УДК 613.644.648.2

ВОЗМОЖНЫЕ ИНЦИДЕНТЫ ПРИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ, СВЯЗАННЫЕ С ФЕРРОМАГНИТНЫМИ ПРЕДМЕТАМИ, И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Щучинов Л.В., Новикова И.И.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены», г. Новосибирск, Россия

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – современный высокоточный метод диагностического исследования, считающийся безопасным из-за отсутствия ионизирующего излучения. Однако риски, обусловленные сильным магнитным полем МРТ-аппарата, существуют до сих пор, а число несчастных случаев, связанных с ферромагнитными предметами, не снижается.

Цель работы – обзор зарубежных и российских научных публикаций по теме безопасности МРТ-исследования для предупреждения потенциальных несчастных случаев с пациентами.

Материалы и методы. Поиск и анализ публикаций, посвященных инцидентам в кабинете магнитно-резонансной томографии, которые были связаны с ферромагнитными предметами, занесенными в кабинет МРТ, а также с наличием на теле или в теле пациентов устройств и (или) материалов, содержащих металлы. Поиск научных статей проводился на русском и английском языках по базам данных Scopus, PubMed, Web of Science, РИНЦ за 2001–2025 гг.

Результаты. Магнитно-резонансная томография является прогрессивным и безопасным методом лучевой диагностики. Анализ 54 источников показал, что подавляющее большинство описанных инцидентов связаны с нарушением правил безопасности при проведении МРТ-исследования. В последние годы наблюдается увеличение спектра происшествий в связи с ростом имплантируемых устройств и расширения использования новых материалов в одежде, в косметических средствах, в лекарственных средствах (пластырях, мазях).

Ограничение исследования. В анализ включены преимущественно зарубежные публикации (2001-2025 гг.), что может ограничивать обобщенность выводов.

Заключение. В ближайшие годы высокие диагностические возможности метода МРТ будут способствовать увеличению числа как самих магнитно-резонансных томографов в России, так и числа пациентов, которым назначено МРТ-

исследование. Во избежание нежелательных явлений при МРТ-графии следует обеспечить непрерывное обучение медицинских работников, постоянно пересматривать действующие правила безопасности, а также памятки для пациентов, проходящих МРТ-графию.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, ферромагнитные предметы, несчастные случаи, инциденты, безопасность, профилактика

Соблюдение этических стандартов. Проведение исследования не требовало одобрения этического комитета, поскольку работа не связана с использованием человека или животных в качестве объектов исследования.

Использование инструментов искусственного интеллекта. При подготовке рукописи системы искусственного интеллекта не применялись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Щучинов Л.В., Новикова И.И. Возможные инциденты при магнитно-резонансной томографии, связанные с ферромагнитными предметами, и их предупреждение (обзор литературы). Медицина труда и экология человека. 2026; 1: 268 – 290.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10114

Для корреспонденции: Щучинов Леонид Васильевич, e-mail: leo2106@mail.ru

POTENTIAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING INCIDENTS RELATED TO FERROMAGNETIC OBJECTS AND THEIR PREVENTION (LITERATURE REVIEW)

Shchuchinov L.V., Novikova I.I.

Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

Magnetic resonance imaging (MRI) is a modern, highly accurate diagnostic method considered safe due to the absence of ionizing radiation. However, risks associated with the strong magnetic field of an MRI machine still exist, and the number of accidents involving ferrous objects remains high.

The aim of this study was to review international and Russian scientific publications on MRI safety to prevent potential patient accidents.

Materials and Methods. A search was conducted for publications on incidents in the MRI room involving ferromagnetic objects brought into the MRI room, as well as the presence of devices and/or materials containing metals on/or in patients. A search for scientific articles in Russian and English was conducted using Scopus, PubMed, Web of Science, and the Russian Science Citation Index (RSCI) databases for the years 2001–2025.

Results. Magnetic resonance imaging is a progressive and safe method of radiological diagnostics. An analysis of 54 sources showed that the vast majority of incidents described involved violations of safety regulations during MRI procedures. In recent years, the incidence of incidents has increased due to the growth of implantable devices and the increased use of new materials in clothing, cosmetics, and medications.

Study limitations. The analysis primarily included foreign publications (2001-2025), which may limit the generalizability of the findings.

Conclusion. In the coming years, the advanced diagnostic capabilities of MRI will contribute to an increase in both the number of MRI scanners in Russia and the number of patients undergoing MRI examinations. To prevent adverse events during MRI, it is necessary to ensure ongoing training for healthcare professionals, regularly review current safety regulations, and provide patient information for MRI patients.

Keywords: magnetic resonance imaging, ferromagnetic objects, accidents, incidents, safety, prevention

Compliance with ethical standards. This study did not require approval by the Ethics Committee, as it did not involve humans or animals as research subjects.

Declaration of AI use. The authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this manuscript.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no financial support.

For citation: Shchuchinov L.V., Novikova I.I. Potential magnetic resonance imaging incidents involving ferromagnetic objects and their prevention(literature review). Occupational Health and Human Ecology. 2026; 1: 268 – 290.

doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2026-10114

For correspondence: Leonid V. Shchuchinov, e-mail: leo2106@mail.ru

Магнитно-резонансная томография считается высокоточным и безопасным методом исследования. Действительно, при соблюдении правил безопасности пациентами и медицинским персоналом непредвиденные происшествия во время МРТ-исследований случаются редко – в 0,15-0,16% случаев [1, 2]. Хотя литературные обзоры зарубежных статей показывают, что, несмотря на усовершенствование технологий и методов МРТ, число несчастных случаев, связанных с железосодержащими предметами, не снижается [3-5]. Кроме того, постоянно расширяется спектр происшествий, связанных с металлическими предметами, так как растет число имплантов в теле больных [3, 4], а также появляются новые материалы с содержанием металлических компонентов – ткани, лечебные пластыри, краски для татуажа [5, 6, 7], что требует периодической корректировки правил безопасности при МРТ-графии [6].

Цель работы – обзор зарубежных и российских научных публикаций по теме безопасности МРТ-исследования для предупреждения потенциальных несчастных случаев с пациентами.

Материалы и методы. Поиск и анализ публикаций, посвященных инцидентам в кабинете магнитно-резонансной томографии, которые были связаны с ферромагнитными предметами, занесенными в кабинет МРТ, а также с наличием на теле или в теле пациентов устройств и (или) материалов, содержащих металлы. Поиск проводился по базам данных Scopus, PubMed, Web of Science, РИНЦ за 2001–2025 гг. Ключевыми словами для обнаружения информации являлись «магнитно-резонансная томография», «несчастные случаи», «инциденты», «безопасность МРТ». Частично просматривались научные новости, интервью врачей и ученых в средствах массовой информации. Для обзора были отобраны 54 литературных источника за 2001-2025 гг.

Результаты. Магнитно-резонансная томография является широко распространенным прогрессивным и безопасным методом неинвазивной визуализации. Технология МРТ основана на эффекте резонансного поглощения атомами электромагнитных волн. Человека помещают в создаваемое МРТ-аппаратом магнитное поле, при этом молекулы в организме разворачиваются по направлению магнитного поля. После этого радиоволной проводят сканирование. Изменение состояния молекул передаются в компьютер, где проводится обработка полученных данных. В отличие от компьютерной томографии МРТ

позволяет получить высокоточное изображение патологического процесса в тканях в разных плоскостях.

Вес магнита в МРТ-аппаратах огромен – от 5 до 45 тонн, а сила статического магнитного поля МРТ (изменяемая в Теслах – Т) примерно в 12000–66000 раз сильнее магнитного поля Земли [7]. Воздействие распространяется на несколько метров за пределы туннеля сканера, слабея при удалении [7]. Пациент при исследовании испытывает влияние трех типов полей: статического магнитного поля, градиентного магнитного поля и радиочастотного. Магнит в аппарате МРТ работает всегда и мощно притягивает любые ферромагнитные материалы (состоящие из железа, кобальта, никеля и их сплавов, которые сильно намагничиваются во внешнем магнитном поле), что может привести к серьезным травмам, а в некоторых случаях и к смерти [3]. Кроме того, градиентные магнитные поля способны вызывать стимуляцию периферических нервов и мышц, спровоцировав непроизвольное движение конечностей или даже фибрилляции желудочков сердца [4], а сильное радиочастотное поле может вызвать нагрев тканей пациента, при контакте с любыми металлическими материалами и привести к ожогам [5].

Основной риск при прохождении МРТ связан именно с очень сильным статическим магнитным полем, которое буквально силой всасывает металлические предметы внутрь аппарата (это явление назвали «эффектом ракеты или эффектом снаряда»). Первая подобная ситуация при МРТ-сканировании произошла 26.07.2001 года, когда шестилетний Майкл Коломбини проходил плановое контрольное МРТ-обследование после операции по удалению опухоли головного мозга в медицинском центре Вестчестера в Нью-Йорке. В середине обследования у ребенка прекратилась подача кислорода. В спешке сотрудник занес в кабинет МРТ стальной кислородный баллон, не зная (или забыв) о притяжении магнита. В одно мгновение 10-тонный магнит томографа притянул этот тяжелый баллон через всю комнату в полость аппарата. Баллон ударил Майкла по голове, вызвав смертельный перелом черепа. От полученных травм через два дня ребенок скончался [8]. Трагедия потрясла медицинское сообщество и заставила усилить меры безопасности при МРТ-исследовании.

Однако трагические эпизоды регистрируется до сих пор. Так, 17.07.2025 года смертельный случай при МРТ-сканировании в США произошел с 61-летним Китом МакАллистером, который сопровождал свою жену в медицинский центр для проведения МРТ колена, где использовался «открытый» МРТ-сканер. На шее

мужчины была металлическая цепь весом 9 кг. После завершения сканирования техник МРТ, с которым был знаком Кит, разрешил мужчине войти в кабинет, чтобы помочь его жене встать со стола. Когда тот подошел к магниту, его за цепь с силой притянуло внутрь, ударив об аппарат так сильно, что мужчина обмяк на руках жены. Цепь при этом затянулась вокруг его шеи и туловища. Прибывшие на место происшествия сотрудники экстренных служб выявили у пострадавшего остановку сердца. На следующий день мужчина умер [9].

В научной литературе описаны травмы пациентов при МРТ-исследовании, где фигурируют различные железосодержащие предметы, в том числе носилки [10], инвалидные коляски [11], поломоечные машины [12], тележки [13], мониторы пациентов [13], штативы для внутривенных вливаний [2] и более мелкие предметы (ювелирные украшения, монеты, ключи, сотовые телефоны) [14]. Случались экзотические эпизоды, когда, например, пациентка пронесла в кабинет МРТ пистолет, который в ходе сканирования притянулся к магниту и произвел выстрел (несмертельный) в область ягодицы [15].

Большое исследование по несчастным случаям при МРТ среди ортопедических больных провели японские исследователи [2]. Япония занимает первое место в мире как по количеству МРТ-исследований, так и по наличию магнитно-резонансных томографов. В этой стране насчитывается 57,39 аппаратов на 1 миллион человек, что в 7 раз больше, чем в среднем в других государствах [16]. С 2004 года в крупных медицинских учреждениях Японии введена регистрация всех медицинских неблагоприятных событий, находящихся в единой базе. Учеными были просмотрены 104659 сообщений, зарегистрированных с 1 января 2010 г. по 31 декабря 2019 г., из которых было отобрано 172 сообщения о несчастных случаях, связанных с наличием ферромагнитных объектов в кабинете МРТ (0,16% от всех случаев). Анализ этих 172 случаев, показал, что самыми распространенными ферромагнитными устройствами, попадавшими в кабинеты МРТ, были кардиостимуляторы (n = 22). Также встречались крупные предметы: кислородные баллоны (n = 12), носилки (n = 1), штативы для внутривенных вливаний (n = 7), утяжелители для лодыжек (n = 4), шагомеры (n = 3), протезы (n = 2). Остальные предметы были мелкими – сосудистые стенты (8), термометры (7), слуховые аппараты (3), искусственные зубы и т.п. Наиболее распространенной причиной несчастных случаев было «несоблюдение правил проверки» перед МРТ-сканированием (69%). Фактический вред пациентам был причинен в 9% отобранных случаев, смертельных исходов не было.

Несмотря на отсутствие сбоев в работе электрокардиостимуляторов в Японии, в других странах несчастные случаи с электрокардиостимуляторами при МРТ происходят постоянно [3-5, 17]. *В России* 26.08.2024 при МРТ-исследовании пациентки с кардиостимулятором произошел сбой устройства, повлекший ее смерть, о чем года сообщила Прокуратура Архангельской области и Ненецкого автономного округа [18].

В мире постоянно увеличивается число людей с наличием имплантируемых устройств, особенно с сердечными имплантатам: протезами сердечных клапанов, стентами коронарных артерий, имплантируемыми кардиовертерами-дефибрилляторами и электрокардиостимуляторами. Опасность связана с возможностью смещения, отсоединения, дисфункции или повреждения устройства, вызванного взаимодействием с магнитным полем, если в устройстве есть металлические компоненты (ферромагнетики) [4]. В 2018 году среди пациентов, проходящих МРТ, насчитывалось от 10 до 20% людей с медицинскими имплантами [19]. В литературе описаны случаи смещения кохлеарных имплантатов, клипс для аневризм головного мозга, инфузионных насосов, приводящих к смерти [14]. Кроме того, был зарегистрирован случай травмы глазницы, когда необнаруженная металлическая частица внутри глаза рабочего-металлурга при МРТ-сканировании пришла в движение, что привело к слепоте [19].

Помимо статического магнитного поля на пациента, проходящего МРТ-сканирование, оказывает воздействие (вторичное) магнитное поле, создаваемое градиентными катушками. В процессе создания изображения градиентное поле включается и выключается. По этой причине оно является изменяющимся во времени и варьируется от сверхнизкочастотного до высокочастотного. Градиентные магнитные поля могут представлять биологическую опасность, вызывая стимуляцию периферических нервов и мышц (подергивание конечностей) или даже стимуляцию сердца, в том числе фибрилляцию желудочков [21, 22].

Но, пожалуй, одно из самых распространенных нежелательных явлений при МРТ-исследовании – ожоги пациентов, на которые приходится 59% нежелательных случаев [5]. Они могут быть вызваны: радиочастотным (РЧ) излучением, вихревыми токами, контактом с металлическими предметами, с собственной кожей человека или даже со стенкой канала. Тяжесть варьируется от легких ожогов в виде небольших волдырей [23-25] до тяжелых ожогов, требующих ампутации [26]. В научной литературе разобраны многочисленные случаи

термических ожогов, возникшие у пациентов, имеющих металлические импланты или имплантируемыми устройства [26], либо пользовавшихся медицинскими изделиями – пульсоксиметром) [27], системами мониторинга глюкозы [28], лекарственными пластырями [29, 30] и даже мазью с оксидом цинка [31]. В период пандемии COVID-19 были зарегистрированы ожоги лица у пациентов, проходивших МРТ-сканирование в медицинской маске, если в ней присутствовал металл: например, стальные крепления для носа, наночастицы серебра или медное антимикробное покрытие [32]. Частое явление – наличие в современной одежде металлических нитей, которые также способны вызывать ожоги тела [33-35]. Проблемами при МРТ-исследовании пациента или пациентки могут стать косметика, перманентный макияж или татуировки, краски которых имеют металлические вкрапления и могут нагреваться [36-37]. Даже нарощенные волосы способны создавать условия для нагрева тела радиочастотным излучением, так как содержат металлические микрогранулы [38].

В последние годы стали встречаться пациенты с имплантированными RFID-чипами (Radio Frequency Identification), представляющие миниатюрный (размером с рисовое зернышко) электронный имплант с микросхемой и антенной, который хранит информацию и передает её на считывающее устройство по радиосигналу, позволяя автоматически идентифицировать и отслеживать объекты без прямого контакта. За рубежом таким пациентам МРТ-графия разрешена, но наблюдения показывают, что качество изображения в зоне чипа может быть нечетким [39].

Но в целом магнитно-резонансная томография – безопасный диагностический метод, так как в отличие от ионизирующего излучения оно не изменяет положения атомов, не влияет на их структуру и состав [3]. Убедительных доказательств вредного биологического воздействия статического магнитного поля при применяемых параметрах МРТ-графии не было обнаружено [40-44]. Из биологических эффектов, как уже отмечалось, возможна стимуляция нервов и мышц, вызывающая у больных дискомфорт и неприятные ощущения [26]. Кроме того, во время МРТ отмечается нагрев некоторых органов – глаза, яичек [5], увеличивается вязкость крови при 1,5 Т, происходит снижение проницаемости мембраны эритроцитов и скорости оседания эритроцитов [42], поэтому была введена рекомендация по ограничению магнитного поля до 2Т для исследования головы и туловища, и до 8Т для облучения конечностей [4].

При условии исправного оборудования и строгого соблюдения техники МРТ-исследования большинства описанных выше случаев можно было избежать [2-6,

14, 40-44]. Кроме того, учитывая широкое использование МРТ в клинической практике (более 100 миллионами сканирований в год) крайне важной задачей является необходимость всестороннего уточнения протоколов безопасности, так как число несчастных случаев при МРТ за последние 13 лет выросло в 4 раза из-за увеличения количества пациентов с металлическими устройствами, имплантатами и боди-артом [7, 14].

Большинство современных рекомендаций безопасности при МРТ-исследовании сводятся к устранению самых уязвимых моментов. Предполагается строгое зонирование помещений МРТ на 4 зоны, для предупреждения входа посторонних в кабинет МРТ («зона снаряда») и в зону перед кабинетом МРТ. Для профилактики заноса металлических предметов необходимо проводить тщательный досмотр пациентов перед МРТ-графией с возможным использованием металлодетекторов [45]. Также проводится анкетирование пациентов на предмет наличия имплантов, в том числе тех, которые при МРТ выходят из строя (инсулиновые помпы, электрокардиостимуляторы, вживленные слуховые аппараты и т.п.). Важным фактором снижения потенциальных нежелательных событий является изучение историй болезни пациентов, особенно пожилых людей и детей, так как именно среди этих контингентов чаще всего наблюдались инциденты при МРТ-сканировании [2]. Для предупреждения ожогов от одежды рекомендуется переодевание пациента в халат без карманов из безопасной ткани [5]. Пациентам с имплантатами и медицинскими устройствами разрешается проходить МРТ-сканирование только в том случае, если имплантаты безопасны или совместимы с МРТ, что подтверждено документами [5]. И, безусловно, в профилактике инцидентов чрезвычайно важны знания медицинских работников обо всех возможных осложнениях при МРТ [45].

В просмотренных научных российских журналах освещалась безопасность МРТ-исследования при кардиологических заболеваниях у людей с имплантированными электрокардиостимуляторами и кардиовертерами-дефибрилляторами с отсылкой на зарубежные источники [46-47]. Публикации о несчастных случаях в России при МРТ-сканировании, связанных с ферромагнитными предметами, не найдены. Возможно, отсутствие отечественных научных статей обусловлено не только небольшим количеством нежелательных событий, но и небольшим числом наблюдений, так как в России на 1 млн населения приходится 5,2 томографа (что в 11 раз меньше, чем в Японии). Между тем поиск по новостям в интернете, кроме уже описанного события в Архангельске [18], выявил недавний аналогичный смертельный случай в Свердловской области, где врач-онколог, не зная, что у

пациента установлен электрокардиостимулятор, отправил больного на МРТ-графию [48]. В комментариях пользователей к этой новости лейтмотивом проходит вывод – в происшествии виноваты три человека: пациент, который утаил наличие электрокардиостимулятора, врач-онколог плохо собравший анамнез, специалист МРТ, допустивший больного в МРТ-кабинет, хотя должен был тщательно проверить наличие металлических предметов. Именно неосведомленность этих лиц привела к несчастному случаю. Несмотря на постоянный инструктаж специалистов МРТ-кабинетов, медицинских работников разных специальностей и пациентов, направленных на МРТ-исследования, их базовые знания о правилах безопасности зачастую бывают ограниченными, что подтверждается анкетированием, которое проводилось учеными из Саудовской Аравии: недостаточные знания показали 31,8% медработников (из 387 опрошенных человек) [49] и 57% пациентов, проходивших МРТ-сканирование (из 446 опрошенных больных) [50]. В российской научной печати подобные данные, к сожалению, отсутствуют.

В целом отечественные статьи по профилактике негативных событий при МРТ-исследовании касались соблюдения правил безопасности [51-54], которые соответствуют зарубежным стандартам [49] (по зонированию помещений, предупреждению попадания металлических предметов, перечню абсолютных и относительных противопоказаний, анкетированию пациентов, проведению исследований у пациентов с имплантами) [51-53]. Показано, что МРТ-графия безопасна для больных с немагнитными (титановыми) медицинскими имплантами (стальные скобки или проволока для сшивания грудины, простые или покрытые коронарные стенты) [51, 52]. Исследование не вызывало смещения и нагревания инородных тел (дроби), протезов тазобедренных суставов, внутриматочных спиралей [51]. Также было отмечено, что несмотря на потенциальную опасность ожогов при наличии татуировок и косметики на практике подобных инцидентов за 30-летний период не установлено [51]. Анализ выявил, что по мере накопления данных и появления новых устройств, совместимых с аппаратом МРТ, показания к исследованию постоянно расширяются, так как возможности метода шире диагностических [53]. В частности, МРТ-сканирование при инфаркте миокарда позволяет не только обнаружить характер патологических изменений в сердце, но и определить мишени для кардиопротективной терапии, а потом оценить эффективность лечения [54].

Между тем риски безопасности остаются, иногда самые неожиданные: недавно российские интернет-магазины за 250 руб. стали предлагать многоразовые

искусственные ресницы с маленькими магнитами, которые крепятся на магнитную краску-подводку. В опроснике пациентов, которым назначено МРТ-исследование, подобные предметы отсутствуют, поэтому самый простой способ выявления всех потенциально опасных предметов – допуск больных в МРТ-кабинет только после проверки ферромагнитным детектором. Кроме того, за рубежом для кабинетов МРТ разработана система автоматической регистрации перемещения ферромагнитных материалов (FerrAlert FerroMagnetic Incident Log Manager – FILM), которая монтируется в двери кабинета и автоматически записывает в журнал событий любые попытки заноса ферромагнитных предметов (что не исключает предварительного опроса пациентов).

Заключение. Высокие диагностические возможности метода МРТ будут способствовать увеличению числа как самих магнитно-резонансных томографов в России, так и числа пациентов, которым назначено МРТ-исследование. Во избежание нежелательных явлений при МРТ-графии следует обеспечить непрерывное обучение и повышение квалификации не только специалистов МРТ-кабинетов, но и медицинских работников других профилей, где применяется этот метод диагностики. Перед МРТ-графией необходимо проводить инструктаж и анкетирование пациентов, предусмотреть переодевание больных в одежду без карманов из безопасной ткани и проведение контроля ферромагнитным детектором. В медицинских организациях следует регистрировать непредвиденные происшествия и проводить их разбор. Для профилактики новых рисков необходимо постоянно пересматривать действующие правила безопасности и памятки для пациентов, проходящих МРТ-графию.

Вклад авторов:

Сбор, анализ материала, написание и оформление статьи – Щучинов Л.В.

Редактирование – Новикова И.И.

Все авторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех ее частей.

Author contribution:

Concept and design of the study, collection and processing, writing the text and designing the article – Shchuchinov L.V.

Editing – Novikova I.I.

Authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Список литературы:

1. *Ayasrah M. Analysis of collected magnetic resonance imaging incidents in Jordan.* Materials Today: Proceedings. 2023; 80: 3092–3097. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.172

2. Inaguma K., Kotani T., Kishida S., Sakuma T., Ueno K., Iijima Y. et al. Medical accidents related to ferromagnetic objects brought into the MRI room: analysis of the national multicenter database by orthopedic surgeons. Spine Surg Relat Res. 2022; 7 (1): 96–102. https://doi.org/10.22603/ssrr.2022-0110

3. Mittendorff L., Young A., Sim J. A narrative review of current and emerging MRI safety issues: What every MRI technologist (radiographer) needs to know. J Med Radiat Sci. 2021; 69: 250–260. https://doi.org/10.1002/jmrs.546

4. Hartwig V., Giovannetti G., Vanello N., Lombardi M., Landini L., Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. Int J Environ Res Public Health. 2009; 6 (6): 1778–1798. https://doi.org/10.3390/ijerph6061778

5. Baker C., Nugent B., Grainger D., Hewis J., Malamateniou C. Systematic review of MRI safety literature in relation to radiofrequency thermal injury prevention. J Med Radiat Sci. 2024; 71 (3): 445-460. https://doi.org/10.1002/jmrs.800

6. Zandieh G., Yazdaninia I., Afyouni S., Borhani A., Yokoo T., Kamel I.R. Updates on the MR safety guidelines – Essentials for radiologists. Clin Imaging. 2025 Feb; 118: 110394. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2024.110394

7. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

8. Boy, 6, Killed in Freak MRI Accident – ABC News. January 7, 2006, 9:21 AM. URL:https://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/boy_6_killed_in_freak_mri_accident_-_abc_news.pdf

9. Man dies after being pulled into an MRI by a metal chain he wore, police say. CNN. Jul. 21, 2025. URL: https://edition.cnn.com/2025/07/20/health/mri-machine-death-long-island

10. Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008: part 2, screening patients for MRI. AJR Am J Roentgenol. 2008; 191: 1140–1149. https://doi.org/10.2214/AJR.08.1038.2

11. Ejinsight. MRI scanner sucks up wheelchair in Shanghai hospital, 2017. Available from http://www.ejinsight.com/20160707-mri-scanner-sucks-up-wheelchair-in-shanghai-hospital/ (Accessed Apr 25, 2021).

12. Tsai LL, Grant AK, Mortele KJ, Kung JW, Smith MP. A practical guide to MR imaging safety: what radiologists need to know. Radiographics. 2015; 35: 1722–1737. https://doi.org/10.1148/rg.2015150108.

13. Kihlberg J., Hansson B., Hall A., Tisell A., Lundberg P. Magnetic resonance imaging incidents are severely underreported: a finding in a multicentre interview survey. Eur Radiol. 2022; 32 (1): 477–488. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08160-w

14. Cross N.M., Hoff M.N., Kanal K.M. Avoiding MRI-Related Accidents: A Practical Approach to Implementing MR Safety. J. Am Coll Radiol. 2018 Dec; 15 (12): 1738–1744. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.06.022

15. MRI machine causes Wisconsin woman's gun to fire, shooting her in buttocks. December 12, 2023. CBS Minnesota. URL: https://www.cbsnews.com/minnesota/news/wisconsin-woman-suffers-gunshot-wound-after-bringing-gun-into-mri-machine/

16. *Organization for Economic Co-operation and Development. Health Data [cited 2021 March 31]; Available from:* https://data.oecd.org/healtheqt/magnetic-resonance-imaging-mri-units.htm

17. *Ferris N.J., Kavnoudias H., Thiel C., et al. The 2005 Australian MRI safety survey. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188 (5): 1388*–1394. https://doi.org/10.2214/ajr.06.0911

18. В Архангельске в суд направлено уголовное дело в отношении врача медицинского учреждения, допустившего по неосторожности смерть человека. *URL:* https://t.me/arhoblprok/1733 (дата обращения: 06.08.2025).

19. Song T., Xu Z., Iacono M.I., Angelone L.M., Rajan S. Retrospective analysis of RF heating measurements of passive medical implants. Magn Reson Med 2018; 80: 2726–2730. https://doi.org/10.1002/mrm.27346

20. Mamas N., Andreanos K., Brouzas D., et al. Acute ocular pain during magnetic resonance imaging due to retained intraocular metallic foreign body: the role of

ultrasonography and ultrasound biomicroscopy in diagnosis and management of this condition. J Ultrasound. 2018; 21: 159–163. https://doi.org/10.1007/s40477-018-0289-2

21. Vogt F.M., Ladd M.E., Hunold .P, Mateiescu S., Hebrank F.X., Zhang A., Debatin J.F., Göhde S.C. Increased time rate of change of gradient fields: effect on peripheral nerve stimulation at clinical MR imaging. Radiology. 2004; 233: 548–554. https://doi.org/10.1148/radiol.2332030428

22. Crozier S., Wang H., Trakic A. Liu F. Exposure of workers to pulsed gradients in MRI. J. Mag. Res. Imaging. 2007; 26: 1236–1254. https://doi.org/10.1002/jmri.21162

23. Elster A. Thermal injuries: how do burns occur in MRI? Available from: https://www.mriquestions.com/rf-burns.html (accessed June 14, 2022).

24. Hardy P.T., Weil K.M. A review of thermal MR injuries. Radiol Technol. 2010; 81: 606–609.

25. Tagell L., Alcheikh A., Jurevics R., Nair A.P. Thigh burn – A magnetic resonance imaging (MRI) related adverse event. Radiol Case Rep. 2020; 15: 2569–2571. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.046

26. Haik J., Daniel S., Tessone A., Orenstein A., Winkler E. MRI induced fourth-degree burn in an extremity, leading to amputation. Burns 2007; 35: 294–296. https://doi.org/10.1016/j.burns.2007.11.008

27. Sung S.J., Park Y.S., Cho J.Y. Full thickness burn on the finger due to pulse oximetry during magnetic resonance imaging in a conscious patient. Arch Plast Surg. 2016; 43: 612–613. https://doi.org/10.5999/aps.2016.43.6.612

28. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

29. Afanasjeva J., Gabay M., Poznanski T., Kerns S. Transdermal Patch Administration and Magnetic Resonance Imaging (MRI) – 2020. Hosp Pharm. 2022; 57: 117–120. https://doi.org/10.1177/0018578720987138

30. Shellock F. Safety topic/article 198: Transdermal medication patches and other drug delivery patches. 2022. Available from: http://www.mrisafety.com/TMDL_list.php?mastertable=SafetyInformation&masterkey1=198

31. Tjalma W.A.A. Burning of an ulcerated breast cancer during MRI: a lesson to be learned. JBR-BTR. 2014; 97: 125. https://doi.org/10.5334/jbr-btr.42

32. Keenan B.E., Lacan F., Cooper A., Evans S.L., Evans J. MRI safety, imaging artefacts, and grid distortion evaluated for FFP3 respiratory masks worn throughout the COVID-19 pandemic. Clin Radiol. 2022; 77: 660–666. https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.001

33. Tokue H., Tokue A., Tsushima Y. Unexpected magnetic resonance imaging burn injuries from jogging pants. Radiol Case Rep. 2019; 14: 1348–1351. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2019.08.015

34. Pietryga J.A., Fonder M.A., Rogg J.M., North D.L., Bercovitch L.G. Invisible metallic microfibre in clothing presents unrecognized MRI risk for cutaneous burn. Am J Neuroradiol. 2013; 34: 47–50. https://doi.org/10.3174/ajnr.a2827

35. Styan T., Hoff M. The dangers of fabric in MRI. Curr Probl Diagn Radiol. 2023; 52: 6–9. https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2022.07.011

36. Callaghan M.F., Negus C., Leff A.P., Creasey M., Burns S., Glensman J., Bradbury D., Williams E., Weiskopf N. Safety of tattoos in persons undergoing MRI. N Engl J Med. 2019; 380: 495–496. https://doi.org/10.1056/nejmc1811197

37. Lohner V., Enkirch S.J., Hattingen E., Stocker T., Breteler M.M.B. Safety of tattoos, permanent make-up, and medical implants in population-based 3T magnetic resonance brain imaging: the Rhineland study. Front Neurol. 2022; 13: 795573. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.795573

38. Kapoor R., Wang J., Zavala A.M., Truong A.T., Truong D. Metallic microbeads for hair extensions: Hidden dangers for magnetic resonance imaging. Radiol Case Rep. 2022; 17: 3274–3276. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.06.036

39. Fram B.R., Rivlin M., Beredjiklian P.K. On emerging technology: what to know when your patient has a microchip in his hand. J Hand Surg Am. 2020; 45: 645–649. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.01.008

40. *Keevil S. Safety in magnetic resonance imaging. Int J Med Phys. 2016; 4: 26–34.* http://mpijournal.org/pdf/2016-01/MPI-2016-01-p026.pdf

41. *Fagan A.J., Bitz A.K., Bjorkman-Burtscher I.M., Collins C.M., Kimbrell V. 7T MR safety. J Magn Reson Imaging 2020; 53: 333–346.* https://doi.org/10.1002/jmri.27319

42. *Hoff M., McKinney A., Shellock F., et al. Safety considerations of 7-T MRI in clinical practice. Radiology. 2019; 292: 509–518.* https://doi.org/10.1148/radiol.2019182742

43. Yamamoto T., Nagayama Y., Tamura M. A blood oxygenation dependent increase in blood viscosity due to a static magnetic field. Phys. Med. Biol. 2004; 49: 3267–3277. https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/14/017

44. *Gilk T., Kanal E. RSNA – MRI accidents and adverse events. 2012; Available from:* https://www.youtube.com/watch?v=c-iMRYXhlzg

45. *Kanal E., Greenberg T., Hoff M.N., et al. ACR Manual on MR Safety. American College of Radiology, United. Kingdom, 2020.*

46. *Бокерия О.Л., Ахобеков А.А. Безопасность проведения магнитно-резонансной томографии у пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами и кардиовертерами-дефибрилляторами. Анналы аритмологии. 2012; 2: 32–39.*

47. *Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Петряйкин А.В., Кивасев С.А., Семенов Д.С., Васильев Ю.А., Морозов С.П., Владзимирский А.В., Низовцова Л.А. Безопасность проведения магнитно-резонансного исследования пациентам с имплантируемыми медицинскими изделиями. Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН. 2019; 20 (4): 313–323.* https://doi.org/10.24022/1810-0694-2019-20-4-313-323

48. В Свердловской области вынесли приговор врачу, у которого пациент умер после МРТ. *URL:* https://www.e1.ru/text/incidents/2025/06/09/75565793/ (дата обращения: 09.06.2025).

49. Kanbayti I.H. Exploring MRI safety knowledge among physicians and nurses in Saudi Arabia: highlighting knowledge gaps and key influencing factors. J Med Radiat Sci. 2025; 72 (2): 255–263. https://doi.org/10.1002/jmrs.858

50. Alghamdi S.A. Assessment of patients' knowledge and *perceptions of MRI scans and safety* in *Saudi Arabia.* Int J Gen Med. 2022; 15: 6289–6299. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1439131

51. Синицын В.Е. Безопасность магнитно-резонансной томографии – современное состояние вопроса. Диагностическая и инвертационная радиология. 2010; 3 (4): 61–66. URL: https://radiology-diagnos.ru/sites/default/files/vol4_3_2010_p61-66.pdf (дата обращения: 07.01.2026)

52. Синицын В.Е., Стукалова О.В., Куприянова О.М. и др. Безопасность МР-томографии после коронарного стентирования. Кардиология. 2007; 6: 94–96.

53. Тереничева М.А., Стукалова О.В., Шахнович Р.М., Терновой С.К. Роль магнитно-резонансной томографии сердца в определении прогноза больных с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Часть 1. Показания и противопоказания к исследованию. Основные методики. Терапевтический архив. 2021; 93 (4): 497–501. https://doi.org/10.26442/00403660.2021.04.200687

54. *Тереничева М.А., Стукалова О.В., Шахнович Р.М., Терновой С.К. Роль магнитно-резонансной томографии сердца в определении прогноза больных с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. Часть 2. Оценка прогноза заболевания. Терапевтический архив. 2022; 94 (4): 552–557.* https://doi.org/10.26442/00403660.2022.04.201458

References:

1. *Ayasrah M. Analysis of collected magnetic resonance imaging incidents in Jordan*. Materials Today: Proceedings. 2023; 80: 3092–3097. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.172

2. Inaguma K., Kotani T., Kishida S., Sakuma T., Ueno K., Iijima Y. et al. Medical accidents related to ferromagnetic objects brought into the MRI room: analysis of the national multicenter database by orthopedic surgeons. Spine Surg Relat Res. 2022; 7 (1): 96–102. https://doi.org/10.22603/ssrr.2022-0110

3. Mittendorff L., Young A., Sim J. A narrative review of current and emerging MRI safety issues: What every MRI technologist (radiographer) needs to know. J Med Radiat Sci. 2021; 69: 250–260. https://doi.org/10.1002/jmrs.546

4. Hartwig V., Giovannetti G., Vanello N., Lombardi M., Landini L., Simi S. Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. Int J Environ Res Public Health. 2009; 6 (6): 1778–1798. https://doi.org/10.3390/ijerph6061778

5. Baker C., Nugent B., Grainger D., Hewis J., Malamateniou C. Systematic review of MRI safety literature in relation to radiofrequency thermal injury prevention. J Med Radiat Sci. 2024; 71 (3): 445-460. https://doi.org/10.1002/jmrs.800

6. Zandieh G., Yazdaninia I., Afyouni S., Borhani A., Yokoo T., Kamel I.R. Updates on the MR safety guidelines – Essentials for radiologists. Clin Imaging. 2025 Feb; 118: 110394. https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2024.110394

7. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

8. Boy, 6, Killed in Freak MRI Accident – ABC News. January 7, 2006, 9:21 AM. URL:https://mriquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/boy_6_killed_in_freak_mri_accident_-_abc_news.pdf

9. Man dies after being pulled into an MRI by a metal chain he wore, police say. CNN. Jul. 21, 2025. URL: https://edition.cnn.com/2025/07/20/health/mri-machine-death-long-island

10. *Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008: part 2, screening patients for MRI. AJR Am J Roentgenol. 2008; 191: 1140–1149.* https://doi.org/10.2214/AJR.08.1038.2

11. Ejinsight. MRI scanner sucks up wheelchair in Shanghai hospital, 2017. Available from http://www.ejinsight.com/20160707-mri-scanner-sucks-up-wheelchair-in-shanghai-hospital/ (Accessed Apr 25, 2021).

12. *Tsai LL, Grant AK, Mortele KJ, Kung JW, Smith MP. A practical guide to MR imaging safety: what radiologists need to know. Radiographics. 2015; 35:1722–1737.* https://doi.org/10.1148/rg.2015150108.

13. Kihlberg J., Hansson B., Hall A., Tisell A., Lundberg P. Magnetic resonance imaging incidents are severely underreported: a finding in a multicentre interview survey. Eur Radiol. 2022; 32 (1): 477–488. https://doi.org/10.1007/s00330-021-08160-w

14. Cross N.M., Hoff M.N., Kanal K.M. Avoiding MRI-Related Accidents: A Practical Approach to Implementing MR Safety. J. Am Coll Radiol. 2018 Dec; 15 (12): 1738–1744. https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.06.022

15. MRI machine causes Wisconsin woman's gun to fire, shooting her in buttocks. December 12, 2023. CBS Minnesota. URL: https://www.cbsnews.com/minnesota/news/wisconsin-woman-suffers-gunshot-wound-after-bringing-gun-into-mri-machine/

16. *Organization for Economic Co-operation and Development. Health Data [accessed 2021 March 31]; Available at:* https://data.oecd.org/healtheqt/magnetic-resonance-imaging-mri-units.htm

17. *Ferris N.J., Kavnoudias H., Thiel C., et al. The 2005 Australian MRI safety survey. AJR Am J Roentgenol. 2007; 188 (5): 1388–1394.* https://doi.org/10.2214/ajr.06.0911

18. In Arkhangelsk, a criminal case has been sent to court against a doctor at a medical institution who, through negligence, allowed the death of a person. *URL:* https://t.me/arhoblprok/1733 (06.08.2025) (In Russ.).

19. Song T., Xu Z., Iacono M.I., Angelone L.M., Rajan S. Retrospective analysis of RF heating measurements of passive medical implants. Magn Reson Med. 2018; 80: 2726–2730. https://doi.org/10.1002/mrm.27346

20. Mamas N., Andreanos K., Brouzas D., et al. Acute ocular pain during magnetic resonance imaging due to retained intraocular metallic foreign body: the role of ultrasonography and ultrasound biomicroscopy in diagnosis and management of this condition. J Ultrasound. 2018; 21: 159–163. https://doi.org/10.1007/s40477-018-0289-2

21. Vogt F.M., Ladd M.E., Hunold .P, Mateiescu S., Hebrank F.X., Zhang A., Debatin J.F., Göhde S.C. Increased time rate of change of gradient fields: effect on peripheral nerve stimulation at clinical MR imaging. Radiology. 2004; 233: 548–554. https://doi.org/10.1148/radiol.2332030428

22. Crozier S., Wang H., Trakic A. Liu F. Exposure of workers to pulsed gradients in MRI. J. Mag. Res. Imaging. 2007; 26: 1236–1254. https://doi.org/10.1002/jmri.21162

23. Elster A. Thermal injuries: how do burns occur in MRI? Available from: https://www.mriquestions.com/rf-burns.html (accessed June 14, 2022).

24. Hardy P.T., Weil K.M. A review of thermal MR injuries. Radiol Technol. 2010; 81: 606–609.

25. Tagell L., Alcheikh A., Jurevics R., Nair A.P. Thigh burn – A magnetic resonance imaging (MRI) related adverse event. Radiol Case Rep. 2020; 15: 2569–2571. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.046

26. Haik J., Daniel S., Tessone A., Orenstein A., Winkler E. MRI induced fourth-degree burn in an extremity, leading to amputation. Burns 2007; 35: 294–296. https://doi.org/10.1016/j.burns.2007.11.008

27. Sung S.J., Park Y.S., Cho J.Y. Full thickness burn on the finger due to pulse oximetry during magnetic resonance imaging in a conscious patient. Arch Plast Surg. 2016; 43: 612–613. https://doi.org/10.5999/aps.2016.43.6.612

28. Kanal E. Standardized approaches to MR safety assessment of patients with implanted devices. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2020; 28: 537–548. https://doi.org/10.1016/j.mric.2020.07.003

29. Afanasieva J., Gabay M., Poznanski T., Kerns S. Transdermal Patch Administration and Magnetic Resonance Imaging (MRI) – 2020. Hosp Pharm. 2022; 57: 117–120. (In Russ.) https://doi.org/10.1177/0018578720987138

30. Shellock F. Safety topic/article 198: Transdermal medication patches and other drug delivery patches. 2022. Available at: http://www.mrisafety.com/TMDL_list.php?mastertable=SafetyInformation&masterkey1=198

31. Tjalma W.A.A. Burning of an ulcerated breast cancer during MRI: a lesson to be learned. JBR-BTR. 2014; 97: 125. https://doi.org/10.5334/jbr-btr.42

32. Keenan B.E., Lacan F., Cooper A., Evans S.L., Evans J. MRI safety, imaging artefacts, and grid distortion evaluated for FFP3 respiratory masks worn throughout the COVID-19 pandemic. Clin Radiol. 2022; 77: 660–666. https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.05.001

33. Tokue H., Tokue A., Tsushima Y. Unexpected magnetic resonance imaging burn injuries from jogging pants. Radiol Case Rep. 2019; 14: 1348–1351. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2019.08.015

34. Pietryga J.A., Fonder M.A., Rogg J.M., North D.L., Bercovitch L.G. Invisible metallic microfibre in clothing presents unrecognized MRI risk for cutaneous burn. Am J Neuroradiol. 2013; 34: 47–50. https://doi.org/10.3174/ajnr.a2827

35. Styan T., Hoff M. The dangers of fabric in MRI. Curr Probl Diagn Radiol. 2023; 52: 6–9. https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2022.07.011

36. Callaghan M.F., Negus C., Leff A.P., Creasey M., Burns S., Glensman J., Bradbury D., Williams E., Weiskopf N. Safety of tattoos in persons undergoing MRI. N Engl J Med. 2019; 380: 495–496. https://doi.org/10.1056/nejmc1811197

37. Lohner V., Enkirch S.J., Hattingen E., Stocker T., Breteler M.M.B. Safety of tattoos, permanent make-up, and medical implants in population-based 3T magnetic resonance brain imaging: the Rhineland study. Front Neurol. 2022; 13: 795573. https://doi.org/10.3389/fneur.2022.795573

38. Kapoor R., Wang J., Zavala A.M., Truong A.T., Truong D. Metallic microbeads for hair extensions: Hidden dangers for magnetic resonance imaging. Radiol Case Rep. 2022; 17: 3274-3276. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.06.036

39. Fram B.R., Rivlin M., Beredjiklian P.K. On emerging technology: what to know when your patient has a microchip in his hand. J Hand Surg Am. 2020; 45: 645–649. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2020.01.008

40. *Keevil S. Safety in magnetic resonance imaging. Int J Med Phys. 2016; 4: 26–34.* http://mpijournal.org/pdf/2016-01/MPI-2016-01-p026.pdf

41. *Fagan A.J., Bitz A.K., Bjorkman-Burtscher I.M., Collins CM, Kimbrell V. 7T MR safety. J Magn Reson Imaging 2020; 53: 333–346.* https://doi.org/10.1002/jmri.27319

42. *Hoff M., McKinney A., Shellock F., et al. Safety considerations of 7-T MRI in clinical practice. Radiology. 2019; 292: 509–518.* https://doi.org/10.1148/radiol.2019182742

43. Yamamoto T., Nagayama Y., Tamura M. A blood oxygenation dependent increase in blood viscosity due to a static magnetic field. Phys. Med. Biol. 2004; 49: 3267–3277. https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/14/017

44. *Gilk T., Kanal E. RSNA – MRI accidents and adverse events. 2012; Available from:* https://www.youtube.com/watch?v=c-iMRYXhlzg

45. *Kanal E., Greenberg T., Hoff M.N., et al. ACR Manual on MR Safety. American College of Radiology, United. Kingdom, 2020.*

46. Bockeria O.L., Akhobekov A.A. Magnetic resonance imaging safety in patients with implanted cardiostimulators and cardioverters-defibrillators. Annals of Arrhythmology. 2012; 2: 32–39 (in Russ.).

47. *Sergunova K.A., Akhmad E.S., Petryaykin A.V., Kivasev S.A., Semenov D.S., Vasilev Yu.A., Morozov S.P., Vladzimirskiy A.V., Nizovtsova L.A. Magnetic resonance safety for patients with implanted medical devices. The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases. 2019; 20 (4): 313–323 (in Russ.).* https://doi.org/10.24022/1810-0694-2019-20-4-313-323

48. In the Sverdlovsk region, a doctor was sentenced for the death of a patient after an MRI. *URL:* https://www.e1.ru/text/incidents/2025/06/09/75565793/ (09.06.2025) (In Russ.)

49. Kanbayti I.H. Exploring MRI safety knowledge among physicians and nurses in Saudi Arabia: highlighting knowledge gaps and key influencing factors. J Med Radiat Sci. 2025; 72 (2): 255–263. https://doi.org/10.1002/jmrs.858

50. *Alghamdi S.A. Assessment of patients' knowledge* and *perceptions of MRI scans and safety* in *Saudi Arabia.* Int J Gen Med. 2022; 15: 6289–6299. https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1439131

51. Sinitsyn V.E. Safety of magnetic resonance imaging – the current state of the issue. *Diagnosticheskaya i invertacionnaya radiologiya*. 2010; 3 (4): 61–66. URL: https://radiology-diagnos.ru/sites/default/files/vol4_3_2010_p61-66.pdf (In Russ.)

52. Sinitsyn V.E., Stukalova O.V., Kupriyanova O.M. The safety of MRI after coronary stenting. *Kardiologiya*. 2007; 6: 94–96. (In Russ.)

53. Terenicheva M.A., Stukalova O.V., Shakhnovich R.M., Ternovoy S.K. The role of cardiac magnetic resonance imaging (cardiovascular magnetic resonance) in defining the prognosis of patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. Part 1. Indications and contraindications to cardiovascular magnetic resonance. *Terapevticheskii Arkhiv* (Ter. Arkh.). 2021; 93 (4): 497–501. (In Russ.) https://doi.org/10.26442/00403660.2021.04.200687

54. *Terenicheva M.A., Stukalova O.V., Shakhnovich R.M., Ternovoy S.K. The role of cardiac magnetic resonance imaging in defining the prognosis of patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction. Part 2. Assessment of the disease prognosis. Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.). 2022; 94(4): 552–557. (In Russ.)* https://doi.org/10.26442/00403660.2022.04.201458

Информация об авторах.

Леонид Васильевич Щучинов – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Роспотребнадзора. Россия, 630108, г. Новосибирск. Тел. 8-913-999-92-21, e-mail: leo2106@mail.ru , ORCID iD: 0000-0003-4691-752X