



РОЛЬ КТ И МРТ В ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОСТИ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Белозерских А.М.[✉], Медведева Б.М., Лаптева М.Г., Маркович А.А., Абгарян М.Г.

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Блохина Минздрава России;
Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, 24

[✉] Анастасия Михайловна Белозерских, nastiabelozerka@mail.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Оценка диагностической значимости КТ и МРТ в определении степени злокачественности нейроэндокринных новообразований поджелудочной железы.

Материалы и методы: В исследование включены 89 пациентов с нейроэндокринными опухолями (НЭО) поджелудочной железы. Диагноз устанавливался на основании морфологического исследования после выполненного хирургического вмешательства или биопсии опухоли. 54 пациента прошли КТ с контрастированием, 71 — МРТ с контрастированием. По данным КТ и МРТ оценивали размеры, форму, структуру и признаки некроза опухолей, а также измеряли количественные показатели плотности при КТ и интенсивности сигнала (ИС) при МРТ в опухолевой ткани в различных фазах контрастирования, вычисляли абсолютный и относительный проценты вымывания МР-контрастного средства (МРКС). Дополнительно по данным КТ определялось наличие кальцинатов в НЭО, по данным МРТ — ИС на T₂-взвешенных изображениях (ВИ), на диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ) с b-фактором 50, 400 и 800с/мм², на ИКД-картах измерялось значение измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) на ИКД-картах.

Результаты: При анализе данных КТ и МРТ выявлено, что размер опухоли не зависит от степени злокачественности и не коррелирует с индексом Ki-67. Количество узлов статистически значимо различалось: множественные поражения чаще встречались при Grade 1, а солитарные — при Grade 2. Форма и контуры опухолей также зависели от степени злокачественности: при Grade 1 преобладали овальные или округлые опухоли с четкими контурами, при Grade 3 — неправильной формы с нечеткими контурами, что сопровождалось более высоким уровнем Ki-67. Накопление контрастного препарата снижалось с увеличением степени злокачественности, особенно в артериальной и венозной фазах по данным КТ, при этом наблюдалась обратная связь с индексом Ki-67. Вымывание контрастного препарата по КТ было значительно ниже при Grade 3. По МРТ значимых различий в ИС и значении ИКД не выявлено, за исключением умеренной обратной связи ИС на T₁ FS с Ki-67. Накопление и вымывание МРКС имели обратную корреляцию с Ki-67.

Заключение: КТ и МРТ могут быть использованы в оценке степени злокачественности НЭО ПЖ, что улучшает предоперационную стратификацию риска. Наиболее надежные визуализируемые маркеры агрессивности включают нечеткие контуры, неправильную форму, гиповаскулярность, выраженный некроз, слабый или отрицательный процент вымывания КС и снижение ИС на T₁ FS.

Ключевые слова: поджелудочная железа, нейроэндокринные опухоли, МРТ, КТ

Для цитирования: Белозерских А.М., Медведева Б.М., Лаптева М.Г., Маркович А.А., Абгарян М.Г. Роль КТ и МРТ в оценке степени злокачественности нейроэндокринных опухолей поджелудочной железы. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2025;8(3):52-63.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-3-52-63>

Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy

ISSN: 2587-7593 (Print) ISSN: 2713-167X (Online)

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-3-52-63>

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА | DIAGNOSTIC RADIOLOGY

THE ROLE OF CT AND MRI IN ASSESSING THE DEGREE OF MALIGNANCY OF NEUROENDOCRINE TUMORS OF THE PANCREAS

Anastasiya M. Belozerskikh[✉], Bela M. Medvedeva, Mariya G. Lapteva, Alla A. Markovich, Mikael G. Abgaryan

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology; 24 Kashirskoye Shosse, Moscow, Russia 115478

[✉] Anastasiya M. Belozerskikh, nastiabelozerka@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: Assessment of the diagnostic value of CT and MRI in determining the malignancy grade of pancreatic neuroendocrine tumors (NETs).

Materials and methods: The study included 89 patients with pancreatic NETs. The diagnosis was established based on morphological examination after surgery or tumor biopsy. 54 patients underwent CT with contrast agent, 71 patients underwent MRI with MR contrast agent (MRCA). Based on CT and MRI data, the size, shape, structure, and signs of tumor necrosis were assessed, and quantitative indicators of density on CT and signal intensity on MRI in tumor tissue in different contrast phases were measured, and the absolute and relative percentages of contrast agent washout were calculated. Additionally, the presence of calcifications in NETs was determined using CT data, IS on T₂-weighted images (WI), on diffusion-weighted images (DWI) with a b-factor of 50, 400 and 800 s/mm² was determined using MRI data, and the value of the apparent diffusion coefficient (ADC) was measured on ADC-maps.

Results: The analysis of CT and MRI data revealed that the tumor size did not depend on the degree of malignancy and did not correlate with the Ki-67 index. The number of nodes statistically significantly differed: multiple lesions were more common in Grade 1, and solitary ones in Grade 2. The shape and contours of the tumors also depended on the degree of malignancy: oval or round tumors with clear contours prevailed in Grade 1, while irregularly shaped tumors with unclear contours prevailed in Grade 3, which was accompanied by a higher Ki-67 level. Contrast agent accumulation decreased with increasing malignancy degree, especially in

the arterial and venous phases according to CT data, while an inverse relationship with the Ki-67 index was observed. Contrast agent washout according to CT was significantly lower in Grade 3. No significant differences in contrast agent washout and ADC values were found in MRI, with the exception of a moderate inverse relationship between MRCA accumulation on T1-WI FS and Ki-67. MRCA accumulation and washout were inversely correlated with Ki-67.

Conclusion: CT and MRI can be used to assess the grade of pancreatic NETs, improving preoperative risk stratification. The most reliable imaging markers of aggressiveness include poor margins, irregular shape, hypovascularity, severe necrosis, poor or negative washout, and decreased SI on T₁-WI FS.

Key words: pancreas, neuroendocrine tumors, MRI, CT

For citation: Belozerskikh A.M., Medvedeva B.M., Lapteva M.G., Markovich A.A., Abgaryan M.G. The role of CT and MRI in assessing the degree of malignancy of neuroendocrine tumors of the pancreas. Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2025;8(3):52-63. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-3-52-63>

Введение

Нейроэндокринные неоплазии (НЭН) поджелудочной железы представляют собой гетерогенную группу опухолей, развивающихся из нейроэндокринных клеток островкового аппарата. Эти опухоли обладают уникальными клинико-морфологическими характеристиками, что обуславливает их особое место в онкологии пищеварительного тракта [1–3].

По данным литературы, частота выявления НЭН поджелудочной железы составляет от 0,2 до 2 случаев на 100 тыс. населения в год, однако в последние два десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к росту заболеваемости [4–6]. Это обусловлено как объективным увеличением числа заболевших, так и усовершенствованием диагностических подходов, включая широкое внедрение высокотехнологичных методов визуализации и молекулярно-биологических маркеров [7].

Классификация НЭН гастроинтестинальных органов и гепатопанкреатобилиарной системы (ВОЗ, 2019–2022 гг.) определяет три основные группы: НЭО, нейроэндокринные карциномы (НЭК/NEC) и смешанные нейроэндокринные/неэндокринные новообразования (MiNEN) [8]. НЭО подразделяются по степени дифференцировки (Grade 1–3) на основании митотического индекса и индекса Ki-67, который отражает уровень пролиферативной активности опухоли [9]. Высокодифференцированные опухоли Grade 1 характеризуются медленным ростом и благоприятным прогнозом, тогда как низкодифференцированные формы (НЭК, Grade 3) демонстрируют агрессивное течение, высокую метастатическую активность и требуют немедленного системного лечения [10, 11]. Таким образом, предоперационная оценка степени злокачественности опухоли имеет решающее значение при выборе тактики лечения [12].

Ранняя неинвазивная оценка степени злокачественности НЭО поджелудочной железы имеет важное клиническое значение при выборе лечебной тактики и определении прогноза [13]. В этой связи особую ценность приобретают методы луче-

вой диагностики, в первую очередь компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), которые позволяют не только визуализировать новообразование, но и косвенно оценить его морфологические и функциональные характеристики [14].

КТ обладает высокой пространственной разрешающей способностью, эффективна при оценке инвазивного роста и метастатического поражения, особенно печени и лимфатических узлов [15]. МРТ, в свою очередь, обладает высокой тканевой контрастностью, предоставляет ценную информацию о характеристиках мягких тканей, включая данные диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ), которые могут отражать плотность расположения клеток [16].

Ряд исследований указывает на наличие статистически значимых различий в показателях визуализации (таких как индекс относительной плотности, коэффициент контрастного усиления, сигнал на ДВИ и значения ИКД между НЭО различной степени злокачественности) [14, 17–19]. Однако данные литературы остаются противоречивыми, отсутствуют стандартизованные визуализирующие критерии, позволяющие с высокой точностью прогнозировать степень дифференцировки до получения результатов иммуногистохимического исследования.

Таким образом, представляется актуальным выявление критериев определения степени злокачественности НЭО поджелудочной железы с помощью КТ и МРТ.

Целью настоящего исследования является оценка диагностической значимости КТ и МРТ в определении степени злокачественности нейроэндокринных новообразований поджелудочной железы.

Материалы и методы

В исследование были включены 89 пациентов (31 мужчина и 58 женщин) с НЭО поджелудочной железы в возрасте от 18 до 74 лет (медиана — 60 лет) на момент исследования. Морфологическая

верификация была получена во всех случаях. Степень дифференцировки опухолевой ткани была оценена в соответствии с классификацией ВОЗ 2019–2022 гг.

54 пациентам была выполнена КТ на аппарате Somatom Scope 16 (Siemens, Германия) с предварительным нативным сканированием (до контрастирования), с последующим внутривенным болясным введением йодсодержащего контрастного препарата «Омнипак» (Йогексол) — 350 мг йода/мл, в объеме 100 мл, с контрастным усилением в артериальную (ФА, 25–30 с), венозную (ВФ, 60–70 с) и отсроченную (ОФ, до 5 мин.) фазы. Степень злокачественности опухолевой ткани была определена как G1 в 12 наблюдениях, как G2 в 32 наблюдениях и как G3 в 9 наблюдениях. По данным КТ оценивался наибольший размер опухоли, характер поражения (одиночное или множественное), форма (округлая/овальная или неправильная), контуры (четкие/нечеткие), структура (солидная или кистозно-солидная), наличие КТ-признаков некроза опухолевой ткани, наличие кальцинатов. В области интереса, которая соответствовала окружному участку в солидной части опухоли поджелудочной железы площадью не менее 0,3 см², мы измеряли количественные показатели плотности в нативную, артериальную, венозную и отсроченную фазы.

71 пациент был обследован с помощью МРТ на аппарате Magnetom Espree 1.5T (Siemens, Германия) с использованием многоканальной 12-элементной приемной катушки «для тела» и получением T₂-ВИ, ДВИ с b-фактором 50, 400 и 800 с/мм², с построением ИКД-карт, 3D T₁-ВИ с применением импульсной последовательности Volumetric Interpolated Breath-hold Examination (VIBE) с подавлением сигнала от жира (FS) до внутривенного введения МРКС и после: в артериальную (11–13 с), портальную (30–45 с) и отсроченную (2–5 мин) фазы. Для внутривенного контрастирования использовалось МРКС гадодиамид в стандартной дозировке 0,5 ммоль/мл 15 мл. Степень злокачественности опухолевой ткани была определена как G1 в 15 наблюдениях, как G2 в 43 наблюдениях и как G3 в 13 наблюдениях. По данным МРТ оценивался наибольший размер опухоли, характер поражения (одиночное или множественное), форма (округлая/овальная или неправильная), контуры (четкие/нечеткие), структура (солидная или кистозно-солидная), наличие МРТ-признаков некроза опухолевой ткани. Область интереса выделялась в опухоли поджелудочной железы аналогичным образом с получением данных об ИС на T₁-FS VIBE в нативную, артериальную, венозную и отсроченную фазы, на T₂-взвешенных изображениях (ВИ), на ДВИ с b-фактором 50, 400 и 800 с/мм², на ИКД-картах измерялось значение ИКД.

Для определения степени накопления МРКС в разные фазы КУ вычислялась разность плотности по КТ или ИС по МРТ между постконтрастной серией и нативным изображением.

Абсолютный процент вымывания рассчитывался по формуле $[(B\Phi - O\Phi) / (B\Phi - H\Phi)] \times 100\%$, где НФ — плотность в HU при измерении на КТ или ИС при измерении на МРТ в нативную фазу, ВФ — аналогичные показатели в венозную фазу, ОФ — в отсроченную. Относительный процент вымывания рассчитывался по формуле $((B\Phi - O\Phi) / B\Phi) \times 100\%$.

Статистический анализ проводился с использованием программы Statistica 10 и StatTech v. 4.8.0.

Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела — Уоллиса, при нормальном распределении — с помощью однофакторного дисперсионного анализа (F-критерий Уэлча). Для сравнения процентных долей при анализе многочленных таблиц сопряженности использовался критерий хи-квадрат Пирсона. Направление и тестота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

При анализе полученных данных КТ нами было выявлено следующее.

Размер и количество узлов

Размер опухоли не различался в группах с различной степенью злокачественности НЭО и не коррелировал с уровнем индекса Ki-67.

В результате сравнительного анализа количества узлов в зависимости от степени злокачественности (Grade) были установлены статистически значимые различия ($p = 0,018$): у пациентов с НЭО Grade 1 чаще встречалось множественное поражение ПЖ по сравнению с пациентами с НЭО Grade 2 ($p = 0,014$), у которых во всех случаях выявлялось солитарное образование.

Качественные характеристики

При статистическом анализе формы были выявлены достоверные различия в зависимости от Grade ($p = 0,02$): в группе Grade 1 в 91,7 % случаев отмечались опухоли овальной или округлой формы, тогда как при Grade 3 такая форма наблюдалась в 33,3 % случаев, с преобладанием образований с нечеткими контурами ($p = 0,015$). Кроме того, выявлен более высокий уровень индекса Ki-67 среди опухолей с неправильной формой ($p = 0,001$) (рис. 1).

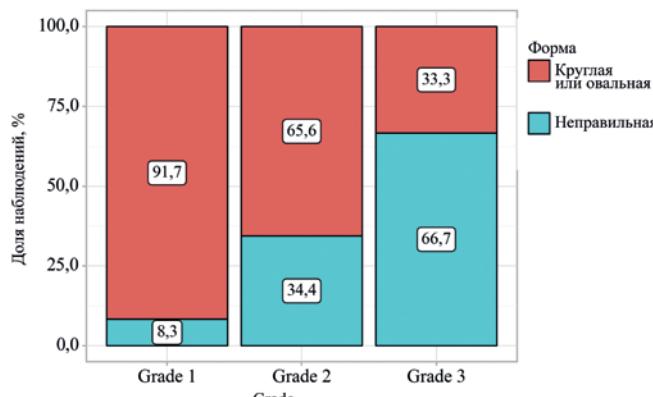


Рис. 1. Распределение частоты встречаемости различной формы НЭО поджелудочной железы по данным КТ в зависимости от степени злокачественности

Fig. 1. Distribution of the frequency of occurrence of various forms of pancreatic NETs according to CT data depending on the degree of malignancy

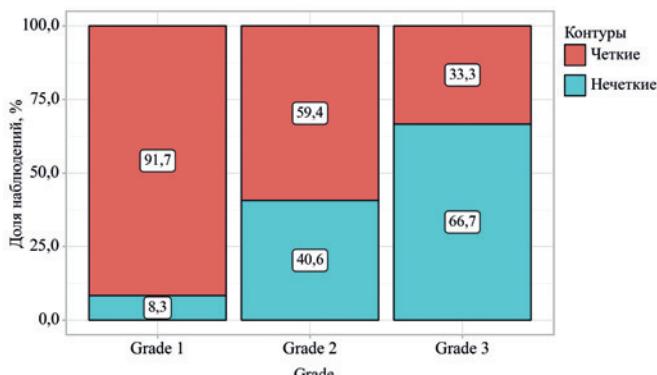


Рис. 2. Распределение частоты встречаемости четких и нечетких контуров НЭО поджелудочной железы по данным КТ в зависимости от степени злокачественности

Fig. 2. Distribution of the frequency of occurrence of clear and fuzzy contours of pancreatic NETs according to CT data depending on the degree of malignancy

Установлены статистически значимые различия ($p = 0,021$) в характере контуров новообразований в зависимости от степени злокачественности ($p = 0,021$). Различия были достоверны при сравнении опухолей Grade 1, у которых в 91,7 % случаев наблюдались четкие контуры, с группой Grade 3, где 66,7 % составляют опухоли с нечеткими контурами, ($p = 0,015$). Кроме того, выявлен более высокий уровень индекса Ki-67 среди опухолей с нечеткими контурами ($p = 0,001$) (рис. 2).

Отмечался более высокий уровень индекса Ki-67 в НЭО неправильной формы (по сравнению с округлой или овальной, $p = 0,001$), с нечеткими контурами (по сравнению с четкими, $p = 0,001$) и с наличием признаков некроза ($p = 0,023$) по данным КТ. Статистически значимых различий уровня Ki-67 от характера поражения (единичное или множественное), структуры опухоли (солидная или кистозно-солидная), а также наличия кальцинатов не было выявлено.

Плотность опухоли и накопление контрастного препарата

Полученные результаты показали снижение накопления контрастного препарата опухолевой тканью с увеличением степени злокачественности. Статистически значимые различия наблюдались по плотности опухоли и накоплению контрастного препарата по данным КТ в АФ ($p = 0,004$ и $p = 0,015$ соответственно) и в ВФ ($p = 0,042$ и $p = 0,008$ соответственно). В АФ плотность была ниже в группе Grade 3 по сравнению с группами Grade 2 ($p = 0,011$) и Grade 1 ($p = 0,011$), а также отмечалось более низкое накопление контрастного средства в группе Grade 3 по сравнению с группами Grade 2 ($p = 0,026$)

и Grade 1 ($p = 0,017$). Выявлено более низкое накопление контрастного препарата в ВФ в группе Grade 3 по сравнению с группами Grade 2 ($p = 0,007$) и Grade 1 ($p = 0,02$), однако плотность опухоли в ВФ при попарном сравнении групп статистически значимо не различалась (рис. 3).

При оценке индекса Ki-67 были установлены обратная связь слабой тесноты со степенью накопления КС в АФ ($p = 0,031$, $\rho = -0,296$), обратная связь слабой тесноты с плотностью НЭО в ВФ ($p = 0,033$, $\rho = -0,294$), обратная связь умеренной тесноты ($p = 0,011$, $\rho = -0,348$) со степенью накопления КС в ВФ ($p = 0,011$, $\rho = -0,348$).

Не отмечалось статистически достоверных различий в группах по плотности НЭО в НФ, плотности и накоплению КС в ОФ. Не было выявлено значимой корреляции уровня индекса Ki-67 с плотностью в НФ, АФ и ОФ и с накоплением в ОФ.

Вымывание контрастного препарата

При оценке абсолютного и относительного процента вымывания по данным КТ в зависимости от Grade, были выявлены существенные различия ($p = 0,012$ и $p = 0,002$ соответственно). Более низкий процент вымывания отмечался в группе Grade 3 по сравнению с группами Grade 2 ($p = 0,02$ и $p = 0,015$ соответственно) и Grade 1 ($p = 0,015$ и $p = 0,002$ соответственно). Показательно, что повышение плотности опухоли в ОФ по сравнению с ВФ, приводящее к отрицательным значениям вымывания (как абсолютного, так и относительного процентов) наблюдалось только при опухолях Grade 3 (рис. 4).

При оценке связи индекса Ki-67 с относительным процентом вымывания была установлена обратная связь слабой тесноты ($p = 0,045$, $\rho = -0,277$),

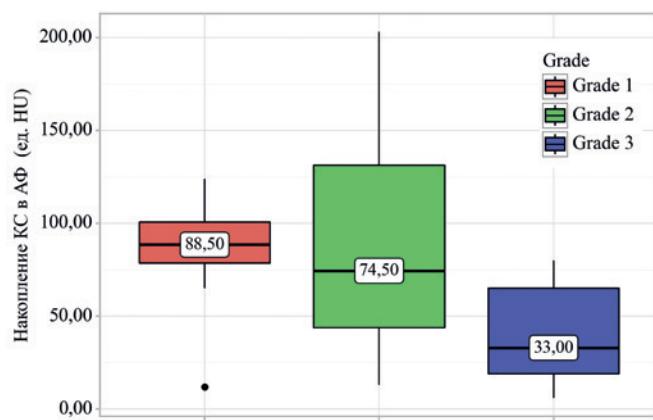


Рис. 3. Диаграмма размаха степени накопления КС в АФ по данным КТ в НЭО поджелудочной железы в зависимости от степени злокачественности

Fig. 3. Diagram of the range of the degree of accumulation of CS in AF according to CT data in pancreatic NETs depending on the degree of malignancy

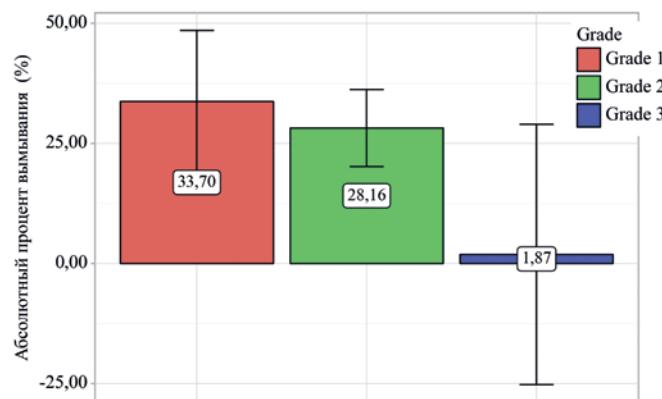


Рис. 4. Диаграмма размаха абсолютного процента вымывания КС в НЭО ПЖ по данным КТ в зависимости от степени злокачественности

Fig. 4. Diagram of the range of the absolute percentage of CL washout in NETs of the pancreas according to CT data depending on the degree of malignancy

Таблица 1. Описательная статистика количественных переменных по данным КТ в зависимости от степени злокачественности НЭО поджелудочной железы

Table 1. Descriptive statistics of quantitative variables according to CT data depending on the degree of malignancy of pancreatic NET

Показатели	Grade			<i>p</i>
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	
Размер наибольшего узла (см), Me [IQR]	2,95 [1,88; 5,05]	3,10 [2,58; 4,17]	3,70 [3,10; 4,7]	0,338
Плотность в НФ (ед. HU), M (SD)	36,17 (7,8)	35,56 (7,4)	40,44 (6,88)	0,224
Плотность в АФ (ед. HU), M (SD)	122,5 (33,03)	121,47 (55,99)	79,89 (26,69)	0,004* $p_{Grade\ 1 - Grade\ 3} = 0,011$ $p_{Grade\ 2 - Grade\ 3} = 0,011$
Плотность в ВФ (ед. HU), Me [IQR]	112,5 [100,25; 118]	106 [84,25; 117]	88 [72; 98]	0,042*
Плотность в ОФ (ед. HU), Me [IQR]	80,5 [76; 85]	83,5 [70; 89,25]	80 [72; 84]	0,806
Накопление КС в АФ (ед. HU), Me [IQR]	88,5 [78,5; 100,75]	74,5 [43,75; 131,25]	33 [19; 65]	0,015* $p_{Grade\ 3 - Grade\ 1} = 0,017$ $p_{Grade\ 3 - Grade\ 2} = 0,026$
Накопление КС в ВФ (ед. HU), M (SD)	68,92 (17,85)	68,53 (25,17)	41,56 (17,46)	0,008* $p_{Grade\ 1 - Grade\ 3} = 0,02$ $p_{Grade\ 2 - Grade\ 3} = 0,007$
Накопление КС в ОФ (ед. HU), Me [IQR]	42,5 [35; 46,5]	42,5 [35; 55]	35 [32; 48]	0,515
Абсолютный процент вымывания (%), M (SD)	33,70 (23,23)	28,16 (22,18)	1,87 (35,24)	0,012* $p_{Grade\ 1 - Grade\ 3} = 0,015$ $p_{Grade\ 2 - Grade\ 3} = 0,02$
Относительный процент вымывания (%), M (SD)	22,61 (15,14)	18,97 (15,66)	2,26 (18,48)	0,013* $p_{Grade\ 1 - Grade\ 3} = 0,016$ $p_{Grade\ 2 - Grade\ 3} = 0,021$

Примечание: * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Таблица 2. Описательная статистика категориальных переменных по данным КТ в зависимости от степени злокачественности и уровня Ki 67 % НЭО поджелудочной железы

Table 2. Descriptive statistics of categorical variables in CT data depending on the grade of malignancy and Ki level 67 % of pancreatic NETs

Показатели	Категории	Grade			<i>p</i> (при сравнении групп различной степени злокачественности)	Индекс Ki; 67 (%); Me (Q1 — Q3)	<i>p</i> (при сравнении индекса Ki; 67)
		Grade 1	Grade 2	Grade 3			
Характер поражения ПЖ	Единичное	9 (75)	32 (100)	8 (88,9)	<i>p</i> _{Grade 1 — Grade 2} = 0,010	7 (3; 15)	0,211
	Множественное	3 (25)	0	1 (11,1)		2 (1,75; 16,5)	
Форма, абс. (%)	Круглая или овальная	11 (91,7)	21 (65,6)	3 (33,3)	<i>p</i> _{Grade 1 — Grade 3} = 0,015	3 (2; 8,5)	0,001*
	Неправильная	1 (8,3)	11 (34,4)	6 (66,7)		15 (6,25; 30)	
Контуры, абс. (%)	Четкие	11 (91,7)	19 (59,4)	3 (33,3)	<i>p</i> _{Grade 1 — Grade 3} = 0,015	3 (2; 8)	0,001*
	Нечеткие	1 (8,3)	13 (40,6)	6 (66,7)		15 (6,7; 30)	
Структура, абс. (%)	Солидная	11 (91,7)	31 (96,9)	9 (100,0)	0,584	6 (3; 15)	0,673
	Кистозно-солидная	1 (8,3)	1 (3,1)	0 (0,0)		5 и 13	
Некроз, абс. (%)	Наличие	5 (41,7)	22 (68,8)	8 (88,9)	0,068	8 (3,5; 17,5)	0,023*
	Отсутствие	7 (58,3)	10 (31,2)	1 (11,1)		3 (2; 9,75)	
Кальцинаты, абс. (%)	Наличие	4 (33,3)	7 (21,9)	3 (33,3)	0,652	6 (2,25; 14,25)	0,7
	Отсутствие	8 (66,7)	25 (78,1)	6 (66,7)		6 (3; 15)	

Примечание: * — различия показателей статистически значимы (*p* < 0,05)

с относительным процентом вымывания — обратная связь умеренной тесноты (*p* = 0,014, *p* = -0,344) (табл. 1, 2).

По данным МРТ (рис. 5, 6) было выявлено следующее.

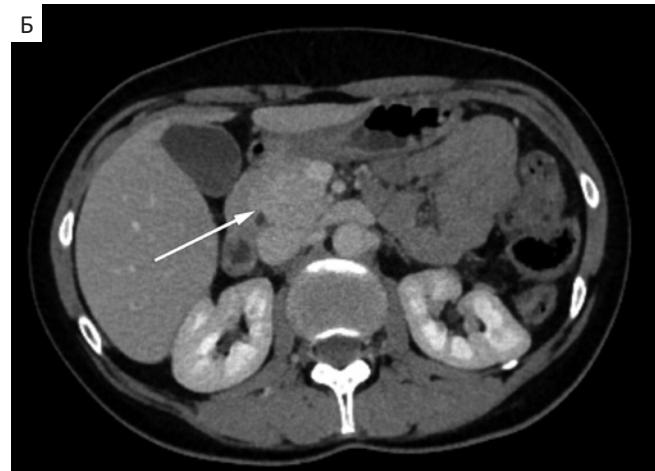


Рис. 5. Компьютерные томограммы абдоминальной области с в/в контрастированием (а — артериальная фаза, б — венозная фаза) женщины 53 лет, с НЭО головки поджелудочной железы G2, Ki-67 — 7 %. В головке поджелудочной железы определяется опухоловое образование, активно накапливающее контрастный препарат в артериальную fazу сканирования, с четкими и ровными контурами, овальной формы. В венозную fazу образование становится изоплотной паренхиме самой поджелудочной железы (стрелки)

Fig. 5. Computer tomograms of the abdominal area with intravenous contrast (a — arterial phase, б — venous phase) of a 53-year-old woman with a NET of the head of the pancreas G2, Ki-67 — 7 %. In the head of the pancreas, a tumor formation is determined that actively accumulates a contrast agent in the arterial phase of scanning, with clear and even contours, oval in shape. In the venous phase, the formation becomes isodense to the parenchyma of the pancreas itself (arrows)

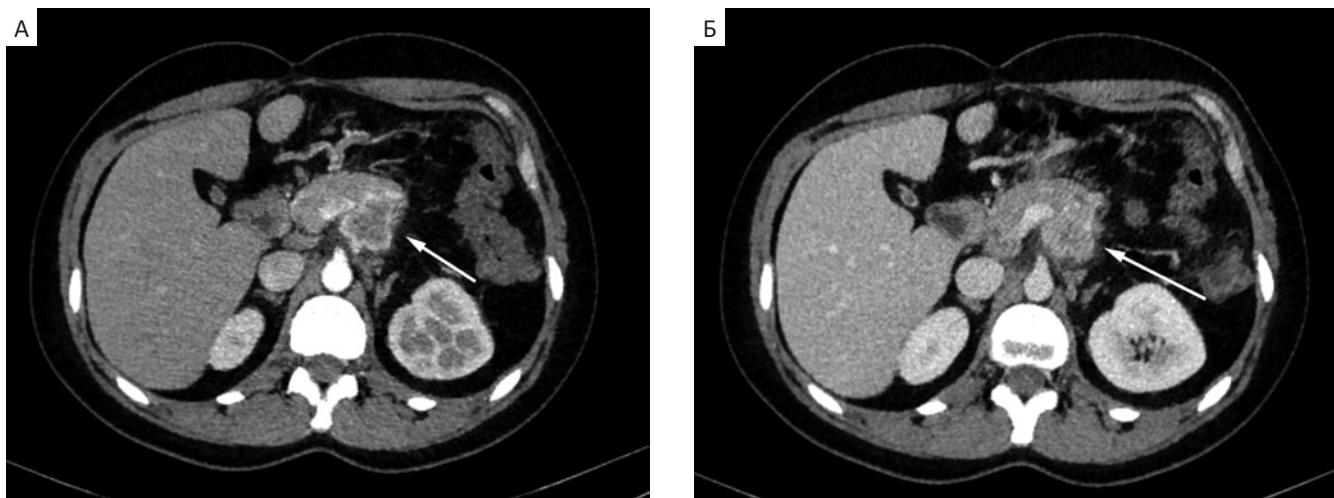


Рис. 6. Компьютерные томограммы абдоминальной области с в/в контрастированием (А — артериальная фаза, Б — венозная фаза) женщины 28 лет, с НЭО тела поджелудочной железы G3, Ki-67 — 35 %. В теле поджелудочной железы определяется опухолевое образование неправильной формы с нечеткими и тяжистыми контурами, преимущественно гиповаскулярного характера контрастирования (стрелки)

Fig. 6. Computed tomograms of the abdominal region with intravenous contrast (A — arterial phase, B — venous phase) of a 28-year-old woman with a NET of the body of the pancreas G3, Ki-67 — 35 %. In the body of the pancreas, a tumor formation of irregular shape with unclear and stringy contours, predominantly of a hypovascular nature of contrast (arrows) is determined

Размер и количество узлов

Не было выявлено статистически достоверных различий в группах по степени злокачественности НЭО ПЖ в зависимости от размера опухоли, единичного или множественного характера поражения. Зависимости от уровня Ki-67 по данным показателям также не установлено.

Качественные характеристики

Исходя из полученных данных при сопоставлении контуров образования по данным МРТ в зависимости от степени злокачественности, были установлены статистически значимые различия ($p = 0,003$). Различия были достоверны при сравнении опухолей Grade 1, у которых в 93,3 % случаев наблюдались четкие контуры, с опухолями Grade 2 (53,5 % опухолей с нечеткими контурами, $p = 0,005$) и Grade 3 (61,5 % опухолей с нечеткими контурами, $p = 0,005$). По характеру поражения (единичное или множественное), структуре опухолевой ткани (кистозная или кистозно-солидная) а также наличию признаков некроза достоверных различий не было выявлено.

Согласно полученным данным при сопоставлении индекса Ki-67 в зависимости от формы и характера контуров по данным МРТ, были установлены статистически значимые различия ($p = 0,028$

и $p < 0,001$ соответственно): более низкий индекс Ki-67 был характерен для опухолей с круглой или овальной формой и четкими контурами.

ИС на нативных МР-последовательностях и ИКД

Не было выявлено статистически достоверных различий в группах по степени злокачественности НЭО ПЖ в зависимости от ИС на T₁-ВИ FS, на T₂-ВИ, на ДВИ с b-фактором 50, 400 и 800 с/мм², значения ИКД не было выявлено.

При оценке связи ИС опухоли на T₁ FS в нативную фазу и индекса Ki-67 была установлена умеренной тесноты обратная связь ($p = 0,011$, $\rho = -0,306$). Достоверных корреляции ИС на T₂-ВИ, на ДВИ с b-фактором 50, 400 и 800 с/мм², значения ИКД с индексом Ki-67 не было выявлено.

Накопление и вымывание МРКС

При оценке индекса Ki-67 была установлена обратная связь слабой тесноты с ИС опухоли в АФ ($p = 0,043$, $\rho = -0,244$), ИС опухоли в ВФ ($p = 0,013$, $\rho = -0,296$), накоплением МРКС опухолевой тканью в ВФ ($p = 0,024$, $\rho = -0,271$), ИС опухоли в ОФ ($p = 0,04$, $\rho = -0,248$). Не было выявлено значимой корреляции уровня индекса Ki-67 с накоплением МРКС в АФ и ОФ, абсолютным и относительным процентом вымывания МРКС (табл. 3, 4).

Таблица 3. Описательная статистика количественных переменных по данным МРТ в зависимости от степени злокачественности НЭО поджелудочной железы
Table 3. Descriptive statistics of quantitative variables according to MRI data depending on the degree of malignancy of pancreatic NET

Показатели	Grade			<i>p</i>
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	
Размер (см) наименьшего узла (см), M (SD)	0,7 (0,1)	0,93 (0,42)	1,73 (1,27)	0,3
Размер наибольшего узла (см), Me [IQR]	3 [2; 5]	3 [2; 4]	3 [3; 4]	0,782
Нативная фаза, Me [IQR]	138 [110,5; 204,5]	120 [108,5; 15]	117 [97; 135]	0,244
Артериальная фаза, Me [IQR]	290 [202; 563,5]	260 [176; 366]	221 [181; 298]	0,415
Накопление МРКС в артериальную фазу, Me [IQR]	178 [71; 262]	130 [82,5; 228]	96 [86; 168]	0,485
Венозная фаза, Me [IQR]	285 [239; 563]	272 [214,5; 428]	250 [191; 29]	0,404
Накопление МРКС в венозную фазу, Me [IQR]	170 [116,5; 261,5]	150 [111,5; 243]	128 [94; 168]	0,448
Отсроченная фаза, Me [IQR]	273 [203,5; 519]	230 [200; 416,5]	251 [165; 299]	0,655
Накопление МРКС в отсроченную фазу, Me [IQR]	131 [93; 245,5]	122 [88,5; 216]	142 [72; 164]	0,904
Относительный процент вымывания, Me [IQR]	22,25 [17,37; 29,38]	15,13 [2,75; 28,22]	-0,60 [-14,52; 20,62]	0,156
Абсолютный процент вымывания, Me [IQR]	12,45 [10,08; 14,51]	7,42 [1,42; 15,69]	-0,35 [-7,2; 11,24]	0,155
ИС на T ₂ -ВИ, Me [IQR]	241 [186; 34]	262 [189,5; 365,5]	209 [139; 279]	0,285
ИС на ДВИ (b-фактор 50), Me [IQR]	235 [137,5; 28]	233 [144; 365]	212 [143; 229]	0,452
ИС на ДВИ (b-фактор 400), Me [IQR]	152,5 [67,75; 180,25]	141,5 [103; 212,25]	135 [78; 156]	0,47
ИС на ДВИ (b-фактор 800), Me [IQR]	75,5 [45,5; 101,5]	101 [69; 134,75]	90 [60; 106]	0,204
Значение ИКД, Me [IQR]	1100,5 [934,25; 1236]	1092,5 [956,5; 1273]	1100 [1007; 1126]	0,648

Примечание: * — различия показателей статистически значимы (*p* < 0,05)

Таблица 4. Описательная статистика категориальных переменных по данным МРТ в зависимости от степени злокачественности и уровня Ki-67 % НЭО поджелудочной железы

Table 4. Descriptive statistics of categorical variables in MRI data depending on the grade of malignancy and Ki level 67 % of pancreatic NETs

Показатели	Категории	Grade			<i>p</i> (при сравнении групп различной степени злокачественности)	Индекс Ki; 67 [%]; Me [Q ₁ -Q ₃]	<i>p</i> (при сравнении индекса Ki; 67)
		Grade 1	Grade 2	Grade 3			
Характеристика поражения	Единичное	11 (73,3)	39 (90,7)	8 [3; 17,25]	0,184	8 [3; 17,25]	0,102
	Множественное	4 (26,7)	4 (9,3)	3 [1; 9]		3 [1; 9]	
Форма, абс. (%)	Овальная или круглая	11 (73,3)	26 (60,5)	5 [2; 14]	0,167	5 [2; 14]	0,028*
	Неправильная	4 (26,7)	17 (39,5)	9,5 [5; 23]		9,5 [5; 23]	
Контуры, абс. (%)	Четкие	14 (93,3)	20 (46,5)	3 [2; 11]	0,03* <i>p</i> _{Grade 1 — Grade 2} = 0,05 <i>p</i> _{Grade 1 — Grade 3} = 0,05	3 [2; 11]	0,003*
	Нечеткие	1 (6,7)	23 (53,5)	9,5 [2; 20,75]		9,5 [2; 20,75]	
Структура, абс. (%)	Солидная	9 (60,0)	35 (81,4)	7 [3; 15,5]	0,184	7 [3; 15,5]	0,575
	Кистозно-солидная	6 (40,0)	8 (18,6)	7 [2; 16,5]		7 [2; 16,5]	
Некроз, абс. (%)	Наличие	5 (33,3)	20 (46,5)	8 [3,5; 16,5]	0,642	8 [3,5; 16,5]	0,332
	Отсутствие	10 (66,7)	23 (53,5)	5 [3; 15,5]		5 [3; 15,5]	

Примечание: * — различия показателей статистически значимы (*p* < 0,05)

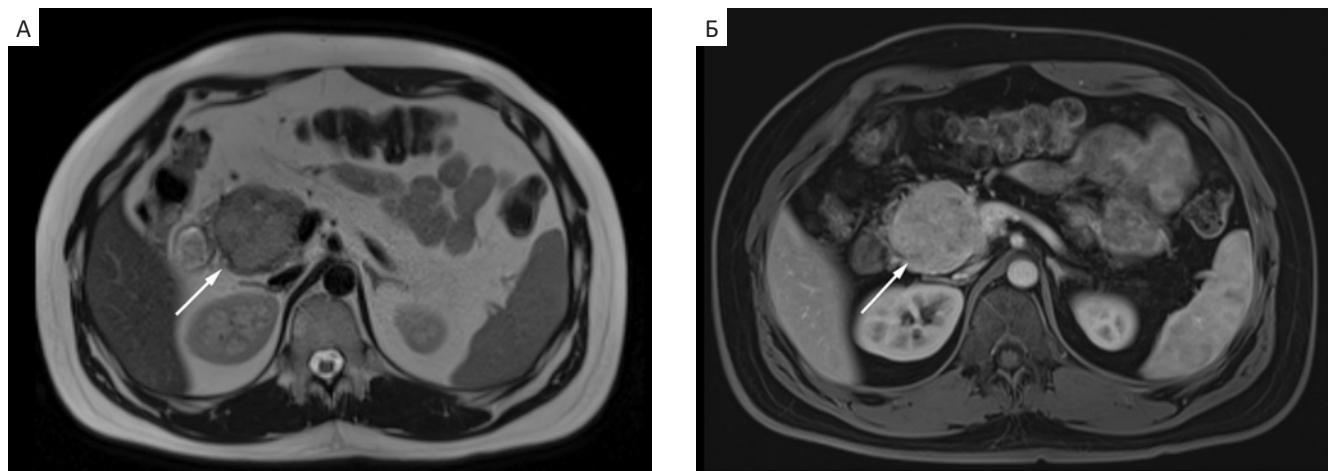


Рис. 7. МР-томограммы абдоминальной области (А — T_2 -ВИ, Б — артериальная фаза) мужчины 24 лет с НЭО головки поджелудочной железы G1, Ki-67 — 2 %. В головке поджелудочной железы определяется опухолевое образование, с четкими и ровными контурами, округлой формы, солидной структуры (стрелки), активно накапливающее МРКС

Fig. 7. MR tomograms of the abdominal region (A — T_2 -WI, B — arterial phase) of a 24-year-old man with a NET of the head of the pancreas G1, Ki-67 — 2 %. A tumor formation with clear and even contours, rounded shape, solid structure (arrows) is determined in the head of the pancreas

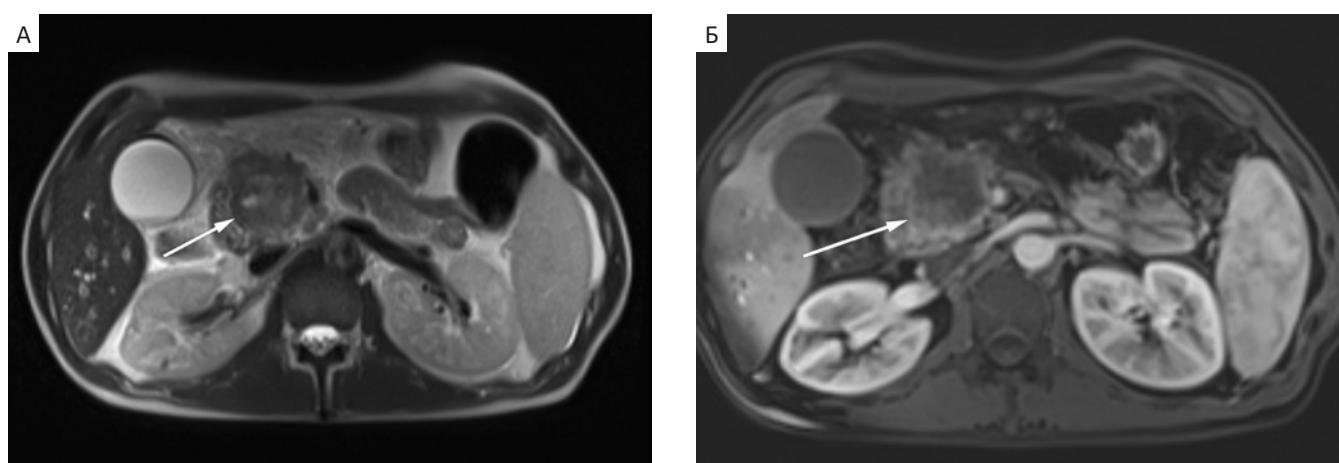


Рис. 8. МР-томограммы абдоминальной области (А — T_2 -ВИ, Б — артериальная фаза) мужчины 51 года с НЭО головки поджелудочной железы G3, Ki-67 — 44 %. В головке поджелудочной железы определяется опухолевое образование (стрелки), с нечеткими и тяжистыми контурами, неправильной формы, с наличием в структуре опухолевых масс зон некроза

Fig. 8. MR tomograms of the abdominal region (A — T_2 -WI, B — arterial phase) of a 51-year-old man with a NET of the head of the pancreas G3, Ki-67 — 44 %. In the head of the pancreas, a tumor formation is determined, with unclear and stringy contours, irregular in shape, with the presence of necrotic zones in the structure of the tumor masses (arrows)

Обсуждение

Визуализационная оценка НЭО поджелудочной железы представляет собой важнейший этап в предоперационной диагностике и стратификации риска. Наше исследование продемонстрировало, что как КТ, так и МРТ с применением ДВИ обладают значительным потенциалом в неинвазивной дифференциации опухолей различной степени злокачественности, особенно при корреляции с индексом пролиферации Ki-67.

Размер опухоли, выявляемый при КТ и МРТ, влияет на оценку риска и выбор тактики лечения, однако результаты исследования показали, что его роль как надежного предиктора степени злокачественности остается спорной [20]. Согласно рекомендациям ENETS Consensus Guidelines (2016) [21], опухоли размером более 2–3 см требуют более внимательного подхода из-за повышенного риска метастазирования и прогрессирования, но размер не всегда отражает биологическую агрессивность опухоли. В нашем исследовании было также отме-

чено, что множественные поражения чаще встречались при НЭО Grade 1, тогда как солитарные образования преобладали в Grade 2, что может указывать на различные пути развития опухолей с разной степенью дифференцировки. Однако этот аспект требует дальнейшего изучения на больших выборках.

Среди наиболее информативных признаков по данным КТ можно выделить: форму и контуры образования, наличие некроза, плотностные характеристики опухоли в артериальную и венозную фазы, а также абсолютный и относительный процент вымывания контрастного препарата. В проведенном нами исследовании была установлена статистически значимая ассоциация между рядом количественных и качественных признаков визуализации и степенью злокачественности опухолей.

В частности, в опухолях G3 наблюдалось снижение накопления контрастного вещества в артериальную и венозную фазы на КТ, что подтверждает данные Yano et al (2017), указывающие на гиповаскулярную природу низкодифференцированных НЭО [22]. Сходные выводы приводятся и в работе D'Assignies et al (2009), где отмечено, что опухоли с более высокой степенью злокачественности (G3) имеют меньшую плотность и накопление контрастного препарата в артериальную фазу, что объясняется снижением микроваскулярной перфузии вследствие клеточной атипии и некроза [23]. Текстурный анализ опухолей поджелудочной железы позволил дифференцировать НЭО 1 от НЭО G2 с точностью 84% [24].

Кроме того, нами впервые показано, что отрицательный показатель вымывания контрастного вещества, отражающий повышение плотности опухоли в отсроченную фазу, встречается исключительно у опухолей G3, что может рассматриваться как дополнительный визуализируемый маркер низкой дифференцировки.

Полученные нами данные также подтверждают, что опухоли с G1 характеризуются чаще округлой формой, четкими контурами и более выраженным артериальным усилением. Это соответствует результатам Lee et al (2018), где подчеркивается, что высокодифференцированные НЭО поджелудочной железы имеют четкую капсулу и богатую сосудистую сеть, в отличие от низкодифференцированных опухолей [25].

Также результаты исследования показали, что опухоли с нечеткими контурами, неправильной формой и признаками некроза по данным КТ и МРТ имеют более высокий уровень Ki-67. Это может служить индикатором агрессивного течения, как указывалось ранее в исследованиях De Robertis et al (2017) и Hu et al (2022) [18, 26].

В отличие от КТ, при МРТ не было выявлено статистически значимых различий в группах по степени злокачественности в зависимости от характеристики сигнала на нативных МР-последовательностях (T_1 -ВИ, T_2 -ВИ, ДВИ) и значения ИКД. Выявленная обратная корреляция ИС опухоли на постконтрастных изображениях с уровнем Ki-67 может отражать снижение микроциркуляции и плотности сосудистой сети при высокозлокачественных образованиях, что также упоминается в работе De Robertis et al (2017) [18]. В проведенном исследовании была установлена статистически значимая обратная корреляция между уровнем Ki-67 и ИС на T_1 FS в нативную фазу ($p = 0,011$), что, вероятно, отражает повышение клеточной плотности в более агрессивных опухолях. Подобные наблюдения были зафиксированы и в ряде других исследований, где снижение сигнала на T_1 -ВИ, а также уменьшение значений ИКД коррелировали с более высокой степенью злокачественности нейроэндокринных новообразований поджелудочной железы и другими опухолями [27, 28]. Кроме того, уменьшение степени накопления МРКС в артериальную и венозную фазы опухлевой тканью наблюдалось по мере снижения степени злокачественности метастазов НЭО в печени [29].

В дополнение к описанным нами корреляциям сигналов на T_1 FS, результаты Guo et al (2017) демонстрируют значимое снижение ИКД по мере возрастания степени злокачественности (G1→G3), с высокими показателями AUROC (~0,95–0,96) для различия G3-опухолей от G1-2. Это подчеркивает потенциал ДВИ как функционального маркера агрессивности НЭН поджелудочной железы и дополняет наблюдения по сигналам на T_1 и контрастированию [30].

Сравнение наших результатов с данными литературы выявляет как сходства, так и различия, что отражает многообразие клинико-морфологических проявлений НЭО поджелудочной железы и вариабельность данных визуализации. Несмотря на это, наше исследование подтверждает, что КТ и МРТ способны предоставлять ценную информацию о биологических характеристиках опухоли, хотя изолированно не могут заменить гистологическую верификацию.

Таким образом, как КТ, так и МРТ обладают значительным потенциалом в комплексной визуализационной оценке степени злокачественности нейроэндокринных новообразований. Наибольшую прогностическую ценность представляют качественные характеристики опухоли, данные контрастирования и их связь с Ki-67. Эти параметры следует рассматривать как важное дополнение к

морфологическим методам при планировании лечения и прогнозировании течения заболевания.

Заключение

КТ и МРТ могут быть использованы в оценке степени злокачественности НЭО ПЖ. Наиболее надежные визуализируемые маркеры агрессивности включают нечеткие контуры, неправильную форму, гиповаскулярность, выраженный некроз, слабый или отрицательный процент вымывания контрастного препарата и снижение ИС на T₁ FS. Комплексное использование этих признаков может существенно повысить точность предоперационной стратификации риска.

Список литературы / References

1. Коханенко НЮ, Моргожия ТШ. Нейроэндокринные опухоли поджелудочной железы: этиология, патогенез, диагностика, современные аспекты лечения. Анналы хирургической гепатологии. 2018;23(2):100-10. Kokhanenko NYu, Morgoshiya TSh. Neuroendocrine tumors of the pancreas: etio-pathogenesis, diagnosis, current treatment. Annals of HPB Surgery. 2018;23(2):100-110. (In Russ.). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.20182100-110>.
2. Oberg K. Pancreatic endocrine tumors. Semin Oncol. 2010 Dec;37(6):594-618. <https://doi.org/10.1053/j.seminoncol.2010.10.014>.
3. Modlin IM, Oberg K, Chung DC, et al. Gastroenteropancreatic neuroendocrine tumours. Lancet Oncol. 2008;9(1):61-72. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(07\)70410-2](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(07)70410-2).
4. Dasari A, Shen C, Halperin D, et al. Trends in the Incidence, Prevalence, and Survival Outcomes in Patients With Neuroendocrine Tumors in the United States. JAMA Oncol. 2017;3(10):1335-42. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2017.0589>
5. Fraenkel M, Kim M, Faggiano A, et al. NETwork. Incidence of gastroenteropancreatic neuroendocrine tumours: a systematic review of the literature. Endocr Relat Cancer. 2014;21(3):R153-63. <https://doi.org/10.1530/ERC-13-0125>.
6. Rossi RE, Massironi S. The Increasing Incidence of Neuroendocrine Neoplasms Worldwide: Current Knowledge and Open Issues. J Clin Med. 2022;11:3794. <https://doi.org/10.3390/jcm11133794>.
7. Pavel M, Öberg K, Falconi M, et al. ESMO Guidelines Committee. Electronic address: clinicalguidelines@esmo.org. Gastroenteropancreatic neuroendocrine neoplasms: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Ann Oncol. 2020;31(7):844-60. <https://doi.org/10.1016/j.annonc.2020.03.304>.
8. Nagtegaal ID, Odze RD, Klimstra D, et al. WHO Classification of Tumours Editorial Board. The 2019 WHO classification of tumours of the digestive system. Histopathology. 2020;76(2):182-8. <https://doi.org/10.1111/his.13975>.
9. La Rosa S. Diagnostic, Prognostic, and Predictive Role of Ki67 Proliferative Index in Neuroendocrine and Endocrine Neoplasms: Past, Present, and Future. Endocr Pathol. 2023;34(1):79-97. <https://doi.org/10.1007/s12022-023-09755-3>.
10. Hofland J, Kaltsas G, de Herder WW. Advances in the Diagnosis and Management of Well-Differentiated Neuroendocrine Neoplasms. Endocr Rev. 2020;41(2):371-403. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnz004>.
11. Melhorn P, Raderer M, Mazal P, et al. NEC versus NET G3—is there a grey zone? Case report of pancreatic NET G3 with rapid disease progression. memo – Magazine of European Medical Oncology. 2024;17:310-4. <https://doi.org/10.1007/s12254-024-00976-8>.
12. Zappi A, Persano I, Galvani L, et al. Chemotherapy in Well Differentiated Neuroendocrine Tumors (NET) G1, G2, and G3: A Narrative Review. J Clin Med. 2023;12:717. <https://doi.org/10.3390/jcm12020717>.
13. Toshima F, Inoue D, Komori T, et al. Is the combination of MR and CT findings useful in determining the tumor grade of pancreatic neuroendocrine tumors? Jpn J Radiol. 2017;35(5):242-53. <https://doi.org/10.1007/s11604-017-0627-x>.
14. Chiti G, Grazzini G, Cozzi D, et al. Imaging of Pancreatic Neuroendocrine Neoplasms. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(17):8895. <https://doi.org/10.3390/ijerph18178895>.
15. Azoulay A, Cros J, Vullierme M-P, et al. Morphological imaging and CT histogram analysis to differentiate pancreatic neuroendocrine tumor grade 3 from neuroendocrine carcinoma. Diagnostic and Interventional Imaging, 2020;101(12):821-30. <https://doi.org/10.1016/j.dii.2020.06.006>
16. Xie Y, Zhang S, Liu X, et al. Minimal apparent diffusion coefficient in predicting the Ki-67 proliferation index of pancreatic neuroendocrine tumors. Jpn J Radiol. 2022;40:823-30. <https://doi.org/10.1007/s11604-022-01262-5>
17. Wang Y, Chen ZE, Yaghmai V, et al. Diffusion-weighted MR imaging in pancreatic endocrine tumors correlated with histopathologic characteristics. J Magn Reson Imaging. 2011;33(5):1071-9. <https://doi.org/10.1002/jmri.22541>.
18. De Robertis R, Cingarlini S, Tinazzi Martini P, et al. Pancreatic neuroendocrine neoplasms: Magnetic resonance imaging features according to grade and stage. World J Gastroenterol. 2017 Jan 14;23(2):275-85. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i2.275>.
19. Manfredi R, Bonatti M, Mantovani W, et al. Non-hyperfunctioning neuroendocrine tumours of the pancreas: MR imaging appearance and correlation with their biological behaviour. Eur Radiol. 2013;23:3029-39. <https://doi.org/10.1007/s00330-013-2929-4>
20. Лозовая ВВ, Маликова ОА, Водолеев АС и др. Эндоскопическая радиочастотная абляция под контролем ультрасонографии как новый метод лечения нейроэндокринных опухолей поджелудочной железы и вариант анальгезии при местно-распространенных формах рака поджелудочной железы. Первый опыт в России. Хирургия и онкология. 2023;13(3):11-20. Lozovaya VV, Malikhova OA, Vodoleev AS et al. Endoscopic radiofrequency ablation under the control of ultrasonography as a new method of treatment of neuroendocrine pancreatic tumors and analgesia option for locally advanced forms of pancreatic cancer. First experience in Russia. Surgery and oncology. 2023;13(3):11-20. <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2023-13-3-11-20>
21. Falconi M, Eriksson B, Kaltsas G, et al. (2016). ENETS Consensus Guidelines Update for the Management of Patients with Functional Pancreatic Neuroendocrine Tumors and Non-Functional Pancreatic Neuroendocrine Tumors. Neuroendocrinology. 2016;103:153-71. <https://doi.org/10.1159/000443171>.
22. Yano M, Misra S, Carpenter DH, et al. Pancreatic Neuroendocrine Tumors: Computed Tomography Enhancement, But Not Histological Grade, Correlates With Tumor Aggression. Pancreas. 2017;46(10):1366-72. <https://doi.org/10.1097/MPA.0000000000000922>.
23. d'Assignies G, Couvelard A, Bahrami S, et al. Pancreatic endocrine tumors: tumor blood flow assessed with perfusion CT

- reflects angiogenesis and correlates with prognostic factors. *Radiology.* 2009;250(2):407-16. <https://doi.org/10.1148/radiol.2501080291>.
24. Груздев ИС, Тихонова ВС, Замятин АА и др. Компьютерная томография в прогнозировании степени дифференцировки гиперваскулярных нейроэндокринных опухолей поджелудочной железы: текстурный анализ и характеристики контрастирования. *REJR.* 2021;11(4):105-14. Gruzdev IS, Tikhonova VS, Zamyatina KA, et al. Computed tomography in prediction of hypervascular pancreatic neuroendocrine tumors grade: texture analysis and contrast enhancement features. *REJR.* 2021; 11(4):105-14. (In Russ.). <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2021-11-4-105-114>
25. Lee L, Ito T, Jensen RT. Imaging of pancreatic neuroendocrine tumors: recent advances, current status, and controversies. *Expert Rev Anticancer Ther.* 2018;18(9):837-60. <https://doi.org/10.1080/14737140.2018.1496822>.
26. Hu HF, Li Z, Chen K, et al. Multimodality imaging differentiation of pancreatic neuroendocrine tumors and solid pseudopapillary tumors with a nomogram model: A large single-center study. *Front Surg.* 2022;9:970178. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.970178>.
27. Mebis W, Snoeckx A, Corthouts B, et al. Correlation Between Apparent Diffusion Coefficient Value on MRI and Histopathologic WHO Grades of Neuroendocrine Tumors. *Journal of the Belgian Society of Radiology.* 2020;104(1):7. Available at: <https://doi.org/10.5334/jbsr.1925>.
28. Kulali F, Semiz-Oysu A, Demir M, et al. Role of diffusion-weighted MR imaging in predicting the grade of non-functional pancreatic neuroendocrine tumors. *Diagn Interv Imaging.* 2018;99(5):301-9. <https://doi.org/10.1016/j.dii.2017.10.012>.
29. Лаптева МГ, Сергеева ОН, Шориков МО, Долгушин БИ. Возможности МРТ с контрастным усилением в оценке степени дифференцировки метастазов нейроэндокринных опухолей в печени. Диагностическая и интервенционная радиология. 2020;14(1):11-7. Lapteva MG, Sergeeva ON, Shorikov MO, Dolgushin BI. The role of MRI with contrast enhancement in assessment of differentiation grade of liver metastases of neuroendocrine tumors. *Journal Diagnostic & interventional radiology.* 2020;14(1):11-7. (In Russ.). <https://doi.org/10.25512/DIR.2020.14.1.01>.
30. Guo C, Zhuge X, Chen X, et al. Value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in predicting World Health Organization grade in G1/G2 pancreatic neuroendocrine tumors. *Oncol Lett.* 2017;13(6):4141-6. <https://doi.org/10.3892/ol.2017.6029>.

Вклад авторов

А.М. Белоzerosких: разработка дизайна исследования; обзор публикаций по теме статьи; получение данных для статистического анализа, написание текста рукописи.
Б.М. Медведева: утверждение концепции и дизайн исследования, корректировка рукописной части текста, участие в окончательном утверждении версии статьи для печати.
М.Г. Лаптева: анализ и интерпретация полученных статистических данных.
А.А. Маркович: участие в сборе данных.
М.Г. Абгарян: участие в сборе данных.

Authors' contributions

Belozeroskikh A.M.: development of research design; review of publications on the topic of the article; obtaining data for statistical analysis, writing the text of the manuscript.
Medvedeva B.M.: approval of the concept and design of the study, correction of the handwritten part of the text, participated in the final approval of the version of the article, which is being printed
Lapteva M.G.: analysis and interpretation of the obtained statistical data.
Markovich A.A.: participation in data collection.
Abgaryan M.G.: participation in data collection.

Information about the authors

Anastasiya M. Belozeroskikh
<https://orcid.org/0009-0005-2532-1956>
Bela M. Medvedeva, <https://orcid.org/0000-0003-1779-003X>
Mariya G. Lapteva, <https://orcid.org/0000-0002-1295-4106>
Alla A. Markovich, <https://orcid.org/0000-0002-5548-1724>
Mikael G. Abgaryan, <https://orcid.org/0000-0001-8893-1894>

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось.
Информированное согласие. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Тип статьи: Оригинальная статья.

Поступила: 29.06.2025.

Принята к публикации: 23.08.2025.

Опубликована online: 26.09.2025.

Funding. The study had no sponsorship.
Conflict of interests. Not declared.
Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.
Informed consent. The patients signed informed consent for the publication of the data.

Article type: Original article.

Received: 29.06.2025.

Accepted for publication: 23.08.2025.

Published online: 26.09.2025.