

Г.Г. Кармазановский, А.В. Чжао, Х.А. Айвазян,
А.Б. Гончаров, В.А. Сараева, С.А. Трифонов



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

Диагностические возможности магнитно-резонансной панкреатохолангиографии с внутривенным контрастированием гадоксетовой кислотой при заболеваниях желчных протоков

С каждым годом неуклонно возрастает число операций на гепатобилиарной зоне в связи заболеваниями желчных протоков. На фоне этого возникает потребность в точной диагностике осложнений данных вмешательств, классическая магнитно-резонансная панкреатохолангиография (МРХПГ) имеет ограниченное применение. С внедрением гепатотропного контрастного вещества (гадоксетовой кислоты) расширилась возможность диагностики заболеваний желчных протоков. В данном клиническом обзоре мы рассматриваем технические аспекты и преимущество МРХПГ с гепатотропным контрастированием. Подробно освещаются различные виды контрастных веществ, способы их применение при МРТ, зависимость интенсивности сигнала в желчных протоках от времени введения вещества, наличие хронических заболеваний печени. Отдельно приводятся исследования по диагностике заболеваний желчных протоков при измененной билиарной анатомии, желчных свищах после хирургических вмешательств. В заключение приводятся данные о перспективных исследованиях функционального состояния печени на основе применения МРТ с гепатотропным контрастированием.

Ключевые слова: магнитно-резонансная холангиография, гадоксетовая кислота, стриктуры желчных протоков, билиодигестивные анастомозы

Для цитирования: Кармазановский Г.Г., Чжао А.В., Айвазян Х.А., Гончаров А.Б., Сараева В.А., Трифонов С.А. Диагностические возможности магнитно-резонансной панкреатохолангиографии с внутривенным контрастированием гадоксетовой кислотой при заболеваниях желчных протоков. *Вестник РАМН.* 2022;77(5):320–325. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2064>

Введение

Магнитно-резонансная холангиопанкреатография (МРХПГ) основана на последовательности магнитного резонанса, которая изображает медленно движущуюся или неподвижную жидкость в виде структуры с высокой интенсивностью сигнала на фоне плотного орга-

на с низкой интенсивностью сигнала (так называемые T2*-взвешенные изображения). Эта последовательность идентифицирует любые структуры, содержащие жидкость, через которые проходит сканирование, например кишечник, выделительная система почек, спинномозговая жидкость, окружающая спинной мозг, поджелудочная железа, кисты почек и печени. Что касается

G.G. Karmazanovsky, A.V. Chzhao, Kh.A. Ayvazyan, A.B. Goncharov,
V.A. Saraeva, S.A. Trifonov

Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russian Federation

Diagnostic Possibilities of Magnetic Resonance Cholangiography with Intravenous Contrast in Diseases of the Bile Ducts

Every year the number of operations on the hepatobiliary zone is steadily increasing due to diseases of the bile ducts. Against this background, there is a need for an accurate diagnosis of complications of these interventions; classical magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) is of limited use. With the introduction of a liver-specific contrast agent (Gd-EOB-DTPA), the possibility of diagnosing diseases of the bile ducts has expanded. In this clinical review, we review the technical aspects and benefits of Gd-EOB-DTPA-enhanced MR cholangiography. Various types of contrast agents, methods of their use in MRI, the dependence of the signal intensity in the bile ducts on the time of administration of the substance, the presence of chronic liver diseases are covered in detail. Separately, studies are given on the diagnosis of diseases of the bile ducts with altered biliary anatomy, biliary fistulas after surgical interventions. In conclusion, data are presented on promising studies of the functional state of the liver based on the use of MRI with hepatotropic contrast enhancement.

Keywords: MR cholangiography, Gd-EOB-DTPA, biliary strictures, biliary-enteric anastomosis

For citation: Karmazanovsky GG, Chzhao AV, Ayvazyan KhA, Goncharov AB, Saraeva VA, Trifonov SA. Diagnostic Possibilities of Magnetic Resonance Cholangiography with Intravenous Contrast in Diseases of the Bile Ducts. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2022;77(5):320–325. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn2064>

гепатопанкреатобилиарной системы, МРХПГ позволяет детализировать панкреатические протоки поджелудочной железы, вне- и внутрипеченочные желчные протоки и получать проекционные изображения, аналогичные холангиографическим изображениям при эндоскопической ретроградной холангиопанкреатографии (ЭРХПГ) или чрескожной чреспеченочной холангиостомии (ЧЧХС) [1–5].

Преимущество МРХПГ заключается в том, что эти изображения получают неинвазивно и без введения перорального или внутривенного контрастного вещества, лучевой нагрузки, что делает это исследование абсолютно безопасными. Большинство МРХПГ завершается за 10–15 мин и редко требует седации, поэтому немногим пациентам требуется наблюдение после процедуры, как это необходимо после ЭРХПГ [6, 7].

В отличие от других процедур визуализации, таких как ультразвуковое исследование или ЭРХПГ, МРХПГ относительно независима от оператора. Рентгенологу требуется глубокое знание анатомии и патологии желчевыводящих путей, но используемая импульсная последовательность несложна, так что опыт МРТ-лаборанта редко влияет на диагностическую точность или чувствительность исследования. Однако при оценке предполагаемой патологии внутрипеченочных желчных протоков, которая впоследствии может потребовать чрескожного или эндоскопического вмешательства, или у пациентов с подозрением на стриктуры билиодигестивных анастомозов важно, чтобы опытный абдоминальный рентгенолог оценивал исследование во время его выполнения, при необходимости можно было получить дополнительные изображения [8].

Основным недостатком МРХПГ является ее непригодность для сканирования пациентов с ферромагнитными имплантатами или кардиостимуляторами. Некоторые операционные скрепки, особенно после предыдущей операции на желчных путях, могут привести к появлению артефактов, фрагментарному падению сигналов, которые, в свою очередь, могут обусловить плохую визуализацию протоков. Кроме того, сигнальные пустоты в желчном дереве относительно неспецифичны и могут быть вызваны не только камнями, но и пневмобилией, сладжем, опухолью или сгустком крови [1]. Псевдообструкция желчных протоков может быть вызвана пульсацией правой печеночной артерией [9]. Также следует учитывать артефакты, связанные с дыханием пациента. Соответствующий клинический контекст обычно проясняет полученные результаты. Клаустрофобией страдают около 5% пациентов, однако скорость обследования часто помогает устранить это препятствие. Пространственное разрешение МРХПГ в настоящее время ограничено 3 мм, что, в свою очередь, ограничивает обнаружение мелких камней и оценку вторичных протоков поджелудочной железы [4]. Диагностическая эффективность МРХПГ при выявлении обструктивных поражений, таких как камни или стриктуры, повышается при наличии расширенных протоков [10]. Несмотря на широкое использование МРТ брюшной полости с гепатоспецифическим контрастным препаратом при дифференциальной диагностике заболеваний печени, в настоящий момент остается малоизученным диагностическая значимость желчевыводящей фазы исследования, но нашли широкого применения контрастные препараты в диагностике доброкачественных заболеваний желчных протоков, желчных свищей [11].

Диагностика при измененной билиарной анатомии

Билиодигестивный анастомоз (БДА) является распространенной хирургической процедурой, выполняемой для лечения различных доброкачественных и злокачественных заболеваний. Эта процедура обуславливает высокий риск развития осложнений, таких как несостоятельность анастомоза с формированием желчного свища, стриктуры, кровотечения, холангит, конкремент, которые возникают в 3–43% случаях [12, 13].

Хотя биохимические маркеры крови чувствительны, повышение уровня щелочной фосфатазы выступает неспецифическим показателем обструкции желчных протоков [14]. Методы визуализации, которые традиционно используются для оценки БДА, включают ультразвуковое исследование, ЭРХПГ, ЧЧХС, сцинтиграфию печени и T2-взвешенную магнитно-резонансную холангиографию (T2Ви МРХПГ). Поскольку эндоскопический доступ к желчевыводящим путям, как правило, исключается в данных условиях, неинвазивные методы визуализации играют важную роль в динамическом наблюдении за этими пациентами и выявлении возможных осложнений. При диффузионно-взвешенной визуализации (ДВИ) ишемизированные желчные протоки могут демонстрировать высокую интенсивность сигнала, что особенно важно в дифференциальной диагностике анастомотических и неанастомотических стриктур [15].

Известно, что ультразвуковое исследование менее информативно у пациентов с БДА, потому что газ в желчных протоках может скрывать камни и создавать артефакты, которые скрывают детали [16]. Кроме того, стойкое послеоперационное расширение желчных протоков крайне трудно отличить от расширения из-за текущей обструкции. Из неинвазивных методов визуализации сцинтиграфия печени используется для оценки БДА при подозрении на обструкцию, поскольку она предоставляет функциональную информацию, однако она не имеет достаточного пространственного разрешения и не позволяет идентифицировать уровень обструкции [17]. Однофотонная эмиссионная томография обладает лучшим пространственным разрешением, но исследование сопряжено с повышенной лучевой нагрузкой [18]. В связи с этим МРХПГ в качестве неинвазивной и высокочувствительной альтернативы прямой холангиографии играет решающую роль в оценке изменений в желчевыводящих путях после хирургических вмешательств [19]. Недавняя разработка многих трехмерных (3D) последовательностей существенно расширила качество изображений МРХПГ, в том числе при оценке БДА [20]. У некоторых пациентов может наблюдаться умеренное расширение протока, несмотря на проходимость анастомоз, и данные следует рассматривать как стеноз только в том случае, если есть клинические проявления — холангит, кожный зуд или желтуха [21].

Недостатки традиционной МРХПГ заключаются в том, что отсутствует функциональная информация, поэтому дифференциальная диагностика между обструктивной и необструктивной дилатацией желчных протоков часто чрезвычайно затруднена [22, 23]. Особенно сложна визуализация поврежденных и стриктур при нерасширенных желчных протоках, при наличии множественных внутрипеченочных стриктур; кроме того, биломы и желчные свищи могут накладываться на изображение желчных протоков и скрывать их анатомию [24]. Следовательно, существует необходимость

в неинвазивном способе визуализации, который может предоставить надежную анатомическую, а также функциональную информацию.

МРХПГ с гепатотропными контрастными веществами

МР-холангиография с контрастным усилением, внутривенным введением гепатобилиарных контрастных агентов, таких как Mn-DPDP, Gd-ВОРТА (мультиханс) и Gd-ЕОВ-ДТРА (примовист), — недавно разработанная методика, которая может предоставить анатомическую и функциональную информацию о желчевыводящих путях [25]. Эти вещества поглощаются функционирующими гепатоцитами и выводятся в желчевыводящую систему (3–5% — для Gd-ВОРТА, 20% — для Mn-DPDP, 50% — для Gd-ЕОВ-ДТРА).

Mn-DPDP — контрастный агент (магнафодипир), состоящий из парамагнитных ионов марганца (II) и хелатобразующего агента фодипир. Ионы марганца в основном захватываются нормальной паренхимой печени, что и позволяет получать усиление контрастирования на границах между поврежденной и здоровой тканями печени. В исследовании 13 пациентов с БДА N. Hottat et al. было показано, что T1-взвешенная МРХПГ с внутривенным введением Mn-DPDP предоставляет полезную анатомическую и функциональную информацию у пациентов с подозрением на обструкцию желчевыводящих путей по сравнению с обычной T2-взвешенной МРХПГ [22]. Однако Mn-DPDP (тесласкан) в настоящее время недоступен в Европе и Российской Федерации из-за отмены государственной регистрации по коммерческим причинам [26].

В серии из 21 пациента, у которых подозревалась стриктура БДА, D. Kandasamy et al. [24] сообщалось, что МРХПГ, взвешенная по T2, по-прежнему является методом выбора при обследовании пациентов со стриктурой БДА и использование МРХПГ, усиленной Gd-ВОРТА, в данной ситуации неэффективно. Кроме того, выделительная фаза Gd-ВОРТА у пациента без холестаза составляет от 1 до 2 ч после введения контрастного вещества, и этот факт увеличивает сроки обследования.

Gd-ЕОВ-ДТРА (гадолиний этоксibenзилдиэтилтриамин пентауксусная кислота, или гадоксетовая

кислота) является новым гепатоспецифическим контрастным веществом для МРТ и в последние годы широко используется для выявления заболеваний печени. В отличие от внеклеточных МР-контрастных веществ, гадоксетовая кислота после внутривенной инъекции 50% Gd-ЕОВ-ДТРА специфически поглощается клетками печени и выводится через желчевыводящую систему. Таким образом, Gd-ЕОВ-ДТРА может быть использована не только для диагностики заболеваний печени, но также и для улучшения МР-холангиографии.

Исследования H. Takao et al. [27] показали, что хронические заболевания печени (такие как цирроз печени) могут влиять на интенсивность сигнала Gd-ЕОВ-ДТРА в желчевыводящей системе на МР-холангиограммах. Сообщалось, что интенсивность сигнала желчи в общем желчном протоке повышается уже через 10 мин после введения контрастного вещества у здоровых добровольцев, а на 20-й мин — после инъекции Gd-ЕОВ-ДТРА — выполнение МР-холангиограмм достаточно для адекватной оценки желчевыводящих путей (рис. 1).

Поскольку поглощение Gd-ЕОВ-ДТРА опосредуется транспортером, который отвечает за транспорт билирубина, у пациентов со сниженной выделительной функцией можно заподозрить обструкцию желчевыводящих путей или снижение функции гепатоцитов. В случаях стриктуры желчевыводящих путей требуется отсроченная визуализация, и изображения гепатобилиарной фазы должны быть получены через 40–60 и 90–180 мин после введения контрастного вещества [26, 27]. F.T. Tschirch et al. обнаружили, что у пациентов с общим уровнем билирубина в сыворотке крови более 30 мкмоль/л или с показателями MELD (Model for End-Stage Liver Disease) более 11 через 20 мин после введения Gd-ЕОВ-ДТРА была недостаточная визуализация желчного дерева [28]. Эти данные могут повысить надежность МРТ-исследования или уменьшить вероятность двоякого толкования данных. Однако необходима выработка единого метода определения функции печени с помощью МРТ, а это требует дальнейших исследований [29]. Перспективно исследование функционального резерва печени с помощью МРТ перед обширными резекциями печени и изучение роли МРТ с гадоксетовой кислотой в оценке функционального резерва печени [30].

При наличии БДА часто необходимы неинвазивные средства оценки желчного дерева после операции, что-

322

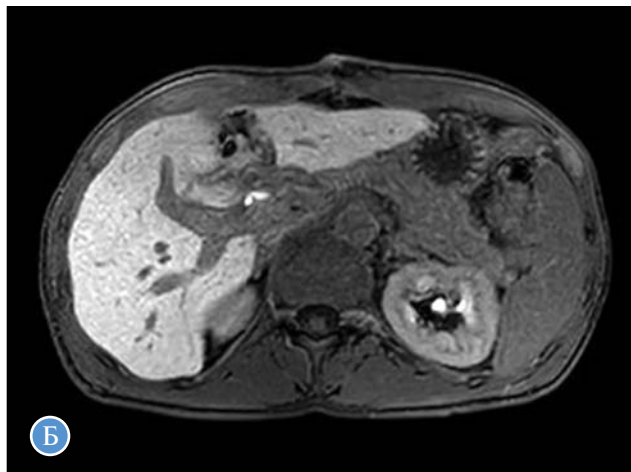
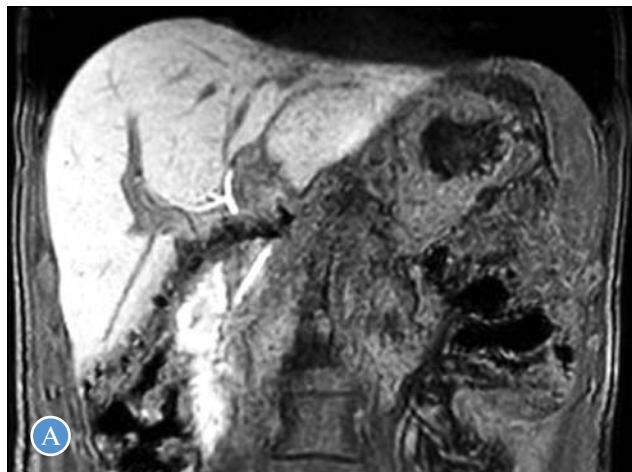


Рис. 1. МР-холангиограммы в E-thrive, аксиальных, коронарных фазах через 30 мин после введения гепатоконтрастного агента (примовист). Состояние после резекции IV, V сегментов печени. Желчные протоки состоятельны, данных за экстравазацию контрастного вещества в брюшную полость нет, свободная эвакуация в двенадцатиперстную кишку. А — фронтальная проекция. Б — аксиальная проекция.

бы исключить осложнения, в первую очередь стриктуру анастомоза. МР-холангиография показывает расширение билиарной системы, но может быть ограничена визуализация внепеченочной билиарной системы, места БДА и анастомотической петли тощей кишки, а также возможной причины обструкции. МРХПГ в сочетании с контрастированием Gd-ЕОВ-ДТРА позволяет получить изображение с более высоким разрешением и лучшей визуализацией в области анастомоза, оценить протяженность стриктуры анастомоза, ее диаметр, вовлеченность в стриктуру долевых и секторальных протоков [31]. Высокая концентрация Gd-ЕОВ-ДТРА в желчных протоках дает возможность проводить функциональную визуализацию выделения желчи; используя интенсивность контрастирования Gd-ЕОВ-ДТРА для выделения желчи, можно получить представление о типе стриктуры — является она клинически значимой или нет, полной или частичной. Основное условие — чтобы контрастное вещество проходило через стриктуру менее чем за 20 мин после инъекции. Результаты такого исследования позволят отказаться от необоснованных инвазивных вмешательств [32, 33]. Кроме того, визуализация контрастного препарата в отводящей петле тонкой кишки БДА дает возможность с уверенностью судить об проходимости БДА [34].

МРХПГ с Gd-ЕОВ-ДТРА у больных желчными свищами

У пациентов с БДА точная и быстрая установка источника желчного свища из-за несостоятельности БДА играет важную роль в определении хирургического подхода. Это, в свою очередь, может заметно сократить длительность лечения. Для выявления желчных свищей могут быть использованы УЗИ, компьютерная томография и МРТ. Как правило, эти методы, хотя и дают весьма убедительные результаты для диагностики желчных свищей в соответствующих клинических условиях, не позволяют обнаружить источник. Точность диагностики локализации экстравазации желчи с помощью традиционной МРХПГ находится в диапазоне 70–74% [31]. Для подтверждения диагноза требуется дальнейшее исследование с использованием инвазивных методов, таких как ЧЧХС или реже ЭРХПГ, путем выявления активной экстравазации контрастного вещества из желчного дерева. МРХПГ с контрастным усилением добавляет функциональную информацию в отношении выделения желчи и может быть особенно полезна для определения источника желчного свища [34]. Благодаря высокому пространственному разрешению, доступному с помощью МРХПГ с Gd-ЕОВ-ДТРА, можно установить тип повреждения протоков,

наличие дополнительных желчных протоков или протоков Люшка [36]. Кроме того, имеет важное значение контрастирование сосудов при МРТ-исследовании, так как в 12–47% случаев встречается сочетание повреждений сосудов и желчных протоков [37].

Заключение

T1-взвешенная контрастная МРХПГ с использованием гадоксетовой кислоты — недавно разработанный метод, который важен для определения анатомии БДА и выявления осложнений, таких как анастомотические стриктуры и желчные свищи. Кроме того, этот метод позволяет получить функциональную информацию, которая необходима для оценки обструкции желчевыводящих путей и функционального состояния печени. Основные недостатки МРХПГ с Gd-ЕОВ-ДТРА — высокая стоимость, относительная трудоемкость исполнения, а также ограничения в изображении желчного дерева у пациентов с гепатобилиарной дисфункцией. Тем не менее МР-визуализация с внутривенным введением Gd-ЕОВ-ДТРА может использоваться в качестве дополнительного инструмента для повышения диагностической точности при выявлении осложнений у отдельных пациентов с БДА, множественными внутрипеченочными стриктурами.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа подготовлена и опубликована за счет финансирования по месту работы авторов.
Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. Г.Г. Кармазановский — методическое руководство в реализации исследования, анализ результатов, редактирование текста; А.В. Чжао — анализ результатов, редактирование текста; Х.А. Айвазян — анализ результатов исследования и источников литературы, редактирование текста; А.Б. Гончаров — анализ результатов исследования и источников литературы, редактирование текста; В.А. Сараева — анализ результатов исследования и источников литературы, редактирование текста; С.А. Трифонов — автор исследования, разработка дизайна, анализ результатов исследования и источников литературы, участие во всех этапах реализации исследования. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

ЛИТЕРАТУРА

- Barish MA, Soto JA, Yucel EK. Magnetic resonance cholangiopancreatography of the biliary ducts: techniques, clinical applications, and limitations. *Top Magn Reson Imaging*. 1996;8(5):302–311.
- Barish MA, Soto JA. MR cholangiopancreatography: techniques and clinical applications. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169(5):1295–1303. doi: <https://doi.org/10.2214/ajr.169.5.9353445>
- Reinhold C, Bret PM, Guibaud L, et al. MR cholangiopancreatography: potential clinical applications. *Radiographics*. 1996;16(2):309–320. doi: <https://doi.org/10.1148/radiographics.16.2.8966289>
- Reinhold C, Bret PM. MR cholangiopancreatography. *Abdom Imaging*. 1996;21(2):105–116. doi: <https://doi.org/10.1007/s002619900025>
- Reinhold C, Bret PM. Current status of MR cholangiopancreatography. *AJR Am J Roentgenol*. 1996;166(6):1285–1295. doi: <https://doi.org/10.2214/ajr.166.6.8633434>
- Zimmon DS, Falkenstein DB, Riccobono C, et al. Complications of endoscopic retrograde cholangiopancreatography. Analysis of 300 consecutive cases. *Gastroenterology*. 1975;69(2):303–309.
- Bilbao MK, Dotter CT, Lee TG, et al. Complications of endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP). A study of 10,000 cases. *Gastroenterology*. 1976;70(3):314–320.
- Van Hoe L, Gryspeerdt S, Vanbeckvoort D, et al. Normal Vaterian sphincter complex: evaluation of morphology and

- contractility with dynamic single-shot MR cholangiopancreatography. *AJR Am J Roentgenol.* 1998;170(6):1497–1500. doi: <https://doi.org/10.2214/ajr.170.6.9609161>
9. Watanabe Y, Dohke M, Ishimori T, et al. Pseudo-obstruction of the extrahepatic bile duct due to artifact from arterial pulsatile compression: a diagnostic pitfall of MR cholangiopancreatography. *Radiology.* 2000;214(3):856–860. doi: <https://doi.org/10.1148/radiology.214.3.r00mr09856>
 10. Guibaud L, Bret PM, Reinhold C, et al. Bile duct obstruction and choledocholithiasis: diagnosis with MR cholangiography. *Radiology.* 1995;197(1):109–115. doi: <https://doi.org/10.1148/radiology.197.1.7568807>
 11. Кармазановский Г.Г., Шантаревич М.Ю., Сташків В.И. *Гепатоспецифическое МР-контрастное средство гадоксетовая кислота и результаты его клинического применения.* — М.: Видар-М, 2022. — 168 с. [Karmazanovskij GG, Shantarevich MYu, Stashkiv VI. *Gepatospecificeskoe MR-kontrastnoe sredstvo gadoksetovaya kislota i rezul'taty ego klinicheskogo primeneniya.* Moscow: Vidar-M; 2022. 168 s. (In Russ.)]
 12. Sicklick JK, Camp MS, Lillemo KD, et al. Surgical management of bile duct injuries sustained during laparoscopic cholecystectomy: perioperative results in 200 patients. *Ann Surg.* 2005;241(5):786–792. doi: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000161029.27410.71>
 13. Laasch HU, Martin DF. Management of benign biliary strictures. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2002;25(6):457–466. doi: <https://doi.org/10.1007/s00270-002-1888-y>
 14. Zeman RK, Lee C, Stahl RS, et al. Ultrasonography and hepatobiliary scintigraphy in the assessment of biliary-enteric anastomoses. *Radiology.* 1982;145(1):109–115. doi: <https://doi.org/10.1148/radiology.145.1.6812157>
 15. Alabdulghani F, Healy GM, Cantwell CP. Radiological findings in ischaemic cholangiopathy. *Clin Radiol.* 2020;75(3):161–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.10.017>
 16. Cronan JJ. Biliary obstruction: ultrasound and beyond. *Appl Radiol.* 1987;16:55–63.
 17. Lucas MH, Elgazzar AH, Cummings DD. Positional biliary stasis: scintigraphic findings following biliary-enteric bypass surgery. *J Nucl Med.* 1995;36(1):104–106.
 18. Thomas S, Jahangir K. Noninvasive Imaging of the Biliary System Relevant to Percutaneous Interventions. *Semin Intervent Radiol.* 2016;33(4):277–282. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0036-1592328>
 19. Hoeffel C, Azizi L, Lewin M, et al. Normal and pathologic features of the postoperative biliary tract at 3D MR cholangiopancreatography and MR imaging. *Radiographics.* 2006;26(6):1603–1620. doi: <https://doi.org/10.1148/rg.266055730>
 20. Tang Y, Yamashita Y, Arakawa A, et al. Pancreaticobiliary ductal system: value of half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement MR cholangiopancreatography for postoperative evaluation. *Radiology.* 2000;215(1):81–88. doi: <https://doi.org/10.1148/radiology.215.1.r00ap0281>
 21. Soto JA, Alvarez O, Lopera JE, et al. Biliary obstruction: findings at MR cholangiography and cross-sectional MR imaging. *Radiographics.* 2000;20(2):353–366. doi: <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.2.g00mc06353>
 22. Hottat N, Winant C, Metens T, et al. MR cholangiography with manganese dipyridoxyl diphosphate in the evaluation of biliary-enteric anastomoses: preliminary experience. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184(5):1556–1562. doi: <https://doi.org/10.2214/ajr.184.5.01841556>
 23. Bridges MD, May GR, Harnois DM. Diagnosing biliary complications of orthotopic liver transplantation with mangafodipir trisodium-enhanced MR cholangiography: comparison with conventional MR cholangiography. *AJR Am J Roentgenol.* 2004;182(6):1497–1504. doi: <https://doi.org/10.2214/ajr.182.6.1821497>
 24. Kandasamy D, Sharma R, Seith Bhalla A, et al. MR evaluation of biliary-enteric anastomotic stricture: does contrast-enhanced T1W MRC provide additional information? *Clin Res Hepatol Gastroenterol.* 2011;35(8–9):563–571. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinre.2011.05.008>
 25. Schneider G, Grazioli L, Saini S (eds). *MRI of the liver: imaging techniques, contrast enhancement, differential diagnosis.* 2nd ed. New York: Springer; 2006. 412 p.
 26. European Medicines Agency [Electronic resource]. Available from: <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/EPAR/teslascan> (accessed: 02.08.2012).
 27. Takao H, Akai H, Tajima T, et al. MR imaging of the biliary tract with Gd-EOB-DTPA: effect of liver function on signal intensity. *Eur J Radiol.* 2011;77(2):325–329. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.08.008>
 28. Lee NK, Kim S, Lee JW, et al. Biliary MR imaging with Gd-EOB-DTPA and its clinical applications. *Radiographics.* 2009;29(6):1707–1724. doi: <https://doi.org/10.1148/rg.296095501>
 29. Tschirch FT, Struwe A, Petrowsky H, et al. Contrast-enhanced MR cholangiography with Gd-EOB-DTPA in patients with liver cirrhosis: visualization of the biliary ducts in comparison with patients with normal liver parenchyma. *Eur Radiol.* 2008;18(8):1577–1586. doi: <https://doi.org/10.1007/s00330-008-0929-6>
 30. Арутюнянц Д.Э., Ховрин В.В., Галян Т.Н., и др. Определение функции печени с помощью магнитно-резонансной томографии. Современная объективная реальность // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* — 2021. — Т. 6. — № 2. — С. 89–94. [Arutyunants DE, Khovrin VV, Galyan TN, et al. Magnetic resonance imaging in liver function analysis. Modern objective reality. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2021;6(2):89–94. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17116/hirurgia202106289>
 31. Мнацакян М.К., Рубцова Н.А., Кабанов Д.О., и др. Роль магнитно-резонансной томографии с гадоксетовой кислотой в оценке функционального резерва печени // *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* — 2022. — Т. 12. — № 1. — С. 43–55. [Mnatsakanyan MK, Rubtsova N., Kabanov DO, et al. The role of magnetic resonance imaging with gadoxetic acid in the assessment of the functional reserve of the liver. *REJR.* 2022;12(1):43–55. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2022-12-1-43-55>
 32. Sheppard D, Allan L, Martin P, et al. Contrast-enhanced magnetic resonance cholangiography using mangafodipir compared with standard T2W MRC sequences: a pictorial essay. *J Magn Reson Imaging.* 2004;20(2):256–263. doi: <https://doi.org/10.1002/jmri.20114>
 33. Carlos RC, Branam JD, Dong Q, et al. Biliary imaging with Gd-EOB-DTPA: is a 20-minute delay sufficient? *Acad Radiol.* 2002;9(11):1322–1325. doi: [https://doi.org/10.1016/s1076-6332\(03\)80565-2](https://doi.org/10.1016/s1076-6332(03)80565-2)
 34. Ribeiro BJ, Alves AMA, de Oliveira RS, et al. The role of gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance cholangiography in the evaluation of postoperative bile duct injury: pictorial essay. *Radiol Bras.* 2019;52(6):403–407. doi: <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2018.0089>
 35. Vosshenrich J, Boll DT, Zech CJ. Passive and active magnetic resonance cholangiopancreatography: Technique, indications, and typical anatomy. *Radiologe.* 2019;59(4):306–314. doi: <https://doi.org/10.1007/s00117-019-0507-8>
 36. Aduna M, Larena JA, Martín D, et al. Bile duct leaks after laparoscopic cholecystectomy: value of contrast-enhanced MRCP. *Abdom Imaging.* 2005;30(4):480–487. doi: <https://doi.org/10.1007/s00261-004-0276-2>
 37. Petrillo M, Ierardi AM, Tofanelli L, et al. Gd-EOB-DTPA-enhanced MRC in the preoperative percutaneous management of intra and extrahepatic biliary leakages: does it matter? *Gland Surg.* 2019;8(2):174–183. doi: <https://doi.org/10.21037/gs.2019.03.09>
 38. Strasberg SM, Helton WS. An analytical review of vasculobiliary injury in laparoscopic and open cholecystectomy. *HPB (Oxford).* 2011;13(1):1–14. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1477-2574.2010.00225.x>

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Трифонов Сергей Александрович, врач-хирург [*Sergey A. Trifonov*, MD]; **адрес:** 115093, Москва, ул. Большая Серпуховская, д. 27 [**address:** 27, Bol. Serpukhovskaya str., 115093, Moscow, Russia]; **e-mail:** trifonov@ixv.ru, **SPIN-код:** 7877-1999, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1176-1203>

Кармазановский Григорий Григорьевич, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН [*Grigoriy G. Karmazanovsky*, MD, PhD, Professor, Corresponding Member of the RAS]; **e-mail:** karmazanovsky@ixv.ru, **SPIN-код:** 5964-2369, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9357-0998>

Чжао Алексей Владимирович, д.м.н., профессор [*Alexey V. Chzhao*, MD, PhD, Professor]; **e-mail:** chzhao@ixv.ru, **SPIN-код:** 1101-6874, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0204-8337>

Айвазян Хачатур Акопович, научный сотрудник [*Khachatur A. Ayvazyan*, Researcher Associate]; **e-mail:** ayvazyan@ixv.ru, **SPIN-код:** 3954-7051, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4115-6963>

Гончаров Антон Борисович, научный сотрудник [*Anton B. Goncharov*, Researcher Associate]; **e-mail:** goncharov@ixv.ru, **SPIN-код:** 1749-7490, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3528-036X>

Сараева Вероника Анатольевна, аспирант [*Veronika A. Saraeva*, PhD Student]; **e-mail:** saraeva@ixv.ru, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4273-171X>