

TEXTBOOK ON MUSCULOSKELETAL ULTRASOUND

TEXTBOOK ON MUSCULOSKELETAL
ULTRASOUND

– for beginners and trained

Lars Bolvig, Ulrich Fredberg and Ole Schifter Rasmussen



Munksgaard Danmark

Ларс Болвиг, Ульрих Фредберг, Оле Шифтер Размуссен

УЧЕБНИК УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

УДК 616.7–073.43
ББК 53.6 (54.18)
У91

Перевод доктора мед. наук А.Н. Хитровой

У91 Учебник ультразвуковых исследований костно-мышечной системы / Болвиг Л., Фредберг У., Размуссен О.Ш.: Пер. с англ. А.Н. Хитровой. М.: Издательский дом Видар-М, 2020. – 212 с., ил.

ISBN 978-5-88429-259-8

Представленная книга датских авторов является современным учебником ультразвуковой диагностики патологии костно-мышечной системы. В учебнике прекрасно изложена уникальная, тщательно выверенная методология обследования больных с указанием стандартных позиций исследования каждой группы мышц и суставов, необходимого положения датчика, укладки пациента, точных эхографических ориентиров, соответствующих позициям в режиме серой шкалы, цветового доплеровского картирования, эластографического изображения. Эхографическая норма отмечена рамками синего цвета. Представлен широкий спектр патологии (эхограммы отмечены рамками красного цвета), включающий патологию и травмы мышц, связок, сухожилий, костной системы, основных туннельных компартмент-синдромов (сдавления нервных стволов в фиброзно-костных каналах). В отдельных главах разбираются опухолевые заболевания мягких тканей, а также патология редко встречающихся в книгах и учебниках областей, таких как патология височно-нижнечелюстного сустава, позвоночника. Эхограммы в большинстве случаев представлены в панорамном виде, отличаются высочайшим разрешением и репрезентативностью, соответствующим современным стандартам европейских критериев качества обследования костно-мышечной системы. В конце книги, в приложении, приведены требования и перечни необходимых навыков, предъявляемых европейским ультразвуковым сообществом к специалистам УЗИ начального и продвинутого уровней.

УДК 616.7–073.43
ББК 53.6 (54.18)

Данное издание TEXTBOOK ON MUSCULOSKELETAL ULTRASOUND
авторы *Lars Bolvig, Ulrich Fredberg and Ole Schifter Rasmussen*
осуществлено по соглашению с *Munksgaard, Copenhagen*
Перевод на русский язык выполнен издательством
ООО «Издательский дом Видар-М»

ISBN 978-5-88429-259-8

- © ООО «Издательский дом Видар-М», перевод на русский язык, 2020
 - © Оформление. ООО «Издательский дом Видар-М», 2020
 - © the authors and Munksgaard, Copenhagen, 2011
- ISBN 978-87-6280-824-9

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ФИЗИКА УЛЬТРАЗВУКА	9
Ультразвуковые артефакты	10
Допплерография	14
Эластография	18
3D/4D-режимы	18
Контрастные препараты	19
Безопасность ультразвуковых исследований	19
Технология исследований	19
Ультразвуковая терминология	20
Ориентация ультразвукового изображения	20
Основные характеристики различных тканей	20
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА	27
Скрининг манжетки плеча	27
Полное ультразвуковое исследование плечевого сустава	27
Анатомия	28
Положение пациента	29
Проекции 1–10	30
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА	57
Положение пациента	57
Проекции 1–7	58
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИСТИ	73
Положение пациента	73
Проекции 1–8	74
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА	97
Положение пациента	97
Проекции 1–8	98

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕННОГО СУСТАВА	117
Положение пациента	117
Проекция 1–8	118
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОПЫ И ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА	149
Положение пациента	149
Проекция 1–10	150
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЦ	179
Положение пациента	179
Проекция 1–2	179
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПУХОЛЕЙ МЯГКИХ ТКАНЕЙ	187
Псевдоопухолевые заболевания	187
Опухоли	189
УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДРУГИХ ОБЛАСТЕЙ	197
Височно-нижнечелюстной сустав	197
Височная артерия	198
Позвочник и крестцово-подвздошное сочленение	198
Проекция 1–3	199
ПРИЛОЖЕНИЕ	203
Приложение 12: Ультразвуковые исследования костно-мышечной системы	203

ПРЕДИСЛОВИЕ

Начиная с первых ультразвуковых сканов в В-режиме в ранних 1970-х годах диагностический ультразвук получил стремительное развитие. Ультразвуковые и МРТ-исследования произвели настоящую революцию в изображении структур костно-мышечной системы. Приоритет в прошлом имела магнитно-резонансная томография, однако с развитием ультразвука высокого разрешения стало возможным получение аналогичного по качеству и даже лучшего изображения с помощью ультразвукового исследования. Высокочастотные линейные датчики (7,5 и до > 20 МГц), цветное картирование, новые методики типа эластографии радикально улучшили визуализацию структур при патологии костно-мышечной системы внутри и вокруг суставов, сухожилий, сумок, мышц, нервов, желез, сосудов.

Основными преимуществами ультразвукового исследования являются: уникальная возможность делать срезы в любых направлениях с получением динамических изображений, что дает возможность ставить диагнозы, недоступные для других методов исследования, высокое разрешение (датчик в 20 МГц имеет осевое разрешение порядка 0,038 мм), отсутствие радиации, низкая эксплуатационная стоимость и отличная транспортабельность оборудования. Ультразвуковое исследование является интерактивной опцией: оператор находится рядом с пациентом и может сосредоточиться именно на зоне, создающей клиническую симптоматику. Подобная прямая корреляция клинической симптоматики и изображения является уникальным свойством ультразвукового исследования, однако современное ультразвуковое оборудование способно выявлять и бессимптомные изменения.

Другим преимуществом ультразвукового исследования являются инъекции, аспирация, биопсия синови, сухожилий, эрозий под контролем ультразвука. Исследования показали, что почти половина неконтролируемых внутрисуставных инъекций стероидных препаратов происходит снаружи от полости суставов, что значительно увеличивает риск локального повреждения параартикулярных тканей.

В сожалению, ультразвук является операторозависимой опцией с длительным и интенсивным периодом обучения оператора.

Соответствующее обучение и стандартизация техники исследования являются критичными. Качество исследования костно-мышечной системы во многом зависит также от

качества ультразвукового оборудования. Выявление тонких изменений в мелких мягкотканых структурах возможно только при наличии аппаратуры высокого разрешения и датчиков высокого разрешения. На самом деле, вред ультразвукового исследования кроется не в возможных биоэффектах ультразвука, а в неточной диагностике из-за ненадлежащего оборудования или недостаточных навыков оператора.

«Золотой стандарт» ультразвукового исследования требует: 1) глубоких знаний клинической симптоматики, знание вопросов, на которые должно ответить ультразвуковое исследование, 2) глубинное знание секционной анатомии и 3) аппаратуры высокого разрешения, 4) знание ограничений и возможных ошибок ультразвука.

В этой книге мы излагаем основные постулаты практического костно-мышечного ультразвукового исследования, представляя в наглядной форме ультразвуковую анатомию костно-мышечных элементов (в книге эхограммы отмечены синей рамкой), а также изображения основных патологических процессов (эхограммы отмечены красной рамкой) в стандартных проекциях. Многие косые проекции (между стандартной продольной и поперечной плоскостями) могут быть даже более информативными и также должны быть обязательно включены в ультразвуковое исследование.

На сегодня ультразвук является «продолжением» пальцев клинициста, а постоянное, быстрое развитие технологии сделает ультразвуковое исследование еще более интересным в недалеком будущем.

Мы хотели бы поблагодарить фирмы Сантакс Медико – Дания и особенно Хитачи Медицинские Системы – Европа за поддержку и вклад в создание этой книги.

Ультразвук действительно будет звучать в будущем.

*Ларс Болвиг
Ульрих Фредберг
Оле Шифтер Размуссен*

При ультразвуковых исследованиях костно-мышечной системы используются линейные датчики высокого разрешения, в которых матрица пьезоэлектрических кристаллов активируется специальным формирователем луча, интегрированным в ультразвуковой аппарат. Пьезоэлектричество, основа диагностического ультразвука, было обнаружено в 1880 г. французскими учеными Жакэ и Пьером Кюри. Пьезоэлектрические кристаллы трансформируют электрические сигналы в механическую энергию: ультразвуковую. Последовательность активации кристаллов определяет форму и направление фронта волны и делает возможным изменять направление луча электронным способом.

Диагностический ультразвук не является постоянно волновым излучением, излучение распространяется очень короткими импульсами. Интервал между двумя импульсами существенно больше, что делает возможным прием отраженных эхосигналов, прежде чем будет сгенерирован следующий импульс. При прохождении границы между двумя видами ткани ультразвуковым импульсом часть его отражается. Величина отражаемой фракции зависит от выраженности тканевого импеданса (тканевой плотности). Если разница значительна, как, например, при прохождении через мягкие ткани и кость, большая часть ультразвуковой энергии отражается, что приводит к формированию акустической тени за костной структурой.

Большая часть энергии ультразвука поглощается тканями, при этом генерируется тепловая энергия.

Отраженная ультразвуковая энергия преобразовывается на пьезоэлектрических кристаллах в электрическую энергию. Различные по высоте электрические пики на кривой напряжения шифруют информацию, позволяющую заполнить каждый пиксель в серой шкале изображения. Высокоамплитудные пики выглядят в серой шкале ярко-белыми, низкоамплитудные сигналы – более темными. Информация от каждой линейки сканирования хранится в памяти ультразвукового сканера и матрица пикселей представляется в реальном времени в двухмерном серошкальном изображении.

С помощью кинопетли или в режиме просмотра изображения можно восстановить последовательность сканов, делая возможным ретроспективный просмотр исследования.

Шкала компенсации затухания ультразвука по глубине (TGC) позволяет компенсировать затухание пропорционально глубине отражения сигнала.

Осевое разрешение зависит от длины импульса и частоты излучения датчика. Чем короче импульс и выше частота излучения, тем выше осевое разрешение.

К несчастью, ультразвуковая энергия высокочастотных датчиков очень быстро поглощается в тканях, что ограничивает пенетрацию ультразвука. В соответствии с этим приходится идти на компромисс между высоким разрешением и пенетрацией. В ультразвуковом исследовании костно-мышечной системы даже в рутинной практике используются датчики с частотой до 20 МГц. Боковое разрешение в ультразвуковой картине зависит от числа элементов в датчике и возможности датчика суживать ширину луча с помощью электронной фокусировки на выбранной глубине. Определенные инженерные решения увеличивают качество костно-мышечного ультразвука. Так, например, мультичастотный режим позволяет изменять частоту в направлении вверх или вниз. Режим тканевой гармоник дает картинку с улучшенным контрастированием, усиливая разрешение в ближнем поле и пенетрацию в глубоких отделах.

Система подавления шума уменьшает зернистость ультразвукового изображения. Технология многолучевого составного сканирования или Соно-КТ заключается в объединении кадров, полученных при генерации ультразвука под разными углами. Панорамное сканирование дает возможность создавать из полученных кадров (методом двухмерной сонографии) единое статичное изображение с широким обзором. Таким образом обеспечивается возможность отобразить протяженную анатомическую зону или крупные объекты на одном снимке путем перемещения датчика над исследуемой зоной.

Продольный панорамный скан, отображающий ахиллово сухожилие на всем протяжении (1). Пяточная кость (2). Камбаловидная мышца (3). Проксимальный (4) и дистальный (5) отделы ахиллова сухожилия.



Ультразвуковые артефакты

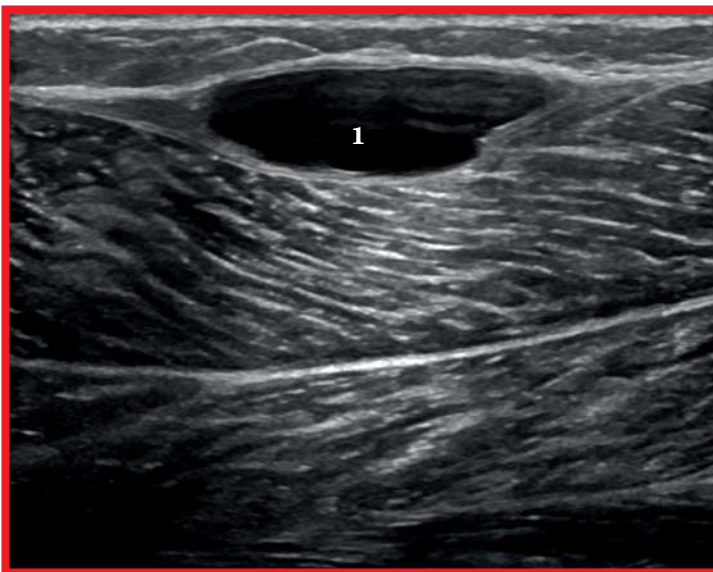
Термин «артефакт» используется при описании любой нежелательной информации, возникающей в процессе получения изображения. Знание артефактов необходимо для того, чтобы избежать ложной интерпретации. С другой стороны, артефакты порой дают важную диагностическую информацию.

Образование тени: темная полоса кзади от зоны с повышенным по сравнению со средним затуханием ультразвукового сигнала. Типичным примером является тень кзади от костной структуры либо кзади от зоны кальцификации в мягких тканях.



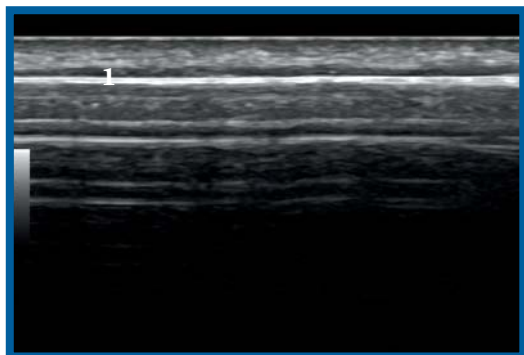
Акустическая тень кзади от кортикального слоя кости (1).

Усиление: артефакт, противоположный артефакту акустической тени. Светлая полоса кзади от структуры с более низким, чем среднее, затуханием акустического сигнала, например акустическое усиление кзади от кистозной структуры.



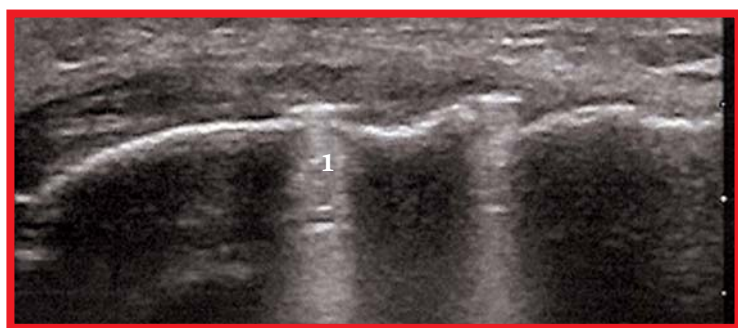
Усиление кзади от анэхогенной кисты (1) в фасциальной пластинке, расположенной над икроножной мышцей.

Реверберации: множественные эхосигналы формируются между двумя сильными отражателями, расположенными параллельно друг другу. Самым простым примером ревербераций является поверхность кости, параллельная коже/поверхности датчика. Ультразвук отражается от поверхности кости к датчику и формирует истинное изображение, однако часть ультразвуковых волн отражается повторно в ткани, создавая новое изображение кости. Второе изображение формируется на удвоенной глубине от первого. Металлические предметы создают яркие белые тени или тени в виде хвоста кометы. Причиной этого являются сильные реверберации между слоями металлической структуры.



Продольный и поперечный срезы локтевой кости. На продольном снимке визуализируется кортикальный слой кости. Кортикальный слой кости визуализируется в продольном срезе (слева) в виде гиперэхогенной линии (1) с гипозоногенным слоем, представляющим собой периост кости. Кзади от истинного изображения кости определяются множественные повторные эхосигналы. В поперечном срезе (справа) повторные изображения создаются только в тех местах, где ультразвуковая волна оказывается перпендикулярной к поверхности кости (2).

Металлические импланты отлично визуализируются в основании типичных артефактов (белая тень или хвост кометы) (1).



Зеркальный артефакт: при этом артефакте формируется повторное изображение кзади от сильного отражателя, такого, как кортикальный слой кости. Артефакт определяется как в серой шкале, так и в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК). Если объект расположен между датчиком и костью, ультразвук отражается от объекта и кости, создавая истинное изображение. Когда эхосигналы от кости