

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ С 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕМ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ПОРТАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Колсанов А.В., Зельтер П.М., Колесник И.В.,
Капишников А.В., Чаплыгин С.С., Соловов Д.В.

Цель исследования. Оценить опыт использования абдоминальной компьютерной томографии (КТ) с последующей сегментацией и 3D-моделированием в предоперационном планировании у пациентов с синдромом портальной гипертензии.

Материалы и методы. Проведено обследование 40 пациентов, проходивших лечение в хирургических отделениях клиник Самарского государственного медицинского университета. Всем пациентам выполнялась КТ органов брюшной полости с модифицированным протоколом. Изображения подвергались сегментации с построением полигональных 3D-моделей.

Результаты. КТ с сегментацией и моделированием позволяет выявить причину и уровень блока в портальной системе, конфигурацию и распространенность тромбоза в системе воротной вены, определить характерные изменения печени и селезенки, визуализировать коллатерали у больных с синдромом портальной гипертензии. В восьми случаях моделирование позволило отказаться от селективного парциального Н-образного спленоренального анастомоза вследствие близкого расположения селезеночной и левой почечной вен. В шести случаях было выбрано наложение селективного спленоренального анастомоза по типу «бок в бок».

Таким образом, по результатам исследования и анализа 3D-моделей в 35% случаев был изменен тип предполагаемого спленоренального анастомоза от ранее намеченного. У 15% пациентов выявлена ранее неизвестная причина портальной гипертензии.

Обсуждение. Портальная гипертензия в связи с ростом распространенности цирроза печени стала актуальной проблемой. В настоящее время количество больных с портальной гипертензией неуклонно растет. Диагностические ошибки при этом заболевании достигают 10-15%. Основной метод коррекции портальной гипертензии – хирургический. Компьютерная томография является одной из основных методик в обследовании пациентов с портальной гипертензией. Сегментация и компьютерное моделирование на основе данных КТ позволяет построить 3D-модель венозной фазы исследования с отображением паренхиматозных органов.

Выводы. 1. Использование системы для моделирования и совмещения фаз исследования позволяет выбрать оптимальный способ оперативного вмешательства для коррекции портальной гипертензии.

2. У пациентов с предполагаемой портальной гипертензией необходимо изменять протокол проведения мультифазного сканирования вследствие замедления кровотока. У ряда пациентов при недостаточном контрастировании вен следует дополнять стандартные фазы поздней венозной фазой.

Ключевые слова: портальная гипертензия, предоперационное 3-D моделирование, система «Автоплан», компьютерная томография, сегментация.

Контактный автор: Зельтер П.М., e-mail: pzelter@mail.ru

Для цитирования: Колсанов А.В., Зельтер П.М., Колесник И.В., Капишников А.В., Чаплыгин С.С., Соловов Д.В. Компьютерная томография с 3d-моделированием при планировании операций у пациентов с синдромом портальной гипертензии. REJR 2019; 9(1):67-74. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-67-74.

Статья получена: 14.03.19

Статья принята: 29.03.19

ФГБОУ ВО «Самарский
государственный
медицинский
университет» Минздрава
России.
г. Самара, Россия.

COMPUTED TOMOGRAPHY WITH 3D-MODELING IN PORTAL HYPERTENSION SURGERY PLANNING

Kolsanov A.V, Zelter P.M., Kolesnik I.V.,
Kapishnikov A.V., Chaplygin S.S., Solovov D.V.

Purpose. To evaluate experience of using abdominal CT with segmentation and 3D modeling in preoperative planning in patients with portal hypertension syndrome. **Materials and methods.** Were examined 40 patients treated in surgical departments of Clinics of Samara State Medical University. All patients underwent abdominal CT scan with modified protocol. The CT data underwent segmentation and 3D modeling.

Samara State Medical
University of
Ministry of Health
Samara, Russia

Results. CT allows to identify the cause and level of block in the portal system; evaluate configuration and degree of portal thrombosis; to identify changes in liver and spleen; visualize collaterals in patients with portal hypertension syndrome. In eight cases, 3D-modelling allowed to abandon H-shaped anastomosis due to the proximity of the veins. In six cases, proximal splenorenal anastomosis was chosen.

A change in the choice of initial surgery was noted in 35% of cases. In 15% of patients, it became possible to identify previously unknown cause of portal hypertension.

Discussion. Portal hypertension due to increase of liver diseases has become an actual problem. Currently, number of patients with portal hypertension is steadily increasing. Diagnostic errors in this disease reach 10-15%. Main method of correction of portal hypertension is surgical. CT is one of the main methods in the examination of patients with portal hypertension. Segmentation and 3D-modelling based on CT data allows to make a 3D model of the venous phase of examination with showing of parenchymal organs.

Conclusions. 1. Using system to simulate and combine phases of CT data allows to choose the best method of surgical intervention for decompression of the portal system;

2. In patients with suspected portal hypertension, it is necessary to change the protocol for multiphase scan due to slower blood flow. If necessary, it is needed to supplement the standard phases with late venous phase.

Keywords: portal hypertension, preoperative 3-D modeling system "Avtoplan", computed tomography, segmentation.

Corresponding author: Zelter P.M., e-mail: pzelter@mail.ru

For citation: Kolsanov A.V, Zelter P.M., Kolesnik I.V., Kapishnikov A.V., Chaplygin S.S., Solovov D.V. Computed tomography with 3d-modeling in portal hypertension surgery planning. REJR 2019; 9(1):67-74. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-67-74.

Received: 14.03.19

Accepted: 29.03.19

Портальная гипертензия – повышение давления в воротной вене любой этиологии свыше 12 мм рт. ст. или 160 мм водного ст. Традиционно портальную гипертензию классифицируют на четыре группы: 1) надпеченочная форма – при тромбозе или стенозе печеночных вен, нижней полой вены, правожелудочковой недостаточности; 2) внутрипеченочная форма – при различных причинах поражения паренхимы печени; 3) подпеченочная форма – при тромбозе воротной вены или ветвей, сдавлении их извне; 4) гипердинамическая форма – при различных вариантах артериовенозных фистул и миелопролиферативных заболеваниях [1].

В России наибольшее число пациентов с портальной гипертензией – это больные цирро-

зом печени. Портальная гипертензия вызывает угрожающие жизни осложнения, так как у 90% больных циррозом возникает варикозное расширение вен пищевода, которое в 30% случаев осложняется кровотечением. Такие кровотечения даже после первого эпизода в 30-50% случаев оканчиваются летально [2]. Повторное кровотечение развивается в течение года у 25% больных циррозов печени класса А (классификация степени тяжести печеночно-клеточной недостаточности Child – Turcotte в модификации Pugh), у 50% больных циррозом печени класса В и у 75% больных класса С [1].

Компьютерная томография с болюсным контрастированием занимает одно из ведущих мест в оценке патологии органов брюшной полости [3]. Рабочие станции томографов обла-

дают функцией построения 3D-изображения, которое может ответить на некоторые вопросы, появившиеся после изучения плоскостных изображений. К сожалению, методика стандартной реконструкции методом Volume rendering не раскрывает всех топографо-анатомических взаимоотношений и вероятных вариантов развития. Это связано с тем, что программное обеспечение современных компьютерных томографов не позволяет совмещать различные фазы контрастного исследования брюшной полости (нативная, артериальная, порталная, отсроченная), чтобы получить интегральное объемное изображение. Задачей 3D-визуализации у пациентов с порталной гипертензией является получение изображения венозной фазы для оценки взаимного расположения вен порталной системы и ветвей нижней полой вены.

Компьютерное моделирование на основе данных МСКТ – технология, которая обеспечивает совмещение всех фаз визуализации с объемным преобразованием на одном изображении, что позволяет получить наглядную информацию об анатомических особенностях органов брюшной полости вместе с особенностями артериального и венозного кровоснабжения. Это обеспечивается тем, что те или иные структуры, четко визуализирующиеся в определенную фазу, выделяются именно на изображениях этой фазы контрастирования [2]. В основе получения полигональной 3D-модели лежит процесс сегментации. Сегментация – это разделение изображения на области, для которых выполняется определенный критерий однородности. Предполагается, что области соответствуют реальным объектам или их областям, а границы областей соответствуют границам объектов [4].

Хирургическое лечение синдрома порталной гипертензии возможно в следующих вариантах [5]:

- 1) шунтирующие операции (различные виды спленоренальных анастомозов, (селективные анастомозы), мезентерикокавальные анастомозы (прямые анастомозы), селективные парциальные анастомозы (Н-анастомоз));
- 2) эндоваскулярные методы лечения:
 - а) редукция печеночного кровотока,
 - б) редукция селезеночного кровотока,
 - в) эмболизация левой желудочной вены и коротких вен желудка,
 - г) трансъюгулярное внутрипеченочное портосистемное шунтирование (TIPS);
- 3) операции разобщения (азигопортальная дисконекция по Nassab и т.д.);
- 4) трансплантация печени.

Вопрос выбора оптимальной тактики паллиативной операции по декомпрессии порталной системы до настоящего времени остается открытым [5]. Так, эндоваскулярная операция

TIPS по созданию внутрипеченочного анастомоза между печеночной веной и воротной веной, несмотря на относительную эффективность, противопоказана при печеночной энцефалопатии и признаках гепатоцеллюлярной недостаточности. Наиболее частыми причинами неудач создания шунта являются тромбоз воротной вены, повреждение и тромбоз печеночных вен, фиброз печени, а также выраженный асцит [6].

Цель исследования.

Оценить опыт использования абдоминальной компьютерной томографии (КТ) с последующей сегментацией и 3D-моделированием в предоперационном планировании у пациентов с синдромом порталной гипертензии.

Материалы и методы.

Нами были изучены данные 40 пациентов с синдромом порталной гипертензии. Всем пациентам была проведена КТ органов брюшной полости с болюсным контрастированием. Мужчин было 34 (85%), женщин – 6 (15%), в возрасте от 27 до 65 лет (средний возраст 51±15,7). Мультиспиральная компьютерная томография органов брюшной полости с болюсным контрастным усилением была выполнена всем пациентам на мультidetекторном томографе (Aquilion 32, Toshiba) со стандартными характеристиками на рентгеновской трубке. Внутривенно вводили неионные контрастные средства с помощью двухголовчатого автоматического иньектора, со скоростью 4 мл/с. Артериальная фаза выполнялась на 10 с после достижения порогового уровня плотности (120-150 НУ) в аорте. Модификацией методики стало выполнение венозной фазы на 55 секунде после достижения порога (примерно 70-я секунда от начала введения контрастного вещества, в среднем на 20 секунд позже стандартной венозной фазы). Такой подход несколько отличается от методики, описанной А.В. Кудрявцевой, при которой исследование выполнялось на 60 и 120 секундах от начала введения контрастного вещества [7].

Сканирование в отсроченную фазу проводилось на 6 минуте. Далее проводилась сегментация, моделирование и анализ трехмерной модели в системе «Автоплан».

«Автоплан» – аппаратно-программный комплекс, разработанный для предоперационного планирования и интраоперационной навигации в Институте инновационного развития СамГМУ [8]. После загрузки данных формата DICOM в систему выполнялась полуавтоматическая сегментация паренхиматозных органов на основании «средних» моделей, сегментация артерий и вен путем установки в просвет маркера и дальнейшей пороговой обработки.

Результаты и обсуждение.

В исследуемой группе пациентов были выявлены различные изменения при КТ орга

Таблица №1. Изменения, выявленные при КТ у пациентов исследуемой группы.

Признак	Доля исследований с признаком, %
Расширение воротной вены	90
Расширение селезеночной вены	60
Признаки цирроза печени	25
Асцит	30
Спленомегалия	65
Гиперваскулярное образование, подозрительное на гепатоцеллюлярный рак	7,5
Спленоренальный анастомоз	7,5
Портокавальный анастомоз	10
«Голова медузы»	10
Тромбоз воротной вены	12,5
Тромбоз селезеночной вены	7,5
Тромбоз верхней брыжеечной вены	10
Тромбоз печеночных вен (синдром Бадда-Киари)	7,5
Варикозное расширение вен пищевода и желудка	20
Кавернозная трансформация воротной вены («портальная кавернома»)	17,5

нов брюшной полости, которые являются причиной или проявлением синдрома портальной гипертензии (табл. №1).

В большинстве случаев исследование позволяло не только предположить наличие портальной гипертензии, определить ее форму, но и судить о причинах развития данной патологии. Наиболее частой (80% случаев) причиной внутрипеченочной формы являлся цирроз печени, который проявлялся уменьшением размеров печени, изменением ее конфигурации (серповидной формой или гипертрофией 1 сегмента), бугристым контуром. При подпеченочной форме установлены различные причины блока: тромбоз воротной вены, сдавление извне жидкостными скоплениями или кальцинатами головки поджелудочной железы, лимфатическими узлами, хронический панкреатит с кистозной трансформацией головки,

На рисунке 1 представлены корональные сканы исследования пациента с В-клеточной лимфомой. В режиме average визуализируются конгломераты лимфатических узлов, в режиме MIP показано расширение воротной и селезеночной вен проксимальнее сужения в области ворот печени.

При надпеченочной форме портальной гипертензии в части случаев удалось устано-

вить этиологический фактор: у двух пациентов в зоне сканирования в перикарде визуализировались массивные обызвествления, при дальнейшем сканировании органов грудной клетки и эхокардиографии был подтвержден диагноз констриктивного перикардита. У одного пациента выявлены массивные порто-кавальные анастомозы и резкое расширение непарной и полунепарной вен, а после анализа просвета нижней полой вены установлено наличие аномалии – мембранозного заращения нижней полой вены на уровне диафрагмы (рис. 2).

После сегментации в системе «Автоплан» были получены полигональные модели, на которых в одном изображении визуализировались структуры, накапливающие контрастное вещество на разных фазах исследования. Такая модель позволяла оценить зону предполагаемого вмешательства.

При планировании наложения Н-образного спленоренального анастомоза требовалось оценить расстояние между левой почечной и селезеночной венами, их ход, проходимость и извитость, наличие между ними крупных артериальных стволов и хвоста поджелудочной железы (рис. 3).

Планирование подобной операции проводилось у 10 пациентов. В 5 случаях был нало-



Рис. 1 а (Fig. 1 а)



Рис. 1 б (Fig. 1 б)

Рис. 1. КТ органов брюшной полости, венозная фаза, корональная плоскость.

Пациент с В-клеточной лимфомой. а – режим average; стрелками обозначен пакет лимфатических узлов; б – MIP 10 мм; стрелками обозначены расширение воротной и селезеночной вен.

Fig. 1. Abdomen CT, venous phase, coronal view

Patient with B-cell lymphoma. a – average mode; arrows indicate massive lymphatic nodes; b – 10mm MIP mode; arrows indicate dilatation of portal and splenic veins.



Рис. 2 а (Fig. 2 а)

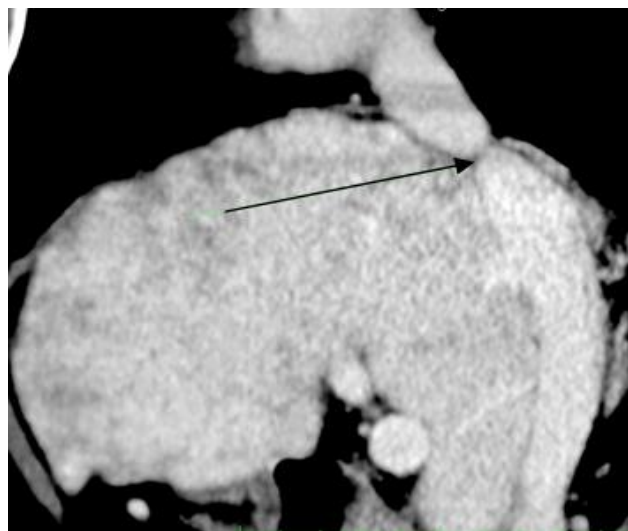


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. КТ органов брюшной полости, венозная фаза.

а - Аксиальная плоскость; под стрелкой неоднородная структура печени, характерная для синдрома Бадда-Киари (одна из причин портальной гипертензии).

б - Сагиттальная плоскость; резко расширены паравертебральные вены, стрелкой показано мембранозное заращение нижней полой вены.

Fig. 2. Abdomen CT, venous phase.

a – Axial view; arrow indicates heterogeneous structure of liver, typical for Budd-Chiari syndrome (one of the reasons of portal hypertension).

b – sagittal view; paravertebral veins are dilated, the arrow shows the membranous closure of vena cava inferior.

Таблица №2. Формы портальной гипертензии в исследуемой группе.	
Форма	Количество пациентов, кол-во, %
Подпеченочная	8 (20)
Внутрипеченочная	14 (35)
Надпеченочная	3 (7,5)
Неясной этиологии (в том числе гипердинамическая)	15 (37,5)

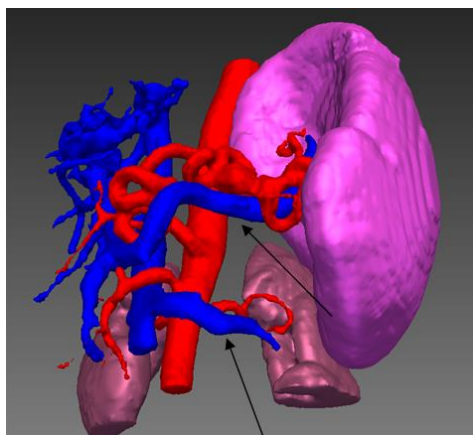


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. 3D-модель.

Синим цветом обозначены вены. Стрелками показан параллельный ход селезеночной и левой почечной вен, пригодный для наложения H-образного спленоренального анастомоза-варианта оперативного лечения.

Fig. 3. 3D – model.

Blue shows veins. The arrows show that spleen and left renal veins are parallel, which is the indication for H-look spleen-renal anastomoses – one of the surgical treatment option.



Рис. 4 а (Fig. 4 а)

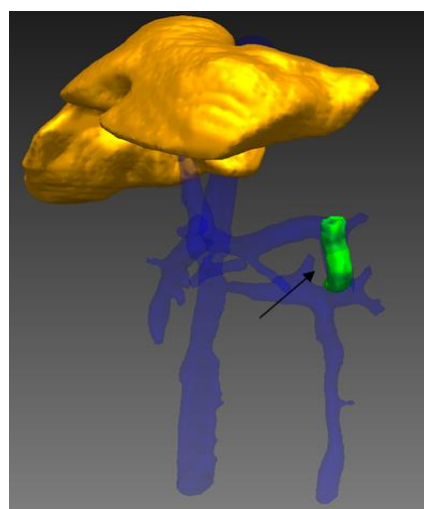


Рис. 4 б (Fig. 4 б)

Рис. 4. КТ органов брюшной полости, венозная фаза.

а – сагиттальная плоскость, б – результат компьютерного моделирования (синим цветом показаны вены, стрелками показан искусственный анастомоз, один из вариантов оперативного лечения). Отмечается кровоток по анастомозу, тромботические массы отсутствуют. Кпереди от анастомоза – крупные жидкостные скопления (лимфоцеле, которое впоследствии купировано дренированием под контролем УЗИ).

Fig. 4. Abdomen CT, venous phase.

а – sagittal view, б – the result of postprocessing (blue – veins, the arrow shows the artificial anastomosis, surgical treatment option). There is a blood flow in anastomoses and no sign of thrombosis. There are massive liquid collections (lymphocele, treated by US-guided drainage).

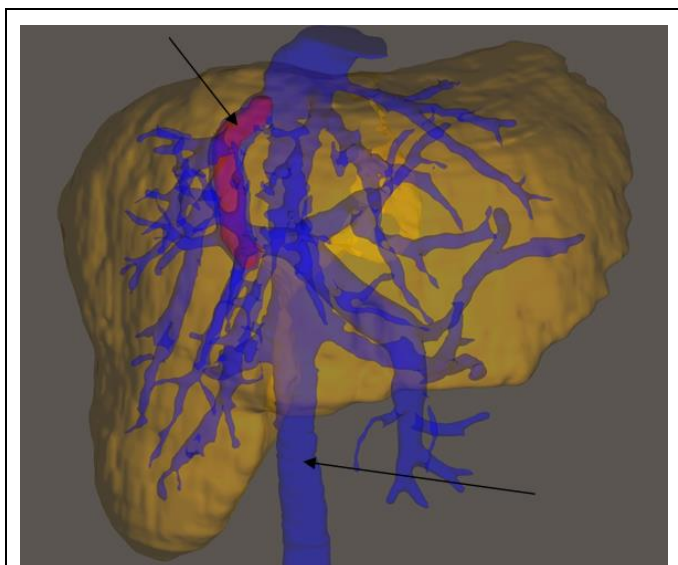


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. 3D-модель.

Синим цветом обозначены вены. Шунт (TIPS) выделен красным и показан стрелкой (вариант оперативного лечения).

Fig. 5. 3D-model.

The veins are indicated by blue. The artificial shunt (TIPS) is red and is shown by arrow (surgical treatment option).

жен селективный парциальный Н-образный спленоренальный анастомоз. В двух случаях, вследствие близкого расположения вен, были выполнены спленоренальные анастомозы по типу «бок в бок». В трех случаях был наложен дистальный спленоренальный анастомоз из-за значительного расстояния между сосудами и расположения хвоста поджелудочной железы.

Для оценки проходимости анастомоза и регрессии признаков портальной гипертензии в

Список литературы:

1. Шерлок Ш. Заболевания печени и желчных путей. Москва, ГЭОТАР Медицина, 2002. 859 с.
2. Бойко В.В. и соавт. К вопросу о тактике лечения острых пищеводно-желудочных кровотечений у больных с синдромом портальной гипертензии. *Анналы хирургической гепатологии.* 2000; 5 (2): 212.
3. Прокоп М., Галански М. *Спиральная и многослойная компьютерная томография: учебное пособие в 2 томах.* Москва, МЕДпресс-информ, 2006. 413 с.
4. *Методы сегментации изображений: автоматическая сегментация* (2006). Просмотр: <http://cg.m.computergraphics.ru/content/view/147> (дата обращения: 15.08.2018).
5. Ключников О. Ю. *Хирургическое лечение кровотечений из варикозно-расширенных вен пищевода и желудка: автореф. дис. ... канд. мед. наук.* Краснодар, 2007. 14 с.

послеоперационном периоде пациентам выполнялась КТ. На рисунке 4 показано исследование, выполненное через 1 месяц после операции для мониторинга проходимости анастомоза.

Планирование операции с применением TIPS КТ и трехмерным моделированием позволяет наглядно показать расположение правой печеночной вены, оценить вариантную анатомию печеночных вен и бранш воротной вены. При некоторых вариантах развития подобное вмешательство становится невыполнимым [9]. В послеоперационном периоде КТ с болюсным контрастированием позволяет визуализировать проходимость шунта, оценить пристеночный или тотальный тромбоз. На рисунке 5 показана послеоперационная КТ модель пациента на 14-е сутки с нормальным кровотоком по шунту.

Выводы.

1. КТ с болюсным контрастированием эффективна в выявлении признаков портальной гипертензии, ее формы, оценке портокавальных анастомозов.
2. У пациентов с портальной гипертензией необходимо изменять протокол проведения мультифазного сканирования вследствие замедления кровотока. При необходимости следует дополнять стандартные фазы поздней венозной фазой.
3. Использование системы для моделирования и совмещения фаз контрастного исследования позволяет выбрать оптимальный способ оперативного вмешательства для коррекции портальной гипертензии.

4. В позднем послеоперационном периоде КТ с моделированием позволяет наглядно оценить проходимость шунтов и анастомозов.

Источник финансирования и конфликт интересов.

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

6. Котив Б.Н. и др. *Хирургическое лечение и профилактика кровотечений из варикозно расширенных вен пищевода у больных циррозом печени.* Альманах Института хирургии им. А. В. Вишневского. 2008; 3 (3): 41–46.
7. Кудрявцева А.В. *Роль многофазной компьютерной томографии в оценке ангиоархитектоники и гемодинамических изменений при синдроме портальной гипертензии до и после его хирургической коррекции: дис. ... канд. мед. наук.* Санкт-Петербург, 2011. 115 с.
8. Колсанов А. В., Манукян А. А., Зельтер П. М., Чаплыгин С. С., Капишиников А. В. *Виртуальное моделирование операции на печени на основе данных компьютерной томографии.* *Анналы хирургической гепатологии.* 2016; 4 (21) 16-22.
9. Lee W.K., Chang S.D., Duddalwar V.A. et al. *Imaging assessment of congenital and acquired abnormalities of the portal venous system.* *Radio Graphics.* 2011; 31 (4): 905–926.

References:

1. Sherlock Sh. *Diseases of the liver and biliary tract*. Moscow, GEOTAR medicine, 2002. 859 p. (in Russian).
2. Boyko V.V. et al. To the question of tactics of treatment of acute esophageal-gastric bleeding in patients with portal hypertension syndrome. *Annals of surgical Hepatology*. 2000; 5 (2): 212. (in Russian).
3. Prokop M., Galanski M. *Spiral and multislice computed tomography: textbook in 2 volumes*. Moscow, Medpress, 2006. 413 p. (in Russian).
4. *Image segmentation methods: automatic segmentation (2006)*. Available at: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/147> (date accessed: 15.08.2018). (in Russian).
5. Klutchnikov O. Yu. *Surgical treatment of bleeding from varicose veins of the esophagus and stomach: autoref. dis. ... kand. med. sciences*. Krasnodar, 2007. 14 p. (in Russian).
6. Kotiv B. N. *Surgical treatment and prevention of bleeding from varicose veins of the esophagus in patients with liver cirrhosis*. Almanac of the Institute of surgery. A. V. Vishnevsky. 2008; 3 (3): 41-46. (in Russian).
7. Kudryavtseva A.V. *Role of multiphase computed tomography in the assessment of angioarchitectonics and hemodynamic changes in portal hypertension syndrome before and after its surgical correction: dis. ... kand. med. sciences*. St. Petersburg, 2011. 115 p. (in Russian).
8. Kolsanov A.V., Manukyan I. A., Zelter P. M., Chaplygin S. S., Kapishnikov A. V. *Virtual simulation surgery of the liver based on computed tomography data*. *Annals of surgical Hepatology*. 2016; 4 (21) 16-22. (in Russian).
9. Lee W.K., Chang S.D., Duddalwar V.A. et al. *Imaging assessment of congenital and acquired abnormalities of the portal venous system*. *Radio Graphics*. 2011; 31 (4): 905-926.