



ФМБА РОССИИ
Федеральное медико-биологическое агентство



Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Адрес: г. Москва, ул. Живописная, д. 46, стр. 8
Тел.: 8 (499) 190-96-92
Сайт: www.mbufmbc.ru

**Маткевич Е.И., Ионова Е.А.,
Башков А.Н., Такмаков А.А., Удалов Ю.Д.**

**МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ
ТОМОГРАФИЯ В ОТДЕЛЕНИИ
ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ.
ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТОВ
К ИССЛЕДОВАНИЮ**

Учебное пособие

Москва, 2026

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И. Бурназяна»
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИННОВАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Маткевич Е.И., Ионова Е.А.,
Башков А.Н., Такмаков А.А., Удалов Ю.Д.**

**МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ
В ОТДЕЛЕНИИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ.
ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТОВ
К ИССЛЕДОВАНИЮ**

Учебное пособие

Москва 2026

УДК 616-01:616-073.8

ББК Р364.2

М12

Маткевич Е.И., Ионова Е.А., Башков А.Н., Такмаков А.А., Удалов Ю.Д. Магнитно-резонансная томография в отделении лучевой диагностики. Подготовка пациентов к исследованию. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026. — 66 с.

Авторы:

Маткевич Елена Ивановна — к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Ионова Елена Александровна — д.м.н., заведующая кафедрой лучевой диагностики с курсом радиологии МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Башков Андрей Николаевич — к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики с курсом радиологии МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Такмаков Андрей Александрович — врач-рентгенолог отделения магнитно-резонансной томографии Центра лучевой и радиоизотопной диагностики ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Удалов Юрий Дмитриевич — генеральный директор ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, главный внештатный специалист ФМБА России по радиологии, доктор медицинских наук, доцент.

Рецензенты:

Кореньков В.В. — к.м.н., доцент кафедры терапии МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Классовская Н.Ю. — к.м.н., врач-рентгенолог, врач ультразвуковой диагностики хирургического стационара ГБУЗ Московской области «Серпуховская областная больница».

В учебном пособии кратко изложены история разработки метода магнитно-резонансной томография (МРТ), её основные отличия от компьютерной томографии, особенности назначения МРТ и порядок подготовки пациента к данной диагностической процедуре. Рассмотрены основные организационные вопросы при выполнении МРТ. Размещены перечни противопоказаний и имплантированных медицинских изделий (ИМИ), при которых запрещается (не рекомендуется) проведение МРТ, форма памятки для пациентов перед проведением МРТ, ресурсы по безопасности пациента при проведении МРТ. Разработаны и приводятся тестовые вопросы и ситуационные задачи по теме для контроля освоения материала. Пособие предназначено для использования в процессе обучения по дисциплинам «Лучевая диагностика и рентгенология», «Общая и медицинская радиобиология», а также в практической работе с пациентами врачами-рентгенологами, ординаторами, рентген-лаборантами и лечащими врачами многопрофильного стационара.

ISBN 978-5-93064-429-6

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна
ФМБА России, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПО СРАВНЕНИЮ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИЕЙ	8
1.1. Отличия в физических принципах и возможностях визуализации при КТ и МРТ	8
1.2. Технологические различия КТ и МРТ	12
1.3. Безопасность и риски.	13
2. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ	15
2.1. Противопоказания, связанные с пациентом.	15
2.2. Общая информация об имплантируемых медицинских изделиях (ИМИ). Порядок назначения и возможность проведения МРТ-исследования при наличии у пациента ИМИ	15
2.3. Противопоказания для использования контрастных средств при МРТ	22
3. ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТА К МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ	23
3.1. Общие правила подготовки пациента к МРТ	23
3.2. Особенности подготовки пациента к МРТ с контрастным усилением	25
3.3. Специфическая подготовка к отдельным видам МРТ-исследований	26
3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПАЦИЕНТА И ВЫПОЛНЕНИЯ МРТ-ИССЛЕДОВАНИЙ	29
4.1. Основные ошибки при подготовке и проведении МРТ-исследования	29
4.2. Анализ МРТ-изображений с артефактами и рекомендации по их предотвращению	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	39
ПРИЛОЖЕНИЯ	40
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Физические основы магнитно-резонансной томографии.	40

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Имплантированные медицинские изделия, при которых запрещается или не рекомендуется проведение МРТ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Памятка для пациентов перед проведением МРТ	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Форма информированного согласия пациента и Анкета пациента перед проведением МР-исследования	52
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Алгоритм действий медицинского персонала при анафилактическом шоке у пациента	54
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Тестовые вопросы для самоконтроля	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Примеры ситуационных задач	65
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	66

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АД	— артериальное давление
ЖКТ	— желудочно-кишечный тракт
ИМИ	— имплантированные медицинские изделия
КТ	— компьютерная томография
МРТ	— магнитно-резонансная томография
НСФ	— нефрогенный системный фиброз
СКФ	— скорость клубочковой фильтрации
СЛР	— сердечно-легочная реанимация
T1-ВИ	— T1-взвешенные изображения
T2-ВИ	— T2-взвешенные изображения
УЗИ	— ультразвуковое исследование
ЧСС	— частота сердечных сокращений
ЧД	— частота дыхания
ЭКГ	— электрокардиограмма
ЯМР	— ядерный магнитный резонанс
ACR	— American College of Radiology — американский радиологический колледж
ALARA	— As low as reasonably achievable — настолько низко, насколько это разумно достижимо
GRE	— gradient echo — градиент-эхо
DWI	— diffusion-Weighted Imaging — диффузионно-взвешенная визуализация
EPI	— echo planar imaging — эхопланарная томография
FID	— free Induction Decay — сигнал свободной индукции
fMRI	— functional magnetic resonance imaging — функциональная МРТ
HU	— Hounsfield units — единицы Хаунсфилда
MRS	— magnetic resonance spectroscopy — МР-спектроскопия
MR-устройства	— устройства, совместимые с технологией МРТ
PD-ВИ	— proton density — протонно-взвешенные изображения
SE	— spin echo — спин-эхо

ВВЕДЕНИЕ

Целью данных рекомендаций является ознакомление врачей-рентгенологов, лаборантов, лечащих врачей, ординаторов, аспирантов и пациентов с особенностями работы отделения МРТ и вопросами, связанными с безопасным проведением магнитно-резонансного исследования, противопоказаниями и рисками, в том числе при сканировании пациентов с имплантированными медицинскими изделиями (ИМИ), а также контролем состояния пациента до, вовремя и после исследования.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — один из наиболее современных и эффективных методов лучевой диагностики, позволяющий, с минимальным вмешательством во внутреннюю среду человека, получать визуализацию органов и тканей без использования ионизирующего излучения или введения каких-либо радиофармпрепаратов. В основе МРТ лежит явление резонансного поглощения радиочастотной электромагнитной энергии веществом, находящимся во внешнем постоянном магнитном поле (Приложение А). МРТ позволяет получать детальные изображения внутренних структур без использования ионизирующего излучения. Его создание стало результатом серии фундаментальных открытий в физике и химии, которые впоследствии нашли применение в медицине.

Основа МРТ — явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Заслуги в открытии этого явления (1938–1952):

- 1938 г.: Исидор Раби впервые наблюдал ЯМР в молекулярных пучках;
- 1944 г.: Исидор Раби получил Нобелевскую премию по физике за открытие метода ЯМР [1];
- 1946 г.: Феликс Блох и Эдвард Пёрселл независимо друг от друга открыли ЯМР в жидкостях и твердых телах;
- 1952 г.: Блох и Пёрселл получили Нобелевскую премию по физике, что утвердило ЯМР как мощный инструмент химического анализа [2].

Однако, на первом этапе ЯМР использовался только для изучения состава химических веществ (материалов), а не для визуализации человека.

Переход от химического анализа (спектроскопии) к построению изображений (визуализации) стал поворотным моментом в развитии медицинской науки и практики.

- 1971 г.: Реймонд Дамадьян показал, что ЯМР-сигналы от здоровых и опухолевых тканей различаются, и предположил возможность применения метода для диагностики рака [3].
- 1973 г.: Пол Лотербур опубликовал в Nature основополагающую работу. Он предложил использовать градиентные магнитные поля, чтобы определять происхождение сигналов в пространстве и строить двумерные изображения [4].
- 1970-е гг.: Петер Мэнсфилд разработал математические алгоритмы и метод эхопланарной томографии (EPI) для сверхбыстрого получения изображений, что сделало метод пригодным для клиники.

На следующем этапе были созданы первые МРТ-сканеры для клинического применения.

- 1977 г.: Команда Реймонда Дамадьяна создала первый сканер «Indomitable» и провела первое МР-сканирование живого человека (процесс занял около 5 часов) [5].
- 1980-е годы: коммерциализация технологии. Компании General Electric, Siemens и Philips начали серийный выпуск МРТ-сканеров, что привело к широкому внедрению метода в клиническую практику.

В 2003 году Нобелевская премия по физиологии и медицине была присуждена Полу Лотербуру и Петеру Мэнсфилду «за открытия, касающиеся метода магнитно-резонансной томографии» [6]. Премия отметила их решающий вклад в преобразование физического явления (ЯМР) в универсальный метод медицинской визуализации.

История МРТ — это путь от фундаментальных открытий в квантовой физике до жизненно важного медицинского инструмента. Прорыв Лотербура и Мэнсфилда, основанный на работах их предшественников, изменил диагностику, позволил заглянуть внутрь человеческого тела с беспрецедентной детализацией и безопасностью.

1. ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПО СРАВНЕНИЮ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИЕЙ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) и компьютерная томография (КТ) являются двумя ведущими методами диагностической визуализации, каждый из которых занимает свою нишу в современной медицине. Несмотря на общую цель — получение детальных изображений внутренних структур организма — эти методы фундаментально различаются по физическим принципам, возможностям визуализации, показаниям и рискам для пациента. Выбор между ними определяется конкретной клинической задачей. Данный анализ призван систематизировать ключевые отличия между МРТ и КТ.

1.1. Отличия в физических принципах и возможностях визуализации при КТ и МРТ

А. Компьютерная томография (КТ)

Принцип: КТ основана на использовании рентгеновского излучения.

Механизм: веерообразный пучок рентгеновских лучей проходит через тело пациента под разными углами. Детекторы, расположенные напротив излучателя, измеряют степень ослабления этого излучения различными тканями. Плотные ткани (например, кости) сильно поглощают рентгеновские лучи, в то время как мягкие ткани (мышцы, органы) поглощают их слабее.

Единица измерения: шкала Хаунсфилда (HU), которая количественно определяет ослабление рентгеновского излучения. Вода принята за 0 HU, воздух за -1000 HU, компактная кость за +1000 HU и выше [7].

Создание изображения: система обрабатывает многочисленные измерения и с помощью алгоритмов обратного проецирования реконструирует поперечные срезы (томограммы) тела.

Б. Магнитно-резонансная томография (МРТ)

Принцип: МРТ основана на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

Механизм: метод использует мощное постоянное магнитное поле (B_0), радиочастотные импульсы и переменные магнитные поля (градиенты). В магнитном поле протоны ядер водорода (входящие в состав воды и жиров) ориентируются определенным образом и начинают прецессировать. Радиочастотный импульс, настроенный на резонансную частоту, «возбуждает» эти протоны. После прекращения импульса протоны возвращаются в состояние равновесия, излучая энергию, которая детектируется как сигнал [8].

Создание изображения: сигналы, различающиеся по фазе и частоте благодаря градиентным полям, помещаются в k -пространство. Применение обратного преобразования Фурье к этим данным позволяет построить изображение. Контраст на изображении определяется временами релаксации (T_1 , T_2) и плотностью протонов в тканях.

Ключевое отличие: КТ измеряет плотность тканей, а МРТ регистрирует сигналы от ядер атомов водорода (протонов), содержащихся в молекулах воды и жиров.

Различные физические принципы обуславливают преимущества каждого метода в визуализации определенных структур организма человека.

КТ: преимущества в визуализации костей, легких и острых кровоизлияний

Костные структуры: КТ является «золотым стандартом» для оценки переломов костей, костных опухолей и дегенеративных изменений позвоночника благодаря высокой контрастности костной ткани.

Легочная ткань: КТ грудной клетки — основной метод диагностики заболеваний легких (пневмония, эмфизема, рак, туберкулез), так как воздух в альвеолах создает естественный контраст.

Острые кровоизлияния: особенно в головном мозге. Свежая кровь на КТ выглядит яркой -гиперденсной и легко отличима от мозговой ткани.

Сосудистые исследования (КТ-ангиография): при введении контрастного вещества КТ позволяет с высокой точностью визуализировать артерии и вены, диагностируя аневризмы и тромбоз.

Скорость: современные мультиспиральные КТ-сканеры позволяют исследовать всю грудную клетку, брюшную полость или таз за несколько секунд.

МРТ: преимущества в визуализации мягких тканей, головного и спинного мозга

Головной и спинной мозг: МРТ — незаменимый инструмент в неврологии и нейрохирургии. Он превосходно визуализирует инсульт, опухоли, демиелинизирующие заболевания (рассеянный склероз), аномалии развития.

Мягкие ткани: МРТ обеспечивает детализацию мышц, связок, сухожилий, менисков и хрящей, что делает ее методом выбора в ортопедии и спортивной медицине (например, для диагностики разрывов крестообразных связок, менисков, ротаторной манжеты плеча).

Онкология: МРТ обладает высокой чувствительностью для оценки объема опухолей, их взаимоотношения с окружающими структурами, а также для проведения дифференциальной диагностики.

Функциональные и специализированные методики:

— Диффузионно-взвешенная визуализация (DWI): позволяет оценивать подвижность молекул воды. Критически важна для ранней диагностики ишемического инсульта (в первые минуты-часы) и характеристики опухолей.

— МР-спектроскопия (MRS): оценивает биохимический состав тканей.

— Функциональная МРТ (fMRI): определяет зоны активности головного мозга.

Сводные данные о целесообразности применения КТ или МРТ приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

**Обоснование выбора метода КТ / МРТ при визуализации
основных анатомических структур (патологий)**

Анатомическая структура (патология)	Предпочтительный метод	Обоснование
Кости (переломы)	КТ	Высокая естественная контрастность патологических изменений костной ткани
Легкие	КТ	Высокая естественная контрастность патологических изменений легочной ткани
Головной мозг (инсульт, опухоли)	МРТ	Высокоинтенсивный МР-сигнал от патологических изменений, визуализация изменений на ранней стадии
Спинальный мозг и нервы	МРТ	Структура спинного мозга при КТ не дифференцируется
Суставы, связки, мениски	МРТ	При КТ патология интра- и параартикулярных мягких тканей не дифференцируется
Острое внутримозговое кровоизлияние	КТ	КТ позволяет провести быстрое и качественное исследование пациенту в тяжелом состоянии
Сосуды (ангиография)	КТ и МРТ	КТ позволяет провести исследование быстро с высоким качеством визуализации патологии; МРТ может быть проведено без в/в контрастирования, не сопровождается лучевой нагрузкой
Органы брюшной полости	В зависимости от задачи	КТ в большинстве случаев позволяет визуализировать патологический процесс; МРТ безальтернативна при изучении патологии желчевыводящих путей, предстательной железы, женских половых органов

1.2. Технологические различия КТ и МРТ

Длительность исследования:

КТ — быстрое исследование, стандартная процедура сканирования одной области занимает около пяти минут;

МРТ — длительное исследование, стандартный протокол занимает от 20 до 45 минут, а исследования с контрастным усилением — около часа.

Стоимость и доступность:

КТ — исследования, как правило, дешевле; высокая пропускная способность аппарата и быстрое сканирование;

МРТ — исследования чаще значительно дороже; оборудование требует больших затрат на обслуживание; технические сложности при проведении исследования пациентам в тяжелом состоянии; низкая пропускная способность.

Комфорт пациента:

КТ — туннель аппарата короткий и широкий, что не вызывает приступов клаустрофобии;

МРТ — туннель аппарата длинный (120–170 см), что может вызывать клаустрофобию. Исследование сопровождается громким стуком, требующим использования средств защиты слуха.

Таким образом, следует считать, что не существует «лучшего» метода визуализации в абсолютном смысле. Выбор между КТ и МРТ — это всегда взвешенное решение, основанное на диагностической задаче.

КТ — это метод выбора для экстренной диагностики (травма, инсульт, подозрение на кровоизлияние), заболеваний костей и легких. Его основной недостаток — лучевая нагрузка.

МРТ — это метод выбора для плановой детальной оценки мягких тканей, особенно центральной нервной системы, суставов и органов малого таза. МРТ предоставляет функциональные данные и не использует ионизирующее излучение. Основные ограничения метода — длительность, высокая стоимость и наличие строгих противопоказаний, связанных с магнитным полем.

1.3. Безопасность и риски

Вопрос безопасности является одним из наиболее важных при выборе метода исследования.

Риски компьютерной томографии (КТ)

1. Ионизирующее излучение: главный риск КТ связан с использованием рентгеновских лучей, которые являются канцерогенным фактором. Доза облучения варьируется в зависимости от области исследования (2,5–25 мЗв), но она значительно выше, чем при стандартной рентгенографии (0,1 мЗв). Принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable) обязывает минимизировать дозу без ущерба для диагностики [9].
2. Использование контрастных препаратов. При КТ используются йодсодержащие контрастные вещества, которые могут вызывать аллергические реакции (в 0,04–0,6 % случаев) и нефропатию (ухудшение функции почек — в 2–17 % случаев), особенно у пациентов с почечной недостаточностью. Поэтому при выполнении исследования с контрастными веществами крайне важно собирать аллергический анамнез пациента и оценивать функцию почек на основании биохимических показателей крови — уровень креатинина и расчета скорости клубочковой фильтрации.

Риски магнитно-резонансной томографии (МРТ)

Отсутствие ионизирующего излучения: МРТ не несет рисков, связанных с радиацией, что делает ее предпочтительным методом для детей, беременных (за исключением первого триместра, из-за предосторожности) и для проведения многократных исследований.

К рискам МРТ относят:

1. Металлические предметы и имплантаты. При их наличии мощное магнитное поле представляет главную опасность. Оно может смещать ферромагнитные имплантаты (некоторые клипсы на аневризмах, металлические осколки в глазах) и выводить из строя электронные устройства (кардиостимуляторы, кохлеарные имплантаты). Абсолютным противопоказанием является наличие не-MR-совместимых устройств [10].

2. Использование контрастных препаратов. Для проведения МРТ используются гадолиниевые вещества. Их контрастный эффект основан на изменении магнитных свойств тканей, что усиливает границы между различными типами тканей. Эти вещества безопаснее йодсодержащих, реже вызывают аллергические реакции. Однако у пациентов с тяжелой почечной недостаточностью существует риск развития нефрогенного системного фиброза (НСФ) [11].

Можно заключить, что и в аспекте безопасности для пациента КТ и МРТ рассматриваются как взаимодополняющие диагностические инструменты в практике врача, правильный выбор которых уменьшит риски для пациента при сохранении возможности получить достоверную диагностическую информацию.

2. ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Все противопоказания к МРТ могут быть абсолютными или относительными. Противопоказания подразделяются также на группы, связанные с пациентом и с имплантированным устройством. К отдельной группе относят противопоказания для введения контрастных средств.

2.1. Противопоказания, связанные с пациентом

- Страх замкнутого пространства.
- Татуировки с металлосодержащими чернилами.
- Первый триместр беременности.
- Невозможность периодической задержки дыхания.
- Выраженный болевой синдром.
- Невозможность лежать неподвижно и ровно во время проведения исследования (тремор, сутулость).
- Выраженное ожирение. Большинство стандартных МРТ-аппаратов имеют ограничения по весу (до 200 кг) и диаметру туннеля (обычно 60–70 см).

2.2. Общая информация об имплантируемых медицинских изделиях (ИМИ). Порядок назначения и возможность проведения МРТ-исследования при наличии у пациента ИМИ

Безопасность при проведении МРТ является первостепенной задачей. Мощное статическое магнитное поле, градиентные поля и радиочастотное излучение, используемые в МРТ, могут оказывать серьезное воздействие на определенные электронные устройства (водители ритма сердца, измерительные приборы, часы и др.), металлические имплантаты и инородные тела, создавая угрозу для жизни и здоровья пациента.

К имплантируемым медицинским изделиям (ИМИ) относятся любые инородные материалы или устройства, находящегося в теле пациента или соединенные с ним. ИМИ подразделяются на **пассивные** и **активные**.

Пассивное ИМИ — полностью или частично помещенное в организм медицинское изделие, выполняющее свои функции без

подачи электроэнергии, кроме той, которая генерируется человеческим телом или гравитацией.

Активное ИМИ — полностью или частично помещенное в организм медицинское изделие, функционирование которого зависит от источника электрической энергии или любого источника энергии, отличного от того, который генерируется человеческим телом или гравитацией.

Под современным ИМИ понимают изделие или устройство, произведенные после 2000 г.

Группы имплантируемых медицинских изделий по магнитно-резонансной (МР) совместимости

При взаимодействии имплантов с магнитными полями МР-сканера возможны следующие неблагоприятные эффекты:

- притяжение, ротация;
- нагрев, вибрация (стимуляция периферических нервов, мышц, акустический шум);
- индукция тока;
- нарушение работы активного ИМИ.

Основной риск связан с ферромагнитными металлами (железо, нержавеющая сталь) — их притяжение и ротация в постоянном магнитном поле могут стать причиной ранения пациента и персонала.

Не ферромагнитные металлы (титан, тантал, нитинол — соединение титана и никеля, медь, сплавы кобальта, никеля, хрома, молибдена) не смещаются в магнитном поле, но могут подвергаться нагреву и индукции тока, особенно когда имеют удлиненную форму или образуют петлю. В ряде национальных стандартов указаны степени влияния метода МРТ на импланты.

В связи с этим имеющиеся в настоящее время ИМИ разделяются на группы по магнитно-резонансной (МР) совместимости (табл. 2). В ряде национальных стандартов указаны степени влияния метода МРТ на внедренные импланты.

МР-безопасное (англ. MR Safe) — медицинское изделие, не представляющее известных опасностей в среде магнитного резонанса. МР-безопасные изделия состоят из неэлектропроводных, немагнитных и немагнитных материалов, не требуют выполнения условий для МРТ сканирования, в том числе время ожидания после имплантации не является

Таблица 2.

**Классификация имплантируемых медицинских изделий
по МР совместимости**

Наименование	Примечание	Условное обозначение
МР-безопасные	Возможно выполнение МРТ при любых условиях	
МР-совместимые при определенных условиях	При выполнении МРТ требуется не превышать пределы параметров: индукция магнитного поля, максимальное значение градиента, удельный коэффициент поглощения и время сканирования.	
МР-небезопасные	Выполнение МРТ при их наличии запрещено	

ограничивающим фактором. Металлические изделия (например, из титана или золота), хотя часто и разрешены для сканирования, обычно классифицируются как MR Conditional (МР-совместимые при определенных условиях), так как могут нагреваться или создавать тени на снимках. Маркировка MR Safe (зеленый квадрат) строго зарезервирована для полностью безметаллических диэлектриков. Например, венозных катетеров, дренажные трубки, рассасывающиеся штифты для костной пластики и др.

MP-условно безопасное (англ. MR Conditional) — медицинское изделие, безопасное в среде магнитного резонанса при определенных условиях, включая условия для постоянного магнитного поля, изменяющихся во времени градиентного и радиочастотного магнитных полей. Ранее употреблявшийся термин «MP-совместимый» (англ. MR Compatible) в настоящее время не используется. Примером таких ИМИ служат ортопедические конструкции из титана, коронарные стенты, зубные импланты и протезы и др.

MP-небезопасное (англ. MR Unsafe) — медицинское изделие, которое представляет риск для пациента, медицинского персонала или других лиц в среде магнитного резонанса. Пациент с MP-небезопасным имплантом не должен находиться в среде магнитного резонанса и проходить МРТ-сканирование. К этой группе относятся многие модели кардиостимуляторов, клип на сосудах, инородные тела в глазу, инсулиновые помпы и др.

Каждый имплант должен быть снабжен инструкцией по эксплуатации или руководством пользователя, которые включают в себя данные по безопасности и совместимости с МРТ. Пациенту при назначении ему МРТ-исследования следует предоставить лечащему врачу информацию о MP-совместимости имплантата. Врачу необходимо отразить это в сопроводительной документации на МРТ, указать в выписном эпикризе, а также в виде соответствующей записи в истории болезни.

Примеры активных и пассивных ИМИ представлены в **Приложении Б**. Если пациент пришел на МРТ исследование без сопроводительных документов на ИМИ, необходимо найти описание конкретной модели ИМИ на сайте [12] (рис. 1) — https://www.mrisafety.com/TMDL_list.

На рис. 1 в колонке «Object status» приводятся сведения о статусе конкретных моделей ИМИ, с использованием более подробной градации, по сравнению с табл. 2.

1) на зелёном фоне — Status Safe (статус — MP-безопасные).

1.5.3. Статус — MP-безопасное: объект безопасный для пациента, проходящего процедуру МРТ, или для человека, находящегося в среде МРТ, с учётом наивысшей напряженности статического магнитного поля, которая использовалась при тесте безопасности МРТ.

Research The LIST Safety Topics Home Help Search (Fullpage words)

This site is Exclusively Sponsored by BRACCO

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Next Last

Displaying 1 - 28 of 4789

Object Description ↑	Object Status	Safety Topic / Subject
Q 3D Medical, 3D Printed Platinum Coil Boston Scientific, www.bostonscientific.com	15.3 Conditional 8 More	Coils, Filters, Stents, and Grfts More
Q 3i4" Suction Wand 3i4" 41.com Neumatic Medical, www.neumaticmedical.com	3 Conditional 7 More	Miscellaneous Implants and Devices &
Q 30 Caliber, 752 x 39, Copper Jacketed Round, Armor Piercing, Nonhco	1.5 Unsafe 1 More...	Miscellaneous Implants and Devices &
Q 367 Magnum Revolver Udcof 66-3 Mico Smith and Wesson Springfield, MA	1.5 Unsafe 1 More...	Miscellaneous Implants and Devices &
Q 3D Intrasternal Ring Applicator 50" with Plastic Needles Varian Medical Systems, www.varian.com	15.3 Conditional 8 More	Miscellaneous Implants and Devices &
Q 3D Intrasternal Ring Applicator with Plastic Needles Varian Medical Systems, www.varian.com	15.3 Conditional 5 More	Miscellaneous Implants and Devices &
Q 3D ProFusion Bioscaffold S-ate Alphatec Spine Inc., www.alphahealth.com	15.3 Safe More...	Orthopedic Implants, Materials, and D.
Q 3M Vinyl Removal Silicone Tape 3M, www.3m.com	15.3 Safe More...	Miscellaneous Implants and Devices &

Рисунок 1. Интерфейс программы с сайта MRIafety.com с информацией об ИМИ

2) на желтом фоне – *Status Conditional (Статус–MP-совместимые при определенных условиях).*

1.5.3. Статус — *Conditional, условие 8:* доклинические испытания показали, что имплант / устройство является условно магнитно-резонансным, пациента с таким имплантатом / устройством безопасно обследовать сразу после его установки при соблюдении условий статического магнитного поля не выше 3 Тесла; качество МРТ-изображения может быть снижено, если область интереса находится в том же месте или относительно близко к положению имплантата / устройства.

1.5.3. Статус — *Conditional, условие 5:* Наличие ИМИ допустимо для пациента, проходящего процедуру МРТ, или для человека, находящегося в зоне проведения МРТ, только при соблюдении определенных правил или рекомендаций, а именно, необходимо изучить информацию о конкретном устройстве на этом веб-сайте в разделе «Информация о безопасности» или на сайте производителя.

3. Статус — *Conditional, условие 7.* Устройство не предназначено для использования внутри системы МРТ во время работы сканера при проведении процедуры МРТ, устройство не должно находиться внутри канала системы МРТ и подвергаться воздействию изменяющихся во времени и радиочастотных полей, которые присутствуют во время процедуры МРТ.

3) на красном фоне –*Status Unsafe 1* (Статус — МР-небезопасно).

1.5. Статус — *Небезопасно 1*. Объект представляет потенциальную или реальную угрозу для пациента или другого человека в помещении для МРТ, в первую очередь из-за того, что он может сдвинуться с места или упасть. Могут существовать и другие риски или угрозы. Наличие этого объекта является противопоказанием для проведения МРТ и / или для нахождения человека в помещении для МРТ.

Алгоритм назначения МРТ-исследования пациенту с ИМИ

1. Лечащий врач с использованием специальной таблицы различных видов ИМИ (Приложение Б) принимает решение о возможности проведения МРТ, если статус ИМИ МР-безопасный или МР-условно безопасный. Если статус ИМИ МР-небезопасный, например, если у пациента есть аппарат внешней ортопедической фиксации, то пациенту запрещено назначать МРТ. Для уточнения информации об МР-статусе ИМИ необходимо ознакомиться с инструкцией производителя.
2. Лечащий врач в обязательном порядке заполняет направление на исследование, в котором отмечает наличие или отсутствие ИМИ, его тип (активный/пассивный), статус безопасности (МР-безопасный, МР-условно безопасный). В случае если статус МР-условно безопасный, лечащий врач должен обязательно проинформировать об этом пациента и/или сопровождающий персонал. Если при проведении МРТ необходим контроль состояния пациента во время исследования врачом-кардиологом, неврологом или нейрохирургом, то лечащий врач должен обеспечить присутствие этого специалиста во время процедуры. Если перед проведением МРТ необходим перевод ИМИ в специальный МР-режим работы, лечащий врач должен пригласить для этого соответствующего специалиста, например, кардиолога / аритмолога, для перепрограммирования электрокардиостимулятора.
3. Врач-рентгенолог отделения МРТ должен внимательно изучить направление пациента на МРТ и заполненную им анкету, обратив внимание на отметки о наличии ИМИ и статусе его МР-безопасности. При необходимости уточнения информации следует использовать все возможные источники:

собрать подробный анамнез у пациента, связаться с лечащим врачом, изучить медицинскую документацию, пригласить на консультацию заведующего отделением МРТ и др. В том случае, если не удастся точно определить тип ИМИ, а также его статус МР-безопасности, проводить МРТ запрещено до получения всей необходимой и документально подтвержденной информации.

4. Врач-рентгенолог должен установить необходимые параметры сканирования при наличии у пациента МР-условно безопасных ИМИ (Приложение Б) либо ознакомиться с рекомендациями производителя ИМИ.
5. Перед проведением процедуры необходимо проинформировать пациента о возможных ощущениях, которые могут возникнуть в связи с наличием у него ИМИ (вибрация, нагрев) и необходимости сразу же сообщить об этом персоналу устно и с помощью сигнальной груши.
6. Во время проведения МРТ пациенту с ИМИ следует контролировать его состояние всеми доступными способами (устно, использование встроенного датчика частоты сердечных сокращений.)
7. Проведение МРТ пациентам при невозможности анкетирования (пациент находится в тяжелом или бессознательном состоянии) допускается по жизненным показаниям. В этом случае назначение МРТ оформляется консилиумом с участием врача-рентгенолога отделения МРТ. В таких случаях необходимо в присутствии врача-рентгенолога тщательно осмотреть кожные покровы пациента на груди, спине, голове на предмет поиска рубцовых изменений, швов, свидетельствующих об установке импланта. При подозрении на наличие импланта необходимо провести рентгенографию черепа, грудной клетки для исключения ИМИ, металлических тел в критически важных органах. Если подтвержденный наличия ИМИ получено не было, можно выполнить МРТ исследование. При этом необходимо проверять состояние пациента после каждой МР-последовательности.
8. В случае отказа в проведении МРТ врач-рентгенолог вносит соответствующую запись в историю болезни, отмечая выявленные противопоказания.

2.3. Противопоказания для использования контрастных средств при МРТ

Противопоказания данной группы относятся не к применению метода МРТ, а к введению контрастного вещества. Врачу-рентгенологу необходимо строго руководствоваться инструкцией к конкретному контрастному препарату.

Абсолютные противопоказания

- Аллергические реакции на гадолиний-содержащие контрастные препараты в анамнезе.
- Острая или тяжелая хроническая почечная недостаточность (СКФ < 30 мл/мин/1,73 м²) в связи с высоким риском развития нефрогенного системного фиброза (НСФ) — тяжелого, инвалидизирующего заболевания, характеризующегося фиброзом кожи и внутренних органов. Риск наиболее высок при использовании линейных МР-контрастных препаратов [21].

Относительные противопоказания

- Умеренное нарушение функции почек (СКФ 30–59 мл/мин/1,73 м²).

В таких случаях необходима оценка соотношения риска и пользы. Рекомендуется использование макроциклических МР-контрастных средств, которые обладают более высокой стабильностью и меньшим риском развития НСФ.

- Беременность и лактация.

Гадолиний имеет свойство проникать через плацентарный барьер. В связи с этим его применение запрещено, за исключением жизнеугрожающих ситуаций для матери.

Не существует строгих рекомендаций в отношении прекращения грудного вскармливания после применения МР-контрастных препаратов [13].

3. ПОДГОТОВКА ПАЦИЕНТА К МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Перед проведением МРТ пациент должен быть проинформирован о характере предстоящего исследования. Для ознакомления можно использовать печатную продукцию (памятки, плакаты), содержащую основные рекомендации по подготовке, перечень противопоказаний и правила поведения во время исследования. Такая информация может выдаваться пациентам при записи на исследование, на приеме у лечащего врача, размещаться в зоне ожидания. Осведомленность пациента — это не только юридическая обязанность врачебного персонала, она позволяет снизить тревожность больных и является первой ступенью на пути к безопасному и качественному исследованию. Пример памятки приведен в **приложении В** и на рисунке В-1.

3.1. Общие правила подготовки пациента к МРТ

Перед выполнением МРТ-исследования врач должен ознакомить пациента с общими требованиями, которые необходимы перед проведением исследования.

- Одежда должна быть удобной, без металлических вставок (джинсы с пуговицей можно)
- В день перед исследованием следует одеть украшения, которые легко снимаются
- Выпить обезболивающее, если наличие болевого синдрома может помешать лежать неподвижно в течение 30–40 минут
- При наличии клаустрофобии проконсультироваться с неврологом о возможности применения седативного средства. Рекомендуется взять с собой родственника или друга, который будет находиться вместе с Вами
- Взять с собой все предыдущие результаты исследований, и все результаты анализов, которые относятся к текущему заболеванию
- При МРТ исследовании головного мозга не использовать в день исследования лаки для волос, предупредить о наличии нарощенных волос
- При исследовании головного мозга пациентам с наличием брекет-систем или многочисленных зубных имплантов предупредить персонал, чтобы была выбрана программа, нивелирующая артефакты от металла

- Пациенту в обязательном порядке необходимо обсудить все вопросы с врачом рентгенологом или рентген-лаборантом до исследования, исходя из принципа, что неправильных вопросов нет.

Рекомендации пациенту непосредственно перед размещением в МРТ сканере

Перед выполнением МРТ-исследования пациент заполняет «Анкету пациента перед проведением МР-исследования» и оформляется информированное согласие пациента (Приложение Г).

Смена одежды: переодеться в одноразовую хлопчатобумажную одежду или собственную одежду без металлических элементов (молний, кнопок, заклепок).

Украшения: снять все украшения (серьги, кольца, пирсинг).

Электроника: запрещено проносить в помещение МРТ любые электронные устройства.

Опрос: сообщить персоналу о возможных противопоказаниях (кардиостимулятор, импланты, клаустрофобия, беременность)

Рекомендации пациенту перед выполнением МРТ при наличии страха замкнутого пространства

- посмотрите фотографии аппарата или посетите кабинет МРТ до процедуры,
- расскажите все свои опасения врачу-рентгенологу и попросите подробно описать процедуру,
- принесите немаetalлический маленький предмет для успокоения и держите его в руке во время исследования,
- возьмите с собой друга или родственника, который может стоять рядом и поддерживать Вас,
- попросите лаборанта общаться с Вами через микрофон и сообщать оставшееся время,
- представьте себя в спокойном месте, например, на пляже или в лесу и сосредоточьтесь на своем дыхании,
- напомните себе, что исследование помогает улучшить ваше здоровье, и его результаты важны для диагностики.

3.2. Особенности подготовки пациента к МРТ с контрастным усилением

За 2–4 часа до исследования пациенту следует ограничить прием пищи. Приехать на МРТ несколько заранее (на 15 минут, для спокойной установки венозного катетера).

Не требуется отмена никаких лекарственных препаратов перед исследованием.

В направлении лечащего врача на МРТ должен быть указан полный диагноз пациента для точного определения врачом-рентгенологом цели контрастного усиления.

Оценка функции почек: Предоставить результат анализов на креатинин, выполненный не позднее одного месяца до исследования. При скорости клубочковой фильтрации (СКФ) ниже 30 мл/мин введение контрастного вещества противопоказано. Сахарный диабет, анемии, заболевания щитовидной железы и надпочечников при нормальных показателях функции почек — не являются противопоказанием к внутривенному введению МР-контрастного препарата и не требуют каких-либо специальных мер.

Для пациентов с нормальной функцией почек безопасный интервал между выполнением КТ с контрастированием и МРТ с контрастированием составляет не менее 4 часов, но рекомендуется придерживаться 48 часов. Между выполнением МРТ с контрастными препаратами и КТ интервал должен составлять не менее 4 часов, но опять же рекомендовано придерживаться более длительного 24 часового перерыва. Для пациентов с почечной недостаточностью эти интервалы должны быть значительно увеличены, а решение о проведении исследований с контрастом требует индивидуального подхода и консультации нефролога.

Все контрастные средства, как йодсодержащие, так и гадолиниевые, могут быть удалены при гемодиализе. При планировании МРТ с контрастным усилением для таких пациентов требуется координация с профильными специалистами (нефрологами) для сопряжения времени проведения МРТ с сеансом диализа.

Мероприятия при аллергии: При наличии аллергических реакций на пищевые продукты, лекарства необходима предварительная консультация аллерголога. В большинстве случаев возможно проведение МРТ после премедикации.

Пациент после введения контраста остается под наблюдением медперсонала в клинике 30 минут в связи с вероятностью развития отсроченных аллергических реакций. В это время его опрашивают о самочувствии и отслеживают возможные симптомы.

Пациента предупреждают, что при появлении сыпи, зуда или (для группы риска с тяжелой почечной недостаточностью) признаков уплотнения кожи следует немедленно обратиться за медицинской помощью.

При возникновении аллергической реакции контрастный препарат следует действовать согласно стандартной операционной процедуре, принятой в лечебном учреждении. Алгоритм действий при возникновении аллергической реакции приведен в **Приложении Д**.

3.3. Специфическая подготовка к отдельным видам МРТ-исследований

1. МРТ органов брюшной полости

- в течение суток не принимать газообразующие продукты питания, важно уменьшить перистальтику кишечника для улучшения визуализации,
- отказаться от кофе и чая в день исследования,
- полное голодание за 4 часа до исследования, разрешена только чистая вода без газа,
- за 30 мин до исследования для подавления перистальтики принять спазмолитик, при отсутствии противопоказаний.

2. МРТ органов малого таза

При подготовке пациента к МРТ исследованию важно достичь необходимого наполнения мочевого пузыря и соблюдать вышеописанные меры для снижения перистальтики кишечника:

- в течение суток не принимать газообразующие продукты питания,
- отказаться от кофе и чая в день исследования,
- при нормальном пищеварении — естественное опорожнение кишечника в день исследования, при запорах — использование микроклизм,
- за 30 мин до исследования для подавления перистальтики принять спазмолитик, при отсутствии противопоказаний,

- полное голодание за 4 часа до исследования, разрешается пить воду только без газа,
- дополнительный прием жидкости требуется только при исследовании мочевого пузыря (выпить 0,5–1 л воды и не мочиться), при исследовании любых других органов малого таза необходимо опорожнить мочевой пузырь перед исследованием,
- для женщин — рекомендуется проведение исследования на 6–12 день менструального цикла (если иное не назначено врачом) для минимизации физиологического усиления сигнала от эндометрия [26].

3. МРТ молочных желез (МР-маммография)

МРТ молочных желез проводится в фазу минимальной гормональной стимуляции железы.

- исследование проводится строго с 6-го по 12-й день цикла. Это снижает фоновое усиление паренхимы и повышает специфичность метода,
- контрастное усиление является обязательным,
- пациентке необходимо принести результаты предыдущих маммографий и УЗИ,
- отказаться от приема пищи за 2 часа до исследования.

4. МРТ суставов и позвоночника

- полная неподвижность во время сканирования (возможен прием обезболивающего по согласованию с лечащим врачом).

5. МРТ сердца

- подготовка пациента для достижения стабильного ЧСС (не более 70–75 уд. в м.) и обучение задержке дыхания:
- ограничение психостимуляторов — за 4–6 часов до исследования исключить кофеин (кофе, чай, шоколад, энергетики) для стабилизации частоты сердечных сокращений [28],
- питание — легкий прием пищи за 2 часа до исследования во избежание чувства голода,
- тренировка дыхания — персонал проведет инструктаж по командам на задержку дыхания (обычно на 10–20 секунд). Это критически важно для качества изображений.

Обобщенные рекомендации по подготовке пациента к отдельным видам МРТ приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Обобщенные рекомендации по подготовке пациента к отдельным видам МРТ-исследований

Область исследования	Голодание	Применение спазмолитиков	Ключевые условия
Брюшная полость	4 часов	Да	Возможен прием воды перед сканированием
Малый таз	4 часа	Да	Для женщин: МРТ выполняется с 6 по 12 день менструального цикла. При МРТ мочевого пузыря — с наполненным мочевым пузырём. Опорожнение прямой кишки
Молочные железы	2 часа	Нет	МРТ выполняется с 6 по 12 день менструального цикла; обязательно внутривенное контрастирование
Суставы / позвоночник / головной мозг	Нет	Нет	Неподвижность при исследовании
Сердце	2 часа	Нет	Исключить употребление кофеинсодержащих продуктов и напитков; выполняется тренировка задержки дыхания

3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПАЦИЕНТА И ВЫПОЛНЕНИЯ МРТ-ИССЛЕДОВАНИЙ

Диагностическая ценность и безопасность магнитно-резонансной томографии во многом зависят от правильной подготовки пациента и соблюдения протоколов безопасности на всех этапах исследования. Даже при безупречных технических параметрах оборудования ошибки, допущенные до или во время процедуры, могут привести к снижению информативности, необходимости повторного сканирования, удлинению времени исследования и, в отдельных случаях, — к риску для здоровья пациента.

Ошибки могут быть связаны как с недостаточной информированностью и несоблюдением рекомендаций самим пациентом, так и с нарушениями со стороны медицинского персонала — врачей-рентгенологов, рентген-лаборантов и администраторов, участвующих в подготовке и проведении МР-исследования.

4.1. Основные ошибки при подготовке и проведении МРТ-исследования

В данном разделе систематизированы наиболее частые ошибки при подготовке к МРТ, их последствия и описаны меры профилактики. В таблицах 4 и 5 приведены наиболее распространённые ошибки со стороны пациента и ошибки со стороны медицинского персонала, выявленные в клинической практике отделений МРТ.

4.2. Анализ МРТ-изображений с артефактами и рекомендации по их предотвращению

Большинство артефактов, возникающих при проведении МРТ, не связаны с техническими неисправностями оборудования, а обусловлены недостаточной подготовкой пациента или нарушениями протокола сканирования. Систематическая работа по информированию пациентов, стандартизации инструктажа и контролю его позиционирования в МРТ сканере позволяет снизить долю некачественных исследований до <5 %. В таблице 6 приведены примеры наиболее часто встречающихся артефактов и рекомендации по их устранению.

Таблица 4

Типичные ошибки пациента при подготовке и проведении МРТ-исследования

№	Ошибка при подготовке	Возможные последствия	Меры профилактики
1	Неинформирование о наличии имплантов, протезов, металлических предметов	Опасность смещения импланта, нарушение работы устройства, отказ в исследовании	Подробное анкетирование, обязательное уточнение всех медицинских вмешательств
2	Отсутствие документов или паспорта на имплант	Невозможность подтверждения МР-совместимости	Требовать у пациента выписку или паспорт импланта; при отсутствии — консультация лечащего врача
3	Приход в одежде с металлическими элементами	Ожоги кожи, артефакты на изображении	Информирование о необходимости переодевания в одежду без металла
4	Наличие украшений, часов, пирсинга, слуховых аппаратов	Артефакты, повреждение оборудования, ожог	Проверка перед входом в кабинет, визуальный контроль лаборанта
5	Использование косметики с металлическими частицами	Искажения изображения головы, орбит	Информирование о запрете использования косметики в день исследования
6	Отказ от заполнения анкеты перед исследованием	Пропуск противопоказаний, риски безопасности	Контроль со стороны персонала, устное дублирование вопросов
7	Несоблюдение режима питания перед исследованием	Перистальтические артефакты, тошнота, неинформативные снимки	Информирование о необходимости голодания (6–8 ч) или лёгкого питания в зависимости от области
8	Употребление кофеина, алкоголя или энергетиков	Нарушение сердечного ритма, возбуждение, артефакты	Запрет кофеина и алкоголя за 6 ч до исследования
9	Самовольный приём седативных или анальгетиков	Снижение давления, нарушение дыхания, невозможность коммуникации	Предупреждение о необходимости консультации врача перед приёмом препаратов

Таблица 4 (Продолжение)

10	Не информирование о клаустрофобии	Паническая атака, прерывание исследования	Уточнение страха замкнутых пространств при анкетировании, устной беседе с пациентом, проведение премедикации при необходимости
11	Отсутствие анализов на креатинин при плановом МРТ с контрастированием	Риск нефрогенного системного фиброза	Контроль даты анализа (<30 дней), при необходимости — экспресс-тест
12	Неправильное наполнение мочевого пузыря при МРТ таза	Смещение органов, ухудшение визуализации	Инструктаж о режиме питья и мочеиспускания
13	Непредупреждённое наличие зубных протезов или брекетов	Артефакты в области лобных долей головного мозга	Снятие съёмных протезов, предупреждение лаборанта о несъёмных системах
14	Недооценка необходимости неподвижности	Снижение качества изображений	Объяснение значения неподвижности, демонстрация фиксаторов
15	Несоблюдение рекомендаций после контрастирования	Замедленное выведение гадолиния, нагрузка на почки	Рекомендовать обильное питьё, наблюдение в течение 30 мин после исследования

Таблица 5.

Типичные ошибки медицинского персонала при подготовке и проведении МРТ-исследования

№	Ошибка со стороны персонала	Возможные последствия	Меры профилактики
1	Не проводится анкетирование или опрос пациента перед исследованием	Не выявлены противопоказания, наличие ИМИ, лактации, беременности, клаустрофобии	Обязательное заполнение анкеты и уточнение ключевых пунктов
2	Не проверен МР-статус имплантата или медицинского изделия	Проведение МРТ при МР-небезопасном импланте, риск травмы или отказа оборудования	Проверка инструкции производителя, использование базы [mrisafety.com]
3	Отсутствует оценка функции почек перед введением контраста	Риск нефрогенного системного фиброза	Контроль уровня креатинина/СКФ, проверка срока анализа (<30 дней)
4	Не уточнён аллергологический анамнез	Аллергическая реакция, анафилаксия	Сбор анамнеза, при необходимости — премедикация и готовность противошокового набора
5	Отсутствует премедикация у пациентов группы риска (аллергия, тревожность, клаустрофобия)	Прерывание исследования, стресс, паническая атака	Назначение премедикации по показаниям, информирование пациента
6	Не проконтролирован режим питания пациента перед исследованием	Повышенная перистальтика, неинформативные изображения	Устный и письменный инструктаж, проверка соблюдения режима перед входом в кабинет
7	Не объяснены правила поведения в аппарате	Пациент двигается, разговаривает, нарушает инструкции	Обязательный инструктаж перед сканированием, проверка понимания команд
8	Игнорирование жалоб пациента на клаустрофобию или боли	Прерывание исследования, ухудшение состояния	Предварительная беседа, возможность сопровождения, при необходимости — успокаивающая терапия
9	Ошибки позиционирования пациента на столе	Область интереса не попадает в зону сканирования, необходимость повторного исследования	Тщательная укладка пациента, контроль центральной линии, фиксация

Таблица 5 (Продолжение)

10	Неправильный выбор катушки или программы исследования	Снижение разрешения, артефакты	Проверка соответствия катушки анатомической области, использование стандартных протоколов
11	Отсутствие контроля за удалением металлических предметов	Артефакты, риск ожога или повреждения катушек	Проверка пациента перед входом в зал, визуальный контроль лаборанта
12	Неправильный ввод данных пациента	Не соответствие выполненного исследования идентификации пациента	Сверка данных пациента с данными в ЕМИС
13	Отсутствие наблюдения за пациентом после введения контраста	Несвоевременное оказание медицинской помощи при развитии аллергической реакции	Наблюдение пациента не менее 30 минут, наличие аптечки неотложной помощи
14	Недостаточная коммуникация между рентгенологом и лаборантом	Несоответствие протоколов, ошибки при сканировании	Введение письменных стандартов взаимодействия и чек-листов
15	Отсутствие документирования инструктажа и информированного согласия	Нарушение приказа №804н, юридическая уязвимость	Хранение подписанных форм информированного согласия и записи в журнале МРТ

Таблица 6.

Рекомендации по улучшению МРТ-изображения при возможных артефактах

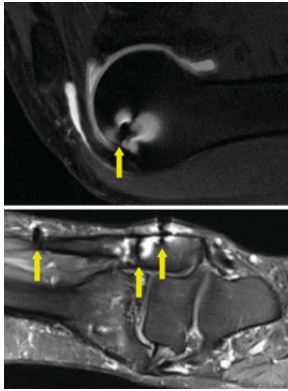
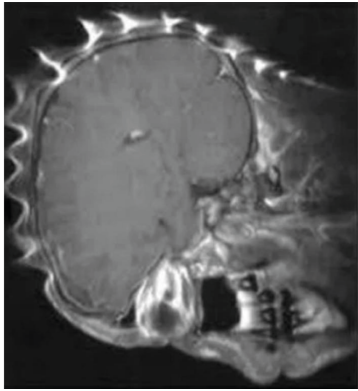
Вид артефакта	Пример МРТ-изображения	Рекомендации по улучшению МРТ-изображения
<p>1. Наличие металла в зоне сканирования</p>		<p>Использовать программы подавляющие артефакты от металлических имплантов. В случае невозможности проведения исследования рекомендовать альтернативные методы диагностики.</p>
<p>2. Лак для волос</p>		<p>Смыть лак, если это возможно. В случае невозможности или отказа пациента предложить пройти исследование в другой день.</p>

Таблица 6 (Продолжение)

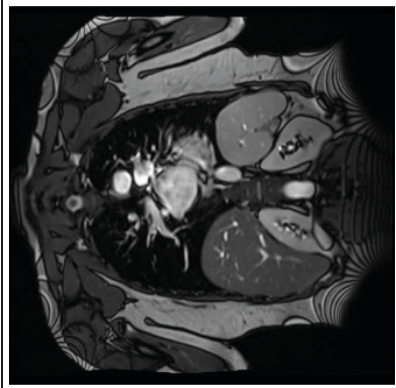
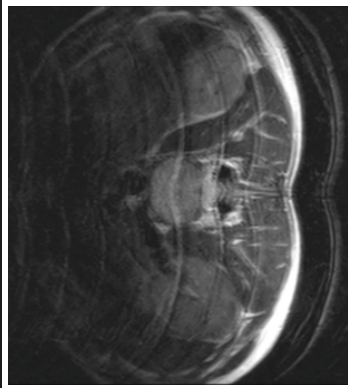
<p>3. Короткая катушка (на краю катушки аркообразные артефакты)</p>		<p>Использовать подходящее оборудование или уменьшить поле обзора.</p>
<p>4. Дыхательные движения</p>		<p>Повторить пациенту условия проведения исследования. Использовать менее чувствительные к движению программы.</p>

Таблица 6 (Продолжение)

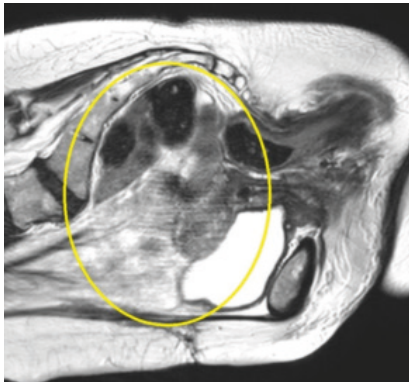
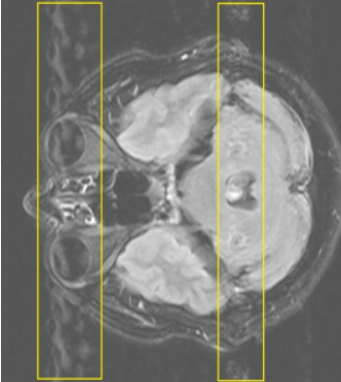
<p>5. Перистальтика</p>		<p>Тщательно информировать о подготовке к исследованию накануне, принимать спазмолитики, использовать программные алгоритмы подавления перистальтики (BLADE, PROPELLER), при отсутствии таковых предложить пациенту прийти в другой день.</p>
<p>6. Движения глаз</p>		<p>Попросить пациента не совершать двигательных движений глазами, если это возможно.</p>

Таблица 6 (Продолжение)

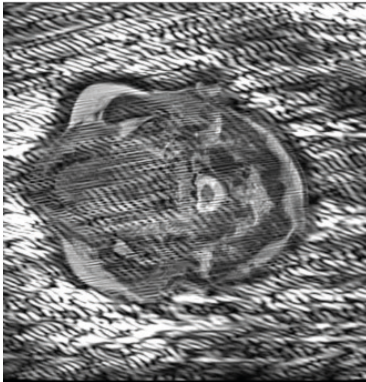
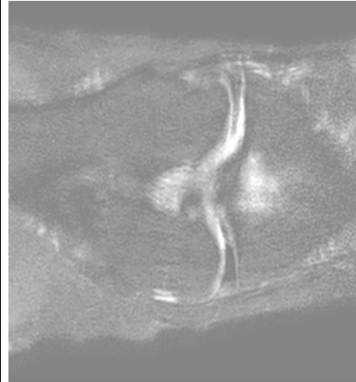
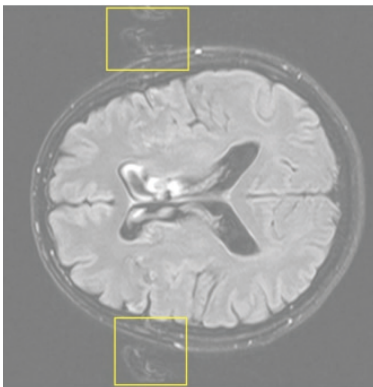
<p>7. Артефакт расхождения в радиочастотных импульсах</p>		<p>Исключить внешние радиопомехи. Проверить контактные группы на оборудовании. Выполнить калибровку специалистом сертифицированного центра обслуживания.</p>
<p>8. Движения пациента</p>		<p>Дать пациенту четкие инструкции перед сканированием. Общаться с пациентами, страдающими клаустрофобией. Обеспечить пациенту комфортные условия при проведении исследования. Использовать иммобилизационное оборудование или подкладки. Использовать седацию. Использовать FAST (быстрый)-протокол.</p>

Таблица 6 (Окончание)

9. Артефакт притока ликвора		Выбрать другие последовательности сканирования.
-----------------------------	--	---

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно заключить, что использование врачами и рентген-лаборантами требований и рекомендаций при проведении МРТ-исследований и в работе с пациентами, изложенных в данном учебном пособии, позволит повысить качество визуализации, что крайне важно для оценки состояния внутренних органов и диагностики их патологических изменений, устранить ошибки и вынужденные повторные исследования, уменьшить риски и повысить безопасность пациента при сохранении возможности получить полную картину патологии при заболеваниях. Знание врачами-диагностами и врачами-клиницистами общей информации об имплантируемых медицинских изделиях, порядка назначения и проведения МРТ-исследования при наличии у пациента ИМИ обеспечит безопасность пациента и позволит врачу избежать негативных последствий в процессе МРТ-исследования.

Приводимые в Приложениях А-Ж тестовые вопросы, ситуационные задачи, перечень имплантированных медицинских изделий, при которых запрещается или не рекомендуется проведение МРТ, памятка для пациентов перед проведением МРТ, форма информированного согласия пациента и алгоритм действия медицинского персонала при анафилактическом шоке у пациента будут полезны в практике работы врачей-рентгенологов, рентген-лаборантов, лечащих врачей многопрофильного стационара, а также в процессе обучения по дисциплинам «Лучевая диагностика и рентгенология», «Общая и медицинская радиобиология».

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Физические основы магнитно-резонансной томографии

Магнитно-резонансная томография (МРТ) — это сложный метод медицинской визуализации, основанный на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [14]. В отличие от рентгеновской компьютерной томографии (КТ), МРТ не использует ионизирующее излучение. Вместо этого она регистрирует сигналы от атомных ядер (в основном, ядер водорода, протонов) в сильном магнитном поле после их воздействия радиочастотными импульсами. Понимание физических основ МРТ требует рассмотрения нескольких ключевых этапов: от поведения протонов в магнитном поле до преобразования raw-сигналов в диагностическое изображение.

1. Ядерный спин и магнитный момент

Основой явления ЯМР является свойство атомных ядер, известное как спин.

Спин — это фундаментальное квантовое свойство, аналогичное собственному моменту импульса частицы. Ядра с нечетным массовым числом (как у водорода ^1H , фосфора ^{31}P) обладают ненулевым спином.

Протон (ядро атома водорода) можно представить как вращающийся вокруг своей оси крошечный заряженный шарик. Это вращение создает крошечный магнитный диполь, то есть магнитный момент (μ). Такой протон ведет себя как миниатюрный магнитный стержень (диполь).

В отсутствие внешнего магнитного поля магнитные моменты протонов в ткани ориентированы хаотично, и их векторы компенсируют друг друга. Суммарная намагниченность (M) системы равна нулю.

2. Поведение протонов во внешнем магнитном поле (B_0)

Когда тело пациента помещается в мощное постоянное магнитное поле томографа (B_0 , напряженностью обычно 1,5–3 Тесла), происходит два ключевых явления:

А. Пространственное квантование (Ориентация)

Магнитные моменты протонов взаимодействуют с полем B_0 и выстраиваются вдоль его направления. Согласно квантовой механике, они могут принимать только две дискретные ориентации:

1. Параллельная (низкоэнергетическое состояние) — по направлению B_0 .
2. Антипараллельная (высокоэнергетическое состояние) — против направления B_0 .

Протоны в низкоэнергетическом состоянии слегка преобладают (в соответствии с распределением Больцмана). Однако этого ничтожного избытка достаточно для создания чистой (суммарной) намагниченности (M), направленной вдоль B_0 (обычно обозначаемой как ось Z).

Б. Прецессия

Вращающиеся протоны под действием внешнего магнитного поля ведут себя подобно волчку в гравитационном поле: их ось вращения начинает описывать конус вокруг направления B_0 . Это движение называется прецессией.

Частота прецессии (ω) строго определяется силой магнитного поля и описывается уравнением Лармора:

$$\omega = \gamma * B_0$$

где:

ω — угловая частота прецессии (ларморова частота).

γ — гиромагнитное отношение (константа, уникальная для каждого типа ядер). Для протона $^1H \gamma \approx 42,58$ МГц/Тл.

B_0 — напряженность статического магнитного поля.

Таким образом, для поля 1,5 Тл частота прецессии протонов составляет примерно 63,87 МГц (что находится в диапазоне радиоволн).

3. Возбуждение системы: радиочастотный (РЧ) импульс

Чтобы зарегистрировать сигнал от протонов, систему необходимо вывести из состояния равновесия. Это осуществляется с помощью радиочастотного (РЧ) импульса.

Этот импульс представляет собой электромагнитное излучение с частотой, точно равной ларморовой частоте протонов.

При совпадении частот возникает явление резонанса: протоны поглощают энергию РЧ-импульса.

Это поглощение энергии вызывает два одновременных эффекта:

1. Часть протонов переходит из низкоэнергетического состояния в высокоэнергетическое (антипараллельное), что уменьшает продольную намагниченность (M_z).
2. Более важно: под воздействием резонансного РЧ-поля (B_1), приложенного перпендикулярно B_0 , все прецессирующие протоны начинают прецессировать синхронно (когерентно). Это синхронизированное движение создает переменную во времени поперечную намагниченность (M_{xy}).

РЧ-импульс определенной амплитуды и длительности может повернуть суммарный вектор намагниченности на заданный угол. Импульс, поворачивающий вектор на 90° , называется 90-градусным импульсом; он переводит всю продольную намагниченность в поперечную.

4. Релаксация и формирование сигнала

После выключения РЧ-импульса система протонов возвращается в состояние равновесия. Этот процесс называется релаксацией. Именно сигналы релаксации детектируются МРТ-сканером.

А. Продольная релаксация (T_1)

Это процесс восстановления продольной намагниченности (M_z) вдоль оси Z .

Протоны возвращаются из высокоэнергетического состояния в низкоэнергетическое, передавая избыточную энергию окружающей кристаллической решётке (окружающим молекулам). Поэтому T_1 также называют релаксацией «спин-решётка».

Время T_1 — это константа времени, за которую продольная намагниченность восстанавливается до $\sim 63\%$ от своего исходного значения.

T_1 сильно зависит от типа ткани и напряжённости поля B_0 . Например, жировая ткань имеет короткое T_1 (быстро восстанавливается), а спинномозговая жидкость (ЦСЖ) — очень длинное T_1 .

Б. Поперечная релаксация (T2)

Это процесс затухания поперечной намагниченности (M_{xy}).

Затухание происходит из-за потери синхронизации (когерентности) между прецессирующими протонами. Протоны начинают взаимодействовать друг с другом («спин-спиновое» взаимодействие), и их магнитные моменты начинают «расфазировываться».

Время T2 — это константа времени, за которую поперечная намагниченность уменьшается до ~37 % от своего первоначального значения.

T2 всегда короче или равно T1. Он также зависит от типа ткани. ЦСЖ имеет длинное T2, а плотные ткани — короткое T2.

В. T2 Релаксация

* В реальности поперечная намагниченность затухает ещё быстрее, чем предсказывает T2, из-за неоднородностей самого внешнего магнитного поля B_0 . Это комбинированное затухание, вызванное как естественными спин-спиновыми взаимодействиями, так и неоднородностью поля, описывается временем T2* (T2-звезда).

$$**1/T2* \approx 1/T2 + \gamma \cdot \Delta B_0**$$

где ΔB_0 — неоднородность поля.

Спин-эхо (SE) последовательность использует дополнительный 180-градусный РЧ-импульс, чтобы компенсировать неоднородности поля B_0 и получить сигнал, характеризующийся «чистым» временем T2.

Градиент-эхо (GRE) последовательность не компенсирует эти неоднородности, и её сигнал зависит от T2*.

Индукцированный сигнал

Затухающая поперечная намагниченность (M_{xy}), прецессирующая с ларморовой частотой, создает переменное магнитное поле, которое, в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея, наводит переменную ЭДС в приёмной радиочастотной катушке. Этот сигнал и называется сигналом свободной индукции (FID — Free Induction Decay).

5. Пространственное кодирование: как строится изображение

Сигнал FID сам по себе не содержит информации о том, из какой части тела он пришёл. Чтобы создать двумерное или трёхмерное изображение, применяется метод пространственного кодирования, предложенный Полом Лотербуром. Для этого используются градиентные катушки, которые создают небольшие линейные изменения основного магнитного поля B_0 вдоль осей X, Y и Z.

А. Выбор среза (Slice Selection)

Включается градиент поля (G_z) вдоль оси Z (длинной оси тела пациента).

Из-за градиента ларморова частота протонов становится линейной функцией их положения по оси Z:

$$\omega(z) = \gamma * (B_0 + z * G_z).$$

Затем применяется РЧ-импульс с узкой полосой частот. Резонанс и возбуждение происходят только у тех протонов, чья ларморова частота попадает в эту полосу. Таким образом, возбуждается строго определённый срез ткани.

Б. Фазовое кодирование (Phase Encoding)

После выбора среза на короткое время включается градиент вдоль одной из осей в плоскости среза (например, G_y).

Это вызывает разность фаз прецессии протонов вдоль оси Y: протоны в разных позициях по Y начинают прецессировать с разными частотами на время действия градиента и приобретают разную фазу после его выключения.

В. Частотное кодирование (Frequency Encoding)

Во время считывания сигнала FID включается градиент вдоль второй оси в плоскости среза (например, G_x).

Это вызывает разность частот прецессии протонов вдоль оси X. Таким образом, частота сигнала от протонов напрямую указывает на их положение по оси X.

Каждый зарегистрированный сигнал FID представляет собой сложную сумму синусоид с разными частотами и фазами. Этот набор данных называется k-пространством.

6. Преобразование сигнала в изображение

Матрица raw-данных (k -пространство) не является изображением. Это пространство Фурье-преобразования итогового изображения.

Центр k -пространства содержит информацию о контрасте и общих чертах изображения, а периферия — о мелких деталях и резкости.

Чтобы получить окончательное изображение, к данным k -пространства применяется двумерное обратное преобразование Фурье (2D IFFT). Это математическое преобразование переводит данные из частотной области в пространственную, создавая видимое нами МР-изображение.

7. Контраст на МР-изображениях

Различные ткани выглядят по-разному на МРТ благодаря различиям в времени релаксации T_1 и T_2 , а также плотности протонов (PD). Меняя параметры последовательности (время повторения TR, время эха TE), можно получать изображения с разным контрастом:

T_1 -взвешенные изображения (T_1 -ВИ): Короткие TR и TE. Жир — яркий, вода (ЦСЖ) — тёмная.

T_2 -взвешенные изображения (T_2 -ВИ): Длинные TR и TE. Вода (ЦСЖ) — яркая, жир — серый.

Протонно-взвешенные изображения (PD-ВИ): Длинные TR и короткие TE. Контраст зависит от количества протонов.

Диффузионно-взвешенные изображения — получают контрастность изображения за счет измерения движения молекул воды в тканях

Последовательности с подавлением сигнала от жира — при МР исследовании используются для подавления сигнала от нормальной жировой ткани, улучшения визуализации поглощения контрастного вещества.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

Имплантированные медицинские изделия, при которых запрещается или не рекомендуется проведение МРТ

Таблица Б-1.

Имплантированные медицинские изделия пассивного типа

Область применения	Примеры ИМИ	МР-статус безопасности	Параметры сканирования
Кардиология	<ul style="list-style-type: none"> – кольца для аннулопластики, искусственные протезы сердечных клапанов, в том числе для транскатетерной и чрескожной имплантации; – системы для транскатетерного/ гибридного remodelирования камер и клапанов сердца; – сосудистые протезы, коронарные, другие сосудистые стенты и графты, кава-фильтры; – гемостатические клипсы, стерильная проволока 	<p>МР-безопасный</p> <p>МР-условно безопасный</p>	<ul style="list-style-type: none"> • напряженность магнитного поля – до 3 Тл включительно; • максимальный усредненный для всего тела SAR – 2 Вт/кг, что соответствует нормальному режиму работы МР-сканера; • максимальное время непрерывного сканирования – 15 минут на импульсную последовательность (допускается несколько последовательностей для одного пациента)
Неврология	<ul style="list-style-type: none"> – титановые пластины для краниопластики; – аневризмальные клипсы – эндоваскулярные импланты (спирали, для эмболизации интракраниальных аневризм, интрасаккулярные устройства для эмболизации интракраниальных аневризм, стенты); – жидкие эмболизирующие агенты; – вентрикулярные шунты; – системы шунтирования спинномозговой жидкости. 	<p>МР-безопасный</p> <p>МР-условно безопасный</p>	<ul style="list-style-type: none"> • напряженность магнитного поля – до 3 Тл включительно; • максимальный усредненный для всего тела SAR – 2 Вт/кг, что соответствует нормальному режиму работы МР-сканера; – максимальное время непрерывного сканирования – 15 минут на импульсную последовательность (допускается несколько последовательностей для одного пациента) – максимальный пространственный градиент основного магнитного поля – 720 Гаусс/см (7,2 Тл/м). Данный показатель указывают в инструкции на имплант и в зависимости от вида импланта может иметь более высокое значение (2500–4000 Гаусс/см).

			<p>Условие безопасного сканирования импланта выполняется, если максимальный пространственный градиент основного магнитного поля сканера не выше, чем значение, указанное в инструкции на имплант.</p> <p>Для интракраниальных аневризмальных клипс, установленных до 2000 года и, особенно, 1995 года, существует риск, что они изготовлены из ферромагнитных материалов, то есть являются МР-небезопасными. Для клипс, установленных с 2000 года, проведение МРТ разрешено при выполнении вышеперечисленных условий.</p> <p>– для систем шунтирования спинномозговой жидкости исследование проводится под непосредственным контролем нейрохирурга в связи с возможной необходимостью регулировки позиции ротора</p>
Ортопедия	<p>– эндопротезы суставов;</p> <p>– спинальные системы: имплантаты для межтелового спондилодеза, транспедикулярные фиксаторы позвоночника, конструкции для окципитоспондилодеза, пластины для спондилодеза;</p> <p>– стержни и пластины для остеосинтеза, фиксированные к кости;</p> <p>– детские системы: эндокорректор-фиксатор грудной клетки, пластины для временного эпифизодеза зон роста длинных трубчатых костей;</p> <p>– конструкции внешней фиксации</p>	<p>МР-безопасный</p> <p>МР-условно безопасный</p> <p>Импланты не подвергаются смещению в МР-среде, возможен клинически незначимый нагрев.</p> <p>СТАТУС ДЛЯ СИСТЕМ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ МР-НЕБЕЗОПАСНЫЙ</p>	<p>СТАНДАРТНЫЙ ПРОТОКОЛ</p> <p>ЗАПРЕЩЕНО ПРОВОДИТЬ МРТ ПАЦИЕНТАМ С СИСТЕМАМИ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ</p>

Таблица Б-2.

Имплантированные медицинские изделия активного типа

Область применения	Примеры ИМИ	МР-статус безопасности	Параметры сканирования
Кардиология	<ul style="list-style-type: none"> • сердечные имплантированные электронные устройства: имплантированные кардиомониторы, электрокардиостимуляторы, кардиовертеры-дефибрилляторы, сердечные ресинхронизирующие устройства, а также их компоненты; • системы для контроля давления в легочной артерии (катетер Сван-Ганца и др.); • устройства вспомогательного кровообращения: желудочковое вспомогательное устройство, системы экстракорпоральной мембранной оксигенации, системы внутриаортальной баллонной контрпульсации и др. 	<p>МР-условно безопасный</p> <p><u>МР-небезопасный</u></p>	<p>Выполнение МРТ при наличии МР-условно безопасных активных имплантированных кардиологических устройств требует соблюдения условий, указанных производителем изделия.</p> <p>В случае МР-небезопасных устройств потенциальную опасность представляет не только проведение МР-сканирования, но и нахождение пациента в пределах контура поля 0,5 мТл.</p>
Неврология	<ul style="list-style-type: none"> • системы нейростимуляции для купирования хронической боли; • нейростимуляторы блуждающего нерва; • помпы для интратекального введения препаратов 	МР-условно безопасный	Выполнение МРТ требует соблюдения условий, указанных производителем изделия.
Разное	<ul style="list-style-type: none"> • кохлеарные импланты • имплантированные инфузионные помпы • венозные порты • катетеры Фолея с температурным датчиком 	<p><i>• необходимо соблюдать условия проведения МРТ, установленные компанией-производителем</i></p>	

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

Памятка для пациентов перед проведением МРТ

1. Перед исследованием

1. Приходите за **10–15 минут** до назначенного времени.
2. Возьмите с собой:
 - направление на МРТ,
 - паспорт и медицинский полис,
 - результаты предыдущих обследований (МРТ, КТ, УЗИ, анализы крови, выписки).
3. При планировании исследования с контрастированием необходимо иметь **результат анализа креатинина (давность не более 30 дней)**.

2. Подготовка к исследованию

1. **Одежда:** без металлических пуговиц, молний, косточек, пайеток и блесков, предпочтительнее из хлопчатобумажной ткани.
2. **Украшения и предметы:** перед входом в кабинет снимите:
 - часы, цепочки, серьги, пирсинг, шпильки,
 - съёмные зубные протезы, слуховые аппараты,
 - банковские карты, телефон, ключи.
3. **Косметика:** в день исследования **не используйте тушь, тени, лак для волос** и кремы с блестками.
4. **Питание:**
 - при МРТ органов брюшной полости — **не есть за 4 часа**,
 - при МРТ малого таза — **умеренно наполнить мочевого пузыря** (выпить 0,5–1 л воды за 1 час до процедуры).
5. При МРТ с контрастом **не употребляйте алкоголь и кофеин в день исследования**.
6. Для МРТ малого таза у женщин и молочных желез запись на исследование на 6–12 день менструального цикла

3. Медицинская информация

1. Сообщите врачу или рентген-лаборанту, если у вас есть:

- кардиостимулятор, импланты, сосудистые стенты, нейростимуляторы,
 - металлические осколки, татуировки с металлическим пигментом,
 - заболевания почек, аллергия на препараты,
 - беременность или грудное вскармливание.
2. Прочитайте и заполните «Информированное согласие пациента» и «Анкету пациента перед проведением МР-исследования» (Приложение Е).
 3. При склонности к тревоге или клаустрофобии заранее сообщите персоналу для возможного назначения **премедикации**.

4. Во время исследования

1. Лежите **неподвижно**, выполняйте команды лаборанта.
2. По необходимости вы получите **беруши или наушники** от шума томографа.
3. В руках у вас будет **сигнальная груша** — при дискомфорте можно подать сигнал.
4. Продолжительность исследования — **от 15 до 40 минут**, с контрастом — до 60 минут.

5. После исследования

1. После исследования с контрастным усилением рекомендуется **обильное питьё** (не менее 1,5–2 литров воды в течение суток).
2. При появлении сыпи, зуда, тошноты или отёка — **немедленно сообщите врачу**.

Рисунок В-1. Обобщенная схема подготовки пациента к МРТ исследованию



ПРИЛОЖЕНИЕ Г.

Форма информированного согласия пациента и Анкета пациента перед проведением МР-исследования

Пример информированного согласия

Приложение № 13

к приказу ФГБУ ГНЦ
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Приказ № 210 от 29.04.2022

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНСТВО
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА ФМБА РОССИИ**

Информированное добровольное согласие на магнитно-резонансную томографию с/без внутривенным введением гадолиний содержащего контрастного препарата

Я, _____, _____ года рождения,

зарегистрированный(ая) по адресу: „ _____,

В отношении _____ (фамилия, имя, отчество (при наличии) пациента при подписании согласия законным представителем)

« _____ » _____ г. рождения, проживающего по адресу: _____

добровольно даю свое согласие на проведение мне (представляемому):

магнитно-резонансную томографию с/без внутривенным введением гадолиний содержащего контрастного препарата

Медицинским работником _____ (должность, ФИО медицинского работника)

в доступной для меня форме мне разъяснены цели, методы оказания медицинской помощи, связанный с ними риск, возможные варианты медицинских вмешательств, их последствия, в том числе вероятность развития осложнений, а также предполагаемые результаты оказания медицинской помощи.

Я уведомлен(а), что мне назначено исследование, которое может потребовать внутривенного введения медицинского препарата, называемого контрастным веществом, которое позволяет получить изображение внутренних органов и систем. Контрастное вещество улучшает изображение и помогает выявить дополнительную информацию о заболевании. Отказ от применения контрастного вещества может снизить точность диагностики и привести к ошибкам в постановке диагноза. Контрастные вещества достаточно безопасны. Используемое в клинической практике «гадолиний содержащее» контрастное вещество в большинстве случаев хорошо переносится нашими пациентами. Однако, как и при любой внутривенной инъекции могут возникнуть осложнения, такие как повреждение нерва, артерии или вены, инфицирование раны, а также отрицательная реакция организма на вводимое вещество. У пациентов возможно появление незначительной реакции на внутривенное введение контрастного препарата в виде тошноты, чихания и крапивницы. В небольшом проценте случаев возможны такие побочные реакции, как нарушение функции почек, или появление отрицательной реакции организма на введение контрастного вещества, в том числе и аллергической. Эти редкие реакции проявляются тошнотой, рвотой, чиханием, сыпью на коже. Крайне редко могут случаться более серьезные реакции на контрастный препарат (вплоть до развития анафилактического шока). Риск возникновения такого серьезного осложнения от введения современных контрастных препаратов не больше, чем риск от применения других медицинских препаратов.

-Я согласен (согласна) на участие в оказании медицинской помощи в рамках практической подготовки обучающихся по профессиональным образовательным программам медицинского образования исключительно в медицинских, научных целях с учетом сохранения врачебной тайны.

-Я информирован (информирована) о возможности отказа от участия в оказании медицинской помощи обучающихся по профессиональным образовательным программам медицинского образования.

Мне разъяснено, что я имею право отказаться от медицинского вмешательства, или потребовать его (их) прекращения, за исключением случаев, предусмотренных частью 9 статьи 20 Федерального закона от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" Я ознакомлен (ознакомлена) и согласен (согласна) со всеми пунктами настоящего документа, положения которого мне разъяснены, мною поняты и я добровольно даю своё согласие на **проведение магнитно-резонансной томографии с/без внутривенным введением гадолиний содержащего контрастного препарата.**

(подпись)

(фамилия, имя, отчество (при наличии) гражданина или его законного представителя, телефон)

(подпись)

(фамилия, имя, отчество (при наличии) медицинского работника)

Дата _____ г.
(Дата оформления)

Анкета пациента перед проведением МР- исследования.

В целях вашей безопасности просим ответить на следующие вопросы:

Вопрос	Ответ	
	Да	Нет
Вас когда-нибудь оперировали ранее?		
Были ли у вас ранения (пулей, шрапнелью и т.д.)		
Вы работали с токарными станками или у вас когда-нибудь было ранение глаза металлическим объектом (например, металлические осколки, стружка, инородные тела и т.п.)		
Есть ли у Вас клаустрофобия? (боязнь замкнутого пространства)		
Есть ли у Вас анемия или другие заболевания крови?		
Были ли у Вас судорожные припадки?		
Были ли у Вас астма или аллергические реакции на какие-либо вещества?		
Была ли у Вас когда-либо реакция на контрастный препарат, применяемый при МРТ или КТ?		
Беременны ли Вы или подозреваете беременность? Кормите ли Вы грудью?		
Последняя менструация (дата):		
Менопауза?		

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ!

Наличие этих предметов при исследовании может быть опасно для жизни пациента или может испортить МР-исследование из-за возникших артефактов

Укажите, есть ли у вас что-либо из ниже перечисленного:

Наличие имплантированного медицинского изделия	Ответ	
	Да	Нет
Водитель сердечного ритма		
Имплантированный сердечный дефибриллятор		
Сосудистые клипсы		
Протез сердечного клапана		
Нейростимулятор		
Имплантированный инсулиновый насос		
Металлическое устройство фиксации шеи и/или позвоночника		
Слуховой аппарат, ушной протез		
Любой тип хирургического клипа		
Порт доступа к сосудам		
Внутрижелудочковый шунт		
Любой имплантированный ортопедический объект (например, искусственный сустав, штифт, шуруп, пластина, проволока и т.п.)		
Зубные протезы съемные		

Если было отмечено, хотя бы одно «да», МР-исследование может быть противопоказано.

Укажите, пожалуйста, Ваш вес _____ кг и рост _____ см

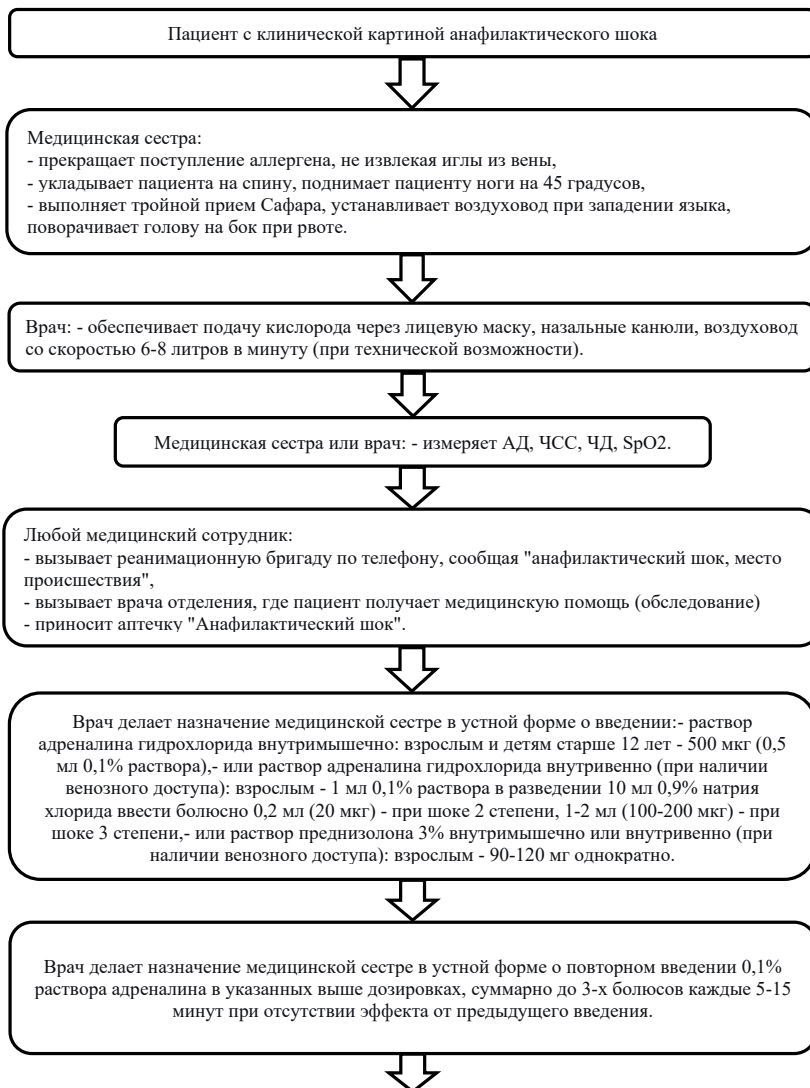
Уважаемый пациент, просим Вас ниже кратко отметить Ваши жалобы:

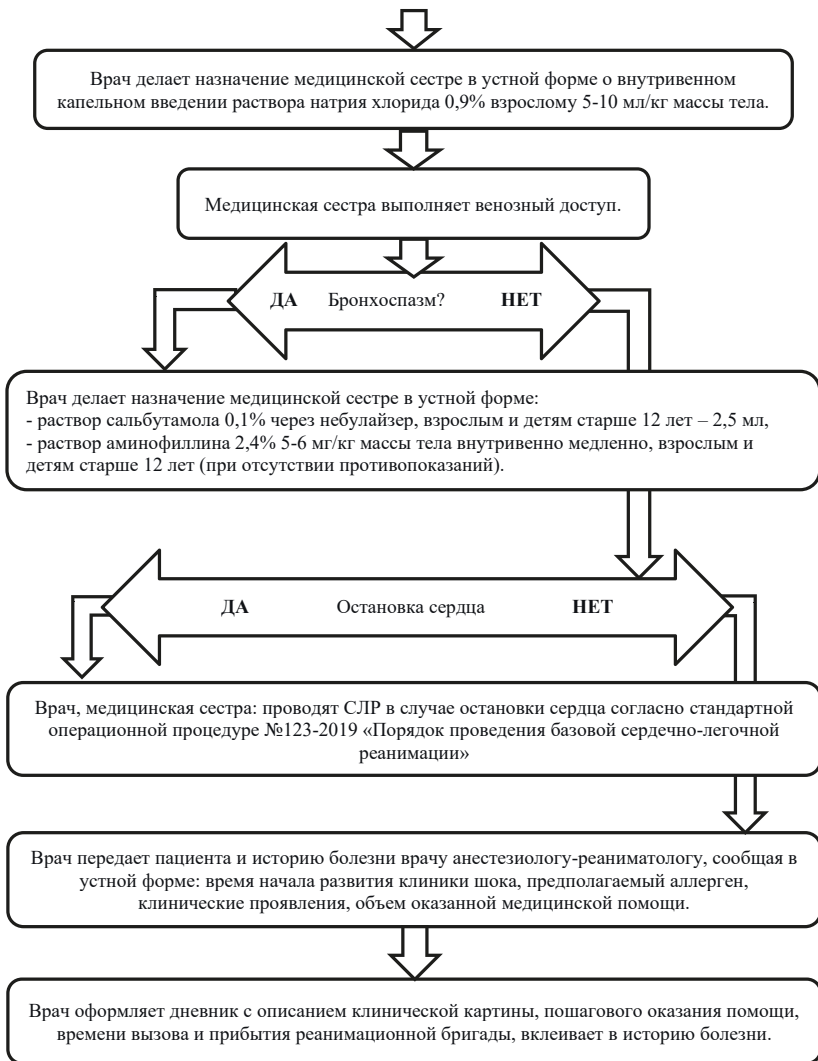
Специальная подготовка к магнитно-резонансному исследованию не требуется. Длительность обследования может варьировать от 5 до 60 минут. При изменении ощущений и самочувствия убедительно просим Вас сообщать об этом врачу. Для более успешного обследования очень важно во время исследования оставаться неподвижным, дышать спокойно и выполнять команды врача. С целью повышения эффективности диагностики и предупреждения осложнений, врач в ходе исследования может менять его объем и последовательность. Если представленная Вам информация о проведении исследования оказалась не совсем понятной, спрашивайте у медицинского персонала. Наши рекомендации будут способствовать тому, чтобы исследование прошло наименее болезненно, было информативным и безопасным. Своей подписью вы удостоверяете, что с техникой проведения процедуры, возможными осложнениями ознакомлены.

(подпись) (фамилия, имя, отчество (при наличии) гражданина или его законного представителя, телефон)

(подпись) (фамилия, имя, отчество (при наличии) медицинского работника)
Дата _____ г.
(Дата оформления)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Алгоритм действий медицинского персонала при анафилактическом шоке у пациента





ПРИЛОЖЕНИЕ Е.

Тестовые вопросы для самоконтроля

Задание — выбрать один правильный вариант ответа.

- 1. Что является физической основой метода магнитно-резонансной томографии (МРТ)?**
 - А. Рентгеновское излучение и измерение его ослабления тканями.
 - В. Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР).
 - С. Ультразвуковые волны и их отражение от тканей.
 - Д. Испускание гамма-квантов радиофармпрепаратами.

- 2. Кто из ученых в 1973 году опубликовал основополагающую работу, предложив использовать градиентные магнитные поля для пространственного кодирования, что считается рождением МРТ?**
 - А. Реймонд Дамадьян.
 - В. Пол Лотербур.
 - С. Исидор Раби.
 - Д. Петер Мэнсфилд.

- 3. Какое свойство атомных ядер является основой для явления ЯМР?**
 - А. Массовое число.
 - В. Спин.
 - С. Электрический заряд.
 - Д. Энергетический уровень.

- 4. Что происходит с протонами в тканях пациента при помещении в мощное постоянное магнитное поле томографа (B_0)?**
 - А. Они испускают рентгеновские лучи.
 - В. Они ионизируются и создают электрический ток.
 - С. Они выстраиваются вдоль направления поля и начинают прецессировать.
 - Д. Их температура значительно повышается.

- 5. Какой процесс описывает возвращение системы протонов в состояние равновесия после выключения радиочастотного импульса, в ходе которого формируется детектируемый сигнал?**
- A. Ионизация.
 - B. Релаксация.
 - C. Диффузия.
 - D. Эмиссия.
- 6. С помощью какого математического преобразования данные из k-пространства преобразуются в видимое МР-изображение?**
- A. Преобразование Лапласа.
 - B. Обратное преобразование Фурье.
 - C. Дифференцирование.
 - D. Интегрирование.
- 7. Выбрать физический принцип, на котором основана компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография**
- A. КТ использует магнитное поле, а МРТ — радиоволны.
 - B. КТ основана на измерении ослабления рентгеновского излучения, а МРТ — на регистрации сигналов от протонов в магнитном поле.
 - C. КТ регистрирует сигналы от ядер фосфора, а МРТ — от ядер водорода.
 - D. КТ позволяет строить только двумерные изображения, а МРТ — трехмерные.
- 8. Выбрать физический принцип, на котором основана магнитно-резонансная томография (МРТ)**
- A. Ядерный магнитный резонанс.
 - B. Измерение ослабления рентгеновского излучения.
 - C. Улавливание отражений направленных ультразвуковых волн.
 - D. Улавливание ионизирующего излучения.

9. Для визуализации каких структур метод МРТ имеет явное преимущество перед КТ?

- A. Костные структуры и легкие.
- B. Головной и спинной мозг, мягкие ткани (связки, хрящи).
- C. Острые внутрочерепные кровоизлияния.
- D. Кальцинаты и воздух в легочной ткани.

10. Какое из перечисленных условий является абсолютным противопоказанием к проведению МРТ?

- A. Наличие татуировок с металлическими пигментами.
- B. Наличие не-МР-совместимого ферромагнитного клипса на церебральной аневризме.
- C. Умеренное нарушение функции почек (СКФ 30–59 мл/мин/1,73 м²).
- D. Наличие зубных брекетов.

11. Какой основной риск связан с проведением МРТ у пациента с не-МР-совместимым кардиостимулятором?

- A. Возникновение аллергической реакции на металл импланта.
- B. Появление значительных артефактов на изображении.
- C. Подавление кардиостимуляции, что может привести к остановке сердца.
- D. Немедленное разряжение батареи устройства.

12. К какой группе по МР-совместимости относятся импланты, которые считаются безопасными только при условии непревышения максимально допустимых значений параметров сканирования (например, индукции магнитного поля, удельного коэффициента поглощения)?

- A. МР-безопасные (MR-safe).
- B. МР-совместимые при определенных условиях (MR-conditional).
- C. МР-небезопасные (MR-unsafe).
- D. МР-нейтральные.

- 13. Что из перечисленного НЕ является абсолютным противопоказанием для введения гадолиниевого контрастного средства?**
- A. Тяжелая реакция на гадолиний в анамнезе.
 - B. Острая или тяжелая хроническая почечная недостаточность.
 - C. Наличие металлического эндопротеза тазобедренного сустава.
 - D. Беременность.
- 14. Как классифицируются имплантируемые медицинские изделия, работа которых не зависит от электрической энергии или любого другого источника энергии, кроме силы тяжести или энергии, генерируемой телом человека?**
- A. Активные имплантируемые медицинские изделия.
 - B. Пассивные имплантируемые медицинские изделия.
 - C. MR-conditional изделия.
 - D. Электронные импланты.
- 15. Каков основной риск, связанный с проведением МРТ у пациента с ферромагнитным инородным телом в глазу?**
- A. Нарушение цветовосприятия.
 - B. Смещение осколка и механическое повреждение тканей, приводящее к слепоте.
 - C. Сильный нагрев головного мозга.
 - D. Возникновение катаракты.
- 16. Какая из перечисленных рекомендаций соответствует современным подходам к проведению МРТ в первом триместре беременности?**
- A. МРТ абсолютно противопоказана в первом триместре.
 - B. МРТ с контрастированием является методом выбора в этот период.
 - C. МРТ следует проводить только если она предоставляет критически важную информацию, которую нельзя получить более безопасными методами (витальные показания).
 - D. МРТ можно проводить без каких-либо ограничений.

- 17. Что является решающим фактором для окончательного допуска пациента с относительным противопоказанием к МРТ-исследованию?**
- A. Желание пациента.
 - B. Наличие направления от лечащего врача.
 - C. Индивидуальная оценка врачом-рентгенологом соотношения диагностической пользы и потенциальных рисков.
 - D. Отсутствие у пациента клаустрофобии.
- 18. Какая из перечисленных рекомендаций является общей для подготовки к любому виду МРТ-исследования?**
- A. Выпить 1 литр воды непосредственно перед сканированием.
 - B. Принять спазмолитик за 10–20 минут до процедуры.
 - C. Снять все украшения и переодеться в одежду без металлических элементов.
 - D. Ограничить прием пищи за 6–8 часов до исследования.
- 19. Что рекомендуется сделать пациенту с клаустрофобией для снижения тревоги во время МРТ-исследования?**
- A. Принять сильное седативное средство без консультации с врачом.
 - B. Попросить лаборанта общаться через микрофон и сообщать оставшееся время исследования.
 - C. Крепко зажмуриться на все время процедуры.
 - D. Взять с собой металлический талисман для уверенности.
- 20. Какое условие является критически важным для проведения информативной МР-маммографии (молочных желез)?**
- A. Полное наполнение мочевого пузыря.
 - B. Проведение исследования натощак.
 - C. Проведение исследования строго с 6-го по 12-й день менструального цикла.
 - D. Предварительный прием обезболивающих препаратов.

21. Что необходимо сделать пациенту при подготовке к МРТ органов малого таза?

- A. Обеспечить полное опорожнение мочевого пузыря непосредственно перед исследованием.
- B. Принять легкую пищу непосредственно перед сканированием для комфорта.
- C. Выпить около 1 литра воды за 1–2 часа до исследования для умеренного наполнения мочевого пузыря.
- D. Ограничить потребление жидкости в течение 8 часов до процедуры.

22. Какое из перечисленных действий является частью подготовки к МРТ органов брюшной полости?

- A. Прием кофеина за 4–6 часов для стимуляции перистальтики.
- B. Прием спазмолитика за 40–60 минут до исследования для снижения перистальтики кишечника.
- C. Нанесение макияжа для комфортного самочувствия.
- D. Проведение исследования в определенную фазу менструального цикла.

23. Что является обязательным условием для проведения МРТ с контрастным усилением?

- A. Отмена всех лекарственных препаратов за сутки до исследования.
- B. Оценка функции почек (предоставление результата анализа на креатинин).
- C. Прием пищи за 30 минут до исследования для предотвращения тошноты.
- D. Наличие сопровождающего лица.

24. Какая рекомендация является верной для пациента, готовящегося к МРТ сердца (МР-кардиологии)?

- A. Исключить кофеин (кофе, чай, шоколад) за 4–6 часов до исследования для стабилизации сердечного ритма.
- B. Плотно поесть непосредственно перед процедурой.
- C. Избегать тренировки дыхания, чтобы не утомиться.
- D. Прийти на исследование сразу после интенсивной физической нагрузки.

- 25. Что необходимо сделать пациенту перед МРТ головного мозга?**
- A. Выпить пол-литра воды для улучшения визуализации.
 - B. Использовать лак для волос для фиксации прически.
 - C. Сообщить персоналу о наличии брекет-систем или зубных имплантов для выбора корректной программы сканирования.
 - D. Принять спазмолитик для снижения слюноотделения.
- 26. Какое из перечисленных действий персонала является нарушением правил безопасности МРТ?**
- A. Инструктаж пациента перед исследованием.
 - B. Проведение МРТ без уточнения MR-совместимости импланта.
 - C. Использование одноразовых берушей.
 - D. Проверка креатинина перед контрастом.
- 27. Какое из перечисленных действий пациента может стать причиной появления артефактов в области лица при МРТ головы?**
- A. Проведение исследования натошак.
 - B. Использование косметики с металлическими частицами.
 - C. Приём спазмолитика.
 - D. Применение берушей.
- 28. При проведении предварительного скрининга перед МРТ у пациента выявлена клипса на аневризме мозговой артерии, установленная 15 лет назад. Каков должен быть ваш дальнейший алгоритм действий?**
- A. Немедленно отказать в проведении исследования и предложить альтернативную диагностику.
 - B. Выполнить исследование, так как МРТ не использует ионизирующее излучение и безопасна для любых имплантов.
 - C. Уточнить у пациента или в медицинской документации, из какого материала изготовлена клипса. При невозможности верификации — отказать в исследовании в обычном МРТ-сканере.
 - D. Провести исследование, но только на аппарате с напряженностью магнитного поля не более 0.5 Тесла.

29. Пациентке 35 лет назначена МР-маммография для уточняющей диагностики. На какой день менструального цикла необходимо запланировать исследование для получения наиболее информативных результатов, и какое условие является обязательным?

- A. Любой день цикла. Обязательным условием является наполнение мочевого пузыря.
- B. С 7-го по 14-й день цикла. Обязательным условием является внутривенное контрастное усиление.
- C. С 21-го по 28-й день цикла. Обязательным условием является прием спазмолитика за 20 минут до исследования.
- D. В первый день цикла. Обязательным условием является полное голодание в течение 6 часов.

30. Через 3 часа после экстренной КТ брюшной полости с йодсодержащим контрастом возникла необходимость в экстренном МРТ головного мозга с гадолиниевым контрастом для исключения ишемического инсульта у этого же пациента. Каков основной риск такого последовательного введения двух разных контрастов в короткий промежуток времени?

- A. Риск химического взаимодействия препаратов в крови с образованием токсичных соединений.
- B. Риск перекрестной аллергической реакции, так как оба препарата содержат металлы.
- C. Риск кумулятивной нефротоксичности и увеличения нагрузки на почки.
- D. Риск нейротоксического эффекта от комбинации йода и гадолиния.

Правильные ответы

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	В	16	С
2	В	17	С
3	В	18	В
4	С	19	С
5	В	20	С
6	В	21	В
7	В	22	В
8	В	23	А
9	В	24	С
10	С	25	В
11	В	26	В
12	С	27	В
13	В	28	В
14	В	29	В
15	С	30	В

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.

Примеры ситуационных задач

1. Больной Е., 82-х лет обратился в ваше ЛПУ амбулаторно для проведения МРТ сердца по назначению врача-кардиолога (само назначение не предоставлено). В ходе опроса от пациента получены данные, что наблюдается он давно и регулярно по поводу периодически возникающих пароксизмов устойчивой желудочковой тахикардии. Также известно, что был установлен имплант где-то 30 лет назад.

Задание: уточнить у пациента данные, необходимые для безопасного проведения исследования, и определить, кто принимает решение о допуске/не допуске к МРТ-исследованию?

2. Пациентке А. необходимо провести МРТ исследование в условиях стационара с внутривенным контрастированием. Известно, что в анамнезе были аллергические реакции на лекарства — названия конкретных препаратов не помнит.

Задание: выбрать оптимальный алгоритм действий для врача-рентгенолога в такой ситуации.

3. Пациенту С. назначено объемное МРТ-исследование, но он отказывается его проходить, ссылаясь на боли при долгом нахождении в неподвижном положении и боязнь замкнутых пространств.

Задание: какие действия может предпринять врач в такой ситуации для качественного и безопасного проведения обследования?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MLA style: The Nobel Prize in Physics 1944. NobelPrize.org. Nobel Prize <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1944/summary/> (дата обращения 04.01.2026 г.)
2. MLA style: The Nobel Prize in Physics 1952. NobelPrize.org. Nobel Prize <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1952/summary/> (дата обращения 04.01.2026 г.)
3. Damadian R. Tumor detection by nuclear magnetic resonance. *Science*. 1971 Mar 19;171(3976):1151-3. DOI: 10.1126/science.171.3976.1151.
4. Lauterbur PC. Image formation by induced local interactions. Examples employing nuclear magnetic resonance. 1973. *Clin Orthop Relat Res*. 1989 Jul;(244):3-6.
5. Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L. NMR in cancer: XVI. FONAR image of the live human body. *Physiol Chem Phys*. 1977;9(1):97-100, 108.
6. MLA style: The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2003. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach 2026. Sun. 4 Jan 2026. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2003/7453-the-nobel-prize-in-physiology-or-medicine-2003-2003/> (дата обращения 04.01.2026 г.)
7. Greenway K, Knipe H, Gaillard F, et al. Hounsfield unit. Reference article, *Radiopaedia.org* <https://doi.org/10.53347/rID-38181> (дата обращения 04.01.2026г.)
8. Сеницын В.Е., Магнитно-резонансная томография [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сеницын В.Е., Устюжанин Д.В. Под ред. С.К. Тернового — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 208 с.
9. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации Международной Комиссии по Радиологической защите 2007 года: пер. с англ. / под общ. ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. — М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. — 344 с.
10. Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Петрайкин А.В. и др. Основы безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии / Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». — Вып. 47. — М., 2019. — 68 с.
11. Сеницын В.Е., Тюрин И.Е., Шимановский Н.Л. и др. Безопасное использование контрастных средств в рентгенологии (методическое руководство Российского общества рентгенологов и радиологов). *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023;104(6):363-384. DOI: 10.20862/0042-4676-2023-104-6-363-384
12. База данных по МР-совместимости имплантов https://www.mrisafety.com/TMDL_list.php?orderby=alist_description (дата обращения 04.01.2026 г.)
13. *Manual on Contrast Media*. 2025. American College of Radiology Committee on Drugs and Contrast Media P.122.
14. Brown T.R., Kincaid B.M., Ugurbil K. NMR chemical shift imaging in three dimensions. *Proc Natl Acad Sci USA* 1982; 79:3523-6.

Формат 60x90/16, объем 4,5 усл. печ. л.

Бумага 80 г/м². Офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Тираж 1000 Заказ № 2026-429-мбУ

Отпечатано в типографии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

123098, Москва, ул. Живописная, 46. Тел. +7 (499) 190-93-90

rcdm@mail.ru, lochin59@mail.ru; www.fmbafmbc.ru

