

Diagnostic Pediatric Ultrasound

Dr. Erik Beek, MD, PhD

Consulting Radiologist

Department of Radiology

Wilhelmina Children's Hospital

University Medical Center Utrecht

Utrecht, The Netherlands

Prof. Rick R. van Rijn, MD, PhD

Professor

Department of Radiology

Emma Children's Hospital

Academic Medical Center

Amsterdam, The Netherlands

Foreword by

Alan Daneman, BSc, MBBCh, FRANZCR, FRCPC

2,025 illustrations

Thieme

Stuttgart • New York • Delhi • Rio de Janeiro

Ультразвуковая диагностика у детей

Эрик Бек
Рик Р. ван Рейн

Предисловие Алана Данемана

Перевод с английского

*Под общей редакцией профессора **М.И.Пыкова***



Москва
«МЕДпресс-информ»
2020

УДК 616-07/615.837:616-053.2
ББК 53.6+57.3
Б42

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Перевод с английского: А.Ю.Фатеева, В.Ю.Халатов

Бек, Эрик.
Б42 Ультразвуковая диагностика у детей / Эрик Бек, Рик Р. ван Рейн ; пер. с англ. ; под общ. ред. проф. М.И.Пыкова. – Москва: МЕДпресс-информ, 2020. – 728 с. : ил.
ISBN 978-5-00030-781-6

Предлагаемая книга несколько отличается от обычных учебных пособий. После вступительных глав, посвященных методологии УЗИ у детей и физическим основам метода, в сжатом виде описаны нормальные анатомические свойства изучаемых органов в ультразвуковом аспекте, варианты нормального состояния, возможные артефакты, большинство патологических изменений в различных анатомических областях – голова, шея, грудная клетка и т.д. Большая часть пособия состоит из иллюстративного материала с подробными описаниями и объяснениями эхограмм. Все изображения – высочайшего качества, понятные и очень информативные.

Книга предназначена для врачей ультразвуковой диагностики, неонатологов, педиатров, а также студентов медицинских вузов и факультетов.

УДК 616-07/615.837:616-053.2
ББК 53.6+57.3

ISBN 978-3-13169-731-8

© 2015 of the original English language edition by Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart, Germany. Original title: "Diagnostic Pediatric Ultrasound", 1st edition, by Erik Beek, Rick R. van Rijn

ISBN 978-5-00030-781-6

© Издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2020

Содержание

Сокращения	12
Предисловие	13
От авторов	15
Предисловие к изданию на русском языке	16
Соавторы	17
1 Ультразвуковое исследование ребенка и создание благоприятной обстановки	20
<i>Anne Smets</i>	
1.1 Доброжелательное отношение персонала к маленьким пациентам	20
1.2 Прием у врача	20
1.3 Направление на исследование	21
1.4 Комната ожидания	21
1.5 Кабинет для исследования	22
1.6 Исследование	23
1.7 Советы и рекомендации ...	24
1.8 Отдельная комната	26
1.9 Сообщение результатов исследования	26
Рекомендуемая литература	27
2 Физические аспекты ультразвукового исследования и артефакты	30
<i>Rob Peters</i>	
2.1 Основные принципы ультразвукового исследования	30
2.1.1 Ультразвуковые волны	30
2.1.2 Распространение ультразвука в однородной среде	30
2.1.3 Распространение ультразвука в неоднородной среде	31
2.1.4 Допплеровское ультразвуковое исследование	33
2.2 Построение ультразвукового изображения	35
2.2.1 Сканирование в А-режиме ..	35
2.2.2 Сканирование в В-режиме ..	35
2.2.3 Сканирование в М-режиме ..	36
2.2.4 Цветовое доплеровское картирование	37
2.2.5 Энергетическое доплеровское картирование	37
2.3 Датчики	37
2.3.1 Типы датчиков	38
2.4 Разрешающая способность ультразвукового аппарата	39
2.4.1 Осевое разрешение	39
2.4.2 Латеральное разрешение ...	39
2.4.3 Разрешение по толщине ...	39
2.5 Артефакты при ультразвуковом исследовании	40
2.5.1 Артефакты при двухмерном ультразвуковом исследовании	40
2.5.2 Артефакты при доплеровском ультразвуковом исследовании	42

2.6	Достижения в построении эхографического изображения	42	2.6.2	Гармоническая визуализация	43
2.6.1	Компаундная визуализация	43	2.6.3	Эластография	43
3	Ультразвуковое исследование головы новорожденного	48	2.7	Биологические эффекты и безопасность ультразвука	44
<i>Gerda Meijler, Linda de Vries, Handan Güleriyü</i>					
3.1	Ультразвуковая анатомия головного мозга новорожденного	48	3.4.2	Измерение различных структур мозга	66
3.2	Возрастные изменения и различие между физиологическими и патологическими экзогенными участками мозга новорожденного	53	3.5	Недоношенные дети: патология	68
3.2.1	Белое вещество головного мозга	53	3.5.1	Кровоизлияние в герминативный матрикс – внутрижелудочковое кровоизлияние	68
3.2.2	Глубокое серое вещество головного мозга	58	3.5.2	Постгеморрагическое расширение желудочков	85
3.3	Сроки проведения ультразвукового исследования	60	3.5.3	Повреждение белого вещества	85
3.4	Измерения	65	3.5.4	Инфаркт мозга	93
3.4.1	Измерение желудочков мозга	65	3.6	Доношенные новорожденные	97
			3.6.1	Патология	97
			3.6.2	Врожденные аномалии развития	107
			Рекомендуемая литература		123
4	Позвоночник	128			
<i>Samuel Stafrace, Erik Beek</i>					
4.1	Эмбриональное развитие ..	129	4.4	Патология	135
4.1.1	«Восхождение» спинного мозга	130	4.4.1	Спинальный дизрафизм: открытая форма	135
4.2	Методика ультразвукового исследования позвоночника	131	4.4.2	Спинальный дизрафизм: закрытая форма	137
4.3	Нормальная ультразвуковая анатомия	132	4.4.3	Спинальный дизрафизм: скрытая и закрытая формы ..	140
4.3.1	Анатомические варианты строения спинного мозга ...	133	4.4.4	Воронкообразные втяжения эпителия крестцовой области	146
			Рекомендуемая литература		148
5	Шея	152			
<i>Erik Beek</i>					
5.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	152	5.2	Патология	156
			5.2.1	Сосуды шеи	156

5.2.2	Кистозные образования	158	5.2.6	Щитовидная железа	176
5.2.3	Гемангиомы и сосудистые мальформации	163	5.2.7	Слюнные железы	179
5.2.4	Пиломатриксома	166	5.2.8	Вилочковая железа	183
5.2.5	Солидные опухоли	169	5.2.9	Прочие поражения	185
			Рекомендуемая литература		191
6	Средостение	194			
	<i>Ingmar Gassner, Gisela Schweigmann</i>				
6.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	195	6.2.4	Врожденные сосудистые аномалии	206
6.1.1	Вилочковая железа	195	6.2.5	Объемные образования средостения	216
6.1.2	Трахея	195	6.3	Ультразвуковое исследование средостения в отделении интенсивной терапии: осложнения, связанные с центральным венозным доступом	220
6.1.3	Пищевод	195	Рекомендуемая литература		223
6.1.4	Сердце и крупные сосуды	198			
6.2	Патология	198			
6.2.1	Вилочковая железа	198			
6.2.2	Трахея	199			
6.2.3	Пищевод	201			
7	Плевра и грудная клетка	226			
	<i>Joost van Schuppen, Rick R. van Rijn</i>				
7.1	Показания к ультразвуковому исследованию	227	7.2.5	Диафрагма	229
7.2	Нормальная анатомия и анатомические варианты	227	7.3	Патология	231
7.2.1	Грудная стенка	227	7.3.1	Грудная стенка	231
7.2.2	Плевра	227	7.3.2	Плевральная полость	246
7.2.3	Легкие	228	7.3.3	Легкие	249
7.2.4	Молочные железы	229	7.3.4	Молочные железы	251
			7.3.5	Диафрагма	257
			Рекомендуемая литература		260
8	Брюшная полость и забрюшинное пространство	262			
	<i>Rick R. van Rijn</i>				
8.1	Нормальная анатомия	262	8.2.4	Перитонит	275
8.2	Патология	263	8.2.5	Пневмоперитонеум	277
8.2.1	Сосуды забрюшинного пространства	263	8.2.6	Опухоли брюшины	279
8.2.2	Лимфаденопатия	266	8.2.7	Забрюшинные опухоли	282
8.2.3	Скопление жидкости в брюшной полости	268	8.2.8	Врожденные кистозные образования	288
			Рекомендуемая литература		291

9	Печень и желчные пути	294
	<i>Rick R. van Rijn, R.A.J.Nivelstein</i>	
9.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	295
9.2	Измерение нормальных физиологических показателей печени	297
9.2.1	Портальный кровоток	297
9.2.2	Кровоток по печеночной артерии	297
9.2.3	Венозный отток из печени ..	297
9.3	Патология	299
9.3.1	Врожденные аномалии развития	299
9.3.2	Инфекции	307
9.3.3	Приобретенная патология желчных путей	313
9.3.4	Травма	331
9.3.5	Опухоли	339
9.3.6	Аэробилия	365
9.3.7	Прочая патология печени и желчных путей	365
	Рекомендуемая литература	370
10	Селезенка	372
	<i>Samuel Stafrace</i>	
10.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	372
10.1.1	Эмбриональное развитие ...	372
10.1.2	Анатомические особенности	372
10.1.3	Методика исследования и нормальная ультразвуковая картина	373
10.1.4	Эхогенность и ее изменение с возрастом	375
10.1.5	Васкуляриность	376
10.1.6	Нормальные анатомические варианты	376
10.1.7	Нормальные размеры селезенки	378
10.2	Патология	380
10.2.1	Аномалии локализации и количества	380
10.2.2	Отклонение от нормальных размеров	385
10.2.3	Механические повреждения селезенки	401
10.3	Благодарности	405
	Рекомендуемая литература	405
11	Ультразвуковое исследование желудочно-кишечного тракта ...	408
	<i>Simon Robben</i>	
11.1	Пищевод	411
11.2	Желудочно-пищеводное соединение	411
11.3	Желудок	413
11.4	Тонкая кишка	418
11.5	Червеобразный отросток ..	440
11.6	Ободочная кишка	440
11.7	Прямая кишка	452
11.8	Анус	453
11.9	Кишечная непроходимость у новорожденных	455
11.10	Заключение	463
	Рекомендуемая литература	463
12	Поджелудочная железа	468
	<i>Maria Raissaki, Marina Vakaki</i>	
12.1	Методика исследования ...	468
12.2	Нормальная анатомия, анатомические варианты и псевдопоражения	472

12.3 Патология	480	12.3.4 Опухоли	498
12.3.1 Аномалии развития	480	12.3.5 Кистозные образования	503
12.3.2 Панкреатит	483	Рекомендуемая литература	509
12.3.3 Наследственные заболевания	492		
13 Почки			512
<i>Maria Beatrice Damasio, Ann Nystedt, Lil-Sofie Ording Muller, Giorgio Piaggio</i>			
13.1 Нормальная анатомия и анатомические варианты	512	13.7 Инфекции мочевых путей ..	546
13.1.1 Почки	512	13.8 Реноваскулярная болезнь	548
13.1.2 Мочеточники	516	13.8.1 Стеноз почечной артерии ...	548
13.1.3 Мочевой пузырь	517	13.8.2 Тромбоз почечной вены	551
13.2 Врожденные аномалии развития почек и мочевых путей	517	13.9 Паренхиматозная нефропатия	552
13.2.1 Гипо-/дисплазия почки	517	13.9.1 Гломерулярные нефропатии	554
13.2.2 Стеноз лоханочно-мочеточникового сегмента ..	518	13.9.2 Канальцевые нефропатии ...	554
13.2.3 Стеноз мочеточниково-пузырного соустья	518	13.9.3 Интерстициальные нефропатии	558
13.2.4 Пузырно-мочеточниковый рефлюкс	520	13.9.4 Сосудистые нефропатии	558
13.2.5 Удвоение собирательной системы почки	520	13.10 Травма почки	558
13.2.6 Подковообразная почка	523	13.10.1 Градация повреждений почки	562
13.3 Уролитиаз и нефрокальциноз	526	13.11 Трансплантация почки у детей	564
13.4 Кисты почек и кистозная нефропатия	531	13.11.1 Ранний послеоперационный период	564
13.5 Аутосомно-доминантная поликистозная болезнь почек	532	13.11.2 Дифференциальная диагностика ранней дисфункции трансплантированной почки	564
13.5.1 Аутосомно-рецессивная поликистозная болезнь почек	533	13.11.3 Дифференциальная диагностика поздней дисфункции трансплантированной почки. Методы визуальной диагностики	570
13.5.2 Нефронофтиз	535	13.12 Мочевой пузырь и уретра ..	573
13.5.3 Гломерулярная кистозная болезнь	535	13.12.1 Врожденные аномалии развития мочевого пузыря ..	573
13.5.4 Губчатая почка	536	13.12.2 Аномалии развития уретры	575
13.5.5 Мультикистозная почка	536	13.12.3 Предстательная маточка	575
13.5.6 Простые кисты почки	537	13.12.4 Аномалии развития мочевого протока	575
13.5.7 Осложненные кисты почки ..	537	13.12.5 Камни мочевого пузыря	577
13.6 Опухоли почки	538	13.12.6 Воспаление мочевого пузыря	579
13.6.1 Злокачественные опухоли почки	539	13.12.7 Опухоли	579
13.6.2 Доброкачественные опухоли почки	544		

13.13	Контрастная цистозография	580	Рекомендуемая литература	584	
14	Надпочечники	588			
	<i>Claire Gowdy, Annie Paterson</i>				
14.1	Эмбриональное развитие надпочечников	588	14.5.6	Гиперплазия надпочечников у детей старшего возраста ..	596
14.2	Нормальная анатомия	589	14.5.7	Гипоплазия надпочечников	596
14.3	Нормальная ультразвуковая картина	589	14.5.8	Опухоли мозгового вещества надпочечника: нейрогенные опухоли	597
14.4	Варианты анатомии	589	14.5.9	Опухоли мозгового вещества надпочечника: феохромоцитомы	604
14.5	Патология надпочечников	591	14.5.10	Опухоли коры надпочечника	605
14.5.1	Кровоизлияние в надпочечник у новорожденных	591	14.5.11	Прочие опухоли надпочечника	607
14.5.2	Кровоизлияние в надпочечник у грудных детей и детей более старшего возраста	592	14.5.12	Прочие объемные образования надпочечника	610
14.5.3	Кисты надпочечников	594	14.5.13	Болезнь Вольмана	610
14.5.4	Абсцесс надпочечника	594	Рекомендуемая литература	612	
14.5.5	Врожденная гиперплазия надпочечников	595			
15	Женские половые пути	616			
	<i>Willemijn Klein</i>				
15.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	616	15.2.3	Опухоли яичника	630
15.1.1	Нормальные показатели	618	15.2.4	Перекрыт яичника	644
15.2	Патология	618	15.2.5	Воспалительные заболевания органов малого таза	644
15.2.1	Врожденные аномалии развития	618	15.2.6	Аменорея	645
15.2.2	Аномалии развития аноректальной области	625	15.2.7	Преждевременное половое развитие	648
			Рекомендуемая литература	649	
16	Мужские половые пути	652			
	<i>Matteo Baldisserotto</i>				
16.1	Методика ультразвукового исследования мошонки и нормальная ультразвуковая картина	652	16.3.1	Опухоли яичка	659
16.2	Гидроцеле и косая паховая грыжа	654	16.3.2	Вторичные опухоли яичка ..	660
16.2.1	Гидроцеле	654	16.3.3	Экстратестикулярные опухоли и другие объемные образования	663
16.2.2	Косая паховая грыжа	654	16.4	Перекрыт яичка	664
16.3	Опухоли мошонки	659	16.4.1	Интравагинальный перекрыт яичка	664

16.4.2	Экстравагинальный перекрут яичка	666	16.8	Кистозное перерождение сети яичка (тубулярная эктазия)	672
16.4.3	Перекрут привеска яичка	667	16.9	Кисты придатка яичка	672
16.5	Эпидидимит и эпидидимоорхит	667	16.10	Варикоцеле	672
16.6	Идиопатический отек мошонки	670	16.11	Двудольное яичко и полиорхизм	673
16.7	Травма яичка	671	16.12	Неопущение яичка. Ретракция яичка	673
				Рекомендуемая литература	676
17	Костно-мышечная система	678			
	<i>Jim Carmichael, Karen Rosendahl</i>				
17.1	Тазобедренный сустав ребенка	678	17.2	Ультразвуковое исследование костно-мышечной системы у детей старшего возраста	684
17.1.1	Нормальное развитие тазобедренного сустава	678	17.2.1	Артрит	684
17.1.2	Ультразвуковое исследование при дисплазии тазобедренного сустава	679	17.2.2	Мягкотканые шишковидные объемные образования	692
				Рекомендуемая литература	708
18	Интервенционные процедуры, выполняемые под ультразвуковым контролем: биопсия и дренирование	712			
	<i>Alex Barnacle, Derek Roebuck</i>				
18.1	Биопсия	713	18.2	Методика дренирования и оборудование	721
18.1.1	Методика и оборудование	713		Рекомендуемая литература	724
18.1.2	Биопсия опухоли	716			
18.1.3	Биопсия при неопухолевой патологии	717			

Предисловие

Мне доставляет удовольствие писать предисловие к этой книге, посвященной роли и применению ультразвукового исследования (УЗИ) у новорожденных, детей грудного и более старшего возраста.

Уже не одно десятилетие эхография занимает важное место среди лучевых методов исследования в педиатрии. Значительное техническое усовершенствование ультразвукового оборудования, активная позиция и творческий подход многих детских радиологов способствовали неуклонному расширению возможностей применения метода у маленьких пациентов. УЗИ сохраняет за собой ведущие позиции в детской диагностике, несмотря на появление других лучевых методов исследования, и убедительно доказало свои преимущества. К этим преимуществам относится прежде всего отсутствие ионизирующего излучения, что крайне важно в педиатрической практике. Другим замечательным достоинством УЗИ является его доступность, связанная с относительно низкой стоимостью оборудования и небольшими эксплуатационными расходами по сравнению с компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной (МРТ) томографией. Более того, ультразвуковое оборудование можно доставить в палату и провести исследование на высоком уровне у постели пациента, который из-за болезни лишен возможности активно передвигаться. Эхография идеально подходит для выполнения детям, особенно новорожденным и детям младшего возраста, у которых можно получить эксклюзивные изображения, учитывая небольшие размеры тела.

Выполнение УЗИ детям является сложной клинической и интеллектуальной задачей. Его не следует рассматривать просто как продолжение клинического обследования. Оно требует широты знаний о заболеваниях, встречающихся в детском возрасте, понимания ультразвуковых проявлений этих заболеваний и особого внимания

к методике исследования, для того чтобы получить изображение высокого качества как в норме, так и при патологии. Несмотря на то что при УЗИ руководствуются специально разработанными протоколами, никогда не следует ограничиваться только их рамками. Важно проявить подход, обеспечивающий активный поиск патологических изменений и гибкость технических приемов и умений применительно к каждому случаю. Для этого необходимо полное понимание принципов работы оборудования, на котором выполняется исследование, и умение подбирать режим исследования, способный обеспечить наибольшую его информативность.

В последние 4 десятилетия сфера применения УЗИ в педиатрической практике неуклонно расширялась. Однако это расширение было не просто добавлением очередного метода диагностики в комплексное обследование пациентов – УЗИ существенно потеснило другие диагностические исследования, став во многих случаях методом выбора. Речь идет прежде всего о методах исследования, основанных на ионизирующем излучении: рентгенографии, флуороскопии, КТ и ангиографии. Более того, эхография сыграла важную роль и в лечении детей, облегчив выполнение интервенционных вмешательств.

Эта книга является замечательным решением проблем, связанных с выполнением УЗИ у детей. Она отличается полнотой изложения материала и содержит эхограммы высокого качества, иллюстрирующие широкий спектр заболеваний, встречающихся у детей. Столь высокая информативность книги – результат огромных усилий авторов.

Информация, содержащаяся в книге, представляет большую ценность не только для врачей-стажеров, но и для лучевых диагностов и специалистов по уходу за больными детьми, а также для педиатров и детских хирургов, желающих лучше по-

нять роль УЗИ при той или иной детской патологии и ближе ознакомиться с ультразвуковой картиной заболеваний, которые они лечат.

Авторы заслуживают всяческой похвалы за содержательный текст и высокое качество иллюстраций. Для меня большая честь написать предисловие к этой книге, посвященной методу исследования, который играет и будет играть в обозримом буду-

щем ключевую роль в лучевой диагностике у детей.

*Alan Daneman,
BSc, MBCh, FRANZCR, FRCPC,
профессор отделения медицинской
визуализации Торонтского университета,
штатный детский радиолог отделения
диагностической визуализации
Hospital for Sick Children
(Торонто, Канада)*

От авторов

Эхография – чудесный метод исследования среди лучевых методов диагностики, применяемых в педиатрии. Ведь в детской практике часто имеешь дело с маленькими пациентами, у которых небольшие размеры тела и пониженное питание, а это создает благоприятные условия для выполнения УЗИ. Анестезия не требуется, и исследование можно выполнить прямо в палате. Во время самого исследования врач имеет возможность не только визуализировать ту или иную часть тела маленького пациента, но и собрать все необходимые анамнестические данные и получить представление о клинической ситуации в гораздо большей мере, чем позволяют сделать другие методы медицинской визуализации.

Книга предназначена для всех медицинских работников, которым приходится по роду деятельности выполнять УЗИ детям: детских радиологов, общих радиологов, резидентов, проходящих подготовку

по ультразвуковой диагностике, педиатров. Она является результатом усилий многих авторов, описавших особенности ультразвуковой диагностики целого ряда заболеваний органов и систем, в исследовании которых они приобрели наибольший опыт. Такое сотрудничество дало возможность авторам обмениваться иллюстративным материалом.

Нам, авторам этой книги, доставляла удовольствие работа над ней, и мы надеемся, что читателям *Ультразвуковой диагностики у детей* также будет приятно пополнить свои знания, читая эту книгу и пользуясь иллюстративным материалом.

Мы выражаем признательность авторскому коллективу за вклад в написание этой книги и сотрудникам издательства Thieme за поддержку.

Erik Beek, MD, PhD
Rick R. van Rijn, MD, PhD

Предисловие к изданию на русском языке

Ультразвуковая диагностика в педиатрии произвела революцию в визуализирующих методах исследования ребенка любого возраста, но что особенно важно – в периоде новорожденности. Простота, неинвазивность, отсутствие повреждающих факторов и потребности в седации (в большинстве случаев) создают прекрасные условия для быстрой и точной диагностики поражения различных органов и систем. За 40 лет существования этого диагностического метода произошли колоссальные преобразования в качестве техники, обработки изображения, появились новые ультразвуковые технологии, которые раздвинули диагностические рамки в еще большей степени. И все это врачу ультразвуковой диагностики надо знать, чтобы максимально грамотно использовать в своей практической деятельности.

Предлагаемая книга построена по анатомическому принципу, что несколько отличается ее от обычных учебных пособий. В сжатом виде показано большинство патологических изменений в различных анато-

мических областях (голова, шея, грудная клетка и т.д.). Привлекает то, что авторы подробно описывают нормальные анатомические свойства изучаемых органов в ультразвуковом аспекте, варианты нормального состояния, возможные артефакты.

Естественно, в одной книге практически невозможно говорить обо всех нозологических формах, и авторы честно предлагают продолжить изучение того или иного материала по другим литературным источникам. Но тот импульс в изучении патологических изменений органов и систем, который создается этой книгой, настолько высок, что заставляет врача (начинающего или уже имеющего определенный опыт) браться за основательную проработку с различными мелкими нюансами тех или иных болезней.

Большая часть этого учебного пособия состоит из тщательно подобранного иллюстративного материала с подробными описаниями и объяснениями эхограмм. Все изображения – высочайшего качества, понятные и очень информативные.

Михаил Иванович Пыков,
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, вице-президент Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине.

Соавторы

Matteo Baldisserotto, MD, PhD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
School of Medicine
Pontificia Universidade Católica do Rio Grande
do Sul
Brazil

Alex Barnacle, BM MRCP FRCR

Consultant Paediatric Interventional
Radiologist
Department of Radiology
Great Ormond Street Hospital for Sick Children
London, United Kingdom

Erik Beek, MD

Consulting Radiologist
Department of Radiology
University Medical Center Utrecht
Utrecht, The Netherlands

Jim Carmichael

Consultant Paediatric Radiologist
Evelina London Children's Hospital
London, United Kingdom

Maria Beatrice Damasio, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Giannina Gaslini Institute
Genova, Italy

Ingmar Gassner, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Section of Pediatric Radiology
Innsbruck Medical University
Innsbruck, Austria

Claire Gowdy MRCP, CH, FRCR

Consultant Paediatric Radiologist
Paediatric Radiology
Royal Victoria Infirmary
Newcastle upon Tyne, United Kingdom

Handan Güleriyüz, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Pediatric Radiology
Dokuz Eylül University Medical School
Izmir, Turkey

Willemijn Klein, MD, PhD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology and Nuclear
Medicine
Radboud University Medical Center
Nijmegen, The Netherlands

Gerda Meijler, MD PhD

Consultant Neonatologist
Department of Neonatology
Isala Hospital
Zwolle, The Netherlands

Rutger Jan Nieuvelstein, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
University Medical Center Utrecht
Utrecht, The Netherlands

Ann Nystedt, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Sørlandet Hospital Arendal
Arendal, Norway

Lil-Sofie Ording Muller, MD PhD

Consultant Paediatric Radiologist
Unit for Paediatric Radiology
Department of Radiology and Intervention
Oslo University Hospital
Oslo, Norway

Anne Paterson MBBS, MRCP, FRCR, FFR RCSI

Consultant Paediatric Radiologist
Radiology Department
Royal Belfast Hospital for Sick Children
Belfast, United Kingdom

Rob Peters, MSEE

Medical Physicist
Department of Physics & Medical Engineering
VU Medical Center
Amsterdam, The Netherlands

Giorgio Piaggio, MD

Consultant Paediatric Nephrologist
Nephrology Unit
Giannina Gaslini Institute
Genoa, Italy

Maria Raissaki, MD, PhD

Assistant Professor in Paediatric Radiology
University Hospital of Heraklion
Crete, Greece

Prof. Rick R. van Rijn, MD, PhD

Professor
Department of Radiology
Emma Children's Hospital
Academic Medical Center
Amsterdam, The Netherlands

Prof. Simon Robben, MD, PhD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Maastricht University Medical Center
Maastricht, The Netherlands

Derek Roebuck, MBBS, DMRD, FRCR, FRANZCR, MRCPCH

Consultant Paediatric Interventional Radiologist
Department of Radiology
Great Ormond Street Hospital for Sick Children
London, United Kingdom

Anne Smets, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Pediatric Radiology Unit
Department of radiology
Emma Children's hospital
Academic Medical Center
Amsterdam, The Netherlands

Joost van Schuppen, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Emma Children's Hospital
Academic Medical Center
Amsterdam, The Netherlands

Gisela Schweigmann, MD

Consultant Paediatric Radiologist
Department of Radiology
Section of Pediatric Radiology
Innsbruck Medical University
Innsbruck, Austria

Samuel Stafrace, MD, MRCP (UK), FRCR, FRCP (Edin)

Attending Physician – Radiology
Sidra Medical and Research Center
Doha, Qatar
Previously: Consultant Radiologist
Royal Aberdeen Children's Hospital
Aberdeen, Scotland, United Kingdom

Marina Vakaki, MD, PhD

Director of Radiology Department and Head of Ultrasonography Unit
“P & A. Kyriakou” Children's Hospital
Athens, Greece

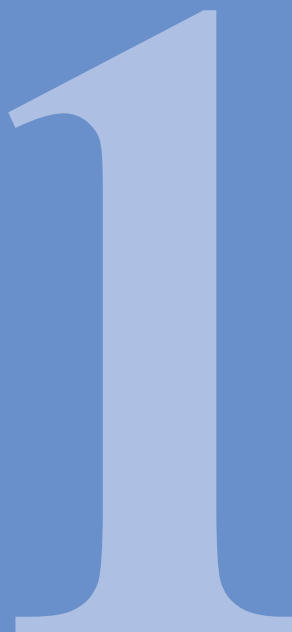
Linda de Vries, MD, PhD

Professor in Neonatology
Department of Neonatology
University Medical Center
Utrecht, The Netherlands

Глава 1

Ультразвуковое исследование ребенка и создание благоприятной обстановки

1.1	Доброжелательное отношение персонала к маленьким пациентам	20
1.2	Прием у врача	20
1.3	Направление на исследование	21
1.4	Комната ожидания	21
1.5	Кабинет для исследования	22
1.6	Исследование	23
1.7	Советы и рекомендации	24
1.8	Отдельная комната	26
1.9	Сообщение результатов исследования	26
	Рекомендуемая литература	27



1 Ультразвуковое исследование ребенка и создание благоприятной обстановки

Anne Smets

Детское отделение лучевой диагностики оказывает помощь пациентам в возрасте от 0 до 18 лет, страдающим теми или иными заболеваниями или получившим травмы, обращающимся в сопровождении обеспокоенных родителей или близких людей, осуществляющих уход за ними. В отделении они обычно находятся недолго – лишь в течение времени, необходимого для получения диагностической информации и, возможно, уменьшения боли и дистресса. Наладив контакт с ребенком, мы повышаем шансы успешно справиться с поставленной задачей, а доброжелательное отношение персонала дает ребенку и его родителям или ухаживающим лицам положительный опыт общения с медицинскими работниками. Спокойствие маленьких пациентов и их родителей или близких при проведении УЗИ облегчает также работу персонала отделения. Кроме того, создание доверительных отношений с ребенком закладывает основу для эффективного сотрудничества с ним при проведении исследований в последующем. Хорошая подготовка к исследованию, включая информирование пациента и создание благоприятной обстановки, является основой для его успешного выполнения.

1.1 Доброжелательное отношение персонала к маленьким пациентам

Создание благоприятной обстановки для исследования начинается с отношения к пациенту персонала: сотрудника регистратуры, ассистентов врачей, технических работников и самих врачей. Персонал должен знать, что нужно пациенту, оказывать ему внимание, давать разъяснения и вселять оптимизм. Нужно быть терпеливым к детям,

любить свою работу и создавать комфортные условия для пациентов. Неуверенность передается ребенку и родителям, а это серьезное препятствие для полноценного исследования. Сотрудники должны понимать, насколько важно доброжелательное отношение к маленьким пациентам и их обеспокоенным родителям для проведения исследования, в том числе и в будущем, если понадобятся повторные исследования, поэтому необходимо подбирать персонал из числа любящих свое дело специалистов, даже если речь идет об отделении общей лучевой диагностики. Без такой преданной делу команды никакое детское оборудование в отделении и никакая специальная логистика не окажут ожидаемого эффекта.

1.2 Прием у врача

Записывая детей на УЗИ, следует учитывать ряд факторов, чтобы подобрать оптимальное время. Если предполагается проведение ряда диагностических тестов или исследований в один и тот же день, то УЗИ следует выполнять до инвазивных исследований, так как они могут вызвать дистресс у ребенка, а это серьезно затруднит контакт с ним. К тому же, плача, ребенок заглатывает больше воздуха, а повышенное содержание последнего в желудке и кишечнике затрудняет исследование органов живота, если вообще не исключает возможность его проведения. Если ребенку предстоит УЗИ верхнего отдела желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), которое выполняют натощак, то исследование следует назначить на возможно раннее время утром. Голодающему ребенку исследование необходимо проводить непосредственно перед следующим приемом пищи.

1.3 Направление на исследование

В практике часто недооценивают стрессогенное воздействие, которое может оказать на ребенка и его родителей такое, казалось бы, «безобидное» исследование, как эхография. Она может оказаться первым лучевым исследованием в жизни ребенка, поэтому сама обстановка и процесс исследования могут быть неизвестны ему и действовать на него пугающе. Кроме того, родители и/или ребенок могут испытывать тревогу от неизвестности результата предстоящего исследования, поэтому лучше всего, если врач, который направляет ребенка на УЗИ, объяснит ему и родителям в доступной форме, что представляет собой это исследование и каких результатов можно ожидать. Желательно подкреплять такие разъяснения памяткой или информационным листком, прилагаемыми к направлению на исследование. В нашем учреждении мы дополняем такую памятку рекомендациями педиатра о том, как можно родителям или близким ребенка объяснить ему предстоящее исследование с учетом возрастных особенностей. И, конечно, желательно указать в памятке номер телефона врача на случай, если у родителей возникнут вопросы, касающиеся исследования.

В направлении указывают дату и время исследования, название исследования, место его проведения и оплаты, какой должна быть подготовка к исследованию (например,



Рис. 1.1 Комната ожидания, удобная для ребенка и родителей. В таком закрытом помещении ребенок постоянно находится под присмотром.

необходимость проведения исследования натощак или при полном мочевом пузыре).

1.4 Комната ожидания

Длительность осмотра детей часто непредсказуема и может превысить запланированное время. Тем не менее всегда следует стремиться к минимальным временным затратам. Скучающих и капризных детей трудно обследовать. Раздраженные родители могут усилить тревожность ребенка и направить его фрустрацию на вас, что также затрудняет работу врача. Это обстоятельство следует учитывать, особенно когда возникает временное окно перед проведением УЗИ. Если задержка происходит неожиданно, нужно найти время, чтобы сообщить ребенку и его сопровождающим о задержке исследования и ее причине.

Место ожидания должно быть безопасным и удобным, чтобы ребенок с родителями могли подождать недолго, пока подойдет их время (**рис. 1.1**). В нашем учреждении мы намеренно отвели для этого закрытое помещение, чтобы родители могли сосредоточиться на административных вопросах, а ребенок – играть в безопасной обстановке и постоянно находиться в поле зрения родителей. Стойка администратора должна быть низкой, чтобы ребенок мог видеть сотрудника, который сидит за ней, и чувствовал себя «включенным в ситуацию» (**рис. 1.2**).

В комнате ожидания должны быть телевизор, по которому показывают короткие



Рис. 1.2 Низкая стойка администратора дает возможность ребенку чувствовать себя «включенным в ситуацию».



Рис. 1.3 Телевизор, по которому показывают короткие мультипликационные фильмы.



Рис. 1.4 Уголок, где дети могут читать, рисовать и играть.



Рис. 1.5 Коллаж, созданный из предметов медицинского обихода. Фотография предоставлена A.Paterson, сотрудницей Королевской больницы для детей-инвалидов в Белфасте (Северная Ирландия).



Рис. 1.6 Предоставление родителям возможности одевать и раздевать ребенка в комнате для переодевания разгружает поток пациентов.

мультипликационные фильмы (рис. 1.3), книги и журналы, стол с бумагой для рисования и карандашами (рис. 1.4), а также много игрушек. Можно предложить и другие развлечения. В Королевской больнице для детей-инвалидов в Белфасте создан коллаж с предметами медицинского обихода (рис. 1.5). Он пользуется большой популярностью у маленьких пациентов, которые играют, пробуя подражать медицинскому персоналу.

Желательно иметь также тихий уголок для очень ослабленных и больных детей, прикованных к постели, которым не интересны такие развлечения.

1.5 Кабинет для исследования

Чтобы легче справляться с потоком пациентов, удобнее иметь две комнаты для переодевания на один кабинет для исследования. Наличие места для переодевания ребенка даст возможность родителям раздевать и одевать ребенка, не прерывая потока пациентов (рис. 1.6). Туалет в комнате для переодевания позволяет быстро выполнять постмикционное исследование.

Обстановка в кабинете для исследования также должна быть удобной. Кабинет должен быть довольно большим, чтобы вместить маленького пациента, его родителей, сибсов и коляску. Место требуется также для того, чтобы переложить стационарно-

Глава 2

Физические аспекты ультразвукового исследования и артефакты

2.1	Основные принципы ультразвукового исследования	30
2.2	Построение ультразвукового изображения	35
2.3	Датчики	37
2.4	Разрешающая способность ультразвукового аппарата	39
2.5	Артефакты при ультразвуковом исследовании	40
2.6	Достижения в построении эхографического изображения	42
2.7	Биологические эффекты и безопасность ультразвука	44



2 Физические аспекты ультразвукового исследования и артефакты

Rob Peters

Эхография – широко распространенный метод визуализации, который применяется в клинической практике уже более 60 лет. УЗИ в медицине – относительно недорогой неинвазивный метод диагностики, который можно применять у постели больного; он характеризуется высоким пространственным и временным разрешением и безопасен. Этот метод основан на использовании эха звуковых волн для получения изображения сканируемой части тела и является производным ультразвукового метода исследования в технике – гидролокаторов, или сонаров (*от англ.* SONAR – SOund NAvigation and Ranging, что переводится как «обнаружение объектов с помощью звука и измерение расстояния до них»), и неразрушающего контроля материалов.

Первое ультразвуковое изображение было получено в Вене в 1946 г. братьями Karl и Friedrich Dussik, которые использовали для этого «метод прохождения, или теневой метод». В 1949 г. было описано импульсное эхо и вслед за этим получены двухмерные ультразвуковые изображения в режиме серой шкалы. В 1956 г. Ziro Kaneko разработал метод доплеровского УЗИ. В 1965 г. компания Siemens разработала первый ультразвуковой аппарат Vidoson, позволяющий получать двухмерные изображения в режиме реального времени в оттенках серой шкалы.

Первые коммерческие ультразвуковые сканеры с матричными датчиками были одновременно созданы в 1971 г. профессором Роттердамского университета Эразма (Нидерланды) Клаасом Бомом (Klaas Bom) (система «Мультискан») и компанией Toshiba (ультразвуковой сканер SSD-12). В 1979 г. совместными усилиями профессора Бома и профессора акушерства Владимирова был создан первый портативный ультразвуковой сканер Minivisor. В дальнейшем ультразвуковые сканеры стали производиться многи-

ми компаниями. Метод совершенствовался, что привело к появлению трехмерного (3D) УЗИ в режиме реального времени и эластографического режима, и в настоящее время продолжает быстро развиваться.

2.1 Основные принципы ультразвукового исследования

2.1.1 Ультразвуковые волны

Под ультразвуком понимают часть спектра звуковых колебаний, соответствующую частоте более 20 кГц. Эти звуковые колебания находятся за пределами восприятия органом слуха человека. Ультразвук, применяемый в медицине, имеет частоту от 1 до более чем 20 МГц.

Ультразвуковые волны являются продольными, т.е. движение частиц среды, которое вызывается ими, происходит параллельно направлению распространения волны. Этим ультразвуковые волны отличаются от поперечных волн, например волн на поверхности воды, при которых движение ее частиц происходит перпендикулярно направлению распространения волны. Вызванное продольными волнами колебание частиц среды приводит к образованию зон компрессии и разрежения, или, соответственно, зон повышенного и пониженного давления.

2.1.2 Распространение ультразвука в однородной среде

Степень компрессии зависит от свойств проводящей среды. Эти свойства характеризуются акустическим импедансом Z :

$$Z = \rho c \text{ (кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}\text{)}, \quad (2.1)$$

где ρ – плотность среды (кг/м^3), а c – скорость распространения звука в среде ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$). В **таблице 2.1** приводятся акустические свойства некоторых веществ и тканей.

Частота (f) ультразвуковых волн не зависит от свойств проводящей среды, в отличие от длины волны (λ), зависимость которой от свойств среды выражается уравнением:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.2)$$

2.1.3 Распространение ультразвука в неоднородной среде

Подобно видимому свету, ультразвук имеет свойство на границе раздела двух сред преломляться и отражаться (**рис. 2.1**) в соответствии с законом Снелля:

$$\frac{\sin\alpha_i}{c_1} = \frac{\sin\alpha_r}{c_2} = \frac{\sin\alpha_t}{c_3} \quad (2.3)$$

Отражение

Коэффициент отражения R_p характеризует фракцию звукового давления, отражающуюся от поверхности, и описывается следующим уравнением:

$$R_p = \frac{P_i}{P_r} = \frac{Z_2 \cos\alpha_i - Z_1 \cos\alpha_t}{Z_2 \cos\alpha_i + Z_1 \cos\alpha_t}, \quad (2.4)$$

где P_i и P_r представляют собой соответственно давление (амплитуду) падающего луча и давление отраженного луча. При прямом угле падения звукового луча ($\alpha=0$, $\cos\alpha=1$) формула упрощается, принимая вид:

$$R_p = \frac{P_i}{P_r} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (2.5)$$

Интенсивность (сила) звука характеризуется его мощностью (энергия за единицу времени) на единицу поверхности. Она пропорциональна квадрату амплитуды давления.

$$I \propto P^2 \quad (2.6)$$

Если ультразвуковая волна падает перпендикулярно поверхности среды, формула для определения коэффициента отражения

Таблица 2.1 Акустические свойства различных веществ и тканей

Вещество/ткань	ρ , кг м^{-3}	c , м с^{-1}	Z , $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1} (\cdot 10^6)$
Воздух	1,2	330	0,0004
Легкое	300	600	0,18
Жир	924	1450	1,34
Вода	1000	1480	1,45
Почка	1041	1565	1,63
Кровь	1058	1560	1,65
Печень	1061	1555	1,65
Мышца	1068	1600	1,71
Кости черепа	7500	4080	30,6

звукового луча, выраженная через его интенсивность, принимает вид:

$$R_I = \frac{I_i}{I_r} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2, \quad (2.7)$$

где I_i и I_r – соответственно интенсивность падающего и интенсивность отраженного лучей.

Коэффициент отражения R_I имеет значения от 0 до 1. Если R_I равен 0, отражения энергии не происходит и эхосигнал отсутствует. Это наблюдается, когда $Z_1=Z_2$. Прерывания среды не происходит, и граница раздела, от которой ультразвук должен отразиться, отсутствует. При $R_I=1$ вся энергия падающей волны отражается. Передачи энергии через границу раздела не происходит. Такое явление наблюдается при значи-

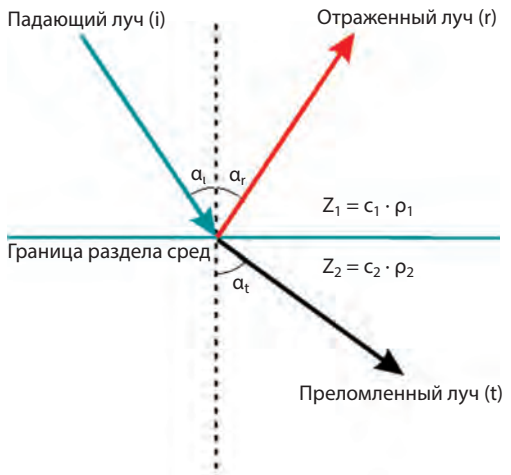


Рис. 2.1 Отражение и преломление на границе двух сред.

тельной разнице между Z_1 и Z_2 ($Z_1 \ll Z_2$ или $Z_1 \gg Z_2$).

Как видно из **таблицы 2.1**, значение акустического импеданса биологических материалов находится в пределах от 1,3 до $1,7 \cdot 10^6$ кг·м⁻²·с⁻¹, что обуславливает разницу коэффициентов отражения в пределах 0,02. Это означает, что до 2% интенсивности падающего луча отражается на границе раздела сред, а 98% проникает через нее и может вызвать эхосигналы от соседних структур. Обратите внимание, что без этих небольших различий в акустическом импедансе биоматериалов получить ультразвуковое изображение невозможно.

Преломление

Как показано на **рисунке 2.1**, луч, прошедший через границу раздела сред, является преломленным. В тех случаях, когда $c_2 > c_1$, угол падения волны α_i превышает определенное критическое значение, обозначаемое α_c . Такой угол называется критическим (**рис. 2.2**). В этом случае отраженный луч не проникает во вторую среду, а направлен вдоль поверхности раздела и, следовательно, $\alpha_t = 90^\circ$.

Значение критического угла α_c рассчитывают, подставляя в уравнение 2.3 $\sin \alpha = 1$:

$$\sin \alpha_c = \frac{c_1}{c_2} \quad (2.8)$$

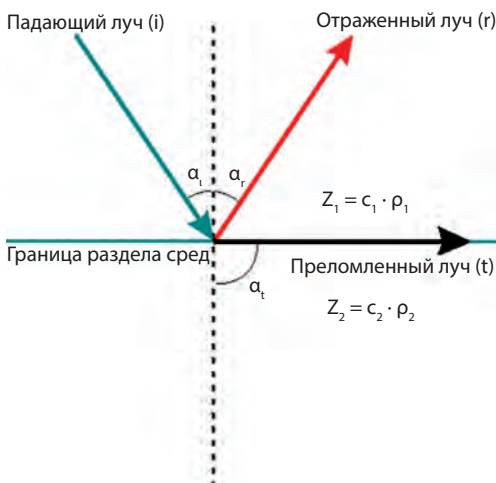


Рис. 2.2 Отражение ультразвукового луча под критическим углом.

На границе раздела жировой и мышечной ткани мы получаем $\sin \alpha_c = 1,450/1,600$, что дает значение критического угла, равное 65° .

Рассеивание

Гладкая граница раздела между двумя средами, когда ее толщина значительно превышает длину ультразвуковой волны, обуславливает ее отражение, о чем уже говорилось ранее. Такой тип отражения называется зеркальным, или гладким. Неровность границы раздела обуславливает так называемое незеркальное отражение. Падающий луч в этом случае отражается в определенном диапазоне значений угла отражения. Такое явление наблюдается, когда отражающий объект, находящийся в ткани, мал и имеет сопоставимые или меньшие размеры, чем длина волны ультразвукового луча. Незеркальное отражение иначе называется диффузным отражением, или рассеиванием.

В случае рассеивания случайные волны могут распространяться в большом диапазоне углов отражения. Это означает, что при интенсивном обратном рассеивании часть (весьма небольшая) рассеянного сигнала может попасть в приемник ультразвукового датчика.

Затухание

Рассеивание и поглощение энергии ультразвукового луча по мере прохождения его через ткань вызывают его затухание, или ослабление. Зависимость затухания ультразвукового луча от проходимого им расстояния подчиняется экспоненциальному закону. На **рисунке 2.3** показано, как ослабевает ультразвуковой луч, проходя через печень, при различных значениях частоты луча и глубины его проникновения. Следует иметь в виду, что общее расстояние, проходимое ультразвуковым импульсом и эхосигналом, в 2 раза превышает глубину его проникновения.

Относительную потерю акустической интенсивности выражают с помощью коэффициента μ (дБ/[МГц·см]).

Децибел (дБ) не является абсолютной единицей, а характеризует отношение, в данном

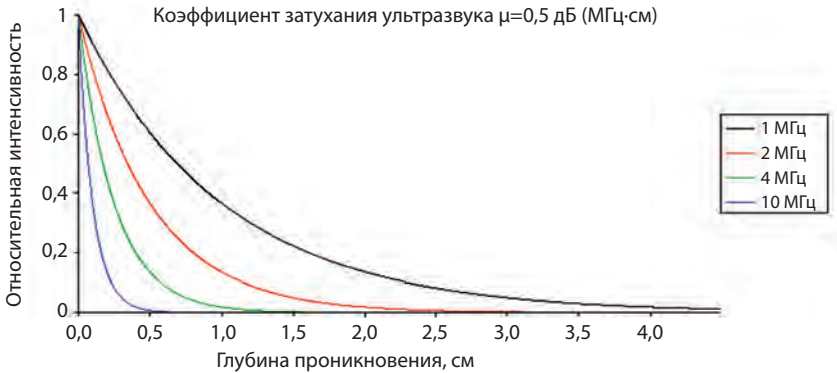


Рис. 2.3 Затухание ультразвукового луча при прохождении через печеночную ткань.

случае отношение интенсивности падающего и преломленного лучей. Относительную интенсивность в децибелах определяют по формуле:

$$\text{Относительная интенсивность} = 10 \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \quad (2.9)$$

Значение отношения интенсивностей, равное 10^6 , соответствует 60 дБ, отношение, равное 2, соответствует 3 дБ, а отношение, равное 0,5, соответствует -3 дБ. Логарифмическая зависимость «сжимает» значения отношения интенсивностей в более удобный для обработки числовой ряд.

2.1.4 Допплеровское ультразвуковое исследование

Эффект Доплера

Под доплеровским эффектом понимают изменение частоты звука, связанное с перемещением его источника относительно приемника. Это изменение частоты называется доплеровским сдвигом. В повседневной жизни мы наблюдаем доплеровский эффект, когда, например, мимо нас проносится машина скорой помощи с включенной сиреной. При приближении машины мы слышим, как высота звука сирены повышается, а по мере отдаления ее от нас – снижается.

При ультразвуковой визуализации встречаются движущиеся объекты, например клетки крови, которые отражают ультразвуковую волну. Клетки крови, таким об-

разом, становятся передатчиками звука (т.е. испускают эхосигнал). На **рисунке 2.4** источник звука движется влево. Длина волны в левой части рисунка меньше длины волны в правой части. Обратные изменения претерпевает частота звука. В направлении, перпендикулярном направлению движения (вверх и вниз), длина волны звука не меняется. Таким образом, изменения частоты звука в этих направлениях отсутствуют. Изменение частоты звука, обусловленное доплеровским эффектом, называемым также доплеровским сдвигом, выражают следующим уравнением:

$$\Delta f = \cos \alpha \frac{2 \cdot f_{\text{send}} \cdot v}{c}, \quad (2.10)$$

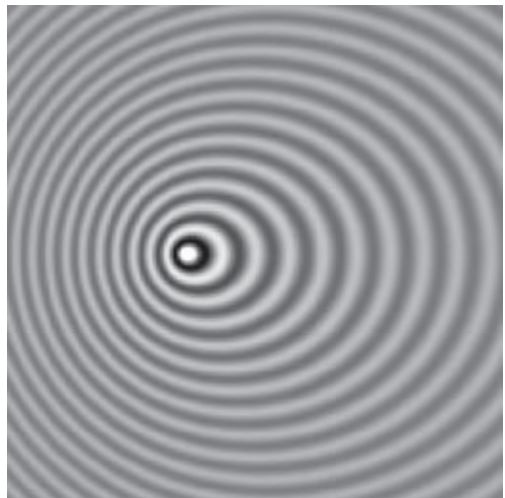


Рис. 2.4 Эффект Доплера.

Глава 15

Женские половые пути

15.1	Нормальная анатомия и анатомические варианты	616
15.2	Патология	618
	Рекомендуемая литература	649

15

15 Женские половые пути

Willemijn Klein

Женский половой тракт состоит из влагалища, шейки матки, тела матки и яичников. Заболевания женского полового тракта у детей редки или недостаточно отчетливо проявляются клинически, поэтому заявки на УЗИ полового тракта у девочек поступают редко. В нашей университетской клинике УЗИ женских гениталий обычно выполняется в связи со следующей патологией: у новорожденных – главным образом с крупными кистами яичников или необходимостью уточнения анатомического пола; у девочек раннего возраста – с опухолями; у девочек-подростков – с опухолями и аменореей.

Чтобы обеспечить оптимальные условия для выполнения УЗИ, мочевого пузырь ребенка должен быть полным хотя бы наполовину. Это обеспечивает акустическое окно и оттесняет содержащие газ петли кишечника от внутренних половых органов. При необходимости мочевого пузырь при исследовании новорожденных можно наполнить физиологическим раствором через катетер. Использование линейного датчика с высо-

кой рабочей частотой (4–12 МГц) у новорожденных и грудных детей обеспечивает достаточное разрешение. У детей более старшего возраста используют конвексные датчики с частотой 3–6 МГц.

При врожденных аномалиях развития МРТ позволяет точнее, чем УЗИ, определить их анатомические особенности, а некоторые из таких аномалий и вовсе невозможно диагностировать без МРТ.

15.1 Нормальная анатомия и анатомические варианты

В первые дни после рождения матка и яичники у новорожденных девочек бывают заметно увеличены, что связано со стимулирующим влиянием материнских гормонов. Шейка матки по своим размерам приближается к телу матки или даже превосходит его (рис. 15.1). Матка имеет утолщенный

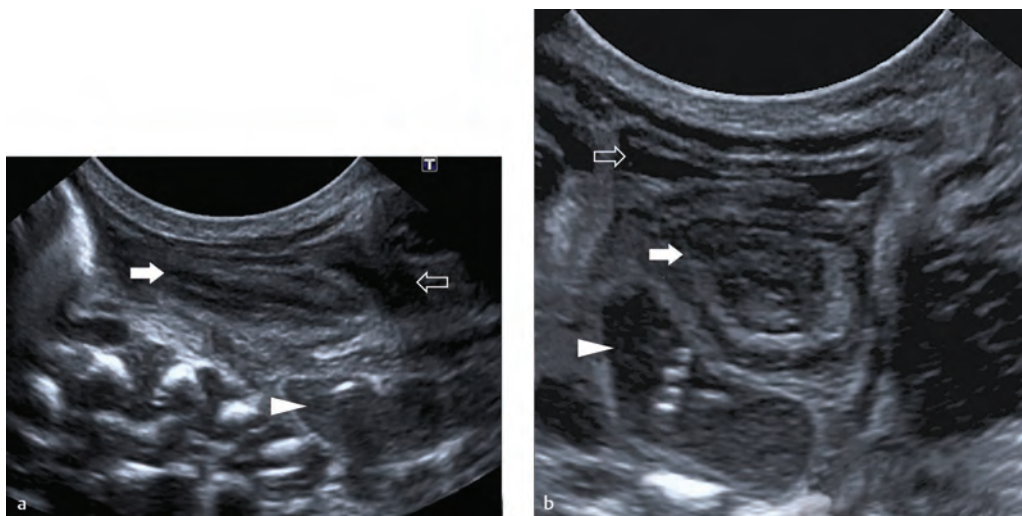


Рис. 15.1 Нормальная матка у новорожденной девочки через несколько часов после рождения. Обратите внимание на большие размеры, особенно относительные размеры шейки матки. Эхограммы в сагиттальной (а) и поперечной (б) плоскостях. Белая стрелка – матка с экзогенным эндометрием; неокрашенная стрелка – мочевого пузырь; головка стрелки – прямая кишка.

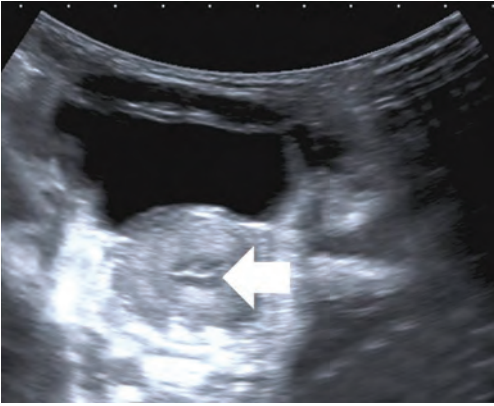


Рис. 15.2 На представленной поперечной эхограмме, полученной у новорожденной девочки, видна нормальная матка. Размеры матки увеличены из-за стимулирующего влияния материнских гормонов. Миометрий утолщен. Эхогенная выстилка полости матки представляет собой эндометрий (стрелка).



Рис. 15.3 Крупная бессимптомная киста яичника у новорожденной девочки на 15-й день после рождения. Незакрашенная стрелка – киста яичника; белая головка стрелки – мочево́й пузырь; незакрашенная головка стрелки – матка.

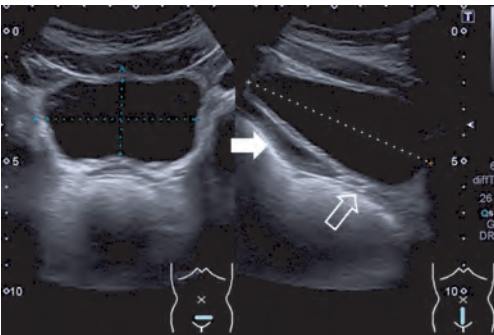


Рис. 15.4 Нормальная матка у девочки 10 лет. Матка маленькая, эндометрий не виден. Белая стрелка – матка; незакрашенная стрелка – влагалище.

миометрий и видимую эндометриальную выстилку (рис. 15.2). Размеры овариальных фолликулов могут быть увеличенными (рис. 15.3). Через несколько дней размеры половых органов уменьшаются и сохраняются такими в течение последующих нескольких лет, после чего отмечается их медленный рост с возрастом и по мере увеличения массы тела. В этот период эндометрий не виден, а фолликулы имеют небольшие размеры (до 1 см; рис. 15.4). В препубертатном периоде (начиная с 9 лет) матка и яичники начинают расти более быстрыми темпами. Тело матки по сравнению с шейкой растет быстрее и приобретает груше-

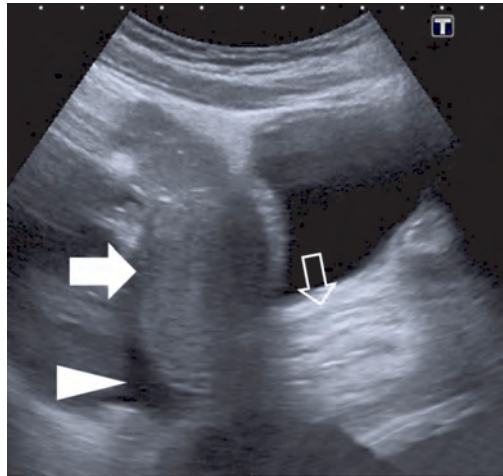


Рис. 15.5 Нормальная матка у здоровой девочки 14 лет после наступления менархе. Миометрий утолщен. Небольшое количество свободной жидкости в прямокишечно-маточном углублении не является патологией. У этой девочки эндометрий не виден, что, по-видимому, связано с его отторжением в соответствии с фазой менструального цикла. Возможность визуализации эндометрия зависит от фазы менструального цикла. Белая стрелка – матка; незакрашенная стрелка – влагалище; белая головка стрелки – свободная жидкость.

видную форму (рис. 15.5). В пубертатном периоде половой тракт девочки достигает размеров, характерных для взрослой женщины, а эндометрий определяется в виде двух эхогенных полосок, толщина которых меняется в соответствии с фазой менструального цикла (рис. 15.6).

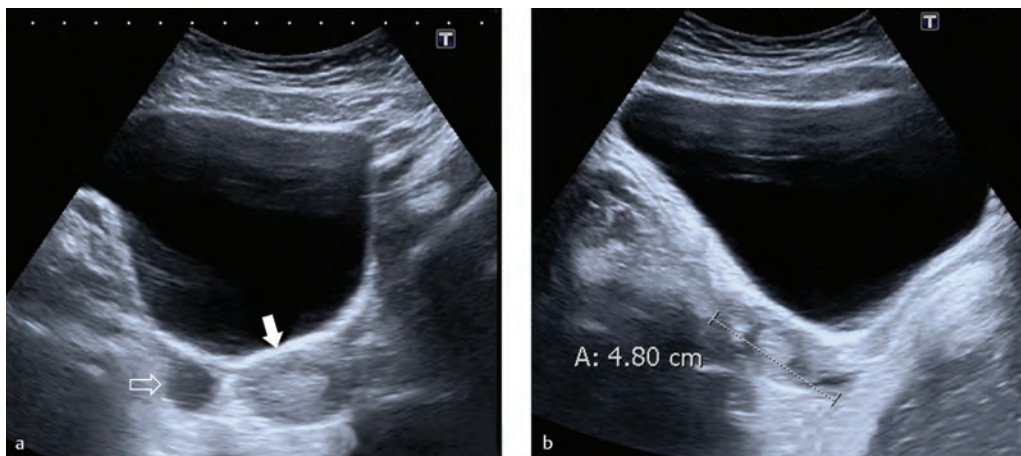


Рис. 15.6 Нормальная матка у девочки 14 лет. **а** – эхограмма в поперечной плоскости: матка (белая стрелка) имеет эхогенный эндометрий. В правом яичнике видна маленькая киста (незакрашенная стрелка); **б** – эхограмма в сагиттальной плоскости.

Таблица 15.1 Нормативные значения объема матки и яичников

Возраст	Число обследованных девочек	Объем матки, мл (SD)	Число обследованных девочек	Объем яичника, мл (SD)
0–1 мес.	15	3,4 (1,2)	6	0,5 (0,4)
3 мес.	7	0,9 (0,2)	4	0,4 (0,1)
1 год	19	1,0 (0,2)	6	0,5 (0,2)
3 года	26	1,0 (0,3)	17	0,7 (0,4)
5 лет	26	1,0 (0,3)	13	0,7 (0,5)
7 лет	28	0,9 (0,3)	15	0,8 (0,6)
9 лет	18	1,3 (0,4)	12	0,6 (0,4)
11 лет	16	1,9 (0,9)	10	1,3 (1,0)
13 лет	8	11,0 (10,5)	8	3,7 (2,1)
15 лет	15	21,2 (13,5)	9	6,7 (4,8)

SD – стандартное отклонение.

Цит. по: Van Rijn R.R., Robben S. Normal values / In: Van Rijn R.R., Blickman J.G. (eds). Differential Diagnosis in Pediatric Imaging. – New York, NY: Thieme Medical Publishers, 2011. – P. 625–660.

15.1.1 Нормальные показатели

Нормальные размеры матки и яичников приведены в **таблице 15.1**. Объем этих органов рассчитывается по формуле объема эллипсоида:

$$\text{Длина} \times \text{ширина} \times \text{высота} \times 0,523 = \text{объем}$$

15.2 Патология

15.2.1 Врожденные аномалии развития

Врожденные аномалии развития женского полового тракта являются следствием нарушения развития парамезонефральных (мюллеровых) и в значительно меньшей степени мезонефральных (вольфовых) протоков, мочеполювого синуса и/или клоаки. Из верхней части парамезонефральных протоков формируются маточные трубы. Нижняя часть этих протоков сливается по срединной линии – процесс, называемый

Глава 17

Костно- мышечная система

17.1	Тазобедренный сустав ребенка	678
17.2	Ультразвуковое исследование костно-мышечной системы у детей старшего возраста	684
	Рекомендуемая литература	708

17

17 Костно-мышечная система

Jim Carmichael, Karen Rosendahl

17.1 Тазобедренный сустав ребенка

УЗИ существенно дополнило возможности лечения заболеваний тазобедренного сустава у новорожденных и грудных детей, особенно его дисплазии и различных форм артрита.

17.1.1 Нормальное развитие тазобедренного сустава

Тазобедренный сустав в эмбриональном периоде приобретает свое окончательное строение через несколько недель после того, как на 8-й неделе беременности образуется суставная щель. Фетальный период характеризуется дальнейшим ростом и ранним окостенением энхондральных ядер подвздошной, седалищной и лобковой костей, которые постепенно срастаются, образуя костную часть суставной впадины, за ис-

ключением зоны роста, соответствующей Y-образному хрящу. К моменту рождения форма суставной впадины широко варьирует от гладкой круглой вертлужной впадины с довольно выраженным латеральным краем (у 85% новорожденных) до поверхностной диспластичной вертлужной впадины (у 3–4% всех новорожденных). Наиболее отчетливо форма видна при ультразвуковом сканировании во фронтальной плоскости, проходящей через середину вертлужной впадины (стандартное положение Графа; **рис. 17.1**). В течение следующих нескольких месяцев по мере окостенения гиалинового хряща вертлужная впадина принимает более зрелую форму, если, конечно, головка бедренной кости стабильна и правильно центрирована. Примерно в 1–2% случаев возникает необходимость проведения у новорожденных абдукционной терапии для облегчения процесса созревания тазобедренного сустава. Это значение увеличивается до 6–7%, если придерживаться определе-

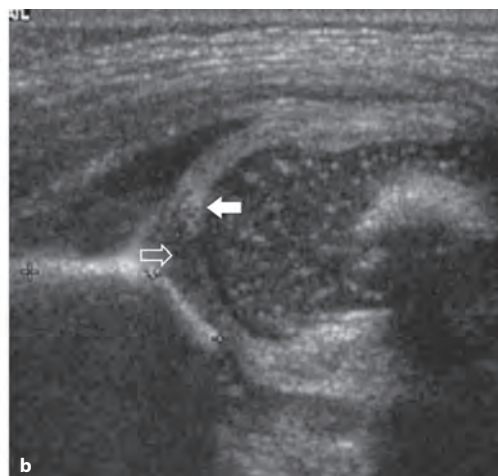
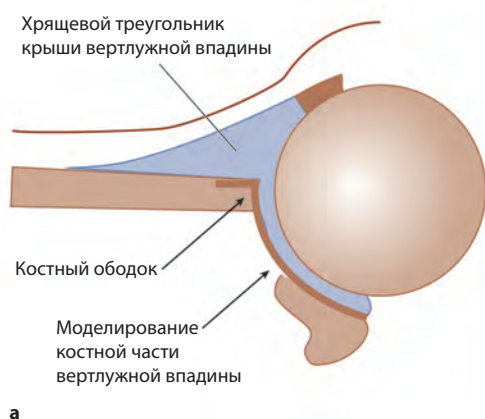


Рис. 17.1 Схематическое изображение тазобедренного сустава во фронтальной (стандартной) плоскости, проходящей через середину вертлужной впадины. **a** – ключевые признаки, по которым тазобедренные суставы делят на различные типы; **b** – вертлужная впадина, состоящая из наружного фиброзно-хрящевая оболочка (стрелка) и внутреннего слоя, представленного гиалиновым хрящом (незакрашенная стрелка).

ния, предложенного для дисплазии тазобедренного сустава.

В норме головка бедренной кости не строго сферична, а имеет несколько овальную форму. Центр окостенения на эхограммах виден у 3% всех новорожденных, и в норме появляется на рентгенограммах с 3–4-го месяца после рождения, у девочек несколько раньше, чем у мальчиков. К 8-му месяцу у девочек и к 10-му – у мальчиков центр окостенения различим в 100% случаев. Появление центра окостенения после 10-го месяца считается патологией. В таких случаях дифференциальная диагностика должна проводиться также с дисплазией Мейера и множественной эпифизарной дисплазией. В течение первого года жизни размер центра окостенения между правой и левой сторонами может слегка различаться.

В возрасте примерно 8–9 лет в краевой зоне вертлужной впадины появляются вторичные центры окостенения. Эти центры, по-видимому, важны для дальнейшего роста вертлужной впадины, и в 18 лет они сливаются с тазовыми костями. У взрослых вертлужная впадина охватывает чуть больше половины сферической поверхности головки бедренной кости.

17.1.2 Ультразвуковое исследование при дисплазии тазобедренного сустава

Дисплазия тазобедренного сустава – наиболее частая костно-мышечная патология у грудных детей. По имеющимся сообщениям, распространенность ее колеблется в пределах 0,5–4% в зависимости от определения, которого придерживаются специалисты, возраста ребенка, этнической принадлежности и метода исследования. Термин «дисплазия тазобедренного сустава» объединяет ряд заболеваний с широким диапазоном изменений в тазобедренных суставах: от нормы до тяжелой дисплазии, с сопутствующей нестабильностью сустава или без нее у новорожденных до дисплазии и вывиха головки бедренной кости у детей грудного и более старшего возраста. В 30–40% случаев дисплазия тазобедренного сустава бывает двусторонней, при односторонней диспла-

зии чаще поражается левый тазобедренный сустав. Девочки болеют чаще мальчиков, соотношение их в старшем детском возрасте составляет 5:1. Аналогично дисплазия тазобедренного сустава, выявляемая по модифицированной методике Графа (в модификации Rosendahl) у новорожденных, также чаще наблюдается у девочек: 5,7% против 1,2% соответственно. К моменту созревания скелета дисплазия тазобедренного сустава отмечается у 3–19% детей в зависимости от принятого определения этой патологии, возраста пациентов, этнической принадлежности и метода диагностики. Дисплазия тазобедренного сустава обуславливает примерно четвертую часть случаев протезирования тазобедренного сустава, выполняемого взрослым в возрасте до 40 лет.

Методика ультразвукового исследования

Для УЗИ тазобедренного сустава рекомендуется методика, с помощью которой можно выявить морфологические изменения в суставе и одновременно оценить его стабильность. Несмотря на тесную корреляцию между морфологическими изменениями в суставе и нарушением его стабильности, сустав и без морфологических отклонений от нормы может оказаться нестабильным, и наоборот. Морфологические изменения в тазобедренном суставе определяют по методике Графа, сканируя сустав во фронтальной плоскости (стандартной), проходящей через середину вертлужной впадины, в то время как для оценки стабильности сустава используют эхограммы, получаемые также в других плоскостях (например, фронтальной и аксиальной).

Мы выполняем исследование ребенка в боковом положении, укладывая его в самодельный гамачок для стабильности (рис. 17.2). Тазобедренный сустав сканируем, слегка согнув бедро, но в нейтральном положении между отведением и приведением во избежание латерализации в случае нестабильности. Врач, проводящий исследование, поддерживает бедро ребенка правой рукой, держа датчик в левой так, чтобы, скользя по крестцу IV и V пальцами, стабилизировать таз (см. рис. 17.2). Испол-



Рис. 17.2 УЗИ тазобедренного сустава. Ребенок уложен в гамачок в боковое положение, тазобедренный сустав слегка согнут.

зуют линейный датчик с рабочей частотой 5–17 МГц (подбирают соответственно размерам тела ребенка), располагая его вдоль тазобедренного сустава перпендикулярно поверхности кожи. После идентификации нижнего края подвздошной кости, примыкающего к Y-образному хрящу, датчик постепенно поворачивают, пока нижняя часть подвздошной кости не станет параллельной рабочей части датчика (**рис. 17.3а**). В результате получают изображение во фронтальной (стандартной) плоскости (см. **рис. 17.1**). Зафиксировав стандартную плоскость сканирования тазобедренного сустава с головкой

бедренной кости, центрированной в вертлужной впадине, врач, не меняя положения своей руки и тела ребенка, выполняет провокационную пробу типа пробы Барлоу. В тех случаях, когда головка бедренной кости не вправляется, исследование проводят при смещенной головке.

Наиболее точным способом оценки отклонений от нормы при УЗИ тазобедренного сустава является измерение ацетабулярного угла α , или угла крыши вертлужной впадины, на эхограмме, полученной во фронтальной среднеацетабулярной плоскости (см. **рис. 17.3а**). Угол α является эквивалентом ацетабулярного индекса, оцениваемого по рентгенограммам таза, и определяется по линиям, проведенным через *фиксированные* костные ориентиры, что повышает точность оценки. В отличие от этого показателя, покрытие головки бедренной кости вертлужной впадиной определяют, используя по меньшей мере один подвижный ориентир, связанный с суставной капсулой (**рис. 17.3б**). При оценке нестабильности тазобедренного сустава, которая наблюдается примерно у 2% всех новорожденных, с помощью этого показателя возможна довольно большая погрешность. Тазобедренные суставы в большинстве случаев стабилизи-

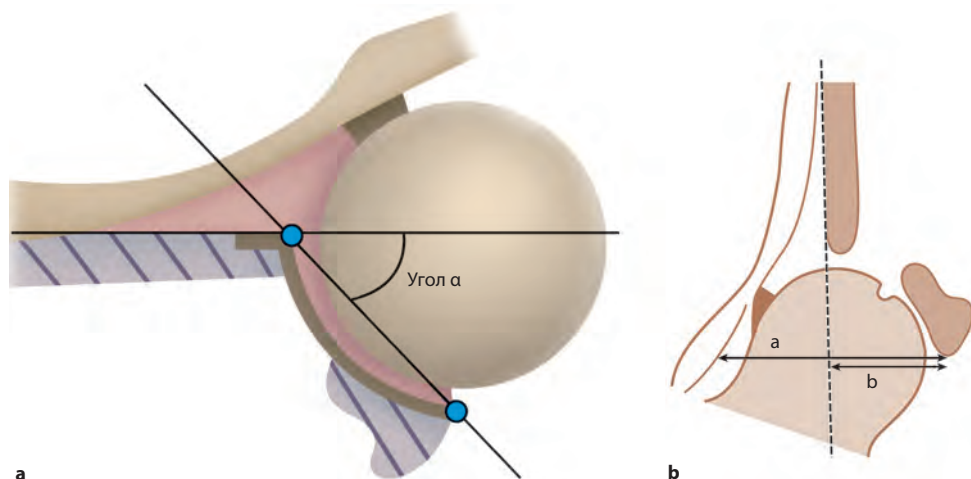


Рис. 17.3 Определение морфологических показателей тазобедренного сустава. **а** – ацетабулярный угол α – это угол, образованный между горизонтальной (базальной) линией и линией, соединяющей костный край вертлужной впадины с каудальным краем подвздошной кости (*заштрихованная часть*); **б** – покрытие головки бедренной кости как показатель, характеризующий форму вертлужной впадины: $a/b \times 100$. Значение этого показателя менее 47% у мальчиков и менее 44% у девочек считается патологическим.

руются в пределах первых 2 недель после рождения. Тем не менее незначительная нестабильность обычно еще сохраняется в течение 3–4 мес., а иногда и дольше.

О стабильности тазобедренного сустава лучше всего судить по результатам УЗИ, так как клинические методы оценки – пробы Барлоу и Ортолани – недостаточно точны. Для этого существуют различные методики, в том числе и динамический мультипланарный метод Harcke. Мы предпочитаем выполнять провокационную пробу после исследования морфологии тазобедренного сустава, оставляя ребенка в том же боковом положении (см. **рис. 17.2**). Для этого правой рукой тазобедренный сустав слегка ротируют внутрь, оказывая при этом легкое давление вдоль бедренной кости (так называемое телескопическое движение). Если нестабильность отсутствует, те же манипуляции повторяют 3–4 раза, слегка увеличив степень ротации внутрь. Учитывая, что беспокойный ребенок, находящийся в состоянии дистресса, может воспрепятствовать выявлению нестабильности тазобедренного сустава, мы стараемся создать благоприятные для исследования условия, в частности используем теплый акустический гель и согреваем руки, перед тем как начать исследование, а иногда, если необходимо, даем младенцу пустышку, смоченную 50% раствором сахарозы, или закапываем ему в рот 1–2 мл 5% раствора глюкозы, как обычно принято в детской практике.

Классификация морфологических изменений и степени стабильности тазобедренных суставов

В зависимости от морфологических особенностей и величины угла α тазобедренные суставы делят на нормальные (угол $\alpha \geq 60^\circ$), незрелые ($50^\circ \leq \text{угол } \alpha < 60^\circ$), диспластичные ($43^\circ \leq \text{угол } \alpha < 50^\circ$) и тяжелодиспластичные (угол $\alpha < 43^\circ$); в каждом из этих случаев сустав может быть стабильным или нестабильным (**рис. 17.4**). Если рассматривать тазобедренные суставы с точки зрения стабильности, то их классифицируют на стабильные, нестабильные (но не вывихиваемые), вывихиваемые (проба Барлоу положительная) и вывихнутые (проба Ортолани положительная) (**рис. 17.5**). При вывихе тазобедренного сустава прибегают к тракции и абдукции, чтобы проверить, вправляется ли головка бедренной кости (**рис. 17.6**). Частично вправимый вывих с ярким вертлужным хрящом на экране часто бывает ассоциирован с задержкой окостенения или дисплазией вертлужной впадины (**рис. 17.7**), хотя гиперэхогенность вертлужного хряща может исчезнуть после вправления головки бедренной кости (**рис. 17.8**). В этом случае показано раннее хирургическое вмешательство для вправления вывиха.

Заключение о результате исследования должно быть стандартизированным и включать показания к исследованию, клиническую картину (если это возможно),

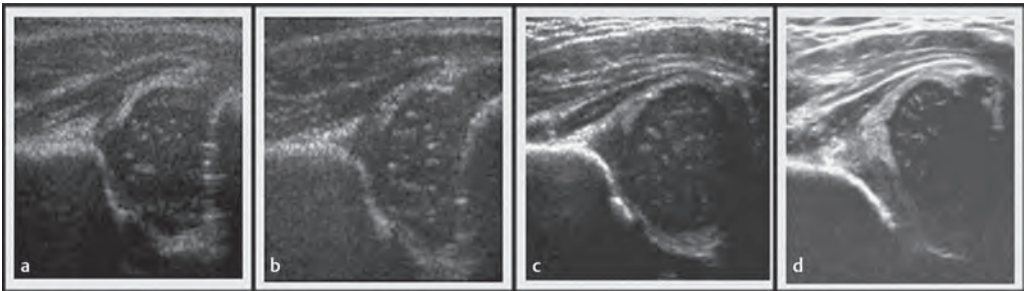


Рис. 17.4 Модификация Rosendahl типов тазобедренного сустава, выделенных Графом. **a** – нормальный тазобедренный сустав: хорошо отмоделированная костная часть вертлужной впадины; острый край костной части вертлужной впадины и узкое покрытие головки бедренной кости хрящевым треугольником крыши; **b** – незрелый тазобедренный сустав: имеются признаки физиологической незрелости сустава. Диспластичный (**c**) и тяжелодиспластичный (**d**) тазобедренный сустав: недостаточно отмоделированная костная часть вертлужной впадины, округленный или уплощенный костный ее край и смещенный хрящ крыши. Эхограммы получены при УЗИ четырех разных новорожденных в первый день после рождения.