

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ТРЕХМЕРНЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ПРОТОВОКОЙ АДЕНОКАРЦИНОМОЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Кармазановский Г.Г., Нерестюк Я.И., Кригер А.Г., Хайриева А.В.

**Цель исследования.** Определить диагностическую значимость трехмерных реконструкций КТ-изображений при протоковой аденокарциноме поджелудочной железы.

**Материалы и методы.** Ретроспективный анализ КТ исследований 30 пациентов с протоковой аденокарциномой поджелудочной железы. В первой группе 15 пациентам выполнили ДПЭ (дуоденопанкреатэктомию), во второй (остальные 15 пациентов) – панкреатодуоденальную резекцию. КТ-исследование проводилось на компьютерных томографах Philips Brilliance CT 64 и Brilliance iCT 256 с применением внутривенного болюсного контрастного усиления. Постпроцессорная обработка осуществлялась на рабочей станции Brilliance Workspace Portal с помощью стандартного программного пакета "CT Viewer" с получением трехмерных моделей на основе слияния нескольких фаз исследования. Локализация протоковой аденокарциномы была оценена двумя рентгенологами. Также в соответствии с бальной шкалой оценена значимость трехмерных реконструкций и двухмерных КТ-изображений в определении локализации опухоли и оценке сосудистой инвазии.

**Результаты.** Чувствительность, специфичность и точность в определении локализации аденокарциномы ПЖ в 1 группе при использовании трехмерных моделей увеличились до 94%, 50%, 80%, соответственно. В соответствии с бальной шкалой информативность трехмерных реконструкций в визуализации опухоли и определении локализации была выше мультипланарных двухмерных изображений. Данные об инвазии сосудистой стенки были хорошо представлены в равной степени для трехмерной и двухмерной постобработки.

**Выводы.** Постобработка КТ-изображений с получением трехмерных моделей поджелудочной железы улучшает предоперационную оценку резектабельности, позволяет точнее определять локализацию опухоли. Совершенствование программ трехмерного моделирования должно быть направлено в сторону автоматизации для внедрения в ежедневную клиническую практику.

Ключевые слова: МСКТ, постпроцессорная обработка данных, трехмерное моделирование, протоковая аденокарцинома, локализация опухолей.

Контактный автор: Нерестюк Я.И., nerestyuk@inbox.ru

Для цитирования: Г.Г. Кармазановский, Я.И. Нерестюк, А.Г. Кригер, А.В. Хайриева. Диагностическая значимость трехмерных реконструкций кт-изображений у пациентов с протоковой аденокарциномой поджелудочной железы. REJR 2017; 7 (1):69-76. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-69-76.

Статья получена: 23.12.2016      Статья принята: 17.01.2017

ФГБУ «Институт хирургии им А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения России Москва, Россия.

## DIAGNOSTIC VALUE OF THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTIONS OF CT IMAGES IN PATIENTS WITH DUCTAL PANCREAS ADENOCARCINOMA

Karmazanovsky G.G., Nerestyuk Ya.I., Kriger A.G., Khayrieva A.V.

A.V. Vishnevsky Institute  
of Surgery.  
Moscow, Russia.

**Purpose.** To evaluate the diagnostic significance of three-dimensional reconstructions of the computed tomographic (CT) images in ductal adenocarcinoma of the pancreas.

**Materials and methods.** Thirty patients with histologically approved pancreatic adenocarcinomas were retrospectively examined. Half patients underwent TP (total pancreatectomy) (group 1), the other half underwent pancreatoduodenectomy (group 2). All patients underwent 256-MDCT scan examination (Brilliance iCT, Phillips) with standard volume of contrast media, post-processing was performed on Brilliance Workspace Portal. In all cases we created 3d-models and calculated volumes of pancreas, tumor, arteries and veins with the assessment at VR (color), MIP, SSD. Localization of ductal adenocarcinoma was evaluated by two radiologists. To evaluate the significance of three-dimensional and two-dimensional reconstruction of CT images according to a rating scale.

**Results.** The sensitivity, specificity and accuracy in localization determining of adenocarcinoma of the pancreas in group 1 for three-dimensional models has increased to 94%, 50%, 80% respectively. In accordance with the point scale informative three-dimensional reconstructions in visualization of the tumor and determine the localization was higher. The data on invasion of the vascular wall were well represented in equal measure for three-dimensional and two-dimensional postprocessing.

**Conclusion.** Post-processing of CT images with reconstruction of three-dimensional models of the pancreas improves preoperative assessment of resectability, enables the precise localization of the tumor. Improved three-dimensional modeling software must be sent in the direction of automatization for introduction in daily clinical practice.

Keywords: MDCT, postprocessing technique, 3D rendering of pancreas, ductal adenocarcinoma, localization of tumors.

Corresponding author: *Nerestyuk Ya.I., nerestyuk@inbox.ru*

For citation: *Karmazanovsky G.G., Nerestyuk Ya.I., Kriger A.G., Khayrieva A.V. Diagnostic value of three-dimensional reconstructions of ct images in patients with ductal pancreas adenocarcinomarejr. REJR 2017; 7 (1):69-76. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-1-69-76.*

Received: 23.12.2016

Accepted: 17.01.2017

**П**ротоковая аденокарцинома является наиболее распространенным первичным новообразованием поджелудочной железы и составляет 80% злокачественных опухолей поджелудочной железы [1, 2]. Данный тип опухоли поджелудочной железы занимает четвертое место в структуре причин смерти от рака во всем мире. Опухоль обладает агрессивным ростом, выявляется на далеко зашедших стадиях, а пятилетняя выживаемость составляет всего 5%. Адьювантная химиотерапия является единственным способом, позволяющим увеличить выживаемость пациентов с R0 резекцией [3, 4].

Компьютерная томография (КТ) является методом выбора в диагностике и предоперационном стадировании рака поджелудочной железы [4-7]. По мере совершенствования компь-

ютерных томографов (мультиспиральная компьютерная томография) и получения изотропных вокселей, стала доступна более совершенная постпроцессорная обработка, с помощью которой возможно получить исчерпывающие данные о локализации опухоли, инвазии сосудов и соседних органов, что имеет огромное значение для хирурга на предоперационном этапе [2].

При планировании операции расположение опухоли поджелудочной железы по отношению к окружающим структурам, хирургически значимым сосудам и соседним органам имеет первостепенное значение для хирурга. Возможность оценки объема опухоли по отношению к ткани поджелудочной железы также представляет ценную информацию. В настоящее время трехмерная визуализация чаще используется

для интерактивного планирования операций при сложных резекциях печени, при планировании операций на поджелудочной железе встречаются единичные публикации [8]. Grenacher L и соавт. показали, что трехмерная реконструкция поджелудочной железы с полуавтоматической сегментацией может быть создана аналогично печеночной визуализации [9]. Предпосылкой для сегментации гепатопанкреатобилиарной зоны служит топографоанатомическая сложность представления данной зоны на аксиальных срезах.

Принцип специальных программ обработки является общим для любой анатомической структуры и заключается в создании областей интереса методом послойного выделения изображений на каждом срезе. При этом программы также используют различные алгоритмы упрощения, например, 3д или 2д интерполяция, автоматические инструменты основанные на выделении структур с высокими КТ-числами (сосуды в момент пиковой концентрации, кости и др.) [10]. К таким программам относятся: HepaVision2 (MeVis GmbH, Bremen, Germany) [11], LiverLive (Navidez Ltd., Ljubljana, Slovenia), Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) ReLiver (Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg, Germany), Myrian® (Intrasense, France), Fujifilm Receives FDA Clearance for Synapse® 3D (FUJIFILM Medical Systems U.S.A.), Amira software program (Mercury Computer Systems, Chelmsford, MA, U.S.A.), Easy Vision; Philips, APM «Гамма Мультивокс Д2» (Россия, Гамма-мед), Osirix MD (Швейцария), рабочая станция GE Healthcare (U.S.A.), syngo.via (Siemens, Германия).

Целью данного исследования является ретроспективный анализ 3D моделей, полученных по данным КТ у пациентов с протоковой аденокарциномой, и определение значимости трехмерного моделирования в клинической практике в сравнении с аксиальными КТ-изображениями.

#### **Материалы и методы.**

Проведен ретроспективный анализ КТ-исследований 30 пациентов с гистологически подтвержденной протоковой аденокарциномой поджелудочной железы, госпитализированных в Институт хирургии им. А.В. Вишневского с 2009 по 2012 гг., которым выполнено хирургическое лечение (первая группа – дуоденопанкреатэктомия (ДПЭ) (n=15)), вторая группа – панкреатодуоденальная резекция (n=15)).

Ретроспективный анализ КТ-изображений был произведен одним рентгенологом с помощью двухмерной обработки, другим – с построением трехмерных реконструкций. Использовалась стандартизированная форма оценки, которая включала локализацию, размер, распространение опухоли в перипанкреатическую

клетчатку. В дальнейшем в ходе исследования для первого рентгенолога был предложен вопросник, который оценивал информативность трехмерного изображения и обычных двухмерных КТ (табл. 1).

#### *Технические особенности.*

КТ-исследование органов брюшной полости проводилось на мультidetекторных компьютерных томографах Brilliance 64, Brilliance iCT 256 фирмы Philips. За 30 мин до исследования пациент выпивал 200 мл воды. Нативное исследование выполнялось с толщиной среза 0,9 мм, питч 1,1, 120 кВ, 220 мАс, ширина окна W/C 360/60, коллимация 64×0,625/ 128×0,625, область сканирования – от купола диафрагмы до крыльев подвздошных костей. Время сканирования составляло 5–7 сек. Для получения артериальной и венозной фаз сканирования исследование начиналось на 10-й и 35-й секундах с момента достижения порогового контрастирования аорты 130 HU (программный пакет bolus tracking). Отсроченная фаза проводилась у всех пациентов на 4–6й минуте после введения контрастного препарата.

#### *Постпроцессорная обработка изображений.*

Для визуализации образований ПЖ проводилась оценка изображений во все фазы контрастного усиления на рабочей станции Brilliance Workspace Portal, со стандартным программным пакетом «CT Viewer», с получением трехмерных моделей органов и тканей на основе совмещения артериальной и венозной фаз исследования, окрашиванием разных тканей, а также с расчетом объемов получаемых структур. Сегментация осуществлялась инструментом «заливка» с регулируемым уровнем "скорости" выделения.

Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS для Windows, парные корреляции вычисляли с помощью коэффициента корреляции Спирмана. Общая корреляция считалась сильной при значении более 0,7, средней- 0,5-0,69, умеренной - 0,3-0,49, слабой - 0,2-0,39, очень слабой- меньше 0,19; частная корреляция - высокая значимая корреляция при  $p < 0,01$ , значимая -  $p < 0,05$ , тенденция достоверной связи  $p < 0,1$ , не значимая  $p > 0,01$ . Проверка равенства средних значений проводилась с применением t-критерия Стьюдента с расчетом групповой статистики и критериев для независимых выборок.

#### **Результаты.**

Соотношение мужчин и женщин для первой и второй групп было равное и составляло 42%/58% и 46%/53,3% , соответственно. Средний возраст составил 62 года (SD=6,6) и 55 лет (SD=8,8). По данным гистологического заключения преобладали умеренно-дифференцированные аденокарциномы (табл.

2).

В первой группе пациентов, где отмечалось распространенное опухолевое поражение, трехмерная реконструкция повышала диагностические возможности в определении локализации (табл. 3).

Это объясняется тем, что при распространенном поражении поджелудочной железы происходит изменение топографо-анатомических ориентиров, на основе которых выделяются сегменты поджелудочной железы. Самым коротким сегментом поджелудочной железы является перешеек, поэтому его поражение должно быть исключено самым тщательным образом. При этом трехмерная реконструкция на основе совмещения фаз исследования представляет более детальную и наглядную информацию (Рис. 1).

В соответствии с предложенным вопросом, визуализация опухоли, ее локализация в соответствии с сегментарным строением представлялась лучше при трехмерной реконструкции КТ-изображений. Однако, статистическая достоверность в нашем исследовании не значимая ( $P = 0.132, 0.484$ ). Визуализация инвазии была хорошо представлена в обоих случаях ( $P=1$ ) (табл. 4).

Инвазия воротной вены или верхней брыжеечной вены в хирургии поджелудочной железы уже давно не является противопоказанием к операции, однако возможность протезирования при протяженном поражении может представлять большие трудности. Поэтому трехмерные изображения лучше, чем двухмерные инструменты, представляют уровень инвазии, протяженность и уже перед операцией определяют тактику хирурга (Рис. 2). Уверенные или сомнительные данные о сосудистой инвазии должны указываться на трехмерной реконструкции, чтобы хирург четко знал, на что он должен обратить особое внимание (Рис. 3).

Трехмерные реконструкции представляют опухоль более наглядно и, кроме того, обладают более быстрой управляемостью, значительно сокращая время, нужное на тщательный просмотр обычных КТ-срезов.

Время на создание трехмерной модели составило 61,7 мин ( $SD=8,7$ ).

#### **Обсуждение.**

Несмотря на достигнутый прогресс в диагностике и хирургии, прогноз для рака поджелудочной железы по-прежнему неблагоприятный. Хирургическая резекция является методом выбора для увеличения продолжительности жизни при протоковой аденокарциноме. Таким образом, основная цель этапа диагностики заключается в оценке наличия инвазии хирургически значимых сосудов, для определения операбельных и неоперабельных пациентов раком поджелудочной железы. Компьютерная томо-

графия считается золотым стандартом в диагнозе рака поджелудочной железы и в оценке резектабельности опухоли в большинстве центров [6]. Чувствительность КТ, по данным литературы, в оценке резектабельности рака поджелудочной железы составляет от 81% до 96,3% [12, 13, 14-16]. Из-за особенностей анатомического взаимоотношения поджелудочной железы и окружающих сосудов, трехмерные реконструкции являются полезными в представлении дополнительной информации [17, 18]. Для хирурга важно на предоперационном этапе увидеть опухоль в трехмерном изображении, а также представить ее отношение с окружающими органами и сосудами. Кроме того, хирургу необходимо наглядно оценить объем опухоли по отношению к здоровой паренхиме поджелудочной железы. При помощи свободного вращения трехмерного изображения он может представлять более четко степень венозной инвазии (еще до операции), в отличие от двумерных изображений: аксиальных, коронарных и сагиттальных. Таким образом, хирург уже перед операцией планирует этапы вмешательства.

Остается малоизученным клиническое значение трехмерной обработки КТ изображения поджелудочной железы. Данные исследования по этому вопросу представлены в единичных работах.

В Гарвардской медицинской школе описано создание реконструкций поджелудочной железы и соседних сосудистых структур, но их клиническая оценка не представлена [19].

По данным диссертационной работы Гузевой Е.Б. (2002 г.) «Трёхмерное моделирование по результатам спиральной компьютерной томографии с болюсным контрастным усилением как основа выполнения виртуальных хирургических операций на органах брюшной полости и забрюшинного пространства» для создания трехмерных моделей использовались две методики внутривенного болюсного контрастного усиления:

-однократное введение 100 мл неионного рентгеноконтрастного препарата с последующим выполнением двух сканирований: через 20-25 сек (артериальная фаза) и 80 сек (венозная фаза);

-однократное введение 100 мл неионного рентгеноконтрастного препарата с последующим сканированием через 40-45 сек (фаза воротной вены).

Основной методикой контрастного усиления для создания трехмерных изображений автором была выбрана методика однократного контрастирования, не только по причине технических возможностей, но и по причине отсутствия возможности совмещать изображения из различных фаз сканирования на этапе пост



**Таблица № 1. Вопросник на тему: Информативность трехмерных реконструкций и двухмерных КТ.**

Четко ли определяется локализация?	отлично  средне  плохо
Хорошо ли видна инвазия сосудов?	
Хорошо ли видна опухоль?	

**Таблица № 2. Гистологическая классификация групп.**

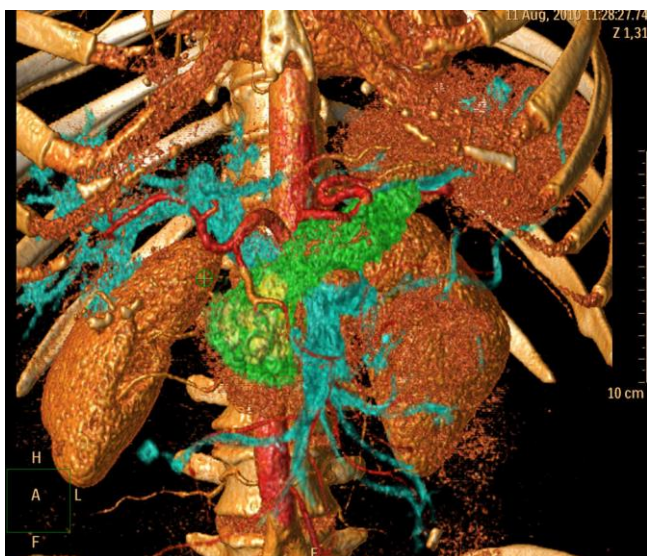
	Группа 1 (Дуоденопанкреатэктомия)	Группа 2 (Панкреатодуоденальная резекция)
G1 (Высокодифференцированная аденокарцинома)	10%	10%
G2 (Умереннодифференцированная аденокарцинома)	90%	70%
G3 (Низкодифференцированная аденокарцинома)	-	20%

**Таблица № 3. Показатели чувствительности, специфичности, точности в определении локализации опухолевого поражения для двух рентгенологов.**

Исследователь	Чувствительность	Специфичность	Точность
Рентгенолог № 1 (анализ двухмерных данных)	84,6%	50%	68%
Рентгенолог № 2 (анализ данных с получением трехмерных моделей)	94%	50%	80%

**Таблица № 4. Сравнение информативности 3D и обычных КТ.**

	Визуализация опухоли		Локализация опухоли		Сосудистая инвазия	
	3D	СТ	3D	СТ	3D	СТ
Коэффициент	1,3	1,5	1,5	2,0	2,1	2,1
P	0,132		0,484		1	



**Рис. 1 (Fig. 1)**

**Рис. 1. МСКТ. Трехмерная реконструкция КТ-изображения, полученная на основе совмещения артериальной и портальной фаз контрастирования.**

Протоковая аденокарцинома (желтым цветом) головки-перешейка поджелудочной железы.

**Fig. 1. MSCT. Three-dimensional reconstruction of CT images, on the basis of combining arterial and portal phases of contrast enhancement (fusion).**

Ductal adenocarcinoma (yellow) head-isthmus of pancreas.

процессорной обработки данных. При этом пик контрастирования приходился на воротную вену, а интенсивность контрастирования артериальных сосудов уменьшалась, но была достаточной для их визуализации. Поэтому данное исследование имеет существенные ограничения в визуализации и построении трехмерных реконструкций опухолей поджелудочной железы с ранним контрастированием, артериальных сосудов (особенно малого диаметра), т.е. во всех случаях, когда отсутствует денситометрическая разница (градиент плотности) тканей.

Трехмерная реконструкция уже заняла прочное место в области ортопедии и нейрохирургии, где представлены только неподвижные и фиксированные анатомические структуры.

Создание трехмерных реконструкций в висцеральной хирургии является более сложным, так как в процессе акта дыхания может происходить смещение внутренних органов и мезентеральных сосудов [9]. В этом отношении поджелудочная железа минимально подвержена двигательными артефактами из-за забрюшинного расположения. Трехмерная реконструкция печени, печеночных сосудов и желчных протоков прочно утвердилась в некоторых центрах при резекции печени у живых доноров и при опухолях печени. Она используется в предоперационном периоде с целью определения различных вариантов резекции, для оценки технической осуществимости в отношении анатомии сосудов и желчных протоков, а также для оценки



Рис. 2 а (Fig. 2 а)

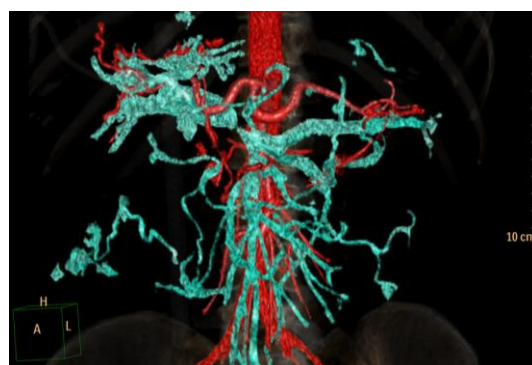


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

**Рис. 2. МСКТ. Трехмерная реконструкция.**

Протоковая аденокарцинома (желтым цветом) головки-перешейка поджелудочной железы (а). Протяженность инвазии воротной вены после виртуального удаления опухоли (б).

**Fig. 2. MSCT. Three-dimensional reconstruction.**

Ductal adenocarcinoma (yellow) head-isthmus of pancreas (а). The extent of invasion of the portal vein after the virtual removal of the tumor (б).



Рис. 3 а (Fig. 3 а)

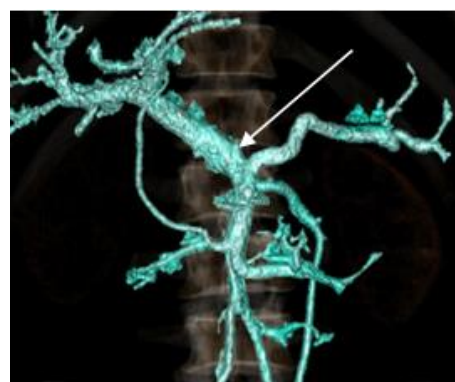


Рис. 3 б (Fig. 3 б)

**Рис. 3. МСКТ. Трехмерная реконструкция.**

Протоковая аденокарцинома (желтым цветом) перешейка-тела поджелудочной железы (а). После виртуального удаления опухоли определяется короткая инвазия (стрелка) воротной вены на уровне конfluence (б).

**Fig. 3. MSCT. Three-dimensional reconstruction.**

Ductal adenocarcinoma (yellow) isthmus-the body of the pancreas (а). After the virtual removal of the tumor is determined by the short invasion (arrow) of the portal vein at the level of confluence (б).

объема опухоли и остаточной паренхимы с помощью волюметрии. Предпосылкой для трехмерной визуализации первичных данных является полуавтоматическая сегментация таких структур, как поджелудочная железа, опухоль, желудок, печень, селезенка, почки и любые кисты. Однако, при опухолях поджелудочной железы, процесс сегментации является особенно трудоемким и проблематичным, поскольку при воспалительных процессах или гиповаскулярных опухолях градиент между органами и окружающими структурами низкий из-за распространения за пределы органа. Подготовка трехмерных моделей должна включать в себя выделение всех важных органов и сосудистых структур в брюшной полости, чтобы обеспечить хирурга максимальной информацией и прогнозировать возможные осложнения в ходе операции.

Создание трехмерных моделей поджелудочной железы связано с большими трудностями. Процедура создания трехмерной реконструкции для визуализации опухолей поджелудочной железы по-прежнему требует огромного количества усилий как технических, так и временных. Кроме того, объективная и точная оценка локализации опухоли невозможна, поскольку сегментация всегда проводится в соответствии с субъективной интерпретацией рентгенолога.

Автоматическая обработка КТ-изображений опухолей поджелудочной железы, как правило, невозможна, особенно при гиповаскулярных опухолях, когда сегментация затруднена ввиду незначительного градиента плотностей между органом и опухолью. Основываясь на определенном узком диапазоне КТ чисел, программное обеспечение не способно сегментировать только область интереса, поэтому выделение тканей всегда ошибочно. Однако в литературе описаны перспективные исследования по созданию автоматической сегментации органов [20]. На основе 32 моделей печени авторы представляют три типа градации серой шкалы. С помощью этих типов в программе создается шаблон, на основе которого осуществляется автоматическое выделение паренхимы органа и его границы.

Программы для автоматического сегментирования сосудов не существуют. Но на основе хорошей контрастности во время пикового прохождения контрастного вещества через сечение сосуда возможно отмечать область интереса, в которой программа в узком диапазоне

КТ-чисел отображает модель. При этом необходимо помнить, что трехмерная визуализация сосудов – это результат выделения внутреннего просвета сосуда. Таким образом, прорастание опухоли в соответствующие сосуды, как и в случае с двухмерной томограммой, может лишь косвенно визуализироваться, например, на основе внезапной разницы в калибре сосуда или полной окклюзии сосуда. В настоящем исследовании постпроцессорная обработка в виде создания трехмерных моделей была сопоставлена с аксиальными КТ-сканами, оценена двумя рентгенологами. Полученные данные свидетельствовали о лучшей визуализации опухоли на трехмерных моделях, чем при аксиальных срезах. Данных об инвазии были одинаковыми в обоих случаях. Управляемость трехмерного изображения по сравнению с обычными КТ считается менее сложным.

Трехмерная реконструкция не может улучшить диагностику в сравнении с двухмерными изображениями, она может только представить ситуацию в более пластичной форме. Таким образом, трехмерное изображение, как правило, не улучшает оценку резектабельности рака поджелудочной железы. Данный этап постпроцессинга очень важен для хирурга в предоперационном планировании при лечении рака поджелудочной железы. Однако, создание трехмерных моделей поджелудочной железы до сих пор требует продолжительного времени и поэтому не может использоваться в повседневной клинической практике. Если технические возможности позволят в дальнейшем нивелировать вышеперечисленные факторы, то трехмерное моделирование может стать обязательным при проведении хирургического вмешательства при раке поджелудочной железы.

#### **Заключение.**

Подводя итог, можно сказать, что в настоящее время трехмерное моделирование рака поджелудочной железы с окружающими сосудами и органами сдерживается, но полученные результаты, безусловно, несут дополнительную информацию для хирурга. Программы трехмерного моделирования поджелудочной железы должны совершенствоваться для внедрения в ежедневную клиническую практику.

#### **Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

#### **References:**

1. D'Onofrio M., Barbi E., Girelli R., Martone E., Gallotti A., Salvia R., Tinazzi P.M., Bassi C., Pedersoli P., Pozzi R. M. Radiofrequency ablation of locally advanced pancreatic adenocarcinoma: An overview. *World J Gastroenterol.* 2010; 16 (28): 3478-3483.
2. Schima W., Ba-Ssalamah A., Kölblinger C., Kulinna-Cosentini C., Poespoek A., Götzinger P. Pancreatic adenocarcinoma. *Eur Radiol.* 2007; 17: 638-649.
3. Ishiguchi T., Ota T., Naganawa S., Fukatsu H., Itoh S., Ishi-

- gaki T. CT and MR imaging of pancreatic cancer. *Hepatogastroenterology*. 2001; 48: 923-927.
4. Klauß M., Schöbinger M., Wolf I., Werner J., Meinzer H.-P., Kauczor H.-U., Grenacher L. Value of three-dimensional reconstructions in pancreatic carcinoma using multidetector CT: Initial results. *World J Gastroenterol*. 2009; 15(46): 5827-5832.
  5. Karmazanovsky G., Fedorov V., Kubyshkin V., Kotchatkov A. Pancreatic head cancer: accuracy of CT in determination of resectability. *Abdom Imaging*. 2005; 30 (4): 488-500.
  6. Schima W., Ba-Ssalamah A., Plank C., Kulinna-Cosentini C., Prokesch R., Tribl B., Sautner T., Niederle B. Pancreas. Part II: Tumors. *Radiologe*. 2006; 46: 421-437.
  7. Zakharova O.P., Karmazanovsky G.G., Egorov V.I. Pancreatic adenocarcinoma: Outstanding problems. *World J Gastrointest Surg*. 2012; 4 (5): 104-113.
  8. Wen Z.H., Yao F., Wang Y.U. 64 Slice spiral computed tomography and three dimensional reconstruction in the diagnosis of cystic pancreatic tumors. *Experimental and therapeutic medicine*. 2016; 11: 1506-1512.
  9. Grenacher L., Thorn M., Knaebel H.P., Vetter M., Hassenpflug P., Kraus T. et al. The role of 3-D imaging and computer-based postprocessing for surgery of the liver and pancreas. *Rofo*. 2005; 177: 1219-1226.
  10. Kunert T., Heimann T., Schröter A., Schöbinger M., Böttger T., Thorn M., et al. An Interactive System for Volume Segmentation in Computer-Assisted Surgery. In: Galloway RL Jr, editor. *Proc. SPIE Vol. 5367, Medical Imaging 2004: Visualization, Image-Guided Procedures, and Display*. SPIE The International Society for Optical Engineering, Bellingham. 2004: 799-809.
  11. Meier S., Schenk A., Mildenerger P., Bourquain H., Pitton M., Thelen M. Evaluation of a new software tool for the automatic volume calculation of hepatic tumors. First results. *Rofo*. 2004; 176: 234-238.
  12. Richter G.M., Wunsch C., Schneider B., Dux M., Klar E., See-los R., Kauffmann G.W. Hydro-CT in detection and staging of pancreatic carcinoma. *Radiologe*. 1998; 38: 279-286.
  13. Richter G.M., Simon C., Hoffmann V., DeBernardinis M., See-los R., Senninger N., Kauffmann G.W. Hydrospiral CT of the pancreas in thin section technique. *Radiologe*. 1996; 36: 397-405.
  14. Bipat S., Phoa S.S., van Delden O.M., Bossuyt P.M., Gouma D.J., Laméris J.S., Stoker J. Ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging for diagnosis and determining resectability of pancreatic adenocarcinoma: a meta-analysis. *J Comput Assist Tomogr*. 2005; 29: 438-445.
  15. Klauss M., Mohr A., von Tengg-Kobligh H., Friess H., Singer R., Seidensticker P., Kauczor H.U., Richter G.M., Kauffmann G.W., Grenacher L. A new invasion score for determining the resectability of pancreatic carcinomas with contrast-enhanced multidetector computed tomography. *Pancreatology*. 2008; 8: 204-210.
  16. Zeman R.K., Cooper C., Zeiberg A.S., Kladakis A., Silverman P.M., Marshall J.L., Evans S.R., Stahl T., Buras R., Nauta R.J., Sitzmann J.V., al-Kawas F. TNM staging of pancreatic carcinoma using helical CT. *AJR Am J Roentgenol*. 1997; 169: 459-464.
  17. Kalra M.K., Maher M.M., Mueller P.R., Saini S. State-of-the-art imaging of pancreatic neoplasms. *Br J Radiol*. 2003; 76: 857-865.
  18. Smith S.L., Rajan P.S. Imaging of pancreatic adenocarcinoma with emphasis on multidetector CT. *Clin Radiol*. 2004; 59: 26-38.
  19. Nakagohri T., Jolesz F.A., Okuda S., Asano T., Kenmochi T., Kainuma O., Tokoro Y., Aoyama H., Lorensen W.E., Kikinis R. Virtual pancreatoscopy of mucin-producing pancreatic tumors. *Comput Aided Surg*. 1998; 3: 264-268.
  20. Heimann T., Wolf I., Meinzer H.P. Active shape models for a fully automated 3D segmentation of the liver--an evaluation on clinical data. *Med Image Comput Comput Assist Interv Int Conf Med Image Comput Comput Assist Interv*. 2006; 9: 41-48.