



Перевод: Роза С. Батаева (Россия)

Редакция: Фред Ушаков (Великобритания), Елена Н. Колабухова (Россия)

Практическое руководство ISUOG: проведение магнитно-резонансной томографии (МРТ) плода

Комитет клинических стандартов

Международное Общество Ультразвука в Акушерстве и Гинекологии (ISUOG) является научной организацией, которая поощряет профессиональную клиническую практику, обучение на высоком уровне и научные исследования, относящиеся к диагностической визуализации в женском здравоохранении. Комитет клинических стандартов (Clinical Standards Committee (CSI)) ISUOG имеет полномочия разрабатывать практические руководства и делать консенсусные заявления в качестве учебных рекомендаций для врачей. Все эти документы разрабатываются врачами экспертами в диагностической визуализации. Они предназначены отражать то, что ISUOG считает лучшей клинической практикой на тот период времени, когда они изданы. Несмотря на то, что ISUOG делает все возможное для того, чтобы обеспечить правильность руководств на момент их издания, ни само общество, ни его сотрудники или члены не несут ответственности за последствия из-за неточности данных, заключений или заявлений, сделанных Комитетом Клинических Стандартов (CSC). Документы комитета клинических стандартов ISUOG не предназначены для того, чтобы устанавливать правовые юридические стандарты, ввиду того, что на интерпретацию доказательств, лежащих в основе Практических Руководств, могут оказать влияние индивидуальные обстоятельства, местные практические протоколы и др. доступные ресурсы. Утвержденные практические руководства ISUOG могут распространяться свободно с разрешения ISUOG (info@isuog.org).

Эти руководства основаны на соглашениях между участниками после исследования клинической практики, проводимой под руководством ISUOG в 2014 (аппендикс S1).

ВВЕДЕНИЕ

Магнитно-резонансная томография (MRI) плода является важным методом диагностической визуализации, дополнительным к ультразвуковому исследованию^[1], преимущественно для оценки развития мозга плода^[2]. Исследование, проведенное ISUOG в 2014 (аппендикс S1), в котором приняло участие 60 перинатальных центров, показало, что МРТ исследование уже проводится в одном или нескольких центрах в 27 странах по всему миру. Тем не менее, качество визуализации, последовательность исследования и профессиональный опыт специалистов, проводящих исследование, существенно отличались в различных центрах^[3].

В связи с чем и возникла необходимость разработки практического руководства по МРТ плода: во-первых, для того, чтобы снизить влияние вышеперечисленных факторов на качество МРТ исследования, а также для того, чтобы определить место МРТ в пренатальной диагностике.

Целью данного практического руководства является информирование о современном уровне развития фетального МРТ не только специалистов, проводящих данное

исследование, но и клиницистов, которые затем интерпретируют полученные результаты.

В чем заключается цель проведения МРТ плода?

Целью проведения фетальной магнитно-резонансной томографии является дополнительное к экспертному УЗИ обследование плода^[4,5], которое заключается в том, чтобы или подтвердить результаты УЗИ или получить новую информацию^[6].

В настоящее время МРТ не является первичным методом обследования в пренатальной диагностике, несмотря на то, что стандартизированная и полноценная оценка анатомии плода при данном виде исследования возможна. На рис.1. представлено графическое изображение результатов исследования, в котором собиралось мнение участников о показаниях для проведения МРТ, то есть мнения о том, в каких случаях МРТ может предоставить полезную информацию.

Является ли МРТ плода безопасным методом исследования?

МРТ не ассоциируется с известными побочными эффектами на плод, если проводится без использования контрастного вещества^[7], независимо от срока беременности. Нет данных о побочном эффекте на плод при проведении МРТ мощностью в 1.5 Тесла^[8].

Что касается МРТ более высокой мощности, 3.0 Тесла, то еще не было проведено исследований о его возможных побочных эффектах на плоде человека^[7, 9, 10], хотя последние данные показывают, что МРТ исследование на модели свиньи может быть безопасным.^[11]

В каких случаях может проводиться МРТ плода?

Существует общепринятое соглашение о том, что магнитно-резонансная томография плода показана после проведения экспертного ультразвукового исследования, в тех случаях, когда диагностическая информация об аномалии плода является недостаточной.

В таких ситуациях, МРТ может дать важную информацию, которая подтвердит или дополнит УЗ находки, и изменит или скорректирует тактику ведения пациента.

В настоящее время факторы, влияющие на решение проведения МРТ плода, включают в себя, но не ограничиваются следующим: опытность/аппаратура для ультразвуковых и МРТ обследований, доступность МРТ, материнские характеристики, гестационный возраст плода, вопросы биологической безопасности, юридические вопросы, касающиеся прерывания беременности и пожелания родителей после соответствующего консультирования [3, 10, 12, 13].

Исследование ISUOG было направлено на анализ необходимости МРТ по клиническим показаниям, при котором применялась 7 – бальная шкала для оценки значимости ответов от 0 баллов (не показано вообще) до 7 баллов (однозначно показано) (Рисунок 1).

Разнообразие ответов, вероятно, отражает различия между разными специальностями и спектром патологий, рассматриваемых в каждом центре.

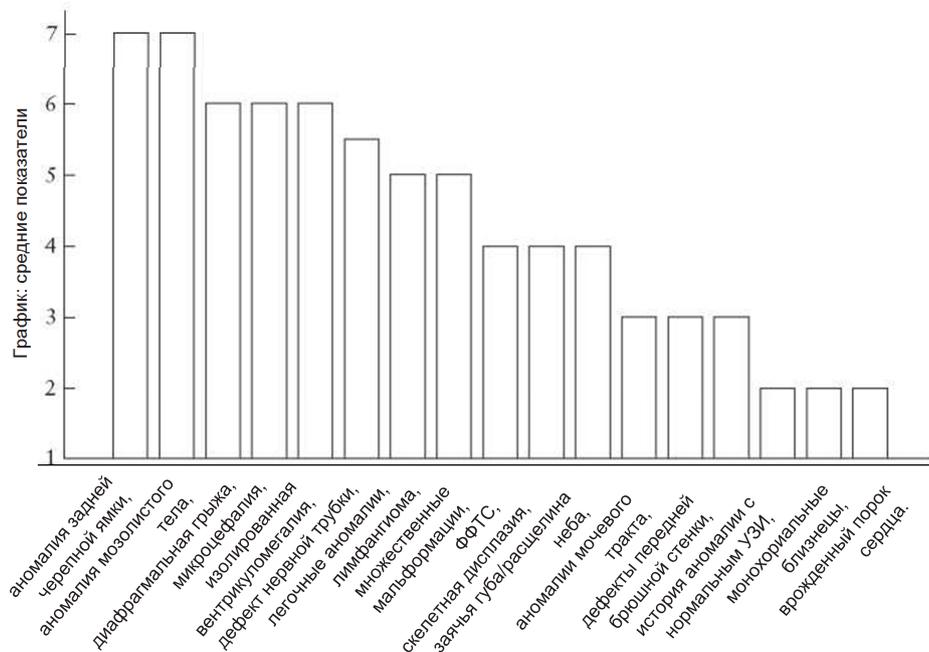


Рисунок 1. Результаты исследования ISUOG по показаниям проведения МРТ, рассчитанных по шкале от 0 (МРТ плода не показана) до 7 (определенно показана МРТ плода). История наличия аномалии в предыдущей беременности или у члена семьи, с нормальными результатами УЗИ в текущей беременности. ФФТМ (фето-фетальный трансфузионный синдром), ВМ (вентрикуломегалия.)

Таблица 1 Мульти-дисциплинарная группа: предлагаемые участники и их роль в выполнении магнитно-резонансной томографии (МРТ)

Участник	Роль
Акушер, радиолог	Выполняет сонографическое/нейросонографическое обследование; предоставляет информацию родителям относительно возможных диагнозов, проводит консультацию, указывает на необходимость МРТ плода.
Радиолог, акушер	Доступен во время МРТ исследования для получения соответствующих срезов и изменения протокола исследования при необходимости, интерпретации полученных находок, проведение консультации
Мульти-дисциплинарная группа специалистов когда возможно/необходимо: акушер, детский радиолог или нейрорадиолог, детский невропатолог, генетик, другие субспециалисты - педиатры, социальные работники, психолог.	Роль: проводить консультацию и давать рекомендации, основываясь на данных нейросонографии, МРТ, генетических находок, лабораторных данных и / или семейной истории.

В целом, выполнение УЗИ с последующим минимумом рекомендаций проведения УЗИ во втором триместре беременности/базового исследования головного мозга плода, согласно руководству ISUOG [5], не является достаточным для того, чтобы рекомендовать МРТ.

Для детальной оценки определенных аномалий требуются дополнительные срезы визуализации, такие как ортогональные срезы, применение высокочастотных датчиков и/или трансвагинального доступа [14,15].

Применение искусственного прерывания беременности и связанные с этим судебные - медицинские последствия могут повлиять на применение МРТ в местных институтах.

В странах, где решение об искусственном прерывании беременности должно быть принято до 24 недель, проведение МРТ до этого срока беременности может помочь родительской паре принять решение о будущем их беременности; тем не менее, в целом, МРТ лучше проводить на более поздних сроках во втором или третьем триместрах беременности [13]. Хотя имеющиеся данные все еще являются неокончательными, у плодов с явно изолированными аномалиями, такими как вентрикуломегалия [16], агенезия мозолистого тела [17], отсутствие полости прозрачной перегородки и аномалии мозжечка или червя мозжечка [18] МРТ может быть рекомендовано для убеждения родителей в отсутствии сочетанных аномалий.

Также, было установлено, что МРТ плода может быть информативным в случаях монохориальных близнецов, при ятрогенной или естественной гибели одного из однояйцевых близнецов, позволяющим выявить патологические изменения у выжившего близнеца. [19,20].

На каком сроке беременности должно проводиться МРТ?

МРТ исследование плода, выполненное на сроках до 18 недель, обычно не дает информации дополнительной к той, что была получена при ультразвуковом исследовании. В некоторых случаях дополнительная информация может быть получена и до 22 недель [13], но МРТ является значительно более информативным методом диагностики на более поздних сроках беременности.

Примеры врожденных патологий, которые могут быть диагностированы в третьем триместре, включают не только нарушения кортикальной миграции, но и объемные образования шеи, которые могут представлять риск для дыхательных путей [21]. Многие анатомические органы плода могут быть детально визуализированы между 26 и 32 неделями беременности, на сроках, когда патологии, относящиеся к врожденным порокам развития, уже полностью сформировались, но каждая беременность и каждый плод отличаются друг от друга.

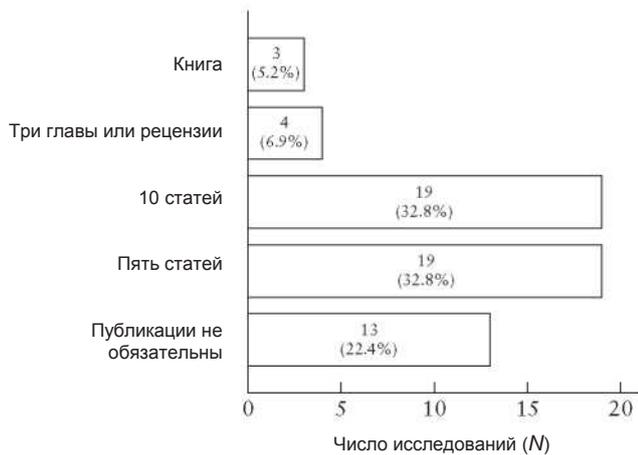


Рисунок 2. Результаты исследования ISUOG относительно того, сколько публикаций в области магнитно-резонансной визуализации плода должно быть у института для получения квалификации учебного центра.

Для женщины становится все сложнее чувствовать себя комфортно внутри сканнера на больших сроках, в связи с чем, при МРТ исследовании плода рекомендуется положение беременной на левом боку.

Кто должен выполнять МРТ?

При соответствующих показаниях, правильно выполненная и корректно интерпретированная магнитно – резонансная томография не только способствует диагностике, но может быть важной составной частью в выборе метода лечения, планирования родов и консультирования. Врачи, интерпретирующие МРТ плода, должны быть хорошо осведомлены о патологиях и диагнозах плода, так как они отличаются от диагнозов других популяций пациентов. Выбор соответствующего протокола и методов требует интенсивного обучения: поэтому, выполнение МРТ плода должно быть доверено только тем, кто прошел специальное обучение и имеет определенный опыт работы. То же самое относится и к интерпретации результатов обследования. Во многих центрах это требует мульти-дисциплинарного подхода к совместной работе, включая экспертов в области пренатальной диагностики, перинатологии, неонатологии, педиатрической неврологии и неврологии, генетиков и специалистов других смежных специальностей (Таблица 1); для того, чтобы объединить данные клинического и семейного анамнезов с результатами УЗИ и МРТ для улучшения качества обслуживания пациентов. Консультация с генетиком и другими детскими субспециалистами может понадобиться

Таблица 2. Шаги в проведении МРТ плода

Показания	Зависят от качества предыдущих ультразвуковых обследований, клинических показаний и гестационного возраста.
Консультация беременной	Разъяснение показаний, выполнения, ожидаемых исходов и последствий процедуры, а также информирование о возможности присутствия сопровождающего лица, беседа относительно противопоказаний и клаустрофобии, и назначения успокоительных препаратов при необходимости.
Пререквизиты отделения МРТ	Письменное направление с ясным описанием клинического вопроса (вопросов), УЗИ заключение и изображения (если возможно), гестационный возраст, подтвержденный/установленный при УЗИ в первом триместре.
В отделении МРТ	Выяснение возможных противопоказаний, удобное расположение женщины (в положении лежа на спине, на боку или на животе), адекватное расположение катушки во время МРТ, выполнение обследования согласно соответствующему протоколу.
После обследования	Сообщить пациентке когда будет готово заключение МРТ; в случае последствий, возникших сразу после проведения МРТ, информация относительно результатов исследования должна быть своевременно передана направившему врачу.
Хранение изображений	Электронное архивирование изображений, анализ изображений, структурная отчетность (Таблица 3).

для того, чтобы предоставить пациентам качественное консультирование и варианты дальнейшего ведения беременности.

Где должны обучаться врачи для проведения МРТ плода?

Хотя в настоящее время мы не знаем о существовании общепризнанной специализации по фетальной МРТ, специалисты, проводящие МРТ исследование плода, должны пройти специальное обучение по договоренности с обучающим центром, позволяющем им проводить высококачественное МРТ обследование после проведения достаточного количества клинических случаев (Показатель Хорошей Практики: то есть рекомендуется практика, основанная на клиническом опыте специалистов, разрабатывающих практические руководства).

Под учебным центром подразумевается институт, способный обучать студентов, врачей и рентгенологов/технологов тому, как выполнять высококачественное МРТ плода.

Для приобретения квалификации учебного центра необходимо соответствовать следующим требованиям:

1. Иметь группу многопрофильных специалистов, занятых в этой области, включая, но не ограничиваясь специалистами по медицине матери и плода, радиологов и акушеров - гинекологов.
2. Институтский опыт, по крайней мере, 500 проведенных МРТ плода с хотя бы 2-мя МРТ исследованиями в неделю.
3. Публикации научных статей или отзывов в этой области (Рисунок 2).

РЕКОМЕНДАЦИИ

Выполнение МРТ в соответствии со стандартными критериями (Таблица 2) улучшит тактику ведения беременностей, осложненных врожденными пороками развития плода или приобретенными осложнениями (Показатель Хорошей Практики).

Как нужно проводить МРТ плода?

Мощность поля (field strength)

В настоящее время наиболее часто используется мощность поля в 1,5 Тесла, предоставляя приемлемое разрешение даже на таких ранних сроках, как сроки до 18 недель [22]. 3,0 Тесла имеет потенциал предоставить изображения с более высоким разрешением и лучшим соотношением сигнал-шум, чем 1,5 Тесла, при сохранении сопоставимого или более низкого уровня депозиции энергии [22]. Тем не менее, в настоящее время более высокая мощность поля не рекомендована для *in-vivo* визуализации плода [10].

Порядок исследования (course of examination)

1. Исключить противопоказания для МРТ [22].

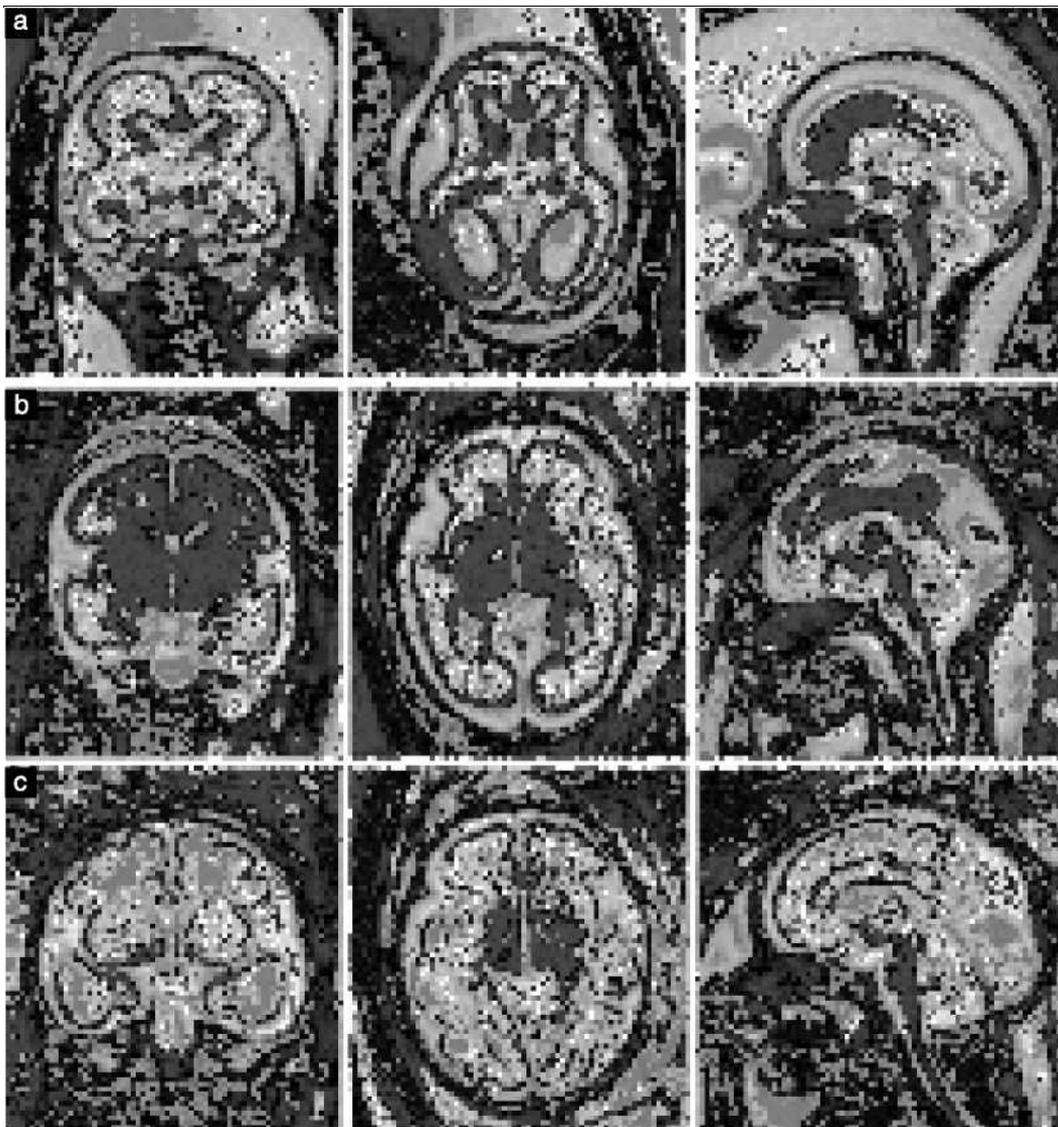


Рисунок 3. Коронарный, аксиальный и сагитальный (слева направо) T2-взвешенные быстрые (turbo) спин-эхо срезы (с длинным временем эха) нормального головного мозга плода в сроки 21+0 (а), 28+1(б) и 31+1(с) недель.

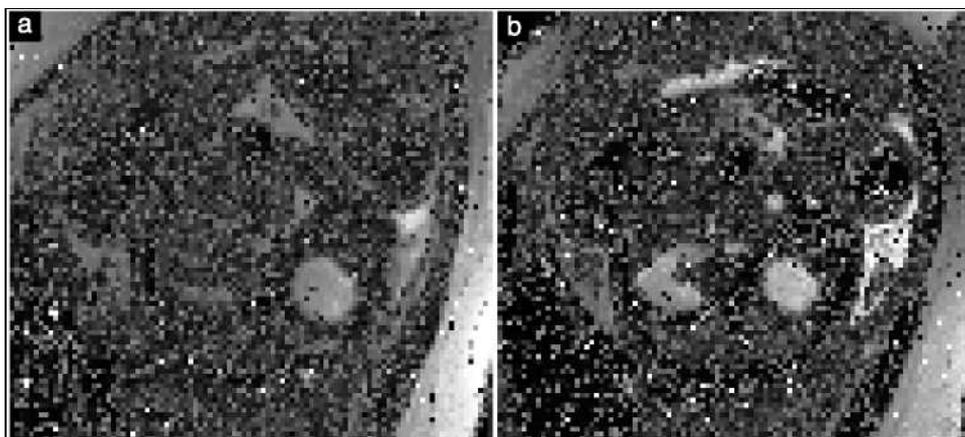


Рисунок 4. Аксиальные T2-взвешенные быстрые (turbo) спин-эхо срезы у нормального плода в 39+4 нед, показывающие, как более короткое эхо-время (TE) показывает более детально тело плода: (а) TE=80 ms; (б) TE=140 ms.

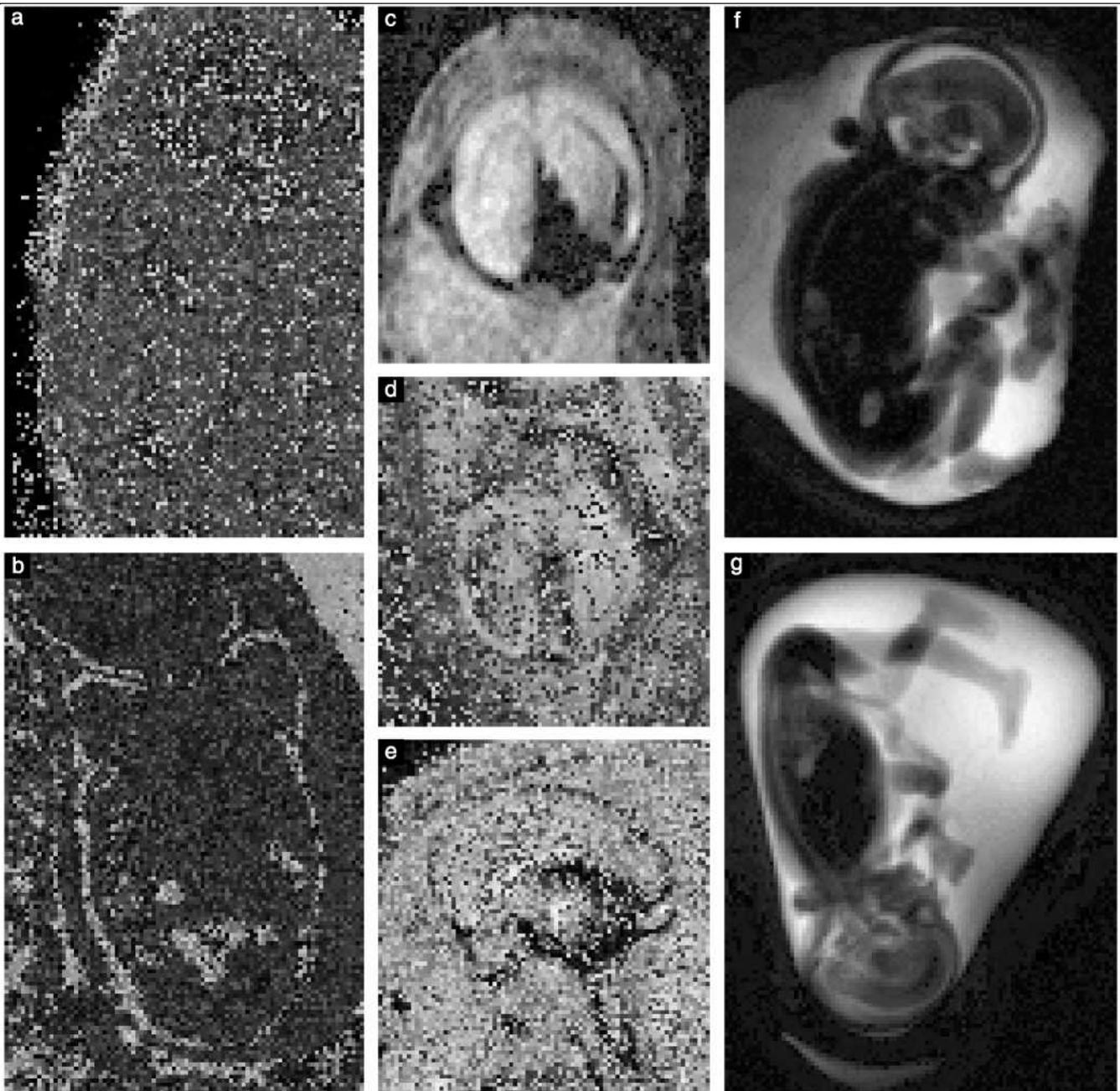


Рисунок 5. T2-взвешенный контраст является основой фетальной магнитно-резонансной томографии (МРТ). Другие срезы включают: T1-взвешенные МРТ (a,b), примененные для исследования здоровых плодов на сроках 27+1 (a) и 38+3 нед, показывают повышенную интенсивность щитовидной железы и наполненных меконием петли кишечника; однократные эхо-эхопланарные последовательности высокого градиента, представленных здесь в коронарном (c), аксиальном (b) и сагиттальном (c) сечениях у плодов с внутричерепным кровоизлиянием в 22+6 нед, показывают сниженную интенсивность продуктов распада крови; и магнитно-резонансная холангио-панкреатографическая последовательность (толщиной 20 мм), использованная у плодов с пороками сердца (не видны) (f) в 24+4 нед. и 20+1 нед. у плода с рекурвацией колена (g), позволяющая определить пропорции и положения рук и ног.

2. Получить информированное согласие у беременной женщины.
3. Указать гестационный срок: определяется по КТР при УЗИ в первом триместре [23] и подтверждается при дальнейшей клинической оценке и данным УЗИ.
4. Рассмотреть применение седативных препаратов для снижения двигательной активности плода и/или артефактов у тревожных пациентов и пациентов с клаустрофобией.
5. Уложить пациентку на стол в комфортном для нее положении [24]
6. В некоторых случаях, согласно правилам безопасности данного института, предусмотреть присутствие сопровождающего лица в кабинете обследования [25].
7. Получить последовательность локализаторов.
8. Правильно расположить катушку, так, чтобы первый интересующий орган располагался в центре катушки; распланировать следующие срезы.
9. Оценить первичный орган интереса.
10. Если показано, продолжить полное обследование всего плода и внеплодовых структур (включая пуповину, плаценту и шейку матки матери).



Рисунок 6. T2 – взвешенное магнитно-резонансное изображение здорового плода на сагиттальном срезе на сроке 21 +5 нед, показывающее профиль плода с нормальным небом.

11. В случае, если станет очевидным, что состояние пациентки требует незамедлительного вмешательства своевременно сообщить об этом направившему доктору. Это такие состояния, как например, подозрение на отслойку плаценты или гипоксическое ишемическое повреждение головного мозга плода.

Выбор срезов

1. T2-взвешенный контраст является основным в МРТ плода и обычно получается при использовании T2-взвешенных быстрых (turbo) спин-эхо (SE) или стационарных свободных прецессионных (SSFP) последовательностей. Быстрые (turbo) спин-эхо (SE) последовательности с длинным эхо временем (TE) должны быть использованы при визуализации мозга плода (Рисунок 3). Более короткое TE дает более контрастное изображение тела плода (Рисунок 4). SSFP последовательности дают T2 информацию в движущихся плодах и позволяют, например, отличать сосуды от плотных тканей [26].

2. T1-взвешенный контраст нужен для использования 2-хмерного градиента эхо (GRE) последовательностей при 1,5 Тесла. Средняя продолжительность в 15 секунд дает возможность провести процедуру во время задержки дыхания матери, что облегчает получение изображений без артефактов, возникающих при движении [27]. T1-взвешенный контраст определяет метгемоглобин при подостром кровоизлиянии, кальцификации, в железах и меконии (Рисунок 5 (a,b)).

3. Однократные эхопланарные последовательности с высоким разрешением (SSH) GRE используются для визуализации костных структур, кальцификаций и продуктов распада крови, таких как деоксигемоглобин, наличие которого является признаком наличия кровотечения в данный период времени, или наличие гемосидерина означает кровотечение в недавнем прошлом [28] (Рисунок 5 (c-e)).

4. Методами выбора являются: диффузно-взвешенная визуализация, диффузно-тензорная визуализация, динамические SSFP последовательности и SSH магнитно-резонансные холангиопанкреатографические последовательности, которые дают 3х мерные изображения (Рисунок 5 (f, g)).

Во всех случаях, поле зрения должно быть установлено в интересующей области. Толщина среза 3-5 мм с перекрестным обзором 10-15% будет подходящей в большинстве случаев.

Обследование должно в себя включать хотя бы T2 информацию в 3-х ортогональных планах мозга и тела плода и T1 и GRE-EP последовательности в одном или двух планах, желательно, во фронтальном и сагиттальном.

Этот «минимальный» протокол должен быть выполнен в течение меньше, чем 30 минут, даже допуская движения плода и повторение последовательностей. Только обследования, соответствующие при выполнении данному протоколу могут быть оценены как уровень стандарта (Показатель Хорошей Практики)

Стандартные планы для обследования мозга плода

1. Сагитальные сечения головы, включая срединно-сагиттальный план, изображающий мозолистое тело, сильвиев водопровод и гипофиз.
2. Коронарные сечения, параллельные стволу мозга с симметрической визуализацией структур внутреннего уха.
3. Аксиальные сечения, перпендикулярные сагиттальным сечениям, параллельные направлению мозолистого тела (или основанию черепа в случае отсутствия мозолистого тела), с боковой симметрией, установленной соответственно коронарным сечениям.

Таблица 3 Структурированный отчет детального МРТ исследования плода

Метод	Условия изображения (например, снижение движений плода, ожирение матери, преждевременное окончание исследования), мощность поля, катушка, последовательности, планы.
Голова	Профиль, твердое и мягкое небо (Фигура 6), череп, глазные измерения.
Головной мозг	Соответствующая гестационному сроку сулькация и гиритация, ламинация паренхимы мозга (после 30 недель: миелинизация и премиелинизация), желудочковая система, мозжечок, срединные структуры (Фигура 3).
Грудная клетка	Конфигурация грудной клетки, легочные сигналы, грубые нарушения сердца (детально не обследованного) (Фигура 7 a,b)
Брюшная полость	Фетальный situs, желудок и желчный пузырь (наполнение жидкостью); признаки жидкости и мекония в кишечнике (Фигура 7c,d), почки, мочевой пузырь (наполнение жидкостью); по просьбе: женские или мужские наружные гениталии (в случае последних: опущение яичек) (Фигура 8)
Внеплодовые структуры	Пуповина (число сосудов), количество околоплодных вод, расположение и характеристика плаценты, длина шейки матки (Фигура 9), только в случае, если шейка матки значительно укорочена.
Скелет (когда обследован)	Положение и целостность позвоночника, форма, длина положение костей, пальцев и больших пальцев (не всегда возможно оценить, особенно при наличии минимального количества околоплодных вод, то есть, после 32-35 нед.

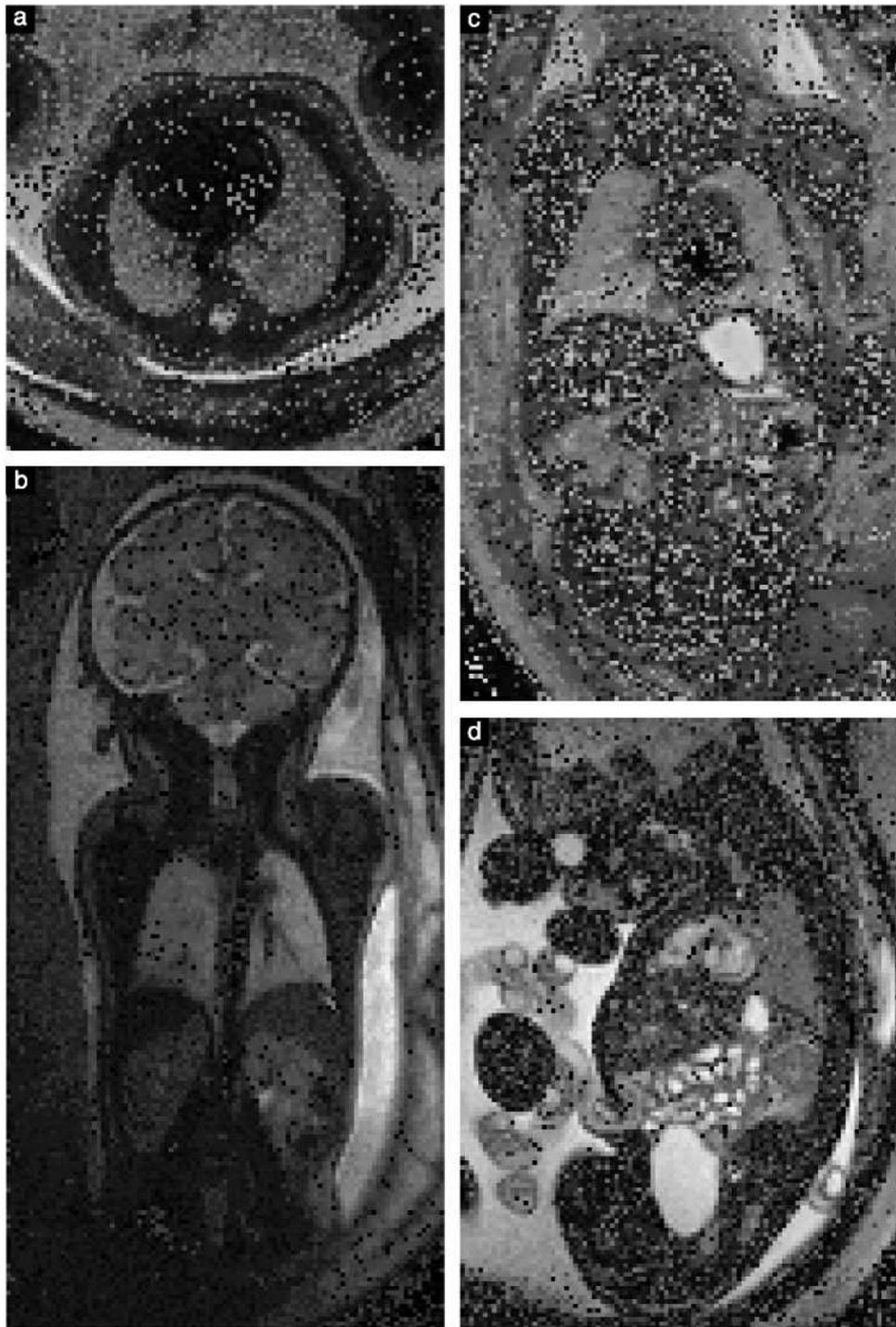


Рисунок 7. Магнитно-резонансная томография (МРТ) нормальной грудной клетки плода (a,b) и живота (c,d). (a) Аксиальное T2-взвешенное МРТ плода на сроке 34+2 нед, показывающее нормальной формы грудную клетку и легкие с регулярными сигналами, соответствующими сроку гестации. (b) коронарное изображение плода на сроке 35+3 нед, показывающее дополнительно части печени, почек и надпочечников с правой стороны. (c) Коронарное T2-взвешенные МРТ у плода на сроке 32+2 нед, отображающее наполненный жидкостью желудок и петли кишечника; (d) сагиттальное свободное изображение плода в устойчивом состоянии на сроке 35+6 нед, отображающее дополнительно наполненный жидкостью мочевой пузырь. Отметить гиперинтенсивность сердца в (d), в отличие от T2-взвешенных изображений (c).

Стандартные срезы для исследования тела плода

Их сложнее получить, так как плод обычно располагается так, что не получается достигнуть строго ортогонального расположения частей.

1. Сагиттальные срезы могут быть получены, если установить среднюю линию на грудном отделе позвоночника и месте прикрепления пуповины.

2. Коронарные сечения надо расположить по направлению позвоночника (параллельно к грудному отделу позвоночника и передней стенке тела на уровне живота).
3. Аксиальные части должны располагаться перпендикулярно длинной оси позвоночника на уровне области интереса. Для измерения объема легких (волюметрии), например, аксиальные сечения должны располагаться перпендикулярно к грудному отделу позвоночника.

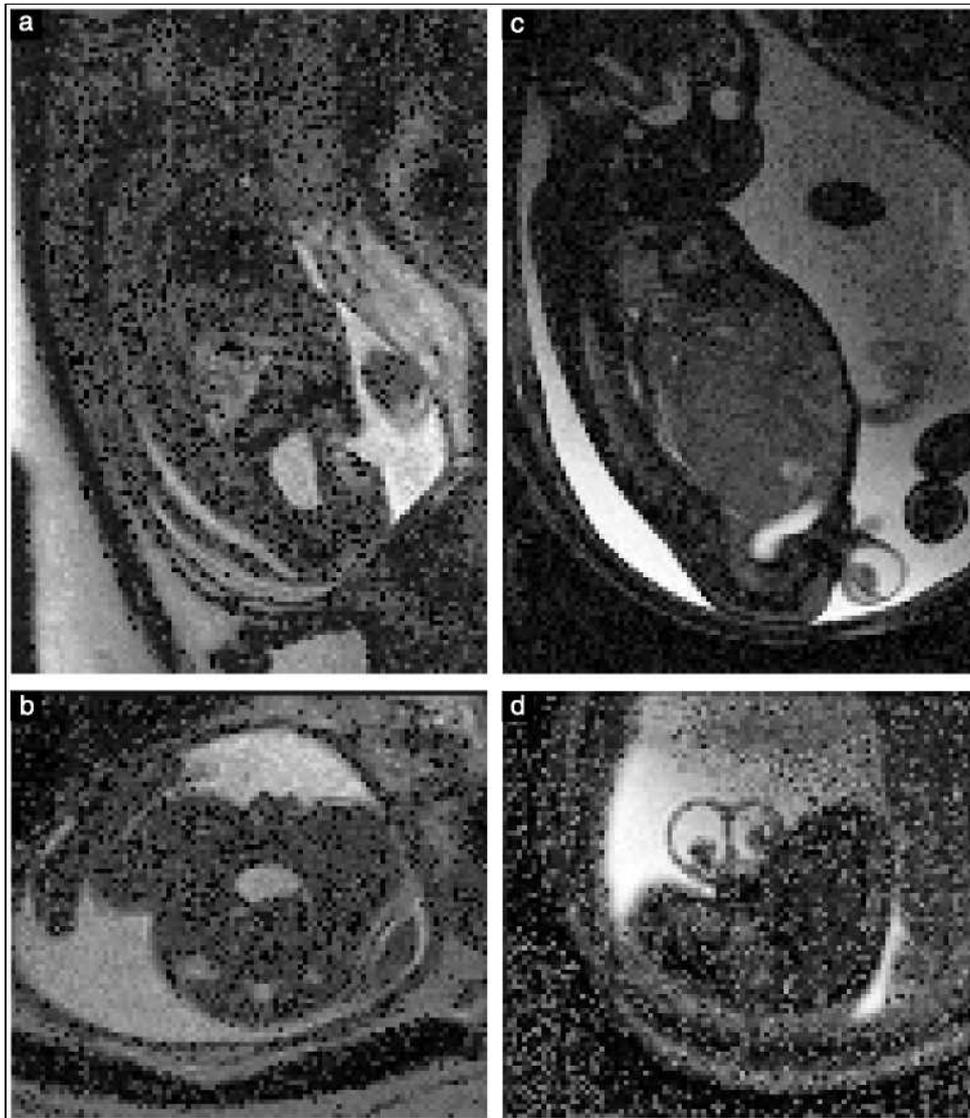


Рисунок 8. T2-взвешенные сагиттальные (a) и аксиальные (b) магнитно-резонансные изображения нормального плода женского пола на сроке 31+1 нед, показывающие наружные половые органы. Сагиттальные (c) и аксиальные (d) магнитно-резонансные изображения плода мужского пола в устойчивом положении на сроке 35+1 нед с опустившимися яичками и гидроцеле, в данном случае, как последствие опухоли печени.

Хотя обычные измерения уже были сделаны при УЗИ, измерения некоторых структур при МРТ обследовании может быть в некоторых случаях полезным [12].

При измерении жидкостных структур важно помнить, что МРТ измерения обычно на 10% больше, чем соответствующие им ультразвуковые измерения. При волуметрии легких нормальные МРТ размеры, соответствующие гестационному возрасту, находятся в связи с объемом тела плода [29] и считаются прогностическими в исходе случаев с патологией легких [30].

Хранение магнитно-резонансных изображений

Все обследование должно быть сохранено соответственно местным правилам, предпочтительно в электронном формате. CD обследований могут быть сделаны для пациентов, чтобы позволить им получить второе мнение (Показатель Хорошей Практики).

Составление отчетов

Два типа обследования должны быть видны и ясно отмечены в отчетах:

1. Таргетное исследование, которое направлено только на определенную категорию аномалий плода. Целью таргетного исследования является оценка определенного органа или конкретный клинический вопрос, а не оценка всего плода в целом.
2. Детальное обследование, которое включает в себя стандартную оценку анатомии всего плода, сходную с той, которая описана в руководствах ISUOG [5] для УЗИ во втором триместре беременности (или в других местных практических руководствах) (Таблица 3). Это обследование может включать в себя структуры, меньше поддающиеся МРТ чем УЗИ, например, структуры сердца). Внеплодовые структуры, такие как пуповина, плацента и шейка матки, амниотическая жидкость (количество и интенсивность сигналов), должны быть описаны в том случае, если имеются клинические показания. Структуры, которые не оценивались рутинно при этих обследованиях, нужно четко указать в отчете.

Стандартные отчеты должны соответствовать структуре, предложенной в Таблице 3 (Показатель Хорошей Практики).



Рисунок 9. T2 взвешенное МРТ на уровне сагиттального среза тела женщины, показывающее шейку матки нормальной длины на сроке 33 нед. беременности.

Так как МРТ не является основным, а дополнительным методом обследования плода, следующим после УЗИ во втором триместре беременности [31], само МРТ обследование и его заключение должны быть акцентированы на структурах, которые труднее визуализировать при помощи ультразвука. Детальная анатомическая оценка плода может быть проведена по требованию.

АВТОРЫ:

D. Prayer*, Division of Neuroradiology and Musculoskeletal Radiology, Department of Radiology, Medical University of Vienna, Vienna, Austria
G. Malinger*, Division of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, Lis Maternity Hospital, Sourasky Medical Center and Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel
P. C. Brugger, Division of Anatomy, Center for Anatomy and Cell Biology, Medical University of Vienna, Vienna, Austria
C. Cassidy, Texas Children's Hospital and Fetal Center, Houston, TX, USA
L. De Catte, Department of Obstetrics & Gynecology, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgium
B. De Keersmaecker, Department of Obstetrics & Gynecology, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgium
G. L. Fernandes, Fetal Medicine Unit, Department of Obstetrics, ABC Medicine University, Santo Andre, Brazil

P. Glanc, Departments of Radiology and Obstetrics & Gynecology, University of Toronto and Sunnybrook Research Institute, Obstetrical Ultrasound Center, Department of Medical Imaging, Body Division, Sunnybrook Health Sciences Centre, Toronto, Canada

L. F. Goncalves, Fetal Imaging, William Beaumont Hospital, Royal Oak and Oakland University William Beaumont School of Medicine, Rochester, MI, USA

G. M. Gruber, Division of Anatomy, Center for Anatomy and Cell Biology, Medical University of Vienna, Vienna, Austria

S. Laifer-Narin, Division of Ultrasound and Fetal MRI, Columbia University Medical Center - New York Presbyterian Hospital, New York, NY, USA

W. Lee, Department of Obstetrics and Gynecology, Baylor College of Medicine and Texas Children's Pavilion for Women, Houston, TX, USA

A.-E. Millischer, Radiodiagnostics Department, Hopital Necker-Enfants Malades, Assistance Publique-Hopitaux de Paris, Universite Paris Descartes, Paris, France

M. Molho, Diagnostique Ante Natal, Service de Neuroradiologie, CHU Sud Reunion, St Pierre, La Reunion, France

J. Neelavalli, Department of Radiology, Wayne State University School of Medicine, Detroit, MI, USA

L. Platt, Department of Obstetrics and Gynecology, David Geffen School of Medicine, Los Angeles, CA, USA

D. Pugash, Department of Radiology, University of British Columbia and Department of Obstetrics and Gynecology, BC Women's Hospital, Vancouver, Canada

P. Ramaekers, Prenatal Diagnosis, Department of Obstetrics and Gynecology, Ghent University Hospital, Ghent, Belgium

L. J. Salomon, Department of Obstetrics, Hopital Necker-Enfants Malades, Assistance Publique-Hopitaux de Paris, Universite; Paris Descartes, Paris, France

M. Sanz, Department of Obstetrics and Gynecology, Baylor College of Medicine and Texas Children's Pavilion for Women, Houston, TX, USA

I. E. Timor-Tritsch, Division of Obstetrical & Gynecological Ultrasound, NYU School of Medicine, New York, NY, USA

B. Tutschek, Department of Obstetrics & Gynecology, Medical Faculty, Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany and Prenatal Zurich, Zurich, Switzerland

D. Twickler, University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, TX, USA

M. Weber, Division of Neuroradiology and Musculoskeletal Radiology, Department of Radiology, Medical University of Vienna, Vienna, Austria

R. Ximenes, Fetal Medicine Foundation Latin America, Centrus, Campinas, Brazil

N. Raine-Fenning, Department of Child Health, Obstetrics & Gynaecology, School of Medicine, University of Nottingham and Nurture Fertility, The Fertility Partnership, Nottingham, UK

*D.P. и G.M. одинаково участвовали в создании данной статьи.

ЦИТИРОВАНИЕ

Эти методические рекомендации должны быть процитированы как: «Prayer D, Malinge G, Brugger PC, Cassidy C, De Catta L, De Keersmaecker B, Fernandes GL, Glank P, Goncalves LF, Gruber GM, Laifer-Narin S, Lee W, Millischer A-E, Molho M, Neelalavali J, Platt L, Pugash D, Ramaekers P, Salomon LJ, Sanz M, Timor-Trisch IE, Tutschek B, Twickler D, Weber M, Ximenes R, Raine-Fenning. Практические рекомендации ISUOG: выполнение магнитно-резонансного изображения плода. *Ультразвук в Акушерстве и Гинекологии* 2017, **49**:671-680» .

ЛИТЕРАТУРА:

- Hedrick HL, Flake AW, Crombleholme TM, Howell LJ, Johnson MP, Wilson RD, Adzick NS. History of fetal diagnosis and therapy: Children's Hospital of Philadelphia experience. *Fetal Diagn Ther* 2003; **18**: 65-82.
- Jokhi RP, Whitby EH. Magnetic resonance imaging of the fetus. *Dev Med Child Neurol* 2011; **53**: 18-28.
- Malinge G, Lev D, Lerman-Sagie T. Is fetal magnetic resonance imaging superior to neurosonography for detection of brain anomalies? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; **20**: 317 - 321.
- Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; **29**: 109 - 116.
- Salomon LJ, Alfirevic Z, Berghella V, Bilardo C, Hernandez-Andrade E, Johnsen SL, Kalache K, Leung KY, Malinge G, Munoz H, Prefumo F, Toi A, Lee W. Practice guidelines for performance of the routine mid-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2011; **37**: 116 - 126.
- Jakab A, Pogledic I, Schwartz E, Gruber G, Mitter C, Brugger PC, Langs G, Schopf V, Kasprian G, Prayer D. Fetal cerebral magnetic resonance imaging beyond morphology. *Semin Ultrasound CT MR* 2015; **36**: 465-475.
- Ray JG, Vermeulen MJ, Bharatha A, Montanera WJ, Park AL. Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. *JAMA* 2016; **316**: 952 - 961.
- Bouyssi-Kobar M, du Plessis AJ, Robertson RL, Limperopoulos C. Fetal magnetic resonance imaging: exposure times and functional outcomes at preschool age. *Pediatr Radiol* 2015; **45**: 1823-1830.
- Victoria T, Jaramillo D, Roberts TP, Zarnow D, Johnson AM, Delgado J, Rubesova E, Vossough A. Fetal magnetic resonance imaging: jumping from 1.5 to 3 tesla (preliminary experience). *Pediatr Radiol* 2014; **44**: 376 - 386; quiz 373 - 375.
- Patenaude Y, Pugash D, Lim K, Morin L, Bly S, Butt K, Cargill Y, Davies G, Denis N, Hazlitt G, Naud K, Ouellet A, Salem S. The use of magnetic resonance imaging in the obstetric patient. *J Obstet Gynaecol Can* 2014; **36**: 349 - 363.
- Cannie MM, Keyzer FD, Laere SV, Leus A, de Mey J, Fourneau C, Ridder FD, Cauteren TV, Willekens I, Jani JC. Potential heating effect in the gravid uterus by using 3-T MR imaging protocols: Experimental study in miniature pigs. *Radiology* 2016; **279**: 754 - 761.
- Garel C. *MRI of the Fetal Brain: Normal Development and Cerebral Pathologies*. Springer: Berlin, Heidelberg, 2004.
- Reddy UM, Abuhamad AZ, Levine D, Saade GR. Fetal imaging: Executive summary of a Joint Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development, Society for Maternal-Fetal Medicine, American Institute of Ultrasound in Medicine, American College of Obstetricians and Gynecologists, American College of Radiology, Society for Pediatric Radiology, and Society of Radiologists in Ultrasound Fetal Imaging Workshop. *Am J Obstet Gynecol* 2014; **210**: 387-397.
- Malinge G, Ben-Sira L, Lev D, Ben-Aroya Z, Kidron D, Lerman-Sagie T. Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; **23**: 333 - 340.
- Malinge G, Kidron D, Schreiber L, Ben-Sira L, Hoffmann C, Lev D, Lerman-Sagie T. Prenatal diagnosis of malformations of cortical development by dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; **29**: 178 - 191.
- Melchiorre K, Bhide A, Gika AD, Pilu G, Papageorgiou AT. Counseling in isolated mild fetal ventriculomegaly. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2009; **34**: 212 - 224.
- Moutard ML, Kieffer V, Feingold J, Lewin F, Baron JM, Adamsbaum C, Gelot A, Isapof A, Kieffer F, de Villemeur TB. Isolated corpus callosum agenesis: a ten-year follow-up after prenatal diagnosis (how are the children without corpus callosum at 10 years of age?). *Prenat Diagn* 2012; **32**: 277 - 283.
- Guibaud L, Larroque A, Ville D, Sanlaville D, Till M, Gaucherand P, Pracros JP, des Portes V. Prenatal diagnosis of 'isolated' Dandy - Walker malformation: imaging findings and prenatal counselling. *Prenat Diagn* 2012; **32**: 185 - 193.
- Griffiths PD, Sharrack S, Chan KL, Bamfo J, Williams F, Kilby MD. Fetal brain injury in survivors of twin pregnancies complicated by demise of one twin as assessed by in utero MR imaging. *Prenat Diagn* 2015; **35**: 583 - 591.
- Jatzko B, Rittenschober-Bohm J, Mailath-Pokorny M, Worda C, Prayer D, Kasprian G, Worda K. Cerebral lesions at fetal magnetic resonance imaging and neurologic outcome after single fetal death in monozygotic twins. *Twin Res Hum Genet* 2015; **18**: 606-612.
- Twickler DM, Magee KP, Caire J, Zaretsky M, Fleckenstein JL, Ramus RM. Second-opinion magnetic resonance imaging for suspected fetal central nervous system abnormalities. *Am J Obstet Gynecol* 2003; **188**: 492 - 496.
- Shellock FG, Crues JV. MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. *Radiology* 2004; **232**: 635 - 652.
- Salomon LJ, Alfirevic Z, Bilardo CM, Chalouhi GE, Ghi T, Kagan KO, Lau TK, Papageorgiou AT, Raine-Fenning NJ, Stimmann J, Suresh S, Tabor A, Timor-Trisch IE, Toi A, Yeo G. ISUOG practice guidelines: performance of first-trimester fetal ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; **41**: 102 - 113.
- Kienzl D, Berger-Kulemann V, Kasprian G, Brugger PC, Weber M, Bettelheim D, Pusch F, Prayer D. Risk of inferior vena cava compression syndrome during fetal MRI in the supine position - a retrospective analysis. *J Perinat Med* 2014; **42**: 301 - 306.
- Leithner K, Prayer D, Porstner E, Kapusta ND, Stamminger-Safar M, Krampfl-Bettelheim E, Hilger E. Psychological reactions related to fetal magnetic resonance imaging: a follow-up study. *J Perinat Med* 2013; **41**: 273 - 276.
- Brugger PC, Stuhf F, Lindner C, Prayer D. Methods of fetal MR: beyond T2-weighted imaging. *Eur J Radiol* 2006; **57**: 172 - 181.
- Asenbaum U, Brugger PC, Woitek R, Furtner J, Prayer D. [Indications and technique of fetal magnetic resonance imaging]. *Radiologe* 2013; **53**: 109 - 115.
- Prayer D, Brugger PC, Kasprian G, Witzani L, Helmer H, Dietrich W, Eppel W, Langer M. MRI of fetal acquired brain lesions. *Eur J Radiol* 2006; **57**: 233 - 249.
- Weidner M, Hagelstein C, Debus A, Walleyo A, Weiss C, Schoenberg SO, Schaible T, Busing KA, Kehl S, Neff KW. MRI-based ratio of fetal lung volume to fetal body volume as a new prognostic marker in congenital diaphragmatic hernia. *AJR Am J Roentgenol* 2014; **202**: 1330 - 1336.
- Zamora IJ, Sheikh F, Cassidy CI, Olutoye OO, Mehollin-Ray AR, Ruano R, Lee TC, Welty SE, Belfort MA, Ethun CG, Kim ME, Cass DL. Fetal MRI lung volumes are predictive of perinatal outcomes in fetuses with congenital lung masses. *J Pediatr Surg* 2014; **49**: 853 - 858; discussion 858.
- Yagel S, Cohen SM, Porat S, Daum H, Lipschuetz M, Amsalem H, Messing B, Valsky DV. Detailed transabdominal fetal anatomic scanning in the late first trimester versus the early second trimester of pregnancy. *J Ultrasound Med* 2015; **34**: 143 - 149.

SUPPORTING INFORMATION ON THE INTERNET

The following supporting information may be found in the online version of this article:

-  **Appendix S1** Survey conducted by the Fetal MRI Special Interest Group of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology in 2014