1 is divided into 3 groups:
- T1A – опухоль до 0,5 см в наибольшем измерении
tumor up to 0.5 cm in greatest dimension
- T1B – опухоль больше 0,5 см, но не более 1 см в наибольшем измерении
tumor larger than 0.5 cm, but not more than 1 cm in greatest dimension
- T1C – опухоль больше 1 см, но не более 2 см в наибольшем измерении
tumor larger than 1 cm, but not more than 2 cm in greatest dimension
- T2 – опухоль более 2 см, в наибольшем измерении не превышает 4 см
tumor more than 2 cm, in greatest dimension does not exceed 4 cm
- T3 – в наибольшем измерении опухоль более 4 см; выходит за пределы поджелудочной железы
tumor is more than 4 cm in greatest dimension; extends beyond the pancreas
- T4 – есть вовлечение в опухолевый процесс чревного ствола, верхней брыжеечной артерии, общей печеночной артерии вне зависимости от размера опухоли
there is involvement in the tumor process of the celiac trunk, superior mesenteric artery, common hepatic artery, regardless of the size of the tumor

Регионарные лимфатические узлы / Regional lymph nodes:

- NX – недостаточно данных для оценки регионарных лимфатических узлов
insufficient data to evaluate regional lymph nodes
- N0 – нет признаков метастатического поражения регионарных лимфатических узлов
no signs of metastatic damage to regional lymph nodes
- N1 – наличие метастазов в 1–3 регионарных лимфатических узлах
presence of metastases in 1–3 regional lymph nodes
- N2 – наличие метастазов в 4 или более регионарных лимфатических узлах
the presence of metastases in 4 or more regional lymph nodes

Отдаленные метастазы (M) / Distant metastases (M):

- M0 – нет отдаленных метастазов
no distant metastases
- M1 – есть отдаленные метастазы
there are distant metastases

Таблица 2. Хирургическое стадирование опухолей поджелудочной железы [6, 13]

Table 2. Surgical staging of pancreatic tumors

- Стадия 0 / Stage 0** (TisN0M0)
- Стадия 1a / Stage 1a** (T1N0M0)
- Стадия 1б / Stage 1b** (T2N0M0)
- Стадия 2a / Stage 2a** (T3N0M0)
- Стадия 2б / Stage 2b** (T1–3N1M0)
- Стадия 3 / Stage 3** (T4N0–1M0)
- Стадия 4 / Stage 4** (T1–4N0M1)

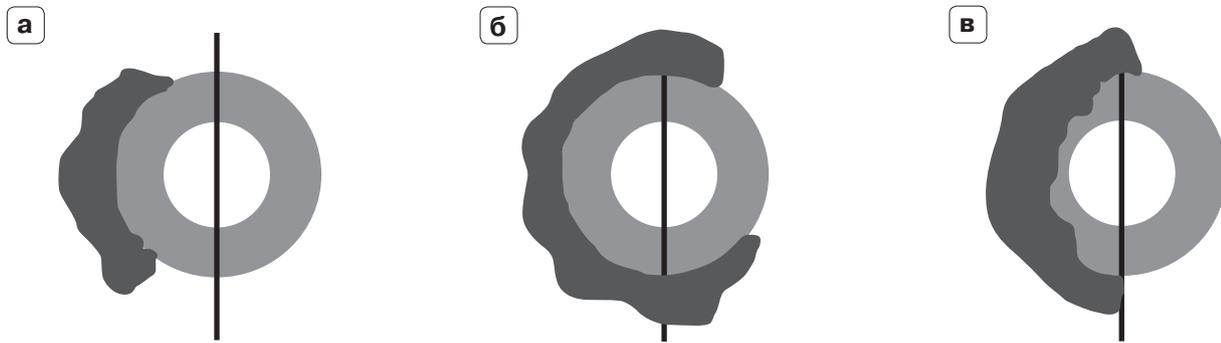
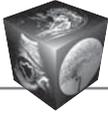


Рис. 6. Взаимосвязь опухоли и сосуда. **а** – контакт, **б** – вовлечение, **в** – деформация просвета.

Fig. 6. Relationship between tumor and vessel. **a** – contact, **б** – involvement, **в** – lumen deformation.

Таблица 3. Сравнение критериев резектабельности различных классификаций
Table 3. Comparison of resectability criteria for different classifications

Вовлечение сосудов Vascular involvement	NCCN 2023	MDACC	ACTO	AHPBA / SSAT/ SSO
Контакт с ЧС ($\leq 180^\circ$) Contact with CT ($\leq 180^\circ$)	ПР BR	ПР BR	ПР BR	ПР BR
Вовлечение ЧС ($> 180^\circ$) Involvement of CT ($> 180^\circ$)	ПР (тело/ хвост), MP (головка / крючковидный отросток) BR (body/tail), LA (head/uncinate process)	HP Unr	HP Unr	HP Unr
Контакт ВБА ($< 180^\circ$) SMA contact ($< 180^\circ$)	ПР BR	ПР BR	ПР BR	ПР BR
Вовлечение ВБА ($> 180^\circ$) SMA involvement ($> 180^\circ$)	MP LR	HP Unr	HP Unr	HP Unr
ОПА контакт или вовлечение CHA contact or involvement	ПР BR	ПР BR	ПР BR	ПР BR
ВВ/ВБВ вовлечение ($> 180^\circ$), контакт ($\leq 180^\circ$) с неровностью контура PV/SMV involvement ($> 180^\circ$), contact ($\leq 180^\circ$) with contour irregularity	ПР BR	ПР BR	ПР BR	ПР BR

Примечание. NCCN 2023 (National Comprehensive Cancer Network), MDACC (The university of Texas MD Anderson Cancer Center), ACTO (Association of Clinical Trails Organizations), AHPBA/SSAT/ SSO (American Hepato-Pancreato-Biliary Association; Society of Surgery of the Alimentary Tract; Society for Surgery Oncology).

ПР – погранично резектабельная, MP – местнораспространенная, HP – нерезектабельная, ЧС – чревный ствол, ВБА – верхняя брыжеечная артерия, ОПА – общая печеночная артерия, ВВ – воротная вена, ВБВ – верхняя брыжеечная вена.

Note. NCCN 2023 (National Comprehensive Cancer Network), MDACC (The university of Texas MD Anderson Cancer Center), ACTO (Association of Clinical Trails Organizations), AHPBA/SSAT/ SSO (American Hepato-Pancreato-Biliary Association; Society of Surgery of the Alimentary Tract; Society for Surgery Oncology).

BR – borderline resectable, LA – locally advanced, Unr – unresectable, CT – celiac trunk, SMA – superior mesenteric artery, CHA – common hepatic artery, PV – portal vein, SMV – superior mesenteric vein.



Терминология взаимосвязи опухоли и сосуда (рис. 6):

1) *контакт* – изменение периваскулярной клетчатки вокруг сосуда не более $1/2$ окружности ($<180^\circ$);

2) *вовлечение* – изменение клетчатки более $1/2$ окружности ($>180^\circ$);

3) *деформация просвета*.

Критерии вовлечения артериальных сосудов (чувствительность и специфичность данных критериев 79 и 99% соответственно):

– контакт сосуда и опухоли более чем на 50% (180°) его окружности;

– неровность стенки или уменьшение калибра артерии.

Критерии вовлечения венозных сосудов:

– контакт сосуда и опухоли более 50% (180°) его окружности;

– контакт менее 50% (180°) при наличии деформации просвета, тромба [4].

Существует несколько классификаций, разработанных для оценки резектабельности нематстатического рака поджелудочной железы с учетом вовлеченности сосудистых структур в процесс: NCCN 2023 (National Comprehensive Cancer Center), MDACC (The university of Texas MD Anderson Cancer Center), ACTO (Association of Clinical Trials Organizations), AHPBA/SSAT/ SSO (American Hepato-Pancreato-Biliary Association; Society of Surgery of the Alimentary Tract; Society for Surgery Oncology (табл. 3) [10, 17–19].

Ввиду значительного улучшения в последние годы результатов неoadьювантного лечения опухоли, локализирующейся в головке и крючковидном отростке поджелудочной железы с вовлечением чревного ствола ($>180^\circ$) и вовлечением верхней брыжеечной артерии ($>180^\circ$), в критериях NSSN, в отличие от остальных сообществ, относят к местнораспространенной опухоли, следовательно, у пациентов появляется возможность выполнить единственный радикальный способ лечения – хирургический [6, 10, 20].

Оценка поражения лимфатических узлов (N)

Регионарными лимфатическими узлами для опухоли головки поджелудочной железы являются: лимфатические узлы общей печеночной артерии, воротной вены, пилорические, инфрапилорические, субпилорические, проксимальные брыжеечные, чревные, верхние и задние панкреатодуоденальные, вдоль верхней брыжеечной вены и правой латеральной стенки верхней брыжеечной артерии, лимфатические узлы вдоль общего желчного протока.

Регионарными лимфатическими узлами для опухоли тела и хвоста поджелудочной железы являются: лимфатические узлы вдоль общей печеночной артерии, чревного ствола, селезеночной артерии, ворот селезенки, забрюшинные и латеральные аортальные лимфатические узлы [6, 21].

Адекватное послеоперационное стадирование предполагает морфологическое изучение минимум 12 лимфатических узлов.

Как и при хирургическом лечении других злокачественных новообразований, одним из наиболее спорных аспектов резекции ПАКПЖ является степень удаления окружающей соединительной ткани и лимфатических узлов. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что метастазирование в лимфатические узлы происходит на ранних этапах развития заболевания и его прогрессирования, при этом наличие опухолевых клеток в лимфатических узлах представляет собой неблагоприятный прогностический фактор наряду с вовлечением сосудистых структур в отношении результатов лечения пациентов [21, 22].

Консервативный хирургический подход при раке головки поджелудочной железы, по мнению одних авторов, подразумевает выполнение панкреатодуоденальной резекции с локорегионарной лимфаденэктомией, тогда как другие, особенно японские группы ученых, указывают на необходимость более обширного вмешательства с удалением забрюшинных мягких тканей и расширенной лимфаденэктомией, что, по их мнению и результатам их исследований, приведет к росту безрецидивной выживаемости и продолжительности жизни пациентов [23–31].

Данные нескольких рандомизированных контролируемых исследований [23, 31] показали, что расширенная лимфаденэктомия не улучшает выживаемость по сравнению с традиционной, более консервативной резекцией, в то же время отмечено снижение качества жизни пациентов при расширенных вмешательствах.

Оценка N-статуса рака поджелудочной железы может проводиться с помощью любого из доступных методов, описанных ранее, при наличии выполненной КТ или МРТ с контрастным усилением не требуется выполнения дополнительных исследований для оценки вовлеченности лимфатических узлов.

При оценке N-статуса важно различать регионарные и экстрарегионарные лимфатические узлы. Состояние регионарных лимфатических узлов не влияет на возможность выполнения вмешательства на поджелудочной железе, так как при выполнении вмешательства хирург производит лимфо-



диссекцию данных групп лимфатических узлов. С точки зрения стадирования наиболее важно исключить метастатическое поражение экстрарегионарных лимфатических узлов, к ним относятся парааортальные лимфатические узлы групп 16a и 16b [32, 33]. В случае поражения данных групп лимфатических узлов процесс считается распространенным, то есть имеются отдаленные метастазы.

Тактика ведения пациента в зависимости от стадии образования поджелудочной железы

У пациентов с резектабельным раком поджелудочной железы I–III стадии (T1–3N0–1M0) рекомендуется комбинированное лечение, включающее операцию с выполнением адъювантной или периоперационной химиотерапии [6].

На первом этапе при резектабельном раке поджелудочной железы, согласно рекомендациям RUSSCO, рекомендуется проведение хирургического лечения, однако существует альтернативный метод, позволяющий увеличить частоту R0-резекций. К такому методу относится периоперационная химиотерапия в течение 2–3 мес до операции и 3–4 мес после операции. При отсутствии противопоказаний предпочтительными режимами являются FOLFIRINOX или комбинации гемцитабина и паклитаксел+альбумин [6].

У пациентов с погранично резектабельным раком поджелудочной железы (T3–4N0–1M0) рекомендуется проведение предоперационной химиотерапии с последующей оценкой результатов; при отсутствии отрицательной динамики рекомендуется выполнение операции [6, 34].

У пациентов с местнораспространенным раком поджелудочной железы (T3–4N0–1M0) рекомендуется проведение индукционной терапии с последующей повторной оценкой резектабельности [6, 10].

Результаты неoadъювантной терапии

После проведения НАТ возможно несколько вариантов изменения статуса опухоли поджелудочной железы: стабилизация заболевания (обусловлено отсутствием прогрессии, появления метастатических очагов, роста образования), прогрессия заболевания (рост образования более 20% от исходного размера, появление метастатических очагов), частичный ответ (регрессия образования с уменьшением размера более 30%). Последний вариант развития событий встречается крайне редко при раке поджелудочной железы, в своей практике вы столкнетесь преимущественно с первыми двумя вариантами [35].

В исследовании P. Ghaneh и соавт. частичный ответ был получен только у 6 (13%) пациентов из 46 [9]. Следует понимать, что применение НАТ приводит к увеличению периода ожидания оперативного вмешательства, что, в свою очередь, также может увеличить риск прогрессии заболевания, и положительного края резекции, также побочные эффекты терапии могут ослабить пациента и тем самым повысить риск отказа от вмешательства, периоперационной летальности и частоты послеоперационных осложнений.

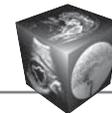
Согласно исследованию C. Springfield и соавт., у пациентов с погранично резектабельными образованиями проведение курса НАТ перед операцией (в течение 2 мес) увеличивает 12-месячную общую выживаемость примерно до 77% по сравнению с 40% для стратегии “Surgery first”, а более длительный курс лечения (в течение 4 мес) может привести к 18-месячной общей выживаемости 67% [36]. А у пациентов с резектабельным раком поджелудочной железы, которые могут получать адъювантную химиотерапию (обычно в течение 6 мес), можно ожидать пятилетнюю общую выживаемость на уровне 30–50% [36].

Мультицентровое рандомизированное исследование ESPAC-5 показало, что НАТ не повышает частоту успешных резекций у пациентов с погранично резектабельным раком, но улучшает общую выживаемость [9].

Пациенты с местнораспространенным раком поджелудочной железы могут стать подходящими для резекции после 4–6 мес неoadъювантной химиотерапии с лучевой терапией или без нее с улучшенной общей выживаемостью по сравнению с теми, кому операцию не выполняли [36].

Как оценить ответ на химиотерапию?

Несмотря на то что КТ является “золотым стандартом” в диагностике рака поджелудочной железы, в 2012 г. M.H. Katz и соавт. [37] и в 2015 г. C.R. Ferrone и соавт. [38] предположили, что КТ, а также используемые критерии RECIST не подходят для оценки резектабельности опухоли после НАТ (FOLFIRINOX). Это связано с различными факторами. Во-первых, из-за недостаточного контрастного разрешения на границе опухоль–сосуд оценка остаточной жизнеспособной опухоли и изменений, вызванных после лечения (без жизнеспособной опухоли), крайне затруднительна [39]. Во-вторых, замещение раковых клеток фиброзной и некротической тканью на фоне лечения невозможно отличить от остаточного рака. Более того, местный воспалительный панкреатит у пациентов



с ПАКПЖ также нельзя отличить от опухолевой инфильтрации, и область опухолевой инфильтрации замещается фиброзной тканью на фоне лечения, что не приводит к явным изменениям размера опухоли [38, 40, 41]. Только у небольшого числа пациентов наблюдается уменьшение опухоли после неoadъювантной химиотерапии, и большинство пациентов (53–80%) не имеют никаких морфологических изменений на компьютерной томограмме [42].

Также нельзя доверять данным КТ о наличии контакта/вовлечения сосуда на фоне проводимой неoadъювантной химиотерапии. Все эти факторы приводят к недооценке резектабельности опухоли [39, 43].

Способы оценки ответа на химиотерапию

Для оценки ответа на неoadъювантную химиотерапию используется ряд критериев, стоит отметить, что они не обладают высокой чувствительностью и специфичностью.

К критериям оценки частичного ответа на НАТ относятся [39, 44]:

1) частичное уменьшение протяженности контакта опухоли с сосудами (измерения протяженности контакта достаточны субъективны);

2) появление признака периваскулярного “галло” (изменение периваскулярной клетчатки);

3) изменение плотности образования (абсолютные значения плотности образования не являются информативными в отношении ответа на НАТ);

4) уменьшение размеров образования (не каждое образование может уменьшиться в размере на фоне НАТ и отсутствие уменьшения образования нельзя расценивать как отсутствие ответа на НАТ);

5) стоит учитывать показатели СА19-9 <200 ЕД/мл.

Минимальные изменения структуры, объема опухоли, отсутствие прогрессии свидетельствуют о вероятном хорошем ответе на химиотерапию и высокой вероятности R0-резекции [39].

Аналогично с КТ такие методики исследования, как МРТ с ДВИ и ПЭТ/КТ, не предпочтительны для оценки эффективности проводимого химиотерапевтического лечения [44].

МРТ с ДВИ в исследовании С. Zimmerman и соавт. [44] показала, что ADC значимо не изменялся в течение НАТ, а ПЭТ/КТ показывает изменения метаболической активности опухоли на фоне химиотерапии, но это слишком дорогостоящий метод исследования, который затруднительно назначать пациенту. В более ранних исследованиях повышение ADC – независимый предиктор безрецидивной выживаемости [45].

Заключение

Для повышения качества диагностического этапа необходимо разрабатывать и внедрять вспомогательные программы оценки эффективности проводимого лечения. Медицина одна из передовых областей науки, где активно развиваются и внедряются новые технологии. Одним из таких направлений является радиомика, которая лежит в основе работы искусственного интеллекта и программ машинного обучения. Данная технология позволяет устанавливать связь между морфологией области интереса и фенотипом визуализации. В условиях прогнозируемого увеличения числа больных с ПАКПЖ решение вопросов, связанных с оценкой эффективности проводимого лечения, становится актуальнейшей задачей. В опубликованных работах, несмотря на разнородность полученных результатов, активно ведется поиск биомаркеров визуализации в решении вопросов оценки результатов неoadъювантной химиотерапии и лучевой терапии. К примеру, у пациентов после химиолучевого лечения были выявлены значительные закономерности в радиомических характеристиках, которые можно использовать для оценки раннего ответа на лечение [40].

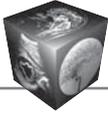
В исследовании L. Cozzi и соавт. у пациентов после стереотаксической лучевой терапии были выявлены клинико-радиомные данные, которые коррелировали с общей выживаемостью [46]. Еще одно недавнее исследование показало, что объединение данных уровня СА19-9 в сыворотке крови и дельта-радиомики (изменение показателей в динамическом наблюдении у пациента на фоне лечения) улучшает показатели прогноза ответа на лечение по сравнению с данными радиомики или только с данными уровня маркера [47].

Исследования радиомики в области оценки эффективности неoadъювантной химиотерапии также выявили характерные параметры, коррелирующие с безрецидивной выживаемостью у пациентов [40, 48].

Существует несколько исследований в оценке инвазии магистральных сосудов в патологический процесс, в частности верхней брыжеечной вены и артерии, при помощи радиомики [49–51].

Однако исследований, посвященных изучению периваскулярных изменений на фоне проводимого лечения, опубликовано не было.

Несомненный плюс радиомики в том, что она открывает новые возможности уже доступных методов диагностики. Использование новых алгоритмов, основанных на математическом анализе, позволит в дальнейшем повысить точность предоперационной диагностики.



Участие авторов

Жарикова А.В. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

Кондратьев Е.В. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Тихонова В.С. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, написание текста.

Груздев И.С. – сбор и обработка данных, подготовка и редактирование текста.

Ростовцев М.В. – сбор и обработка данных, подготовка и редактирование текста.

Марков П.В. – сбор и обработка данных, подготовка и редактирование текста.

Стручков В.Ю. – сбор и обработка данных, подготовка и редактирование текста.

Кармазановский Г.Г. – подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Zharikova A.V. – concept and design of the study, review of publications, writing text, preparation and creation of the published work.

Kondratyev E.V. – concept and design of the study, review of publications, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Tikhonova V.S. – concept and design of the study, review of publications, writing text.

Gruzdev I.S. – collection and analysis of data, text preparation and editing.

Rostovtsev M.V. – collection and analysis of data, text preparation and editing.

Markov P.V. – collection and analysis of data, text preparation and editing.

Struchkov V.Yu. – collection and analysis of data, text preparation and editing.

Karmazanovsky G.G. – text preparation and editing, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Список литературы [References]

1. ACS Journals, Cancer statistics 2020. <http://doi.org/10.3322/caac.21590>
2. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) / Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. 2021. Malignant neoplasms in Russia in 2020 (morbidity and mortality) / Eds A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. 2021. (In Russian)
3. Park W., Chawla A., O'Reilly E.M. Pancreatic Cancer: A Review. *JAMA*. 2021; 326 (9): 851–862. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.13027>
4. Buchs N.C., Chilcott M., Poletti P.-A. et al. Vascular invasion in pancreatic cancer: Imaging modalities, preoperative diagnosis and surgical management. *Wld J. Gastroenterol.* 2010; 16 (7): 818–831. <https://doi.org/10.3748/wjg.v16.i7.818>
5. Al-Hawary M.M., Francis I.R., Chari S.T. et al. Pancreatic ductal adenocarcinoma radiology reporting template: consensus statement of the Society of Abdominal Radiology and the American Pancreatic Association. *Radiology*. 2014; 270 (1): 248–260. <https://doi.org/10.1148/radiol.13131184>
6. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения РФ “Рак поджелудочной железы, 2021 год” https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/355_4 Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation, pancreatic cancer, 2021”. https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/355_4 (In Russian)
7. Gugenheim J., Crovetto A., Petrucciani N. Neoadjuvant therapy for pancreatic cancer. *Updates Surg.* 2022; 74 (1): 35–42. <https://doi.org/10.1007/s13304-021-01186-1>
8. Seufferlein T., Uhl W., Kornmann M. et al. Perioperative or only adjuvant gemcitabine plus nab-paclitaxel for resectable pancreatic cancer (NEONAX) – a randomized phase II trial of the AIO pancreatic cancer group. *Ann. Oncol.* 2023; 34 (1): 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2022.09.161>
9. Ghaneh P., Palmer D., Cicconi S. et al. Immediate surgery compared with short-course neoadjuvant gemcitabine plus capecitabine, FOLFIRINOX, or chemoradiotherapy in patients with borderline resectable pancreatic cancer (ESPAC5): a four-arm, multicentre, randomised, phase 2 trial. *Lancet Gastroenterol. Hepatol.* 2023; 8 (2): 157–168. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(22\)00348-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(22)00348-X)
10. NCCN Guidelines for Pancreatic Adenocarcinoma. V.1., 2023.
11. Lee E.S., Lee J.M. Imaging diagnosis of pancreatic cancer: a state-of-the-art review. *Wld J. Gastroenterol.* 2014; 20 (24): 7864–7877. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i24.7864>
12. Kim Y.K., Lee M.W., Lee W.J. et al. Diagnostic Accuracy and Sensitivity of Diffusion-Weighted and of Gadoteric Acid-Enhanced 3-T MR Imaging Alone or in Combination in the Detection of Small Liver Metastasis (≤ 1.5 cm in Diameter). *Invest. Radiol.* 2012; 47 (3): 159–66. <https://doi.org/10.1097/rli.0b013e31823a1495>
13. Кармазановский Г.Г. Опухоли поджелудочной железы солидной структуры: стадирование и резектабельность, критерии оценки прогрессирования опухолевого процесса после хирургического лечения (лекция, часть 2). *Медицинская визуализация*. 2016; 5: 43–49. Karmazanovsky G.G. Solid Pancreatic Tumors: Staging and Resectability, Criteria for Evaluation of Tumor Progression after Surgical Treatment (Lecture, Part 2). *Medical Visualization*. 2016; 5: 43–49. (In Russian)
14. Шима В., Кауэлблнгер К. Аденокарцинома поджелудочной железы: выявление, определение стадии и дифференциальная диагностика. *Медицинская визуализация*. 2015; 5: 52–72. Schima W., Koelblmger C. Pancreatic Adenocarcinoma: Detection, Staging and Differential Diagnosis. *Medical Visualization*. 2015; 5: 52–72. (In Russian)
15. Ветшева Н.Н. Дооперационная диагностика солидных опухолей поджелудочной железы: обзор литературы. *Медицинская визуализация*. 2016; 5: 50–58. Vetsheva N.N. Preoperative Diagnosis of Solid Pancreatic Mass: Literature Review. *Medical Visualization*. 2016; 5: 50–58. (In Russian)



16. Kamisawa T., Takuma K., Anjiki H. et al. Differentiation of autoimmune pancreatitis from pancreatic cancer by diffusion-weighted MRI. *Am. J. Gastroenterol.* 2010; 105 (8): 1870–1875. <https://doi.org/10.1038/ajg.2010.87>
17. Uzunoglu F.G., Welte M.-N., Gavazzi F. et al. Evaluation of the MDACC clinical classification system for pancreatic cancer patients in an European multicenter cohort. *Eur. J. Surg. Oncol.* 2019; 45 (5): 793–799. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2018.12.012>
18. Sohal D.P.S., Kennedy E.B., Cinar P. et al. Metastatic Pancreatic Cancer: ASCO Guideline Update. *J. Clin. Oncol.* 2020; 38 (27): 3217–3230. <https://doi.org/10.1200/JCO.20.01364>
19. Isaji S., Mizuno S., Windsor J.A. et al. International consensus on definition and criteria of borderline resectable pancreatic ductal adenocarcinoma 2017. *Pancreatology* 2018; 18 (1): 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2017.11.011>
20. Покатаев И.А., Гладков О.А., Загайнов В.Е., Кудашкин Н.Е., Кучин Д.М., Лядов В.К. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака поджелудочной железы. Злокачественные опухоли: Практические рекомендации RUSSCO #3s2, 2022; 12: 530–544. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2022-12-3s2-530-544>
Pokataev I.A., Gladkov O.A., Zagainov V.E. et al. Practical recommendations for drug treatment of pancreatic cancer. Malignant tumors: Practical recommendations RUSSCO #3s2, 2022; 12: 530–544. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2022-12-3s2-530-544> (In Russian)
21. Fujita T., Nakagohri T., Gotohda N. et al. Evaluation of the prognostic factors and significance of lymph node status in invasive ductal carcinoma of the body or tail of the pancreas. *Pancreas.* 2010; 39 (1): e48–54. <https://doi.org/10.1097/MPA.0b013e3181bd5cfa>
22. Kanda M., Fujii T., Nagai S. et al. Pattern of lymph node metastasis spread in pancreatic cancer. *Pancreas.* 2011; 40: 951–955. <https://doi.org/10.1097/MPA.0b013e3182148342>
23. Sergeant G., Melloul E., Lesurtel M. et al. Extended lymphadenectomy in patients with pancreatic cancer is debatable. *Wld J. Surg.* 2013; 37 (8): 1782–1788. <https://doi.org/10.1007/s00268-013-2064-z>
24. Zacharias T., Jaeck D., Oussoultzoglou E. et al. Impact of lymph node involvement on long-term survival after R0 pancreaticoduodenectomy for ductal adenocarcinoma of the pancreas. *J. Gastrointest. Surg.* 2007; 11: 350–356. <https://doi.org/10.1007/s11605-007-0113-3>
25. Henne-Bruns D., Vogel I., Lüttges J. et al. Surgery for ductal adenocarcinoma of the pancreatic head: staging, complications, and survival after regional versus extended lymphadenectomy. *Wld J. Surg.* 2000; 24 (5): 595–601; discussion 601–602. <https://doi.org/10.1007/s002689910089>
26. Murakami Y., Uemura K., Sudo T. et al. Prognostic factors after surgical resection for intrahepatic, hilar, and distal cholangiocarcinoma. *Ann. Surg. Oncol.* 2011; 18 (3): 651–658. <https://doi.org/10.1245/s10434-010-1325-4>
27. Henne-Bruns D., Vogel I., Lüttges J. et al. Ductal adenocarcinoma of the pancreas head: survival after regional versus extended lymphadenectomy. *Hepato-gastroenterology.* 1998; 45 (21): 855–866. PMID: 9684147
28. Masui T., Kubota T., Aoki K. et al. Long-term survival after resection of pancreatic ductal adenocarcinoma with para-aortic lymph node metastasis: case report. *Wld J. Surg. Oncol.* 2013; 11 (1): 195. <https://doi.org/10.1186/1477-7819-11-195>
29. Kaťuchová J., Bober J., Kaťuch V., Radoňák J. Significance of lymph node micrometastasis in pancreatic cancer patients. *Eur. Surg. Res.* 2012; 48 (1): 10–15. <https://doi.org/10.1159/000334171>
30. Ishikawa O., Ohhigashi H., Sasaki Y. et al. Practical usefulness of lymphatic and connective tissue clearance for the carcinoma of the pancreas head. *Ann. Surg.* 1988; 208 (2): 215–220. <https://doi.org/10.1097/00000658-198808000-00014>
31. Nimura Y., Nagino M., Takao S. et al. Standard versus extended lymphadenectomy in radical pancreatoduodenectomy for ductal adenocarcinoma of the head of the pancreas: Long-term results of a Japanese multicenter randomized controlled trial. *J. Hepatobiliary. Pancreat. Sci.* 2012; 19: 230–241. <https://doi.org/10.1007/s00534-011-0466-6>
32. Doi R., Kami K., Ito D. et al. Prognostic implication of para-aortic lymph node metastasis in resectable pancreatic cancer. *Wld J. Surg.* 2007; 31 (1): 147–154. <https://doi.org/10.1007/s00268-005-0730-5>
33. Japanese Gastric Cancer Association. Japanese classification of gastric carcinoma: 3rd English edition. *Gastric Cancer.* 2011; 14: 101–112. <https://doi.org/10.1007/s10120-011-0041-5>
34. Базин И.С., Покатаев И.А., Попова А.С., Бази́на И.В., Чихарева Я.Е. Место химиотерапии в лечении локализованного рака поджелудочной железы. *Злокачественные опухоли.* 2016; 4 (специальный выпуск 1): 20–25. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2016-4s1-20-25>
Bazin I.S., Pokataev I.A., Popova A.S. et al. The place of chemotherapy in the treatment of localized pancreatic cancer. *Malignant Tumors.* 2016; 4 (special issue 1): 20–25. (In Russian)
35. Lambert A., Schwarz L., Ducreux M., Conroy T. Neoadjuvant Treatment Strategies in Resectable Pancreatic Cancer. *Cancers (Basel).* 2021; 13 (18): 4724. <https://doi.org/10.3390/cancers13184724>
36. Springfield C., Ferrone C.R., Katz M.H.G. et al. Neoadjuvant therapy for pancreatic cancer. *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 2023; 20 (5): 318–337. <https://doi.org/10.1038/s41571-023-00746-1>
37. Katz M.H., Fleming J.B., Bhosale P. et al. Response of borderline resectable pancreatic cancer to neoadjuvant therapy is not reflected by radiographic indicators. *Cancer.* 2012; 118 (23): 5749–5756. <https://doi.org/10.1002/cncr.27636>
38. Ferrone C.R., Marchegiani G., Hong T.S. et al. Radiological and surgical implications of neoadjuvant treatment with FOLFIRINOX for locally advanced and borderline resectable pancreatic cancer. *Ann. Surg.* 2015; 261: 12–17. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000867>
39. Zins M., Matos C., Cassinotto C. Pancreatic Adenocarcinoma Staging in the Era of Preoperative Chemotherapy and Radiation Therapy. *Radiology.* 2018; 287 (2): 374–390. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018171670>
40. Chen X., Oshima K., Schott D. et al. Assessment of treatment response during chemoradiation therapy for pancreatic cancer based on quantitative radiomic analysis



- of daily CTs: An exploratory study. *PLoS One*. 2017; 12 (6): e0178961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178961>
41. Navez J., Bouchart C., Lorenzo D. et al. What Should Guide the Performance of Venous Resection During Pancreaticoduodenectomy for Pancreatic Ductal Adenocarcinoma with Venous Contact? *Ann. Surg. Oncol.* 2021; 28 (11): 6211–6222. <https://doi.org/10.1245/s10434-020-09568-2>.
 42. Barreto S.G., Loveday B., Windsor J.A., Pandanaboyana S. Detecting tumour response and predicting resectability after neoadjuvant therapy for borderline resectable and locally advanced pancreatic cancer. *ANZ J. Surg.* 2019; 89 (5): 481–487. <https://doi.org/10.1111/ans.14764>
 43. Yang R., Lu M., Qian X. et al. Diagnostic accuracy of EUS and CT of vascular invasion in pancreatic cancer: a systematic review. *J. Cancer. Res. Clin. Oncol.* 2014; 140 (12): 2077–2086. <https://doi.org/10.1007/s00432-014-1728-x>
 44. Zimmermann C., Distler M., Jentsch C. et al. Evaluation of response using FDG-PET/CT and diffusion weighted MRI after radiochemotherapy of pancreatic cancer: a non-randomized, monocentric phase II clinical trial-PaCa-DD-041 (Eudra-CT 2009-011968-11). *Strahlenther. Onkol.* 2021; 197 (1): 19–26. <https://doi.org/10.1007/s00066-020-01654-4>
 45. Nishiofuku H., Tanaka T., Marugami N. et al. Increased tumour ADC value during chemotherapy predicts improved survival in unresectable pancreatic cancer. *Eur. Radiol.* 2016; 26 (6): 1835–1842. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3999-2>
 46. Cozzi L., Comito T., Fogliata A. et al. Computed tomography based radiomic signature as predictive of survival and local control after stereotactic body radiation therapy in pancreatic carcinoma. *PLoS One*. 2019; 14 (1): e0210758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210758>
 47. Nasief H., Hall W., Zheng C. et al. Improving Treatment Response Prediction for Chemoradiation Therapy of Pancreatic Cancer Using a Combination of Delta-Radiomics and the Clinical Biomarker CA19-9. *Front. Oncol.* 2020; 9: 1464. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01464>
 48. Ciaravino V., Cardobi N., De Robertis R. et al. CT Texture Analysis of Ductal Adenocarcinoma Downstaged After Chemotherapy. *Anticancer Res.* 2018; 38 (8): 4889–4895. <https://doi.org/10.21873/anticancer.12803>
 49. Chen F., Zhou Y., Qi X. et al. CT texture analysis for the presurgical prediction of superior mesenteric-portal vein invasion in pancreatic ductal adenocarcinoma: comparison with CT imaging features. *Clin. Radiol.* 2021; 76 (5): 358–366. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2021.01.003>
 50. Rigioli F., Hoyer J., Lerebours R. et al. CT Radiomic Features of Superior Mesenteric Artery Involvement in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma: A Pilot Study. *Radiology.* 2021; 301 (3): 610–622. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021210699>
 51. Bian Y., Jiang H., Ma C. et al. Performance of CT-based radiomics in diagnosis of superior mesenteric vein resection margin in patients with pancreatic head cancer. *Abdom. Radiol. (NY)*. 2020; 45 (3): 759–773. <https://doi.org/10.1007/s00261-019-02401-9>

Для корреспонденции*: Жарикова Александра Витальевна – e-mail: zha-vit@yandex.ru

Жарикова Александра Витальевна – врач-ординатор отдела лучевых методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8117-6670>. E-mail: zha-vit@yandex.ru

Кондратьев Евгений Валерьевич – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>. E-mail: evgenykondratiev@gmail.com

Тихонова Валерия Сергеевна – канд. мед. наук, врач-рентгенолог ФГАУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-9782-7335>. E-mail: vdovenkobc28@mail.ru

Груздев Иван Сергеевич – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Ростовцев Михаил Владиславович – доктор мед. наук, старший научный сотрудник отделения лучевых методов диагностики ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; заведующий рентгенологическим отделением ГБУЗ “Городская клиническая больница имени М.Е. Жадкевича ДЗ города Москвы” Москва. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Марков Павел Викторович – доктор мед. наук, заведующий отделением абдоминальной хирургии ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9074-5676>. E-mail: pvmarkov@mail.ru

Стручков Владимир Юрьевич – канд. мед. наук, младший научный сотрудник отделения абдоминальной хирургии ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1555-1596>. E-mail: doc.struchkov@gmail.com

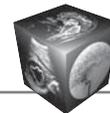
Кармазановский Григорий Григорьевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом лучевых методов диагностики и лечения ФГБУ “НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. Email: karmazanovskiy@ixv.ru

Contact*: Alexandra V. Zharikova – e-mail: zha-vit@yandex.ru

Alexandra V. Zharikova – Resident Physician of radiology department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8117-6670>. E-mail: zha-vit@yandex.ru

Evgeny V. Kondratyev – Cand. of Sci. (Med.), senior researcher of radiology department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7070-3391>. E-mail: evgenykondratiev@gmail.com

Valeriya S. Tikhonova – Cand. of Sci. (Med.), radiologist of the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-9782-7335>. E-mail: vdovenkobc28@mail.ru



Ivan S. Gruzdev – Cand. of Sci. (Med.), researcher of radiology department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Centre of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0781-9898>. E-mail: gruzdev_van@mail.ru

Mikhail V. Rostovtsev – Doct. of Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Radiation Diagnostic Methods, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of the Department of Radiology and Roentgenology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Head of the Radiology Department, M.E. Zhadkevich City Clinical hospital, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Pavel V. Markov – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Abdominal Surgery Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9074-5676>. E-mail: pvmarkov@mail.ru

Vladimir Yu. Struchkov – PhD, junior researcher, Abdominal Surgery Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1555-1596>. E-mail: doc.struchkov@gmail.com

Grigory G. Karmazanovsky – Russian Academy of Sciences (RAS) Full Member, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Diagnostic Radiology Department at the A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery; Professor of radiology department, Pirogov Russian national research medical university, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>. E-mail: karmazanovsky@ixv.ru