

Интраоперационное ультразвуковое исследование при метастазах колоректального рака в печень

© Ю.А. СТЕПАНОВА^{1,2}, Д.А. ИОНКИН¹, О.И. ЖАВОРОНКОВА¹, А.В. ЧЖАО¹, В.А. ВИШНЕВСКИЙ¹

¹Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского, Москва, Российская Федерация

²Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

Интраоперационное ультразвуковое исследование (ИОУЗИ) является методом, позволяющим получить дополнительную информацию о числе и локализации в печени метастазов колоректального рака (КРР) (особенно при внутривисцеральном их расположении), определить их взаимоотношение с артериями и венами печени, произвести навигацию для пункционной биопсии и/или выполнения минимально инвазивного лечения очагов, а также скорректировать объем резекционного вмешательства на печени во время операции. Применение ИОУЗИ при выполнении минимально инвазивных лечебных процедур помогает избежать травм сосудов, желчных протоков и прилегающих органов, а также дает возможность оценить эффективность лечения и выявить возможные осложнения. Важным компонентом ИОУЗИ является сопровождение хирургических манипуляций с этапной оценкой гемодинамики печени, позволяющее сразу же скорректировать хирургическую тактику. Таким образом, ИОУЗИ - это безопасный, недорогой и высокоинформативный метод диагностики, который должен быть обязательным диагностическим этапом при хирургическом лечении метастазов КРР в печени.

В статье, на основании данных литературы и собственного опыта, приведены показания, технические аспекты применения и особенности использования различных методик и модальностей ИОУЗИ при хирургическом лечении метастазов КРР в печени.

Ключевые слова: метастазы колоректального рака; печень; интраоперационное ультразвуковое исследование

Intraoperative Ultrasound in Colorectal Liver Metastases

© YU.A. STEPANOVA^{1,2}, D.A. IONKIN¹, O.I. ZHAVORONKOVA¹, A.V. ZHAO¹, V.A. VISHNEVSKY¹

¹A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

²A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

Intraoperative ultrasound (IOUS) is a diagnostic technique that allows obtaining additional information about the number and localization of colorectal cancer (CRC) metastases in the liver (especially with their intraparenchymal location), determining their relationship with the arteries and veins of the liver, navigating for puncture biopsy and / or performing minimally invasive treatment of lesions, and adjusting the amount of resection intervention on the liver during surgery. When performing minimally invasive medical procedures, IOUS application helps to avoid injuries to blood vessels, bile ducts and adjacent organs, and also allows evaluating the effectiveness of treatment and identifying potential complications. An important component of IOUS is the support of surgical procedures with a staged assessment of the liver hemodynamics, providing an immediate correction of the surgical situation. Thus, IOUS is a safe, inexpensive and highly informative diagnostic option, which should be a mandatory diagnostic step in the surgical treatment of CRC liver metastases.

Based on literature data and personal experience, the authors present indications, technical aspects and features of application of various IOUS options and modalities in the surgical treatment of CRC liver metastases.

Keywords: colorectal cancer metastases; liver; intraoperative ultrasound

Использование трансабдоминального ультразвукового исследования (УЗИ) в хирургической практике в ряде случаев ограничено в связи с рассеиванием УЗ-сигнала (избыточное развитие подкожно-жировой клетчатки, выраженный метеоризм). Использование датчиков с низкой частотой сигнала (2–3,5 МГц) усиливает прохождение УЗ-луча, однако при этом снижается разрешающая способность. Зачастую, во время операции из-за выраженной плотности тканей практически невозможно визуально или пальпаторно оценить локализацию и размеры очагов, расположенных в глубине массива печени. Выполнение пункции «вслепую» наносит дополнительную травму и негативно

влияет на результат хирургических вмешательств. В разрешении вышеуказанных проблем помогает такая высокоинформативная методика как интраоперационная ультразвуковая диагностика (ИОУЗИ), которая применяется как в открытом операционном поле, так и при лапароскопии (лапароскопическое ультразвуковое исследование (ЛСУЗИ)). Основным преимуществом ИОУЗИ является визуализация анатомии и структуры поражений печени в режиме реального времени, что позволяет адаптировать принятие тактических решений во время операции. Чувствительность метода достигает 90–100%, это сопоставимо с такими дорогостоящими методами исследования, как мультиспи-

ральная компьютерная (МСКТ) и магнитно-резонансная томографии (МРТ).

Концепция ИОУЗИ была впервые введена в 60-х годах прошлого века и использовалась для оценки почечного литиаза при выполнении нефролитотомии. Первое применение ИОУЗИ в гепатобилиарной хирургии было описано К. Yamakawa с соавт, 1951 г., для выявления желчнокаменной болезни с помощью ультразвука в А-режиме [1]. Однако, из-за ограничений УЗИ в А-режиме (сложность интерпретации изображений) ИОУЗИ стал более применимым в хирургической сфере позже, в начале 80-х годов [2], когда был введен высокочастотный ультразвуковой В-режим в режиме реального времени [2, 3]. Использование ИОУЗИ в гепатопанкреатобилиарной хирургии впервые было отмечено в литературе в середине 80-х годов [4]; позже он стал диагностической методикой, рутинно выполняемой в специализированных центрах для определения стадии заболевания печени и руководства хирургическими вмешательствами у пациентов с диагностированной гепатокарциномой при циррозе печени [5-8]. Исследования 90-х годов показали, что информация, предоставляемая ИОУЗИ, может изменить первоначальную тактику до 53% вмешательств [9, 10]. Первое сообщение об использовании ИОУЗИ при колоректальном раке (КРР) с метастазами в печени принадлежит К. Nemamoto с соавт. и относится к 1984 г. (приведено по Тимошину А.Д. с соавт., 1995 [11]). В 1985 г. J. Shen и соавт. показали, что ИОУЗИ является наиболее эффективным методом, дополняющим пальпаторную ревизию печени. По данным указанных авторов 46% опухолей печени диаметром менее 3 см и 14% опухолей диаметром 3–5 см не были обнаружены хирургами пальпаторно, и только использование ИОУЗИ позволило выявить патологические очаги небольшого диаметра [12]. В конце 80-х и в 90-е гг. многие исследователи, анализирующие применение ИОУЗИ, подчеркнули необходимость обязательного его выполнения при всех операциях, когда необходимо исключить или подтвердить наличие глубоко расположенных непальпируемых образований в печени, а при выявлении таковых – по эхоструктуре предположить их природу [7, 8, 11]. В нашей стране внедрение ИОУЗИ в хирургическую практику началось несколько позже. Только в 80-е гг. методика впервые была применена при поиске конкрементов желчных протоков. В 90-е гг. ИОУЗИ активно использовали в экстренной хирургии для поиска разрывов и гематом. В XXI веке УЗИ считается рутинным и используется в качестве повседневного интраоперационного пособия во всех сферах хирургии. Технический прогресс в 90-е гг. открыл новые возможности для инструментальных исследований, были внедрены специализированные датчики для лапароскопических оперативных вмешательств. Первые сообщения о лапароскопических датчиках, используемых в А-режиме, относятся к началу

1964 г. [13], однако, лапароскопическая методика ИОУЗИ была разработана относительно недавно [14].

В отечественной и зарубежной литературе существует большое число публикаций, касающихся применения ИОУЗИ при хирургическом лечении метастазов КРР в печень. Однако обсуждение этого вопроса в литературе актуально и до сих пор, так как модернизируются УЗ-сканеры и появляются новые методики УЗИ, совершенствуется техника хирургического лечения больных и разрабатываются новые подходы. Так, например, S. Beller с соавт. в 2007 г. разработали и оценили систему для навигационных резекций печени с использованием интраоперационно полученных трехмерных (3D) УЗ-данных [15]. Все это делает актуальным периодический анализ состояния данного вопроса в соответствии с новыми опубликованными сведениями. Наличие собственного опыта регулярного использования ИОУЗИ при хирургическом лечении метастазов КРР в печень позволяет не только констатировать факты, изложенные в опубликованных исследованиях, но и обоснованно проводить анализ данных как литературы, так и собственных. В ФГБУ «НМИЦ хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России первый крупный анализ данных по применению ИОУЗИ при хирургическом лечении очаговых образований печени был сделан А.В. Гаврилиным в 1999 г. в диссертационном исследовании на соискание ученой степени доктора медицинских наук [14]. В дальнейшем постоянно накапливался опыт хирургического лечения таких больных с использованием как открытых резекционных вмешательств, так и с минимально инвазивным подходом [16-19].

Преобразователи (датчики), используемые в ИОУЗИ, обычно работают на высокой частоте - 7,5–10 МГц. Существуют их различные формы: линейные Т-образные датчики, «пальчиковые» датчики, микроконвексные датчики и, в последнее время, Т-образные датчики с трапециевидным окном сканирования. В случае операции на печени идеальным датчиком должен быть небольшой датчик, которым можно легко манипулировать в узких местах, со специальной конструкцией, позволяющей удерживать датчик на ладони между двумя пальцами, что позволяет оператору иметь постоянный контакт с поверхности печени.

Основные ультразвуковые характеристики метастазов КРР в печень

Метастатическое поражение отличается ярко выраженным разнообразием УЗ-картины, что связано с полиморфностью метастазов и зависит от УЗ-картины первичной опухоли, а также значительным динамическим изменением эхокартины по мере увеличения очага в размерах. Классификация УЗ-картины метастазов согласно Ш. Шерлок и Дж. Дули предусматривает их деление на 7 типов [20]:

1. Гиперэхогенные метастазы.
2. Изоэхогенные метастазы:

- 2.1. Иззохогенные метастазы с субкапсулярным расположением и выбуханием капсулы;
- 2.2. Иззохогенные метастазы со смещением сосудов.
3. Гипоэхогенные метастазы.
4. Анэхогенные метастазы (кистоподобные).
5. Метастазы смешанной эхогенности.
6. Метастазы типа «бычий глаз» или «мишень».
7. Метастазы сложного строения:
 - 7.1. метастазы с участками некроза в центре;
 - 7.2. кистозно-солидные и солидно-кистозные метастазы;
 - 7.3. метастазы с участками кальцификации.

Наиболее часто небольшие метастазы КРР представляют собой гипо- и/или иззохогенные округлые очаги, окруженные гипоэхогенным ободком (Hallo), аваскулярные в режиме ЦДК/ЭОДС.

Неоднородность УЗ-картины опухолей может быть обусловлена наличием очагов некроза или включениями кальцинатов. Определенную трудность при УЗ-сканировании вызывает диагностика иззохогенных очагов. Заподозрить их наличие может неровность контура печени (при нахождении очага субкапсулярно) или изменения сосудистой архитектоники печени (при сдавлении, отклонении сосуда или появлении опухолевых сосудов). Анэхогенный тип метастазов (слизеообразный вариант низкодифференцированной аденокарциномы), который встречается достаточно редко, обычно дифференцируют с простыми кистами. При этом необходимо учитывать, что метастатические поражения кистозного типа не имеют капсулы, чаще имеют неровные контуры и позади них отсутствует эффект дистального псевдоусиления. Кроме того, при динамическом наблюдении отмечается их рост и появление неоднородности структуры — эхонегативные и гиперэхогенные включения (некроз, кистозная дегенерация, кровоизлияния) [21]. Следует отметить, что диагностированные при ИОУЗИ мелкие, непальпируемые метастазы, как правило, не имеют характерных эхопризнаков и определяются как более, так и менее эхогенные очаги относительно окружающей паренхимы печени, либо иззохогенные с гипоэхогенным ободком. Последний вариант чаще наблюдается у относительно более крупных очагов размером 1,5–2 см, не выявленных при трансабдоминальном сканировании [22].

УЗИ с контрастным усилением повышает как чувствительность, так и специфичность выявления очаговых образований печени и предоставляет дополнительную информацию, позволяющую их верифицировать [23, 24]. В целом, определенные морфологические группы очаговых образований печени имеют свойственный только этим группам характер накопления контрастного вещества, которые и служат основой для их верификации. Этот характер для определенной морфологической формы образования сходный при УЗИ, МСКТ и МРТ с контрастированием. Незначительные отличия связаны с различными профилями распределения контрастного вещества в организме. Ультразвуковые контрастные препараты распростра-

няются исключительно в просвете сосудов, в то время как йодсодержащие контрастные средства (МСКТ) и гадолиний-содержащие (МРТ) выходят и в межклеточное пространство.

Васкуляризация метастазов в печень обычно артериальная (хотя метастазы из органов брюшной полости исходно кровоснабжаются из воротной вены, васкуляризация быстро становится артериальной). На ранних стадиях гепатоканцерогенеза повышение степени тканевого и клеточного атипизма сопровождается уменьшением числа портальных трактов. В дальнейшем отмечается снижение портального кровотока и увеличение артериального. Только метастазы размером менее 1,5 см могут иметь резидуальное портальное кровоснабжение. Таким образом, контрастное усиление зависит от артериальной васкуляризации очага относительно окружающей паренхимы [25].

Метастазы характеризуются хаотичностью сосудистого строения и незавершенностью формирования слоев сосудистой стенки, наличием множества анастомозов, артериовенозных шунтов. Вторичные очаговые образования подразделяются на гиперваскулярные и гиповаскулярные. Гиперваскулярные метастазы имеют богатую сеть незрелых сосудов, что приводит к быстрому поступлению контрастного препарата и быстрому его вымыванию относительно неизменной ткани печени. Гиповаскулярные метастазы имеют обедненный кровоток, контраст в них поступает хуже, чем в окружающую паренхиму [26].

Гиповаскулярные метастазы встречаются чаще, чем гиперваскулярные. Это обусловлено тем, что к гипоэхогенным относятся метастазы аденокарцином желудочно-кишечного тракта, как одной из наиболее часто встречаемых групп опухолей. Гиповаскулярные метастазы получают только минимальное артериальное и портальное венозное кровоснабжение из-за значительной плотности образования, наличия фиброза или некроза. Таким образом, гиповаскулярные метастазы слабо и неравномерно накапливают контрастное вещество во все фазы исследования, при этом в позднюю артериальную и в венозную фазы исследования вокруг образования определяется гиперконтрастный ободок [15]. Следует отметить, что оценка паренхимы печени с помощью эхоконтрастирования при ИОУЗИ позволяет выявить и иззохогенные мелкие метастазы, не дифференцирующиеся при исследовании в В-режиме.

Однако, особенностью УЗ-картины печени при эхоконтрастировании в артериальную фазу (10–35 с) является сложность объективной оценки числа метастатических (очаговых) образований в реальном масштабе времени из-за малой длительности артериальной фазы [26], то есть для полной оценки всей паренхимы печени может быть необходимо повторное введение контрастного препарата.

I. Sporea с соавт. в 2014 г. было проведено крупное моноцентровое исследование, в котором было доказа-

но, что ультразвуковое контрастное исследование с применением препарата SonoVue способно дифференцировать доброкачественные образования печени от злокачественных в 90% случаев [27]. Эти результаты аналогичны с результатами опубликованных ранее исследований [24, 28, 29].

Также для дифференциальной диагностики очаговых образований печени используют ультразвуковую эластографию, которая является неинвазивным методом оценки упругих свойств ткани и, на этом основании, может быть также полезна для характеристики очагового образования печени [30-32]. Тип эластичности образования, который используется для классификации опухоли по степени деформации ткани в сравнении с окружающей паренхимой, меняется в соответствии с морфологической структурой опухоли и позволяет дифференцировать доброкачественное и злокачественное поражение печени [33-35].

Используют следующие технологии отображения механических свойств тканей: эластография в режиме ручной компрессии, акустическая импульсно-волновая эластография (ARFI - "acoustic radiation force impulse") и акустическая импульсно-волновая эластометрия (SWV - "shear wave velocity"). Следует отметить, что ARFI-эластография у пациентов с мелкими гиперэхогенными очаговыми образованиями печени, диаметром 0,5 - 1,0 см, позволяет дифференцировать метастазы колоректального рака, в то время как эластография с ручной компрессией не позволяет дифференцировать такие мелкие образования из-за невозможности создать оптимальный уровень компрессии [31, 36]. При эластометрии с SWV оценивают скоростной показатель жесткости (т.е. скорость распространения поперечной волны) неизменной паренхимы печени и опухолевой ткани - чем жестче ткань, тем выше скоростной показатель [37]. Измерение скоростного показателя у пациентов с объемными образованиями печени оптимальной считают глубину от 2,0 до 5,0 см от поверхности кожи, размер опухоли - от 1,5 до 5,0 см. Для выявления злокачественных образований печени информативно пороговое значение скорости распространения поперечной волны в 2,0 м/с (более 2,0 м/с - злокачественные опухоли, менее 2,0 м/с - доброкачественные опухоли) [32, 36].

Кто же выполняет ИОУЗИ? Исследование проводит либо врач УЗ-диагностики (детальная оценка области интереса происходит за меньшее время), либо исследование производится оперирующим хирургом (в сложных случаях целесообразна интерпретация полученного изображения специалистом УЗ-диагностики). При совместном исследовании оперирующего хирурга и врача УЗ-диагностики появляется возможность сравнивать тактильные и визуальные ощущения хирурга с данными ИОУЗИ, что, безусловно, улучшает качество ориентации в зоне вмешательства. Сложности в выведении на экран интересующих объектов нивелируются путем обучения оперирующих хирургов методике УЗ-диагностики.

Основными задачами ИОУЗИ являются:

- уточнение числа и локализации очагов в паренхиме печени (при отсутствии возможности их пальпации);
- выявление дополнительных очагов, не определявшихся дооперационно при использовании стандартного комплекса диагностических мероприятий вследствие их малых размеров или имеющих эхоплотность практически одинаковую с паренхимой органа;
- дифференциальная диагностика вновь выявленных очагов (доброкачественные или злокачественные);
- при отсутствии точных данных о природе выявленного образования выполнение навигации для прицельной пункционной биопсии и срочного морфологического исследования;
- определение состояния магистральных артерий и вен, кровоснабжающих печень и их взаимоотношение с опухолевым узлом;
- подтверждение и, при необходимости, коррекция объема оперативного вмешательства;
- определение (разметка) границ опухолевого образования, маркировка границ резекции;
- обеспечение навигации и оценка эффективности вмешательства при выполнении минимально инвазивного лечения очаговых образований;
- оценка внутривенного кровотока после выполнения оперативного вмешательства.

Уточнение числа и локализации очагов в паренхиме печени при отсутствии возможности их пальпации; выявление дополнительных очагов, не определявшихся дооперационно.

Главная задача ИОУЗИ – выявление мелких не пальпируемых и/или не диагностированных на дооперационном этапе вторичных образований до 1,0 см. Так, метастатические очаги могут быть как одиночными, так и множественными, различных размеров и формы, при их поиске целесообразно последовательно сканировать всю доступную для исследования паренхиму печени согласно вышеописанным методикам проведения ИОУЗИ и ЛСУЗИ. Следует обращать внимание на любые изменения структуры и эхогенности паренхимы печени, помня о выраженной разнообразии УЗ-картины метастазов.

ИОУЗИ позволяет выявлять метастазы менее 5 мм, при этом чувствительность метода достигает 93–100%. Совместное использование мануальной пальпации печени во время операции и ИОУЗИ значительно повышает диагностическую ценность метода [38].

Мобилизация печени начинается с рассечения поддерживающих связок, что создает достаточно места для манипулирования УЗ-датчиком. В литературе описаны некоторые артефакты, которые могут появиться при исследовании VIII и IVa сегментов печени после рассечения каво-печеночных спаек. Поэтому при подозрении на локализацию очагов в этих обла-

стях (прилежащих к каво-печеночной области) диссекцию на этом уровне следует производить только после УЗИ [39].

Чувствительность ИОУЗИ во время операции по поводу КРР метастазов в печень составляет всего 82% [23], поскольку могут быть пропущены узлы диаметром менее 1 см. Это особенно выражено у пациентов, которым вмешательство выполняют после химиотерапии, у которых эхо-характеристики очага могут быть сходны с окружающей паренхимой печени. В 2008 г. G. Torzilli с соавт. провели когортное исследование по оценке эффективности ИОУЗИ с контрастным усилением при хирургическом лечении пациентов с метастазами КРР в печень. Авторы сделали вывод, о том что применение данной методики позволяет получить дополнительную информацию по выявлению мелких очагов и, таким образом, рекомендуют её рутинное применение при оперативном лечении данной категории пациентов [40].

Ультразвуковая эластография также способствует более четкому «выявлению» очаговых образований. Проведены исследования, оценившие роль ИОУЗИ-эластографии в реальном времени в выявлении и дифференциальной диагностике очаговых образований печени [33-35]. К. Omichi с соавт. сообщили, что ИОУЗИ-эластография позволила обнаружить дополнительные очаговые образования, которые при ИОУЗИ в В-режиме определялись нечетко, в 8% случаев [35]. Y. Inoue с соавт. называют это «визуальной пальпацией не пальпируемых опухолей» [34].

Дифференциальная диагностика вновь выявленных очагов

Критерии дифференциальной УЗ-диагностики метастаза КРР и других морфологических форм очаговых образований печени аналогичны таковым при трансабдоминальном УЗИ. Кроме типичных характеристик образований при использовании В-режима, методик дуплексного сканирования, возможно дифференцировать образования и при использовании специальных методик УЗИ: контрастное усиление и соноэластография.

Выполнение навигации при прицельной пункционной биопсии

Поскольку ИОУЗИ обеспечивает превосходное пространственное разрешение с хорошим УЗ-окном, а интраоперационные манипуляции могут выполняться из различных плоскостей и под различными углами, которые могут смещаться в ходе операции, навигация под ИОУЗИ-контролем имеет явные преимущества по сравнению с трансабдоминальной визуализацией в отношении доступности очагового образования, особенно в случае глубоко расположенного очага или его прикрытия вышележащими структурами [41, 42].

В случаях предоперационно или интраоперационно обнаруженных очаговых образованиях печени с сомнительной верификацией, наличие которых может повлиять на выбор хирургической тактики, образец

ткани такого очага может быть получен с помощью пункционной биопсии под ИОУЗИ-контролем и верифицирован по данным срочного гистологического исследования [43].

Выполнение навигации при прицельной пункционной биопсии для срочного морфологического исследования при отсутствии точных данных о природе выявленного очага проводится согласно вышеприведенным методикам обследования печени при ИОУЗИ и ЛСУЗИ.

Определение состояния магистральных артерий и вен, кровоснабжающих печень, и их взаимоотношение с опухолевым узлом

При ИОУЗИ оценивают количество, размеры и распространенность очаговых образований (четкость/нечеткость контуров), а также вовлечение в опухолевый процесс магистральных сосудов печени (печеночная артерия, воротная и печеночные вены), что служит критерием резектабельности опухоли.

В литературе имеется большое число исследований, посвященных оценке вовлечения сосуда в патологический процесс по данным УЗИ [44, 45], однако в силу большей значимости этого процесса при опухолях поджелудочной железы, они разработаны именно для этого поражения. При этом, характерные признаки компрессии и/или прорастания сосуда аналогичны при любой локализации опухоли. На основании данных литературы и собственного опыта выполнения более 1000 резекций печени в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России были сформулированы основные признаки вовлечения в процесс кровеносных сосудов:

- деформация стенки;
- узурация стенки;
- утолщение стенки;
- изменение эхогенности стенки относительно проксимального и дистального участков;
- сужение просвета;
- отсутствие окрашивания просвета сосуда в режимах цветового и энергетического картирования (прорастание/тромбоз).

Подтверждение и, при необходимости, коррекция объема оперативного вмешательства

При выявлении дополнительных очагов и/или прорастания магистральных сосудов печени окончательно решается вопрос о возможности выполнения и виде резекции печени. Наличие дополнительного метастаза за пределами планируемой зоны резекции и/или прорастание опухоли в прилежащий крупный сосуд делает необходимым расширение объема вмешательства:

- при планируемой экономной резекции выявление метастазов в одном или двух соседних сегментах расширяет объем вмешательства до гемигепатэктомии;

- при планируемой право-/левосторонней гемигепатэктомии выявление метастазов в соседних сегментах расширяет объем вмешательства до расширенной право-/левосторонней гемигепатэктомии;
- при выявлении нерезецируемых метастазов в контрлатеральной доле, прорастания опухоли в печеночную артерию, воротную и/или печёночные вены, характер вмешательства меняется с предположительно радикальной на паллиативную операцию.

П.И. Рыхтик с соавт. приводят данные о том, что дополнительная информация о наличии не диагностированных метастазов и/или прорастании опухоли в прилежащий крупный сосуд привели к изменению объема хирургического вмешательства у 20,8% оперированных больных [22].

Таким образом, ИОУЗИ при хирургическом лечении метастазов КРР широко используется в течение многих лет и в настоящее время является методом окончательной идентификации метастазов в печени, что оказывает существенное влияние на принятие решения об объеме оперативного вмешательства [46, 47]. Изменения объема оперативного вмешательства, связанные с результатами ИОУЗИ, по данным различных авторов, происходят в 1,4 – 73,0% случаев [46, 48, 49]. Такой разброс данных связан, в первую очередь, с совершенствованием междисциплинарной предоперационной оценки печени (УЗИ, МСКТ, МРТ, ПЭТ/КТ) и, соответственно, с более полной дооперационной диагностикой объема поражения.

Преимуществами ИОУЗ-обследования являются:

- отсутствие УЗ-помех от ребер, подкожной клетчатки, воздуха в кишечнике;
- возможность использования большей частоты УЗ-волн, то есть увеличение разрешающих возможностей исследования;
- постоянный режим «реального» времени в течение всего оперативного вмешательства.

Определение (разметка) границ опухолевого образования, маркировка границ резекции

При интрапаренхиматозной локализации непальпируемых образований ИОУЗИ дает возможность коагуляционной разметки образования/образований на поверхности паренхимы печени.

Локализация образования в печени связана с портальными ветвями и печеночными венами, по которым определяют сегментарные границы. Без использования ИОУЗИ, зачастую, невозможно правильно анатомически определить печеночные сегменты и часто границы опухолей, особенно из-за существования множественных анатомических вариантов [50].

ИОУЗИ также является реальной помощью при анатомических резекциях. Этот метод включает сдавление сегментарных портальных ветвей между датчиком и пальцами оператора, что приводит к транзиторной ишемии паренхимы-мишени. Этот участок можно

отметить электрокоагулятором, а затем произвести резекцию по демаркационной линии [51, 52].

Обеспечение навигации и оценка эффективности вмешательства при выполнении минимально инвазивного лечения образования.

Выполнение минимально инвазивной абляции под УЗ-навигацией возможно как интраоперационно при лапаротомии (в качестве самостоятельного метода лечения или в сочетании с резекционным вмешательством), так и чрескожно. При открытой манипуляции используют интраоперационные УЗ-датчики, при чрескожной - конвексный датчик с частотой сканирования 2-7 МГц. УЗ-картина изменений во время проведения процедуры аналогична при обоих доступах [18, 19].

Чрескожная абляция опухоли имеет свои преимущества - это минимальная инвазия, меньшие послеоперационные болевые ощущения и сокращение срока пребывания в стационаре. При этом интраоперационная абляция по сравнению с чрескожной процедурой имеет такое преимущество, как лучший доступ ко всем участкам печени [53]. Следовательно, лапароскопическая или открытая хирургическая абляция может быть альтернативным лечением опухолей печени в местах, которые создают трудности для чрескожного доступа, таких, например, как хвостатая доля [41, 54, 55]. Кроме того, интраоперационная абляция опухоли может сочетаться с одновременной резекцией печени или последовательной абляцией опухолей, которые рецидивируют после операции, что расширяет спектр операций на печени и улучшает радикальность лечения онкологических больных [56]. Применение ИОУЗИ при выполнении минимально инвазивных лечебных процедур помогает избежать травм сосудов, желчных протоков и прилегающих органов, а также дает возможность оценить эффективности лечения и выявить возможные осложнения [42, 53].

На этапе до выполнения минимально инвазивного воздействия УЗ-навигация позволяет определить взаимоотношение очагового образования с магистральными артериями и венами печени, найти наиболее безопасную, с точки зрения возможного повреждения сосуда и кровотечения, трассу для воздействия.

Выделяют физические (радиочастотная, микроволновая, криоабляция и т.д.) и химические (необратимая электропорация, введение химически активного соединения (этиловый спирт) и т.д.) методы абляции.

Радиочастотная абляция (РЧА)

Цель проведения вмешательства: локальная деструкция опухолевой ткани под воздействием радиочастотных волн (400–500 кГц), вызывающих колебания заряженных частиц (диполей), что приводит к сухому коагуляционному некрозу в метастатическом очаге [57].

Большинство выполняемых на сегодняшний день РЧА, будь то чрескожные, лапароскопические или открытые вмешательства, проводят под контролем УЗИ,

имеющем ряд ограничений. Прежде всего, это двухмерное изображение трехмерного очага. Плоскость сечения при УЗ-сканировании часто не совпадает с максимальным размером очага, поэтому точность позиционирования электрода можно оценить только из нескольких точек. Однако не все очаги доступны для полипозиционного исследования. Кроме того, условия для УЗИ в различных отделах печени не одинаковы: имеются более и менее «удачные» в плане визуализации сегменты. Например, II и VIII сегменты расположены вблизи газосодержащих сред - легкого и газового пузыря желудка, ухудшающих визуализацию. Очаги в них ограниченно доступны для полипозиционного исследования, в то время как в III, V и VII сегментах влияние этих факторов минимально [58, 59].

Под контролем ИОУЗИ проводят введение электрода и выдвижение игольчатых крючков и осуществляют мониторинг изменений, происходящих в ткани печени и метастатическом очаге в момент выполнения радиочастотной абляции. Видимые изменения первоначально возникают в тканях, окружающих опухоль, на концах игольчатых электродов, при достижении температуры 70–80°C (в виде появления множественных мелких гиперэхогенных сигналов в тканях и сосудистых структурах). Максимальный радиус регистрации этих изменений составляет 5,0 см от конца выдвижного электрода. При повышении температуры до 85–90°C отмечается снижение эхогенности метастатического очага и уменьшение количества визуализируемых в опухоли сосудов. В окружающих тканях, напротив, выявляют усиление сосудистого рисунка. Максимальные изменения в опухоли возникают при температуре 100–110°C. Сначала по периферии, а затем и в центре образования определяют множественные гиперэхогенные сигналы, которые постепенно сливаются в единую гиперэхогенную зону, продолжающую увеличиваться в размерах. Внутри опухоли кровотоков не определяется. После того, как транзитная гиперэхогенная зона полностью охватывает очаг с превышением его размеров на 1,0 см, генератор отключают. Время воздействия зависит от характера очага (его плотности, содержания жидкости, размеров), но обычно составляет 1-15 мин. Большая продолжительность воздействия не способствует существенному увеличению гиперэхогенной зоны. Если часть образования по данным УЗ-контроля остаётся неизменённой, в неё следует ввести дополнительный электрод и провести ещё один 10 минутный сеанс [60].

Микроволновая абляция (МВА)

Цель проведения вмешательства: локальная деструкция опухолевой ткани под воздействием радиочастотных волн (915 или 2450 мГц), вызывающих колебания заряженных частиц (диполей), что приводит к значительному повышению температуры в целевом очаге (до 60–110°C) и вызывает денатурацию белковых структур, испарение и карбонизацию тканей [61] Микроволновая абляция метастазов печени может

быть выполнена открытым, лапароскопическим или чрескожным доступами под контролем УЗИ.

При выполнении процедуры один или несколько микроволновых аппликаторов вводятся в опухолевую ткань. Установленный в опухолевую ткань микроволновый аппликатор выполняет функцию антенны, излучающей на кончике микроволновое излучение на весь объем опухолевой ткани. Под действием микроволнового излучения ткани нагреваются до крайне высоких температур, превышающих 150°C, происходит мгновенная денатурация белка, характеризующаяся прогрессирующим коагуляционным некрозом тканей. В структуре образования по нарастающей определяют множественные гиперэхогенные сигналы, которые постепенно сливаются в единую гиперэхогенную зону, перекрывающую образование.

Криоабляция

Цель проведения вмешательства: локальная термическая деструкция ткани, в основе которой лежит процесс местного замораживания ткани аппликатором с циркулирующим аргоном или жидким азотом с последующим ее оттаиванием самопроизвольно или с помощью подачи гелия, вызывающего внецеллюлярную кристаллизацию воды, сопровождающуюся механическим повреждением клетки [62].

Задачи ИОУЗИ при криодеструкции:

- достижение наиболее полной ревизии;
- контроль за установкой кризондов, криоаппликатора и термоиндикатора;
- мониторинг распространения фронта заморозки и характера кровотока в прилежащих сосудах.

Аппликатор устанавливается непосредственно на ткань опухоли при открытом оперативном вмешательстве или посредством введения игольчатого зонда-аппликатора при чрескожном варианте воздействия, происходит охлаждение до -180°C на протяжении 3-5 минут. За это время при УЗИ наблюдают формирование, так называемого, «ice ball», гиперэхогенной округлой структуры с четким наружным контуром, дающей широкую акустическую тень. В период оттаивания наружный контур «ice ball» становится неровным, зубчатым, приобретает вид «талого снега».

Методика криодеструкции отличается тем, что не воздействует на сосудистые структуры образования, что подтверждается при цветовом/энергетическом картировании.

Необратимая электропорация (НЭ)

Цель проведения вмешательства: локальная деструкция злокачественных новообразований, в основе которой лежит процесс дестабилизации электрического потенциала клеточной мембраны под действием высокоинтенсивных (1000–3000 В/см) электрических импульсов длительностью 20–100 мс, что ведет к необратимому повышению ее проницаемости (образованию микропор) для ионов и макромолекул. Ги-

бель клетки происходит в результате осмотического «шока» и запуска механизмов апоптоза [63].

При УЗ-контроле сначала визуализируется образование; затем чрескожно вводятся электроды; во время сеанса НЭ активный наконечник игольчатого электрода становится гиперэхогенным, что предположительно вызвано электролизом (расщеплением молекул H_2O на H_2 и O_2). В отличие от термической абляции, при НЭ зона абляции может быть изображена как гипоехогенная зона вокруг опухоли.

Химическая абляция (алкоголизация)

Цель проведения вмешательства: стабилизация или деструкция опухолевого очага за счёт прямого некротизирующего воздействия на опухоль и окружающую её паренхиму печени 96° этилового спирта (этанол). Этанол проникает в ткань опухоли и вызывает дегидратацию клеток и денатурацию белков, что приводит к развитию микрососудистого тромбоза, опухолевой ишемии и, в конечном счете, некроза ткани [14].

Методика заключается в прицельной чрескожной пункции опухолевого очага последующей внутриопухолевой и околоопухолевой инъекцией этанола в дозе от 5 до 30 мл, в зависимости от размеров очага и их числа. Введение алкоголя производят медленно, при постоянном УЗ-контроле, с временным прекращением инъекции при появлении болевых ощущений. При очагах размером свыше 4-5 см для более равномерного его распределения введение этанола осуществляют из 2-3 точек. При введении этанола отмечается изменение УЗ-картины очага: экзогенность резко и равномерно возрастает настолько, что теряется исходная структура образования и перестаёт определяться кончик иглы. Поэтому иглу вначале подводят к дальнему полюсу опухоли и, по мере введения препарата, постепенно подтягивают её наружу.

УЗИ с контрастным усилением является эффективным методом непосредственного контроля выполнения процедуры абляции опухоли [63]. Е.Л. Ху с соавт., руководствуясь принципом, что при полной абляции не должно быть перфузии ткани после введения контрастного вещества в самом очаге и также в зоне вокруг (граница абляции) $\geq 5,0$ мм; в тех случаях, когда граница абляции была $<5,0$ мм, а также при неполной абляции очага, сразу же выполняли повторные сеансы абляции [64]. При этом трехмерная реконструкция контрастно усиленного УЗ-изображения повышает эффективность такой оценки. Таким образом, УЗИ с контрастным усилением дает возможность непосредственно во время проведения сеансов абляции эффективно и без лучевой нагрузки оценить результаты проведенной манипуляции и, при необходимости, провести дополнительные сеансы до полной абляции очага.

ИОУЗИ-эластография также может быть эффективным инструментом мониторинга состояния патологического очага при выполнении абляции, потому что данная методика обеспечивает визуализацию из-

менений свойств ткани в реальном масштабе времени [65]. После проведения процедуры абляции опухоли печени эластография может обеспечить более точную оценку контуров очага, на который было направлено воздействие, чем по данным ИОУЗИ в В-режиме, тем самым потенциально повышая эффективность и безопасность процедуры [66, 67].

Оценка внутрипечёночного кровотока после выполнения резекционного оперативного вмешательства и/или минимально инвазивного лечения.

После выполнения резекционного этапа оперативного вмешательства оценивали адекватность гемодинамики оставшейся паренхимы печени. Это особенно важно в случае вовлечения сосуда в патологический процесс и резекции печени с его реконструкцией. УЗИ с дуплексным сканированием дает возможность быстро оценить целостность стенки, просвет сосуда и скорость кровотока в зоне оперативного вмешательства.

Другой важной задачей ИОУЗИ является визуальная поддержка такого приема, как hanging-maneuver («подвешивания» печени). При больших опухолях, прилежащих к диафрагме или к латеральной стенке нижней полой вены (НПВ), этот прием применяют для безопасного проведения правосторонней анатомической гемигепатэктомии и профилактики возможного кровотечения. С этой целью вдоль позадипеченочного участка НПВ проводят тесьму-держалку и на протяжении 2-3 см выделяют переднюю стенку НПВ, промежуток между устьем правой печеночной вены и общего ствола средней и левой печеночных вен. После отведения печени вверх с помощью незатянутого турникета или тесьмы обеспечивается хороший доступ к передней стенке подпеченочного сегмента НПВ. Затем снизу вверх по передней стенке ее позадипеченочного отдела проводят длинный зажим. Длина этого отдела приблизительно составляет 7 см, из которых 3-4 см остаются без визуального контроля при проведении инструмента. ИОУЗИ позволяет визуализировать процесс на всем протяжении и позволяет безопасно выполнить hanging-maneuver. На завершающем этапе гемигепатэктомии, после фиксации культи печени, ИОУЗИ с оценкой скоростных показателей кровотока по воротной вене, печеночной артерии, печеночных и нижней полой венам выполняют еще раз. Нарушение гемодинамики в этих сосудах свидетельствует о перекруте культи печени и требует изменения ее положения и выполнения повторной фиксации с повторной оценкой кровотока [22].

Возможные осложнения и способы их профилактики

Риск выполнения процедуры ИОУЗИ сводится к общему риску выполнения открытого или лапароскопического оперативного вмешательства, общей анестезии, биопсии, резекции или абляции. Отмечается негативное влияние процедуры ИОУЗИ на ход операции из-за длительности исследования. Исследование

должен проводить специалист по УЗ-диагностике, предоперационно изучивший УЗ-семиотику патологического процесса у данного пациента при трансабдоминальном исследовании. Выполнение ЛСУЗИ само по себе не увеличивает риск процедуры, но при получении ложноотрицательных данных может привести к «ненужной» конверсии [38, 68, 69].

Противопоказания к применению: экстренное хирургическое вмешательство по жизненным показаниям, требующее выполнения хирургического пособия в предельно сжатые сроки.

ИОУЗИ, по-прежнему, характеризуется несколькими недостатками: оно не может обнаруживать очаги размером менее 3 мм; его точность зависит от навыков и опыта хирурга, изображения являются 2D и имеется «слепая зона» примерно на 1 см ниже поверхности печени, что особенно проблематично в случае небольших метастазов, которые в основном локализируются на поверхности печени. Конечно, ассоциирование контрастных веществ значительно повысило точность ИОУЗИ, однако недостатком является слишком короткий периода времени такой визуализации, что несколько ограничивает применение данной методики при резекциях печени, которые могут длиться от 2 до 6 часов и более.

Список литературы

1. Yamakawa K, Naito S, Azuma K, Wagai T. Laparoscopic diagnosis of the intraabdominal organs. *Jpn J Gastroenterol.* 1958; 55: 741-747.
2. Kruskal J.B, Kane RA. Intraoperative ultrasonography of the liver. *Crit Rev Diagn Imaging.* 1995; 36(3): 175-226.
3. Makuuchi M, Torzilli G, Machi J. History of intraoperative ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 1998; 24(9): 1229-1242. doi: 10.1016/s0301-5629(98)00112-4
4. Staren ED, Gambla M, Deziel DJ, Velasco J, Saclarides TJ, Millikan K, Doolas A. Intraoperative ultrasound in the management of liver neoplasms. *Am Surg.* 1997; 63(7): 591-596.
5. Makuuchi M, Hasegawa H, Yamazaki S. Ultrasonically guided subsegmentectomy. *Surg Gynecol Obstet.* 1985 Oct; 161(4): 346-350.
6. Livraghi T, Giorgio A, Marin G, Salmi A, de Sio I, Bolondi L, Pompili M, Brunello F, Lazzaroni S, Torzilli G. Hepatocellular carcinoma and cirrhosis in 746 patients: long-term results of percutaneous ethanol injection. *Radiology.* 1995; 197(1): 101-108. doi: 10.1148/radiology.197.1.7568806
7. Adam R, Majno P, Castaing D, Giovenardi R, Bismuth H. Treatment of irresectable liver tumours by percutaneous cryosurgery. *Br J Surg.* 1998; 85(11): 1493-1494. doi: 10.1046/j.1365-2168.1998.00880.x
8. Solbiati L, Livraghi T, Goldberg SN, Ierace T, Meloni F, Dellanoce M, Cova L, Halpern EF, Gazelle G.S. Percutaneous radio-frequency ablation of hepatic metastases from colorectal cancer: long-term results in 117 patients. *Radiology.* 2001; 221(1): 159-166. doi: 10.1148/radiol.2211001624
9. Solomon MJ, Stephen MS, Gallinger S, White G.H. Does intraoperative hepatic ultrasonography change surgical decision making during liver resection? *Am J Surg.* 1994; 168(4): 307-310. doi: 10.1016/s0002-9610(05)80154-0
10. Luck AJ, Maddern GJ. Intraoperative abdominal ultrasonography. *Br J Surg.* 1999; 86(1): 5-16. doi: 10.1046/j.1365-2168.1999.00990.x
11. Тимошин А.Д., Шестаков А.Л., Готье С.В. Интраоперационное ультразвуковое исследование при метастатическом поражении печени. Материалы. 3-й конференции хирургов-гепатологов, «Новые технологии в хирургической гепатологии». Санкт-Петербург. 1995; 69-70.
12. Grundmann RT, Hermanek P, Merkel S, Germer CT, Grundmann RT, Hauss J, Henne-Bruns D, Herfarth K, Hermanek P, Hopt UT, Junginger T, Klar E, Klempnauer J, Knapp WH, Kraus M, Lang H, Link KH, Löhle F, Merkel S, Oldhafer KJ, Raab HR, Rau HG, Reinacher-Schick A, Rieke J, Roder J, Schäfer AO, Schlitt HJ, Schön MR, Stippel D,

Заключение

ИОУЗИ является методом исследования, позволяющим получить дополнительную информацию о количестве и локализации в печени метастазов КРР (особенно при внутривенном их расположении), определить их взаимоотношение с артериями и венами печени, произвести навигацию для пункционной биопсии и/или выполнения минимально инвазивного лечения очагов, а также скорректировать объем резекционного вмешательства на печени. Применение ИОУЗИ при выполнении минимально инвазивных лечебных процедур помогает избежать травм сосудов, желчных протоков и прилегающих органов, а также дает возможность оценить эффективность лечения и выявить возможные осложнения. Важным компонентом ИОУЗИ является сопровождение хирургических манипуляций с этапной оценкой гемодинамики печени, позволяющее сразу же скорректировать хирургическую ситуацию. Таким образом, ИОУЗИ - это безопасный, недорогой и высокоинформативный метод диагностики, который должен быть обязательным диагностическим этапом при хирургическом лечении метастазов КРР в печени.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

References

1. Yamakawa K, Naito S, Azuma K, Wagai T. Laparoscopic diagnosis of the intraabdominal organs. *Jpn J Gastroenterol.* 1958; 55: 741-747.
2. Kruskal J.B, Kane RA. Intraoperative ultrasonography of the liver. *Crit Rev Diagn Imaging.* 1995; 36(3): 175-226.
3. Makuuchi M, Torzilli G, Machi J. History of intraoperative ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 1998; 24(9): 1229-1242. doi: 10.1016/s0301-5629(98)00112-4
4. Staren ED, Gambla M, Deziel DJ, Velasco J, Saclarides TJ, Millikan K, Doolas A. Intraoperative ultrasound in the management of liver neoplasms. *Am Surg.* 1997; 63(7): 591-596.
5. Makuuchi M, Hasegawa H, Yamazaki S. Ultrasonically guided subsegmentectomy. *Surg Gynecol Obstet.* 1985 Oct; 161(4): 346-350.
6. Livraghi T, Giorgio A, Marin G, Salmi A, de Sio I, Bolondi L, Pompili M, Brunello F, Lazzaroni S, Torzilli G. Hepatocellular carcinoma and cirrhosis in 746 patients: long-term results of percutaneous ethanol injection. *Radiology.* 1995; 197(1): 101-108. doi: 10.1148/radiology.197.1.7568806
7. Adam R, Majno P, Castaing D, Giovenardi R, Bismuth H. Treatment of irresectable liver tumours by percutaneous cryosurgery. *Br J Surg.* 1998; 85(11): 1493-1494. doi: 10.1046/j.1365-2168.1998.00880.x
8. Solbiati L, Livraghi T, Goldberg SN, Ierace T, Meloni F, Dellanoce M, Cova L, Halpern EF, Gazelle G.S. Percutaneous radio-frequency ablation of hepatic metastases from colorectal cancer: long-term results in 117 patients. *Radiology.* 2001; 221(1): 159-166. doi: 10.1148/radiol.2211001624
9. Solomon MJ, Stephen MS, Gallinger S, White G.H. Does intraoperative hepatic ultrasonography change surgical decision making during liver resection? *Am J Surg.* 1994; 168(4): 307-310. doi: 10.1016/s0002-9610(05)80154-0
10. Luck AJ, Maddern GJ. Intraoperative abdominal ultrasonography. *Br J Surg.* 1999; 86(1): 5-16. doi: 10.1046/j.1365-2168.1999.00990.x
11. Тимошин А.Д., Шестаков А.Л., Готье С.В. Интраоперационное ультразвуковое исследование при метастатическом поражении печени. Материалы. 3-й конференции хирургов-гепатологов, «Новые технологии в хирургической гепатологии». Санкт-Петербург. 1995; 69-70. (in Russ.)
12. Grundmann RT, Hermanek P, Merkel S, Germer CT, Grundmann RT, Hauss J, Henne-Bruns D, Herfarth K, Hermanek P, Hopt UT, Junginger T, Klar E, Klempnauer J, Knapp WH, Kraus M, Lang H, Link KH, Löhle F, Merkel S, Oldhafer KJ, Raab HR, Rau HG, Reinacher-Schick A, Rieke J, Roder J, Schäfer AO, Schlitt HJ, Schön MR, Stippel D,

- Tannapfel A, Tatsch K, Vogl TJ; Arbeitsgruppe Workflow Diagnostik und Therapie von Lebermetastasen kolorektaler Karzinome. Diagnosis and treatment of colorectal liver metastases. *Work flow. Zentr. Bl. Chir.* 2008; 133: 267–269.
13. Yamakawa K, Yoshioka A, Shimizu K, Sakamaki T. Laparochography: An ultrasonic diagnosis under laparoscopic observation. *Japanese Journal of Medical Ultrasound Technology.* 1964; 2: 26.
 14. Гаврилин А.В. Чрескожные лечебно-диагностические вмешательства под контролем ультразвукового исследования при хирургических заболеваниях органов гепатопанкреатобилиарной зоны. Дисс. докт. мед. наук. М. 1999; 443.
 15. Beller S, Hünerbein M, Eulenstein S, Lange T, Schlag P.M. Feasibility of navigated resection of liver tumors using multiplanar visualization of intraoperative 3-dimensional ultrasound data. *Ann Surg.* 2007; 246(2): 288–294. doi: 10.1097/01.sla.0000264233.48306.99.
 16. Чжао А.В. Опухоли печени и проксимальных желчных протоков. Дисс. докт. мед. наук. М. 1999; 158.
 17. Ефанов М.Г. Сегментарные резекции при очаговых образованиях печени. Дисс. докт. мед. наук. М. 2010; 333.
 18. Ионкин Д.А., Жаворонкова О.И., Степанова Ю.А., Гаврилов Я.Я., Вишневецкий В.А., Чжао А.В. Термические методы локальной деструкции (РЧА, криодеструкция, МВА) при метастатическом колоректальном раке печени. Аспирантский вестник Поволжья. 2018; 5-6 (Медицина): 127-145.
 19. Чжао А.В., Вишневецкий В.А., Ионкин Д.А., Олифир А.А., Айвазян Х.А., Коваленко Ю.А., Жаворонкова О.И., Степанова Ю.А., Карельская Н.А. Выбор метода локальной деструкции метастазов колоректального рака в печени. *Анналы хирургической гепатологии.* 2019; 24(4): 30-36.
 20. Шерлок Ш., Дули Дж. Заболевания печени и желчных путей. Практическое руководство: пер. с нем. М. Гэотар-Медиа. 1999; 864.
 21. Степанова Ю.А. Ультразвуковая диагностика заболеваний печени. Изд. 3-е, дополн. и перераб. М. 11-й формат. 2018; 164.
 22. Рыхтик П.И., Рябова Е.Н., Сафонов Д.В., Кучин Д.М., Загайнов В.Е., Романов С.В. Значение интраоперационного ультразвукового исследования в хирургии печени. *Радиология – Практика.* 2016; 5(59): 16-25.
 23. Machi J, Isomoto H, Kurohiji T, Yamashita Y, Shirouzu K, Kakegawa T, Sigel B, Zaren HA, Sariego J. Accuracy of intraoperative ultrasonography in diagnosing liver metastasis from colorectal cancer: evaluation with postoperative follow-up results. *World J Surg.* 1991 Jul-Aug; 15(4): 551–556. doi: 10.1007/BF01675662.
 24. Friedrich-Rust M, Klopffleisch T, Nierhoff J, Herrmann E, Vermehren J, Schneider MD, Zeuzem S, Bojunga J. Contrast-Enhanced Ultrasound for the differentiation of benign and malignant focal liver lesions: a meta-analysis. *Liver Int.* 2011; 33(5): 739–755. doi: 10.1111/liv.12115
 25. Focal Liver Lesions: Detection, Characterization, Ablation. Eds. R. Lencioni, D. Cioni, C. Bartolozzi. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005; 407.
 26. Фомина С.В. Ультразвуковое исследование печени с использованием эхоконтрастных препаратов на основе гексафторида серы. Дисс. канд. мед. наук. Томск. 2017; 11.
 27. Sporea I, Badea R, Popescu A, Spârchez Z, Sirlu RL, Dănilă M, Săndulescu L, Bota S, Calescu DP, Nedelcu D, Brisc C, Ciobăca L, Gheorghe L, Socaciu M, Martie A, Ioanîtescu S, Tamas A, Streba CT, Iordache M, Simionov I, Jinga M, Anghel A, Cijevschi Prelipcean C, Mihai C, Stanciu SM, Stoicescu D, Dumitru E, Pietrareanu C, Bartos D, Manzat Saplacan R, Părvulescu I, Vădan R, Smira G, Tuță L, Săftoiu A. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for the evaluation of focal liver lesions - a prospective multicenter study of its usefulness in clinical practice. *Ultraschall Med.* 2014; 35(3): 259–266. doi: 10.1055/s-0033-1355728
 28. Ooi CC, Low SC, Schneider-Kolsky M, Lombardo P, Lim SY, Abu Bakar R, Lo R.H. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced ultrasound in differentiating benign and malignant focal liver lesions: a retrospective study. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2010; 54: 421–430. doi: 10.1111/j.1754-9485.2010.02195.x
 29. Guang Y, Xie L, Ding H, Cai A, Huang Y. Diagnosis value of focal liver lesions with SonoVue®-enhanced ultrasound compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced MRI: a meta-analysis. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2011; 137(11): 1595–1605. doi: 10.1007/s00432-011-1035-8
 30. Cho SH, Lee JY, Han JK, Choi B.I. Acoustic radiation force impulse elastography for the evaluation of focal solid hepatic lesions: preliminary findings. *Ultrasound Med Biol.* 2010; 36(2): 202–208. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2009.10.009
 31. Kim JE, Lee JY, Bae KS, Han JK, Choi BI. Acoustic radiation force impulse elastography for focal hepatic tumors: usefulness for differentiating hemangiomas from malignant tumors. *Korean J Radiol.* 2013; 14(5): 743–753. doi: 10.3348/kjr.2013.14.5.743
 32. Guibal A, Boullaran C, Bruce M, Vallin M, Pilleul F, Walter T, Scoazec JY, Boublay N, Dumortier J, Lefort T. Evaluation of shearwave elastography for the characterisation of focal liver lesions on ultrasound. *Eur Radiol.* 2013; 23(4): 1138–1149. doi: 10.1007/s00330-012-2692-y
 - Tannapfel A, Tatsch K, Vogl TJ; Arbeitsgruppe Workflow Diagnostik und Therapie von Lebermetastasen kolorektaler Karzinome. Diagnosis and treatment of colorectal liver metastases. *Work flow. Zentr. Bl. Chir.* 2008; 133: 267–269.
 13. Yamakawa K, Yoshioka A, Shimizu K, Sakamaki T. Laparochography: An ultrasonic diagnosis under laparoscopic observation. *Japanese Journal of Medical Ultrasound Technology.* 1964; 2: 26.
 14. Гаврилин А.В. Чрескожные лечебно-диагностические вмешательства под контролем ультразвукового исследования при хирургических заболеваниях органов гепатопанкреатобилиарной зоны. Дисс. докт. мед. наук. М. 1999; 443.
 15. Beller S, Hünerbein M, Eulenstein S, Lange T, Schlag P.M. Feasibility of navigated resection of liver tumors using multiplanar visualization of intraoperative 3-dimensional ultrasound data. *Ann Surg.* 2007; 246(2): 288–294. doi: 10.1097/01.sla.0000264233.48306.99.
 16. Chzhao AV. Opukholi pecheni i proksimal'nykh zhelchnykh protokov. Diss. dokt. med. nauk. M. 1999; 158.
 17. Efanov M.G. Segmentarnye rezektzii pri ochagovykh obrazovaniyakh pecheni. Diss dokt. med. nauk. M. 2010; 333.
 18. Ionkin DA, Zhavoronkova OI, Stepanova YuA, Gavrilov YaYa, Vishnevsky VA, Zhao AV. Thermal methods of local destruction (RFA, cryodestruction, MVA) in metastatic colorectal liver cancer. *Postgraduate Bulletin of the Volga Region.* 2018; 5-6 (Medicine): 127-145. (in Russ.) doi: 10.17816/2072-2354.2018.18.3.127-145
 19. Zhao AV, Vishnevsky VA, Ionkin DA, Olifir AA, Aivazyan KhA, Kovalenko YuA, Zhavoronkova OI, Stepanova YuA, Karelskaya NA. The choice of method for local destruction of colorectal cancer metastases in the liver. *Annals of HPB Surgery.* 2019; 24(4): 30-36. (in Russ.) doi: 10.16931/1995-5464.2019430-36
 20. Sherlok Sh, Duli Dzh. Zabolevaniya pecheni i zhelchnykh putei. Prakticheskoe rukovodstvo: per. s nem. M. Geotar-Media. 1999; 864. (in Russ.)
 21. Stepanova YuA. Ul'trazvukovaya diagnostika zabolevaniy pecheni. Izd. 3-e, dopoln. i pererab. M. 11-i format. 2018; 164. (in Russ.)
 22. Rykhtik PI, Ryabova EN, Safonov DV, Kuchin DM, Zagainov VE, Romanov S.V. The value of intraoperative ultrasound in liver surgery. *Radiology - Practice.* 2016; 5(59): 16-25. (in Russ.)
 23. Machi J, Isomoto H, Kurohiji T, Yamashita Y, Shirouzu K, Kakegawa T, Sigel B, Zaren HA, Sariego J. Accuracy of intraoperative ultrasonography in diagnosing liver metastasis from colorectal cancer: evaluation with postoperative follow-up results. *World J Surg.* 1991 Jul-Aug; 15(4): 551–556. doi: 10.1007/BF01675662.
 24. Friedrich-Rust M, Klopffleisch T, Nierhoff J, Herrmann E, Vermehren J, Schneider MD, Zeuzem S, Bojunga J. Contrast-Enhanced Ultrasound for the differentiation of benign and malignant focal liver lesions: a meta-analysis. *Liver Int.* 2011; 33(5): 739–755. doi: 10.1111/liv.12115
 25. Focal Liver Lesions: Detection, Characterization, Ablation. Eds. R. Lencioni, D. Cioni, C. Bartolozzi. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005; 407.
 26. Fomina SV. Ul'trazvukovoe issledovanie pecheni s ispol'zovaniem ekhokonstrastnykh preparatov na osnove geksaforida sery. Diss. kand. med. nauk. Tomsk. 2017; 11. (in Russ.)
 27. Sporea I, Badea R, Popescu A, Spârchez Z, Sirlu RL, Dănilă M, Săndulescu L, Bota S, Calescu DP, Nedelcu D, Brisc C, Ciobăca L, Gheorghe L, Socaciu M, Martie A, Ioanîtescu S, Tamas A, Streba CT, Iordache M, Simionov I, Jinga M, Anghel A, Cijevschi Prelipcean C, Mihai C, Stanciu SM, Stoicescu D, Dumitru E, Pietrareanu C, Bartos D, Manzat Saplacan R, Părvulescu I, Vădan R, Smira G, Tuță L, Săftoiu A. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for the evaluation of focal liver lesions - a prospective multicenter study of its usefulness in clinical practice. *Ultraschall Med.* 2014; 35(3): 259–266. doi: 10.1055/s-0033-1355728
 28. Ooi CC, Low SC, Schneider-Kolsky M, Lombardo P, Lim SY, Abu Bakar R, Lo R.H. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced ultrasound in differentiating benign and malignant focal liver lesions: a retrospective study. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2010; 54: 421–430. doi: 10.1111/j.1754-9485.2010.02195.x
 29. Guang Y, Xie L, Ding H, Cai A, Huang Y. Diagnosis value of focal liver lesions with SonoVue®-enhanced ultrasound compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced MRI: a meta-analysis. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2011; 137(11): 1595–1605. doi: 10.1007/s00432-011-1035-8
 30. Cho SH, Lee JY, Han JK, Choi B.I. Acoustic radiation force impulse elastography for the evaluation of focal solid hepatic lesions: preliminary findings. *Ultrasound Med Biol.* 2010; 36(2): 202–208. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2009.10.009
 31. Kim JE, Lee JY, Bae KS, Han JK, Choi BI. Acoustic radiation force impulse elastography for focal hepatic tumors: usefulness for differentiating hemangiomas from malignant tumors. *Korean J Radiol.* 2013; 14(5): 743–753. doi: 10.3348/kjr.2013.14.5.743
 32. Guibal A, Boullaran C, Bruce M, Vallin M, Pilleul F, Walter T, Scoazec JY, Boublay N, Dumortier J, Lefort T. Evaluation of shearwave elastography for the characterisation of focal liver lesions on ultrasound. *Eur Radiol.* 2013; 23(4): 1138–1149. doi: 10.1007/s00330-012-2692-y

- ultrasound. *Eur Radiol.* 2013; 23(4): 1138-1149. doi: 10.1007/s00330-012-2692-y
33. Kato K, Sugimoto H, Kanazumi N, Nomoto S, Takeda S, Nakao A. Intra-operative application of real-time tissue elastography for the diagnosis of liver tumours. *Liver Int.* 2008; 28(9): 1264-1271. doi: 10.1111/j.1478-3231.2008.01701.x
 34. Inoue Y, Takahashi M, Arita J, Aoki T, Hasegawa K, Beck Y, Makuuchi M, Kokudo N. Intra-operative freehand real-time elastography for small focal liver lesions: "visual palpation" for non-palpable tumors. *Surgery.* 2010; 148(5): 1000-1011. doi: 10.1016/j.surg.2010.02.009
 35. Omichi K, Inoue Y, Hasegawa K, Sakamoto Y, Okinaga H, Aoki T, Sugawara Y, Kurahashi I, Kokudo N. Differential diagnosis of liver tumours using intraoperative realtime tissue elastography. *Br J Surg.* 2015; 102: 246-253. doi: 10.1002/bjs.9728
 36. Бердников С.Н., Шолохов В.Н., Патютко Ю.И., Махотина М.С., Чучуев Е.С., Абилов К.Э. Комплексная эластография (в режиме ручной компрессии и акустической импульсно-волновая ARFI) и эластометрия (SWV) в дифференциальной диагностике гиперэхогенных образований печени. *SonoAce Ultrasound.* 2013; 25: 56-63.
 37. Nightingale K, McAleavey S, Trahey G. Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound Med Biol.* 2013; 39(12): 1715-1723. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.08.008
 38. Богданович Б.Б., Бегун И.В., Кондратенко Г.Г., Леонович С.И. Инструкция по клиническому применению интраоперационного ультразвукового исследования в хирургической гастроэнтерологии. Регистрационный № 111-1104. - Минск. 2005; 9.
 39. Bartoş A, Iancu I, Breazu C, Bartoş D. Intraoperative Ultrasound of the Liver: Actual Status and Indications. In book: *Liver Research and Clinical Management.* Ed. by Luis Rodrigo. London: IntechOpen. 2018; 248.
 40. Torzillia G, Boteaa F, Procopioa F, Donadona M, Balzarinib L, Lutmanb F, Calliadac F, Montorsia M. Use of contrast-enhanced intraoperative ultrasonography during liver surgery for colorectal cancer liver metastases - Its impact on operative outcome. Analysis of a prospective cohort study. *European journal of cancer.* 2008; 6: 16-23. doi: 10.1016/j.ejcsup.2008.06.004
 41. Kim HO, Kim SK, Son BH, Yoo CH, Hong HP, Cho YK, Kim BI. Intraoperative radiofrequency ablation with or without tumorectomy for hepatocellular carcinoma in locations difficult for a percutaneous approach. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int.* 2009; 8: 591-596.
 42. Joo I. The role of intraoperative ultrasonography in the diagnosis and management of focal hepatic lesions. *Ultrasonography.* 2015; 34(4): 246-257.
 43. Marcal LP, Patnana M, Bhosale P, Bedi D.G. Intraoperative abdominal ultrasound in oncologic imaging. *World J Radiol.* 2013; 5: 51-60. doi: 10.4329/wjr.v5.i3.51
 44. Кунцевич Г.И. Цветовое доплеровское сканирование и трехмерная реконструкция абдоминальных сосудов. В кн. *Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике.* Иваново: МИК. 2004; 301-325.
 45. Alempijević T, Kovacević N, Tomić D, Duranović S, Krstić M. Significance of color Doppler ultrasonography in the assessment of pancreatic carcinoma vascular invasion. *Vojnosanit Pregl.* 2006; 63(10): 857-860. doi: 10.2298/vsp0610857a.
 46. Zacherl J, Scheuba C, Imhof M, Zacherl M, Langle F, Pokieser P, Wrba F, Wenzl E, Mthlbacher F, Jakesz R, Steininger R. Current value of intraoperative sonography during surgery for hepatic neoplasms. *World J Surg.* 2002; 26: 550-554. doi: 10.1007/s00268-001-0266-2
 47. Hoch G, Croise-Laurent V, Germain A, Brunaud L, Bresler L, Ayav A. Is intraoperative ultrasound still useful for the detection of colorectal cancer liver metastases? *HPB.* 2015; 17: 514-519. doi: 10.1111/hpb.12393
 48. Solomon MJ, Stephen MS, Gallinger S, White G.H. Does intraoperative hepatic ultrasonography change surgical decision making during liver resection? *Am J Surg.* 1994; 168: 307-310. doi: 10.1016/s0002-9610(05)80154-0
 49. Engstrand J, Nilsson H, Strömberg C, Jonas E, Freedman J. Colorectal cancer liver metastases - a population-based study on incidence, management and survival. *BMC Cancer.* 2018; 18: 78. doi: 10.1186/s12885-017-3925-x
 50. Donadon M, Torzilli G. Intraoperative ultrasound in patients with hepatocellular carcinoma: from daily practice to future trends. *Liver Cancer.* 2013; 2(1): 16-24. doi: 10.1159/000346421.
 51. Xiang C, Liu Z, Dong J, Sano K, Makuuchi M. Precise anatomical resection of the ventral part of Segment VIII. *Int J Surg Case Rep.* 2014; 5(12): 924-926. doi: 10.1016/j.ijscr.2014.10.041.
 52. Torzilli G, Procopio F, Costa G. Resection guidance. In: Torzilli G., editor. *Ultrasound-Guided Liver Surgery.* Italia: Springer. 2014; 117-168.
 53. Machi J, Uchida S, Sumida K, Limm WM, Hundahl SA, Oishi AJ, Furumoto NL, Oishi RH. Ultrasound-guided radiofrequency thermal ablation of liver tumors: percutaneous, laparoscopic, and open surgical approaches. *J Gastrointest Surg.* 2001; 5: 477-489. doi: 10.1016/s1091-255x(01)80085-8
 54. Ishiko T, Beppu T, Sugiyama S, Masuda T, Takahashi M, Komori H, Takamori H, Hirota M., Kanemitsu K, Baba H. Radiofrequency
 33. Kato K, Sugimoto H, Kanazumi N, Nomoto S, Takeda S, Nakao A. Intra-operative application of real-time tissue elastography for the diagnosis of liver tumours. *Liver Int.* 2008; 28(9): 1264-1271. doi: 10.1111/j.1478-3231.2008.01701.x
 34. Inoue Y, Takahashi M, Arita J, Aoki T, Hasegawa K, Beck Y, Makuuchi M, Kokudo N. Intra-operative freehand real-time elastography for small focal liver lesions: "visual palpation" for non-palpable tumors. *Surgery.* 2010; 148(5): 1000-1011. doi: 10.1016/j.surg.2010.02.009
 35. Omichi K, Inoue Y, Hasegawa K, Sakamoto Y, Okinaga H, Aoki T, Sugawara Y, Kurahashi I, Kokudo N. Differential diagnosis of liver tumours using intraoperative realtime tissue elastography. *Br J Surg.* 2015; 102: 246-253. doi: 10.1002/bjs.9728
 36. Berdnikov SN, Sholokhov VN, Palyutko YuI, Makhotina MS, Chuchuev ES, Abirov KE. Complex elastography (in manual compression mode and acoustic pulsed wave ARFI) and elastometry (SWV) in the differential diagnosis of hyperechoic liver lesions. *SonoAce Ultrasound.* 2013; 25: 56-63. (In Russ.)
 37. Nightingale K, McAleavey S, Trahey G. Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound Med Biol.* 2013 Dec; 39(12): 1715-1723. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.08.008.
 38. Bogdanovich BB, Begun IV, Kondratenko GG, Leonovich SI. Instruksiya po klinicheskomu primeneniyu intraoperatsionnogo ultrazvukovogo issledovaniya v khirurgicheskoi gastroenterologii. Registratsionnyi № 111-1104. - Minsk. 2005; 9. (in Russ.)
 39. Bartoş A, Iancu I, Breazu C, Bartoş D. Intraoperative Ultrasound of the Liver: Actual Status and Indications. In book: *Liver Research and Clinical Management.* Ed. by Luis Rodrigo. London: IntechOpen. 2018; 248.
 40. Torzillia G, Boteaa F, Procopioa F, Donadona M, Balzarinib L, Lutmanb F, Calliadac F, Montorsia M. Use of contrast-enhanced intraoperative ultrasonography during liver surgery for colorectal cancer liver metastases - Its impact on operative outcome. Analysis of a prospective cohort study. *European journal of cancer.* 2008; 6: 16-23. doi: 10.1016/j.ejcsup.2008.06.004
 41. Kim HO, Kim SK, Son BH, Yoo CH, Hong HP, Cho YK, Kim BI. Intraoperative radiofrequency ablation with or without tumorectomy for hepatocellular carcinoma in locations difficult for a percutaneous approach. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int.* 2009; 8: 591-596.
 42. Joo I. The role of intraoperative ultrasonography in the diagnosis and management of focal hepatic lesions. *Ultrasonography.* 2015; 34(4): 246-257.
 43. Marcal LP, Patnana M, Bhosale P, Bedi D.G. Intraoperative abdominal ultrasound in oncologic imaging. *World J Radiol.* 2013; 5: 51-60. doi: 10.4329/wjr.v5.i3.51
 44. Kuntsevich GI. Tsvetovoe dopplerovskoe skanirovanie i trekhmernaya rekonstruktsiya abdominal'nykh sudosov. V kn. *Ultrazvukovaya dopplerovskaya diagnostika v klinike.* Ivanovo: MIK. 2004; 301-325. (in Russ.)
 45. Alempijević T, Kovacević N, Tomić D, Duranović S, Krstić M. Significance of color Doppler ultrasonography in the assessment of pancreatic carcinoma vascular invasion. *Vojnosanit Pregl.* 2006; 63(10): 857-860. doi: 10.2298/vsp0610857a.
 46. Zacherl J, Scheuba C, Imhof M, Zacherl M, Langle F, Pokieser P, Wrba F, Wenzl E, Mthlbacher F, Jakesz R, Steininger R. Current value of intraoperative sonography during surgery for hepatic neoplasms. *World J Surg.* 2002; 26: 550-554. doi: 10.1007/s00268-001-0266-2
 47. Hoch G, Croise-Laurent V, Germain A, Brunaud L, Bresler L, Ayav A. Is intraoperative ultrasound still useful for the detection of colorectal cancer liver metastases? *HPB.* 2015; 17: 514-519. doi: 10.1111/hpb.12393
 48. Solomon MJ, Stephen MS, Gallinger S, White G.H. Does intraoperative hepatic ultrasonography change surgical decision making during liver resection? *Am J Surg.* 1994; 168: 307-310. doi: 10.1016/s0002-9610(05)80154-0
 49. Engstrand J, Nilsson H, Strömberg C, Jonas E, Freedman J. Colorectal cancer liver metastases - a population-based study on incidence, management and survival. *BMC Cancer.* 2018; 18: 78. doi: 10.1186/s12885-017-3925-x
 50. Donadon M, Torzilli G. Intraoperative ultrasound in patients with hepatocellular carcinoma: from daily practice to future trends. *Liver Cancer.* 2013; 2(1): 16-24. doi: 10.1159/000346421.
 51. Xiang C, Liu Z, Dong J, Sano K, Makuuchi M. Precise anatomical resection of the ventral part of Segment VIII. *Int J Surg Case Rep.* 2014; 5(12): 924-926. doi: 10.1016/j.ijscr.2014.10.041.
 52. Torzilli G, Procopio F, Costa G. Resection guidance. In: Torzilli G., editor. *Ultrasound-Guided Liver Surgery.* Italia: Springer. 2014; 117-168.
 53. Machi J, Uchida S, Sumida K, Limm WM, Hundahl SA, Oishi AJ, Furumoto NL, Oishi RH. Ultrasound-guided radiofrequency thermal ablation of liver tumors: percutaneous, laparoscopic, and open surgical approaches. *J Gastrointest Surg.* 2001; 5: 477-489. doi: 10.1016/s1091-255x(01)80085-8
 54. Ishiko T, Beppu T, Sugiyama S, Masuda T, Takahashi M, Komori H, Takamori H, Hirota M., Kanemitsu K, Baba H. Radiofrequency

54. Ishiko T, Beppu T, Sugiyama S, Masuda T, Takahashi M, Komori H, Takamori H, Hirota M., Kanemitsu K, Baba H. Radiofrequency ablation with hand-assisted laparoscopic surgery for the treatment of hepatocellular carcinoma in the caudate lobe. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2008; 18: 272–276. doi: 10.1097/SLE.0b013e31816a24bf
55. El-Gendi A, El-Shafei M, Abdel-Aziz F, Bedewy E. Intraoperative ablation for small HCC not amenable for percutaneous radiofrequency ablation in Child A cirrhotic patients. *J Gastrointest Surg.* 2013; 17: 712–718. doi: 10.1007/s11605-012-2085-1
56. Cheung TT, Ng KK, Chok KS, Chan SC, Poon RT, Lo CM, Fan ST. Combined resection and radiofrequency ablation for multifocal hepatocellular carcinoma: prognosis and outcomes. *World J Gastroenterol.* 2010; 16: 3056–3062. doi:10.3748/WJG.V16.I24.3056
57. Косырев В.Ю. Радиочастотная термоабляция в комбинированном лечении злокачественных опухолей печени (показания, методология, результаты лечения). Дисс. докт. мед. наук. М. 2011; 234.
58. Сергеева О.Н. Радиочастотная абляция при очаговых образованиях печени. Дисс. канд. мед. наук. М. 2005; 131.
59. Жаворонкова О.И., Мелёхина О.И., Ионкин Д.А., Шуракова А.Б., Степанова Ю.А., Кармазановский Г.Г., Вишневыский В.А. Опыт применения радиочастотной термоабляции при метастазах колоректального рака в печень. *Колоректология.* 2014; 1(47) (приложение): 27–36.
60. Новомлинский В., Глухов А., Соколов А., Редькин А., Чвикалов Е., Остроушко А. Ультрасонография в режиме трехмерной реконструкции и радиочастотная термоабляция в диагностике и лечении больных с метастазами печени. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии.* 2011;4(2):274–278. doi: 10.18499/2070-478X-2011-4-2-274-278
61. Sun Y, Cheng Z, Dong L, Zhang G, Wang Y, Liang P. Comparison of temperature curve and ablation zone between 915- and 2450-MHz cooled-shaft microwave antenna: results in ex vivo porcine livers. *Eur J Radiol.* 2012; 81: 553–557. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.02.013
62. Москвичева Л.И., Сидоров Д.В., Ложкин М.В., Петров Л.О., Забелин М.В. Современные методы абляции злокачественных новообразований печени. *Исследования и практика в медицине.* 2018; 5(4): 58–71.
63. Claudon M, Dietrich CF, Choi BI, Cosgrove DO, Kudo M, Nolsøe CP, Piscaglia F, Wilson SR, Barr RG, Chammas MC, Chaubal NG, Chen MH, Clevert DA, Correas JM, Ding H, Forsberg F, Fowlkes JB, Gibson RN, Goldberg BB, Lassau N, Leen EL, Mattrey RF, Moriyasu F, Solbiati L, Weskott HP, Xu HX. Guidelines and good clinical practice recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the liver - update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultrasound. Med Biol.* 2013; 39: 187–210. doi: 10.1055/s-0032-1325499
64. Xu E.-J., Lv S.-M., Li K., Long Y.-L., Zeng Q.-J., Su Z.-Z., Zheng R.-Q. Immediate evaluation and guidance of liver cancer thermal ablation by three-dimensional ultrasound/contrast-enhanced ultrasound fusion imaging. *International Journal of Hyperthermia.* 2018; 34(6): 870–876. doi: 10.1080/02656736.2017.1373306
65. Mariani A, Kwiecinski W, Pernot M, Balvay D, Tanter M, Clement O, Cuenod CA, Zinzindohoue F. Real time shear waves elastography monitoring of thermal ablation: in vivo evaluation in pig livers. *J Surg Res.* 2014; 188: 37–43. doi: 10.1016/j.jss.2013.12.024
66. Van Vledder MG, Boctor EM, Assumpcao LR, Rivaz H, Foroughi P, Hager GD, Hamper UM, Pawlik TM, Choti MA. Intra-operative ultrasound elasticity imaging for monitoring of hepatic tumour thermal ablation. *HPB (Oxford).* 2010; 12(10): 717–723. doi: 10.1111/j.1477-2574.2010.00247.x
67. Correa-Gallego C, Karkar AM, Monette S, Ezell PC, Jarnagin WR, Kingham TP. Intraoperative ultrasound and tissue elastography measurements do not predict the size of hepatic microwave ablations. *Acad Radiol.* 2014; 21: 72–78. doi: 10.1016/j.acra.2013.09.022
68. Гатауллин ИГ, Савинков ВГ, Фролов СА, Козлов АМ. Предиктор послеоперационных осложнений при хирургическом лечении колоректального рака. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии.* 2018;11(1):33–37. doi: 10.18499/2070-478X-2018-11-1-33-37
69. Foley EF, Kolecki RV, Schirmer B.D. The accuracy of laparoscopic ultrasound in the detection of colorectal cancer liver metastases. *Am J Surg.* 1998; 176(3): 262–264. doi: 10.1016/s0002-9610(98)00147-0
- ablation with hand-assisted laparoscopic surgery for the treatment of hepatocellular carcinoma in the caudate lobe. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2008; 18: 272–276. doi: 10.1097/SLE.0b013e31816a24bf
55. El-Gendi A, El-Shafei M, Abdel-Aziz F, Bedewy E. Intraoperative ablation for small HCC not amenable for percutaneous radiofrequency ablation in Child A cirrhotic patients. *J Gastrointest Surg.* 2013; 17: 712–718. doi: 10.1007/s11605-012-2085-1
56. Cheung TT, Ng KK, Chok KS, Chan SC, Poon RT, Lo CM, Fan ST. Combined resection and radiofrequency ablation for multifocal hepatocellular carcinoma: prognosis and outcomes. *World J Gastroenterol.* 2010; 16: 3056–3062. doi:10.3748/WJG.V16.I24.3056
57. Kosyrev VYu. Radiochastotnaya termoablyatsiya v kombinirovannom lechenii zlokachestvennykh opukholei pecheni (pokazaniya, metodologiya, rezul'taty lecheniya. Diss. dokt. med. nauk. M. 2011; 234. (in Russ.)
58. Sergeeva ON. Radiochastotnaya ablyatsiya pri ochagovykh obrazovaniyakh pecheni. Diss. kand. med. nauk. M. 2005; 131. (in Russ.)
59. Zhavoronkova OI, Melekhina OI, Ionkin DA, Shurakova AB, Stepanova YuA, Karmazanovsky GG, Vishnevsky VA. Experience in the use of radiofrequency thermal ablation for liver metastases of colorectal cancer. *Coloproctology.* 2014; 1(47) (supplement): 27–36. (in Russ.)
60. Novomlinsky B, Glukhov A, Sokolov A, Redkin A, Chvicalov E, Ostroushko A. Ultrasonography in the mode of three-dimensional reconstruction and radiofrequency thermal ablation in the diagnosis and treatment of patients with liver metastases. *Journal of Experimental and Clinical Surgery.* 2011;4(2):274–278. doi: 10.18499/2070-478X-2011-4-2-274-278 (in Russ.)
61. Sun Y, Cheng Z, Dong L, Zhang G, Wang Y, Liang P. Comparison of temperature curve and ablation zone between 915- and 2450-MHz cooled-shaft microwave antenna: results in ex vivo porcine livers. *Eur J Radiol.* 2012; 81: 553–557. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.02.013
62. Moskvicheva LI, Sidorov DV, Lozhkin MV, Petrov LO, Zabelin MV. Modern methods of ablation of malignant neoplasms of the liver. *Research and practice in medicine.* 2018; 5(4): 58–71. (in Russ.)
63. Claudon M, Dietrich CF, Choi BI, Cosgrove DO, Kudo M, Nolsøe CP, Piscaglia F, Wilson SR, Barr RG, Chammas MC, Chaubal NG, Chen MH, Clevert DA, Correas JM, Ding H, Forsberg F, Fowlkes JB, Gibson RN, Goldberg BB, Lassau N, Leen EL, Mattrey RF, Moriyasu F, Solbiati L, Weskott HP, Xu HX. Guidelines and good clinical practice recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the liver - update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultrasound. Med Biol.* 2013; 39: 187–210. doi: 10.1055/s-0032-1325499
64. Xu E.-J., Lv S.-M., Li K., Long Y.-L., Zeng Q.-J., Su Z.-Z., Zheng R.-Q. Immediate evaluation and guidance of liver cancer thermal ablation by three-dimensional ultrasound/contrast-enhanced ultrasound fusion imaging. *International Journal of Hyperthermia.* 2018; 34(6): 870–876. doi: 10.1080/02656736.2017.1373306
65. Mariani A, Kwiecinski W, Pernot M, Balvay D, Tanter M, Clement O, Cuenod CA, Zinzindohoue F. Real time shear waves elastography monitoring of thermal ablation: in vivo evaluation in pig livers. *J Surg Res.* 2014; 188: 37–43. doi: 10.1016/j.jss.2013.12.024
66. Van Vledder MG, Boctor EM, Assumpcao LR, Rivaz H, Foroughi P, Hager GD, Hamper UM, Pawlik TM, Choti MA. Intra-operative ultrasound elasticity imaging for monitoring of hepatic tumour thermal ablation. *HPB (Oxford).* 2010; 12(10): 717–723. doi: 10.1111/j.1477-2574.2010.00247.x
67. Correa-Gallego C, Karkar AM, Monette S, Ezell PC, Jarnagin WR, Kingham TP. Intraoperative ultrasound and tissue elastography measurements do not predict the size of hepatic microwave ablations. *Acad Radiol.* 2014; 21: 72–78. doi: 10.1016/j.acra.2013.09.022
68. Gataullin IG, Savinkov VG, Frolov SA, Kozlov AM. Predictor of septic complications in colorectal cancer surgery. *Journal of Experimental and Clinical Surgery.* 2018;11(1):33–37. doi: 10.18499/2070-478X-2018-11-1-33-37
69. Foley EF, Kolecki RV, Schirmer BD. The accuracy of laparoscopic ultrasound in the detection of colorectal cancer liver metastases. *Am J Surg.* 1998; 176(3): 262–264. doi: 10.1016/s0002-9610(98)00147-0

Информация об авторах

1. Степанова Юлия Александровна – д.м.н., профессор, Ученый секретарь ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневого» Минздрава России; профессор кафедры хирургии и хирургических технологий ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, e-mail: stepanovua@mail.ru
2. Ионкин Дмитрий Анатольевич – к.м.н., старший научный сотрудник отделения хирургии печени и поджелудочной железы ФГБУ «На-

Information about the Authors

1. Stepanova Yulia Alexandrovna - M.D., Prof., Academic Secretary, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, e-mail: stepanovua@mail.ru
2. Ionkin Dmitry Anatolievich – Ph.D., Senior Researcher of the Oncology Department of Surgical Methods of Treatment, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, e-mail: da.ionkin@gmail.com
3. Zhavoronkova Olga Ivanovna - Ph.D., Senior Researcher of Ultrasound Diagnostics Department, A.V. Vishnevsky National Medical Research

- циональный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, e-mail: da.ionkin@gmail.com
3. Жаворонкова Ольга Ивановна – к.м.н., старший научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, e-mail: zhavoronkovaoi@yandex.ru
 4. Чжао Алексей Владимирович – д.м.н., профессор, заведующий отделением хирургии печени и поджелудочной железы ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, e-mail: alexeyzhao@gmail.com
 5. Вишневский Владимир Александрович – д.м.н., профессор, советник директора по хирургии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, e-mail: VishnevskyVA@ixv.ru
4. Zhao Aleksey Vladimirovich - M.D., Prof., Head of the Oncology Department of Surgical Methods of Treatment, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, e-mail: alexeyzhao@gmail.com
 5. Vishnevsky Vladimir Alexandrovich – M.D., Prof., Advisor to the Director for Surgery, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery, e-mail: VishnevskyVA@ixv.ru

Цитировать:

Степанова Ю.А., Ионкин Д.А., Жаворонкова О.И., Чжао А.В., Вишневский В.А. Интраоперационное ультразвуковое исследование при метастазах колоректального рака в печень. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2023; 16: 2: 167-179. DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-167-179.

To cite this article:

Stepanova Yu.A., Ionkin D.A., Zhavoronkova O.I., Zhao A.V., Vishnevsky V.A. Intraoperative Ultrasound in Colorectal Liver Metastases. *Journal of experimental and clinical surgery* 2023; 16: 2: 167-179. DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-167-179.