

DOI: 10.56871/MTP.2023.67.24.018

УДК 616.37-006.6-073.756.8

## ЗНАЧЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ РАКА ГОЛОВКИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

© Александра Сергеевна Кудашкина<sup>1, 2</sup>, Ирина Григорьевна Камышанская<sup>1, 2</sup>,  
Константин Вадимович Павелец<sup>1, 3</sup>, Дмитрий Сергеевич Русанов<sup>1, 3</sup>,  
Сергей Алексеевич Калюжный<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Городская Мариинская больница. 191014, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет. 199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

**Контактная информация:** Александра Сергеевна Кудашкина — врач-рентгенолог, заведующая отделением магнитно-резонансной томографии СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница», ассистент кафедры онкологии СПбГУ. E-mail: alkudashkina@gmail.com ORCID ID: 0009-0004-3085-9964

**Для цитирования:** Кудашкина А.С., Камышанская И.Г., Павелец К.В., Русанов Д.С., Калюжный С.А.

Значение 3D-моделирования в оценке распространенности рака головки поджелудочной железы // Медицина: теория и практика. 2023. Т. 8. Спецвыпуск. С. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.67.24.018>

Поступила: 10.08.2023

Одобрена: 20.09.2023

Принята к печати: 09.11.2023

**РЕЗЮМЕ:** «Золотым стандартом» диагностики рака головки поджелудочной железы является компьютерная томография с динамическим контрастным усилением. Однако данный метод имеет ряд ограничений, связанных с недостаточной чувствительностью метода к малым размерам опухолевых образований, а также к отдаленным метастазам. В работе представлены предварительные результаты использования трехмерного моделирования на основе сравнительных данных магнитно-резонансной и компьютерной томографии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** рак головки поджелудочной железы, магнитно-резонансная томография, трехмерное моделирование, резектабельность.

## SIGNIFICANCE OF 3D-MODELING IN ASSESSING THE PREVALENCE OF PANCREATIC HEAD CANCER

© Alexandra S. Kudashkina<sup>1, 2</sup>, Irina G. Kamyshanskaya<sup>1, 2</sup>, Konstantin V. Pavelets<sup>1, 3</sup>,  
Dmitry S. Rusanov<sup>1, 3</sup>, Sergey A. Kalyuzhny<sup>1</sup>

<sup>1</sup> City Mariinsky Hospital. 191014, Russian Federation, Saint Petersburg, Liteyny Ave., 56

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University. 199034, Russian Federation, Saint Petersburg, Universitetskaya embankment, 7–9

<sup>3</sup> Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 194100, Russian Federation, Saint Petersburg, Lithuania, 2

**Contact information:** Alexandra S. Kudashkina — radiologist, head of the department of magnetic resonance imaging of Saint Petersburg State Budgetary Institution “City Mariinsky Hospital”, assistant of the department of oncology of Saint Petersburg State University. E-mail: alkudashkina@gmail.com ORCID ID: 0009-0004-3085-9964

**For citation:** Kudashkina AS, Kamyshanskaya IG, Pavelets KV, Rusanov DS, Kalyuzhny SA. Significance of 3D-modeling in assessing the prevalence of pancreatic head cancer. Medicine: theory and practice (St. Petersburg).

2023;8(Supplement):26-30. DOI: <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.67.24.018>

Received: 10.08.2023

Revised: 20.09.2023

Accepted: 09.11.2023

**ABSTRACT:** The “gold standard” for diagnosing cancer of the head of the pancreas is computed tomography with dynamic contrast enhancement. However, this method has a number of limitations

associated with the insufficient sensitivity of the method to small tumor formations, as well as to distant metastases. The paper presents preliminary results of using three-dimensional modeling on based on comparative data from magnetic resonance and computed tomography.

**KEY WORDS:** pancreatic head cancer, magnetic resonance imaging, three-dimensional modeling, resectability.

## ВВЕДЕНИЕ

Рак головки поджелудочной железы занимает 6–7 место среди онкологических заболеваний и 4–5 место среди причин смертности, при этом только 5% больных достигают пятилетней выживаемости [1, 5, 7]. К причинам неудовлетворительных результатов лечения в первую очередь относится поздняя диагностика заболевания. По данным патологоанатомических вскрытий 10% пациентов с неустановленным прижизненным источником канцероматоза брюшины страдали раком поджелудочной железы [6].

Первичное выявление, равно как и определение резектабельности при раке головки поджелудочной железы, зависит от лучевых методов обследования, включая эндоскопическое ультразвуковое исследование (эндоУЗИ), мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ). Диагностическая ценность этих методов в распознавании образований панкреатодуоденальной зоны составляет: МРТ — чувствительность 90,2%, точность 87,8%; МСКТ — чувствительность 89,4%, точность 91,8%; эндоУЗИ — чувствительность 76,4%, точность 86,1%. При сочетании этих методов точность определения рака поджелудочной железы достигает 98,4% [3, 4]. К основным критериям резектабельности неметастатического рака поджелудочной железы (ПЖ) относится отсутствие распространения образования на магистральные сосуды. Лишь у 15–18% больных опухоль признается резектабельной. У 40% больных, которым планируется радикальное хирургическое вмешательство, в итоге выполняется паллиативный объём операции ввиду констатации местной распространенности процесса при интраоперационной ревизии [2]. Наряду с ранним распознаванием рака ПЖ, определение резектабельности опухоли является актуальной задачей, стоящей перед дооперационной диагностикой.

Поздняя диагностика рака ПЖ объясняется крайне скудной клинической картиной на ранней стадии заболевания. Инструментальные методы исследования, включая лучевую диа-

гностику, не всегда позволяет получить комплексную объективную картину онкологического процесса.

Таким образом, совершенствование способов лучевой диагностики, включая 3D-моделирование, клинически значимо для раннего выявления рака ПЖ с определением резектабельности процесса и для своевременного лечения данной группы больных.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повысить точность оценки распространенности рака головки поджелудочной железы за счёт использования мультимодальной лучевой диагностики.

## ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Уточнить возможности мультимодальной лучевой диагностики с использованием МСКТ и МРТ в дооперационном стадировании рака ПЖ.
2. Провести сравнительный анализ результатов КТ и МРТ 3D-моделирования панкреатодуоденальной зоны.
3. Провести лучевые и морфологические параллели, уточнив их значение в оценке резектабельности рака головки поджелудочной железы при выборе объёма хирургического вмешательства и лимфаденэктомии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За период с 2019 по 2022 гг. в 6-м хирургическом отделении Мариинской больницы обследовано 93 пациента с диагнозом «механическая желтуха».

Все пациенты были сортированы по стадиям в соответствии с седьмым пересмотром классификации TNM от 2010 года. Патогистологически выявлена аденокарцинома различных степеней дифференцировки — у 68 (73,12%) больных, цистаденома — у 5 (5,38%).

Верифицированы также образования большого дуоденального сосочка (БДС) — у 7 (7,53%) человек, терминального отдела холедоха — у 12 (12,90%) и двенадцатиперстной кишки — у 1 (1,08%) пациента.

Опухолевый процесс, который соответствовал II стадии, был обнаружен у 10 (14,71%) пациентов, III стадии — у 33 (48,53%) больных, IV стадии — у 25 (36,72%) больных.

Из 93 обследованных пациентов 46 (49,46%) больным выполнено хирургическое вмешательство в виде панкреатодуоденальной резекции с различными вариантами лимфодиссекции. Произведены паллиативные вмешательства 37 (39,78%) больным, химиотерапевтическое лечение — 10 (10,75%) пациентам.

Всем 93 (100%) пациентам было выполнено МРТ органов брюшной полости. Постпроцессорное 3D-моделирование на основе данных МРТ проведено 58 (62,37%) пациентам. По данным МСКТ и МРТ 26 (44,83%) пациентам из 58 были построены трехмерные модели, на основании чего был проведен сравнительный анализ методов диагностики.

Магнитно-резонансную томографию выполняли на МР-томографе Ingenia (Philips Medical Systems, Нидерланды) с индукцией магнитного поля 3 Тл. Пациентам проводили нативное исследование брюшной полости и забрюшинного пространства, дополненное протоколом МРХПГ, а также осуществляли динамическое контрастное усиление со сбором данных в артериальную, портальную и отложенную фазы.

МСКТ органов брюшной полости проводили на КТ-томографе Somatom Definition AS 64 (Siemens, Германия). Данное исследование также выполнялось в нативном режиме и в условиях динамического контрастного усиления.

В последующем для получения трехмерного изображения данные МРТ и МСКТ интегрировали в медицинские системы трехмерного моделирования (3D-slicer, Mimics, США), где строили 3D-модели в формате stl в полуавтоматическом режиме.

В основу оценки резектабельности были взяты критерии резектабельности неметастатического рака ПЖ по M.D. Anderson, включающие в себя степень распространения на верхнюю брыжеечную артерию, верхнюю брыжеечную вену, чревный ствол и воротную вену.

Пациентам с относительно резектабельной формой рака на основе данных МСКТ и МРТ были построены 3D-модели опухолевого процесса в панкреатодуоденальной зоне.

Все пациенты с резектабельными и погранично резектабельными формами были прооперированы. Хирургическое лечение состояло в панкреатодуоденальной резекции с расширенной лимфаденэктомией. В последующем был проведена оценка диагностической ценности метода с использованием ROC-анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Построение моделей на основе МСКТ и МРТ позволило провести сравнительный анализ. По данным 3D-моделирования на основе МСКТ выявлена распространенность опухоли T2 стадии — у 7 (26,92%) обследованных, T3 стадии — у 8 (30,77%), T4 стадии — у 6 (23,08%) пациентов, что полностью соответствовало моделям, построенным на основе МРТ. Однако данные несколько отличались от интраоперационной оценки и патогистологического исследования. T2 стадия была подтверждена у 7 (26,92%) больных, T3 стадия — у 9 (34,62%), T4 стадия — у 5 (19,23%) прооперированных пациентов.

Чувствительность трехмерного моделирования комбинированной модели на основе МСКТ и МРТ в определении протяженности опухоли составила 98,3%, специфичность — 66,7% ( $p < 0,05$ ).

С помощью трехмерного МСКТ- и МРТ-моделирования оценивали резектабельность опухоли головки ПЖ. Наиболее часто по данным КТ-моделирования определяли опухоль без признаков инвазии сосудов. Это встретили у 14 (53,85%) пациентов и было подтверждено интраоперационной картиной. Однако трехмерная модель, построенная по МРТ, данный тип опухоли обнаружила у 16 (61,54%) пациентов.

В результате построения МСКТ 3D-модели инвазию опухоли в верхнюю брыжеечную вену выявили у 6 (23,06%) пациентов, тогда как на МРТ 3D-моделях — у 4 (15,38%), а интраоперационно — у 5 человек (19,23%).

Инвазия чревного ствола по данным как МСКТ, так и МРТ 3D-моделирования, наблюдали у 1 (5,2%) пациента, верхней брыжеечной артерии — у 2 (7,69%), что полностью подтвердилось интраоперационно.

Инвазию нижней полой вены на МСКТ и МРТ 3D-моделях отмечали у 3 (11,54%) пациентов, тогда как интраоперационно — у 4 (15,38%).

По МСКТ и МРТ 3D-моделям совпали данные по инвазии верхней брыжеечной артерии у 2 (7,69%), что полностью подтвердилось интраоперационно.

Чувствительность комбинированной трехмерной модели в оценке поражения опухолевым процессом магистральных сосудов составила 98,7%, специфичность — 94,5% ( $p < 0,05$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Вопреки успехам современной диагностики и хирургического лечения, проблема

раннего выявления, стадирования онкологического процесса и, как следствие, комбинированного лечения онкологического процесса рака головки поджелудочной железы остается актуальной.

Значительная часть пациентов к моменту обнаружения опухоли признаются нерезектабельными ввиду распространения опухоли в магистральные сосуды, что является причиной отказа от радикального хирургического вмешательства. Благодаря внедрению таких методов исследования, как компьютерная и магнитно-резонансная томография, эндоскопическая ультрасонография появилась возможность получать необходимую диагностическую информацию и планировать объем хирургического вмешательства в предоперационном периоде, избегая операции у заведомо нерезектабельных пациентов. Указанные методы, тем не менее, имеют ограничения и нуждаются в дальнейшем совершенствовании. Целью работы явилось повышение точности диагностики и оценки резектабельности рака головки поджелудочной железы на основе комплексного использования лучевых методов исследования с 3D-реконструкций панкреатодуоденальной зоны.

В процессе исследования обследовано 93 пациента с клинической картиной механической желтухи, построено 58 трехмерных моделей, 26 из которых на основе комплексного исследования по данным КТ и МРТ.

На основании полученных данных оценивалась возможность резектабельности опухолей. По результатам исследований у 46 (49,5%) больных опухоль была признана резектабельной, что подтверждено при проведении радикальных хирургических вмешательств, у 29 (31,2%) — нерезектабельной, у 37 (39,8%) пациентов резектабельность оценивалась как пограничная. Результаты проведенных лучевых исследований позволили создать диагностическую 3D-модель, которая обеспечила достоверную диагностику в определении стадии онкологического процесса и позволила определить лечебную тактику в каждой конкретной клинической ситуации.

Таким образом, 3D-моделирование на основе МРТ и КТ-исследований, является информативным методом в стадировании рака головки ПЖ и определения его резектабельности на дооперационном этапе. Данный метод позволяет объективно определить локализацию и распространенность опухолевого процесса на прилежащие анатомические структуры, а также визуально продемонстри-

ровать метастатическое поражение регионарных лимфатических узлов. По параметрам диагностической эффективности 3D-модели максимально приближены к интраоперационной картине, что позволяет планировать как объем, так и ход оперативного вмешательства.

## ВЫВОДЫ

1) Гибридная 3D-модель панкреатодуоденальной зоны у больных раком головки ПЖ дает возможность на дооперационном этапе с высокой точностью стадировать онкологический процесс и оптимизировать объем лимфаденэктомии.

2) 3D-модели на основе КТ более чувствительны к инвазии мелких сосудов и к минимальной инвазии, но не отличаются от МРТ-моделей при оценке распространенности опухоли.

3) МСКТ 3D-модели позволяют объективно определить локализацию и распространенность опухолевого процесса на прилежащие анатомические структуры, в том числе на регионарные лимфатические узлы.

4) 3D-моделирование панкреатодуоденальной зоны, основанное на МРТ и ЭУС, является высокоинформативной методикой оценки регионарной инвазии карциномы головки ПЖ с чувствительностью до 92,0%, и специфичностью до 67,8%.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

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

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception

of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

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

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

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов М.И. и др. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ. Вестник РОНЦ им. Блохина РАМН. 2010. Т. 21. № 2. Приложение 1. С. 4-6.
2. Кабанов М.Ю., Соловьев И.А., Семенов К.В. и др. Рак поджелудочной железы — современные взгляды на проблему. Анналы хирургической гепатологии. 2012. Т. 17, № 4. С. 106-110.
3. Anta JA, Martínez-Ballesterio I, Eiroa D, García J, Rodríguez-Comas J. Artificial intelligence for the detection of pancreatic lesions. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022 Oct;17(10):1855-1865.
4. Bae J.S., Kim J.H., Joo I., Chang W., Han J.K. MDCT findings predicting post-operative residual tumor and survival in patients with pancreatic cancer. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (7): 3714-3724.
5. Shinoda S, Nakamura N, Roach B, Bernlohr DA, Ikramuddin S, Yamamoto M. Obesity and Pancreatic Cancer: Recent Progress in Epidemiology, Mechanisms and Bariatric Surgery. *Biomedicines.* 2022 May 31;10(6):1284.
6. Siegel, R.L. Cancer Statistics 2020 [Text] / R.L. Siegel, K.D. Miller, A. Jemal. *CA Cancer J. Clin.* 2020. Vol. 70, N 1. P. 7-30.
7. Somers I., Bipat S. Contrast-enhanced CT in determining resectability in patients with pancreatic carcinoma: a metaanalysis of the positive predictive values of CT. *Eur. Radiol.* 2017; 27 (8): 3408-3435.

## REFERENCES

1. Davydov M.I. et al. Statistics of malignant neoplasms in Russia and the CIS countries. Bulletin of the Russian Cancer Research Center named after. Blokhin RAMS 2010. Volume 21. No. 2. Appendix 1. P. 4-6.
2. Kabanov M.Yu., Soloviev I.A., Sementsov K.V. et al. Pancreatic cancer — modern views on the problem. *Annals of Surgical Hepatology.* 2012. T.17, No. 4. P. 106-110.
3. Anta JA, Martínez-Ballesterio I, Eiroa D, García J, Rodríguez-Comas J. Artificial intelligence for the detection of pancreatic lesions. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022 Oct;17(10):1855-1865.
4. Bae J.S., Kim J.H., Joo I., Chang W., Han J.K. MDCT findings predicting post-operative residual tumor and survival in patients with pancreatic cancer. *Eur. Radiol.* 2019; 29 (7): 3714-3724.
5. Shinoda S, Nakamura N, Roach B, Bernlohr DA, Ikramuddin S, Yamamoto M. Obesity and Pancreatic Cancer: Recent Progress in Epidemiology, Mechanisms and Bariatric Surgery. *Biomedicines.* 2022 May 31;10(6):1284.
6. Siegel, R.L. Cancer Statistics 2020 [Text] / R.L. Siegel, K.D. Miller, A. Jemal. *CA Cancer J. Clin.* 2020. Vol. 70, N 1. P. 7-30.
7. Somers I., Bipat S. Contrast-enhanced CT in determining resectability in patients with pancreatic carcinoma: a metaanalysis of the positive predictive values of CT. *Eur. Radiol.* 2017; 27 (8): 3408-3435.