



Возможна ли диагностика перитонеальных спаек с применением магнитно-резонансной и компьютерной томографии до проведения абдоминальной операции?

©В.П. Армашов^{1*}, А.М. Белоусов², М.В. Вавшко², В.А. Горский¹, В.В. Павленко³, Н.Л. Матвеев¹

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

² Московский клинический научный центр им. А.С. Логина, Москва, Россия

³ Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва, Россия

*В.П. Армашов, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1, armashovvp@mail.ru

Поступила в редакцию 17 октября 2022 г. Исправлена 12 декабря 2022 г. Принята к печати 26 декабря 2022 г.

Резюме

Ранее в первой части обзора, оценивающего методы диагностики спаек брюшной полости, были описаны возможности ультразвукового метода (УЗИ). Данная работа является второй частью исследования и посвящена оценке эффективности магнитно-резонансной (МРТ) и компьютерной томографии (КТ).

Методики МРТ и КТ в диагностике спаек гораздо менее востребованы, чем УЗИ. При этом МРТ, обладающая сопоставимыми с УЗИ возможностями по диагностике висцеро-париетальных сращений, позволяет выявлять и висцеро-висцеральные спайки. Недостатком является то, что исследование требует значительно большего количества времени и существенно зависит от уровня подготовки специалиста. К сожалению, МРТ, как и УЗИ, позволяет установить только факт наличия и локализацию спаек, но неэффективна при оценке их качества.

КТ в нативном режиме не позволяет диагностировать спайки, однако методика имеет хорошие перспективы для внедрения, так как при выполнении исследования на фоне искусственного пневмоперитонеума позволяет получить данные, по диагностической ценности превосходящие УЗИ и МРТ.

Ключевые слова: спайки, спаечная болезнь брюшной полости, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография

Цитировать: Армашов В.П., Белоусов А.М., Вавшко М.В., Горский В.А., Павленко В.В., Матвеев Н.Л. Возможна ли диагностика перитонеальных спаек с применением магнитно-резонансной и компьютерной томографии до проведения абдоминальной операции? *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(1):97–102. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-1-97-102>

Can We Detect Peritoneal Adhesions With MRI and CT Prior to Abdominal Surgery?

©Vadim P. Armashov^{1*}, Aleksandr M. Belousov², Maria V. Vavshko², Victor A. Gorskiy¹, Victor V. Pavlenko³, Nikolay L. Matveev¹

¹ N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

² A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow, Russian Federation

³ M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russian Federation

*Vadim P. Armashov, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, ulitsa Ostrovityanova 1, Moscow, 117997, Russian Federation, armashovvp@mail.ru

Received: October 17, 2022. Received in revised form: December 12, 2022. Accepted: December 26, 2022.

Abstract

This article is part 2 of our review assessing diagnostic modalities. In the first part, we analyzed the ultrasonography capabilities to detect abdominal adhesions. The second part assesses the effectiveness of MRI and CT.

MRI and CT modalities are much less commonly used in detecting adhesions than ultrasonography. MRI has approximately the same prognostic capabilities as ultrasonography in detecting adhesions between the viscera and the abdominal wall, and it additionally detects adhesions between the abdominal organs. Yet, MRI is significantly more time-consuming and highly dependent on the radiologist experience. Like ultrasonography, MRI determines the extent of adhesions but not the type.

Native CT does not visualize abdominal adhesions, though its findings in artificial pneumoperitoneum are superior in diagnostic value to those of ultrasonography and MRI, so this modality should be considered.

Keywords: abdominal adhesions, peritoneal adhesions, magnetic resonance imaging, computed tomography

Cite this article as: Armashov VP, Belousov AM, Vavshko MV, Gorskiy VA, Pavlenko VV, Matveev NL. Can we detect peritoneal adhesions with MRI and CT prior to abdominal surgery? *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;(1):97–102. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-1-97-102>



Введение

Спайкообразование в брюшной полости остается серьезной проблемой абдоминальной хирургии [1]. При наличии спаек наиболее грозным осложнением является непреднамеренная энтеротомия, частота которой достигает 10,5% [2]. Не менее опасны повреждения сосудистых структур, вероятность ранения которых также значительно повышается при проведении адгезиолизиса, особенно в сложных анатомических зонах [3]. Все это резко затрудняет, а порой, ограничивает применение современных эндовидеохирургических методов лечения. В связи с этим встает вопрос оптимального планирования предстоящей операции, решить который без применения диагностических методов невозможно.

Ранее в первой части обзора была дана оценка диагностических возможностей по выявлению спаек ультразвукового метода исследования (УЗИ) (ред. – Инновационная медицина Кубани. 2022;(4):75–81). В данной работе нами обобщены современные данные по эффективности магнитно-резонансной (МРТ) и компьютерной томографии (КТ).

Магнитно-резонансная томография

МРТ является перспективным неинвазивным методом диагностики спаек, однако на данный момент применяется значительно реже, чем УЗИ [4]. Помимо оценки висцеро-париетальных сращений, при которой МРТ дает наиболее точные результаты, технология позволяет диагностировать висцеро-висцеральные спайки [5, 6]. По последнему показателю она значительно превосходит УЗИ высокого разрешения [7]. Методика активно применяется для оценки спаек, возникающих после интраперитонеальной (методика IPOM) и преперитонеальной (методика Sublay) герниопластики, однако доказательные исследования, сравнивающие результаты МРТ после установки импланта с данными повторной операции, единичны.

Диагностические возможности

Как и в случае с УЗИ, диагностическая ценность МРТ определяется в сравнении с результатами последующей операции. При диагностике спаек брюшной полости метод показывает чувствительность 96%, специфичность – 100%, диагностическую точность – 91,7% [8, 9]. Низкие цифры чувствительности у некоторых авторов, например, 21,5% у N.B. Zinther и соавт. (2010), обусловлены подачей общих результатов, включающих низкие показатели обнаружения спаек между внутренними органами [10]. Низкая специфичность (всего 25%) в исследовании R.A. Lang и соавт. (2008) объясняется наличием всего 1 пациента без спаек, так как исследовалась группа пациентов только с перенесенными абдоминальными операциями [11]. Подобное наблюдается практически во всех исследованиях,

поскольку метод применяется у пациентов с высоким риском абдоминальных спаек, то есть ранее оперированных. Найти доказательные исследования по диагностическим возможностям МРТ в отношении спаек у ранее неоперированных пациентов не удалось.

Оценка влияния сетчатого импланта на результаты диагностики спаек при МРТ изучена всего в 2-х работах с малой выборкой. В работе S. Kirchoff и соавт. (2010) при сравнении результатов МРТ с данными операции у 25 пациентов общая диагностическая точность метода составила 86% [12]. В исследовании O. Langbach и соавт. (2016) в когорте из 20 пациентов метод показал чувствительность 70%, специфичность – 75%, положительную прогностическую ценность – 78%, отрицательную прогностическую ценность – 67% [13].

Методика исследования и диагностические признаки

Статическое МРТ-исследование для диагностики спаек неприменимо. Для выявления сращений используется кино-МРТ – метод динамической визуализации, который позволяет фиксировать движения содержимого брюшной полости за дыхательный цикл. Для выполнения процедуры применяются современные сканеры с напряженностью магнитного поля не менее 1,5 Тесла. Как правило, при проведении исследования пациентов просят глубоко дышать или напрягать мышцы брюшного пресса. Для получения четкого изображения последний прием оказывается наиболее эффективным [14]. В ходе исследования получают не менее 200–400 поперечных и сагиттальных изображений брюшной полости, которые объединяют в отдельную видеозапись для каждой плоскости. Время исследования составляет от 4 до 35 мин.

Как и при УЗИ, основные диагностические признаки являются косвенными. Прямые признаки, такие как утолщение стенок или деформация органов, как правило, определяются только при наличии грубых сращений. Анатомические особенности строения брюшной стенки в разных зонах при МРТ оказывают значительно меньшее влияние на интерпретацию результатов, чем при УЗИ. Это связано с лучшей пространственной визуализацией, так как изображение может охватывать сразу всю брюшную полость.

Впервые метод выявления спаек при МРТ описан в работе A. Lienemann и соавт. (2000) [14]. В основе диагностики, как и при УЗИ, лежит определение скольжения внутренних органов относительно структур брюшной стенки, забрюшинного пространства или друг друга. В норме скольжение сохранено, при наличии спаек – ограничено или отсутствует. Большинство авторов при кино-МРТ определяют скольжение в 9-и анатомических зонах.

M. Katayama и соавт. (2001) при анализе результатов МРТ предложили фиксировать 3 типа движения

органов: 1-й тип – нормальное скольжение (1 см и более), 2-й тип – ограниченное движение (менее 1 см), 3-й тип – отсутствие какого-либо движения [15]. 2-й тип результатов авторы разделили на тип 2А при наличии независимого от соседних органов движения и тип 2Б при наличии движения, синхронного с ними. Спайки отсутствуют при результатах 1 и 2А типа, имеются – при результатах 2Б и 3 типа. В данном исследовании большая часть результатов приходилась на движения протяженностью менее 1 см (типа 2А – 77,3%, 2Б – 16,4%), что, по мнению авторов, связано с отсутствием форсированного дыхания.

Так как интерпретация данных МРТ представляет значительные сложности, ряд авторов предлагает другие подходы к их оценке. Так, британские авторы рекомендуют вместо деления на зоны использовать сегментацию изображений с отдельной оценкой смещения на границе сегментов [8, 16, 17]. Окончательная оценка результатов проводится на основании цифровых шифрограмм и данных кино-МРТ техническим экспертом и радиологом. К сожалению, клинические результаты пока изучены на малом количестве пациентов.

Следующим диагностическим признаком спаек является скольжение смежных структур в одном направлении при отсутствии разделения между ними. На достоверность этого критерия указывает большинство авторов [11, 13, 14, 18–20]. Также при грубых сращениях могут наблюдаться такие признаки, как деформация органов [6, 7, 9, 18, 20], утолщение стенок кишки [20] и появление «заостренных» углов в их контуре из-за натяжения спаек при дыхании [14].

Диагностика висцеро-париетальных сращений при МРТ несколько улучшается после герниопластики Sublay и IPOM. Причиной этого является хорошая визуализация ряда имплантов и нерассасывающихся фиксаторов, что может являться ориентиром для поиска границы между листками брюшины [18]. Нерассасывающиеся скрепки хорошо визуализируются в виде артефактов [7, 12, 20]. Визуализация имплантов зависит от их массы, толщины и плотности, а также структуры и состава материала, из которого они изготовлены [21]. Полипропиленовые импланты после открытой герниопластики без использования степлеров в большинстве случаев не визуализируются [13, 18, 21]. Протезы из политетрафторэтилена наоборот хорошо видны при МРТ и определяются как тонкая гипоехогенная зона, отделенная от брюшной стенки полосой жировой ткани [12, 20].

Ограничения метода

Оценка кино-МР-изображений ограничена ее сложностью, высокой зависимостью от уровня подготовки специалиста и требует значительного времени для составления заключения [17]. Лучшие результаты дости-

гаются при диагностике спаек с брюшной стенкой и в зоне границ с забрюшинной клетчаткой, худшие – при поиске межкишечных сращений [14].

Ограничение дыхательной экскурсии брюшной стенки делает невозможным оценку висцеро-париетальных сращений [13]. Отчасти именно поэтому в исследованиях нет данных об информативности МРТ в отношении спаек при гепато- и спленомегалии, кишечной непроходимости и других острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости. Лишь в одной работе имеется указание о влиянии на достоверность результатов МРТ крупных опухолей брюшной полости [15].

Диагностические возможности метода сильно зависят от области брюшной полости [12, 19]. Так, по данным А. Yasemin и соавт. (2020), чувствительность кино-МРТ при выявлении спаек в зоне правого подреберья составила 100%, в то время как в пупочной зоне – всего 69% [9]. В работе S. Kirchoff и соавт. (2010) авторы указывают, что наименьшая корреляция с данными операции наблюдается в подвздошных зонах, наибольшая – в мезогастррии [12]. Максимальная частота ошибок возникает при интерпретации результатов в зоне малого таза, восходящей и нисходящей ободочной кишки [7, 14, 18]. Подобная картина наблюдается и при оценке специфичности, которая снижается по мере удаленности исследуемой зоны от диафрагмы [19].

Точность метода напрямую зависит от толщины и прочности спаечных сращений [11]. Авторы часто указывают, что тонкие сращения с сальником у большинства пациентов не диагностируются [11, 13, 14]. Это связано с одинаковой интенсивностью сигнала от сальника и жировых структур брюшной полости или забрюшинного пространства [14, 18]. Также большое число ложноотрицательных результатов отмечается в областях, где соседние органы или ткани имеют одинаковую контрастность [15].

На интерпретацию результатов МРТ влияют перенесенные операции на органах брюшной полости. Наблюдается высокий риск систематической ошибки в исследованиях, включающих только оперированных пациентов, имеющих большую вероятность выявления спаек. В то же время этот риск значительно меньше, чем при УЗИ, так как предвзятость лучевого диагноста, часто работающего дистанционно, снижается из-за отсутствия словесного и визуального контакта с больным.

Логично, что ожирение при МРТ-диагностике спаек является менее значимым фактором, чем при УЗИ, так как выполняется пространственная оценка состояния всей брюшной полости. Однако информация о его влиянии в работах практически не встречается. Также отсутствуют данные о частоте выявления спаек в зоне грыж брюшной стенки.

Компьютерная томография

Бесконтрастная КТ при диагностике спаек мало информативна [13, 20, 22, 23]. В связи с этим найти данные по чувствительности и специфичности метода невозможно. В ряде публикаций отмечается, что получить результаты возможно с помощью внутривенного или перорального контрастирования [23, 24]. В условиях контрастирования метод эффективен при диагностике спаечной кишечной непроходимости, помогает установить зону обструкции и исключить другие причины непроходимости, такие как опухоли, абсцессы, странгуляции, что позволяет косвенно подтвердить наличие спаек [13, 25].

Диагностические возможности

В ряде случаев КТ дает информацию о спайках, в первую очередь о «шрангах» на границе расширенной и спавшейся петли кишки при кишечной непроходимости. Это становится возможным при наличии операции в анамнезе и исключении других причин непроходимости, прежде всего опухолевой этиологии. Исследование, как правило, выполняется с применением внутривенного и перорального контрастирования.

По данным исследования В. Petrovic и соавт. (2006), проведенного с участием 85 пациентов с кишечной непроходимостью, при выявлении локальной зоны внешней компрессии кишки спайками КТ показывает чувствительность 61% (95% ДИ 0,51–0,71), специфичность – 63% (95% ДИ 0,50–0,75) [26]. Авторы указывают, что сами спаечные тяжи не визуализируются, но в месте препятствия определяется четкая переходная зона, где просвет кишки резко сужен.

Ложноположительные результаты при обнаружении данного признака отмечаются при опухолях, находящихся рядом, но не прорастающих в стенку кишки, или при наличии внутреннего ущемления [26]. Так как при онкологических причинах непроходимости возникают более протяженные и округлые дефекты наполнения, авторы связывают ошибки с анализом изображений только в одной плоскости. Избежать же ошибки при внутреннем ущемлении практически невозможно.

Диагностическая ценность КТ значительно повышается на фоне пневмоперитонеума и внутривенного контрастирования. В исследовании G.S. Wang и соавт. (2021) чувствительность, специфичность и диагностическая точность полипозиционной КТ-диагностики висцеро-париетальных спаек брюшной полости с использованием искусственного пневмоперитонеума в объеме 2000–3000 мл составили 100, 95 и 95,5% соответственно [23]. Однако показатели выявления висцеро-висцеральных сращений оказались значительно хуже, несмотря на то, что сканирование выполняли в 4-х различных положениях, средняя

доза облучения, полученная пациентом, составила 6,89 мГр, что намного ниже, чем при стандартном исследовании брюшной полости. Данная методика, в отличие от УЗИ или МРТ, уже позволяет провести точную оценку как площади спаечных сращений, так и степени их выраженности. Пространственное восприятие значительно облегчает 3D-реконструкция.

Диагностические признаки

Основные диагностические КТ-признаки, определяемые при наличии спаек со стороны кишки, брыжеечных сосудов, брюшины и брюшной стенки, систематизированы в обзоре D.R. Gopireddy и соавт. (2020) [24]. Со стороны кишки выделяют отсутствие изменения ее положения при серии последовательных исследований, скопление петель в одной зоне, асимметрию толщины стенки, патологический изгиб, резкое изменение калибра петли (симптом «клюва»), локальный стаз содержимого в отдельных сегментах, инфильтрацию брыжеечного жира за счет венозного застоя, фиксацию петель к другим органам брюшной полости. При внутривенном контрастировании в зоне спаек возможно выявить изменения кровенаполнения сосудов брыжейки и кишки, сгущение сосудистого рисунка. Со стороны брюшной стенки выявляются истончение полосы предбрюшинного жира, кальцинаты и очаговое утолщение брюшины.

Как и при МРТ, сетчатые импланты при их визуализации несколько облегчают КТ-диагностику [21, 27]. Монофиламентные, двухнитевые и мультифиламентные сетчатые импланты из полипропилена при КТ обычно невидимы или почти не дифференцируются от листков влагалища прямой мышцы живота или париетальной брюшины. Наоборот, более толстые импланты, полностью состоящие из политетрафторэтилена, хорошо выявляются как гиперэхогенные линии позади мышц брюшной стенки. Композитные импланты из полипропилена с висцеральным покрытием из политетрафторэтилена по качеству визуализации занимают промежуточное положение. Металлические нерассасывающиеся фиксаторы также хорошо видны [28].

Ограничения метода

Основным недостатком, накладывающим ограничения на использование метода, длительное время являлась высокая лучевая нагрузка [13, 20]. Однако применение низкодозной КТ, при которой лучевая нагрузка сопоставима с рентгенографией, позволяет избежать данного ограничения [23].

На применение метода могут влиять осложнения, возникающие при использовании пневмоперитонеума и контрастирования. Осложнения пневмоперитонеума не вызывают серьезных клинических проблем. По данным G.S. Wang и соавт. (2021) при проведении

КТ-исследования на фоне пневмоперитонеума в 6,6% случаев отмечалось возникновение подкожной эмфиземы, разрешившейся без лечения [23].

Заключение

На данный момент времени сравнительных исследований эффективности неинвазивных методов поиска спаечных сращений крайне мало. При подведении итогов второй части обзора можно сделать вывод, что трансабдоминальное УЗИ и кино-МРТ в обнаружении висцеро-париетальных спаек имеют приблизительно одинаковые диагностические возможности. Сравнений эффективности КТ с другими методами диагностики спаек не проводилось.

МРТ, в отличие от УЗИ, позволяет выявлять и висцеро-висцеральные сращения. По этим показателям функциональная кино-МРТ значительно превосходит УЗИ высокого разрешения. В связи с этим авторы рекомендуют использовать УЗИ как наименее затратный метод, для выявления висцеро-париетальных, а МРТ – интраабдоминальных спаек. Как и УЗИ, МРТ не позволяет оценить качество сращений, к тому же исследование требует значительного времени и существенно зависит от уровня подготовки специалиста.

Нативная КТ для диагностики спайкообразования малоинформативна. Однако методика КТ с использованием искусственного пневмоперитонеума является более перспективным методом выявления спаек чем УЗИ и кино-МРТ. Метод позволяет получить объемное изображение брюшной полости, оценить протяженность и степень выраженности спаечного процесса, значительно облегчить планирование последующей операции.

Проведение обзора показало, что методы дооперационной диагностики спаек в большинстве случаев эффективны только перед плановыми операциями. Их диагностические возможности при экстренной хирургической патологии требуют дальнейшего изучения. Усовершенствование методик и поиск новых диагностических признаков также являются перспективными направлениями для дальнейших исследований.

Литература/References

1. Krielen P, Stommel MWJ, Pargmae P, et al. Adhesion-related readmissions after open and laparoscopic surgery: a retrospective cohort study (SCAR update). *Lancet*. 2020;395(10217):33–41. PMID: 31908284. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)32636-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)32636-4)
2. ten Broek RP, Strik C, Issa Y, Bleichrodt RP, van Goor H. Adhesiolysis-related morbidity in abdominal surgery. *Ann Surg*. 2013;258(1):98–106. PMID: 23013804. <https://doi.org/10.1097/sla.0b013e31826f4969>
3. Mavros MN, Velmahos GC, Larentzakis A, et al. Opening Pandora's box: understanding the nature, patterns, and 30-day outcomes of intraoperative adverse events. *Am J Surg*. 2014;208(4):626–631. PMID: 24953016. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.02.014>
4. Ghonge NP, Ghonge SD. Computed tomography and magnetic resonance imaging in the evaluation of pelvic peritoneal

adhesions: what radiologists need to know? *Indian J Radiol Imaging*. 2014;24(2):149–155. PMID: 25024524. PMCID: PMC4094967. <https://doi.org/10.4103/0971-3026.134400>

5. Zinther NB, Fedder J, Friis-Andersen H. Noninvasive detection and mapping of intraabdominal adhesions: a review of the current literature. *Surg Endosc*. 2010;24(11):2681–2686. PMID: 20512510. <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1119-6>

6. Lotfy M, Gafor IA, Abdo AM, Azim AA. Comparative study among cine-magnetic resonance imaging, ultrasound, and periumbilical ultrasound-guided saline infusion in high-risk patients for subumbilical adhesions before laparoscopic entry. *Gynecological Surgery*. 2015;13(2):93–96. <https://doi.org/10.1007/s10397-015-0919-z>

7. Mussack T, Fischer T, Ladurner R, et al. Cine magnetic resonance imaging vs high-resolution ultrasonography for detection of adhesions after laparoscopic and open incisional hernia repair: a matched pair pilot analysis. *Surg Endosc*. 2005;19(12):1538–1543. PMID: 16247569. <https://doi.org/10.1007/s00464-005-0092-y>

8. Randall D, Joosten F, Ten Broek RP, et al. A novel diagnostic aid for intra-abdominal adhesion detection in cine-MRI: pilot study and initial diagnostic impressions. *Br J Radiol*. 2017;90(1077):20170158. PMID: 28707532. PMCID: PMC5858811. <https://doi.org/10.1259/bjr.20170158>

9. Yasemin A, Mehmet B, Omer A. Assessment of the diagnostic efficacy of abdominal ultrasonography and cine magnetic resonance imaging in detecting abdominal adhesions: a double-blind research study. *Eur J Radiol*. 2020;126:108922. PMID: 32145598. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108922>

10. Zinther NB, Zeuten A, Marinovskij E, Haislund M, Friis-Andersen H. Detection of abdominal wall adhesions using visceral slide. *Surg Endosc*. 2010;24(12):3161–3166. PMID: 20490561. <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1110-2>

11. Lang RA, Buhmann S, Hopman A, et al. Cine-MRI detection of intraabdominal adhesions: correlation with intraoperative findings in 89 consecutive cases. *Surg Endosc*. 2008;22(11):2455–2461. PMID: 18322749. <https://doi.org/10.1007/s00464-008-9763-9>

12. Kirchoff S, Ladurner R, Kirchoff C, Mussack T, Reiser MF, Lienemann A. Detection of recurrent hernia and intraabdominal adhesions following incisional hernia repair: a functional cine MRI-study. *Abdom Imaging*. 2010;35(2):224–231. PMID: 19305941. <https://doi.org/10.1007/s00261-009-9505-z>

13. Langbach O, Holmedal SH, Grandal OJ, Røkke O. Adhesions to mesh after ventral hernia mesh repair are detected by MRI but are not a cause of long term chronic abdominal pain. *Gastroenterol Res Pract*. 2016;2016:2631598. PMID: 26819601. PMCID: PMC4706901. <https://doi.org/10.1155/2016/2631598>

14. Lienemann A, Sprenger D, Steitz HO, Korell M, Reiser M. Detection and mapping of intraabdominal adhesions by using functional cine MR imaging: preliminary results. *Radiology*. 2000;217(2):421–425. PMID: 11058638. <https://doi.org/10.1148/radiology.217.2.r00oc23421>

15. Katayama M, Masui T, Kobayashi S, et al. Evaluation of pelvic adhesions using multiphase and multislice MR imaging with kinematic display. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177(1):107–110. PMID: 11418407. <https://doi.org/10.2214/ajr.177.1.1770107>

16. Fenner J, Wright B, Emberey J, et al. Towards radiological diagnosis of abdominal adhesions based on motion signatures derived from sequences of cine-MRI images. *Phys Med*. 2014;30(4):437–447. PMID: 24439767. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2013.12.002>

17. Randall D, Fenner J, Gillott R, et al. A novel diagnostic aid for detection of intra-abdominal adhesions to the anterior

abdominal wall using dynamic magnetic resonance imaging. *Gastroenterol Res Pract.* 2016;2016:2523768. PMID: 26880884. PMCID: PMC4735897. <https://doi.org/10.1155/2016/2523768>

18. Мершина Е.А., Васильева Е.С., Синицын В.Е., Лядов В.К., Егиев В.Н. Возможности функциональной МРТ в оценке спаечной болезни после пластики передней брюшной стенки. *Кубанский научный медицинский вестник.* 2010;(6):95–100.

Mershina EA, Vasilyeva ES, Sinitsyn VE, Lyadov VK, Eghiev VN. Functional cine-MRI in detection of adhesive disease following ventral hernia repair. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2010;(6):95–100. (In Russ.).

19. Buhmann-Kirchhoff S, Lang R, Kirchhoff C, et al. Functional cine MR imaging for the detection and mapping of intra-abdominal adhesions: method and surgical correlation. *Eur Radiol.* 2008;18(6):1215–1223. PMID: 18274755. <https://doi.org/10.1007/s00330-008-0881-5>

20. Fischer T, Ladurner R, Gangkofler A, Mussack T, Reiser M, Lienemann A. Functional cine MRI of the abdomen for the assessment of implanted synthetic mesh in patients after incisional hernia repair: initial results. *Eur Radiol.* 2007;17(12):3123–3129. PMID: 17549486. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0678-y>

21. Rakic S, LeBlanc KA. The radiologic appearance of prosthetic materials used in hernia repair and a recommended classification. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;201(6):1180–1183. PMID: 24261353. <https://doi.org/10.2214/ajr.13.10703>

22. Gerner-Rasmussen J, Donatsky AM, Bjerrum F. The role of non-invasive imaging techniques in detecting intra-abdominal adhesions: a systematic review. *Langenbecks Arch Surg.* 2019;404(6):653–661. PMID: 30483880. <https://doi.org/10.1007/s00423-018-1732-8>

23. Wang GS, Zhang ZY, Qi XT, et al. The technology of artificial pneumoperitoneum CT and its application in diagnosis of abdominal adhesion. *Sci Rep.* 2021;11(1):20785. PMID: 34675300. PMCID: PMC8531012. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00408-1>

24. Gopireddy DR, Soule E, Arif-Tiwari H, et al. Spectrum of CT findings related to bowel adhesions without bowel obstruction: a comprehensive imaging review. *J Clin Imaging Sci.* 2020;10:80. PMID: 33365202. PMCID: PMC7749936. https://doi.org/10.25259/jcis_126_2020

25. Mankanjuola D. Computed tomography compared with small bowel enema in clinically equivocal intestinal obstruction. *Clin Radiol.* 1998;53(3):203–208. PMID: 9528871. [https://doi.org/10.1016/s0009-9260\(98\)80101-3](https://doi.org/10.1016/s0009-9260(98)80101-3)

26. Petrovic B, Nikolaidis P, Hammond NA, Grant TH, Miller FH. Identification of adhesions on CT in small-bowel obstruction. *Emerg Radiol.* 2006;12(3):88–93. PMID: 16344971. <https://doi.org/10.1007/s10140-005-0450-z>

27. Tonolini M, Ippolito S. Multidetector CT of expected findings and early postoperative complications after current techniques for ventral hernia repair. *Insights Imaging.* 2016;7(4):541–551. PMID: 27193529. PMCID: PMC4956629. <https://doi.org/10.1007/s13244-016-0501-x>

28. Gossios K, Zikou A, Vazakas P, et al. Value of CT after laparoscopic repair of postsurgical ventral hernia. *Abdom Imaging.* 2003;28(1):99–102. PMID: 12483396. <https://doi.org/10.1007/s00261-001-0156-y>

Сведения об авторах

Армашов Вадим Петрович, к. м. н., доцент кафедры экспериментальной и клинической хирургии медико-биологического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-5108-1400>

Белоусов Александр Михайлович, к. м. н., научный сотрудник отделения высокотехнологичной хирургии и хирургической эндоскопии, Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-2274-8170>

Вавшко Мария Винеровна, врач отделения ультразвуковой диагностики, Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0663-3920>

Горский Виктор Александрович, д. м. н., профессор кафедры экспериментальной и клинической хирургии медико-биологического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-3919-8435>

Павленко Виктор Вячеславович, к. м. н., доцент кафедры хирургии, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0791-7511>

Матвеев Николай Львович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой экспериментальной и клинической хирургии медико-биологического факультета, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-9113-9400>

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Vadim P. Armashov, Cand. Sci. (Med), Associate Professor, Department of Experimental and Clinical Surgery, Biomedical Faculty, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5108-1400>

Aleksandr M. Belousov, Cand. Sci. (Med), Researcher, Department of High-Tech Surgery and Surgical Endoscopy, A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-2274-8170>

Maria V. Vavshko, Sonographer, Department of Ultrasound Diagnostics, A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific Center (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0663-3920>

Victor A. Gorskiy, Dr. Sci. (Med), Professor at the Department of Experimental and Clinical Surgery, Biomedical Faculty, N. I. Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3919-8435>

Victor V. Pavlenko, Cand. Sci. (Med), Associate Professor, Department of Surgery, M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research Clinical Institute (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0791-7511>

Nikolay L. Matveev, Dr. Sci. (Med), Professor, Head of the Department of Experimental and Clinical Surgery, Biomedical Faculty, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-9113-9400>

Conflict of interest: none declared.