

# ЛУЧЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО

под редакцией  
Т. Н. Трофимовой

С.-Петербург  
2011



616-053  
Л 870

БИБЛИОТЕКА ЖУРНАЛА «ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ»

# ЛУЧЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО

под редакцией  
Т. Н. Трофимовой

Sam DTI  
axborot-resurs markazi  
315 922

Балтийский  
Медицинский  
Образовательный  
Центр

Санкт-Петербург  
2011



ББК 53.6

**Лучевые исследования головного мозга плода и новорожденного /**  
под ред. Т. Н. Трофимовой. — СПб.: Балтийский медицинский образо-  
вательный центр, 2011. — 200 с.: ил.

**Авторский коллектив:** Т. Н. Трофимова, А. С. Иова, Д. В. Воронин,  
Ю. В. Назинкина, И. В. Румянцева, А. Д. Халиков.

**Рецензенты:**

*Э. К. Айламазян* — директор НИИ АГ им. Д. О. Отта РАМН, заслу-  
женный деятель наук, заслуженный врач РФ, академик РАМН, д. м. н.,  
профессор;

*А. Ю. Васильев* — заведующий кафедрой лучевой диагностики и тера-  
пии Московского медицинского стоматологического института,  
чл.-корр. РАМН, з. д. м. РФ, д. м. н., профессор.

**ISBN 978-5-905128-03-5**

В монографии обобщен опыт ультразвукового и магнитно-резонансного об-  
следования головного мозга плода и новорожденного. Подробно освещены сов-  
ременные представления о возможностях, ограничениях, методических подхо-  
дах при получении изображений головного мозга в один из наиболее критиче-  
ских периодов жизни человека. Сопоставлены результаты применения различ-  
ных лучевых технологий, не связанных с ионизирующим излучением. Подроб-  
но рассмотрены вопросы лучевой анатомии в зависимости от этапов формиро-  
вания головного мозга. Книга рассчитана на лучевых диагностов, неврологов,  
нейрохирургов, неонатологов, специалистов, работающих в медико-генетиче-  
ских консультациях и центрах планирования семьи, акушеров-гинекологов.

Лучевые исследования выполнены в клиниках Российско-финского медицин-  
ского холдинга «АВА-Петер-Скандинавия», СПбГУЗ «Диагностическом центре  
(медико-генетическом)», СПбГУЗ «КДЦД» на МР-томографах и УЗ-сканерах  
фирмы «GE».

© Коллектив авторов, 2011 г.

© Компьютерное 3D-моделирование Воронин Д.В., 2011 г.

© Балтийский медицинский образовательный центр, 2011 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступление. Стратегии лучевой диагностики в перинатологии .....	5
<b>ГЛАВА 1. Ультразвуковое исследование центральной нервной системы плода .....</b>	<b>17</b>
Введение .....	17
Ультразвуковое диагностическое оборудование для исследования ЦНС плода. Выбор, оптимизация изображения и практическое использование ( <i>совместно с К. П. Карповым</i> ) .....	18
Основы методики ультразвукового исследования ЦНС плода .....	25
Нормальная эхографическая анатомия ЦНС плода во второй половине беременности .....	27
Нормальная эхографическая анатомия ЦНС плода в ранние сроки беременности .....	60
Основные варианты эхографической картины ЦНС плода, имитирующие ее патологическое развитие .....	67
Фетометрическая оценка состояния ЦНС плода .....	73
Литература .....	82
<b>ГЛАВА 2. Магнитно-резонансная томография головного мозга плода .....</b>	<b>85</b>
Введение .....	85
Показания и противопоказания к проведению МРТ плода .....	86
Методика исследования .....	88
Артефакты изображения, появляющиеся при МРТ плода, и способы их устранения ( <i>совместно с А. О. Казначеевой</i> ) .....	95
МР-анатомия головного мозга плода .....	100
Фетометрия головного мозга плода .....	105
Литература .....	112
<b>ГЛАВА 3. Нейросонография новорожденного (<i>совместно с И. А. Крюковой</i>) ..</b>	<b>114</b>
Введение .....	114



Методики ультразвукового исследования головного мозга в неонатологии .....	115
Ультразвуковая анатомия головного мозга новорожденного .....	119
Особенности ультразвуковой анатомии головного мозга недоношенного новорожденного .....	135
Литература .....	146
<b>Глава 4. Магнитно-резонансная томография головного мозга                   новорожденного .....</b>	<b>148</b>
Введение .....	148
Методика МРТ головного мозга новорожденного .....	148
Анатомо-физиологические особенности головного мозга новорожденного .....	149
Литература .....	162
<b>Глава 5. Рентгеновские методы исследования черепа                   и головного мозга новорожденного .....</b>	<b>163</b>
Введение .....	163
Методика краниографии .....	165
Рентгеноанатомия черепа новорожденного .....	166
Методика рентгеновской компьютерной томографии .....	171
КТ-анатомия головного мозга новорожденного .....	172
Литература .....	176
<b>Глава 6. Ультразвуковая визуализация брахиоцефальных                   артерий у детей .....</b>	<b>177</b>
Введение .....	177
Показания и противопоказания к проведению УЗИ магистральных артерий головы у новорожденных .....	178
Методика ультразвукового триплексного сканирования .....	180
Нормальная анатомия брахиоцефальных артерий в ультразвуковом изображении .....	186
Нормальная анатомия артерий виллизиева круга в ультразвуковом изображении .....	189
Литература .....	193
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>195</b>

## ВСТУПЛЕНИЕ

# СТРАТЕГИИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ В ПЕРИНАТОЛОГИИ

Тендерные проблемы сегодня находятся в фокусе внимания политиков, исполнительной власти, общественности. Мода на эту проблематику, увы, закономерна и обусловлена тяжелой ситуацией, сложившейся в стране, — численность населения и продолжительность жизни сокращаются, рождаемость до последнего времени снижалась, младенческая смертность превосходит европейский уровень. Значительные коллективные усилия (финансовые, законодательные, административные), предпринятые в последние годы, позволяют надеяться на появление позитивных тенденций, но ситуация далека от благополучной. Лучше всего об этом свидетельствуют данные статистики, нашедшие отражение в письме Минздравсоцразвития «О младенческой смертности в РФ в 2001–2006 гг.» № 1065-ВС от 14.02.2007 г. (табл. 1).

В том же письме анализируются показатели младенческой смертности, среди которых доминируют состояния, возникшие в перинатальном периоде, и врожденные аномалии, обуславливая летальность в 76% случаев (табл. 2).

Сказанное объясняет необходимость своевременной и адекватной диагностики и лечения беременных и новорожденных. Поражения ЦНС плода и новорожденного занимают особое место, что обусловлено их значимостью для общества, семьи и конкретного человека.

К наиболее частым формам структурных внутричерепных изменений у новорожденных и младенцев относят:

- Гипоксически-ишемические повреждения.
- Внутримозговые и внутрижелудочковые кровоизлияния.



Таблица 1

**Динамика младенческой смертности в РФ  
(на 1000 родившихся живыми)**

Регионы	2001	2002	2003	2004	2005	2001–2005 снижение, %
Российская Федерация	14,6	13,3	12,4	11,6	11,0	25
Центральный ФО	13,6	12,4	11,6	10,5	10,0	26
Северо-Западный ФО	12,8	11,0	10,4	9,4	9,4	27
Южный ФО	15,7	14,3	12,4	13,0	12,2	22
Приволжский ФО	13,6	12,6	12,2	11,0	10,5	23
Уральский ФО	13,5	12,4	11,7	11,1	10,0	35
Сибирский ФО	17,1	15,6	13,9	12,9	12,3	28
Дальневосточный ФО	18,1	15,5	15,9	14,4	13,5	25

- Оболочечные гематомы и гигромы.
- Арахноидальные кисты.
- Гидроцефалия.
- Врожденные опухоли.
- Пороки развития.

Таблица 2

**Показатели младенческой смертности по причинам смерти  
в Российской Федерации в 2005 г.**

Причина смерти	Городские и сельские поселения
Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде	49,1
Врожденные аномалии (пороки)	26,9
Внешние причины	7,6
Болезни органов дыхания	8,3
Инфекционные и паразитарные болезни	5,0
Болезни органов пищеварения	0,7

Несмотря на то что пороки развития ЦНС не являются ведущей причиной младенческой смертности (табл. 3), они занимают важное место среди структурных внутричерепных изменений у новорожденных и младенцев (табл. 4).

Таблица 3

**Структура младенческой смертности от врожденных аномалий развития в Российской Федерации в 2005 г. (на 10 000 родившихся живыми)\***

Аномалии развития	Количество случаев, %
Врожденные пороки сердца и сердечно-сосудистой системы	12,2
Пороки развития центральной нервной системы, гидроцефалия	3,5
Пороки развития органов пищеварения	2,0
Пороки развития органов дыхания	0,8
Синдром Дауна	1,1
Другие врожденные аномалии	6,5

\* Письмо Минздравсоцразвития «О младенческой смертности в РФ в 2001–2006 гг.» 1065-ВС от 14.02.2007 г.

Таблица 4

**Основные причины структурных внутричерепных изменений**

Причина внутричерепных изменений	Количество случаев, %
Перинатальная церебральная гипоксия-ишемия	47
Аномалии и дисплазии мозга (в том числе хромосомной этиологии)	28
ТОРСН-инфекции	19
Родовая травма	4
Наследственные болезни обмена	2

Примечательно, что родовая травма играет гораздо меньшую роль, чем предполагалось ранее, а наиболее значимые причины берут начало еще во внутриутробном периоде.

Таким образом, 5% новорожденных имеют врожденные и наследственные заболевания, а 30–40% младенческой смертности обусловлены наследственными и врожденными дефектами. Высокая потребность в информативных диагностических методах и важность первичной профилактики объясняют неугасающий интерес к технологиям, обеспечивающим диагностику как на скрининговом, так и на экспертном уровнях, начиная еще с внутриутробного периода. Значимость молекулярно-генетической диагностики в этом разделе сложно переоценить, но, когда речь идет об оценке структурных изменений, на первое место вы-



ходят лучевые методы. Чем же они привлекательны? Возможностью выявить морфоструктурные изменения, оценить состояние сосудов, провести функциональные исследования. Более того, их применение позволяет ответить на следующие вопросы, закономерно интересующие клинициста:

- имеется или отсутствует патология;
- характер патологического процесса;
- этиология;
- функция органа;
- наличие осложнений;
- эффективность проводимого лечения.

Сегодня достаточно жестко сформулированы требования, предъявляемые к методу скрининга, которым УЗИ удовлетворяет полностью: безопасный, быстрый, не обременительный для пациента, доступный, точный, предсказуемый. Это положение было закреплено приказом МЗ РФ «О совершенствовании пренатальной диагностики врожденных и наследственных заболеваний у детей» № 457 от 28.12.2002 г., регламентирующего организацию пренатального обследования беременных с целью выявления врожденной и наследственной патологии у плода:

1-й уровень — массовое обследование беременных (УЗИ + биохимические лабораторные исследования).

2-й уровень — мероприятия по диагностике конкретных форм поражения плода, оценке тяжести, прогнозу, решение вопроса о прерывании беременности.

Таким образом, сегодня мы говорим о скрининг-программе. Критерии эффективности и соответствия подобного концептуального подхода были сформулированы, одобрены и рекомендованы ВОЗ еще в 1968 году (Wilson J., Junger G.):

— заболевание или патологическое состояние, выявление которого представляет собой цель скрининга, должно быть важной медицинской проблемой;

— должна быть исследована эпидемиология данного заболевания, определено существование различимого риск-фактора, маркера заболевания, латентного периода или периода ранней симптоматики;

— оценка критерия «эффективность-стоимость»;

— требования, предъявляемые к скрининг-тесту: простота, безвредность, точность и валидность;

— приемлемость теста для популяции;



— наличие общепринятого алгоритма дальнейшего обследования лиц с положительным результатом теста и возможности выбора для них;

— скрининг-программа не должна ограничиваться проведением скрининг-теста и выявлением лиц с высоким риском заболевания, необходимо включение в эту программу дальнейших диагностических манипуляций, направленных на подтверждение первичного диагноза (либо его опровержение), а также лечебных мероприятий. Рутинный пренатальный УЗИ-скрининг внедрен в развитых странах практически повсеместно, но периодичность варьирует. Так, в США скринирование проводится одноэтапно в 18 недель, в скандинавских странах и Германии выполняется двухэтапный скрининг — 12–14 нед и 22–23 нед. Россия ориентирована на трехэтапность. Современная формулировка задач и сроков скринингового УЗИ в нашей стране следующая:

*11–14 нед:*

— установление срока и характера течения беременности, формирование группы риска по врожденным и наследственным заболеваниям;

*20–22 нед:*

— УЗИ-выявление пороков развития и эхографических маркеров хромосомных болезней;

— ДГ маточно-плацентарно-плодного кровотока — формирование группы риска по развитию гестоза, задержки развития плода и плацентарной недостаточности в III триместре;

*32–34 нед:*

— выявление пороков развития, определение темпов роста плода, оценка состояния плода.

Систематическое внедрение такого подхода приводит к весьма обнадеживающим результатам. Так, позитивна статистика Санкт-Петербургского медико-генетического центра, отражающая динамику выявления врожденных пороков развития по Санкт-Петербургу по данным ультразвукового пренатального скрининга (рис. 1, 2). Цифры радуют, а дети с врожденными пороками развития рождаются. Это связано с рядом факторов, в том числе и объективных. Как и у любого другого метода, возможности УЗИ в пренатологии не безграничны. Ожирение женщины, мало- или многоводие, оссификация костей черепа плода, неудачное положение плода, рубцовые изменения кожного покрова живота

---

\* Приказ № 808н от 2 октября 2009 г. «Об утверждении порядка оказания акушерско-гинекологической помощи».



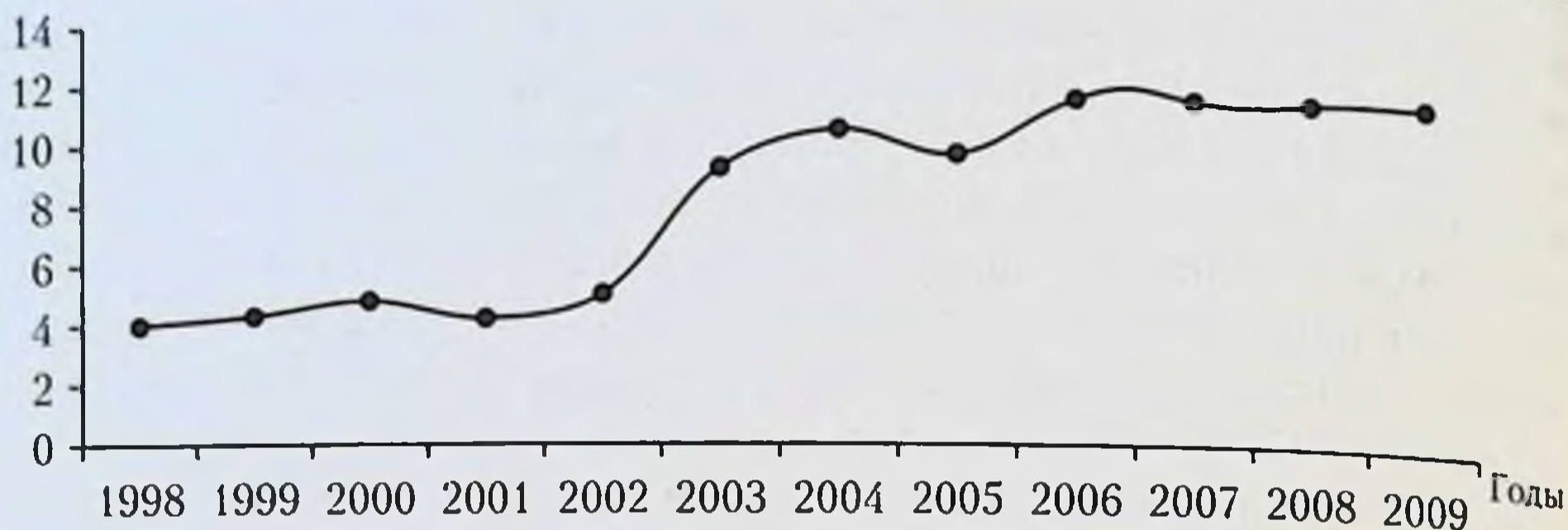


Рис. 1. Динамика выявления врожденных пороков развития по Санкт-Петербургу (%).

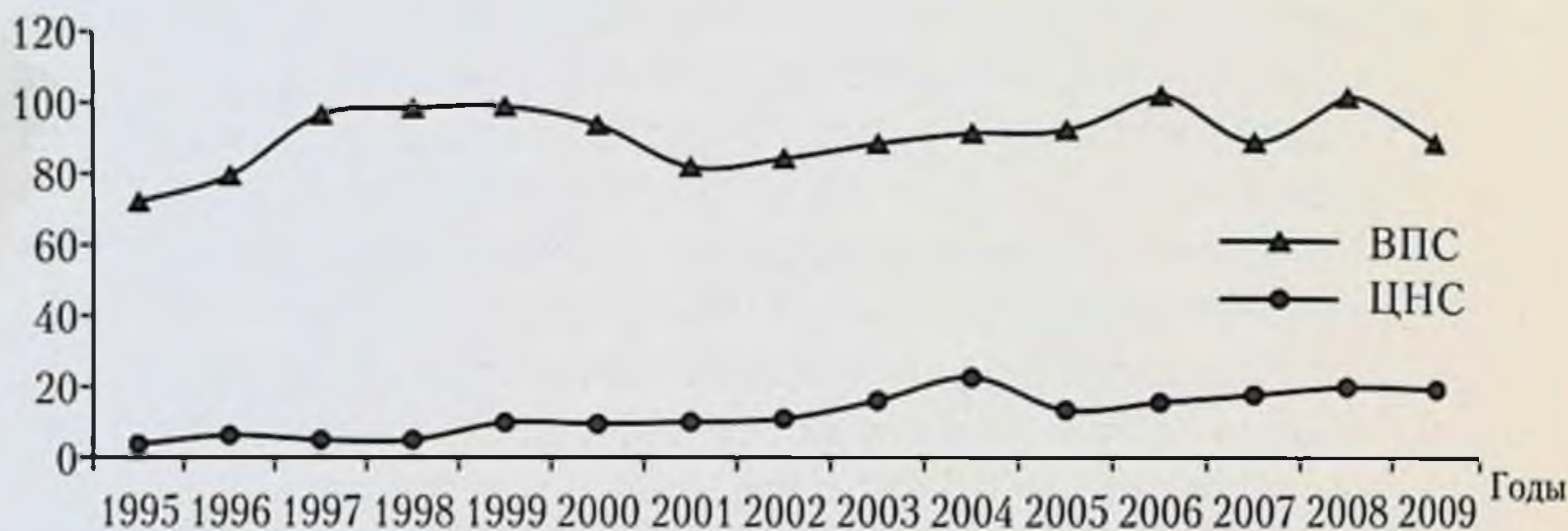


Рис. 2. Динамика выявления изолированных врожденных пороков сердца и ЦНС (%) в ходе ультразвукового пренатального скрининга в 2001–2009 гг.

создают серьезные трудности. Нельзя игнорировать и жесткие требования, предъявляемые к квалификации специалиста. Этот вид деятельности требует высокой квалификации в специфичном и достаточно узком разделе медицины, а само УЗИ плода требует адекватной аппаратуры и методик, предусматривающих применение динамического, статического, полипозиционного режимов, а также режима использования максимально возможного количества точек сканирования.

Итак, УЗИ, несомненно, высокоэффективная перспективная технология, но в ряде случаев требуется дополнение в виде еще одного экспертного метода. Применительно к перинатологии большой интерес вызывает магнитно-резонансная томография (МРТ), удачно сочетающая высокую естественную контрастность, безвредность, возможность



получения изображений в различных плоскостях, выполнения бесконтрастной ангиографии, изучения диффузии и перфузии тканей, а также метаболизма. Отрицательные стороны МРТ также хорошо известны — дороговизна, высокая чувствительность к динамической нерезкости, высокие требования к материалам, помещаемым в рабочую зону томографа, низкая скорость исследования, клаустрофобия. К счастью, последнее встречается у беременных достаточно редко. Этот феномен еще требует своего объяснения. Технические возможности аппаратуры расширяются, количество высокопольных томографов увеличивается, а их стоимость постепенно снижается, что делает МРТ более доступной для населения. Несомненным плюсом МРТ следует признать лучшую визуализацию головного мозга по сравнению с УЗИ. Установлено, что если возможности в визуализации вентрикуломегалии у этих технологий примерно одинаковые, то при перивентрикулярной лейкоэнцефаломалии преимущества МРТ очевидны.

Сегодня МРТ является наиболее достоверным способом визуализации структур головного мозга плода. МРТ в антенатальном периоде позволяет оценить нейроанатомию, процессы развития и созревания головного мозга плода. МРТ-биометрия основных размеров головного мозга, в том числе желудочковой системы, плода превосходит по точности УЗИ. Удастся более точно оценить размеры перицеребрального пространства. Протокол стандартной МРТ плода предусматривает получение T2-ВИ в трех плоскостях, T1-ВИ в двух или трех плоскостях и обязательно DWI. Дополнительно могут быть использованы FLAIR-ИП, МР-спектроскопия, получены диффузионно-тензорные изображения. Показания к проведению МРТ плода:

- подтверждение, опровержение, уточнение данных УЗИ;
- беременность с высоким риском поражения плода;
- планирование родов и оперативных вмешательств;
- сложности в проведении УЗИ.

Противопоказания к проведению МРТ плода достаточно очевидны: наличие кардиостимулятора, клаустрофобия, клипированные аневризмы, наличие в организме женщины металлических конструкций и инородных тел и т. д. Отдельно рассматриваются ограничения к проведению МРТ у беременных:

- срок беременности менее 20 нед (малый абсолютный размер плода и его большая подвижность);
- отсутствие адекватного программного обеспечения.



В неонатологии изучение головного мозга, его ликворных пространств, сосудов, а также костей черепа обеспечивают практически все методы нейровизуализации, а именно краниография, нейросонография, КТ, МРТ и ПЭТ. Роль и место каждого из этих методов лучевого исследования постоянно менялись на протяжении последних десятилетий.

Рентгенография черепа новорожденного исторически явилась первым методом лучевого исследования головы ребенка. В середине прошлого века эта технология была призвана обеспечить не только выявление заболеваний и повреждений костей черепа, но также оценку уровня внутричерепного давления и состояния ликворной системы головного мозга по комплексу косвенных признаков (ширине и форме швов, толщине и внутреннему рельефу костей). Решение подобных задач требовало высочайшей квалификации врача-рентгенолога и потому осталось уделом отдельных представителей школы классической рентгенологии. В современной неонатологии роль краниографии значительно сократилась. Рентгенографию черепа новорожденным выполняют при следующих клинических показаниях:

- подозрение на родовую травму;
- деформации черепа;
- значительные изменения экстракраниальных мягких тканей.

Ведущую роль в обследовании головного мозга новорожденного и младенца играет УЗИ. Оно выполняется при следующих состояниях:

- недоношенность (менее 30 нед гестации);
- родовая травма;
- асфиксия;
- неврологические нарушения;
- заболевания легких;
- анемия;
- сепсис.

В связи с тем, что УЗИ головы новорожденного практически безвредно и на фоне совершенствования диагностической аппаратуры и накопления коллективных знаний об ультразвуковой норме и патологии головного мозга становится все более информативным, появляется стремление сделать этот метод скрининговым. Необходимость скрининг-диагностики структурных внутричерепных изменений у новорожденных не вызывает сомнений в связи с высокой частотой и опасностью скрыто протекающих заболеваний головного мозга у новорожденных (табл. 5). Более того, 25% недоношенных (менее 30 нед) имеют значи-

Таблица 5

**Характер патологических изменений у новорожденных  
и младенцев и сроки их выявления**

Вид патологии	Абс. число	Возраст		
		<1 мес	1–12 мес	1–5 лет
Внутричерепные кисты	35	4	17	14
ВЖК и их последствия	14	3	11	—
Травматические интранатальные внут- ричерепные гематомы	10	5	5	—
Хронические субдуральные скопления	10	—	10	—
Гидроцефалия неясного генеза	7	—	7	—
Пороки развития	6	5	—	1
Опухоли	6	—	5	1
Изменения в медиобазальных отделах височных долей	5	—	2	3
Постинфарктные изменения	2	—	2	—
Аневризма вены Галена	1	—	1	—
<b>Всего</b>	<b>96</b>	<b>17</b>	<b>60</b>	<b>19</b>

тельные внутричерепные изменения, а клинические проявления не могут быть «надежным» критерием отбора пациентов для проведения нейросонографии (табл. 6).

К сожалению, до сих пор нейросонографический скрининг носит селективный характер. С нашей точки зрения, это неправильный подход — слишком высока плата за позднюю диагностику. УЗИ-скрининг недоношенных откровенно запаздывает: исследование принято выполнять на 7–14-е сутки, тогда как критический период развития внутрижелудочкового кровоизлияния приходится на первые 3–4 сут. Выходом из указанной ситуации является сплошной нейроскрининг (проведение нейросонографии всем новорожденным), а оптимальной визуализационной технологией — транскраниально-чрезродничковая методика, сочетающая преимущества чрезродничковой и транскраниальной нейросонографии. Так, например, известно, что чем меньше размеры большого родничка, тем меньше объем визуализируемого внутричерепного пространства и больше размеры «немых» зон. Этот недостаток легко устраняется при транскраниальном УЗИ головного мозга. Для оценки отдаленного периода целесообразно проводить обследо-



Таблица 6

**Начальные признаки клинической декомпенсации структурных  
внутричерепных изменений**

Клинические проявления	Количество пациентов	
	абс. число	%
Синдром гипервозбудимости и нарушения сна	28	29
Гипертензионно-гидроцефальный синдром	21	21,9
Синдром двигательных нарушений	21	21,9
Синдром срыгиваний и рвот	16	16,7
Задержка психомоторного и/или речевого развития	14	14,6
Судорожный синдром	12	12,5

ние на 6-й неделе (перивентрикулярная лейкоэнцефаломалиция, чувствительность 53%).

Оптимизация скрининг-диагностики изменений головного мозга новорожденного должна быть основана на гармоничном сочетании клинического и лучевого подходов. При этом необходимо использовать оптимальную визуализационную технологию, применяемую с методической точки зрения корректно (табл. 7).

Современные диагностические технологии — МРТ и КТ головного мозга — превосходят нейросонографию по полноте структурного анализа вещества мозга, но либо более длительны по времени исследования (МРТ), что повышает требования к неподвижности ребенка, либо сопровождаются ионизирующим излучением (КТ). Оба обстоятельства сдерживают широкое применение этих методов нейровизуализации, отодвигая их на место уточняющих/экспертных исследований, или исследований, выполняемых после нейросонографии, либо требуют иных, более строгих показаний:

- серьезный неврологический дефицит;
- эпилепсии;
- изменения головного мозга, выявленные пренатально;
- структурные изменения вещества мозга, выявленные при нейросонографии новорожденного.

Методика МРТ-исследования головного мозга новорожденного по сравнению с пренатальным периодом имеет иные акценты. Это обусловлено анатомо-физиологическими особенностями головного мозга новорожденного. Наиболее значимыми оказываются Т1-ВИ, ДВИ, SPGR



Таблица 7

**Оптимизация скрининг-диагностики головного  
мозга новорожденного и младенца**

Основы	Современная модель	Инновационная модель
Скрининг-тест	Чрезродничковая нейросонография	Клинико-сонографический (основа — транскраниально-чрезродничковая ультрасонография)
Аппаратное обеспечение	Крупногабаритные ультразвуковые аппараты среднего класса с одним датчиком	Переносные ультразвуковые аппараты экспертного класса с полным набором датчиков
Скрининг-программа	Нестандартизированная с однократным, выборочным скрининг-тестом (до 5-го дня жизни, отбор по клиническим проявлениям)	Трехэтапная стандартизированная программа сплошного клинико-интраскопического нейроскрининга
Способ практической реализации	Стационарное рабочее место (принцип «1 роддом — 1 врач — 1 аппарат»)	Мобильное рабочее место (принцип «1 врач — 1 аппарат — несколько роддомов»)

ИП, и лишь после этого прибегают к FLAIR-ИП и T2-ВИ. Целесообразно использование высокопольного или даже сверхвысокопольного МР-томографа. Кормление новорожденного перед исследованием обеспечивает крепкий сон, позволяет избежать анестезиологического пособия. Крайне важным является применение для проведения МРТ новорожденным и грудным детям магнитосовместимой диагностической инкубаторной системы, обеспечивающей высокое качество изображений (специальная катушка) и возможность выполнения МР-спектроскопии. Большое значение имеют стабильные параметры окружающей среды с бактерицидным увлажнением, качественный мониторинг состояния ребенка, безопасная транспортировка недоношенных (амортизаторы, UPS), безопасное проведение МРТ.

Определение места и возможностей каждого метода нейровизуализации позволяет клиницисту и лучевому диагносту оптимально планировать лучевое исследование головы новорожденного в зависимости от конкретной клинической ситуации. Показания к применению этих технологий у новорожденных и детей первого года жизни в настоящее время следующие:



- очаговая неврологическая симптоматика (особенно в случаях стойкого или прогрессирующего характера);
- нарастание внутричерепной гипертензии;
- наличие резистентных к лечению генерализованных и парциальных судорог;
- уточнение причины структурных изменений, выявленных при УЗИ (исключение оболочечного и внутримозгового кровоизлияния);
- несоответствие тяжести клинического состояния данным УЗИ.

Еще одним направлением применения визуализационных технологий в перинатологии является виртуальная аутопсия, к которой приходится прибегать в ряде случаев, обычно из-за религиозных убеждений родителей. При этом целесообразно применение не только УЗИ и МРТ, но и мультиспиральной компьютерной томографии.

Таким образом, актуальные направления применения лучевых методов в перинатальной диагностике связаны со скринингом, верификацией данных, полученных при скрининге, с уточнением характера и объема патологии, принятием решения о проведении оперативного вмешательства и его виртуальным планированием. Эффективное применение визуализационных технологий требует неукоснительного соблюдения единого плана обследования, единой схемы, четкого определения объема исследования, одинаковой последовательности манипуляций с локализацией (топографией) объекта, определения количества объектов, формы, размеров, контуров, структуры, морфологических характеристик, наличия патологической смещаемости и пульсации. При этом должна достигаться максимальная индивидуализация результатов исследования. Доминирующую роль играют лучевые технологии, не связанные с ионизирующим излучением. Нарушение уровней/стандартов перинатального скрининга и их преемственности недопустимо.



## ГЛАВА I

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ  
ПЛОДА**

- Введение
- Методика ультразвукового исследования ЦНС плода
- Эхографическая анатомия ЦНС плода во второй половине беременности
- Эхографическая анатомия ЦНС плода в ранние сроки беременности
- Основные варианты эхографической картины ЦНС плода, имитирующие ее патологическое развитие
- Фетометрическая оценка состояния ЦНС плода
- Литература

**Введение**

Прошло уже более 10 лет с момента издания первых фундаментальных русскоязычных печатных работ, в которых впервые подробно рассматривались вопросы ультразвукового исследования центральной нервной системы (ЦНС) плода [1, 2]. Эти замечательные книги давно уже стали классическими и оказали неоценимую помощь в практической работе многим врачам ультразвуковой диагностики нашей страны.

За прошедшие годы ультразвуковая диагностика сделала большой шаг вперед, однако специальные русскоязычные издания, посвященные пренатальной нейроанатомии и технике проведения ультразвукового исследования ЦНС плода, так и не появились. Большинство последних отечественных работ в основном освещают общие вопросы проведения фетометрии и получения эхографических изображений, лишь в так называемых

Sam DTI  
axborot-resurs markazi  
315922



стандартных сечениях [3, 4]. Определенный прогресс произошел после издания рекомендаций Международного общества специалистов ультразвуковой диагностики в акушерстве и гинекологии, в которых рассмотрены современные требования к проведению ультразвукового исследования ЦНС плода [5] и публикации их перевода на русский язык. В вышедшей сравнительно недавно монографии М. В. Медведева и Н. А. Алтынник [28] акцент сделан на исследовании нейроанатомии плода с использованием технологии трехмерной реконструкции изображения. Однако некоторые тонкости и важные моменты детального ультразвукового исследования ЦНС плода при получении двухмерного изображения, а также методические подходы до сих пор в отечественной литературе не рассматривались и остаются доступными только читателям иностранных изданий.

Основопологающим документом, регламентирующим проведение скрининговых ультразвуковых исследований плода на территории нашей страны, является приказ Министерства здравоохранения России от 28.12.2000 г. № 457 «О совершенствовании пренатальной диагностики врожденных и наследственных заболеваний у детей» [6]. Данный документ в качестве стандартного определил лишь единый протокол ультразвукового обследования беременной. Таким образом, разработка и утверждение на самом высоком уровне документов, определяющих требования к стандартизации подготовки врача ультразвуковой диагностики, выбору адекватной аппаратуры и ее настройкам, методике и технике проведения ультразвуковых исследований плода до сих пор остаются актуальными. С учетом того, что врожденные пороки развития ЦНС встречаются достаточно часто, большинство из них отрицательно сказываются на качестве постнатальной жизни и могут приводить к инвалидности, а почти все грубые формы доступны для диагностики с помощью эхографии, улучшение пренатальной диагностики данного класса врожденных пороков развития имеет первостепенное значение.

При освоении любой диагностической методики врач должен хорошо знать, на каком оборудовании проводить исследование, что и как исследовать.

### **Ультразвуковое диагностическое оборудование для исследования ЦНС плода. Выбор, оптимизация изображения и практическое использование**

Выбор ультразвукового диагностического прибора прежде всего зависит от основных задач учреждения, в котором проводятся ультразву-

ковые исследования. Как уже говорилось, почти все грубые формы врожденных пороков развития ЦНС доступны для пренатального обнаружения с помощью эхографии, поэтому для их успешной диагностики в большинстве случаев нет необходимости в приобретении ультразвуковых аппаратов высокого и экспертного класса. Однако с учетом требований к современному ультразвуковому диагностическому оборудованию, с помощью которого можно проводить УЗИ, базисными техническими условиями применения ультразвуковых аппаратов, по мнению зарубежных коллег, являются [9]:

- использование цифровых технологий на всех этапах получения ультразвукового изображения;
- наличие датчиков высокой плотности с двойной динамической фокусировкой;
- широкий динамический диапазон датчиков и основного модуля аппарата с наиболее возможным истинным количеством цифровых приемо-передающих каналов;
- функция тканевой (нативной) гармоники.

Таким образом, с учетом времени появления вышеуказанных технических возможностей для успешного практического применения можно рекомендовать ультразвуковые аппараты, разработанные и поступившие в продажу не ранее второй половины 1990-х годов.

Основные группы ультразвуковых аппаратов, использующиеся в диагностических целях, представлены в табл. 1.1.

В настоящее время большинство ультразвуковых аппаратов, используемых в нашей стране, представлено приборами ценовой категории до 100 000 долларов США, что достаточно для успешной эхографической оценки анатомии ЦНС плода и диагностики большинства распространенных форм ЦНС на I уровне ультразвукового пренатального скрининга. Однако одним из важных условий получения изображения хорошего качества является использование мультислотных датчиков с изменяемой частотой в пределах 4,0–6,0 МГц. Уровень детализации изображения при использовании монослотных датчиков с рабочей частотой 3,5 МГц не соответствует современным требованиям, и в настоящее время их применения не рекомендуется. Оптимизация изображения проводится за счет выбора определенной частоты сканирования, которая подбирается индивидуально, исходя из условий проведения исследования. При этом необходимо стараться использовать максимальную частоту датчика, при которой получаемое изображение остается адекватным.



## Основные группы ультразвуковых аппаратов,

Класс, диагностический уровень	Цена базового комплекта, доллары США	Доля в общем сегменте мирового рынка, %
Низкий, начальный (Low-End)	До 50 000	20
Средний	От 50 000 до 100 000	20
Высокий	От 100 000 до 160 000	40
Высший, экспертный, High-End	Более 160 000	20



Таблица 1.1

имеющихся на мировом рынке [9] (с дополнениями)

Назначение	Технические особенности	Исследование ЦНС
Для небольших клиник, скрининг I уровня в пределах района с небольшим населением, мониторинг развития плода	Аналоговые и цифровые аппараты, ЦДК — нет, 3D — нет, тканевая гармоника — есть или опция, число цифровых каналов до 128	Оценка наиболее важных анатомических структур, диагностика большинства грубых форм ВПР
Для рутинных исследований в акушерско-гинекологических объединениях, в поликлиниках, родильных домах, скрининг I уровня в пределах района с большим населением.	Цифровые аппараты, ЦДК — есть, тканевая гармоника — есть, 3D — нет или опция, число цифровых каналов 256–512. Режим шумоподавления SRI — нет или опция	Возможно наличие заводских предустановок «Головной мозг плода», расширенные возможности для оценки анатомии ЦНС плода и диагностики ВПР ЦНС
Для использования в крупных клиниках и медицинских учреждениях, уточняющие УЗИ на II уровне скрининга	Цифровые аппараты высокого разрешения, ЦДК — есть, тканевая гармоника — есть, 3D — есть или опция, математика из MPT — есть, число каналов 512–1024. Режим шумоподавления SRI — есть	Наличие предустановок «Головной мозг плода», детальное изучение анатомии и сосудов ЦНС плода, расширенные возможности для вычислений и анализа изображений
Для использования в исследовательских лабораториях, институтах и клиниках высокого уровня специализации, диагностических и перинатальных центрах регионального значения, для проведения экспертных и уточняющих УЗИ	Цифровые аппараты сверхвысокого разрешения, дополнительные функции для ЦДК, 3D — есть, специальные средства хранения и обработки информации, число цифровых каналов 1024 и более. Режим шумоподавления SRI — есть	Детальное изучение анатомии и сосудов ЦНС плода, расширенные возможности, в том числе для объемных вычислений, анализа и хранения 3D-изображений



Кроме того, важными моментами при регулировке аппарата являются установка оптимальной карты серой шкалы и гамма-коррекции (пре- и постпроцессинг), выбор предустановок прибора, дающих максимальную частоту кадров и четкость получаемого изображения в реальном масштабе времени, наличие режимов динамической фокусировки по глубине. Основные параметры ультразвуковых аппаратов и их значения, влияющие на качество получаемого изображения, приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2  
Основные параметры ультразвуковых аппаратов, улучшающие качество получаемого изображения в режиме реального времени, и их значения

Параметр	Значение	Эффект
Акустическая мощность	Минимальное, при котором изображение остается наилучшим	Влияет на интенсивность изображения и его общую детализацию
Усиление (GAIN)	Минимальное, при котором изображение остается наилучшим	Влияет на яркость (интенсивность) изображения
Частота сканирования	Максимальное, при котором сохраняется детальность отдаленных объектов	Увеличивает разрешение в поверхностных и средних по глубине зонах
Площадь (угол) сканирования	Минимальное	Увеличивает разрешение и частоту кадров
Персистенция, усреднение или корреляция частоты кадров сканирования	Минимальное	Увеличивает частоту кадров и четкость изображения, ухудшает зрительное восприятие изображения
Количество зон фокусировки	Минимальное	Увеличивает частоту кадров, улучшает разрешение в исследуемой зоне
Динамический диапазон	Максимальное, при котором изображение остается наилучшим	Увеличивает общую детализацию изображения

Правильный выбор и настройка параметров позволяют достичь на современных приборах даже начального уровня изображения высокого качества. Наилучшее качество получаемого ультразвукового изображения

анатомических структур ЦНС позволяют получить аппараты, в которых используются математические алгоритмы (постпроцессинговые фильтры), позаимствованные у магнитно-резонансных томографов (рис. 1.1).

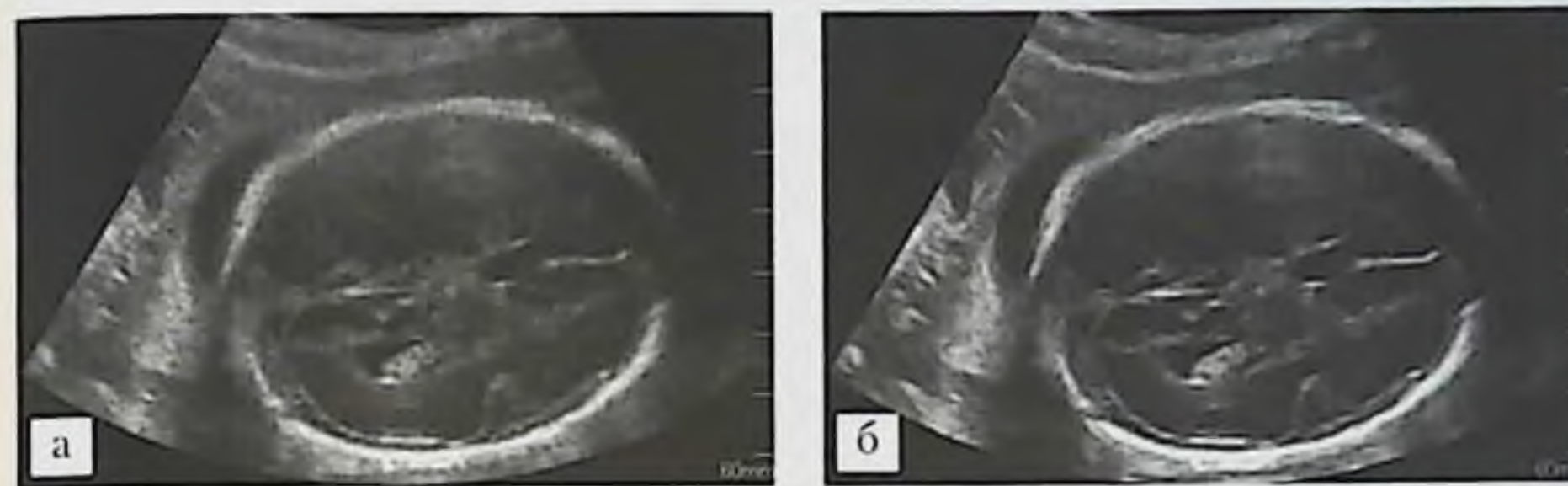


Рис. 1.1. УЗИ головы плода в поперечной плоскости (сканер ACCUVIX XQ производства MEDISON): *a* — эхограмма структур головного мозга в В-режиме; *б* — та же эхограмма, но с использованием фильтра Dynamic MR.

Неоспоримую помощь в получении изображений высокого качества также оказывает наличие функции автоматической оптимизации изображения и заводских предустановок «Fetal Brain» («Головной мозг плода») и режим шумоподавления Speckle Reduction Imaging (SRI). Окончательно качество изображения оптимизируется на основании инструкции по эксплуатации к ультразвуковому аппарату или с помощью сервисного инженера.

Трехмерная эхография предоставляет новые диагностические возможности, позволяющие детально оценивать анатомические структуры головного мозга плода. Программное обеспечение, реализованное на аппаратах Voluson производства GE Healthcare и ACCUVIX XQ производства MEDISON, позволяет врачу изучать одновременно несколько двумерных срезов в любой заданной плоскости с томографическим шагом от 0,5 мм, в пределах объема, полученного при трехмерном сканировании (рис. 1.2).

Однако имеются объективные (неаппаратные) причины, не позволяющие в ряде случаев полноценно оценить анатомию ЦНС. К ним прежде всего относится поглощение ультразвукового сигнала костями черепа, расположенными со стороны сканирующей поверхности ультразвукового датчика, что позволяет изучить структуры головного мозга плода только в противоположном от датчика полушарии. Другими причинами, затрудняющими получение адекватной эхографической картины,





Рис. 1.2. Изображения головы плода, полученные в режиме мультислайдинга (программное обеспечение 3D XI Viewer ультразвукового аппарата ACCUVIX XQ).

являются неудобное положение плода, особенно в III триместре беременности, наличие мало- и многоводия, ожирение беременной, наличие рубцовых изменений кожного покрова живота.

После настройки прибора желательно зафиксировать получаемые изображения на цифровом носителе в высоком разрешении, что в дальнейшем позволит использовать их в процессе эксплуатации как эталонные и поможет технической службе вернуть качество получаемого изображения к изначальному. Кроме того, условием получения достоверных данных при проведении фетометрии является осуществление метрологического мониторинга ультразвукового аппарата, для чего привлекаются соответствующие региональные метрологические службы или учреждения.

Безусловно, в наибольшей степени успех проведения ультразвукового исследования плода зависит от квалификации специалиста, от уровня его профессиональной подготовки, адекватного владения практическими и теоретическими навыками.



## Основы методики ультразвукового исследования ЦНС плода

Ультразвуковое исследование ЦНС плода необходимо осуществлять по единому плану и схеме, в одинаковой последовательности, с четким определением его объема. Получение достоверной и объективной информации необходимо проводить с учетом максимальных диагностических возможностей используемого оборудования и профессиональной подготовки конкретного врача. Теоретическая подготовка врача ультразвуковой диагностики должна включать знание нормальной эхографической анатомии ЦНС плода и эхосемiotики врожденных пороков развития центральной нервной системы, а также их фенотипических и патоморфологических проявлений. Кроме того, важно использовать единые подходы при проведении нейрoфетометрии.

Эхографические характеристики исследуемого объекта необходимо изучать с соблюдением четкой последовательности, которая должна включать определение локализации (топографии) объекта, количества объектов, его формы, размеров и структуры, эхогенности, характера контуров и наличия патологической смещаемости или пульсаций. Кроме того, изучение анатомии плода основано на знании механизмов эмбрионального развития и морфологических особенностей его строения. При невозможности получения адекватной эхографической картины плода из-за его положения исследование необходимо повторить через 20–30 мин или перенести на другой день. Исследование структур головного мозга может быть также затруднено в III триместре беременности низким расположением головы, при этом уточнить состояние анатомии можно с использованием трансвагинального доступа.

К сожалению, исследование головного мозга плода в большинстве случаев проводится только в поперечных (горизонтальных) плоскостях, что подтверждается и мнением М. В. Медведева и соавт. [3], считающих, что методика получения горизонтальных плоскостей является наиболее распространенной в клинической практике.

Этот факт может быть связан как с боязнью некоторых врачей проводить исследования в полном объеме из-за ограниченных знаний о нормальной анатомии головного мозга плода, так и с тем, что в первом русскоязычном издании, посвященном нормальной ультразвуковой анатомии плода [1] (оригинальное зарубежное издание опубликовано в 1987 г.), внимание читателей было акцентировано на исследовании головного мозга именно в данных сечениях. Кроме того, проведение исследований головы плода преимущественно в поперечных плоскостях мо-



жет быть следствием того, что в данных плоскостях проводится изучение большинства фетометрических параметров головы и головного мозга.

По мнению С. М. Воеводина [9], использование только горизонтальных сечений при исследовании головного мозга плода не позволяет в полном объеме оценить нормальную внутричерепную анатомию плода, а также выявлять достоверные признаки большинства аномалий ЦНС.

Объем стандартного ультразвукового пренатального исследования ЦНС плода в учреждениях начального диагностического уровня включает исследование головного мозга и позвоночника. В специализированных диагностических и перинатальных центрах, а также учреждениях, в которых проводится второй уровень ультразвукового пренатального скрининга, пренатальное исследование ЦНС дополнительно должно включать изучение строения костей черепа плода и анатомических элементов спинного мозга.

Основой техники проведения стандартного ультразвукового исследования ЦНС плода является получение изображений в строго определенных плоскостях. Однако, в отличие от проведения ультрасонографии новорожденных, УЗИ плода осложнено его подвижностью с постоянным изменением положения, что не позволяет врачу до начала исследования знать, в какой точке расположить датчик, какие плоскости заведомо можно получить, какие режимы сканирования использовать для оптимальной визуализации анатомических структур. В III триместре беременности ситуация осложняется еще и тем, что плод находится в фиксированном (сгруппированном) положении и вероятность использования необходимого количества точек доступа для получения стандартных плоскостей резко снижается.

По своей сути техника проведения мультиплоскостного ультразвукового сканирования сводится к получению динамических и статических изображений. Однако при исследовании плода режимы получения изображений ЦНС имеют ряд особенностей.

1. Динамический режим — исследование проводится в реальном времени путем получения «динамических» изображений. Данные изображения возможно получить двумя основными способами изменения ориентации ультразвукового датчика — путем его параллельного перемещения над исследуемой областью и путем маятникообразных движений с фиксацией сканирующей поверхности в одной общей точке доступа. Архивация исследований в данном режиме возможна как на аналоговый носитель (видеокассета), так и на цифровой (магнитооптический диск, CD- или DVD-диски, USB-накопитель или жесткий диск) в форматах AVI, MPEG или WMV.



2. Статический режим позволяет получить «статические» изображения, необходимые для изучения и проведения измерений, однако при этом часть информации теряется. При необходимости полученное изображение фиксируется на термобумаге или преобразуется в графические цифровые форматы (TIFF, BMP или JPG) с дальнейшим хранением на цифровых носителях.

3. Полипозиционный режим — получение необходимых изображений анатомических структур плода путем размещения датчика на любом доступном участке тела беременной с приданием ее туловищу оптимального для достижения положительного результата положения (на спине, боку, в коленно-локтевом положении и т. д.).

4. Режим использования максимально возможного количества точек сканирования головы и позвоночника плода — позволяет получить большее количество сечений при условии постоянного изменения ориентации ультразвукового датчика.

Использование истинной методики мультиплоскостного исследования ЦНС плода предоставляет возможность не только выявлять патологические процессы при большем диапазоне сроков беременности, но и успешнее следить за динамикой процесса и результатами нейрофетометрии. Необходимо стремиться к преемственности получения нейроизображений плода и новорожденного, что поможет избежать диагностических ошибок в постнатальном периоде.

Приказ Министерства здравоохранения России от 28.12.2000 г. № 457 «О совершенствовании пренатальной диагностики врожденных и наследственных заболеваний у детей» определяет проведение обязательных трехкратных скрининговых ультразвуковых исследований у беременных в 10–14; 20–24 и 32–34 нед беременности, в связи с чем основное внимание при рассмотрении вопросов ультразвукового исследования ЦНС плода будет уделено именно при данных сроках.

### **Нормальная эхографическая анатомия ЦНС плода во второй половине беременности**

В связи с тем что время ультразвуковой манифестации большинства врожденных пороков развития ЦНС приходится на II триместр беременности, а врач, начинающий проведение исследований в конце I начале II триместра, безусловно, должен обладать навыками обследования плода во второй половине беременности, изучать эхографическую анатомии ЦНС, по нашему мнению, целесообразно с более поздних сроков.



### УЗИ черепа плода

Исследование ЦНС плода начинают с визуализации головы, оценивая ее расположение, форму, размеры, эхогенность и целостность костей свода черепа, а также наличие их деформации. Углубленная оценка строения костей свода черепа включает и оценку швов, толщина которых в норме не превышает 2 мм. Изображения швов костей черепа производят путем получения плоскостей, касательных к поверхности черепа. На рис. 1.3–1.5 представлены возможности их двухмерной визуализации.



Рис. 1.3. УЗИ головы плода через плоскость, касательную к лобной кости: *а* — эхограмма головы плода в 19 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны лобной кости). Отчетливо определяется метопический шов; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

Как видно на рисунках, при обычной эхографии в В-режиме швы и роднички вполне доступны для визуализации и оценки, однако их изображение, полученное в трехмерном режиме, имеет лучшее пространственное разрешение (рис. 1.6).

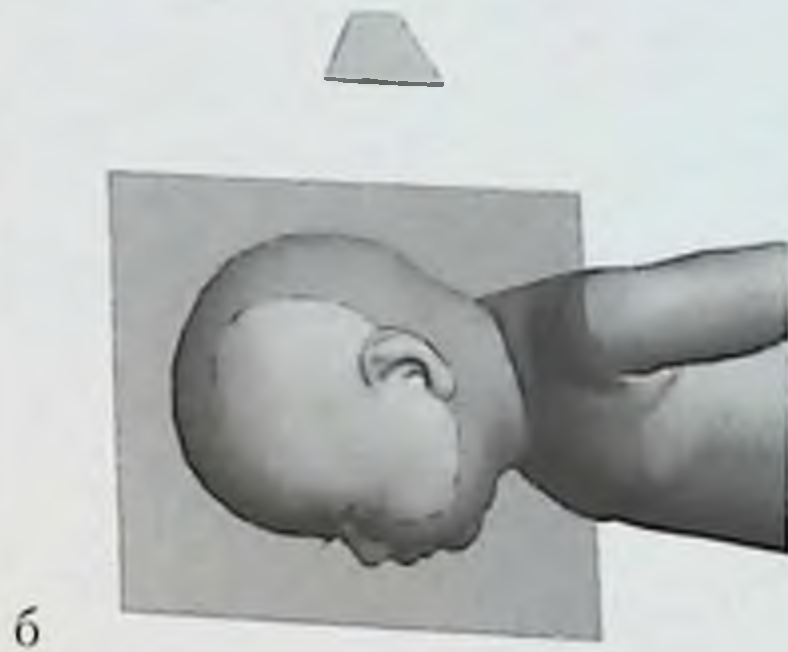
### УЗИ головного мозга плода

#### *УЗИ головного мозга плода в поперечных плоскостях*

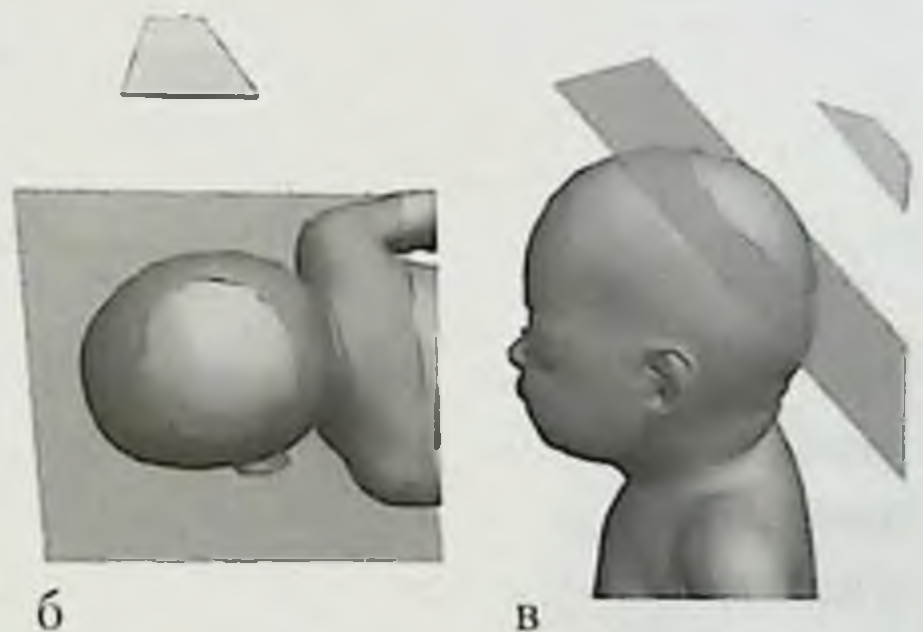
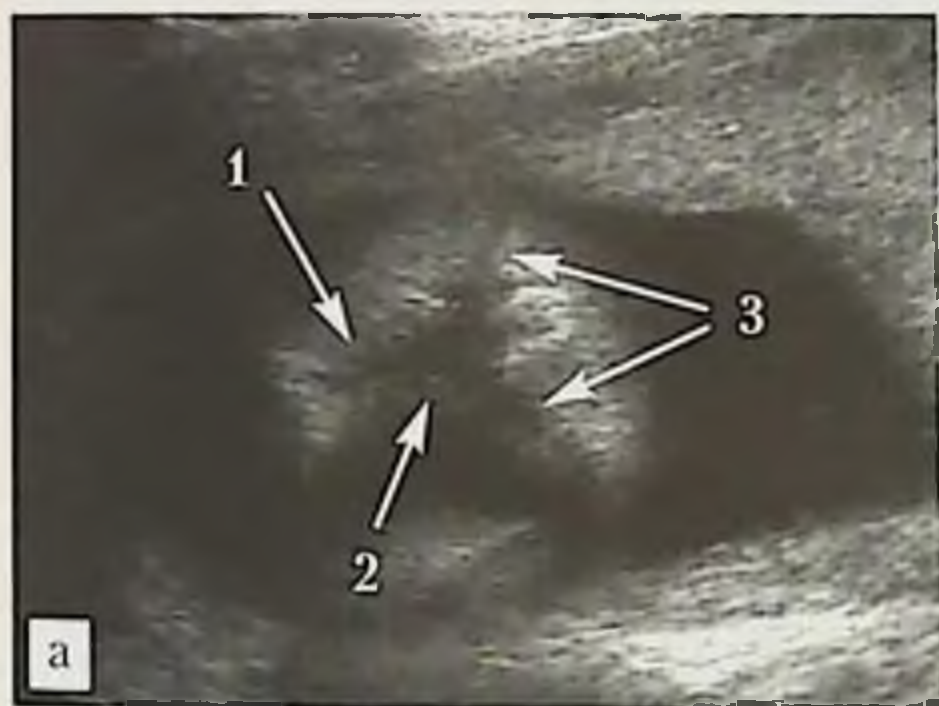
Изображение головного мозга плода в поперечных плоскостях необходимо получать путем использования максимально возможного количества точек доступа. Варианты расположения датчика представлены на рис. 1.7.

Техника получения данных изображений заключается в параллельном перемещении датчика от макушки к основанию черепа (рис. 1.8),





**Рис. 1.4.** УЗИ плода через плоскость, касательную к лобной и левой теменной костям: *а* — эхограмма головы плода в 20 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны лобной и левой теменной кости): 1 — венечный шов, 2 — клиновидный родничок; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.5.** УЗИ плода через плоскость, касательную к затылочной и теменным костям: *а* — эхограмма головы плода в 20 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны затылочной и правой теменной кости): 1 — стреловидный (сагиттальный) шов, 2 — задний родничок, 3 — лямбдовидный (теменно-затылочный) шов; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



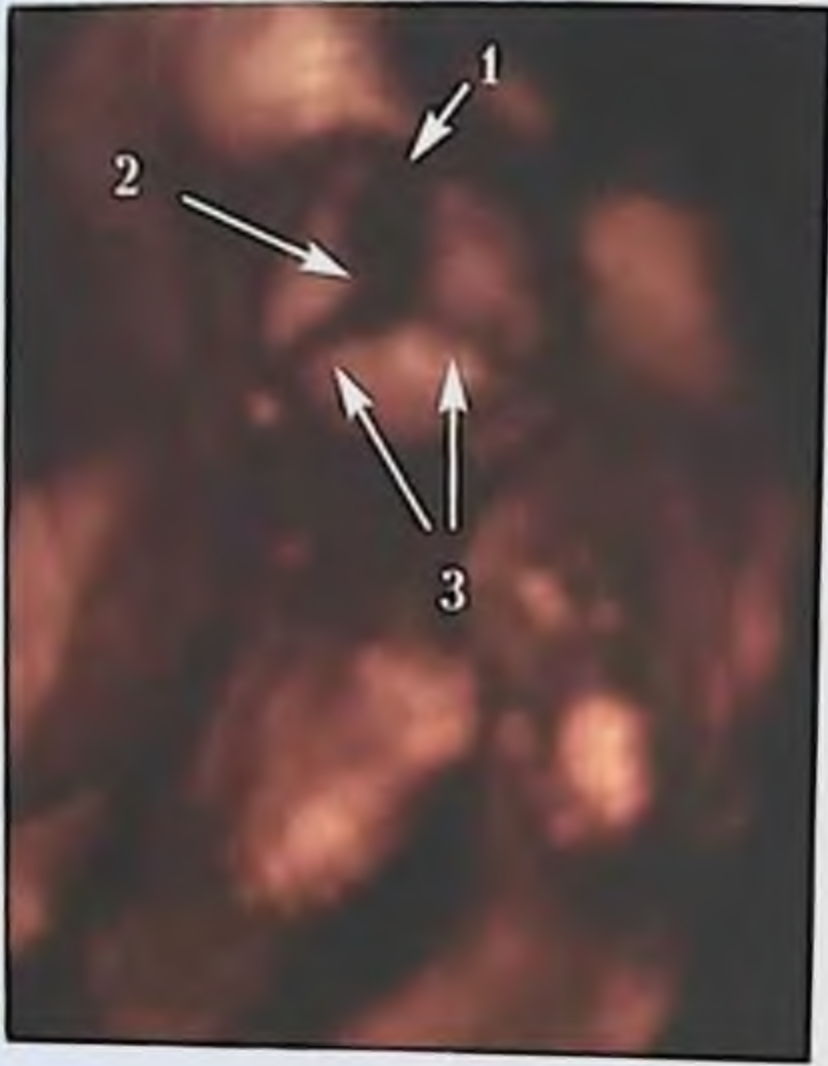


Рис. 1.6. Эхограмма головы плода, 3D-режим: 1 — стреловидный шов; 2 — задний родничок; 3 — лямбдовидный шов.

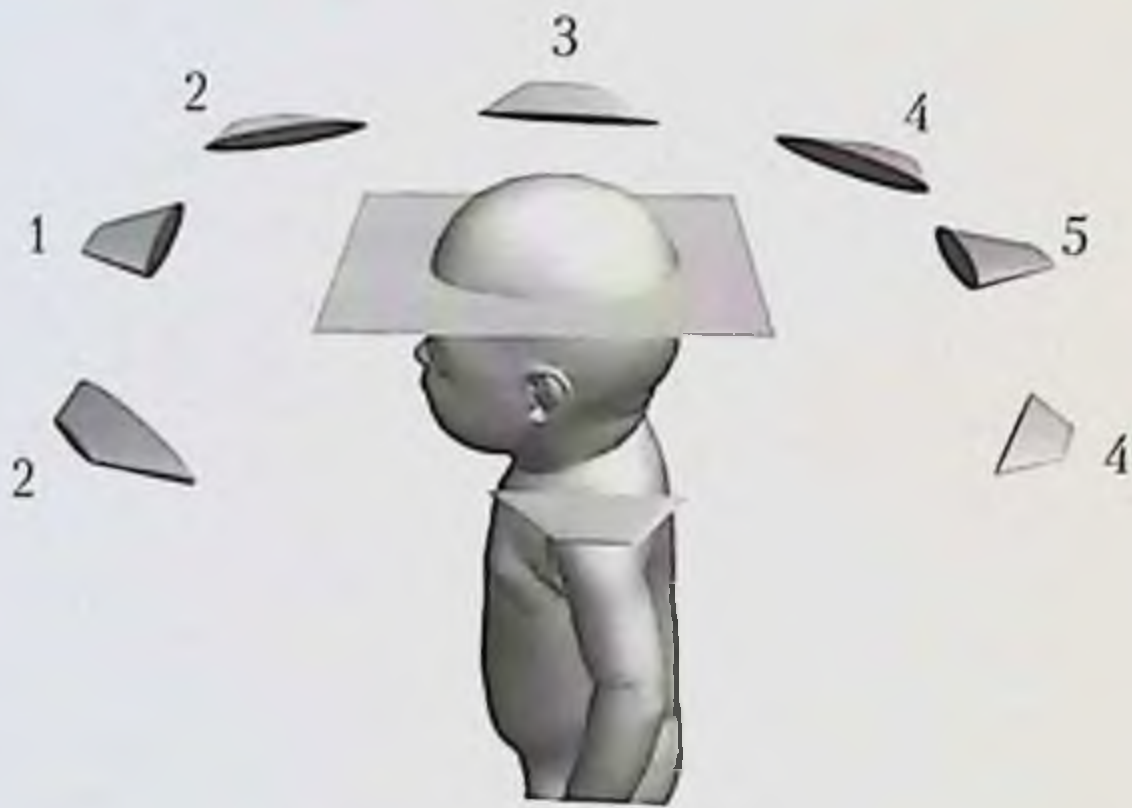


Рис. 1.7. Варианты расположения датчика при получении изображений головного мозга плода в поперечной плоскости: 1 — со стороны лобной кости и метопического шва; 2 — со стороны венечных швов; 3 — со стороны теменных костей; 4 — со стороны лямбдовидных швов; 5 — со стороны затылочной кости.

что необходимо дополнять маятникообразными движениями датчика на различных горизонтальных уровнях (рис. 1.9).

УЗИ головного мозга плода в поперечных плоскостях начинается с получения изображения на уровне свода черепа и выпуклой поверхности головного мозга (рис. 1.10). При этом определяются межполушарная



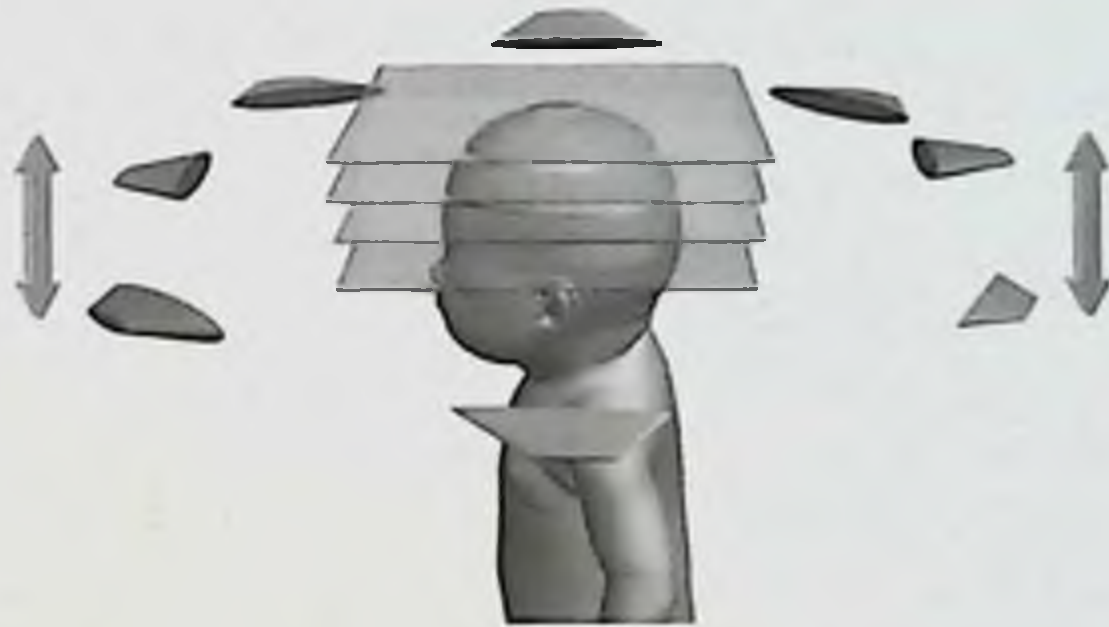


Рис. 1.8. Схема получения изображений головного мозга плода в поперечных плоскостях путем параллельного перемещения датчика.



Рис. 1.9. Схема получения изображений головного мозга плода в горизонтальных и косых поперечных плоскостях путем маятниковообразных движений датчика.

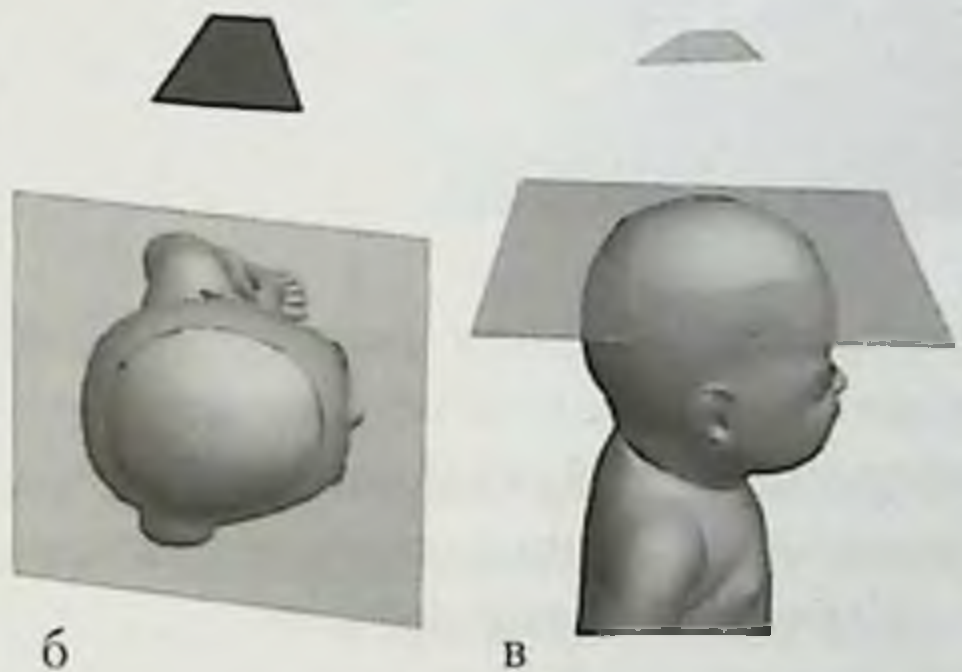
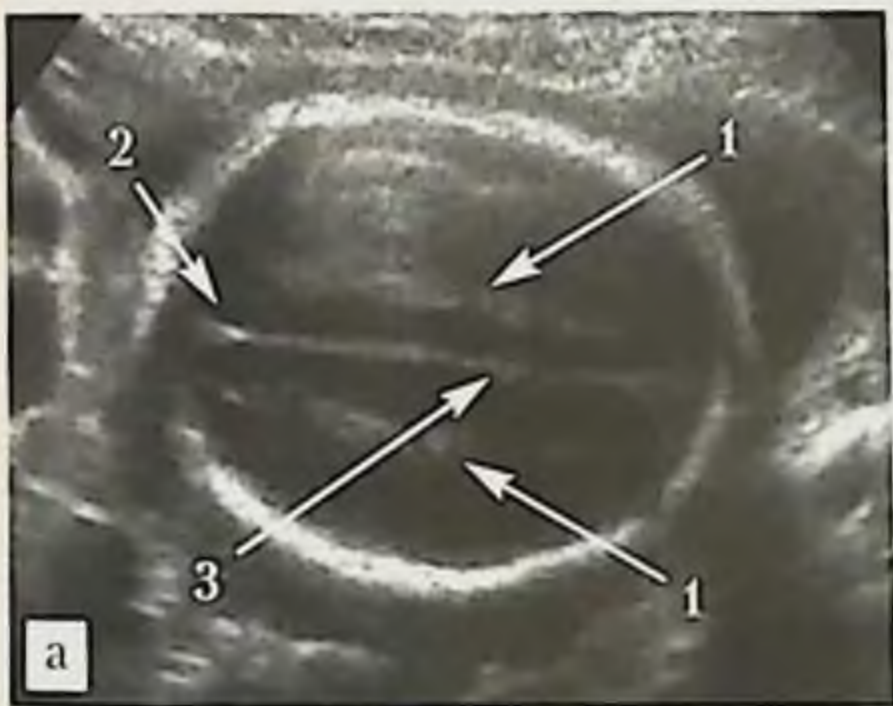


Рис. 1.10. УЗИ головы плода, верхняя поперечная плоскость: а — эхограмма головы плода в 22 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости); 1 — парамедианные линии, 2 — серп, 3 — межполушарная щель; б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



шель, серп и парамедианные линии, которые часто ошибочно расцениваются как латеральные стенки боковых желудочков, однако, в отличие от последних, данные линии достигают края головного мозга. Одной из причин возникновения изображения данных линейных структур является отражение эхо-сигналов от стенок сосудистых элементов головного мозга. Необходимо помнить, что изображения анатомических структур головного мозга, получаемые в поперечной и венечной плоскостях, всегда расположены симметрично по отношению к средним структурам.

Смещая точку доступа датчика каудально, можно получить изображение конвексимальной цистерны (рис. 1.11), в которой расположены тонкие высокоэхогенные параллельные линии, являющиеся отражением от стенок вен, покрывающих мягкую мозговую оболочку и серп.

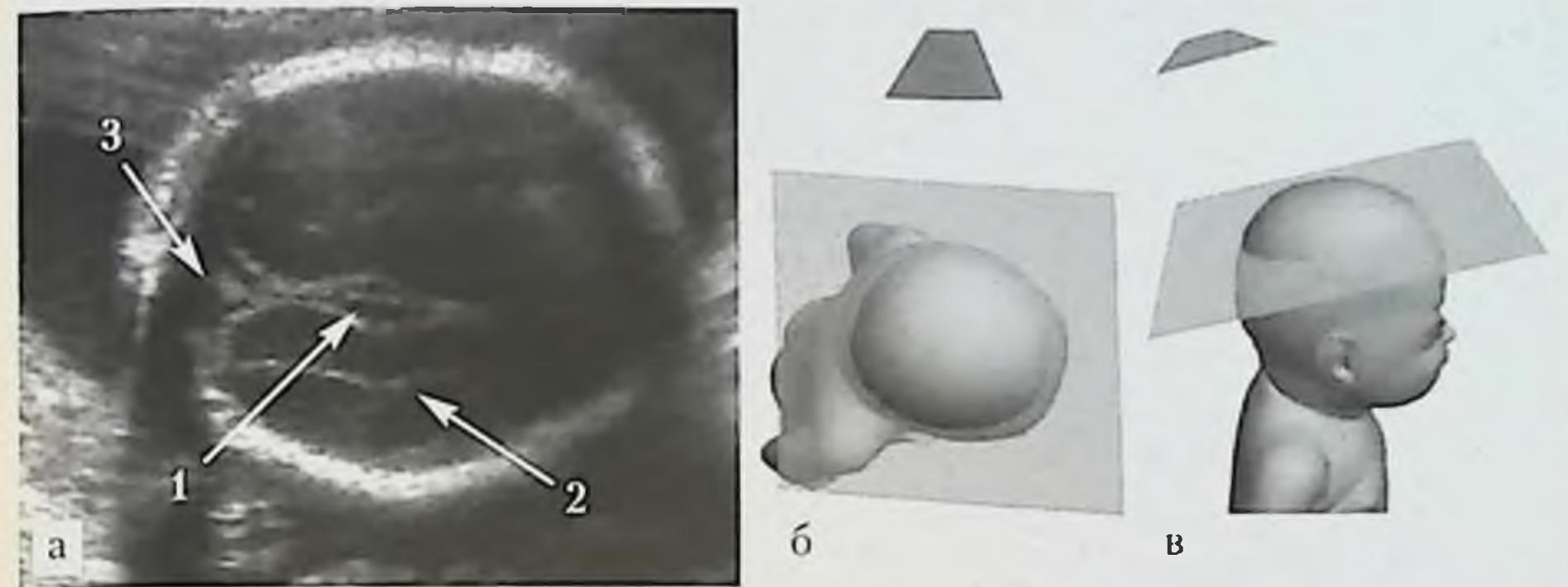


**Рис. 1.11.** Эхограмма головы плода в 32 нед гестации, вариант верхней поперечной плоскости, трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости: 1 — конвексимальная цистерна; 2 — вены; 3 — серп.

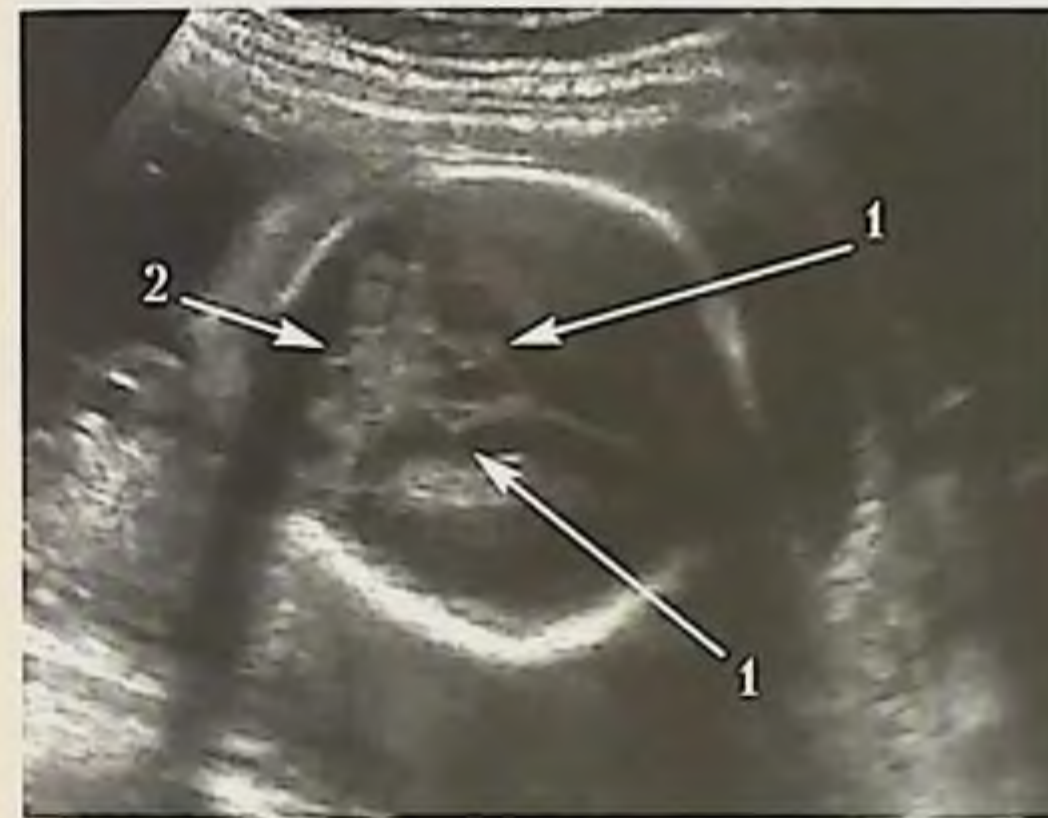
При дальнейшем смещении точки доступа датчика по направлению к затылочной кости получаем изображение теменно-затылочной борозды, представленной ромбовидной структурой, расположенной между парамедианными линиями на уровне межполушарной щели (рис. 1.12).

Сместив датчик чуть кзади, можно получить изображение птичьей шпоры, эхографическая визуализация которой возможна с 20-й недели (рис. 1.13).

При исследовании головного мозга в этой плоскости сканирования в III триместре беременности эхо-картина имеет некоторые отличия, связанные с процессом антенатального развития мозга (рис. 1.14). Птичья шпора ста-



**Рис. 1.12.** УЗИ головы плода, верхняя косая поперечная плоскость: а — эхограмма головы плода в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости): 1 — теменно-затылочная борозда, 2 — парамедианная линия, 3 — конвексимальная цистерна; б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.13.** Эхограмма головы плода в 22 нед гестации, вариант верхней косой поперечной плоскости, трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости: 1 — птичья шпора; 2 — верхняя поверхность мозжечка.

новится более отчетливой и обычно представлена двумя линейными высокоэхогенными образованиями, каждое из которых расположено под углом около  $45^\circ$  по отношению к средним структурам головного мозга. Сосудистые сплетения менее различимы из-за уменьшения ликворного просвета боковых желудочков головного мозга к данным срокам беременности.

Возвращая область сканирования в строго горизонтальную плоскость и используя высокоразрешающую диагностическую аппаратуру, можно получить изображение латеральных границ ствола мозолистого



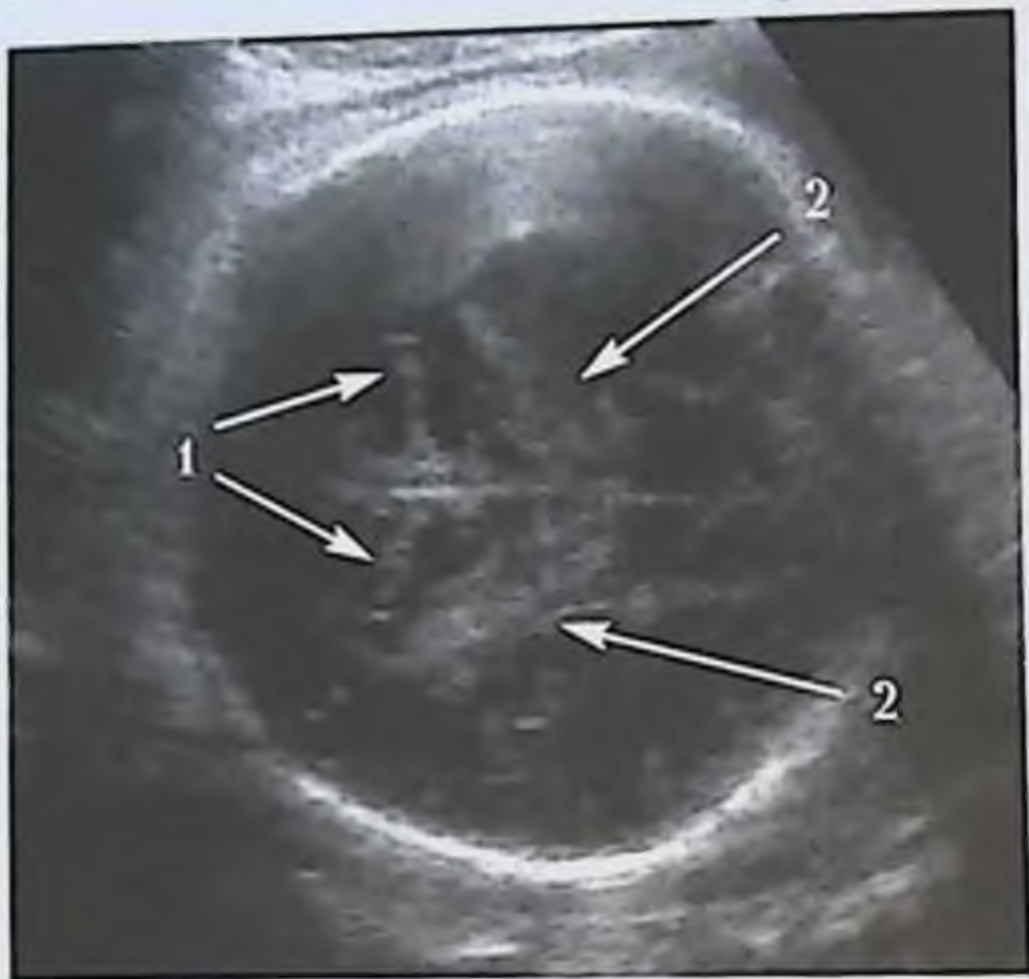


Рис. 1.14. Эхограмма головы плода в 33 нед гестации, вариант верхней косо́й поперечной плоскости, трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости: 1 — птичья шпора; 2 — сосудистые сплетения головного мозга.

тела, представленных среднеэхогенными линейными структурами, расположенными по бокам от изображения средних структур мозга (рис. 1.15). Данная плоскость располагается сразу над полостью прозрачной перегородки. Ранее считалось, что получить изображение мозолистого тела в поперечных плоскостях не представляется возможным.

При дальнейшем смещении датчика в каудальном направлении получаем изображение тел боковых желудочков (рис. 1.16).

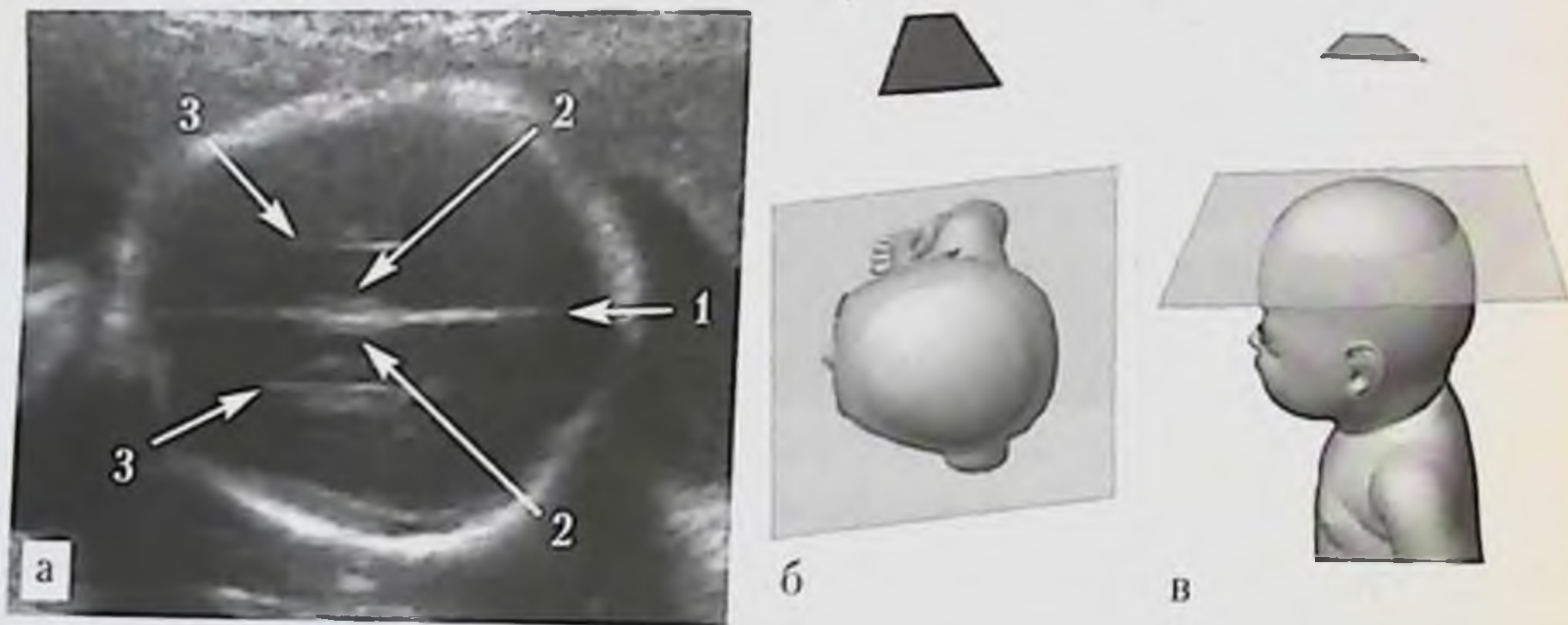
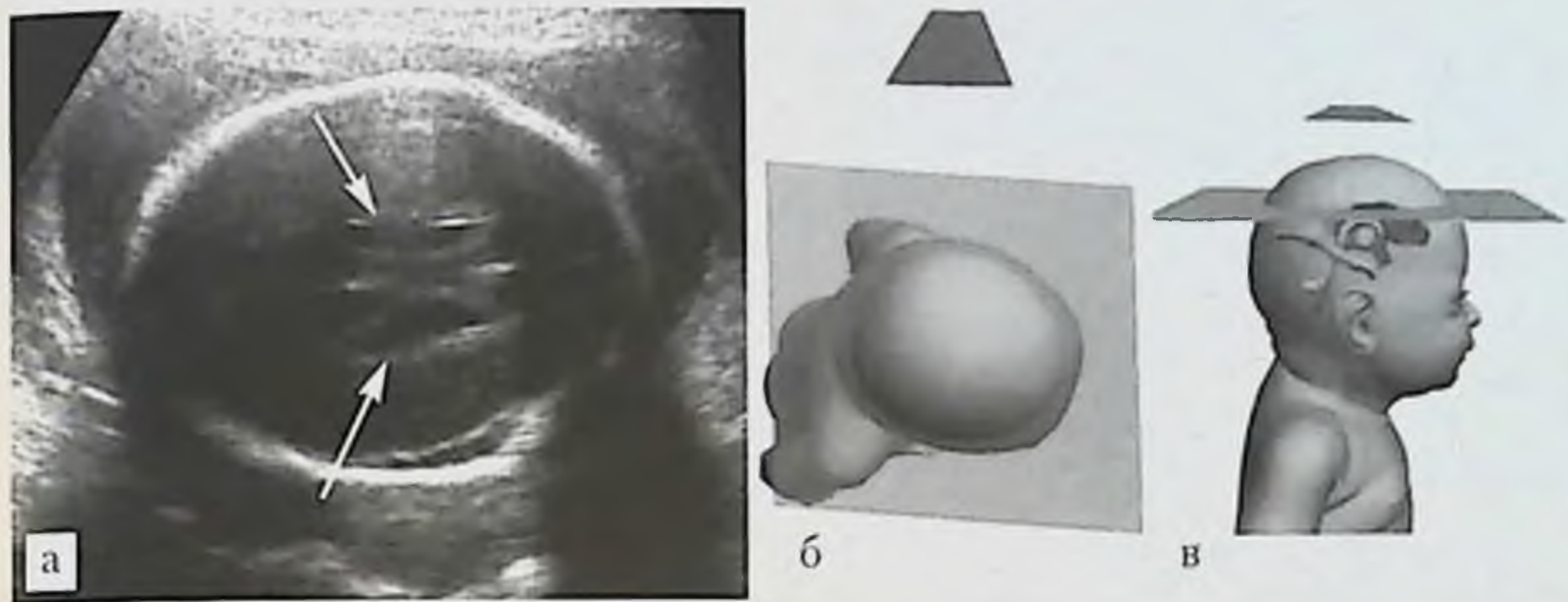


Рис. 1.15. УЗИ головы плода, поперечная плоскость на уровне ствола мозолистого тела: а — эхограмма головы плода на сроке 21 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — сери, 2 — латеральные границы ствола мозолистого тела, 3 — парамедианные линии; б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.





**Рис. 1.16.** УЗИ головы плода, поперечная плоскость на уровне верхних отделов боковых желудочков: *а* — эхограмма головы плода на сроке 21 нед (транс-абдоминальный доступ со стороны левой теменной кости, тела боковых желудочков указаны стрелками); *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

Смещая датчик каудальнее, необходимо получить плоскость, в состав изображения которой входят ядра четверохолмия, полость прозрачной перегородки, третий желудочек, лобный рог бокового желудочка, преддверие бокового желудочка, затылочный рог бокового желудочка и островковая доля (силвиева борозда) (рис. 1.17). В этой плоскости проводится оценка важных фетометрических показателей: ширины преддверия бокового желудочка, ширины лобного рога бокового желудочка и ширины III желудочка.

Оценка боковых желудочков головного мозга в данной плоскости при проведении УЗИ в III триместре беременности часто затруднительна, так как размеры сосудистых сплетений в этот период внутриутробного развития уменьшаются, а ликворный просвет бывает трудноразличим (рис. 1.18).

Сдвигая датчик в сторону основания черепа, необходимо получить изображение поперечной плоскости с визуализацией ножек мозга и гиппокампа (рис. 1.19). Гиппокампы при ультразвуковом изображении на данном уровне представлен полукругом, ограниченным с медиальной стороны цистерной *ambiens*.

Путем дальнейшего смещения датчика каудально получаем изображение поперечной плоскости с одновременной визуализацией полушарий и червя мозжечка, IV желудочка и большой цистерны головного



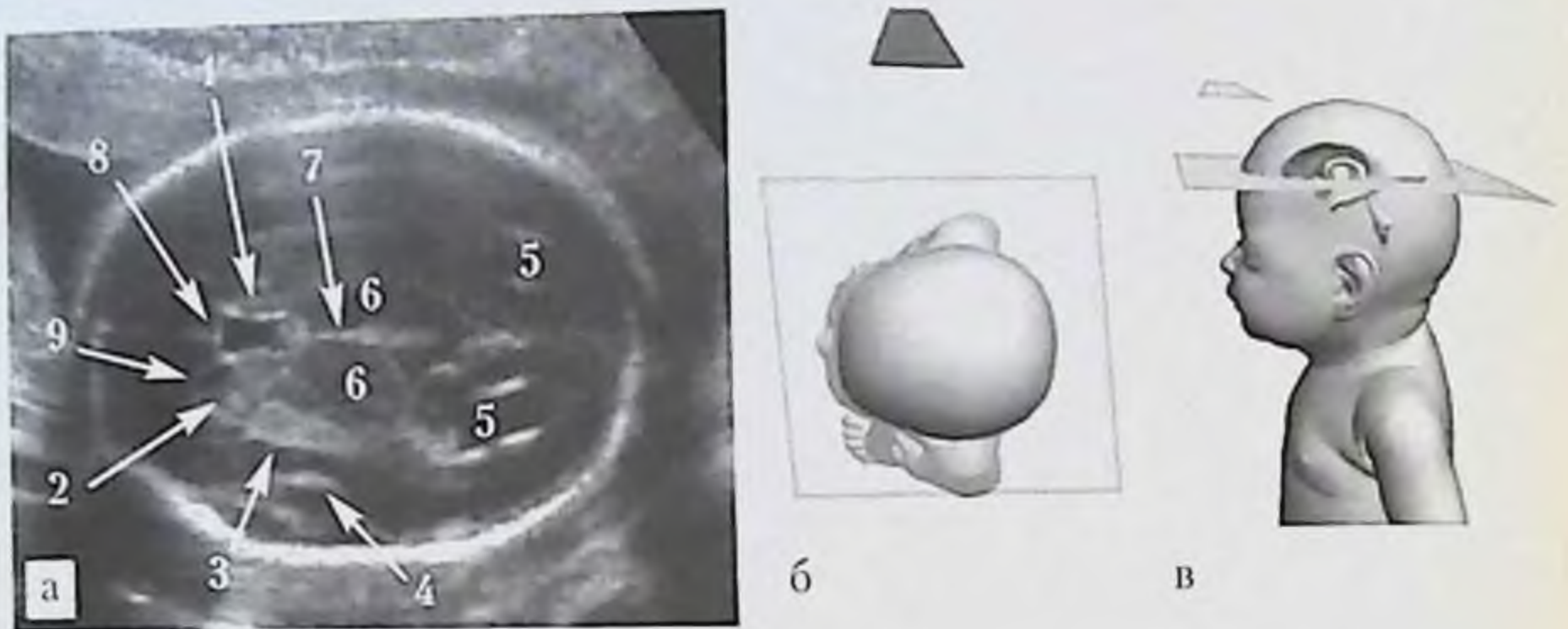


Рис. 1.17. УЗИ головы плода, поперечная плоскость на уровне ядер четверохолмия: а — эхограмма головы плода на сроке 22 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости). 1 — полость прозрачной перегородки, 2 — хвостатое ядро, 3 — чечевичкообразное ядро, 4 — островковая доля, 5 — преддверия боковых желудочков, 6 — таламусы, 7 — III желудочек, 8 — мозолистое тело, 9 — лобный рог бокового желудочка; б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

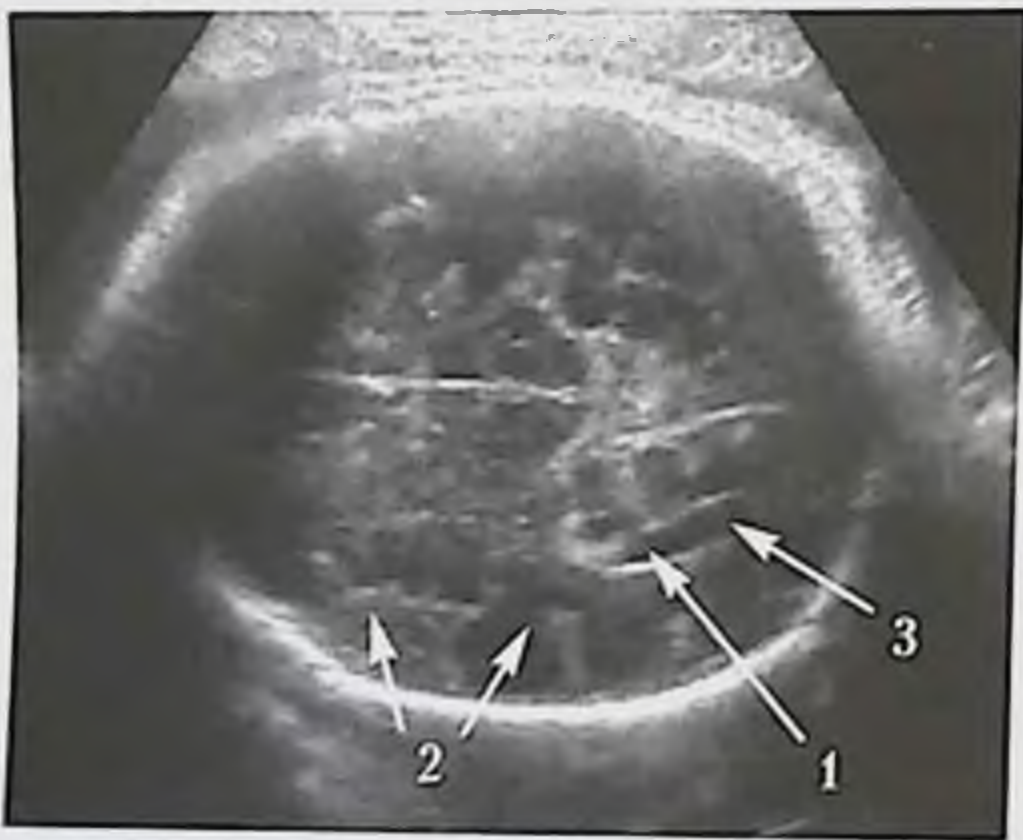
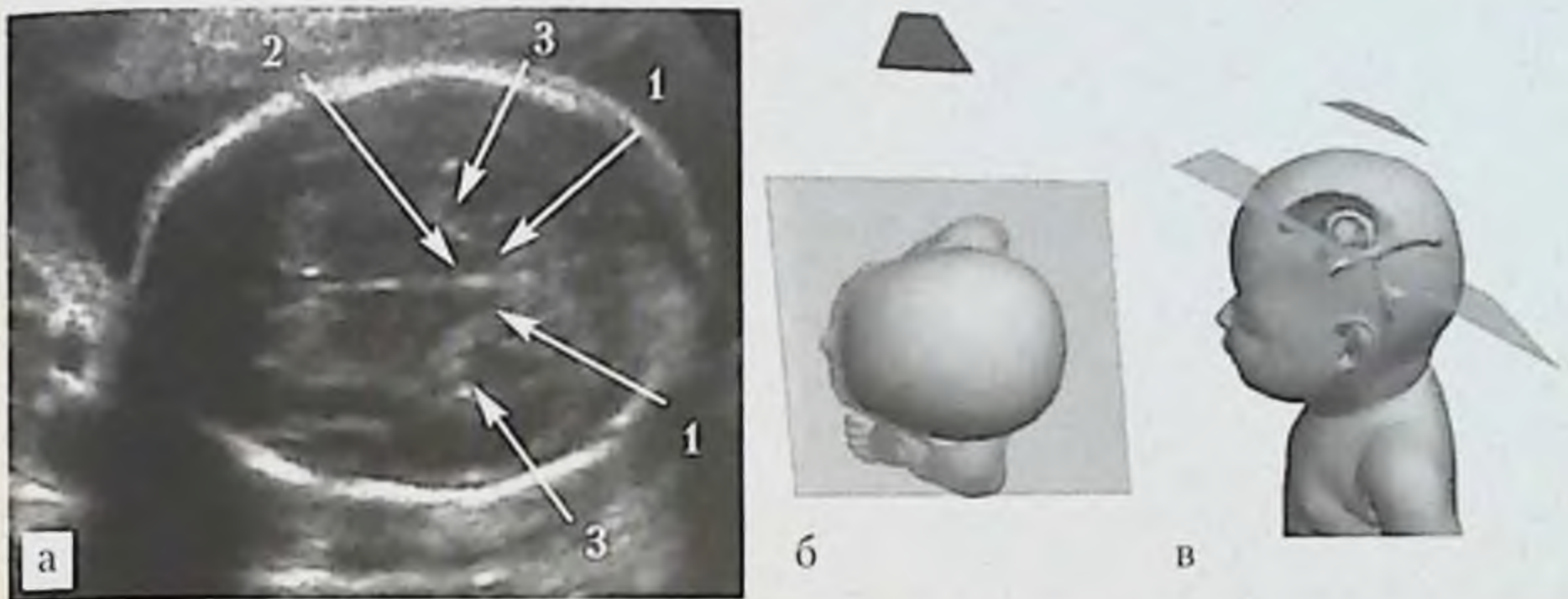


Рис. 1.18. Эхограмма головы плода на сроке 33 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости); 1 — преддверие бокового желудочка, 2 — борозды и извилины левого полушария головного мозга, 3 — просвет затылочного рога бокового желудочка уменьшен.

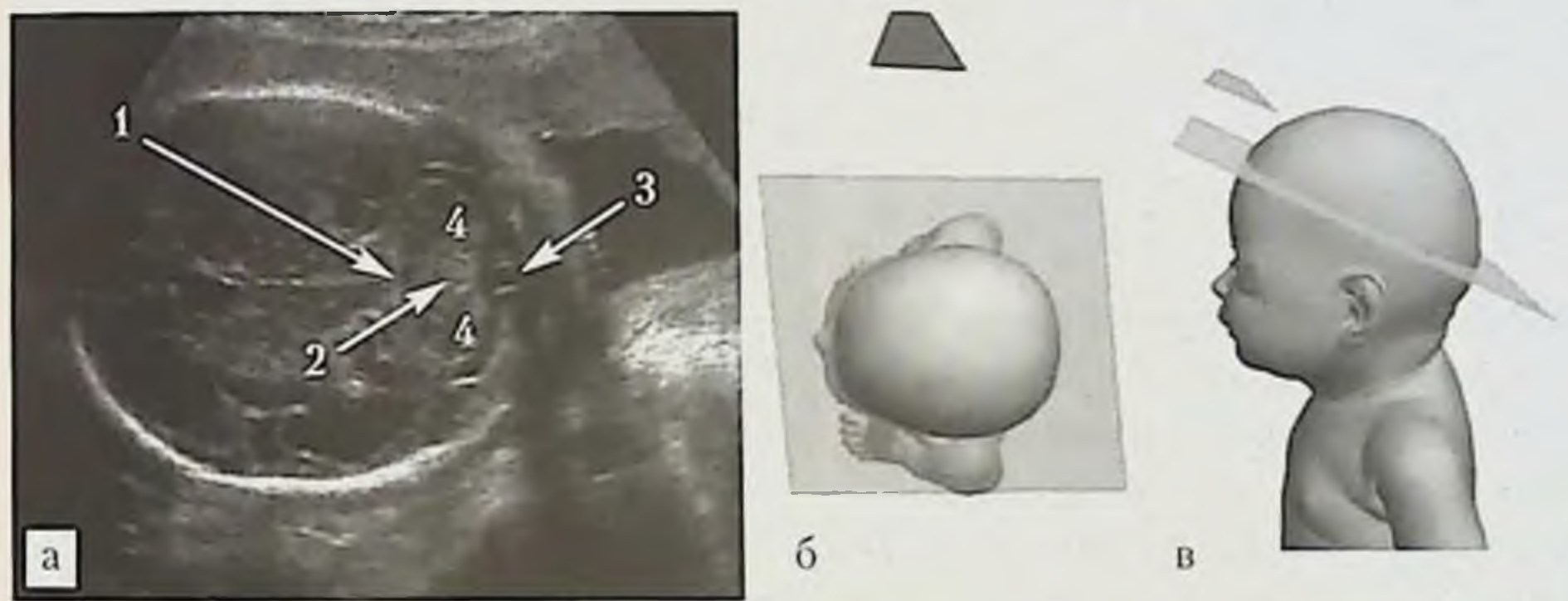
мозга (рис. 1.20). В этой плоскости проводится измерение межполушарного размера мозжечка, IV желудочка и большой цистерны головного мозга.

Сместив датчик чуть ниже, можно оценить изображение внутренних структур мозжечка и его нижней поверхности, лучше визуализирующихся в III триместре беременности (рис. 1.21).





**Рис. 1.19.** УЗИ головы плода, вариант поперечной плоскости на уровне ножек мозга и гиппокампа: *а* — эхограмма головы плода на сроке 21 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — ножки мозга, 2 — водопровод мозга, 3 — гиппокамп; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.20.** УЗИ головы плода, косая поперечная плоскость через мозжечок: *а* — эхограмма головы плода на сроке 31 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — IV желудочек, 2 — червь мозжечка, 3 — большая цистерна, 4 — полушария мозжечка; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

Как видно на рисунках, белое вещество полушарий мозжечка имеет пониженную эхогенность, а тонкие эхогенные дугообразные структуры, повторяющие наружные контуры полушарий мозжечка, являются отображением листков их нижней поверхности.



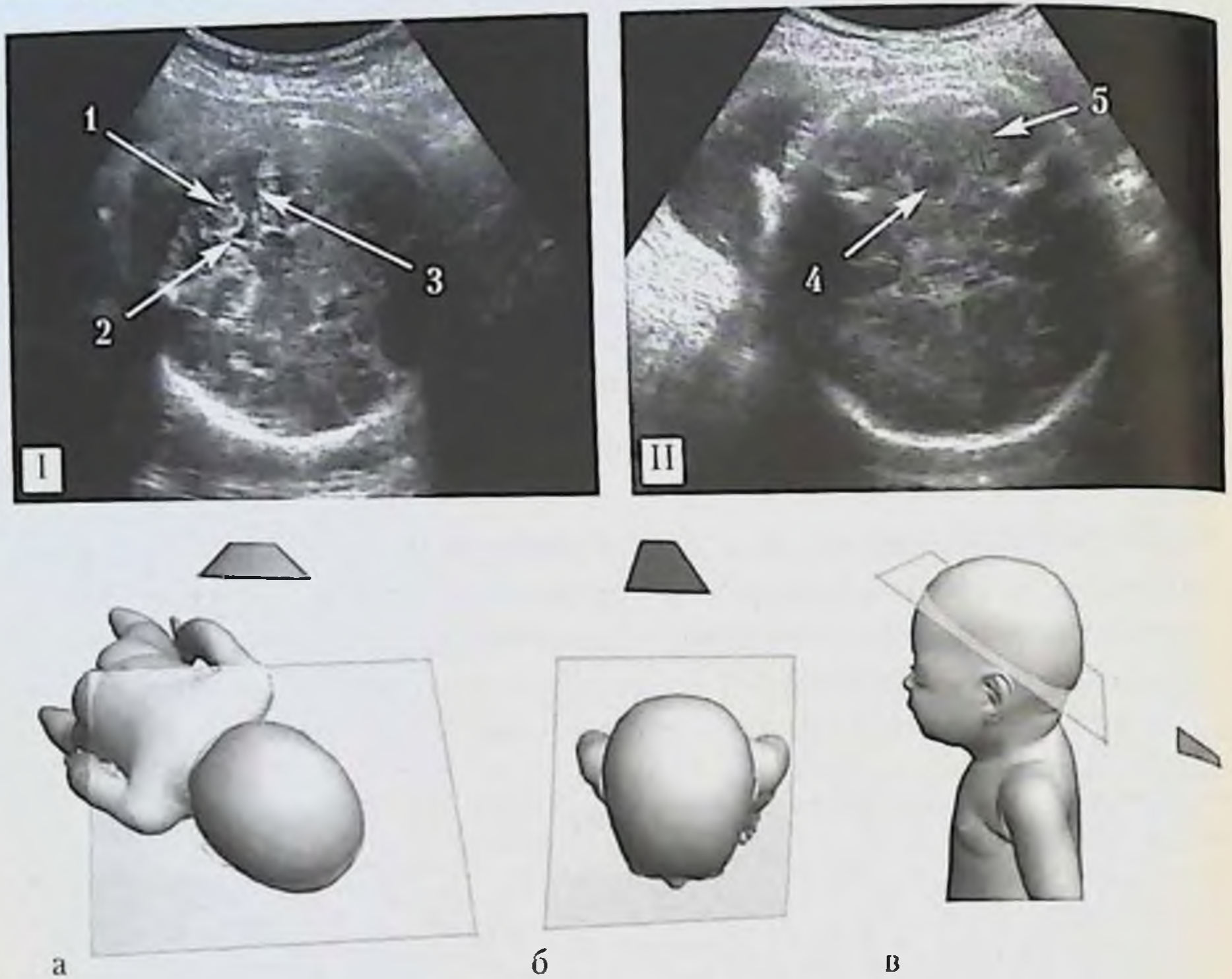
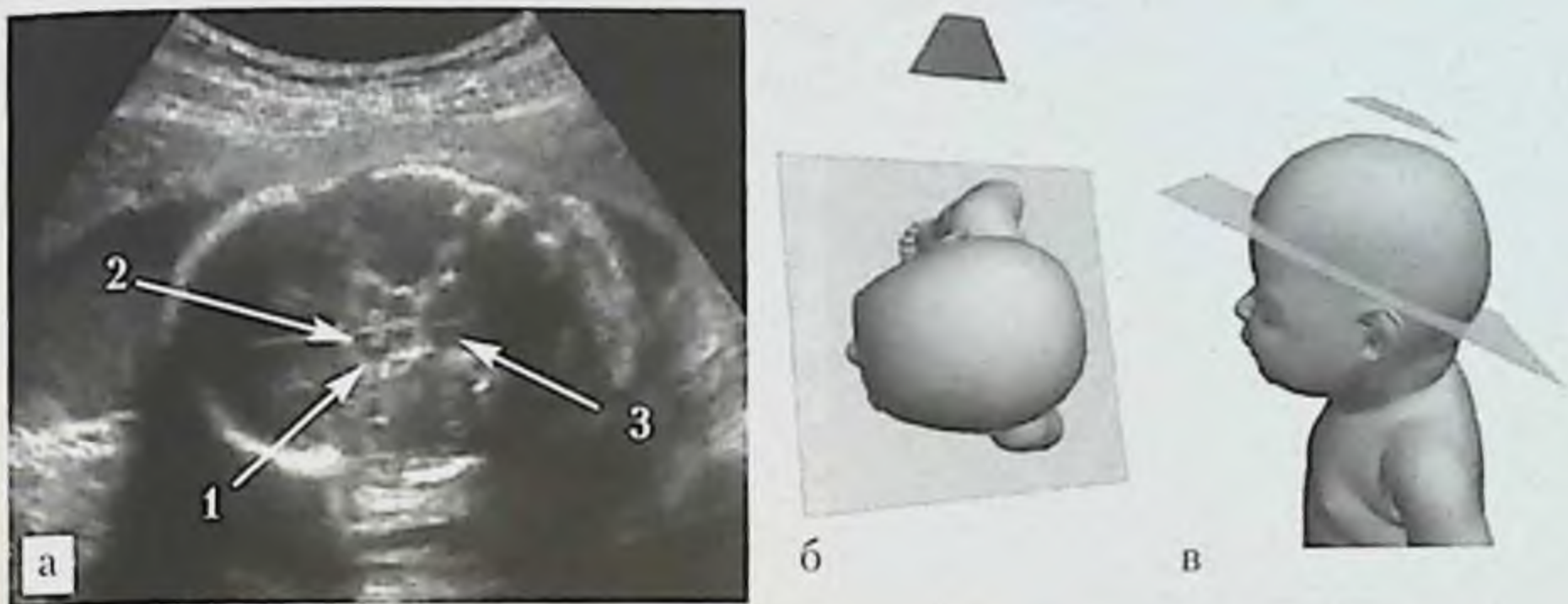


Рис. 1.21. УЗИ головы плода, косая поперечная плоскость через нижнюю поверхность мозжечка. I — эхограмма головы плода на сроке 33 нед (трансабдоминальный доступ со стороны затылочной кости и червя мозжечка): 1 — червь мозжечка, 2 — IV желудочек, 3 — отражение эхосигналов от белого вещества и листков полушарий мозжечка. II — эхограмма головы плода на сроке 32 нед (трансабдоминальный доступ со стороны нижнего отдела затылочной кости): 4 — поперечное сечение продолговатого мозга, 5 — листки полушарий мозжечка: а, б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

Следующую поперечную плоскость исследования головного мозга получают на уровне зрительного перекреста и хиазматической цистерны (рис. 1.22). На этом же уровне проводится доплерометрическая оценка сосудов основания головного мозга (рис. 1.23).

Изучение поперечной плоскости головы плода на уровне основания черепа важно для уточнения границ черепных ямок, что помогает опре-





**Рис. 1.22.** УЗИ головы плода, поперечная плоскость через основание головного мозга: *а* — эхограмма головы плода на сроке 34 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой височной кости); 1 — зрительный перекрест, 2 — хиазматическая цистерна, 3 — мост; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.23.** Допплерограмма сосудов основания головного мозга плода (режим энергетического доплера) на сроке 34 нед. Поперечная плоскость, трансабдоминальный доступ со стороны правой височной кости: 1 — внутренняя сонная артерия; 2 — средняя мозговая артерия; 3 — задняя мозговая артерия.

делить топографию внутричерепных патологических объектов и состояний (рис. 1.24).

Как видно на рисунке, границами между передней и средней черепной ямками служат крылья основной кости, а средняя и задняя черепная ямка разграничены между собою пирамидками височных костей.

Последней и самой нижней поперечной плоскостью при УЗИ головного мозга плода является плоскость, проходящая через большое затылочное отверстие (рис. 1.25).



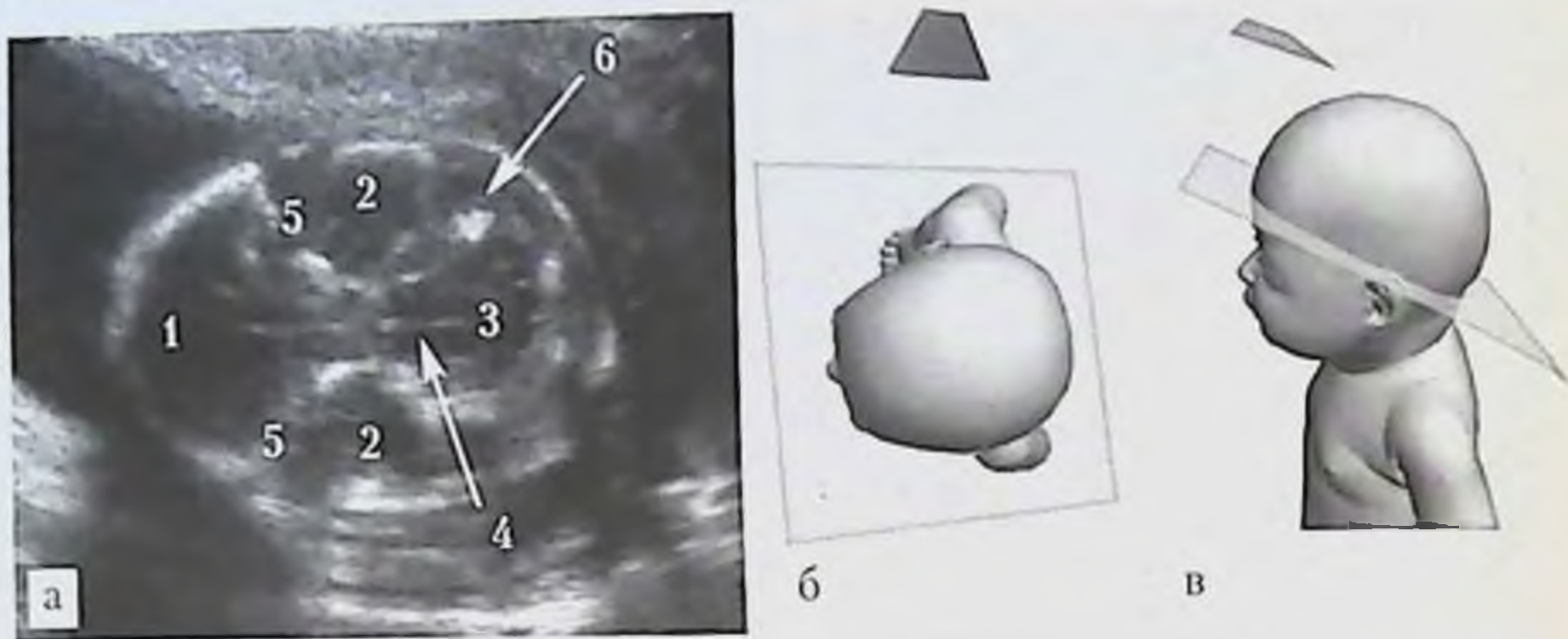


Рис. 1.24. УЗИ головы плода, поперечная плоскость через основание черепа: *а* — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны правой височной кости): 1 — передняя черепная ямка, 2 — средняя черепная ямка, 3 — задняя черепная ямка, 4 — базилярная артерия, 5 — большое крыло основной кости, 6 — пирамида височной кости; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

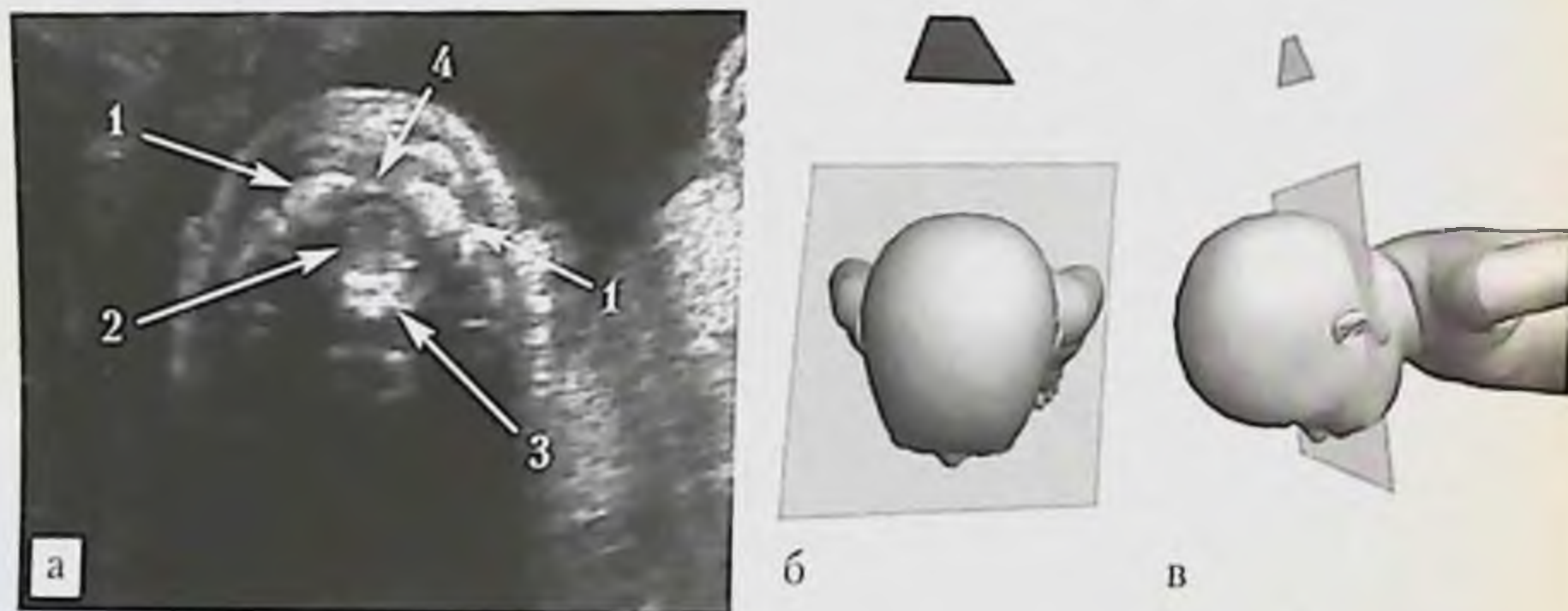


Рис. 1.25. УЗИ головы плода, поперечная плоскость через большое затылочное отверстие: *а* — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны нижней части затылка плода): 1 — боковые части затылочной кости; 2 — большое затылочное отверстие; 3 — базилярная часть затылочной кости, 4 — синхондроз; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

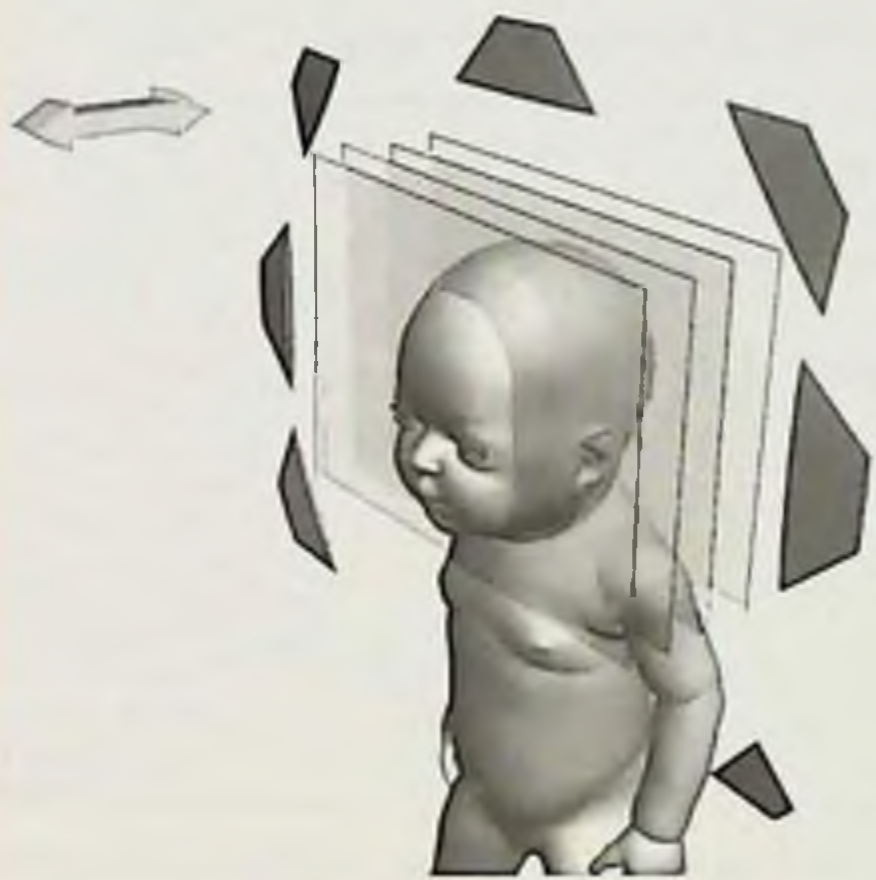
На эхограмме видно, что задней границей большого затылочного отверстия служат боковые части затылочной кости и эхогенная зона меж-



ду ними, являющаяся эхографическим отображением синхондроза. Передняя граница большого затылочного отверстия представлена базиллярной частью затылочной кости и двумя симметричными зонами синхондроза, обеспечивающими соединение базиллярной части с латеральными.

### ***УЗИ головного мозга плода в венечных плоскостях***

Техника ультразвукового исследования головного мозга плода в венечных плоскостях, как и в поперечных, заключается в получении мультиплоскостных изображений из различных точек эхографического доступа с помощью параллельных перемещений датчика из одной точки доступа и с использованием маятникообразных движений (рис. 1.26, 1.27). Также важно получение изображений косых венечных плоскостей (рис. 1.28).



**Рис. 1.26.** Схема расположения датчика и получения изображений головного мозга плода в венечных плоскостях путем его параллельного перемещения.

Начинают получение изображений головного мозга в венечных плоскостях на уровне глазниц и передней черепной ямки, а заканчивают на уровне большой цистерны головного мозга и мозжечка.

При получении изображения первой венечной плоскости оценивают состояние передних отделов головного мозга, лобных рогов боковых желудочков, расположение срединных структур, симметричность полушарий на этом уровне (рис. 1.29).

При смещении плоскости сканирования в сторону затылка плода становятся доступными для визуализации конвексимальная цистерна,





Рис. 1.27. Схема получения изображений головного мозга плода в венечных плоскостях путем маятниковобразных движений датчика из одной точки доступа.



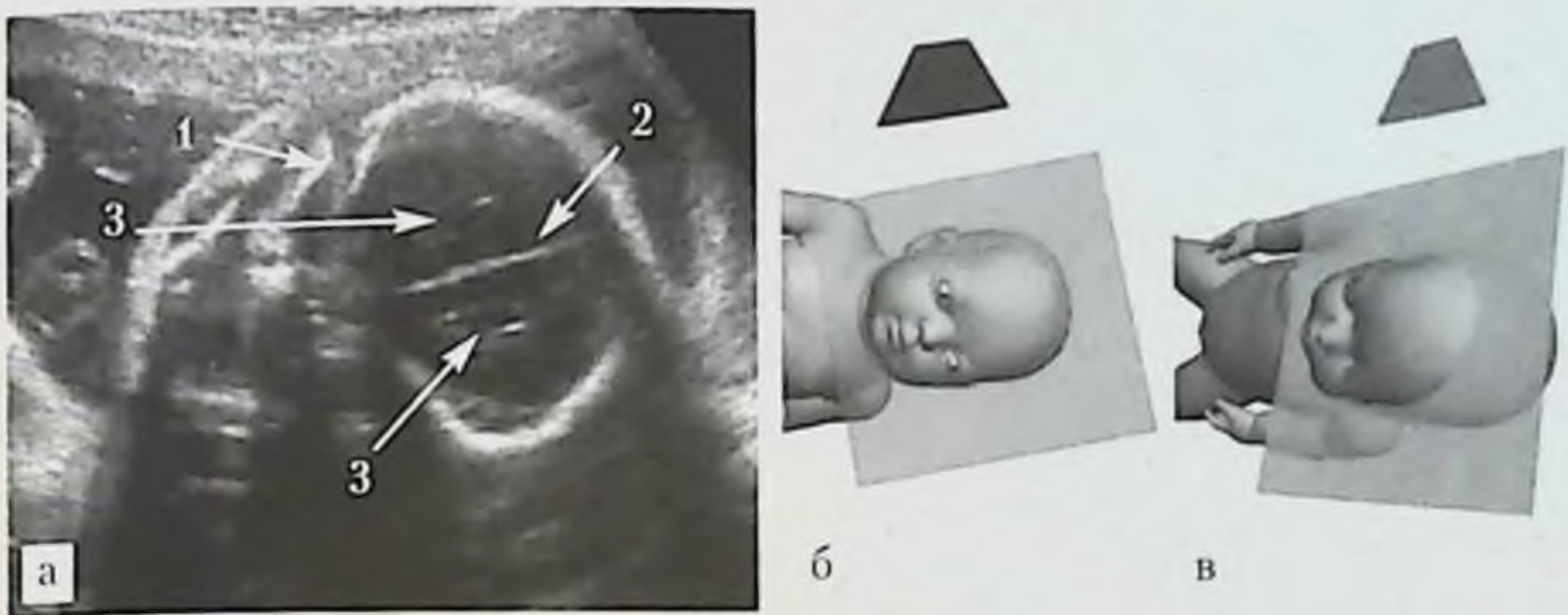
Рис. 1.28. Схема получения изображений головного мозга плода в косых венечных и поперечных плоскостях путем маятниковобразных движений датчика из одной точки доступа.

расположенная в области свода черепа, полость прозрачной перегородки, мозолистое тело, чечевицеобразные и хвостатые ядра, островковая доля и передние рога боковых желудочков (рис. 1.30).

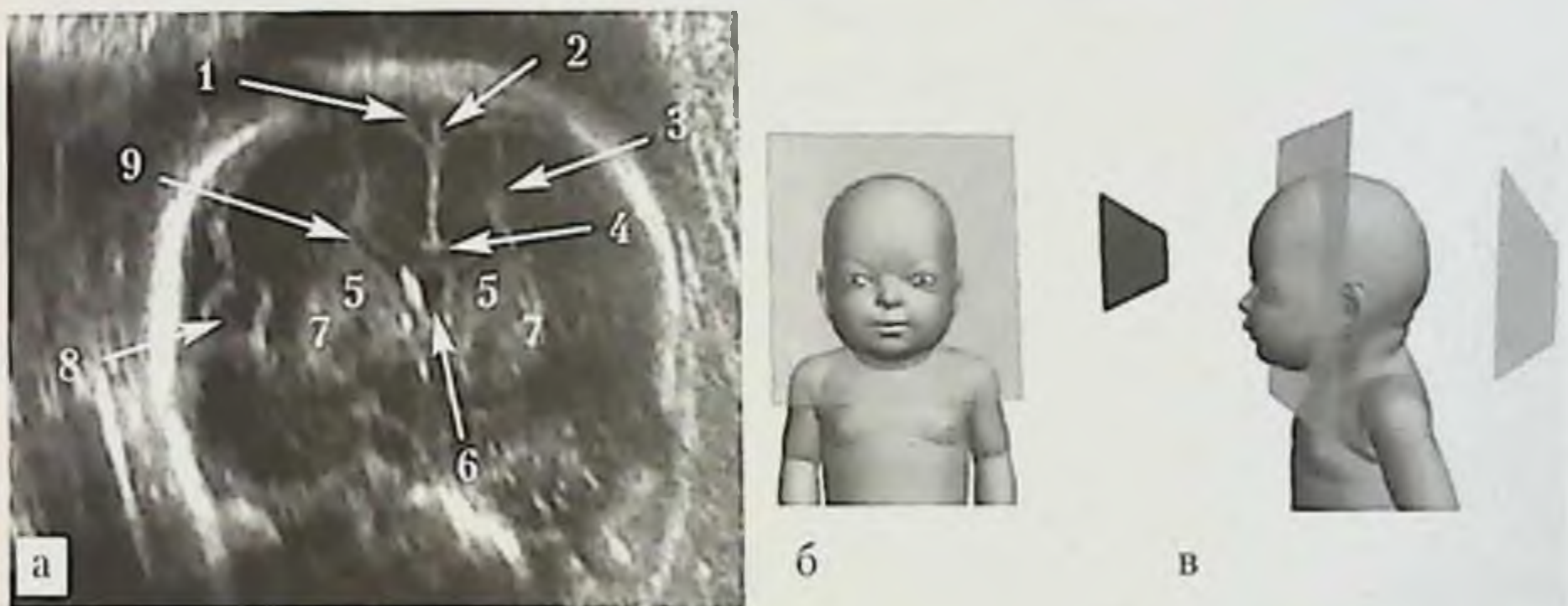
В III триместре беременности венечная плоскость сканирования на уровне ядер четверохолмия имеет ряд отличий, связанных с онтогенетическим развитием головного мозга плода. После 28 нед гестации появляется изображение закрытой островковой доли, связанное с формированием ее борозд, а после 23 нед — изображение поясной борозды и поясной извилины (рис. 1.31).

При дальнейшем смещении венечной плоскости в сторону задней черепной ямки становятся доступными для визуализации извилины гиппокампа, мозжечок и шейный отдел позвоночника (рис. 1.32).





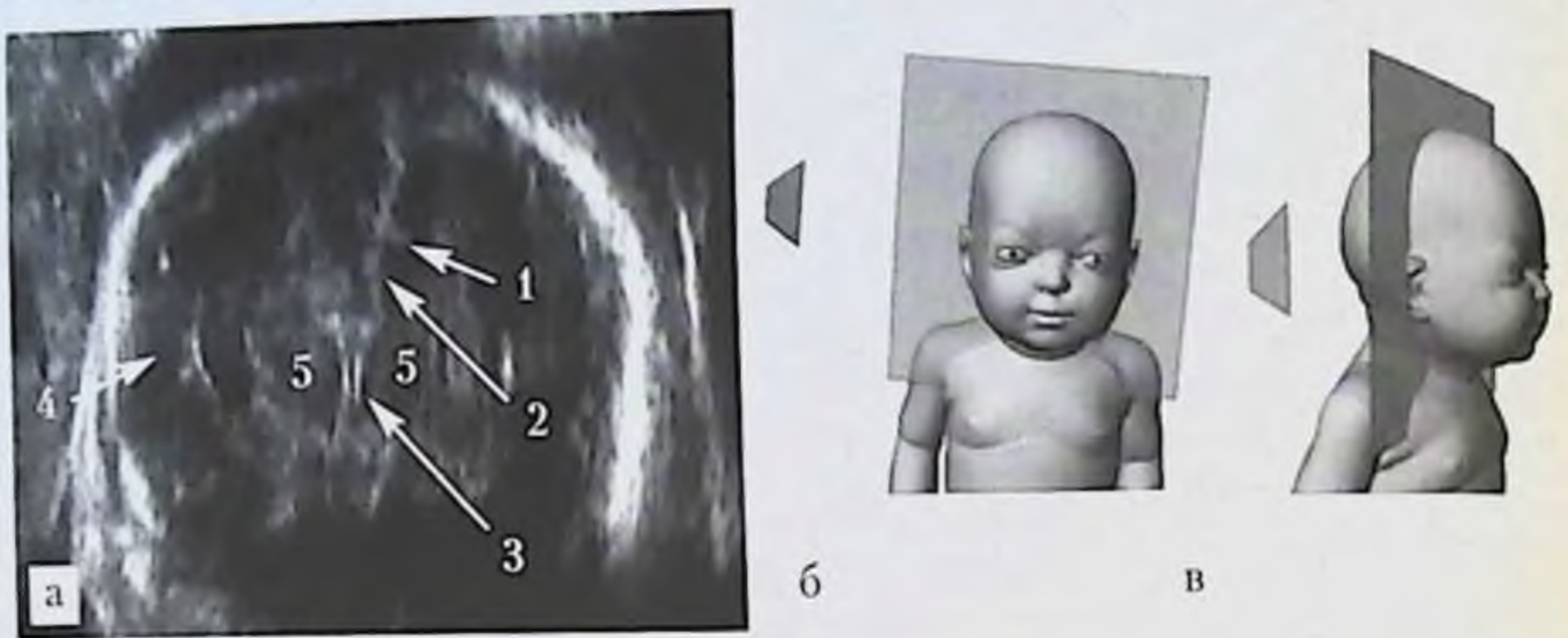
**Рис. 1.29.** УЗИ головы плода, косая венечная плоскость через переднюю черепную ямку: *а* — эхограмма головы плода в 22 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны правого венечного шва): 1 — клиновидный родничок, 2 — серп, 3 — лобные рога боковых желудочков; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



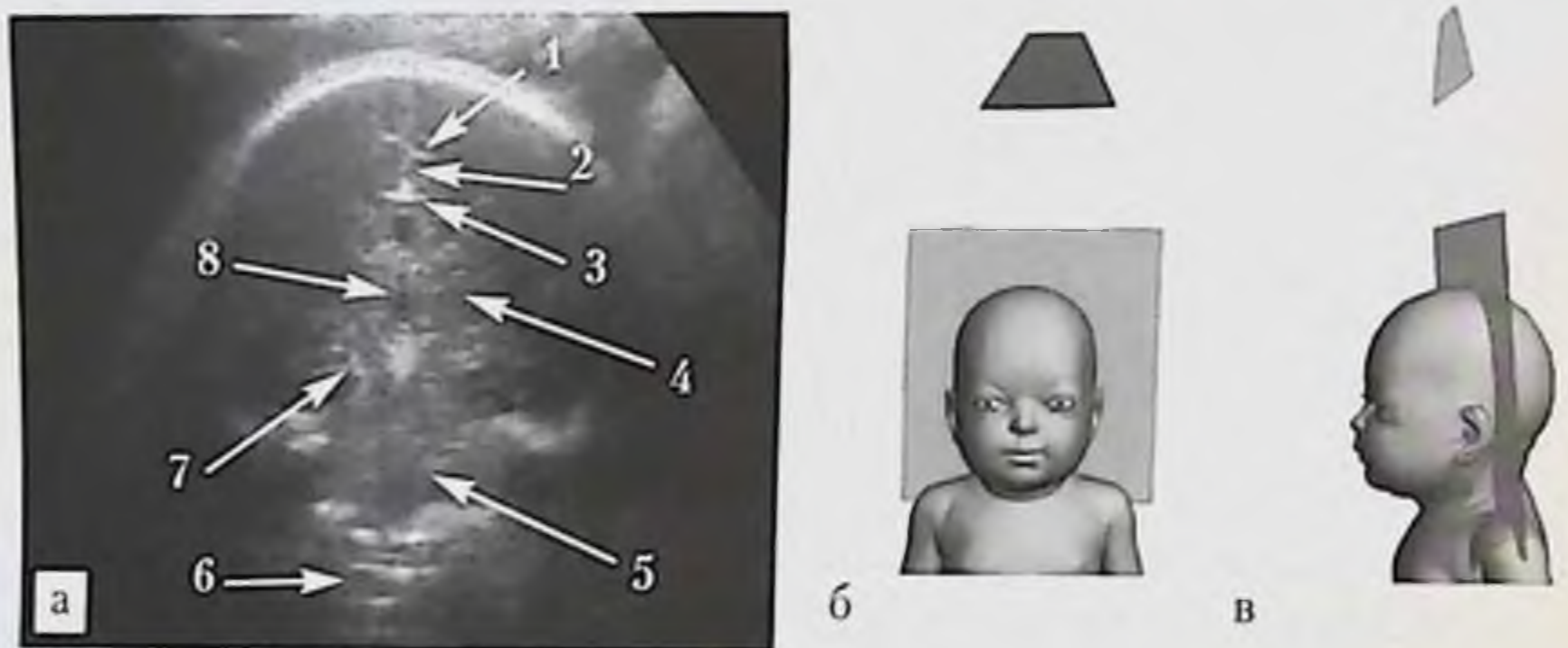
**Рис. 1.30.** УЗИ головы плода, венечная плоскость через передние рога боковых желудочков: *а* — эхограмма головы плода в 22 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости): 1 — конвексимальная цистерна, 2 — серп, 3 — парамедианная линия, 4 — мозолистое тело, 5 — чечевицеобразное ядро, 6 — полость прозрачной перегородки, 7 — хвостатое ядро, 8 — открытая островковая доля, 9 — лобный рог правого бокового желудочка; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

Не менее важным, по нашему мнению, является изображение венечной плоскости головного мозга плода, получаемой на уровне задней черепной ямки через лямбдовидный шов (рис. 1.33). Данное изображение





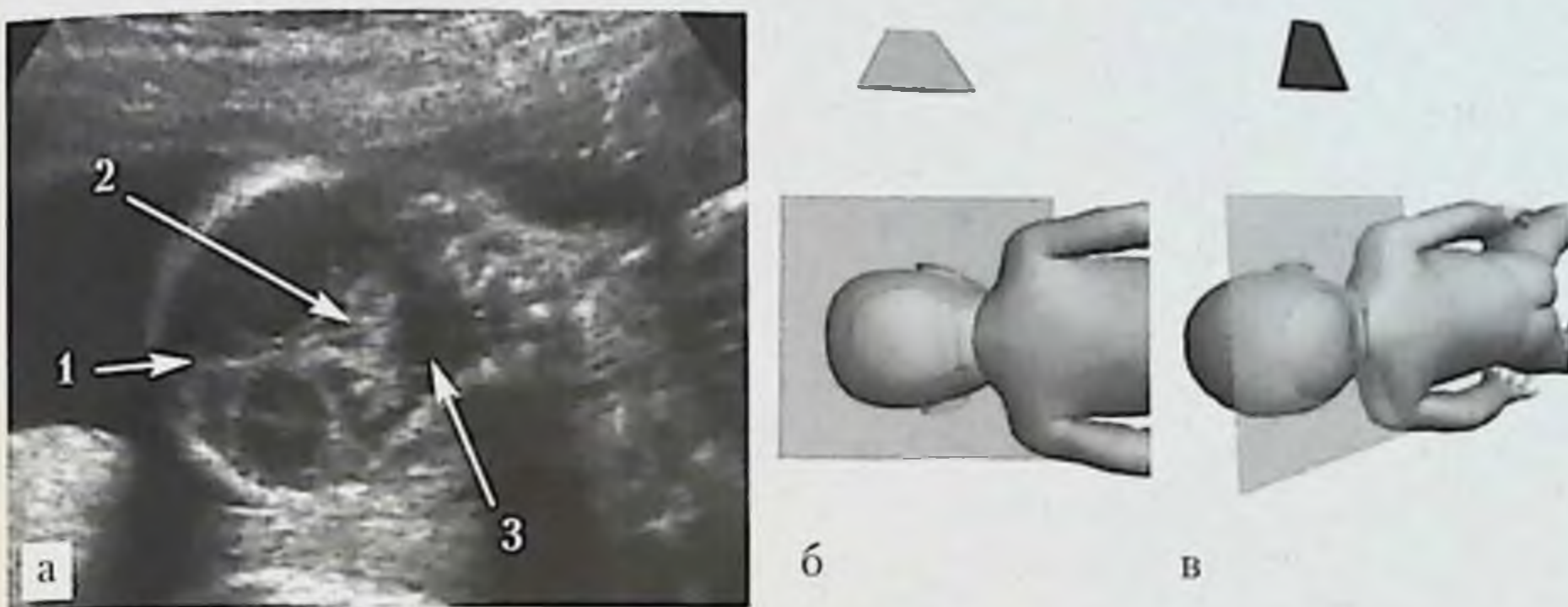
**Рис. 1.31.** УЗИ головы плода, венечная плоскость через таламусы и третий желудочек: *а* — эхограмма головы плода в 32 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — поясная борозда, 2 — поясная извилина, 3 — III желудочек, 4 — закрытая островковая доля, 5 — таламусы; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.32.** УЗИ головы плода, венечная плоскость через таламусы и мозжечок: *а* — эхограмма головы плода в 34 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны заднего родничка): 1 — поясная борозда, 2 — поясная извилина, 3 — мозолистое тело, 4 — таламус, 5 — мозжечок, 6 — шейный отдел позвоночника, 7 — гиппокамп, 8 — III желудочек; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

позволяет достоверно оценить строение большой цистерны, задних отделов полушарий головного мозга и мозжечка.





**Рис. 1.33.** УЗИ головы плода, венечная плоскость через мозжечок и большую цистерну: *а* — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны лямбдовидного шва): 1 — серп, 2 — задние отделы полушарий мозжечка, 3 — большая цистерна мозга; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

### ***УЗИ головного мозга плода в сагиттальной и парасагиттальной плоскостях***

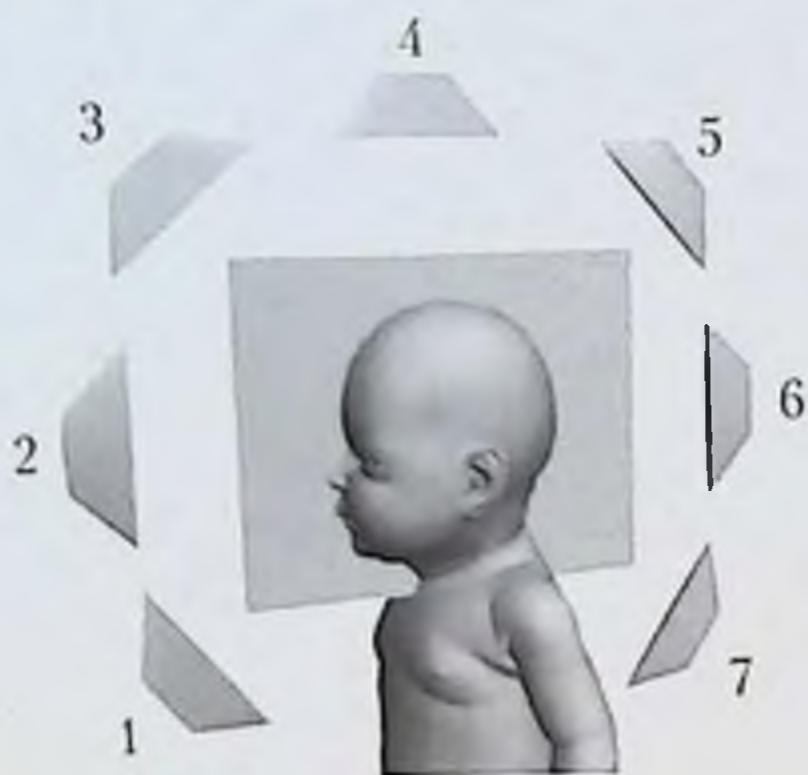
Получение изображений головного мозга плода в сагиттальной плоскости, по нашему мнению, должно быть обязательным при каждом скрининговом УЗИ плода во второй половине беременности независимо от уровня обследования. На рис. 1.34 представлены все основные точки доступа для получения эхографического изображения головного мозга в сагиттальной и парасагиттальных плоскостях.

Техника получения изображений головного мозга плода в сагиттальной и парасагиттальных плоскостях ничем не отличается от таковой при получении изображений в поперечных и венечных плоскостях (рис. 1.35 и 1.36).

Изображение головного мозга в сагиттальной плоскости является наиболее важным для оценки анатомии мозолистого тела, а также топографических взаимоотношений полости прозрачной перегородки, третьего желудочка и мозжечка (рис. 1.37).

На рис. 1.38 представлено строение срединных структур головного мозга плода в сагиттальной плоскости при проведении УЗИ в 34 нед гестации. Особенностью эхографического изображения на данном сроке является наличие борозд на медиальной поверхности полушарий.





**Рис. 1.34.** Варианты расположения датчика при получении изображений головного мозга плода в сагиттальной плоскости: 1 — со стороны нижней челюсти и передней поверхности шеи; 2 — со стороны лицевых структур; 3 — со стороны лобной кости и метопического шва; 4 — со стороны теменных костей и стреловидного шва; 5 — со стороны заднего родничка; 6 — со стороны затылочной кости; 7 — со стороны нижнего отдела затылочной кости и задней поверхности шеи.



**Рис. 1.35.** Схема получения изображений головного мозга плода в сагиттальной и парасагиттальных плоскостях путем параллельного перемещения датчика.

На рис. 1.39 представлены примеры получения изображения мозолистого тела плода в сагиттальной плоскости из различных, в том числе неудобных для начинающих врачей, точек доступа.

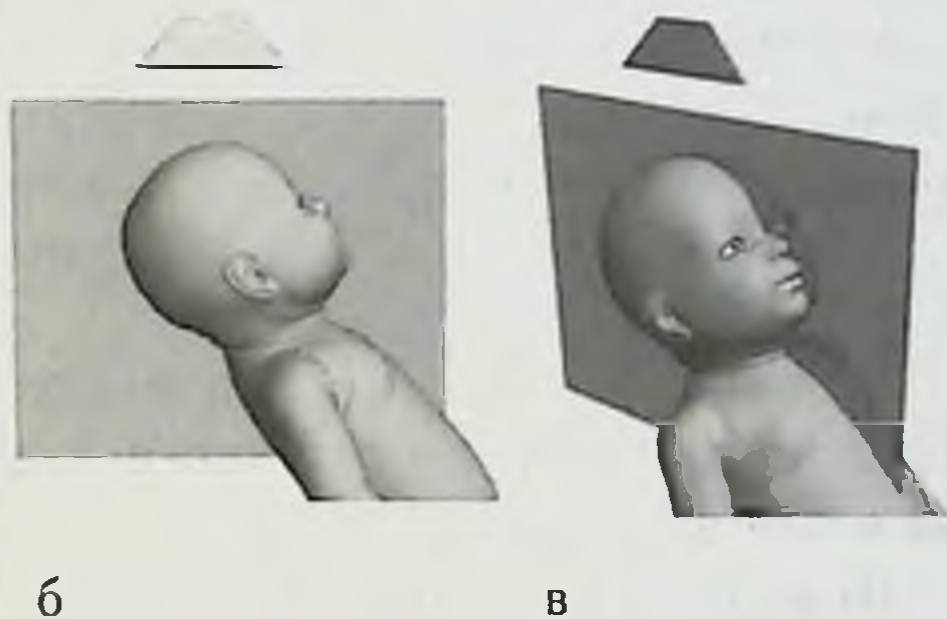
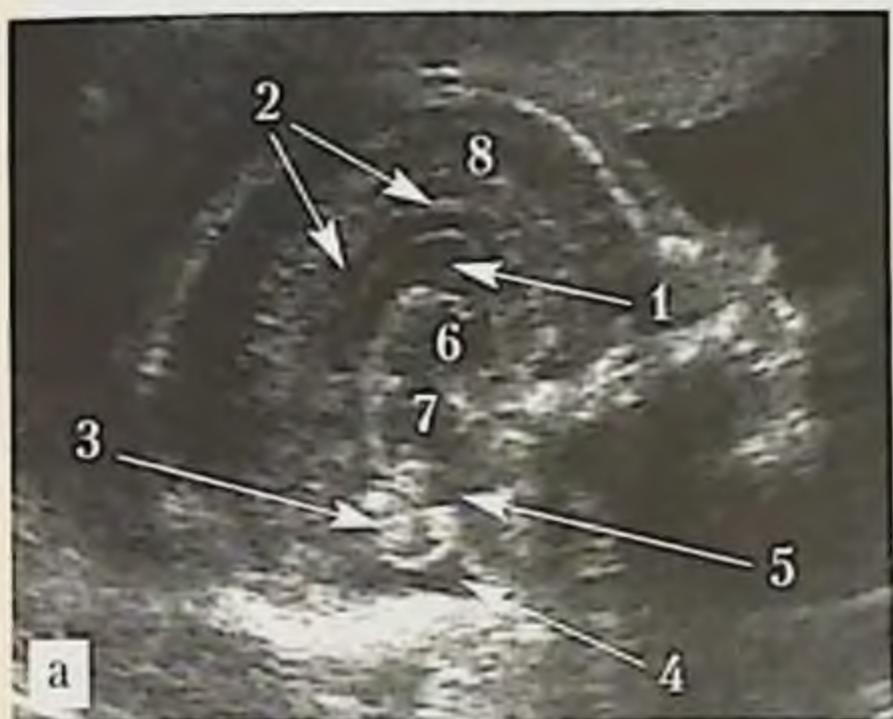
Важным дополнением для оценки мозолистого тела плода является использование режимов цветового доплеровского картирования и энергетического доплера, позволяющих оценить строение его сосудов (рис. 1.40).

Парасагиттальные сечения головного мозга плода позволяют одновременно получить изображения всех отделов боковых желудочков, оценить наличие ликворного «просвета» в нижнем роге, более детально изучить





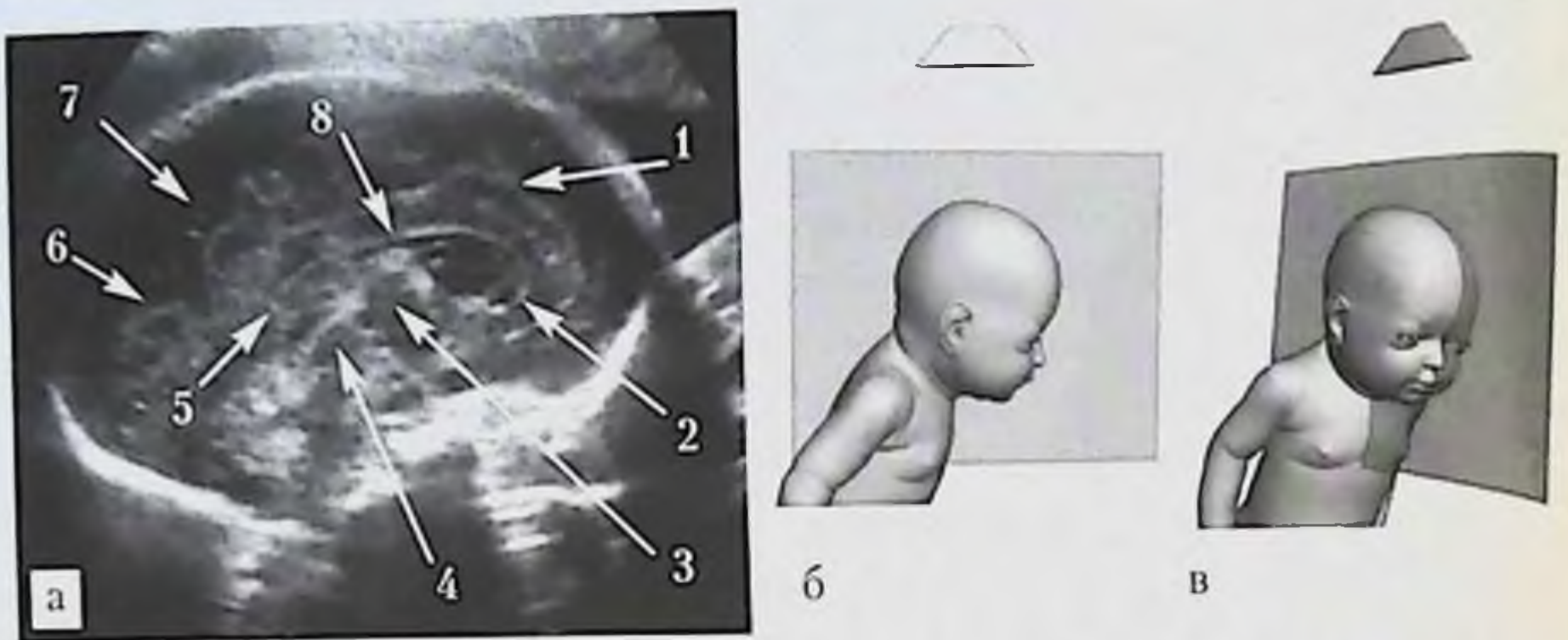
**Рис. 1.36.** Схема получения изображения головного мозга плода в сагиттальной и косых парасагиттальных плоскостях путем маятникообразных движений датчика из одной точки доступа.



**Рис. 1.37.** УЗИ головы плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма головы плода в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны переднего родничка, стреловидного и метопического швов): 1 — полость прозрачной перегородки, 2 — колено и ствол мозолистого тела, 3 — червь мозжечка, 4 — большая цистерна мозга, 5 — IV желудочек, 6 — III желудочек, 7 — ножки мозга, 8 — серп; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

строение сосудистых сплетений (рис. 1.41, I). При нормальном развитии головного мозга ликворный просвет нижнего рога боковых желудочков не определяется. При УЗИ на более поздних сроках беременности определяется закономерное уменьшение ликворного просвета других отделов боковых желудочков и появляется изображение извилин (рис. 1.41, II).





**Рис. 1.38.** УЗИ головы плода, строение медиальной поверхности полушарий и мозолистого тела головного мозга плода в III триместре беременности, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма головы плода в 34 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны заднего родничка и стреловидного шва): 1 — поясная борозда. 2 — колено мозолистого тела. 3 — сосудистое сплетение III желудочка. 4 — ножки мозга, 5 — валик мозолистого тела, 6 — шпорная борозда, 7 — теменно-затылочная борозда, 8 — ствол мозолистого тела; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

На рис. 1.42 представлены изображения боковых желудочков головного мозга плода при различных вариантах расположения точек доступа и головы плода.

При смещении плоскости сканирования латеральнее боковых желудочков становится доступной для оценки островковая доля (рис. 1.43, I) на фоне которой в III триместре беременности визуализируются извилины (рис. 1.43, II).

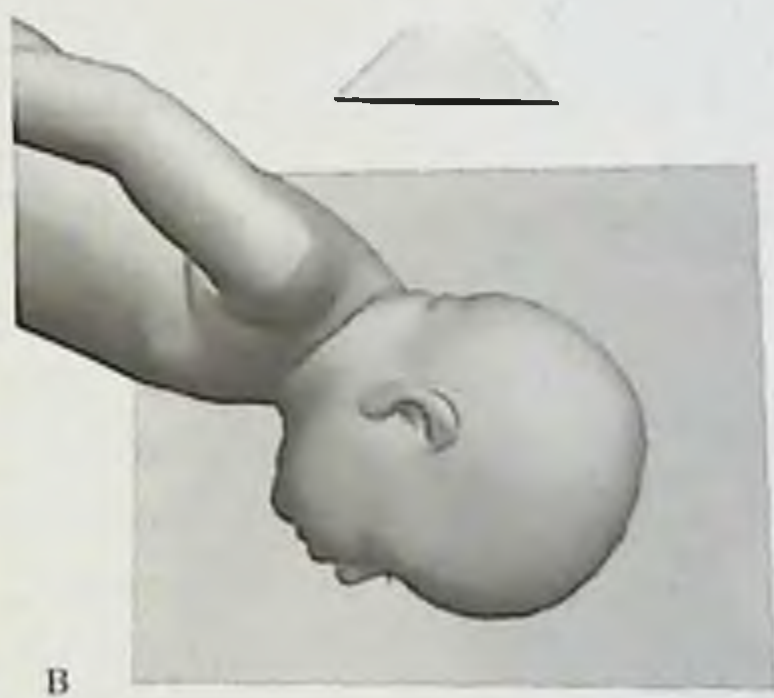
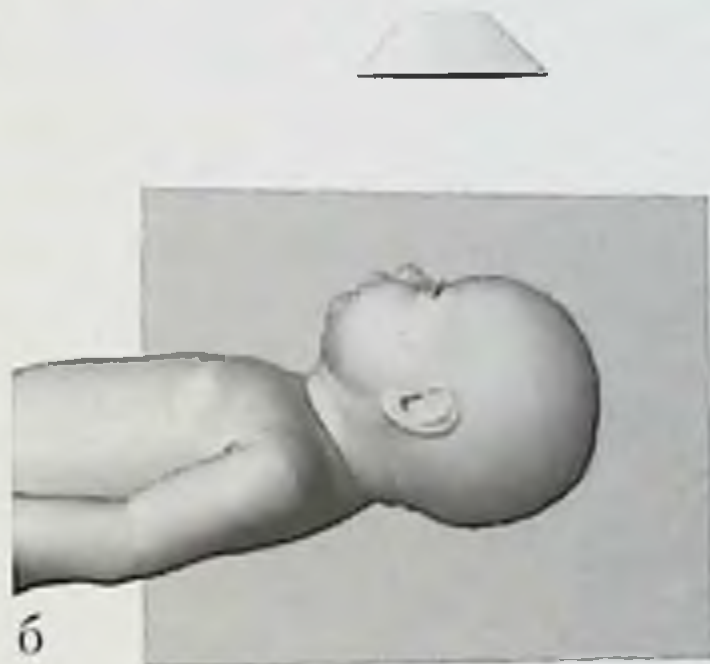
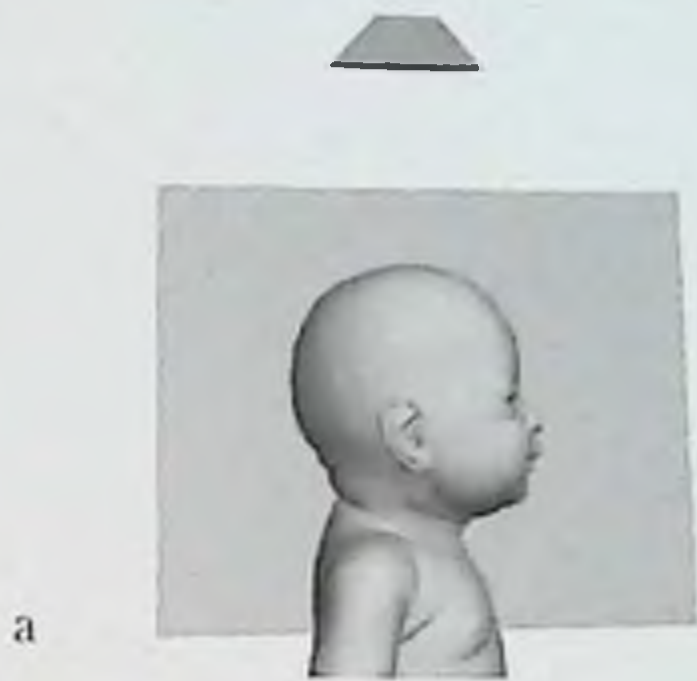
При более латеральном смещении зоны сканирования становится доступной для визуализации наружная поверхность полушария головного мозга, что особенно важно для оценки развития извилин и борозд в III триместре беременности (рис. 1.44).

Суммарные данные о сроках первичной эхографической визуализации некоторых борозд головного мозга плода представлены в табл. 1.3.

### **УЗИ позвоночника плода**

Строение позвоночника плода во второй половине беременности имеет ряд важных особенностей, определяющих его эхографическое отображение. Каждый позвонок имеет три точки окостенения — одну



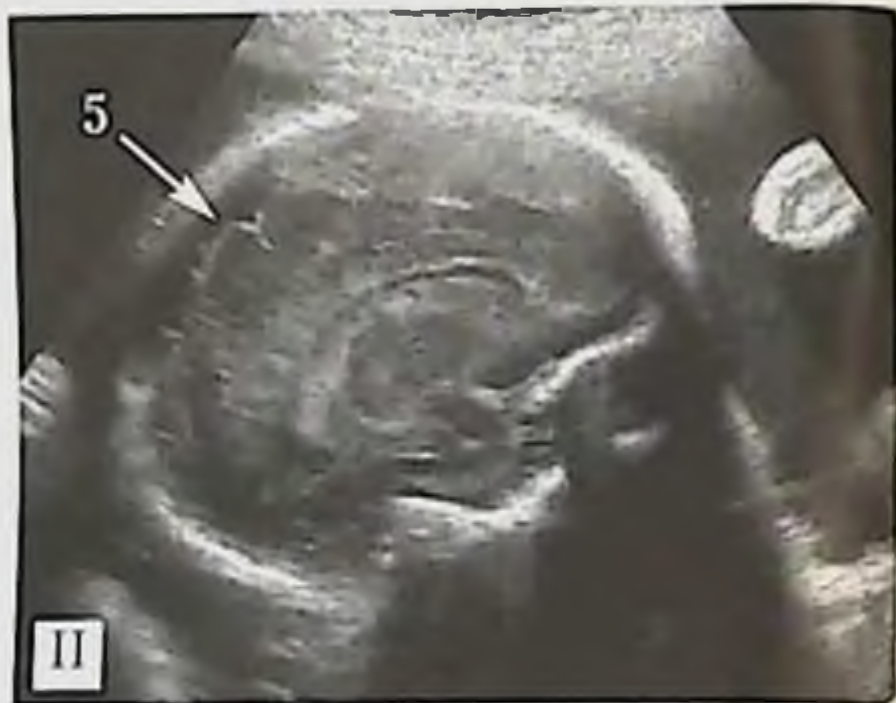
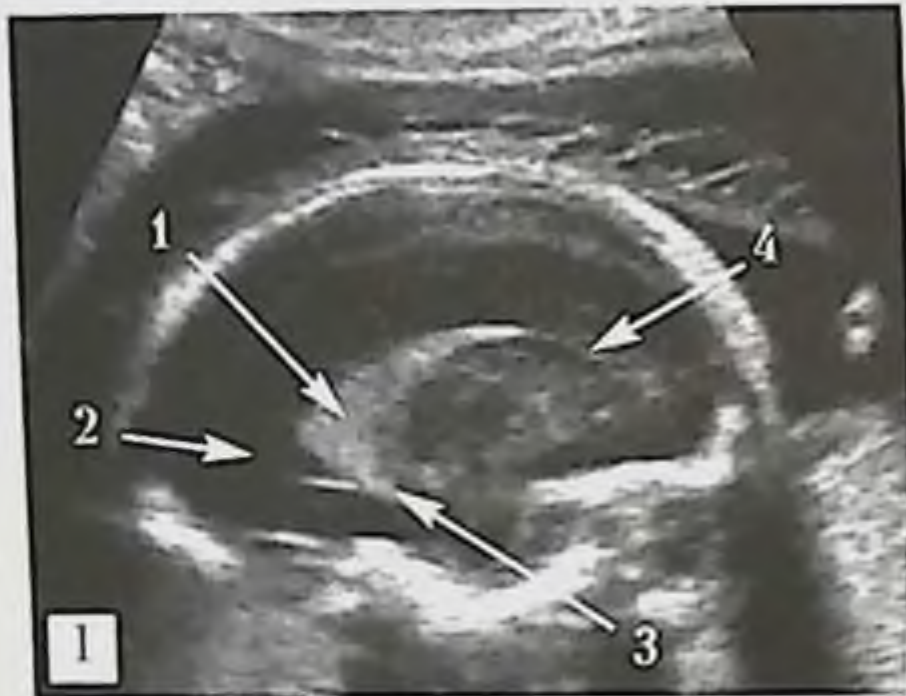


**Рис. 1.39.** УЗИ головы плода. Различные варианты доступов для получения эхограмм головы плода в сагиттальной плоскости: 1 — со стороны стреловидного шва при вертикальном расположении (22 нед гестации), 2 — со стороны метопического шва (34 нед гестации), 3 — со стороны затылочной кости (32 нед гестации), стрелкой указано мозолистое тело; а, б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.





Рис. 1.40. Допплерограмма сосудов средних структур головного мозга плода. Сагиттальная плоскость, трансабдоминальный доступ со стороны переднего родничка: 1 — перикаллезная артерия; 2 — сосуды основания головного мозга.



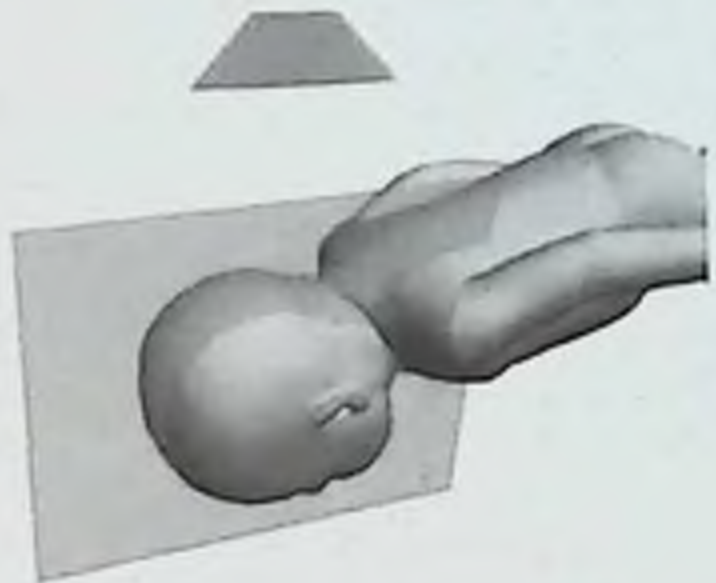
а

Рис. 1.41. УЗИ головы плода, правая парасагиттальная плоскость через боковой желудочек: I — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны стреловидного шва), срок гестации 20 нед II — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны стреловидного шва), срок гестации 32 нед: 1 — гломус сосудистого сплетения бокового желудочка, 2 — задний отдел бокового желудочка, 3 — нижний рог бокового желудочка, 4 — передний рог бокового желудочка, 5 — извилины правого полушария головного мозга; а — схема расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.





а



б



в

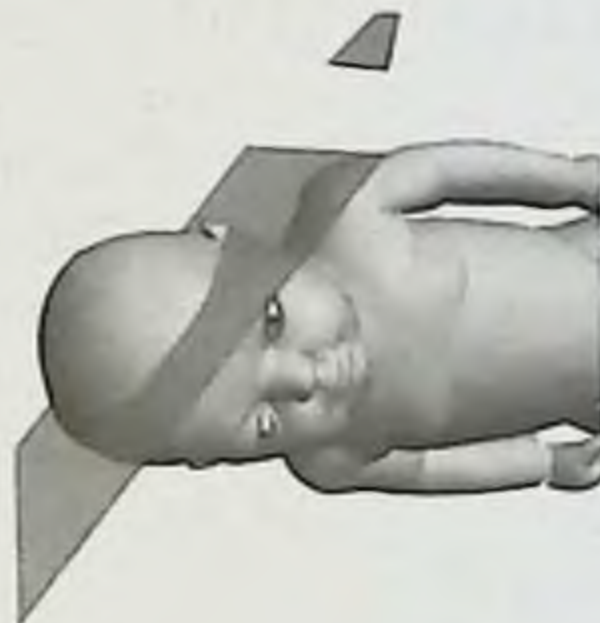
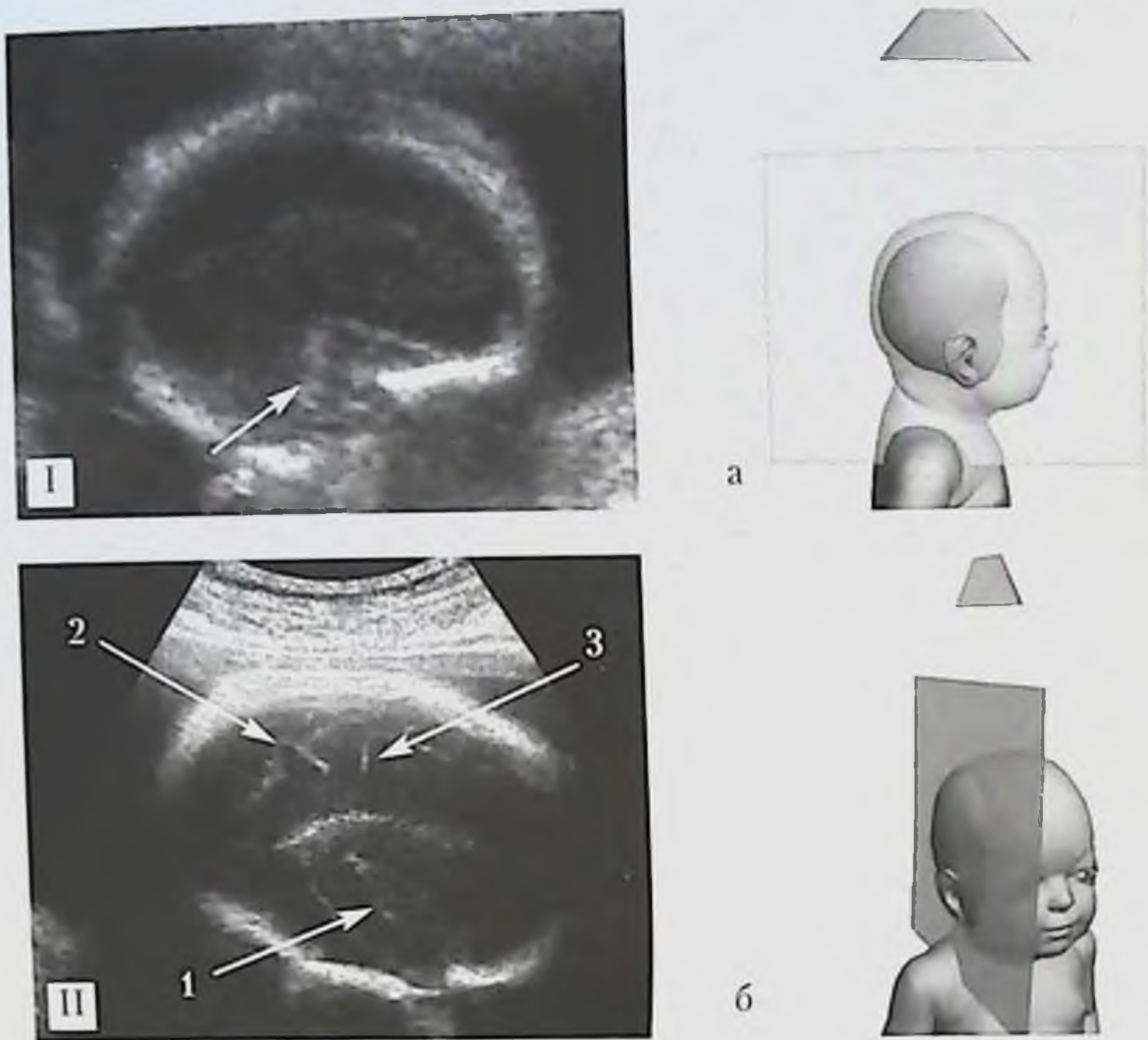


Рис. 1.42. УЗИ головы плода. Различные варианты получения эхограмм боковых желудочков головного мозга плода в парасагиттальной плоскости при сроке гестации 20 нед; I — со стороны затылочной кости, II — со стороны метопического шва, III — со стороны нижнего отдела теменной кости. а, б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



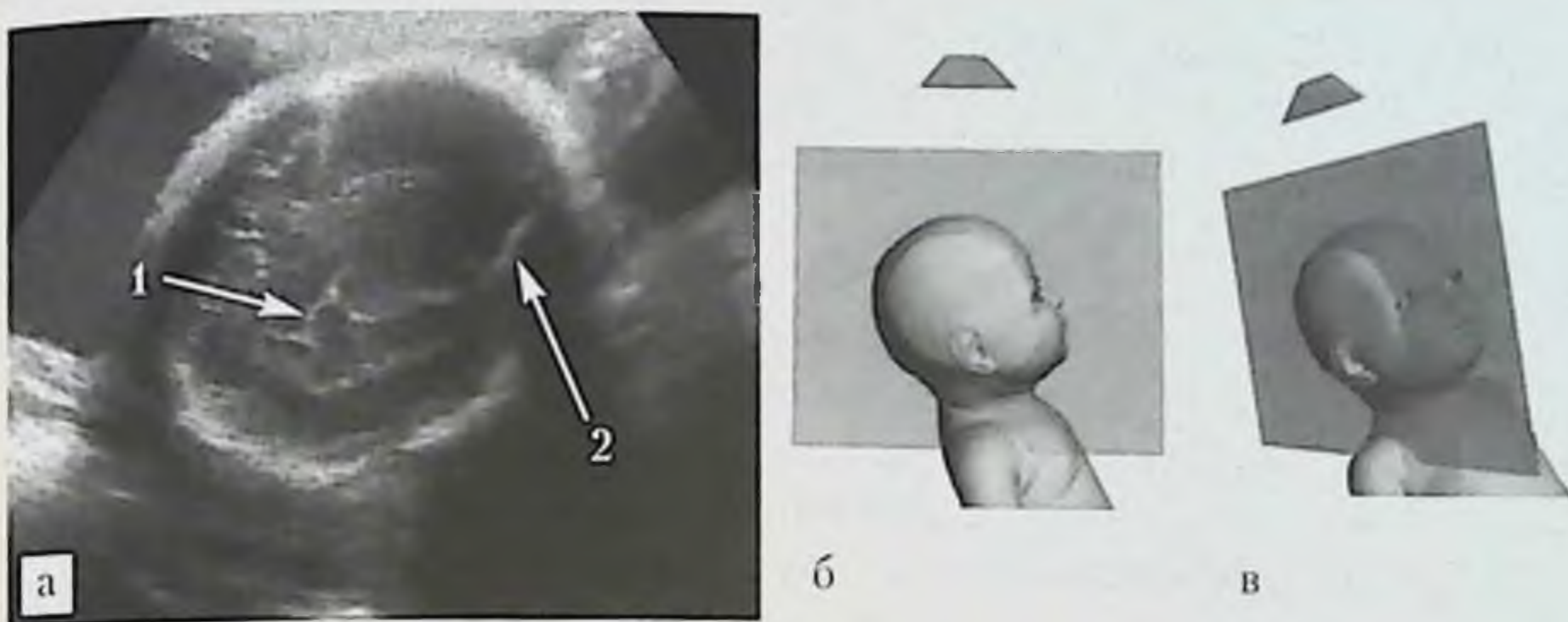


**Рис. 1.43.** УЗИ головы плода. Парасагиттальная плоскость через правую островковую долю: I — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости), срок гестации 19 нед, стрелкой отмечена открытая островковая доля; II — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости), срок гестации 34 нед: 1 — закрытая островковая доля, 2 — извилины правого полушария головного мозга, 3 — центральная борозда; а, б — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

в теле и две в дуге (по одной в каждой ее половине). Эти точки окостенения сливаются лишь к детскому возрасту, а во внутриутробном периоде соединяются между собой зонами синхондрозов.

Ввиду того что костная ткань плода при ультразвуковом исследовании высокоэхогенна, а хрящевая ткань не обладает достаточным уровнем эхогенности для адекватной ультразвуковой оценки, эхографическую картину позвоночника определяют только его оссифицированные





**Рис. 1.44.** УЗИ головы плода. Парасагиттальная плоскость по наружной поверхности правого полушария головного мозга; а — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости), срок гестации 32 нед: 1 — средняя височная извилина, 2 — край глазницы; б, в — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

части. К моменту рождения хрящевое строение сохраняет большая часть тела позвонков, их поперечных отростков и дужек, так как костная ткань занимает в них не больше половины объема. Также представ-

Таблица 1.3

**Сроки первичной эхографической визуализации борозд  
головного мозга плода**

Наименование борозд головного мозга плода	Срок визуализации, нед
Теменно-затылочная борозда [13]	18,5
Шпорная борозда [13]	18,5
Поясная борозда [13]	23
Борозды выпуклой поверхности полушарий [13]	23
Борозда мозолистого тела [14]	14
Сильвиева борозда [10]	13

лены хрящами до конца внутриутробного периода и остистые отростки позвонков, что крайне затрудняет их эхографическое изучение.

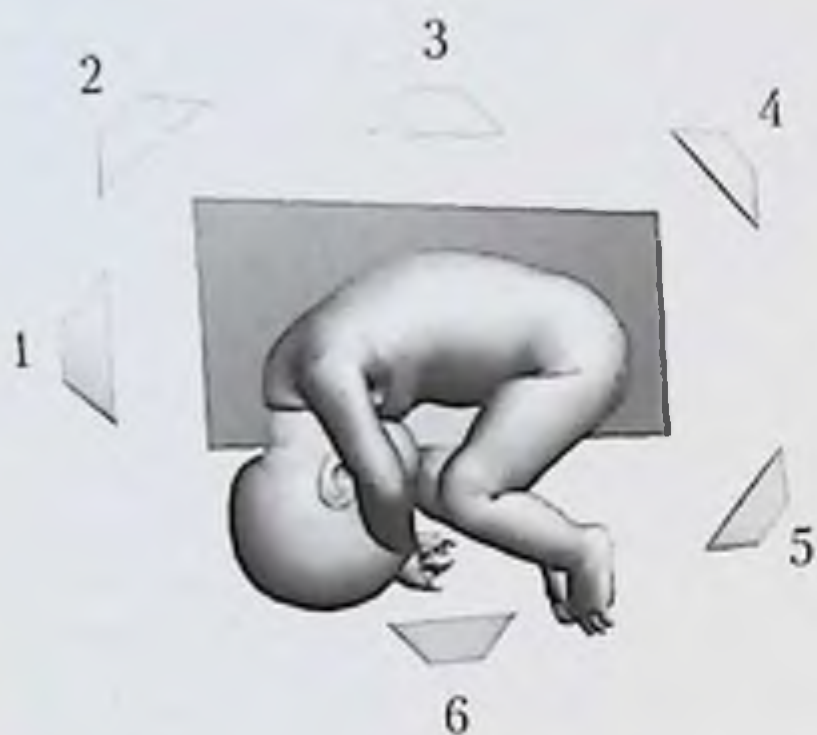
Таким образом, в ходе пренатального УЗИ невозможно осуществить оценку истинных размеров и анатомического строения позвонков, дать точную характеристику их соотношений и топографии.



Физиологические изгибы позвоночника плода представлены преимущественно кифозом, изгибы позвоночника, возникающие в шейном отделе, связаны с движениями плода и во внутриутробном периоде носят временный характер.

### **УЗИ позвоночника плода в сагиттальной плоскости**

Ультразвуковое исследование позвоночника плода начинают с получения изображения в сагиттальной плоскости путем перемещения датчика от головы в каудальном направлении или наоборот. Основные варианты расположения датчика для ее получения представлены на рис. 1.45.



**Рис. 1.45.** Основные варианты расположения датчика при получении изображений позвоночника плода в сагиттальной плоскости: 1 — со стороны задней поверхности шеи и затылка; 2 — со стороны верхнего отдела задней поверхности грудной клетки; 3 — со стороны нижнего отдела задней поверхности грудной клетки и поясницы; 4 — со стороны крестца и копчика; 5 — со стороны промежности; 6 — со стороны передней поверхности туловища плода.

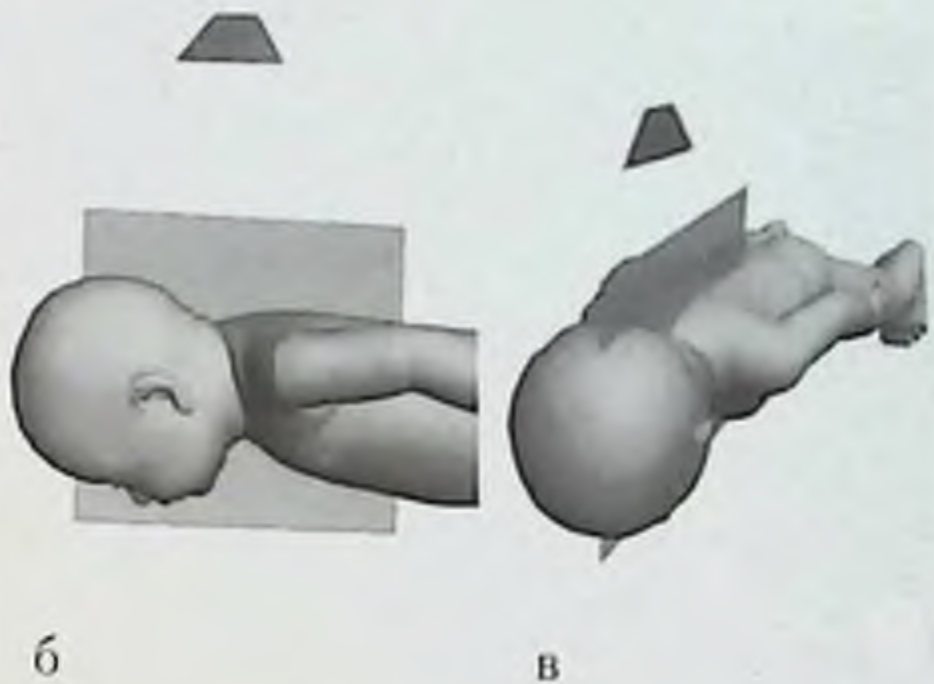
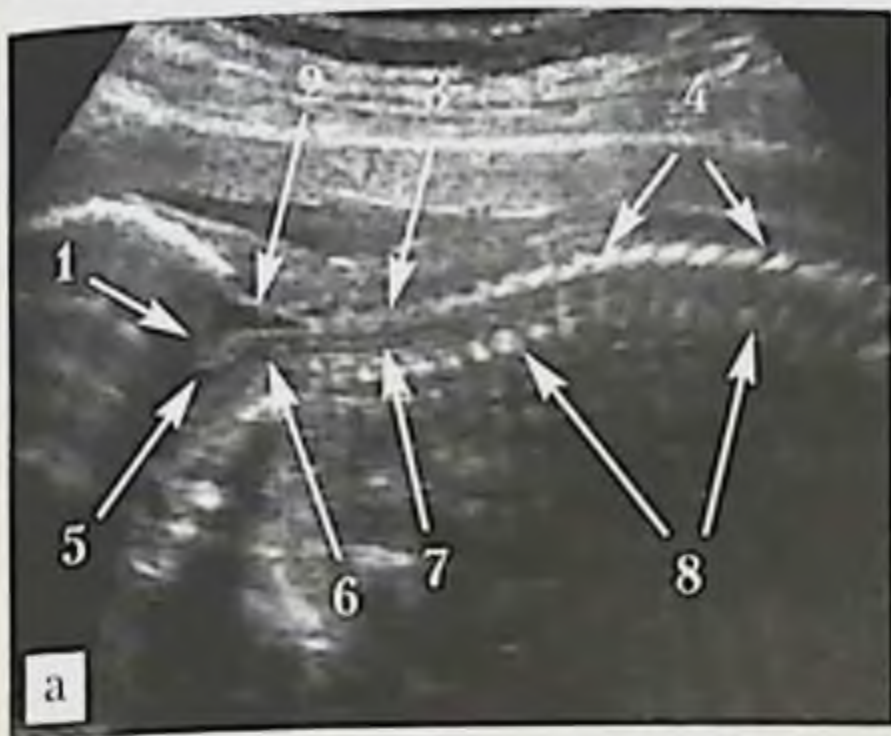
Современные ультразвуковые аппараты позволяют визуализировать в данной плоскости сканирования оболочки спинного мозга (рис. 1.46).

При получении изображения позвоночника плода со стороны задней поверхности грудной клетки (рис. 1.47) важно оценить расстояние от задней границы центров оссификации дужек позвонков до наружной поверхности мягких тканей на всем протяжении. В норме оно должно быть равномерным от нижней границы шейного отдела позвоночника до копчика.

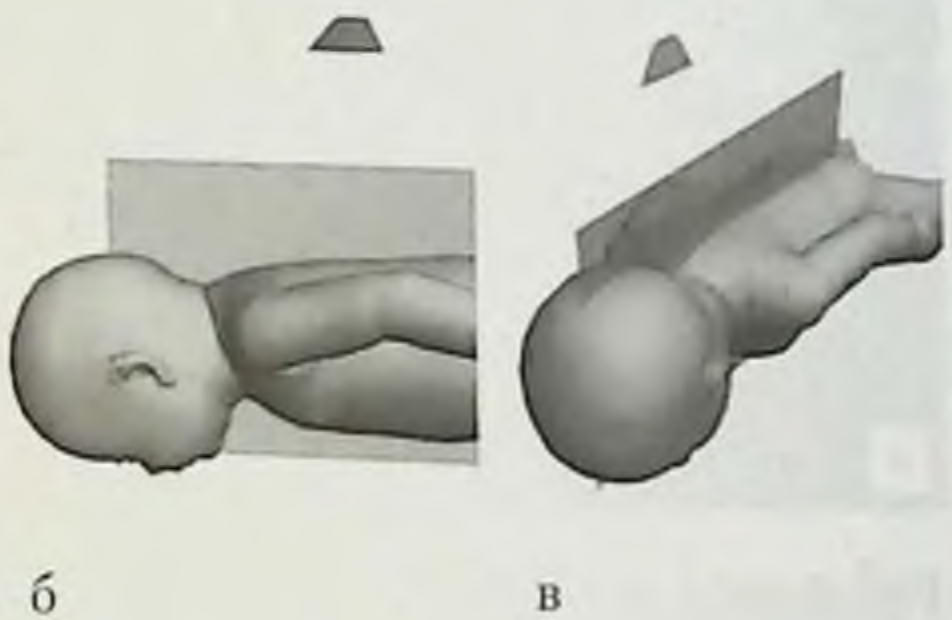
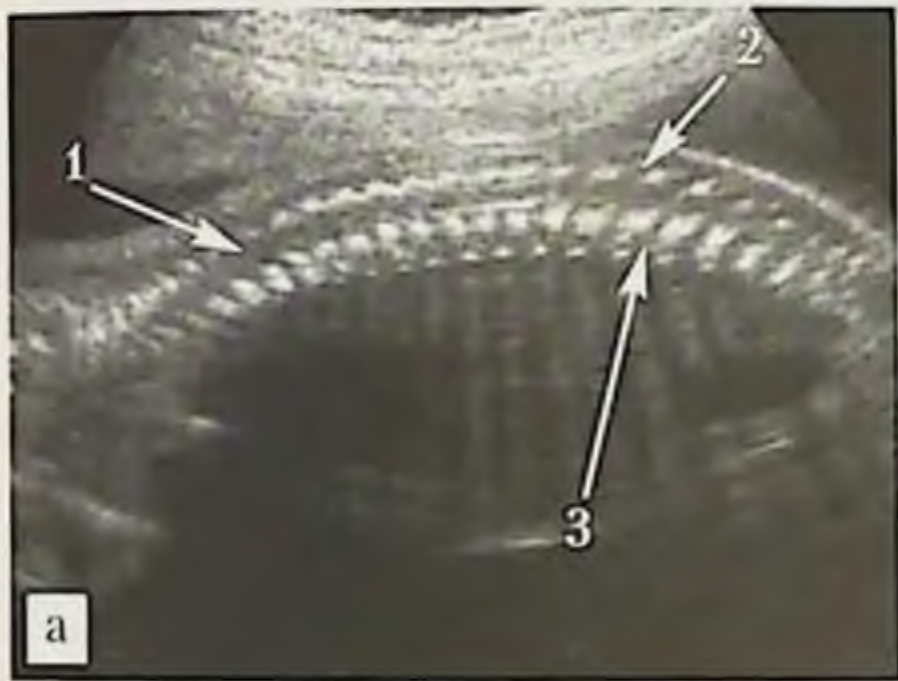
При доступе со стороны передней поверхности туловища плода оценка мягких тканей спины становится затруднительной (рис. 1.48), что часто приводит к ложноотрицательным результатам при наличии сочетанных дефектов позвоночника, мягких тканей и кожного покрова.

Современные ультразвуковые аппараты также позволяют определить и каудальные границы спинного мозга (рис. 1.49). Важно помнить,





**Рис. 1.46.** УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма шейного и верхнего грудного отделов позвоночника в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны задней поверхности шеи и затылка плода): 1 — мозжечок, 2 — большая цистерна, 3 — твердая мозговая оболочка, 4 — центры оссификации дужек позвонков, 5 — IV желудочек, 6 — ствол мозга, 7 — мягкая мозговая оболочка, 8 — центры оссификации тел позвонков; *б, в* — схемы расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.47.** УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма шейного, грудного, поясничного и крестцового отделов позвоночника в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны задней поверхности шеи, грудной клетки и поясницы плода): 1 — спинной мозг, 2 — хрящевые зоны остистых отростков, 3 — межпозвонковые диски; *б, в* — схемы расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

что спинной мозг в 12 нед гестации занимает весь позвоночный канал, а к концу срока беременности оканчивается на уровне III поясничного



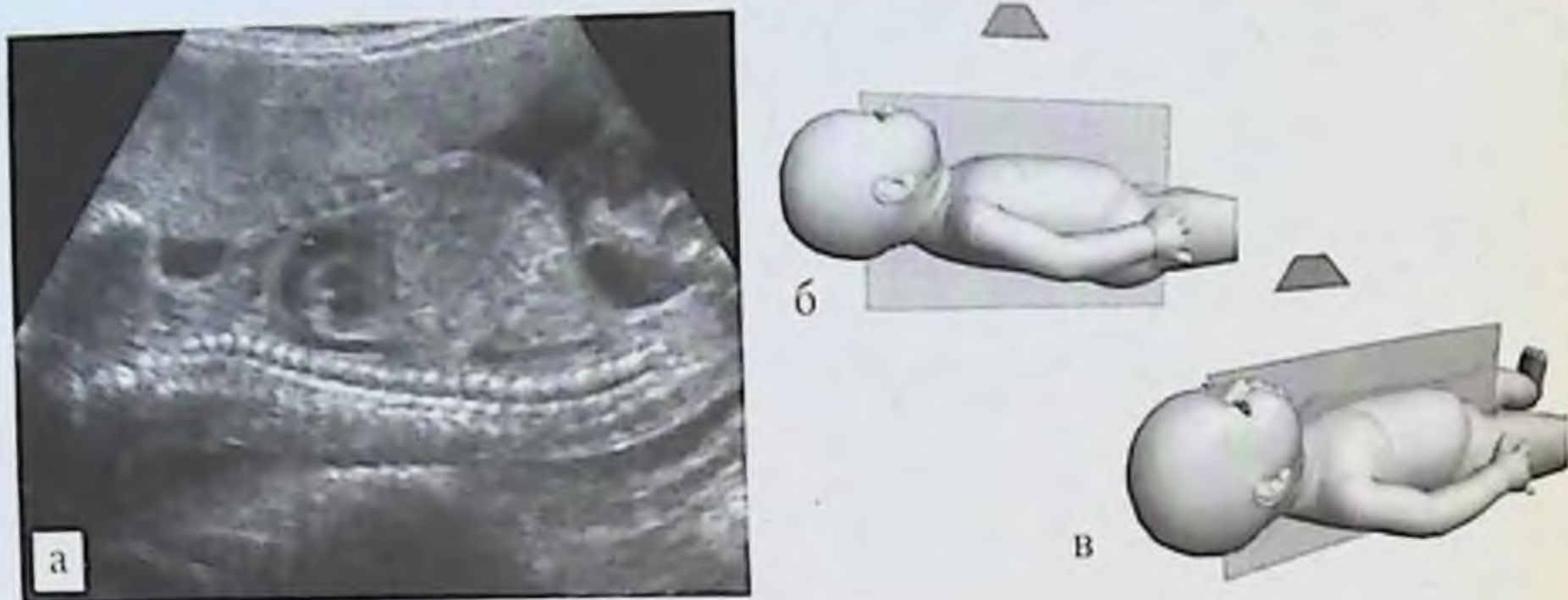


Рис. 1.48. УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма шейного, грудного, поясничного и крестцового отделов позвоночника в 22 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны грудины и передней поверхности живота плода); *б, в* — схемы расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

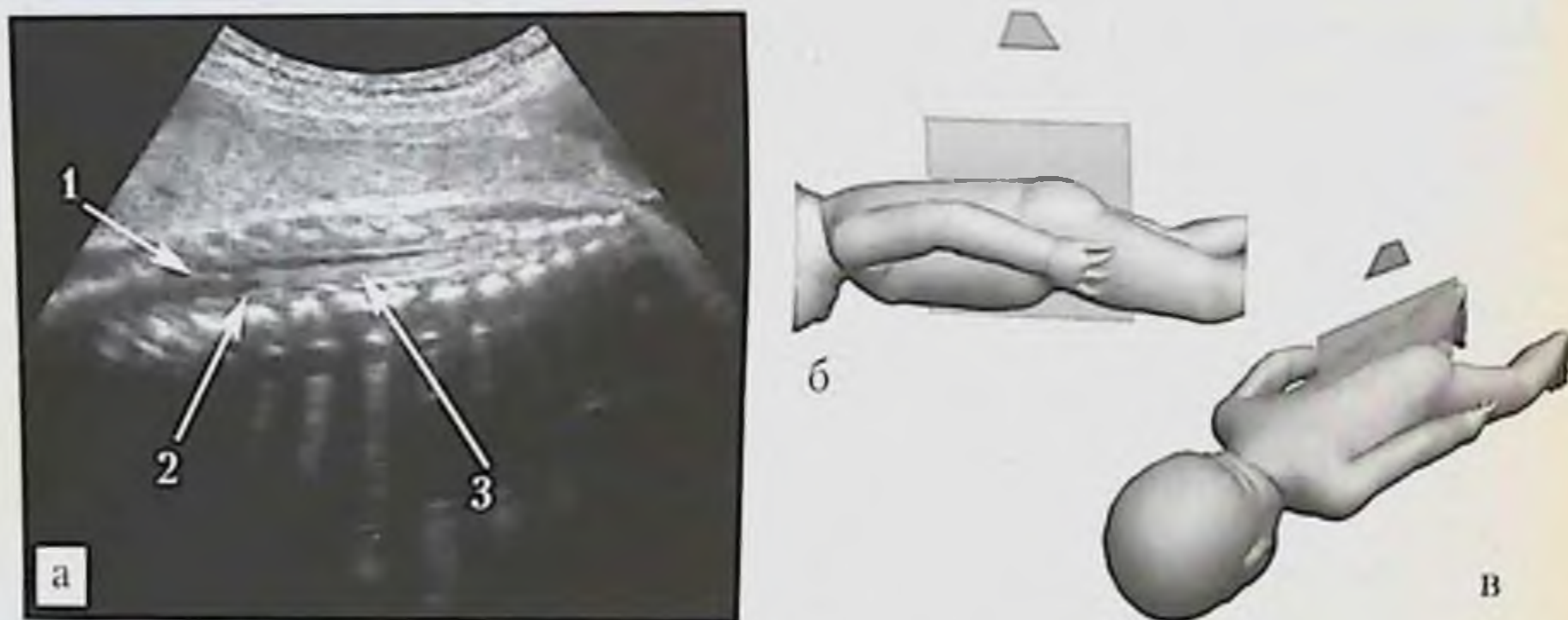


Рис. 1.49. УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма поясничного и крестцово-копчикового отделов позвоночника в 32 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны задней поверхности нижнего отдела туловища плода): 1 — пояснично-крестцовое утолщение спинного мозга, 2 — конус спинного мозга, 3 — конский хвост; *б, в* — схемы расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

позвонок. Визуализация каудальной границы спинного мозга при выявлении дефектов и других патологических состояний позвоночника позволяет определить уровень поражения спинного мозга и конкретизировать постнатальный прогноз.



### УЗИ позвоночника плода в венечных плоскостях

Физиологический кифоз позвоночника затрудняет получение его изображения на всем протяжении в венечной плоскости сканирования, и для этого обычно используется несколько точек доступа (рис. 1.50).

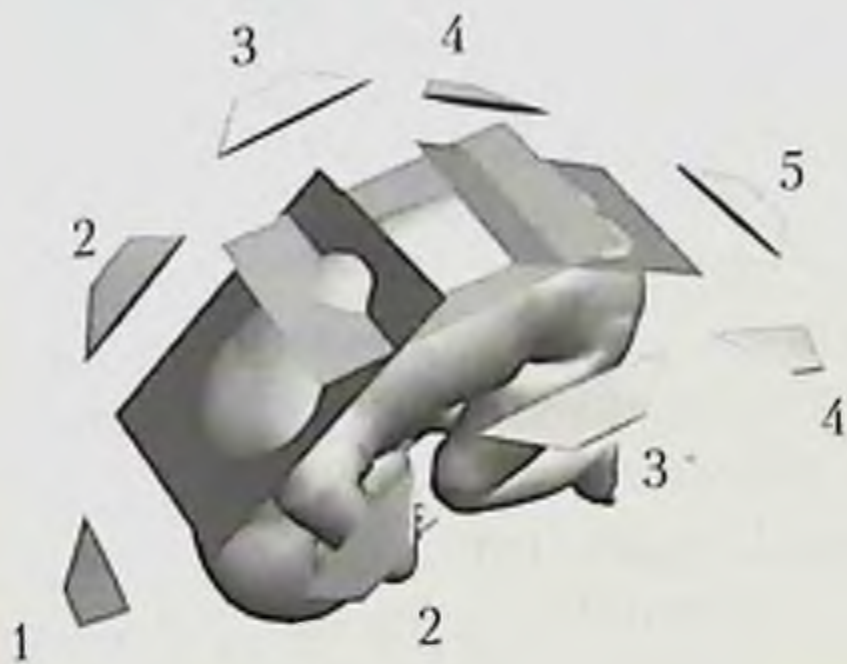


Рис. 1.50. Основные варианты расположения датчика при получении изображений позвоночника плода в венечных плоскостях: 1 — со стороны теменной кости и затылка; 2 — со стороны боковых поверхностей шеи и верхнего отдела грудной клетки; 3 — со стороны боковых поверхностей среднего отдела грудной клетки; 4 — со стороны боковых поверхностей пояснично-крестцового отдела позвоночника; 5 — со стороны копчика и промежности.

Исследование позвоночника плода в венечных плоскостях обычно проводят со стороны боковых поверхностей туловища, перемещая датчик от головы в каудальном направлении и обратно (рис. 1.51, 1.52).

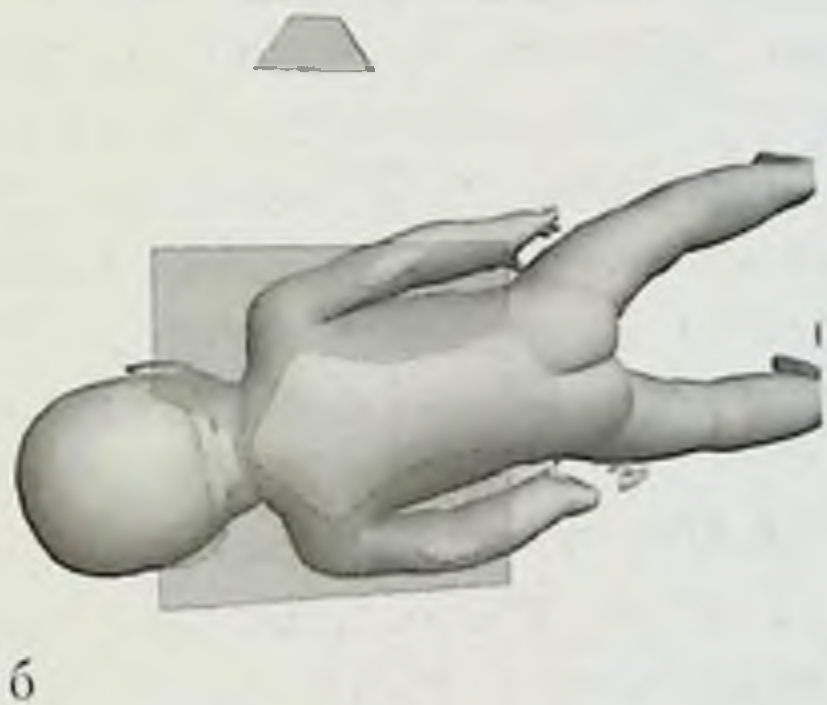
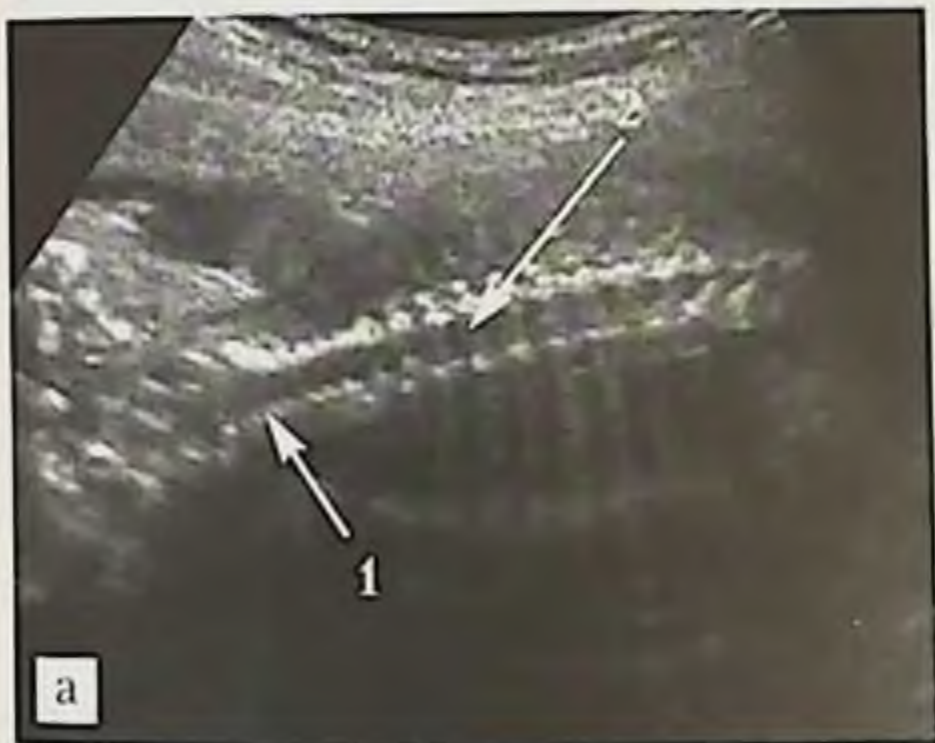


Рис. 1.51. УЗИ позвоночника плода, венечная плоскость: а — эхограмма шейного и грудного отделов позвоночника в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны правой боковой поверхности шеи и грудной клетки плода):

1 — шейный отдел позвоночника; 2 — грудной отдел позвоночника; б — схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.



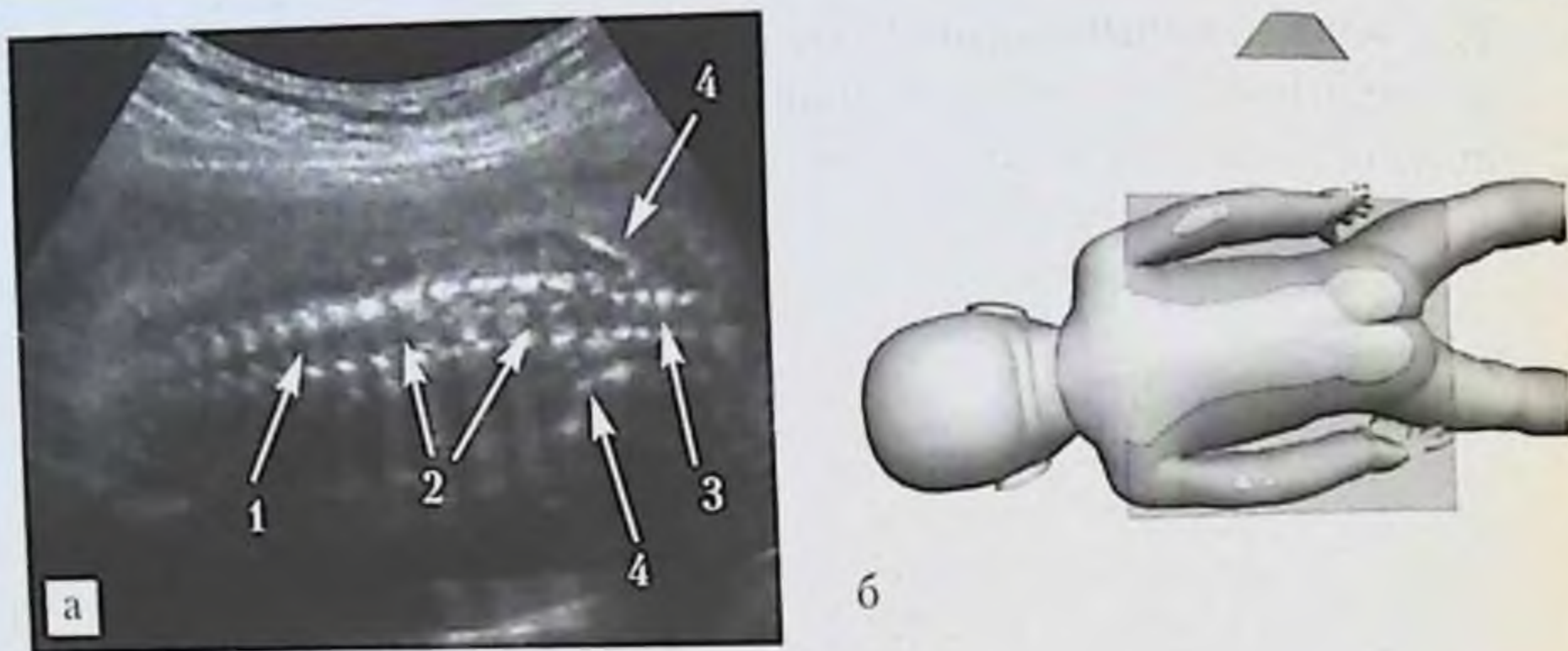


Рис. 1.52. УЗИ позвоночника плода, венечная плоскость: а — грудного, пояснично-крестцового и копчикового отделов позвоночника в 21 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны правой боковой поверхности туловища плода): 1 — грудной отдел позвоночника, 2 — пояснично-крестцовый отдел позвоночника, 3 — копчиковый отдел позвоночника, 4 — крылья подвздошных костей; б — схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

Данная плоскость сканирования является оптимальной для исключения сколиотической деформации позвоночника.

Вертикальное расположение позвоночника плода при локализации его головы внизу позволяет в венечной плоскости получить достоверную информацию о строении копчиковых позвонков (рис. 1.53).

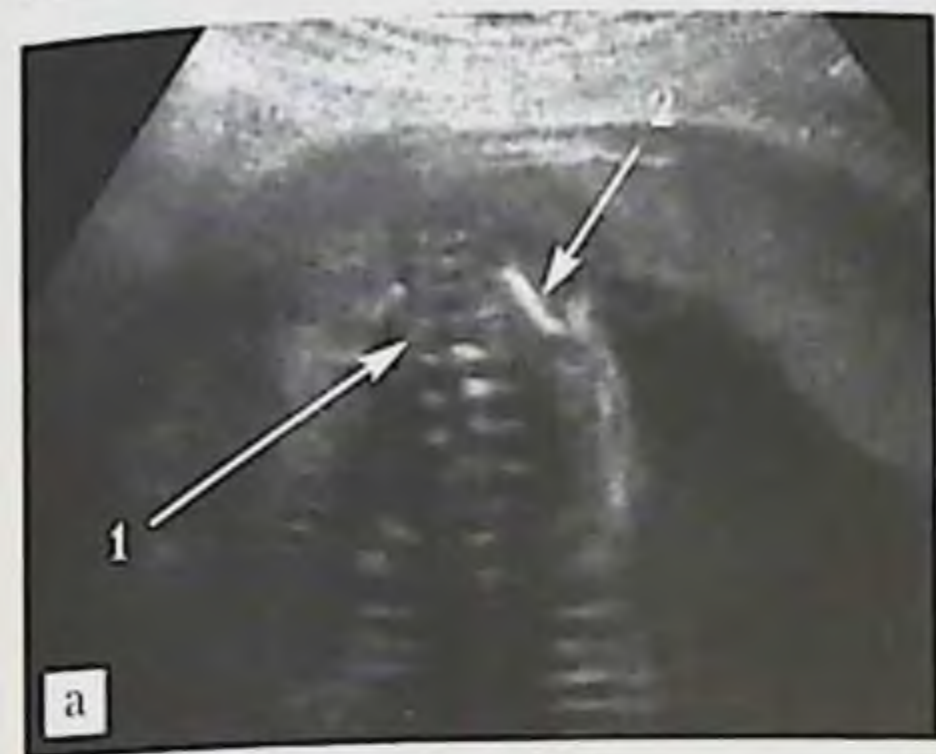
Получить изображения шейного отдела позвоночника в венечной плоскости при его вертикальном расположении возможно, используя доступ со стороны заднего родничка по аналогии исследования головного мозга плода в данной плоскости (см. рис. 1.32).

### ***УЗИ позвоночника плода в поперечных плоскостях***

Техника проведения ультразвукового исследования позвоночника плода в поперечных плоскостях заключается в получении эхографических изображений путем перемещения поперечно расположенного датчика вдоль оси позвоночника в краниальном и каудальном направлении (рис. 1.54), а также путем использования маятникообразных движений из одной точки диагностического доступа (рис. 1.55).

Эхографическое строение позвоночника плода в поперечной плоскости представлено на рис. 1.56.





б



Рис. 1.53. УЗИ позвоночника плода, венечная плоскость: а — эхограмма крестцово-копчикового отдела позвоночника в 22 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны копчика и промежности): 1 — крестцово-копчиковый отдел позвоночника, 2 — крыло подвздошной кости; б — схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.



Рис. 1.54. Схема получения эхографических изображений позвоночника в поперечной плоскости путем перемещения датчика вдоль его оси.



Рис. 1.55. Схема получения эхографических изображений позвоночника в поперечной и венечных плоскостях из одной точки доступа путем выполнения маятникообразных движений.



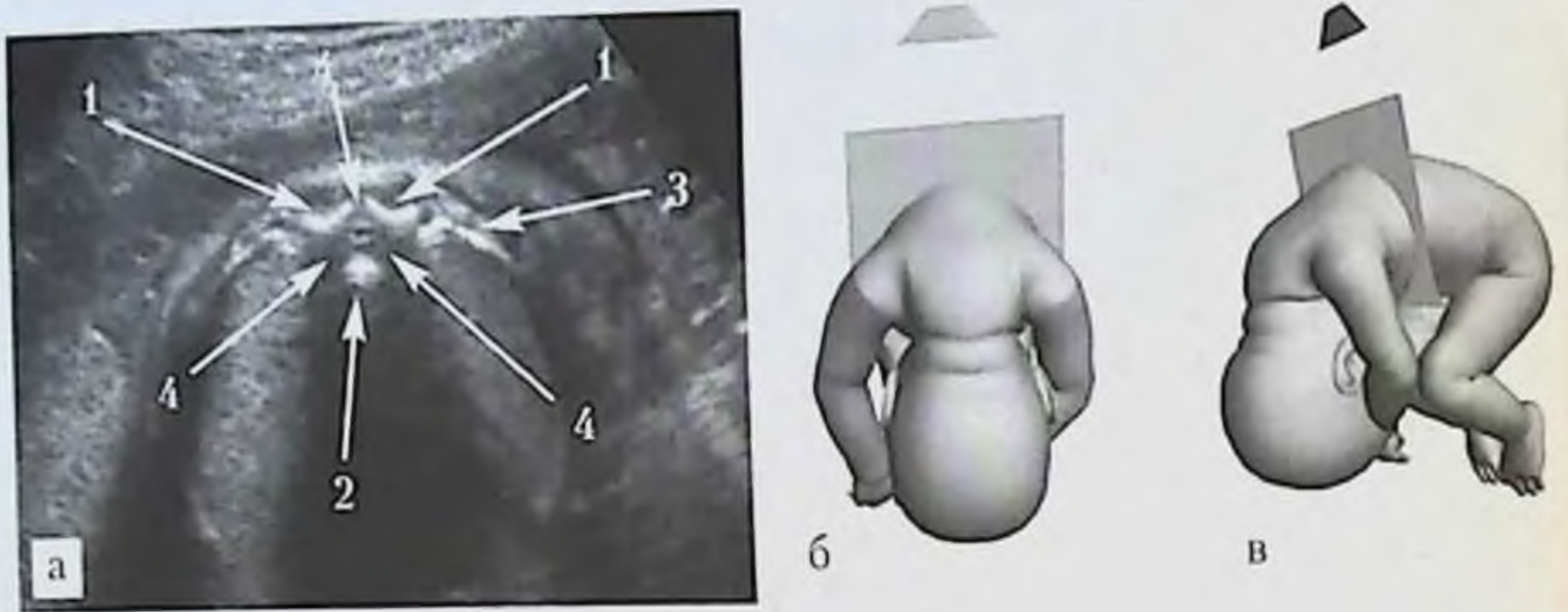


Рис. 1.56. УЗИ позвоночника плода, поперечная плоскость на уровне сердца: а — эхограмма грудного отдела позвоночника (трансабдоминальный доступ со стороны спины плода) в 23 нед гестации: 1 — центры оссификации дужек позвонков, 2 — центр оссификации тела позвонка, 3 — ребро, 4 — зоны синдхондрозов; б, в — схемы расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

Особенно при проведении УЗИ в III триместре беременности становятся доступными для визуализации различия в строении спинного мозга плода в области его каудальной границы. На рис. 1.57 представлены различия в эхографической картине спинного мозга на уровне пояснично-крестцового утолщения (а) и конского хвоста (б) в поперечной плоскости.

Как видно на рисунках, спинной мозг выше своей каудальной границы представлен преимущественно зоной пониженной эхогенности, тогда как передний отдел спинномозгового канала каудальнее границы спинного мозга представлен эхогенным участком, являющимся эхографическим отображением конского хвоста.

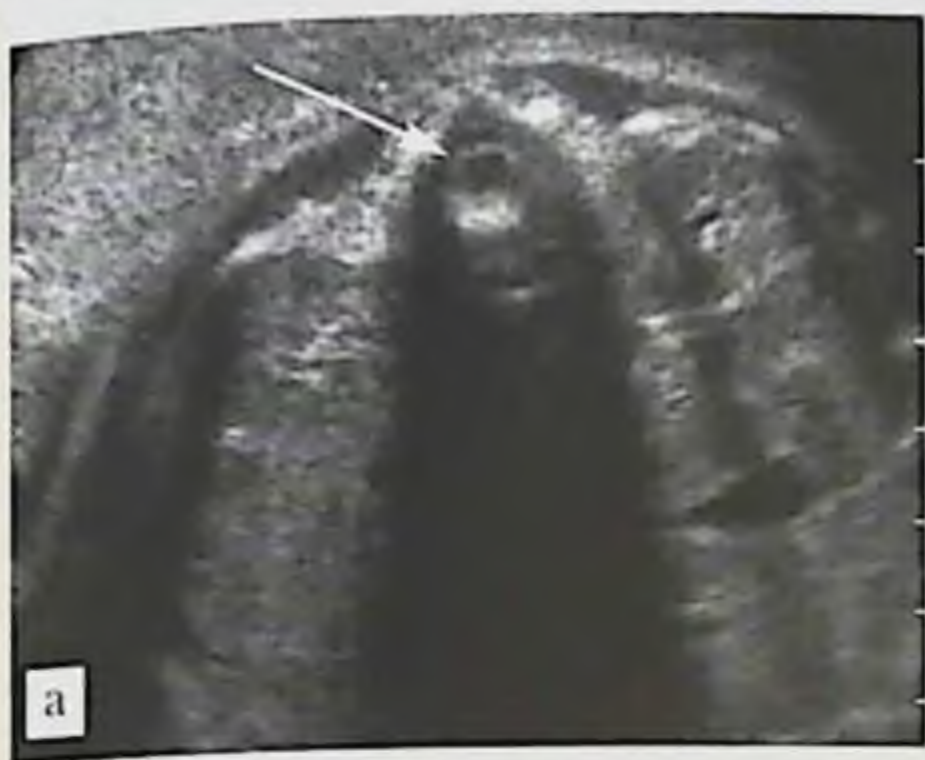
Проведение УЗИ крестцового отдела позвоночника в поперечной плоскости позволяет не только получить информацию о его строении но и уточнить состояние крыльев подвздошных костей (рис. 1.58).

### Нормальная эхографическая анатомия ЦНС плода в ранние сроки беременности

Введение в нашей стране трехкратного ультразвукового скринингового обследования плода сделало обязательным его исследование в конце I — начале II триместра беременности, т. е. на сроках 10–14 нед.

В настоящее время отечественных специалистов ультразвуковой пренатальной диагностики можно считать заложниками необходимости





б



г



**Рис. 1.57.** УЗИ позвоночника, поперечная плоскость на уровне поясницы: *а* — эхограмма поясничного отдела позвоночника в 33 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны спины плода на уровне пояснично-крестцового утолщения спинного мозга), утолщение спинного мозга обозначено стрелкой; *б* — схема расположения датчика ориентации плоскости сканирования; *в* — то же наблюдение, эхограмма поясничного отдела позвоночника (трансабдоминальный доступ со стороны спины плода на уровне конского хвоста), конский хвост обозначен стрелкой; *г* — схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

раннего распознавания врожденных пороков развития в условиях относительно низкой технической оснащенности и отсутствия возможности патологоанатомической верификации ультразвукового диагноза в конце I — начале II триместра беременности.

Во многом объем исследования плода на данных сроках беременности определяется качеством аппаратуры, опытом врача, уровнем про-





б



**Рис. 1.58.** УЗИ позвоночника, поперечная плоскость на уровне крестца: *а* – эхограмма крестцового отдела позвоночника в 33 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны крестца плода): 1 – крыло левой подвздошной кости, 2 – центр оссификации тела крестцового позвонка; *б* – схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

фессиональной подготовки и задачами учреждения в котором проводятся исследования. Однако, несмотря на это, врач-исследователь должен стремиться к получению максимально возможного объема информации при каждом УЗИ, независимо от условий его проведения.

Включение в объем исследований на данных сроках беременности изучения не только структур головного мозга плода и костей свода черепа, но и позвоночника, использование тех же методических подходов, что и во II триместре беременности, необходимо для исключения многих пороков развития. По мнению авторов данной публикации, в минимальный объем исследования плода на ранних сроках беременности необходимо включать оценку состояния центральной нервной системы в следующем объеме:

- состояние (целостность) костей свода черепа;
- состояние головного мозга в поперечной плоскости с оценкой симметричности полушарий, расположения М-эха, формы и размеров сосудистых сплетений боковых желудочков – наличие фигуры «бабочки»;
- строение позвоночника в продольной, поперечной и венечной плоскостях сканирования.

Однако использование дополнительных плоскостей при исследовании головного мозга на данных сроках беременности существенно расширяет диагностические возможности метода.



Сроки первичной эхографической визуализации некоторых анатомических структур ЦНС представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Сроки возможной первичной эхографической визуализации  
некоторых анатомических структур ЦНС эмбриона/плода  
на ранних сроках беременности**

Структура	Срок, нед
Полушария головного мозга и сосудистые сплетения боковых желудочков	9
Фигура «бабочки»	11
Мозжечок	10
Позвоночник	8
Таламусы	10–11
III желудочек	10–11
IV желудочек	11
Чечевицеобразное ядро	10–11
Межполушарная щель	10–11

Основной плоскостью сканирования для оценки состояния полушарий головного мозга плода на ранних сроках является поперечная плоскость, изображение которой получают на уровне сосудистых сплетений (рис. 1.59). Изображение данной плоскости в отечественной литературе, как сказано выше, получило название фигуры «бабочки». Данное изображение необходимо получать при каждом исследовании на сроках беременности от 11 нед (табл. 1.4) и при необходимости использовать трансвагинальный доступ.

При смещении датчика каудальнее получаем изображение косой поперечной плоскости, которая позволяет оценить таламусы, ножки мозга, мозжечок и большую цистерну (рис. 1.60).

Исследование головы плода в венечной плоскости также позволяет достоверно оценить состояние костей свода черепа и полушарий головного мозга (рис. 1.61).

При исследовании головы плода в сагиттальной плоскости становится доступным для оценки III желудочек головного мозга (рис. 1.62). Параллельно со структурами головного мозга в данном сечении оцениваются толщина воротникового пространства и состояние носовых



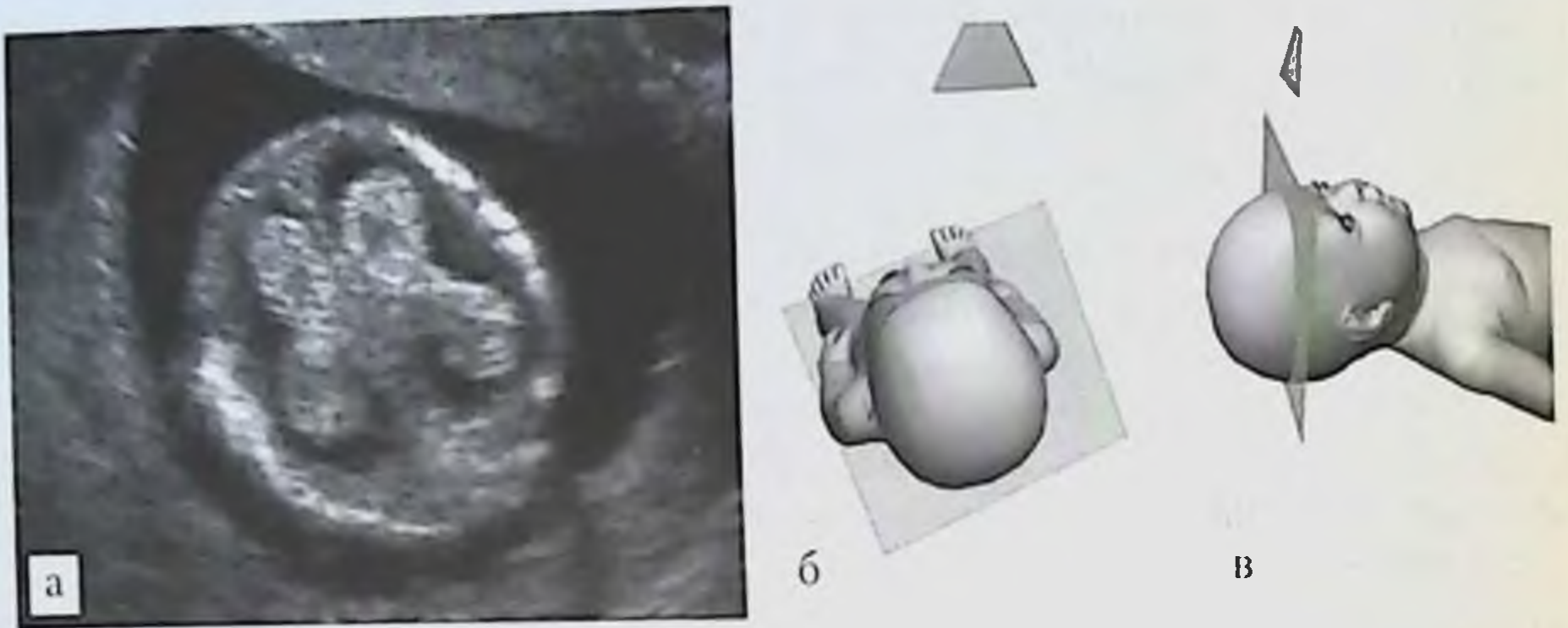


Рис. 1.59. УЗИ головы плода, поперечная плоскость: *а* — эхограмма головы плода на сроке гестации 12 нед (трансвагинальный доступ со стороны правой половины лобной кости), определяются сосудистые сплетения головного мозга в виде фигуры «бабочки» и кости свода черепа; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

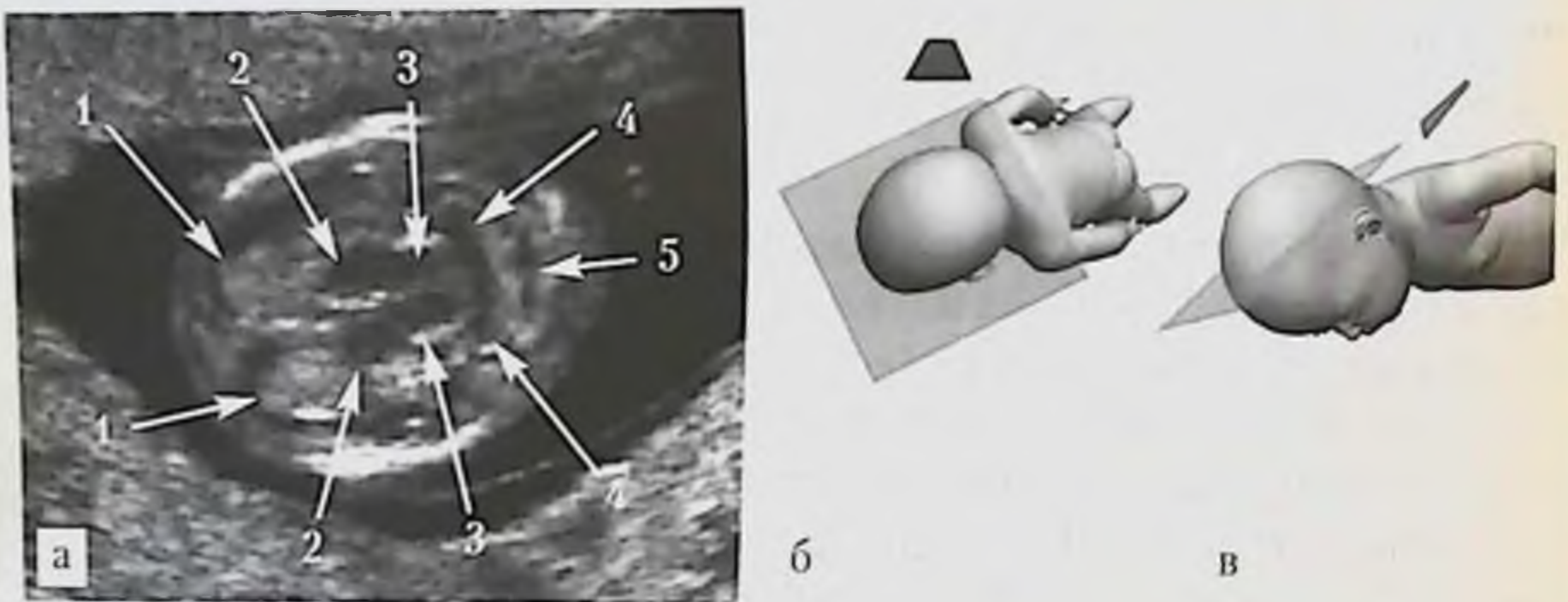
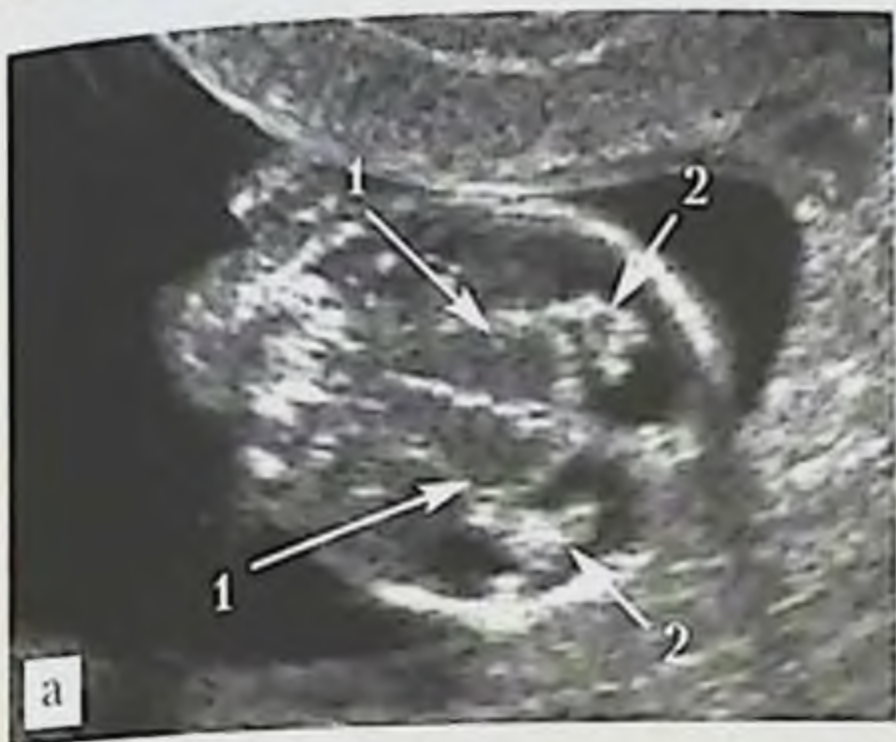


Рис. 1.60. УЗИ головы плода, косая поперечная плоскость: *а* — эхограмма головы плода (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — передние отделы сосудистых сплетений боковых желудочков, 2 — таламусы, 3 — ножки мозга, 4 — полушария мозжечка, 5 — большая цистерна мозга; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

костей. Предпочтительно расположение лицевых структур по направлению к ультразвуковому датчику.

Исследование позвоночника плода в сагиттальной плоскости со стороны задней поверхности туловища (рис. 1.63), по нашему мнению, оп-





б

в

**Рис. 1.61.** УЗИ головы плода, косая венечная плоскость: *а* — эхограмма головы плода (трансвагинальный доступ со стороны правой теменной кости): 1 — таламусы, 2 — сосудистые сплетения боковых желудочков; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.



б

в

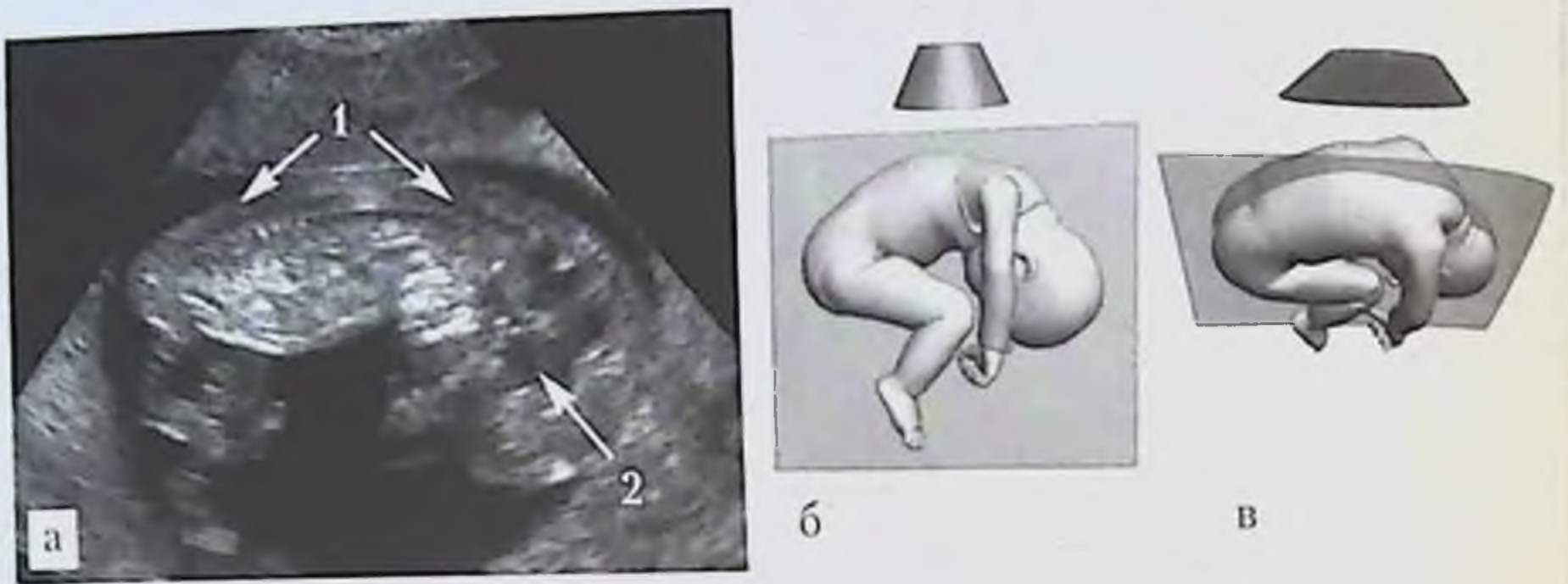
**Рис. 1.62.** УЗИ головы плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма головы плода на сроке гестации 12 нед (трансабдоминальный доступ со стороны метопического шва): 1 — III желудочек, 2 — позвоночник; *б, в* — схемы расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

тимально для оценки позвоночника на всем протяжении, а также затылочной области головы.

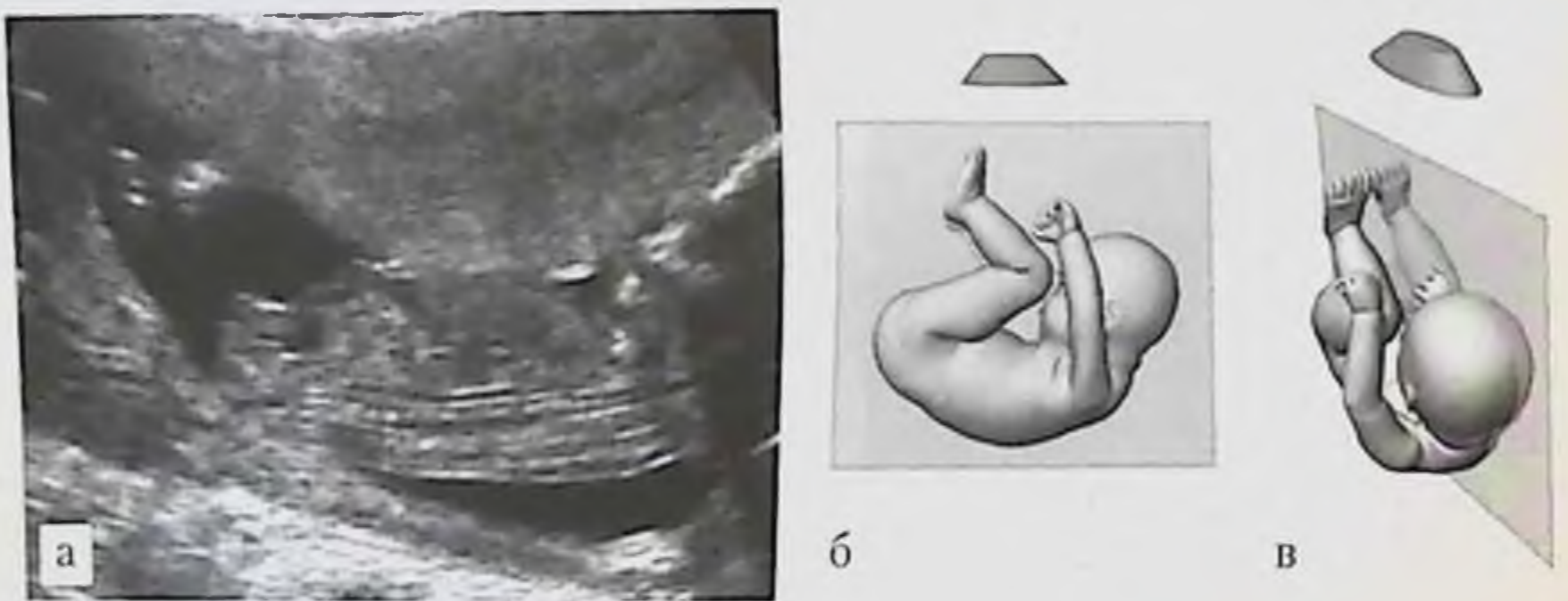
При доступе со стороны передней поверхности живота получить адекватное изображение позвоночника не всегда представляется возможным (рис. 1.64).

Как видно на рис. 1.65, изображение структур позвоночника при исследовании в поперечной плоскости не отличается от такового во вто-





**Рис. 1.63.** УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма позвоночника плода на сроке гестации 11 нед (трансвагинальный доступ со стороны задней поверхности туловища плода): 1 — позвоночник, 2 — головной мозг (III желудочек); *б, в* — схемы расположения датчика, плода и ориентации плоскости сканирования.



**Рис. 1.64.** УЗИ позвоночника плода, сагиттальная плоскость: *а* — эхограмма позвоночника на сроке 12 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны передней поверхности туловища плода); *б, в* — схемы расположения датчика, плода и ориентации плоскости сканирования.

рой половине беременности, за исключением оболочек спинного мозга, которые для визуализации на ранних сроках беременности в данном сечении доступны только на аппаратах с высоким разрешением.

Оптимальный срок для исследования позвоночника в венечной плоскости — 12 нед беременности и более, когда достаточная степень оссификации позволяет исключить сочетанные деформации позвоночника, ребер и тазовых костей (рис. 1.66).



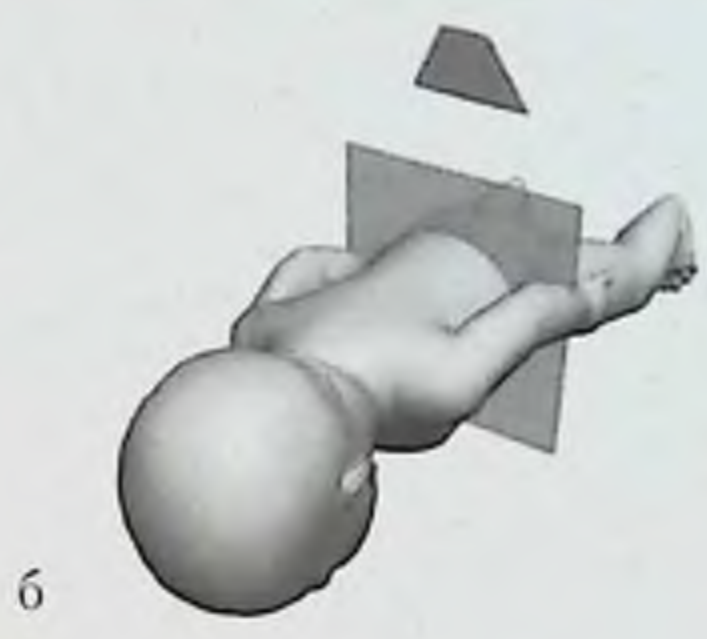
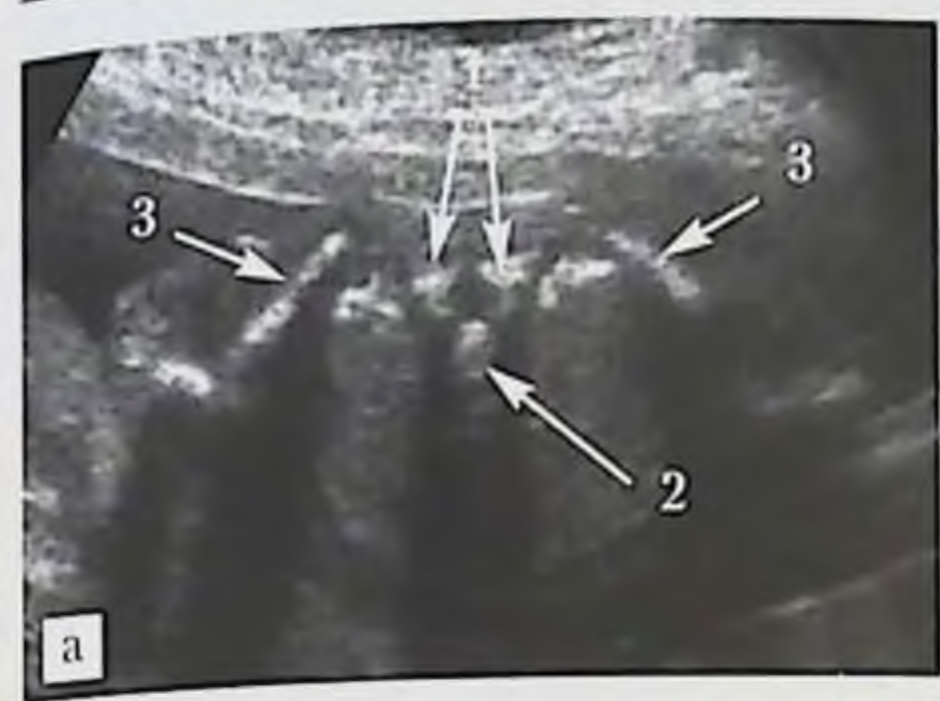


Рис. 1.65. УЗИ позвоночника плода, поперечная плоскость: *а* — эхограмма поясничного отдела позвоночника на сроке гестации 13 нед (трансабдоминальный доступ со стороны задней поверхности туловища плода): 1 — центры оссификации дужек позвонков, 2 — центр оссификации тела позвонка, 3 — крылья подвздошных костей; *б* — схема расположения датчика и ориентации плоскости сканирования.

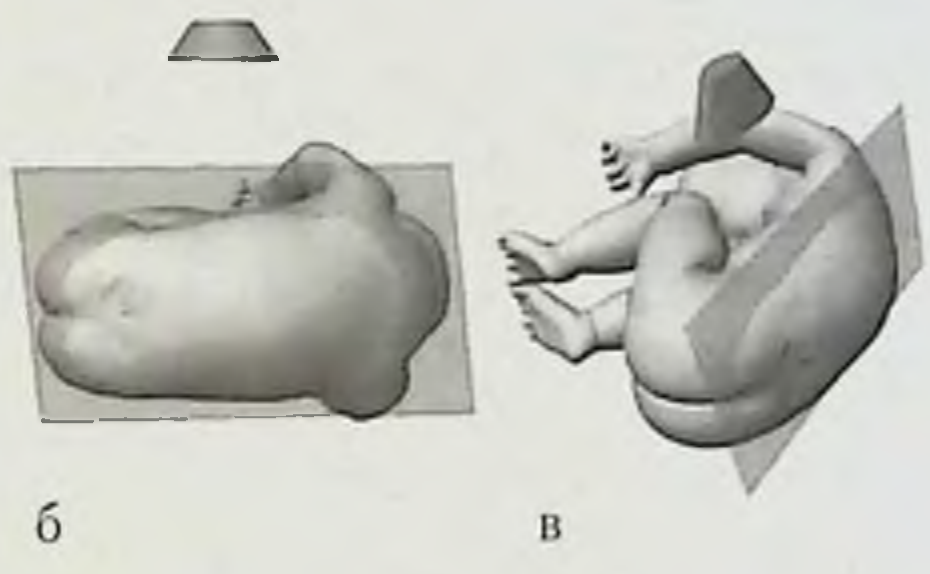


Рис. 1.66. УЗИ позвоночника плода, венозная плоскость: *а* — эхограмма позвоночника на сроке гестации 13 нед (трансабдоминальный доступ со стороны левой боковой поверхности туловища плода); *б, в* — схемы расположения датчика, плода и ориентации плоскости сканирования.

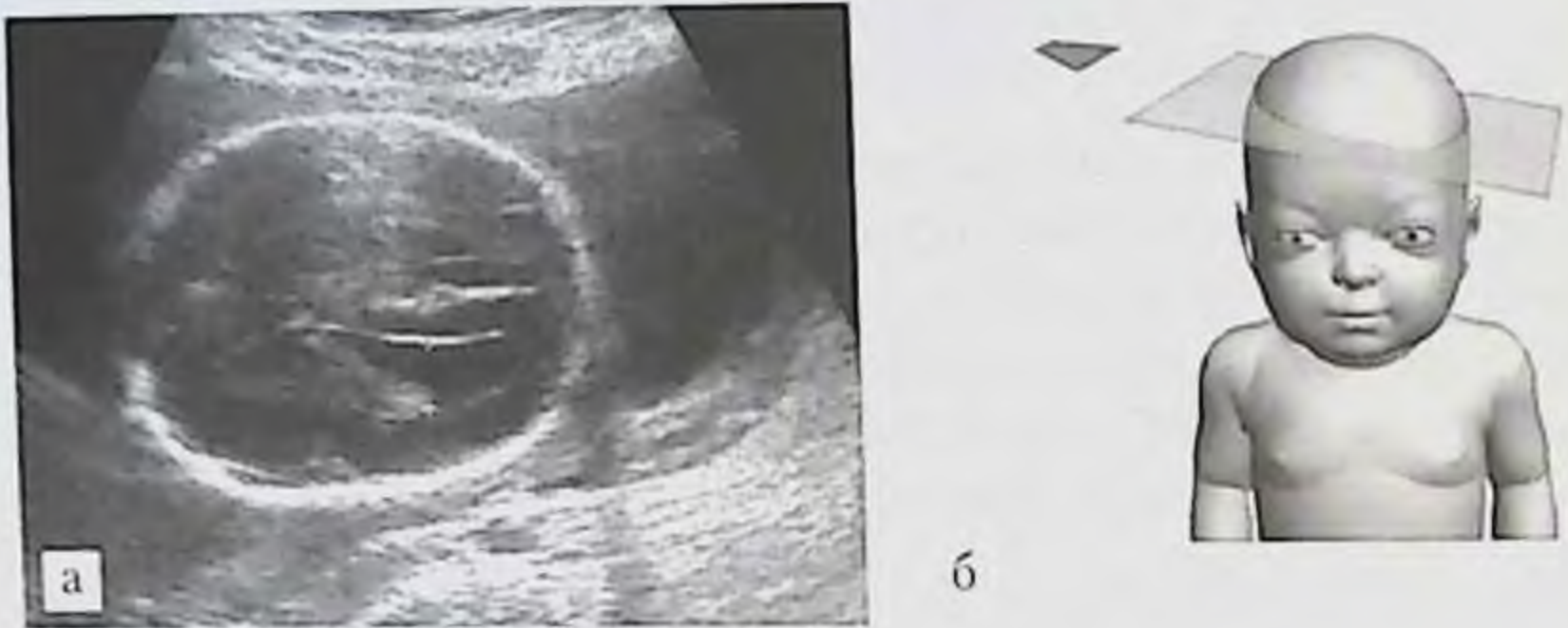
### Основные варианты эхографической картины ЦНС плода, имитирующие ее патологическое развитие

По нашему мнению, существуют три основные причины, способные привести в процессе УЗИ плода к ложному заключению о наличии патологического процесса. Первая причина — использование неправильных (нестандартных) методических подходов в получении и оценке эхографических изображений; вторая причина — незнание нормальной эхогра-



фической анатомии плода, а третья — незнание вариантов нормального эхографического изображения центральной нервной системы на различных этапах внутриутробного развития.

Пример неправильного соблюдения методики исследования в оценке состояния боковых желудочков головного мозга представлена на рис. 1.67. Как видно на эхограмме, при косом расположении датчика получаемое изображение может имитировать расширение бокового желудочка, что нередко приводит к заключению о наличии вентрикуломегалии.



**Рис. 1.67.** УЗИ головы плода, поперечная плоскость: *а* — эхограмма головы плода при сроке гестации 21 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости, косое поперечное сечение головного мозга на уровне боковых желудочков), определяется ложное увеличение ширины левого бокового желудочка; *б* — схема расположения датчика, головы плода и ориентации плоскости сканирования.

При расположении датчика и плоскости сканирования ниже IV желудочка у врача может возникнуть ложное представление об агенезии червя мозжечка (рис. 1.68).

При проведении исследования позвоночника плода не в строго сагитальной плоскости, последняя может пересечь синхондроз и привести к ложному заключению о наличии дефекта позвонка (рис. 1.69).

Незнание нормальной эхографической анатомии плода нередко приводит к грубейшей ошибке, при которой врач принимает IV желудочек головного мозга за кисту задней черепной ямки (рис. 1.70).

Имитировать кисту сосудистого сплетения может просвет цереброспинальной жидкости в заднем отделе бокового желудочка при исследовании головного мозга в задней венечной плоскости (рис. 1.71). При исследовании в этой же плоскости, но ближе к затылочной кости также



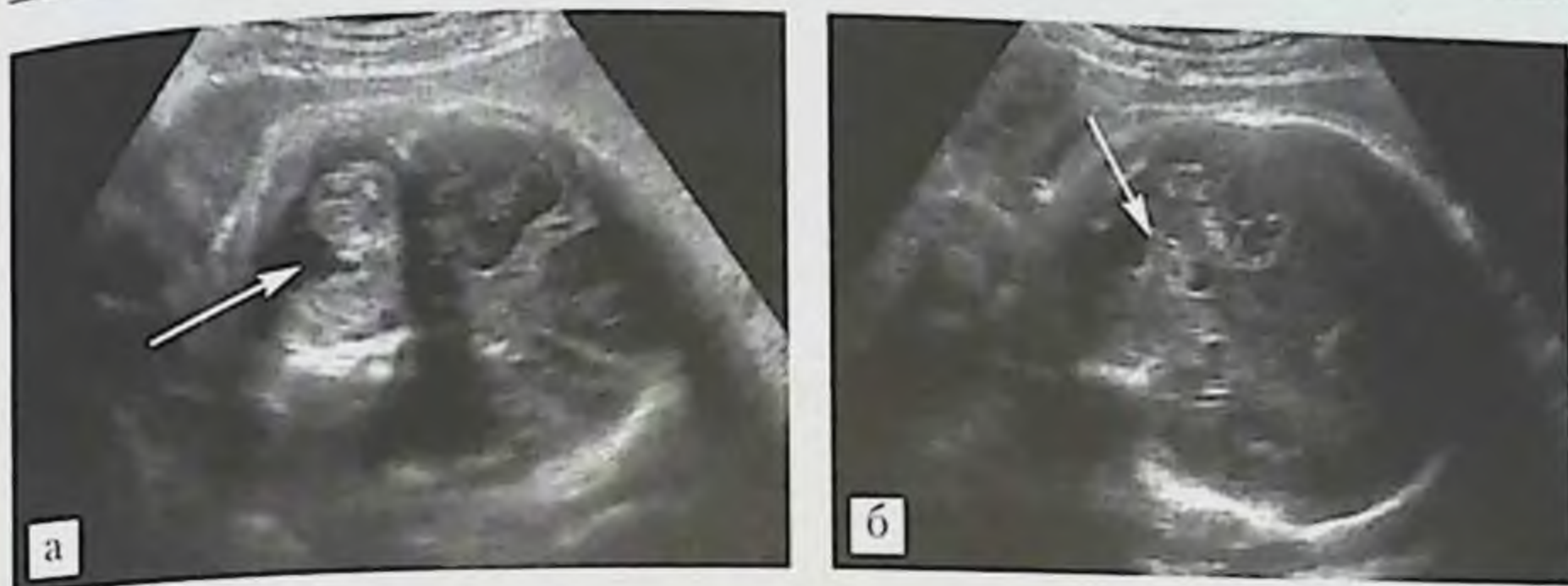


Рис. 1.68. Эхограммы головы плода при сроке гестации 33 нед (трансабдоминальный доступ со стороны левого лямбдовидного шва): а — поперечное сечение на уровне нижней поверхности полушарий мозжечка, определяется ложный дефект червя мозжечка (стрелка); б — то же наблюдение. Поперечное сечение на уровне IV желудочка, определяется нормальная структура червя мозжечка (стрелка).



Рис. 1.69. Эхограмма головы и позвоночника плода при сроке гестации 21 нед (трансабдоминальный доступ со стороны метопического шва, лицевых структур и грудины), сагиттальное сечение. Стрелкой указаны кажущиеся дефекты шейно-грудного отдела позвоночника.

может возникнуть ложное представление о наличии кисты в области задней черепной ямки (рис. 1.72).

У начинающих врачей может возникнуть впечатление о наличии симметричных дефектов в области основания пирамидок височных костей при проведении исследования головного мозга плода в поперечной плоскости на уровне основания черепа (рис. 1.73).

Следующие примеры могут вызвать неправильное трактование полученного ультразвукового изображения головного мозга из-за незнания вариантов его нормального эхографического изображения. Прежде всего к ним относится неоднородность структуры сосудистых сплетений





Рис. 1.70. Эхограмма головы плода при сроке гестации 13 нед (трансвагинальный доступ со стороны правого лямбдовидного шва), поперечное сечение на уровне мозжечка. Определяется IV желудочек (стрелка).



Рис. 1.71. Эхограмма головы плода при сроке гестации 22 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости, венозное сечение на уровне задних отделов боковых желудочков). Стрелкой отмечен просвет заднего отдела левого бокового желудочка.



Рис. 1.72. Эхограммы головы плода при сроке гестации 24 нед (трансабдоминальный доступ со стороны заднего отдела правой теменной кости), венозное сечение на уровне мозжечка. Стрелкой указана большая цистерна мозга, имитирующая кисту.

головного мозга, которая может прослеживаться у нормальных плодов в ходе УЗИ с начала II триместра и до конца 18-й недели (рис. 1.74). Такая структура связана с появлением «сетчатого» строения сосудистых сплетений на фоне особенностей строения стромального компонента сосудистых сплетений.





**Рис. 1.73.** Эхограмма головы плода при сроке гестации 24 нед (трансабдоминальный доступ со стороны затылочной кости), поперечное сечение на уровне основания черепа. Стрелками указаны основания пирамидок височных костей, имитирующие симметричные костные дефекты.



**Рис. 1.74.** Эхограмма головы плода при сроке гестации 16 нед (трансвагинальный доступ со стороны заднего края левой теменной кости, поперечное сечение на уровне боковых желудочков). Определяется неоднородность структуры сосудистых сплетений.

Неоднородность сосудистых сплетений часто принимается за их кисты и другие внутричерепные образования, что может служить поводом направления беременной для проведения необоснованных инвазивных процедур с целью определения карiotипа плода или выбора неадекватной тактики ведения беременности. Основные эхографические критерии различий между неоднородностью структуры и кистами сосудистых сплетений представлены в табл 1.5.

Диагностические ошибки может вызывать и полость Верги, обнаруживаемая в ходе УЗИ у всех плодов при сроках гестации 19–28 нед и у 3% плодов при доношенной беременности. Данная полость является продолжением заднего отдела полости прозрачной перегородки (рис. 1.75) и нередко ошибочно принимается за патологическое увеличение полости прозрачной перегородки, межполушарную кисту или сосудистое образование головного мозга.

Ложное представление о наличии дефектов шейного отдела позвоночника, затылочной кости и увеличения большой цистерны мозга



Таблица 1.5

Основные эхографические критерии различий между неоднородностью структуры и кистами сосудистых сплетений

Эхографические критерии	Неоднородность структуры сосудистых сплетений	Кисты сосудистых сплетений
Локализация	Двусторонняя	Двусторонняя или односторонняя
Распространение	Диффузное	Локальное
Количество	Не определить	Можно определить
Форма	Не определить	Чаще округлая
Размеры	Не определить	Определяются
Структура	Неоднородная	Однородная
Четкость контуров	Не определить	Определяется
«Замкнутость» контуров	Не определить	Определяется
Срок исчезновения, нед	18–19	26–28

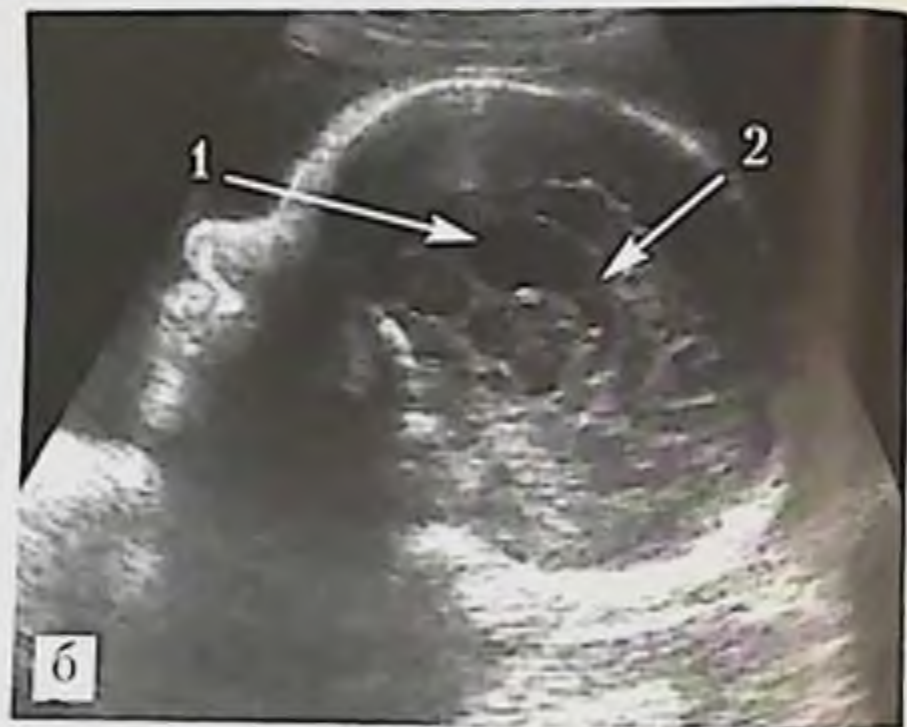
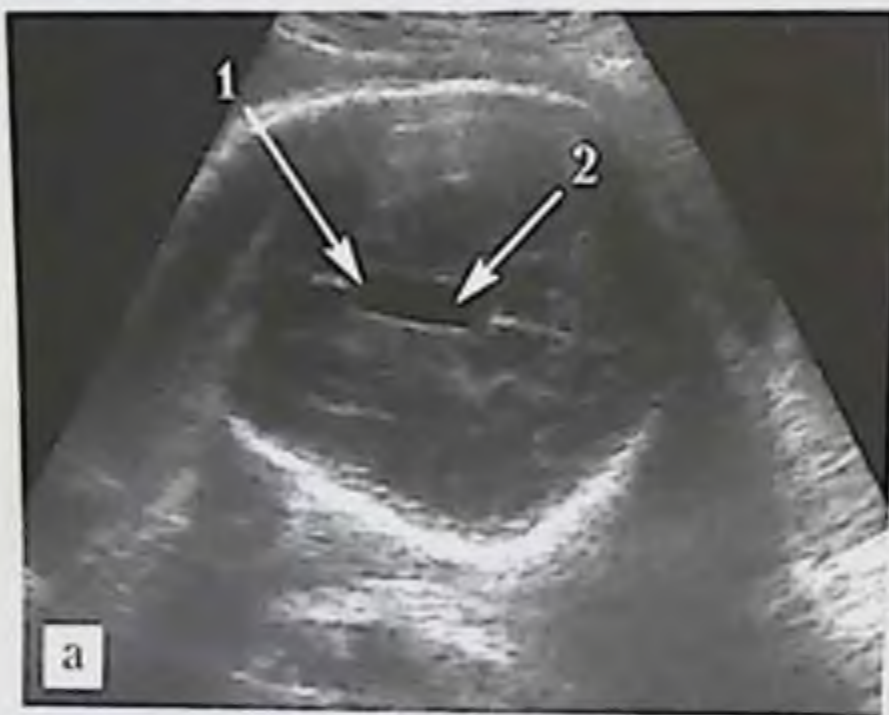


Рис. 1.75. Эхограммы головы плода при сроке гестации 32 нед (трансабдоминальный доступ со стороны правой теменной кости и стреловидного шва): а — поперечное сечение на уровне полости прозрачной перегородки и полости Верги; б — сагиттальное сечение: 1 — полость прозрачной перегородки, 2 — полость Верги.

может вызвать проведение исследования в сагиттальной плоскости во II триместре беременности со стороны задней поверхности затылка и шеи плода (рис. 1.76). Это связано с наличием синхондроза между боковыми частями затылочной кости (см. рис. 1.18), который может имитировать патологическую картину в ходе пренатального УЗИ.



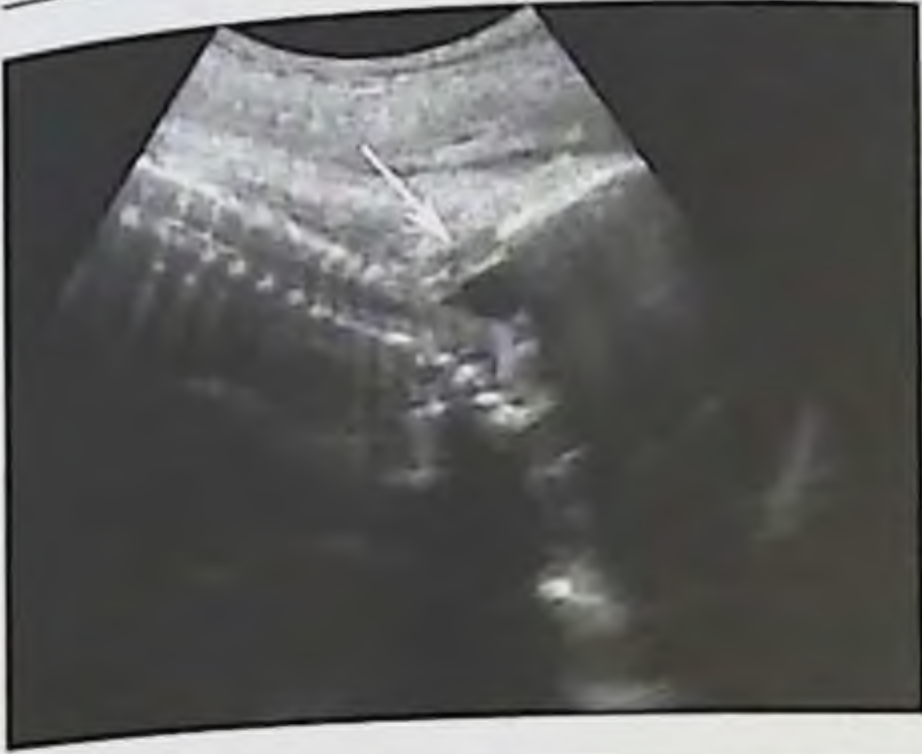


Рис. 1.76. Эхограмма головы и позвоночника плода при сроке 22 нед (транс-абдоминальный доступ со стороны задней поверхности затылка и шеи плода), сагиттальное сечение. Стрелкой указаны кажущиеся дефекты затылочной кости и шейного отдела позвоночника.



Рис. 1.77. Эхограмма костей черепа на уровне заднего родничка при сроке 24 нед гестации (трансабдоминальный доступ со стороны затылочной и правой теменной кости). Стрелкой указаны кости Ворма, расположенные в области заднего родничка.

Кости Ворма (рис. 1.77), являющиеся небольшими участками оссификаций и чаще расположенные в области лямбовидного шва и заднего родничка, встречаются у 11,3% плодов при патоморфологическом обследовании и могут быть приняты за патологические образования. Их изолированное обнаружение в ходе УЗИ с учетом частоты в пренатальном периоде, как правило, показанием к углубленному генетическому обследованию не является.

### Фетометрическая оценка состояния ЦСН плода

Основной задачей фетометрической оценки структур центральной нервной системы является оценка соответствия их размеров сроку беременности, который определяется по дате первого дня последней менструации (при регулярном менструальном цикле).

Минимальный объем изучаемых фетометрических показателей центральной нервной системы в ходе пренатального ультразвукового скрининга определен схемой (протоколом) ультразвукового обследования



беременной (приложение 2 к приказу Министерства здравоохранения России от 28.12.2000 г. № 457 «О совершенствовании пренатальной диагностики врожденных и наследственных заболеваний у детей») и включает измерение бипариетального размера (БПР) головы плода, лобно-затылочного размера (ЛЗР), длины окружности головы плода (ОГ), а также определение размеров боковых желудочков, мозжечка и большой цистерны мозга. К сожалению, в данном документе не уточняется, какие именно размеры боковых желудочков, мозжечка и большой цистерны мозга следует измерять, какие методические подходы и нормативные показатели при проведении фетометрии использовать.

Таким образом, успешное проведение пренатальной эхографии заключается не только в достаточных знаниях анатомии плода, но и в обязательном использовании при проведении фетометрического обследования стандартных подходов, представленных ниже.

Определение бипариетального размера головки плода проводится при поперечной плоскости сканирования, при получении изображения полости прозрачной перегородки, таламусов и при визуализации М-эха на уровне III желудочка мозга (рис. 1.78). Измерение проводят от наружного контура вышерасположенной теменной кости до внутреннего контура нижерасположенной перпендикулярно М-эху. В ряде стран Западной Европы измерение БПР головки плода проводится между наружными контурами теменных костей, поэтому при использовании фетометрических таблиц европейских авторов необходимо знать, какая именно методика измерения использовалась при их составлении.

Величина БПР может зависеть от формы головки плода (рис. 1.79). Так, при расположении в области дна матки головка часто имеет долихоцефалическую форму, что не позволяет адекватно оценить соответствие размеров головки плода сроку беременности.

Из вышесказанного следует, что измерение длины окружности головы плода наиболее целесообразно, так как данный параметр не зависит от анатомических особенностей строения черепа и является наиболее точным в определении соответствия размеров головки сроку беременности, а также позволяет выявить или исключить микроцефалию. Длина ОГ измеряется методом трассировки, путем обведения наружных контуров головки плода маркером (калипером) на уровне плоскости, соответствующей таковой при измерении БПР (рис. 1.80), или с использованием метода эллипса.



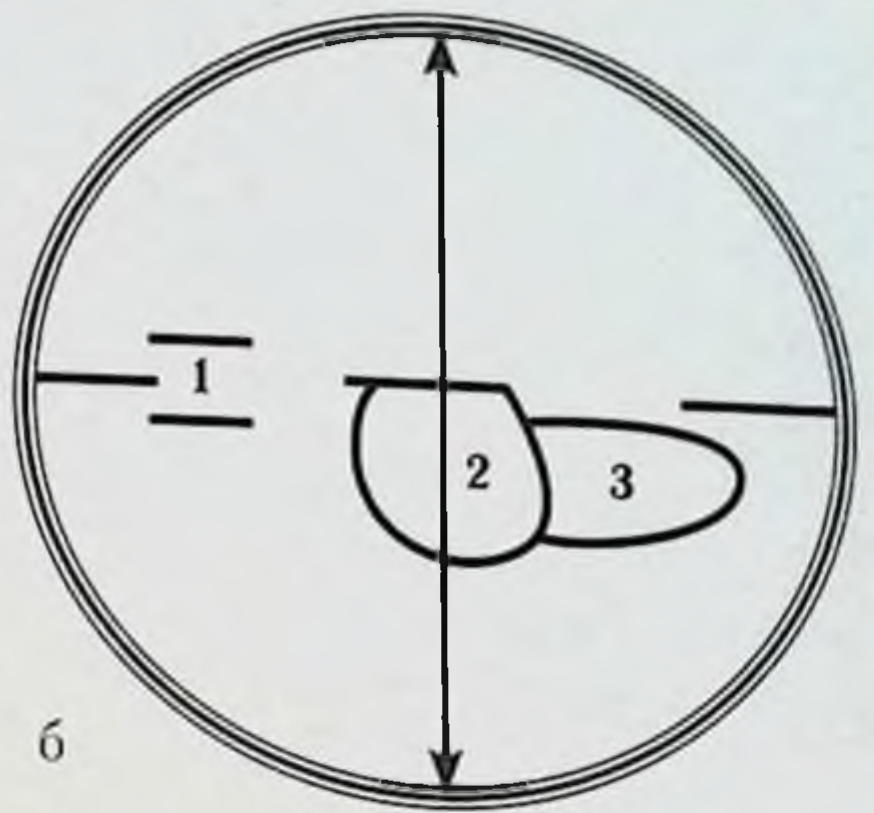
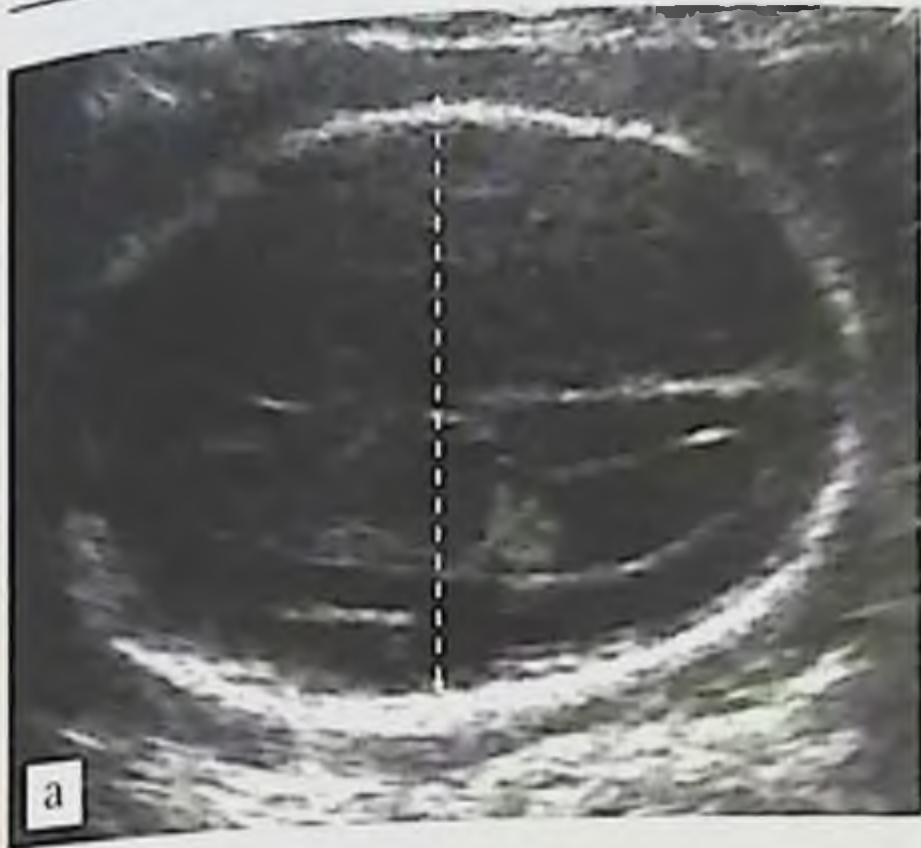


Рис. 1.78. Измерение бипариетального размера головы плода: *а* — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне полости прозрачной перегородки, таламусов и преддверий боковых желудочков; *б* — схема измерения БПР: 1 — полость прозрачной перегородки, 2 — таламус, 3 — преддверие бокового желудочка.

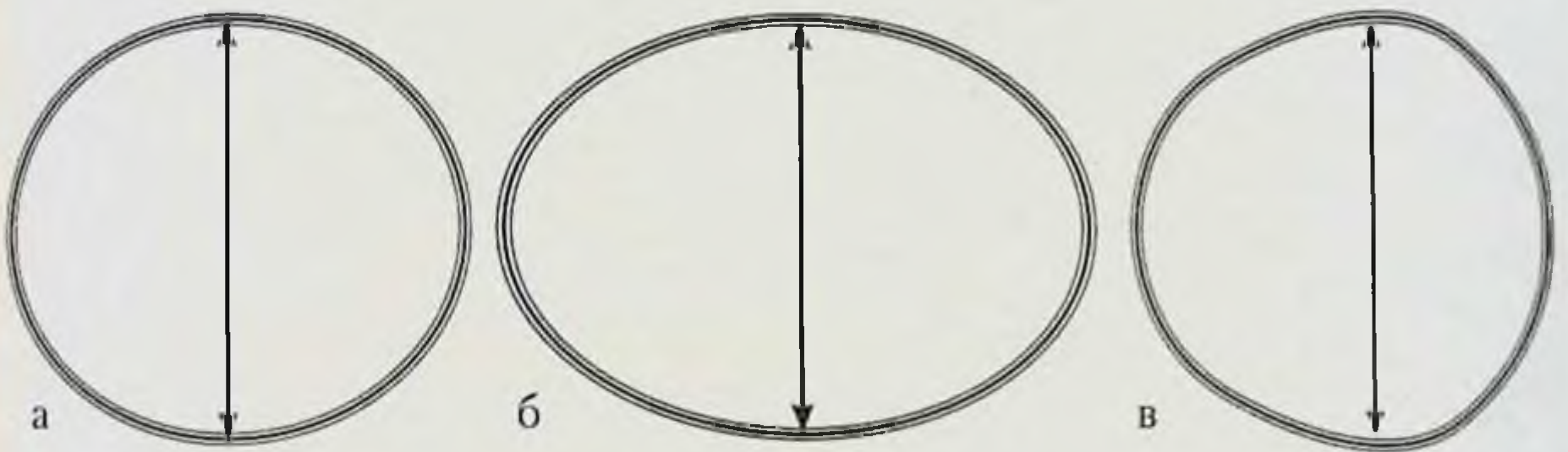


Рис. 1.79. Зависимость величины бипариетального размера от формы головы плода при одинаковых значениях ее окружности: *а* — нормоцефалическая форма головы; *б* — брахицефалическая форма головы; *в* — долихоцефалическая форма головы.

Измерение лобно-затылочного размера головы плода (рис. 1.81) проводится между наиболее удаленными точками наружных контуров лобной и затылочной костей при исследовании в поперечной плоскости на уровне, аналогичном измерению БПР и ОГ.

Как уже говорилось, в некоторых случаях результаты краниофетометрии зависят от формы головы плода. На рис. 1.82 представлены различные варианты формы головы, встречающиеся у плодов как в норме, так и при патологии.



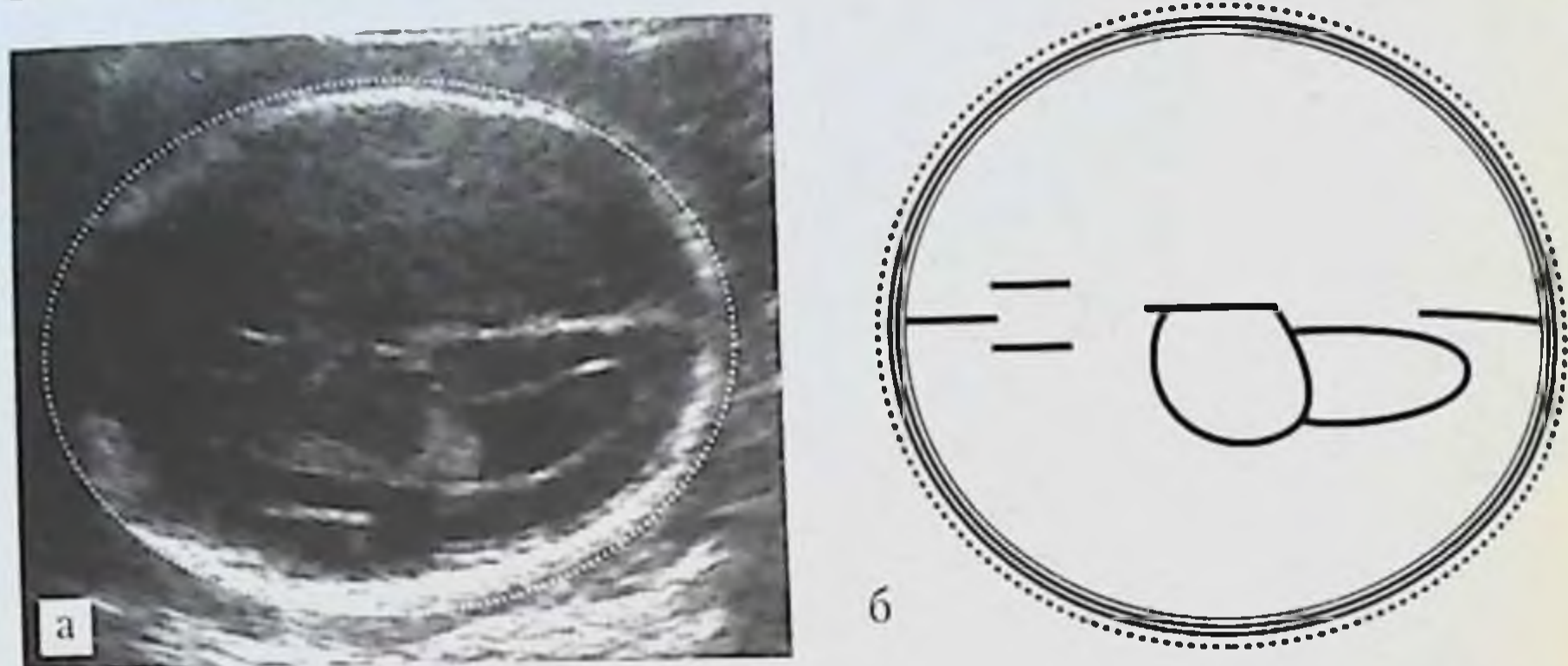


Рис. 1.80. Измерение окружности головы плода: *а* — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне полости прозрачной перегородки, таламусов и преддверий боковых желудочков; *б* — схема измерения ОГ.

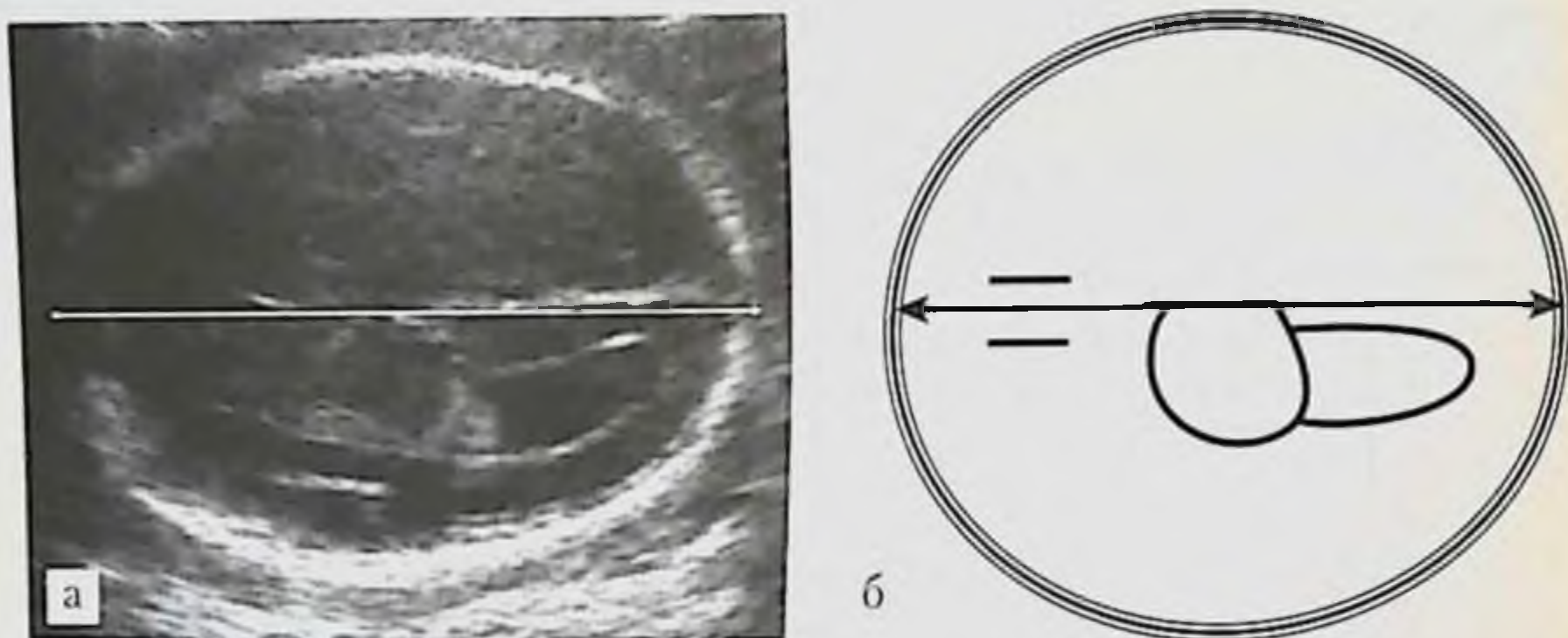


Рис. 1.81. Измерение лобно-затылочного размера головы плода: *а* — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне полости прозрачной перегородки, таламусов и преддверий боковых желудочков; *б* — схема измерения ЛЗР.

Для объективизации наличия долихоцефалической или брахицефалической формы головы плода используется подсчет цефалического индекса ( $\text{БПР}/\text{ЛЗР} \times 100\%$ ), который в большинстве современных ультразвуковых аппаратов реализуется автоматически. Для нормоцефалии характерны значения индекса в пределах 75–85%, для долихоцефалии значения ниже 75%, а для брахицефалии — более 85% [1].

Ширину тел боковых желудочков головного мозга определяют в поперечной плоскости сканирования головы плода при визуализации по-



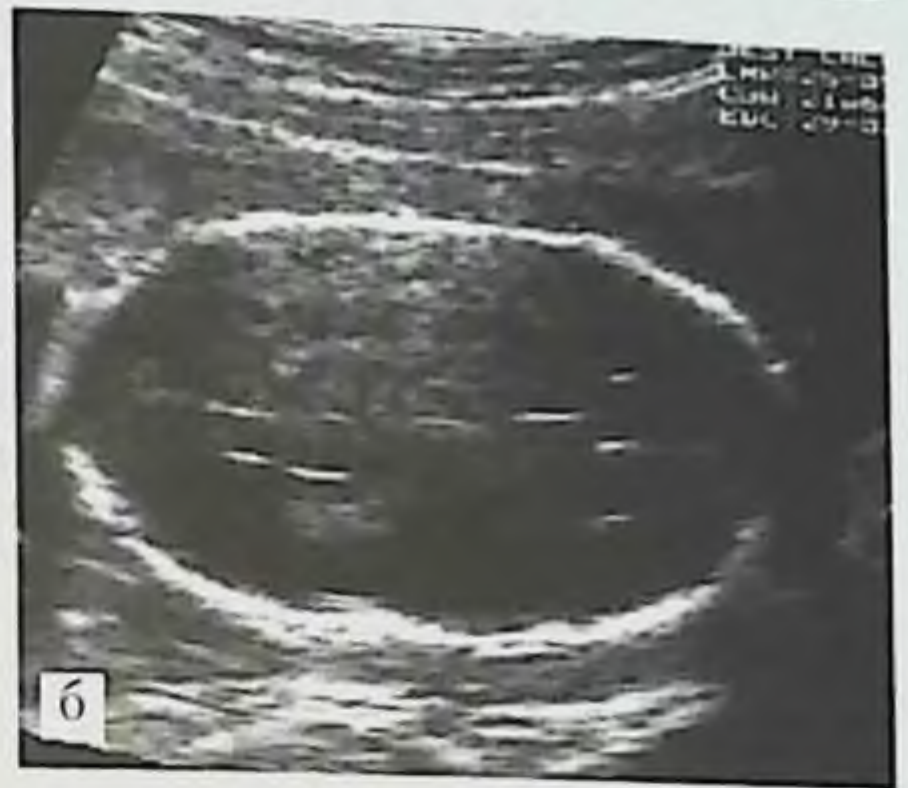


Рис. 1.82. Эхограммы с различными вариантами формы головы плода, выявляемыми как в норме, так и при патологии: *а* — нормоцефалическая; *б* — долихоцефалическая; *в* — брахцефалическая; *г* — «лимон»; *д* — квадрицефалическая; *е* — «клубника».



лости прозрачной перегородки и таламусов. Измерение проводят перпендикулярно оси желудочка в области преддверий между внутренними границами их латеральных и медиальных стенок на уровне задней границы сосудистых сплетений (рис. 1.83). Измерение ширины преддверия бокового желудочка на уровне гломуса сосудистого сплетения, рекомендуемое некоторыми авторами, по нашему мнению, может быть

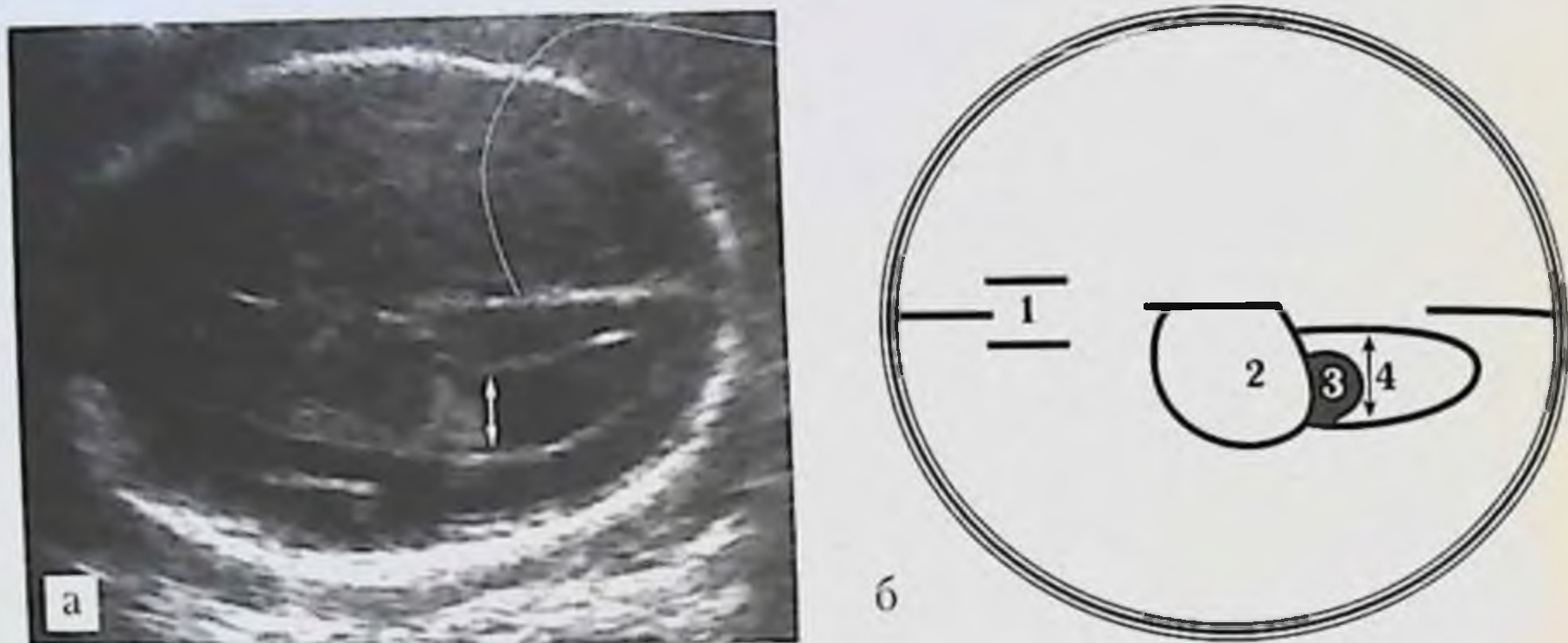


Рис. 1.83. Измерение ширины бокового желудочка головного мозга плода: а – эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне полости прозрачной перегородки, таламусов и преддверий боковых желудочков. б – схема измерения ширины боковых желудочков: 1 – полость прозрачной перегородки, 2 – таламус, 3 – задний отдел сосудистого сплетения, 4 – преддверие бокового желудочка.

затруднительным в первой половине II и во второй половине III триместра, так как в эти сроки границы гломуса сосудистого сплетения и преддверия бокового желудочка нередко сливаются, а их границы становятся неразличимыми. Максимальная ширина тела (преддверия или треугольника) бокового желудочка, пограничная вентрикуломегалии, составляет 10 мм.

Некоторые авторы [28] предлагают измерять ширину заднего рога боковых желудочков, однако необходимо помнить, что данный отдел бокового желудочка начинает развиваться лишь на 23-й неделе внутриутробного развития [1] и его фетометрическая оценка на более ранних сроках крайне затруднительна.

Врач ультразвуковой диагностики должен помнить, что в головном мозге имеется второй боковой желудочек, расположенный ближе к ска-



нирующей поверхности датчика. Несмотря на то что эхографическая оценка его затруднена из-за поглощения ультразвукового сигнала вышерасположенной теменной костью, измерение обоих боковых желудочков необходимо проводить во всех случаях, предусмотренных стандартным протоколом исследования.

Фетометрическая оценка мозжечка плода предполагает измерение его межполушарного размера. Межполушарный размер мозжечка измеряется в поперечной плоскости сканирования на уровне IV желудочка (рис. 1.84) как расстояние между латеральными границами его полушарий.

В этом же сечении обычно определяют размеры большой цистерны головного мозга (рис. 1.85). При этом измеряют продольный размер ци-

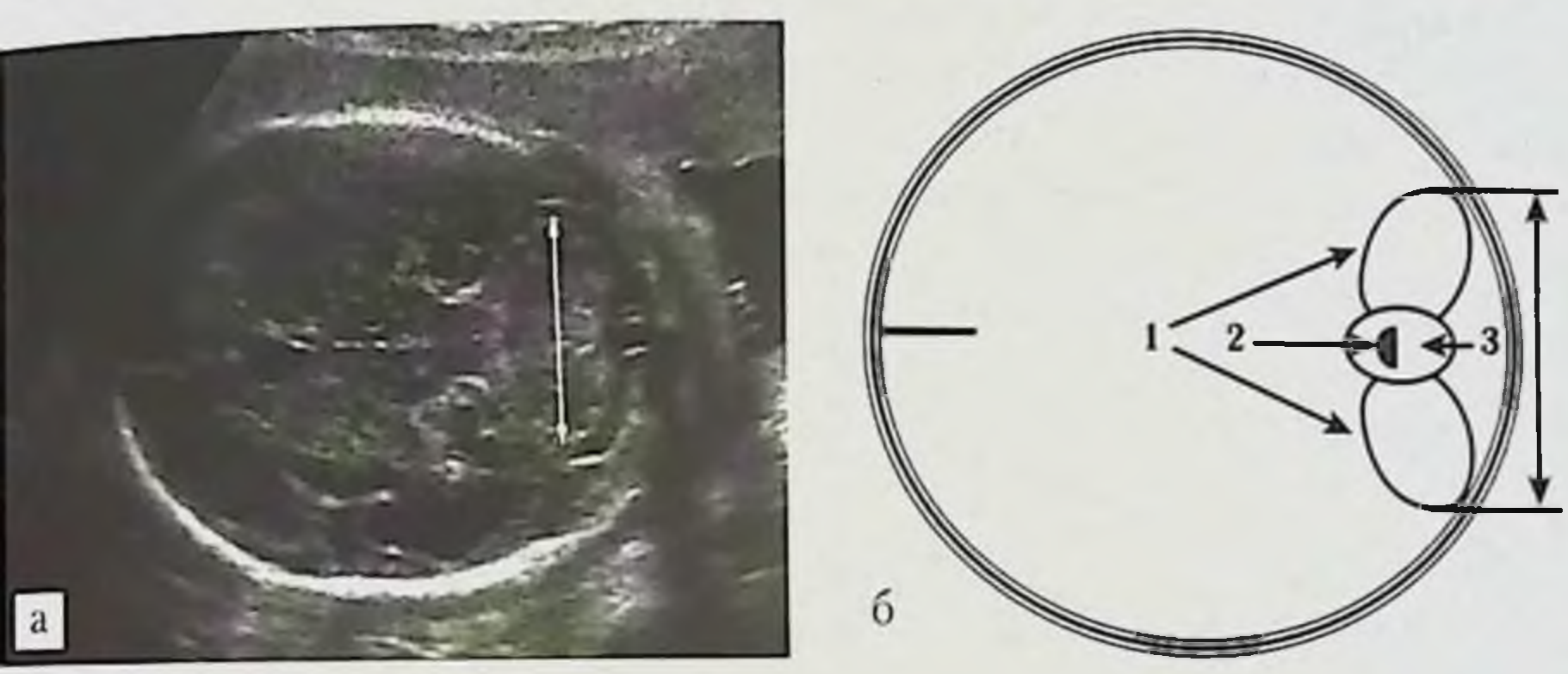


Рис. 1.84. Измерение межполушарного размера мозжечка: а — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне IV желудочка, полушарий и червя мозжечка; б — схема измерения межполушарного размера мозжечка: 1 — полушария мозжечка, 2 — IV желудочек, 3 — червь мозжечка.

стерны (между задней границей червя мозжечка и внутренней поверхностью затылочной кости), максимальная величина которого не должна превышать 10 мм.

Мы не можем не согласиться с мнением С. М. Воеводина [22], что наиболее корректно длина большой цистерны головного мозга определяется в сагиттальной плоскости как расстояние между внутренней поверхностью затылочной кости и задней границей червя мозжечка на уровне IV желудочка (рис. 1.86).

Ряд исследователей предлагают измерять ширину большой цистерны, определяемую между тонкими гиперэхогенными линиями, являю-



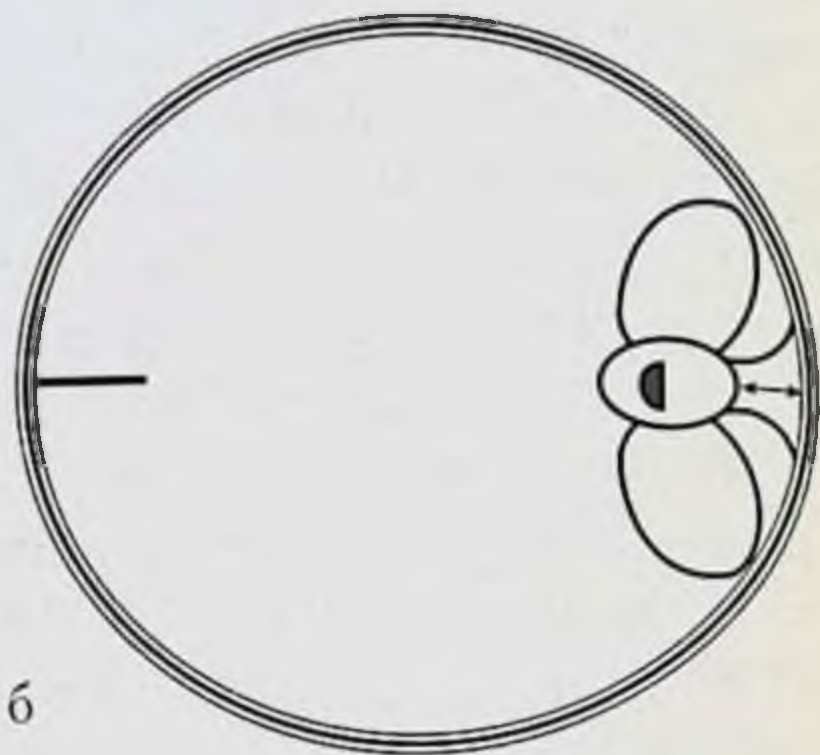


Рис. 1.85. Измерение длины большой цистерны головного мозга плода: *а* — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне IV желудочка, полушарий и червя мозжечка. Звездочками обозначены переднезадние границы большой цистерны; *б* — схема измерения длины большой цистерны.

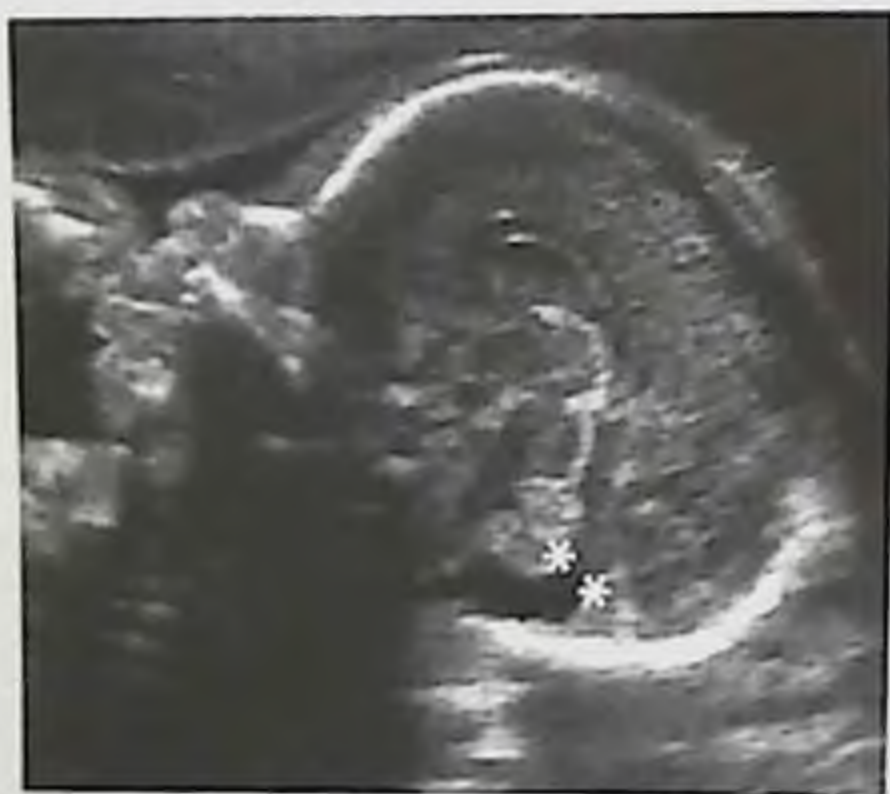


Рис. 1.86. Измерение длины большой цистерны головного мозга плода (вариант). Эхограмма головы плода в сагиттальной плоскости (трансабдоминальный доступ со стороны лобной кости). Переднезадние границы большой цистерны отмечены звездочками.

щимися эхографическим отображением вен, расположенных в просвете большой цистерны (рис. 1.87). В норме этот показатель не должен превышать 9 мм.

При определении патологических значений показателей стандартной нейрофетометрии проводится изучение дополнительных параметров.

К показателям расширенной фетометрии относится оценка высоты лобного рога бокового желудочка в парасагиттальной плоскости на уровне таламокаудальной вырезки (рис. 1.88). Высота лобного рога бокового желудочка в норме составляет не более 5 мм. Увеличение значе-



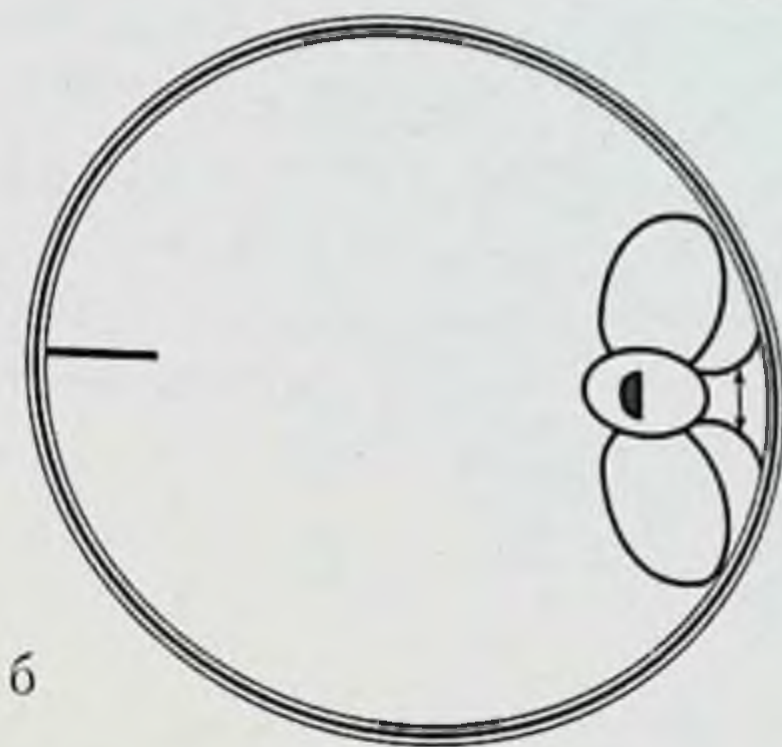
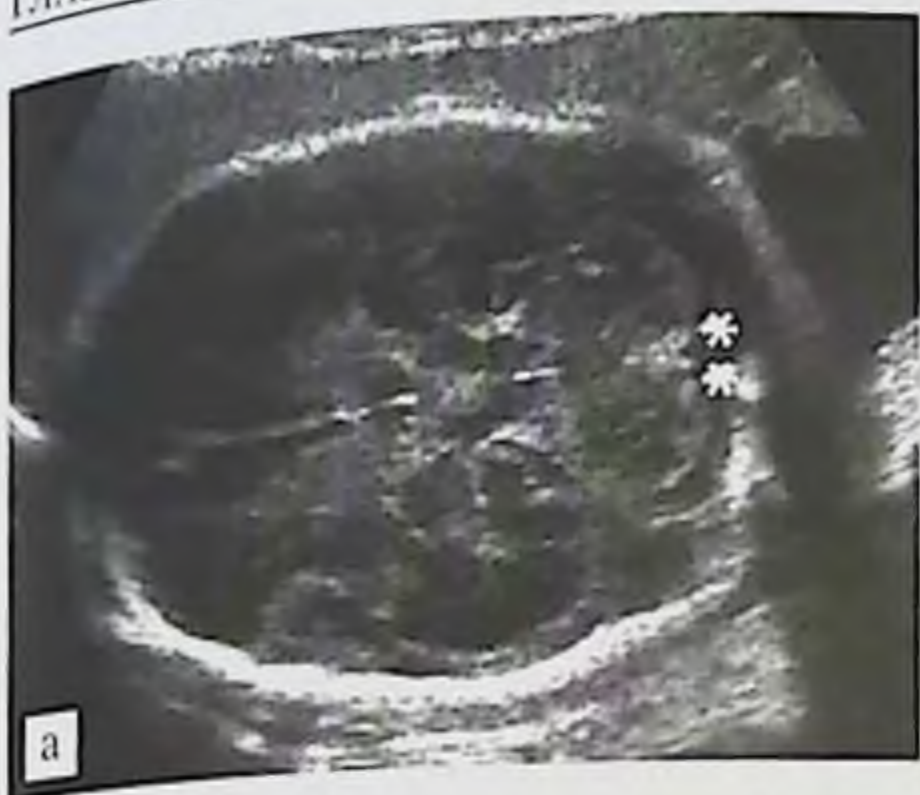


Рис. 1.87. Измерение ширины большой цистерны плода: *а* — эхограмма поперечного сечения головы плода на уровне IV желудочка, полушарий и червя мозжечка. Звездочками обозначены границы большой цистерны. Латеральные границы большой цистерны обозначены звездочками; *б* — схема измерения длины большой цистерны.

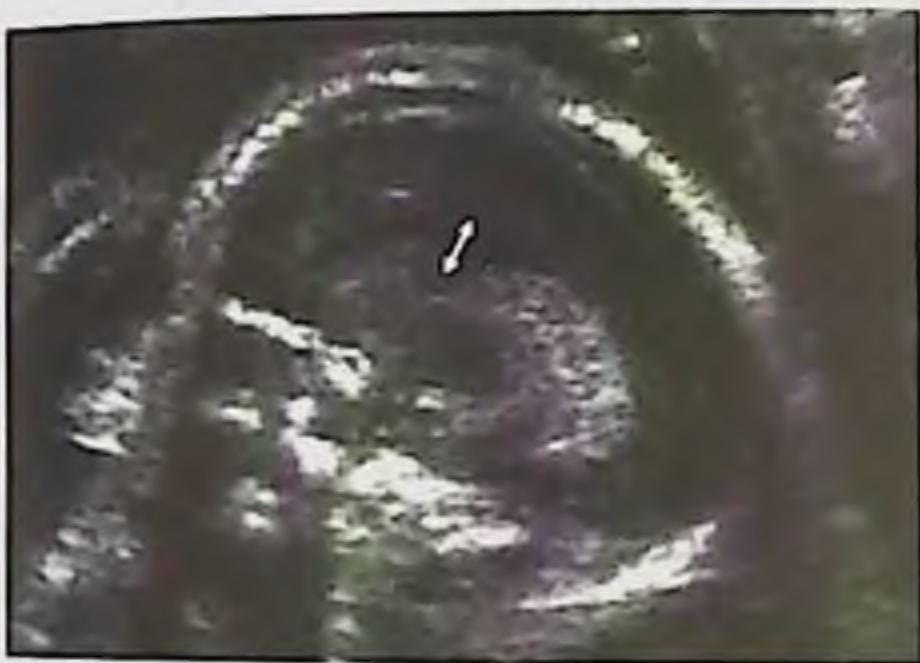


Рис. 1.88. Измерение толщины тела бокового желудочка головного мозга плода. Эхограмма парасагиттального сечения головы плода на уровне таламокаудальной вырезки и левого бокового желудочка (трансабдоминальный доступ со стороны левой теменной кости).

ний данного показателя может свидетельствовать о начальных проявлениях гидроцефалии.

Другие показатели, оцениваемые при проведении расширенной нейрофетометрии, представлены в табл. 1.6.

Детально ознакомиться с фетометрическими показателями головного мозга можно в справочном руководстве «Ультразвуковая фетометрия: справочные таблицы и номограммы» [27].

В заключение хочется сказать, что многие годы отечественные врачи ультразвуковой диагностики проводили УЗИ головного мозга плода лишь в поперечных плоскостях, предложенных для использования Роберто Ромеро более 20 лет тому назад. Как показал наш 20-летний опыт



проведения УЗИ плода, только истинное мультиплоскостное сканирование с использованием стандартных методических подходов позволяет повысить информативность метода при оценке нормальной эхографической анатомии ЦНС плода, улучшить пренатальную диагностику врожденных пороков развития ЦНС и значительно снизить их долю среди общего числа врожденных пороков развития у новорожденных в регионе, а также определить наиболее адекватную тактику послеродового обследования и лечения.

### Литература

1. Пренатальная диагностика врожденных пороков развития плода / Р. Роме-ро, Д. Пилу, Ф. Дженти и др.; пер. с англ. — М.: Медицина, 1994.
2. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. В. В. Митькова, М. В. Медведева. — Т. 2. — М.: Видар, 1996.
3. Головной мозг и позвоночник / М. В. Медведев, Е. В. Юдина, С. О. Кусова // Пренатальная эхография / под ред. М. В. Медведева. — М.: Реальное Время, 2005. — С. 217–288.
4. Волков А. Е. Головной мозг и позвоночник / А. Е. Волков // Ультразвуковая диагностика в акушерстве и гинекологии / под ред. А. Е. Волкова. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. — С. 119–142.
5. The International Society Of Ultrasound In Obstetrics & Gynecology. Sonographic examination of the fetal central nervous system: guidelines for performing the «basic examination» and the «fetal neurosonogram» // Ultrasound Obstet. Gynecol. — 2007. — Vol. 29, № 1. — P. 109–116.
6. Приказ Министерства Здравоохранения России от 28.12.2000 г. № 457 «О совершенствовании пренатальной диагностики врожденных и наследственных заболеваний у детей» // Пренатальная диагностика. — 2002. — Т. 1, № 1. — С. 5–10.
7. Myriantopoulos N. C. Epidemiology of central nervous system malformations / N. C. Myriantopoulos // Handbook of Clinical Neurology / eds.: P. J. Vinken, G. W. Bruyn. — Amsterdam: Elsevier, 1977. — P. 139–171.
8. Немцова Т. К. Антенатальная диагностика и тактика при врожденных пороках развития плода и новорожденного: методическое пособие / Т. К. Немцова, Д. В. Воронин, А. В. Михайлов и др. — 2-е изд. — СПб.: СПбМАПО, 2002.
9. Воеводин С. М. Ультразвуковое исследование головного мозга и лица у плода / С. М. Воеводин // Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. В. В. Митькова, М. В. Медведева. — М.: Видар, 1996. — С. 89–101.



10. Ультрасонография в нейрореднатрии (новые возможности и перспективы). Ультрасонографический атлас / А. С. Иова, Ю. А. Гармашов, Н. В. Андрущенко, Т. С. Паутницкая. — СПб.: Петроградский и Ко, 1997. — С. 17.
11. *Медведев М. В.* Оказывается, в нашей стране тоже регистрируются случаи танатофорной дисплазии, или Новые возможности трехмерной эхографии в пренатальной диагностике скелетных дисплазий / М. В. Медведев // Пренатальная диагностика. — 2006. — Т. 5, № 2. — С. 159.
12. How early are fetal cerebral sulci visible at prenatal ultrasound and what is the normal pattern of early fetal sulcal development? / A. Toi, W. S. Lister, K. W. Fong // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 2004. — Vol. 24, № 7. — P. 706–715.
13. *Monteagudo A.* Development of fetal gyri, sulci and fissures: a transvaginal sonographic study / A. Monteagudo, I. E. Timor-Tritsch // *Ultrasound Obstet Gynecol.* — 1997. — Vol. 9, № 4. P. 222–228.
14. *Медведев М. В.* К вопросу об ультразвуковой оценке анатомии плода в ранние сроки беременности / М. В. Медведев, Н. А. Алтынник // Пренатальная диагностика. — 2002. — Т. 1, № 2. — С. 158.
15. *Blaas H.-G. K.* Нормальная ультразвуковая анатомия плода в ранние сроки беременности / H.-G. K. Blaas, М. В. Медведев // Пренатальная диагностика врожденных пороков развития в ранние сроки беременности / под ред. М. В. Медведева: РАВУЗДПГ, Реальное Время — 2000. — С. 10.
16. Пренатальная ультразвуковая диагностика врожденных пороков в ранние сроки беременности / М. В. Медведев, Е. А. Шевченко, М. А. Эсетов // Пренатальная эхография / под ред. М. В. Медведева — М.: Реальное Время, 2005. — С. 127.
17. *Ell-Najjar K. A.* The effect of artificial cranial deformations on the incidence of Wormian bones in the lambdoid suture / K. A. Ell-Najjar, G. L. Dawson // *Am. J. Phys. Anthropol.* — 1977. — Vol. 46, № 1. — P. 155–160.
18. Ультразвуковая биометрия плода при физиологически развивающейся беременности (нормативы и сравнительная точность) / В. Н. Демидов, Б. Е. Розенфельд, С. М. Воеводин, А. В. Логвиненко // *Sonoace international.* Русская версия. — 2001. — Вып. 8. — С. 50–59.
19. *Медведев М. В.* Ультразвуковая фетометрия / М. В. Медведев, Е. В. Юдина // Пренатальная эхография / под ред. М. В. Медведева. — М.: Реальное Время, 2005. — С. 31.
20. Exclusion of fetal ventriculomegaly with a single measurement: the width of the lateral ventricular atrium / J. D. Cardoza, R. B. Goldstein, R. A. Filly // *Radiology.* — 1988. — Vol. 169, № 3. — P. 711–714.



21. Fetal cerebral ventriculomegaly: outcome in 176 cases / P. Gaglioti, D. Danelon, S. Bontempo et al. // *Ultrasound Obstet. Gynecol.* — 2005. — Vol. 25, № 4. — P. 372–377.
22. Воеводин С. М. Нормальная эхографическая анатомия ЦНС у эмбриона и плода / С. М. Воеводин // *Клиническая визуальная диагностика. Вып. 1.* / под ред. В. Н. Демидова и Е. П. Затики. — М.: СТРОМ, 2000. — С. 73–96.
23. The fetal cisterna magna / B. S. Mahony, P. W. Callen, R. A. Filly, W. K. Hoddick // *Radiology.* — 1984. — Vol. 153, № 3. — P. 773–776.
24. Снайдерс Р. Дж. М. Ультразвуковые маркеры хромосомных дефектов плода / Р. Дж. М. Снайдерс, К. Х. Николайдес. — М.: Видар, 1997.
25. Яковенко Е. А. Изучение региональных номограмм плода для диагностики внутриутробной задержки роста / Е. А. Яковенко // *Ультразвук. перинат. диагн.* — 1994. — Вып. 4–5. — С. 29–37.
26. Enlarged cisterna magna and the Dandy-Walker malformation: factors associated with chromosome abnormalities / D. A. Nyberg, B. S. Mahony, F. N. Hegge et al. // *Obstet. Gynecol.* — 1991. — Vol. 77, № 3. — P. 436–442.
27. Ультразвуковая фетометрия: справочные таблицы и номограммы / под ред. М. В. Медведева. — 5-е изд. — М.: РАВУЗДПГ, Реальное Время, 2006.
28. Медведев М. В. Нормальная ультразвуковая анатомия плода / М. В. Медведев, Н. А. Алтынник. — М.: Реал Тайм, 2008. — 152 с.
29. Медведев М. В. Пренатальная эхография. Дифференциальный диагноз и прогноз / М. В. Медведев. — 2-е изд. — М.: Реал Тайм, 2009. — 384 с.



## ГЛАВА 2

# МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА

- Введение
- Показания и противопоказания к проведению МРТ плода
- Методика исследования
- Артефакты изображения, появляющиеся при МРТ плода, и способы их устранения
- МРТ-анатомия головного мозга плода
- Фетометрия головного мозга плода
- Литература

### Введение

МРТ — неинвазивная методика, позволяющая получить детальные изображения плода в матке, а также структуры малого таза матери, включая родовые пути. Впервые МРТ плода была проведена в 1983 г. Первые же исследования показали, что новая методика потенциально может играть большую роль в оценке его состояния, но ее широкое внедрение ограничивалось множественными искажениями изображений, обусловленных движением плода и дыханием матери. Это было связано с использованием стандартных импульсных последовательностей (ИП), слишком «медленных» для высокой двигательной активности плода. Для преодоления этого недостатка в середине 1980-х годов даже применяли курарезацию плода (через пупочную вену вводили панкурония бромид). Позже стали использовать диазепам, который вводили внутривенно за 10–15 мин до исследования. Как известно, диазепам оказывает угнетающее действие на двигательную активность плода, уменьшает



беспокойство матери, расслабляет мускулатуру матки. Появление в 1990-х годах быстрых импульсных последовательностей существенно расширило диагностический потенциал МРТ. Появилась возможность получать изображения прекрасного качества без применения седативных препаратов. Сверхбыстрые ИП со временем преобразования одного среза не более 400 мс дают возможность «заморозить» картину и тем самым минимизировать количество артефактов, особенно если исследование проводилось при задержке дыхания матерью.

### **Показания и противопоказания к проведению МРТ плода**

**Цель исследования** — подтвердить, уточнить или опровергнуть результаты УЗИ. Необходимость подтвердить данные УЗИ возникает при выявлении грубых пороков развития плода и решении вопроса о прерывании беременности по медицинским показаниям, прогнозировании качества жизни ребенка и т. д. Особенно тяжелы ситуации, когда речь идет о «сверхценном» плоде, беременность долгожданная, возможно, пришлось прибегнуть к ЭКО, и принятие решения, оставить ребенка или нет, становится категорией не только медицинской, но и нравственной. Результаты МРТ в 55% случаев позволяют получить дополнительную информацию, что в конечном счете может повлиять на тактику ведения беременности. Дополнительные данные выявляются в случаях, когда имеющиеся у плода сложные, сочетанные пороки развития не могут быть обнаружены при УЗИ или видны не в полном объеме. Иногда более явные пороки клинически менее значимы и могут играть роль маркеров для назначения дополнительного исследования с целью выявления «скрытых» аномалий. МРТ — более чувствительный метод в диагностике мальформаций кортикального развития, связанных с нарушением организации и формирования извилин головного мозга, наличия участков гетеротопии и т. д. Значительно реже результаты МРТ полностью изменяют или опровергают диагноз, поставленный при УЗИ. Зачастую это связано с техническими трудностями проведения УЗИ.

**Сложности проведения УЗИ.** Ожирение матери, рубцовые изменения мягких тканей живота, олигогидрамнион могут затруднить получение достоверных данных о состоянии плода. В III триместре беременности обызвествление черепа, неудачное его положение, когда головка располагается в малом тазу, может препятствовать проведению адекватного, информативного исследования. Трудности могут возникать при многоплодной беременности, когда один плод перекрывает другой.



Тогда как ни олигогидрамнион, ни положение плода в утробе матери никоим образом не влияет на результаты МРТ.

**Беременность с высоким риском поражения плода.** Осложненный семейный анамнез, рождение старших детей с пороками развития, наследственная предрасположенность к рождению ребенка с аномалиями являются показаниями к проведению к МРТ. Причиной дополнительных исследований плода может быть воздействие внешних, экзогенных факторов: физических, химических, биологических и т. д. К наиболее частым факторам воздействия следует отнести вирусное инфицирование. Тератогенным эффектом обладают вирус краснухи, цитомегаловирус, высок риск поражения плода при инфицировании вирусами семейства герпеса, гриппа, кори и т. д. Радиационные, механические воздействия, химические и лекарственные отравления также могут причиной повреждения органов и систем плода. В этих случаях МРТ должна проводиться, даже если УЗИ не выявило каких-либо изменений. Возраст матери старше 35 лет является относительным показанием к проведению МРТ.

**Планирование тактики ведения родов, оперативных вмешательств после рождения ребенка.** МРТ позволяет получить точные планиметрические данные о размерах головы плода (при макроцефалии), соотношениях размеров головы плода, черепно-мозговой грыжи, спинномозговой грыжи и родовых путей (пельвиометрия). Если порок развития требует немедленного хирургического вмешательства, МРТ дает возможность более точно определить объем операции, сроки ее проведения, заранее спланировать взаимодействие акушеров, неонатологов, хирургов.

Противопоказания к проведению МРТ плода такие же, как и при стандартном исследовании: наличие кардиостимулятора, металлических клипс на сосудах, ферромагнитных имплантатов, металлоконструкций, инородных тел. Интересен факт, что клаустрофобия у беременных встречается редко. Нами обследованы более 400 женщины и только в одном случае зафиксирована боязнь замкнутого пространства.

Несмотря на то что на сегодняшний день не доказано наличие отрицательного эффекта переменных электромагнитных полей на плод, перед исследованием необходимо получить информированное согласие родителей на его проведение. В I триместре беременности МРТ лучше не выполнять, так как именно в этот период наиболее активно происходит закладка органов и систем плода и любое внешнее воздействие может сказаться негативно. Кроме того, размеры головного мозга невелики, соответственно разрешение изображений будет невысокое. Во вре-



мя процедуры под действием магнитного поля происходит выделение тепла, работа аппарата сопровождается шумом, что потенциально может оказывать воздействие на плод, поэтому МРТ не должна проводиться как скрининговый метод, а только по показаниям.

Во время исследования не рекомендуется использование МР-контрастных веществ. После внутривенного введения препараты гадолиния проникают через плаценту и скапливаются в мочевом пузыре плода. Из мочевого пузыря контрастное вещество экскретируется в амниотическую жидкость, откуда может происходить реабсорбция в желудочно-кишечный тракт, что потенциально может принести вред плоду. Тем не менее риск возникновения осложнений после введения одной дозы препаратов гадолиния невелик.

### Методика исследования

До того как врач МРТ приступит к самому исследованию, он должен тщательно и подробно ознакомиться с данными анамнеза, последнего УЗИ, четко сформулировать поставленную задачу, заранее спланировать исследование, определить, какие импульсные последовательности будут использоваться для получения изображений.

Магнитно-резонансная томография плода проводится на аппаратах напряженностью магнитного поля от 0,5 до 3,0 Тл. Предпочтение отдается сканерам с высокой напряженностью поля. Полнотельная катушка (body) применяется для трансмиссии (передачи) сигнала, а фазово-кодирующая катушка, предназначенная для исследования малого таза, сердца — для получения сигнала. Предпочтительно использование 4- или 6-, 8-элементной фазово-кодирующей катушки, которая обеспечивает высокое качество изображений. Также могут применяться поверхностные, гибкие катушки либо полнотельная катушка (рис. 2.1).

Наиболее часто МРТ выполняется в положении лежа на спине, если пациентке трудно лежать в этом положении, то в левом боковом либо в косом положении. Для экстренного оповещения медицинского персонала беременной дается сигнальное устройство. На первом этапе получают пристрелочные мультипланарные изображения, что позволяет локализовать зону интереса и расположить над ней центр катушки, выбрать наиболее подходящую плоскость первой импульсной последовательности. В течение исследования каждая полученная импульсная последовательность является локализационной для следующей серии изображений. Наиболее удобным для ориентации срезов как в аксиль-



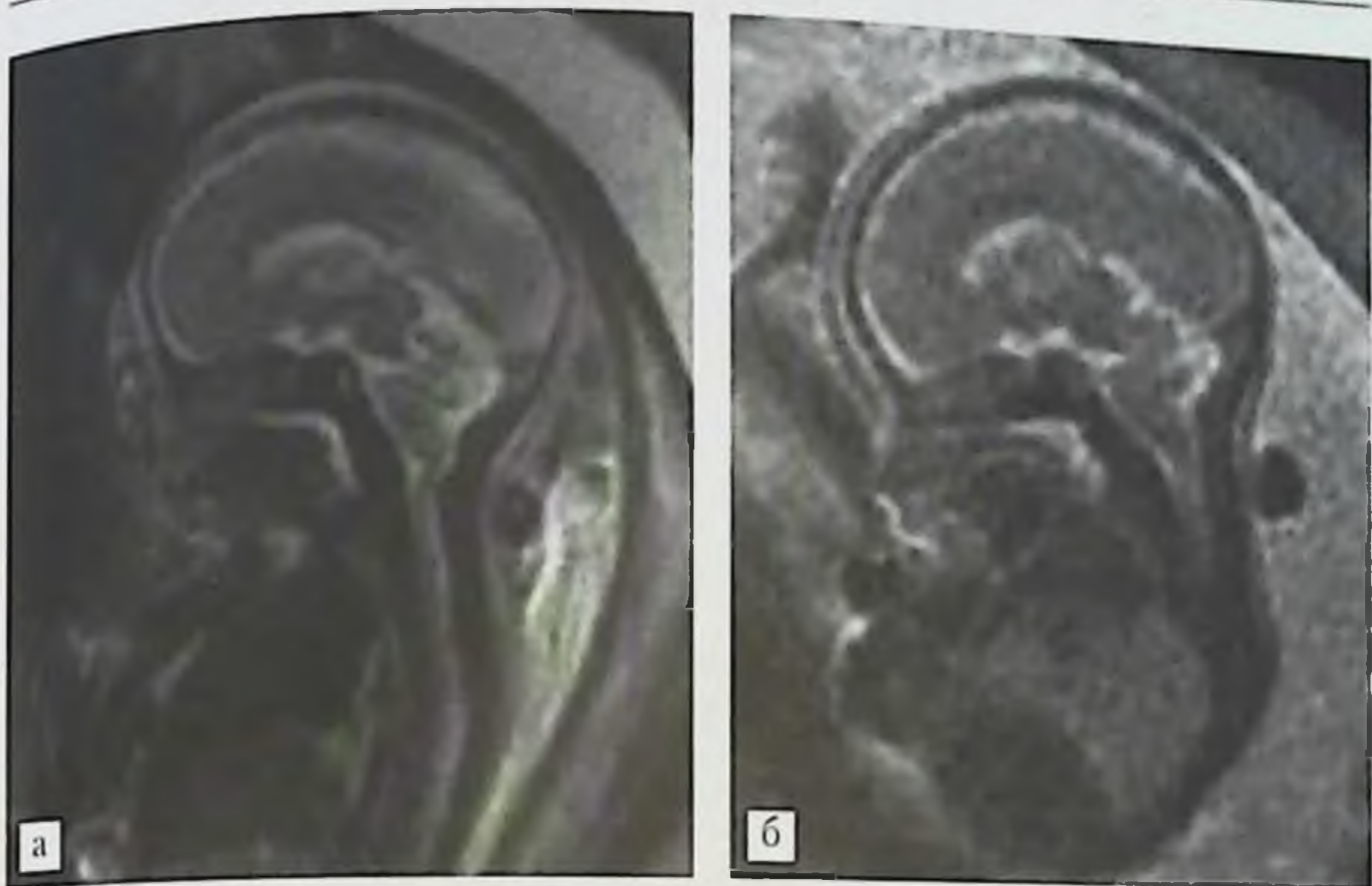


Рис. 2.1. Изображения, полученные с использованием различных катушек: *а* — фазово-кодирующая 4-элементная катушка для малого таза; *б* — полнотельная катушка (body). Срок гестации 22 нед. Ствол мозга не сформирован. Определяется персистирующий изгиб моста, наблюдающийся в раннем эмбриональном периоде. Изменения лучше видны на изображении, полученном с использованием фазово-кодирующей катушки.

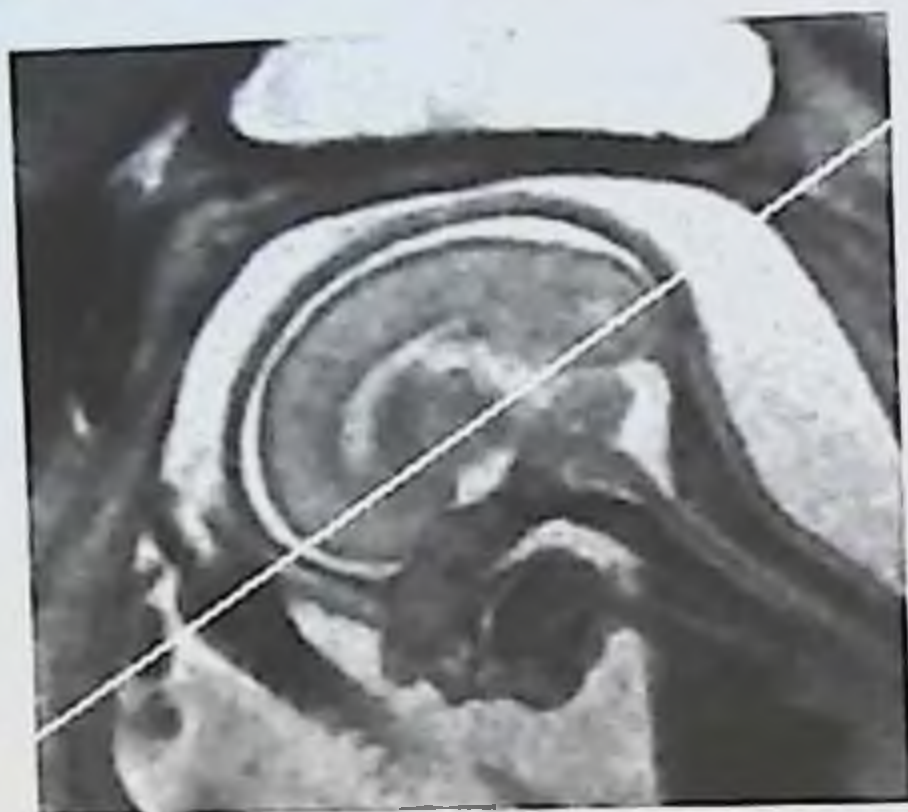
ной, так и в корональной плоскости является срединное сагиттальное изображение. Для локализации срезов в аксиальной плоскости в качестве ориентира можно использовать линию, соединяющую полюса лобной и затылочной долей. Срезы в аксиальной плоскости ориентируются параллельно этой линии (рис. 2.2).

Срезы в корональной плоскости закладываются параллельно задней поверхности ствола мозга (рис. 2.3).

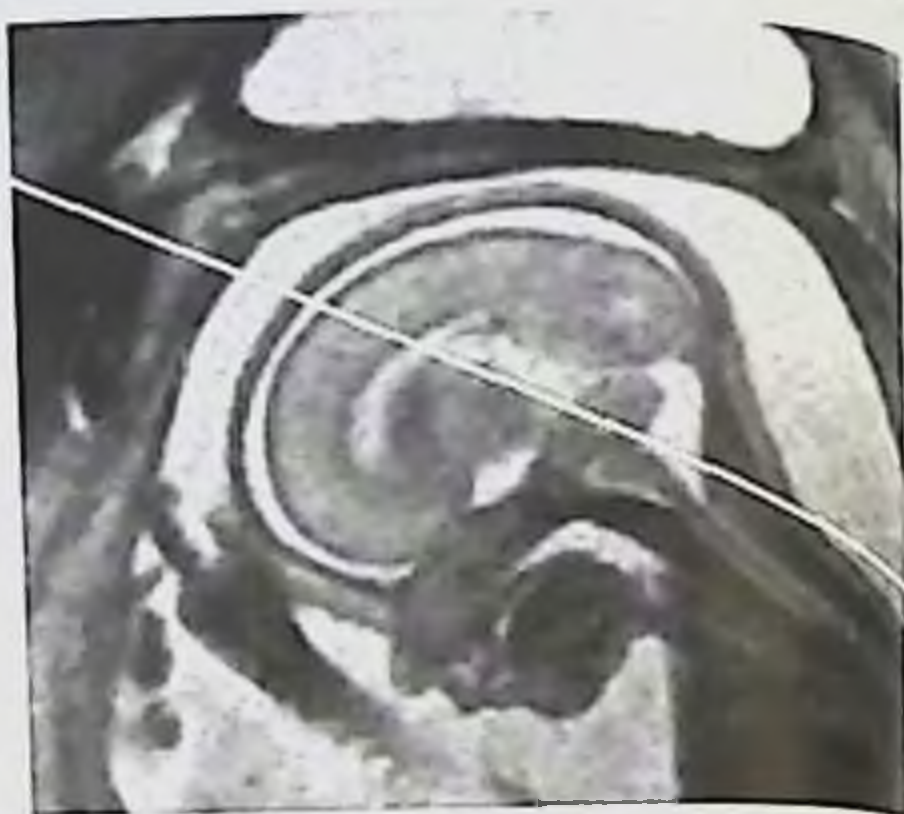
Данная схема расположения плоскостей срезов позволяет получать стандартно ориентированные в пространстве изображения и существенно улучшает точность и достоверность морфометрических измерений.

При проведении МРТ плода могут использоваться различные импульсные последовательности, но это обязательно должны быть быстрые ИП. Эхопланарные изображения открыли новую эру МРТ плода благодаря тому, что могут быть получены за очень короткое время. Од-





**Рис. 2.2.** Локализация срезов в аксиальной плоскости. Срединный сагиттальный срез головного мозга плода. Срок гестации 24 нед.



**Рис. 2.3.** Локализация срезов в коронарной плоскости. Срединный сагиттальный срез головного мозга плода. Срок гестации 24 нед.

нако сейчас они используются редко, так как контрастность и разрешающая способность у них низкая. Наиболее широкое распространение получила SSFSE (single shot fast spine echo) ИП, которая позволяет получать T2-ВИ прекрасного качества, оптимально отображающие анатомию головного мозга. В отличие от стандартных FSE ИП, всю информацию для формирования изображения собирают в течение одного периода повторения (TR). Это делает возможным получение одного изображения за 1–2 с. Изображения появляются на экране последовательно одно за другим, что требует 15–20 с (рис. 2.4).

Если в течение ИП сканируемый объект двигался, искажения будут затрагивать не все изображения, а только некоторые из них.

В случае, когда плод находится в ягодичном предлежании, импульсная последовательность выполняется на задержке дыхания матерью, в случаях головного предлежания плода исследование может проводиться без задержки дыхания.

Белое вещество головного мозга плода содержит большее количество жидкости, чем у новорожденного, поэтому для получения изображений с хорошей дифференциацией между серым и белым веществом лучше использовать более продолжительное время появления сигнала (TE) (140–180 мс). Это в первую очередь относится к плодам с небольшим сроком гестации (рис. 2.5).



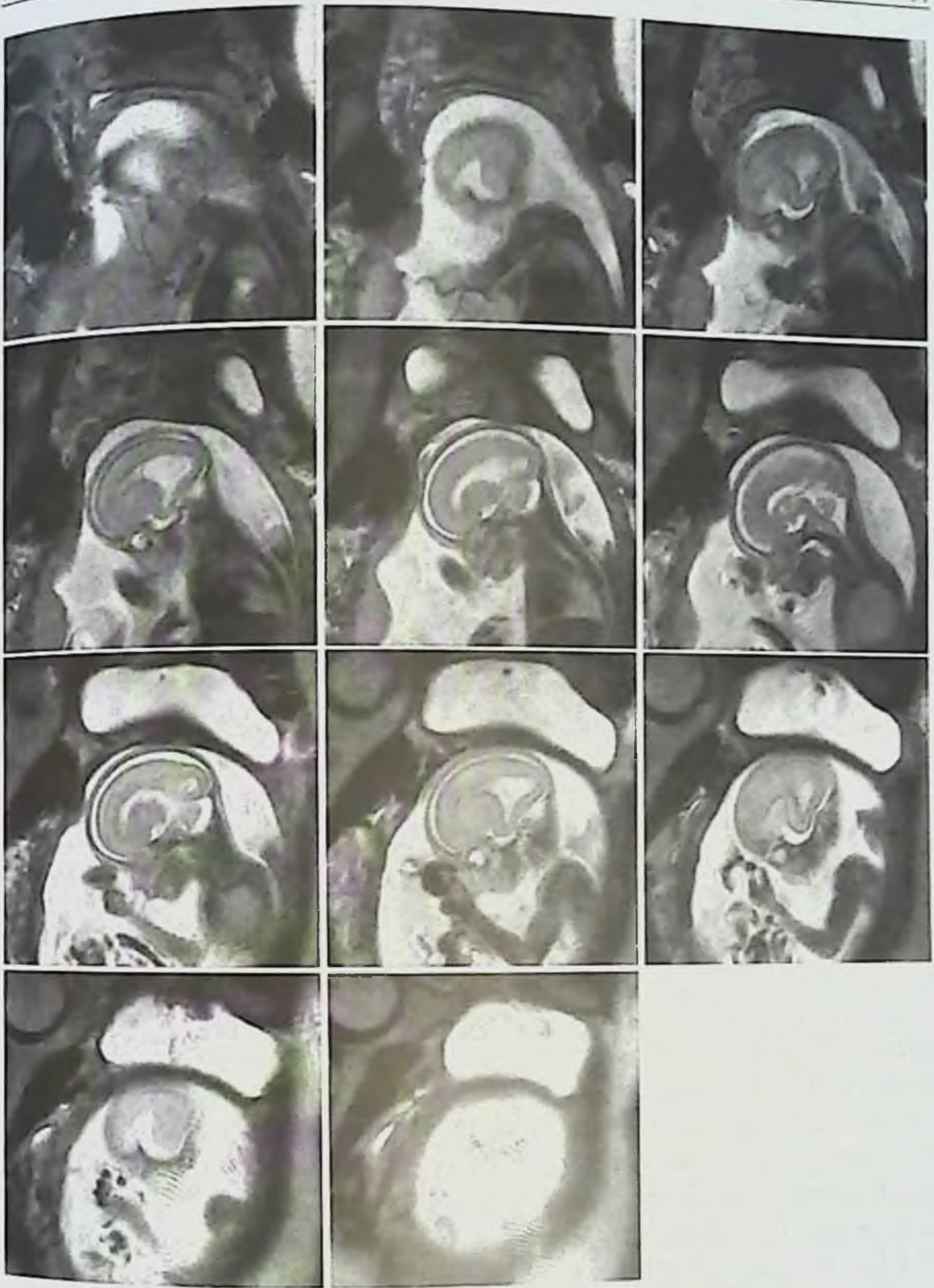


Рис. 2.4. Серия изображений в сагиттальной плоскости, полученных за 20 с. Импульсная последовательность SSFSE. TR 1970; TE 140; толщина среза 4 мм; интервал между срезами 1 мм; FOV 28x28 см; матрица 224x256.





Рис. 2.5. МРТ головного мозга плода. Срок гестации 24 нед. Срез в коронарной плоскости. Параметры: TR 1970; TE 143; FOV 28×28 см; матрица 256×224; толщина 4 мм; интервал между срезами 1 мм. Дифференцируются трехслойная картина головного мозга: 1 — внутренний слой — герминальный матрикс, располагающийся в виде тонкой полосы вокруг желудочков и характеризующийся гипонтенсивным сигналом; 2 — средний слой — соответствует полосе мигрирующих клеток; 3 — наружный слой — кора, представлен гипонтенсивным сигналом.

При сроках гестации более 30 нед головной мозг имеет достаточно большие размеры, что требует большего количества срезов и, следовательно, увеличения продолжительности процедуры. Для того чтобы уменьшить время исследования, необходимо использовать более короткие TE и TR, что существенно не сказывается на контрасте изображений. Можно сказать, что сегодня FIESTA T2-ВИ является «трудовой лошадкой» МРТ плода. В III триместре беременности может использоваться SSFPS (steady-state free precession sequence), обеспечивающая высокую контрастность структур головного мозга.

Для выявления кровоизлияний, кальцификатов, жировой ткани необходимо получить T1-ВИ. Для этого можно использовать быструю GRE ИП либо FSPGR, которая уменьшает остаточную поперечную намагниченность (рис. 2.6, 2.7).

Для повышения качества изображений также целесообразно применять функцию (опцию) подавления сигнала от жира. Импульсная последовательность обязательно выполняется на задержке дыхания матери. Если контрастность T1-ВИ неудовлетворительная, для улучшения их качества приходится увеличивать время, что делает изображения более чувствительными к появлению двигательных артефактов. В этом случае приходится прибегать к использованию седативных препаратов. Также может применяться FLAIR ИП, которая позволяет судить о со-





Рис. 2.6. Срок гестации 33,5 нед. Средний сагиттальный срез. Т1-ВИ, GRE ИП. Параметры: TR 150; TE 4.2; FOV 28×28 см; матрица 256×128; толщина среза 4 мм; интервал между срезами 1 мм.



Рис. 2.7. Срок гестации 28 нед: *а* — срез в аксиальной плоскости на уровне боковых желудочков. Т1-ВИ, FSPGR ИП с подавлением сигнала от жировой ткани. Параметры: TR 170; TE 4.2; FOV 32×32 см; матрица 256×128; толщина среза 5 мм; интервал между срезами 1 мм. Субэпендимальные и кортикальные отделы затылочных долей характеризуются гиперинтенсивным сигналом (ишемическое поражение). В медиальных отделах левой лобной доли субкортикально определяется локальный участок гиперинтенсивного сигнала (кровотечение) (стрелка); *б* — срез в аксиальной плоскости на уровне боковых желудочков. Т2-ВИ, SSFSE ИП. Изменения в субэпендимальных и кортикальных отделах отчетливо не видны.



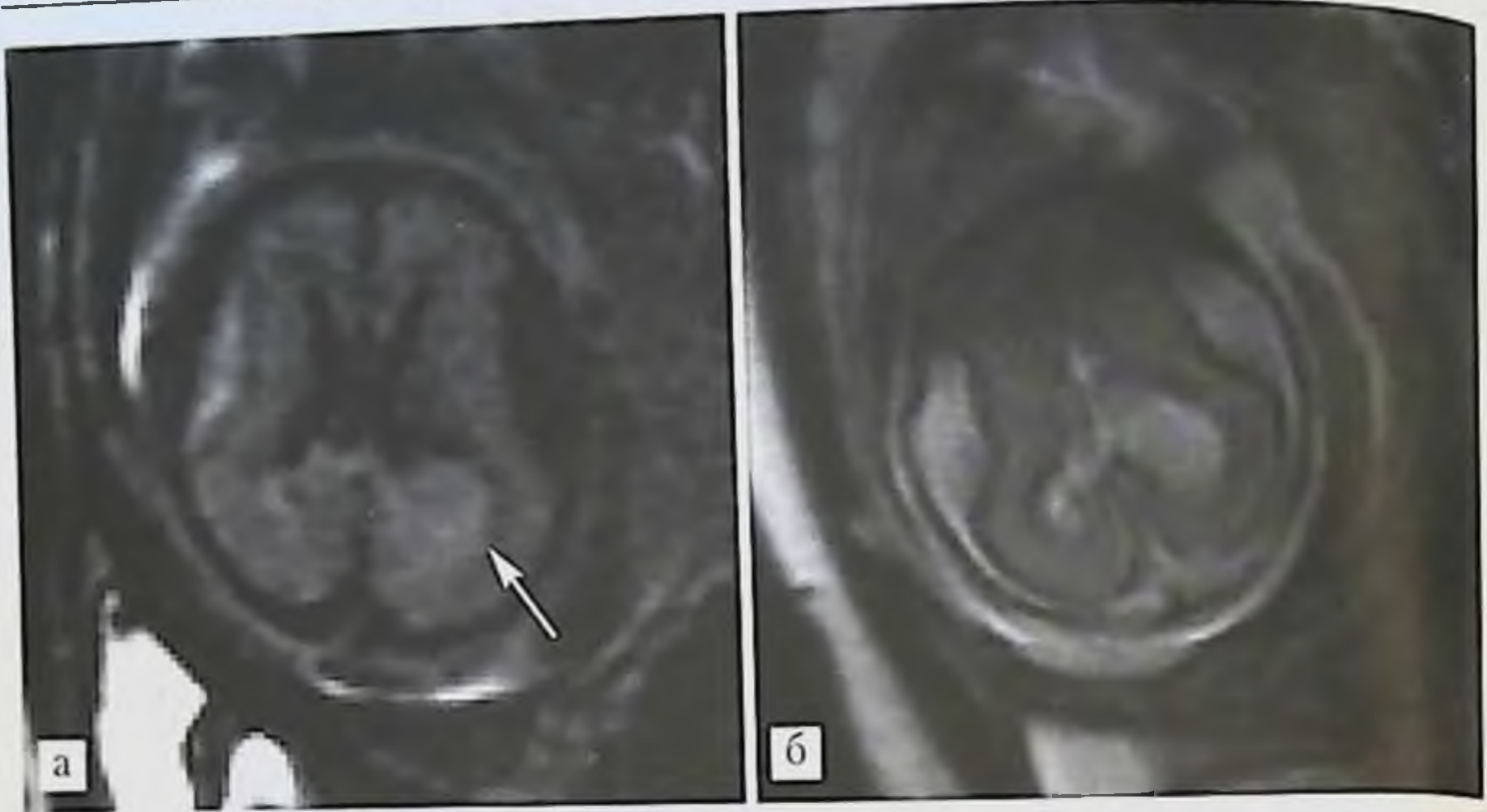


Рис. 2.8. Срок гестации 24 нед: *а* — срез в аксальной плоскости. FLAIR SSFSE ИП. Параметры: TR 3023; TE 501; FOV 26×26 см; матрица 256×160; толщина среза 5 мм; интервал между срезами 1 мм. В задних отделах левого бокового желудочка располагается образование, исходящее из сосудистого сплетения (стрелка). Интенсивность сигнала опухоли и сосудистого сплетения идентичны, отличаются от цереброспинальной жидкости; *б* — срез в аксальной плоскости. T2-ВИ SSFSE ИП. Дифференцировать патологическое образование от ЦСЖ в желудочке не представляется возможным.

стоянии структур, прилежащих к пространствам, содержащим цереброспинальную жидкость (ЦСЖ) (рис. 2.8).

Диффузионно-взвешенные изображения (DWI) применяются для оценки созревания белого вещества мозга и состояния кортикальной пластинки. Рекомендуется использовать фактор диффузии  $b$  от 400 до 700  $\text{мс}/\text{мм}^2$ . Ишемические поражения, кровоизлияния в вещество головного мозга намного лучше визуализируются на DWI, чем на T2-ВИ. Развитие и созревание белого вещества, формирующего тракты головного мозга, возможно оценить на диффузионно-тензорных изображениях (DTI). Однако вследствие того, что используется небольшое время получения изображений, пространственное разрешение оказывается недостаточным для оценки миелинизации мелких структур.

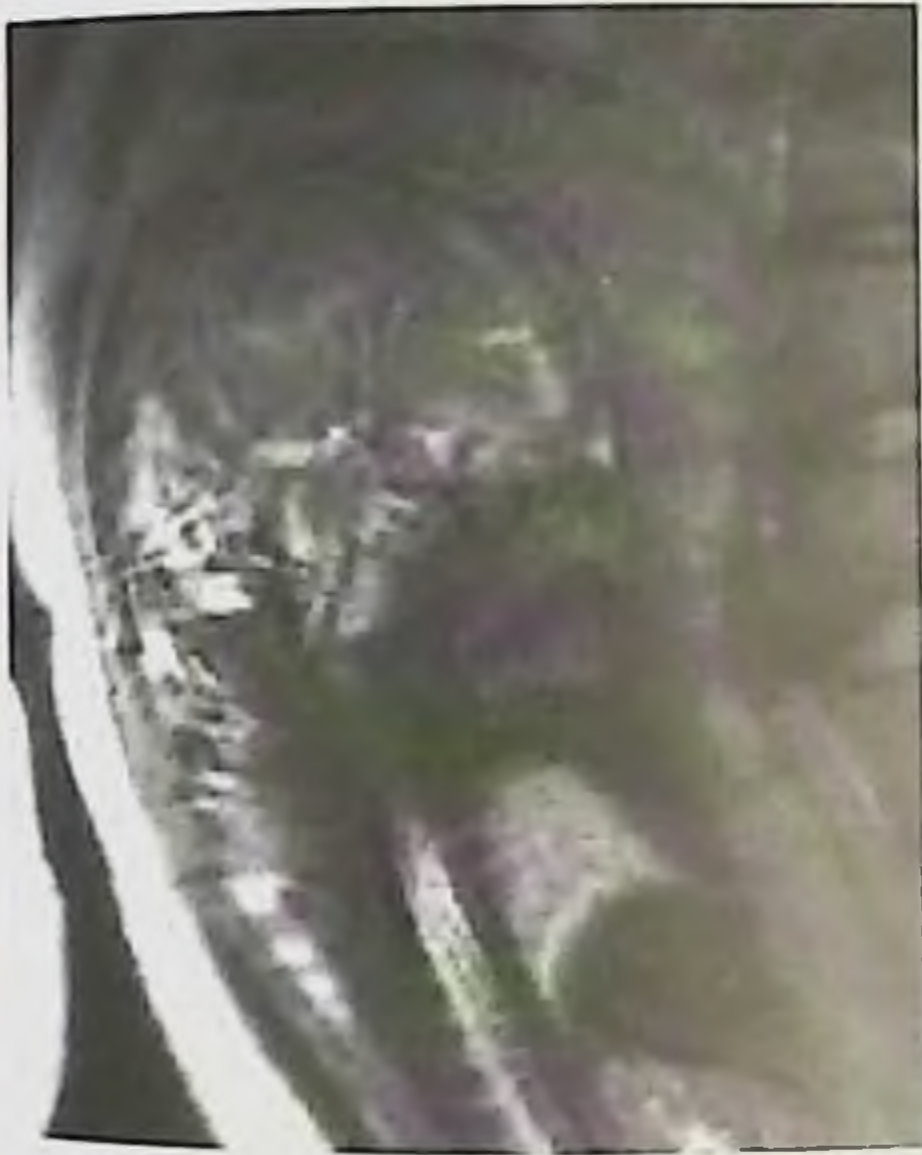
В случае сосудистых аномалий возникает необходимость визуализировать сосуды головного мозга. Для этого можно использовать SPGR ИП с углом отклонения (flip angle) 15–21°.



При выборе параметров МРТ рекомендуется минимальное поле обзора, но так, чтобы в него помещалось как можно больше анатомических структур. Данное правило особенно важно при исследовании плодов со сроком гестации менее 24 нед. Однако появление алиазинг-феномена, или свертки изображения, вынуждает увеличивать поле обзора, что, в свою очередь, приводит к уменьшению соотношения сигнал/шум и времени исследования. С учетом маленького размера головного мозга плода желательно использовать тонкие срезы. Вместе с тем при толщине среза меньше 3 мм соотношение сигнал/шум ухудшается. Применение SSFPS позволяет получить изображения высокого качества толщиной 1,6 мм.

### Артефакты изображения, появляющиеся при МРТ плода, и способы их устранения

При проведении МРТ плода нередко возникают артефакты. В большинстве случаев их появление обусловлено движением исследуемого объекта во время сканирования (*motion artifact*). Возникающее при этом противоречие между фазой и амплитудой приводит к нечеткости очер-



таний с появлением ложных изображений по направлению фазового кодирования независимо от направления движения. Величина искажений зависит от того, в какой момент заполнения *k*-пространства возникло движение. Если движение происходит в последние секунды сканирования при заполнении внешних краев *k*-пространства, то артефакт не сильно затрагивает изображение. Артефакты движения обычно распространяются поперек всего поля обзора. В том случае, если двигалась небольшая часть объекта, искажения затрагивают только часть изображения (рис. 2.9).

Рис. 2.9. Артефакт, обусловленный движением. Искажение затрагивает часть изображения в области головы плода.

Артефакты движения жидкости (*fluid motion*) проявляются в виде ложной интенсивности сигнала от движущейся жидкости. Причина



появления артефакта движения жидкости заключается в том, что спинны, возбужденные радиочастотным сигналом в выбранном срезе, к моменту регистрации сигнала меняют свое положение по отношению к срезу или к пространственно-кодированному градиенту. Такие артефакты определяются как зоны гипоинтенсивного сигнала на фоне амниотической жидкости, в мочевом пузыре плода (рис. 2.10) и т. д.

Наложение (свертка) изображения (wrap-around) возникает, когда выбранное поле обзора (FOV) меньше, чем отображаемая область. Этот артефакт проявляется на изображении в виде проецирования анатомической структуры, расположенной вне выбранного поля обзора, на противоположную сторону изображения в направлении фазового кодирования. В зависимости от положения структуры относительно поля обзора свернувшиеся анатомические структуры могут перекрывать другие анатомические структуры. Причина появления артефакта заключается в неверном фазовом кодировании области вне FOV. Любая возбужденная материя вне поля обзора дает сигнал во время считывания. Градиенты кодирования фазы масштабируются только для выбранного FOV, поэтому ткани вне FOV не кодируются по фазе в соответствии с их положением, а сигналы с одинаковой фазой проецируются в одну точку пространства, расположенную внутри поля обзора (рис. 2.11).



Рис. 2.10. Артефакт движения жидкости. В крупной кистозной полости определяется зона измененной интенсивности сигнала.

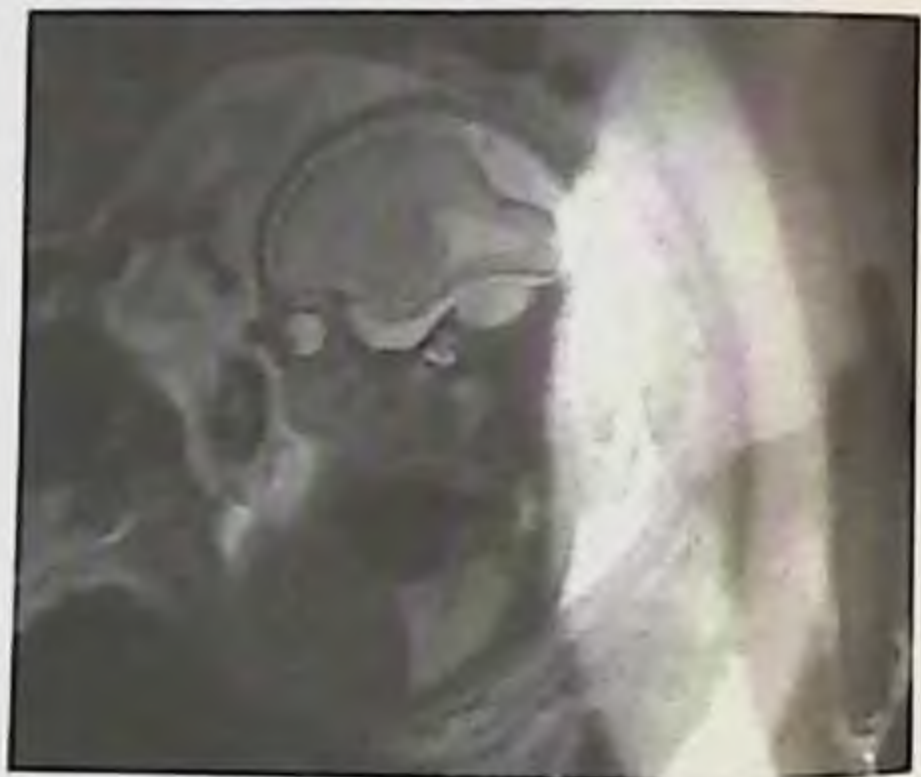


Рис. 2.11. Артефакт, обусловленный сверткой изображения. Изображение передней брюшной стенки матери накладывается на заднюю поверхность головы и шеи плода.



Если во время импульсной последовательности SSFSE плод двигался, на изображении возникает повторная визуализация анатомической структуры на серии изображений, что связано с особенностью их получения и в первую очередь касается двигающейся части объекта (например, рука или нога плода). Обратным примером может служить ситуация, когда анатомическая структура не попадает ни на одно изображение.

Радиочастотная интерференция (артефакты внешних полей) проявляется в виде статического шума на изображении или сетки линий на изображениях одного или нескольких срезов. Часто это одиночная зона видимого высокого соотношения сигнал/шум (SNR). Причиной артефакта может быть нежелательный радиочастотный сигнал извне клетки Фарадея, суммируемый с полезным сигналом во время сбора данных (наличие электронного оборудования в процедурной, колебания переменного тока).



Артефакты магнитной восприимчивости проявляются как локальные пространственные (геометрические) искажения или искажения интенсивности изображения. Причиной возникновения этих артефактов является неоднородность основного магнитного поля МР-томографа. Пространственное искажение связано с длинными градиентами поля, когда  $B_0$  меняется в пределах нескольких вокселей в какой-либо точке пространства. Изменение основного магнитного поля приводит к тому, что спины в различных вокселях имеют неодинаковую частоту вращения. Так как пространственное положение определяется частотой вращения спинов, неравномерность этой характеристики может привести к тому, что сигнал от спинов в одной точке будет приходить из разных (соседних) точек пространства, что дает искажения изображения (рис. 2.12).

Рис. 2.12. Артефакт магнитной восприимчивости проявляется в виде радиальных полос, искажающих верхнюю часть изображения. Исследование проводилось при беременности двойней.

пов в одной точке будет приходить из разных (соседних) точек пространства, что дает искажения изображения (рис. 2.12).



Артефакты Гиббса (звон Гиббса) проявляются в виде серии ярких или темных линий, параллельных и прилегающих к границам резкого изменения сигнала, которые быстро исчезают при удалении от этой границы. Они отличаются от артефактов движения, направленных через весь отображаемый FOV. Звон Гиббса появляется из-за низкой выборки на высоких частотах, соответствующей неполной оцифровке эха, что связано с конечным числом шагов кодирования, используемым преобразованием Фурье для реконструкции изображения. Это значит, что эхо не спадает до нуля после конца окна сбора данных и не полностью оцифровано.

При высокопольной МРТ на ряде изображений можно заметить артефакты химического сдвига. Их появление связано с разностью химических сдвигов между тканями. При кодировании частоты сигнала для изображения пространственного положения в одном срезе протоны жира прецессируют медленнее протонов воды. Сигнал протонов жира неправильно кодируется, и в результате вода и жир одного вокселя отображаются в разных вокселях и сдвинуты по оси частот относительно истинного положения. Эта неверная регистрация сдвига даст выделение границ раздела двух сред по оси частот. Если вода и жир находятся в одном положении, артефакт виден как яркая или темная полоса по краю анатомической области. В последнем случае (артефакт черной границы) это результат выбора TE, когда спины воды и жира находятся в противофазе, компенсируя друг друга. Истинный сдвиг зависит от силы магнитного поля и для 0,3 Тл составит 44,8 Гц по сравнению со сдвигом 223,6 Гц для 1,5 Тл МРТ.

Все артефакты изображений можно разделить на две группы: к первой можно отнести артефакты, обусловленные движением плода или матери, ко второй — связанные с техническими особенностями магнитно-резонансной томографии, в связи с чем и способы их устранения различные.

Для того чтобы избежать появления артефактов движения, необходимо предупредить обследуемую, чтобы она не двигалась. В большинстве случаев при использовании быстрых импульсных последовательностей задержки дыхания не требуется, но в некоторых случаях она позволяет избежать появления артефактов.

Артефакты движения жидкости появляются в том случае, если во время сканирования возникло перемещение жидкости в пространстве. Причиной этого могут быть движения как плода, так и матери. В большинстве случаев эти искажения видны на одном или двух изображениях из всей серии и не затрудняют анализ полученных данных (рис. 2.13).





Рис. 2.13. Артефакт движения жидкости вследствие «дыхания» плода (стрелка).



Рис. 2.14. Беременность 32 нед. Аномалия Арнольда–Киари 2. Свернувшаяся часть изображения не накладывается на зону интереса, которой является крестцовый отдел позвоночника плода. Размеры задней черепной ямки уменьшены. Мозжечок вклинивается в шейную дуральную воронку. Деформация шейного отдела позвоночника. Спинномозговая грыжа крестцового отдела позвоночника.

В том случае, если артефакт располагается в области интереса, необходимо повторить программу, лучше с задержкой дыхания. Снизить артефакт движения жидкости можно изменением направлений кодирования частоты и фазы. Дифференцировать артефакты движения жидкости в некоторых случаях приходится с продуктами распада крови, которые также могут визуализироваться как зона низкой интенсивности сигнала.

Наиболее простой способ избежать появления артефактов наслаивания изображения — это увеличить поле обзора, так чтобы оно охватывало все анатомические структуры. Однако в этом случае снижается пространственное разрешение. Увеличение матрицы изображения или использования опций коррекции фазового наложения увеличивает время исследования. Поэтому при проведении МРТ плода лучше использовать наименьшее поле обзора (рис. 2.14).

Коррекция артефактов наложения по частоте может проводиться, например, применением частотных фильтров для регистрируемого сигнала.

Повторная визуализация или отсутствие на изображениях анатомической структуры может ошибочно трактоваться как порок развития. Чтобы избежать этого, нужно повторить необходимую серию исследования.



Артефакты радиочастотной интерференции обусловлены внешним воздействием на полезный радиочастотный сигнал. В случае их появления необходимо проверить экранирование магнита в процедурной, наличие в помещении электронного медицинского оборудования или мигающих ламп накаливания. В большинстве случаев причины РЧ-шума не поддаются контролю, и, если они повторяются, следует обратиться в сервисную службу.

Для устранения артефактов магнитной восприимчивости необходимо изменить параметры импульсной последовательности. Использовать более короткое TE, уменьшить ширину полосы пропускания частот (bandwidth). В крайнем случае необходимо проведение шиммирования.

Увеличение числа шагов кодирования фазы уменьшит интенсивность артефактов Гиббса. При использовании прямоугольной матрицы данных артефакт будет более заметен по меньшему направлению матрицы.

Для снижения артефакта неоднородности поля можно использовать меньший FOV и автоматическое шиммирование. При этом желательно, чтобы отображаемая область находилась в центре катушки.

Наилучший способ устранить артефакт химического сдвига — использовать методы подавления жира (например, специальные ИП IR, опция FatSat). Для уменьшения артефакта можно также уменьшить сдвиг вода/жир (увеличить ширину полосы пропускания), увеличить матрицу, установить время TE так, чтобы спины находились в фазе, или использовать SE-методы. Если по оси считывания имеется неверная регистрация, можно повторить сканирование с осью, параллельной взаимодействию жир/вода. Более сильный градиент уменьшит смещение сдвига в миллиметрах.

Особенности МРТ плода обуславливают появление артефактов, в том числе таких, с которыми специалисты не сталкиваются при проведении других МР-исследований (примером может служить повторная визуализация или отсутствие анатомической структуры на изображении). Устранение артефактов позволит повысить информативность изображения, избежать диагностических ошибок.

### **МР-анатомия головного мозга плода**

К 20-й неделе внутриутробного развития процессы клеточной пролиферации и миграции в основном завершаются, происходит формирование всех 6 слоев коры головного мозга. Во второй половине беременности в головном мозге плода идет процесс клеточной организации и диф-



ференциации — синаптогенез. С этого момента начинаются разительные, глобальные изменения. Если на 20-й неделе головной мозг гладкий, небольшого размера и весит всего около 20 г, то во второй половине беременности одна за другой формируются борозды, а масса головного мозга к 40-й неделе, достигает 450 г. К концу 23-й недели гестации отчетливо дифференцируется 3-слойная картина его строения. Внутренний слой представлен герминальным матриксом, характеризуется гипоинтенсивным сигналом на T2-ВИ. Средний слой имеет слабо гиперинтенсивный сигнал, соотносится с промежуточной зоной, где встречаются редкие мигрирующие нейроглиальные клетки (см. рис. 2.5). Некоторые авторы описывают 4-слойную картину строения головного мозга, подразделяя промежуточную зону на две части. Наружный слой — это незрелая кора, представленная молекулярной и подкорковой зонами, характеризуется гипоинтенсивным сигналом. Внутренний



Рис. 2.15. МРТ плода. Срез в корональной плоскости. Срок гестации 32 нед. Двухслойная картина головного мозга плода. Герминальный матрикс не визуализируется.

и наружные слои имеют гипоинтенсивный сигнал вследствие высокой клеточной плотности. Трехслойная картина строения головного мозга сохраняется примерно до 28-й недели гестации, а затем происходит истончение герминального матрикса, количество клеток в нем резко уменьшается. После 29-й недели внутренняя зона перестает визуализироваться и, таким образом, остаются только два слоя: внутренний гиперинтенсивный — белое вещество, наружный слой — серое вещество кортикальной пластинки, проявляющейся гипоинтенсивным сигналом (рис. 2.15).

Миелинизация начинается на 12–13-й неделе в спинном мозге, далее происходит миелинизация

волокон в стволе мозга, и в последнюю очередь — в полушариях большого мозга. Из структур супратенториальной локализации, в первую очередь на 33-й неделе, миелинизация происходит в заднем бедре внутренней капсулы, что проявляется повышением интенсивности сигнала





**Рис. 2.16.** МРТ головного мозга плода, корональная плоскость на уровне передней комиссуры. Срок гестации 13–22 нед. DTI — диффузионно-тензорное изображение; DWI — диффузионно-взвешенное изображение. ADC — измеряемый коэффициент диффузии (Huang Нао, 2009).

на T1-ВИ. На 35-й неделе изменяется интенсивность сигнала от зрительных трактов, субкортикальных отделов полушарий большого мозга (рис. 2.16, 2.17).

### Желудочковая система

Размеры желудочков мозга изменяются на протяжении беременности (рис. 2.18). На 20–24-й неделе гестации затылочные рога и треугольники боковых желудочков наиболее заметны, что объясняется небольшими размерами головного мозга. Таковую картину описывают как «физиологическую фетальную гидроцефалию» (рис. 2.19).

Расширенная форма затылочных рогов боковых желудочков может сохраняться до 30-й недели гестации. Поперечный размер желудочков на уровне преддверия (атриума) в среднем равен 6–8 мм ( $7,6 \pm 0,6$  мм), причем диаметр бокового желудочка у плодов мужского пола несколько больше, чем у женского. Верхняя граница нормы равна 10 мм. В норме наружная стенка бокового желудочка вогнутая, тогда как при гидроцефалии становится выпуклой. D. Levine и соавт. описывают 8 видов строения желудочковой системы головного мозга плода. Желудочки





Рис. 2.17. МРТ головного мозга плода (срок гестации 20 нед), сог. DTI (а, б, в, г), T1-ВИ (д) и T2-ВИ (е). DTI: а — цветовое картирование; б — aDWI — среднее DWI; в — ADC — измеряемый коэффициент диффузии; г — FA — частичная анизотропия. При цветовом картировании красный, зеленый и синий цвета отражают пространственную ориентацию слева направо, спереди назад, сверху вниз, соответственно. Стрелки указывают на а — поясную извилину, внутреннюю капсулу, переднюю комиссуру, б — головку хвостатого ядра (Huang Hao, 2009).

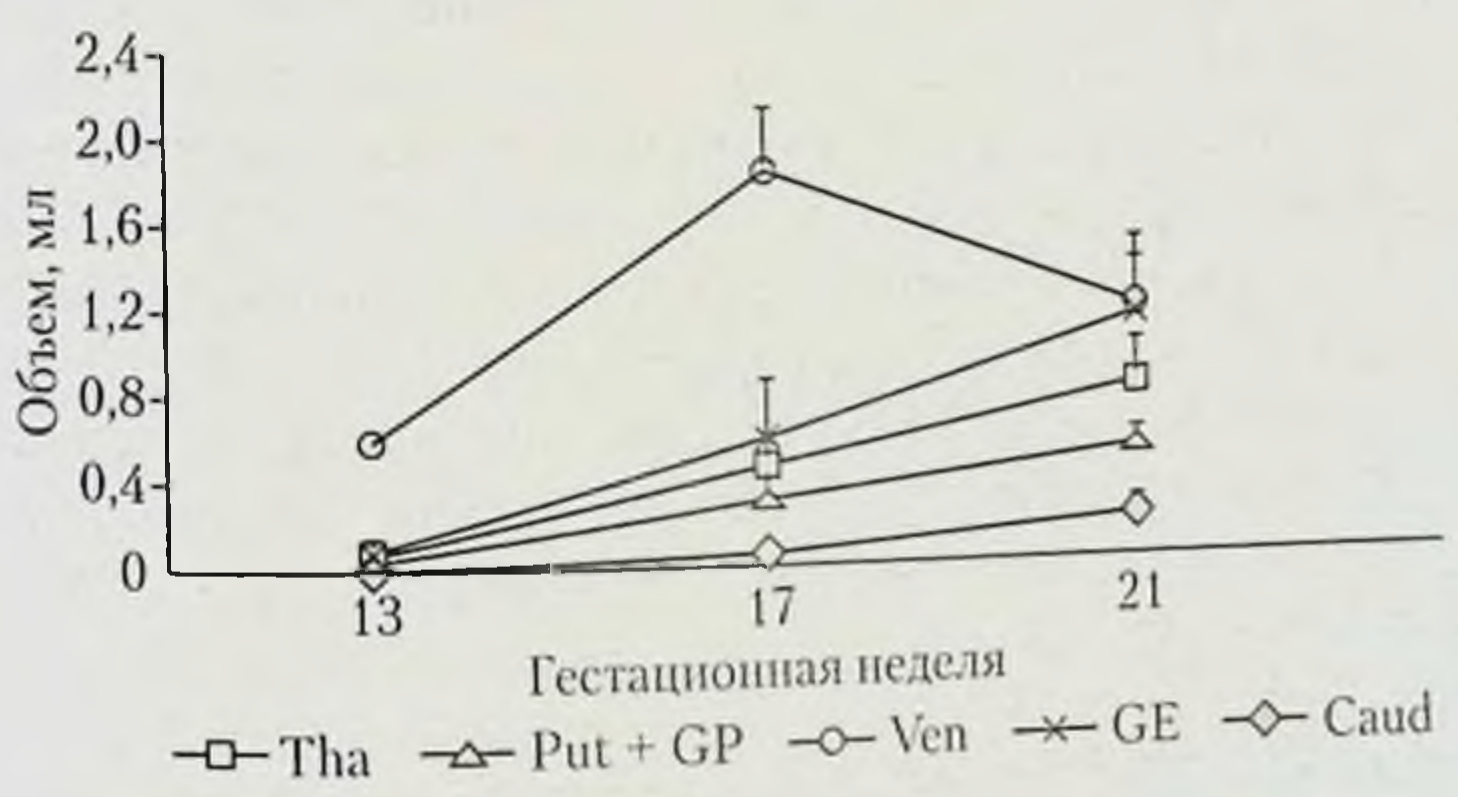
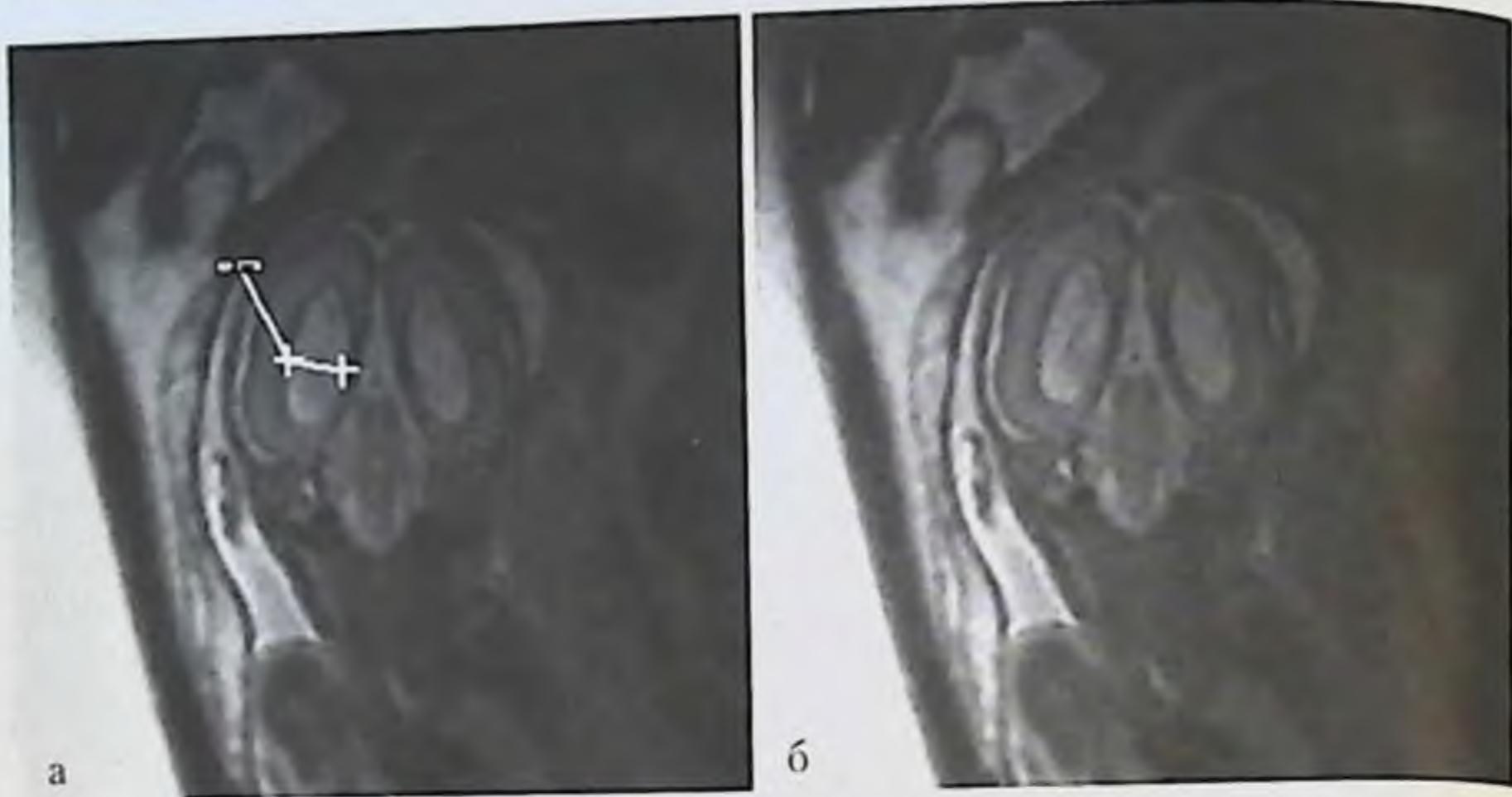


Рис. 2.18. Объем анатомических структур головного мозга плода (срок гестации 13–22 нед) (Huang Hao, 2009).





**Рис. 2.19.** МРТ плода. Измерение диаметра боковых желудочков. Срез в коронарной плоскости. Беременность 22 нед. Желудочки не расширены, диаметр не превышает 8 мм.

обычной конфигурации и примитивная физиологическая фетальная гидроцефалия встречаются в норме. Остальные 6 типов строения желудочковой системы сочетаются с различными аномалиями развития головного мозга.

Соотношение диаметра желудочек/головной мозг прогрессивно уменьшается в течение беременности. До 20-й недели соотношение  $>0,5$ , после 20-й уже  $<0,5$ , а к 30-й неделе уменьшается до  $0,35-0,4$ , что соответствует показателям у новорожденных. Замеры производят на уровне угла передних рогов боковых желудочков.

Максимальный поперечный диаметр III желудочка до 28-й недели равен 1 мм, после 28-й недели может достигать 1,9 мм. Размеры IV желудочка после 20-й недели беременности существенно не меняются.

Могут визуализироваться полость прозрачной перегородки и полость Верге, что является нормой для плода. В ряде случаев они сохраняются и после рождения.

### **Формирование борозд головного мозга**

В I триместре беременности головной мозг гладкий, как при лиссэнцефалии. На 14-й неделе определяется только сильвиева борозда в виде



неглубокого желобка, который углубляется к 16-й неделе. Появление остальных борозд головного мозга неразрывно связано с началом процесса синаптогенеза, увеличения объема и массы мозга. Формирование борозд происходит стремительно с 20-й по 35-ю неделю гестации. На 21-й неделе уже отчетливо видна теменно-затылочная борозда, борозда птичьей шпоры появляется на 24-й неделе, а к 30-й неделе приобретает характерную форму, напоминающую горизонтально расположенную букву «У» (рис. 2.20).

Также на 24-й неделе становится заметной центральная борозда, которая принимает обычную ориентацию к 34–35-й неделе (рис. 2.21).

Краевая борозда, первая височная борозда, визуализируется на 28-й неделе внутриутробного развития (рис. 2.22).

У двойни борозды появляются на 2 недели позже, чем у одного плода. К 35-й неделе сформированы основные борозды и извилины, головной мозг плода больше похож на мозг взрослого 50-летнего человека, чем того плода, каким он был всего 3 мес назад (рис. 2.24).

По сравнению с данными нейроанатомических исследований при МРТ борозды определяются позже. По данным D. Levine, P. D. Barnes задержка визуализации борозд может достигать до 8 нед, но в среднем равна 1,9 нед. Разница во времени объясняется тем, что толщина среза при проведении гистопатологического среза значительно меньше, чем при проведении МРТ.

МРТ в антенатальном периоде позволяет оценить нейроанатомию, процессы развития и созревания головного мозга плода. Сегодня МРТ является наиболее достоверным способом визуализации структур головного мозга плода.

## Фетометрия головного мозга плода

### Размеры головного мозга

Для определения максимальных размеров головного мозга оценивают лобно-затылочный и бипаритетальный размеры. Лобно-затылочный диаметр измеряется на срединном сагиттальном изображении как расстояние между двумя наиболее удаленными точками лобной и затылочной долей (рис. 2.25).

Средние показатели лобно-затылочного диаметра: 80 мм на 28-й неделе гестации, 90 мм — 32-й, 100 мм — на 34-й, 110 мм — на 36-й, 120 мм — на 40-й неделе (Garel C. et al., 1998).



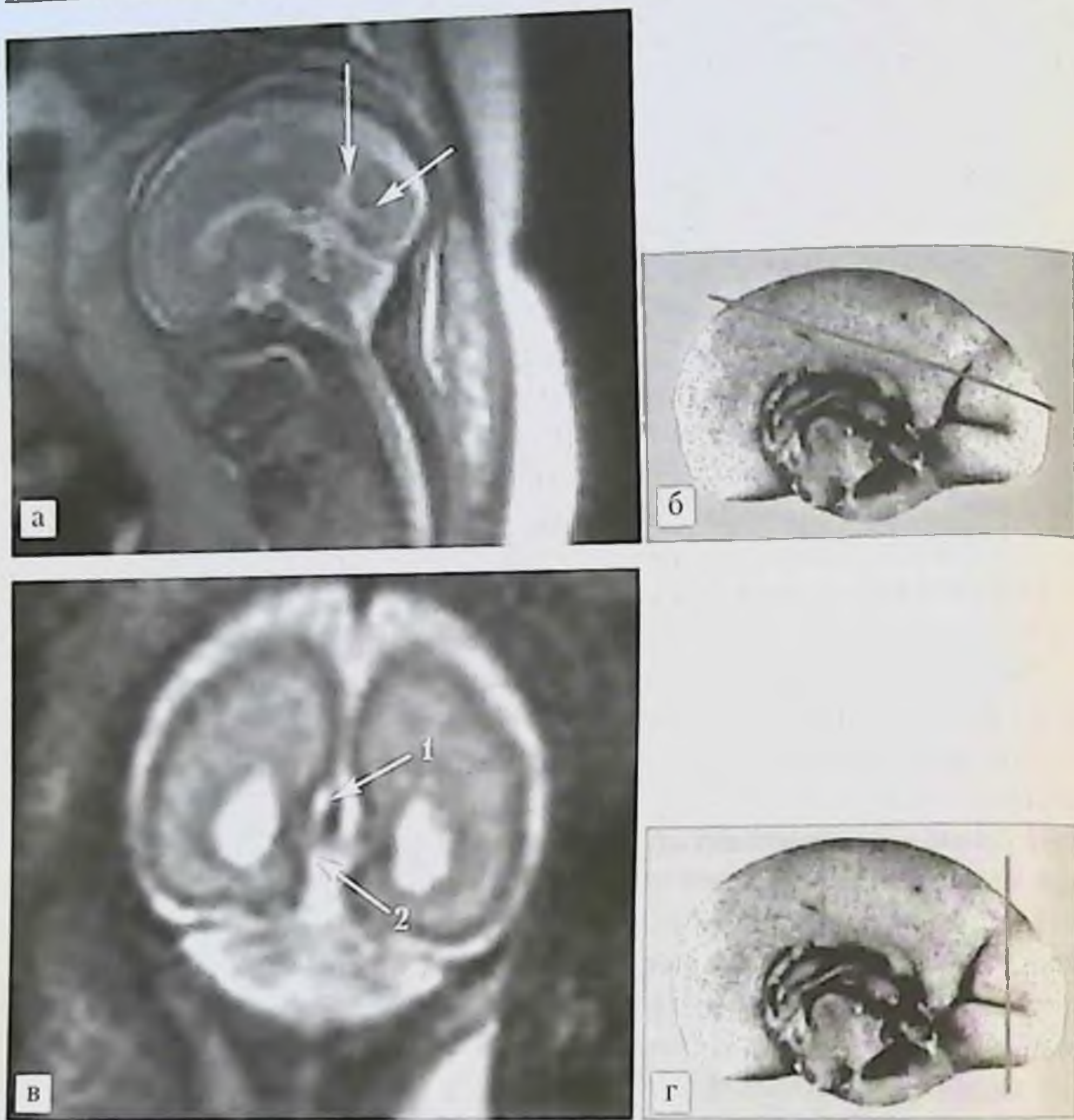


Рис. 2.20. Срок гестации 24 нед: *а* — МРТ в сагиттальной плоскости; *б* — макропрепарат; *в* — МРТ в корональной плоскости, *г* — макропрепарат: 1 — теменно-затылочная борозда, 2 — борозда птичьей шпоры.

Бипариетальные размеры определяют на срезе в корональной плоскости. Ориентиром, показывающим, что именно на этом изображении необходимо проводить измерения, могут служить височные рога боковых желудочков. Бипариетальный церебральный размер представляет собой расстояние между двумя максимально удаленными точками теменных долей (рис. 2.26).





Рис. 2.21. МРТ плода. Срез в сагиттальной плоскости. Срок гестации 25 нед. Центральная борозда видна в виде «зарубки» (стрелка).



Рис. 2.22. МРТ плода. Срез в коронарной плоскости. Срок гестации 28 нед. Визуализируется верхняя височная борозда.



Рис. 2.23. МРТ плода. Срез в сагиттальной плоскости. Срок гестации 29 нед: а — визуализируется поясная извилина (стрелка), б — макропрепарат.

Средние показатели бипаритетального церебрального размера: 60 мм на 28-й неделе гестации, 65 мм — на 30-й, 70 мм — к 32-й, 75 мм — к 34-й, 80 мм — на 36-й неделе (Garel C. et al., 1998).



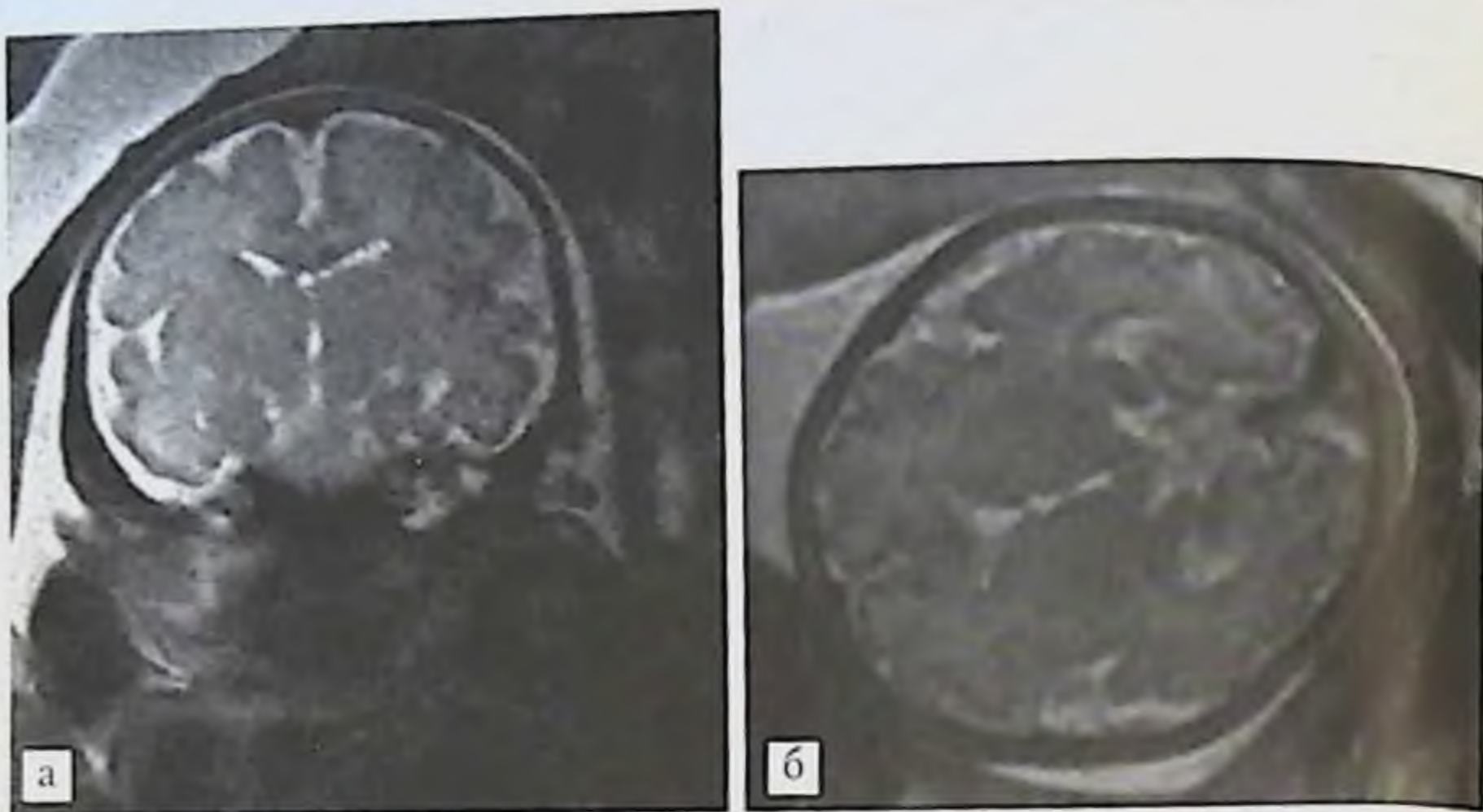


Рис. 2.24. МРТ плода: *а* — срез в коронарной плоскости; *б* — срез в аксиальной плоскости. Срок гестации 34 нед. Визуализируются лобные и височные борозды мозга.

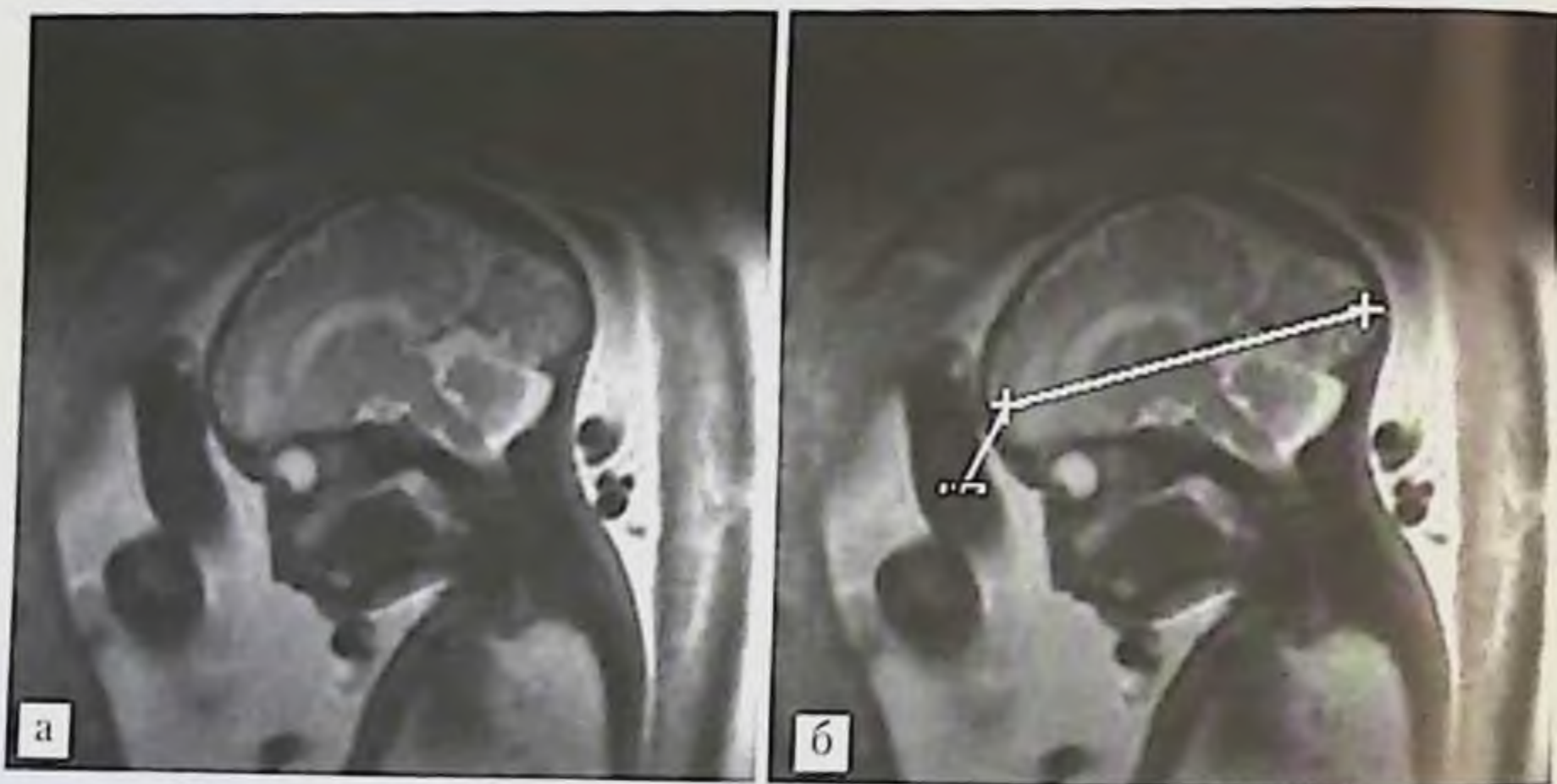


Рис. 2.25. МРТ плода. Измерение лобно-затылочного расстояния. Средний сагиттальный срез. Срок гестации 33 нед. Лобно-затылочный диаметр равен 95 мм.

Бипариетальный костный размер определяют на том же срезе. Линию проводят между внутренними пластинками теменных долей. Раз-



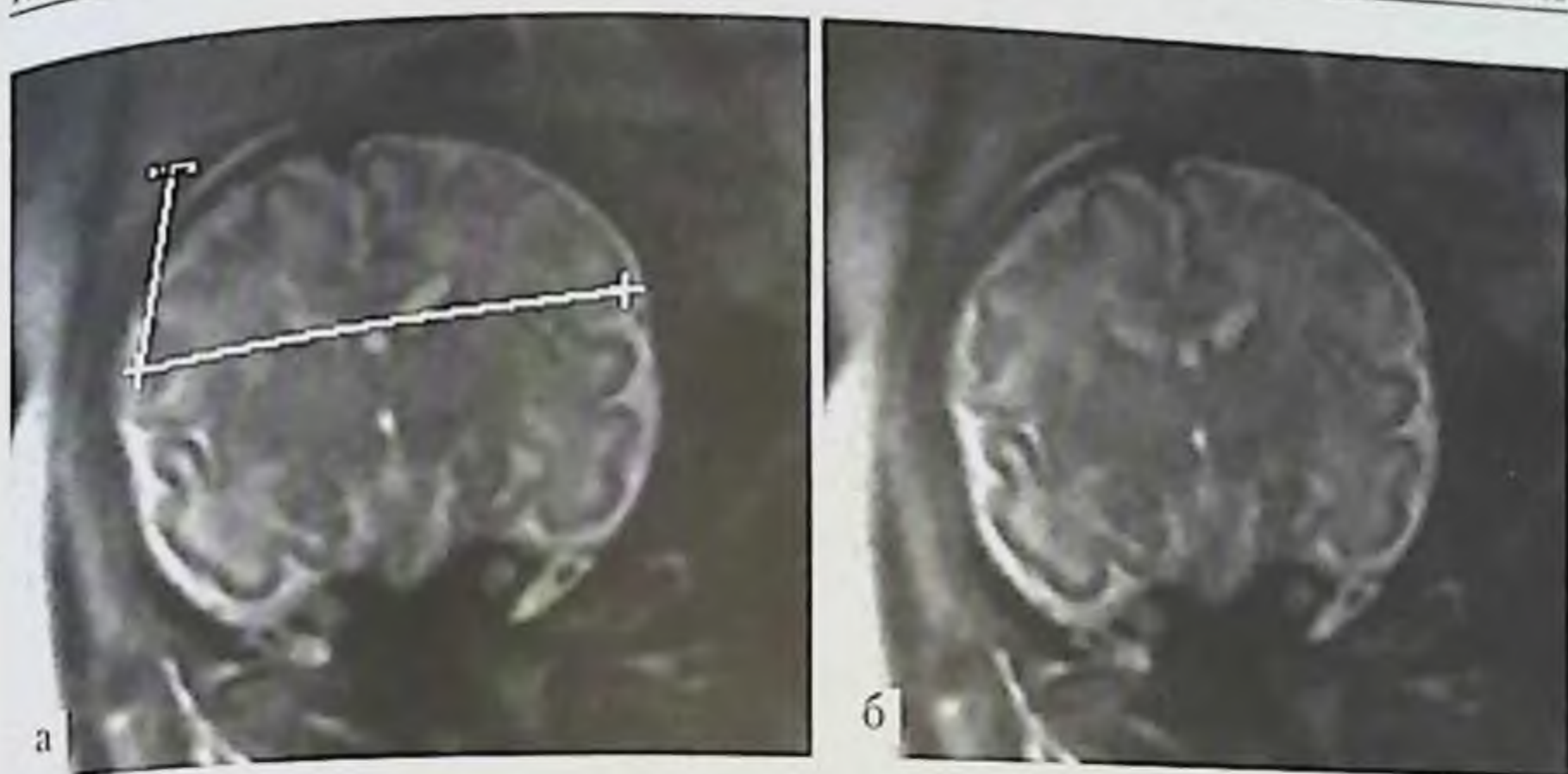


Рис. 2.26. МРТ плода. Определение бипариетального церебрального диаметра. Срез в корональной плоскости, выполненный на уровне височных рогов боковых желудочков. Срок гестации 34 нед. Бипариетальный церебральный диаметр 75 мм.

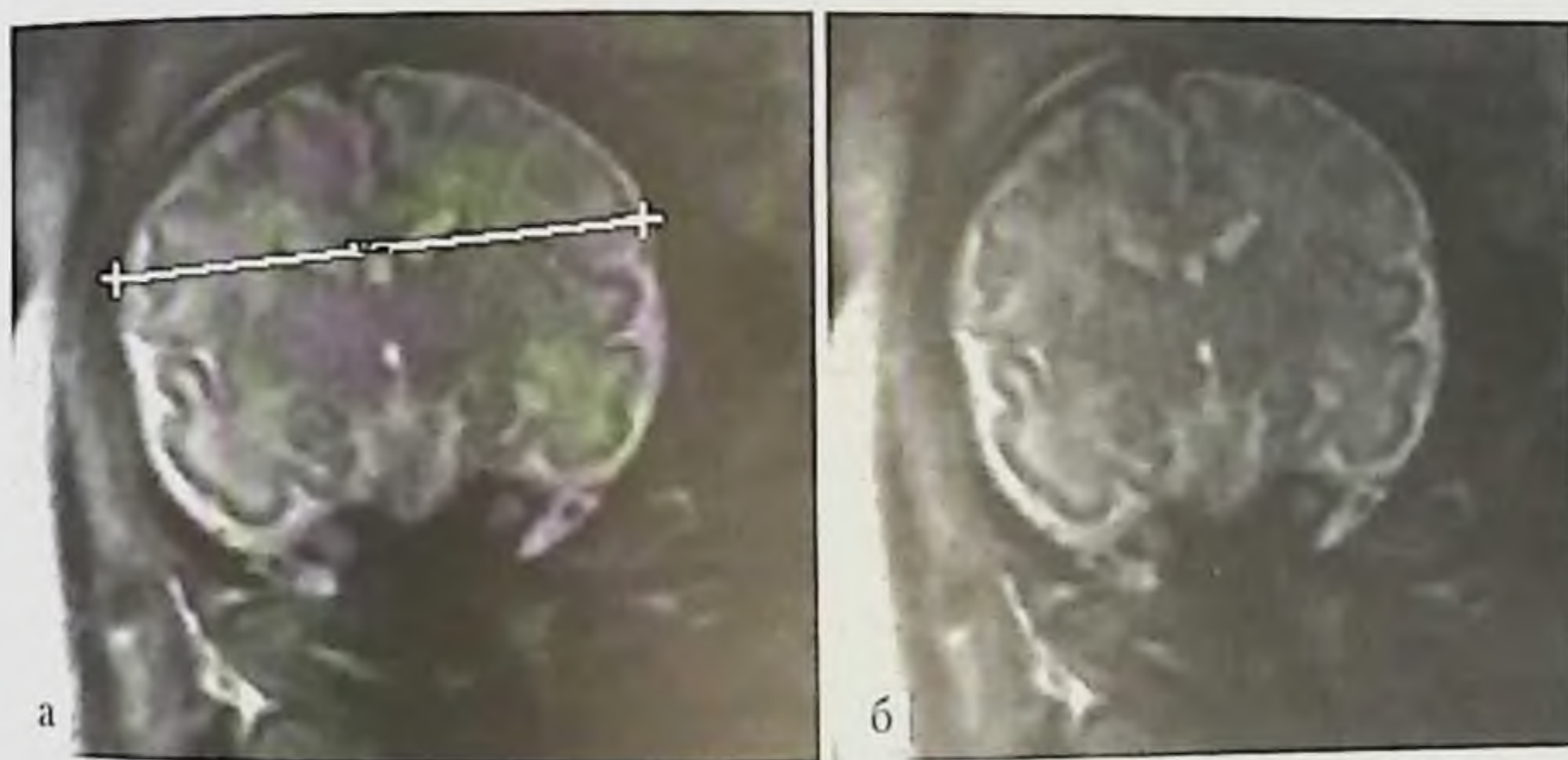


Рис. 2.27. МРТ плода. Измерение бипариетального костного диаметра. Срез в корональной плоскости. Срок гестации 34 нед. Бипариетальный костный диаметр 81 мм. Перичеребральное пространство 6 мм.

ница между бипариетальным костным и церебральным размерами соответствует перичеребральному пространству (рис. 2.27).

МРТ-биометрия основных размеров головного мозга, в том числе желудочковой системы, плода превосходит в точности УЗИ.



### Желудочковая система головного мозга

**Боковые желудочки.** Поперечный размер боковых желудочков измеряется на изображении в коронарной плоскости, сделанном на уровне предверия (атриума) боковых желудочков. Измерение проводится перпендикулярно длинной оси желудочка на уровне его середины (рис. 2.28).

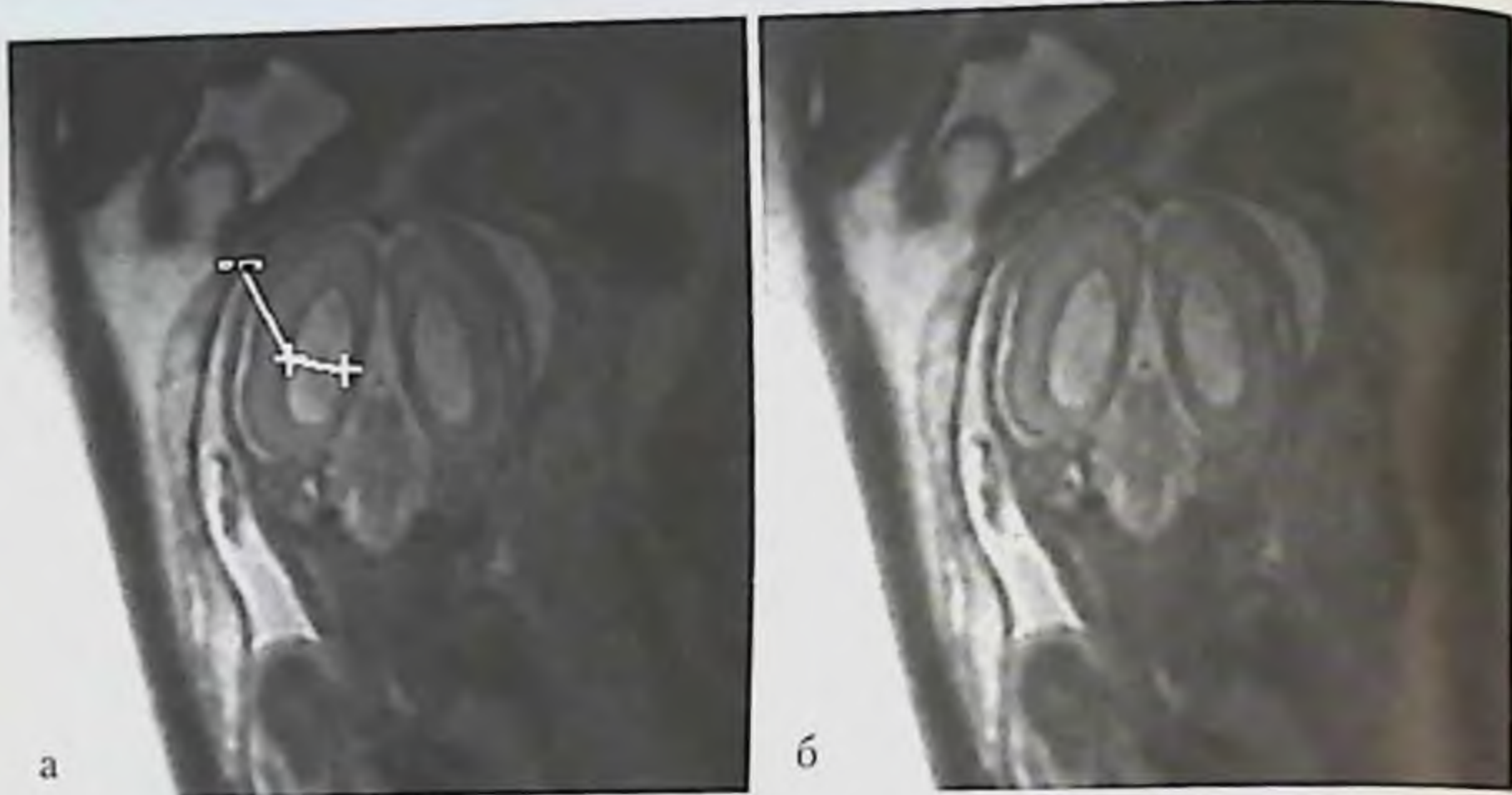


Рис. 2.28. МРТ плода. Измерение диаметра боковых желудочков. Срез в коронарной плоскости. Срок гестации 22 нед. Желудочки не расширены, размер не превышает 9 мм.

Во II и III триместрах беременности размеры желудочков не меняются. В норме диаметр боковых желудочков не должен превышать 10 мм. Передние рога боковых желудочков в норме узкие.

**III желудочек.** Диаметр III желудочка лучше измерять на срезе в коронарной плоскости (рис. 2.29), так чтобы он проходил через середину переднезаднего размера желудочка.

Также можно рассчитать индекс: диаметр III желудочка/бипаритальный церебральный размер, который позволяет оценить соотношение размеров желудочка и мозга.

**IV желудочек.** Сагиттальный размер IV желудочка оценивают на срединном сагиттальном срезе. Линию проводят от середины крыши к основанию желудочка. Средние показатели IV желудочка от 3 до 5,5 мм.



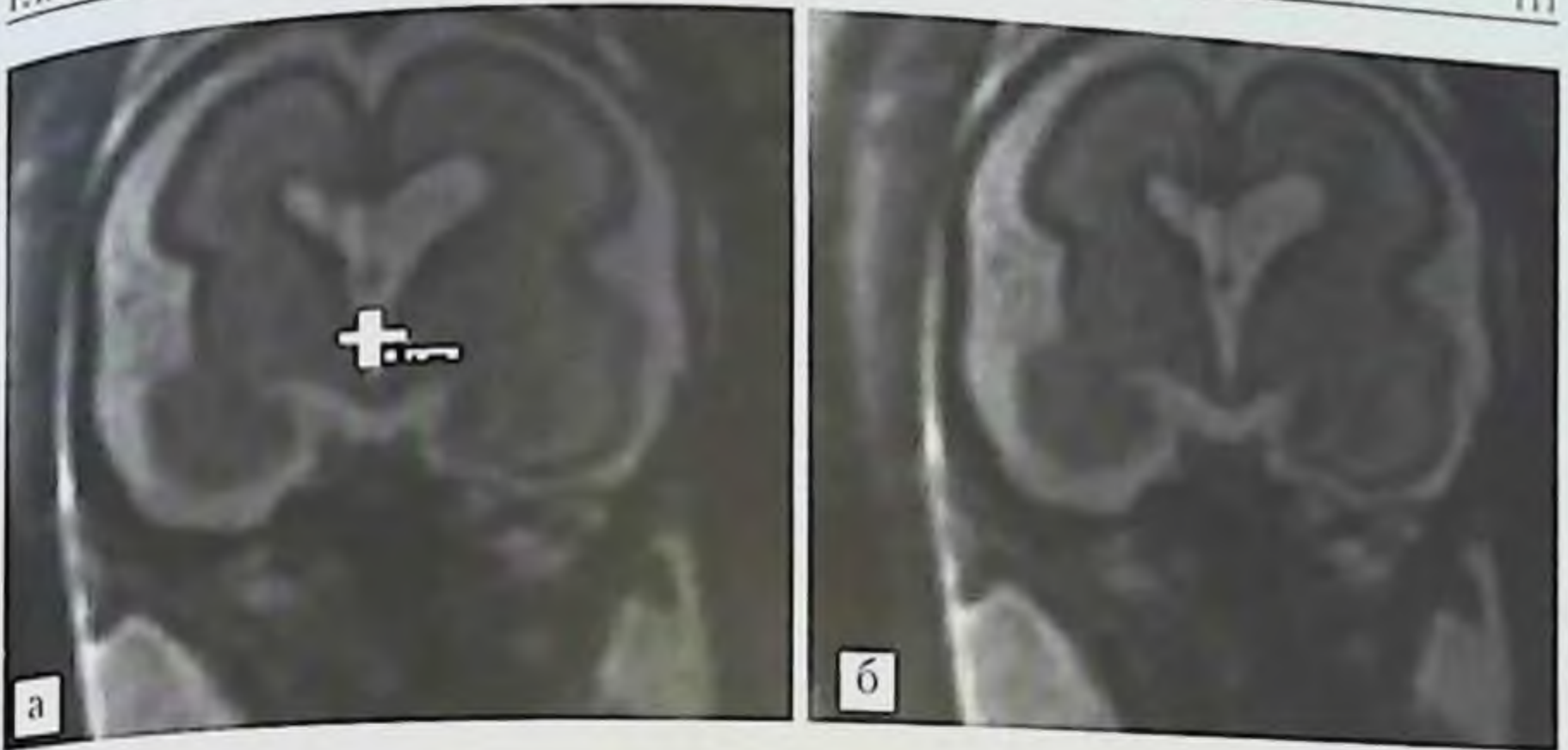


Рис. 2.29. МРТ плода. Измерение диаметра III желудочка. Срез в коронарной плоскости. Срок гестации 24 нед. Ширина III желудочка 2 мм.

### Структуры задней черепной ямки

Определяют высоту и переднезадний размер мозжечка. Измерения производятся на срединном сагиттальном срезе. Для определения сагиттального размера проводят линию от середины крыши IV желудочка до наиболее удаленной точки задней поверхности червя мозжечка. Для измерения высоты проводят линию, параллельную задней поверхности ствола мозга, и определяют максимальный диаметр (рис. 2.30).

Высота червя мозжечка на 28-й неделе превышает 15 мм, а к 30-й неделе достигает 20 мм.

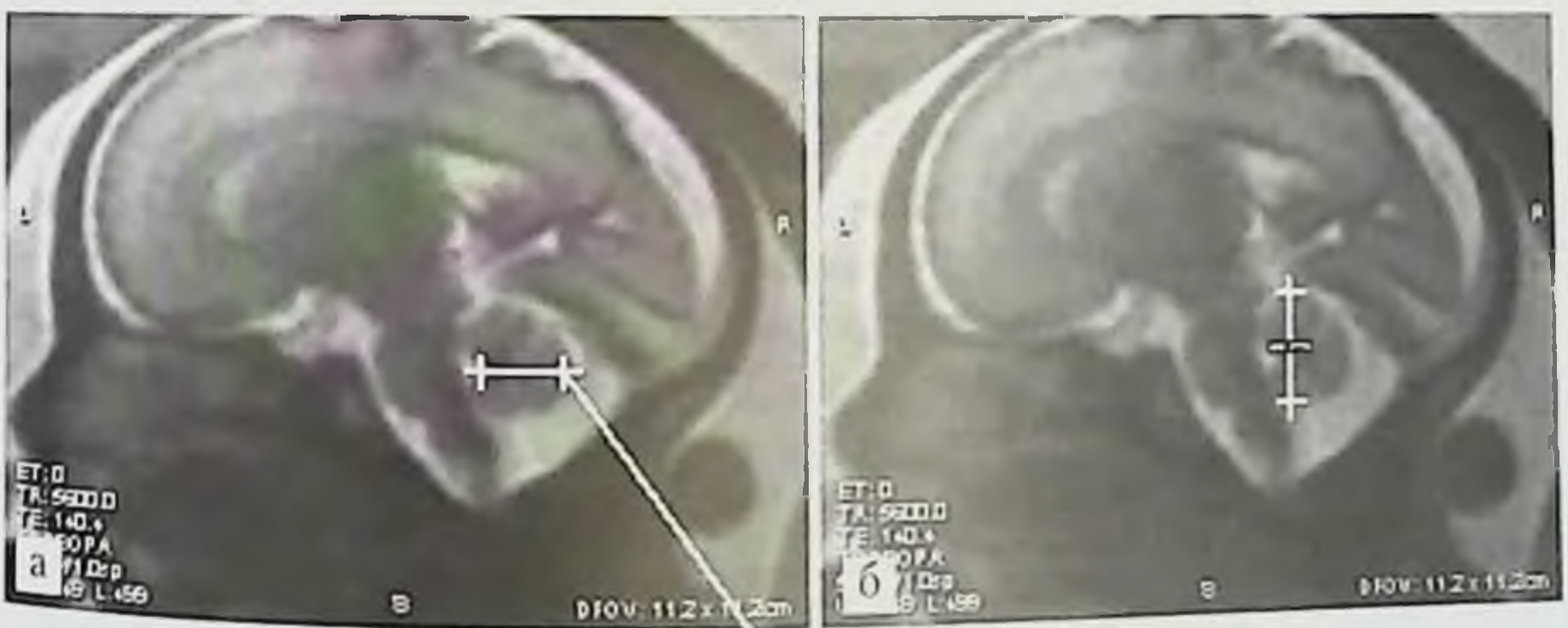


Рис. 2.30. МРТ плода. Срединный сагиттальный срез. Срок гестации 28 нед:  
*a* — измерение переднезаднего размера червя мозжечка; *б* — измерение вертикального размера червя мозжечка.



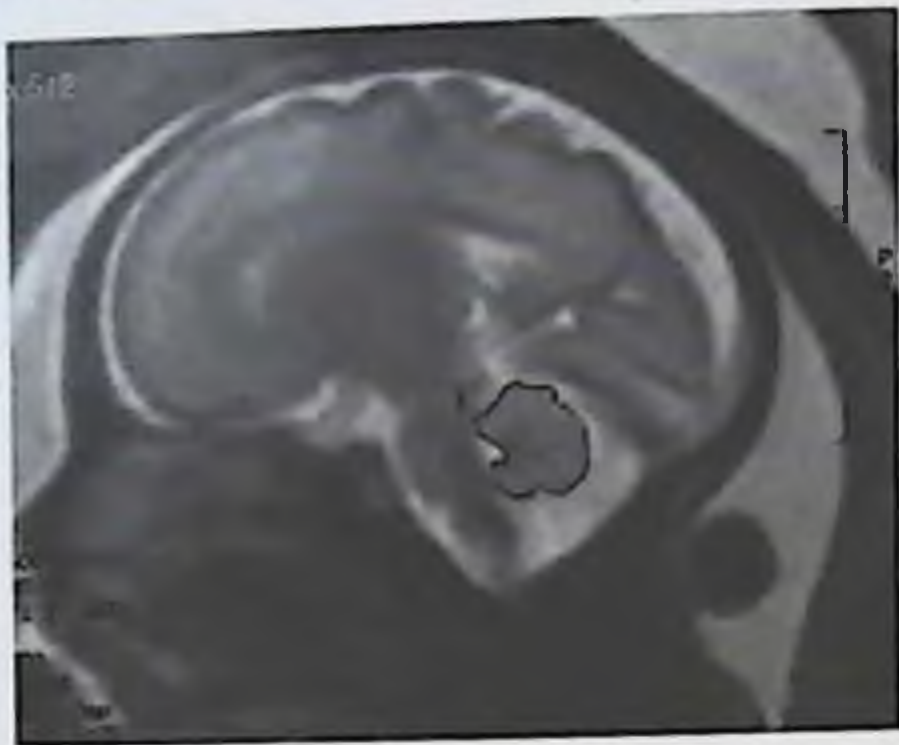


Рис. 2.31. МРТ плода. Измерение площади червя мозжечка. Срединный сагитальный срез. Срок гестации 28 нед. Площадь червя мозжечка  $153 \text{ мм}^2$ .

Программное обеспечение МР-томографов также позволяет определить площадь червя мозжечка (рис. 2.31).

Согласно данным J. C. Birnholz, площадь червя мозжечка на 25-й неделе равна  $1 \text{ см}^2$ , на 31-й —  $2 \text{ см}^2$ , на 35-й —  $3 \text{ см}^2$ , на 40-й неделе —  $4 \text{ см}^2$ .

Размеры червя мозжечка невелики, что не позволяет детально оценить его анатомию, в частности дольки червя мозжечка не дифференцируются.

### Литература

1. *Adamsbaum C.* MRI of the fetal posterior fossa / C. Adamsbaum, M. L. Moutard, C. Andre et al. // *Pediatr Radiol.* — 2005. — Vol. 35. — P. 124–140.
2. *Chen Q.* Fast fetal magnetic resonance imaging techniques / Q. Chen, D. Levine // *Topics in magnetic resonance imaging.* — 2001. — Vol. 12 (1). — P. 67–79.
3. *Coacley F. V.* Fetal MRI: a developing technique for the developing patient / F. V. Coacley, O. A. Glenn, A. Qayyum et al. // *AJR.* — 2004. — Vol. 182. — P. 243–252.
4. *Fogliarini C.* Assessment of cortical maturation with prenatal MRI. Part I: normal cortical maturation / C. Fogliarini, K. Chamoutre, F. Chapon et al. // *Eur. Radiol.* — 2005. — Vol. 15. — P. 1671–1685.
5. *Fogliarini C.* Assessment of cortical maturation with prenatal MRI. Part II: abnormalities of cortical maturation / C. Fogliarini, K. Chamoutre, F. Chapon et al. // *Eur. Radiol.* — 2005. — Vol. 15. — P. 1781–1789.
6. *Garel C.* Fetal cerebral cortex: normal gestational landmarks identified using prenatal MR Imaging / C. Garel, E. Chantrel, H. Brisse et al. // *AJNR.* — 2001. — Vol. 22. — P. 184–189.



7. *Garel C.* Magnetic resonance imaging of the fetuses / C. Garel, H. Brisse, G. Sebag et al. // *Pediatr. Radiol.* — 1998. — Vol. 28. — P. 201–211.
8. *Ghai S.* Prenatal US and MR Imaging findings of lissencephaly: review of fetal cerebral sulcal development / S. Ghai, K. W. Fong, A. Toi et al. // *RadioGraphics.* — 2006. — Vol. 26. — P. 389–405.
9. *Glenn O. A.* Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: An increasingly important tool in prenatal diagnosis. Part I / O. A Glenn, A. J. Barkovich // *AJNR.* — 2006. — Vol. 27. — P. 1604–1611.
10. *Glenn O. A.* Magnetic resonance imaging of the fetal brain and spine: An increasingly important tool in prenatal diagnosis. Part II / O. A Glenn, A. J. Barkovich // *AJNR.* — 2006. — Vol. 27. — P. 1807–1814.
11. *Gressens P.* Fetal MRI: obstetrical and neurological perspectives / P. Gressens, D. Luton // *Pediatr. Radiol.* — 2004. — Vol. 34. — P. 682–684.
12. *Huang Hao.* Characterization of Fetal Brain Development with Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging / Hao Huang // *US Neurology.* — 2010. — Vol. 5 (2). — P. 89–92.
13. *Hubbard A. M.* Fetal magnetic resonance imaging / A. M. Hubbard, L. J. States // *Topics in magnetic resonance imaging.* — 2001. — Vol. 12 (2). — P. 93–103.
14. *Lan L. M.* Normal fetal brain development: MR Imaging with a Half-Fourier rapid acquisition with relaxation enhancement sequence / L. M. Lan, Y. Yamashita, Y. Tang et al. // *Radiology.* — 2000. — Vol. 215. — P. 205–210.
15. *Levine D.* Cortical maturation in normal and abnormal fetuses as assessed with prenatal MR Imaging / D. Levine, P. D. Barnes // *Radiology.* — 1999. — Vol. 210. — P. 751–758.
16. *Levine D.* MR Imaging appearance of fetal cerebral ventricular morphology / D. Levine, I. Trop, T. S. Mehta // *Radiology.* — 2002. — Vol. 223. — P. 652–660.
17. *Schneider J. F.* Diffusion-weighted imaging in normal fetal brain maturation / J. F. Schneider, S. Confort-Gouny, Y. Le Fur et al. // *Eur. Radiol.* — 2007. — Vol. 17. — P. 2422–2429.
18. *Strazzone M. M.* Ultrafast MR Imaging of the normal posterior fossa in fetuses / M. M. Strazzone, A. M. Hubbard, L. T. Bilaniuk et al. // *AJR.* — 2000. — Vol. 175. — P. 835–839.
19. *Trop I.* Normal fetal anatomy as visualized with fast magnetic resonance imaging / I. Trop, D. Levine // *Topics in magnetic resonance imaging.* — 2001. — Vol. 12 (1). — P. 3–17.
20. *Whitby E. H.* Magnetic resonance imaging of the fetus / E. H. Whitby, M. N. J. Paley, P. D. Griffiths // *The obstetrician & Gynaecologist.* — 2006. — Vol. 8. — P. 71–77.



## ГЛАВА 3

# НЕЙРОСОНОГРАФИЯ НОВОРОЖДЕННОГО

- Введение
- Методики УЗИ головного мозга в неонатологии
- Ультразвуковая анатомия головного мозга новорожденного
- Особенности ультразвуковой анатомии головного мозга недоношенного новорожденного
- Литература

### Введение

Ультразвуковое исследование головного мозга младенцев (новорожденных и детей грудного возраста) нередко обозначается термином «нейросонография». Дословный перевод этого термина означает изображение нервной системы с помощью ультразвука (греч. *νευρον* — нервная ткань, лат. *sonus* — звук, греч. *γραφειν* — изображать). Сегодня существует два варианта трактовки этого термина, принципиально отличающихся друг от друга. Первый вариант: «чрезродничковая нейросонография» — методика исследования головного мозга ребенка через открытый большой родничок. Второй вариант — это раздел нейродиагностики, включающий различные методики оценки состояния нервной системы новорожденных, детей и взрослых с помощью ультрасонографии (УС), например УС скальпа, УС черепа, УС головного мозга, УС позвоночника и спинного мозга, УС мозговых грыж, доплерография и интраоперационная УС (методы УС-нейронавигации). Наиболее широко в клинической практике используется УС головного мозга.

Внедрение ультразвукового исследования головного мозга в неонатологию совершило революционный прорыв в визуализации мозговых



структур маленького ребенка, поскольку одновременно решило несколько задач. Метод позволяет проводить скрининговые исследования, выявлять изменения в режиме реального времени, осуществлять динамический контроль. При этом нейросонография остается безопасной незаменимой диагностической процедурой, не требующей применения наркоза. Основоположники данной методики — E. Grant (1980), M. Johnson, C. Rumack (1980), T. Slovis, L. Kuhns (1981), которые, понимая, что мозг может служить прекрасным объектом для ультразвукового исследования, предложили использовать большой родничок в качестве естественного ультразвукового окна. Целью данных исследований являлась диагностика интрацеребральных геморрагий и гипоксически-ишемических поражений в виде перивентрикулярной лейкомаляции (ПВЛ) и инфарктов, которые в сумме составляли 87% всех причин смертности недоношенных младенцев (Schellinger D., 1984). Успешное применение чрезродничкового ультразвукового исследования и сопоставление его результатов с клинической картиной, данными КТ и МРТ показало, что данная методика способна решать широкий спектр задач, не ограничиваясь диагностикой геморрагий и гипоксически-ишемических поражений. Оказалось возможным выявление пороков развития мозга, неопластических процессов, гидроцефалии, последствий внутриутробных инфекций (ВУИ), атрофических изменений.

### **Методики ультразвукового исследования головного мозга в неонатологии**

Существует несколько методик ультразвукового исследования головного мозга. Все они основаны на главном свойстве ультразвуковой волны — проникать в ткань и отражаться от преграды.

Простейший одномерный метод ультразвукового исследования — А-режим, получивший название эхоэнцефалография или эхоэнцефалоскопия, явился первым этапом развития ультразвукового исследования мозга. Сегодня эта методика применяется только для оценки положения срединных структур. Она постепенно утрачивает свое значение и в современных диагностических аппаратах представлена как опция.

В-режим преобразует одномерный А-режим в двухмерное изображение, в котором разные по эхогенности ткани будут представлены участками или линиями разной яркости. В целом получаемое изображение имеет форму сектора круга. Обновление такого изображения происходит с частотой 60 раз за секунду, что позволяет отчетливо видеть не



только неподвижные структуры, но и элементы, меняющие свое положение, например пульсирующие артерии. Поскольку поверхность головы младенца сферическая, целесообразно использовать ультразвуковые датчики с небольшой площадью.

Еще одна методика, широко используемая в клинической практике и основанная на изменении частоты волны, отраженной от движущейся преграды, получила название доплерографии.

Комбинация В-режима, при котором отчетливо дифференцируется структура ткани, и импульсной доплерографии позволяет измерить скорость движения крови в сосуде. Подобная методика ультразвукового исследования называется дуплексным сканированием.

Цветовое доплеровское картирование не только учитывает скорости кровотока в определенном сосуде (или его участке), но и оценивает его направление. Движение крови к датчику обычно кодируется красным цветом, от датчика — синим, иное направление — оранжевым.

Для исследования головного мозга необходимо выбрать на поверхности головы те участки, которые лучше пропускают ультразвуковую волну. Их называют ультразвуковыми «окнами». В зависимости от используемых ультразвуковых «окон» методики УС головного мозга можно распределить на четыре группы: а) чрезродничковую УС; б) транскраниальную УС; в) транскраниально-чрезродничковую УС; г) УС через различные костные дефекты (в том числе сформированные во время нейрохирургической операции). Наиболее удобным «окном» служит передний родничок, поскольку он является самым крупным. Поставив датчик на передний родничок, можно получить множество изображений мозга, однако начинать исследование лучше со стандартных изображений. Стандартные чрезродничковые эхограммы включают две серии: корональные (фронтальные) и сагиттальные срезы. Каждая плоскость имеет индивидуальный внутричерепной маркер, который позволяет идентифицировать ее при исследовании и точно воспроизвести при мониторинге.

Значение чрезродничковой УС неоспоримо.

Однако очень важными являются данные о невозможности визуализации при чрезродничковой УС даже значительных по объему внутричерепных оболочечных гематом, расположенных в парасагиттальной области. Этот факт имеет принципиальное значение, поскольку именно эти кровоизлияния представляют реальную угрозу для жизни новорожденных, а в случае их своевременного удаления ситуация характеризуется хорошим прогнозом.



Один из недостатков чрезродничковой УС — прямая зависимость объема внутричерепной визуализации от размеров большого родничка (чем меньше родничок, тем меньше объем визуализации и тем выше риск опасной диагностической ошибки). Исследования последних лет выявляют тенденцию к уменьшению размеров большого родничка у здоровых новорожденных. Например, при измерении большого родничка у детей первых 2 дней жизни выявлено, что его размеры оказались меньше 2 см у 81,1%, при этом 1 см и менее — у 52%. Это существенно повышает риск диагностических ошибок при чрезродничковой УС, поскольку эффективным является ультразвуковое «окно» более 2 см. Поэтому при подозрении на наличие структурных внутричерепных изменений у новорожденных в настоящее время широко применяются КТ и, особенно, МРТ.

Для повышения диагностической значимости некоторые авторы предлагали дополнить чрезродничковую УС исследованием из других ультразвуковых «окон», например, через передний боковой родничок, височную кость, швы черепа и большое затылочное отверстие. Однако эти дополнительные «окна» были признаны трудновоспроизводимыми, малоэффективными и необязательными.

Таким образом, основными недостатками чрезродничковой УС являются: а) зависимость эффективности обследования от размеров большого родничка; б) отсутствие строгой стандартизации исследования (например, рекомендации ориентировать срезы через лобные доли и т. д.); в) сложность диагностики оболочечных гематом (невозможность оценки внутричерепного состояния в зонах, расположенных непосредственно под костями свода черепа); г) сложность диагностики межполушарно-парасагиттальных оболочечных скоплений, наружной гидроцефалии ввиду использования только секторного или конвексного сканирования; д) недостаточность визуализации среднего мозга и отсутствие надежных УС-критериев дислокаций мозга (латеральной и аксиальной); е) неточность определения положения срединных структур головного мозга; ж) отсутствие преимущественности данных исследования в пренатальном и постнатальном периодах, а также после закрытия большого родничка.

Одновременно с чрезродничковой УС изучались возможности применения ультразвука непосредственно через кости черепа. Первоначально этот метод был рассчитан на использование у пациентов после закрытия родничков и получил название «транскраниальная ультрасонография». Были изучены возрастные особенности эхо-архитектоники головного мозга при транскраниальной УС, проведены сопоставления



особенностей УС-, КТ- и МРТ-изображений в норме и при различных видах структурных внутричерепных изменений.

С учетом недостатков чрезродничковой УС и потенциальных возможностей транскраниальной УС была предложена комбинация этих технологий (транскраниально-чрезродничковое исследование) — УС головного мозга младенца (УСГМм). Она включает в себя строго стандартизированное исследование с обязательным применением УС через чешую височной кости и большой родничок. При этом используется оптимальный с клинической точки зрения набор строго ориентированных плоскостей сканирования, каждая из которых имеет свой пространственный внутричерепной маркер.

Быстрое развитие минимально инвазивных технологий в неврологии и нейрохирургии, а также успехи неонатологии привели к формированию нового раздела медицины — неврология и нейрохирургия новорожденных. Поскольку чрезродничковая УС не соответствует требованиям современной нейромедицины, основой нейродиагностики у новорожденных, как у детей и взрослых, по-прежнему остаются КТ и МРТ. Однако эти методы, несмотря на очень высокие диагностические возможности, не могут обеспечить реализацию двух очень важных в неонатологии принципов: «аппарат к пациенту» и приоритет «внутрикувезной» диагностики. Поэтому в настоящее время особую актуальность приобретает поиск оптимальной технологии УС головного мозга (сочетания методики и аппаратуры), соответствующей требованиям современной неврологии и нейрохирургии новорожденных.

Качество УС головного мозга новорожденного определяется в основном сочетанием четырех факторов: особенностями методики исследования, возможностями УС-аппарата, адекватным подбором УС-датчиков, а также уровнем профессиональной подготовки врача. Для объективной оценки этих факторов предложен «Нейротест-70». Он включает минимально достаточное количество внутричерепных структур, визуализация которых является обязательной для снижения риска опасной диагностической ошибки. Количество выявляемых структур соответствует количеству баллов по «Нейротесту-70». При тестировании возможности чрезродничковой УС и УСГМм оцениваются соответственно в 39 и 70 баллов [13].

с учетом этих данных, а также того, что чрезродничковая УС подробно описана в многочисленных отечественных и зарубежных работах, ниже приводится описание методики УСГМм.



Для проведения УСГМм необходимы ультразвуковые аппараты с мультичастотным секторным датчиком 4–7 МГц, либо двумя датчиками (секторным 3–5 МГц и линейным 7 МГц). Исследование осуществляется из трех ультразвуковых «окон»: большого родничка и двух височных точек (справа и слева), располагающихся на 1 см выше наружного слухового прохода. При неудовлетворительной визуализации полушарий мозжечка в качестве дополнительных используются затылочные точки (по одной справа и слева), располагающиеся на 1–2 см ниже затылочного бугра и на 2–3 см латеральной средней линии головы. Височная точка обозначается буквой «Т» (*temporalis*), а затылочная — буквой «О» (*occipitalis*). Используются три плоскости сканирования: а) горизонтальные (*H-horison-talis*); б) фронтальные (*F-frontalis*); в) сагиттальные (*S-sagittalis*). Каждая плоскость имеет свой номер и обозначение. Номер плоскости характеризует последовательность ее применения во время исследования, а обозначение плоскости — особенности ее пространственной ориентации.

Например, обозначение «ТН1d» означает, что УС-датчик располагается в височной точке (Т), он в пространстве ориентирован таким образом, что визуализируются объемные маркеры, характерные для первой горизонтальной плоскости (Н1), а датчик располагался справа (d).

Схема пространственной ориентации плоскостей сканирования (топограмма) и обозначение плоскостей исследования при УСГМм представлены на рис. 3.1.

### **Ультразвуковая анатомия головного мозга новорожденного**

Для анатомической идентификации плоскостей исследования последние нанесены на МРТ-изображения в горизонтальной, сагиттальной и корональной плоскостях (рис. 3.2, 3.3).

На рис. 3.4–3.19. приводятся данные об анатомической идентификации элементов эхоархитектоники головного мозга путем сопоставлений стандартных срезов, используемых при УСГМм, с аналогичными срезами МРТ.

Сонометрия — важный этап УСГМм. При этом осуществляется измерение двенадцати стандартных показателей: а) ширины височного рога и глубины его залегания (рис. 3.20) — в плоскости ТН0 (справа и слева), для исключения атрофий или объемных процессов в области височной доли, например признаков инцизурального склероза, имеющих большое значение в прогнозировании риска развития эпилепсии; б) ширины III желудочка (*Vt*) — в плоскости ТН1, для ранней диагно-



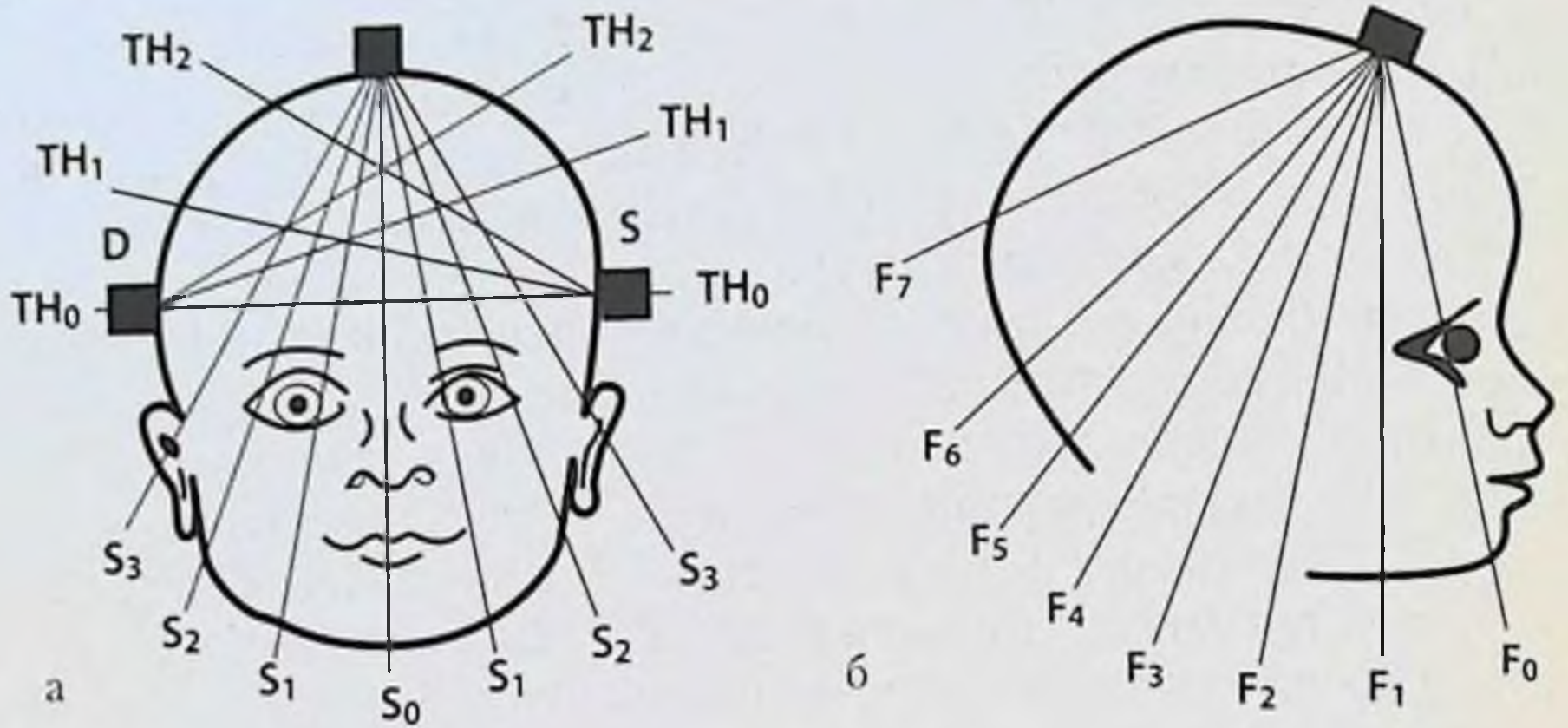


Рис. 3.1. Схема пространственной ориентации (топограмма) и обозначение плоскостей сканирования при ультразвукографии головного мозга младенца: а — горизонтальные и сагиттальные плоскости; б — фронтальные плоскости — ультразвуковой датчик в точках сканирования. Пояснения в тексте.

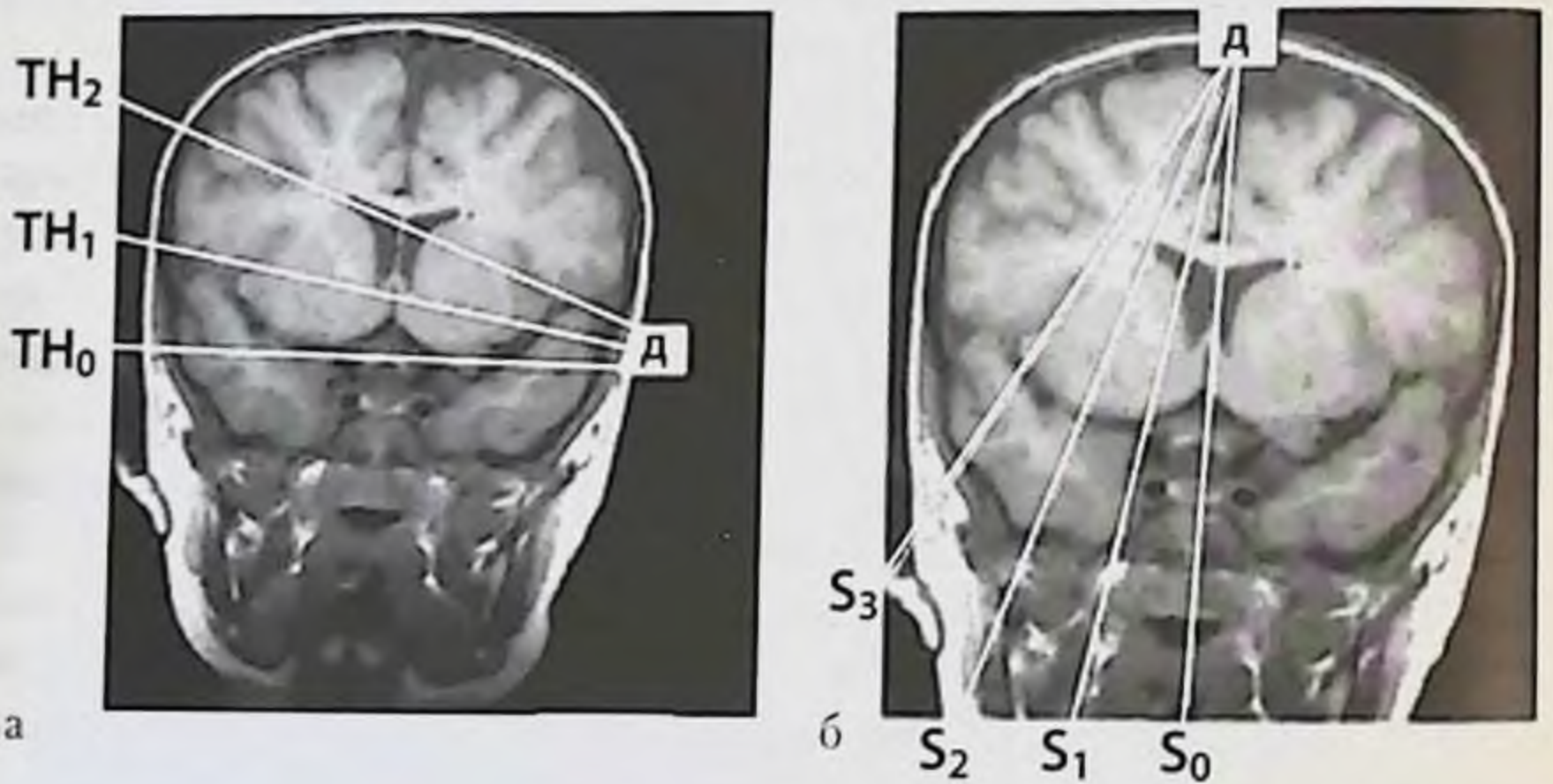


Рис. 3.2. Анатомическая идентификация горизонтальных и сагиттальных плоскостей сканирования, применяемых при УСГМм. Пояснения в тексте.

стики и мониторинга отека головного мозга или гидроцефалии (рис. 3.21, а); в) дистанций  $M_d$  и  $M_s$  — в плоскости  $TH_1$  измеряются расстояния от датчика до середины III желудочка справа и слева, для диагностики и мониторинга латеральной дислокации (см. рис. 3.21, а); г) ши-



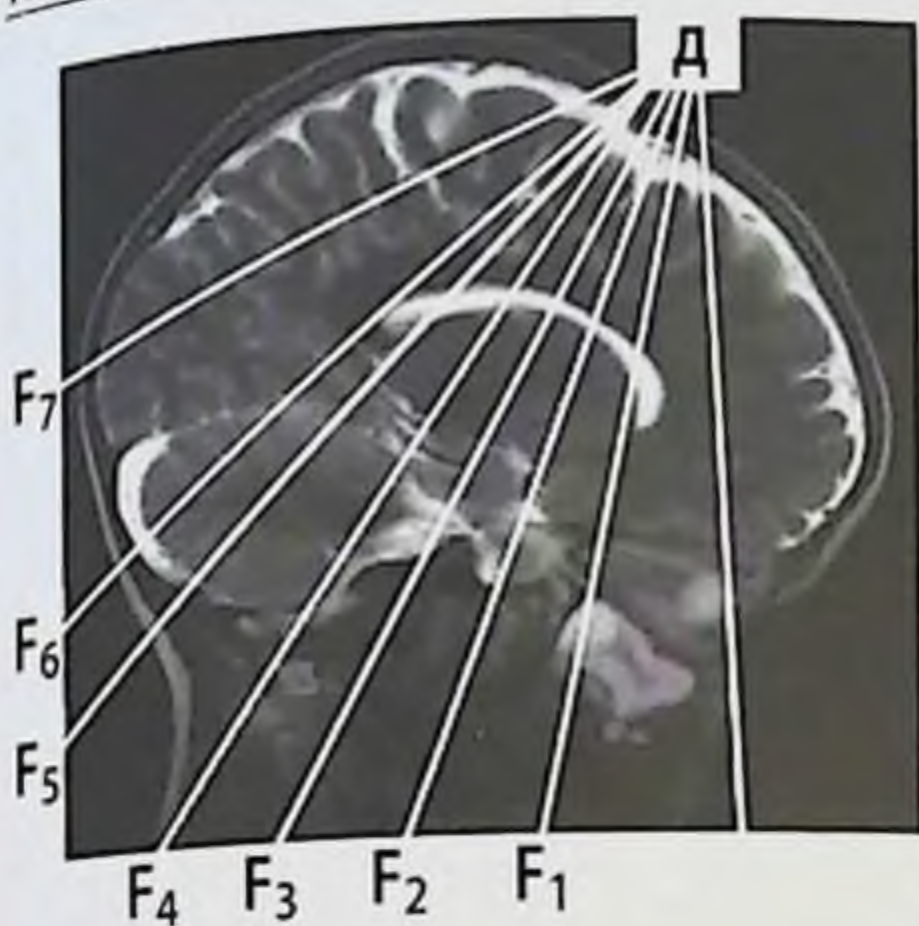


Рис. 3.3. Анатомическая идентификация фронтальных плоскостей сканирования, применяемых при УСГМм.

Пояснения в тексте.

ные способы оценки состояния желудочковой системы. M. S. Levene (1985) рекомендовал выполнять измерения при фронтальном сканировании на уровне межжелудочковых отверстий, где оценивают ширину боковых желудочков (расстояние от средней линии до самой латеральной точки желудочка), их косой размер (дистанция между самой выпуклой и самой вогнутой точками передних рогов, в норме 2–3 мм) (рис. 3.23). Ширина III желудочка при сканировании в корональной плоскости не должна превышать 5 мм.

P. Govaert, L. S. de Vries предлагали способы определения индекса тел боковых желудочков (ИТБЖ) и индекса передних рогов. Их ширина измеряется при фронтальном сканировании, на уровне сосудистых сплетений и на уровне головки хвостатого ядра.

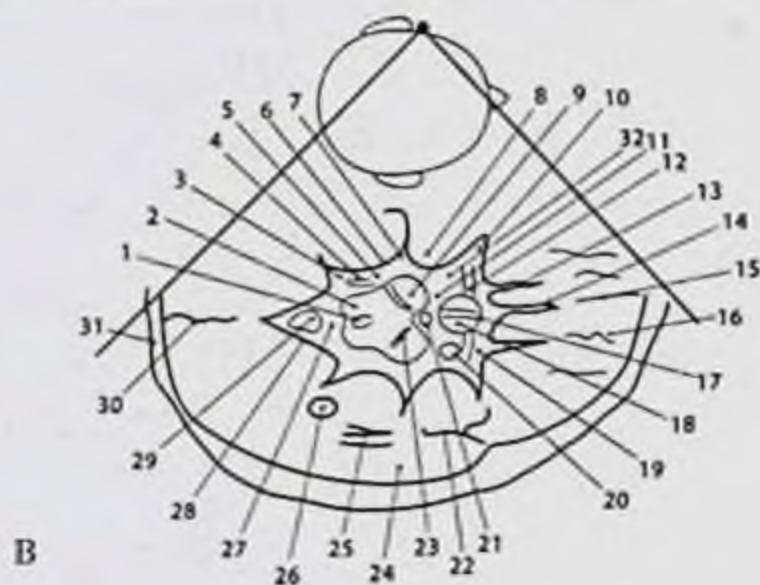
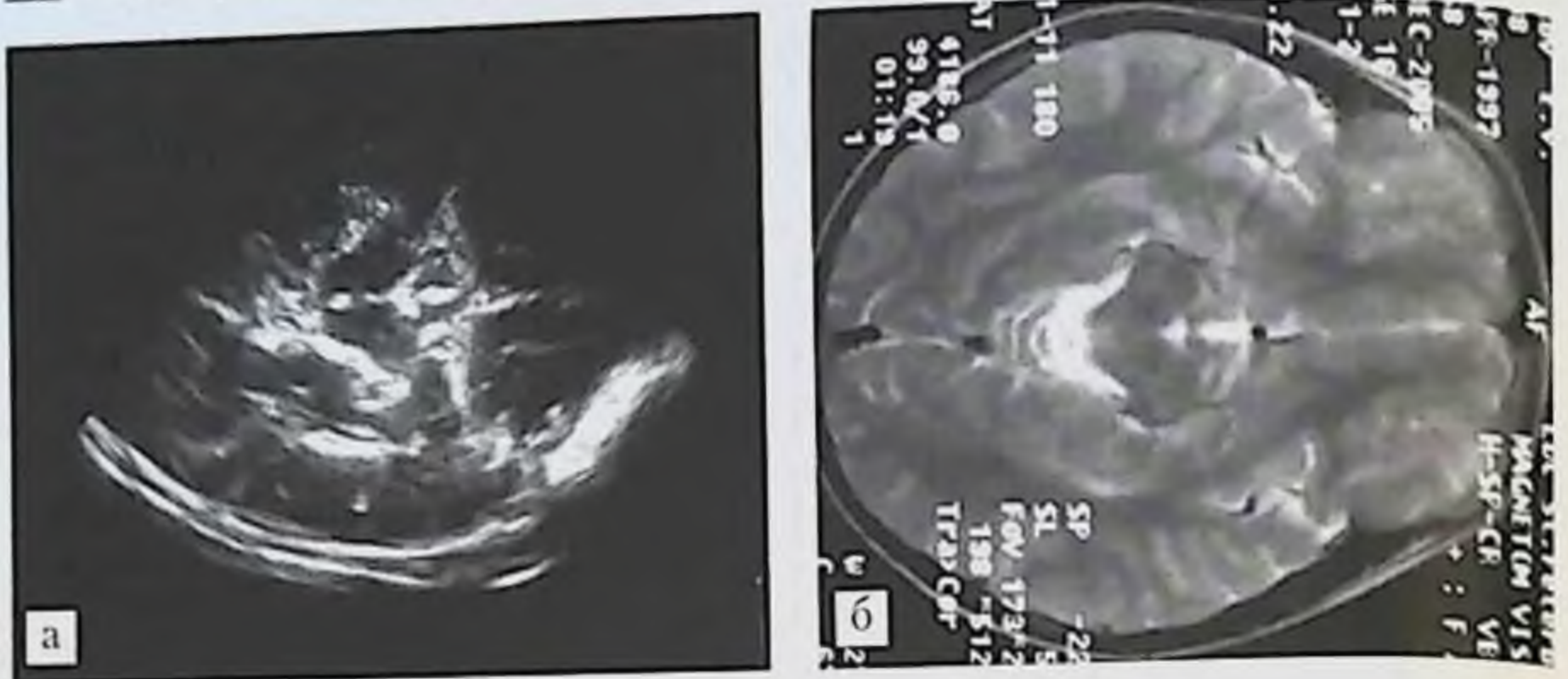
ИТБЖ определяется как расстояние от средней линии до самой латеральной точки бокового желудочка, которое делится на расстояние от средней линии до внутренней поверхности кости соответствующей гемисферы. У доношенных новорожденных этот показатель составляет 0,25–0,35 (0,22–0,33 — в соответствии с K. Helmke, P. Winkler).

Индекс передних рогов — это отношение расстояния между латеральными точками передних рогов к максимальному расстоянию

рины боковых желудочков (слева VLs и справа VLd) — в плоскости TH2 измеряется расстояние от точки соединения сосудистого сплетения с прозрачной перегородкой до латеральной стенки соответствующего бокового желудочка (см. рис. 3.21, б); д) ширины и глубины межполушарной щели, а также расстояния между костями свода черепа и корой головного мозга (дистанция «кость–мозг») в плоскости F3 (7,5 МГц) для скрининг-диагностики и мониторинга гипорезорбции, субдуральных скоплений и атрофических изменений головного мозга (рис. 3.22).

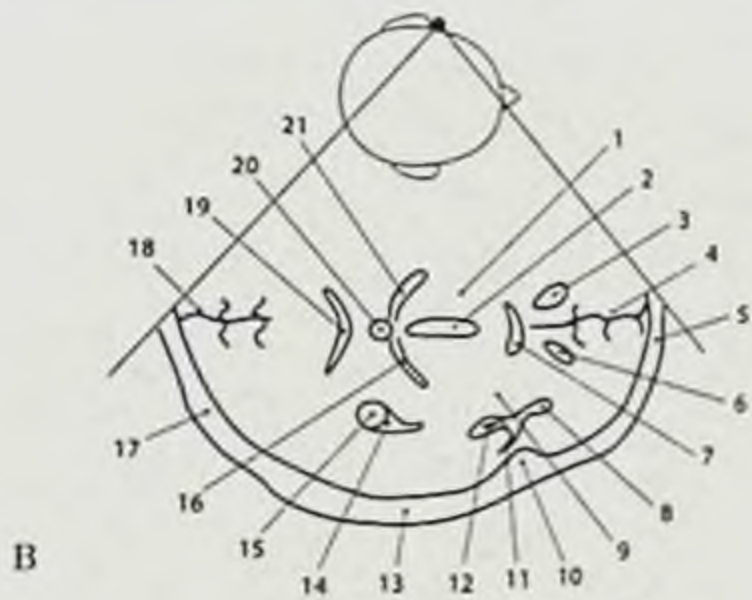
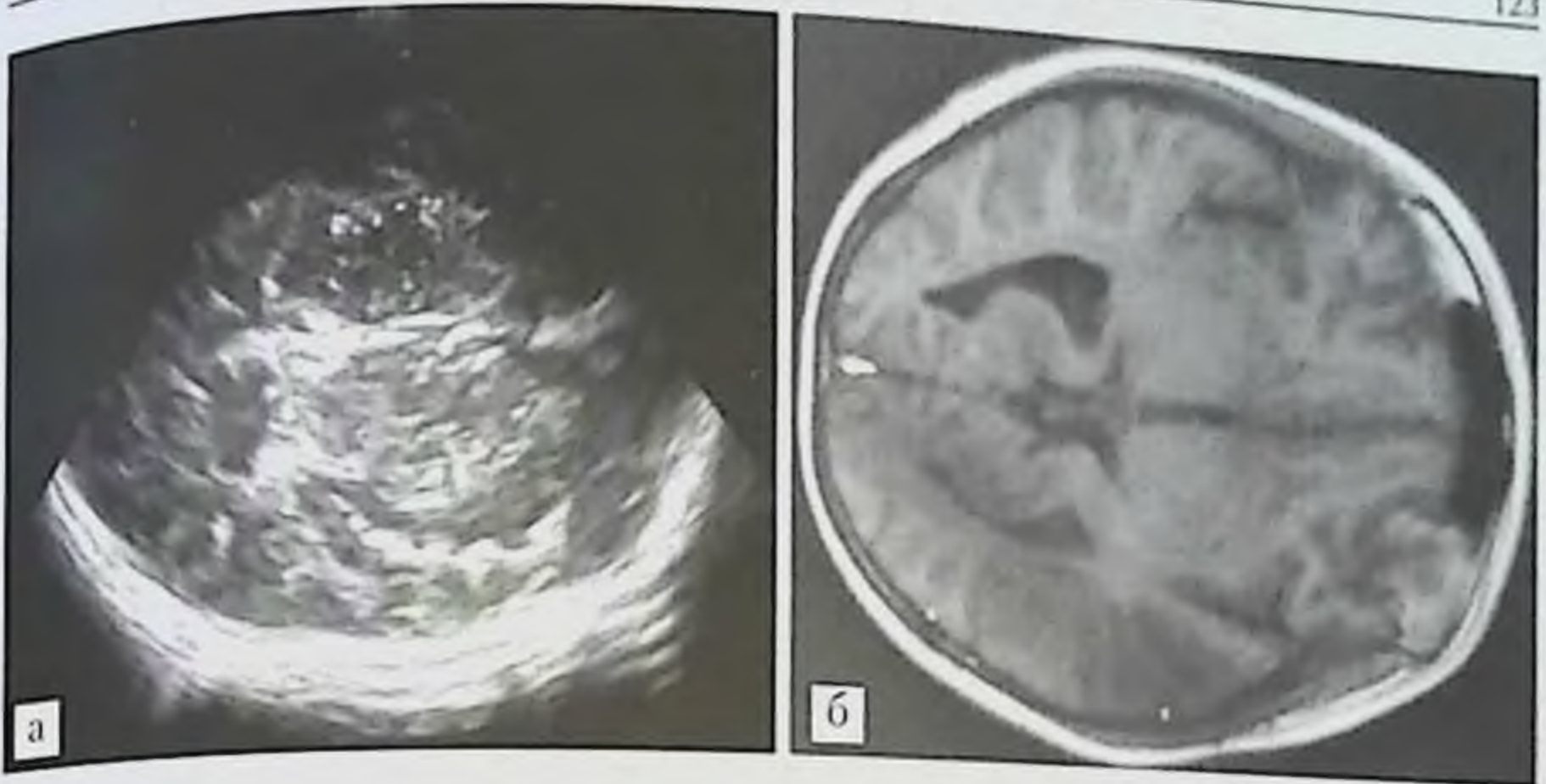
Для диагностики гидроцефалии можно использовать количествен-





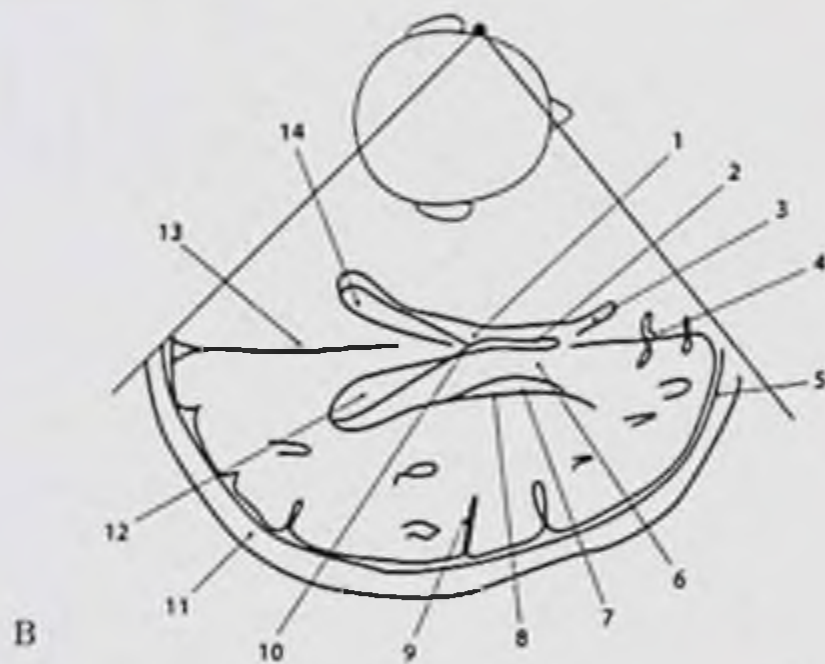
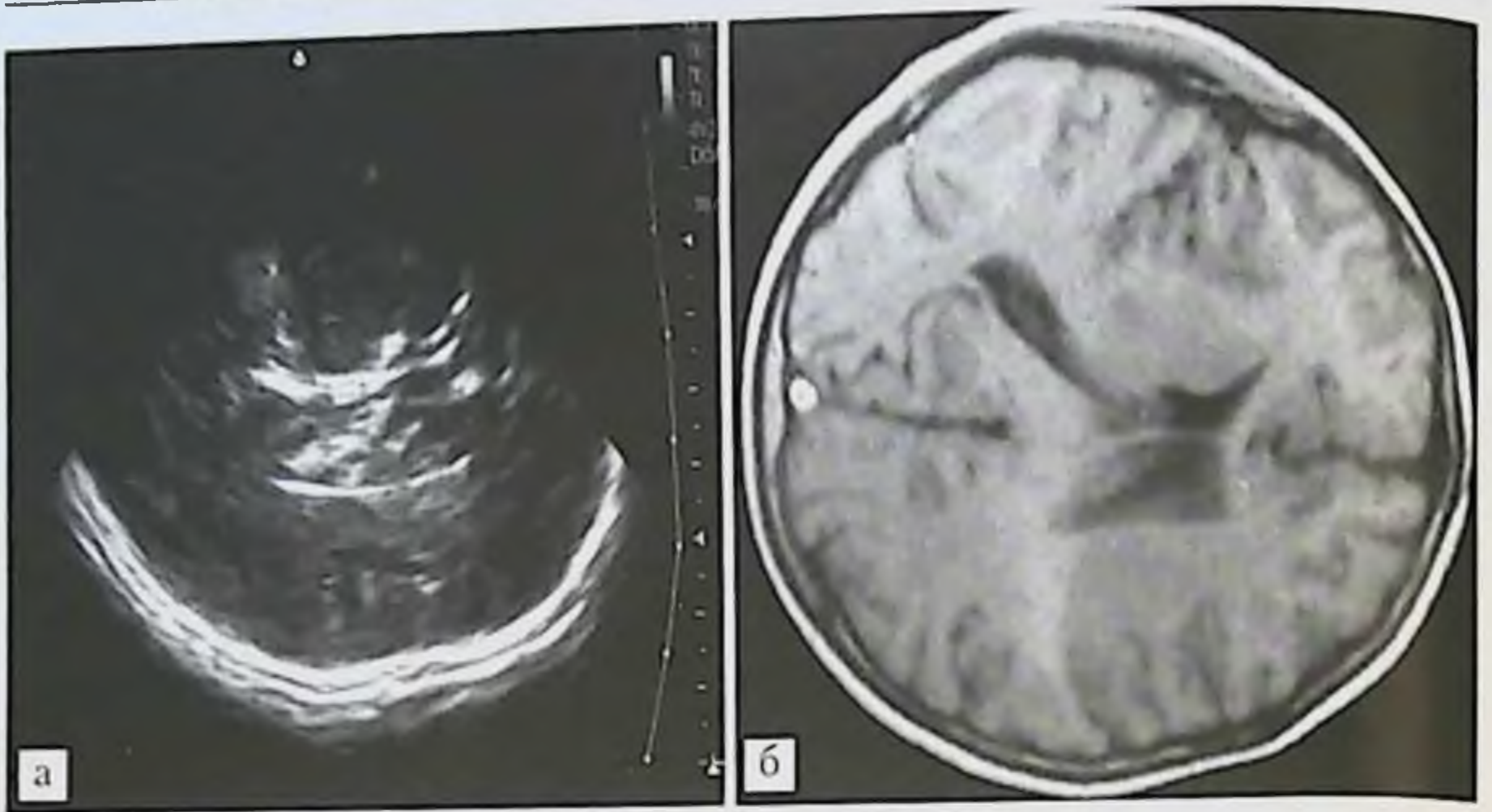
**Рис. 3.4.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости ТН0s: *а* — УС-головного мозга в плоскости ТН0s; *б* — МРТ в аксиальной плоскости, Т1-ВИ; *в* — схема анатомических объектов. Пояснения в тексте. 1 — водопровод среднего мозга; 2 — нижние холмики пластинки четверохолмия; 3 — заднебоковой выворот рисунка базальных цистерн; 4 — задняя мозговая артерия; 5 — охватывающая цистерна; 6 — парагиппокампальная извилина; 7 — среднебоковой выворот рисунка базальных цистерн; 8 — крючок гиппокампа; 9 — ножка среднего мозга; 10 — переднебоковой выворот рисунка базальных цистерн; 11 — межножковая цистерна; 12 — перекрест зрительных нервов; 13 — ольфакторная бороздка; 14 — передний выворот рисунка базальных цистерн; 15 — передние отделы продольной щели большого мозга; 16 — переднебазальные отделы лобной доли; 17 — инфундибулярная часть III желудочка; 18 — область гипоталамуса; 19 — прехиазмальная цистерна; 20 — супраклиноидная часть внутренней сонной артерии; 21 — основная артерия; 22 — боковая щель головного мозга; 23 — черная субстанция; 24 — височная доля; 25 — височный рог бокового желудочка; 26 — узел сосудистого сплетения; 27 — цистерна пластинки четверохолмия; 28 — верхние отделы тенториальной вырезки; 29 — верхние отделы червя мозжечка; 30 — задние отделы межполушарной щели; 31 — теменная кость; 32 — щель Биша.





**Рис. 3.5.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости ТН1s: *а* — УСГМм в плоскости ТН1s; *б* — МРТ в аксиальной плоскости, Т1-ВИ; *в* — схема анатомических объектов. Пояснения в тексте. 1 — зрительный бугор; 2 — III желудочек; 3 — полюс переднего рога левого бокового желудочка; 4 — передние отделы межполушарной щели; 5 — лобная кость; 6 — полюс переднего рога правого бокового желудочка; 7 — передние отделы мозолистого тела; 8 — перининсулярное пространство; 9 — островок; 10 — клювовидный отросток височной кости; 11 — боковая щель головного мозга; 12 — средняя мозговая артерия; 13 — височная кость; 14 — треугольник бокового желудочка; 15 — узел сосудистого сплетения; 16 — подушка зрительного бугра; 17 — теменная кость; 18 — задние отделы межполушарной щели; 19 — задние отделы мозолистого тела; 20 — шишковидная железа; 21 — верхние отделы охватывающей цистерны. Md — расстояние от УС-датчика до середины III желудочка.





**Рис. 3.6.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости TH2s: *а* — УСГМм в плоскости TH2s; *б* — МРТ в аксиальной плоскости, T1-ВИ; *в* — схема анатомических объектов. 1 — левый боковой желудочек; 2 — межжелудочковая перегородка; 3 — передний рог левого бокового желудочка; 4 — передние отделы межполушарной щели; 5 — оболочечные пространства в области полюса правой лобной доли; 6 — тело правого бокового желудочка; 7 — головка хвостатого ядра; 8 — эпендима правого бокового желудочка; 9 — рисунок «борозды-извилины»; 10 — область максимального сближения сосудистых сплетений боковых желудочков; 11 — теменная кость; 12 — задние отделы тела правого бокового желудочка; 13 — задние отделы фалкса и межполушарной щели; 14 — задние отделы тела левого бокового желудочка.

Пояснения в тексте.



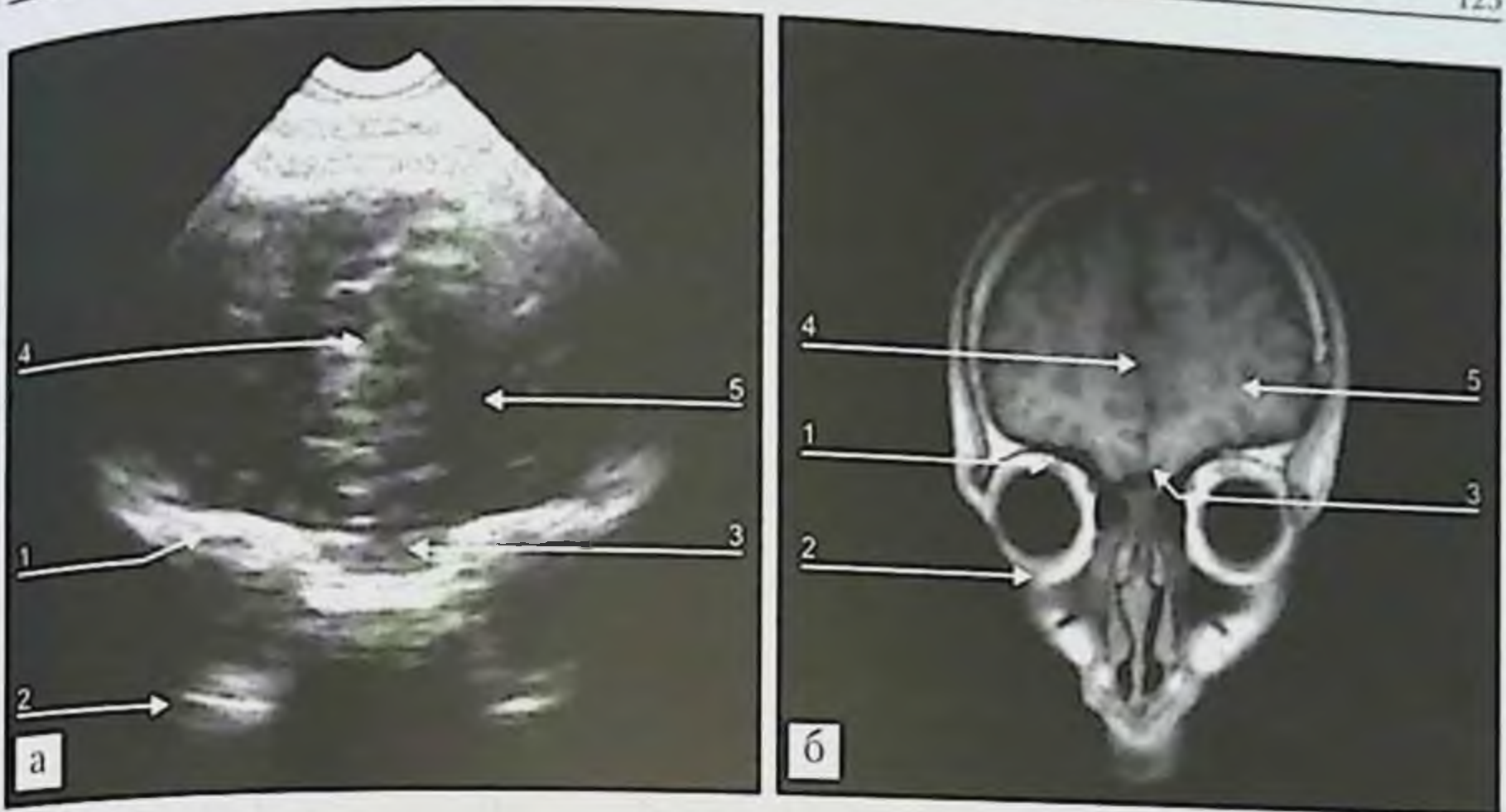


Рис. 3.7. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости Fo: а — УСГМм в плоскости сканирования Fo; б — МРТ в корональной плоскости, Т1-ВИ. 1 — верхняя стенка орбиты; 2 — нижняя стенка орбиты; 3 — обонятельная борозда (передние отделы); 4 — продольная щель большого мозга; 5 — лобная доля.

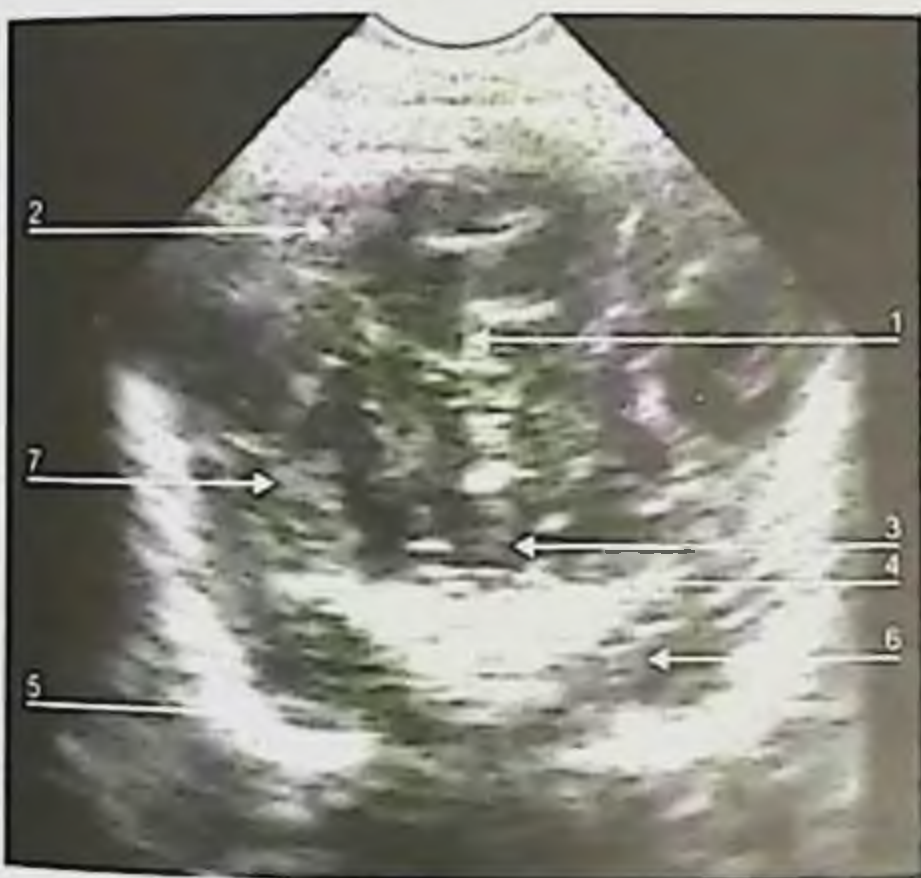
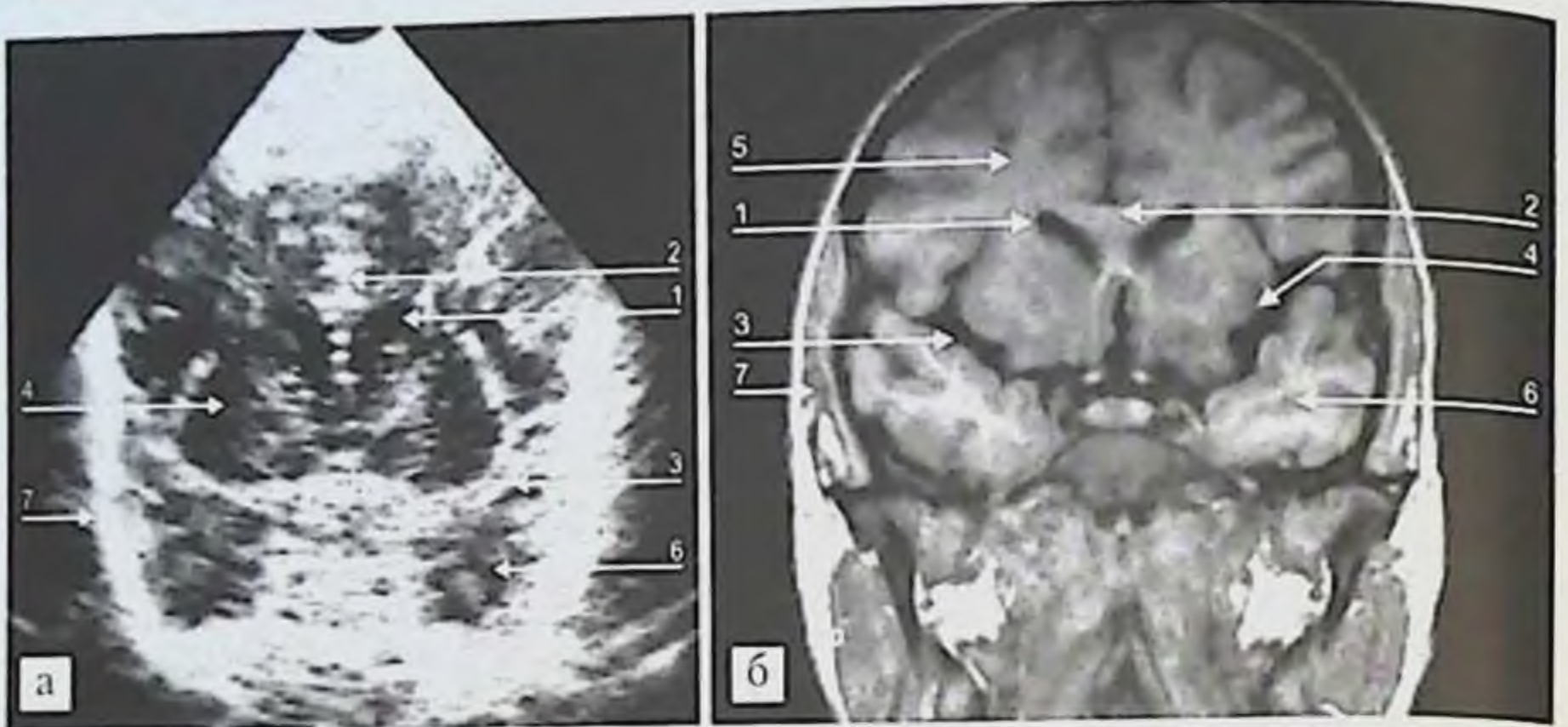


Рис. 3.8. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости F1: 1 — продольная щель большого мозга; 2 — лобная доля; 3 — обонятельная борозда (задние отделы); 4 — малое крыло клиновидной кости; 5 — большое крыло клиновидной кости; 6 — височная доля; 7 — латеральная щель мозга.

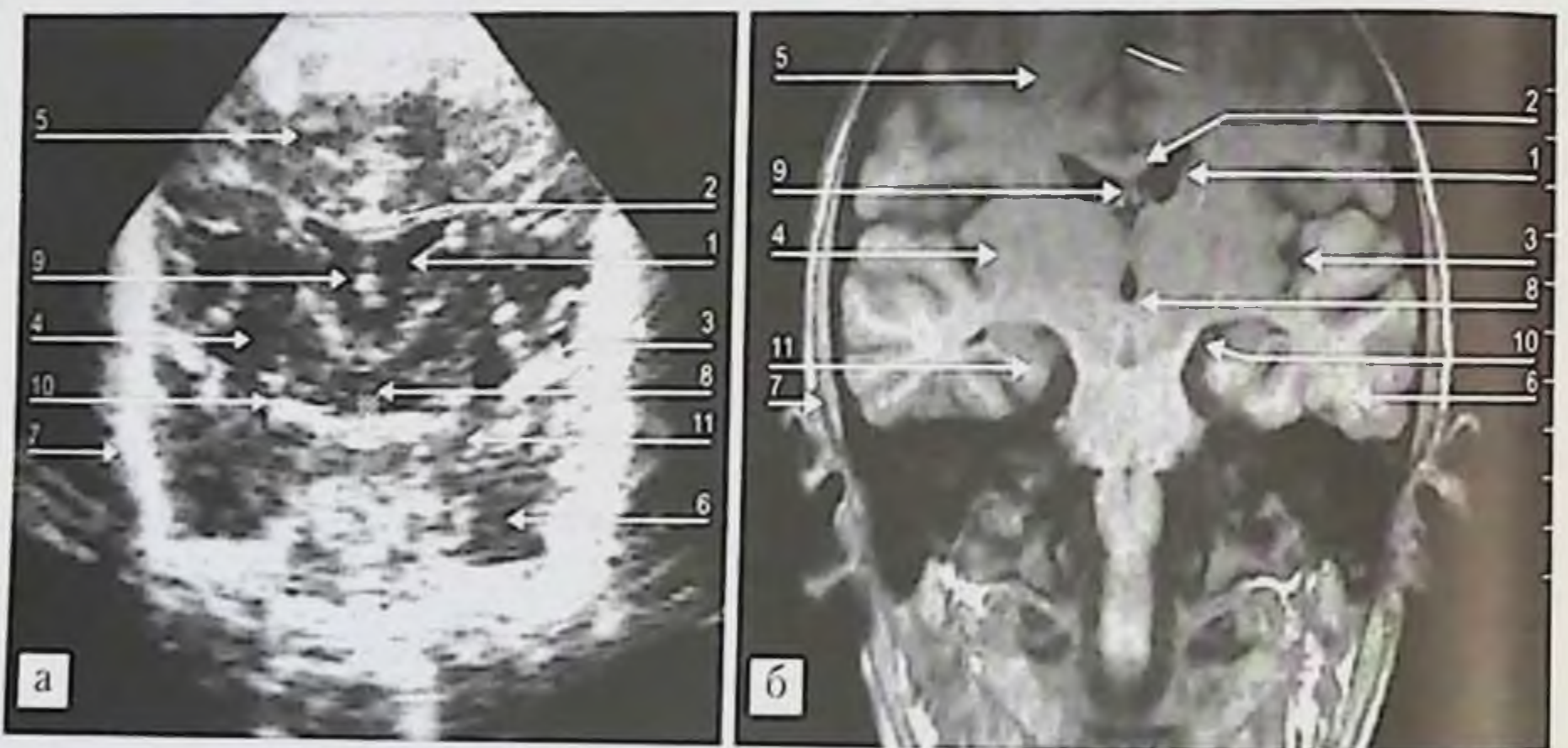
между правой и левой внутренними костными пластинами на том же уровне. Для доношенных новорожденных этот индекс составляет 0,25–0,30, для недоношенных — 0,32–0,36.

Расчет индексов при динамическом наблюдении представляется полезным, так как позволяет соотносить степень расширения ликворных





**Рис. 3.9.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости F2: *а* — УСГМм в плоскости F2; *б* — МРТ в корональной плоскости, T1-ВИ. 1 — боковой желудочек; 2 — мозолистое тело; 3 — латеральная щель мозга; 4 — островок; 5 — лобная доля; 6 — височная доля; 7 — чешуя височной кости.



**Рис. 3.10.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости F3: *а* — УСГМм, плоскость F3; *б* — МРТ в корональной плоскости, T1-ВИ. 1 — боковой желудочек; 2 — мозолистое тело; 3 — латеральная щель мозга; 4 — островок; 5 — лобная доля; 6 — височная доля; 7 — височная кость; 8 — III желудочек; 9 — прозрачная перегородка; 10 — охватывающая цистерна; 11 — медиобазальные отделы височной доли.



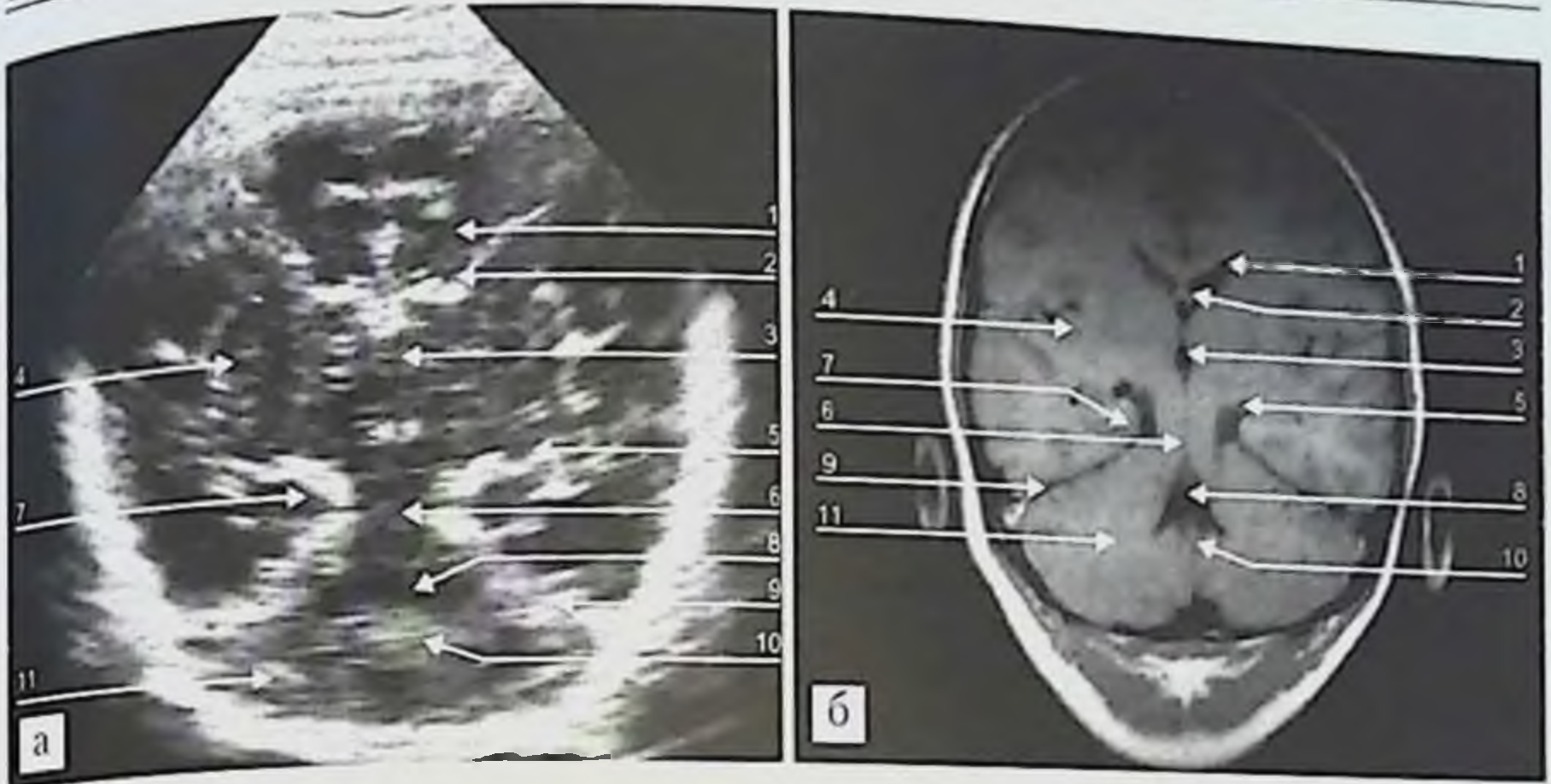


Рис. 3.11. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга в плоскости F4: а — УСГМм, плоскость F4; б — МРТ в корональной плоскости. Т1-ВИ. 1 — боковой желудочек; 2 — сосудистое сплетение бокового желудочка; 3 — III желудочек; 4 — островок; 5 — охватывающая цистерна; 6 — ствол мозга; 7 — медиобазальные отделы височной доли; 8 — IV желудочек; 9 — намет мозжечка; 10 — червь мозжечка; 11 — полушарие мозжечка.

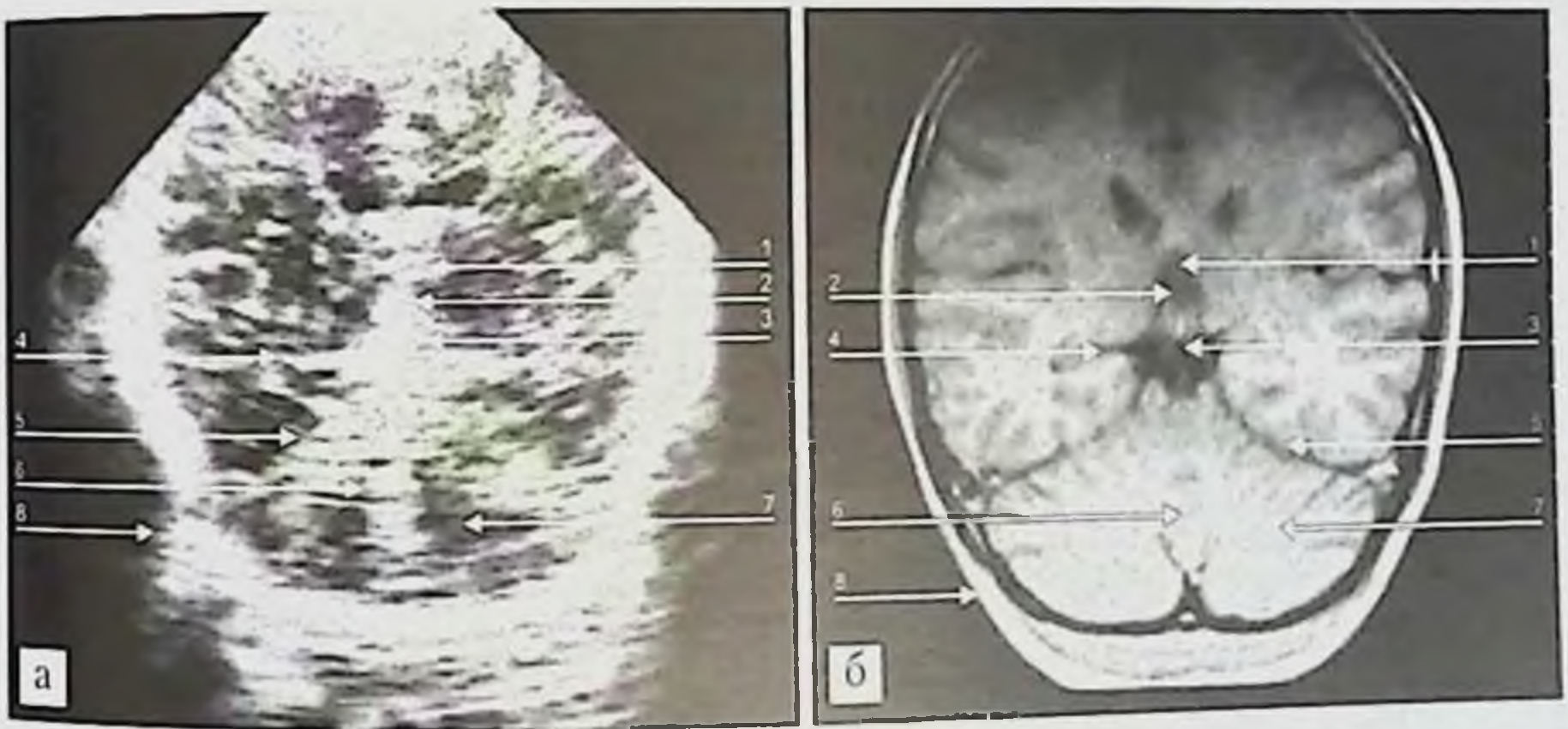


Рис. 3.12. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга в плоскости F5: а — УСГМм, плоскость F5; б — МРТ в корональной плоскости. Т1-ВИ. 1 и 2 — задние отделы мозолистого тела; 3 — цистерна большой вены мозга; 4 — боковые вывороты цистерны большой вены мозга; 5 — намет мозжечка; 6 — червь мозжечка; 7 — полушарие мозжечка; 8 — мягкие ткани затылочной области.



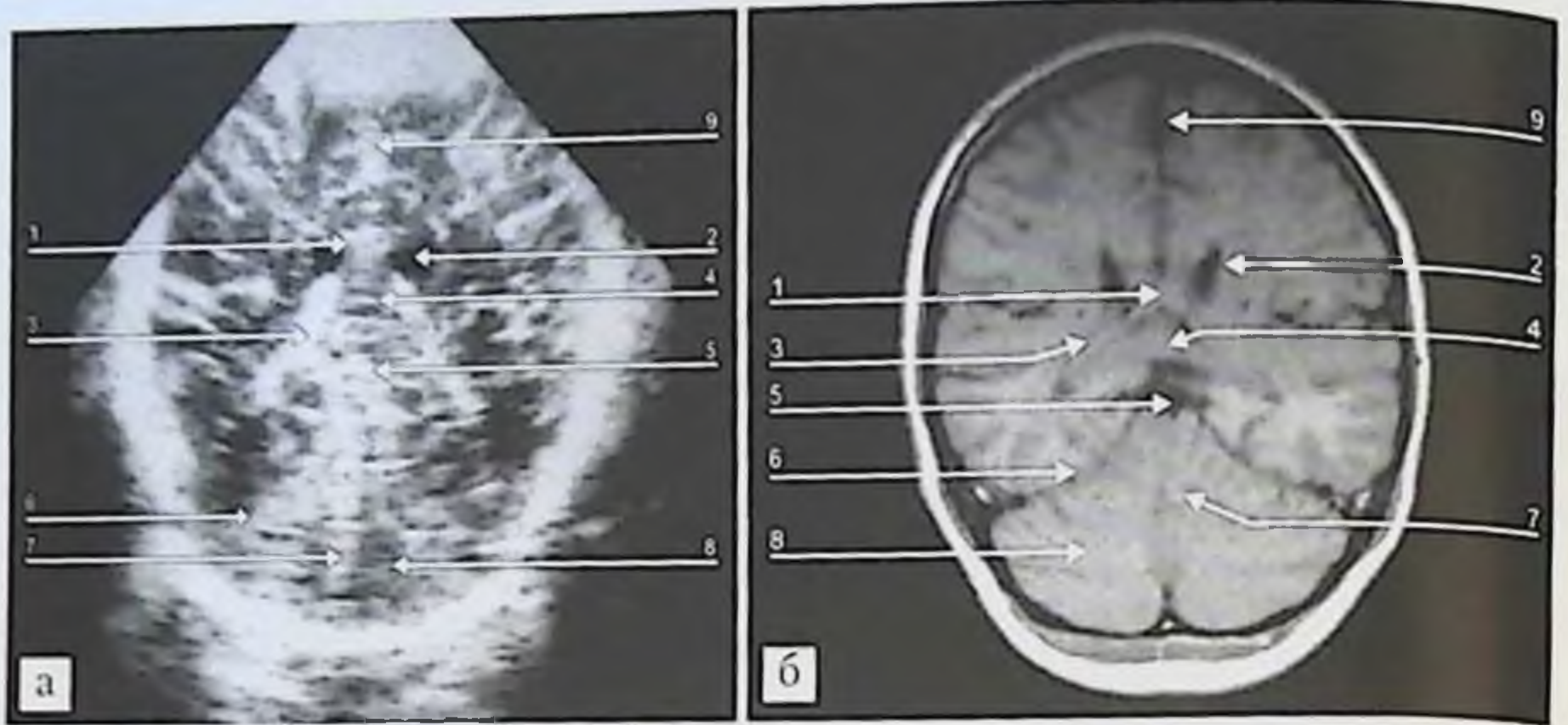


Рис. 3.13. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости F6: а — УСГМм, плоскость F6; б — МРТ в корональной плоскости, T1-ВН. 1 — средние отделы мозолистого тела; 2 — боковой желудочек; 3 — сосудистое сплетение; 4 — задние отделы мозолистого тела; 5 — цистерна пластинки четверохолмия; 6 — намет мозжечка; 7 — червь мозжечка; 8 — полушарие мозжечка.



Рис. 3.14. УС-изображение головного мозга младенца в плоскости F7; 1 — эпендима верхних отделов тел боковых желудочков; 2 — межполушарная щель.

пространств с темпами роста головы, что особенно актуально в течение первого года жизни.

Особенностями методики УСГМм являются: а) строгая стандартизация исследования — каждая из плоскостей сканирования имеет свой пространственный ориентир — маркер и индивидуальное обозначение;



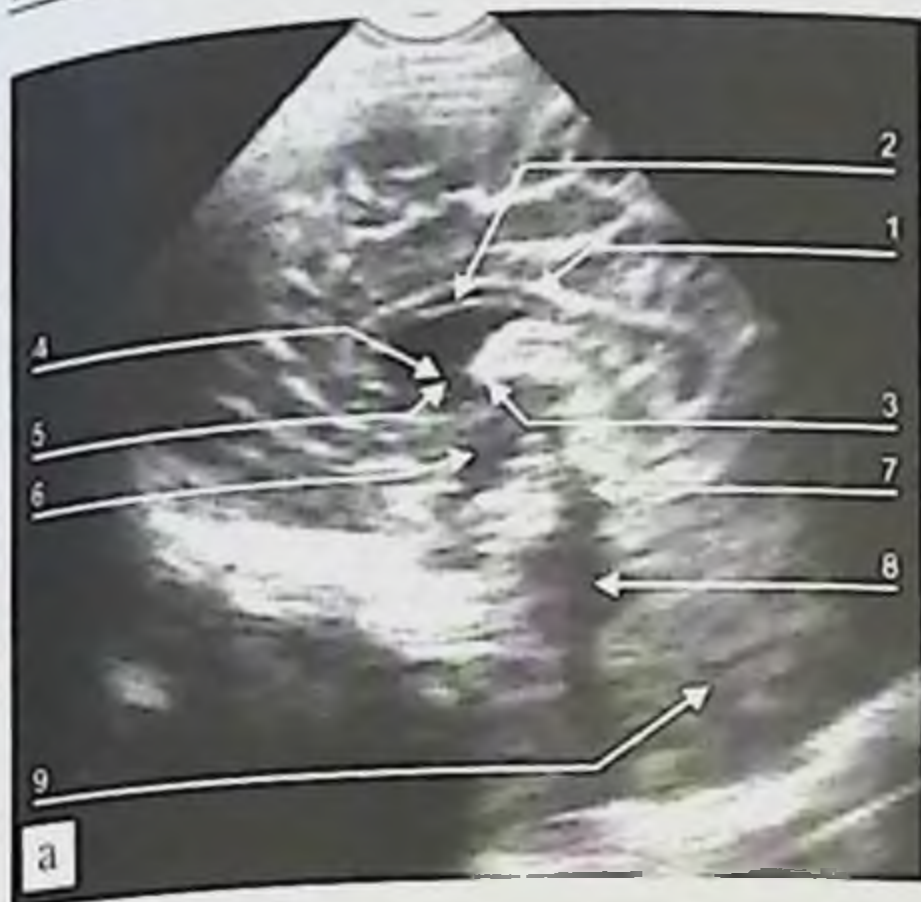


Рис. 3.15. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга в плоскости  $S_0$ : а — УСГМм, плоскость сканирования  $S_0$ ; б — МРТ в сагиттальной плоскости, T1-ВИ. 1 — поясная борозда; 2 — мозолистое тело; 3 — межталамическая снайпка; 4 — межжелудочковое отверстие; 5 — III желудочек; 6 — инфундибулярный карман; 7 — водопровод мозга; 8 — IV желудочек; 9 — червь мозжечка.

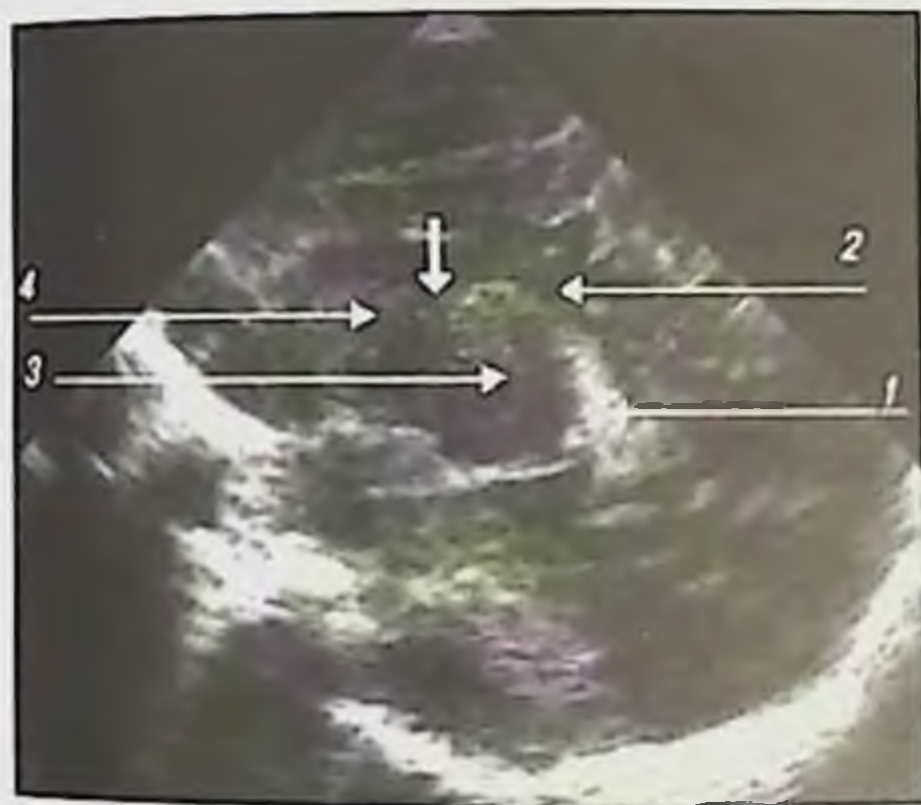


Рис. 3.16. УС-изображение головного мозга младенца в плоскости  $S_1$ : 1 — узел сосудистого сплетения; 2 — сосудистое сплетение в области тела бокового желудочка; 3 — зрительный бугор; 4 — головка хвостатого ядра. Толстой стрелкой указана таламокаудальная вырезка.

б) обязательная комбинация чрезродничкового и чрезвисочного сканирования; в) обязательное использование мультимодального секторного датчика либо сочетания секторного и линейного датчиков; г) адаптация к современным требованиям практической неврологии и нейрохирургии новорожденных.

В табл. 3.1 представлен общий алгоритм проведения УСГМм, характеризующий последовательность применения плоскостей сканирования



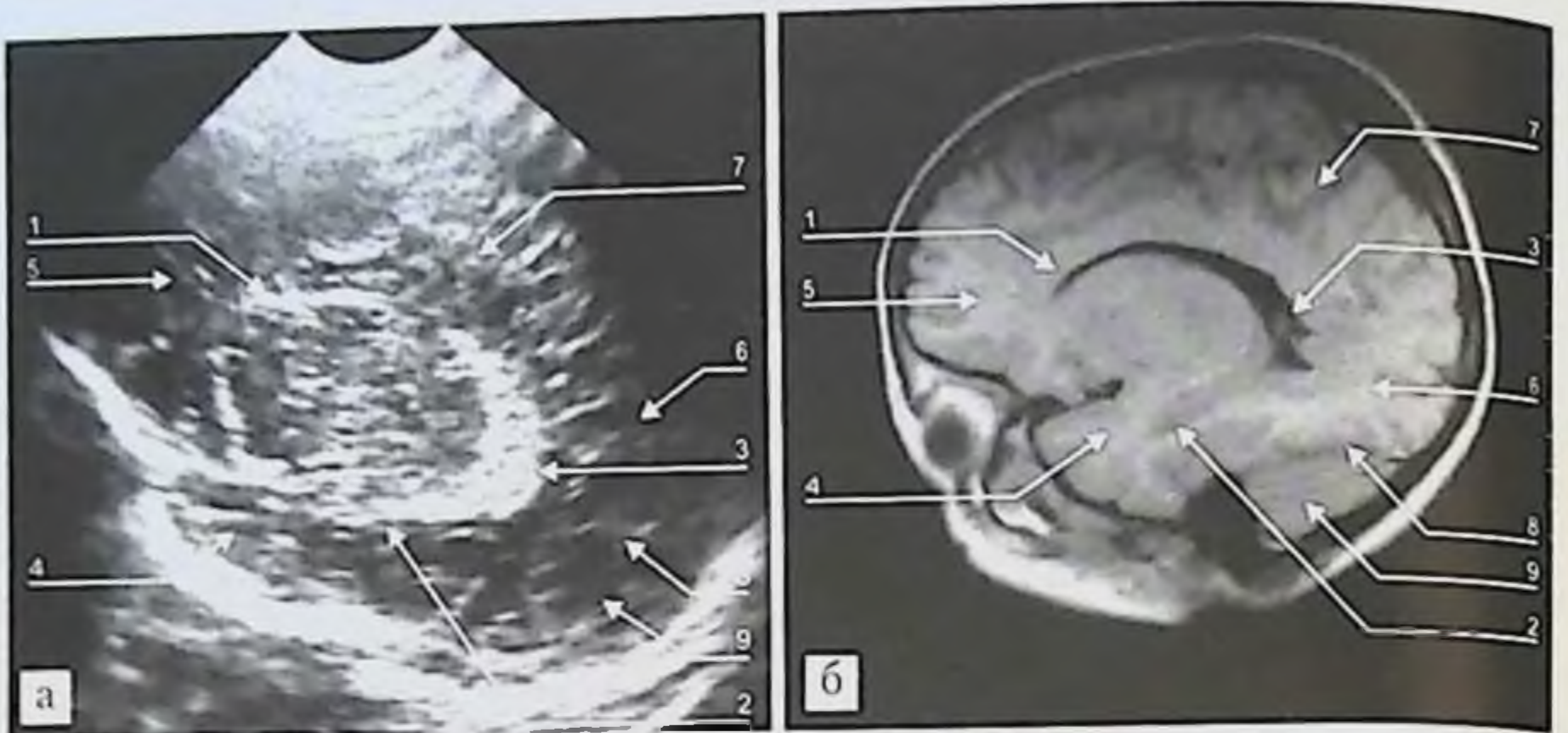


Рис. 3.17. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга в плоскости S2: *а* — УСГММ, плоскость сканирования S2; *б* — МРТ в сагиттальной плоскости, Т1-ВИ. 1 — передний рог бокового желудочка; 2 — сосудистое сплетение височного рога; 3 — клубок сосудистого сплетения; 4 — височная доля; 5 — лобная доля; 6 — затылочная доля; 7 — теменная доля; 8 — намет мозжечка; 9 — полушарие мозжечка.

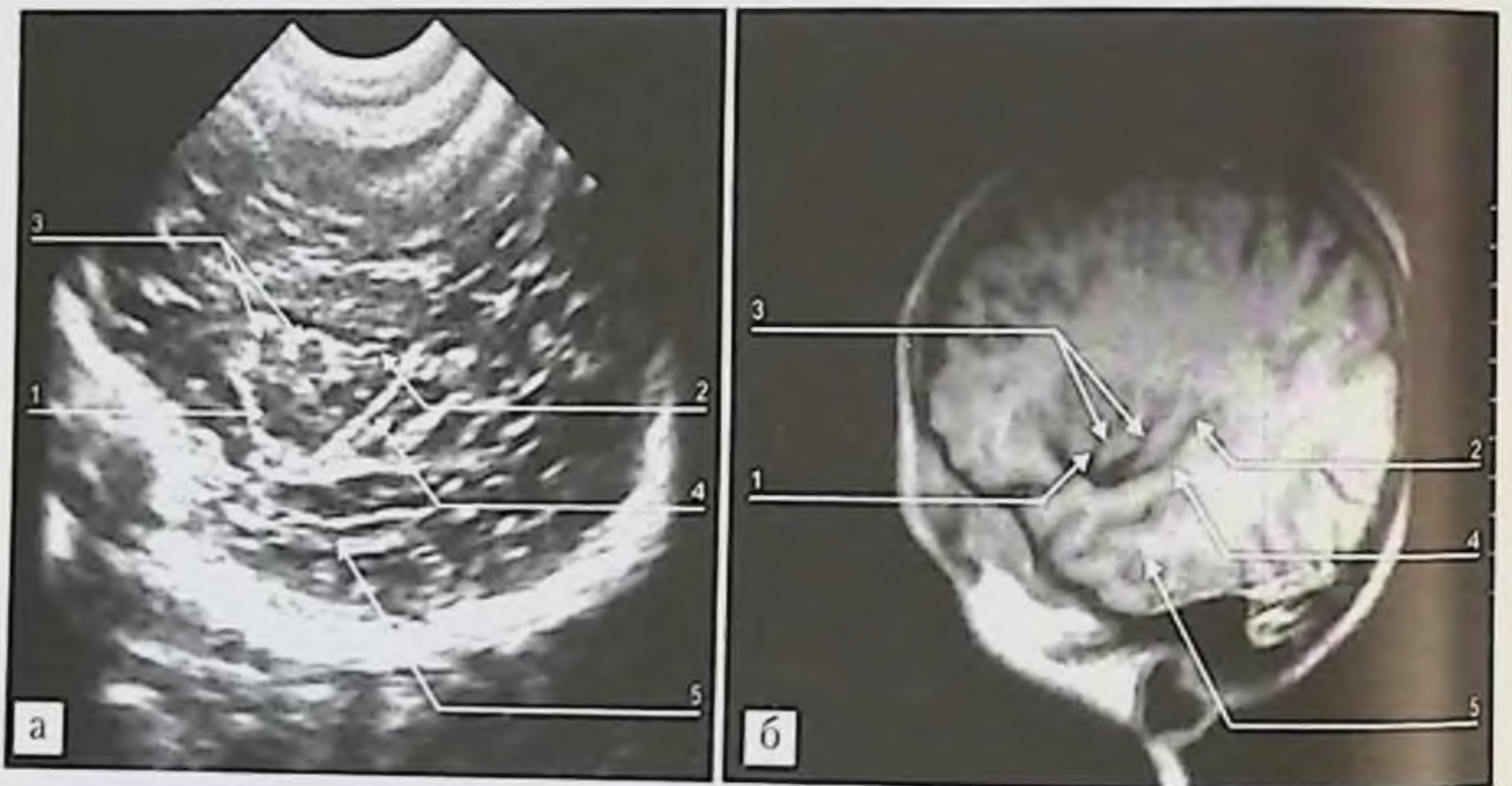
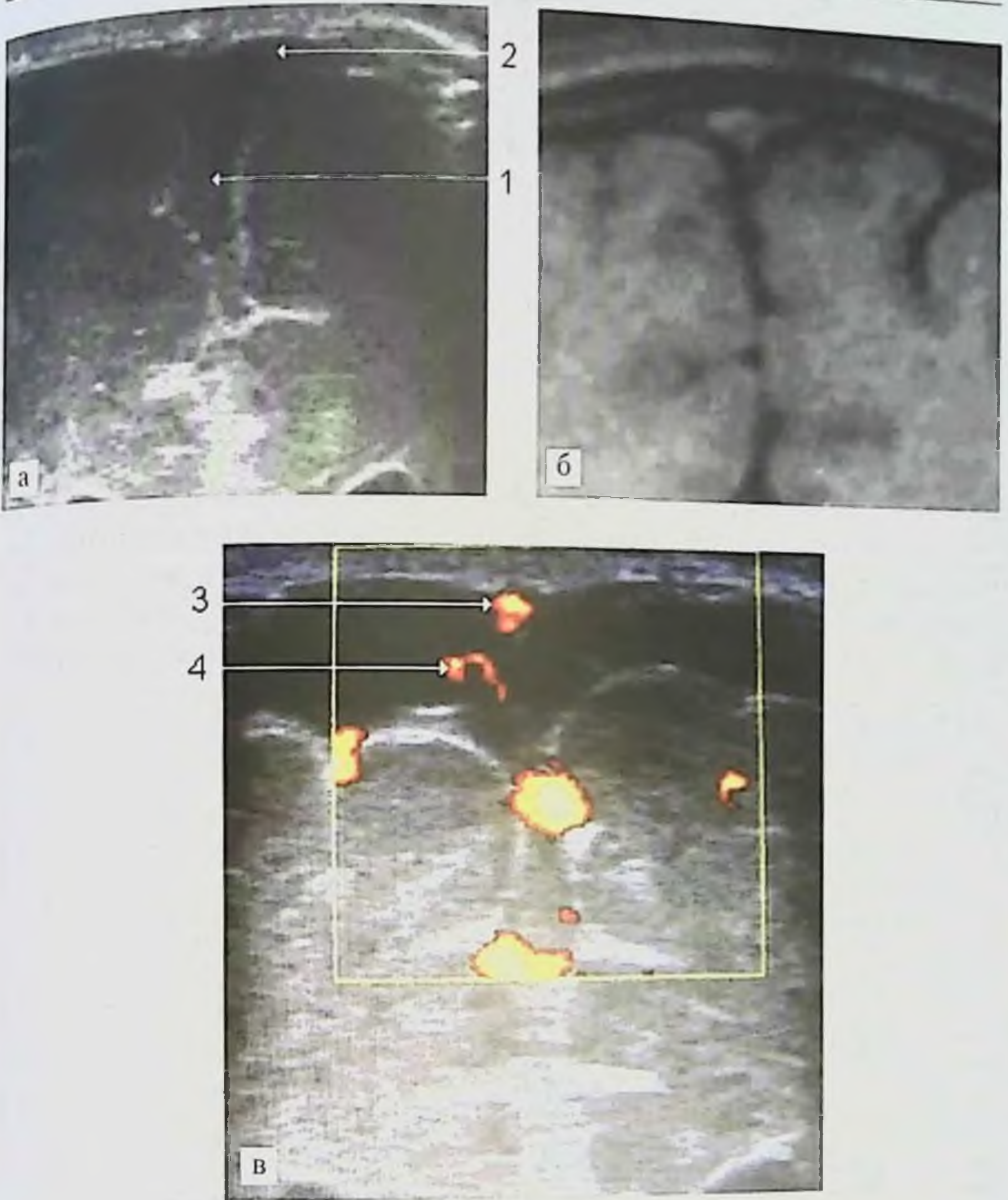


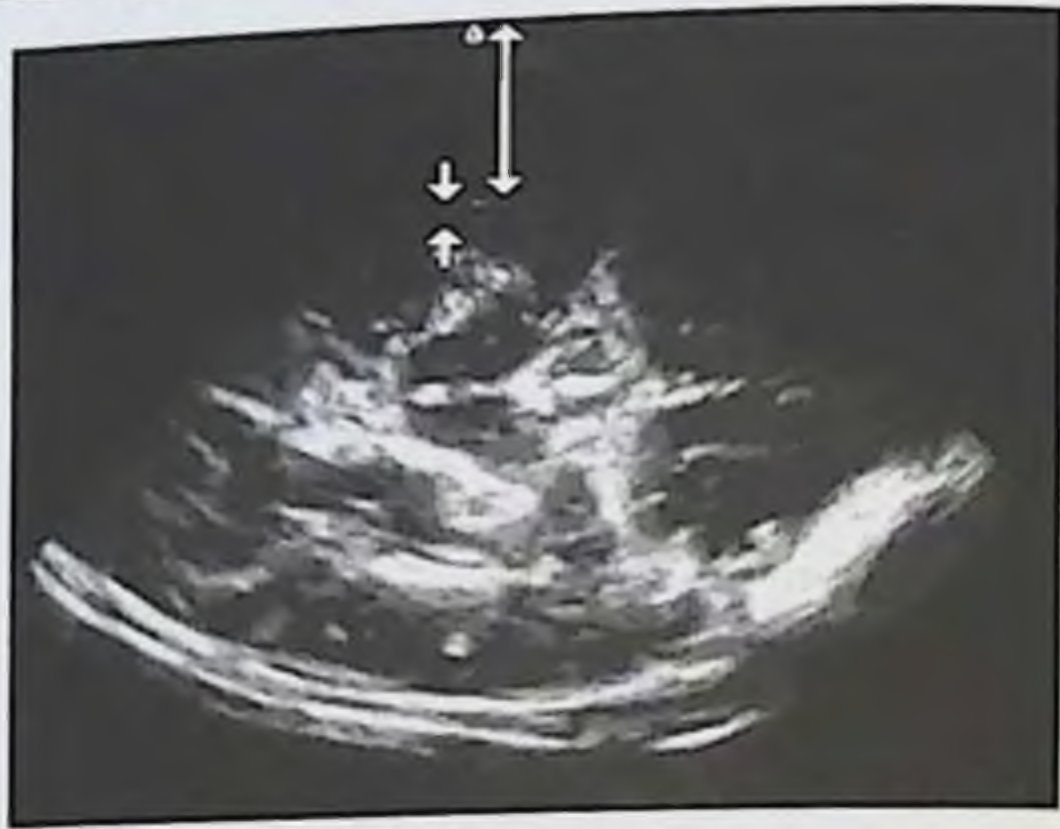
Рис. 3.18. Идентификация элементов УС-изображения головного мозга в плоскости S3: *а* — УСГММ, плоскость сканирования S3; *б* — МРТ в сагиттальной плоскости, Т1-ВИ: 1 — островок; 2 — длинная извилина островка; 3 — короткие извилины островка; 4 — центральная борозда островка; 5 — височная доля.



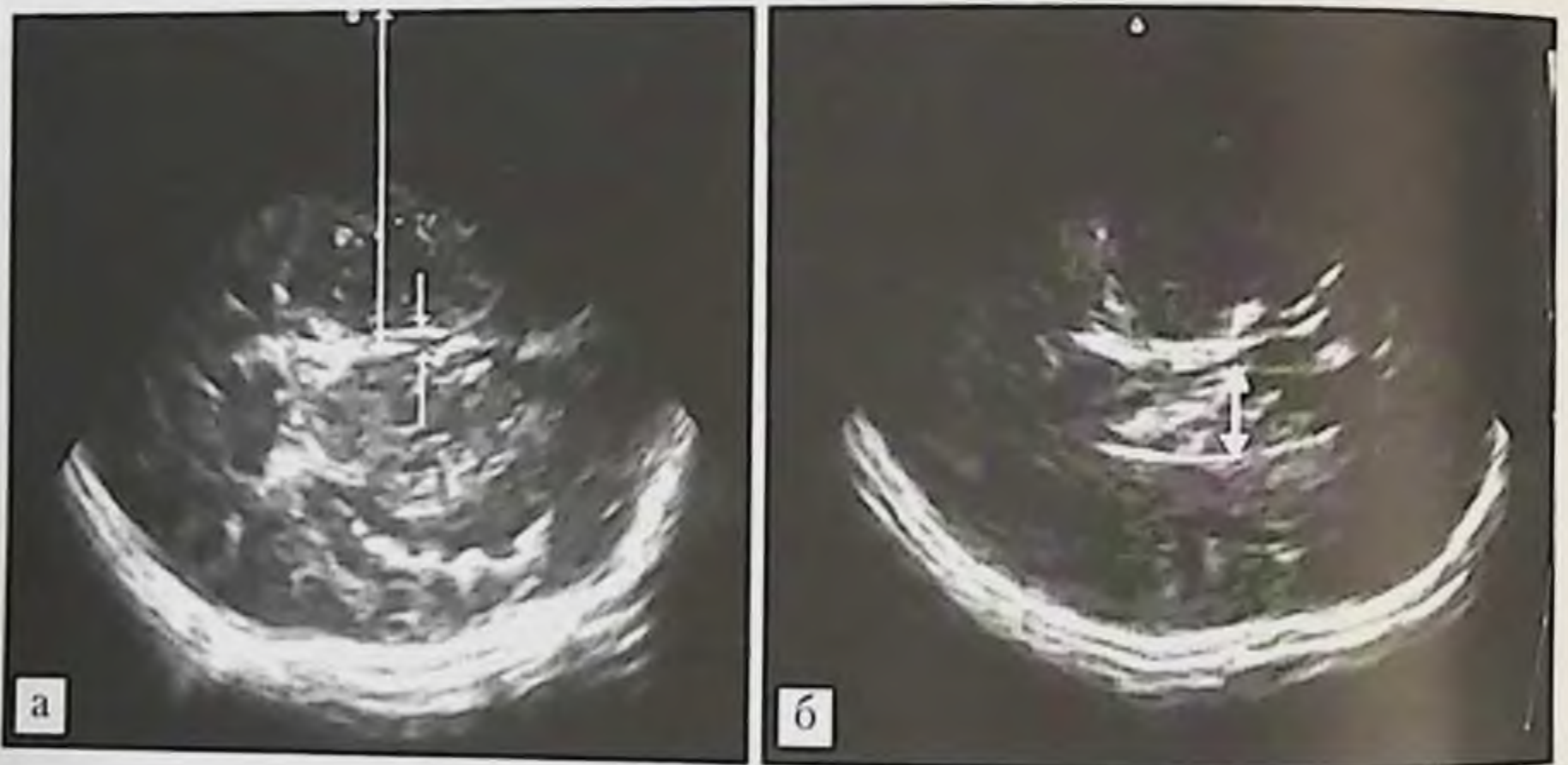


**Рис. 3.19.** Идентификация элементов УС-изображения головного мозга младенца в плоскости F3 (7.5 МГц): *а* – УСГМм, плоскость сканирования F3 (7.5 МГц); *б* – МРТ в корональной плоскости, T1-ВИ (выделена и увеличена межполушарно-парасагиттальная зона); *в* – ЦДК сосудов межполушарно-парасагиттальной зоны: 1 – межполушарная щель; 2 – субарахноидальные пространства межполушарно-парасагиттальной области; 3 – верхний сагиттальный синус; 4 – мостовые вены.





**Рис. 3.20.** Сонометрия в плоскости ТН0s. Отмечены боковые стенки височного рога левого бокового желудочка, между которыми измеряется его ширина. Отмечена дистанция, определяющая глубину залегания височного рога левого бокового желудочка. Измерения в этой плоскости регистрируются в виде дроби: в числителе ширина височного рога, а в знаменателе глубина его залегания.



**Рис. 3.21.** Сонометрия при УСГМм: *а* — измерения в плоскости ТН1s; *б* — измерения в плоскости ТН2s. Одинарными стрелками отмечены боковые стенки III желудочка, между которыми измеряется его ширина ( $V_t$ ). Тонкой двойной стрелкой отмечена дистанция  $M_s$ . Толстой двойной стрелкой отмечена линия измерения ширины бокового желудочка ( $V_{Ld}$ ).





Рис. 3.22. Сонометрия при УСГМм в плоскости F3 (7,5 МГц). Тонкой двойной стрелкой отмечено расстояние между костью и поверхностью головного мозга (дистанция «кость-мозг»). Толстыми двойными стрелками отмечены ширина и глубина межполушарной щели. Пояснения в тексте.

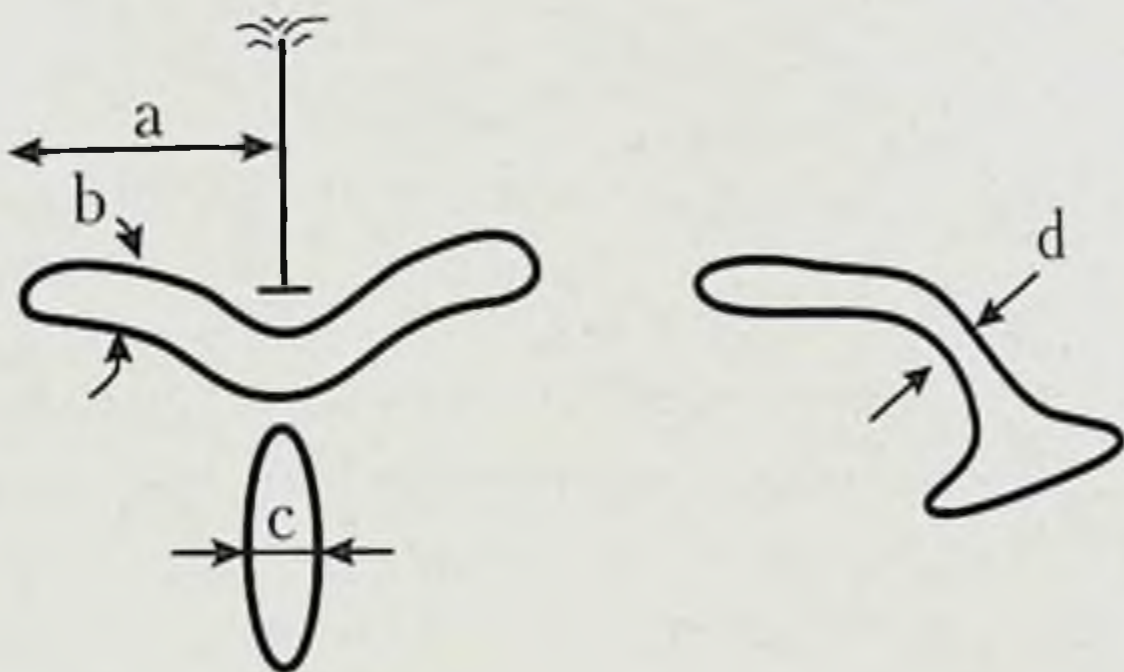


Рис. 3.23. Измерение желудочков (Levene M. S. et al., 1985); *a* — ширина боковых желудочков; *b*, *d* — косые размеры боковых желудочков; *c* — ширина III желудочка.

(номер плоскости), особенности их пространственной ориентации (обозначение плоскости), пространственные маркеры каждой плоскости и стандартные сонометрические измерения.

Во всех срезах оценивали взаимоотношение костей свода черепа и подлежащего мозга с противоположной от датчика стороны (диагност «кость — мозг»).

Использование дополнительных точек и плоскостей сканирования обеспечивало большую информативность исследования (табл. 3.2).

Сканирование через затылочную точку является очень важным для оценки структур задней черепной ямки, особенно при ограниченной



Таблица 3.1

## Алгоритм проведения ультрасонографии головного мозга младенца

№	Обозначение	Внутричерепные маркеры и измерения (сонометрия)
1	ТН0s	Средний мозг, рисунок цистерн основания мозга с тремя боковыми и тремя передними выворотами
2	ТН1s	III желудочек. Ширина III желудочка (Vt) и расстояние от середины III желудочка до датчика (дистанция Ms)
3	ТН2s	Тела боковых желудочков и сосудистые сплетения, прилегающие друг к другу в области прозрачной перегородки. Ширина правого бокового желудочка (VLd)
4	TFs	Височный рог, межполушарно-парасагиттальная зона
5	ТН0d	Аналогично ТН0s
6	ТН1d	Аналогично ТН1s. Измеряется расстояние от датчика до середины III желудочка (дистанция Md)
7	ТН2d	Аналогично ТН2s измеряется ширина левого бокового желудочка (VLs)
8	TFd	Аналогично TFs
9	F0	Верхние и нижние стенки орбит
10	F1	Обонятельные борозды, продольная щель большого мозга
11	F2	Боковые щели мозга, цистерна перекреста зрительных нервов
12	F3	Третий желудочек, межжелудочковые отверстия
13	F4	Четвертый желудочек
14	F5	УС-феномен «звезда»
15	F6	УС-феномен «кукла»
16	F7	Эпендима верхних отделов тел боковых желудочков
17	S0	Водопровод мозга, III и IV желудочки
18	S1s	Таламокаудальная вырезка слева
19	S2s	Сосудистое сплетение бокового желудочка и его клубок
20	S3s	Островок и его борозды
21	S1d	Аналогично S1s
22	S2d	Аналогично S2s
23	S3d	Аналогично S3s
24	F3 (7МГц)	Межполушарная щель



Дополнительные режимы сканирования

Таблица 3.2

№ п/п	Обозначение	Внутричерепные маркеры
1	ОН (7,5 МГц)	Характерный рисунок гемисферы мозжечка
2	F3 (ЦДК)	Мостовые вены

визуализации через большой родничок (маленькие его размеры). Визуализация мостовых вен — наиболее эффективный метод дифференциальной диагностики наружной гидроцефалии и субдурального скопления в межполушарно-парасагиттальной зоне.

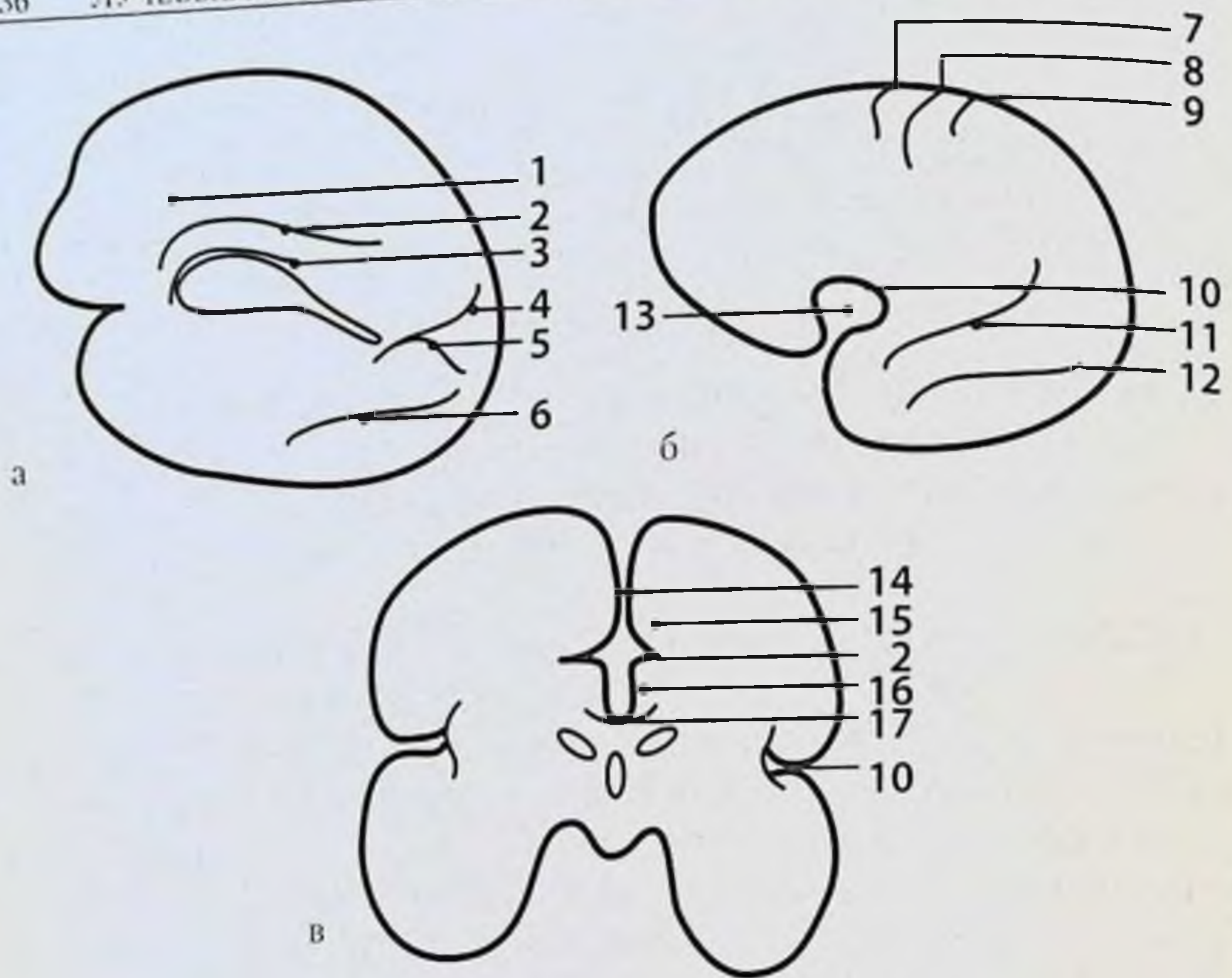
### Особенности ультразвуковой анатомии головного мозга недоношенного новорожденного

Гестационный возраст ребенка можно оценивать по состоянию мозговых щелей, борозд и извилин. Наиболее важными показателями созревания головного мозга служат теменно-затылочная борозда, боковая (сильвиева) щель и поясная борозда. Ультразвуковые признаки формирования новых борозд и щелей появляются чуть позже анатомических, так как для эхо-визуализации необходима достаточно большая глубина борозды. Вместе с тем визуализация щелей и борозд головного мозга является более надежным критерием зрелости, чем оценка окружности головы, измерение высоты лобных рогов боковых желудочков и др. Следует подчеркнуть, что постнатальное созревание головного мозга не зависит от гестационного возраста к моменту рождения. К важнейшим факторам, замедляющим этот процесс, следует отнести родовую травму. На рис. 3.24 представлены основные борозды, отражающие степень зрелости головного мозга новорожденного.

### Новорожденные 23–24 нед гестации

Поверхность мозга на эхограммах практически гладкая с широкой боковой (сильвиевой) щелью и большим количеством ЦСЖ в межполушарной щели. Островок обнажен. Поясная борозда не дифференцируется. Единственная различимая щель — это теменно-затылочная борозда на медиальной поверхности большого полушария. Ее форма соответствует букве «У» с резко укороченной боковой ветвью вследствие отсутствия полноценной шпорной борозды, поэтому на срединной





**Рис. 3.24.** Основные борозды, отражающие степень зрелости головного мозга новорожденного: *а, б* и *в* — соответственно срезы S0, S2 и F3. 1 — верхняя лобная извилина; 2 — поясная борозда; 3 — перикаллезная цистерна; 4 — теменно-затылочная борозда; 5 — шпорная борозда; 6 — коллатеральная борозда; 7 — предцентральная борозда; 8 — центральная борозда; 9 — постцентральная борозда; 10 — сильвиева борозда; 11 — верхняя височная борозда; 12 — нижняя височная борозда; 13 — островок; 14 — межполушарная щель; 15 — верхняя лобная извилина; 16 — поясная извилина; 17 — перикаллезная цистерна.

сагиттальной эхограмме (S0) теменно-затылочная борозда скорее имеет линейную, чем Y-образную, форму (рис. 3.25).

### Новорожденные 25–26 нед гестации

Края боковой (сильвиевой) щели начинают сближаться, однако еще не содержат ответвлений. Появляется передний отдел поясной борозды. Формируется шпорная борозда, что придает теменно-затылочной борозде типичный Y-образный вид. Намечаются лобные и теменные борозды (рис. 3.26).



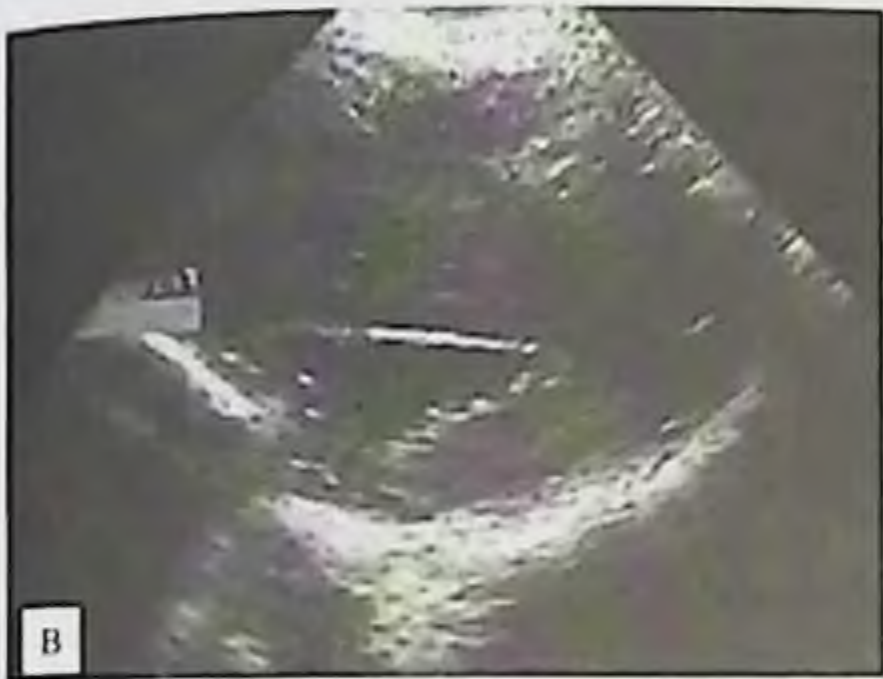
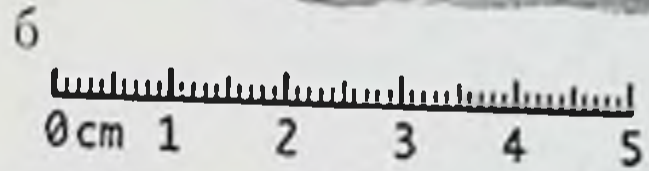
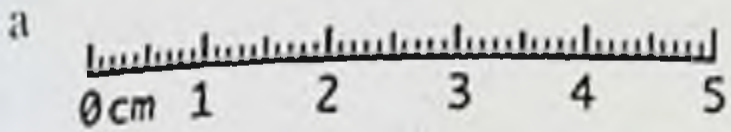
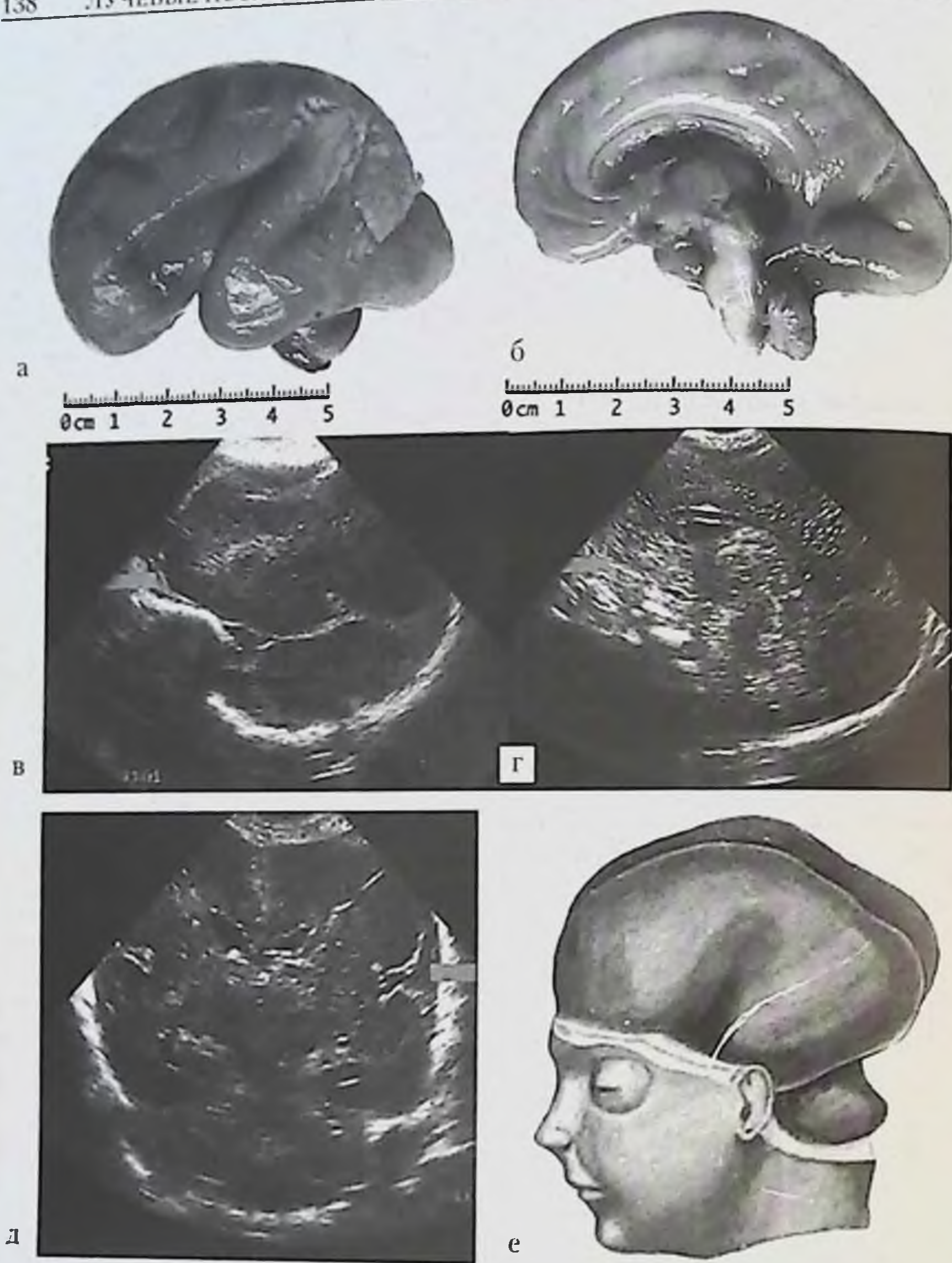


Рис. 3.25. Головной мозг недоношенного ребенка 24 нед гестации: *а, б* — макропрепарат; *в, г, д* — эхограммы головного мозга недоношенного ребенка 26 недель гестации, *е* — схема. Гладкая поверхность мозга, широкая боковая (сильвиева) щель, широкая межполушарная щель, нет поясной борозды, намек на теменно-затылочную борозду.





**Рис. 3.26.** Головной мозг недоношенного ребенка 26 нед гестации: *а, б* — макропрепарат; *в, г, д* — эхограммы головного мозга недоношенного ребенка 24 нед гестации; *е* — схема. Смыкание краев сильвиевой щели, появление передних отделов поясной борозды, появление шпорной борозды (теменно-затылочная борозда приобретает Y-образный вид).



### **Новорожденные 27–28 нед гестации**

Боковая (силвиева) щель к этому сроку углубляется, однако островок все еще не прикрыт целиком оперкулярными отделами мозга. Поясная борозда становится значительно длиннее, но не содержит дополнительных вторичных ответвлений. Теменно-затылочная борозда отчетлива, появляются первые затылочные борозды. Намечаются центральная и постцентральная борозды.

### **Новорожденные 29–31 нед гестации**

К этому возрасту боковая (силвиева) щель становится глубокой, ее края сомкнуты, островок полностью покрыт оперкулярными отделами мозга. Поясная борозда углубляется, становится изогнутой, приобретает вторичные ответвления и отчетливо выявляется на корональных эхограммах. На среднем сагиттальном и парасагиттальном срезах появляются изгибы теменно-затылочной борозды. Кроме того, на парасагиттальном срезе к 30–31-й неделе появляется нижняя височная борозда, которой не было видно в 28–29 нед гестации. Она расположена ниже Y-образной комбинации теменно-затылочной и шпорной борозд (рис. 3.28).

### **Новорожденные 32–33 нед гестации**

Извилины приобретают «извилистую» форму, появляются вторичные борозды в верхней лобной, теменной и височной извилинах. Ультразвуковая картина мозга обогащается. Начинают формироваться извилины островка, что делает T-образную по форме (на коронарных эхограммах) боковую щель мозга более глубокой и извитой (рис. 3.29).

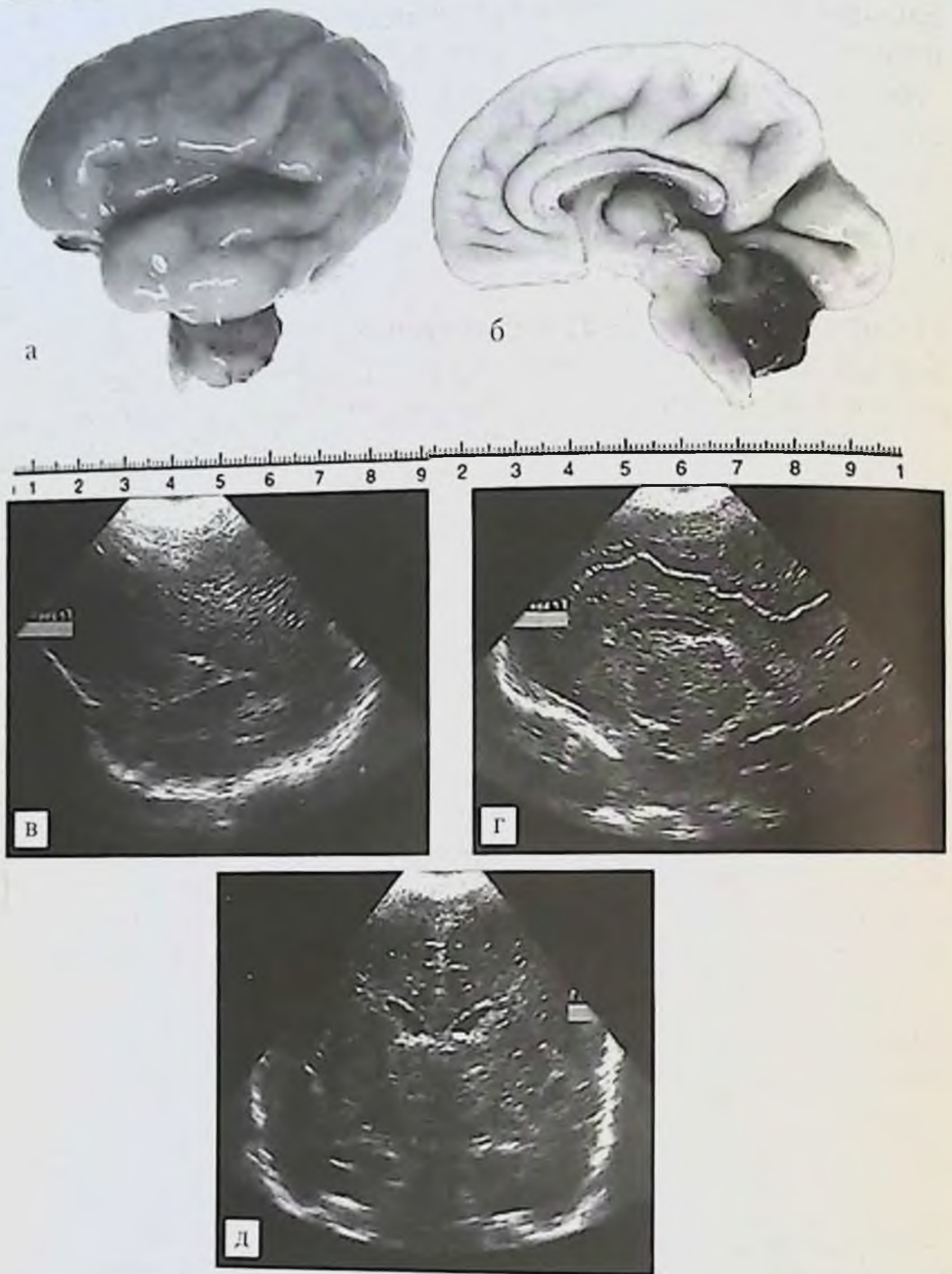
### **Новорожденные 35–36 нед гестации**

В этот период происходит дальнейшее формирование вторичных борозд во всех отделах большого мозга, они становятся отчетливыми и на корональных, и на парасагиттальных эхограммах (рис. 3.30).

### **Новорожденные 37–42 нед гестации (доношенный младенец)**

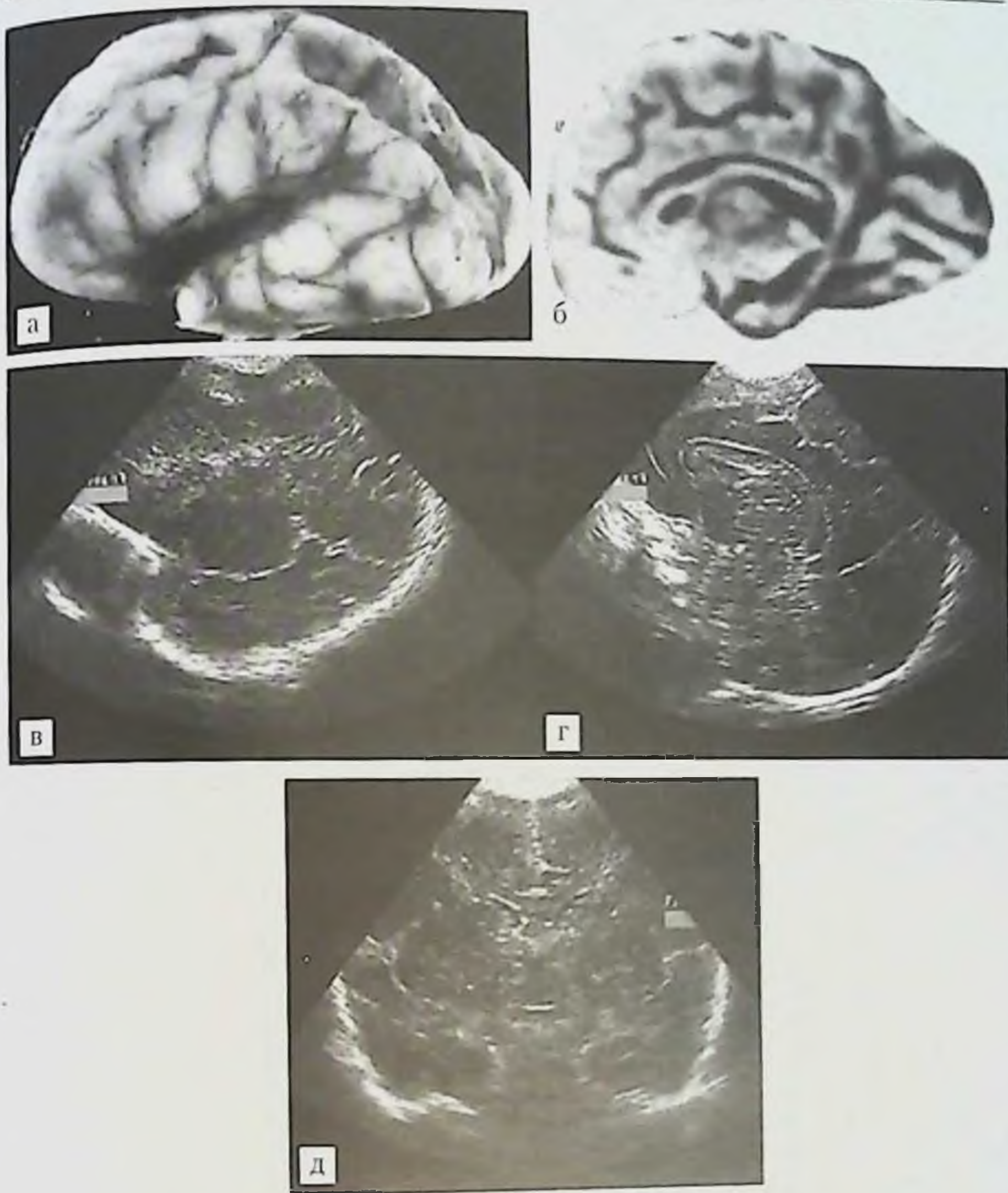
Появление третичных борозд превращает поверхность мозга в густую сеть разветвленных углублений, что разительно отличает ее от гладкой поверхности мозга, типичной для недоношенного, родившегося на 23-й нед гестации. Поясная борозда глубокая, со множественными ответвлениями. Эту картину сравнивают с мостовой, вымощенной булыжником. Практически все борозды и извилины, характерные для головного мозга





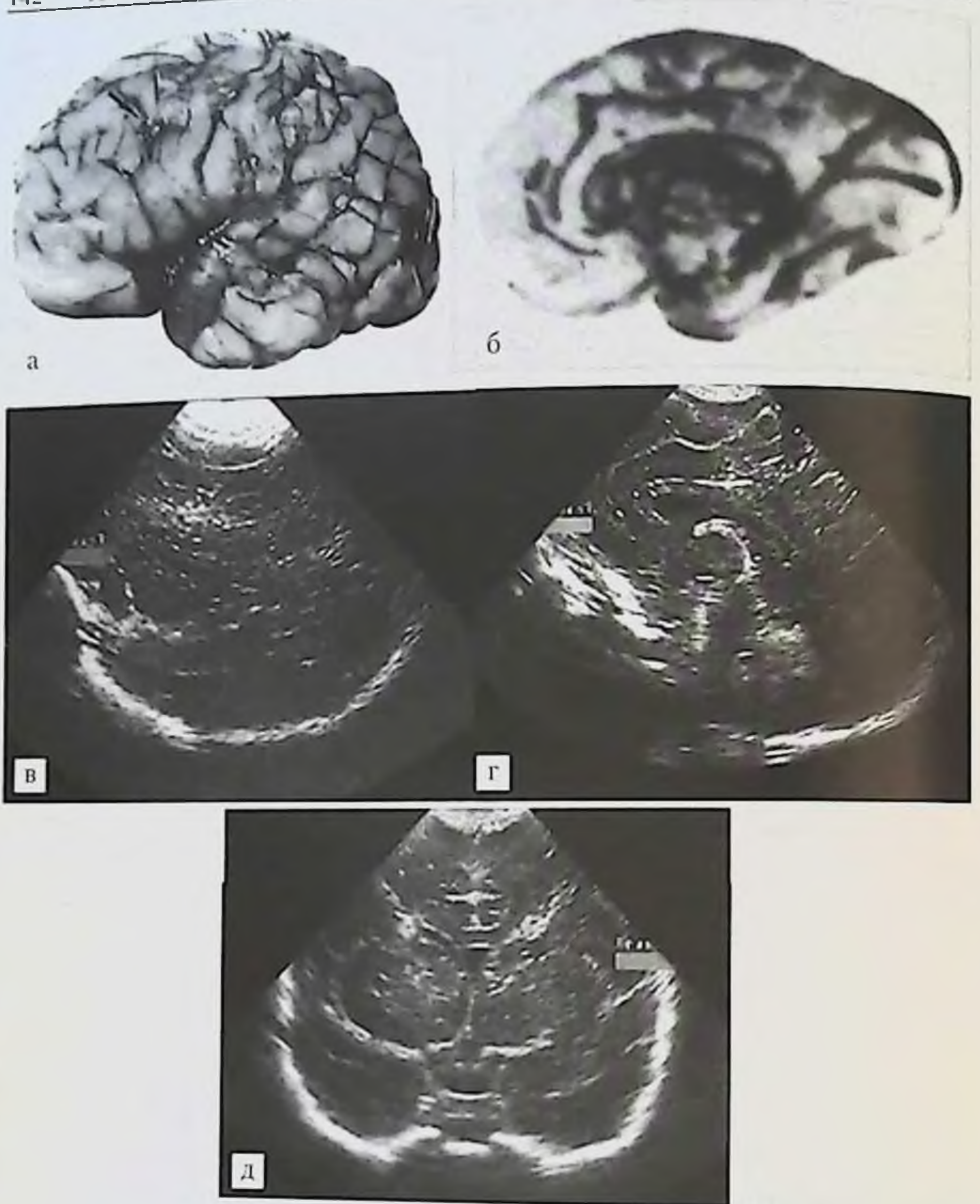
**Рис. 3.27.** Головной мозг недоношенного ребенка 28 нед гестации: *а, б* — макропрепарат; *в, г, д* — эхограммы мозга. Сильвиева щель углубляется, но островок все еще частично обнажен, поясная борозда видна целиком, но не имеет вторичных ответвлений, теменно-затылочная борозда отчетливо видна, появляются затылочные борозды, постцентральная борозда, верхняя височная борозда.





**Рис. 3.28.** Головной мозг недоношенного ребенка 30 нед гестации: *а, б* — макропрепарат; *в, г, д* — эхограммы мозга. Сильвиева щель достаточно глубокая и полностью покрывает островок, поясная борозда отчетливо дифференцируется на фронтальных эхограммах, имеет вторичные ответвления, теменно-затылочная борозда извилистая, появляется нижняя височная борозда.





**Рис. 3.29.** Головной мозг недоношенного ребенка 33 нед гестации: а, б — макропрепарат; в, г, д — эхограммы мозга. Появились вторичные борозды, разделяющие верхние лобную, теменную и височную извилины, начинают формироваться борозды островка.



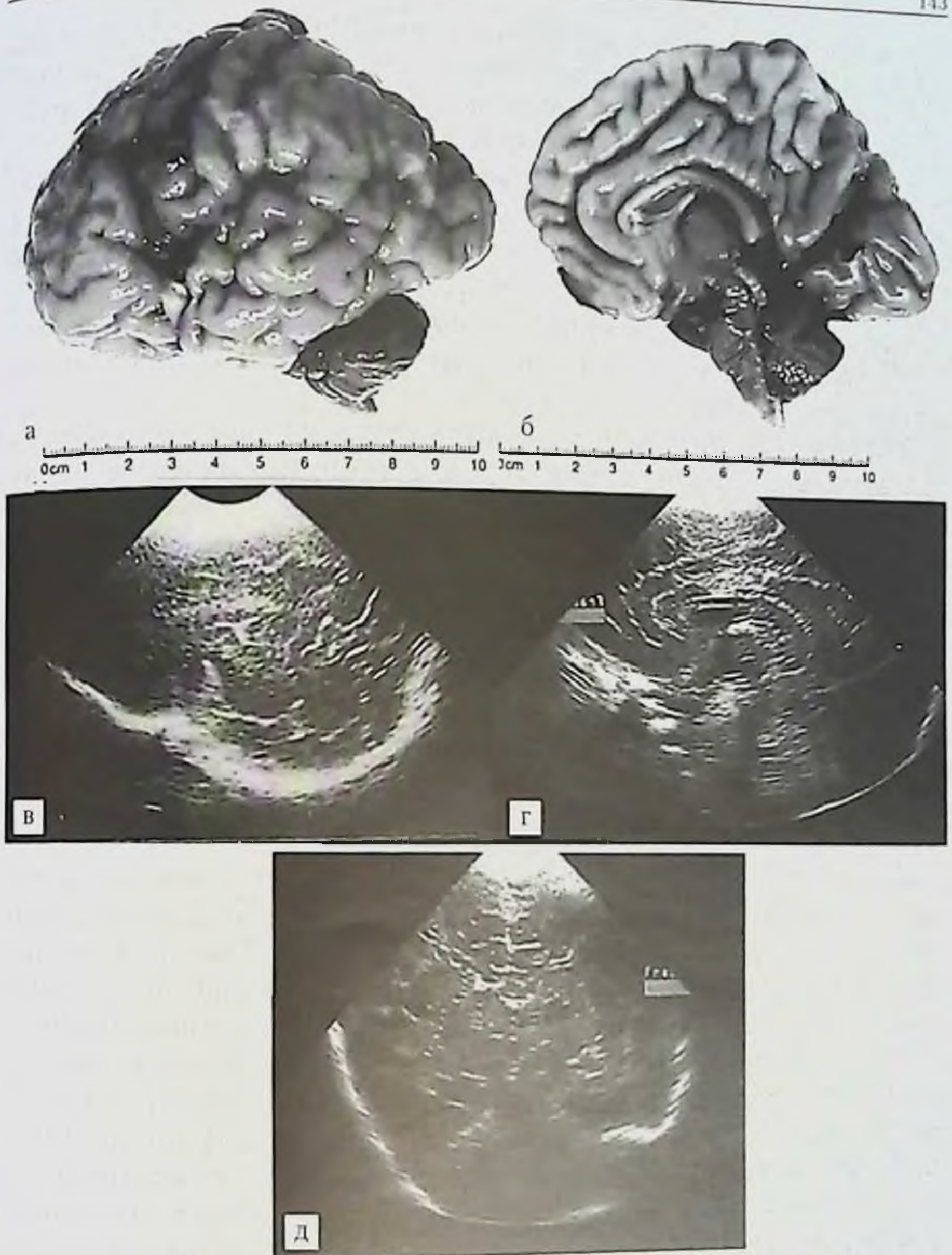


Рис. 3.30. Головной мозг недоношенного ребенка 35 нед гестации: *а, б* — макропрепарат; *в, з, д* — эхограммы мозга. Увеличивается количество вторичных борозд.



взрослого человека, уже различимы у доношенного новорожденного. Дальнейшее развитие мозга заключается в увеличении его массы, миелинизации, появлении дополнительных третичных борозд, но новые борозды и извилины уже не формируются (рис. 3.31).

Кора островка у зрелых доношенных новорожденных полностью закрыта оперкулярными отделами лобной, теменной и височной долей. В обоих полушариях большого мозга они сомкнуты, т. е. латеральная щель мозга имеет характерную Т-образную форму. У недоношенных младенцев оперкулярные отделы остаются недоразвитыми, что приводит к значительному расширению латеральной щели мозга и обнажению коры островка.

У 76% доношенных новорожденных наряду с четырьмя стандартными желудочками выявляется так называемый пятый желудочек — полость прозрачной перегородки, содержащий ЦСЖ. Его считают нормальной анатомической особенностью ликворной системы новорожденного, а не отклонением от нормы.

Таким образом, методика ультрасонографии головного мозга младенца является вариантом усовершенствования традиционной чрезродничковой ультрасонографии. Цель усовершенствования — адаптация чрезродничкового исследования к современным требованиям неврологии и нейрохирургии новорожденных. Основные ее преимущества следующие: а) независимость эффективности исследования от размеров большого родничка; б) строгая стандартизация исследования, что обеспечивает точность мониторинга, сокращение времени обследования, упрощение анализа изображений, а также возможность документирования на современных носителях информации и телеконсультирования; в) визуализация зон, расположенных непосредственно под костями свода черепа, благодаря обязательности трансемпорального сканирования, что обеспечивает надежную диагностику оболочечных скоплений; г) точное определение положения срединных структур для ранней диагностики и мониторинга латеральной дислокации; д) высокое качество визуализации межполушарно-парасагиттально-конвексимальной зоны мозга, что очень важно для диагностики оболочечных скоплений, атрофии и наружной гидроцефалии; е) ранняя диагностика и оценка динамики дислокаций с компрессией среднего мозга; ж) ранняя диагностика и мониторинг СВИ в области медиобазальных отделов височных долей; з) обеспечение перинатального мониторинга, поскольку плоскости исследования при внутриутробной трансабдоминальной



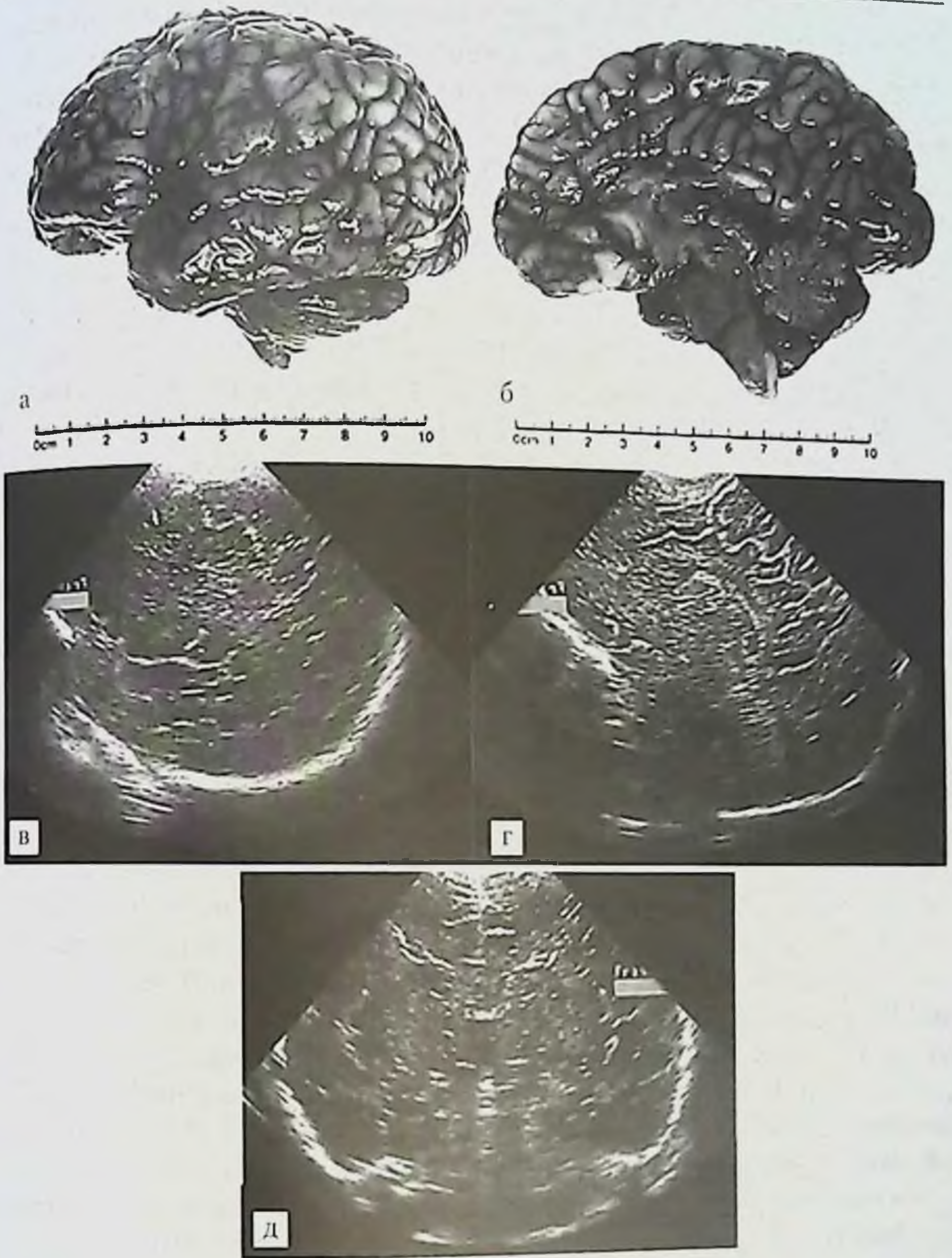


Рис. 3.31. Головной мозг доношенного поворжденного; а, б — макропрепарат; в, г, д — эхограммы мозга. Сформированы все борозды и извилины, свойственные взрослому мозгу, от поясной борозды отходит множество ответвлений.



сонографии сопоставимы с горизонтальными плоскостями сканирования, применяемыми при УС головного мозга младенца.

Появление нового поколения переносных компьютерных ультразвуковых приборов, совмещающих в себе функции 2D- и 3D-визуализации высокого качества, а также ресурс ноутбука, значительно повышает перспективы метода нейросонографии в неонатологии.

### Литература

1. *Баэртс В.* Ультразвуковая диагностика врожденных пороков развития головного мозга / В. Баэртс // Педиатрия. — 1990. — № 4. — С. 78–84.
2. *Буркова А. С.* Возможности нейросонографии в диагностике внутричерепных повреждений у новорожденных детей / А. С. Буркова, Л. Г. Сичинава // Акушерство и гинекология. — 1989. — № 3. — С. 5–8.
3. *Ватолин К. В.* Ультразвуковая диагностика заболеваний головного мозга / Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике в педиатрии / К. В. Ватолин. — М.: Видар, 1998. — 85 с.
4. *Воеводин С. М.* Нормальная эхографическая анатомия головного мозга у новорожденных разного гестационного возраста / С. М. Воеводин, О. Е. Озерова // Акушерство и гинекология. — 1991. — № 6. — С. 33–42.
5. *Гаврюшов В. В.* Диагностическая ценность нейросонографии у новорожденных детей / В. В. Гаврюшов, Е. А. Зубарева, М. С. Ефимов // Вопр. охраны материнства и детства. — 1990. — № 1. — С. 7–11.
6. *Зубарева Е. А.* Клиническая нейросонография новорожденных и детей раннего возраста / Е. А. Зубарева, Л. Ю. Неижко // Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике / под ред. В. В. Митькова, М. В. Медведева. — III т. — М.: Видар, 1997. — С. 9–75.
7. *Зубарева Е. А.* Нейросонография: итоги и перспективы развития / Е. А. Зубарева, А. Р. Зубарев, Е. Н. Патрушева // Ультразвуковая диагностика. — 2000. — № 2. — С. 99–112.
8. *Иова А. С.* Ультрасонография в нейрорпедиатрии. Новые возможности и перспективы. Ультрасонографический атлас / А. С. Иова, Ю. А. Гармашов, Н. В. Андрущенко, Т. С. Паутницкая. — СПб., 1997. — 160 с.
9. *Иова А. С., Гармашов Ю. А.* Способ диагностики заболеваний головного мозга. — Патент Российской Федерации на изобретение № 2125401 (зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 27 января 1999 г.).



10. *Крюкова И. А.* Сравнительная оценка возможностей методик ультразвукового исследования головного мозга новорожденного (Нейротест-70) / И. А. Крюкова, Ю. А. Гармашов, А. П. Скоромец и др. // Неврологический вестник (в печати).
11. *Мазурина Н. А.* Диагностические возможности ультразвукового исследования головного мозга при нейронных инфекциях у детей грудного и раннего возраста / Н. А. Мазурина, Л. Ю. Неижко, Л. Б. Куанова // Материнство и детство. — 1992. — № 8–9. — С. 20–23.
12. *Babcock D. S.* Cranial Sonography of the infant / D. S. Babcock // Pediatric Neuroradiology / ed. by S. W. Ball. — 1997. — P. 37–66.
13. *Cohen H. L.* Advances in perinatal neurosonography / Cohen H.L., Haller J.O. // AJR. 1994. 163 (4). — P. 801–810.
14. *Garrett W.* Two-dimensional echo-encephalography in young children / W. Garrett, G. Kossoff // Ultrasound Med. Biol. — 1976. — Vol. 2. — P. 141–144.
15. *Govaert P.* An Atlas of Neonatal Brain Sonography / P. Govaert, L. S. de Vries. — UK: Cambridge University Press, 1997. — 365 p.
16. *Han B. K.* Cranial ultrasonography of infants / B. K. Han. — Baltimore: Williams and W., 1981. — 196 p.
17. *Han B. K.* Sonography of brain tumors in infants / B. K. Han, D. S. Babcock, A. E. Oestreich // Amer. J. Roentgenol. — 1984. — Vol. 143 (1). — P. 31–36.
18. Neurosonography of the Pre-Term Neonate / ed. E. G. Grant. — New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlage, 1986. — 116 p.
19. *Rennie J. M.* Neonatal cerebral ultrasound / J. M. Rennie. — UK: Cambridge University Press, 2000. — 245 p.
20. *Richardson J. D.* Scanning Techniques and Normal Anatomy / J. D. Richardson, E. G. Grant // Neurosonography of the Pre-Term Neonate / ed. by E. G. Grant. — New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlage, 1986. — P. 1–24.
21. *Shoring M.* Transcranielle real-time sonographie bei Kindern und Jugendlichen: ultrashall-anatomie des Gehiers / M. Shoring, D. Grunert, B. Stier // Ultrashall. — 1998. — № 9. — P. 286–292.
22. *Volpe J. J.* Neurology of the Newborn / J. J. Volpe. — Philadelphia, London, Toronto, Monreal, Sydney, Tokio: W. B. Saunders Company, 2002. — 876 p.



## ГЛАВА 4

# МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА НОВОРОЖДЕННОГО

- Введение
- Методика МРТ головного мозга новорожденного
- МР-анатомия головного мозга новорожденного
- Биометрия головного мозга новорожденного
- Литература

### Введение

МРТ становится все более доступной визуализационной технологией. Она позволяет наиболее полно оценить процессы развития мозга новорожденного, выявить изменения и уточнить динамику течения заболевания. Это единственный метод, позволяющий наблюдать за процессами миелинизации головного мозга. Однако проведение МРТ предъявляет особые требования к материалам, помещаемым в рабочую зону магнита, нуждается в специальном оборудовании для обследования реанимационных больных, занимает много времени, у детей раннего возраста требует анестезиологического пособия. Абсолютных противопоказаний не имеет.

### Методика МРТ головного мозга новорожденного

Методология МРТ головного мозга новорожденного требует иных акцентов по сравнению с пренатальным периодом. Это обусловлено особенностями миелинизации и гидрофильностью тканей. Наиболее значимыми оказываются T1-ВИ, ДВИ, SPGR ИП, и лишь после этого прибегают к FLAIR ИП и получают T2-ВИ. Целесообразно использование вы-



сокопального или даже сверхвысокопального МР-томографа. Кормление новорожденного перед исследованием, обеспечивающее крепкий сон, позволяет избежать анестезиологического пособия. Крайне важным является применение для проведения МРТ новорожденным и грудным детям магнитосовместимой диагностической инкубаторной системы, обеспечивающей стабильные параметры окружающей среды и качественный мониторинг состояния ребенка. Позиционирование и ориентация срезов не отличается от стандартных подходов, принятых при исследовании головного мозга в более старших возрастных группах.

## **МР-анатомия головного мозга новорожденного**

### **Анатомо-физиологические особенности головного мозга новорожденного**

Головной мозг новорожденного относительно велик, его масса составляет 10% от массы тела, в то время как у взрослого человека она не превышает 2–2,5%. Крупные борозды и извилины выражены очень хорошо, но имеют малую глубину. Мелких борозд мало, они появляются только в первые годы жизни. Размеры лобной доли меньше, чем у взрослых, а затылочной, наоборот, больше. Мозжечок развит слабо, характеризуется малой толщиной, небольшими размерами полушарий и поверхностными бороздами. Боковые желудочки крупные, представляются растянутыми. Твердая мозговая оболочка у новорожденных тонкая, ее наружный листок на большой площади сращен с костями черепа. Венозные пазухи тонкостенные и уже, чем у взрослых. Мягкая и паутинная оболочки мозга тонкие, субдуральное и субарахноидальное пространства узкие. Цистерны, расположенные на основании мозга, напротив, относительно крупные. Водопровод мозга шире, чем у взрослых. К моменту рождения мозг содержит около 88% воды, к 2 годам этот показатель снижается до 82%. Одновременно увеличивается концентрация липидов. Процесс миелинизации (формирования миелиновой мембраны вокруг аксона) к моменту рождения не завершен. Наиболее миелинизированы проводящие пути спинного и продолговатого мозга.

Развитие нервных путей и окончаний идет центростремительно, в цефалокаудальном направлении, и поэтапно, в строгом соответствии с биологическим возрастом ребенка. Базальные ганглии составляют гораздо большую часть мозга у недоношенного ребенка, чем у доношенного, и развиваются раньше коры головного мозга и белого вещества.



Ткань субэпендимального герминального матрикса, расположенного первоначально над головкой и телом хвостатого ядра, в основном снабжается кровью артерией Гюбнера с дополнительным кровоснабжением из конечных ветвей латеральных стриарных и хорионидных артерий. Артерия Гюбнера и хорионидные артерии имеют особенно большой диаметр у недоношенных. В 80% случаев интравентрикулярные геморрагии связаны с герминальным матриксом. Субэпендимальный матрикс содержит незрелую сосудистую сеть, которая, начиная с 32-й недели гестации, преобразуется во вполне развитое капиллярное ложе. В это время роль артерии Гюбнера снижается до кровоснабжения маленькой области головки хвостатого ядра.

Картина головного мозга новорожденного при МРТ значительно отличается от картины головного мозга детей других возрастных периодов и взрослых.

### **Изображение головного мозга новорожденного при МРТ**

Различие изображений серого и белого вещества на T1-ВИ определяется различными временами их релаксации. Серое вещество гиперинтенсивно по сравнению с белым. По мере развития мозга уменьшается количество воды и, соответственно, время релаксации серого вещества, оно становится гипоинтенсивным по отношению к белому. Изображение ЦСЖ гипоинтенсивное. На T2-ВИ изображение мозга противоположно изображению на T1-ВИ (белое вещество и ЦСЖ гиперинтенсивны).

Миелинизация — это динамический процесс, который начинается с наиболее древних структур. Такие старые в филогенетическом отношении отделы, как ствол мозга, обычно полностью миелинизированы к моменту рождения. Кора, напротив, демонстрирует наибольшие изменения в течение первых двух лет жизни в связи с тем, что часть волокон осталась немиелинизированной в период нормального внутриутробного развития.

R. В. Dietrich описал три стадии процесса миелинизации.

1-я стадия — младенческая — от момента рождения до 6-го месяца жизни, характеризуется более интенсивным сигналом от белого вещества головного мозга по сравнению с серым веществом коры на T2-ВИ. Это взаимоотношение является обратным изображению мозга у взрослых.

2-я стадия — от 8-го до 12-го месяца — является переходной, интенсивность сигнала от белого и серого вещества практически одинакова.



В 3-й — взрослой — стадии выделяют раннюю взрослую. Она длится от 10-го до 31-го месяца жизни, и в этот период миелинизация представляется в основном завершенной, за исключением области семиовальных центров.

К. Flechsig в 1920 г. предположил, что процесс миелинизации осуществляется в определенной последовательности в зависимости от функции соответствующих отделов белого вещества. Начинается он с чувствительных или афферентных путей, затем переходит на эфферентные пути, распространяясь от коры к подкорковым зонам. Заканчивается процесс миелинизацией ассоциативного пути.

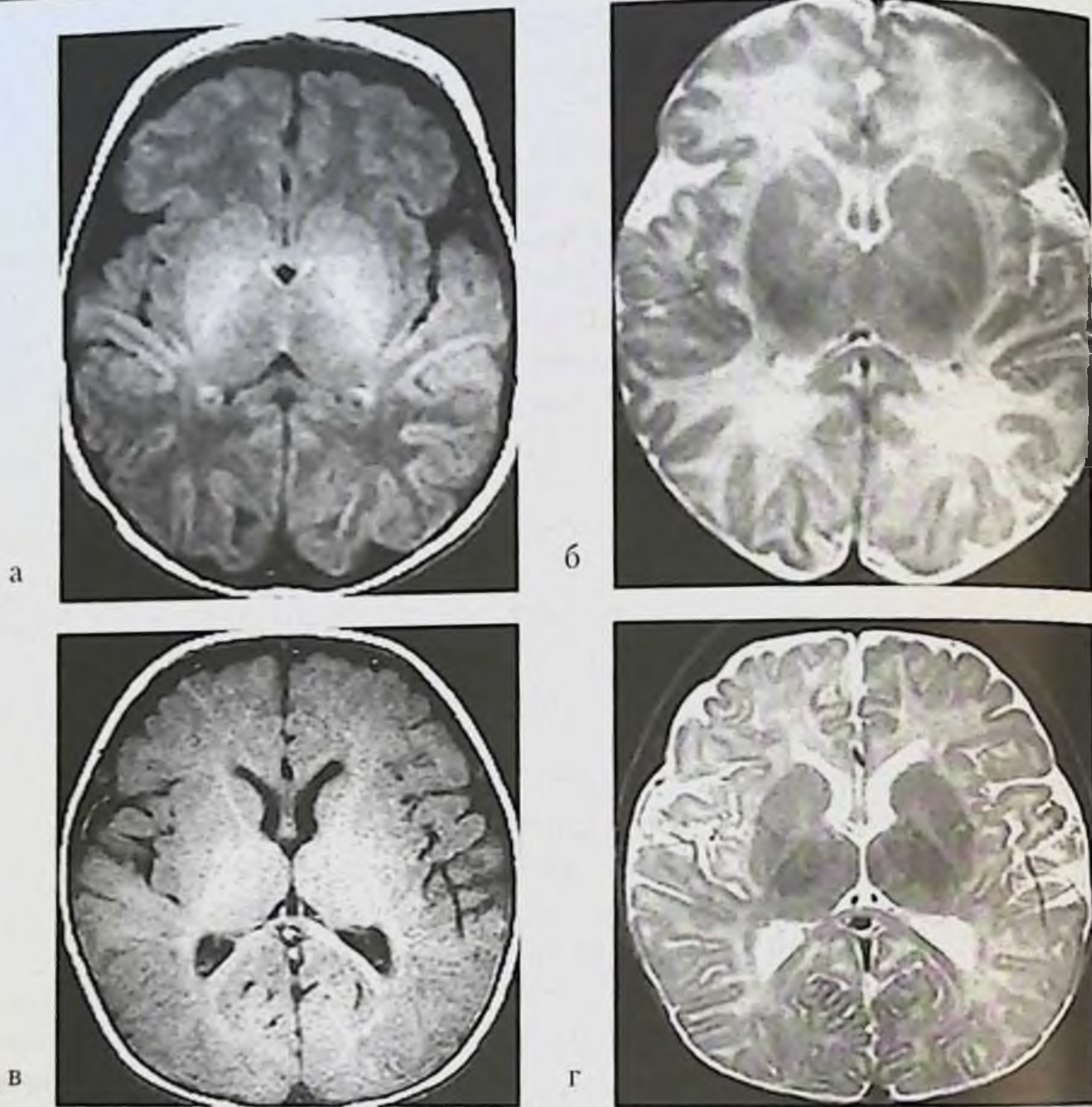
Процесс распространяется с каудального в краниальном и с дорсального в вентральном направлении таким образом, что затылочные зоны миелинизируются раньше, чем лобные, а ствол мозга — раньше, чем полушария.

В первую очередь созревают основные чувствительные пути. Если к моменту рождения в продолговатом мозге, дорсальных отделах среднего мозга и мозжечке наблюдаются незначительные признаки миелинизации, то к 3 месяцам мозжечок уже имеет характерное для взрослого изображение, хотя процесс созревания в его полушариях еще продолжается. Появление признаков миелинизации в задней части внутренней капсулы и уменьшение интенсивности сигнала вокруг нее может быть расценено как завершение процесса в этой зоне. Вслед за этим в течение 2–3 мес появляются признаки зрелости передних отделов внутренней капсулы. Большинство описанных изменений удается идентифицировать на T1-ВИ. На T2-ВИ интенсивность сигнала от большинства глубоко идущих проводящих путей снижается в возрасте 6–12 мес, при этом процесс созревания продолжается в направлении от задних отделов мозга к передним.

Оценивая структуры внутренней капсулы, можно сказать, что задний лимб созревает к 10-му, а передний — к 11-му месяцу жизни. Мозолистое тело также созревает в направлении от задних отделов мозга к передним. Очевидные признаки миелинизации задних отделов видны к 6-му месяцу, а колена — к 8-му месяцу жизни.

В семиовальных центрах отмечаются наиболее отсроченные изменения интенсивности сигнала, что может быть обнаружено в течение первого и второго десятилетий жизни. Эта зона характеризуется большим количеством нейронов, вовлеченных в ассоциативный путь. Она может сохранять высокую интенсивность сигнала и в 20 лет, что должно быть

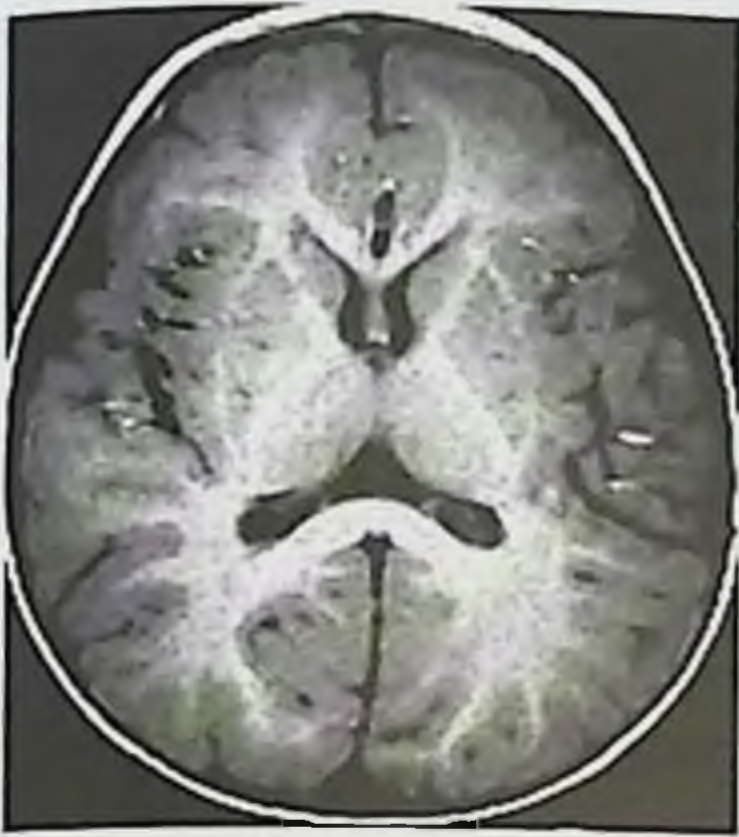




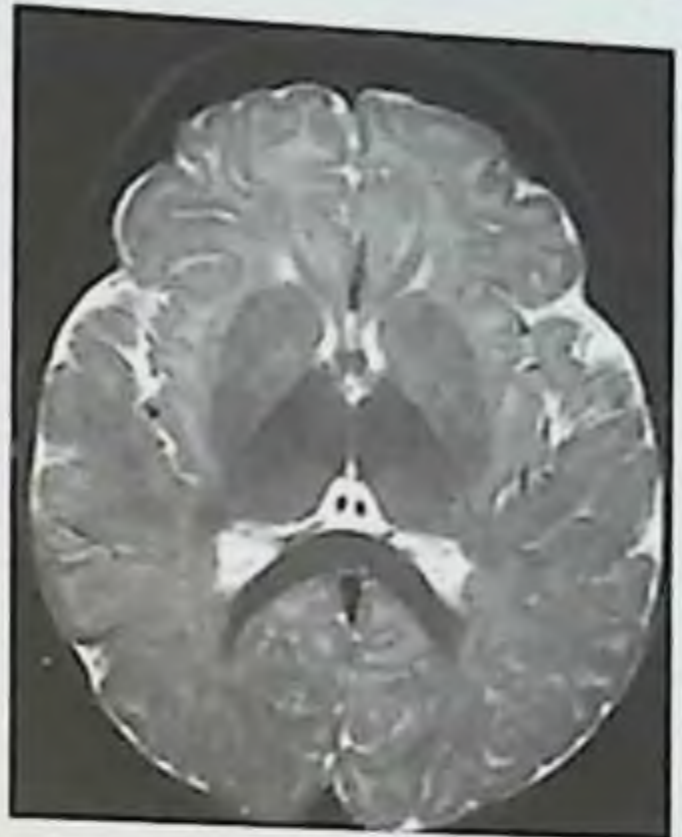
**Рис. 4.1.** Изменения миелинизации на уровне базальных ядер: *а, б* — SE ИП. T1- и T2-ВИ — у новорожденного зона миелинизации в заднем бедре внутренней капсулы характеризуется гиперинтенсивным сигналом на T1-ВИ и гипоинтенсивным сигналом на T2-ВИ; *в, г* — SE ИП. T1- и T2-ВИ — возраст 5 мес. На T1-ВИ вся внутренняя капсула, зрительная лучистость, валлик мозолистого тела характеризуются гиперинтенсивным сигналом. На T2-ВИ заднее бедро внутренней капсулы и часть зрительной лучистости имеют гипоинтенсивный сигнал; *д, е* — SE ИП. T1- и T2-ВИ — возраст 8 мес. За исключением субкортикальных отделов белое вещество мозга характеризуется гиперинтенсивным сигналом на T1-ВИ. На T2-ВИ гипоинтенсивный сигнал имеют мозолистое тело, заднее бедро внутренней капсулы, часть переднего бедра внутренней капсулы; *ж* — SE ИП.



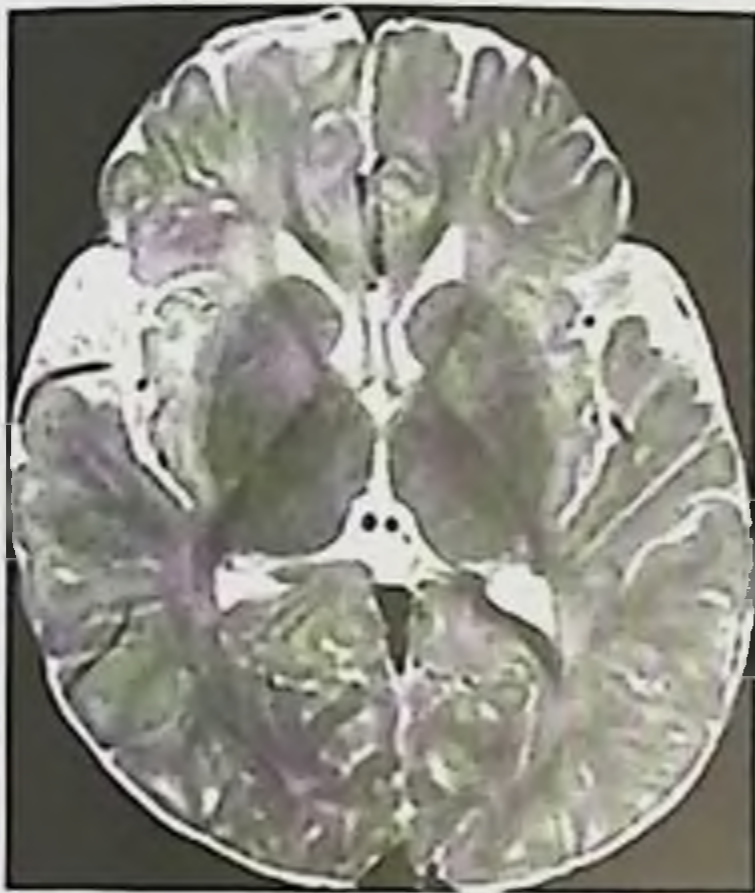
д



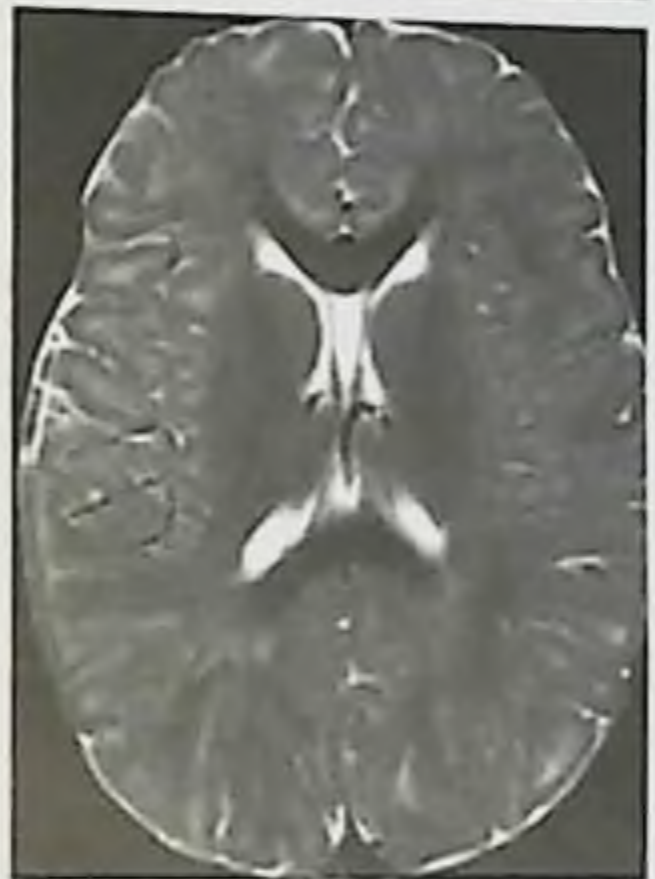
е



ж



з



и



Т2-ВИ — возраст 12 мес. Внутренняя капсула, субкортикальные отделы в области моторной и зрительной коры характеризуются гипонтенсивным сигналом; з — SE ИП. Т2-ВИ — возраст 18 мес. Белое вещество мозга характеризуется гипонтенсивным сигналом, за исключением субкортикальных отделов имеющих гиперинтенсивный сигнал; и — SE ИП. Т2-ВИ — возраст 24 мес. Все отделы белого вещества мозга имеют гипонтенсивный сигнал.



расценено как норма, а не демиелинизирующий процесс. В оценке развития белого вещества головного мозга наиболее значимыми являются изменения, которые происходят в течение первых двух лет жизни, позже — с 3 до 20 лет — отслеживается лишь незначительная динамика.

С точки зрения химического процесса созревание белого вещества заключается в том, что аксоны накапливают холестерол и гликолипиды в своей нейтральной оболочке. Эта оболочка, защищенная олигодендроцитами, крайне гидрофильна и связывает свободную воду. Количество молекул свободной воды уменьшается, изменяется время релаксации и уменьшается интенсивность сигнала на T1- и T2-ВИ.

Подводя итог вышесказанному, следует еще раз уточнить, что от момента рождения до 4–6-го месяца жизни интенсивность сигнала от белого вещества является обратной той, которая типична для головного мозга взрослых. После переходной изointенсивной стадии определяется сначала ранняя взрослая стадия изображения головного мозга, и лишь затем — взрослая модель (рис. 4.1).

У доношенных младенцев задний край внутренней капсулы, центральная часть лучистого венца и ножки мозга миелинизированы уже к рождению. Созревание семиовальных центров продолжается в направлении от задних отделов мозга к передним. Такие хорошо определяемые структуры, как мозолистое тело и передний лимб внутренней капсулы, не миелинизированы при рождении нормального младенца. В этих отделах можно проследить процесс созревания (рис. 4.2, табл. 4.1).

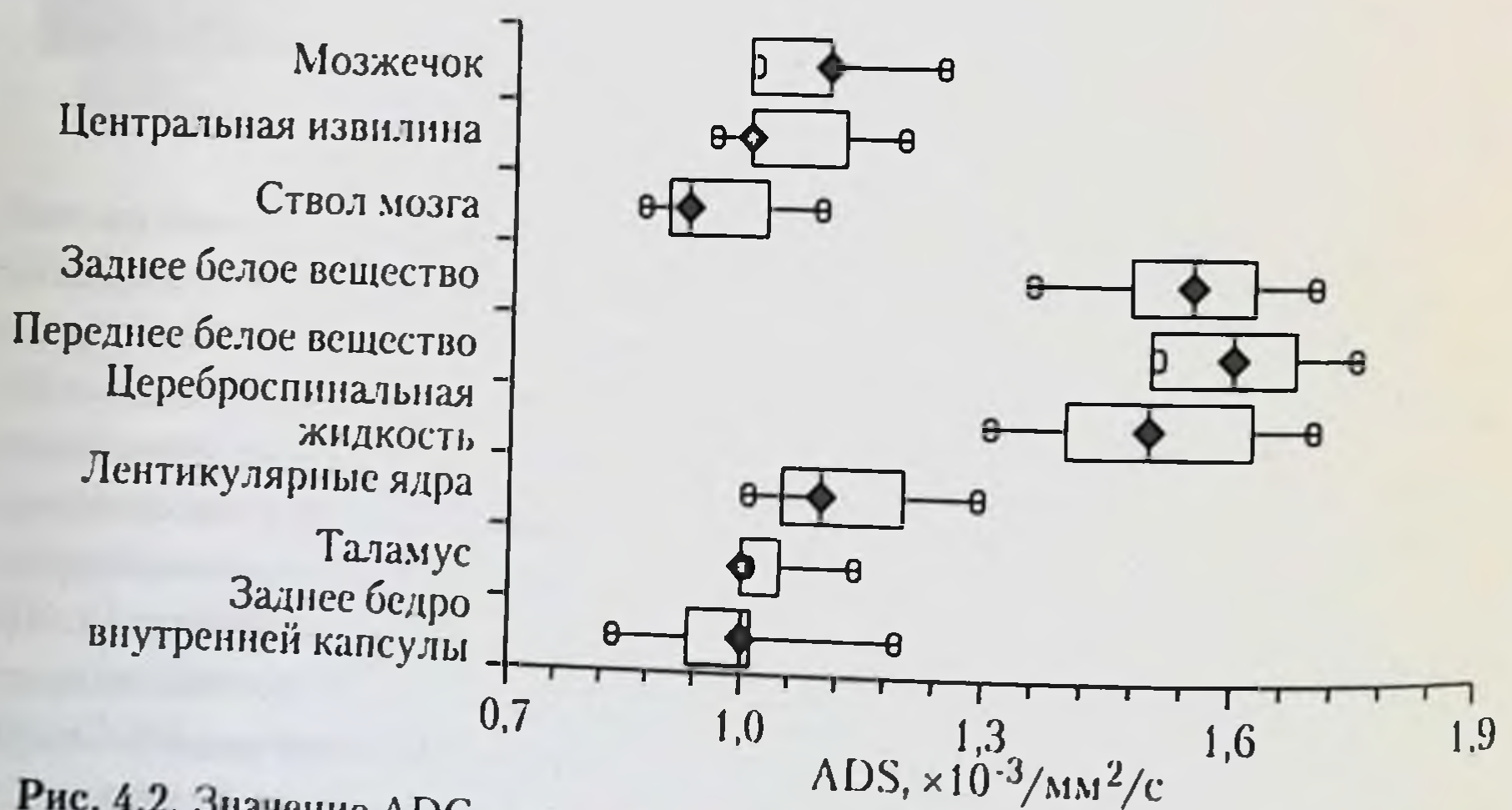


Рис. 4.2. Значение ADC в различных анатомических структурах головного мозга новорожденного (Rutherford M. et al., 2004).



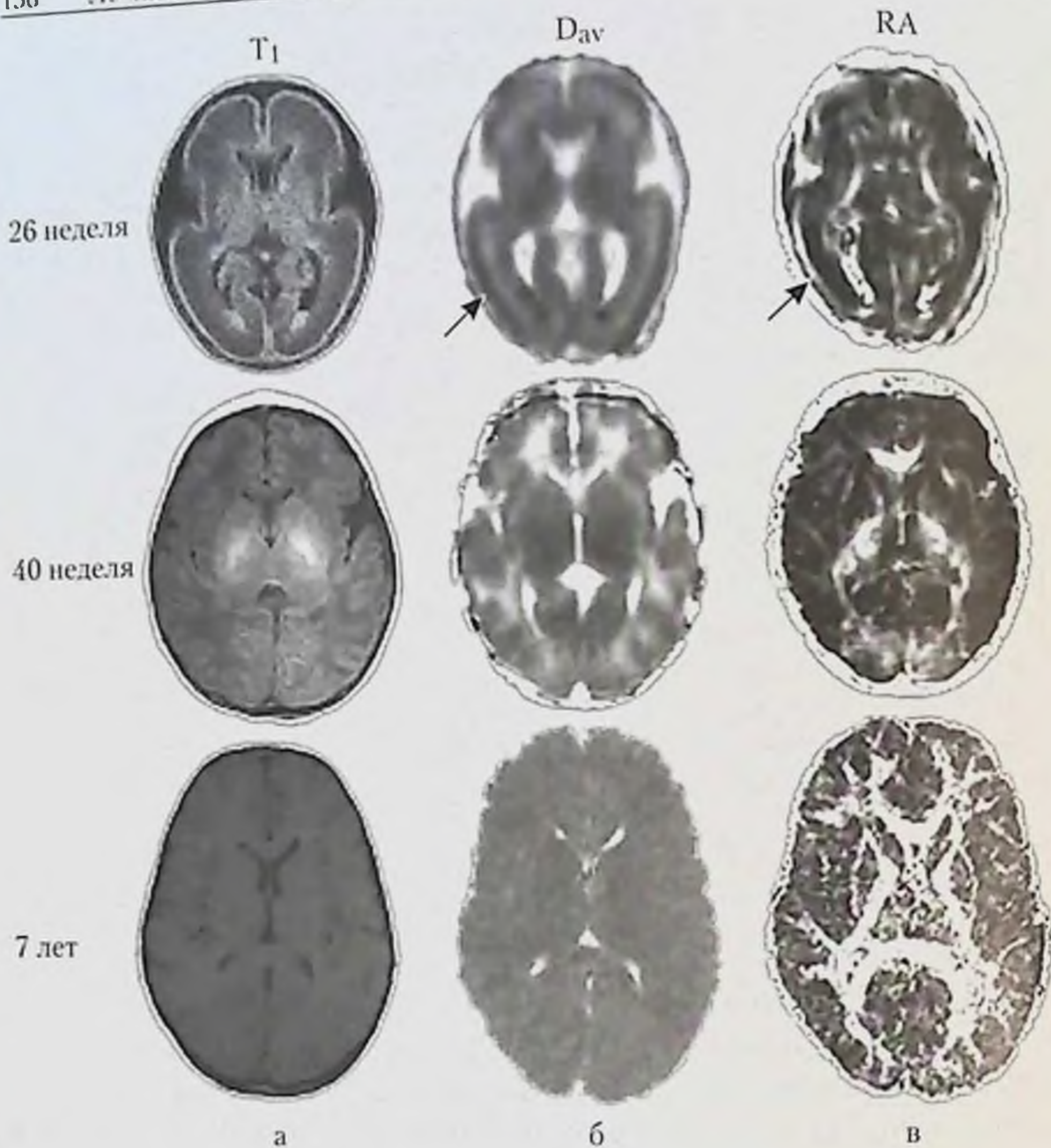
Сроки миелинизации по данным МРТ (по А. Varkovich, 2000) Таблица 4.1

Анатомическая область	Возраст начала	
	T1-ВИ	T2-ВИ
Средняя ножка мозжечка	При рождении	При рождении – 2 мес.
Белое вещество мозжечка	При рождении – 4 мес.	3–5 мес.
Заднее бедро внутренней капсулы:		
передняя часть	Первый месяц	4–7 мес.
задняя часть	При рождении	При рождении – 2 мес.
Переднее бедро внутренней капсулы	2–3 мес.	7–11 мес.
Колено мозолистого тела	4–6 мес.	5–8 мес.
Валик мозолистого тела	3–4 мес.	4–6 мес.
Белое вещество затылочной доли:		
центральные отделы	3–5 мес.	9–14 мес.
периферические отделы	4–7 мес.	11–15 мес.
Белое вещество лобной доли:		
центральные отделы	3–6 мес.	11–16 мес.
периферические отделы	7–11 мес.	14–18 мес.
Семиовальные центры	2–4 мес.	7–11 мес.

Ствол мозга и центральные ядра миелинизируются раньше, чем кора (т. е. лобные, височные, теменные и затылочные доли). Субкортикальные отделы белого вещества созревают позже. Очевидные признаки миелинизации затылочной области отмечаются между 9-м и 12-м месяцами жизни, а лобной – между 11-м и 12-м. В основном этот процесс завершается к 2 годам.

DTI позволяет выявить и оценить качественные и количественные характеристики созревания белого вещества в ассоциативных волокнах и субкортикальных проекционных волокнах новорожденных, которые ранее не удавалось визуализировать посредством МРТ. Так, авторы отмечают значительные различия в миелинизации проводящих путей между комиссуральными трактами мозолистого тела, отличающихся ранней миелинизацией, и глубокими проекционными трактами ножек мозга и внутренней капсулы. Еще более значима разница с субкорти-

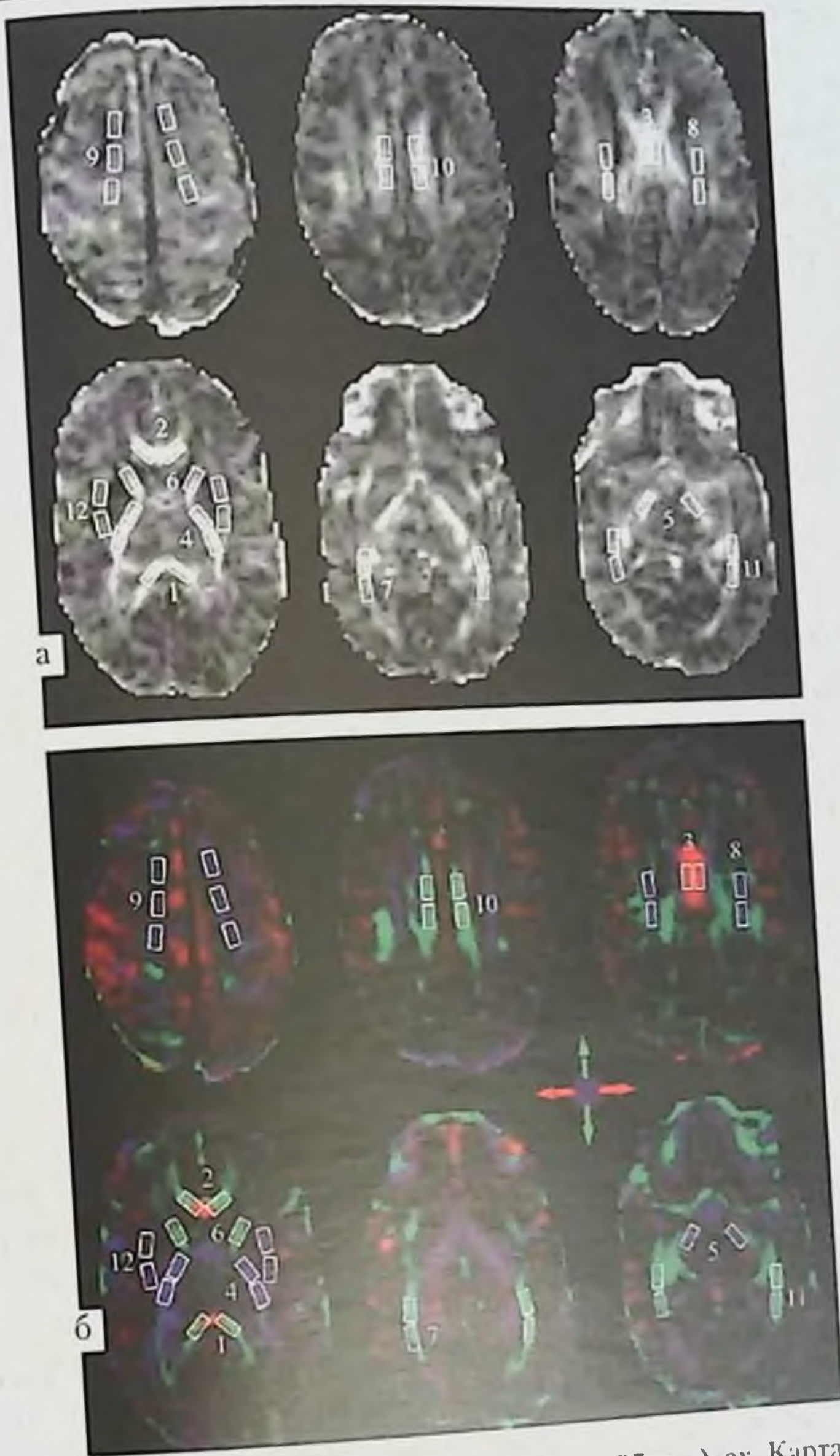




**Рис. 4.3.** Этапы миелинизации. МРТ, ах, уровень базальных ядер, T1-ВИ (а),  $D_{av}$  — среднее значение коэффициента диффузии (б), RA — параметрическая карта относительной анизотропии (в) головного мозга плода (срок гестации 26 нед.), доношенного новорожденного (срок гестации 40 нед.), ребенка 7 лет (Hurri P.S., Dubois J., 2006).

кальными проекционными и ассоциативными путями, формирующимися в еще более поздние сроки. При созревании белого вещества наблюдается редукция среднего значения коэффициента диффузии ( $D_{av}$ ) и рост частичной анизотропии (FA) (рис. 4.3–4.7).





**Рис. 4.4.** МРТ новорожденного (срок гестации 35 нед), ах. Карта частичной анизотропии FA (а), DTI (б). Утолщение (1), колено (2) и ствол (3) мозолистого тела, заднее бедро внутренней капсулы (4), ножки мозга (5), переднее бедро внутренней капсулы (6), оптическая лучистость (7), семиовальные центры на уровне ствола мозолистого тела (8), семиовальные центры на уровне ствола мозолистого тела, суправентрикулярный уровень (9), поясная извилина (10), нижний продольный пучок (11), наружная капсула (12) (Partridge S. C. et al., 2004).



Мозолистое тело



Ассоциативные волокна



Лимбическая система



Проекционные волокна



а

б

в

Рис. 4.4. МРТ головного мозга плода. 3D реконструкция. Срок гестации 20 недель (а), новорожденный (б), ребенок 5 лет (в). Представлены лимбическая система, включая поясную извилину (зеленый цвет) и *stria terminalis*, связанные с гиппокампом (красный цвет). Проекционные волокна и тракты мозолистого тела отражают модель развития в переднезаднем направлении. Ассоциативные волокна (красный, зеленый и желтый цвета) представлены крючковидным пучком (*uncinate fasciculus*), *inferior longitudinal fasciculus/inferior fronto-occipital fasciculus* и *superior longitudinal fasciculus*. Верхний продольный пучок (*superior longitudinal fasciculus*) не удается реконструировать при трактографии головного мозга плода. Более того, он не представлен в достаточной мере даже у новорожденного. Височные проекционные волокна невозможно визуализировать на пренатальном этапе (Huang Hao, 2009).





Рис. 4.5. МРТ, 3D DTI. Трактография головного мозга 3-месячного младенца. Мозолистое тело (красный цвет), кортико-спинальные тракты (синий), спино-таламические тракты (зеленый) (Hurri P. S., Dubois J., 2006).

Таким образом, процесс миелинизации (формирования миелиновой мембраны вокруг аксона) к моменту рождения не завершен. Наиболее миелинизированы проводящие пути спинного и продолговатого мозга (см. табл. 4.1).

Процессы миелинизации мозга объясняют тот факт, что в возрасте до 6–8 мес изменения в белом веществе лучше видны на T1-ВИ, тогда как в более старшем возрасте — на T2-ВИ.

Применение диффузионно-взвешенных изображений и диффузионных карт с измерением коэффициента диффузии (ИКД) базируется на



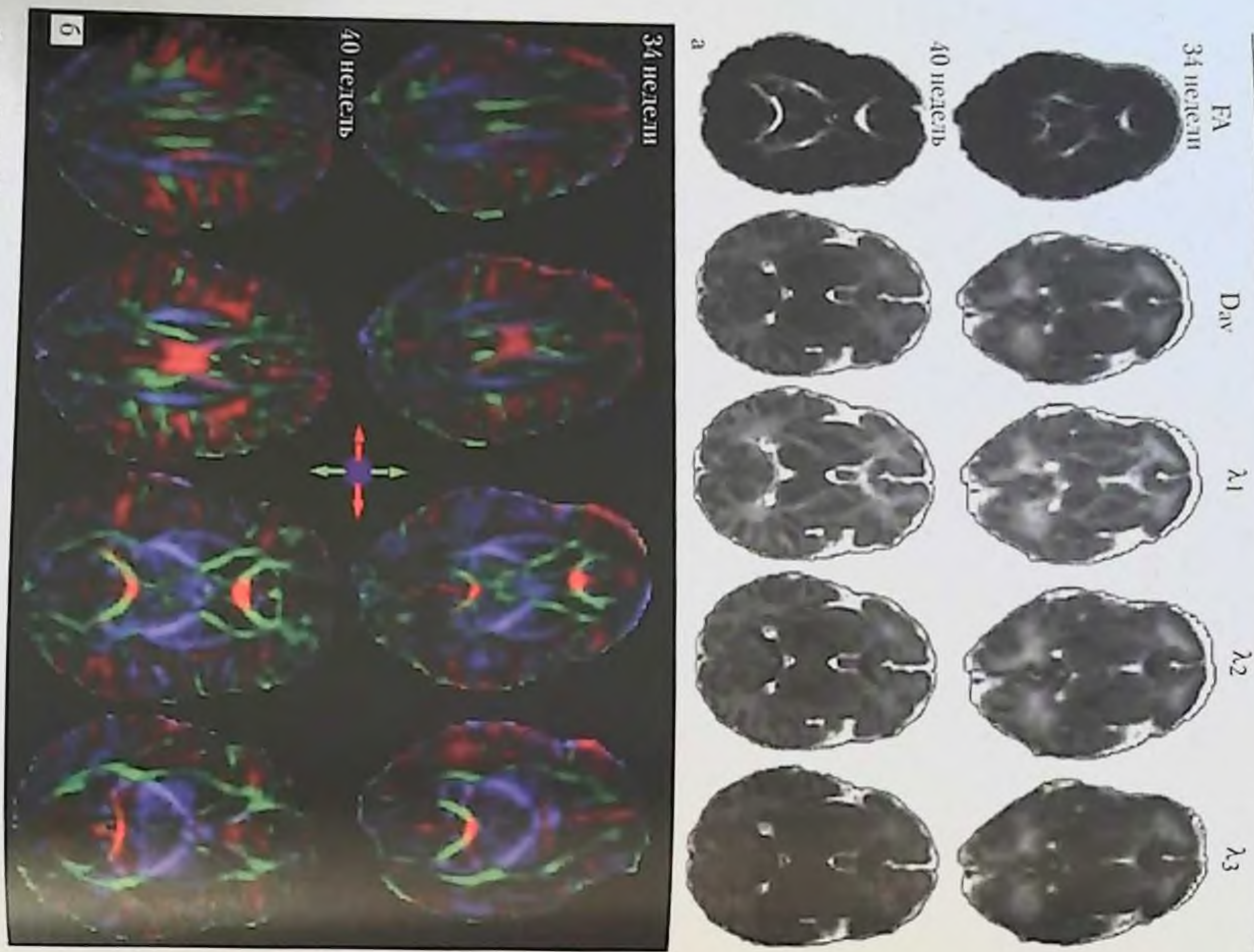


Рис. 4.6. МРТ головного мозга доношенного новорожденного (срок гестации 33 нед), ак, ДТИ на сроке 34 и 40 нед на 4 уровнях: перивентрикулярный регион, уровень базальных ядер: а – частичная анизотропия (FA), среднее значение коэффициента диффузии (Dav),  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , and  $\lambda_3$ ; б – цветовое картирование (Patridge S. C. et al., 2004).

Таблица 4.2

Значения ИКД в разных отделах мозга и в разных возрастных группах\*  
(цит. по В. Н. Корниенко, И. Н. Пронин, 2006)

Область мозга	Возраст (мес), количество наблюдений						
	0–2, n=5	3–4, n=4	5–8, n=4	9–12, n=3	13–18, n=4	19–36, n=3	>36, n=7
БВ центр, извилин	1,30±0,10	1,05±0,04	0,99±0,10	0,96±0,13	0,87±0,03	0,86±0,07	0,80±0,09
	1,29±0,06	1,06±0,08	1,01±0,01	0,97±0,12	0,89±0,03	0,85±0,02	0,79±0,05
Семиовальный центр	1,50±0,11	1,25±0,03	1,06±0,05	1,09±0,15	0,96±0,08	0,87±0,04	0,84±0,05
	1,47±0,09	1,26±0,02	1,08±0,02	1,07±0,12	0,94±0,07	0,88±0,05	0,82±0,09
Внутренняя капсула	1,19±0,06	1,06±0,05	0,96±0,06	0,91±0,06	0,85±0,05	0,89±0,06	0,78±0,04
Переднее колено	1,16±0,07	1,07±0,03	0,94±0,05	0,89±0,09	0,83±0,04	0,87±0,05	0,75±0,05
Заднее колено	1,10±0,05	0,94±0,04	0,79±0,05	0,82±0,04	0,83±0,03	0,88±0,05	0,79±0,06
	1,11±0,03	0,98±0,03	0,78±0,04	0,83±0,04	0,80±0,04	0,85±0,06	0,77±0,05
Колено мозол. тела	1,46±0,06	1,36±0,05	1,30±0,06	1,32±0,06	0,95±0,05	1,01±0,05	0,91±0,05
	1,52±0,09	1,3±0,08	1,31±0,08	1,13±0,08	0,99±0,06	1,08±0,06	0,86±0,06
Валик мозол. тела	1,34±0,07	1,39±0,07	1,26±0,08	1,19±0,07	1,03±0,09	1,12±0,11	0,89±0,07
	1,35±0,10	1,32±0,08	1,4±0,08	1,25±0,11	1,18±0,08	0,98±0,10	0,91±0,10
Мост (дорсал. часть)	1,20±0,21	1,15±0,34	1,20±0,24	1,16±0,20	0,88±0,16	0,90±0,09	0,87±0,15
Мост (нейтрал. часть)	1,32±0,31	1,23±0,22	0,87±0,16	1,01±0,18	0,95±0,19	0,89±0,14	0,82±0,16
Таламус	1,17±0,09	1,01±0,13	0,90±0,09	0,87±0,11	0,86±0,12	0,88±0,13	0,85±0,09
	1,19±0,11	1,04±0,12	0,96±0,13	0,88±0,15	0,87±0,11	0,93±0,14	0,84±0,11
Серое вещество	1,26±0,10	1,11±0,09	0,95±0,09	0,98±0,05	0,85±0,09	0,99±0,10	0,98±0,12
	1,20±0,12	1,12±0,11	1,00±0,13	1,05±0,11	0,87±0,08	1,05±0,11	0,89±0,19

\* Верхняя строка – правое полушарие, нижняя – левое.



возможности визуализации тканей с различными диффузионными свойствами, что позволяет дифференцировать неизменный мозг, зону ишемии, неопластический процесс и т. д. Значения ИКД в разных отделах головного мозга в зависимости от возраста представлены в табл. 4.2.

### Литература

1. Коновалов А. Н. Нейрорентгенология детского возраста / А. Н. Коновалов, В. Н. Корниенко, В. И. Озерова, И. Н. Пронин. — М.: Антидор, 2001. — 436 с.
2. Корниенко В. Н. Диагностическая нейрорадиология / В. Н. Корниенко, В. И. Озерова, И. Н. Пронин. — М.: Изд. «Андреева Т. М.», 2006. — 1327 с.
3. Нейрорадиология / под ред. Т. Н. Трофимовой. — СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2005. — 228 с.
4. Barkovich A. J. Pediatric Neuroimaging / A. J. Barkovich. — 3<sup>rd</sup> ed. — Philadelphia: Lippincott; Williams and Wilkins, 2000. — 560 p.
5. Diffusion tensor imaging of brain development / P. S. Huppi, J. Dubois // Seminars in Fetal & Neonatal Medicine. — 2006. — Vol. 11. — P. 489–497.
6. Diffusion tensor imaging: serial quantitation of white matter tract maturity in premature newborns / S. C. Partridge, P. Mukherjee, R. G. Henry et al. // Vigneron NeuroImage. — 2004. — Vol. 22. — P. 1302–1314.
7. Dubois J. Assessment of the early organisation and maturation of infants' cerebral white matter fiber bundles: a feasibility study using quantitative diffusion tensor imaging and tractography / J. Dubois, L. Hertz-Pannier, G. Dehaene-Lambert et al. // Neuroimage. — 2006. — Vol. 30. — P. 1121–1132.
8. Rutherford M. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in term perinatal brain injury: a comparison with site of lesion and time from birth / M. Rutherford, S. Counsell, J. Allsop et al. // Pediatrics. — 2004. — Vol. 114. — P. 1004–1014.
9. Huang Hao. Characterization of Fetal Brain Development with Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging / Hao Huang // J. of Neuroscience. — 2009. — Vol. 29 (13). — P. 4263–4273.



## ГЛАВА 5

# РЕНТГЕНОВСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕРЕПА И ГОЛОВНОГО МОЗГА НОВОРОЖДЕННОГО

- Введение
- Показания и противопоказания к использованию рентгеновских методов в неонатологии
- Методика краниографии
- Рентгеноанатомия черепа новорожденного
- Методика КТ головного мозга новорожденного
- Нормальная КТ-анатомия головного мозга новорожденного
- Литература

### Введение

Рентгенография черепа новорожденного исторически явилась первым методом лучевого исследования головы ребенка (Цымбал О. Л., 1968). В середине прошлого века краниография была призвана обеспечить не только выявление заболеваний и повреждений костей черепа, но и оценку уровня внутричерепного давления и состояния ликворной системы головного мозга по комплексу косвенных признаков — ширине и форме швов, толщине и внутреннему рельефу костей. Решение подобных задач требовало высочайшей квалификации врача-рентгенолога и потому осталось уделом отдельных представителей школы классической рентгенологии. В современной неонатологии роль краниографии значительно сократилась, что обусловлено не только ионизирующим облучением, но и невозможностью непосредственно визуализировать



вещество головного мозга. Рентгенограммы черепа новорожденным выполняют при следующих клинических показаниях:

- подозрение на родовую травму.
- деформации черепа.
- значительные изменения экстракраниальных мягких тканей.

Поистине революционные изменения в нейрохирургии и неврологии произошли в связи с внедрением в широкую клиническую практику рентгеновской компьютерной томографии. Действительно, впервые удалось неизвазивным путем получить изображение вещества головного мозга, уточнить локализацию изменений, оценить состояние желудочковой системы и эффективность проводимых лечебных мероприятий. Опыт показал, что особо важную роль эта технология играет в ургентных ситуациях, что обусловлено высокой чувствительностью к кровоизлияниям, блестящими возможностями в визуализации костных структур, высокой скоростью исследования. К показаниям к применению КТ следует отнести все случаи черепно-мозговой травмы, подозрение на кровоизлияние, гипоксически-ишемические и инфекционные поражения (рис. 5.1).

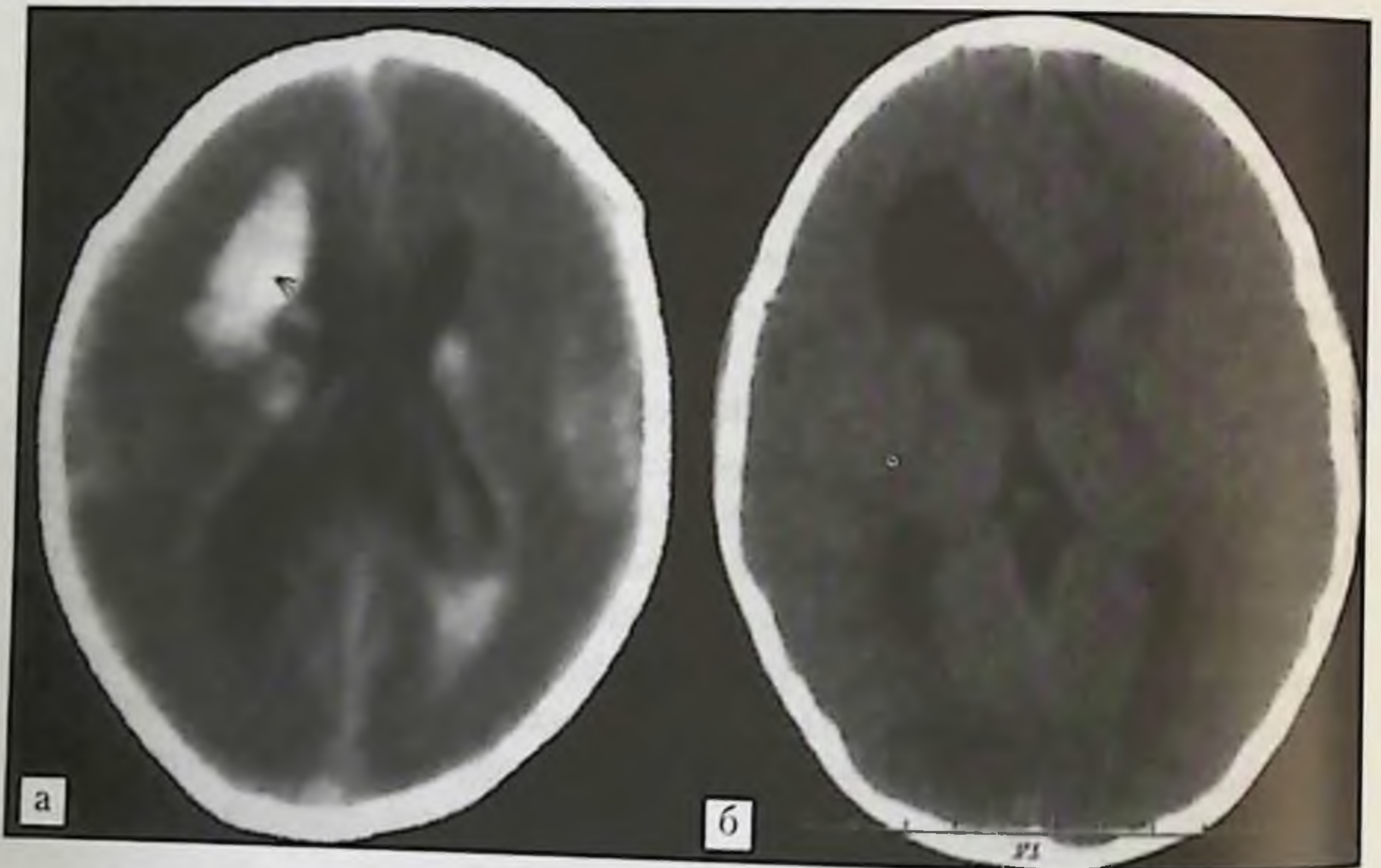


Рис. 5.1. КТ головного мозга ребенка: *а* — недоношенного (5 дней). Кровоизлияние в правую каудоталамическую вырезку, прорыв крови в желудочки; *б* — тот же ребенок, 7 лет. Эпилепсия. КТ головного мозга. Постгеморрагическая порэнцефалическая киста правого хвостатого ядра и правой лобной доли.



Абсолютных противопоказаний к проведению КТ не существует. Серьезным недостатком метода следует считать достаточно высокую лучевую нагрузку, которая обуславливает основные противопоказания и ограничения, что в полной мере относится к неонатологии. В соответствии с требованиями радиационной гигиены КТ должна выполняться строго по показаниям, когда другие методы недоступны или нерезультативны. Минимизация лучевой нагрузки осуществляется уменьшением продолжительности исследования (отказ от топограммы в двух проекциях, дополнительных срезов), уменьшением силы тока на рентгеновской трубке, укорочением времени оборота трубки до 0,3–0,5 с — так называемая быстрая томография.

По мере накопления практического опыта стало очевидно, что КТ не позволяет решить всех проблем. Так, при целом ряде заболеваний эта технология оказывается малоинформативной. К ним в первую очередь следует отнести патологию белого вещества. Известно, что большое количество патологических процессов имеют сходные денситометрические значения и не могут быть распознаны только на основе анализа изменения плотностей: ишемические инсульты, некоторые опухоли, энцефалиты и т.д. Более того, ряд заболеваний проходит в процессе своей эволюции изоденсивную стадию, когда прямые признаки патологического процесса не могут быть выявлены. Ограничены возможности КТ и при нарушении формирования коры головного мозга.

### Методика краниографии

Краниография у новорожденных может быть выполнена на любом рентгеновском аппарате, в том числе палатном. Преимущество современных стационарных аппаратов — в их более мощной трубке, которая позволяет использовать короткие выдержки.

Подготовка ребенка к рентгенографии черепа является предметом обсуждения. Несомненно, обследование младенца на фоне естественного или медикаментозного сна обеспечивает безошибочное выполнение точной укладки. В то же время использование коротких выдержек позволяет получить высококачественные изображения и без предварительной подготовки, на фоне бодрствования ребенка. В этом случае приходится привлекать помощника, которым становится кто-нибудь из родственников новорожденного. В его задачу входит фиксация ребенка в приданном ему положении. Для того чтобы руки помощника не наслаивались на область исследования, между ними и головой ребенка размещают ватно-марлевые прокладки толщиной 2–3 см.



Для выполнения рентгенографии черепа в прямой проекции ребенка укладывают на спину, затылком на кассету, а снимок выполняют вертикальным лучом. Для того чтобы укладка стала более точной, голову младенца помещают в «бублик», свернутый из ватно-марлевого жгута. Подобная тактика позволяет подобрать оптимальный диаметр «бублика» для любого ребенка вне зависимости от размера его головы. Предварительное изготовление набора «бубликов» разного диаметра нецелесообразно: выбор оптимального кольца из набора удлиняет время выполнения укладки, неудачные попытки приводят к быстрому загрязнению самодельных фиксаторов и к необходимости частого обновления всего набора. Единственный ватно-марлевый жгут быстро образует кольцо необходимого диаметра и легко заменяется по мере загрязнения.

Для выполнения боковой краниограммы возможны два варианта укладки. Первый способ укладки — в положении ребенка на боку. И в этом случае под голову младенца подкладывают кольцо из ватно-марлевого жгута и снимок получают при вертикальном направлении центрального луча. При втором способе укладки ребенок лежит на спине, т. е. сохраняет такое же положение, как для прямой краниограммы, а снимок выполняют горизонтальным лучом на вертикально стоящую кассету. Ни для прямой, ни для боковой рентгенограммы черепа младенца отсеивающую решетку не используют. Дополнительные проекции при краниографии в современной нейрорадиологии не используются. Необходимые уточнения состояния костей черепа и черепных швов получают с помощью рентгеновской компьютерной томографии, которая одновременно становится надежным источником информации о структуре головного мозга.

### Рентгеноанатомия черепа новорожденного

**Форма черепа.** Пропорции черепа новорожденного зависят от формы и размеров его головного мозга. Кроме того, сформированный череп младенца может меняться в ходе родов под воздействием стенок родовых путей матери или оставаться неизменным при кесаревом сечении. Форма черепа новорожденного определяется соотношением между его основными диаметрами.

Все младенцы, родившиеся путем кесарева сечения, имеют значительное преобладание сагиттального диаметра черепа над его фронтальным и вертикальным размерами. С целью объективизации визуальных впечатлений измерили сагиттальный и вертикальный размеры черепа



на боковой краниограмме, а затем вычислили их отношение. У детей, родившихся путем кесарева сечения, отношение сагиттального диаметра черепа к вертикальному составляет  $1,37 \pm 0,02$ . Очевидно, что эта форма черепа соответствует внутриутробной.



Рис. 5.2. Краниограмма в боковой проекции. Тазовое предлежание.

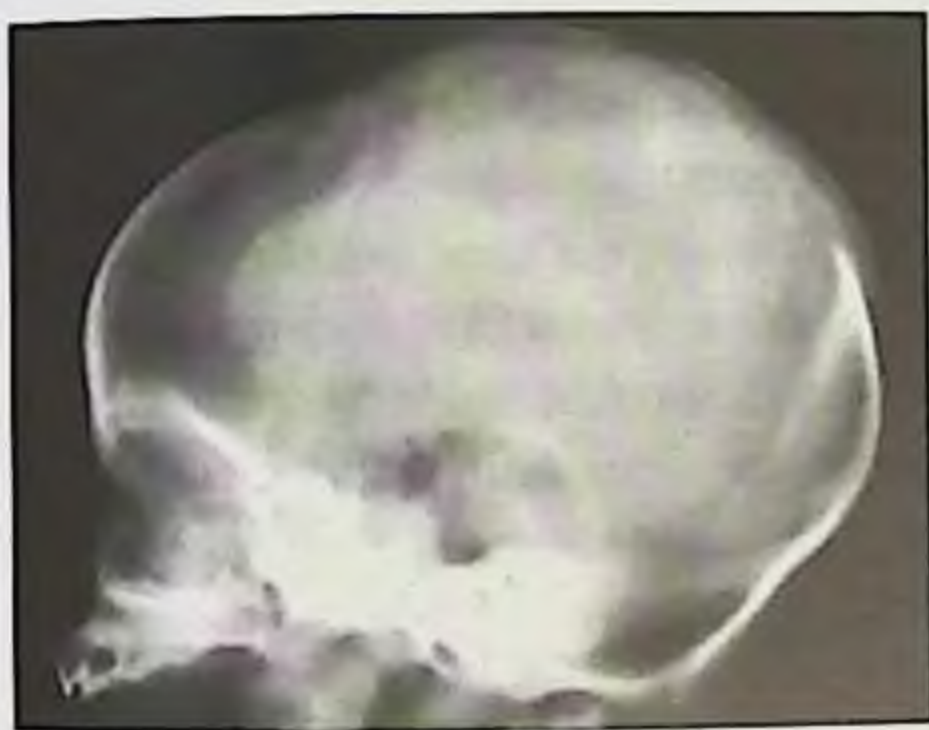


Рис. 5.3. Краниограмма в боковой проекции. Головное предлежание. Родовая конфигурация головы.

Такая же форма черепа наблюдается у детей, рожденных в тазовом предлежании, а отношение сагиттального диаметра черепа к вертикальному в этой группе достигает  $1,38 \pm 0,01$ . Это означает, что роды в тазовом предлежании не оказывают существенного влияния на пропорции черепа новорожденного (рис. 5.2).

Рождение ребенка в головном предлежании приводит к возникновению родовой конфигурации головы, которая состоит в укорочении сагиттального диаметра с одновременным увеличением вертикального и фронтального размеров (рис. 5.3).

При этом теменные кости раздвигаются, а лобная и затылочная сближаются, в результате теменные кости становятся не только выше лобной и затылочной, но и наползают на их чешую. Отношение сагиттального размера черепа к вертикальному у детей этой группы существенно уменьшается и со-

ставляет  $1,18 \pm 0,03$ , что достоверно выявляется при визуальной оценке, даже без предварительных измерений и расчетов.

В течение первой недели постнатальной жизни форма черепа ребенка, рожденного в головном предлежании, изменяется. Так, в первые 3–4 дня после рождения на месте соединительнотканной мембраны венечного и лямбдовидного швов определяется суперпозиция краев



смежных костей. На 5–6-й день жизни суперпозиция исчезает, но сохраняется более высокое положение теменных костей по отношению к лобной и затылочной. К 7-му дню после рождения исчезают все проявления родовой конфигурации головы, после чего в течение следующей недели просветы всех черепных швов продолжают увеличиваться, достигая своего максимума к 15-му дню жизни, когда их ширина составляет  $9 \pm 1$  мм. В последующие дни ширина швов постепенно уменьшается, а форма черепа приближается к шаровидной (мезоцефалической). Эти изменения формы черепа обусловлены постнатальным ростом головного мозга ребенка, вследствие чего на первой неделе после рождения исчезает родовая конфигурация головы, на второй неделе — растягивается просвет швов, в последующие недели и месяцы темп роста головного мозга слегка замедляется, а скорость роста костей черепа остается достаточно высокой, что и проявляется в уменьшении просвета швов. Такая трактовка подтверждается и при анализе изображений черепа пациентов, перенесших родовую травму, которая замедляла рост головного мозга, что влияло и на темпы изменения формы черепа.

**Толщина костей.** В отличие от детей старшего возраста и взрослых, кости черепа новорожденных не имеют сформированного диплоического слоя, их внутренняя и наружная кортикальные пластинки сливаются, образуя один слой компактной костной ткани. Такое «однослойное» строение костей черепа помогает ультразвуковому исследованию головного мозга новорожденного, делая его кости более проницаемыми для ультразвуковой волны. Губчатая кость, образующая средний диплоический слой, появляется к 3 месяцам, вследствие чего кости становятся трехслойными.

Структура костей черепа хорошо коррелирует с гестационным возрастом новорожденного. У доношенных младенцев кости крыши черепа однородные с ровными гладкими краями. У недоношенных детей кости черепа имеют иную структуру: от однородного центрального отдела кости, соответствующего теменному, лобному или затылочному бугру, отходят радиарные узкие полоски плотной костной ткани, чередующиеся с более прозрачными полосами неокостеневшей соединительнотканной основы, что создает лучистую структуру, которая тем ярче, чем меньше гестационный возраст ребенка.

Чем более доношен новорожденный, тем большую площадь занимает однородный плотный центр кости. У тех детей, которые родились после 36–37 нед гестации, кости черепа не имеют лучистой структуры,



но сохраняют изрезанность краев. Переношенные младенцы имеют более толстые кости по сравнению с доношенными, в лобной и затылочной костях появляется хорошо различимый диплоический слой, и вся кость приобретает трехслойное строение.

**Черепные швы.** Соединения между костями крыши черепа у новорожденных можно считать швами довольно условно, лишь по аналогии со строением черепа старших детей и взрослых. Настоящие зубчатые швы между костями черепа у новорожденных отсутствуют. Изрезанный край кости, который встречается у недоношенных детей, не имеет формы, конгруэнтной краю смежной кости, а у доношенных детей края кости и вовсе гладкие, лишены зубцов. Поэтому изрезанность края кости у доношенных младенцев следует трактовать как показатель незрелости костной ткани. Шов у новорожденного имеет вид полосы соединительной ткани, ширина которой зависит от возраста ребенка и способа родоразрешения (вагинальные роды в головном либо тазовом предлежании или кесарево сечение). Только к концу третьего месяца жизни возникают первые короткие зубцы по краю кости, причем зубцу одной кости соответствует углубление между двумя зубцами на краю смежной кости и наоборот.

Другой особенностью швов черепа у новорожденного является их большее количество по сравнению с взрослыми. Это связано с тем, что лобная и затылочная кости развиваются не из единственного ядра окостенения, как теменные, а из нескольких, и к моменту рождения ребенка отдельные части таких «многоядерных» костей не успевают слиться между собой. В результате чешуя лобной кости состоит из двух частей, разделенных вертикальным метопическим швом.

Верхняя и нижняя половины чешуи затылочной кости имеют не только отдельные точки окостенения, но даже разное происхождение. Верхняя половина чешуи претерпевает два этапа эмбриогенеза — мембранозный и костный. Нижняя половина чешуи затылочной кости развивается трехэтапно: мембранозная ткань сменяется хрящевой, и только затем появляется костная структура. В результате к концу эмбрионального развития в латеральных отделах поперечной борозды, по которой проходит граница между верхней и нижней половинами чешуи затылочной кости, сохраняются остатки шовного соединения длиной по 1,5–2 см, названные «*sutura mendosa*». Кроме того, остальные отделы затылочной кости (боковые и базиллярная части), образующие дно задней черепной ямки, сохраняют между собой хрящевые соединения: задний межзатылочный синхондроз



(*synchondrosis interoccipitalis posterior*), соединяющий боковые части затылочной кости с нижней половиной ее чешуи, и передний межзатылочный синхондроз (*synchondrosis interoccipitalis anterior*), соединяющий боковые и базиллярную части затылочной кости. Задний межзатылочный синхондроз у здоровых новорожденных имеет равномерный просвет по всей толщине; смежные отделы кости, формирующие этот синхондроз, стоят на одной высоте, не образуя ступенек ни по наружному, ни по внутреннему контурам, ширина синхондроза зависит от гестационного возраста младенца и совпадает с шириной основно-затылочного синхондроза.

Дополнительные швы и синхондрозы новорожденных обуславливают появление линейных участков просветления на краниограммах и зоны пониженной эхогенности на эхограммах, что может стать причиной ошибочной трактовки этих анатомических особенностей как переломов.

**Внутренний рельеф костей черепа.** На внутренней поверхности черепных костей пальцевидные вдавления или борозды оболочечных артерий отсутствуют. Каналы диплоических вен также не удается визуализировать, по-видимому, из-за их небольшого диаметра. Совокупность особенностей внутренней поверхности костей черепа и скудного сосудистого рисунка обуславливает монотонность рельефа на краниограммах и гладкий внутренний контур кости на эхограммах.

Вместе с тем на краниограммах детей, родившихся с отягощенным акушерским анамнезом, вместо монотонного рельефа отмечаются пальцевидные вдавления и/или каналы диплоических вен. Пальцевидные вдавления встречаются в любой кости (лобной, теменных, верхней половине чешуи затылочной), могут быть двусторонними или локальными, но при этом не сопровождаются ни расширением просвета швов, ни выбуханием родничков, что не позволяет трактовать их как проявление внутричерепной гипертензии. Более того, при нормальном развитии головного мозга пальцевидные вдавления впервые появляются к концу третьего месяца. Этот факт убедительно доказывает, что пальцевидные вдавления не могут появиться мгновенно, следовательно, причину их развития к моменту рождения ребенка нужно искать во внутриутробном периоде. Анализ историй беременности и родов женщин, у которых были рождены дети со сформированными пальцевидными вдавлениями, показал, что них были отмечались анемия (47%), инфекционные заболевания (ОРВИ, пиелонефриты, аднекситы и др. — 28%), угроза невынашивания (15%), признаки гипотрофии плода (18%), заболевания плаценты (14%). У некоторых матерей одновремен-



но отмечено несколько неблагоприятных факторов. Общим фактором для всех этих отклонений можно считать внутриутробную гипоксию плода. В ответ на гипоксию мозга развивался его отек, который способствовал более тесному контакту мозга и костей черепа, и при длительном существовании неблагоприятных факторов у ребенка развивался отпечаток коры головного мозга на внутренней костной пластинке в виде пальцевидных вдавлений. Таким образом, преждевременное появление пальцевидных вдавлений отражает внутриутробную гипоксию.

Несмотря на отсутствие пальцевидных вдавлений на внутренней костной пластинке у здорового ребенка, поверхность головного мозга новорожденного имеет хорошо сформированные извилины и борозды. Такое несоответствие монотонного рельефа костей и отчетливых извилин на поверхности мозга указывает на то, что во внутриутробном периоде не было контакта между мозгом и костями черепа, т. е. ширина субарахноидальных щелей у плода была больше, чем у новорожденного. По-видимому, избыточный наружный слой ЦСЖ защищает растущий мозг плода от возможных механических повреждений, а его перераспределение во время родов обеспечивает возможность головки приспособиться к родовым путям матери, что приводит к появлению родовой конфигурации черепа.

Таким образом, по результатам рентгенографии черепа новорожденного можно оценить тип предлежания, в котором он родился (головное или тазовое), признаки доношенности и зрелости младенца, показатели внутриутробной гипоксии, темпы постнатального роста головного мозга.

### **Методика рентгеновской компьютерной томографии**

Относительно старые модели рентгеновских компьютерных томографов с шаговым типом сканирования повышают требования к неподвижности ребенка, что побуждает проводить исследование под наркозом либо в условиях естественного сна. Спиральные и мультиспиральные компьютерные томографы сокращают время исследования до нескольких секунд. Это позволяет проводить его даже без медикаментозной подготовки. Мощный математический аппарат постпроцессинговой обработки изображений, возможность построения многоплоскостных и объемных реконструкций в различных алгоритмах существенно снижает требования к стандартизации позиционирования ребенка в ходе исследования. Важным остается лишь требование его неподвижности. Методические подходы не отличаются от обычных. В стандартной ситуации ребенок укладывается на спину. Его головка покоится в под-



головнике, фиксированная по бокам ватно-марлевыми прокладками. Позиционирование осуществляется на область переносицы. Иногда исследование проводится в положении пронации. В таких случаях важно обеспечить свободное дыхание новорожденного.

Получение качественных изображений требует использования достаточно тонких срезов, не более 3 мм толщиной. Основание головного мозга и структуры задней черепной ямки исследуют еще более тонкими срезами. Плоскость срезов ориентируют параллельно орбито-меатальной линии (угол около  $30^\circ$ ). Корональные срезы при необходимости закладывают перпендикулярно костям основания черепа (площадке основной кости). По возможности глаза ребенка (хрусталики) должны располагаться за пределами зоны томографии. На мультиспиральных компьютерных томографах возможна объемная спиральная томография головы и шеи с последующим построением трехмерных реконструкций, а также ретроспективная реконструкция тонких срезов из объема первичных «сырых» данных. Внутривенное контрастирование применяется сравнительно редко — при подозрении на патологическое образование. Используют только неионные рентгенконтрастные препараты в дозировке, строго соответствующей рекомендациям фирм-производителей.

### **КТ-анатомия головного мозга новорожденного**

Принципиально структуры головного мозга новорожденного не отличаются от таковых других возрастных периодов, но вместе с тем имеются существенные отличия, обусловленные анатомо-физиологическими особенностями.

Поскольку мозг новорожденного содержит относительно много воды и мало липидов, то плотность мозговой ткани новорожденного при КТ сравнительно низкая и повышается с возрастом (табл. 5.1).

Достаточно важную роль играет такой относительный показатель, как соотношение плотностей белого и серого вещества. Независимо от возраста в норме разница денситометрических характеристик не должна превышать 10 ед.

Кроме плотностных характеристик существенной особенностью периода новорожденности являются сравнительно широкие ликворные пространства (рис. 5.4).

Для количественной оценки состояния ликворсодержащих структур были предложены планиметрические и волюметрические показатели. Планиметрия обычно основывается на измерении ширины передних



Таблица 5.1  
 Плотность мозговой ткани при компьютерной томографии в различные возрастные периоды, ед. X

Возрастной период	Белое вещество	Белое вещество после внутривенного контрастирования	Серое вещество	Серое вещество после внутривенного контрастирования
Недоношенные	16	—	28,3	—
0–2 года	26,3	28,5	32,7	36–37
2–15 лет	29,2	31	35,6	38–39

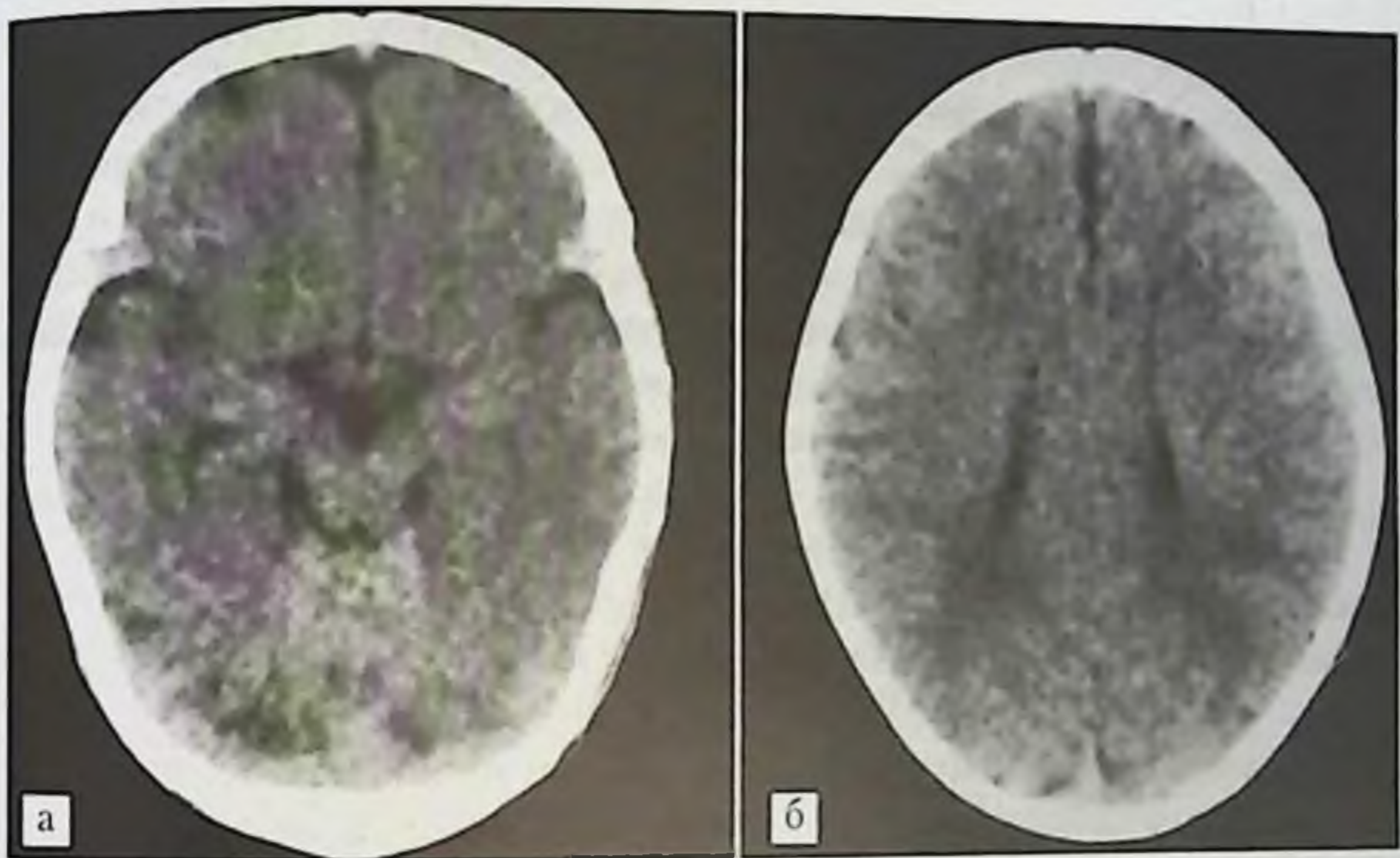


Рис. 5.4. КТ головного мозга новорожденного (3 нед).

рогов (А), ширины лобных долей мозга на этом же уровне (В), бикаудального расстояния (С), максимального поперечного размера головного мозга (D), расстояния между телами боковых желудочков (Е), максимальной ширины силвиевой щели (F), расстояния между III желудочком и силвиевой щелью (G), переднезаднего размера головного мозга (I), ширины субарахноидального пространства в проекции лобной доли (K), ширины III желудочка (рис. 5.5).

Полученные данные позволяют рассчитать ряд планиметрических индексов:



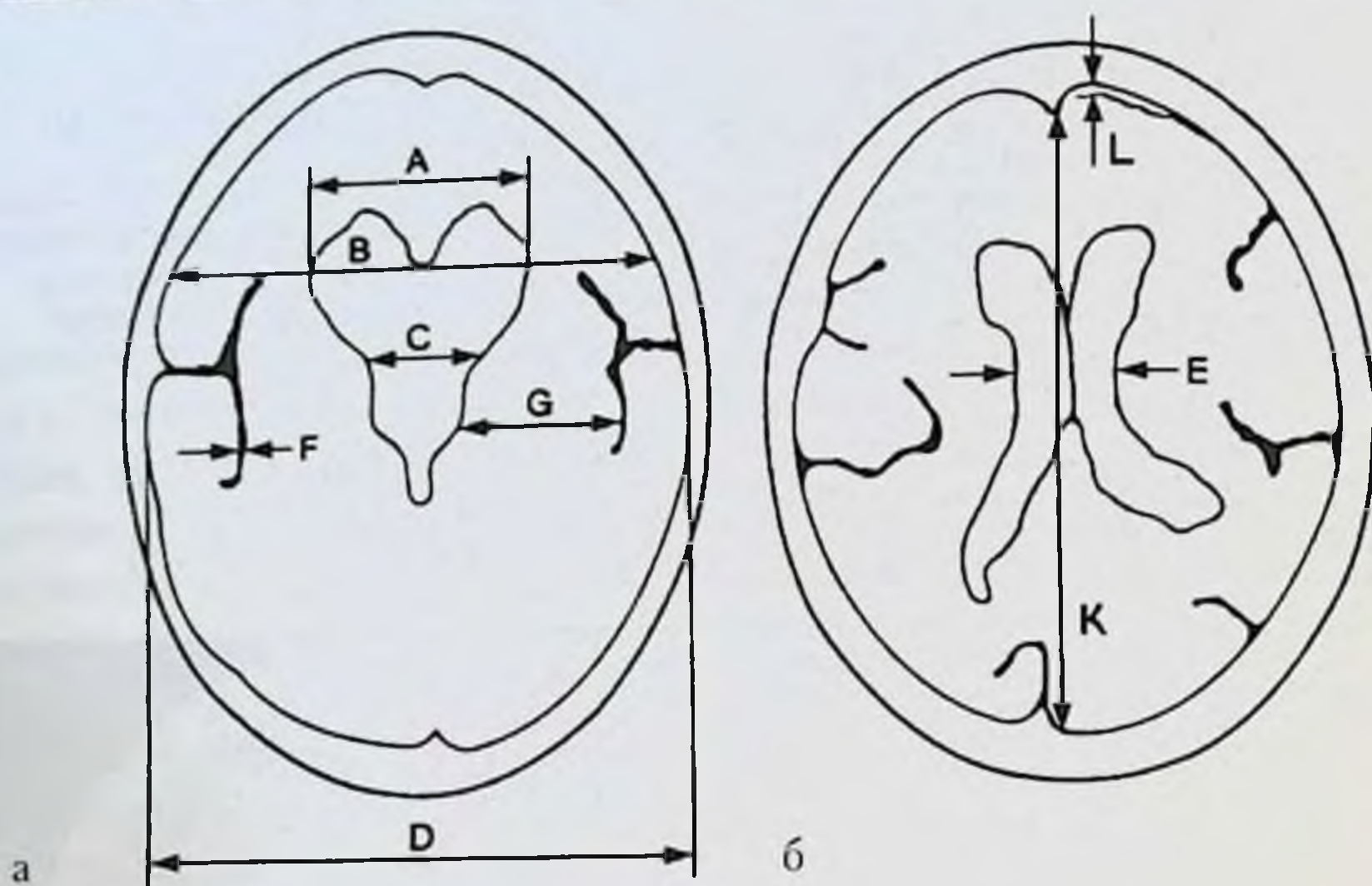


Рис. 5.5. Схемы измерений при планиметрии (цит. по А. Pascual-Leone и соавт., 1991); а — уровень III желудочка; б — уровень тел боковых желудочков.

Поснения в тексте.

Индекс лобных долей —  $A/B$ .

Соотношение Эванса —  $A/D$ .

Бикаудальный индекс —  $C/D$ .

Число Хакмана —  $A+C$ .

Наиболее точную информацию о тотальном расширении желудочковой системы отражает UBR-индекс — отношение площади среза желудочковой системы к площади среза мозга на данном уровне, измерение которого весьма трудоемко. Но установлено, что индекс Эванса с ним тесно коррелирует и способен, следовательно, дать объективную информацию о состоянии желудочковой системы. Под индексом Эванса понимают отношение расстояния между наиболее удаленными точками передних рогов боковых желудочков к наибольшему внутреннему диаметру черепа на том же уровне. Кроме этого, принято рассчитывать индексы передних, задних и нижних рогов, ширины тел боковых желудочков, IV желудочка.

Волюметрические расчеты, достаточно легко осуществимые благодаря программному обеспечению современных томографов и независимых рабочих станций, позволяют получить ряд дополнительных характеристик:



- объем вещества головного мозга (С);
- объем желудочковой системы (V);
- объем субарахноидальных пространств (S);
- суммарный объем ликворсодержащих пространств (V+S);
- объем интракраниального содержимого (V+S+C).

Эти параметры служат базовыми для определения объемного индекса желудочков ( $V^*$ ), объемного индекса субарахноидальных пространств ( $S^*$ ) и индекса желудочков и субарахноидальных пространств по следующим формулам:

$$V^* = V/C; S^* = S/C; (V+S)/C.$$

Несмотря на то что для оценки желудочковой системы разработаны специальные планиметрические критерии, абсолютные и относительные размеры боковых желудочков в практической работе рассчитываются достаточно редко. Как правило, вполне достаточно приблизительная оценка их размеров, конфигурации и симметричности.

Таким образом, ширина III желудочка у новорожденного составляет 2–4 мм, боковых желудочков — 4–6 мм. Параметры желудочковой системы в норме представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

**Величина желудочковой системы у детей в норме по данным КТ  
(цит. по В. Н. Корниенко, И. Н. Пронину, 2006)**

Возраст	Индекс передних рогов	Индекс задних рогов
С момента рождения до 2 мес	27,4±2,42	7,5±3,83
От 3 до 5 мес	26,2±1,83	7,2±3,83
От 6 до 8 мес	25,4±1,47	8,6±4,64
От 9 до 11 мес	25,8±2,4	10,7±1,49
От 12 до 23 мес	24,6±2,68	6,2±4,1

Большая цистерна мозга у новорожденных имеет значительные размеры и составляет от 2 до 9–10 мм в зависимости от индивидуальных особенностей. Субарахноидальные щели конвексимальной поверхности мозга более широкие (около 2 мм), но менее глубокие, чем в других возрастных группах. Латеральные и межполушарная щели также более широкие и короткие.



На компьютерных томограммах, особенно полученных после внутривенного контрастирования, могут быть хорошо видны лентовидные изображения поперечного и сигмовидного синусов. Их размеры варьируют, часто встречается асимметрия между правой и левой сторонами. При значительном расширении венозных коллекторов можно заподозрить сосудистую патологию и рекомендовать проведение ангиографического исследования. Для периода новорожденности характерны относительно большие размеры сосудистых сплетений в телах боковых желудочков. Визуализация отложения солей кальция у новорожденного — безусловное проявление патологического процесса.

### Литература

1. *Артаян А. А.* Черепно-мозговая травма у детей / А. А. Артаян // *Нейротравматология* / под ред. А. Н. Коновалова, Л. Б. Лихтермана, А. А. Потапова. — М., 1994. — С. 209–214.
2. *Корниенко В. Н.* Детская нейрорентгенология / В. Н. Корниенко, В. И. Озерова. — М.: Медицина, 1993. — 448 с.
3. Черепно-мозговая травма. Клиническое руководство / под ред. А. Н. Коновалова, Л. Б. Лихтермана, А. А. Потапова. — М.: Антидор, 1998.
4. *Altemeier W. A.* Imaging procedures in pediatric neurological conditions / W. A. Altemeier, C. Levine, F. Rodriguez // *Pediatric annals*. — 1998. — Vol. 27, № 10. — P. 607–609.
5. *Chan M. S.* MRI and CT findings of infected cephalhaematoma complicated by skull vault osteomyelitis, transverse venous sinus thrombosis and cerebellar haemorrhage / M. S. Chan, Y. C. Wong, S. P. Lau et al. // *Pediatr Radiol.* — 2002. — Vol. 32. — № 5. — P. 376–379.
6. *Russ A.* Preterm brain injury: imaging and neurodevelopmental outcome / A. Russ, I. L. Hand // *Am. J. Perinatol.* — 2004. — Vol. 21, № 3. — P. 167–172.
7. Triage, assessment, investigation and early management of head injury in infants, children and adults // *NICE Clinical Guideline*. — 2007. — September.



## ГЛАВА 6

# УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ У ДЕТЕЙ

- Введение
- Показания и противопоказания к проведению ультразвукового исследования магистральных артерий головы у новорожденных
- Методика ультразвукового триплексного сканирования
- Нормальная анатомия брахиоцефальных артерий в ультразвуковом изображении
- Нормальная анатомия артерий виллизиева круга в ультразвуковом изображении
- Литература

### Введение

Ранняя диагностика и лечение сосудистой патологии остается одной из острейших медицинских проблем. Ишемические поражения головного мозга занимают ведущее место в структуре цереброваскулярных заболеваний по показателям распространенности и смертности, особенно в молодом возрасте. Это обстоятельство особенно важно учитывать при изучении сосудов головного мозга у детей и подростков. По данным Ю. С. Мартынова (1998), смертность от заболеваний сосудов головного мозга может быть снижена на 35–40% за счет мер первичной профилактики. Следовательно, ранняя диагностика состояний, предрасполагающих к развитию нарушений кровообращения, является одной из первоочередных задач при обследовании детей с неврологической патологией.

Исследованиями последних десятилетий установлено, что у каждого десятого новорожденного диагностируются кровоизлияния в мозг;



при этом у недоношенных детей они встречаются в восемь раз чаще (Е. М. Бурцев и др., 1995). Частота патологии центральной нервной системы у новорожденных составляет 60–80% (А. Г. Антонов, 2000; А. Б. Пальчик, 2004). Манифестация клинических проявлений родовых нарушений гемодинамики отмечается, как правило, в раннем и среднем детском возрасте: в 3–5 и в 7–10 лет. Расстройства церебральной гемодинамики у ребенка существенно отражаются на его физическом и психическом состоянии и могут становиться основой сосудистой патологии во взрослом состоянии. Ведущие российские детские ангионеврологи утверждают, что до 48% детей в возрасте 6–14 лет предъявляют жалобы на головную боль. Среди детей старшего школьного возраста примерно 80% страдают цереброваскулярной недостаточностью, что значительно снижает качество жизни подростков и семьи в целом.

В настоящее время в клинической практике для диагностики вероятной причины неполноценности магистральных артерий головы и функциональной оценки мозгового кровотока у новорожденных используется метод ультразвукового триплексного сканирования брахиоцефальных и интракраниальных сосудов. Ценность метода определяется возможностью одновременной визуализации сосуда с оценкой спектра кровотока в нем и структур головного мозга, а неинвазивная основа делает его привлекательным для использования в нейроредиагностике с целью выявления причин сосудистых расстройств у детей с самого раннего возраста.

### **Показания и противопоказания к проведению УЗИ магистральных артерий головы у новорожденных**

Методика ультразвукового триплексного сканирования (УЗТС) сосудов может применяться в любой возрастной группе. Однако у новорожденных чаще выполняется транскраниальное УЗТС сосудов виллизиева круга (что объясняется хорошей визуализацией интракраниальных структур через естественные акустические «окна»), практически не используется УЗТС брахиоцефальных артерий, что связано с трудностями визуализации анатомических образований при шейном доступе ввиду небольшой длины шеи у новорожденных. Показания к проведению УЗТС артерий головы у новорожденных: нарушения мозгового кровообращения; кровоизлияния в головной мозг; судорожные состояния; наличие врожденных аномалий развития сердца и крупных сосудов, аномалий развития шейного отдела позвоночника. Противопоказанием к выполнению УЗТС брахиоцефальных артерий может оказаться физи-



ологический гипертонус мышц шеи у новорожденного и как следствие — невозможность акустического доступа к сосудам. Абсолютным противопоказанием к проведению УЗТС артерий виллизиева круга является соматически тяжелое состояние новорожденного.

Для детей более старшего возраста (от 2–3 лет и старше) показания к исследованию можно условно разделить на клинические и «клинико-инструментальные», когда необходимость исследования магистральных артерий головы (МАГ) установлена на основании результатов ультразвуковой транскраниальной доплерографии или магнитно-резонансной ангиографии.

#### 1. Клинические показания:

- преходящие нарушения мозгового кровообращения;
- упорные цефалгии; синкопальные состояния;
- судорожные состояния неясного генеза;
- головокружения;
- прогрессирующая миопия;
- длительное течение неврологического заболевания без адекватной динамики;
- клинические признаки мезенхимальной недостаточности;
- наличие аномалий развития шейного отдела позвоночника;
- врожденные пороки сердца и крупных сосудов.

#### 2. «Клинико-инструментальные» показания (определяются по результатам ультразвуковой доплерографии):

- двунаправленный, турбулентный, ускоренный поток в средней трети субкраниального отдела внутренней сонной артерии (ВСА);
- асимметрия средней скорости кровотока в экстракраниальных сегментах позвоночной артерии (ПА) 30% и более;
- патологические паттерны потока;
- отсутствие звукового сигнала в обычном месте локации сосуда;
- по результатам функциональных проб — усиление коллатерального кровотока в одной или обеих средних мозговых артериях (СМА);
- снижение индекса реактивности на гипо- или гиперкапнию в одной или обеих СМА;
- асимметрия кровотока в заднемозговых артериях (ЗМА) — 30% и более;
- выявление различных вариантов строения брахиоцефальных артерий при проведении магнитно-резонансной или рентгеновской ангиографии.



## Методика ультразвукового триплексного сканирования

### Исследование брахицефальных артерий

Дуплексное сканирование как ультразвуковая методика было разработано и предложено в начале 1970-х гг. Varber (США). В неонатологии доплеровские исследования магистральных артерий и артерий виллизиева круга были предложены в 1979 г. H. Vode. Метод ультразвукового дуплексного сканирования сочетает визуализацию сосудов и периваскулярных тканей в В-режиме и компьютерную обработку спектра доплеровского сдвига частот, который отражается в виде картограммы потока в реальном режиме времени.

Исследование брахицефальных артерий проводится в режиме реального времени с использованием линейных датчиков частотой 7–14 МГц. Глубина сканирования у детей раннего возраста в большинстве исследований составляет 15–25 мм, у детей старшей возрастной группы — до 35–45 мм. Следует помнить, что ультразвуковое исследование должно быть выполнено максимально быстро, так как в случае обследования ребенка раннего возраста относительную неподвижность пациента обеспечить практически невозможно. Лучше выполнять исследование через час после кормления, в состоянии сна, использовать подогретый акустический гель и линейные датчики минимальной длины (до 30–40 мм). УЗТС брахицефальных артерий проводится последовательно (и одновременно) в В-режиме, в режиме цветового картирования кровотока для каждого сосуда. Исследование выполняется в положении ребенка на спине, голова не приподнята, при необходимости выполняются небольшие повороты головы вправо и влево для осмотра контралатеральных сосудов.

Для визуализации общей сонной артерии (ОСА) датчик располагается по переднему или заднему краю *m. sternocleidomastoideus* под углом 30–60° к поверхности шеи. Как правило, уровень бифуркации ОСА у новорожденных визуализируется практически в одном скане с устьем — в виде увеличения просвета сосуда в краниальном направлении (рис. 6.1). Для визуализации внутренней сонной артерии (ВСА) датчик косо наклоняется под углом нижней челюсти по направлению к ушной раковине. Для наилучшей визуализации в отдельных случаях необходимы наклоны датчика вправо-влево от продольной оси. При повороте датчика медиально визуализируется наружная сонная артерия (НСА) в продольном скане.



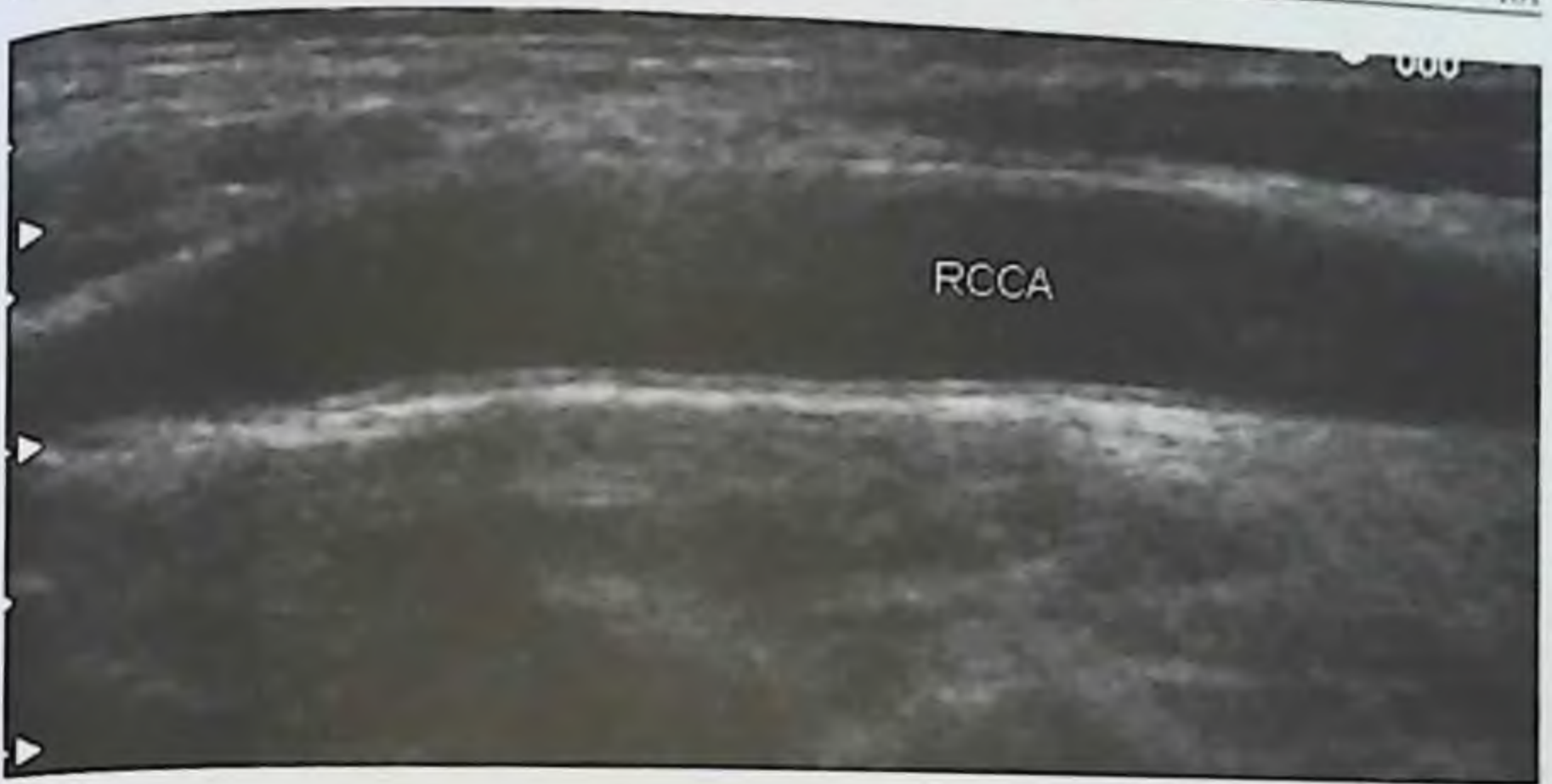


Рис. 6.1. Общая сонная артерия. Продольное сканирование. В-режим.

Для оценки состояния сегментов  $V_{1-2}$  позвоночной артерии (ПА) датчик устанавливается под углом, близким к  $90^\circ$  к продольной оси сосуда и поверхности шеи по анатомическому положению *m. sternocleidomastoideus*.

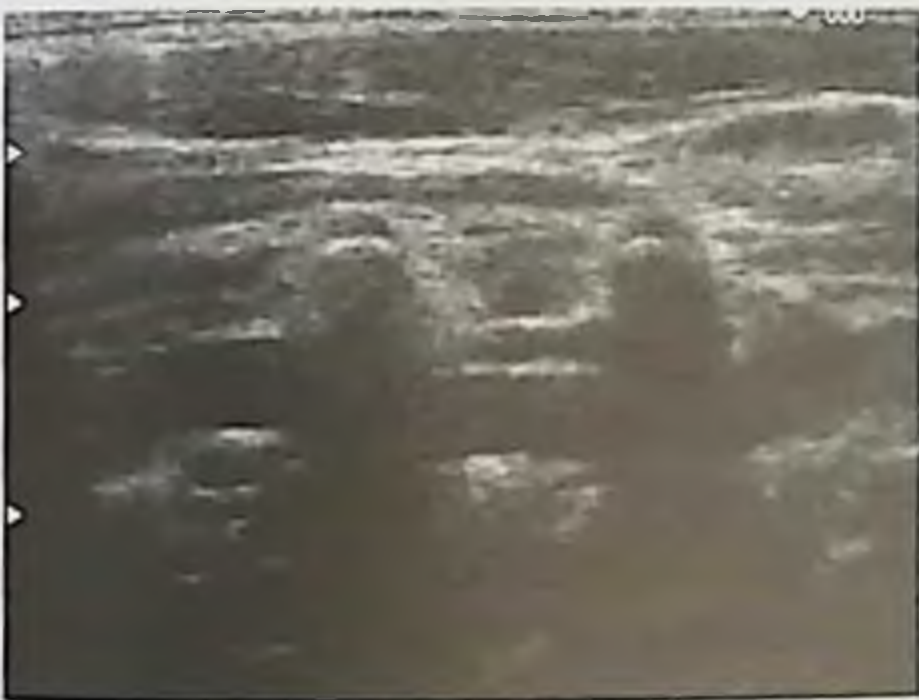


Рис. 6.2. Позвоночная артерия в сегменте  $V_2$ . В-режим.

Практически во всех случаях второй сегмент ПА визуализируется у новорожденных в одном скане с ОСА после небольшого наклона датчика или выполнения им «качательных» движений для поиска ПА. ПА в сегменте  $V_2$  визуализируется фрагментарно: анэхогенный продольный сигнал от сосуда прерывается вертикальными акустическими тенями от поперечных отростков тел II–VI шейных позвонков (рис. 6.2). При незначительном смещении датчика в про-

дольном направлении вдоль длинника сосуда к основанию шеи определяется положение устья ПА.

Визуализация сегмента  $V_3$  ПА у новорожденных не вызывает трудностей, так как при небольшой длине шеи сегмент  $V_3$  визуализируется в краниальном направлении ПА. Однако следует помнить, что существует два способа получения изображения сегмента  $V_3$  ПА. При первом



датчик располагается под углом нижней челюсти, плоскость сканирования при этом направлена медиально на внутренний угол контралатеральной глазницы. Такое положение позволяет визуализировать первый физиологический изгиб позвоночной артерии, огибающий С<sub>1</sub> шейный позвонок (рис. 6.3). При втором способе визуализация производится с использованием «заднешейного доступа» (Сидор М. В. и др., 2002).

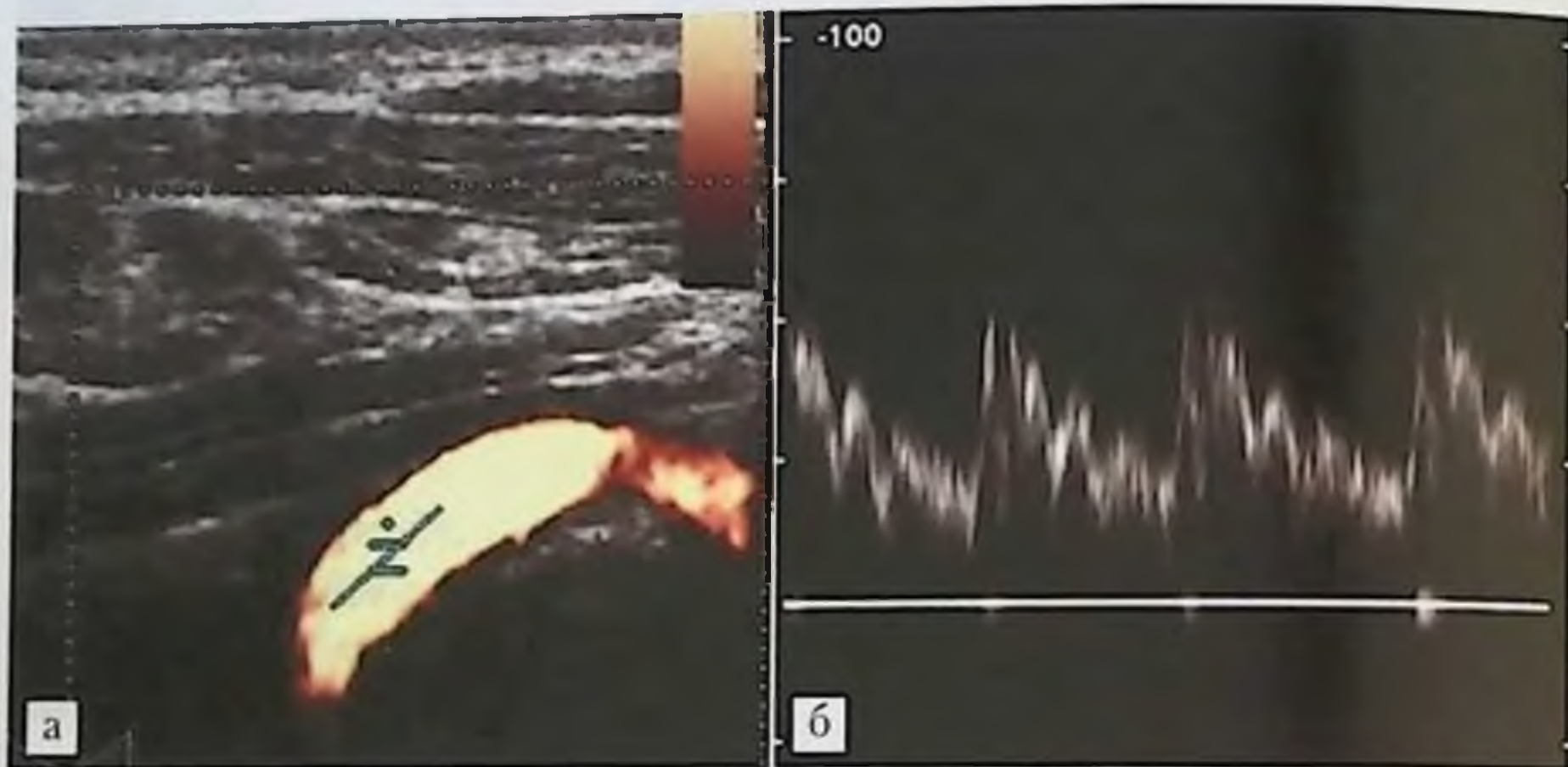


Рис. 6.3. Позвоночная артерия в сегменте V<sub>3</sub>. Режим энергетического картирования кровотока, спектральный режим.

Пациент укладывается на кушетку лицом вниз (новорожденный или ребенок раннего возраста — на руки матери или медицинского персонала лицом вниз, с несколько опущенной вниз головой), при этом датчик устанавливается между задней поверхностью грудино-ключично-сосцевидной мышцы и остистыми отростками С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> шейных позвонков таким образом, чтобы плоскость сканирования располагалась перпендикулярно продольной оси позвоночника. Плоскость сканирования проходит через атланто-окципитальное сочленение и латеральную часть большого затылочного отверстия. При этом визуализируется дистальная часть V<sub>3</sub> в виде характерной «подковы». Данный способ для обследования новорожденных детей и детей раннего возраста неудобен и, вызывает, как правило, негативную реакцию ребенка и сопротивление исследованию. В В-режиме сканирования проводится оценка величины диаметра сосуда, в режимах цветового картирования кровотока — проходимость сосуда, направление его хода.



## Исследование артерий виллизиева круга у новорожденных

Визуализация артерий виллизиева круга у новорожденных возможна благодаря наличию естественных акустических «окон»: большого родничка, затылочного отверстия и тонкой чешуи височной кости. Исследование артерий виллизиева круга у новорожденных проводится в режиме реального времени с использованием секторных (векторных) датчиков частотой 5–7 МГц, при обследовании детей старшего возраста (после закрытия большого родничка) целесообразно выбирать датчики с частотой 2–2,5 (3) МГц. При исследовании необходимо соблюдать все правила обеспечения наиболее комфортных условий для новорожденного: обследование после еды, в состоянии сна, теплый акустический гель и т. п. При необходимости исследование может быть выполнено ребенку, находящемуся в кувезе — в случае использования портативных ультразвуковых сканеров. УЗТС артерий виллизиева круга проводится последовательно (и одновременно) в В-режиме, в режиме цветового картирования кровотока для каждого сосуда.

Стандартным алгоритмом методики исследования как структур головного мозга, так и сосудов виллизиева круга является сканирование во фронтальной и сагиттальной плоскостях через область большого родничка. Передние мозговые артерии визуализируются при фронтальном сканировании на уровне передних рогов боковых желудочков. При этом межполушарная щель граничит с передними отделами мозолистого тела, ограниченного сверху основанием межполушарной щели, а снизу — передними рогами боковых желудочков и полостью прозрачной перегородки. Кпереди от мозолистого тела в виде пульсирующих гипоэхогенных структур в В-режиме определяются передние мозговые артерии. Фронтальное сканирование через отверстия Монро и III желудочек позволяет визуализировать сильвиевы борозды в виде Y-образных эхогенных структур на уровне теменных костей. По ходу сильвиевых борозд в В-режиме определяется пульсация средних мозговых артерий. При сканировании в сагиттальной плоскости ориентиром для получения адекватной эхограммы служат ножки мозга — зона гипоэхогенной плотности, в передних отделах которой визуализируется пульсирующая базилярная артерия.

Ультразвуковое исследование сосудов в режиме ЦДК кровотока по скорости или по энергии выполняется параллельно с визуализацией сосудов в В-режиме для оптимизации исследования и для меньших затрат времени. В режиме цветового кодирования проводится оценка проходимости сосуда и сосудистой геометрии, что позволяет по изменению



цветового паттерна судить о наличии отклонений хода сосуда от прямолинейной траектории.

Ультразвуковое исследование сосудов в спектральном доплеровском режиме применяется последовательно и параллельно с режимами цветового картирования и В-режимом сканирования с целью получения доплерометрических показателей для каждого сосуда. Для получения оптимальной картины доплеровского спектра необходимо соблюдать ряд условий: угол наклона между продольной осью сосуда (в случае исследования брахицефальных артерий) и плоскостью сканирования (ультразвуковым лучом) не должен превышать  $60^\circ$  (в большинстве сосудов — не более  $45^\circ$ ). По мнению Aaslid, при транскраниальном исследовании сосудов угол наклона доплеровского луча не должен превышать  $9-17^\circ$ , что соответствует ошибке в определении скорости кровотока 1,1–4,5%. Метка контрольного объема, помещаемая на изображение сосуда, должна занимать от  $1/2$  до  $2/3$  просвета сосуда для адекватной оценки всего профиля кровотока в сосуде. Оцениваются следующие качественные показатели: форма доплеровской кривой, направление кровотока, наличие спектрального окна, звуковые характеристики доплеровского сигнала. В современной ультразвуковой аппаратуре имеются автоматические программы расчета сосудистых индексов и величин скоростей кровотока. Для адекватной оценки профиля кровотока в сосуде используются следующие количественные показатели:

- максимальная (систолическая, пиковая) скорость кровотока ( $V_{\max}$ ); зависит от диаметра сосуда, эластичности сосудистой стенки;
- минимальная (конечная, диастолическая) скорость кровотока ( $V_{\min}$ ); зависит от сопротивления кровотоку дистальнее места измерения;
- усредненная по времени скорость кровотока;
- индекс периферического сопротивления (индекс Пурсело, индекс резистивности, индекс циркуляторного сопротивления)  $RI = (V_{\max} - V_{\min})/V_{\max}$ ; индекс не зависит от абсолютных значений скоростей кровотока, угла локации артерии;
- пульсационный индекс (индекс пульсации, индекс Гослинга);
- $PI = (V_{\max} - V_{\min})/TAMX$ ; индекс отражает упруго-эластические свойства сосуда и достоверно снижается с возрастом или при нарушении эластичности сосуда;
- систоло-диастолическое соотношение (СД, индекс Стюарта);  $ISD = V_{\max}/V_{\min}$ ; индекс отражает упруго-эластические свойства стенки сосуда и сопротивление кровотоку.



Скорости кровотока в брахиоцефальных артериях и артериях виллизиева круга у новорожденных, по данным разных авторов, существенно варьируют. Так, диапазон значений максимальной скорости кровотока в ОСА составляет от 0,20 до 0,80 м/с, а максимальной скорости по артериям виллизиева круга — 0,25–0,65 м/с. Поэтому более объективными и постоянными показателями мозгового кровотока являются угонезависимые показатели, т. е. сосудистые индексы. В раннем неонатальном периоде значения RI в артериях виллизиева круга практически одинаковы и составляют 0,78–0,75. Некоторые отечественные авторы (Е. А. Зубарева) рекомендуют сравнивать абсолютные скорости кровотока в динамике у одного ребенка, полученные одним и тем же исследователем, при работе на одном и том же приборе. Изменения величины сосудистых индексов наблюдаются в зависимости от эмоционального состояния ребенка: так, RI выше у детей во время сна, отмечается его снижение при беспокойстве и плаче. Показатели скоростей кровотока и сосудистых индексов в ПМА у здорового новорожденного в зависимости от дня жизни представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Показатели кровотока в ПМА у здорового новорожденного в неонатальном периоде (по Е. А. Зубаревой, 2006)**

Возраст, сутки	Максимальная скорость кровотока, см/с	Минимальная скорость кровотока, см/с	Индекс резистивности
0,5	27,1±0,31	6,0±0,23	0,78±0,01
1	29,0±0,26	7,8±0,17	0,73±0,01
2	32,5±0,42	9,5±0,25	0,71±0,02
4	33,2±0,35	10,5±0,33	0,68±0,01
7	35,1±0,49	10,2±0,34	0,67±0,01
14	52,1±0,35	14,1±0,25	0,68±0,02
21	50,1±0,28	13,2±0,19	0,70±0,02
28	52,2±0,31	14,3±0,24	0,72±0,01

В постнатальном периоде индекс резистивности снижается незначительно, при одновременном повышении абсолютных скоростей кровотока. Также при исследовании как брахиоцефальных артерий, так и артерий виллизиева круга необходимо проводить оценку симметричности скоростей кровотока в парных артериях — как по систолической



(максимальной) скорости, так и по средней линейной скорости кровотока. Асимметрия скоростей кровотока в парных артериях у новорожденных, как правило, не должна превышать 10–15%.

Аналогичные изменения в виде постнатального повышения скоростей кровотока (на протяжении первых 2–3 нед жизни) прослеживаются и в брахиоцефальных артериях. Затем начиная с 3–4-го года жизни с ростом ребенка наблюдается снижение средней линейной скорости кровотока в ОСА, при относительно неизменной максимальной скорости. В ВСА по мере роста ребенка отмечается умеренное снижение показателей всех линейных скоростей кровотока, при этом диаметр ВСА на протяжении от 3 до 17 лет существенно не меняется. Как правило, начиная с 6–12-месячного возраста в VI ПА отмечается физиологическая асимметрия средней линейной скорости кровотока (в пределах до 15%) с преобладанием слева. В норме средняя скорость кровотока в позвоночной артерии возрастает в дистальном направлении по сравнению с показателями в устье. Это положение прослеживается во всех группах детского возраста.

### Нормальная анатомия брахиоцефальных артерий в ультразвуковом изображении

Общая сонная артерия (ОСА) отходит справа от плечеголового ствола, слева — непосредственно от дуги аорты. На уровне III–IV шейных позвонков она разделяется на внутреннюю и наружную сонные артерии. В них направляется соответственно  $\frac{2}{3}$  и  $\frac{1}{3}$  всего количества крови, приносимой общей сонной артерией. Следует отметить вариабельность строения бифуркации ОСА: в 83% случаев встречается переднесреднее положение наружной сонной артерии (НСА) по отношению к ВСА, в 20% НСА располагается кзади и латерально от ВСА, в 7% НСА находится в среднезаднем положении по отношению к ВСА.

При ультразвуковом исследовании ОСА визуализируется в виде крупного прямолинейного анэхогенного трубчатого образования с четкой гиперэхогенной стенкой, физиологическая асимметрия диаметров правого и левого сосудов отсутствует (рис. 6.4).

В ОСА, как правило, четко визуализируется стенка, в которой могут быть выделены слои: наружный (*tunica adventitia*), средний (*tunica media*), внутренний (*tunica intima*). Наружный слой — адвентиция — образован продольными пучками коллагеновых волокон, включающих эластические. Средняя оболочка (медиа) представлена несколькими



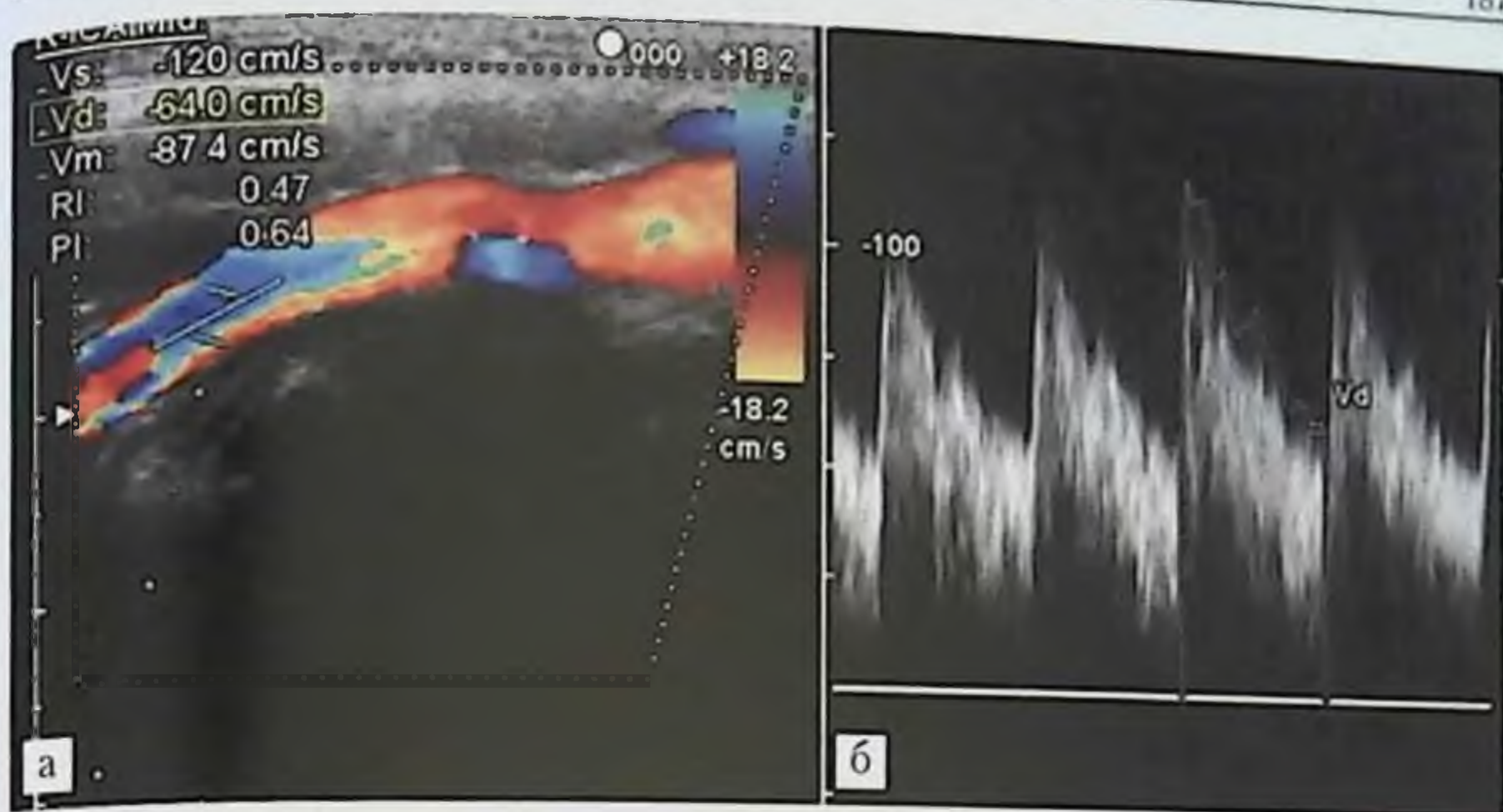


Рис. 6.4. Внутренняя сонная артерия. Режим цветового картирования кровотока. Спектральный доплеровский режим.

слоями циркулярно расположенных гладких мышечных волокон, среди которых сеть эластических волокон образует с эластическими элементами адвентиции и интимы общий эластический каркас артериальной стенки. Внутренняя оболочка (интима) образована слоем эндотелиальных клеток и имеет гладкую поверхность. Толщина комплекса интима-медиа (ТИМ) в ОСА с увеличением возраста ребенка умеренно возрастает: с 0,30 мм в возрасте 3–4 лет до 0,54 мм в 15–17 лет. У новорожденных величина ТИМ не измеряется.

Внутреннюю сонную артерию (ВСА) делят на экстракраниальный отдел, включающий два отрезка: синус и шейный отрезок, и интракраниальный отдел, включающий три отрезка: внутрикостный, сифон и мозговой. Синус представляет собой значительно расширенную начальную часть ВСА. Шейный отрезок является частью артерии от синуса до входа в череп. При ультразвуковом исследовании ВСА визуализируется в виде прямолинейного анэхогенного трубчатого образования с началом от бифуркации ОСА, не отмечается физиологической асимметрии диаметров правого и левого сосудов (рис. 6.5).

Примерно у 5,3% детей отмечается умеренное удлинение сосуда без формирования патологических паттернов потока и значимых изменений скоростных показателей на протяжении от проксимального до дистального отрезка артерии.



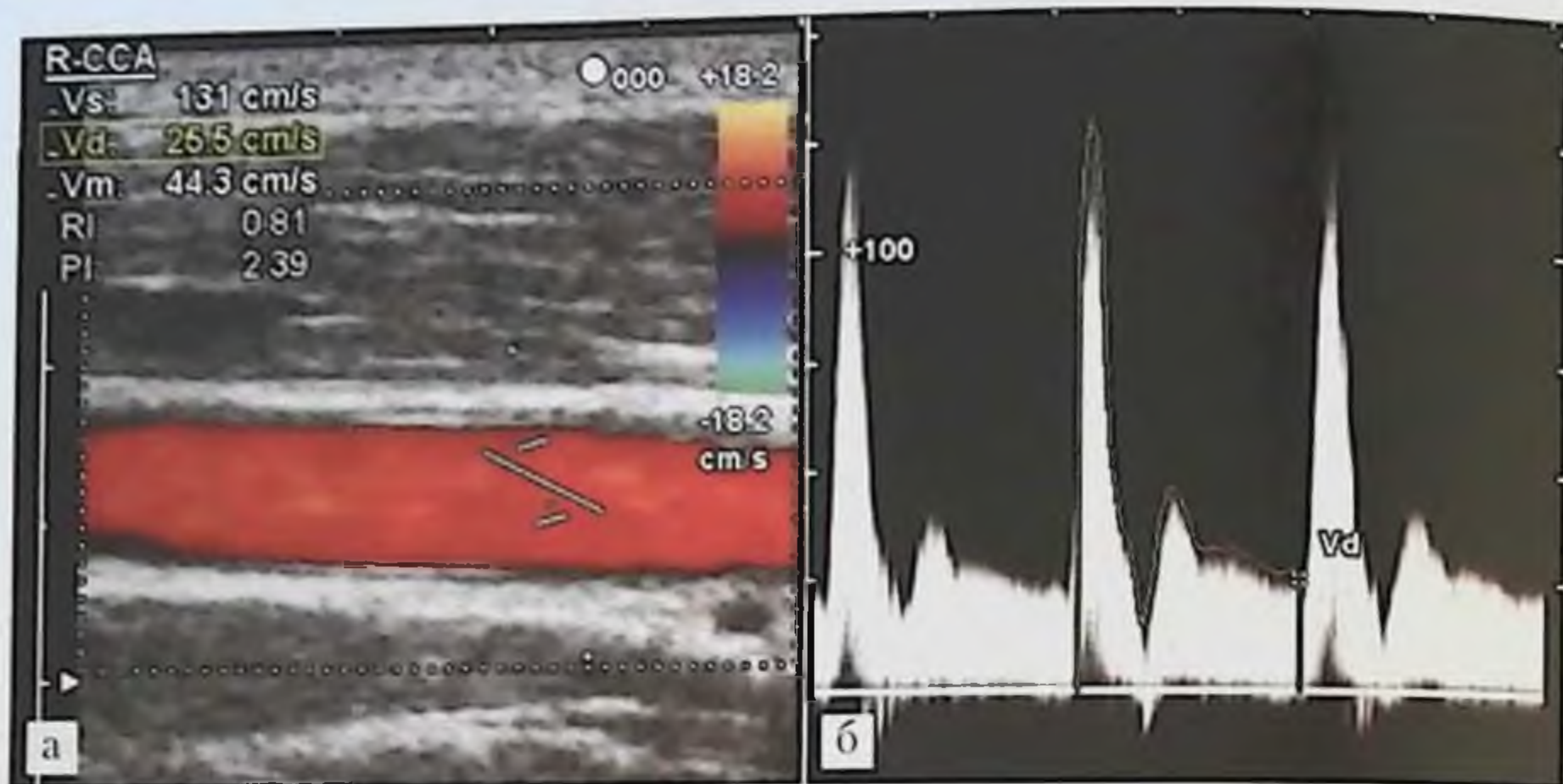


Рис. 6.5. Общая сонная артерия. Продольное сканирование. Режим цветового картирования кровотока по скорости. Спектральный доплеровский режим.

Позвоночная артерия (ПА) является самой крупной ветвью подключичной артерии. В позвоночной артерии принято различать четыре основных сегмента: три экстракраниальных и один на интракраниальном уровне. При ультразвуковом исследовании ПА визуализируется в виде анэхогенного трубчатого образования, имеет место физиологическая асимметрия диаметра с преобладанием левого сосуда над правым.

Первый сегмент ПА ( $V_1$ ) продолжается от устья сосуда до вхождения его в костный канал, образованный отверстиями поперечных отростков шейных позвонков  $C_{II}-C_{VI}$  (рис. 6.6). Второй сегмент ( $V_2$ ) ПА проходит вертикально в этом канале — до отверстия в поперечном отростке позвонка  $C_{II}$  и визуализируется фрагментарно: анэхогенный продольный сигнал от сосуда прерывается вертикальными акустическими тенями от поперечных отростков тел шейных позвонков  $C_{VI}-C_{II}$ . Третий сегмент ( $V_3$ ) представляет собой отрезок сосуда от выхода из костного канала на уровне шейного позвонка  $C_{II}$  до входа в полость черепа. При ультразвуковом исследовании визуализировать третий сегмент ПА возможно двумя способами: при обычном (латеральном) шейном доступе и при заднем доступе, при котором плоскость сканирования проходит через атлантоокципитальное сочленение и латеральную часть затылочного отверстия. В первом случае ПА визуализируется в виде изогнутого трубчатого образования, огибающего  $C_{II}$  и выходящего из костного канала





**Рис. 6.6.** Позвоночная артерия в сегменте V<sub>2</sub>. Режим цветового картирования кровотока по скорости.

(рис. 6.3). Во втором случае визуализируется дистальная часть третьего сегмента ПА в виде характерного рисунка «подковы». Анатомически третий сегмент ПА является в норме наиболее извитым: по выходе из костного канала артерия отклоняется кнаружи и входит в отверстие поперечного отростка атланта, далее огибает его боковую массу, располагаясь горизонтально, направляется назад, а затем вверх и вперед, прободает атланта-окципитальную мембрану и через большое затылочное отверстие входит в полость черепа. Соответственно на своем пути позвоночная артерия делает четыре изгиба в различных плоскостях, которые уменьшают амплитуду пульсовой волны и содействуют равномерному кровотоку по мере приближения к тканям головного мозга.

### **Нормальная анатомия артерий виллизиева круга в ультразвуковом изображении**

Артерии виллизиева круга визуализируются в виде гиперэхогенных пульсирующих структур овальной или продольной формы — в зависимости от скана исследования. Головной мозг кровоснабжают четыре магистральных сосуда: две внутренние сонные и две позвоночные артерии. Внутренняя сонная артерия на уровне основания мозга отдает переднюю и среднюю мозговые артерии. Собственно ВСА в коронарных плоскостях сканирования визуализируются сбоку от области турецкого седла в виде округлых гиперэхогенных структур. В аксиальной плоскости (при сканировании через переднебоковые отделы) ВСА определяются в латеральных отделах цистерны зрительного перекреста.



Внутрикостный отрезок ВСА, проходящий в канале пирамиды височной кости и окруженный венозным сплетением, ввиду особенностей анатомического расположения недоступен для ультразвукового исследования. По выходе из костного канала артерия проникает в пещеристую пазуху, делает S-образный изгиб и отдает первую ветвь — глазную артерию. Отрезок сосуда в пещеристой пазухе носит название сифона. Самый короткий интракраниальный отрезок ВСА располагается в субарахноидальном пространстве, от него берут начало передняя и средняя мозговые артерии. Допплерографическим маркером бифуркации ВСА служит «двунаправленный» сигнал с достаточно выраженной низкочастотной составляющей.

Средние мозговые артерии доставляют 70–80% крови в полушария мозга. В коронарных плоскостях сканирования на уровне средней черепной ямки СМА определяются по ходу сильвиевых борозд. В СМА направление кровотока — к датчику. Передние мозговые артерии (ПМА) являются передними ветвями ВСА (рис. 6.7). При чрезродничковом сканировании в сагиттальной плоскости визуализируются по ходу борозды мозолистого тела с кровотоком, направленным от датчика. Правая и левая ПМА анастомозируют с помощью передней соединительной артерии (рис. 6.8).

Позвоночные артерии, проходя через затылочное отверстие, располагаются в переднелатеральной части продолговатого мозга. Визуализация их возможна субокципитально в сагиттальной плоскости, плоскость сканирования составляет от 30 до 60° к поверхности шеи. Интракраниальные отделы ПА и образованная ими базилярная артерия (БА) при этом определяются в виде буквы «Y», основание которой представлено БА, а боковые «ветви» — ПА (рис. 6.9). БА также визуализируется в сагиттальной плоскости при чрезродничковом сканировании по переднему контуру моста.

Задние мозговые артерии (ЗМА) отходят от бифуркации БА, огибают ножки мозга и продолжаются по медиальной части теменных и затылочных долей. Визуализируются в аксиальной плоскости на уровне ножек мозга.

В проксимальном отделе кровотоков в ЗМА направлен к датчику, при локации дистальных отделов — от датчика. Задние мозговые артерии отходят от бифуркации БА, огибают ножки мозга и продолжаются по медиальной части теменных и затылочных долей (рис. 6.10). Визуализируются в аксиальной плоскости на уровне ножек мозга. В прокси-





**Рис. 6.7.** Передние мозговые артерии. Средние мозговые артерии. Чрезродничковое сканирование в коронарной плоскости. Режим энергетического картирования.



**Рис. 6.8.** Передние мозговые артерии и их ветви в бороздах головного мозга. Чрезродничковое сканирование в сагиттальной плоскости. Режим цветового картирования кровотока по скорости.



**Рис. 6.9.** V<sub>4</sub> сегменты позвоночных артерий и базилярная артерия. Субокципитальное сканирование. Режим энергетического картирования.

мальном отделе кровотоков в ЗМА направлен к датчику, при локации дистальных отделов — от датчика.

От внутренней сонной к задней мозговой артерии идет задняя соединительная артерия. В результате образуется замкнутый артериальный круг большого мозга, или виллизиев круг (рис. 6.11). Передняя мозговая артерия кровоснабжает медиальную поверхность и верхний край лобной и теменной долей. Средняя мозговая артерия залегает в латеральной борозде большого мозга, ее ветви осуществляют кровоснабжение большей части верхнелатеральной поверхности полушария. Задняя мозговая артерия кровоснабжает медиальную и нижнюю поверхности





**Рис. 6.10.** Задняя мозговая артерия. Чрезрешечковое сканирование в сагиттальной плоскости. Режим энергетического картирования кровотока. Спектральный доплеровский режим.



**Рис. 6.11.** Частичная визуализация виллизиева круга. Чрезрешечковое сканирование в коронарной плоскости. Режим цветового картирования кровотока по скорости.

височной и затылочной долей. Ветви мозговых артерий образуют многочисленные анастомозы в мягкой мозговой оболочке. От артерий, проходящих в мягкой мозговой оболочке, отходят в мозговое вещество корковые артерии, снабжающие кору большого мозга и медуллярные артерии, проникающие в белое вещество. Кровоснабжение базальных ядер, внутренней капсулы, части промежуточного мозга обеспечивалось центральными артериями, отходящими вблизи начала трех главных мозговых артерий. Сосудистые сплетения боковых и III желудочков кровоснабжаются ветвями передней ворсинчатой артерии. Кровоснабжение ствола головного мозга и мозжечка осуществляется ветвями позвоночных и базилярной артерий. В интракраниальном отделе (сегмент  $V_4$ ) от ПА отходят задние спинномозговые артерии и самая крупная ветвь — задняя нижняя мозжечковая артерия.

Эхографический метод достаточно эффективен в выявлении аномалий и вариантов строения экстракраниальных отделов магистральных артерий головы у детей. Показатели чувствительности и специфичности метода УЗДС в диагностике различных вариантов строения и аномалий брахиоцефальных артерий составляют соответственно 95,8 и 93,1%.



## Литература

1. *Беленькая Р. М.* Искульт и варианты артерий мозга / Р. М. Беленькая. — М.: Медицина, 1979. — 173 с.
2. *Верещагин Н. В.* Практические аспекты современной ангиологии / Н. В. Верещагин // Клини. мед. — 1982. — № 10. — С. 8–13.
3. *Зубарева Е. А.* Допплерография перинатальных поражений головного мозга / Е. А. Зубарева, И. В. Дворяковский, А. Р. Зубарев, А. Б. Сугак. — М.: Видар, 1999. — 96 с.
4. *Зубарева Е. А.* Клиническая нейросонография новорожденных и детей раннего возраста / Е. А. Зубарева, Л. Ю. Неижко // Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. — Т. 3 / под ред. В. В. Митькова, М. В. Медведева. — М.: Видар, 1997. — С. 9–24.
5. *Дейнека И. Я.* Материалы к анатомии сосудистой системы у детей до 2 лет / И. Я. Дейнека // Тр. Курского медицинского института. — 1940. — Т. 1, вып. 2. — С. 135–158.
6. *Лелюк В. Г.* Ультразвуковая ангиология / В. Г. Лелюк, С. Э. Лелюк. — М.: Реальное время, 1999. — 288 с.
7. *Привес М. Г.* Анатомия человека / М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. — СПб.: Медицина, 1997. — 668 с.
8. *Ратнер А. Ю.* Роль позвоночной артерии в неврологии / А. Ю. Ратнер // Детская неврология: периодический сборник им. А. Ю. Ратнера. — № 2. — СПб., 1995. — С. 5–9.
9. *Сугак А. Б.* Информативность доплерографических показателей в оценке состояния мозговых артерий у новорожденных / А. Б. Сугак, И. В. Дворяковский, А. П. Иванов // Современное состояние методов неинвазивной диагностики в медицине: сб. науч. тр. 5-й Международной конференции. — М., 1998. — С. 113–114.
10. Ультрасонография в нейроредиастрии (возможности и перспективы) / А. С. Иова, Ю. А. Гармашов, Н. В. Андрищенко, Т. С. Паутницкая. — СПб., 1996. — 160 с.
11. *Усов И. Н.* Здоровый ребенок / И. Н. Усов. — Минск, 1984. — 206 с.
12. *Aaslid R.* Transcranial Doppler Sonography / R. Aaslid. — Wien — N.-Y.: Springer-Verlag, 1986.
13. *Carob M.* Diagnostic ultrasound / M. Carob, S. R. Wilson, F. W. Charboneau. — 2<sup>nd</sup> ed. — 1997. — P. 1527–1553.
14. *Gerlock A.* Applications of noninvasive vascular techniques / A. Gerlock, V. Giynani, C. Krebs. — W. B. Saunders Co 1990. — P. 30–40, 73–85, 124–129.



15. *Grant T. G.* Cranial duplex sonography of the infant / T. G. Grant, E. M. White, D. Schellinger // *Radiology*. — 1987. — Vol. 163. — P. 177–185.
16. *Grant T. G.* Duplex sonography reveals blood flow in infant brain / T. G. Grant, F. Tessler, R. Perella // *Diagnostic imaging international*. — 1988. — April. — P. 52–56.
17. *Newton T. H.* The vertebral artery / T. H. Newton, R. L. Mani // *Radiology of the Skull and Brain: Angiography* / T. H. Newton, D. G. Potts. — St. Louis: CV Mosby, 1974. — P. 1659–1709.
18. *Lui K., Hellman J., Soto G.* // *J. Pediatrics*. — 1989. — Vol. 114. — P. 445–458.
19. *Schöning M.* Transcranial color duplex sonography of basal cerebral arteries: reference data of flow velocities from childhood to adulthood / M. Schöning, G. Niemann, B. Hartig // *Neuropediatrics*. — 1996. — Vol. 27. — P. 249–255.
20. *Zwiebel W. J.* Introduction to vascular ultrasonography / W. J. Zwiebel. — Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1992.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема адекватной оценки состояния головного мозга волновала лучшие умы человечества испокон веков. «Чем больше мы понимаем, как устроен головной мозг, тем лучше мы можем лечить его заболевания...», — идея, определяющая действия многих поколений врачей и ученых. Неудивительно, что огромный интерес вызывали методы нейровизуализации, в частности технологии, не связанные с ионизирующим излучением, — УЗИ, МРТ. Очень важное значение это имеет для плодов и новорожденных.

Несомненно, необходимой базой для достоверной трактовки изображений являются сведения об анатомии мозга и сопоставлении возможностей различных модальностей в визуализации индивидуальных особенностей строения головного мозга, рассматриваемых с учетом возрастных особенностей (срок гестации, зрелость и т. д.). Однако количество публикаций по этой проблеме по-прежнему ограничено. В работе сопоставлены эхограммы головного мозга с его анатомическими срезами и магнитно-резонансными томограммами, выполненными в идентичных плоскостях. Эти исследования были проведены как уже родившимся детям, так и пренатально. Авторский коллектив расценивает настоящее издание как первый шаг в работе над серией книг, посвященных проблемам лучевой диагностики заболеваний головного мозга в перинатологии. Будет уделено внимание и современным высокотехнологичным малоинвазивным методам коррекции патологических состояний головного мозга плода и новорожденного.



## Послевузовское и последипломное образование по лучевой диагностике (рентгенология, КТ, МРТ, УЗИ)

Курс лучевой диагностики факультета повышения квалификации ГОУ ВПО СПбГМА им. И. И. Мечникова, возглавляемый профессором Т. Н. Трофимовой, приглашает:

- на циклы сертификационные, тематического и общего усовершенствования по рентгенологии, КТ, МРТ и УЗД, циклы профессиональной переподготовки по УЗД;
- на обучение в интернатуре, клинической ординатуре по специальностям «рентгенология» и «ультразвуковая диагностика»: в аспирантуре и докторантуре по специальности «лучевая диагностика и лучевая терапия»;
- на обучение врачей-стажеров, проведение мастер-классов, интерактивных семинаров, подготовку к аттестации и т. д.

Преподавание проводится в новых, хорошо оснащенных аудиториях, в том числе в компьютерных классах с применением современных технологий. Семинары и практические занятия предусматривают работу на современных мультиспиральных КТ и 1.5 Т и 3.0 Т МР-томографах, экспертных УЗ-сканерах, рентгенодиагностических аппаратах, установленных в различных НИИ и ЛПУ Санкт-Петербурга.

**Внимание!** В 2011 году впервые будет организована последипломная подготовка по применению методов лучевого исследования в пренатологии (УЗИ и МРТ). Осенью планируется проведение очного цикла усовершенствования «УЗИ в пренатологии».

Занятия проводятся на базах кафедры в Санкт-Петербургском медико-генетическом центре и в клиниках репродуктологии «Ава-Петер».

Планируется проведение очно-заочных сертификационных циклов «Рентгенология» (рентгенология, КТ, МРТ), 144 часа. Тематика выездных циклов может быть предложена специалистами Вашего ЛПУ, сроки проведения определяются комплектацией.

По завершении обучения выдаются документы государственного образца. Иногородним представляется общежитие гостиничного типа.

Приглашаем фирмы к сотрудничеству.

**Подробную информацию можно получить на сайте курса**

<http://spb.radiomed.ru> или <http://radiomed.spb.ru>.

**Наш адрес:** Санкт-Петербург, 195067, Пискаревский проспект, д. 47.

СПб государственная медицинская академия им. И. И. Мечникова, павильон 24-2, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ФПК, тел.: 543-00-13, факс: 545-23-98.

**e-mail:** [trofimovaTN@yandex.ru](mailto:trofimovaTN@yandex.ru)



GE Healthcare

# МР-томограф Optima MR360 1.5T

## Оптимальный баланс в МРТ

То, что нужно врачу от МР-сканера

Новый МР-томограф Optima MR360 изготовлен на хорошо известной и проверенной временем платформе с высокой четкостью изображений. Его замечательные гибкость и эффективность обеспечивают преимущества, значимые для всех сотрудников медицинского учреждения.

- операторы выигрывают в результате простоты использования и надежности;
- радиологи расширяют возможности диагностических исследований;
- администраторы получают более высокую степень удовлетворенности пациентов, повышенную производительность и возможности развития системы.

Сочетание потребностей настоящего и будущего

Комплексная поддержка, оказываемая GE Healthcare в рамках программы непрерывной модернизации Continuum, обеспечит надежность, качество, безотказную работу и эффективность системы на многие годы.

Универсальность. Простота в использовании. Широкий спектр приложений.

Высокая надежность. Непревзойденное качество изображений.

Разнообразное дополнительное программное обеспечение.

Поверхностные катушки и программные опции.

Изменяемые настройки уровней доступа.

Оптимизированное сканирование и увеличенная производительность.

Прочие дополнительные возможности и функции модернизации см. на сайте [www.gehealthcare.com](http://www.gehealthcare.com).



GE imagination at work

Энергосберегающий продукт  
со статусом

**ecomagination**

GE Healthcare Россия и СНГ

123317, Россия, Москва, Пресненская наб., 10С, 12 этаж

Бизнес-центр «Башни на Набережной», Москва-Сити

Тел.: +7 495 739 69 31, факс: +7 495 739 69 32

[www.gehealthcare.ru](http://www.gehealthcare.ru)





# Пренатальная диагностика

в клиниках «Скандинавия» и «АВА-ПЕТЕР»

- ▣ Аппаратура экспертного класса
- ▣ Опытные и внимательные специалисты
- ▣ Высокая точность диагностики
- ▣ Комфортные условия для пациента

**600-77-77**

[www.avapeter.ru](http://www.avapeter.ru)  
[www.avaclinic.ru](http://www.avaclinic.ru)



GE Healthcare

Правильные возможности.

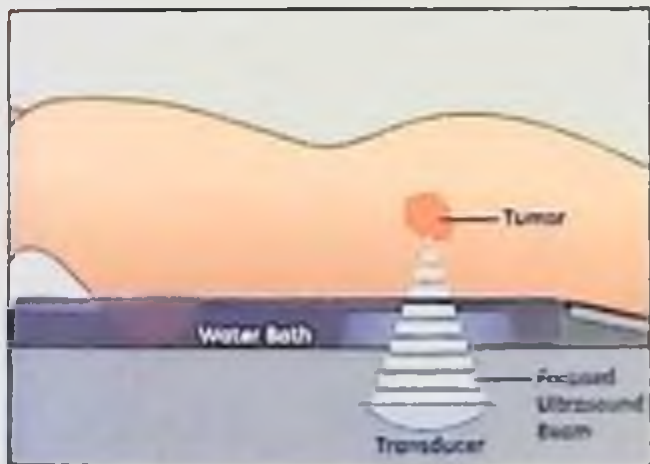
Правильные условия.

Правильные инвестиции

## Представляем МР-томограф Optima™ MR450w

Требования пациентов к МРТ в последние годы изменились в сторону более качественного и комфортного сканирования. Увеличение размера туннеля — это шаг в правильном направлении, но только лишь первый шаг. Благодаря принципиально новым технологиям мы расширили

возможности МР-томографов с широкими туннелями, совместив непревзойденное качество изображений с высокой производительностью при широком — 50 см — поле зрения. Мощность его магнита — 1,5 Тл — используется в отрасли чаще всего, а диаметр туннеля и размер поля зрения позволяют применять этот сканер у большинства пациентов, которым показано проведение МР-томографии. Отсоединяемый независимый стол позволяет совмещать такой МР-сканер с системой для УЗ-облации.



GE imagination at work

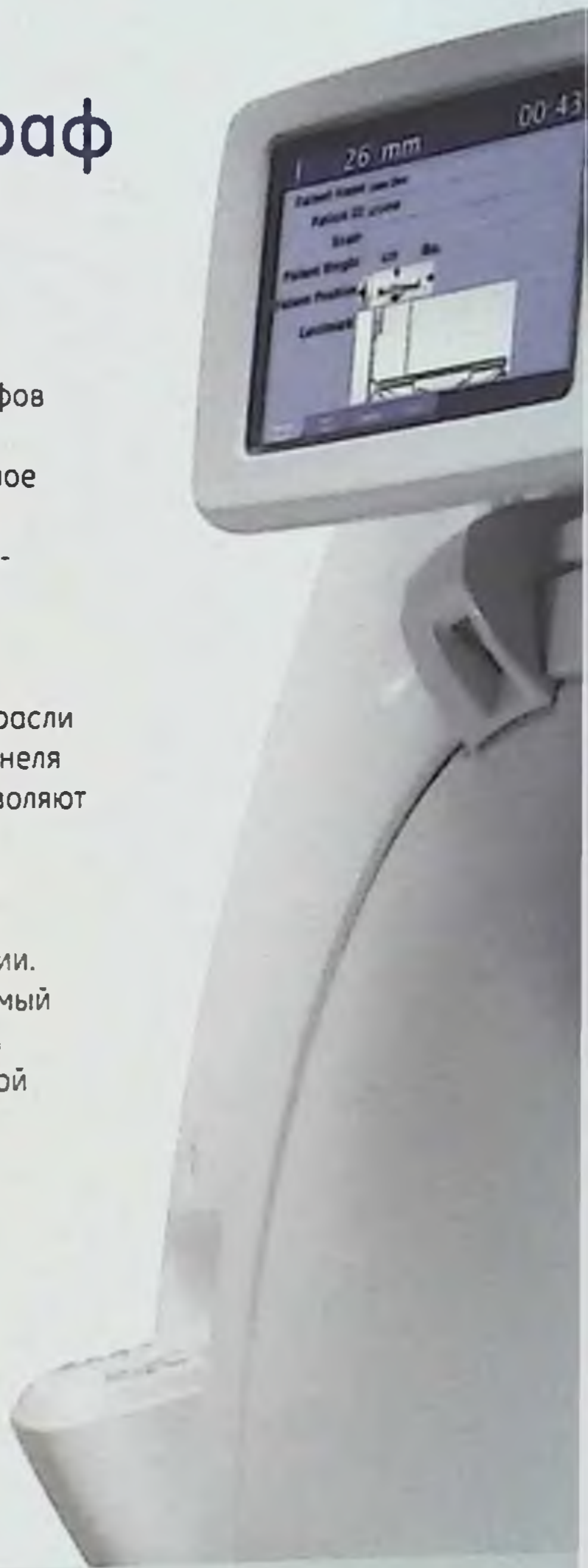
GE Healthcare Россия и СНГ

123317, Россия, Москва, Пресненская наб., 10С, 12 этаж

Бизнес-центр «Башни на Набережной», Москва-Сити

Тел.: +7 495 739 69 31, факс: +7 495 739 69 32

[www.gehealthcare.ru](http://www.gehealthcare.ru)





# **ЛУЧЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО**

под редакцией  
Т. Н. Трофимовой

Редакторы: Т. В. Руксина  
Оригинал-макет: К. К. Ершов

Издательство «Балтийский медицинский образовательный центр»  
190020, Санкт-Петербург, ул. Бумажная, д. 12

Подписано в печать 28.01.2011 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Печ. л. 12,5. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО «РИП», Санкт-Петербург



Выходом в свет книги  
**«Лучевые исследования головного мозга  
плода и новорожденного»**  
под редакцией Т. Н. Трофимовой  
открыта библиотека научно-практического журнала  
**«Лучевая диагностика и терапия»**.  
Подписной индекс журнала: **57991**



Балтийский  
Медицинский  
Образовательный  
Центр

ISBN 978-5-905128-03-5



9 785905 128035