

БЕЗОПАСНОСТЬ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В.Е. Сеницын – д.м.н., проф., рук. центра

ФГУ «Лечебно-реабилитационный центр Росздрава»
Москва

Введение

В настоящее время магнитно-резонансная томография (МРТ) превратилась в широко распространенный метод лучевой диагностики. Известно, что она не связана с использованием ионизирующей радиации, и это ее важное достоинство. Тем не менее необходимо строго соблюдать определенные предосторожности при проведении МРТ. Рентгенологи и врачи других специальностей в большей или меньшей степени осведомлены о противопоказаниях к этому методу.

Но до сих пор, с одной стороны, возникают осложнения, связанные с пренебрежениями правилами безопасности ее проведения, с другой – приходится сталкиваться со случаями необоснованного отказа от выполнения необходимой пациенту МРТ из-за наличия безопасных немагнитных объектов в его теле. Западные радиологические общества регулярно публикуют и обновляют информацию о безопасности этого метода [1–5]. В нашей стране пока отсутствуют официальные документы и рекомендации по этому поводу. Наиболее известное и полное руководство по безопасности МРТ – специальная глава в книге под редакцией П.А. Ринкка [6].

Цель этого краткого обзора – привлечение внимания медицинской общественности к некоторым важным аспектам проблемы безопасности МРТ и информация о новых сведениях, появившихся в этой области.

Потенциальные источники опасности для пациентов и персонала кабинетов МРТ могут быть связаны с такими факторами:

- постоянным магнитным полем, генерируемым магнитом томографа;

- изменяющимися магнитными полями прибора (градиентными полями);
- радиочастотным излучением;
- устройствами и веществами, входящими в комплектацию томографа, такими, как криогены (жидкий гелий) и электрические кабели.

Было предложено классифицировать потенциальные опасности при МРТ: 1) остро возникающие и 2) существующие постоянно. Кроме того, ограничения и противопоказания к проведению МРТ можно разделить на 1) абсолютные и 2) относительные, когда врач, проводящий исследование, на основании сбора данных о характере факторов, представляющих потенциальную опасность для пациента при проведении МРТ, в каждом конкретном случае решает, можно ее выполнять или нет.

Говоря о длительном воздействии постоянного и переменного магнитных полей, а также радиочастотного излучения, следует отметить, что нет доказательств существования каких-либо долгосрочных или необратимых влияний МРТ на здоровье человека.

Так, врачам и рентгенолаборантам женского пола разрешается работать во время беременности. Мониторинг их здоровья показал, что не было отмечено никаких отклонений в их здоровье или у их потомства.

При магнитно-резонансном обследовании женщин детородного возраста необходимо получение информации о том, беременны они или нет. Нет доказательств вредного влияния магнитно-резонансных исследований на здоровье беременных или плода, но настоятельно рекомендуется выполнять МРТ женщинам в положении только при явных клинических

показаниях, когда польза от проведения такого обследования явно превышает риск (пусть даже очень низкий).

Следует напомнить, что беременным запрещено проведение МРТ с внутривенным введением магнитно-резонансных контрастных средств (они проникают через плацентарный барьер). Кроме того, эти препараты в небольшом количестве экскретируются и с грудным молоком, поэтому в инструкциях к гадолиниевым препаратам указывается, что при их введении кормление грудью должно быть прекращено в течение суток после введения препарата, а молоко, секретируемое за этот период, – сцеживаться и выливаться.

Острые ситуации, представляющие опасность для пациентов и персонала при МРТ, могут быть связаны со всеми вышеперечисленными факторами.

Чаще всего в медицинской практике опасения при проведении МРТ ассоциируются с наличием в теле пациента металлических предметов – медицинского (скобки, скрепки, электроды, искусственные клапаны, металлические протезы, кардиостимуляторы и др.) и немедицинского происхождения (металлические осколки, стружки, инородные тела и т. д.).

Риск из-за наличия металлических предметов связан с вероятностью их смещения и повреждения жизненно важной структуры (например, разрывом внутримозговой артерии магнитной гемостатической «клипсой» или повреждением стекловидного тела глаза магнитной металлической стружкой), прекращением

функционирования различных устройств либо перехода в опасный режим работы (кардиостимуляторы) или же нагревом металлических предметов радиочастотным излучением, генерируемым для получения магнитно-резонансных изображений, с формированием ожогов тканей.

Традиционно [6, 7] к абсолютным противопоказаниям к проведению МРТ относят наличие у пациента кардиостимулятора, ферромагнитных металлических «клипс» на артериях головного мозга, инородных металлических магнитных тел в глазном яблоке и орбите либо ферромагнитных или электрических протезов слуховых косточек (стремечка) (табл. 1).

При исследовании влияния магнитных и радиочастотных полей на кардиостимуляторы выявлено, что радиочастотные (РЧ) импульсы магнитно-резонансных томографов иногда нарушают функционирование кардиостимуляторов, работающих в режиме «по требованию», могут, переключив аппарат в асинхронный режим, спровоцировать фибрилляцию желудочков. Изменяющиеся магнитные поля могут имитировать сердечную деятельность, а магнитное притяжение – вызывать передвижение стимулятора в его ложе и смещение электродов.

Таким образом, пациентам с установленным кардиостимулятором противопоказаны магнитно-резонансные исследования, и им нельзя приближаться к томографу ближе зоны безопасности, установленной производителем.

Таблица 1.

Абсолютные и относительные противопоказания к МРТ

Абсолютные	Относительные
Электронные, магнитные или механические имплантаты кардиостимуляторы	Электронные, магнитные или механические имплантаты другие устройства – инсулиновые насосы или нервные стимуляторы, а также электроды и другие провода
Ферромагнитные или электрические протезы слуховых косточек (стремечка)	Неферромагнитные протезы стремечка или слуховые имплантаты, искусственные клапаны сердца (в сильных полях, если подозревается повреждение клапана)
Магнитные гемостатические «клипсы» на сосудах головного мозга	Металлические гемостатические «клипсы» на артериях других органов, немагнитные «клипсы» на сосудах, коронарные стенты
Металлические осколки в глазном яблоке и глазнице	Беременность
	Клаустрофобия

Появились сообщения, что созданы новые типы кардиостимуляторов, безопасные для проведения МРТ. Но в этом случае у врача, проводящего исследование, должны быть абсолютные доказательства безопасности такого устройства.

В настоящее время настоятельно рекомендуется строго соблюдать указанные выше абсолютные противопоказания к МРТ и не выполнять его пациентам со стимуляторами. Многие диагностические проблемы у таких больных можно решить с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (КТ) как альтернативы МРТ.

Проведение МРТ (даже на системах с полем 1,5 или 3 Тесла) безопасно для большинства пациентов с другими металлическими объектами в организме. В первую очередь это относится к больным с инородными немагнитными телами (например, дробью) или немагнитными (титановыми) медицинскими имплантатами. Металлические зубы, стальные скобки или проволока, используемые для сшивания грудины после кардиохирургических операций, обычно безопасны для магнитно-резонансных исследований. То же самое относится к коронарным стентам и клапанам сердца.

В обзоре, посвященном безопасности проведения МРТ пациентам с коронарными стентами [8], убедительно доказано, что по данным литературы и собственного опыта выполнение МРТ не вызывает смещения или нагревания стентов различных конструкций при использовании магнитно-резонансных систем с силой поля до 3 Тесла включительно. Это относится как к простым, так и к покрытым стентам. По этой причине МРТ (мозга, позвоночника, сердца и других органов) можно выполнять даже в первые дни после установки коронарного или периферического протеза. Небольшие локальные артефакты, создаваемые стентами, могут влиять только на интерпретацию полученных при МРТ коронарных ангиограмм и не мешают трактовке изображений других органов.

Большинство металлических протезов тазобедренных суставов и фиксирующих устройств для позвоночника также безопасны для МРТ (однако иногда они создают выраженные локальные артефакты, но это проблема диагностики, а не безопасности).

Большинство используемых в настоящее время внутриматочных противозачаточных спиралей не смещается под действием магнитного поля, не нагревается от импульсных

последовательностей, применяемых при исследовании органов малого таза, а также не образует артефактов. Таким образом, пациентам с пластиковыми и покрытыми медью и благородными металлами внутриматочными спиралями можно без опасения выполнять магнитно-резонансные исследования.

Однако главное правило безопасности проведения МРТ пациентам с металлическими предметами в теле такое:

врач должен знать о существовании металлических объектов в теле пациента, иметь информацию об их свойствах, влияющих на безопасность МРТ, и быть уверенным, что ее выполнение не нанесет вреда здоровью обследуемого.

Для этого есть специальные публикации [4–9], руководства и веб-сайты (самый известный – www.mrisafety.com), к которым необходимо обратиться в случае малейших сомнений. В них указывается, можно выполнять МРТ пациентам с данным видом металлического объекта в теле или нет.

В последние годы очень многие металлические устройства, имплантируемые в тело пациента (кава-фильтры, гемостатические «клипсы», стенты), выпускаемые западными производителями, имеют маркировку в инструкции по применению – «MP-совместимое» или «MP-несовместимое» («MR-compatible» либо «non compatible»).

Применение этой инструкции позволяет избежать риска осложнений при проведении МРТ и защищает врача в случае обвинений его в халатности при выполнении исследования пациенту с таким устройством.

Перед этим больной должен заполнить специальную анкету, в которой есть все сведения о фактах, имеющих значение для безопасности магнитно-резонансного исследования. Образцы таких анкет можно найти в Интернете [9] (пример опросника, разработанного в ФГУ «Лечебно-реабилитационный центр», приведен в приложении).

Внешние металлические предметы – магнитные сфинктеры, калоприемники для искусственных стом, зубные протезы следует удалить перед исследованием (если это возможно).

То же самое относится к одежде, содержащей металлические детали, металлическим оправам для очков, магнитным ювелирным изделиям, шпилькам, пуговицам, часам, браслетам, протезам и пр. Все подобные предметы необходимо снять перед магнитно-резонансным исследованием. Постоянные и пере-

менные поля магнитно-резонансных систем портят магнитные носители (кассеты, диски, карты памяти, кредитные карты) и механические часы. Все эти предметы пациенту необходимо оставить в специально отведенном месте.

Выявить наличие немедицинских инородных тел можно, тщательно собрав у исследуемого анамнез, хотя некоторые больные не помнят о произошедших с ними несчастных случаях. Если есть сомнения, перед проведением МРТ пациента следует направить на рентген или КТ. В литературе есть сведения, что татуировки и макияж (только те, которые содержат ферромагнитные частицы) могут вызвать артефакты или же под действием магнитного поля попасть в глаза и вызвать раздражение. Если есть возможность, перед проведением МРТ макияж следует смыть. Правда, в ФГУ «Лечебно-реабилитационный центр Росздрава» в почти 30-летней практике таких «осложнений» никогда не встречалось.

Электрические провода и электроды (например, отведения ЭКГ, шнуры плетизмографов, электроды кардиостимуляторов или провода РЧ-катушек), соприкасающиеся с кожей пациента, могут работать как антенны. Градиентные и радиочастотные поля индуцируют в проводах ток, что может приводить к их нагреву и возникновению ожогов. Особенно опасны провода и кабели с поврежденной изоляцией. Значит, на теле пациента не должно быть петель из электрических проводов (их следует располагать прямо, без пересечений). Больной своими частями тела не должен соприкасаться с магнитом.

При наличии постоянного магнитного поля существует риск повреждения (ушиба, ранения, сдавления) пациента, находящегося внутри томографа, или (реже) персонала летящими ферромагнитными предметами, которые притягиваются сильным полем магнита.

Главным образом эта опасность связана с магнитно-резонансными системами со сверхпроводящими магнитами, имеющими поле 1–3 Тесла. Такими объектами могут быть каталки, баллоны, скальпели, ножницы, ручки и другие металлические предметы, притягиваемые магнитом. Описаны единичные случаи гибели пациентов (обычно маленьких детей) из-за сдавления их крупными металлическими предметами, притянутыми магнитом томографа.

Главные средства предотвращения таких ситуаций:

- строгое ограничение доступа в помещения кабинетов МРТ,
- тщательный инструктаж медицинского и обслуживающего персонала и пациентов по технике безопасности МРТ,
- размещение предупредительных знаков.

Еще одна проблема – проведение МРТ больным, находящимся на искусственной вентиляции легких. Потребность в ней обычно не позволяет провести магнитно-резонансное исследование. Но уже достаточно давно созданы и продаются специальные мониторы и аппараты для искусственной вентиляции легких, которые могут работать в магнитном поле, в результате чего это перестало быть непреодолимым противопоказанием к МРТ. Однако такая аппаратура есть не везде – ее нужно приобретать отдельно, а это требует дополнительных затрат.

Следует помнить, что при МРТ применяется РЧ-излучение. Оно может взаимодействовать как с тканями организма, так и с инородными телами в нем (например, металлическими имплантатами). Основным результатом такого взаимодействия – нагревание. Чем выше частота РЧ-излучения, тем большее количество тепла будет выделяться, чем больше ионов содержится в ткани, тем больше энергии будет превращаться в тепло.

Оценить тепловые эффекты РЧ-излучения помогает удельная скорость поглощения (SAR – specific absorption rate), отображаемая на экране дисплея прибора. Она увеличивается с ростом напряженности поля, мощности РЧ-импульсов, уменьшением толщины среза, а также зависит от типа поверхностной катушки и веса пациента. В магнитно-резонансных системах установлена защита, не позволяющая поднять SAR выше порогового значения, что может привести к нагреву тканей более чем на 1°С.

Дополнительный источник неудобства для пациентов, а порой и для персонала – возникающий при переключении градиентов ритмичный шум. Его уровень растет с напряженностью магнитного поля. При исследованиях на томографах с сильным уровнем шума рекомендуется давать больным одноразовые противозумные затычки для ушей («беруши») или надевать специальные наушники.

В сверхпроводящих магнитах для охлаждения используется жидкий гелий. При аварийном «квенче» (сбросе магнитного поля из-за потери состояния сверхпроводимости) он момен-

тально закипает и в виде газа выбрасывается наружу. В нормальных обстоятельствах он должен выйти через специальную систему вентиляции магнита и не попасть в помещение, где находится магнитно-резонансный томограф. Однако есть риск, что некоторое количество гелия может проникнуть в комнату. При этом существуют две возможные опасности. Во-первых, поскольку газ очень холодный, он может вызвать обморожения. Во-вторых, при его больших объемах в помещении возникает опасность гипоксии.

Прямого отравления гелием (это инертный газ) опасаться не стоит. Весь персонал и пациенты в такой ситуации должны быть немедленно эвакуированы из помещения. Их возвращение возможно только после тщательного проветривания. В комнате с магнитно-резонансным томографом производитель обычно устанавливает специальные системы и датчики безопасности со звуковой сигнализацией.

Еще одна серьезная проблема при магнитно-резонансных обследованиях – клаустрофобия. Она и другие психологические стрессовые ситуации становятся причиной прекращения проведения магнитно-резонансного исследования в 1–3% случаев. При этом предпочтительнее использовать открытые томографы либо прибегать к седации и наркозу. Подробное разъяснение больному того, как будет проходить магнитно-резонансное исследование, способствует существенному уменьшению частоты нередко встречающихся случаев мнимой клаустрофобии.

К дополнительным опасностям МРТ можно отнести возможность падения со стола пациента со спутанным сознанием или неадекватным поведением во время исследования, а также возможность развития обморока, коллапса и даже остановки сердца (без связи с эффектами МРТ – как случай совпадения

событий по месту и времени). При обследовании больных, находящихся в нестабильном состоянии, желательно мониторировать у них ЭКГ и дыхание, используя устройства физиологического контроля, входящие в комплект магнитно-резонансного томографа.

Пара-, супер- или ферромагнитные контрастные вещества для МРТ, которые вводят внутривенно или принимаются другим путем, связаны с определенным риском побочных реакций (хотя и очень малым). Опыт клинического применения контрастных гадолиниевых препаратов (ГП) показал, что все они достаточно безопасны и в большинстве случаев хорошо переносятся пациентами. Описаны только единичные случаи тяжелых анафилактических реакций на них.

Таким образом, при введении контрастных веществ необходимо предпринять все предосторожности и учесть возможность оказания неотложной медицинской помощи, особенно при исследовании пациентов с отягощенным аллергологическим анамнезом и/или предыдущими реакциями на введение лекарственных препаратов (особенно – контрастных средств).

ГП при введении их больным с тяжелыми нарушениями функции почек потенциально опасны в отношении риска развития тяжелого осложнения – нефрогенного системного фиброза, поэтому их назначение этой категории пациентов не рекомендуется.

Выводы

Таким образом, обзор возможностей современной МРТ, не претендуя на полноту освящения этой важной и сложной проблемы, позволит повысить безопасность и эффективность применения такого важного и иногда незаменимого метода диагностики в нашей стране. ■

Список литературы

1. Kanal E. et al. ACR Guidance Document for Safe MR Practices. *AJR*. 2007; 188: 1447–1474.
2. Shellock F.G., Cruess J.V. MR Procedures. Biologic Effects, Safety and Patient Care. *Radiology*. 2004; 232: 635–652.
3. Shellock F.G., Forder J.R. Drug Eluting Coronary Stent: in Vitro Evaluation of Magnet Resonance Safety at 3 Tesla. *J. Cardiovasc. Magn. Reson.* 2005; 7 (2): 415–419.
4. Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008. Part 1, MRI contrast agents and nephrogenic systemic fibrosis. *AJR*. 2008; 191 (4): 1129–1139.
5. Shellock F.G., Spinazzi A. MRI safety update 2008. Part 2, screening patients for MRI. *AJR*. 2008; 191 (4):1140–1149.
6. Ринк П.А. Магнитный резонанс в медицине. М.: «Гэотар-медиа». 2003; 248.
7. Сеницын В.Е., Морозов С.П. Современная

магнитно-резонансная томография. Справочник поликлинического врача. 2006; 4: 3–7.

8. Сеницын В.Е., Стукалова О.В., Куприянова

О.М. и др. Безопасность МР-томографии после коронарного стентирования. *Кардиология*. 2007; 6: 94–96.

9. Shellock F.G. www.mrisafety.com

Приложение

Лист информированного согласия пациента на проведение магнитно-резонансной томографии

Опросник для пациента, проходящего магнитно-резонансное исследование

Уважаемый пациент!

Вам назначена магнитно-резонансная томография (МРТ). Это позволяет безопасно получить качественные высокоинформативные изображения внутренних органов и тканей человека. Во время исследования пациент не находится под воздействием ионизирующего излучения, однако подвергается влиянию магнитного поля и радиочастотных импульсов.

Для Вашей безопасности нам необходимо получить от Вас лист информированного согласия на проведение исследования.

Существуют абсолютные противопоказания к проведению МРТ – **наличие кардиостимулятора** либо **металлических инородных тел около головного мозга** или **глаза** (скрепки на сосудах, осколки и пр.). Обязательно сообщите врачу, если у Вас есть абсолютные противопоказания. Исследование МРТ при этом выполнять нельзя!

Для снижения риска осложнений или возможного дискомфорта во время исследования нам необходимо знать о Вас следующее (пожалуйста, отметьте правильный вариант крестиком или другим условным знаком):

	Да	Нет
Имеются ли у Вас в организме какие-либо металлические инородные тела (протезы суставов, внутреннего уха, инсулиновые помпы, фильтры, скобки или «клипсы» на сосудах, стенты, искусственные клапаны, осколки, пули, фрагменты металлической стружки и пр.)?		
Проводились ли Вам когда-либо хирургические вмешательства?		
Имеется ли у Вас боязнь замкнутого пространства или эпилепсия?		
Для женщин детородного возраста: возможно, Вы беременны?		

Если у Вас есть утвердительные ответы на один или несколько из вышеприведенных вопросов либо Вы не уверены, как на них ответить, или Вам нужны дополнительные разъяснения, обратитесь, пожалуйста, за консультацией к врачу, проводящему исследование.

После обсуждения с ним и получения дополнительной информации Вы сможете принять решение о целесообразности проведения этого исследования.

Вы имеете право отказаться по своим соображениям от проведения МРТ. Ваш отказ не будет иметь для Вас никаких административных последствий, однако может повлиять на точность диагностики предполагаемого заболевания.

Я, _____
(Фамилия, имя, отчество)

даю добровольное согласие на проведение МРТ. Я информирован(а) о характере предстоящего исследования и о возможном риске развития неприятных ощущений и осложнений.

Я прочитал(а) и понял(а) все вышеизложенное, удовлетворен(а) ответами врача на мои вопросы.

Дата _____

Подпись _____

Адрес для корреспонденции:

Сеницын Валентин Евгеньевич

e-mail: vsini@mail.ru