

## ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОЧАГОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕЧЕНИ

Щекотуров И.О., Бахтиозин Р.Ф., Серова Н.С., Шантаревич М.Ю.

**Цель исследования.** Особое место среди заболеваний печени занимают различные опухоли и опухолеподобные поражения. За последние годы, благодаря внедрению в клиническую практику более совершенной диагностической аппаратуры и достаточно широкому применению различных контрастных препаратов при исследованиях брюшной полости с помощью ультразвукового метода (УЗИ), мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) значительно повысились возможности диагностики различных очаговых поражений печени. Кроме того, упростилась дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных новообразований, в том числе, при размерах очагов менее 1 см.

В данном научном обзоре описаны возможности как «рутинного» метода исследования печени – УЗИ, так и новейших методик, которые внедряются в современную практику, таких как УЗИ с внутривенным контрастированием, УЗИ эластография и перфузионная КТ и МРТ. Представлены преимущества каждого из методов, а также ограничения их применения в клинической практике.

**Ключевые слова:** МСКТ, МРТ, УЗИ, очаговые образования печени, КТ-перфузия, контрастный препарат.

Контактный автор: Щекотуров И.О., e-mail: samaramail@bk.ru

*Для цитирования:* Щекотуров И.О., Бахтиозин Р.Ф., Серова Н.С., Шантаревич М.Ю. Лучевые методы диагностики очаговых образований печени. REJR 2018; 8(4):194-207. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-194-207.

Статья получена: 01.10.18

Статья принята: 28.10.18

## RADIOLOGICAL METHODS IN DIAGNOSTICS OF FOCAL LIVER LESIONS

Schekoturov I.O., Bakhtiozin R.F., Serova N.S., Shantarevich M.Y.

**Purpose.** A special place among liver diseases is occupied by various tumors and tumor-like lesions. In recent years in clinical practice the possibilities of correct diagnosis have increased significantly as a result of the introduction of advanced diagnostic equipment and wide usage of various contrast agents at studies of the abdominal cavity using the ultrasound method (US), multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI). In addition, the differential diagnosis of benign and malignant lesions has been simplified even when the size of the lesions is less than 1 cm.

This scientific review describes the capabilities of the "routine" method of the liver diagnostics – US, as well as the latest techniques that are being introduced into the modern practice such as: US with intravenous contrast enhancement, US elastography and perfusion CT and MRI. The advantages of each method are presented as well as the limitations of their use in clinical practice.

**Keywords:** MSCT, MRI, ultrasound, focal liver lesions, CT perfusion, contrast agent.

Corresponding author: Schekoturov I.O., e-mail: samaramail@bk.ru

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Москва, Россия.

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Moscow, Russia.

For citation: Schekoturov I.O., Bakhtiozin R.F., Serova N.S., Shantarevich M.Y. Radiological methods in diagnostics of focal liver lesions. REJR 2018; 8(4):194-207. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-194-207.

Received: 01.10.18

Accepted: 28.10.18

**О**чаговые образования печени (ООП) – это большая группа различных по этиологии и течению заболеваний, объединяющим признаком которых является истинное замещение функционирующей печеночной паренхимы единичными или множественными патологическими образованиями [1]. На данный момент наблюдается активный рост количества пациентов, у которых диагностируются очаговые образования печени. Это связано как с улучшением диагностики, так и с увеличением числа подобных пациентов [35-38]. Частота случайно выявленных очаговых образований печени (ООП) варьирует в литературе от 7,2 до 33% при КТ исследовании, 10,2-34,5% при МРТ и от 2,3 до 6,2% при УЗИ [2]. Стоит отметить, что случайное обнаружение очагового образования печени у пациента без указания на онкологический анамнез с вероятностью более 95% будет доброкачественным [3]. Небольшие образования печени (<1 см) с высокой долей вероятности будут доброкачественными (> 80%) даже у пациентов с установленным онкологическим процессом. Такие случаи требуют дальнейшего наблюдения и подробного изучения клинической картины и анамнеза [4].

В современной клинической практике для выявления и детальной характеристики очагов в печени за исключением традиционной рентгенографии, применяется практически весь спектр методов лучевой диагностики: ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) [5, 6, 39].

#### **Ультразвуковое исследование**

Ультразвуковое исследование является наиболее доступной и широко применяемой методикой визуализации, используется в качестве скрининга у пациентов с факторами риска развития гепатоцеллюлярного рака (ГЦР), а также для контроля при выполнении оперативных вмешательств. Применение цветового доплеровского исследования является стандартным методом изучения сосудов органов брюшной полости и исследования васкуляризации выявленных патологических структур и образований, который позволяет получить важную информацию о очаговых поражениях печени [7].

Чувствительность данной методики при обнаружении доброкачественных очаговых образований составляет 80,6%, а специфичность зависит от объема и размера поражения печени, составляя 54,7% для образований менее 5

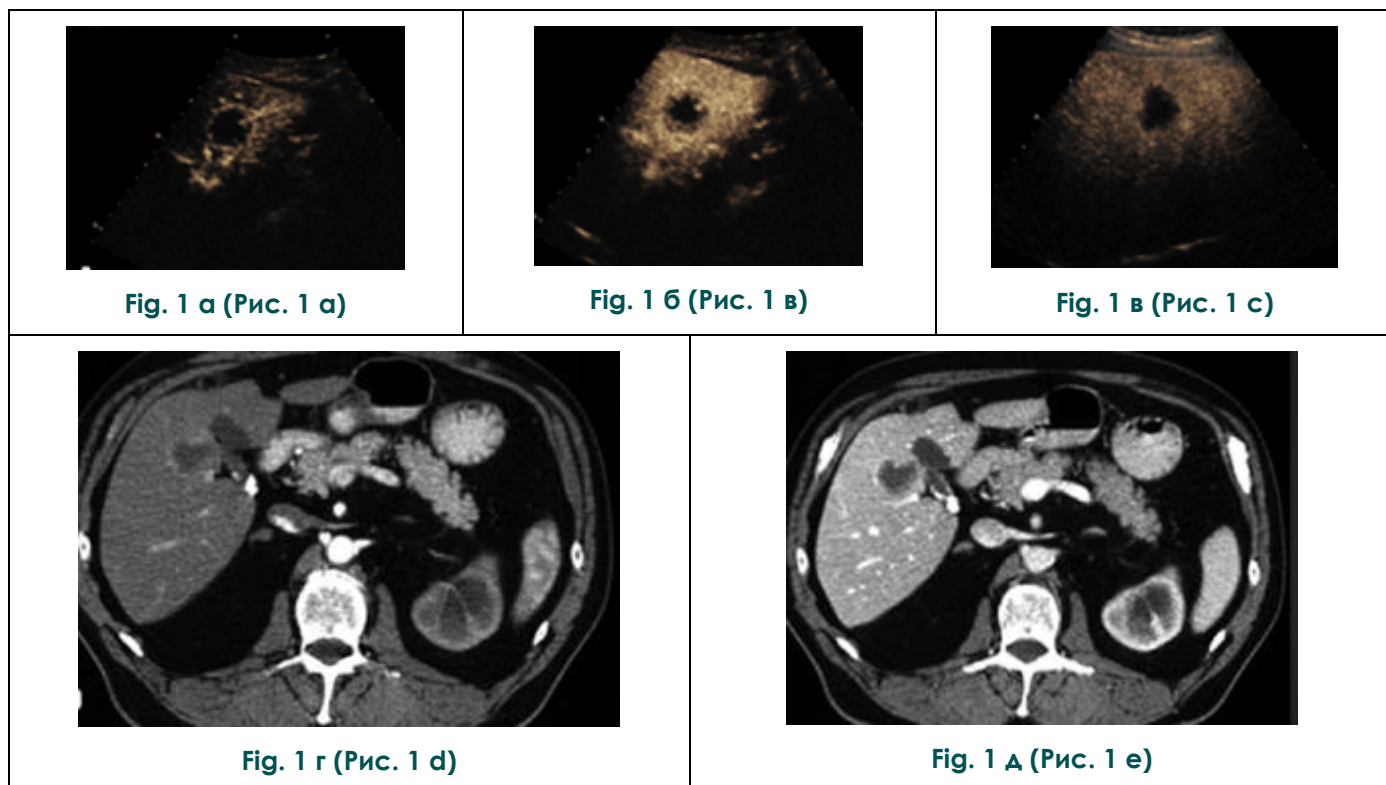
см, 66,6% – при множественном поражении печени и 22,2% при образованиях более 5 см в диаметре, что связано с их неоднородной эхоструктурой [8].

Совсем недавно ультразвуковой метод исследования был единственным, в котором не рассматривалось применение контрастных препаратов. Но в последнее время контрастная сонография активно развивается из-за новых препаратов, таких как Соновью. Соновью (SonoVue, Bracco Imaging, Италия) является контрастным препаратом второго поколения для ультразвуковых исследований, который представляет собой микропузырьки гексафторида серы и элиминируется легкими, а количество нежелательных реакций при его применении соизмеримо с гадолинийсодержащими препаратами, и ниже, чем при использовании йодсодержащих контрастных агентов [12, 45-48]. Таким образом, стало возможным изучать сосудистый рисунок, оценивать его характер, проследить фазы накопления и выведения контрастных препаратов, изучать гемодинамику. Чувствительность методик нативного контрастирования и ЦДК, в отображении сосудов может быть значительно повышена при использовании внутривенно вводимых контрастных препаратов. Сосудистые фазы при ультразвуковом контрастном исследовании печени схожи с КТ и МРТ, прогрессируют от артериальной до портовоенозной фазы и заканчиваются поздней (отсроченной) фазой (рис. 1).

Согласно ряду публикаций, применение внутривенного контрастирования при УЗИ позволяет добиться большей чувствительности и специфичности, сопоставимой с КТ или с МРТ с контрастным усилением [49-53]. С его помощью удастся правильно диагностировать более 80% ООП, а также улучшить визуализацию при выполнении фьюжн-биопсии ОПП [7-10]. В частности, при использовании эхоконтрастных препаратов второго поколения точность диагностики ГЦР у пациентов с циррозом достигает 89,3% при размерах опухоли менее 2 см и 100% при размерах более 2 см [11].

В тоже время, к недостаткам данной методики можно отнести следующее:

-затрудненная визуализация у тучных пациентов с выраженным метеоризмом, жировой дистрофией печени или глубоко расположенными образованиями небольших размеров, аппарато- и операторозависимость, которые также характерны и для нативного УЗИ исследования.



**Рис. 1. Ультразвуковое исследование с внутривенным контрастированием, метастазы в печени (а-в).**

Визуализируется усиление ободка в артериальной фазе с вымыванием в портовенозной и поздних фазах. Центральная часть, состоящая из некротической ткани, не контрастируется.

МСКТ с внутривенным контрастированием, аксиальные реконструкции в артериальной и портовенозной фазах, тот же пациент (г,д).

Источник: [rh.ua/ru/statti/kontrastnoe-ultrazvukovoe-issledovanie-novoobrazovaniy-pecheni](http://rh.ua/ru/statti/kontrastnoe-ultrazvukovoe-issledovanie-novoobrazovaniy-pecheni).

**Fig. 1. US with intravenous contrast enhancement, liver metastases (a-c).**

The rim enhancement in the arterial phase with washing out in portovenous and late phases is visualized. The central part, consisting of necrotic tissue, is not contrasted.

MSCT with intravenous contrast enhancement, axial reconstructions, arterial and portovenous phases, same patient (d-e).

Source: [rh.ua/en/statti/kontrastnoe-ultrazvukovoe-issledovanie-novoobrazovaniy-pecheni](http://rh.ua/en/statti/kontrastnoe-ultrazvukovoe-issledovanie-novoobrazovaniy-pecheni).

-зависимость качества исследования от предшествующего нативного УЗИ;

-ограниченная возможность одномоментной оценки всей печени и необходимость повторного введения контрастного препарата [12-13].

Как бы то ни было, последнее руководство Европейской ассоциации по изучению болезней печени не рекомендует использовать УЗИ с контрастированием в диагностике ГЦР и оправдывает его применение только при отсутствии возможности проведения КТ или МРТ с контрастным усилением [14].

Одной из самых передовых ультразвуковых методик исследования печени, а также других органов является система экспертного режима микрососудистой визуализации SMI (Superb Micro-Vascular Imaging), которая использует многомерный фильтр для устранения

шумов и сохранения потоков с очень низкой скоростью. SMI превосходит цветную или силовую доплеровскую визуализацию при обнаружении опухолевых сосудов, деталей морфологии сосудов, а также разграничения периферического и центрального кровотока (рис. 2) [63].

Технология SMI доступна в двух режимах:

1. cSMI – цветовой режим: одновременно демонстрирует информацию в В-режиме и цвете;
2. mSMI – монохромный (серошкальный) режим: улучшает чувствительность путем вычитания фоновой информации и фокусируется только на сосудистой сети [64].

Методика обещает стать серьезным фактором повышения точности диагностики различных заболеваний, в том числе и онкологических. С помощью нее стало возможным увидеть



Рис. 2 а (Fig. 2 а)



Рис. 2 б (Fig. 2 в)

**Рис. 2.** Ультразвуковое исследование. Сравнение применения ультразвукового исследования печени с применением цветного доплеровского картирования и методики экспертной микрососудистой визуализации (SMI).

Технология SMI демонстрирует лучшую детализацию и визуализацию мелких ветвей сосудов.

Источник: <https://us.medical.canon/download/aplio-500-wp-smi-superb-micro-vascular>.

**Fig. 2.** US. Comparison of ultrasound techniques using color Doppler mapping and the SMI.

SMI technology demonstrates greater detail and better visualization of small branching vessels.

Source: <https://us.medical.canon/download/aplio-500-wp-smi-superb-micro-vascular>.

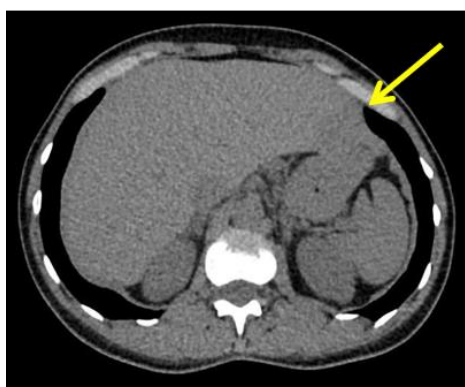


Рис. 3 а (Fig. 3 а)

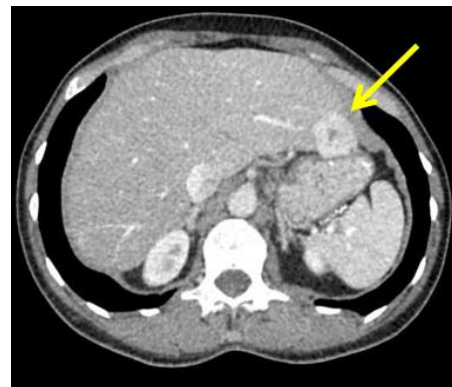


Рис. 3 б (Fig. 3 в)

**Рис. 3.** МСКТ, аксиальная реконструкция.

а - Во втором сегменте печени визуализируется гиподенсное образование. Предположить диагноз на основании нативного исследования не представляется возможным.

б - Во втором сегменте печени визуализируется гиперваскулярное образование с центральным рубцом, не накапливающим контрастный препарат. Введение контрастного препарата позволило получить КТ-картину характерную для фокальной нодулярной гиперплазии.

**Fig. 3.** MSCT, axial reconstruction.

а - Hypodense lesion is visualized in the second segment of the liver. It is not possible to presume a diagnosis on the basis of native phase.

в - Hypervascular lesion with a central scar, which does not accumulate the contrast agent is visualized in the second segment of the liver. The introduction of a contrast agent made it possible to obtain a MSCT picture typical for focal nodular hyperplasia.



на УЗИ мельчайшие кровеносные сосуды, с медленным кровотоком, питающие опухоль, либо окружающие лимфоузлы, без введения контрастных препаратов.

Ультразвуковые технологии отображения механических свойств тканей подразделяются на качественные и количественные методики. К качественным относятся: транзиентная эластография (TE) или эластография в режиме ручной компрессии и акустическая импульсно-волновая эластография (ARFI) и акустической импульсно-волновой эластографии (ARFI). К количественным методам относится акустическая импульсно-волновая эластография и эластометрия [69].

Применение эластографии по методике ARFI у пациентов с объемными поражениями печени позволяет произвести измерение скорости сдвиговой волны, пропорциональной жесткости ткани исследуемого органа, и определить максимальные и минимальные её показатели, как в патологическом очаге, так и в «интактной» паренхиме печени вне очага, причем разность максимальной и минимальной скорости сдвиговой волны у пациента может свидетельствовать о характере патологического процесса. Большой разброс этих значений может указывать на наличие злокачественного процесса. Эластография дает возможность более точно определить истинные размеры патологических очагов, улучшить информативность тонкоигольной пункционной биопсии за счет лучшей их визуализации [71, 72].

#### **Компьютерная томография**

Проведение КТ рекомендуется пациентам с установленными злокачественными образованиями печени, с хроническими заболеваниями печени, а также для уточнения размеров, количества, расположения и структуры очагов, обнаруженных при УЗИ [9].

При нативной КТ хорошо визуализируются гиподенсные и гиперденсные образования, которые могут содержать отложения кальция (холангиокарцинома, метастазы, в основном колоректального рака, фиброламельлярная карцинома, гемангиома), кистозный компонент, жир (ГЦА, ГЦР, ангиомиолипома, метастазы липосаркомы) или кровоизлияние (ГЦА, ГЦР). Однако, дифференциальная диагностика небольших гиповаскулярных образований, например, метастазов малых размеров, простых кист печени или небольших гемангиом часто затруднительна, поэтому оптимальным является проведение трехфазной КТ с получением артериальной, портальной и отсроченной или равновесной фаз [15, 16]. Важно помнить, что печень имеет двойное кровоснабжение: на артериальную фракцию общего кровотока приходится 25-30%, а на портальную фракцию 70-75%, при этом все опухоли печени имеют преимуще-

ственно артериальное кровоснабжение. Таким образом, гиперваскулярные опухоли (большинство ГЦР) будут накапливать контраст и лучше визуализироваться в артериальную фазу, а затем «вымывать» контрастный препарат в портальную фазу (рис. 3 а-б). Гиповаскулярные опухоли (холангиокарциномы, большинство метастазов, некоторые случаи ГЦР) будут лучше визуализироваться в портальную фазу в виде гиподенсного очага. В отсроченную фазу можно оценить скорость вымывания контрастного вещества: быстрая в случае ГЦР или медленная вследствие задержки контраста в случае гемангиомы или за счёт центрального рубца ФНГ или фиброзной стромы холангиокарциномы [17, 18].

Новой методикой является перфузионная компьютерная томография (рис. 4 а-б). Она позволяет диагностировать морфологические изменения, определять функциональные параметры органов и тканей, а также более эффективно обнаруживать изоваскулярные опухоли [61, 62]. С появлением метода КТ в 1980 г. была предложена методика оценки перфузии головного мозга с помощью динамической КТ, т.е. путем регистрации изменений плотностных показателей ткани по мере прохождения йодсодержащего контрастного препарата по ее сосудистой сети [20, 21]. Количественный анализ данных КТ-перфузии проводится по следующим показателям: BV (blood volume – объем крови в общей массе опухоли, единицы измерения: мл/100 мл), BF (blood flow – печеночный кровоток: мл/100 мл/мин), ALP (arterial liver perfusion – артериальная перфузия: мл/100 мл/мин), PVP (portal liver perfusion – портальная перфузия: мл/100 мл/мин), HPI (hepatic perfusion index) – индекс печеночной перфузии, определяющий отношение значений артериальной и портальной перфузий).

#### **Магнитно-резонансная томография**

В современном мире магнитно-резонансная томография (МРТ) играет ведущую роль в диагностике ООП. Тем не менее, применение данной методики ограничено у пациентов с МР-несовместимыми имплантируемыми устройствами и протезами. Кроме того, большая продолжительность исследования обуславливает сложности выполнения МРТ у пациентов с клаустрофобией и тяжелыми соматическими заболеваниями [21].

На данный момент стандартный протокол МР-исследования печени включает следующие последовательности: T1-взвешенные изображения (T1-ВИ), T2-взвешенные изображения (T2-ВИ), режим подавления сигнала от жира (fat saturation), диффузионно-взвешенные изображения (DWI), магнитно-резонансная холангио-пакреатография (MRCP) (по запросу) [65, 66].

Как и при КТ использование контрастных препаратов значительно повышает возможно-

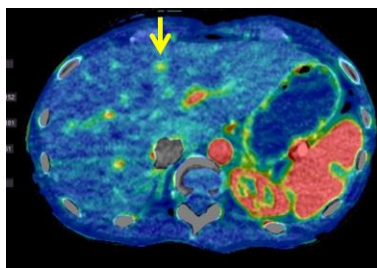


Рис. 4 а (Fig. 4 а)

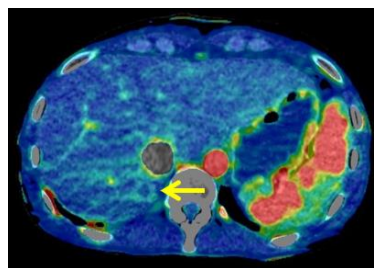


Рис. 4 б (Fig. 4 в)

**Рис. 4. КТ-перфузия, аксиальные реконструкции.**

а - в четвертом сегменте печени определяется округлое образование с повышенным кровотоком, преимущественно за счет артериальной фракции – гемангиома.

б - в седьмом сегменте печени определяется образование с повышенным артериальным кровотоком по периферии – метастаз.

**Fig. 4. CT perfusion, axial reconstructions.**

а - a rounded lesion with increased blood flow, mainly due to the arterial fraction is determined in the fourth segment of the liver – hemangioma.

в - lesion with an increased arterial blood flow along the periphery is determined in the seventh segment of the liver – metastasis.

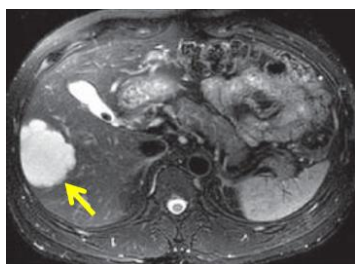


Рис. 5 а (Fig. 5 а)

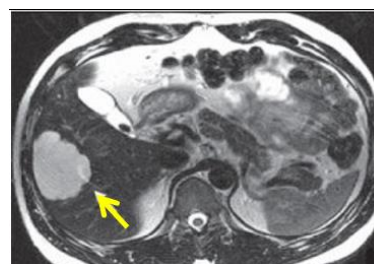


Рис. 5 б (Fig. 5 в)



Рис. 5 в (Fig. 5 с)

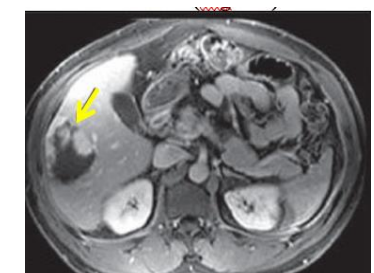


Рис. 5 г (Fig. 5 д)

**Рис. 5. МРТ, аксиальные плоскости.**

а - T2-ВИ с подавлением жира, б - T2-ВИ без подавления жира, в - преконтрастное T1-ВИ, г - контрастно усиленное T1-ВИ, портальная фаза. В шестом сегменте печени отмечается образование с гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ и центрипитальным типом контрастирования. Это типичная картина гемангиомы.

**Fig. 5. MRI, axial views.**

а - T2 weighted image with fat-saturation, в - T2 weighted image without fat-saturation, с - pre-contrast T1-weighted image, д - contrast enhanced T1-weighted image, portal phase. There is liver lesion in the sixth segment with a hyperintense signal on T2-weighted images and a centripital type of contrast enhancement. This is a typical picture of hemangioma.

сти МРТ, позволяя улучшить обнаружение очаговых поражений печени, оценить их число, локализацию, размеры, сегментарное расположение и получить дополнительные данные о характере контрастирования образований, увеличивая таким образом, точность диагностики [41, 54, 55]. Первые МР-контрастные средства (МРКС) на основе гадолиния позволяли контрастировать лишь внеклеточные компоненты печени в динамическую фазу. Они не контрастировали паренхиму печени и желчевыводящие пути. Затем были созданы гепатотропные контрастные вещества, поглощающиеся гепатоцитами и экскретирующиеся с желчью [20].

В настоящее время для исследования печени используются следующие типы магнитно-резонансных контрастных средств: 1) ретикуло-эндотелиальные соединения, 2) внеклеточные МРКС на основе гадолиния, 3) гепатобилиарные соединения [24, 70].

Одними из самых часто употребляемых в мире контрастных веществ являются препараты гадоксетовой кислоты – гепатоспецифичное МРКС, позволяющее осуществлять динамическое изучение печени с помощью двойного механизма контрастирования. Оно представляет собой парамагнитное контрастное средство на основе гадолиния и применяется для получения T1-ВИ печени [22, 23].

Около 50% внутривенно вводимой гадоксетовой кислоты поглощаются гепатоцитами, а затем выделяется в желчные протоки, а другая половина быстро выводится с мочой [67]. В гепатобилиарной фазе, примерно через 20 минут после внутривенной инъекции, паренхима печени интенсивно усиливается, что приводит к четкой визуализации пораженных очагов (которые обычно не накапливают гадоксетовую кислоту) в виде гипоинтенсивных участков паренхимы печени. Кроме того, гадоксетовую кислоту можно использовать также, как гадопентетат димеглюмин для оценки гемодинамики поражённых участков печени в динамической фазе [68].

Гепатотропные контрастные вещества являются препаратом выбора у пациентов с пониженной почечной функции, так как позволяют снизить дозу вводимого препарата, а также выводятся в равном соотношении почками и печенью в отличие от остальных контрастных препаратов, которые в большей степени выводятся почками, чем печенью [24].

МРТ с гепатотропными КВ по сравнению внеклеточными препаратами, показала более высокую чувствительность в обнаружении очагов небольшого размера и без характерных признаков ГЦР, однако специфичность была такая же или ниже [14]. Кроме того, точность обнаружения метастазов и других очаговых образований печени была выше при использовании МРТ

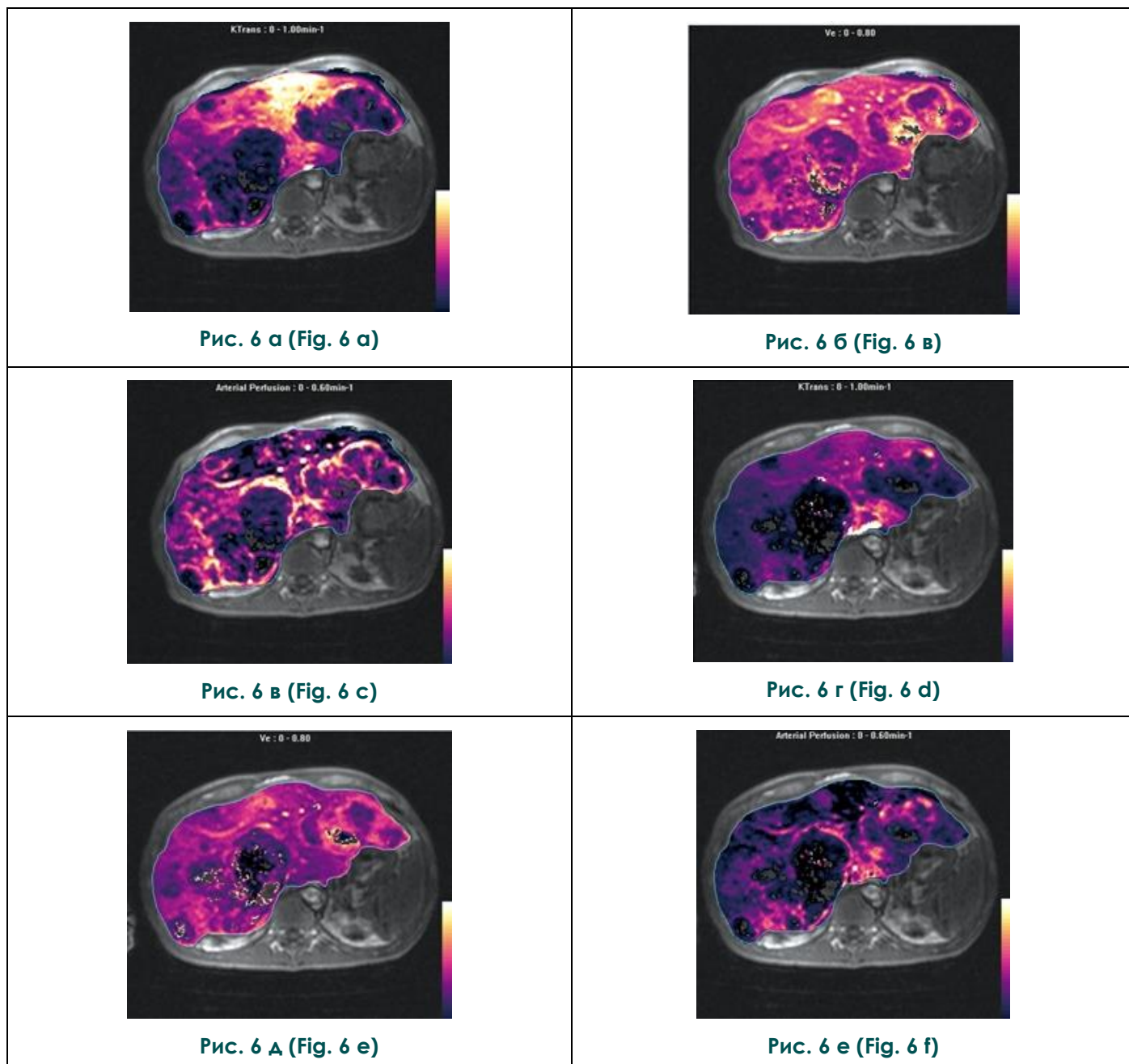
с гепатотропным контрастом [25, 26]. Специфичность и чувствительность в обнаружении очаговых поражений печени при МРТ выше, чем при КТ и составляла 94 и 82-89%, соответственно [27, 28].

Одним из способов улучшения качества обнаружения очаговых поражений печени является применение методики диффузионно-взвешенной МРТ (DWI), которая продемонстрировала свою ценность и результативность в диагностике патологии других органов [43, 44]. Диффузионно-взвешенная МРТ (ДВ-МРТ) предложена еще в 1965 году J.E. Tanner и E.O. Stejskal и базируется на регистрации изменений характера броуновского движения молекул воды при различных патологических процессах. Чувствительность ДВ-последовательностей к диффундирующим молекулам воды может меняться в зависимости от «b»-фактора (b-value) или амплитуды градиента, его продолжительности, а также временного интервала между двумя градиентами. Дифференциальная диагностика отдельных очаговых поражений печени может проводиться с помощью как качественной оценки степени затухания сигнала, так и при помощи количественного определения значений измеряемого коэффициента диффузии (карта ИКД = ADC-map), который является измеряемой величиной интенсивности сигнала в каждом вокселе в зависимости от применяемых b-value [29].

При злокачественных процессах клеточность образования будет повышена, а диффузия в нем снижена. Такое образование будет иметь высокий сигнал на диффузионно-взвешенных изображениях и низкий на ИКД. Наоборот, при разрушении клеточных мембран, например, при некрозе, диффузия будет повышена. Интенсивность сигнала ткани на ДВИ зависит также от времени T2-релаксации. Желчный пузырь, кисты, гемангиомы могут иметь высокий сигнал при высоких значениях b-фактора из-за длинного времени T2-релаксации, а не из-за истинного ограничения диффузии – эффект T2-свечения, который превалирует над процессом ограничения диффузии. Данные образования будут иметь высокий сигнал на ИКД-картах [30]. Количественная оценка значения ИКД и, тем более, разницы ИКД образования и окружающей паренхимы имеет большую диагностическую ценность, чем качественная оценка интенсивности сигнала на ДВИ с b-800 и ИКД картах [9].

Частота обнаружения очаговых образований печени, в том числе и мелких (менее 1 см) очагов, была значительно выше при ДВИ, чем при T2-ВИ (87,7 и 70,1%, соответственно) [31]. ДВИ позволяет лучше дифференцировать доброкачественные и злокачественные образования вне зависимости от использования кон-





**Рис. 6. МРТ-перфузия, аксиальные реконструкции.**

Параметрические карты константы истечения, внесосудистого, внеклеточного пространства и фракции артериальной перфузии перед (верхний ряд) и после (нижний ряд) антиангиогенной терапии. Визуализируются множественные метастазы в печени, которые в значительной степени являются гиповаскулярными, но проявляют повышенную артериальную перфузию на периферии. После лечения антиангиогенным лекарственным средством артериальная перфузия снижается на периферии образований, а также уменьшается внесосудистое, внеклеточное пространство.

Источник: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2848368/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2848368/)

**Fig. 6. MRI-perfusion, axial views.**

Parametric maps of efflux constant, extravascular extracellular space and arterial perfusion fraction before (top row) and after (bottom row) anti-angiogenic therapy. Multiple metastases in the liver are visualized, which are mostly hypovascular with increased arterial perfusion at the edge of the lesions. After treatment with anti-angiogenic drug, arterial perfusion is reduced at the tumor rims with decrease in tumor extravascular extracellular space.

Source: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2848368/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2848368/)



трастного препарата [32]. В случае нечеткой визуализации очагов на T1-ВИ и T2-ВИ, при ДВИ подобные образования имели более высокую интенсивность сигнала и более четкие контуры [33]. Кроме того, ДВИ применяют для оценки ответа опухоли на систематическую или локорегиональную терапию. ДВИ не требует введения контрастных препаратов, что имеет особое значение в педиатрической практике, для тяжелобольных и беспокойных пациентов, при отягощенном аллергическом анамнезе, а также существенно снижает стоимость исследования. Данная методика практически не приводит к удлинению времени выполнения МРТ и легка в применении [42]. Из недостатков ДВИ отмечают низкую воспроизводимость значений ИКД из-за отсутствия стандартизации методики, а также высокую чувствительность к артефактам [29, 34].

МР-перфузия является новейшей методикой, позволяющей по аналогии с КТ-перфузией не только диагностировать морфологические изменения, но и определять функциональные параметры органов и тканей. МР-перфузия является методом количественного определения показателей микроциркуляции в паренхиме печени и ее патологических образованиях. Данный метод может быть использован для обнаружения очагов, оценке эффективности антиангиогенной терапии, оценке жизнеспособности опухоли после химиотерапии или абляции, а также для диагностики цирроза и оценки его тяжести (рис. 6) [73, 74].

Перфузионная магнитно-резонансная томография основывается на внутривенном введении болюса контрастного вещества. В основе болюсного метода изучения тканевой перфузии лежит принцип «центрального объема», который

представляет собой закон сохранения массы применительно к органному кровообращению. В основе количественных оценок тканевых параметров при магнитно-резонансной томографии лежит прохождение болюса контрастного вещества по сосудам печени и вытекающей из этого линейной зависимости между изменением величины магнитно-резонансного сигнала и концентрацией контрастного вещества. В динамической магнитно-резонансной томографии МР-сигнал пропорционален T1- или T2-скорости релаксации в тканях, зависящей в свою очередь от концентрации контрастного вещества в ткани при прохождении его болюса [40].

Таким образом, МРТ с использованием магнитно-резонансных контрастных средств как внеклеточных (гадобутрол, гадопентетат, гадодамид), так и гепатоспецифичных (гадоксетовая кислота), демонстрирует более высокую частоту обнаружения очаговых образований печени по сравнению с МСКТ [56-60]. Однако, ее высокая стоимость, ряд противопоказаний и длительность исследования накладывают определенные ограничения на повсеместное использование, что делает применение УЗИ и КТ для решения соответствующих диагностических задач по-прежнему актуальным. Необходимо дальнейшее изучение ультразвукового исследования с контрастированием, и стандартизация протоколов выполнения ДВИ при магнитно-резонансной томографии.

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

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

#### **Список литературы:**

1. Скуратов А.Г., Лычиков А.Н., Призенцов А.А., Курек М.Ф. Очаговые заболевания печени: учеб.-метод. пособие. Гомель, ГомГМУ, 2017. 4 с.
2. Chiorean L., Cantisani V., Jenssen C., Sidhu P.S., Baum U., Dietrich C.F. Focal masses in a non-cirrhotic liver: The additional benefit of CEUS over baseline imaging. *European Journal of Radiology*. 2015.
3. Dietrich C.F., Sharma M., Gibson R.N., et al. Fortuitously discovered liver lesions. *World J Gastroenterol*. 2013; 19 (21): 3173-3188.
4. Долгушин М.Б., Тулин П.Е., Оджарова А.А., и др. КТ-перфузия в дифференциальной диагностике опухолей печени. *Медицинская визуализация*. 2015; 5: 18-31.
5. Фоминов В.М., Кварацхелия Л.Г. Возможности лучевой диагностики при очаговых образованиях печени. *Университетская клиника*. 2016; 12 (1): 49-52.
6. Батвинков Н.И., Могилевец Э.В., Визгалов С.А. Диагностика и хирургическое лечение очаговых заболеваний печени доброкачественного генеза. *Журнал Гродненского госу-*

1. *дарственного медицинского университета*. 2016; 2: 115-119.
7. Lorusso A., Quaiia E., Poillucci G. Activity-based cost analysis of contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) related to the diagnostic impact in focal liver lesion characterisation. *Insights Imaging*. 2015; 6: 499-508.
8. Дударев В.А., Фокин Д.В. Роль лучевых методов диагностики очаговых поражений печени. *Int J Exp Educ*. 2015; 11: 74-76.
9. Caraiani C., Chiorean L., Fenesan D.I., et al. Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging for the Classification of Focal Liver Lesions as Benign or Malignant. *J Gastrointest Liver Dis*. 2015; 24 (3): 309-317.
10. Kang H., Kim J.H., Lee S.M., Yang H.K., Ahn S.J., Han J.K. Additional value of contrast-enhanced ultrasonography for fusion-guided, percutaneous biopsies of focal liver lesions: prospective feasibility study. *Abdom Radiol*. 2018.
11. Кыжыров Ж.Н., Баймаханов Б.Б., Сахипов М.М., Чорманов А.Т., Биржанбеков Н.Н., Серикулы Е. *Диагностика оча-*

- говых заболеваний печени. Вестник КазНМУ. 2016; 1: 395-400.
12. Chiorean L., Braden B. Advantages and Limitations of Focal Liver Lesion Assessment with Ultrasound Contrast Agents: Comments on the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB) Guidelines. *Med Princ Pract.* 2016; 25: 399-407.
13. Аскерова Н.Н., Кармазановский Г.Г. Контрастное усиление изображения препаратом SonoVue®: пути усовершенствования ультразвуковой диагностики очаговой патологии органов брюшной полости и забрюшинного пространства. *Медицинская Визуализация.* 2015; 1: 115-125.
14. Бахшиев Б.А., Асадов А.С. Комплексная лучевая диагностика первичных злокачественных опухолей печени. *Хирургическая практика.* 2014; 1: 63-66.
15. Boas F.E., Kamaya A., Do B., et al. Classification of Hypervascular Liver Lesions Based on Hepatic Artery and Portal Vein Blood Supply Coefficients Calculated from Triphasic CT Scans. *J Digit Imaging.* 2015; 28 (2): 213-223.
16. Leeuwen M.S. van, Al. E. Focal Liver Lesions: Characterization with Triphasic Spiral CT. *Radiology.* 1996; 201 (2): 327-336.
17. Oliver H., Baron L. Helical Biphasic Contrast-enhanced CT of the Liver: Technique, Indications, Interpretation, and Pitfalls. *Radiology.* 1996; 201 (1): 1-14.
18. Brancatelli G., Baron R.L., Peterson M.S., Marsh W. Helical CT Screening for Hepatocellular Carcinoma in Patients with Cirrhosis: Frequency and Causes of False-Positive Interpretation Giuseppe. *AJR.* 2003; 180 (4): 1007-1014.
19. Matos A.P., Velloni F., Ramalho M, Alobaidy M., Rajapaksha A., Semelka R.C. Focal liver lesions: Practical magnetic resonance imaging approach. *World J Hepatol.* 2015; 7 (16): 1987-2008.
20. Шимановский Н.А. Диагностика заболеваний и функции гепатобилиарной системы с помощью гадоксетовой кислоты (Примовист®) Медицинский алфавит. *Диагностическая радиология и онкотерапия.* 2013; 3-4: 47-52.
21. Panel E., Kanal E., Barkovich A.J., et al. ACR Guidance Document on MR Safe Practices. 2013; 530: 501-530.
22. Reimer P., Rummeny E., Shamsi K., Balzer T., Daldrup H., Tombach B., Hesse T., Berns T., Peters P. Phase II clinical evaluation of GdEOBDTPA: dose, safety aspects and pulse sequence. *Radiology.* 1996; 199 (1): 177-183.
23. Шимановский Н.А., Кулаков В.Н., Григорьева В.Ю., Липенгольц А.А. Наноразмерные частицы оксида железа для диагностики и гипертермической терапии в онкологии. *Российский биотерапевтический журнал.* 2011; 10 (2): 25-32.
24. Белоусова Е.А., Кармазановский Г.Г., Кубышкин В.А., и др. Возможности магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике очаговых образований печени. *Хирургия.* 2015; 7: 78.
25. Hammerstingl R., Huppertz A., et al. Diagnostic efficacy of gadoteric acid (Primovist)-enhanced MRI and spiral CT for a therapeutic strategy: comparison with intraoperative and histopathologic findings in focal liver lesions. *Eur Radiol.* 2008; 18: 457-467.
26. Bluemke D.A., Sahani D., Amendola M., et al. Efficacy and Safety of MR Imaging with Liver-specific Contrast Agent: U. S. Multicenter Phase III Study. *Radiology.* 2005; 237 (1): 89-98.
27. Ломовцева К.Х., Кармазановский Г.Г., Диффузионно-взвешенные изображения при очаговой патологии печени: обзор литературы. *Медицинская Визуализация.* 2015; 6: 50-60.
28. Xie L., Guang Y., Ding H., Cai A., Huang Y. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound, computed tomography and magnetic resonance imaging for focal liver lesions: a meta-analysis. *Ultrasound Med Biol.* 2011; 37 (6): 854-861.
29. Романова К. А. Анализ современных возможностей МРТ-диагностики очаговых образований в печени. *Российский онкологический журнал.* 2015, 20 (1): 47-54.
30. Taouli B., Koh D.M., Diffusion-weighted MR Imaging of the Liver. *Radiology.* 2010; 254 (1): 47-66.
31. Parikh T., Drew S.J., Lee V.S., et al. Focal liver lesion detection and characterization with diffusion-weighted MR imaging: comparison with standard breath-hold T2-weighted imaging. *Radiology.* 2008; 246 (3): 812-822.
32. Calistri L., Castellani A., Matteuzzi B., Mazzoni E., Pradella S., Colagrande S. Focal Liver Lesions Classification and Characterization: What Value Do DWI and ADC Have? *J Comput Assist Tomogr.* 2016; 40 (5): 701-708.
33. Акчурина Э.Д., Меришина Е.А., Сеницын В.Е. Диффузионно-взвешенные изображения в диагностике очаговых образований печени. *Материалы III Международной научно-практической конференции "Высокие технологии в медицине".* 2010; 1 (2): 101-102.
34. Shenoy-Bhangle A., Baliyan V., Kordbacheh H., Guimaraes A.R., Kambadakone A. Diffusion weighted magnetic resonance imaging of liver: Principles, clinical applications and recent updates. *World J Hepatol.* 2017; 9 (26): 1081-1091.
35. Альперович Б.И. Хирургия печени. Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2010. 385 с.
36. Суконко О.Г. Гепатоцеллюлярный рак. Алгоритм диагностики и лечения злокачественных новообразований. Минск, 2012. С. 12-14.
37. Siegel R., Naishadham D., Jemal A. Cancer statistics, 2013. *CA Cancer J. Clin.* 2013; 63: 11-30.
38. Парфенова. А.А. Дифференциальная диагностика очаговых поражений печени в определении показаний к их малоинвазивному хирургическому лечению. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2014; 6: 58-63.
39. Щекотуров И.О., Бахтиозин Р.Ф., Ширяев А.А., Корнев Д.О., Панина К.С. Возможности трехмерного компьютерного моделирования, выполненного на основе данных компьютерной томографии в планировании резекции печени при ее очаговых заболеваниях. *REJR* 2018; 8(2):72-78
40. Демин Д.С., Василькив Л.М., Тулунов А.А. Современные возможности использования МР-перфузии при оценке церебрального кровотока. *Вестник Новосибирского Государственного Университета.* 2015; 13 (4): 47-56.
41. Hodler, Juerg, Kubik-Huch, Rahel A., von Schulthess, Gustav K. (Eds.) *Diseases of the Abdomen and Pelvis 2018-2021 Diagnostic Imaging - IDKD Book.* 2018. P. 173-196
42. Акчурина Э.Д., Сеницын В.Е., Меришина Е.А. Применение диффузионно-взвешенных изображений в лучевой диагностике очаговых образований печени. *Лучевая диагностика, лучевая терапия* 2010; 4 (3): 13-18.
43. Le Bihan D. Diffusion MRI: what water tells us about the brain. *EMBO Mol. Med.* 2014; 6 (5): 569-573.
44. Le Bihan D., Johansen-Berg H. Diffusion MRI at 25: explor-

- ing brain tissue structure and function. *Neuroimage*. 2012; 61 (2): 324-341.
45. Bracco M., Sonoview. Monography. Dynamic real-time contrast enhancement. 2013. 45.
46. Буховец И.А., Максимова А.С., Михеев С.А., Козлов Б.Н., Усов В.Ю. Использование контрастного усиления в амбулаторной ультразвуковой диагностике для выявления и оценки тяжести постинфарктной аневризмы левого желудочка. *REJR*. 2017; 7 (2): 186-190.
47. Сенча А.Н., Мозутов М.С., Патрунов Ю.Н., Пеняева Э.И., Кашманова А.В., Сенча Е.А. Возможности ультразвукового исследования с контрастным усилением в диагностике рака щитовидной железы. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2015; 6: 10-26.
48. Сенча Е.А. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением в диагностике опухолей щитовидной железы. *REJR* 2017; 7 (3): 44-52.
49. Азеев А.С., Чекалова М.А., Патютко Ю.И., Поляков А.Н., Маргарян А.Г. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением в диагностике метастатического поражения печени. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016; 2: 9-16.
50. Sugimoto K., Moriyasu F., Shiraishi J., Saito K., Taira J., Saguchi T. et al. Assessment of arterial hypervascularity of hepatocellular carcinoma: comparison of contrast-enhanced US and gadoxetate disodium-enhanced MR imaging. *European Radiology*. 2012; 22: 1205-1213.
51. Mandai M., Koda M., Matono T., Nagahara T., Sugihara T., Ueki M. et al. Assessment of hepatocellular carcinoma by contrast-enhanced ultrasound with perfluorobutane microbubbles: comparison with dynamic CT. *The British Journal of Radiology*. 2011; 84: 499-507.
52. Moudgil S., Kalra N., Prabhakar N., Dhiman R. K., Behera A., Chawla Y. K. et al. Comparison of contrast enhanced ultrasound with contrast enhanced computed tomography for the diagnosis of hepatocellular carcinoma. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*. 2017; 7 (3): 222-229.
53. Буховец И.А., Максимова А.С., Козлов Б.Н., Пряхин А.С., Роговская Ю.В., Усов В.Ю. Контрастная сонография на амбулаторном этапе в оценке патологической гиперваскуляризации стенки восходящей аорты и отборе для хирургического лечения. *REJR* 2018; 8 (1): 208-214.
54. Nakamura Y., Awai K., Ohmoto T., Takeuchi N., Toyota N., Kajima T., Nishimaru E. Gd-EOB-DTPA: When is transitional period between distribution phase and hepatobiliary phase? *ECR*. 2010.
55. Вараксина А.В., Давыденко П.И., Кармазановский Г.Г. Гепатоспецифичность контрастного препарата примовист в дифференциальной диагностике очаговых заболеваний печени и желчных путей. *Анналы хирургической гепатологии*. 2013; 18 (3): 91-109
56. Petersein J., Spinazzi A., Giovagnoni A., et al. Focal liver lesions: evaluation of the efficacy of gadobenate dimeglumine in MR imaging- a multicenter phase III clinical study. *Radiology*. 2000; 215 (3): 727-736.
57. Ros P.R., Freeny P.C., Harms S.E., et al. Hepatic MR imaging with ferumoxides: a multicenter clinical trial of the safety and efficacy in the detection of focal hepatic lesions. *Radiology*. 1995; 196 (2): 481-488.
58. Torres C.G., Lundby B., Tufte S.A., McGill S., Gordon P.B., Bjercknes H.S. MnDPDP for MR imaging of the liver: results from the European phase III studies. *Acta Radiol*. 1997; 38 (4): 631-637.
59. Kim Y.K., Lee J.M., Kim C.S., Chung G.H., Kim C.Y., Kim I.H. Detection of liver metastases: gadobenate dimeglumine enhanced three dimensional dynamic phases and one hour delayed phase MR imaging versus superparamagnetic iron oxide enhanced MR imaging. *Eur. Radiol*. 2005; 15 (2): 220-228.
60. Simon G., Link T.M., Wortler K., Doebereiner F., Schulte-Frohlinde E., Daldrup Link H., Settles M., Rummeny E.J. Detection of hepatocellular carcinoma: comparison of Gd-DTPA and ferumoxides-enhanced MR imaging. *Eur. Radiol*. 2005; 15 (5): 895-903.
61. Нестерюк Я.И. КТ-перфузия при опухолях поджелудочной железы. *Медицинская визуализация*. 2015; 3: 57-67.
62. Кабанов М.Ю., Семенов К.В., Беликова М.Я., Яковлева Д.М. Возможности КТ-перфузии в диагностике новообразований поджелудочной железы. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова*. 2018; 10 (1): 89-94.
63. Ah Young Park, Bo Kyoung Seo, Sang Hoon Cha, Suk Keu Yeom, Seung Wha Lee, and Hwan Hoon Chung. An Innovative Ultrasound Technique for Evaluation of Tumor Vascularity in Breast Cancers: Superb Micro-Vascular Imaging. *Journal of Breast Cancer*. 2016; 19 (2): 210-213
64. Comparison of Superb Micro-Vascular Ultrasound Imaging (SMI) and Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) for Detection of Endoleaks After Endovascular Aneurysm Repair (EVAR) Marcin Gabriel, Jolanta Tomczak, Magdalena Snoch-Ziólkiewicz, Łukasz Dzieciuchowicz, Ewa Strauss, and Grzegorz Oszkiniś *The American Journal of Case Reports*. 2016; 17: 43-46
65. Faisal Khosa, Atif N. Khan and Ronald L. Eisenberg. Hypervascular Liver Lesions on MRI. *American Journal of Roentgenology*. 2011; 197: 204-220
66. Nils Albiin. MRI of Focal Liver Lesions. *Curr Med Imaging Rev*. 2012; 8 (2): 107-116
67. Bluemke DA, Sahani D, Amendola M, et al. Efficacy and safety of MR imaging with liver-specific contrast agent: U.S. multicenter phase III study. *Radiology* 2005; 237 (1): 89-98.
68. Yoneda N, Matsui O, Kitao A, Kozaka K, Kobayashi S, Sasaki M, Yoshida K, Inoue D, Minami T, Gabata T. Benign Hepatocellular Nodules: Hepatobiliary Phase of Gadoteric Acid-enhanced MR Imaging Based on Molecular Background. *Radiographics*. 2016; 36 (7): 2010-2027
69. Kassym L., Zhumadilova Z.K., Barkibayeva N.R., Dajani A. Diagnostic possibilities of liver elastography / *Наука и здравоохранение*. 2015. № 6. С. 18-27.
70. Riccardo Lencioni, Dania Cioni, Laura Crocetti, Clotilde Della Pina, Carlo Bartolozzi. Magnetic resonance imaging of liver tumors. *Journal of Hepatology*. 2004; 40: 162-171.
71. Агаева З.А. Дифференциальная диагностика очаговых образований печени с применением инновационной ультразвуковой методики акустической импульсно-волновой эластография (ARFI). *Велес*. 2016; 8-1 (38): 26-39.
72. Park H., Park J.Y., Kim do Y. et al. Characterization of focal liver masses using acoustic radiation force impulse elastography. *World J. Gastroenterol*. 2013; 19 (2): 219-226.
73. Choon H. T., Tong S. K., David J.C., Dow M. K. Perfusion magnetic resonance imaging of the liver. *World J Gastroenterol*. 2010; 16 (13): 1598-1609.



74. Thng C.H., Koh S., Collins D., Koh D.M. Perfusion imaging in

liver MRI. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2014; 22 (3): 417-32.

**References:**

1. Skuratov A.G., Lyzikov A.N., Prizentsov A.A., Kurek M. F. Focal liver diseases: studies.-method. benefit. Gomel, Gomha, 2017. 4 p. (in Russian).
2. Chiorean L., Cantisani V., Janssen C., Sidhu P.S., Baum U, Dietrich CF. Focal masses in a non-cirrhotic liver : the additional benefit of CEUS over baseline imaging. *European Journal of Radiology.* 2015.
3. Dietrich C.F., Sharma M., Gibson R.N., et al. Fortuitously discovered liver lesions. *World J Gastroenterol.* 2013; 19 (21): 3173-3188.
4. Dolgushin M.B., Thulin, P.E., Ugarova A.A., et al. CT perfusion in the differential diagnosis of liver tumors. *Medical imaging.* 2015; 5: 18-31 (in Russian).
5. Fominov V.M., Kvaratskhelia L.G. Possibilities of radiation diagnosis in focal liver formations. *University clinic.* 2016; 12 (1): 49-52 (in Russian).
6. Batinkov N. And. Mogilevets E. V. Vizgalov S. A. Diagnosis and surgical treatment of focal diseases of the liver benign origin. *Journal of Grodno state medical University.* 2016; 2: 115-119 (in Russian).
7. Lorusso A, Quaiá E., Poillucci G. Activity-based cost analysis of contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) related to the diagnostic impact in focal liver lesion characterisation. *Insights Imaging.* 2015; 6: 499-508.
8. Dudarev V.A., Fokin D.V. the Role of radiation methods of diagnosis of focal liver lesions. *Int J Exp Educ.* 2015; 11: 74-76 (in Russian).
9. Caraianni C., Chiorean L., Fenesan D.I., et al. Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging for the Classification of Focal Liver Lesions as Benign or Malignant. *J Gastrointestin Liver Dis.* 2015; 24 (3): 309-317.
10. Kang H., Kim J.H., Lee S.M., Yang H.K., Ahn S.J., Han J.K. Additional value of contrast-enhanced ultrasonography for fusion-guided , percutaneous biopsies of focal liver lesions: prospective feasibility study. *Abdom Radiol.* 2018.
11. Baimakhanov B.B., Kyzhyrov ZH.N., Sahipov M.M., Chormanov A.T., Birzhanbekov N.N., serikuly E.. Features of surgical treatment of patients with focal liver disease on the hepatic cirrhosis background. *Bulletin Of KazNMU.* 2016; 1: 395-400 (in Russian).
12. Chiorean L., Braden B. Advantages and Limits of Focal Liver Lesion Assessment with Ultrasound Contrast Agents: Comments on the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology ( EFSUMB ) Guidelines. *Med Princ Pract.* 2016; 25: 399-407.
13. Askerova N.N., Karmazanovsky G.G. Contrast-Enhanced Imaging with Utilization of SonoVue: Ways of Improvement of Ultrasonic Diagnosis of Focal Lesions in Parenchymal organizations of Abdominal Cavity and Retroperitoneal. *Medical Imaging.* 2015; 1: 115-125 (in Russian).
14. Bakhshiev B.A., Asadov A.S. Complex radiation diagnosis of primary malignant liver tumors. *Surgical practice.* 2014; 1: 63-66 (in Russian).
15. Boas F.E., Kamaya A., Do, B., et al. Classification of Hypervascular Liver Lesions Based on Hepatic Artery and Portal Vein Blood Supply Coefficients Calculated from Triphasic CT Scans. *J Digit Imaging.* 2015; 28 (2): 213-223.
16. Van Leeuwen M.S., Al. E. Focal Liver Lesions: Characterization with Triphasic Spiral CT. *Radiology.* 1996; 201 (2): 327-336.
17. Oliver H., Baron R.L. Helical Biphasic Contrast-enhanced CT of the Liver : Technique, indicators, Interpretation, and Pitfalls. *Radiology.* 1996; 201 (1): 1-14.
18. Brancatelli G., Baron R.L, Peterson M.S., Marsh W. Helical CT Screening for Hepatocellular Carcinoma in Patients with Cirrhosis : Frequency and Causes of False-Positive Interpretation Giuseppe. *AJR.* 2003; 180 (4): 1007-1014.
19. Matos AP, Velloni F., Ramalho M., Alobaidy M., Rajapaksha A., Semelka R.C. Focal liver lesions: Practical magnetic resonance imaging approach. *World J Hepatol.* 2015; 7 (16): 1987-2008.
20. Shimanovskiy N.L. Diagnosis of diseases and functions of the hepatobiliary system using galaxytol acid (Primovist) Medical alphabet. *Diagnostic radiology and oncotherapy.* 2013; 3-4: 47-52 (in Russian).
21. Panel E., Kanal E., Barkovich A.J., et al. ACR Guidance Document on MR Safe Practices: 2013. 2013; 530: 501-530.
22. Reimer P., Rummeny E., Shamsi K., Balzer T., Daldrup H., Tombach B., Hesse T., Berns T., Peters P. Phase II clinical evaluation of GdEOBDTPA: dose, safety aspects and pulse sequence. *Radiology.* 1996; 199 (1): 177-183.
23. Shimanovskiy N.L., Kulakov V.N., Grigoriev V.Y., Lipenoltz, A.A. Nano-sized particles of iron oxide for the diagnosis and hyperthermic therapy in Oncology. *Russian biotherapeutic journal.* 2011; 10 (2): 25-32 (in Russian).
24. Belousova E.L., Karmazanovskij G.G., Kubyshev V. A., et al. Opportunities of magnetic resonance imaging in differential diagnosis of focal liver masses. *Khirurgiya Zhurnal im NI Pirogova.* 2015; 7: 78 (in Russian).
25. Hammerstingl R., Huppertz A., et al. Diagnostic efficacy of gadoxetic acid (Primovist)-enhanced MRI and spiral CT for a therapeutic strategy: comparison with intraoperative and carried out a histopathologic findings in focal liver lesions. *Eur Radiol.* 2008; 18: 457-467.
26. Bluemke D.A., Sawhney D., Amendola, M., et al. Efficacy and Safety of MR Imaging with Liver-specific Contrast Agent: U. S. Multicenter Phase III Study. *Radiology.* 2005; 237 (1): 89-98.
27. Lomovtseva K.Kh., Karmazanovsky G.G. Diffusion-Weighted Imaging of Focal Liver Lesions: a Literature Review. *Medical Imaging.* 2015; 6: 50-60 (in Russian).
28. Xie L., Guang Y., Ding H., Cai A., Huang Y. Diagnostic value of contrast-enhanced ultrasound, computed tomography and magnetic resonance imaging for focal liver lesions: a meta-analysis. *Ultrasound Med Biol.* 2011; 37 (6): 854-861.
29. Romanova K.A. Analysis of current MPI capabilities in diagnosis of the focal liver lesions. *Rossiiskii onkologicheskii zhurnal.* 2015; 20 (1): 47-54 (in Russian).
30. Taouli, B., Koh D. M., Diffusion-weighted MR Imaging of the Liver. *Radiology.* 2010; 254 (1): 47-66.
31. Parikh T., Drew S. J., Lee V. S., et al. Focal liver lesion detection and characterization with diffusion-weighted MR imaging: comparison with standard breath-hold T2-weighted imaging. *Radiology.* 2008; 246 (3): 812-822.
32. Calistri L., Castellani A., Matteuzzi B., Mazzoni E., Pradella



- S., Colagrande S. *Focal Liver Lesions Classification and Characterization: What Value Do DWI and ADC Have?* *J Comput Assist Tomogr.* 2016; 40 (5): 701-708.
33. Akchurina E.D., Mershina E.A., Sinitsyn V.E. *Diffusion-weighted image in the diagnosis of focal liver formations. Materials of the III International scientific-practical conference "High technologies in medicine".* 2010; 1 (2): 101-102 (in Russian).
34. Shenoy-Bhangle A., Baliyan V., Kordbacheh H., Guimaraes A.R., Kambadakone A. *Diffusion weighted magnetic resonance imaging of liver: Principles, clinical applications and recent updates.* *World J Hepatol.* 2017; 9 (26): 1081-1091.
35. Al'perovich B.I. *Surgery of the liver.* Moscow, GEOTAR-Media, 2010. 385 p. (in Russian).
36. Sukonko O.G. *Hepatocellular cancer. The algorithm of diagnosis and treatment of malignant tumors.* Minsk, 2012. P. 12-14 (in Russian).
37. Siegel R., Naishadham D., Jemal A. *Cancer statistics, 2013.* *CA Cancer J. clinic.* 2013; 63: 11-30.
38. Parfenov A.A. *Differential diagnosis of focal liver lesions in determining the indications for their minimally invasive surgical treatment.* *Vestnik of roentgenology and radiology.* 2014; 6: 58-63 (in Russian).
39. Schekoturov I.O., Bakhtiosin R.F., Shiryayev A.A., Kornev D.O., Panina K.S. *Possibilities of three-dimensional computer simulation based on the of computer tomography data in planning of liver resection within focal diseases.* *REJR* 2018; 8(2):72-78.
40. Demin D.S., Vasilkiv L.M., Tulupov A.A. *Modern possibilities of using MR-perfusion in assessing cerebral blood flow.* *Bulletin of Novosibirsk State University.* 2015; 13 (4): 47-56.
41. Hodler, Juerg, Kubik-Huch, Rahel A., von Schulthess, Gustav K. (Eds.) *Diseases of the Abdomen and Pelvis 2018-2021 Diagnostic Imaging - IDKD Book.* 2018, P. 173-196.
42. Akchurina E.D., Sinitsyn V.E., Mershina E.A.. *The use of diffusion-weighted images in the radiation diagnosis of focal liver formations.* *Radiation diagnosis, radiation therapy* 2010; 4 (3): 13-18 (in Russian).
43. Le Bihan D. *Diffusion MRI: what water tells us about the brain.* *EMBO Mol. Med.* 2014; 6 (5): 569-573.
44. Le Bihan d, Johansen-Berg H. *Diffusion MRI at 25: exploring brain tissue structure and function.* *Neuroimage.* 2012; 61 (2): 324-341.
45. Bracco, M., *Sonoview. Monography. Dynamic real-time contrast enhancement.* 2013. 45.
46. The Bukhovets I. L. Maksimova A. S., Mikheev S.L., Kozlov B.N., Usov V. Yu. *The Use of contrast enhancement in an outpatient ultrasound for the detection and assessment of severity of postinfarction left ventricular aneurysm.* *REJR.* 2017; 7 (2): 186-190 (in Russian).
47. Sencha A.N., Mogutov M.S., Patrons, Y.N., Penyaeva E.I., Karmanova A.V., Sencha E. A. *opportunities of ultrasound with contrast enhancement in the diagnosis of thyroid cancer.* *Ultrasonic and functional diagnostics.* 2015; 6: 10-26 (in Russian).
48. Sencha E.A. *Ultrasound with contrast enhancement in the diagnosis of thyroid tumors.* *REJR* 2017; 7 (3): 44-52 (in Russian).
49. Ageev A.S., Chekalova M.A., Patyutko Yu.I., Polyakov A.N., Margaryan A.G. *Ultrasound with contrast enhancement in the diagnosis of liver metastases.* *Ultrasonic and functional diagnostics.* 2016. 2: 9-16 (in Russian).
50. Sugimoto K., Moriyasu F., Shiraishi J., Saito K., Taira J., Saguchi T. et al. *Assessment of arterial hypervascularity of hepatocellular carcinoma: comparison of contrast-enhanced US and gadoxetate disodium-enhanced MR imaging.* *European Radiology.* 2012; 22: 1205-1213.
51. Mandai M., Koda M., Matono T., Nagahara T., Sugihara T., Ueki M. et al. *Assessment of hepatocellular carcinoma by contrast-enhanced ultrasound with perfluorobutane microbubbles: comparison with dynamic CT.* *The British Journal of Radiology.* 2011; 84: 499-507.
52. Moudgil S., Kalra N., Prabhakar N., Dhiman R.K., Behera A., Chawla Y. K. et al. *Comparison of contrast enhanced ultrasound with contrast enhanced computed tomography for the diagnosis of hepatocellular carcinoma.* *Journal of Clinical and Experimental Hepatology.* 2017; 7 (3): 222-229.
53. The Bukhovets, I.L. Maksimova, A.S., Kozlov, B.N., Pryakhin A.S., Rogovskaya Yu., Usov V. Yu. *Contrast sonography of the outpatient stage in the assessment of pathological hypervascularization of the wall of the ascending aorta and the selection for surgical treatment.* *REJR* 2018; 8 (1): 208-214 (in Russian).
54. Nakamura Y., Leibenstein K., Ohmoto T., Takeuchi N., Toyota N., Kajima T., Nishimaru E. *Gd-EOB-DTPA: When is transitional period between distribution phase and hepatobiliary phase?* *ECR.* 2010.
55. Varaksina A.V., Davydenko P. I., Karmazanovskii G.G. *Hepatospecific contrast agent primovist in the differential diagnosis of focal diseases of the liver and biliary tract.* *Annals of surgical Hepatology.* 2013; 18 (3): 91-109 (in Russian).
56. J. Petersein A. Spinazzi A. Giovagnoni et al. *Focal liver lesions: evaluation of the efficacy of gadobenate dimeglumine in MR imaging - a multicenter phase III clinical study.* *Radiology.* 2000; 215 (3): 727-736.
57. Ros P.R., Freeny P. C., Harms S.E. et al. *Hepatic MR imaging with ferumoxides: a multicenter clinical trial of the safety and efficacy in the detection of focal hepatic lesions.* *Radiology.* 1995; 196 (2): 481-488.
58. Torres C.G., Lundby B., Tuftte S. A., McGill S., Gordon P. B., McAdam H. S. *MnDPDP for MR imaging of the liver: results from the European phase III studies.* *Acta Radiol.* 1997; 38 (4): 631-637.
59. Kim Y.K., Lee J.M., Kim C.S., Chung G.H., Kim C.Y., Kim I.H. *Detection of liver metastases: gadobenate dimeglumine-enhanced three dimensional dynamic phases and one-hour delayed phase MR imaging versus superparamagnetic iron oxide enhanced MR imaging.* *Eur. Radiol.* 2005; 15 (2): 220-228.
60. Simon G., Link, T.M., Wortler K., Doeberiner F., Schulte-Frohlinde E., Daldrup-Link H., Settles, M., Rummeny E. J. *Detection of hepatocellular carcinoma: comparison of Gd-DTPA and ferumoxides-enhanced MR imaging.* *Eur. Radiol.* 2005; 15 (5): 895-903.
61. Nesteruk J. I. *CT perfusion in tumors of the pancreas.* *Medical imaging.* 2015; 3: 57-67 (in Russian).
62. Kabanov M.Yu., Sementsov K.V., Belikova M.Ya., Yakovleva D.M. *possibilities of CT perfusion in diagnosis of pancreatic tumors.* *Bulletin of the North-Western state medical University. I. I. Mechnikov.* 2018; 10 (1): 89-94 (in Russian).
63. Ah Young Park, Bo Kyoung Seo, Sang Hoon Cha, Suk Keu Yeom, Seung Wha Lee, and Hwan Hoon Chung. *An Innovative Ultrasound Technique for Evaluation of Tumor Vascularity in Breast Cancers: Superb Micro-Vascular Imaging.* *Journal of*

*Breast Cancer*. 2016; 19 (2): 210-213

64. Comparison of Superb Micro-Vascular Ultrasound Imaging (SMI) and Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) for Detection of Endoleaks After Endovascular Aneurysm Repair (EVAR) Marcin Gabriel, Jolanta Tomczak, Magdalena Snoch-Ziółkiewicz, Łukasz Dzieciuchowicz, Ewa Strauss, and Grzegorz Oszkinis. *The American Journal of Case Reports*. 2016; 17: 43-46

65. Faisal Khosa, Atif N. Khan and Ronald L. Eisenberg. Hyper-vascular Liver Lesions on MRI. *American Journal of Roentgenology*. 2011; 197: 204-220

66. Nils Albiin. MRI of Focal Liver Lesions. *Curr Med Imaging Rev*. 2012; 8 (2): 107-116

67. Bluemke DA, Sahani D, Amendola M, et al. Efficacy and safety of MR imaging with liver-specific contrast agent: U.S. multicenter phase III study. *Radiology* 2005; 237 (1): 89-98.

68. Yoneda N, Matsui O, Kitao A, Kozaka K, Kobayashi S, Sasaki M, Yoshida K, Inoue D, Minami T, Gabata T. Benign Hepatocellular Nodules: Hepatobiliary Phase of Gadoteric Acid-enhanced MR Imaging Based on Molecular Background. *Radi-*

*ographics*. 2016; 36 (7): 2010-2027.

69. Kassym L., Zhumadilova Z.K., Barkibayeva N.R., Dajani A. Diagnostic possibilities of liver elastography. *Science and health care*. 2015; 6: 18-27 (in Russian).

70. Riccardo Lencioni, Dania Cioni, Laura Crocetti, Clotilde Della Pina, Carlo Bartolozzi. Magnetic resonance imaging of liver tumors. *Journal of Hepatology*. 2004; 40: 162-171.

71. Agayeva Z.A. Differential diagnosis of focal formations using innovative ultrasonic methods of acoustic pulse-wave elastography (ARFI). *Veles*. 2016; 8-1 (38): 26-39.

72. Park H., Park J.Y., Kim do Y. et al. Characterization of focal liver masses using acoustic radiation force impulse elastography. *World J. Gastroenterol*. 2013; 19 (2): 219-226.

73. Choon H. T., Tong S. K., David J.C., Dow M. K. Perfusion magnetic resonance imaging of the liver. *World J Gastroenterol*. 2010; 16 (13): 1598-1609.

74. Thng C.H., Koh. S., Collins D., Koh D.M. Perfusion imaging in liver MRI. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2014; 22 (3): 417-32.