

М.Н. Буланов

Ультразвуковая ГИНЕКОЛОГИЯ

Курс лекций

В двух частях
4-е издание

ЧАСТЬ I

Главы 1–13



УДК 618.1-073.43(042.4)

ББК 53.6+57.1

Б90

Буланов, Михаил Николаевич

Б90 Ультразвуковая гинекология : курс лекций : в двух частях / М.Н. Буланов. – 4-е изд. – Москва: Издательский дом Видар-М, 2017.

ISBN 978-5-88429-233-8

Ч. I, гл. 1–13. – 560 с. : ил.

ISBN 978-5-88429-234-5

В издании подробно излагаются вопросы теории и практики ультразвуковой диагностики в гинекологии. «Ультразвуковая гинекология» отражает наработки ведущих отечественных и зарубежных ученых, а также более чем 20-летнюю деятельность автора в этой области.

В книге изложены общие вопросы (в том числе ультразвуковые артефакты и настройка прибора применительно к гинекологической эхографии), нормальная эхокартина гениталий, диагностика нарушений развития репродуктивной системы, нейроэндокринной патологии, эндометриоза, миомы, воспалительных заболеваний, спаечного процесса, внутриматочных вмешательств. Немало внимания уделено диагностике urgentной патологии: внематочная беременность, апоплексии и перекруты придатков матки и пр. Большой раздел посвящен экстрагенитальной патологии малого таза. Много места отведено вопросам ультразвуковой диагностики опухолевидных процессов и опухолей женских половых органов, а также дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных новообразований. Детально излагаются вопросы диагностики экстрагенитальной патологии малого таза, а также заболеваний молочной железы.

Рассмотрены все основные ультразвуковые методики, применяемые в гинекологии: В-режим (в том числе 3D), цветовая/энергетическая, спектральная, 3D-доплерография с расчетом объемных индексов васкуляризации, эластография.

Книга актуальна и для начинающих, и для опытных специалистов.

УДК 618.1-073.43(042.4)

ББК 53.6+57.1

ISBN 978-5-88429-234-5 (ч. I)

ISBN 978-5-88429-233-8

© Буланов, М.Н., 2010, 2012, 2014, 2017

© Оформление. «Издательский дом Видар-М», 2017,
с изменениями

Оглавление

Список сокращений	11
Предисловие к 4-му изданию	12
Предисловие к 3-му изданию	13
Предисловие ко 2-му изданию	14
Предисловие к 1-му изданию	15
1. Общие вопросы	17
Деонтология и условия работы	17
Правила медицинской этики	17
Подготовка кабинета ультразвуковой диагностики	18
Физические основы ультразвуковой диагностики	19
Определение ультразвука. Физические характеристики акустической волны	20
Закономерности распространения ультразвуковой волны в биологической среде	21
Технические принципы работы приборов	24
Принципы работы ультразвукового преобразователя	24
Кратко об основных режимах ультразвуковых исследований (распространенные термины и аббревиатуры)	25
В-режим (разрешающая способность, расчет глубин и расстояний)	26
Допплерография	29
Ультразвуковые артефакты.	32
Артефакты ультразвуковой визуализации в В-режиме	32
Допплеровские артефакты	39
Настройка блоков прибора.	41
Настройка блока В-режима при трансвагинальном доступе	43
Настройка блока цветовой доплерографии	53
Настройка блока спектральной доплерографии	61
Методика обследования	66
Основные принципы и алгоритмы. Значение сочетания трансабдоминального и трансвагинального доступов	66
Особенности проведения трансвагинального исследования	68
Протокол ультразвукового исследования в гинекологии	72
Соноэластография	78
Физические и технические принципы соноэластографии	78
Методика проведения соноэластографии	79
Классификация соноэластографических типов в гинекологии	82

Список литературы	85
Приложения.	87
2. Ультразвуковое исследование органов малого таза у здоровых женщин	91
Краткие сведения о физиологии менструального цикла	91
Экстрагенитальные структуры малого таза.	95
Ультразвуковая анатомия и биометрия матки и яичников	105
Шейка матки.	105
Исследование гемодинамики шейки матки	113
Тело матки	115
Яичники	122
Допплерография яичников	124
Маточные трубы.	124
Динамика эхокартины матки и яичников в течение менструального цикла	128
Десквамация и ранняя регенерация (1–4-й день цикла).	128
Ранняя фолликулярная фаза и ранняя пролиферация (5–7-й день цикла).	131
Средняя фолликулярная/пролиферативная фаза. Начало цервикальной секреции (8–10-й день цикла)	134
Созревание доминантного фолликула и овуляция. Поздняя пролиферация. Формирование слизистой пробки (11–14-й день цикла)	137
Ранняя лютеиновая фаза (формирование желтого тела). Ранняя секреция (15–18-й день цикла)	140
Средняя лютеиновая фаза (расцвет желтого тела). Средняя секреция (19–23-й день цикла).	142
Поздняя лютеиновая фаза (угасание желтого тела). Поздняя секреция (24–28-й день цикла)	146
Эхокартина матки и яичников в постменопаузе	147
Яичники в постменопаузе	147
Допплерография яичников в постменопаузе	151
Матка в постменопаузе	151
Допплерография матки в постменопаузе	151
Соноэластография матки и яичников в норме	152
Список литературы	157
3. Врожденные пороки развития внутренних половых органов	159
Актуальность проблемы. Классификация	159
Особенности обследования. 3D-реконструкция	161

Аплазия матки и влагалища	162
Аномалии влагалища с полной задержкой менструальной крови . .	164
Удвоение матки и влагалища (полное удвоение) без задержки менструальной крови	166
Удвоение матки (двурогая матка с двумя шейками) с единым влагалищем	168
Удвоение матки и влагалища с односторонней задержкой менструальной крови	168
Двурогая матка с одной шейкой	168
Матка с рудиментарным рогом	172
Матка с перегородкой	174
Однорогая матка	178
Седловидная матка	181
Т-образная матка	181
Недоразвитие нормально сформированной матки	182
Использование 3D ультразвукового исследования для дифференциальной диагностики аномалий матки	185
Список литературы	186
4. Эндокринное бесплодие	187
Отсутствие изображения фолликулярного аппарата. Уменьшение количества видимых фолликулов. Отсутствие доминантного фолликула	188
Синдром поликистозных яичников	190
История и терминология	190
Этиопатогенез	190
Морфологические и клинико-лабораторные особенности	191
Критерии ультразвуковой диагностики	192
Мультифолликулярная эхоструктура яичников	200
Синдром персистенции доминантного фолликула	203
Ультразвуковые признаки синдрома лютеинизации неовулировавшего фолликула	203
Недостаточность лютеиновой фазы	207
Множественные доминантные фолликулы (синдром гиперстимуляции)	210
Список литературы	211
5. Эндометриоз	213
Определение. Этиология и патогенез. Эпидемиология. Онкологические аспекты.	213
Определение	213

Этиология и патогенез	213
Эпидемиология	214
Онкологические аспекты	214
Классификация. Взаимосвязь клинических проявлений и ультразвуковой картины	214
Классификация.	214
Взаимосвязь клинических проявлений и ультразвуковой картины эндометриоза	215
Значимость метода. Показания	216
Ультразвуковая диагностика эндометриоза шейки матки	217
Субэктоцервикальный и субэндоцервикальный эндометриоз.	217
Перешеечный эндометриоз.	219
Маска хронического эндоцервицита	219
Эндометриоз шейки матки – доплерография	219
Ультразвуковая диагностика ретроцервикального эндометриоза	222
Допплерография при ретроцервикальном эндометриозе	224
Эндометриоз влагалищно-прямокишечной перегородки	227
Ультразвуковая диагностика внутреннего эндометриоза (аденомиоза).	227
Биометрия матки	228
Эхоструктура эндометрия и полости матки	229
Эхоструктура миометрия	232
Маточная гемодинамика	237
Практическое использование ультразвуковых критериев аденомиоза.	241
Ультразвуковая диагностика эндометриоза яичников	241
Допплерографические особенности эндометриоидных кист	244
Ультразвуковая дифференциальная диагностика эндометриоидных кист	244
Практическое использование ультразвуковых критериев эндометриоидных кист яичников	248
Ультразвуковая диагностика других форм наружного генитального и экстрагенитального эндометриоза	248
Эндометриоз крестцово-маточных связок	248
Малые формы наружного генитального эндометриоза	249
Эндометриоз мочевого пузыря.	252

Список литературы	254
6. Миома матки.	257
Миома матки: патогенез, морфология, эпидемиология, клиническая картина	257
Ультразвуковая классификация миомы матки	258
Ультразвуковая топография миомы матки.	263
Субсерозная миома	263
Интрамуральная миома	271
Субмукозная миома	274
Интрамурально-субмукозная миома	274
Полностью субмукозная миома	276
Перешеечная миома	280
Миома шейки матки	280
Ультразвуковая биометрия миомы матки	285
Размеры узлов	285
Размеры матки с узлами	286
Количество узлов в матке	288
Диффузный миоматоз	288
Динамика размеров миомы.	289
Эхоструктура миоматозных узлов (а также липомы и саркомы).	290
Миома без признаков дегенеративных изменений.	290
Миома с признаками дегенеративных изменений	290
Обызвествление	295
Липоматоз и липома	295
Пролиферирующая миома матки	295
Саркома матки	300
Допплерография при миоме, липоме, и саркоме матки	302
Допплеровская визуализация кровотока в узлах.	302
Топография васкуляризации	302
Тип васкуляризации	303
Интенсивность (выраженность) васкуляризации.	303
Количественные показатели гемодинамики миомы	310
Липома матки.	316
Ультразвуковой мониторинг после оперативного лечения миомы матки	317
Надвлагалищная ампутация матки.	317
Миомэктомия	320
Эмболизация маточных артерий	324
Миома и беременность	324
Соноэластография при миоме матки	329

Заключение	330
Список литературы	330
7. Внутриматочные вмешательства и их осложнения	331
Введение	331
Внутриматочные контрацептивы	331
Петля Липпса	332
Т-образный ВМК	334
Неправильное положение ВМК в полости матки	341
Фрагментация ВМК	344
Перфорация стенки матки ВМК	344
Значение трехмерного (3D) ультразвукового исследования при ВМК	344
ВМК и беременность	347
Состояние после инструментального аборта	349
Состояние после мини-аборта	349
Остатки плодного яйца	349
Плацентарный полип	355
Перфорация стенки матки	359
Артериовенозная аномалия	363
Медикаментозное прерывание беременности	363
Атрезия цервикального канала после манипуляций на шейке матки	365
Эхогистеросальпингография	365
Методика проведения эхогистеросальпингографии	365
Оценка состояния полости матки с помощью эхогистеросальпингографии	368
Оценка состояния маточных труб с помощью эхогистеросальпингографии	371
Оценка состояния малого таза путем заполнения его жидкостью	371
Осложнения эхогистеросальпингографии	372
Список литературы	373
8. Эндоцервицит	375
Введение	375
Особенности морфологии шейки матки при эндоцервиците	375
Ультразвуковые признаки хронического эндоцервицита	377
Особенности ультразвуковой картины эндоцервицита при отсутствии беременностей в анамнезе	378
Особенности ультразвуковой картины эндоцервицита при наличии беременностей в анамнезе	380
Заключение	396

Список литературы	396
9. Эндометрит.	397
Введение	397
Острый эндометрит	397
Ультразвуковые признаки острого эндометрита	398
Хронический эндометрит	402
Ультразвуковые признаки хронического эндометрита	404
Список литературы	416
10. Сальпингоофорит и его осложнения	417
Введение	417
Сальпингоофорит. Этиология. Патогенез. Морфологические особенности. Клинические проявления	418
Острый сальпингоофорит	419
Дифференциально-диагностический ряд при остром сальпингоофорите	420
Ультразвуковые признаки острого сальпингоофорита	422
Гнойные воспалительные tuboовариальные образования	432
Пельвиоперитонит	437
Параметрит	440
Подострое течение гнойного сальпингоофорита. Пиовар.	
Обострения хронического сальпингоофорита	442
Хронический сальпингоофорит. Гидросальпинкс	448
Ультразвуковые признаки гидросальпинкса	449
Ультразвуковые признаки вовлечения яичников в воспалительный процесс	463
Допплерография при хроническом сальпингоофорите	463
Туберкулез тазовых органов	468
Алгоритм визуализации ультразвуковых признаков острого и хронического воспаления маточных труб	469
Список литературы	470
11. Спаечный процесс	473
Введение	473
К вопросу патогенеза спаечного процесса	473
Ультразвуковые признаки спаечного процесса малого таза	477
Прямые ультразвуковые признаки спаечного процесса	477
Косвенные ультразвуковые признаки спаечного процесса	493
Синдром овариальных остатков	495
Список литературы	497
12. Внематочная беременность	499
Введение	499

Распространенность, факторы риска, классификация и клиническая картина внематочной беременности	500
Распространенность ВБ	500
Факторы риска ВБ	500
Классификация ВБ	500
Клиническая картина ВБ	503
О биохимических маркерах внематочной беременности	503
Правила и принципы, повышающие точность ультразвуковой диагностики внематочной беременности	506
Диагностическая значимость эхографии при ВБ	506
Оптимальная методика ультразвуковой диагностики ВБ	506
Физические аспекты трансвагинального исследования при диагностике ВБ	507
Принципы успешного выявления ВБ	509
Ультразвуковые признаки внематочной беременности	509
Косвенные ультразвуковые признаки ВБ	510
Прямые ультразвуковые признаки ВБ	514
Дифференцирование желтого тела и ВБ	524
Ультразвуковые критерии ургентности при внематочной беременности	527
Допплерография при внематочной беременности	532
Редкие формы внематочной беременности	534
Интерстициальная ВБ	534
Брюшная беременность	535
Шеечная беременность	535
Яичниковая беременность	536
Дифференциально-диагностический ряд при внематочной беременности	538
Консервативная тактика при внематочной беременности	541
Соноэластография при внематочной беременности	543
Список литературы	544
13. Разрывы и перекруты придатков матки	547
Введение	547
Апоплексия яичника	547
Ультразвуковые признаки апоплексии яичника	548
Разрыв цистаденомы яичника	555
Перекрут придатков матки	555
Ультразвуковые признаки перекрута яичника	556
Допплерография при перекруте яичника	557
Список литературы	559

Список сокращений

ВБ – внематочная беременность
ВМК – внутриматочный контрацептив
ЛГ – лютеинизирующий гормон
МГц – мегагерц
МРТ – магнитно-резонансная томография
НЛФ – недостаточность лютеиновой фазы
ПКЯ – поликистоз яичников
СПКЯ – синдром поликистозных яичников
ФСГ – фолликулостимулирующий гормон
ХГ(Ч) – хорионический гонадотропин (человека)
ШМ – шейка матки
ЭКО – экстракорпоральное оплодотворение
3D – трехмерный режим
FI – индекс потока (индекс кровотока)
PI – пульсационный индекс
PRF – частота повторения импульсов
RI – индекс резистентности
THI – режим тканевой гармонии
 V_{\max} – максимальная артериальная скорость
 V_{mean} – средняя артериальная скорость
VFI – васкуляризационно-поточковый индекс
VI – индекс васкуляризации
 VV_{\max} – максимальная венозная скорость

Предисловие к 4-му изданию

Дорогие коллеги! Выход уже трех изданий нашей книги свидетельствует о Вашем неослабевающем интересе к актуальным проблемам современной ультразвуковой диагностики гинекологических заболеваний.

В нашей книге мы постарались, не усложняя стиля изложения, максимально детально рассказать о всех основных нюансах, трудностях, подводных камнях ультразвукового исследования в гинекологии. При этом мы откровенно делились с Вами как своими достижениями, так и своими ошибками, на которых могут поучиться наши читатели.

Мы думаем, что вышеизложенное стало одной из причин популярности «Ультразвуковой гинекологии». Пользуясь случаем, выражаем огромную благодарность Вам, дорогие коллеги, за советы, а также столь искренние теплые отзывы. Надеемся, что четвертое издание нашей книги будет интересно всем специалистам, занимающимся ультразвуковой диагностикой в гинекологии.

В заключение хочется обратиться к начинающим врачам. Считаем, эта книга поможет Вам уверенней чувствовать себя при «вхождении в специальность». Мы очень старались, когда готовили эту книгу. Уверены, что если Вы тоже будете очень стараться, усваивая ее обширный материал, то итогом наверняка будет искренняя благодарность в глазах пациенток, которым Вы сумели помочь.

Как говорит русская пословица: «Больше пота – меньше крови».

*Искренне Ваш,
М.Н. Буланов (2017 г.)*

Предисловие к 3-му изданию

Дорогие коллеги! Интерес к нашему скромному труду не ослабевает, поэтому с чувством радости и ответственности мы представляем Вашему вниманию 3-е издание «Ультразвуковой гинекологии».

Теперь книга дополнена большой главой, посвященной ультразвуковой маммографии. Наряду с изложением базового материала особый акцент сделан на вопросах раннего выявления рака молочной железы, поскольку в нашей стране это заболевание занимает первое место среди онкологических причин женской смертности. Отдано должное и приобретающей все большую актуальность Международной маммографической классификации BI-RADS.

В главы по врожденным аномалиям матки и злокачественным новообразованиям яичников также внесены дополнения. Они отражают определенный прогресс, имеющий место в этих областях.

В предисловии к 1-му и 2-му изданию я с благодарностью упоминал ряд замечательных людей. Добавлю к тому списку:

Наталью Станиславовну Павлову, оказавшую немалую помощь в работе над главой, посвященной ультразвуковой диагностике заболеваний молочных желез.

Для нас всегда представляют огромную ценность замечания и пожелания читателей. Мы учитываем их при подготовке каждого издания. Истинное наслаждение читать и слышать столь теплые отзывы. Мы понимаем, что не ошиблись, сделав упор на практическую направленность, на доверительный и откровенный рассказ о всех известных нам нюансах и трудностях ультразвуковой диагностики в гинекологии. Какое счастье – знать, что книга не пылится на полке, а изо дня в день старается помочь Вам.

Как говорит русская пословица: «И не хитро, да больно к стати».

*Искренне Ваш,
М.Н. Буланов*

Предисловие ко 2-му изданию

Дорогие коллеги! С момента выхода всех трех томов 1-го издания прошло меньше года. А мы уже выпускаем 2-е. Почему так быстро? Логичен выход 2-го издания через 3–5 лет, когда успевают произойти заметные технологические и методологические изменения в специальности. Однако уже разошлись и основной, и дополнительный тиражи (за что низкий поклон уважаемым читателям!). Мы оказались перед дилеммой: обойтись стереотипной допечаткой или пойти по пути не радикально, но все же обновленного издания. Второй вариант оказался возможным: у автора накопилось много новых показательных эхограмм, полученных на самом современном экспертном оборудовании; в 1-м издании не освещался метод соноэластографии, в новом издании этот пробел восполнен; рассказано и о возможностях сверхвысоко-частотного (13 МГц) трансвагинального сканирования.

Еще немного о специфике 2-го издания. Принцип «добавить новое, не убирая старого» привел к любопытной ситуации, которой я рискнул воспользоваться: у читателя появится возможность сравнить сходные клинические наблюдения, проиллюстрированные снимками, выполненными как на среднеклассном (или относительно устаревшем) оборудовании, так и на топовых приборах. При этом новые «экспертные» иллюстрации, безусловно, выглядят гораздо разнообразней «по палитре», да и просто «красивее» старых (вы меня понимаете!). Но оказались ли они информативнее? Иначе говоря, гарантирует ли использование дорогостоящего экспертного оборудования более точный диагноз? Думаю, Вы сами ответите на этот вопрос, прочитав книгу (на правах автора раскрою секрет: не будет разочарован никто: пользователи «экспертников» оценят качество новейших технологий, а работающие на «старых добрых машинах» увидят, что тоже могут добиться впечатляющих результатов).

В предисловии к 1-му изданию я с благодарностью упоминал ряд замечательных людей. Добавлю к тому списку:

Романа Николаевича Горта, несомненно обогатившего иллюстративный ряд 2-го издания лапаро- и гистерограммами,

Андрея Геннадьевича Зирина, сделавшего все для того, чтобы я мог пользоваться самым лучшим диагностическим оборудованием.

Признаюсь, меня волновало, как читатели встретят 1-е издание. Результаты даже превзошли наши ожидания. Спасибо Вам, друзья, за теплые отзывы, я очень тронут ими. Надеюсь, наш новый труд тоже будет встречен благосклонно. Книга стала больше, хотя это отнюдь еще не полная антология ультразвуковой гинекологии. Но как гласит знаменитое японское изречение: «Даже путь в тысячу ри¹ начинается с одного шага».

*Искренне Ваш,
М.Н. Буланов (2012 г.)*

¹ Ри – традиционная японская мера длины, равная примерно 3,9 км.

Предисловие к 1-му изданию

Дорогие коллеги! Восемь лет назад вышло электронное руководство «Ультразвуковая диагностика в гинекологической практике», благосклонно встреченное читателями и с легкой руки издателя доступное всем в интернете. Те, кто ждет обещанное второе издание, не ошибутся, купив «Ультразвуковую гинекологию».

Вместе с тем новая книга совсем другая по стилю, акцентам и, конечно, по объему и иллюстративному материалу. В ней отражен не только опыт врача, но также преподавателя и лектора. При этом по-прежнему главное в «Ультразвуковой гинекологии» – практическая направленность.

В основу книги положен материал лекций, подготовленных мною для курсов Ивановской государственной медицинской академии, Новгородского государственного университета, конференций и съездов Российской ассоциации врачей ультразвуковой диагностики в медицине.

На этот раз я попытался объединить жанр лекции-семинара с его доверительной интонацией и жанр научной монографии. Насколько это удалось – судить читателю.

Мне очень везет в жизни на хороших людей. Невозможно перечислить всех, кто внес вклад в мое становление. При этом выражаю искреннюю признательность тем, кого не упомянуть нельзя:

Аркадию Михайловичу Стыгару, открывшему мне дверь в специальность,

Владимиру Вячеславовичу Митькову, не просто «дорогому шефу», но и настоящему другу,

Юрию Петровичу Чегодарю, крестному отцу моего «медицинского писательства»,

Борису Ивановичу Зыкину, привившему мне навыки научной работы,

Евгении Викторовне Федоровой, мудрому и тонкому редактору этой книги.

Само название «Ультразвуковая гинекология» ко многому обязывает. Во время работы над книгой я осознал, что охватить все в гинекологическом ультразвуке – очень ответственно и очень трудно. Буду благодарен читателям за поправки и дополнения. Приведу слова всемирно известной японской пианистки Мицуко Утида, так прокомментировавшей свое прославленное исполнение одного из самых сложных произведений классического репертуара – сонаты «Hammerklavier» Бетховена: «Я знаю, что я никогда и близко не выполню все требования к игре этой сонаты, но есть определенный восторг, который вы чувствуете, когда пытаетесь что-то сделать».

*Искренне Ваш,
М.Н. Буланов (2010–2011 гг.)*

Посвящается Майре

1 | Общие вопросы

Деонтология и условия работы • Физические основы ультразвуковой диагностики • Технические принципы работы приборов • Ультразвуковые артефакты • Настройка блоков прибора • Методика обследования • Протокол ультразвукового исследования в гинекологии • Соноэластография • Список литературы • Приложения

Деонтология и условия работы

Правила медицинской этики

Чехов однажды сказал устами своего героя, между прочим, врача (как и сам Антон Павлович): «В человеке должно быть все прекрасно: и лицо, и одежда, и душа, и мысли»¹. Необходимость сочетания внешней и внутренней безупречности особенно важна для избравших медицинскую стезю. Поэтому наш достаточно длинный разговор об интереснейшей специальности – ультразвуковой диагностике в гинекологии начнется с вопросов именно медицинской этики.

Все начинается с двери. На ней должно висеть объявление о запрете входить не только без стука, но и без приглашения. Оптимальна светящаяся надпись: «Не входите, проводится исследование». Речь идет не только о так называемых посторонних. Почему-то многие, имеющие медицинское образование и одетые в белый халат люди непоколебимо уверены в своем праве беспардонно входить и вести непринужденную беседу с диагностом, невзирая на обнаженную пациентку, лежащую перед «публикой» с раздвинутыми ногами. Без необходимости в кабинет не должен входить никто, включая руководителя. Если ваши коллеги не реагируют на предложенные этические нормы, а ссориться не хочется, просто запирайте дверь ключом на время осмотра.

Однако здесь вступает в силу другое деонтологическое правило: никто не должен сомневаться в вашей собственной этической безупречности во время пребывания с пациенткой наедине, особенно если вы – другого пола. Поэтому необходимо присутствие рядом коллеги, например медсестры. Впрочем, необходимо учитывать пожелания пациентки, в ряде случаев настаивающей, с целью сохранения врачебной тайны, на обследовании без свидетелей.

Вообще количество медиков в кабинете ультразвуковой диагностики во время гинекологического обследования может быть любым, но только ес-

¹ Из пьесы «Дядя Ваня» (1897), слова доктора Астрова.

ли это обусловлено необходимостью (консилиум, обучение). При этом пациентке всегда нужно объяснить, почему в помещении присутствует кто-то еще, так как она может не согласиться с присутствием посторонних. Если вы не уговорите ее, с этим придется смириться. Исключение составляют клинические больницы, при поступлении в которые пациентки подписывают свое согласие на присутствие рядом «школяров». Особенно строго медицинская этика должна соблюдаться при обследовании несовершеннолетних – в кабинете обязательно (!) должна находиться мать девочки или другая близкая родственница.

Подготовка кабинета ультразвуковой диагностики

Планировка помещения

Помещение не должно быть маленьким. Нужно, чтобы в нем свободно разместились прибор (изучите инструкцию – там всегда скрупулезно описаны все условия размещения прибора в помещении с учетом расстояния от ближайших стен и предметов, заземление и пр.), кушетка, стол, стулья для персонала, ширма. Обязательно предусмотрите стулья или лавки для пациентки, на которых она могла бы удобно положить одежду и вещи. Необходимо умывальник. Таким образом, оптимальная площадь кабинета должна составлять 18–20 м². Меньше 12 м² – плохо, поскольку будет грязно и душно, больше 25 м² – неудобно (набегаетесь). Продумайте расположение прибора относительно окна и двери! Свет из окна не должен падать ни на экран, ни на ваши глаза, он должен быть сбоку, причем приглушен шторами или жалюзи, достаточно плотными для того, чтобы не пропускать прямых солнечных лучей. Кушетка не должна быть видна от двери, поэтому учитывайте, в какую сторону открывается дверь, а также предусмотрите эффективную ширму. Идеально, когда вы (будучи правой) сидите за прибором лицом к стене, при этом окно находится слева, а дверь и умывальник – справа (рис. 1.1). Тогда посетительница, войдя, сразу проходит к кушетке и стоящим рядом с ней стульям. Обеспечьте хорошую вентиляцию помещения. Большое значение имеет расположенный рядом удобный и исправный туалет – ведь каждая ваша пациентка должна будет посетить его.

Подключение прибора

Электричество в розетке подвержено перепадам напряжения, особенно у нас. Некоторые производители учитывают это, встраивая в свои машины блоки электростабилизации. Будем считать, что в нашем с вами приборе такого встроенного блока нет, и позаботимся о безопасности его работы. Для этого никогда не будем вставлять вилку электропитания непосредственно в розетку. Прибор должен быть подключен к электросети только через блок бесперебойного питания, мощность которого в ваттах должна как минимум на 20–30% превышать мощность используемого оборудования. Часто традиционно используются «бесперебойники» для персональных компьютеров. Можно обойтись и ими, но оптимально подключать уже существующие специальные блоки для приборов ультразвуковой диагности-



Рис. 1.1. Оптимальная планировка кабинета ультразвуковой диагностики. **а** – близкая к оптимальной планировка кабинета ультразвуковой диагностики; **б** – не пропускающие свет рольставни (или жалюзи и пр.) на окнах.

ки. Лучше всего еще на стадии оформления заказа предложить поставщику включить в спецификацию такой специализированный «бесперебойник», причем тот, который рекомендуется производителем.

При наличии персонального компьютера проверьте, не дает ли он помехи в работе прибора, всегда устанавливайте компьютер подальше. В кабинете не должно быть посторонних бытовых приборов: они не только отвлекают, но и могут создавать электронные помехи, мешающие нормальной работе прибора.

Помехи могут создавать электроприборы и в смежных помещениях (стабилизаторы, электроотсосы, вентиляторы и пр.). Важная реалья сегодняшнего дня: мобильный телефон пациентки должен быть отключен. Звонящий мобильник – помеха не только вашим нервам, но и вашему прибору.

Итак, условия созданы. Прибор включен. Что делать дальше?

Физические основы ультразвуковой диагностики

Врачи по определению – гуманитарии. А мы, акушеры-гинекологи, – гуманитарии вдвойне. Усвоив с определенными усилиями на доступном для меня уровне основы биофизики ультразвука и принципы работы диагностической техники, я почувствовал, что должен поделиться понятием со всеми желающими. А если серьезно, то в дифференциально-диагностическом процессе, которым мы вынуждены непрерывно заниматься, знание тех же акустических феноменов играет роль не меньшую, чем осведомленность о клинико-морфологических особенностях диагностируемой нозологической формы. Нижеизложенное не претендует на роль базового руководства, в списке литературы вы найдете фундаментальные источники. Данный

текст – скорее простенький и, я надеюсь, доступный ликбез по биофизике ультразвука и главным ультразвуковым артефактам, причем в контексте именно гинекологических исследований.

Определение ультразвука. Физические характеристики акустической волны

Определение ультразвука

Звук и ультразвук – это акустическая волна. Акустические волны представляют собой чередования зон сжатия и разрежения в упругой среде вследствие колебания плоской пластины. В этом качестве могут работать голосовые связки, струны скрипки, пьезокристаллы ультразвукового датчика.

Частота ультразвуковой волны

Диапазон слышимого звука располагается в пределах от 20 до 20 000 колебаний в секунду, или герц (Гц). Ультразвук, это все, что выше. Мы знаем, что в природе с помощью ультразвука общаются летучие мыши и дельфины (поэтому первых полюбила кафедра Владимира Вячеславовича², избрав их своей эмблемой, а вторых – ассоциация Михаила Васильевича³, тоже сделав своим логотипом).

В ультразвуковой диагностике оперируют уже не тысячами, а миллионными герц, или мегагерцами (МГц). Практический диапазон частоты (f) диагностического ультразвука 1–15 МГц. Разработаны датчики с более высокими частотами, но они используются очень редко.

Амплитуда ультразвуковой волны

Следующей после частоты важной характеристикой ультразвуковой волны является ее амплитуда (A). По сути это высота волны. Чем выше амплитуда волновых колебаний, тем больше количество энергии, переносимое волной. Именно за счет слишком высокой амплитуды волны могут происходить нежелательный нагрев и кавитация биологических тканей.

Скорость ультразвуковой волны

Скорость ультразвуковой волны (C) зависит от плотности среды, в которой проходит волна. Чем меньше расстояние между молекулами среды, тем быстрее передается волновой импульс и соответственно тем больше скорость волны. Поэтому в разреженной среде (газ) скорость звука низкая, а в вакууме ее нет вообще (Олег Юрьевич⁴ наверняка подтвердит, что в кос-

² Митьков В.В. – заведующий кафедрой УЗД РМАПО, президент Российской ассоциации специалистов УЗД в медицине (РАСУДМ).

³ Медведев М.В. – президент Российской ассоциации УЗД в акушерстве, гинекологии и перинатологии.

⁴ Атьков Олег Юрьевич – летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза, в 1991–2002 гг. президент РАСУДМ.

мосье кричать бессмысленно – не слышно). Напротив, чем плотнее среда, тем больше скорость проходящей в ней звуковой волны. Скорость ультразвука составляет: в воздухе 350 м/с, в мягких тканях 1500–1600 м/с, в камнях 1500–2200 м/с, в костях 4000–5000 м/с. Знание этих особенностей очень пригодится нам, когда будем рассматривать принципы измерений расстояний и размеров в ультразвуковых приборах.

Длина ультразвуковой волны

Теперь осталось рассмотреть четвертую важную составляющую из физических характеристик ультразвуковой волны – ее длину (λ). Длина волны является производной скорости и частоты и рассчитывается по формуле:

$$\lambda = C \cdot f.$$

Длина волны в мягких тканях составляет:

$\lambda = 0,44$ мм при $f = 3,5$ МГц (основная частота абдоминального датчика),

$\lambda = 0,31$ мм при $f = 5,0$ МГц (основная частота полостного датчика),

$\lambda = 0,21$ мм при $f = 7,5$ МГц (основная частота поверхностного датчика),

$\lambda = 0,15$ мм при $f = 10,0$ МГц (основная частота поверхностного датчика высокого разрешения).

Закономерности распространения ультразвуковой волны в биологической среде

Ультразвуковой импульс, посланный датчиком в ткани, возвращается обратно значительно ослабленным и искаженным отражением, если вообще возвращается. Это не теннисный шарик, который совершенно таким же прилетает обратно после каждого нового удара. Рассмотрим, что приводит к изменениям (порой до неузнаваемости) акустической ультразвуковой волны в биологической среде.

Отражение

Отражение волны происходит на границе раздела сред с различным акустическим сопротивлением, или импедансом (рис. 1.2). Важная деталь: волна отразится от препятствия, только если размер препятствия существенно больше длины волны λ . Это хорошо продемонстрировано на рис. 1.3: волны на воде не проходят дальше плавающего куска дерева, поскольку его размер больше длины волн. Таким образом, часть энергии волны отражается и идет обратно (в нашем случае неся первую порцию диагностической информации). Чем выше разница сопротивлений сред, тем больше энергии ультразвука отражается. Так практически весь ультразвуковой импульс отражается на границе воздух–кожа. Именно поэтому между датчиком и кожей воздух устраняют за счет контактного геля, превращающего датчик и тело в относительно однородную с акустической точки зрения среду. Однако часть энергии волны звука проникает дальше в прямом направлении. Это происходит за счет следующего акустического феномена, который называется дифракцией.

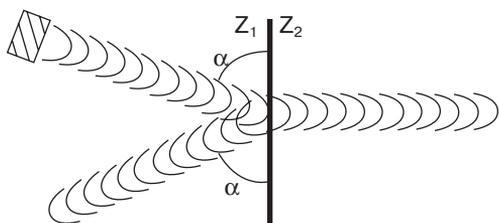


Рис. 1.2. Отражение волны на границе раздела сред с различным акустическим сопротивлением (иллюстрация из электронной «Большой энциклопедии Кирилла и Мефодия». М., 2007).

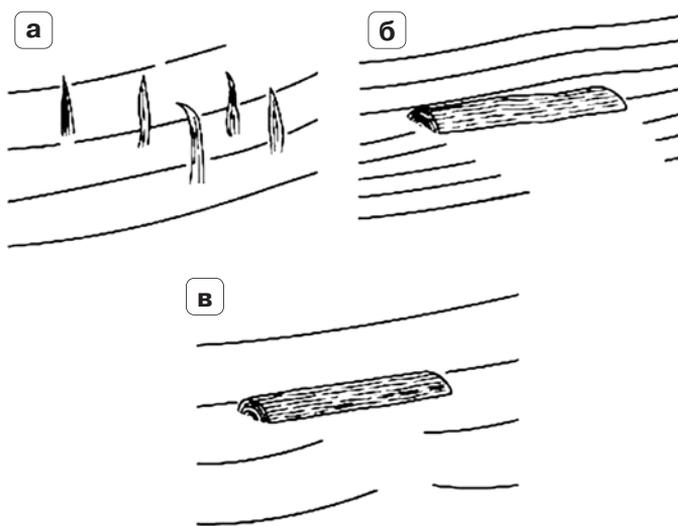


Рис. 1.3. Дифракция. Волны на воде, отражаясь от большого куска дерева (б, в), одновременно «не замечают» стебли осоки (а), поскольку размер этих преград гораздо меньше длины волн (иллюстрация из электронной «Большой энциклопедии Кирилла и Мефодия». М., 2007).

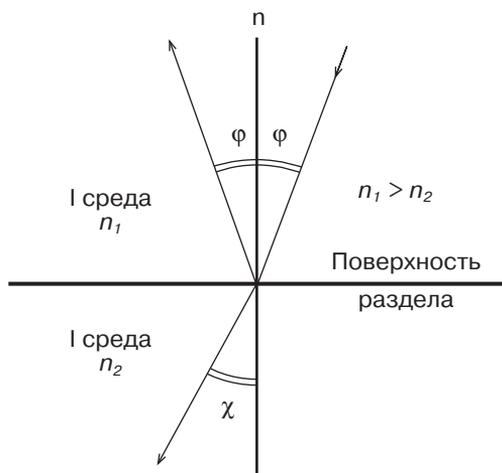


Рис. 1.4. Преломление. При переходе из одной среды в другую волна преломляется, меняя свое направление (иллюстрация из электронной «Большой энциклопедии Кирилла и Мефодия». М., 2007).

Дифракция

Дифракция – это огибание волнами препятствий в том случае, если размер препятствий сопоставим или меньше длины волны λ . На рис. 1.3 хорошо видно, что волны на воде, отражаясь от большого куска дерева, одновременно «не замечают» стебли осоки, поскольку размер этих преград гораздо меньше длины волн. Чем больше длина волны λ по сравнению с размером препятствия, тем сильнее выражена дифракция, тем больше энергии волны идет дальше в ткани.

Преломление

При переходе из одной среды в другую волна преломляется. Преломление – это изменение направления волны в момент преодоления границы между средами с разной акустической плотностью (рис. 1.4). В оптике это может приводить к геометрическим искажениям получаемого изображения. Для нас это чревато тем, что импульс, посланный от одного пьезокристалла, может вернуться в виде отражения совсем к другому пьезокристаллу датчика. Это приведет к очень распространенному артефакту боковых лучей (подробней о нем будет рассказано ниже).

Рассеивание и поглощение

Множественные изменения направления волны за счет мелких неоднородностей приводят к рассеиванию волновых импульсов в среде. Рассмотренные процессы, а также вязкость среды приводят к поглощению волны, а именно потере ее энергии за счет перехода в другие виды энергии, в основном в тепло.

Реверберация

Важным акустическим феноменом, приводящим к значительным искажениям ультразвукового изображения, является реверберация. Реверберация – это «послезвучие», сохраняющееся после выключения источника звука и обусловленное одновременным приходом в данную точку отраженных или рассеянных звуковых волн. В нашей работе очень мешает реверберация в виде многократных переотражений ультразвуковых импульсов между препятствиями – ловушками. Так волна может несколько раз отразиться между датчиком и сильным отражателем (например, дистальной стенкой мочевого пузыря). Различные примеры реверберации будут подробно рассмотрены в соответствующем разделе.

Для ультразвуковой диагностики большое значение имеет знание того, как сильно и как быстро ослабевает ультразвуковая волна в различных биологических средах. Вот примерные расстояния двукратного уменьшения мощности: вода – 300 см, мягкие ткани – 5 см, кости – 1 см. Очевидно, что вода и сходные с ней биологические жидкости являются превосходными проводниками ультразвука, тогда как в большинстве тканей происходит его быстрое ослабевание.