

*«Биологическое воздействие
магнитного резонанса и
безопасность работы с
пациентами»*

*Доктор медицинских наук
Рогожин В.А.*

*Радиологический центр МК «БОРИС»,
кафедра радиологии НМАПО имени П.Л. Шупика*

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАТИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

- 1. Кратковременное пребывание в статических магнитных полях не оказывает какого-либо вредного биологического воздействия.
- 2. В настоящее время в специальной литературе не содержится данных об исследованиях, которые бы четко показали абсолютную безопасность постоянного пребывания в сильных магнитных полях.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ГРАДИЕНТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

- При достаточно высоких уровнях экспонирования пациентами ощущается стимуляция периферических нервов в виде «покалывания» или «пощипывания», изредка боли.
- При особо высоких уровнях может появиться стимуляция деятельности сердца.
- Анатомические области стимуляции периферических нервов отличаются в зависимости от активации конкретного градиента (X, Y или Z).

АКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ

- **Акустический шум может вызывать раздражение, повышенное беспокойство, временную или постоянную потерю слуха**
- **Пациенты с психическими расстройствами, пожилые люди и дети могут испытывать страх или даже спутанность сознания**
- **Некоторые лекарственные средства могут увеличивать слуховую чувствительность**

Предотвращение воздействия акустического шума на пациента

- Самым простым и дешёвым средством является использование одноразовых тампонов для ушей или наушников
- При правильном использовании ушных тампонов уровень шума может быть снижен на 10 - 30 дБ, что в большинстве случаев полностью обеспечивает защиту слухового аппарата
- Защита от шумового акустического воздействия должна применяться персоналом, родственниками и сопровождающими лицами, находящимся в МР процедурной во время работы аппарата.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПОЛЕЙ

- Основным биологическим эффектом в результате РЧ облучения являются тепловые изменения в тканях
- Выполнение МР исследования с усреднённым для всего тела значением SAR 6.0 Вт/кг может физиологически спокойно переноситься субъектом с нормальной терморегуляторной функцией

Проверка пациентов и других субъектов перед МР исследованием или вхождением в процедурную для МР исследований

- Разработка тщательной и эффективной методики проверки пациентов и других лиц является одной из самых критических составляющих программы обеспечения безопасности всех тех, кто готовится к МР исследованию или пребыванию в магнитном поле
- Важнейшим аспектом гарантии защиты пациентов и других лиц от несчастных случаев и возможного нанесения вреда является четкое представление персоналом всех факторов риска, связанных с различными имплантатами, протезами, устройствами, принадлежностями и другими предметами, которые могут явиться причиной их возникновения
- Для обеспечения МР исследования в максимально безопасных условиях обязательным является получение информации и соответствующей документации об этих объектах

**Бланк проверки для пациентов перед выполнением МР исследования
(пересмотрен IMRSER в 2005 году с учётом новых данных)**

БЛАНК ПРОВЕРКИ ПАЦИЕНТОВ ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ МР ОБСЛЕДОВАНИЯ

Дата ____ / ____ / ____ Номер _____

ФИО пациента _____ Возраст _____ Рост _____ Вес _____

Дата рождения ____ / ____ / ____ Муж ☐ Жен ☐ Часть тела для обследования _____

Адрес _____ Телефон (дом) (____) _____

Город _____ Телефон (раб) (____) _____

Штат _____ Zip код _____

Причина для МРО и/или симптомы _____

Направляющий врач _____ Телефон (____) _____

1. Были ли Вы ранее оперированы (в том числе артроскопия, эндоскопия и т.п.)? ☐ Нет ☐ Да
Если да, просьба указать дату и тип операции:
Дата ____ / ____ / ____ Тип операции _____
Дата ____ / ____ / ____ Тип операции _____
2. Проходили ли ранее обследование с отображением (МРО, КТ, УЗИ, рентген и т.п.)? ☐ Нет ☐ Да
Если да, просьба указать:
Часть тела Дата Отделение
МРО ____ / ____ / ____
КТ ____ / ____ / ____
Рентген ____ / ____ / ____
УЗИ ____ / ____ / ____
Ядерная медицина ____ / ____ / ____
Другие ____ / ____ / ____
3. Имелись ли проблемы во время предыдущего МРО?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
4. Имелось ли ранение глаза металлическим объектом или осколком (например, металлической стружкой, инородным телом и т.п.)?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
5. Имелось ли ранение металлическим предметом или инородным телом (например, BB, пуля, дробь и т.п.)?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
6. Принимаете ли в настоящее время или в недавнем прошлом лекарства или медицинские препараты?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
7. Имеется ли аллергия на какие-либо медицинские препараты?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
8. Имеется ли в истории астма, аллергические реакции, респираторные заболевания или реакции на контрастные вещества или красители для МРО, КТ или рентгена? ☐ Нет ☐ Да
9. Страдаете анемией или другим заболеванием, которое оказывает влияние на кровь, история заболевания почек или судороги?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
- Для женщин-пациентов:**
10. Дата последнего менструального периода: ____ / ____ / ____ После менопаузы? ☐ Нет ☐ Да
11. Вы беременны или имеете задержку менструации? ☐ Нет ☐ Да
12. Принимаете оральные контрацептивы или гормональные препараты? ☐ Нет ☐ Да
13. Принимаете препараты для возможности забеременеть или проходите по этому поводу лечение?
Если да, просьба указать: _____ ☐ Нет ☐ Да
14. Комлите ли грудью в настоящее время? ☐ Нет ☐ Да

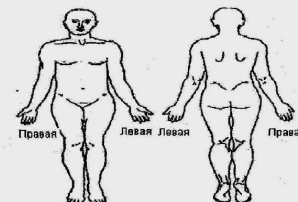


ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: Некоторые имплантаты, устройства или объекты могут быть опасными для вас и/или мешать проведению МР обследования (т.е., МРМ, МР ангиографии функционального МРМ, МР спектроскопии). Не входить в помещение МР или область МР при наличии вопросов или озабоченности относительно имплантатов, устройств или объектов. Проконсультируйтесь с оператором МР или врачом-радиологом ПЕРЕД входом в помещение МР сканирования. В МР системе ВСЕГДА присутствует магнитное поле.

Просьба указать при наличии у Вас следующего:

- ☐ Да ☐ Нет Зажимы аневризм
- ☐ Да ☐ Нет Кардиостимулятор
- ☐ Да ☐ Нет Имплантируемый кардиовертер (ICD)
- ☐ Да ☐ Нет Электронный имплантат или устройство
- ☐ Да ☐ Нет Магнитное устройство или имплантат
- ☐ Да ☐ Нет Система нейростимуляции
- ☐ Да ☐ Нет Стимулятор позвоночника
- ☐ Да ☐ Нет Внутренние электроды или провода
- ☐ Да ☐ Нет Стимулятор роста/сращения костей
- ☐ Да ☐ Нет Кохлеарные, отологические или другие ушные имплантаты
- ☐ Да ☐ Нет Инсулиновый или инфузионный насос
- ☐ Да ☐ Нет Имплантированное устройство введения лекарств
- ☐ Да ☐ Нет Любой тип протеза (глаз, penis и т.п.)
- ☐ Да ☐ Нет Протезы сердечных клапанов
- ☐ Да ☐ Нет Пружина или волоконка века глаза
- ☐ Да ☐ Нет Искусственная конечность или протез
- ☐ Да ☐ Нет Металлический эндопротез, фильтр, спираль
- ☐ Да ☐ Нет Шунт (позвоночный или интравентрикулярный)
- ☐ Да ☐ Нет Порт или катетер доступа в сосуды
- ☐ Да ☐ Нет Имплантат или радиоактивный источник
- ☐ Да ☐ Нет Катетер Свана-Ганза или терморазведения
- ☐ Да ☐ Нет Лечебные наклейки (нигили, нитроглицерин)
- ☐ Да ☐ Нет Любой мет. оскодок или инородное тело
- ☐ Да ☐ Нет Имплантат из проволоночной сетки
- ☐ Да ☐ Нет Расширитель ткани (молочные железы)
- ☐ Да ☐ Нет Хирургические крючки, скобки или мет. швы
- ☐ Да ☐ Нет Протез сустава (бедро, колено и т.п.)
- ☐ Да ☐ Нет Соединение костей: штифты, винты, гвозди, проволока, пластины и т.п.
- ☐ Да ☐ Нет IUD, диафрагма или пессарий
- ☐ Да ☐ Нет Зубные протезы или пластинки
- ☐ Да ☐ Нет Татуировки или постоянная косметика
- ☐ Да ☐ Нет Пирсинг на теле
- ☐ Да ☐ Нет Слуховой аппарат
(удалить перед входом в МР область)
- ☐ Да ☐ Нет Другой имплантат _____
- ☐ Да ☐ Нет Проблемы дыхания или двигательные нарушения
- ☐ Да ☐ Нет Клаусфобия

Просьба отметить на силуэтах
Расположение любого имплантата или
металла внутри вашего тела.



ВАЖНЫЕ ИНСТРУКЦИИ

Перед входом в МР область или помещение МР сканирования удалить все металлические объекты, включая слуховые аппараты, пейджеры, мобильные телефоны, ключи, очки, заколки, барежки, ювелирные изделия (включая пирсинг), часы, булавки, скрепки, зажимы для денег, кредитные и банковские карточки, карточки с магнитными полосками, монеты, ручки, перочинные ножи, пилочки для ногтей, обувь с металлическими каблуками и инструменты. Особенно запрещены незакрепленные металлические предметы.

ПЕРЕД входом в МР область МР проконсультироваться с оператором МР или врачом-радиологом при наличии любых вопросов или озбочоченности.

ПРИМЕЧАНИЕ: Вам могут посоветовать или это может быть необходимо вставить в уши заглушки или другой тип защиты ушей во время выполнения МР исследования для предотвращения проблем и возможного вредного воздействия от акустического шума.

Я подтверждаю, что вышеприведенная информация является правильной (насколько мне известно). Я прочитал и полностью понял всё содержание данного бланка и имел возможность задать вопросы относительно информации в этом бланке.

Подпись заполнявшего лица: _____ Дата ____/____/____

Информация бланка просмотрена: _____ Подпись _____
 Форма заполнена: ☐ Пациентом ☐ Родственником ☐ М/сестрой _____
 _____ Подпись _____ Отношение к пациенту _____

☐ Оператор МРО ☐ Радиолог ☐ Другой

☐ Другой _____

Рекомендации по проверке на наличие инородных тел в орбите и глазу

Рекомендуемая процедура проверки пациентов при подозрении на наличие инородного тела в орбите или глазу включает обязательный опрос на предмет возможного ранения глаза. Если при опросе установлено, что ранение металлическим предметом, имело место, выясняется - проводилось ли обследование и лечение офтальмологом. Обязательным является получение данных об удалении инородного тела. При отсутствии информации о ранении, нормальных результатах офтальмологического обследования и/или наличия информации об успешном удалении всех инородных тел - пациента можно направлять на МР исследование. Если пациент имел ранение глаза металлическим объектом, однако к окулисту не обращался и не может дать четких сведений об отсутствии, либо удалении осколка, МР исследование откладывается и пациент направляется на рентгенографию.

Избыточный нагрев и ожоги в связи с МР исследованием

Использование РЧ катушек, физиологических мониторов, электронных устройств и внешних принадлежностей или предметов из проводящих материалов вызывает избыточное нагревание и может привести к ожогам во время МР исследования. Нагревание имплантатов и других устройств также может иметь место в результате МР исследования. Однако, это относится в основном к объектам, которые изготовлены из проводящих материалов, имеющих вытянутую форму по типу электродов, подводящих и направляющих проводов, некоторых типов катетеров (например, катетеры с термисторами или другими проводящими компонентами).

Рекомендации для предотвращения избыточного нагревания и ожогов в связи с МР исследованиями

- 1. При подготовке пациента к МР исследованию необходимо убедиться в отсутствии ненужных металлических объектов, которые могут контактировать с кожей пациента (например, металлические наклейки для введения лекарственных средств, ювелирные изделия, ожерелья, браслеты, цепочки для ключей и т.п.).**
- 2. Использовать изолирующий материал (подходящая одежда) для предотвращения контакта типа «кожа-кожа» и формирования замкнутых контуров в результате касания различных частей тела.**
- 3. Изолирующий материал (минимально рекомендованная толщина 1 мм) должен быть помещён между кожей пациента и передающей РЧ катушкой (или сама катушка должна быть изолирована). Кроме того, пациент должен быть размещен так, чтобы отсутствовал прямой контакт между кожей пациента и корпусом РЧ катушки. Этого можно достичь путем размещения рук за голову или при помощи подушечек под локти, а также введением поролоновых прокладок между телом пациента и корпусом РЧ катушки. Такой подход особенно важен при исследованиях с использованием катушки для тела или другие больших РЧ катушек.**

Рекомендации для предотвращения избыточного нагрева и ожогов в связи с МР исследованиями (продолжение)

4. Использовать все электропроводящие устройства, оборудование, принадлежности (например, ЭКГ провода, электроды и т. п.) и материалы только после тщательной проверки и подтверждения их безопасности для МР исследований.
5. Твёрдо придерживаться специальных критериев и инструкций по МР безопасности для имплантатов из электропроводных материалов (например, стимуляторов синтеза костной ткани, систем нейростимуляции и т.п.).
6. Перед использованием электрооборудования проверить целостность изоляции и/или корпуса всех компонентов, включая поверхностные РЧ катушки, провода мониторинга, кабеля и других проводов. Для таких устройств регулярно должно проводиться профилактическое техническое обслуживание.
7. Удалить все не нужные электропроводящие материалы из МР системы (т. е., неиспользуемые поверхностные катушки, ЭКГ провода, кабеля и т. п.).
8. Стараться, чтобы все электропроводящие материалы, которые остаются в МР системе, не имели непосредственного контакта с телом пациента, использовать термо- и электро- изолирующие материалы.

Рекомендации для предотвращения избыточного нагрева и ожогов в связи с МР исследованиями (продолжение)

9. Стараться, чтобы электропроводящие материалы, которые остаются в МР системе на время исследования, не создавали замкнутых контуров

Примечание: Ткань пациента является проводящей и поэтому может участвовать в образовании проводящего кругового, U-образного или S-образного замкнутого контура.

10. Располагать электропроводящие материалы так, чтобы они не перекрещивались, не касались РЧ катушки или тела пациента более одного раза. Необходимо учитывать, что даже близость одного проводящего материала с другим, без контакта и пересечения, является нежелательной, поскольку некоторые кабели и РЧ катушки могут создавать емкостную связь.

11. Располагать электропроводящие материалы книзу от центра МР системы, а не вдоль ее боковой стороны или близко к РЧ катушке.

12. Не размещать электропроводящие материалы поперёк внешней металлической арматуры (например, внешнего устройства фиксации, устройства фиксации шеи и т. п.) или аналогичного устройства, которое находится в непосредственном контакте с пациентом.

Рекомендации для предотвращения избыточного нагрева и ожогов в связи с МР исследованиями (продолжение)

13. Для работы со специальными устройствами (например, мониторинга жизненно важных функций) в МР процедурную допускается только специально обученный персонал.
14. Выполнять все инструкции фирмы-производителя по правильной работе на аппарате, техническому обслуживанию не только самой системы, но и всего оборудования мониторинга или других электронных приборов, используемых в МР процедурной.
15. Электрические устройства, которые во время МР исследования работают неправильно, должны немедленно отключаться и удаляться от пациента.
16. Непрерывно следить за пациентом во время МР исследования. Если пациент сообщает о появлении ощущения тепла или других необычных ощущениях, сразу же прекратить исследование и тщательно изучить и оценить сложившуюся ситуацию.
17. Нарушение связи с поверхностной РЧ катушкой может вызвать превышение локальных допустимых уровней РЧ поглощения. Оператор МР системы может определить отказ по появлению на изображениях в области расположения РЧ катушки ряда концентрических полуколец, либо необычных неоднородностей.

Татуировки и постоянная косметика

...«риск невыполнения МР исследования после того, как его рекомендовал ваш врач, скорее всего, намного превышает риск возникновения побочных реакций и осложнений при наличии татуировки или постоянной косметики. Вместо того чтобы отменять назначенную диагностическую процедуру лица с татуировками или постоянной косметикой должны сообщить оператору или радиологу о факте их наличия для того, чтобы те могли предпринять соответствующие меры для устранения побочных эффектов и получения самых лучших результатов».

Беременность и МР исследование

В течение более 19 лет МР исследования широко используются для диагностики акушерской, плацентарной и эмбриональной патологии у беременных пациенток. В первые годы несовершенство технологии МР систем приводило к получению артефицированных изображений в результате движений плода. Однако ряд технологических усовершенствований, включая разработку высокоэффективных градиентных систем и быстрых импульсных последовательностей, позволил методу занять ведущее место в диагностике патологических изменений при беременности.

По мнению ряда авторов, некоторые проблемы в плане возможного возникновения побочных биологических эффектов, связанных с пребыванием в статических, градиентных и РЧ электромагнитных полях существуют. В крупных центрах были проведены лабораторные и клинические исследования по определению характера воздействия указанных факторов на организм плода при беременности. Общие результаты этих исследований показали, что какие-либо серьёзные научные подтверждения нанесения вреда плоду отсутствовали. Однако в большинстве своем авторы сделали вывод о необходимости дальнейших изысканий.

Рекомендации по использованию МР при беременности

В 1991 году Комитет по безопасности Общества специалистов по МР исследованиям издал документ под названием «Политика и рекомендации по безопасности при МР исследованиях пациентов», в котором говорится: «МР исследования могут применяться при беременности в том случае, если все другие неионизирующие методы диагностики оказываются малоинформативными. Кроме того, МР исследование должно использоваться в целях получения диагностической информации, которая обычно может быть получена только при рентгеновских и радионуклидных методах диагностики (рентгенография, КТ и пр.). Беременные пациентки должны быть четко информированы о том, что до настоящего времени нет однозначных данных о том, что МР исследования во время беременности не оказывают вредного воздействия».

Впоследствии эти рекомендации были одобрены Американкой коллегией радиологов и считаются «стандартом медицинской помощи» при использовании МР исследований при беременности.

В тех случаях, когда лечащий врач или радиолог утверждают, что результаты исследования могут потенциально повлиять на результаты лечения матери или плода (например, решить сложные клинические проблемы, обнаружить возможные осложнения, аномалии развития плода и т. п.), МР исследование может проводиться при устном или письменном информированном согласии пациентки независимо от сроков беременности.

ИМПЛАНТАТЫ И УСТРОЙСТВА

МР процедурная может оказаться небезопасной для здоровья пациентов или других лиц, которым в результате различных медицинских вмешательств в организм установлены различные биомедицинские имплантаты или устройства. В первую очередь это относится к ферромагнитным. Поскольку избыточный нагрев и индукция электрических токов могут также представлять опасность для пациентов с имплантатами или устройствами, проблемы МР безопасности обычно связаны с имплантатами из проводящих материалов и имеющих вытянутую форму, а также электронными устройствами (например, системами нейростимуляции, сердечными водителями ритма и т. п.).

К настоящему времени на предмет безопасности при проведении МР исследований были испытаны более 1300 объектов, при этом более трёхсот из них в магнитных полях 3.0 Т и выше. Эта информация доступна для профессионалов и всех желающих в виде опубликованных отчётов, компилированных списков в формате online на <http://www.MRIsafety.com>. Обзор по проблеме МР безопасности различных имплантантов и устройств был опубликован Shellock. F.G.

Поэтому в настоящем обзоре представлен материал с противоречивой или неясной информацией об имплантатах и устройствах со ссылкой на объекты, тестированных при напряжённости поля 3.0 Т и выше.

Безопасность и МР совместимость

Термины «МР безопасный» и «МР совместимый» обычно используются для обозначения специальных частей металлических имплантатов и устройств. Поэтому важно определить разницу между этими двумя терминами, поскольку они не должны заменять друг друга. Для тех, кто незнаком с этими терминами, далее приводится их объяснение.

«МР безопасный» Устройство, использующееся в МР процедурной и не несущее никакого дополнительного риска для пациента или другого лица, однако способное повлиять на качество диагностической информации. МР условия, в которых тестировалось устройство, должны быть специфицированы в связи с термином «МР безопасный», поскольку безопасное в одних условиях устройство может не быть таким в других, более жёстких МР условиях.

«МР совместимый» Устройство считается «МР совместимым» в том случае, если оно МР безопасно при использовании в МР процедурной, существенно не влияет на качество диагностической информации и при этом его работа не нарушается под влиянием работы МР системы. В связи с термином «МР совместимый» должны быть специфицированы условия тестирования устройства, поскольку совместимое в одних условиях устройство может не быть таким в других, более жёстких МР условиях.

Рекомендации для направления пациентов на МР исследование с зажимами аневризм

- 1. Необходимо иметь четкую специальную информацию о примененных зажимах для аневризм (производитель, тип или модель, материал, группа и заводской номер) и разрешать МР исследования только пациентам с неферромагнитными или слабо ферромагнитными зажимами. Эта информация содержится в маркировке зажимов. Хирург, который выполнял имплантацию, несёт полную ответственность за правильную запись в истории болезни пациента.**
- 2. Зажим аневризмы в оригинальной упаковке, изготовленный из Rhynox, Elgiloy, MP35N, титанового сплава, технически чистого титана или другого неферромагнитного или слабо ферромагнитного материала, не требует дополнительной проверки и, таким образом, является безопасным для исследований в МР системах 1.5 Т и менее.**
- 3. Радиолог и хирург, осуществивший имплантацию, несут ответственность за оценку информации относительно зажимов для аневризм, проверку её точности, получение письменной документации и принятие решений о выполнении МР исследования (после оценки соотношения «риск-преимущество») в каждом конкретном случае.**

Протезы сердечных клапанов и кольца для аннулопластики

Значительное число различных протезов сердечных клапанов и колец для аннулопластики подвергались проверке в плане МР безопасности. Большинство из них показали измеряемое, но относительно малое трансляционное притяжение и/или крутящий момент при экспонировании в магнитных полях. Поскольку магнитные силы, которые влияли на протезы и кольца для аннулопластики, оказались минимальными, МР исследование пациентов с такими протезами клапанов сердца или кольцами для аннулопластики было признано безопасным. К категории безопасных был отнесен и протез сердечного клапана Starr-Edwards модели Pre-6000, который ранее считался опасным.

Спирали, фильтры и эндопротезы

В современной клинической практике применяется множество различных типов спиралей, фильтров и эндопротезов, которые используются в различных клинических ситуациях. В большинстве случаев все эти приспособления производятся из металлов типа платины, титана, нержавеющей стали, Phynox, Elgiloy и Nitinol, которые в основном являются немагнитными или слабо ферромагнитными.

Спирали, фильтры и эндопротезы

Спирали, фильтры и эндопротезы, которые не взаимодействовали с магнитным полем, признаны безопасными для выполнения МР исследований сразу после их имплантации. Однако для слабо ферромагнитных устройств желательно подождать 6 – 8 недель для завершения процессов заживления и закрепления его в тканях. При малейшем сомнении в правильном и надежном закреплении эндопротеза МР исследование следует отложить. К сожалению, некоторые производители в документации к изделиям не указывают на различие между неферромагнитными и слабо ферромагнитными устройствами (т.е., указывают период ожидания от 6 до 8 недель для всех имплантатов независимо от материала), что приводит к путанице в плане МР безопасности.

Устройство Essure

Устройство Essure (фирма Концептус, США) является новым имплантатом, разработанным для постоянной контрацепции у женщин. Оно состоит из нержавеющей стали 316L, платины, иридия, никель-титанового сплава, серебряного припоя или полиэтилен тетрафталатовых (PET) волокон. Устройство представляет собой динамически расширяющуюся микроспираль, которая при помощи эндоскопической техники помещается в проксимальном отделе фаллопиевой трубы. Перифокальная реакция в виде разрастания ткани ведет к закупорке фаллопиевой трубы с последующим эффектом постоянной контрацепции.

Результаты исследований показали, что наличие таких спиралей не представляет опасности при выполнении МР исследований на системах с напряженностью магнитного поля 1.5 Т.

Имплантируемые стимуляторы роста костей

Имплантируемые стимуляторы роста костной ткани (EBI, LLC, Parsippany, NJ) используются для ускорения и увеличения эффективности лечения патологии костной ткани, в основном позвонков. Они состоят из генератора (с батареей и электроникой в титановом корпусе) и электродов, которые имплантируются вблизи области патологических изменений. Два провода соединяют генератор с зоной стимуляции, где они вживлены в кусочки трансплантата костной ткани. Устройство устанавливается на срок примерно 24 – 26 недель.

Стимулятор был разрешен к применению в клинической практике FDA на основании тщательных исследований и специальных рекомендаций производителя и отнесен к «MP безопасным» устройствам.

Рекомендации по выполнению МР исследований пациентам с имплантированными стимуляторами роста костей (ЕВ)

1. Во время имплантации стимулятор роста должен быть размещён как можно дальше от позвоночного канала и костных трансплантатов. Это позволит снизить вероятность возникновения артефактов в области интереса на МР изображениях.
 2. Электроды имплантированного устройства должны быть размещены на расстоянии минимум 1 см от корешков нервов для уменьшения возможного возбуждения нервов.
 3. Перед выполнением МР исследования необходимо провести рентгеновское исследование, для того чтобы убедиться, что в тканях отсутствуют отдельные фрагменты проводов, в которых может возникнуть избыточное нагревание.
 4. МР исследование необходимо выполнять на МР системах с напряженностью магнитного поля 1.5 Т и менее. В процессе исследования необходимо применять импульсные последовательности, выполнение которых не требует высоких мощностей радиочастотного излучения (спин-эхо, турбо или быстрое спин-эхо, градиентное эхо). Рекомендуется избегать импульсных последовательностей и условий, которые требуют высоких мощностей РЧ излучения (например, с превышением SAR 1.0 Вт/кг) или градиентных полей выше 20 Т в секунду (например, эхо планарное отображение).
 5. Во время выполнения процедуры за пациентом должен быть постоянный контроль и речевой контакт. Перед исследованием пациент должен быть предупрежден о необходимости сообщать оператору о возникновении любых необычных ощущений, включая чувство теплоты, жжения, жара, нервного или мышечного возбуждения.
- I, LCC,
Parsippany, NJ

Водители сердечного ритма

Водители сердечного ритма являются самыми распространёнными электронными имплантатами у пациентов, которые направляются на МР исследования. К сожалению, наличие водителя сердечного ритма является строгим противопоказанием для входа больного в МР процедурную. Потенциально опасные взаимодействия между водителем ритма и магнитным полем включают в себя смещение импульсного генератора или электродов, их нагревание, индукцию желудочковой фибрилляции, быструю кардиостимуляцию, отказы переключателя считывания, асинхронную кардиостимуляцию, ингибирование выходного сигнала стимулятора, изменение программирования с возможным повреждением схемы и другие проблемы. Некоторые из этих проблем являются теоретическими, однако многие из них изучались у лабораторных животных или людей. При МР исследованиях пациентов с водителями сердечного ритма зарегистрировано более 13 летальных исходов.

На сегодняшний день около 230 пациентов с водителями сердечного ритма успешно прошли МР исследования (случайно или по крайним показаниям), что свидетельствует о том, что МР исследования не являются абсолютно пагубными, как это считалось ранее. Однако это относится только к отдельным пациентам и только к особым условиям проведения МР исследований. Поэтому в недалёком будущем рекомендации по проведению МР исследований пациентов с водителями сердечного ритма могут быть изменены.

Системы для глубокой стимуляции мозга

Ввиду повышения интереса к использованию глубокой стимуляции мозга (DBS) – таламуса, серого шара и субталамического ядра для лечения рефракторных двигательных нарушений и других типов неврологических состояний многим пациентам устанавливают имплантированные импульсные генераторы и электроды систем глубокой стимуляции мозга. Зачастую для планирования оперативного лечения возникает необходимость проведения таким пациентам МР исследования. Кроме того исследование может понадобиться для уточнения различных клинических состояний, включая верификацию положения электродов, оценку состояния пациентов при резком ухудшении состояния, а также пациентов с сопутствующей патологией, не связанной с нейростимуляцией, такими как инсульт, опухоли или геморрагия. Как и при наличии других электронных устройств, обычно рекомендуется, чтобы пациенты с вживленными нейростимуляторами не проходили МР исследования ввиду потенциально серьёзного риска, который включает движение или смещение электродов или имплантированных импульсных генераторов, их избыточное нагревание, наведенные электрические токи и функциональные прерывания работы устройств. Поэтому перед назначением исследований пациентам с системами нейростимуляции немаловажным является получение экспериментальных данных *in vitro* по определению условий, при которых МР исследование будет безопасным. Наибольшую озабоченность вызывает избыточное нагревание, которое может привести к необратимым повреждениям тканей.

Электрическая стимуляция желудка

Электрическая стимуляция желудка (GES) с использованием специального устройства нейростимуляции (Entera, фирма Медтроник, США) показана для лечения пациентов с хронической трудноизлечимой тошнотой и рвотой, на фоне вторичного гастропареза диабетической или идиопатической этиологии. Для стимулирования желудка в стимуляторах используются слабые электрические импульсы.

Устройство состоит из нейростимулятора, имплантируемого внутримышечного электрода и внешней системы программирования. В настоящее время выполнение МР исследований у пациентов с такими устройствами противопоказано в связи с опасностью смещения или нагревания нейростимулятора и/или электродов. Кроме того, напряжение, которое возникает в электроде и нейростимуляторе может вызвать болезненную «ударную» стимуляцию.

Пациенты после операций и МР исследование

- [illegible]

Заключение

По мере совершенствования МР технологии и разработки новых, более сложных типов имплантатов и устройств, возможности опасного воздействия при МР исследованиях увеличиваются. Поэтому для предотвращения несчастных случаев и других инцидентов необходимо владеть новейшей информацией о МР биологических эффектах и использовать имеющиеся на данный момент рекомендации для обеспечения безопасности пациентов и персонала, а также следовать всем рекомендациям производителей биомедицинских имплантатов и устройств.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

