

ПЕРФУЗИОННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ПРЕДОПЕРАЦИОННОМ СТАДИРОВАНИИ АДЕНОКАРЦИНОМЫ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Трофимова Т.Н.¹, Беликова М.Я.², Друзина М.М.², Яковлева Д.М.²

1 - ФГБОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова». г. Санкт-Петербург, Россия. 2 - СПб ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн». г. Санкт-Петербург, Россия.

Цель исследования. Изучить возможности перфузионной компьютерной томографии (ПКТ) в выявлении и предоперационном стадировании аденокарциномы поджелудочной железы (ПЖ), определить и сравнить диагностическую эффективность компьютерной томографии, выполненной по стандартному протоколу и КТ-перфузии.

Материалы и методы. Обследован 161 пациент в возрасте от 28 до 96 лет ($71,8 \pm 12,4$ года) с аденокарциномой поджелудочной железы, во всех случаях верифицированной при гистологическом исследовании. Панкреатодуоденальная резекция выполнена 32 больным (19,8%). Всем пациентам проведена компьютерная томография (КТ) по стандартному протоколу и с применением программы перфузии, рассчитаны числовые значения показателей перфузии в центральных и периферических отделах опухоли, выполнено построение и анализ цветных параметрических карт. Проведено сравнение диагностической эффективности КТ, выполненной по стандартному протоколу и КТ-перфузии в предоперационном стадировании аденокарциномы поджелудочной железы.

Результаты. Диагностическая эффективность перфузионной программы в сравнении со стандартным протоколом КТ оказалась выше в выявлении и оценке местного распространения опухолевого процесса, диагностике вторичного поражения регионарных лимфатических узлов.

Заключение. Применение перфузионной программы позволяет повысить диагностическую эффективность компьютерной томографии в выявлении и оценке резектабельности аденокарциномы поджелудочной железы, определить показания к выполнению панкреатодуоденальной резекции.

Ключевые слова: КТ-перфузия, поджелудочная железа, показатели тканевой перфузии, цветные параметрические карты, панкреатодуоденальная резекция.

Контактный автор: Беликова М.Я., e-mail: belikova.mariya@mail.ru.

Для цитирования: Трофимова Т.Н., Беликова М.Я., Друзина М.М., Яковлева Д.М. Перфузионная компьютерная томография в предоперационном стадировании аденокарциномы поджелудочной железы. REJR 2021; 11(2):171-182. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-2-171-182.

Статья получена: 28.11.20

Статья принята: 25.03.21

PANCREATIC ADENOCARCINOMA: PREOPERATIVE STAGING BY PERFUSION COMPUTED TOMOGRAPHY

Trofimova T.N.¹, Belikova M.Ya.², Druzina M.M.², Yakovleva D.M.²

1 - Pavlov First Saint Petersburg State Medical University.

2 - Hospital for War Veterans, St. Petersburg, Russia

Purpose. To look into the possibilities of perfusion computer tomography (PCT) in detection and preoperative staging of pancreatic adenocarcinoma, to determine and compare diagnostic effectiveness of computed tomography (CT) according to standart protocol and PCT.

Materials and methods. The study included 161 patients from 28 to 96 years old ($71, 8 \pm 12,4$ yr), who had verified pancreatic adenocarcinomas. Pancreatoduodenectomy was performed in 32 (19,8%) patients. All patients underwent CT according to standart protocol and PCT. Numerical tissue perfusion parameters of central and peripheral parts of tumors were estimated, color-coded maps were plotted and analyzed. The diagnostic effectiveness of CT according to standart protocol and PCT in preoperative staging of pancreatic adenocarcinoma were compared.

Results. The diagnostic effectiveness of the perfusion program in comparison with the standart CT protocol appears to be higher in the detection and assessment of the local tumor spread, in the diagnosis of secondary lesions of regional lymph nodes.

Conclusion. The perfusion program makes it possible to increase the diagnostic effectiveness of computed tomography in the detection and assessment of the resectability of pancreatic adenocarcinoma, to determine the indications for pancreatoduodenectomy.

Keywords: CT perfusion, pancreas, tissue perfusion parameters, color-coded maps, pancreatoduodenectomy.

Corresponding author: Belikova M.Ya., e-mail: belikova.mariya@mail.ru.

For citation: Trofimova T.N., Belikova M.Ya, Druzina M.M., Yakovleva D.M. Pancreatic adenocarcinoma: preoperative staging by perfusion computed tomography. REJR 2021; 11(2):171-182. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-2-171-182.

Received: 28.11.20

Accepted: 25.03.21

Аденокарцинома поджелудочной железы (ПЖ) – опухоль с биологически детерминированным агрессивным характером роста и неблагоприятным прогнозом. Средний возраст пациентов на момент постановки диагноза приходится на трудоспособный возраст 50 - 60 лет [1]. Несмотря на развитие технологий визуализации, появление новых гибридных методов, диагностика опухолей поджелудочной железы, особенно малых размеров, по-прежнему является проблемой, как в отношении выявления, так и дифференциального диагноза [2, 3]. По данным А.Д. Каприна и соавторов у 59,5% больных рак поджелудочной железы диагностируется несвоевременно, резектабельность опухолей на момент диагностики не превышает 15 - 20% [1, 4]. Во многом это связано со схожестью лучевой семиотики и сложностями дифференциальной диагностики псевдоопухолевых воспалительных заболеваний, доброкачественных и злокачественных новообразований, трудностями в оценке местного распространения процесса. Несмотря на то, что компьютерная томография признана «золотым стандартом» выявления и предоперационного стадирования аденокарциномы ПЖ, при стандартном протоколе от 14% до 27% опухолей не отличаются по плотности от паренхимы поджелу-

дочной железы во все фазы сканирования и оказываются не видны [2, 3]. Это создает значительные трудности и в ряде случаев делает невозможной дифференциальную диагностику гиперпластических форм хронического панкреатита и аденокарциномы ПЖ, не позволяет оценить размеры опухоли и ее взаимоотношения с магистральными висцеральными сосудами, что заставляет изучать и совершенствовать возможности дополнительных программ, одной из которых является перфузионная компьютерная томография [5, 6].

Цель исследования.

Изучить возможности перфузионной компьютерной томографии (ПКТ) в выявлении и предоперационном стадировании аденокарциномы поджелудочной железы, определить и сравнить диагностическую эффективность компьютерной томографии, выполненной по стандартному протоколу и КТ-перфузии.

Материалы и методы.

В исследование включен 161 пациент, из них 94 мужчины (58,4%) и 67 женщины (41,6%) в возрасте от 28 до 96 лет ($71,8 \pm 12,4$ года) с верифицированной при гистологическом исследовании аденокарциномой поджелудочной железы. Панкреатодуоденальная резекция выполнена 32 больным

(19,8%). Всем пациентам выполнена компьютерная томография на компьютерном томографе GE 64 Optima 660 по стандартному протоколу и с применением перфузионной программы. Стандартный протокол включал нативное исследование органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза, трехфазное исследование органов брюшной полости и малого таза после внутривенного болюсного введения контрастного вещества (КВ) с концентрацией йода 350 мг/мл со скоростью 4-4,5 мл/с из расчета 1,5 мл/кг массы тела пациента, со сканированием в артериальную (на 25 с), панкреатическую (на 45 с) и портовенозную (на 75 с) фазы. Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) выполнена вторым этапом на дополнительном внутривенном болюсном введении 40 мл контрастного вещества с концентрацией йода 350 мг/мл, со скоростью 4,5 мл/с и динамическим исследованием в течение 60 с на уровне поджелудочной железы с шириной рамки сканирования 8 см. Постпроцессорная обработка данных проведена на рабочей станции Advantage Workstation VS5 с использованием программного пакета CT Perfusion 4D Multi-Organ, заключалась в расчете показателей перфузии с использованием алгоритмов максимального наклона и деконволюции, построении цветных параметрических карт. Рассчитывались следующие показатели перфузии: скорость кровотока (BF – blood flow, мл/100г/мин), объемный кровоток (BV – blood volume, мл/100г), среднее время прохождения контрастного вещества (MTT – mean transit time, с), время достижения максимальной плотности кон-

трастного вещества в ткани (TTP – time to peak, с), проницаемость стенок капилляров в интерстициальную фазу (PS – permeability surface-area product, мл/100г/мин). Точность, чувствительность и специфичность рассчитаны по стандартным формулам.

Результаты.

В большинстве случаев (n = 124, 77%) при стандартном протоколе КТ аденокарцинома поджелудочной железы в нативную фазу не отличалась по плотности от окружающей паренхимы, была изоденсной, у 37 пациентов (22,9%) – гиподенсной. В панкреатическую фазу у 123 пациентов (76,4%) опухоль проявилась очагом сниженного накопления контрастного вещества с нечеткими контурами, у 38 (24%) – не отличалась по интенсивности накопления контрастного вещества (КВ) и была не видна.

Косвенный симптом «двух протоков» при изоденсных опухолях присутствовал у 31 пациента (81,5%), у 7 (18,4%) отмечались только признаки билиарной гипертензии, что при стандартном протоколе затрудняло дифференциальную диагностику аденокарциномы ПЖ с хроническим псевдотуморозным панкреатитом.

При перфузионной компьютерной томографии у всех пациентов с гиподенсными и в 36 (94,7%) из 38 случаях с изоденсными опухолями (n = 159, 98,8%) при стандартном протоколе КТ на картах скорости кровотока (BF), объема кровотока (BV) и времени достижения максимальной плотности контрастного препарата в ткани (MSI) в поджелудочной железе был выявлен очаг синего окрашивания (рис. 1 а, б). На карте прони-

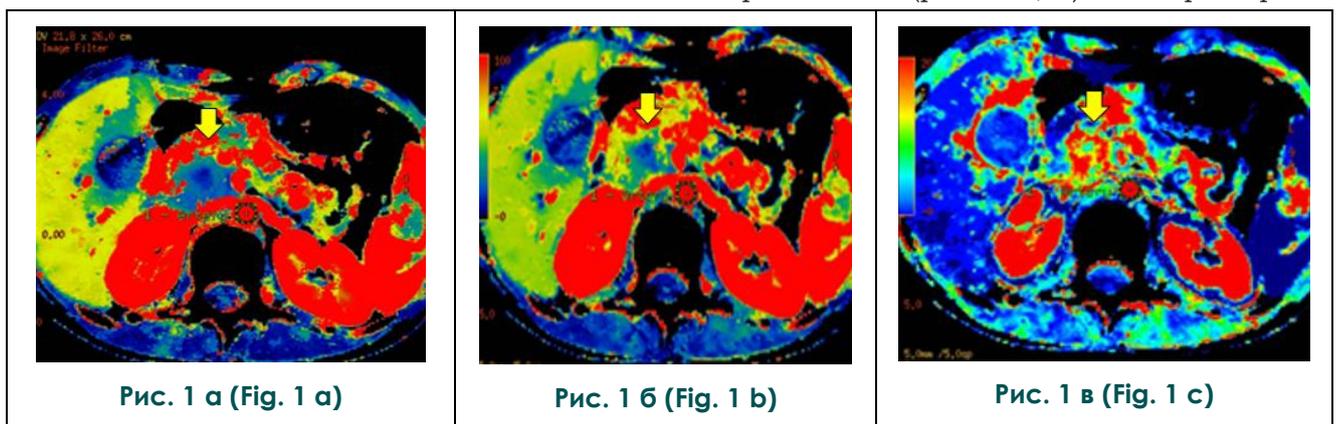


Рис. 1. ПКТ. Аксиальная проекция. Головка поджелудочной железы.

а – цветная карта BF; б – цветная карта BV; в – цветная карта PS. Опухоль в головке ПЖ характеризуется синим окрашиванием на картах BF, BV, красным на карте PS.

Fig. 1. PCT. Axial view. Pancreatic head.

а – color-coded BF map; б – color-coded BV map; в – color-coded PS map. Pancreatic head tumor is characterized by blue color on the BF, BV maps, and red color on the PS map.

цаемости стенок капилляров в интерстициальную фазу (PS) у 157 пациентов (97,5%) опухоли имели красное окрашивание (рис. 1 в).

На графике «время – плотность» кривая в аденокарциномах характеризовалась отсутствием подъема, крайне слабым постепенным накоплением КВ в диапазоне плотности от «0» до «50» (рис. 2).

Числовые значения показателей тканевой перфузии, рассчитанные в опухолях у обследованных пациентов, составили: в центральных отделах – BF - $35,52 \pm 12,78$ мл/100г/мин; BV - $5,21 \pm 3,15$ мл/100г; MTT - $11,49 \pm 4,37$ с; TTP - $42,64 \pm 7,55$ с; PS - $13,65 \pm 7,28$ мл/100г/мин, в периферических – BF - $47,10 \pm 12,47$ мл/100г/мин; BV - $6,19 \pm 3$ мл/100г; MTT - $11,36 \pm 4,57$ с; TTP - $41,48 \pm 7,77$ с; PS - $17,28 \pm 7,39$ мл/100г/мин.

Повышение проницаемости в аденокарциномах по всей площади отмечалось у 124 пациентов (78,9%), по периферии – у 33 (21,1%). Низкие показатели и синее окрашивание опухоли на карте проницаемости (PS) имело место у 4 пациентов (2,5%), во всех случаях подвергшихся химиотерапии.

Аденокарциноме ПЖ свойственны нечеткие наружные контуры, что отражает агрессивный инфильтративный рост, что обуславливает занижение размеров (критерий T по классификации TNM), измеренных при стандартном протоколе исследования.

На цветной карте MSI при ПКТ наружные контуры опухоли в большинстве случаев 159 (98,7%) были видны четко, что позволило корректно измерить размеры, совпадающие с анатомическими на макропрепарате, точно определить критерий T (рис. 3 а, б).

При стандартном протоколе КТ ложноотрицательные результаты имели место в 7 случаях, ложноположительные – в двух, диагностическая эффективность в выявлении аденокарциномы поджелудочной железы составила: чувствительность – 95,8%, специфичность – 98,7%, диагностическая точность – 94,7%. При ПКТ ложноотрицательные результаты имели место в двух случаях, ложноположительный – в одном, диагностическая эффективность оказалась выше: чувствительность – 98,7%, специфичность – 99,3%, диагностическая точность – 99%.

Местное распространение процесса оценивалось по следующим критериям: отсутствие/наличие инвазии парапанкреатической клетчатки, врастание в смежные клетчаточные пространства и органы (желудок, двенадцатиперстная кишка (ДПК), тол-

стая кишка), отсутствие/наличие инвазии портальных вен (воротная (ВВ) и верхняя брыжеечная вена (ВБВ)), магистральных артерий целиакомезентериального бассейна (чревный ствол (ЧС), верхняя брыжеечная артерия (ВБА), общая печеночная (ОПА) и собственная печеночная (СПА) артерии), периневральной инвазии. Инвазия гастродуоденальной артерии (ГДА) при наличии расстояния от устья 5 мм и более, врастание опухоли в стенку ДПК, инвазия ВВ и ВБВ противопоказаниями к выполнению ПДР не являлись.

У обследованных пациентов наиболее часто имела место инвазия парапанкреатической клетчатки (55,3%), ДПК (44%), вен портальной системы (65,2%) и ВБА (25,5%), что объясняется наиболее близким их расположением к головке ПЖ.

У радикально оперированных пациентов инвазия ДПК имела место у 65,2% больных, вен портальной системы в 25%, что не служило противопоказанием к выполнению операций, в 6 случаях (18,7%) выполнена краевая резекция портальных вен.

Критерием инвазии парапанкреатической клетчатки служило ее уплотнение и наличие тяжей. Отсутствие жировой прослойки между опухолью поджелудочной железы и стенками полых органов, не служили надежными признаками инвазии, только утолщение и аналогичная опухоли структура стенки желудка и ДПК рассматривались, как истинная инвазия. Нечеткость наружных контуров опухоли при стандартном протоколе КТ затрудняет оценку местного распространения процесса на окружающие органы и структуры. Четкая визуализация контуров аденокарциномы на картах MSI позволяла выявить и оценить протяженность инвазии (рис. 4 а, б).

Крайне важным в определении показаний к выполнению ПДР является выявление инвазии магистральных сосудов, определяющей резектабельность.

При стандартном протоколе наличие жировой прослойки и прослойки неизменной паренхимы поджелудочной железы между опухолью и заинтересованным сосудом рассматривался, как абсолютный признак отсутствия инвазии и резектабельности опухоли. Окутывание опухолью сосуда на 180 градусов (50%) окружности и более со стенозом, окклюзией или тромбозом просвета, узурацией контуров служат признаками инвазии и нерезектабельности опухоли, если вовлечена артерия или условной резектабельности, в случае вовлечения портальных вен.

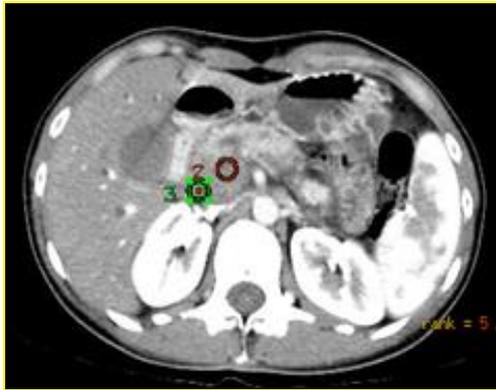


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

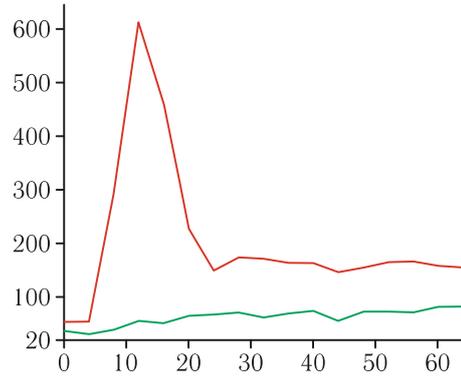


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – панкреатическая фаза. Аксиальная проекция. ROI 2 размещен в опухоли головки поджелудочной железы (стрелка); б – графики «время – плотность» в брюшной аорте (обозначен красным цветом №1), в опухоли (зеленым цветом №2). Кривая в опухоли характеризуется отсутствием подъема, крайне слабым постепенным накоплением КВ в диапазоне плотности от «0» до «50».

Fig. 2. PCT. Pancreas.

а – pancreatic phase. Axial view. ROI 2 is located in the pancreatic head tumor (arrow); б – time-density graph for the abdominal aorta (red color, №1), for the tumor (green color, №2). The tumor curve is characterized by the absence of a rise and very weak gradual enhancement in the density range from «0» to «50».

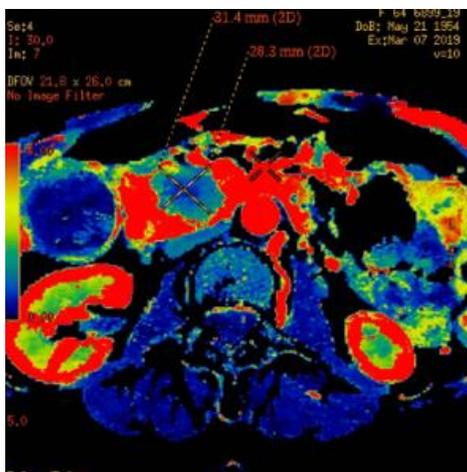


Рис. 3 а (Fig. а)



Рис. 3 б (Fig. 3 б)

Рис. 3. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – Карта MSI. Опухоль в головке с типичным для аденокарциномы синим окрашиванием; четко видны наружные контуры опухоли, позволяющие корректно измерить размеры.

б – Фотография макропрепарата удаленной при ПДР головки головки поджелудочной железы. Размеры совпадают.

Fig. 3. PCT. Pancreas.

а – MSI map. The pancreatic head tumor has blue color (typical for adenocarcinoma). The outer contours are distinctly visible, which allows to correctly measure the size of the tumor.

б – photograph of a gross specimen of the pancreatic head removed during PDR. The sizes are the same.

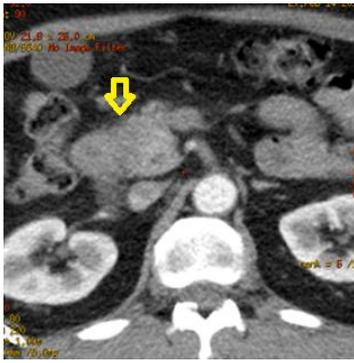


Рис. 4 а (Fig. 4 а)

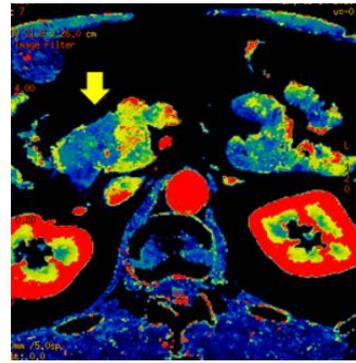


Рис. 4 б (Fig. 4 б)

Рис. 4. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – Аксиальная проекция, панкреатическая фаза. В медиальных отделах головки поджелудочной железы слабо дифференцируется гиподенсная опухоль с нечеткими контурами, инфильтрирующая клетчатку панкреатодуоденальной борозды. Стенки ДПК на границе с головкой ПЖ циркулярно утолщены, оценка протяженности их вовлечения в опухолевых процесс затруднена; б – Карта MSI. Четко видны границы опухоли, циркулярно инфильтрирующей ДПК (стрелка).

Fig. 4. PCT. Pancreas.

а – axial view. Pancreatic phase. In the medial parts of the pancreatic head, a hypodense tumor with indistinct contours is poorly differentiated. It infiltrates the tissue of the pancreatoduodenal groove. The walls of the duodenum at the border with the pancreatic head are circularly thickened, the assessment of the extent of their involvement in the tumor spread is difficult; б – MSI map. The contours of the tumor circularly infiltrating the duodenum are distinctly visible (arrow).

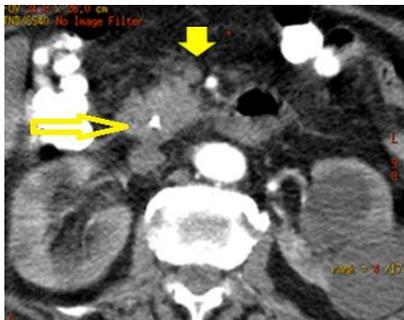


Рис. 5 а (Fig. 5 а)

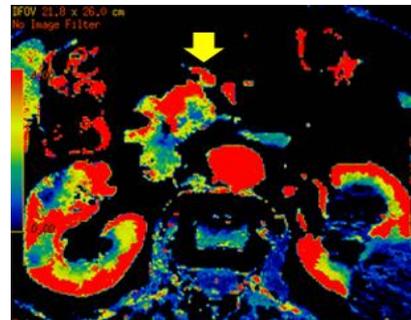


Рис. 5 б (Fig. 5 б)

Рис. 5. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – Аксиальная проекция, панкреатическая фаза. Головки поджелудочной железы однородная. Стент в гепатохоledoхе (длинная стрелка). К передней поверхности головки интимно прилежит ВБВ без сохранения жировой прослойки (короткая стрелка), ВБА отделена жировой тканью.

б – Карта BF. В головке четко виден очаг синего окрашивания, соответствующий аденокарциноме, от ВБВ опухоль отделена прослойкой неизменной паренхимы поджелудочной железы (стрелка). Опухоль резектабельна, резекции вены при ПДР не потребовалось.

Fig. 5. PCT. Pancreas.

а – axial view. Pancreatic phase. The pancreatic head is homogeneous. Stent in the hepatocholedochus (long arrow). The SMV is intimately adjacent to the anterior surface of the head without preserving the fat layer (short arrow), the SMA is separated with fat tissue.

б – BF map. In the pancreatic head, a focus of blue color corresponding to adenocarcinoma is distinctly visible; the tumor is separated from the SMV with normal pancreatic parenchyma (arrow). The tumor is resectable; vein resection was not required during PDR.

По результатам анализа, когда опухоль резектабельна или нерезектабельна и все очевидно при стандартном протоколе исследования, необходимости в выполнении ПКТ не возникает, поскольку ее результаты не влияют на тактику ведения пациента.

Применение ПКТ обосновано в оценке взаимоотношений с магистральными сосудами изоденсных опухолей при стандартном протоколе КТ (рис. 5 а, б).

ПКТ продемонстрировала высокую диагностическую эффективность в выявлении условно резектабельных опухолей ПЖ (рис. 6 а, б).

В данном случае опухоль является условно-резектабельной, ПДР может быть выполнена в специализированном стационаре после курса неoadъювантной химиотерапии (ХТ) при соответствующей квалификации хирурга для достижения R0.

Перинеуральная инвазия (ПНИ) является неблагоприятным прогностическим фактором быстрого развития локорегионарного рецидива. При стандартном протоколе КТ признаками ПНИ являются тяжи и уплотнение жировой клетчатки с формированием мягкотканых муфт вокруг артерий, где сконцентрированы нервные сплетения.

ПКТ позволила у 9 радикально оперированных пациентов (28%) выявить гистологически подтвержденные минимальные признаки ПНИ в виде единичных тяжей к стенкам сосудов (рис. 7 а, б).

У радикально оперированных пациентов при стандартном протоколе в выявлении перинеуральной инвазии в 4 случаях имели место ложноположительные результаты, в трех ложноотрицательные. Диагностическая эффективность составила: чувствительность – 92,8%, специфичность – 95,1%, диагностическая точность – 91,7%. При ПКТ перинеуральная инвазия была недооценена у 2 пациентов (ложноотрицательный результат), переоценена у 1 (ложноположительный результат). Диагностическая эффективность составила: чувствительность – 95,1%, специфичность – 97,5%, диагностическая точность – 96,4%.

Пациентам с условно-резектабельными опухолями при вовлечении магистральной артерии проводилась неoadъювантная химиотерапия в специализированных онкологических центрах, с последующим выполнением там радикальных операций, что не позволило нам оценить диагностическую эффективность метода. В оценке условно-резектабельных опухолей по портальным венам при стандартном протоколе КТ ложноотрицательный результат имел место в 4 слу-

чаях, ложноположительный – в двух, диагностическая эффективность составила: чувствительность – 95,1%, специфичность – 97,5%, диагностическая точность – 96,4%. При ПКТ в одном случае инвазия была переоценена (при контакте опухоли со стенкой вены на 45% окружности), в одном – не дооценена (при 15%). Диагностическая эффективность ПКТ составила: чувствительность, специфичность и диагностическая точность – 97,5%.

При планировании радикального оперативного вмешательства для наглядного представления выполнялось построение 3D-реконструкций в артериальную фазу в алгоритме Volume rendering артерий целиакомезентериального бассейна, в протоколах описания обязательно указывались варианты анатомии по N. Michels, поскольку незнание хирургом о наличии абберантных и замещающих артерий на предоперационном этапе, может стать причиной фатальных интраоперационных осложнений. В нашем исследовании варианты анатомии целиакомезентериальных артерий встретились у 78 пациентов (29,8%) с аденокарциномой поджелудочной железы, из них радикально оперированы 11 пациентов (14%). Наиболее частым (n = 24, 30,7 %) вариантом был тип IV по N. Michels.

При стадировании опухолевого процесса следующим крайне важным этапом является оценка состояния регионарных и отдаленных лимфоузлов на предмет их вторичного поражения (критерий N).

Для определения числовых значений показателей перфузии и оценки окрашивания лимфатических узлов на цветных параметрических картах при ПКТ в норме исследовали показатели перфузии в 45 лимфоузлах 8, 12, 13, 14, 16, 17 групп у 30 пациентов контрольной группы с отсутствием анамнестических и клинико-лабораторных признаков заболеваний ГПДЗ. Средний размер лимфатических узлов по длинной оси составил $13,6 \pm 4,8$ мм, все узлы имели вытянутую форму, четкие контуры, структура была однородной в 67% случаях, жировые ворота определялись в 33%.

В норме на графике «время – плотность» кривая в лимфоузлах характеризовалась появлением сглаженного пика на 25 с и быстрым вымыванием КВ с дополнительными пиками, придающими кривой изломанный вид (рис. 8 а, б).

Рассчитанные показатели перфузии в лимфоузлах по результатам статистического анализа данных (n = 45) составили: BF - $103,3 \pm 28,6$ мл/100г/мин; BV - $10,7 \pm 4,11$ мл/100г; MTT - $9,58 \pm 3,52$ с; TTP - $27,8 \pm 8,1$

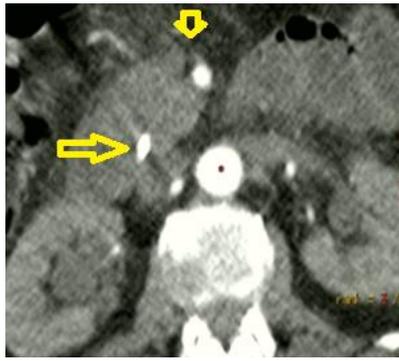


Рис. 6 а (Fig. 6 а)

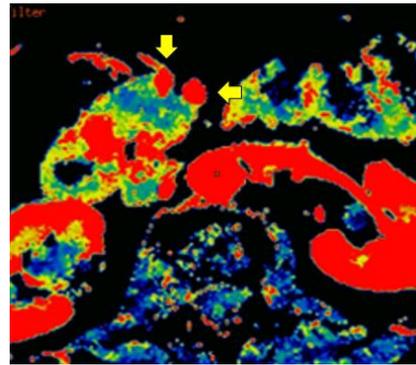


Рис. 6 б (Fig. 6 б)

Рис. 6. ПКТ, головка поджелудочной железы.

а – Аксиальная проекция, панкреатическая фаза. Стент в гепатохоledoхе (длинная стрелка). Головка однородной структуры, к ее поверхности интимно прилежат брыжеечные артерия и вена (короткая стрелка).

б – Карта MSI. Четко виден очаг гипоперфузии и его границы, соответствующий опухоли головки. Опухоль прилежит на 50% окружности к ВБА и 30% окружности к ВБВ.

Fig. 6. PCT. Pancreatic head.

a – axial view. Pancreatic phase. Stent in the hepatocholedochus (long arrow). The head is homogeneous, the mesenteric artery and vein (short arrow) are intimately adjacent to its surface;

b – MSI map. A focus of hypoperfusion and its borders corresponding to the pancreatic head tumor are clearly visible. The SMA and the SMV were surrounded by 50% and 30% of the vessel circumference by the tumor.



Рис. 7 а (Fig. 7 а)



Рис. 7 б (Fig. 7 б)

Рис. 7. ПКТ, поджелудочная железа.

а – Аксиальная проекция, панкреатическая фаза. Стент в гепатохоledoхе (длинная стрелка). Гиповаскулярная опухоль в головке с нечеткими контурами. Минимальное уплотнение клетчатки между краем опухоли и правой боковой стенкой ВБА (короткая стрелка). б – Карта MSI. Четко видны границы очага гипоперфузии, соответствующего опухоли в головке, от которой к правой боковой стенке ВБА тянется опухолевый тяж – признаки ПНИ (стрелка).

Fig. 7. PCT. Pancreas.

a – axial view. Pancreatic phase. Stent in hepatocholedochus (long arrow). Hypovascular tumor in the pancreatic head with indistinct contours. Minimal tissue induration between the edge of the tumor and the right side wall of the SMA (short arrow); b – MSI map. The focus of hypoperfusion (corresponding to the tumor in the head) has distinctly visible contours. The tumor cord stretches to the right side wall of the SMA – signs of perineural invasion (arrow).

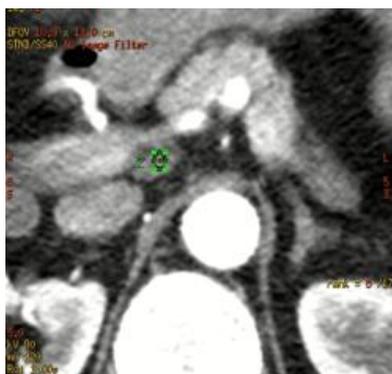


Рис. 8 а (Fig. 8 а)

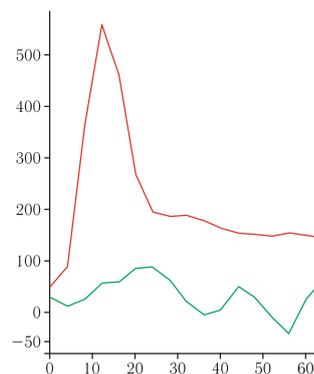


Рис. 8 б (Fig. 8 б)

Рис. 8. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – Аксиальная проекция, панкреатическая фаза. ROI 2 установлен в лимфатическом узле 12р группы.

б – Графики «время – плотность» в брюшной аорте (обозначен красным цветом №1), в лимфоузле (зеленым цветом №2). Кривая №2 характеризуется появлением сглаженного пика на 25 с, быстрым снижением плотности КВ к 35 с, формированием дополнительных пиков на протяжении цикла сканирования.

Fig. 8. PCT. Pancreas.

а – axial view. Pancreatic phase. ROI 2 is located in the lymph node of the 12p group.

б – time-density graph for the abdominal aorta (red color, №1), for the lymph node (green color, №2). Curve № 2 is characterized by the appearance of a smoothed peak at 25 s, the rapid decrease in the density by 35 s, and the formation of additional peaks during the scanning cycle.

с; MSI - $3,21 \pm 1,29$ ед. HU/с, PS - $7,23 \pm 3,6$ мл/100г/мин.

На цветных картах неизменные лимфоузлы характеризовались красным окрашиванием на картах BF, BV и MSI, зеленым на картах TTP и MTT, синим на карте PS (рис. 9 а, б).

У пациентов с аденокарциномой оценивалось состояние всех лимфоузлов в зоне сканирования. Прицельно изучались регионарные лимфоузлы, которые подвергаются диссекции в ходе стандартной и радикальной ПДР: 8а, 8р, 9, 12b1, 12b2, 12с (лимфоузлы правой половины гепатодуоденальной связки), 13а, 13б, 14а, 14б, 16а2, 16б1, 17а, 17б групп.

При оценке состояния лимфатических узлов оценивались: количество в пределах каждой группы, размеры, форма, характер контуров, структура (наличие некроза), состояние окружающей клетчатки на предмет экстракапсулярного распространения, характер накопления КВ (равномерное/неравномерное). Гистологическая верификация проведена у 36 пациентов (22,3%), вторичное поражение подтверждено в 35 случаях (97,8%) при биопсии под контролем УЗИ и при аутопсии, в одном случае полученный материал оказался не информати-

вен. Средние размеры лимфоузлов с подтвержденным метастатическим поражением составили - $16,76 \pm 7,25$ мм.

Критерием вторичного поражения лимфоузлов при стандартном протоколе КТ, которое было подтверждено при гистологическом исследовании, явилось наличие некроза.

Для изучения возможностей ПКТ в выявлении метастатического поражения лимфоузлов, были измерены показатели перфузии в 35 лимфоузлах (22,3%) без некроза с гистологическим подтверждением.

Рассчитанные показатели перфузии в метастатических лимфатических узлах по результатам статистического анализа данных (n = 35) составили: BF $50,08 \pm 14,26$ мл/100г/мин; BV $6,94 \pm 3,46$ мл/100г; MTT $11,42 \pm 3,86$ с; TTP $37,54 \pm 7,66$ с; MSI - $1,77 \pm 0,44$ ед. HU/с, PS $717,75 \pm 7,28$ мл/100г/мин. Все показатели достоверно отличались (p<0,005) от нормальных значений, достоверные отличия с аденокарциномой поджелудочной железы отсутствовали.

На цветных параметрических картах BF, BV и MSI метастатические узлы характеризовались синим окрашиванием, на карте PS – красным (рис. 10 а – в), аналогично опухоли в головке поджелудочной железы.

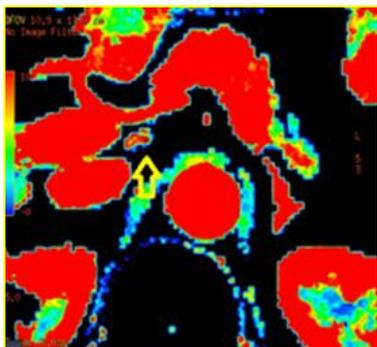


Рис. 9 а (Fig. 9 a)

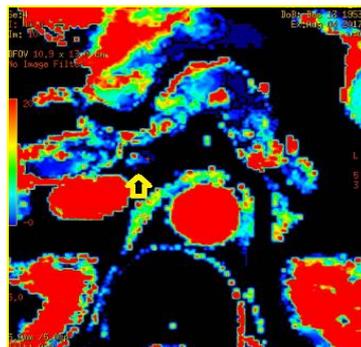


Рис. 9 б (Fig. 9 b)

Рис. 9. ПКТ. Поджелудочная железа.

а – Карта BF; б – карта PS. Лимфатический узел в норме (стрелки) характеризуется равномерным красным окрашиванием на карте BF, синим на карте PS.

Fig. 9. PCT. Pancreas.

а – BF map; б – PS map. The normal lymph node (arrows) is characterized by homogeneous red color on the BF map and blue on the PS map.



Рис. 10 а (Fig. 10 а)

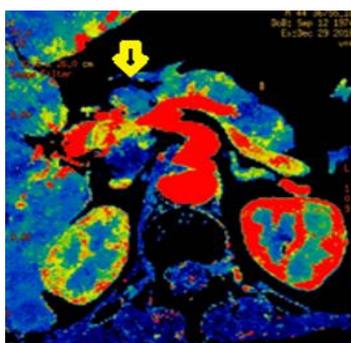


Рис. 10 б (Fig. 10 б)

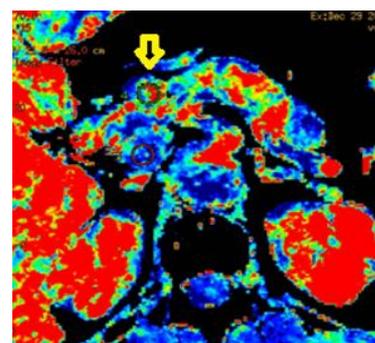


Рис. 10 в (Fig. 10 с)

Рис. 10. ПКТ, поджелудочная железа.

а – Аксиальная проекция, портовонозная фаза. Лимфоузлы гепатодуоденальной связки увеличены. б – Карта MSI; в – карта PS. Лимфатический узел 8а группы характеризуется интенсивным синим окрашиванием на картах BF и MSI, красным на карте PS (стрелки).

Fig. 10. PCT. Pancreas.

а – axial view. Portal venous phase. Lymph nodes of the hepatoduodenal ligament are enlarged; б – MSI map; в – PS map. Group 8a lymph node is characterized by intense blue color on BF and MSI maps, red on PS map (arrows).

На графике «время – плотность» кривая в метастатических узлах характеризовалась отсутствием подъема и крайне слабым накоплением КВ (рис. 11).

На основании характерных признаков на цветных картах и числовых значений показателей тканевой перфузии у пациента с резектабельной опухолью при ПКТ был заподозрен метастаз в одиночном, не увеличенном и при стандартном протоколе внешне интактном лимфоузле (рис. 12).

В данном случае метастаз был подтвержден при гистологическом исследовании материала, взятого путем аспирационной биопсии под контролем ЭУС. Пациент перед ПДР прошел курс неoadьювантной химиотерапии и был успешно оперирован.

При стандартном протоколе КТ в 15 случаях в оценке вторичного поражения лимфатических узлов имели место ложноотрицательные результаты, в трех ложноположительные, диагностическая эффективность

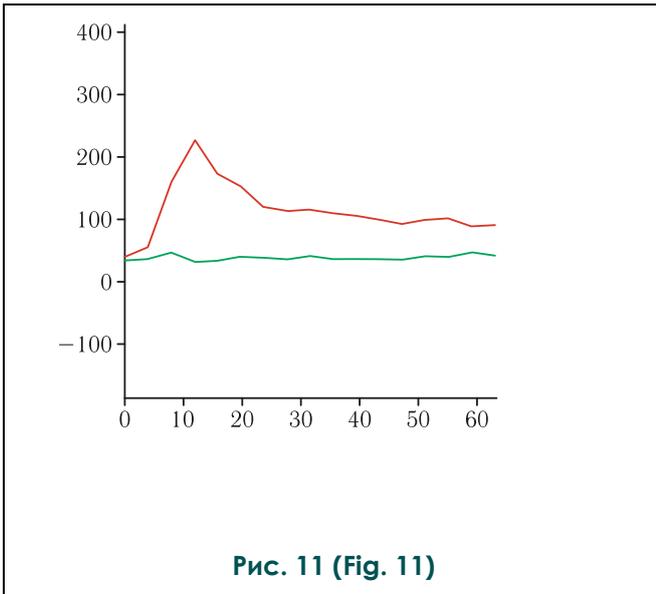


Рис. 11 (Fig. 11)

Рис. 11. График «время – плотность».

Кривая в брюшной аорте (№1), в метастатическом лимфоузле. Кривая №2 характеризуется отсутствием подъема, представлена практически прямой линией в диапазоне плотности от «0» до «50».

Fig. 11. Time-density graph.

The curve for the abdominal aorta (№1), for the metastatic lymph node (№2). Curve № 2 is characterized by the absence of a rise, and looks like an almost straight line in the density range from "0" to "50".

составила: чувствительность – 70,5%, специфичность – 92,3%, диагностическая точность

– 80%. При ПКТ ложноотрицательные результаты имели место в двух случаях, ложноположительный в одном, диагностическая эффективность оказалась выше и составила: чувствительность – 94,7%, специфичность – 97,2%, диагностическая точность – 96%.

Обсуждение.

На этапе предоперационного обследования для определения показаний к выполнению радикального оперативного вмешательства у пациентов с подозрением на аденокарциному поджелудочной железы для клиницистов является крайне важным дифференциальная диагностика с хроническим панкреатитом с подтверждением диагноза опухоли, определение операбельности и резектабельности. Возможности КТ, выполненной по стандартному протоколу, ограничены в выявлении изоденсных опухолей, на которые приходится от 14% до 27% всех аденокарцином ПЖ, оценке взаимоотношений с магистральными висцеральными сосудами и выявлении вторичного поражения лимфатических узлов. Включение в протокол ПКТ позволяет повысить диагностическую эффективность во всех этих случаях.

Заключение.

При ПКТ диагностическая эффективность в выявлении аденокарциномы поджелудочной железы составила: чувствительность – 98,7%, специфичность – 99,3%, диагностическая точность – 99%, в выявлении метастатического поражения лимфатических узлов: чувствительность – 94,7%, специфичность – 97,2%, диагностическая точность –

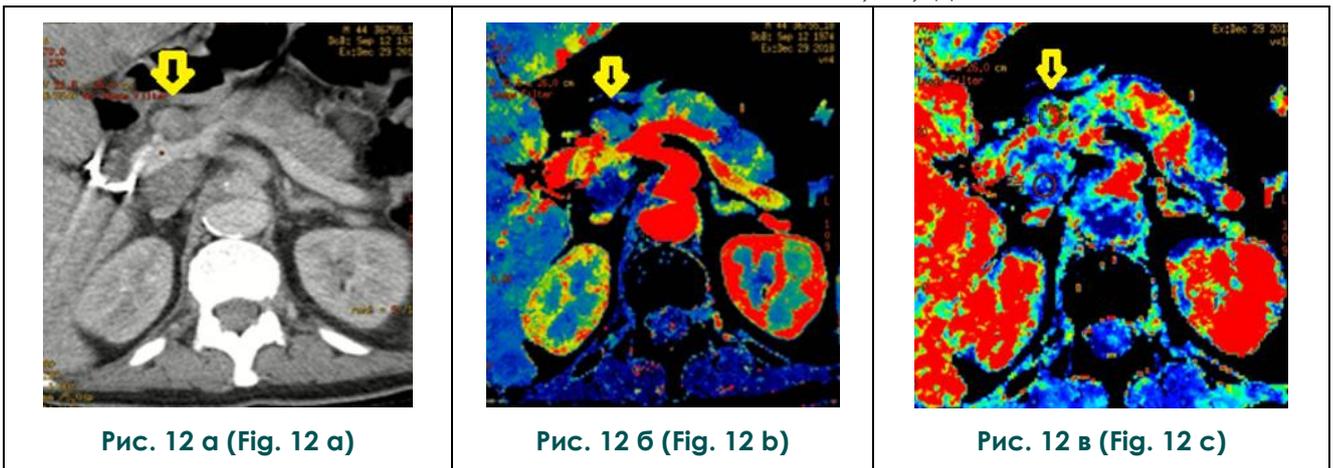


Рис. 12 а (Fig. 12 а)

Рис. 12 б (Fig. 12 б)

Рис. 12 в (Fig. 12 с)

Рис. 12. ПКТ, поджелудочная железа.

а – Карта MSI. Лимфатический узел 8p группы не увеличен, характеризуется синим окрашиванием (стрелка); б – карта PS. Красное окрашивание лимфоузла. в – График «время – плотность».

Fig. 12. PCT. Pancreas.

а – MSI map; б – PS map; в – time-density graph. Group 8a lymph node is characterized by intense blue color on MSI maps, red on PS map (arrows). The curve for the abdominal aorta (№1), for the metastatic lymph node (№2). Curve № 2 is characterized by the absence of a rise, and looks like an almost straight line in the density range from "0" to "50".

96%, оказалась выше в сравнении со стандартным протоколом КТ. Таким образом, перфузионная компьютерная томография является высокоинформативным методом выявления и предоперационного стадирования аденокарциномы поджелудочной железы, должна входить в алгоритм обследования при сомнительных данных стандартного

протокола КТ.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Кубышкин В.А. Рекомендации по обследованию и лечению больных протоковой аденокарциномой головки поджелудочной железы. Ассоц. гепатобилиарных хирургов стран СНГ. М., 2014. 44 с.
2. Кармазановский Г.Г. Дифференциальная диагностика и определение резектабельности рака поджелудочной железы с помощью МСКТ и МРТ. *Анналы хирургической гепатологии.* 2019; 24 (3): 22-35. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2019322-35>
3. Шима В., Коэльблингер К. Аденокарцинома поджелудочной железы: выявление, определение стадии и дифференциальная диагностика. *Медицинская визуализация.* 2015; (5): 52-72.

4. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2018. 250 с.
5. Grözinger G., Grözinger A., Horger M. The role of volume perfusion CT in the diagnosis of pathologies of the pancreas. *Rofo.* 2014; 186 (12): 1082-93. doi: 10.1055/s-0034-1384876.
6. Нерестюк Я.И. КТ-перфузия при опухолях поджелудочной железы. *Медицинская визуализация.* 2015; (3): 57-67.

References:

1. Kubyshkin V.A. Recommendations for the examination and treatment of patients with ductal adenocarcinoma of the pancreatic head. *Assoc. hepatobiliary surgeons of the CIS countries.* M., 2014. 44 p. (in Russian).
2. Karmazanovsky G.G. Differential diagnosis and analysis of pancreatic cancer resectability using CT and MRI. *Annals of HPB Surgery.* 2019; 24 (3): 22-35 <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2019322-35> (in Russian).
3. Schima W., Koelblmger C. Pancreatic Adenocarcinoma: Detection, Staging and Differential Diagnosis. *Medical Visualization.* 2015; (5): 52-72 (in Russian).

4. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrov G.V. Malignant neoplasms in Russia in 2017 (morbidity and mortality). *MNIOI im. P.A. Herzen - branch of the Federal State Budgetary Institution "NMIRC" of the Ministry of Health of Russia,* 2018. 250 p. (in Russian).
5. Grözinger G, Grözinger A, Horger M. The role of volume perfusion CT in the diagnosis of pathologies of the pancreas. *Rofo.* 2014; 186 (12): 1082-93. doi: 10.1055/s-0034-1384876.
6. Nerestyuk Y.I. CT Perfusion of Pancreatic Tumors. *Medical Visualization.* 2015; (3): 57-67 (in Russian).