



# Визуализация рака желудка: компьютерно-томографическая пневмогастрография

**Амелина И.Д., Шевкунов Л.Н., Карачун А.М., Муравцева А.Л., Артемьева А.С.**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России,  
ул. Ленинградская, 68, пос. Песочный, Санкт-Петербург, 197758, Российская Федерация

**Амелина Инна Дмитриевна**, мл. науч. сотр. научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, врач-рентгенолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-5128-001X>

**Шевкунов Лев Николаевич**, к. м. н., заведующий отделением лучевой диагностики, ст. науч. сотр. научного отделения диагностической и интервенционной радиологии, врач-рентгенолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0003-4533-1658>

**Карачун Алексей Михайлович**, д. м. н., доцент, заведующий отделением абдоминальной онкологии, руководитель научного отделения опухолей желудочно-кишечного тракта, врач-онколог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-6641-7229>

**Муравцева Анастасия Леонидовна**, врач-патологоанатом ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России

**Артемьева Анна Сергеевна**, к. м. н., доцент, заведующая патологоанатомическим отделением, руководитель научной лаборатории морфологии опухолей ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-2948-397X>

## Резюме

**Цель:** раскрыть технические нюансы для получения качественных изображений с помощью протокола компьютерной томографии с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией, способствующие выявлению, оценке морфологического типа, определению локализации, глубины инвазии рака желудка.

**Материал и методы.** В исследование вошли 250 пациентов как с ранним (24,8%), так и с местнораспространенным (75,2%) раком желудка, получавших лечение в Национальном медицинском исследовательском центре онкологии имени Н.Н. Петрова с 2015 по 2018 г. Предоперационную химиотерапию прошли 142 (56,8%) пациента, 108 (43,2%) больных ее не получали. Всем пациентам на предоперационном этапе была проведена компьютерная томография с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией. Все больные были радикально прооперированы в объеме субтотальной или тотальной резекции желудка.

**Результаты.** Методом компьютерной томографии с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией рак желудка был обнаружен в 98,4% случаев, 23,2% составили случаи раннего рака с глубиной инвазии T1a и T1b. У 4 (1,6%) пациентов опухоль достоверно дифференцировать не удалось. Данную группу составили: 3 (1,2%) больных с опухолью глубиной инвазии pT1a и 1 (0,4%) пациент с pT1b. Все невизуализируемые образования имели поверхностный морфологический тип роста: тип 0–II (3 случая с типом 0–IIa и 1 случай с типом 0–IIb), размеры менее 2 см. Три образования локализовались в антральном отделе желудка, 1 – в кардиальном отделе желудка.

**Заключение.** Компьютерная томография с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией – эффективный метод выявления рака желудка, в том числе ранних форм категории T1, позволяющий оценить локализацию, морфологический тип и глубину инвазии опухоли.

**Ключевые слова:** рак желудка; ранний рак желудка; протокол сканирования; компьютерно-томографическая семиотика; глубина инвазии; компьютерно-томографическая пневмогастрография; виртуальная гастроскопия; T-стадия.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Амелина И.Д., Шевкунов Л.Н., Карачун А.М., Муравцева А.Л., Артемьева А.С. Визуализация рака желудка: компьютерно-томографическая пневмогастрография. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2021; 102(3): 155–65. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-3-155-165>

**Для корреспонденции:** Амелина Инна Дмитриевна, E-mail: [dr.innamelina@gmail.com](mailto:dr.innamelina@gmail.com)

Статья поступила 28.12.2020

После доработки 26.05.2021

Принята к печати 27.05.2021

# Gastric Cancer Imaging: Computed Tomographic Pneumogastrography

Inna D. Amelina, Lev N. Shevkunov, Aleksey M. Karachun,  
Anastasiya L. Muravtseva, Anna S. Artemyeva

*Petrov National Medical Research Center for Oncology,  
ul. Leningradskaya, 68, poselok Pesochnyy, Saint Petersburg, 197758, Russian Federation*

**Inna D. Amelina**, Junior Researcher, Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Radiologist,  
Petrov National Medical Research Center for Oncology;  
<http://orcid.org/0000-0002-5128-001X>

**Lev N. Shevkunov**, Cand. Med. Sc., Head of Radiation Diagnostics Department, Senior Researcher, Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Radiologist, Petrov National Medical Research Center for Oncology;  
<http://orcid.org/0000-0003-4533-1658>

**Aleksey M. Karachun**, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Head of Department of Abdominal Oncology, Head of Scientific Department of Gastrointestinal Tumors, Oncologist, Petrov National Medical Research Center for Oncology;  
<http://orcid.org/0000-0001-6641-7229>

**Anastasiya L. Muravtseva**, Pathologist, Petrov National Medical Research Center for Oncology

**Anna S. Artemyeva**, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Head of Pathological Department, Head of Scientific Laboratory of Tumor Morphology, Petrov National Medical Research Center for Oncology;  
<http://orcid.org/0000-0002-2948-397X>

## Abstract

**Objective:** to reveal technical nuances for obtaining high-quality images using a computed tomography protocol with pneumogastrography and virtual gastroscopy, which contribute to the detection and assessment of the morphological type of gastric cancer and to the determination of its localization and invasion depth.

**Material and methods.** The investigation enrolled 250 patients with both early (24.8%) and locally advanced (75.2%) gastric cancer treated in Petrov National Medical Research Center for Oncology from 2015 to 2018. Preoperative chemotherapy was performed in 142 (56.8%) patients and was not done in 108 (43.2%). All the patients underwent preoperative computed tomography with pneumogastrography and virtual gastroscopy. All the patients were radically operated on through subtotal or total gastric resection.

**Results.** Computed tomography with pneumogastrography and virtual gastroscopy was used to detect gastric cancer in 98.4% of patients; the cases with early T1a and T1b invasion depth cancers were 23.2%. The tumor could not be significantly differentiated in 4 (1.6%) patients. This group consisted of: 3 (1.2%) and 1 (0.4%) patients with pT1a and pT1b invasion depth tumors, respectively. All non-visualized tumors had a superficial morphological type of growth (Type 0-II (3 cases with 0-IIa and 1 case with 0-IIb); their sizes were less than 2 cm. Three tumors were localized in the antral portion of the stomach; one was in its cardiac portion.

**Conclusion.** Computed tomography with pneumogastrography and virtual gastroscopy is an effective technique to detect gastric cancer, including its early types of category T1, which makes it possible to assess its localization, morphological type, and invasion depth.

**Keywords:** gastric cancer; early gastric cancer; scanning protocol; computed tomographic semiotics; depth of invasion; computed tomographic pneumogastrography; virtual gastroscopy; T stage.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Amelina ID, Shevkunov LN, Karachun AM, Muravtseva AL, Artemyeva AS. Gastric cancer imaging: computed tomographic pneumogastrography. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2021; 102(3): 155–65 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-3-155-165>

**For corresponding:** Inna D. Amelina, E-mail: [dr.innamelina@gmail.com](mailto:dr.innamelina@gmail.com)

*Received December 28, 2020*

*Revised May 26, 2021*

*Accepted May 27, 2021*

## Введение

Рак желудка является пятым по частоте заболеваемости и вторым по частоте смертности от онкологических заболеваний во всем мире [1]. Наиболее часто рак желудка встречается в странах Восточной Азии, Восточной Европы и Южной Америки [2, 3]. При этом в таких странах Азии, как Корея и Япония, более половины случаев

этой патологии представляют собой ранний рак, во многом благодаря действующим программам скрининга ввиду высокой заболеваемости раком желудка [4–6].

Компьютерная томография (КТ) является одним из основных методов диагностики, позволяющих ответить на максимальное количество поставленных вопросов для уточнения стадирования

опухолевого процесса, и рекомендована ведущими онкологическими ассоциациями (ESMO, NCCN, RUSSCO). Однако диагностировать не только ранний рак желудка, но местнораспространенный без прицельной подготовки желудка к исследованию, как показывает практика, затруднительно. Условие хорошего исследования – растянутый желудок без плотного содержимого. В качестве контрастного агента применяются различные средства: водные растворы рентгеноконтрастных веществ, обычная вода (гидро-КТ), воздух (пневморентгенокомпьютерная томография), комбинированное применение перорального контрастирования с внутривенным введением препаратов для получения отображения слоев стенки желудка. Используется полипозиционное сканирование, для релаксации мускулатуры желудка применяют антиспастические средства.

Большинство существующих исследований проведено с применением обычной воды, как правило, с единовременным пероральным приемом до 1000 мл, что для больных раком желудка может оказаться достаточно затруднительным. Вода, по сравнению с газом (воздухом), обладает меньшей контрастностью, может давать артефакты, имитирующие утолщения или ниши. Научных данных, демонстрирующих преимущества гидро-КТ в выявлении ранних опухолей желудка, нет. Напротив, при использовании гидро-КТ до 98% ранних случаев рака желудка может не дифференцироваться [7]. Контрастирование газом (воздухом) при применении газообразующих смесей имеет непродолжительный эффект. Проводят КТ с использованием катетера Фолея, введенного трансорально или трансназально в пищевод под местной аэрозольной анестезией с непрерывной подачей CO<sub>2</sub> при давлении от 10 до 20 мм рт. ст. [8].

Однако при использовании зонда имеется ряд неудобств, в первую очередь вследствие инвазивности. Хорошее раздувание просвета желудка контрастным веществом позволяет избежать ложных результатов, связанных с псевдоутолщениями и искажением определения толщины стенки желудка, получить наиболее объективную информацию о внутривисцеральной опухолевой инфильтрации, провести трехмерные реконструкции с виртуальной гастроскопией [9]. В связи с развитием эндоскопической и лапароскопической хирургии рака желудка точное определение локализации опухоли и глубины инвазии имеет колоссальное значение [10]. При эндоскопическом исследовании возможно наличие «слепых зон», например кардиальный отдел или угол желудка [11]. Также трудности эндоскопической диагностики составляют диффузные и смешанные типы опухоли с внутривисцеральным ростом, минимальными или не проявляющимися

изменениями на поверхности слизистой оболочки стенки желудка [12–14].

КТ-пневмогастрография совместно с виртуальной гастроскопией, в свою очередь, позволяет оценивать опухоль целиком, а использование внутривенного контрастного препарата и раздувание желудка в раннюю отсроченную фазу способствуют достаточной четкой визуализации границ опухоли. Требуется тщательная и детальная интерпретация результатов КТ с предоставлением надежной информации о локализации и местном распространении опухоли для планирования дальнейшей тактики лечения пациента. КТ-пневмогастрография с виртуальной гастроскопией – достаточный информативный метод предоперационной визуализации, позволяющий диагностировать рак желудка, в том числе ранний, и оценить его местное распространение.

В нашем исследовании мы делаем акцент на технические аспекты для получения качественных изображений при использовании метода компьютерной томографии, обнаружения опухоли, определения ее локализации, морфологического типа, КТ-семиотики глубины инвазии.

## Материал и методы

**Протокол КТ-пневмогастрографии.** На исследование пациент приходит натощак (голодание не менее 6 ч). В нашем учреждении исследование проводилось на 64-срезовом рентгеновском компьютерном томографе. Выполняется сканограмма с определением зоны сканирования в положении на спине – от бифуркации трахеи до подвздошных костей. Параметры сканограммы: kV 120, mAs 50, длина 800 мм. Сканирование проводится сначала в артериальную, затем в портальную фазу. Параметры артериальной фазы: kV 120, mAs 250, толщина среза 2 мм, интервал реконструкции 1 мм, pitch 1, задержка сканирования bolus tracking, позиция ROI – брюшная аорта, значение ROI 150 HU. Параметры портальной фазы: kV 120, mAs 250, толщина среза 2 мм, интервал реконструкции 1 мм, pitch 1, задержка сканирования care bolus + 50–60 с. После окончания портальной фазы сканирования пациент *per os* принимает газообразующую смесь в составе *acidum citricum* 1 ± 0,5 г, растворенной в 5 ± 1 мл воды, и *natrii bicarbonati* 2 ± 0,5 г, запивая небольшим количеством воды в объеме не более 30 мл. Затем снова выполняется сканограмма с прежними параметрами и проводится ранняя отсроченная фаза. Параметры ранней отсроченной фазы: kV 120, mAs 250, толщина среза 2 мм, интервал реконструкции 1 мм, pitch 1, задержка сканирования care bolus + 240–300 с.

Пациент удерживает образовавшийся газ до окончания сканирования. Для лучшей визуализации предпочтительно использовать полипозиционное

сканирование в отсроченную фазу: при локализации опухоли в кардиальном отделе и своде желудка, в том числе для оценки возможного распространения на пищевод, – на животе, в антральном отделе, для исключения распространения на двенадцатиперстную кишку – на левом боку, при локализации опухоли в теле желудка – на спине. Полипозиционное сканирование помогает переместить содержимое желудка и расправить газом сокращенные отделы в месте локализации опухоли. Эффект раздутого желудка газообразующей смесью – достаточно краткосрочный процесс. Образовавшийся газ частично проходит в тонкую кишку, частично выходит через рот, что способствует активизации перистальтики. Отрыжка может явиться причиной развития артефактов, тем самым артериальная или венозная фаза может быть испорчена.

Помимо этого, необходимо учитывать, что процедура выполняется в условиях ненаполненного желудка, необходимо сопоставление информации, полученной во время одного исследования, без растяжения желудка и с растяжением. Проведение раздувания желудка в раннюю отсроченную фазу контрастирования оптимально: границы образования визуализируются на КТ-изображениях наиболее четко ввиду различий скорости вымывания контрастного вещества из неизменных стенок желудка и опухоли<sup>1</sup>. Из трех видов пероральных агентов (положительных, отрицательных и нейтральных) именно отрицательные (газ) предпочтительны при построении трехмерных реконструкций с использованием опции виртуальной гастроскопии.

**Анализ изображений.** Перед интерпретацией полученных КТ-изображений необходимо оценить адекватность подготовки пациента: достаточно ли растяжение просвета желудка. Недостаточное растяжение может помешать выявлению патологических изменений, что необходимо учитывать при анализе полученных результатов. Для обнаружения и определения локализации опухоли необходим анализ 2D- и 3D-изображений, виртуальной гастроскопии. Любое атипичное изменение структуры рельефа желудочных складок (истончение, гипертрофия, конвергенция, деформация с образованием площадки, ниши или неравномерных утолщений) должно обратить на себя внимание и быть сопоставлено со всеми фазами сканирования 2D- и 3D-изображений. При обнаружении патологических изменений необходимо определить точную локализацию с указанием отдела и стенки желудка, протяженности изменений, проксимальной и дистальной границ. Сопоставление всех фаз

сканирования 2D- и 3D-изображений также дает информацию в определении морфологического типа опухоли. Глубина инвазии опухоли оценивается с помощью 2D-изображений.

**Характеристика пациентов.** Больные, вошедшие в исследование, были разделены на две группы с учетом отсутствия (1-я группа) или проведения (2-я группа) предоперационной химиотерапии, поскольку изменение размеров и структуры опухоли на фоне предоперационной терапии может сказаться на факте ее обнаружения и определении ее характеристик.

Сорока шести (42,6%) пациентам с местнораспространенным раком предоперационная химиотерапия не проводилась по причине противопоказаний, отсутствия клинических данных о наличии региональных и отдаленных метастазов и отказа самих больных от проведения предоперационной химиотерапии. Таким образом, 1-ю группу (n = 108) составили пациенты как с ранним (n = 62; 57,4%), так и с местнораспространенным (n = 46; 42,6%) процессом, а 2-ю группу (с проведением предоперационной химиотерапии) – только с местнораспространенным (n = 142) процессом.

Средний возраст пациентов существенно не отличался и составил около 55–56 лет. Мужчин оказалось больше (60%), чем женщин (40%).

## Результаты

Были проанализированы клинические характеристики пациентов в каждой из групп (см. табл.).

Локализация опухоли в 1-й группе преобладала в теле и антральном отделе желудка (61,1%), с преимущественным распространением по малой кривизне (56,5%) и передней стенке (47,2%). Во 2-й группе преобладающей локализацией явилось тело желудка (82,4%) по малой кривизне (88,7%) и задней стенке (80,9%). Также во 2-й группе, которую составили пациенты только с местнораспространенным процессом, явно увеличилось количество случаев проксимального рака (57,8%) с распространением на кардиоэзофагеальный переход (43,7%), пищевод (30,9%), а также дистального рака с распространением на двенадцатиперстную кишку (9,2%). В целом степень вовлечения в процесс смежных отделов и стенок желудка в группе только с местнораспространенными формами увеличивалась. Среди случаев раннего рака преобладали плоские морфологические типы и их комбинации, в особенности типа 0-IIa (30,6%) – поверхностно-приподнятый и 0-IIc (25,9%) – поверхностно-углубленный тип без изъязвления. Среди случаев местнораспространенного рака преобладали инфильтративно-язвенная форма (27,8% и 68,3% соответственно в 1-й и 2-й группах), инфильтративная форма роста также чаще

<sup>1</sup> Патент РФ на изобретение № 2621952 «Способ компьютерно-томографического исследования желудка».

## Клиническая характеристика пациентов / Clinical characteristics of patients

Параметр / Parameter	1-я группа / Group 1 (n = 108)	2-я группа / Group 2 (n = 142)
Мужской/женский пол, n (%) / Males/females, n (%)	65 (60,2) / 43 (39,8)	85 (59,9) / 57 (40,1)
Возраст min–max (средний), лет / Min-max (mean) age, years	27–86 (56,5)	30–80 (55)
Локализация опухоли, n (%) / Tumor site, n (%)		
верхняя треть / upper third	28 (25,9)	82 (57,8)
средняя треть / middle third	66 (61,1)	117 (82,4)
нижняя треть / lower third	66 (61,1)	98 (69,0)
кардиоэзофагеальный переход / cardioesophageal junction	14 (12,9)	62 (43,7)
пищевод / esophagus	11 (10,2)	44 (30,9)
двенадцатиперстная кишка / duodenum	2 (1,9)	13 (9,2)
передняя стенка желудка / anterior wall of the stomach	51 (47,2)	100 (70,4)
задняя стенка желудка / posterior wall of the stomach	47 (43,5)	115 (80,9)
малая кривизна желудка / lesser curvature of the stomach	61 (56,5)	126 (88,7)
большая кривизна желудка / greater curvature of the stomach	45 (41,7)	82 (57,8)
Морфологический тип опухоли, n (%) / Tumor morphological type, n (%)		
0-Ip	9 (8,3)	0 (0)
0-Is	14 (12,9)	0 (0)
0-IIa	33 (30,6)	0 (0)
0-IIb	10 (9,3)	0 (0)
0-IIc	28 (25,9)	0 (0)
0-III	1 (0,9)	0 (0)
1	2 (1,9)	5 (3,5)
2	3 (2,8)	4 (2,8)
3	30 (27,8)	97 (68,3)
4	11 (10,2)	36 (25,4)
Размер min–max (средний), мм / Min-max (mean) size, mm	8–130 (69)	20–180 (100)
Размер, n (%) / Size, n (%)		
< 2 см / <2 cm	15 (13,9)	0 (0)
2–5 см / 2–5 cm	61 (56,5)	42 (29,6)
>5 см / >5 cm	32 (29,6)	100 (70,4)
Гистологический тип опухоли (биопсия), n (%) / Tumor histological type (biopsy), n (%)		
low grade	71 (65,7)	36 (25,4)
high grade	37 (34,3)	106 (74,7)
Гистологический тип опухоли (операционный материал), n (%) / Tumor histological type (surgical material), n (%)		
low grade	61 (56,5)	31 (21,8)
high grade	47 (43,5)	111 (78,2)
Глубина инвазии опухоли, n (%) / Depth of tumor invasion, n (%)		
T1a	39 (36,1)	6 (4,2)
T1b	23 (21,3)	4 (2,8)
T2	14 (12,9)	23 (16,2)
T3	25 (23,2)	76 (53,5)
T4a	6 (5,6)	26 (18,3)
T4b	1 (0,9)	7 (4,9)
Поражение лимфатических узлов, n (%) / Lymph node involvement, n (%)		
N0	73 (67,6)	55 (38,7)
N+	35 (32,4)	87 (61,3)
Отдаленные метастазы, n (%) / Distant metastases, n (%)		
M0	103 (95,4)	110 (77,5)
M1	5 (4,6)	32 (22,5)
Объем резекции желудка, n (%) / Extent of gastric resection, n (%)		
проксимальная субтотальная резекция / proximal subtotal resection	9 (8,3)	12 (8,5)
дистальная субтотальная резекция / distal subtotal resection	42 (38,9)	45 (31,7)
гастрэктомия / gastrectomy	27 (25,0)	85 (59,9)
эндоскопическая диссекция / endoscopic dissection	30 (27,8)	0 (0)
Объем лимфодиссекции, n (%) / Extent of lymph node dissection, n (%)		
не проводилась / not conducted	30 (27,8)	0 (0)
D1/D1+	28 (25,9)	15 (10,6)
D2/D2+	50 (46,3)	127 (89,4)

встречалась при местнораспространенном процессе (25,4%). В 1-й группе преобладающее большинство составили опухоли размерами в диапазоне от 2 до 5 см (56,5%), во 2-й группе – более 5 см (70,4%).

По результатам гистологии среди пациентов 1-й группы чаще встречались аденокарциномы с низким потенциалом злокачественности (56,5%), тогда как у больных 2-й группы преобладали аденокарциномы с высоким потенциалом злокачественности (78,2%). В 1-й группе было больше пациентов с глубиной инвазии T1a–T1b (57,4%) и T2–T3 (36,1%), во 2-й группе – T3–T4a (71,8%). Метастатически пораженные лимфатические узлы выявлены у 32,4% больных, не получавших предоперационную химиотерапию, и у 61,3% получавших ее. Отдаленные метастазы обнаружены у 4,6% пациентов 1-й группы: по 1 случаю – депозиты в малом сальнике (0,9%), депозиты в большом сальнике (0,9%) и в яичниках (0,9%), по 2 случая – в печени (1,9%) и единичные депозиты по брюшине (1,9%). Во 2-й группе отдаленные метастазы выявлены у 22,5% пациентов: в малом сальнике – у 13 (9,2%), в большом сальнике – у 8 (5,6%), положительные перитонеальные смывы – у 11 (7,8%), непосредственно депозиты по брюшине – у 6 (4,2%), в печени – у 2 (1,4%), в яичниках – у 4 (2,8%).

Все выявленные метастазы были радикально удалены. Для пациентов с отдаленными метастазами необходимо применять индивидуальный междисциплинарный подход с комбинированным системным и местным лечением, что может улучшить выживаемость [15, 16]. Хирургическое лечение олигометастатического рака желудка может рассматриваться у больных с хорошим ответом на системную противоопухолевую терапию, с возможным достижением R0-резекции [17]. Объем резекции у пациентов без предоперационной химиотерапии преобладал в виде дистальной субтотальной резекции желудка (38,9%) и эндоскопической диссекции (27,8%), у пациентов с проведенной химиотерапией чаще выполнялись гастрэктомии (59,9%). Больным с эндоскопической диссекцией опухоли лимфодиссекция, соответственно, не проводилась (27,8%), во 2-й группе превалировала лимфодиссекция в объеме D2/D2+ (89,4%). По результатам проведенной КТ с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией рак желудка был обнаружен у 246 пациентов (98,4%), из которых 58 (23,2%) случаев составил ранний рак.

У 4 (1,6%) больных опухоль однозначно дифференцировать не удалось. Данную группу составили пациенты с ранним раком: 3 (1,2%) случая с глубиной инвазии pT1a и 1 (0,4%) – с pT1b. Гистологически у 2 больных была выявлена аденокарцинома

с высоким потенциалом злокачественности и у 2 – аденокарцинома с низким потенциалом злокачественности. Все не визуализируемые образования имели плоский морфологический тип роста 0–II (3 случая – поверхностно-приподнятый типа 0–IIa, 1 случай – поверхностно-плоский типа 0–IIb), размеры менее 2 см. Три образования локализовались в антральном отделе желудка, 1 – в кардиальном. Сканирование пациентов с невыявленными образованиями проводилось только в положении лежа на спине.

## Обсуждение

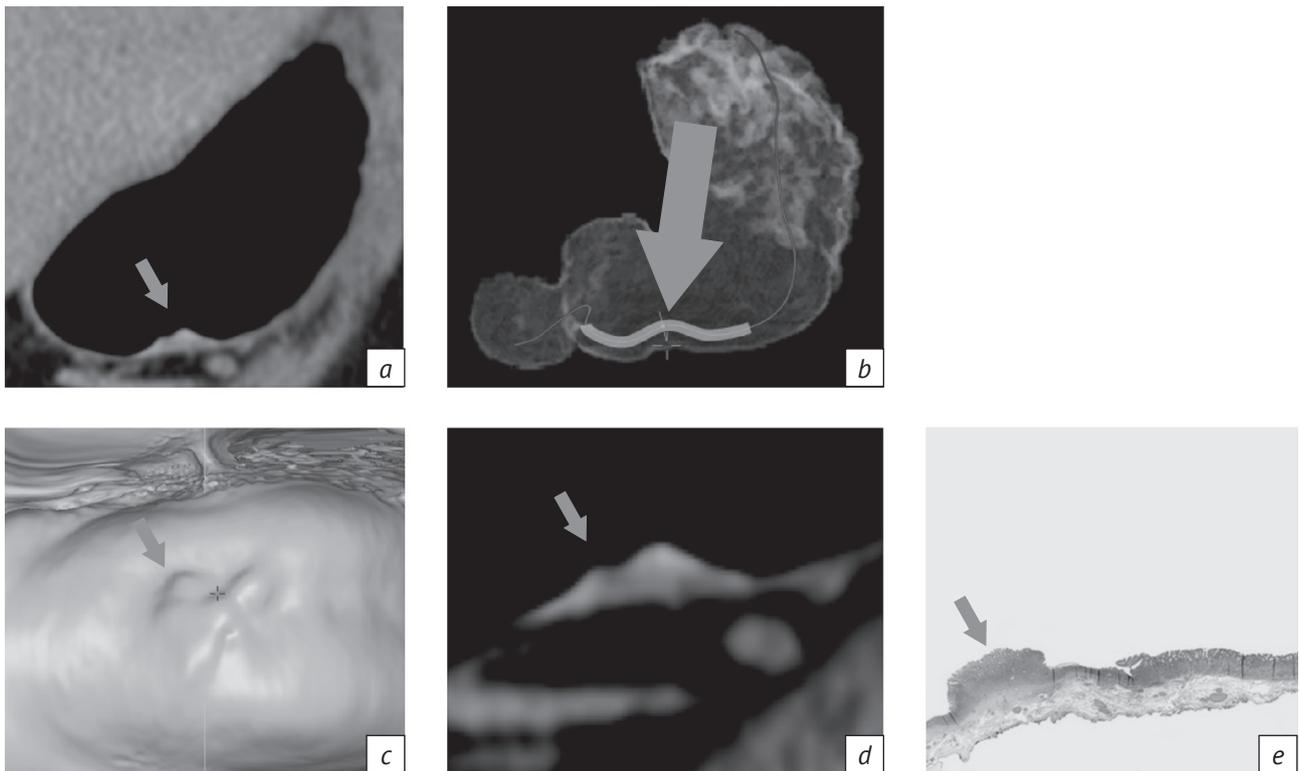
КТ-признаки опухолевой инфильтрации стенки желудка были сформулированы с учетом TNM-классификации на основании опыта визуализации рака желудка и сопоставления с патоморфологическими данными. T-стадия оценивается посредством аксиальных, коронарных, сагиттальных КТ-изображений, а также 3D-реконструкций.

Для визуализации раннего рака желудка необходимо обеспечить достаточное растяжение его просвета, а также обязательно использовать опцию виртуальной гастроскопии. Характерными КТ-признаками рака желудка с глубиной инвазии T1a является деформация, или «уплощение», внутреннего слоя стенки, который соответствует слизистому, также возможно его утолщение. Под измененным внутренним слоем может дифференцироваться глубже лежащий слой в виде тонкой ровной гиподенсной полоски, соответствующий подслизистой основе. Остальная часть стенки желудка на уровне изменений интактна (рис. 1).

КТ-признаком рака желудка категории T1b является деформация, утолщение внутреннего слоя стенки, который соответствует слизистому. Глубже лежащий гиподенсный слой на этом же уровне, соответствующий подслизистой основе, деформирован, утолщен или истончен. Остальная часть стенки желудка на уровне изменений интактна (рис. 2).

Учитывая то, что существуют трудности выявления плоских морфологических форм раннего рака в 1,6% случаев, необходимо сопоставление данных, полученных методом КТ, с данными фиброгастроуденоскопии и эндоскопической ультрасонографии (ЭУС). Имеются литературные данные, демонстрирующие повышение показателей диагностической точности при комбинации методов КТ и ЭУС [18]. Также необходимо соблюдение принципа протокола компьютерной томографии с полипозиционным сканированием с учетом локализации опухоли.

Для рака желудка категории T2 характерны следующие КТ-признаки: утолщение и деформация внутреннего слоя стенки (соответствует



*Рис. 1.* Ранний рак желудка с глубиной инвазии cT1a/pT1a с локализацией в нижней трети тела желудка по большой кривизне типов 0-IIa – 0-IIc:

*a, d* – визуализация опухоли в коронарной проекции при КТ-пневмогастрографии; *b, c* – визуализация опухоли при виртуальной гастроскопии; *e* – микропрепарат после проведения эндоскопической диссекции в подслизистом слое раннего рака желудка, ограниченного слизистой оболочкой стенки (pT1a)

*Fig. 1.* Early cT1a/pT1a gastric cancer located in the lower third of the stomach body along the greater curvature, 0-IIa – 0-IIc types:

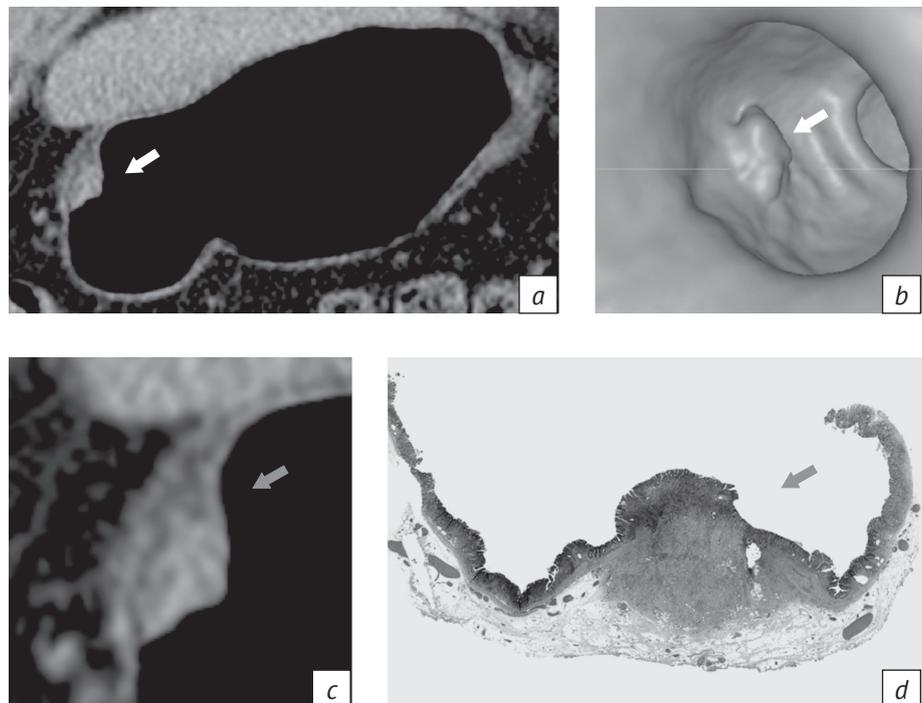
*a, d* – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; *b, c* – tumor imaging using virtual gastroscopy; *e* – microscope slide after endoscopic submucosal dissection for early gastric cancer limited to the wall mucosa (pT1a)

*Рис. 2.* Ранний рак желудка с глубиной инвазии cT1b/pT1b с локализацией в нижней трети тела желудка по передней стенке типа 0-Iс:

*a, c* – визуализация опухоли в коронарной проекции при КТ-пневмогастрографии; *b* – визуализация опухоли при виртуальной гастроскопии; *d* – микропрепарат после проведения эндоскопической диссекции опухоли в подслизистом слое (pT1b)

*Fig. 2.* Early cT1b/pT1b gastric cancer located in the lower third of the stomach body along the anterior wall, 0-Ic type:

*a, c* – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; *b* – tumor imaging using virtual gastroscopy; *d* – microscope slide after endoscopic submucosal dissection (pT1b)



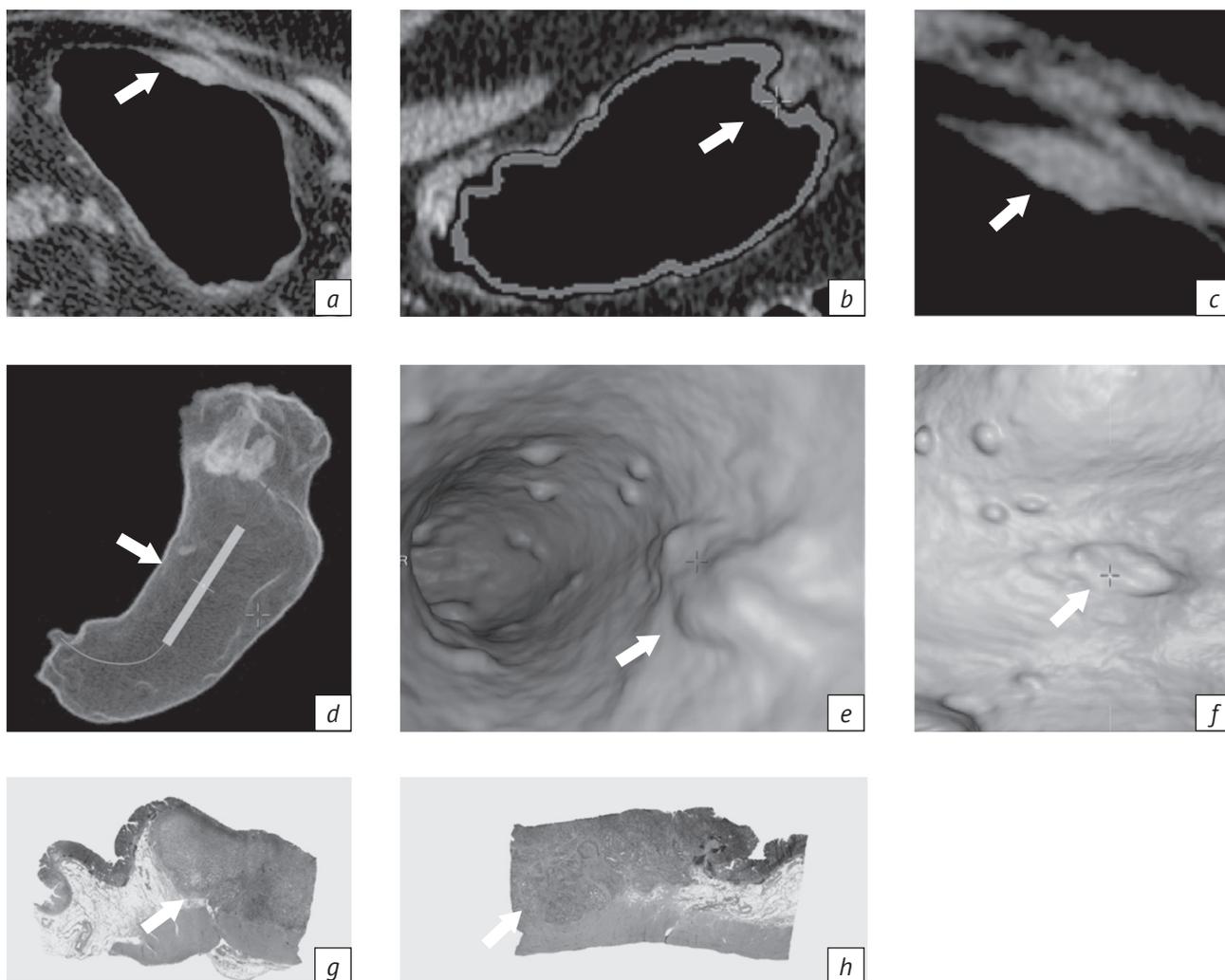


Рис. 3. Рак желудка с глубиной инвазии сT2/pT2 с локализацией в нижней трети тела желудка по большой кривизне, 4-й тип по классификации Borrmann (a-h):

a, b – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в аксиальной проекции; c – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в коронарной проекции; d-f – визуализация опухоли при виртуальной гастроскопии; g, h – микропрепарат после проведения гастрэктомии (pT2)

Fig. 3. Early cT2/pT2 gastric cancer located in the lower third of the stomach body along the greater curvature, Type 4 according to the Borrmann classification (a-h):

a, b – axial tumor imaging using CT pneumogastrography; c – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; d-f – tumor imaging using virtual gastroscopy; g, h – microscope slide after gastrectomy (pT2)

слизистому), деформация и истончение глубже лежащего гиподенсного слоя на этом же уровне (соответствует подслизистой основе), отсутствие дифференцировки границ между вторым и следующим, более глубоким слоем (соответствует мышечному), наружный контур желудка при этом четкий и ровный (рис. 3).

Характерными КТ-признаками для рака желудка с глубиной инвазии T3 является утолщение всей толщи стенки желудка с нарушением дифференцировки слоев, при этом возможна ее деформация. Наружный контур стенки желудка на уровне опухоли четкий, но неровный. Также возможно повышение плотности прилежащей

клетчатки малого и/или большого сальника (рис. 4).

При раке желудка с глубиной инвазии T4a отмечается утолщение и деформация всей толщи стенки желудка с нарушением дифференцировки слоев, наружный контур нечеткий и неровный, определяется повышение плотности прилежащей перигастральной клетчатки со стороны связочного аппарата желудка, вовлеченного в процесс, однако соседние органы интактны (рис. 5).

При раке желудка категории T4b определяется утолщение и деформация всей толщи стенки желудка с нарушением дифференцировки слоев, наружный контур нечеткий и неровный.

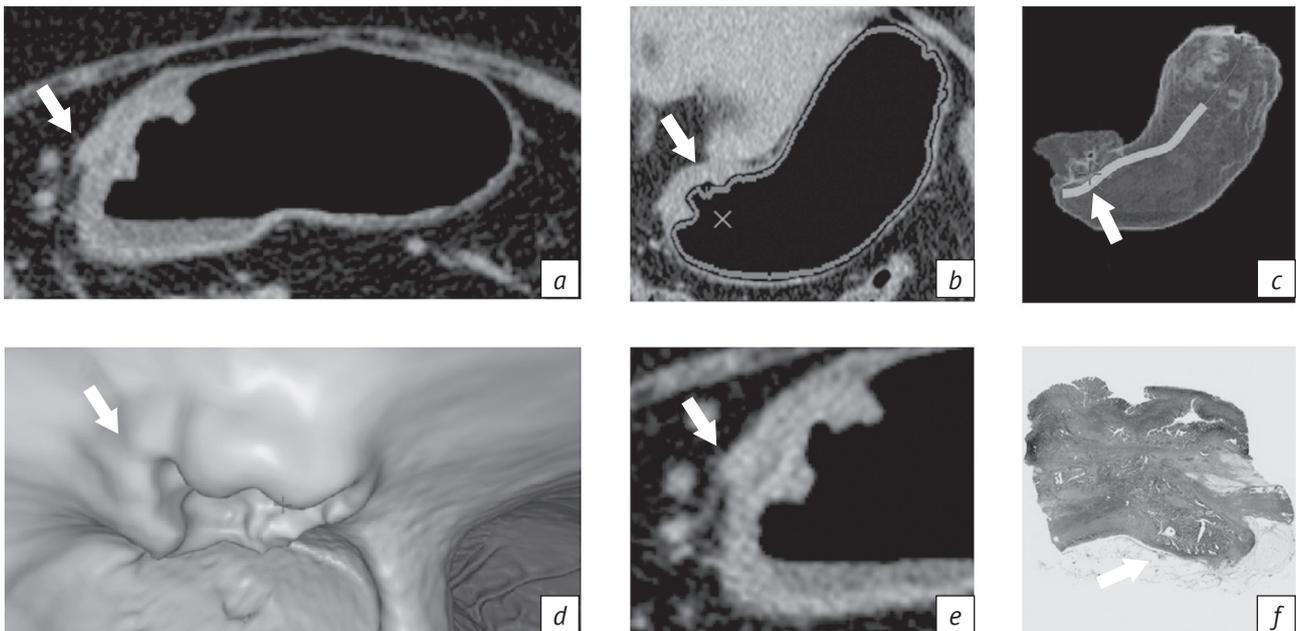


Рис. 4. Рак желудка с глубиной инвазии cT3/pT3 с локализацией на границе антрального отдела и нижней трети тела желудка по передней стенке с распространением на малую и большую кривизну, 2-й тип по классификации Borrmann: *a, e* – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в аксиальной проекции; *b* – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в коронарной проекции; *c, d* – визуализация опухоли при виртуальной гастроскопии; *f* – микропрепарат рака желудка после проведения гастрэктомии (pT3)

*Fig. 4.* cT3/pT3 gastric cancer located at the border of the antral portion and the lower third of the stomach body along the anterior wall with the spread to the lesser and greater curvature, type 2 according to the Borrmann classification:

*a, e* – axial tumor imaging using CT pneumogastrography; *b* – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; *c, d* – tumor imaging using virtual gastroscopy; *f* – microscope slide after gastrectomy (pT3)

Отмечается повышение плотности прилежащей перигастральной клетчатки со стороны связочного аппарата желудка, вовлеченного в процесс, а также отсутствие дифференцировки границы с соседними органами за счет инвазии и атипично неровный контур прилежащего к опухоли органа (рис. 6).

Пациентам, получавшим предоперационную химиотерапию, необходимо проводить компьютерную томографию с пневмогастрографией и виртуальной гастроскопией как до начала терапевтического лечения, так и после ее окончания, непосредственно перед операцией. Исследование дает информацию на этапе стадирования процесса, а также возможность оценить эффект проведенной химиотерапии.

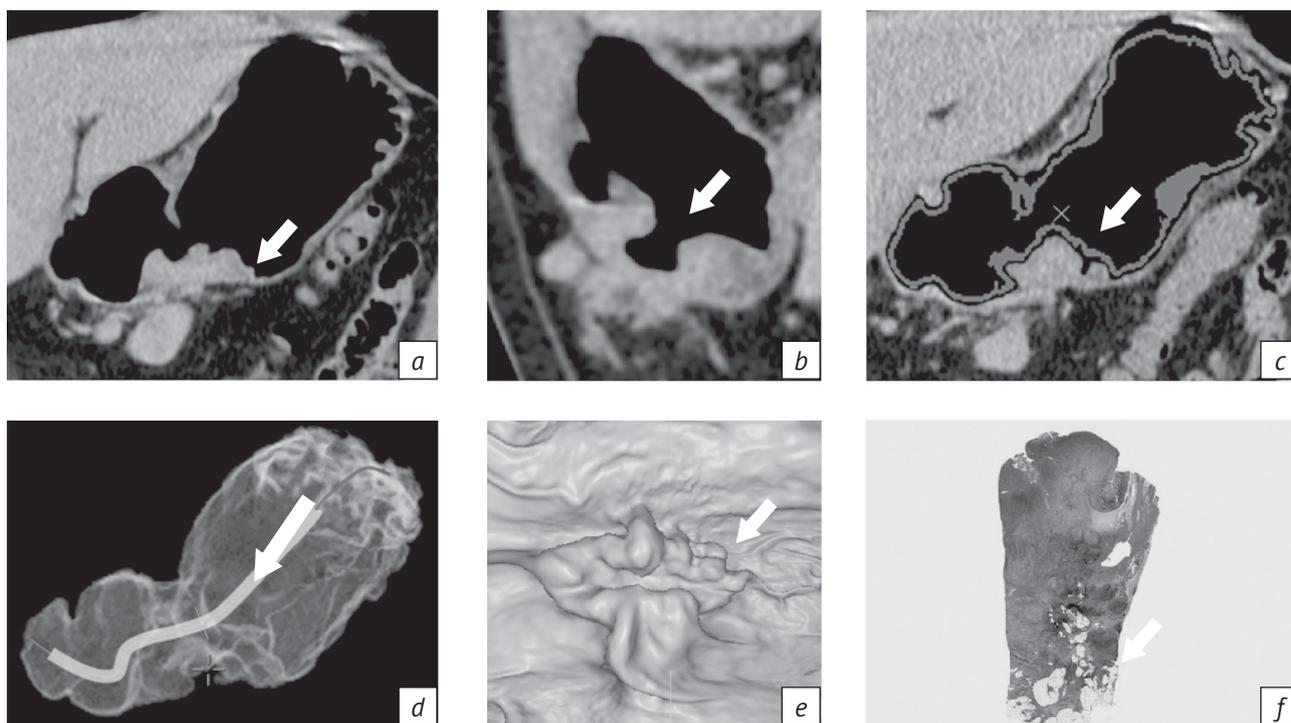
### Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1) совмещение компьютерной томографии с пневмогастрографией, виртуальной гастроскопией с трехмерной визуализацией расширяет возможности КТ, повышает эффективность метода, увеличивает его роль и значимость в оценке как ранних форм, так и местнораспространенных процессов;

2) КТ-пневмогастрография улучшает диагностику за счет детальной информации с определением локализации опухоли, визуализации образования малых размеров (от нескольких миллиметров) и тем самым способствует раннему выявлению опухолей, обеспечивает определение протяженности опухолевого поражения стенки желудка с возможностью указания проксимальной и дистальной границ, оценку глубины внутристеночного роста опухоли;

3) метод способствует планированию оптимальной тактики лечения, в частности объема оперативного вмешательства.



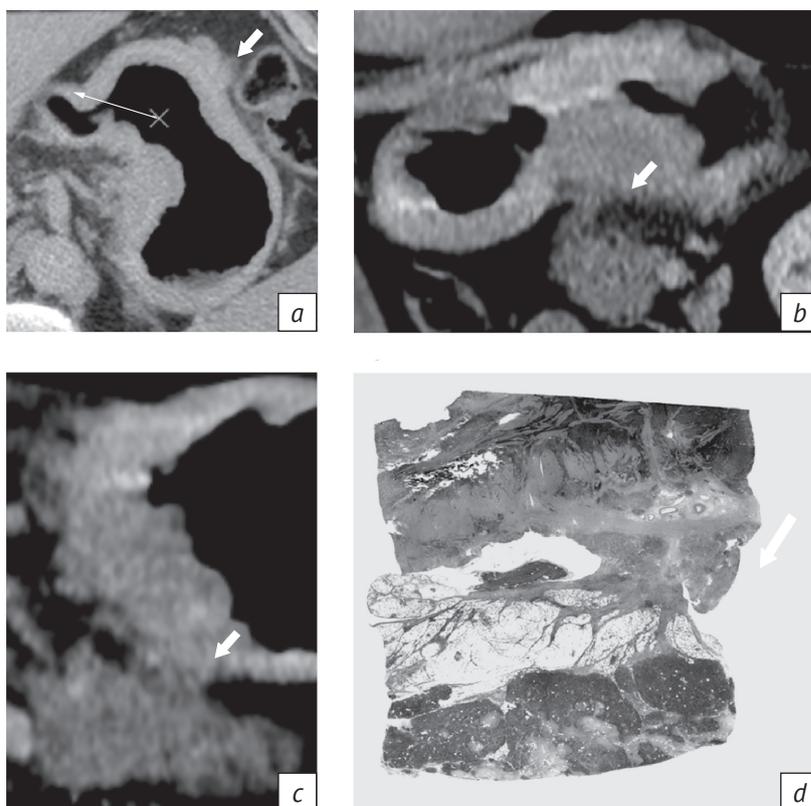
*Рис. 5.* Рак желудка с глубиной инвазии сТ4а/рТ4а с локализацией на границе антрального отдела и нижней трети тела желудка по большой кривизне с распространением на переднюю и заднюю стенки, 3-й тип по классификации Borrmann: *a, c* – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в коронарной проекции; *b* – визуализация опухоли при КТ-пневмогастрографии в сагиттальной проекции; *d, e* – визуализация опухоли при виртуальной гастроскопии; *f* – микропрепарат рака желудка после проведения гастрэктомии (рТ4а)

*Fig. 5.* cT4a/pT4a gastric cancer located at the border of the antral portion and the lower third of the stomach body along the greater curvature with the spread to the anterior and posterior walls, type 3 according to the Borrmann classification: *a, c* – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; *b* – sagittal tumor imaging using CT pneumogastrography; *d, e* – tumor imaging using virtual gastroscopy; *f* – microscope slide after gastrectomy (pT4a)

*Рис. 6.* Рак желудка с тотальным поражением органа, глубиной инвазии сТ4b/рТ4b с распространением на связочный аппарат желудка, инвазией в тело поджелудочной железы, 4-й тип по классификации Borrmann:

*a* – визуализация опухоли в аксиальной проекции при КТ-пневмогастрографии; *b* – визуализация опухоли в коронарной проекции при КТ-пневмогастрографии; *c* – визуализация опухоли в сагиттальной проекции при КТ-пневмогастрографии; *d* – микропрепарат рака желудка после проведения гастрэктомии (рТ4b)

*Fig. 6.* cT4b/pT4b gastric cancer with total organ involvement with the spread to the gastric ligamentous apparatus, invasion into the body of the pancreas, type 4 according to the Borrmann classification: *a* – axial tumor imaging using CT pneumogastrography; *b* – coronal tumor imaging using CT pneumogastrography; *c* – sagittal tumor imaging using CT pneumogastrography; *d* – microscope slide after gastrectomy (pT4b)



## Литература [References]

1. Cancer Facts & Figures 2020. Atlanta: American Cancer Society. Available at: <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2020/cancer-facts-and-figures-2020.pdf> (accessed May 27, 2021).
2. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 359 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018; 392(10159): 1859–922. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32335-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32335-3).
3. Plummer M, Martel C, Vignat J, et al. Global burden of cancers attributable to infections in 2012: a synthetic analysis. *Lancet Glob Health*. 2016; 4(9): e609–16. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30143-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30143-7).
4. Lin JT. Screening of gastric cancer: who, when, and how. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2014; 12(1): 135–8. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2013.09.064>.
5. Pasechnikov V, Chukov S, Fedorov E, et al. Gastric cancer: prevention, screening and early diagnosis. *World J Gastroenterol*. 2014; 20(38): 13842–62. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i38.13842>.
6. Мерабишвили В.М. Рак желудка: эпидемиология, профилактика, оценка эффективности лечения на популяционном уровне. *Практическая онкология*. 2001; 3(7): 3–8. [Merabishvili VM. Gastric cancer: epidemiology, prevention, assessment of the effectiveness of treatment at the population level. *Practical Oncology*. 2001; 3(7): 3–8 (in Russ.)]
7. Yu JS, Choi SH, Choi WH, et al. Value of nonvisualized primary lesions of gastric cancer on preoperative MDCT. *Abdominal imaging*. Original research. *Am J Roentgenol*. 2007; 189(6): W315–9. <https://doi.org/10.2214/AJR.07.2672>.
8. Ulla M, Gentile EM, Cavadas D, et al. Esophageal cancer characterization with pneumo-64-MDCT. *Abdom Imaging*. 2012; 37(4): 501–11. <https://doi.org/10.1007/s00261-011-9784-z>.
9. Liu S, Shi H, Ji C, et al. Preoperative CT texture analysis of gastric cancer: correlations with postoperative TNM staging. *Clin Radiol*. 2018; 73(8): 756.e1–9. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2018.03.005>.
10. Nonaka K, Kita H. Endoscopic submucosal dissection for early gastric cancer. *Journal of cancer therapy*. 2013; 4(1A): 26–32. <https://doi.org/10.4236/jct.2013.41A004>.
11. Hwang SW, Lee DH, Lee SH, et al. Preoperative staging of gastric cancer by endoscopic ultrasonography and multi-detector row computed tomography. *J Gastroenterol Hepatol*. 2010; 25(3): 512–8. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2009.06106.x>.
12. Ahn HS, Lee HJ, Yoo MW, et al. Diagnostic accuracy of T and N stages with endoscopy, stomach protocol CT, and endoscopic ultrasonography in early gastric cancer. *J Surg Oncol*. 2009; 99(1): 20–7. <https://doi.org/10.1002/jso.21170>.
13. Artifon EL, Marinho FR. Endoscopic screening for hereditary diffuse gastric cancer: one size does not fit all. *Gastrointest Endosc*. 2018; 87(2): 405–7. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2017.05.042>.
14. Quach DT, Hiyama T, Gotoda T. Identifying high-risk individuals for gastric cancer surveillance from western and eastern perspectives: lessons to learn and possibility to develop an integrated approach for daily practice. *World J Gastroenterol*. 2019; 25(27): 3546–62. <https://doi.org/10.3748/wjg.v25.i27.3546>.
15. Hijioka S, Chin K, Seto Y, et al. Eight-year survival after advanced gastric cancer treated with S-1 followed by surgery. *World J Gastroenterol*. 2010; 16(22): 2824–7. <https://doi.org/10.3748/wjg.v16.i22.2824>.
16. Aurello P, Berardi G, Antolino L, et al. Is a surgical approach justified in metachronous Krukenberg tumor from gastric cancer? A systematic review. *Oncol Res Treat*. 2018; 41(10): 644–9. <https://doi.org/10.1159/000490956>.
17. Jung JO, Nienhüser H, Schleussner N, Schmidt T. Oligometastatic gastroesophageal adenocarcinoma: molecular pathophysiology and current therapeutic approach. *Int J Mol Sc*. 2020; 21(3): 951. <https://doi.org/10.3390/ijms21030951>.
18. Giganti F, Orsenigo E, Arcidiacono PG, et al. Preoperative locoregional staging of gastric cancer: is there a place for magnetic resonance imaging? Prospective comparison with EUS and multidetector computed tomography. *Gastric Cancer*. 2016; 19(1): 216–25. <https://doi.org/10.1007/s10120-015-0468-1>.