

THE INTERNATIONAL SOCIETY OF



ULTRASOUND

in Obstetrics & Gynecology

GUIDELINES

РУКОВОДСТВО

Ультразвуковое исследование центральной нервной системы плода: руководство по выполнению “базисного исследования” и “нейросонографии плода”

ВВЕДЕНИЕ

Пороки развития центральной нервной системы (ЦНС) относятся к одним из наиболее распространенных аномалий развития плода. Дефекты зародка нервной трубки являются самыми частыми пороками развития ЦНС и обнаруживаются с частотой 1–2 на 1000 новорожденных. Встречае-

мость внутричерепных поражений при нормальном строении нервной трубки остается неизвестной, так как вероятно многие из них остаются нераспознанными при рождении и манифестируют позже. Однако по данным долгосрочных катамнестических исследований предполагается, что частота встречаемости таких пороков может достигать 1 на 100 новорожденных (1).

Оригинальный текст руководства ISUOG “Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the ‘basic examination’ and the ‘fetal neurosonogram’” опубликован в журнале “Ultrasound in Obstetrics & Gynecology” (2007; 29: 109–116) и на сайте: <http://www.isuog.org>

Disclaimer: These guidelines may have been translated, from the originals published by ISUOG, by recognized experts in the field and have been independently verified by reviewers with a relevant first language. Although all reasonable endeavors have been made to ensure that no fundamental meaning has been changed the process of translation may naturally result in small variations in words or terminology and so ISUOG makes no claim that translated guidelines can be considered to be an exact copy of the original and accepts no liability for the consequence of any variations. The CSC’s guidelines are only officially approved by the ISUOG in their English published form.

Примечание: данное руководство является переводом оригинальной версии, опубликованной ISUOG. Перевод был выполнен экспертами в этой области и отредактирован независимыми рецензентами, владеющими соответствующим языком. Несмотря на то, что сделано все возможное, чтобы не допустить искажения основного смысла, процесс перевода мог привести к небольшим вариациям смысловых оттенков при использовании некоторых слов или терминов. Таким образом, ISUOG подчеркивает, что переведенное руководство не может рассматриваться, как абсолютно точная копия оригинала, и не несет ответственности за какие-либо несоответствия, поскольку текст руководства прошел процедуру официального одобрения ISUOG только в его оригинальной печатной версии на английском языке.

На протяжении более чем 30 лет ультразвуковое исследование является основным диагностическим инструментом для выявления пороков развития ЦНС. Задачей данного руководства является обзор технических аспектов, используемых для оптимизации осмотра мозга плода при оценке его анатомии, которое в данном документе будет носить название “базисного исследования”. Детальная оценка анатомии ЦНС плода (“нейросонография плода”) так же возможна, но требует участия врача-эксперта и наличия ультразвукового оборудования высокого класса. Такой тип исследования иногда может быть дополнен выполнением трехмерного ультразвукового исследования, и показан при беременности высокого риска по развитию пороков ЦНС плода.

В последние годы магнитно-резонансная томография (МРТ) плода стала рассматриваться в качестве многообещающего метода, который, в ряде случаев, может позволить получать важную диагностическую информацию, в основном после 20–22 недель беременности (2, 3), хотя преимущества этого вида исследования по сравнению с ультразвуковым исследованием продолжают обсуждаться (4, 5).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Срок беременности

Ультразвуковая картина головного и спинного мозга меняется на протяжении беременности. Для исключения диагностических ошибок необходимо хорошо представлять нормальную анатомию ЦНС плода в различные сроки беременности. Наибольшие усилия по диагностике пороков развития ЦНС сфокусированы в периоде середины второго триместра беременности, когда при сроках около 20 нед обычно выполняется “базовое” ультразвуковое исследование.

В тоже время некоторые пороки развития могут выявляться в первом или в начале второго триместра гестации (6–11). Хотя такие пороки развития представляют собой меньшую часть аномалий, однако, как правило, они являются тяжелыми и поэтому заслуживают особого рассмотрения. Несмо-

тря на то, что для диагностики в ранние сроки беременности требуются специальные навыки, всегда имеет смысл проводить осмотр головы и мозга плода в этот период. Преимуществом выполнения ранней нейросонографии плода в 14–16 нед беременности является тот факт, что кости черепа еще являются тонкими и имеется возможность осматривать структуры головного мозга практически под любым углом сканирования.

Как правило, во втором или третьем триместре беременности также всегда можно получить удовлетворительное изображение структур головного мозга плода. Затруднения часто возникают в основном на сроке близком к доношенному, что связано с ossификацией костей свода черепа.

Технические факторы

Ультразвуковые датчики

Высокочастотные ультразвуковые датчики повышают пространственную разрешающую способность, но уменьшают проникающую способность ультразвукового луча. Выбор оптимального датчика и рабочей частоты зависит от ряда факторов, включающих индекс массы тела матери, положение плода и используемый доступ. Большинство “базисных” исследований могут быть удовлетворительно выполнены трансабдоминальными датчиками с частотами 3–5 МГц. Нейросонография плода нередко требует применения трансвагинального доступа, при котором соответственно используются датчики с частотой 5–10 МГц (12, 13). Применение технологии трехмерного ультразвукового исследования может облегчать исследование головного мозга, позвоночника и спинного мозга плода (14, 15).

Параметры изображения

Оценка головного мозга плода как правило проводится с использованием серой шкалы В-режима. Применение тканевой гармоник может улучшить выявляемость мелких анатомических деталей, особенно у пациентов с плохими условиями визуализации. В нейросонографических исследованиях может применяться цветное и энер-

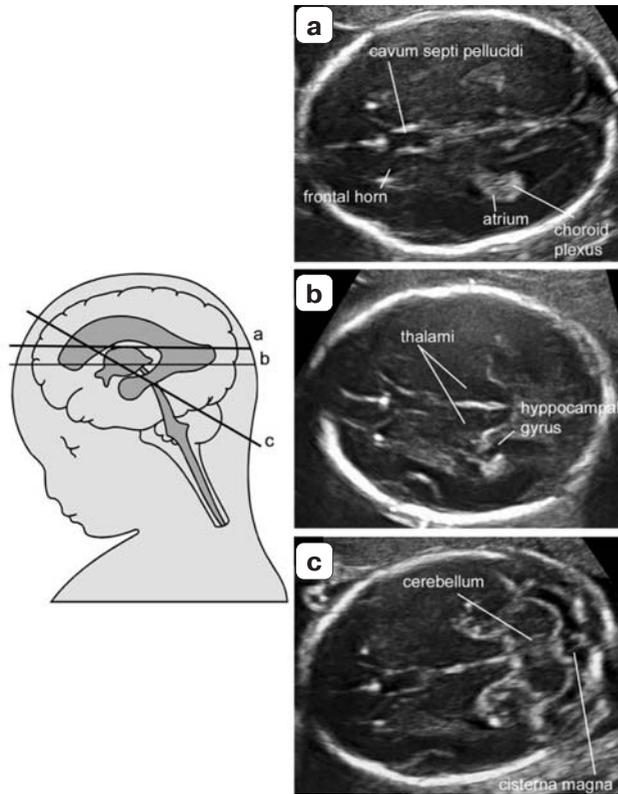


Рис. 1. Аксиальные сечения головки плода. (а) чрезжелудочковое сечение; (b) чресталамическое сечение; (с) чрезмозжечковое сечение. Cavum septi pellucidum – полость прозрачной перегородки, frontal horn – передний рог, atrium – преддверие, choroid plexus – сосудистое сплетение, thalami – таламусы, hippocampal gyrus – борозда гиппокампа, cerebellum – мозжечок, cisterna magna – большая цистерна.

гетическое доплеровское картирование, в основном для визуализации сосудов головного мозга. Улучшения визуализации мелких сосудов можно достигнуть, правильно настроив частоту повторения импульсов (PRF, pulse repetition frequency),

Таблица 1. Анатомические структуры, которые обычно осматриваются при проведении базисного ультразвукового исследования ЦНС плода

Форма головки плода
Боковые желудочки
Полость прозрачной перегородки
Таламусы
Мозжечок
Большая цистерна
Позвоночник

зная, что скорость кровотока в главных мозговых артериях плода во внутриутробном периоде варьирует от 20 до 40 см/с (16) и используя низкое время выдержки кадров (persistence).

БАЗИСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Качественная оценка

Трансабдоминальное исследование является методом выбора при оценке анатомии ЦНС плода в конце первого, во втором и третьем триместрах беременности в группе женщин низкого риска по развитию пороков ЦНС. Исследование должно включать общий осмотр головы, головного мозга и позвоночника плода.

Два аксиальных сечения позволяют произвести осмотр основных структур мозга плода, на основании которых можно будет сделать вывод о нормальности его анатомии (17). Данные сечения получили название *чрезжелудочковое* и *чрезмозжечковое* сечения. Для проведения биометрии плода часто используется добавочное третье, так называемое *чресталамическое* сечение (рис. 1). В процессе базисного исследования должны быть осмотрены боковые желудочки, мозжечок, большая цистерна и *полость прозрачной перегородки*. Так же при осмотре данных сечений необходимо оценить форму головы плода и текстуру мозга (табл. 1).

Чрезжелудочковое сечение

На данном сечении визуализируются передние и задние рога боковых желудочков. Передняя часть боковых желудочков (передние или фронтальные рога) представляют собой жидкостные структуры, имеющие форму запятой. Латеральная стенка передних рогов хорошо выражена, медиальная стенка граничит с *полостью прозрачной перегородки* (ППП). ППП представляет собой заполненную жидкостью структуру, ограниченную тонкими мембранами. На поздних сроках беременности или в раннем неонатальном периоде эти мембраны обычно смыкаются и образуют *прозрачную перегородку*. ППП начинает визуализироваться около 16 недели беременности и подвергает-

ся облитерации при сроках около 40 недель. При трансабдоминальном сканировании ППП всегда должна визуализироваться в сроках от 18 до 37 нед или при значениях бипариетального размера 44–88 мм (18). Напротив, невозможность визуализации ППП на сроках менее 16 нед или более 37 нед является нормой. Ценность визуализации ППП в процессе диагностики аномалий ЦНС широко дискутируется (17). Однако известно, что данная структура легко визуализируется и ее строение очевидным образом нарушается при многих аномалиях, таких как голопрозэнцефалия, агенезия мозолистого тела, выраженная гидроцефалия и септо-оптическая дисплазия (19).

Начиная с 16 нед беременности задние отделы боковых желудочков (так же называемые задними рогами) в реальности представляют собой комплекс, сформированный преддверием, которое переходит в направленный к затылочной области задний рог. Преддверие характеризуется наличием сосудистого сплетения, которое имеет выраженную экзогенность, тогда как задний рог является жидкостной структурой. Во втором триместре беременности медиальная и латеральная стенки задних рогов бокового желудочка располагаются параллельно по отношению к срединным структурам мозга, что в ходе ультразвукового исследования обеспечивает их хорошую визуализацию в виде двух четких линий. В норме на уровне преддверия сосудистое сплетение занимает практически всю полость бокового желудочка, соприкасаясь с его латеральной и медиальной стенками, однако в некоторых случаях может наблюдаться небольшое количество жидкости между медиальной стенкой желудочка и сосудистым сплетением, что также является вариантом нормы (20–23).

В стандартном чрезжелудочковом сечении обычно четко визуализируется только то полушарие, которое располагается дальше по отношению к ультразвуковому датчику, тогда как визуализация полушария, располагающегося ближе к датчику, может быть затруднена наличием артефактов. Однако наиболее тяжелые нарушения строения мозга являются двусторонними или сопровождаются значительным смещением

или искривлением срединных структур, поэтому была выработана рекомендация, что при базисном ультразвуковом исследовании предполагается проведение оценки симметричности мозговых структур (17).

Чрезмозжечковое сечение

Данное сечение может быть получено смещением датчика несколько ниже чрезжелудочкового сечения с одновременным наклоном кзади, и позволяет визуализировать фронтальные рога боковых желудочков, ППП, таламусы, мозжечок и большую цистерну. Мозжечок представляет собой структуру, по форме напоминающую бабочку, сформированную двумя округлыми полушариями мозжечка, соединенными посередине несколько более экзогенным червем мозжечка. Большая цистерна (или мозжечково-спинномозговая цистерна) представляет собой жидкостное образование, расположенное кзади от мозжечка. Внутри большой цистерны находятся тонкие перегородки, которые определяются в норме, и не должны быть ошибочно приняты за сосудистые структуры или кистозные включения. Во второй половине беременности глубина большой цистерны не изменяется и должна находиться в пределах от 2 до 10 мм (17). На ранних сроках беременности червь мозжечка не полностью покрывает четвертый желудочек, что может создавать ошибочное впечатление о наличии дефекта червя. На более поздних сроках беременности данная находка должна вызвать подозрение о наличии аномалии строения мозжечка, но на сроках беременности до 20 нед такая картина является нормой (24).

Чресталамическое сечение

Третье сечение, получаемое на промежуточном уровне по отношению к двум предыдущим, также часто используется при ультразвуковом исследовании головы плода и обычно называется *чресталамическим сечением* или *бипариетальным сечением*. Анатомическими ориентирами для получения данного сечения при осмотре мозговых структур по направлению спереди назад являются передние рога боковых желудочков, *полость прозрачной перегородки*, тала-

мусы и извилины гиппокампа (25). Хотя данное сечение не добавляет дополнительной диагностической информации по сравнению с оценкой чрезжелудочкового и мозжечкового сечений, оно используется для проведения биометрии головки плода. Было высказано предположение, что особенно на поздних сроках беременности, данное сечение легче выводится и измерения головки при этом более воспроизводимы, чем измерения, полученные в чрезжелудочковом сечении (25).

Позвоночник плода

Детальный осмотр структур позвоночника требует наличия профессионального опыта и тщательности при сканировании, и результаты его в значительной степени будут зависеть от положения плода. Поэтому подробный полный осмотр позвоночника плода во всех проекциях не относится к задачам базисного исследования. Наиболее частый из тяжелых пороков развития позвоночника, открытый тип спинномозговой грыжи (*spina bifida*), как правило, сочетается с нарушением внутричерепной анатомии. Однако, продольное сечение позвоночника плода должно быть получено при каждом исследовании, так как по крайней мере в некоторых случаях оно может позволить выявить другие пороки его развития, включая аномалии позвонков и агенезию крестца. В норме при продольном сечении позвоночника плода, начиная с 14 нед беременности визуализируется три центра оссификации каждого позвонка (один в области тела позвонка, и по одному с каждой стороны в области сочленений между телом и основанием дужек). Данные центры оссификации окружают нервную трубку, и на продольном сечении в зависимости от ориентации датчика имеют вид двух или трех параллельных линий. В дополнении к визуализации центров оссификации необходимо получить изображение кожи плода, покрывающей позвоночник, как в продольном, так и в поперечных сечениях.

Количественная оценка

Необходимой частью ультразвукового исследования головы плода является прове-

дение биометрии. Во втором и третьем триместрах стандартное исследование часто включает в себя измерение бипариетального размера, окружности головы и диаметра преддверия заднего рога бокового желудочка. Некоторые исследователи так же отмечают необходимость измерения поперечного размера мозжечка и глубины большой цистерны.

Бипариетальный размер и окружность головы плода часто используются для установления срока беременности и оценки темпов роста плода, а так же могут служить для выявления некоторых пороков развития мозга. Измерения могут проводиться в чрезжелудочковом или в чресталамическом сечении. Для измерения бипариетального размера применяются различные методики. Наиболее распространенным является способ измерения, при котором крестики курсора устанавливаются на наружные границы костей свода черепа плода (так называемое наружно-наружное измерение) (26). Однако существуют нормативные таблицы, данные которых были получены при внутренне-наружных измерениях, когда оценивается расстояние от наружной границы ближней к датчику кости до внутренней границы противоположной кости, чтобы избежать артефактов, возникающих позади дистальной по отношению к датчику кости свода черепа (25). Два различных способа измерения БПР могут давать разницу в несколько миллиметров, которая будет являться клинически значимой на ранних сроках беременности. В связи с этим необходимо знать, какой способ измерения применялся при составлении той нормативной таблицы, которая затем будет использована при работе на конкретном приборе. Если ультразвуковой аппарат имеет функцию измерения с помощью эллипса, то измерение окружности головы плода может быть получено путем расположения эллипса вдоль нужной поверхности костей свода черепа плода. Другим способом окружность головы плода может быть рассчитана путем измерения бипариетального размера (БПР) и лобнозатылочного размера (ЛЗР) с последующим использованием формулы $ОГ = 1,62 \times (БПР + ЛЗР)$.

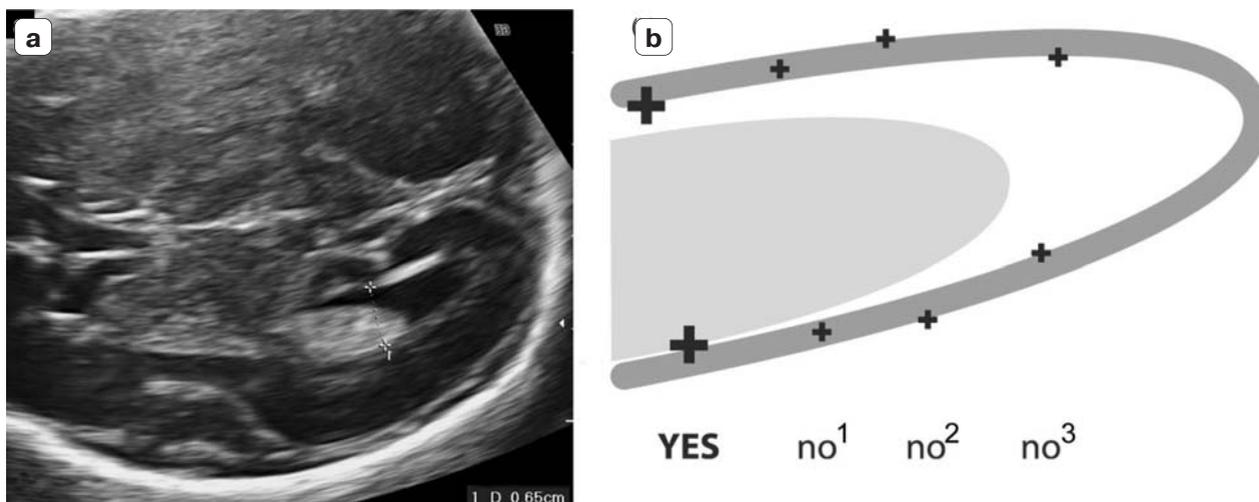


Рис. 2. (а) Измерение преддверия заднего рога бокового желудочка. Крестики курсора установлены на уровне сосудистого сплетения, на внутренние границы эхогенных линий, представляющих собой стенки желудочка; (б) диаграмма, иллюстрирующая правильное расположение курсора для измерения размеров заднего рога бокового желудочка. Перекрестья крестиков курсора установлены касаясь внутренних границ стенок желудочка в его наиболее широкой части и располагаются перпендикулярно длинной оси желудочка (YES – да). Неправильное расположение – перекрестья крестиков курсора установлены на середины эхогенных линий (no¹ – нет¹), на наружные границы стенок желудочка (no² – нет²), а также варианты, когда курсор расположен в заднем отделе полости рога в его более узкой части или ориентирован не перпендикулярно длинной оси желудочка (no³ – нет³).

В норме отношение БПР к ЛЗР, как правило, составляет 75–85%. Однако, не редко, особенно на ранних сроках беременности может отмечаться явление податливости костей головки плода, поэтому для большинства плодов в тазовом предлежании бывает характерна некоторая степень долихоцефалии.

Для оценки анатомии желудочковой системы мозга рекомендуется проводить измерение преддверия заднего рога бокового желудочка, поскольку по данным ряда исследований, было выявлено, что такая методика имеет наибольшую эффективность (22), а наличие вентрикуломегалии является частым маркером аномального развития мозга.

Измерение производится на уровне сосудистого сплетения перпендикулярно длинной оси полости желудочка, при этом крестики курсора устанавливаются на внутренние границы контуров его стенок (рис. 2). Данный размер стабилен на протяжении второго и в начале третьего триместров, составляя в среднем 6–8 мм (20, 22, 27) и считается нормальным, если не превышает

10 мм (27–32). Большинство биометрических исследований по определению нормативных размеров боковых желудочков было выполнено на оборудовании, которое позволяло производить измерения с точностью до миллиметров (33).

Современное оборудование позволяет получать измерения в десятых долях миллиметра, поэтому пока остается неясным, какое значение размера бокового желудочка следует считать верхней границей нормальных значений. Эксперты ISUOG считают, что особенно в середине беременности значение 10,0 мм или выше должно рассматриваться как пограничное и вызывающее подозрение.

Поперечный размер мозжечка увеличивается примерно на 1 мм с каждой неделей беременности в сроках между 14-й и 21-й неделями. Данное измерение в совокупности с измерением окружности головы плода и его бипариетального размера используется для оценки роста плода. Глубина большой цистерны измеряется от червя мозжечка до внутренней поверхности затылочной кости, и в норме ее значения обычно составляют

2–10 мм (34). При наличии долихоцефалии могут встречаться значения большой цистерны, несколько превышающие 10 мм.

НЕЙРОСОНОГРАФИЯ ПЛОДА

Общепризнанным является тот факт, что специализированное нейросонографическое исследование плода имеет значительно больший диагностический потенциал по сравнению с базисным трансабдоминальным ультразвуковым исследованием и бывает особенно эффективно при диагностике сложных сочетанных пороков развития. Однако данный тип исследования требует значительных навыков оператора, что не всегда возможно, и поэтому данный метод пока не используется повсеместно. Специализированная нейросонография плода показана для пациенток группы высокого риска по развитию пороков ЦНС, а также в случаях, когда подозрение на наличие аномалии возникает при проведении базисного ультразвукового исследования.

Основой проведения нейросонографического исследования плода является получение серии срезов в разных плоскостях, используя доступы через швы и роднички головки плода (12, 13). Если плод находится в головном предлежании, то можно применять как трансабдоминальный, так и трансвагинальный доступ. При тазовом предлежании плода используется доступ через дно матки с установкой датчика параллельно плоскости передней брюшной стенки. Вагинальные датчики обладают преимуществами в использовании, поскольку имеют более высокие рабочие частоты по сравнению с абдоминальными, что позволяет рассматривать анатомические детали с большим разрешением. В связи с этим, при тазовом предлежании плода иногда является целесообразным совершить наружный поворот плода на головку для дальнейшего трансвагинального осмотра головного мозга.

Полный осмотр позвоночника является частью нейросонографического исследования и проводится с использованием поперечной (аксиальной), коронарной (фронтальной) и продольной (сагиттальной) плоскостей сканирования.

Нейросонографическое исследование должно включать в себя проведение тех же измерений, которые проводятся в ходе базисного осмотра: бипариетального размера, окружности головки плода, размера задних рогов боковых желудочков. Специализированные измерения могут различаться в зависимости от срока беременности и клинических показаний.

Мозг плода

При проведении трансабдоминального или трансвагинального осмотра необходимо правильное расположение датчика вдоль той или иной плоскости головного мозга, что как правило достигается путем аккуратных манипуляций, оказывающих влияние на положение плода. Для сканирования используется ряд различных плоскостей в зависимости от расположения плода (12). Систематический осмотр головного мозга обычно включает визуализацию четырех сечений в коронарных плоскостях и трех сечений в сагиттальных плоскостях. Ниже приводятся описания различных структур, которые могут быть выявлены в этих плоскостях в конце второго и начале третьего триместров беременности. Кроме осмотра анатомических структур нейросонография плода включает в себя оценку мозговых извилин, вид которых изменяется в течение беременности (35–38).

Коронарные плоскости (рис. 3)

Трансфронтальное сечение или *фронтальное-2 сечение*. Визуализация данного сечения достигается путем сканирования через передний родничок плода и позволяет оценивать срединную межполушарную щель и передние рога боковых желудочков с каждой стороны. Данное сечение располагается рострально по отношению к колену мозолистого тела, что объясняет наличие непрерывности межполушарной щели в данном сечении. Так же в данном срезе визуализируется решетчатая кость и глазницы.

Транскаудальное сечение или *средне-коронарное-1 сечение* (12). Оно проходит на уровне хвостатого ядра, при этом колено или передняя часть тела мозолистого тела

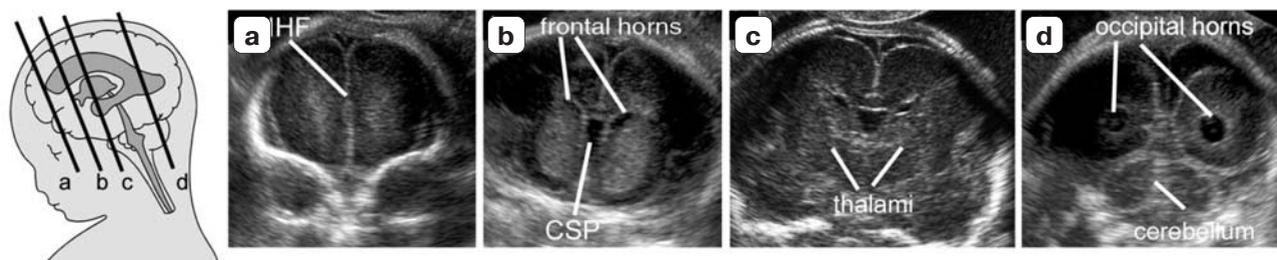


Рис. 3. Коронарные сечения головки плода. (а) трансфронтальное сечение; (б) транскаудальное сечение; (с) трансталамическое сечение; (d) трансмозжечковое сечение. *IHF* – межполушарная щель, *CSP* – полость прозрачной перегородки, *frontal horns* – передние рога, *thalami* – таламусы, *cerebellum* – мозжечок, *occipital horns* – затылочные рога.

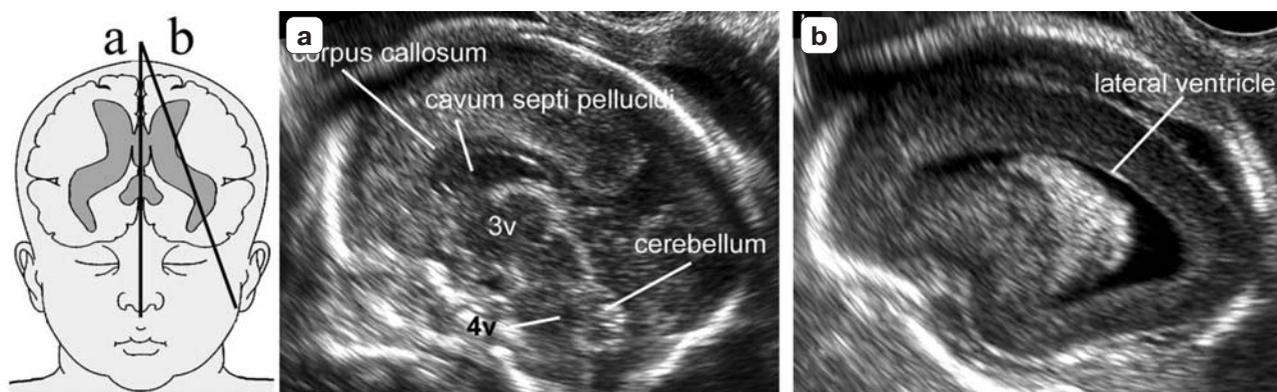


Рис. 4. Сагиттальные сечения головки плода. (а) среднесагиттальное сечение; (в) парасагиттальное сечение. *3v* – третий желудочек; *4v* – четвертый желудочек, *corpus callosum* – мозолистое тело, *cavum septi pellucidum* – полость прозрачной перегородки, *cerebellum* – мозжечок, *lateral ventricle* – боковой желудочек.

прерывает ход межполушарной щели. Поскольку колена мозолистого тела имеет некоторую толщину, то на сечениях в коронарной плоскости оно представляется более экзогенным по сравнению с собственно телом мозолистого тела. *Полость прозрачной перегородки* в этой области имеет вид анэхогенной треугольной структуры, располагающейся под мозолистым телом. Боковые желудочки обнаруживаются с каждой из сторон и окружены корой головного мозга. Более латерально от них отчетливо визуализируются Сильвиевы борозды.

Чресталамический срез или средне-коронарное-2 сечение (12) На нем оба таламуса располагаются близко друг к другу, но в некоторых случаях по средней линии может визуализироваться третий желудочек с межжелудочковым отверстием, и, несколько краниальнее (*средне-коронарное-3 сечение*), с каждой из сторон – преддверия задних рогов боковых желудочков с распо-

ложенными внутри сосудистыми сплетениями. Ближе к основанию черепа по средней линии визуализируется базальная цистерна, содержащая сосуды Виллизиева круга и оптический перекрест.

Чрезмозжечковое сечение или затылочное-1 и 2 сечение. Данное сечение выводится при сканировании через задний родничок и позволяет визуализировать затылочные рога боковых желудочков и межполушарную щель. Оба полушария мозжечка и червь мозжечка так же визуализируются в этом сечении.

Сагиттальные сечения (рис. 4)

Обычно при исследовании выводится три сагиттальных сечения: среднесагиттальное и два парасагиттальных с каждой из сторон.

На *среднесагиттальном* или *срединном сечении* (12) визуализируется мозолистое тело со всеми его компонентами; *полость*

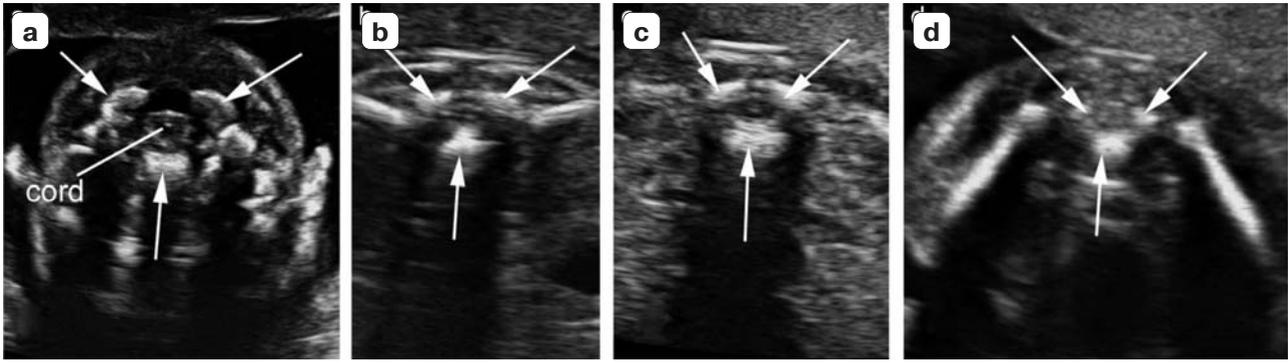


Рис. 5. Поперечное сечение позвоночника плода на разных уровнях: (а) шейный; (в) грудной; (с) поясничный; (d) крестцовый. Стрелки указывают на центры оссификации позвонка. При осмотре необходимо оценивать интактность кожных покровов, покрывающих позвоночник. На рисунках а–с спинной мозг имеет вид гипоэхогенного овоидного образования с гиперэхогенной точкой в центре. Cord – спинной мозг.

прозрачной перегородки, в некоторых случаях полость Верге и полость промежуточного паруса, ствол мозга, мост мозга, червь мозжечка и задняя черепная ямка. Используя цветовое доплеровское картирование, можно визуализировать переднюю мозговую артерию, перикаллозную артерию с ее ветвями и вену Галена.

Парасагитальное или *косое-1 сечение* (12) с каждой из сторон будет отображать полный вертикальный вид бокового желудочка, его сосудистое сплетение, перивентрикулярные ткани и кору мозга.

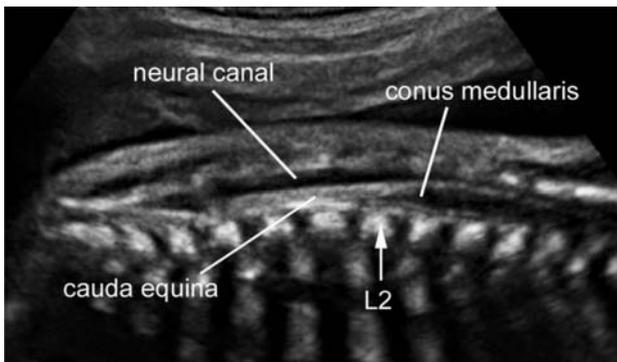


Рис. 6. Сагиттальное сечение позвоночника плода во втором триместре беременности. Используя неоссифицированные остистые отростки в качестве акустического окна, можно визуализировать содержимое спинномозгового канала. Мозговой конус обычно располагается на уровне второго поясничного позвонка (L2). Neural canal – спинномозговой канал, conus medullaris – мозговой конус, cauda equina – конский хвост, L2 – второй поясничный позвонок.

Позвоночник плода

Для изучения анатомии позвоночника плода используется три типа сечений. Выбор сечения будет определяться позицией плода. Обычно в каждом конкретном случае удается получить только два из трех возможных сечений.

При осмотре в *поперечном* или *аксиальном* сечении оценка анатомии позвоночника достигается путем постепенного смещения датчика вдоль всего позвоночного столба, сохраняя при этом поперечную плоскость сканирования (рис. 5). Позвонки имеют различное анатомическое строение в зависимости от уровня их расположения. В грудном и поясничном отделе позвонки будут иметь треугольный вид с центрами оссификации, расположенными вокруг позвоночного канала. Первый шейный позвонок имеет четырехугольный вид, а позвонки в крестцовом отделе отличаются уплощенной формой.

В *сагиттальной плоскости* центры оссификации тел позвонков и их дужек формируют две параллельных линии, которые сходятся в районе крестца. Когда плод находится в переднем виде спинкой кпереди, истинное сагиттальное сечение можно получить, направляя плоскость сканирования через область неоссифицированных остистых отростков. Данный доступ позволяет осмотреть позвоночный канал и спинной мозг, располагающийся внутри него (рис. 6). Во втором и третьем триместрах беременности мозговой конус обычно располагается на уровне L2–L3 (39).

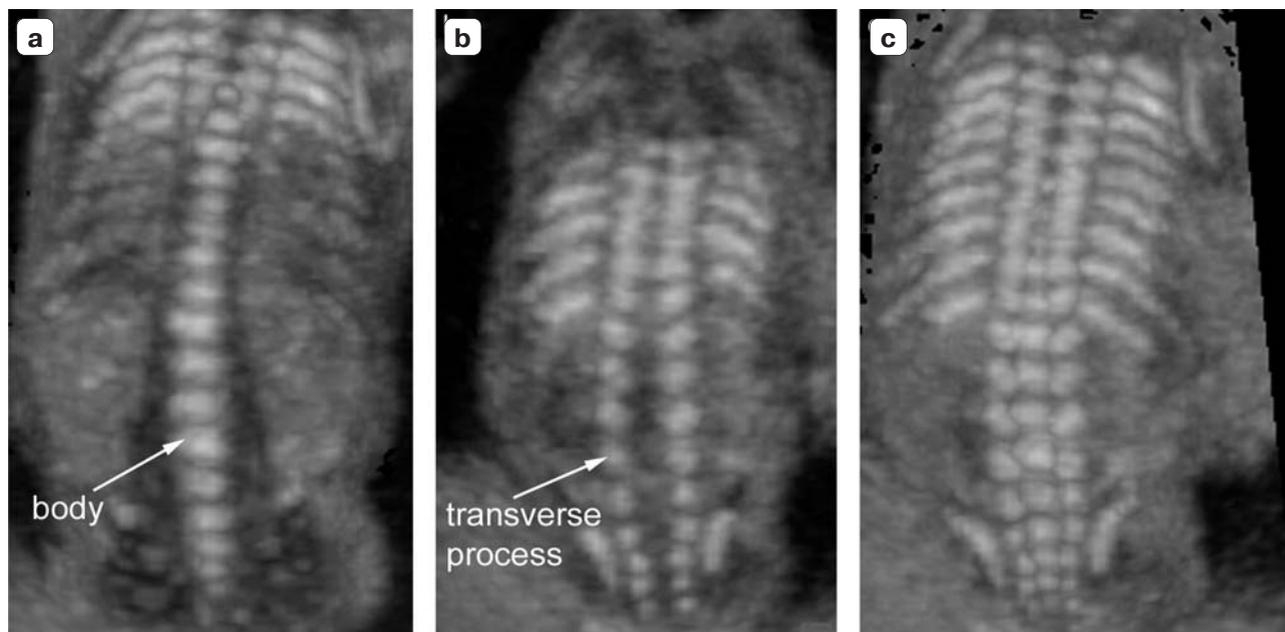


Рис. 7. Коронарное сечение позвоночника плода. Данные изображения были получены при проведении трехмерного ультразвукового исследования, используя один и тот же объем путем изменения угла наклона и толщины ультразвукового среза. (а) тонкий ультразвуковой срез направлен через тела позвонков; (в) тот же ультразвуковой срез смещен чуть кзади для осмотра дужек позвонков; (с) толстый ультразвуковой срез используется для одновременной демонстрации трех центров оссификации. Body – тела позвонков, transverse process – поперечные отростки позвонков.

В *коронарной плоскости* позвоночник визуализируется в виде одной, двух или трех параллельных линий, в зависимости от ориентации датчика (рис. 7).

Заключение о целостности спинномозгового канала основывается на оценке регулярности расположения центров оссификации и наличия мягких тканей, покрывающих позвоночник на всем протяжении.

Если имеется возможность получить истинный сагиттальный срез, визуализация мозгового конуса на обычном уровне будет еще более укреплять вывод в пользу нормального строения спинного мозга.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПЛОДА

Если во втором триместре беременности у плода пациентки из популяции низкого риска удастся провести удовлетворитель-

ную визуализацию нормального черзжелудочкового и черзмозжечкового сечений, измерения головы плода (в частности ее окружности) находятся в пределах нормальных значений для соответствующего срока беременности, а ширина заднего рога бокового желудочка не превышает 10 мм и размер большой цистерны находится в пределах 2–10 мм, то большинство пороков развития ЦНС плода могут быть исключены, риск аномалий становится крайне низким и дополнительных исследований не требуется (17).

Обзор литературы, посвященной чувствительности и специфичности антенатального ультразвукового исследования в диагностике пороков нервной системы плода не являлся задачей данного руководства. В некоторых работах приводятся данные о более чем 80% чувствительности базисного ультразвукового исследования в группе пациенток низкого риска (40, 41). Возможно, эти данные сильно преувеличивают диагностический потенциал ультразвукового исследования. Все серии этих наблюдений

имеют очень короткий период отдаленного катамнеза и фактически включают только анализ дефектов зарощения нервной трубки, чья выявляемость возможно была увеличена так же за счет систематического проведения биохимического скрининга с измерением концентрации альфафетопротеина в сыворотке крови матери. Диагностические ограничения пренатального ультразвукового исследования хорошо известны и имеют под собой ряд оснований (42). Некоторые даже тяжелые пороки развития могут иметь лишь незначительные проявления в ранние сроки беременности (43). Головной мозг продолжает свое развитие во второй половине беременности и неонатальном периоде, что ограничивает возможности по выявлению аномалий пролиферации нервных клеток (микроцефалия (44), опухоли мозга (45), мальформации коры мозга (42)). Также некоторые поражения мозга происходят не в процессе эмбриологического развития, а являются следствием пренатальных или перинатальных нарушений кровообращения (46-48). Даже в руках эксперта выявление некоторых типов пороков развития в пренатальном периоде может быть затруднено или вообще невозможно, причем частота встречаемости таких ситуаций пока остается точно не определена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Myriantopoulos NC. Epidemiology of central nervous system malformations. In: Vinken PJ, Bruyn GW, editors. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier: Amsterdam, 1977; 139-171.
2. Levine D, Barnes PD, Robertson RR, Wong G, Mehta TS. Fast MR imaging of fetal central nervous system abnormalities. *Radiology* 2003; 229: 51-61.
3. Griffiths PD, Paley MN, Widjaja E, Taylor C, Whitby EH. In utero magnetic resonance imaging for brain and spinal abnormalities in fetuses. *BMJ* 2005; 331: 562-565.
4. Malinger 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.
5. Malinger 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.
6. Ghi T, Pilu G, Savelli L, Segata M, Bovicelli L. Sonographic diagnosis of congenital anomalies during the first trimester. *Placenta* 2003; 24 (Suppl B): S84-S87.
7. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE. First trimester anatomy scan: pushing the limits. What can we see now? *Curr Opin Obstet Gynecol* 2003; 15: 131-141.
8. Bronshtein M, Ornoy A. Acrania: anencephaly resulting from secondary degeneration of a closed neural tube: two cases in the same family. *J Clin Ultrasound* 1991; 19: 230-234.
9. Blaas HG, Eik-Nes SH, Vainio T, Isaksen CV. Alobar holoprosencephaly at 9 weeks gestational age visualized by twoand three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 15: 62-65.
10. Blaas HG, Eik-Nes SH, Isaksen CV. The detection of spina bifida before 10 gestational weeks using two- and threedimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 25-29.
11. Johnson SP, Sebire NJ, Snijders RJ, Tunkel S, Nicolaides KH. Ultrasound screening for anencephaly at 10-14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 9: 14-16.
12. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A. Transvaginal fetal neurosonography: standardization of the planes and sections by anatomic landmarks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; 8: 42-47.
13. Malinger G, Katz A, Zakut H. Transvaginal fetal neurosonography. Supratentorial structures. *Isr J Obstet Gynecol* 1993; 4: 1-5.
14. Pilu G, Segata M, Ghi T, Carletti A, Perolo A, Santini D, Bonasoni P, Tani G, Rizzo N. Diagnosis of midline anomalies of the fetal brain with the three-dimensional median view. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 522-529.
15. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE, Mayberry P. Three-dimensional transvaginal neurosonography of the fetal brain: 'navigating' in the volume scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 307-313.
16. van den Wijngaard JA, Groenenberg IA, Wladimiroff JW, Hop WC. Cerebral Doppler ultrasound of the human fetus. *Br J Obstet Gynaecol* 1989; 96: 845-849.
17. Filly RA, Cardoza JD, Goldstein RB, Barkovich AJ. Detection of fetal central nervous system anomalies: a practical level of effort for a routine sonogram. *Radiology* 1989; 172: 403-408.
18. Falco P, Gabrielli S, Visentin A, Perolo A, Pilu G, Bovicelli L. Transabdominal sonography of the cavum septum pellucidum in normal fetuses in the second and third trimesters of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 549-553.
19. Malinger G, Lev D, Kidron D, Heredia F, Hershkovitz R, Lerman-Sagie T. Differential diagnosis in fetuses with absent septum pellucidum. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25: 42-49.
20. Pilu G, Reece EA, Goldstein I, Hobbins JC, Bovicelli L. Sonographic evaluation of the normal developmental anatomy of the fetal cerebral ventricles: II. The atria. *Obstet Gynecol* 1989; 73: 250-256.

21. Cardoza JD, Filly RA, Podrasky AE. The dangling choroid plexus: a sonographic observation of value in excluding ventriculomegaly. *AJR Am J Roentgenol* 1988; 151: 767–770.
22. Cardoza JD, Goldstein RB, Filly RA. Exclusion of fetal ventriculomegaly with a single measurement: the width of the lateral ventricular atrium. *Radiology* 1988; 169: 711–714.
23. Mahony BS, Nyberg DA, Hirsch JH, Petty CN, Hendricks SK, Mack LA. Mild idiopathic lateral cerebral ventricular dilatation in utero: sonographic evaluation. *Radiology* 1988; 169: 715–721.
24. Bromley B, Nadel AS, Pauker S, Estroff JA, Benacerraf BR. Closure of the cerebellar vermis: evaluation with second trimester US. *Radiology* 1994; 193: 761–763.
25. Shepard M, Filly RA. A standardized plane for biparietal diameter measurement. *J Ultrasound Med* 1982; 1: 145–150.
26. Snijders RJ, Nicolaides KH. Fetal biometry at 14–40 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; 4: 34–48.
27. Pilu G, Falco P, Gabrielli S, Perolo A, Sandri F, Bovicelli L. The clinical significance of fetal isolated cerebral borderline ventriculomegaly: report of 31 cases and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999; 14: 320–326.
28. Kelly EN, Allen VM, Seaward G, Windrim R, Ryan G. Mild ventriculomegaly in the fetus, natural history, associated findings and outcome of isolated mild ventriculomegaly: a literature review. *Prenat Diagn* 2001; 21: 697–700.
29. Wax JR, Bookman L, Cartin A, Pinette MG, Blackstone J. Mild fetal cerebral ventriculomegaly: diagnosis, clinical associations, and outcomes. *Obstet Gynecol Surv* 2003; 58: 407–414.
30. Laskin MD, Kingdom J, Toi A, Chitayat D, Ohlsson A. Perinatal and neurodevelopmental outcome with isolated fetal ventriculomegaly: a systematic review. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2005; 18: 289–298.
31. Achiron R, Schimmel M, Achiron A, Mashiach S. Fetal mild idiopathic lateral ventriculomegaly: is there a correlation with fetal trisomy? *Ultrasound Obstet Gynecol* 1993; 3: 89–92.
32. Gaglioti P, Danelon D, Bontempo S, Mombro M, Cardaropoli S, Todros T. Fetal cerebral ventriculomegaly: outcome in 176 cases. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25: 372–377. Copyright© 2007 ISUOG. Published by John Wiley & Sons, Ltd. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; 29: 109–116. 116 Guidelines
33. Heiserman J, Filly RA, Goldstein RB. Effect of measurement errors on sonographic evaluation of ventriculomegaly. *J Ultrasound Med* 1991; 10: 121–124.
34. Mahony BS, Callen PW, Filly RA, Hoddick WK. The fetal cisterna magna. *Radiology* 1984; 153: 773–776.
35. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE. Development of fetal gyri, sulci and fissures: a transvaginal sonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; 9: 222–228.
36. Toi A, Lister WS, Fong KW. How early are fetal cerebral sulci visible at prenatal ultrasound and what is the normal pattern of early fetal sulcal development? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 24: 706–715.
37. Droulle P, Gaillet J, Schweitzer M. [Maturation of the fetal brain. Echoanatomy: normal development, limits and value of pathology]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 1984; 13: 228–236.
38. Cohen-Sacher B, Lerman-Sagie T, Lev D, Malinger G. Sonographic developmental milestones of the fetal cerebral cortex: a longitudinal study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 494–502.
39. Robbin ML, Filly RA, Goldstein RB. The normal location of the fetal conus medullaris. *J Ultrasound Med* 1994; 13: 541–546.
40. Crane JP, LeFevre ML, Winborn RC, Evans JK, Ewigman BG, Bain RP, Frigoletto FD, McNellis D. A randomized trial of prenatal ultrasonographic screening: impact on the detection, management, and outcome of anomalous fetuses. The RADIUS Study Group. *Am J Obstet Gynecol* 1994; 171: 392–399.
41. Ewigman BG, Crane JP, Frigoletto FD, LeFevre ML, Bain RP, McNellis D. Effect of prenatal ultrasound screening on perinatal outcome. RADIUS Study Group. *N Engl J Med* 1993; 329: 821–827.
42. Malinger G, Lerman-Sagie T, Watemberg N, Rotmensch S, Lev D, Glezerman M. A normal second-trimester ultrasound does not exclude intracranial structural pathology. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; 20: 51–56.
43. Bennett GL, Bromley B, Benacerraf BR. Agenesis of the corpus callosum: prenatal detection usually is not possible before 22 weeks of gestation. *Radiology* 1996; 199: 447–450.
44. Bromley B, Benacerraf BR. Difficulties in the prenatal diagnosis of microcephaly. *J Ultrasound Med* 1995; 14: 303–306.
45. Schlembach D, Bornemann A, Rupprecht T, Beinder E. Fetal intracranial tumors detected by ultrasound: a report of two cases and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999; 14: 407–418.
46. Simonazzi G, Segata M, Ghi T, Sandri F, Ancora G, Bernardi B, Tani G, Rizzo N, Santini D, Bonasoni P, Pilu G. Accurate neurosonographic prediction of brain injury in the surviving fetus after the death of a monozygotic twin. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 27: 517–521.
47. Ghi T, Simonazzi G, Perolo A, Savelli L, Sandri F, Bernardi B, Santini D, Bovicelli L, Pilu G. Outcome of antenatally diagnosed intracranial hemorrhage: case series and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 121–130.
48. Ghi T, Brondelli L, Simonazzi G, Valeri B, Santini D, Sandri F, Ancora G, Pilu G. Sonographic demonstration of brain injury in fetuses with severe red blood cell alloimmunization undergoing intrauterine transfusions. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 23: 428–431.

ACKNOWLEDGMENTS

These guidelines were developed under the auspices of the ISUOG Education Committee. Chair, Dario Paladini, University of Naples, Italy

Appreciation is particularly extended to specialty consultants who contributed to this project:

Gustavo Malinger, MD

Fetal Neurology Clinic, Department of Obstetrics and Gynecology, Wolfson Medical Center, Tel-Aviv University, Israel

Ana Monteagudo, MD

Department of Obstetrics and Gynecology, New York University School of Medicine, New York, USA

Gianluigi Pilu, MD

Department of Obstetrics and Gynecology, University of Bologna, Italy

Ilan Timor-Tritsch, MD

Department of Obstetrics and Gynecology, New York University School of Medicine, New York, USA

Ants Toi, MD

Department of Medical Imaging, Mount Sinai Hospital, University of Toronto, Canada

Copies of this document will be available at:

<http://www.isuog.org>

ISUOG Secretariat

Unit 4, Blythe Mews

Blythe Road

London W14 0HW, UK

e-mail: info@isuog.org

Translation into Russian: **Dr. Ekaterina Nekrasova**

Review of the Russian translation: **Dr. Eugenia Fedorova**

Автор перевода на русский язык: **Екатерина Некрасова**

Редактор перевода на русский язык: **Евгения Федорова**