

EDITION 3

FUNDAMENTALS OF

# MUSCULOSKELETAL ULTRASOUND

**JON A. JACOBSON, MD**

Professor of Radiology  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan

ELSEVIER

Йон А. Джейкобсон

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

# ОПОРНО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*Перевод с английского  
под редакцией проф. А.Н.Сенчи*



Москва  
«МЕДпресс-информ»  
2022

УДК 615.849.19:611.7  
ББК 53.6:54.18  
Д40

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

*Перевод с английского: К.Д.Костров.*

**Джейкобсон, Йон А.**

Д40 Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата / Йон А. Джейкобсон ; пер. с англ. под ред. проф. А.Н.Сенчи. – М. : МЕДпресс-информ, 2022. – 576 с. : ил.

ISBN 978-5-00030-991-9

УДК 615.849.19:611.7  
ББК 53.6:54.18

Перевод этой книги выполнен издательством «МЕДпресс-информ», которое полностью несет ответственность за его качество. При оценке и использовании любой информации, методов, химических соединений, а также экспериментов, описанных в ней, практикующим врачам и научным работникам всегда следует полагаться на собственные опыт и знания. Учитывая особенно быстрый прогресс в медицинских науках, приводимые в книге диагнозы и дозы препаратов нуждаются в независимой верификации. В полном соответствии с законом ни издательство «Elsevier», ни авторы, ни редакторы оригинала не несут никакой ответственности за перевод, а также повреждения или ущерб, которые могут быть нанесены людям или их имуществу из-за небрежного обращения с изделиями, указанными в книге, или из-за их недостаточно высокого качества, либо в результате применения методов, изделий, инструкций или идей, которые содержатся в книге.

ISBN 978-0-323-44525-2

© 2018 by Elsevier, Inc. All rights reserved. This edition of *Fundamentals of Musculoskeletal Ultrasound, 3<sup>rd</sup> Edition* by **Jon A. Jacobson, MD** is published by arrangement with Elsevier Inc.

ISBN 978-5-00030-991-9

© Издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2022



# ПРЕДИСЛОВИЕ

С огромным удовольствием представляю вашему вниманию третье издание руководства «Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата». После выхода предыдущего издания был достигнут значительный прогресс в разработке новейших методик УЗ-диагностики опорно-двигательного аппарата, а также в сфере смежных исследований. Углубление знаний УЗ-анатомии позволило усовершенствовать методики и алгоритмы УЗИ. Обновленное издание содержит актуальную информацию по основным режимам и методикам УЗИ, основанную на новейших достижениях и научных публикациях экспертов в данной области. Третье издание содержит почти 400 новых иллюстраций, включая цветные фотографии, таблицы и схемы.

Данное руководство напоминает по структуре предыдущие издания. В печатную версию добавлены главы 1 и 2, посвященные соответственно введению в метод УЗ-диагностики опорно-двигательного аппарата и основам патологических процессов. Главы с 3-й по 8-ю посвящены анатомии, технике исследования, распространенным патологическим состояниям отдельных суставов и их топографической анатомии, соответственно нумерации глав: плечевой сустав; локтевой сустав; лучезапястный сустав и кисть; тазобедренный сустав и бедро; коленный сустав; голеностопный сустав, стопа и голень. Описание техники сканирования дополнено иллюстрациями, показывающими расположение УЗ-датчика, и изображениями соответствующих анатомических структур. Приводятся

также алгоритмы сканирования и примеры заключений. Другие разделы, помимо часто встречающейся патологии сухожилий, мышц и связок, посвящены УЗ-диагностике новообразований, исследованию периферических нервов, а также суставов при артритах. В главе 9 приводится обзор инвазивных вмешательств под контролем УЗИ, которые при заболеваниях опорно-двигательного аппарата применяются очень часто. Для большей наглядности описание методики вмешательства дополнено фотографиями, на которых показано положение иглы и датчика.

В качестве новинки третьего издания представлены последние версии онлайн-видеоматериалов, включающих свыше 200 видеопетель, имитирующих УЗИ в режиме реального времени; каждая из них, аналогично формату лекции, сопровождается голосовыми комментариями, в которых я описываю визуальную картину с использованием лазерной указки. Это позволяет заострить внимание на главных особенностях видеофрагментов.

Отрадно наблюдать, как УЗ-диагностика опорно-двигательного аппарата завоевывает популярность и все чаще применяется в клинической практике. При наличии у врача знаний нормальной и патологической анатомии, а также уверенных навыков исследования УЗ-диагностика становится важным инструментом при обследовании опорно-двигательного аппарата.

**Jon A. Jacobson, MD**



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	6
Благодарность .....	7
Сокращения .....	9
Контрольные списки исследований отдельных анатомических областей .....	10
<hr/>	
<b>ГЛАВА 1</b>	
Общие сведения .....	13
<hr/>	
<b>ГЛАВА 2</b>	
Основные понятия о патологических процессах .....	32
<hr/>	
<b>ГЛАВА 3</b>	
Ультразвуковое исследование плечевого сустава .....	77
<hr/>	
<b>ГЛАВА 4</b>	
Ультразвуковое исследование локтевого сустава .....	166
<hr/>	
<b>ГЛАВА 5</b>	
Ультразвуковое исследование запястья и кисти .....	216
<hr/>	
<b>ГЛАВА 6</b>	
Ультразвуковое исследование бедра и тазобедренного сустава .....	285
<hr/>	
<b>ГЛАВА 7</b>	
Ультразвуковое исследование коленного сустава .....	361
<hr/>	
<b>ГЛАВА 8</b>	
Ультразвуковое исследование голени, голеностопного сустава и стопы .....	417
<hr/>	
<b>ГЛАВА 9</b>	
Инвазивные вмешательства под ультразвуковым контролем .....	518
<hr/>	
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>	
Образцы заключений ультразвуковых исследований .....	565

# СОКРАЩЕНИЯ



<b>КТ</b>	компьютерная томография
<b>МРТ</b>	магнитно-резонансная томография
<b>УЗ</b>	ультразвуковой
<b>УЗИ</b>	ультразвуковое исследование
<b>ЦДК</b>	цветовое доплеровское картирование
<b>ЭДК</b>	энергетическое доплеровское картирование



# КОНТРОЛЬНЫЕ СПИСКИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ АНАТОМИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ

**\* ТАБЛИЦА 3.1** Контрольный список исследования плечевого сустава

Этап	Исследуемые структуры/значимые патологические изменения
1	Длинная головка двуглавой мышцы плеча
2	Подлопаточная мышца, вывих сухожилия двуглавой мышцы плеча
3	Надостная мышца, подостная мышца
4	Акромиально-ключовидный сустав, подакромиально-поддельтовидная сумка, динамическое исследование
5	Задняя поверхность плечевого сустава, суставная губа, малая круглая мышца, подостная мышца, атрофия

**\* ТАБЛИЦА 4.1** Контрольный список исследования локтевого сустава

Отделы сустава	Исследуемые структуры
Передний	Плечевая мышца Двуглавая мышца плеча Срединный нерв Передние суставные карманы
Медиальный	Локтевая коллатеральная связка Сухожилие общего сгибателя и круглый пронатор Локтевой нерв
Латеральный	Общее сухожилие разгибателей Латеральный коллатеральный связочный комплекс Головка лучевой кости и кольцевая связка Головка плечевой кости Лучевой нерв
Задний	Задний суставной карман Трехглавая мышца плеча Подкожная сумка локтевого отростка

**\* ТАБЛИЦА 5.1** Контрольный список исследования запястья и кисти

Поверхность	Исследуемые структуры/возможная патология
Ладонная (1)	Срединный нерв Сухожилия сгибателей Суставные карманы ладонной поверхности
Ладонная (2)	Ладьевидная кость Лучевой сгибатель запястья Лучевая артерия Сухожильный ганглий ладонной поверхности
Ладонная (3)	Локтевые артерия и нерв



# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

Оборудование и построение изображения. Общие сведения

Методика исследования

Построение изображения

Ультразвуковое изображение анатомических структур в норме

Артефакты

Дополнительные методики ультразвукового исследования

Цветовое и энергетическое доплеровское картирование

Динамическое ультразвуковое исследование

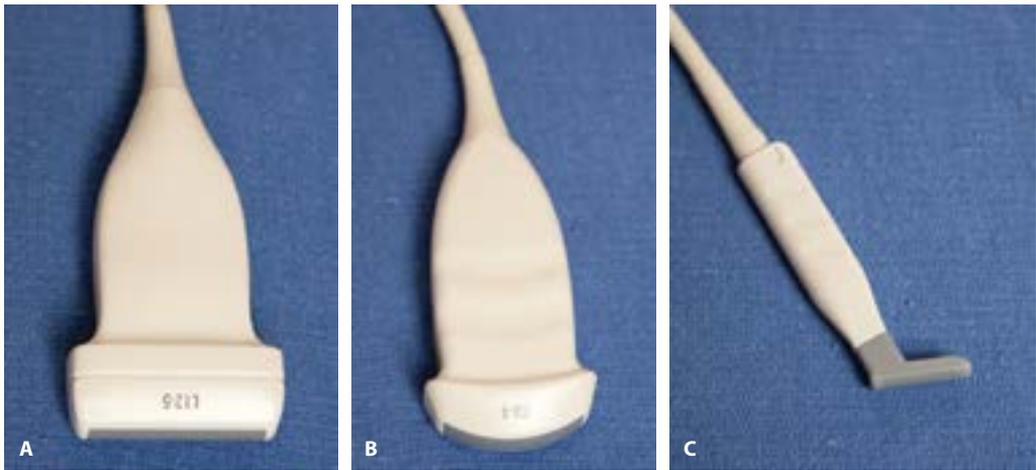
## ■ ОБОРУДОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К одному из основных структурных элементов УЗ-сканера относится УЗ-датчик, подключенный при помощи кабеля к сканеру, состоящему из монитора и электронно-вычислительного блока. Датчик устанавливается на поверхности тела; его положение задает плоскость сканирования и визуализируемые при этом структуры. УЗИ – уникальная диагностическая методика, при которой для создания изображения вместо ионизирующего излучения применяются звуковые волны. Метод УЗИ построен на пьезоэлектрическом эффекте, который положен в основу работы пьезоэлементов датчика, превращающих электрический сигнал в энергию УЗ-колебаний и наоборот. УЗ-сканер посылает электрические сигналы датчику, который генерирует звуковые колебания. Оптимальный контакт датчика с телом пациента и проникновение УЗ-колебаний в мягкие ткани обеспечивается проводящим акустический сигнал гелем. При взаимодействии УЗ-волн с тканями часть из них отражается обратно

к поверхности кожи и преобразуется датчиком в электрический сигнал, необходимый для создания изображения. На границе раздела тканей, отличающихся по акустическому импедансу (сопротивлению), происходит отражение звуковых волн, что создает эхосигнал, интенсивность которого пропорциональна разнице импедансов.

УЗ-волна, направленная перпендикулярно поверхности объекта, отражается сильнее, чем волна, направленная под углом к ней. Помимо отражения звуковых волн, при взаимодействии с тканями, может происходить их поглощение или преломление. Степень поглощения УЗ-волн усиливается при увеличении их частоты и повышении вязкости среды [1].

Частота волн, генерируемых датчиком, – важная характеристика, определяющая качество изображения. Для каждого датчика предусмотрен определенный диапазон частот, выраженных в мегагерцах (МГц). Чем больше частота, тем выше разрешение изображения; что, однако, сопровождается снижением глубины проникновения УЗ-луча в результате поглощения волн [1]. Низкочастотный датчик, наоборот, обеспечивает оптимальную визуализацию глубоко расположенных структур, при более низком разрешении. Датчики могут быть линейными или конвексными (рис. 1.1). При использовании линейного датчика УЗ-волны распространяются по прямой, параллельно поверхности датчика (видео 1.1), что оптимально для исследования элементов опорно-двигательного аппарата, обладающих линейной структурой, таких как сухожилия, сводя количество артефактов к минимуму. Глубоко расположенные структуры можно исследовать с помощью конвексного датчика, дающего более широкий обзор (видео 1.2). Линейный датчик с малой апертурой предпочтителен при исследовании кистей, голеностопных суставов и стоп, так как неровность контура этих частей тела ограничивает поверхность контакта с датчиком (см. рис. 1.1С). Микро-



■ **РИС. 1.1** УЗ-датчики. А. Линейный датчик с частотой 12–5 МГц. В. Конвексный датчик с частотой 9–4 МГц. С. Компактный линейный датчик с частотой 15–7 МГц.

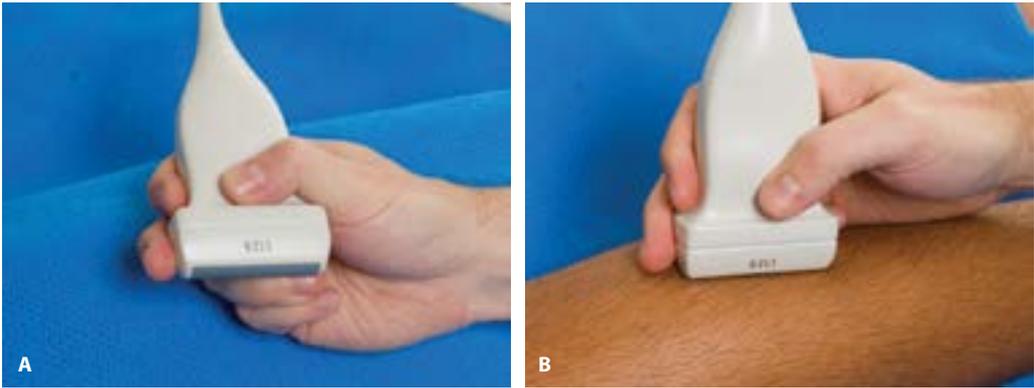
конвексный датчик с малой поверхностью контакта и смещенной рабочей поверхностью удобен при инвазивных вмешательствах на дистальных участках конечностей.

УЗ-сканеры имеют разные габариты, мощность, разрешение и стоимость. Эти характеристики тесно взаимосвязаны. Например, УЗ-сканер с размерами около 1×1×1,2 м, скорее всего, имеет большую мощность, множество режимов сканирования и позволяет использовать широкий набор датчиков, включая высокочастотные, обеспечивающие исключительно высокое разрешение. Доступны также более компактные портативные сканеры, иногда размерами не превышающие ноутбук. Хотя такие аппараты дешевле стационарных, они могут уступать им по разрешению и выбору режимов. Появились УЗ-сканеры размером с гаджет, уместающийся в ладони, однако их возможности пока ограничены. По мере развития технологий эти различия сглаживаются, портативные УЗ-аппараты становятся мощнее, а громоздкие и мощные аппараты уменьшаются в размерах. Следовательно, для правильного выбора УЗ-аппарата важно учитывать область его будущего применения, размеры исследуемых анатомических структур, требования к портативности и к функциональным возможностям УЗ-сканера.

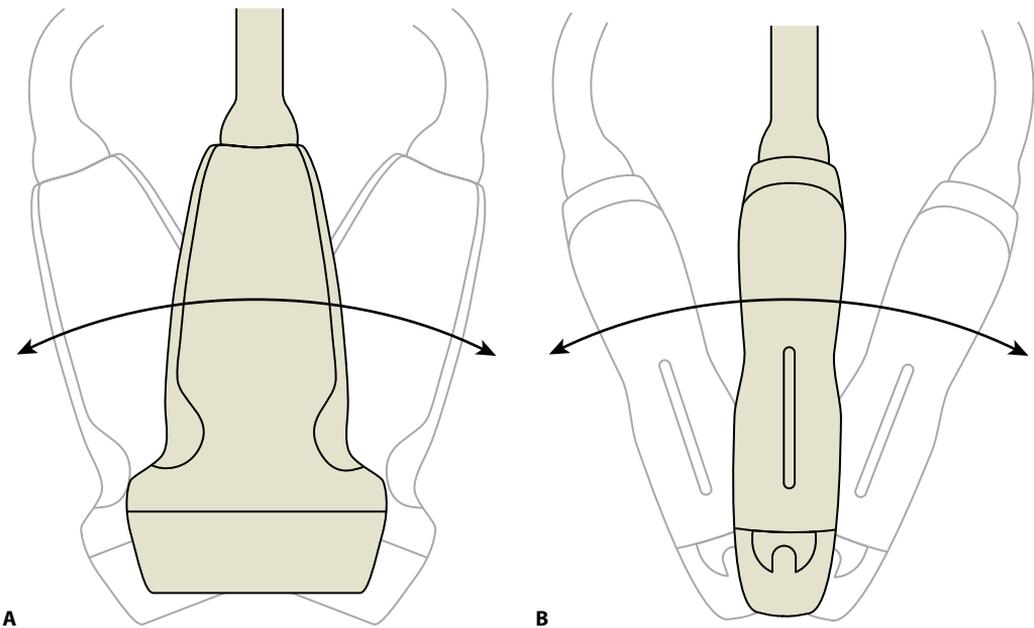
## ■ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения изображения внутренних структур датчик прикладывается к поверхности кожи. Необходим качественный гель, хорошо проводящий ультразвук от датчика к мягким тканям и улучшающий превращение отраженного от них сигнала в изображение. Автор предпочитает слой вязкого геля, работать с которым удобнее, чем с гелевой подушкой. Жидкий гель малопригоден, так как недолго удерживается в зоне сканирования. Датчик следует удерживать между большим пальцем и остальными пальцами ведущей руки, при этом рабочая поверхность датчика располагается по ребру ладони со стороны мизинца (рис. 1.2А). Стабилизация положения датчика обеспечивается за счет опоры основанием кисти или мизинцем на поверхность тела пациента (рис. 1.2В). Этот прием необходим для поддержания нужного давления, оказываемого датчиком на кожу, что предотвращает случайные смещения датчика, а также облегчает тонкую коррекцию его положения. Помните о том, что УЗ-сигнал более узко сфокусирован по короткой стороне рабочей поверхности датчика, поэтому отклонять датчик вбок следует медленно, миллиметр за миллиметром.

При сканировании осуществляются различные движения датчиком. Продольные



■ **РИС. 1.2 Положение УЗ-датчика.** На фотографиях А и В видно, что положение датчика стабилизировано одновременным контактом сканирующей поверхности датчика и руки врача с поверхностью тела пациента.



■ **РИС. 1.3 Движения датчика.** А. Прием «пятка-носок» (heel-toe maneuver). В. Боковые наклоны «тумблер» (toggle maneuver). (Иллюстрации Carolyn Nowak, Анн-Арбор, Мичиган, США; <http://www.carolyncnowak.com/medtech.html>; с изменениями.)

покачивания датчика – «пятка-носок» (*heel-toe*), боковые наклоны из стороны в сторону – «тумблер» (*toggle*) (рис. 1.3А и В) осуществляются без смещения с выбранной точки на коже пациента. «Перемещение» (*translate*) обозначает смещение датчика в другую точку с сохранением его перпендикулярного коже положения. «Равномерное скользящее движение под углом»

(*sweep*) подразумевает скольжение датчика с постоянными отклонениями и напоминает движения метлы.

При выполнении УЗИ важно учитывать эргономику. Строгое соблюдение правил позволит избежать переутомления, профзаболеваний и травм на рабочем месте. Чтобы снизить нагрузку на руку врача, необходимо надежно удерживать датчик, стабилизиро-

вав его на теле пациента описанными ранее способами, а также расположив кисть руки, удерживающей датчик, ниже уровня плеча и прижав локоть к своему телу. Правильный подбор высоты стула, наличие у него роликов и спинки повышают комфортность и маневренность при работе. И, наконец, монитор УЗ-сканера следует располагать как можно ближе к исследуемой части тела, чтобы при минимальных поворотах головы или корпуса одновременно видеть и пациента, и монитор.

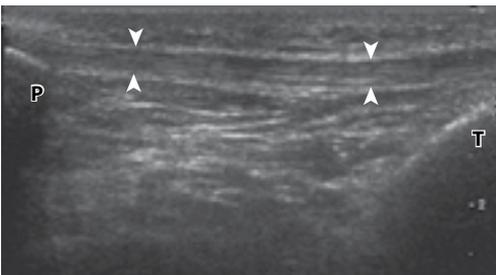
УЗИ опорно-двигательного аппарата должно включать три основных этапа, которые, как и в случае с магнитно-резонансной томографией (МРТ), необходимы для получения адекватного изображения. Первый этап включает визуализацию интересующей анатомической структуры в продольной и по возможности в перпендикулярной плоскости, что зависит от знаний анатомии. Анатомическими ориентирами могут служить видимые на изображении костные структуры. Второй этап подразумевает устранение УЗ-артефактов, в особенности анизотропии (см. далее в этой главе). При исследовании находящейся над костью структуры, при перпендикулярном направлении УЗ-луча, костная поверхность гиперэхогенна с высокой контрастностью, что указывает на отсутствие анизотропии в мягких тканях над данным сегментом кости. Последний этап – описание обнаруженной патологии. Обратите внимание на необходимость использования на двух предыдущих

этапах костных ориентиров для понимания анатомии и корректного выбора плоскости сканирования и направления УЗ-луча, способствующих устранению анизотропии.

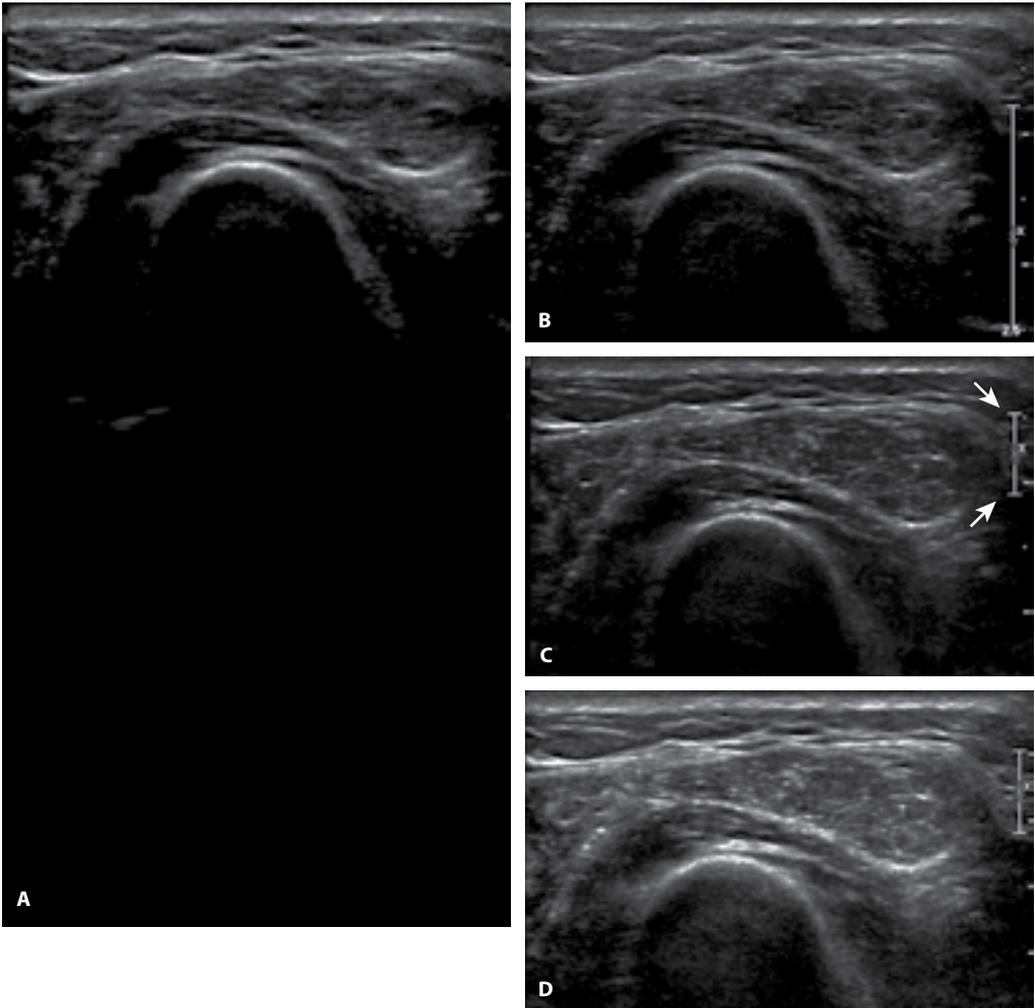
## ■ ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

После нанесения звукопроводящего геля на кожу пациента, при контакте датчика с ней, на мониторе появляется изображение прямоугольной формы (в случае использования линейного датчика). Поверхностные мягкие ткани расположены ближе к датчику и обычно отображаются в верхней части изображения, а более глубокие – в нижней (рис. 1.4). Для наглядности УЗ-луч можно сравнить с плоскостью, проходящей вниз вдоль продольной оси датчика. Именно эта плоскость отображается на экране монитора. Левая и правая стороны изображения соответствуют противоположным краям датчика, которые можно поменять местами, нажав клавишу инверсии право/лево или просто повернув датчик на 180°. При продольном сканировании конечностей проксимальные отделы обычно отображаются слева, а дистальные – справа.

Для получения максимального разрешения и четкости необходима оптимизация изображения. Первый шаг – правильный выбор датчика и его частоты. Высокочастотные датчики (10 МГц и более) оптимальны для исследования поверхностных структур, в то время как низкочастотные датчики применяются для исследования глубоко расположенных отделов. При исследовании костно-мышечной системы как правило используется линейный датчик; однако, при исследовании глубоко расположенных структур, таких как тазобедренный сустав, может быть использован конвексный датчик. После выбора подходящего датчика и установки его на коже пациента проводится настройка глубины проникновения УЗ-сигнала при помощи клавиш или ручки регулировки УЗ-сканера. Изменение глубины проникновения УЗ-сигнала проводится до появления интересующей структуры в центре изображения (рис. 1.5А и В). Следующий этап оптимизации изображения заключается в настройке зон фокуса



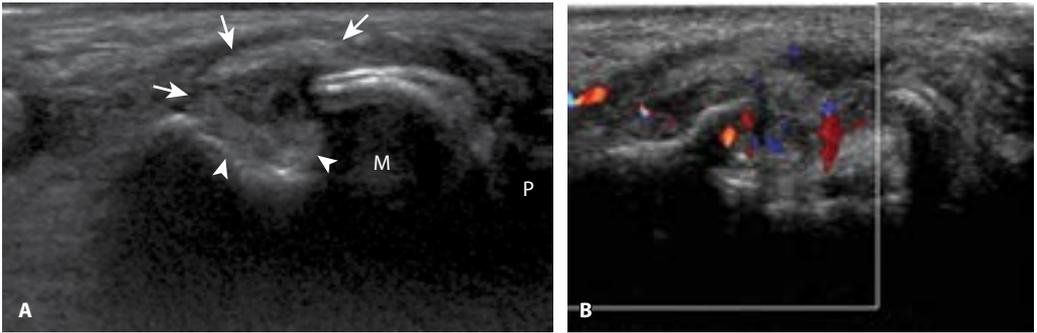
■ **РИС. 1.4** Неизменная собственная связка надколенника. На эхограмме собственной связки надколенника в продольном сечении визуализируется ее гиперэхогенная волокнистая структура (головки стрелок). P – надколенник; T – большеберцовая кость.



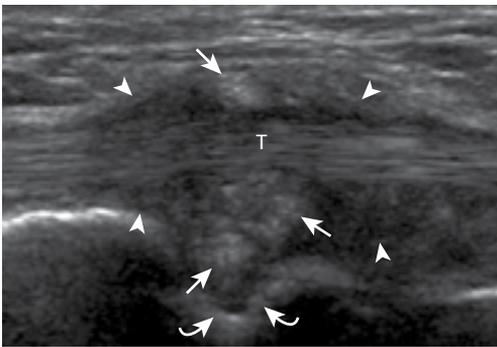
■ **РИС. 1.5** Оптимизация изображения. А. Эхограмма мышц предплечья. Глубина проникновения, зона фокуса и усиление сигнала настроены некорректно. В. Глубина проникновения настроена правильно, поэтому исследуемая область находится в центре изображения. С. Зона фокуса сужена и расположена на уровне зоны интереса (стрелки). D. Увеличено усиление сигнала (gain).

УЗ-сигнала, если это предусмотрено конструкцией сканера. Параметры этой опции обозначаются, как правило, по краям изображения определенным набором курсоров или иных символов. Чтобы обеспечить оптимальное расположение интересующего объекта в кадре, количество фокусных зон желательно сводить к минимуму, поскольку увеличение их числа снижает частоту кадров и приводит к нечеткости изображения. Для получения оптимального разрешения изображения важно располагать зону

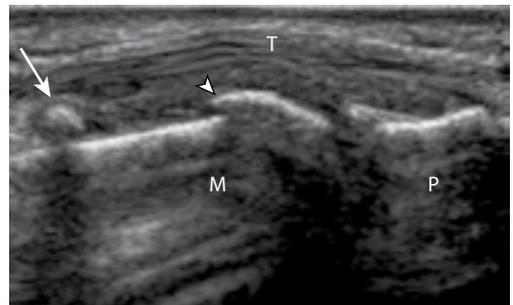
фокуса на глубине исследуемых структур (рис. 1.5С). В некоторых УЗ-сканерах предусмотрена широкая фокусная зона, которая, возможно, не требует перемещения. И, наконец, на панели управления УЗ-сканера предусмотрена регулировка усиления сигнала, позволяющая увеличивать или уменьшать яркость эхосигналов на мониторе, которая отчасти зависит от освещения в помещении, предназначенном для проведения исследования (рис. 1.5D). Усиление должно быть отрегулировано так, чтобы врач мог



■ **РИС. 2.35 Тофусы и эрозии при подагре.** На эхограммах медиальной поверхности дистального отдела I плюсневой кости в аксиальной проекции (A и B) представлена эрозия кортикального слоя (*головки стрелок*) с прилегающим экзогенным тофусом (*стрелки*); в режиме ЦДК (B) определяются признаки гиперемии. *М* – плюсневая кость; *Р* – проксимальная фаланга.

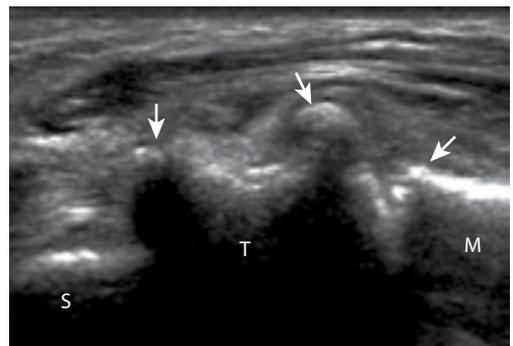


■ **РИС. 2.36 Тофус и теносиновит при подагре.** На эхограмме представлен гиперэхогенный тофус (*стрелки*), окружающий сухожилие задней большеберцовой мышцы (*T*), вызвавший формирование эрозии костной поверхности (*изогнутые стрелки*) и развитие теносиновита, проявляющегося снижением эхогенности влагалища сухожилия (*головки стрелок*).



■ **РИС. 2.37 Остеоартроз I пястно-фалангового сустава.** На эхограмме дорсальных отделов I пястно-фалангового сустава представлены остеофиты (*головка стрелки*) и свободное внутрисуставное тело (*стрелка*). *М* – пястная кость; *Р* – проксимальная фаланга; *T* – сухожилие мышцы-разгибателя.

частую вторична и менее выражена, а значительная гиперемия для данного заболевания не характерна [47]. УЗИ позволяет выявить признаки остеоартроза, особенно периферических суставов, доступных для исследования [48]. Остеофиты визуализируются в виде костных выростов с четким контуром, расположенных по краю суставной поверхности пораженного сустава. Может обнаруживаться суставной выпот. Чаще всего поражаются I плюснефаланговый сустав (рис. 2.37), межфаланговые и I пястно-запястный суставы кисти и запястья (рис. 2.38), а также акромиально-ключичное



■ **РИС. 2.38 Остеоартроз.** На эхограмме тенара визуализируются остеофиты (*стрелки*) кости-трапеции (*T*) в зонах сочленений с ладьевидной (*S*) и I пястной костью (*M*).

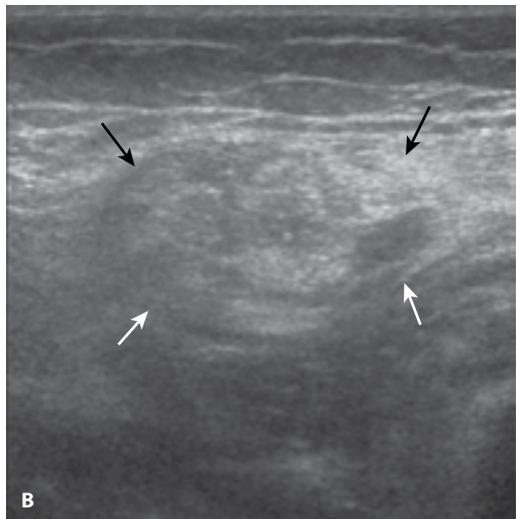
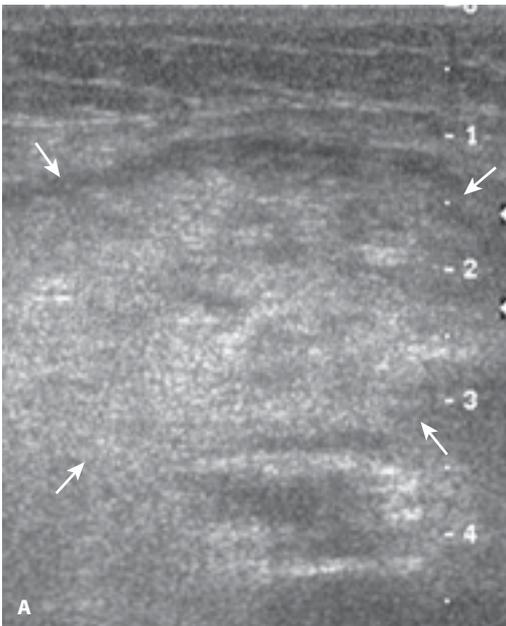
сочленение. Выпот в I плюснефаланговом суставе и поражение акромиально-ключичного сочленения могут на доклинической стадии остеоартроза протекать бессимптомно. Гипертрофированная синовиальная оболочка может быть представлена гипэхогенной, малосжимаемой тканью, вызывающей расширение полости суставного заворота, хотя подобные минимальные изменения могут наблюдаться и при отсутствии симптомов, например в межфаланговых суставах кисти [49]. Кроме того, усиление кровотока в режимах ЦДК и ЭДК нехарактерно, а наличие гипертрофии синовиальной оболочки не всегда коррелирует с выраженностью симптоматики.

### ■ МИОЗИТ И ДИАБЕТИЧЕСКИЙ ИНФАРКТ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

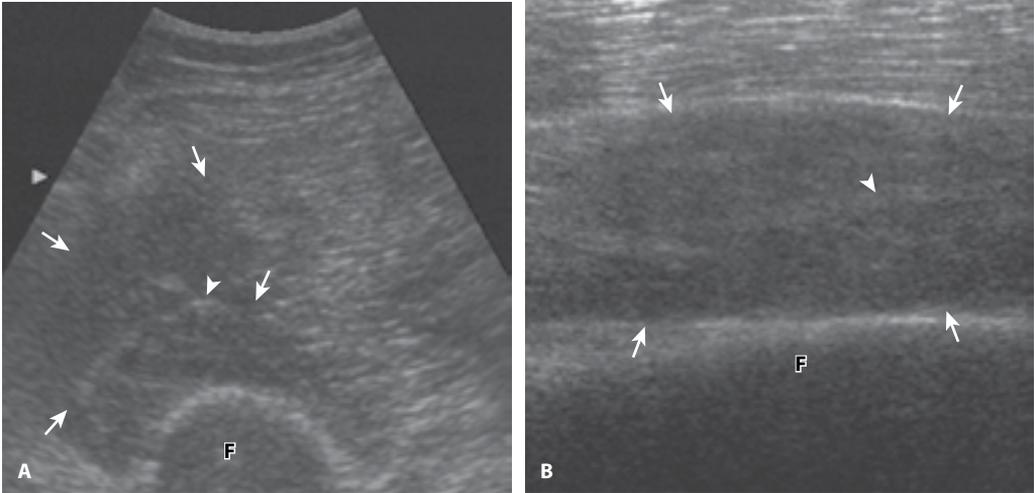
Миозиты, такие как полимиозит, характеризуются повышением эхогенности мышечной ткани и усилением кровотока в режимах ЦДК и ЭДК (рис. 2.39). На более поздних

стадиях повышение эхогенности и уменьшение объема мышцы свидетельствуют о мышечной атрофии. Мышцы могут поражаться и при саркоидозе; при его узелковой форме образуются гипэхогенные гранулемы или узелки [51].

Дифференциально-диагностический ряд при обследовании по поводу воспалительного или инфекционного процесса мягких тканей бедра или голени должен включать *диабетический мышечный инфаркт*. Для этого состояния характерны снижение эхогенности и увеличение пораженных мышц, с сохраненной визуализацией гиперэхогенных фиброзных перегородок и эпимизия на всем протяжении, что позволяет исключить абсцесс или опухоль мягких тканей (рис. 2.40) [52]. Может также выявляться субфасциальное скопление жидкости. Диабетический инфаркт чаще всего поражает скелетные мышцы бедра и голени при отсутствии лабораторных данных за инфекционный процесс, может быть билатеральным, часто возникает у больных с длительным анамнезом диабета.



■ **РИС. 2.39 Миозит.** На эхограммах представлено повышение эхогенности и увеличение размеров портняжной мышцы (*стрелки*) при воспалительном миозите (A), а также повышение эхогенности прямой мышцы бедра (*стрелки*) при миозите после лучевой и химиотерапии (B).



■ **РИС. 2.40** **Диабетический инфаркт скелетных мышц.** На эхограммах прямой мышцы бедра в продольном (А) и поперечном (В) сечении визуализируется гипозоногенный отек промежуточной широкой мышцы бедра (*стрелки*). Обратите внимание на гиперэхогенную соединительнотканную оболочку, или эпимизий (*головки стрелок*). F – бедренная кость.

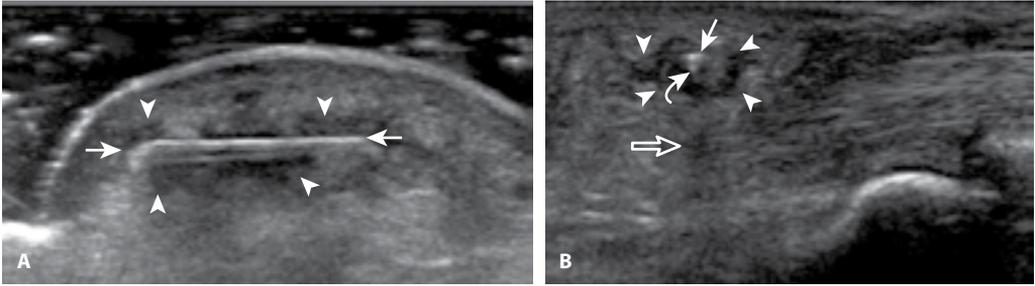
## ■ ИНОРОДНЫЕ ТЕЛА МЯГКИХ ТКАНЕЙ

Еще одним источником инфекции мягких тканей являются инородные тела. Первоначально все инородные тела гиперэхогенны (рис. 2.41), хотя эхогенность органических (например, растительных) объектов может со временем снижаться [53]. Эхогенность и четкость визуализации инородного тела максимальны при перпендикулярной ориентации УЗ-луча по отношению к его поверхности (рис. 2.42). Следовательно, помимо осмотра места внедрения, необходимо исследовать пораженные ткани под разными углами, направляя УЗ-луч перпендикулярно поверхности инородного тела, что устраняет анизотропию. Лучшей визуализации способствует создание между датчиком и поверхностью кожи толстой прослойки геля, что позволяет менять угол наклона датчика, а также не пропустить инородные тела, расположенные в поверхностных слоях (рис. 2.42D).

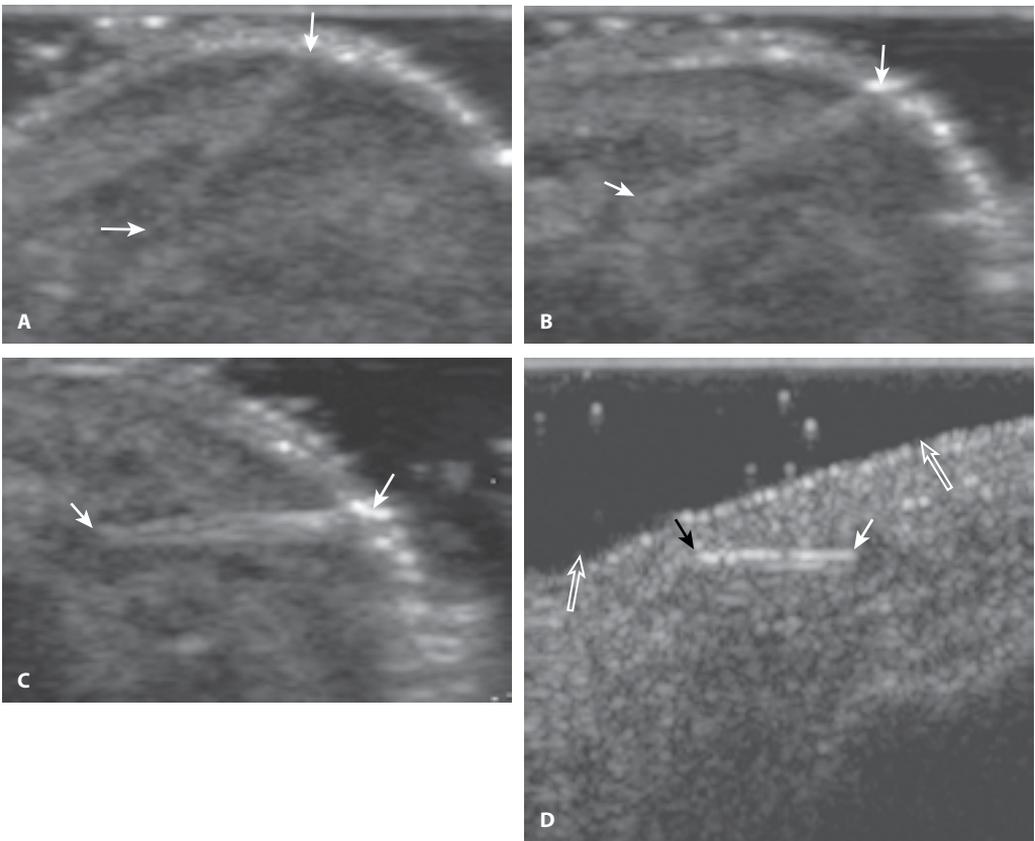
Также инородные тела в мягких тканях лучше визуализируются за счет реакции

окружающих их мягких тканей и при возникновении артефактов [54]. Может наблюдаться гипозоногенный ободок, иногда с признаками гиперемии, представляющей собой гематому, грануляции или абсцесс. Гипозоногенный ободок создается за счет реакции окружающих тканей на гиперэхогенное инородное тело (рис. 2.43). Некоторые инородные тела, например металлические, практически не вызывают местной реакции (рис. 2.44).

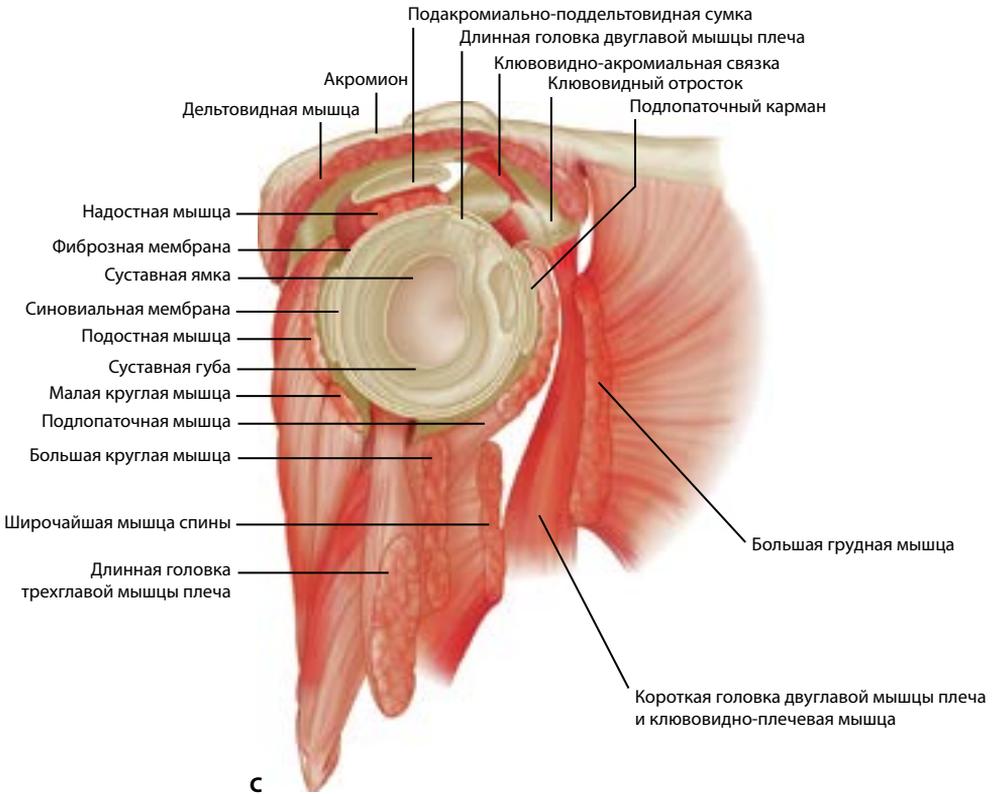
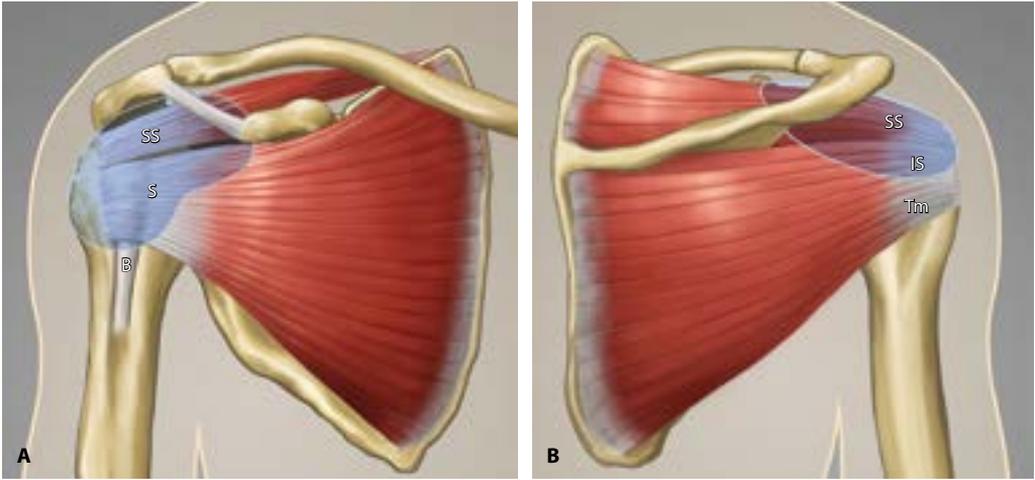
Характер создаваемых инородным телом артефактов зависит скорее от свойств их поверхности, чем от их состава [53]. Например, инородное тело с плоской и гладкой, как у стекла, поверхностью создает артефакт дистальной реверберации (рис. 2.45). Инородное тело с неровной поверхностью, имеющей малый радиус кривизны, обычно отбрасывает акустическую тень (рис. 2.46). Многие инородные тела генерируют как акустическую тень, так и реверберацию (см. рис. 2.41 и 2.44). При исследовании по поводу инородного тела поле зрения должно



■ **РИС. 2.41** **Деревянное инородное тело.** На эхограммах представлены поперечный (А) и продольный (В) срезы гиперэхогенного деревянного инородного тела (*стрелки*) с гипозоногенным ободком (*головки стрелок*), слабой акустической тенью (*незакрашенная стрелка*) и дистальной реверберацией (*изогнутая стрелка*).



■ **РИС. 2.42** **Деревянное инородное тело.** На эхограммах А–С представлена гиперэхогенная деревянная щепка (*стрелки*), эхогенность и видимость которой увеличиваются при перпендикулярной ориентации УЗ-луча. На эхограмме D виден толстый слой геля (*незакрашенные стрелки*), за счет которого УЗ-луч ориентирован перпендикулярно поверхности инородного тела (*стрелки*).



■ **РИС. 3.1** Анатомия плечевого сустава. А. Вид спереди. В. Вид сзади. SS – надостная мышца; IS – подостная мышца; S – подлопаточная мышца; Tm – малая круглая мышца; B – длинная головка двуглавой мышцы плеча; подакромиально-поддельтовидная сумка (обозначена голубым). С. Сагиттальный срез плечевого сустава и мышц плечевого пояса, плечевая кость удалена. (А и В: изображения любезно предоставлены Carolyn Nowak, Анн-Арбор, Мичиган, США. С: цит. no: Drake R, Vogl W, Mitchell A: Gray's Anatomy for Students, Philadelphia, 2005, Churchill Livingstone.)

лигаментарным комплексом, состоящим из верхней суставно-плечевой и клювовидно-плечевой связок, представляющих собой значительно утолщенные участки капсулы сустава [4]. В норме плечевой сустав сообщается с влагалищем сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча [5]. Плечевой сустав также имеет ряд заворотов, включающих подмышечный заворот, распространяющийся книзу, и подлопаточный заворот, распространяющийся медиально через ротаторный интервал под клювовидный отросток поверх сухожилия подлопаточной мышцы, образуя перевернутую букву U [6]. В отличие от них, подклювовидная сумка находится спереди от подлопаточной мышцы и не сообщается с полостью плечевого сустава [6].

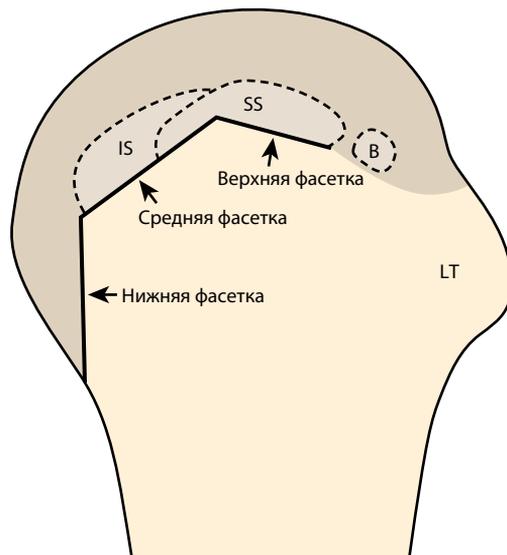
Подакромиально-поддельтовидная сумка расположена между вращательной манжетой и прикрывающими ее сверху дельтовидной мышцей и акромионом (рис. 3.1). Суставная губа представляет собой волокнистый хрящ по окружности суставной впадины.

## ТЕХНИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 3.1 приведен контрольный список исследования плечевого сустава. В блоках 3.1 и 3.2 представлены примеры заключений УЗИ плечевого сустава.

### Общие моменты

При проведении УЗИ плечевого сустава пациента усаживают на неподвижный стул с низкой спинкой, при этом врач сидит на вращающемся стуле с роликами, который обеспечивает свободу перемещения. При исследовании левого плечевого сустава пациент обращен лицом в сторону сканера, при этом врач размещается несколько сбоку, между сканером и пациентом и удерживает датчик в правой руке (рис. 3.3А). При исследовании правого плечевого сустава пациент поворачивается налево, лицом к врачу (рис. 3.3В). Рекомендуемая частота датчика при исследовании плечевого сустава не должна быть меньше 10–15 МГц, хотя



**РИС. 3.2** Фасетки большого бугорка плечевой кости. На схеме латеральной поверхности плечевой кости изображены верхняя, средняя и нижняя фасетки. В – длинная головка двуглавой мышцы плеча; SS – надостная мышца; IS – подостная мышца; LT – малый бугорок. (Изображение любезно предоставлено Carolyn Nowak, Анн-Арбор, Мичиган, США.)

**ТАБЛИЦА 3.1** Контрольный список исследования плечевого сустава

Этап	Исследуемые структуры/значимые патологические изменения
1	Длинная головка двуглавой мышцы плеча
2	Подлопаточная мышца, вывих сухожилия двуглавой мышцы плеча
3	Надостная мышца, подостная мышца
4	Акромиально-клювовидный сустав, подакромиально-поддельтовидная сумка, динамическое исследование
5	Задняя поверхность плечевого сустава, суставная губа, малая круглая мышца, подостная мышца, атрофия

при оценке глубоких структур, таких как задний отдел суставной губы плечевого сустава, или при исследовании крупных пациентов могут применяться меньшие частоты. Соблюдение четкого диагностического алгоритма обеспечивает полноту и информативность исследования [8]. Прицельная мето-

**\* БЛОК 3.1 Результаты УЗИ  
плечевого сустава: патологии  
не выявлено, исследованы все  
структуры**

**Вид исследования:** УЗИ плечевого сустава.

**Дата исследования:** 11 марта 2017 г.

**Пациент:** Juan Atkins

**Регистрационный номер:** 8675309

**Жалобы и анамнез:** боль в плечевом суставе. Рекомендовано исследование на предмет патологии вращательной манжеты.

**Результаты исследования:** данных за выпот в сустав не выявлено. Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча не изменено; тендиноза, разрывов, теносиновита, дислокации и сублюкации не выявлено. Сухожилия надостной, подостной, подлопаточной и малой круглой мышц не изменены. Подакромиально-поддельтовидная сумка без патологии; без джонс-симптома при проведении функциональных проб. Задний отдел суставной губы – без особенностей. Прицельное исследование зоны максимальной болезненности – без особенностей.

**Предварительное заключение:** УЗ-патологии плечевого сустава не выявлено. Патологии вращательной манжеты не выявлено.

дика, часто применяемая при исследовании других суставов, не подходит для плечевого сустава, где боль зачастую имеет диффузный или отраженный характер. Однако по завершении УЗИ всегда рекомендуется дополнительно исследовать зоны, характеризующиеся локальной болезненностью или иными местными симптомами.

### Позиция 1. Сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча

Пациент кладет руку себе на бедро (рис. 3.4А). В таком положении межбугорковая борозда (важный костный ориентир) разворачивается кпереди. Кисть располагается произвольно, так как это не влия-

**\* БЛОК 3.2 Результаты УЗИ  
локтевого сустава: выявлены  
патологические изменения,  
исследованы все структуры**

**Вид исследования:** УЗИ плечевого сустава.

**Дата исследования:** 11 марта 2017 г.

**Пациент:** Chazz Michael Michaels

**Регистрационный номер:** 8675309

**Жалобы и анамнез:** боль в плечевом суставе. Рекомендовано исследование на предмет патологии вращательной манжеты.

**Результаты исследования:** визуализируется локальная анэхогенная зона, соответствующая разрыву передней порции волокон дистальной части сухожилия надостной мышцы шириной 1 см, протяженностью 1,5 см. Передний край разрыва определяется вблизи ротаторного интервала. Повреждения подостной, подлопаточной мышц, ротаторного интервала не выявлено. Определяются признаки умеренной жировой дегенерации надостной и подостной мышц. Влагалище сухожилия двуглавой мышцы плеча и подакромиально-поддельтовидная сумка умеренно расширены за счет незначительного суставного выпота. Длинная головка двуглавой мышцы плеча не повреждена, без смещения. Определяются признаки начального остеоартроза акромиально-ключичного сустава. Прицельное исследование зоны максимальной болезненности – без явной патологии.

**Предварительное заключение:** локальный или частичный полнослойный разрыв сухожилия надостной мышцы с атрофией надостной и подостной мышц.

ет на положение плечевой кости. Датчик устанавливают на кожу пациента поперечно по отношению к плечевой кости, при этом в межбугорковой борозде визуализируется сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча в поперечном сечении (рис. 3.4В; видео 3.1). Глубокое расположение дистальной части сухожилия двуглавой



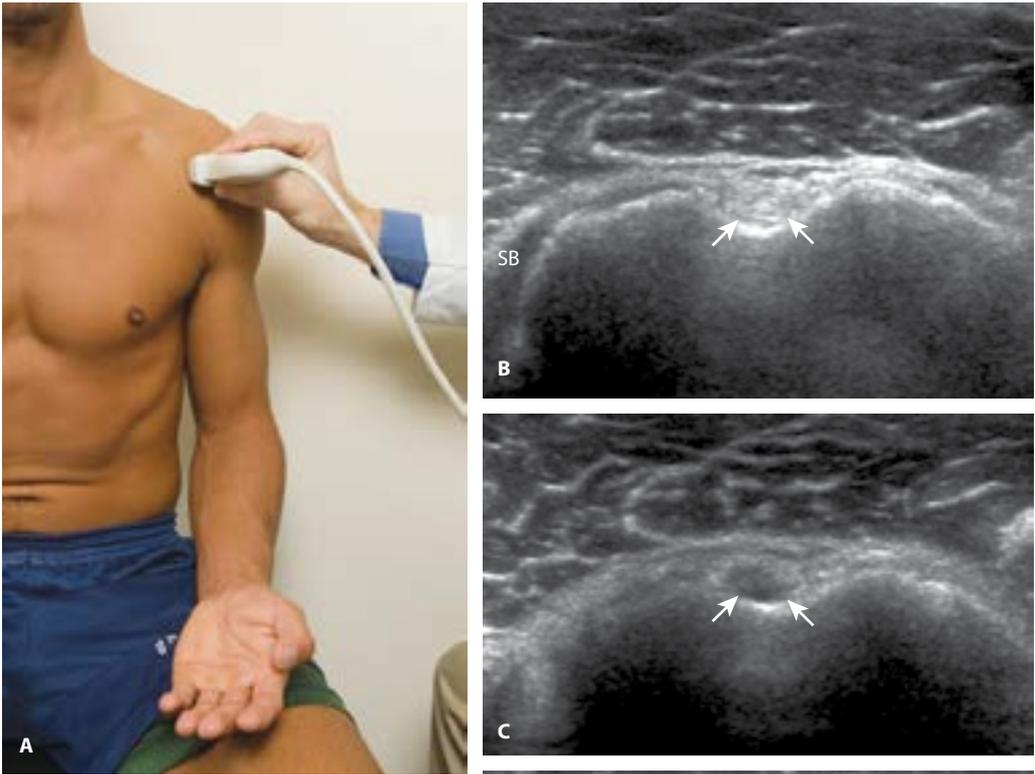
■ РИС. 3.3 УЗИ плечевого сустава. А и В. Положение пациента.

мышцы плеча обуславливает его наклонную ориентацию относительно УЗ-луча, что вызывает анизотропию и искусственную гипоэхогенность сухожилия при отсутствии патологических изменений (рис. 3.4С). Для устранения данного артефакта УЗ-луч направляется вверх посредством бокового наклона датчика (видео 3.2). Четко определяемая гиперэхогенная поверхность кортикального слоя в глубине межбугорковой борозды свидетельствует о перпендикулярной ориентации УЗ-луча относительно более поверхностно проходящего сухожилия двуглавой мышцы плеча. Исследование сухожилия двуглавой мышцы плеча проводится в поперечном сечении, от проксимальных участков к дистальным. Обязательно исследуется проксимальная часть сухожилия двуглавой мышцы плеча, проходящая над головкой плечевой кости до уровня стабилизирующего его капсульно-лигаментарного комплекса, так как в этой зоне часто встречаются патологические изменения [4, 9]. Проксимальнее межбугорковой борозды неизменное сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча имеет овальное сечение с наклонной ориентацией, что может привести к ошибочной диагностике подвывиха сухожилия [10]. Далее датчик смещается ниже, до уровня сухожилия большой грудной мышцы (рис. 3.4D), что позволяет исследовать большую грудную мышцу и двуглавую мышцу плеча (сухожилие длинной головки двуглавой мышцы в результате разрыва может смещаться до этого уровня). Поворот датчика из этой позиции на 90°

обеспечивает визуализацию продольного среза сухожилия от головки плечевой кости до сухожилия большой грудной мышцы (рис. 3.5А; видео 3.3). Обычно требуется некоторое надавливание на дистальный край датчика (прием «пятка-носок»), для ориентации УЗ-луча перпендикулярно сухожилию во избежание анизотропии (рис. 3.5В и С; видео 3.4). Изображение в продольном сечении сухожилия двуглавой мышцы плеча и межбугорковой борозды также можно получить при смещении датчика латерально от малого бугорка (видео 3.5), имеющего характерную пирамидальную форму (рис. 3.5D).

### Позиция 2. Сухожилие подлопаточной мышцы и вывих сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча

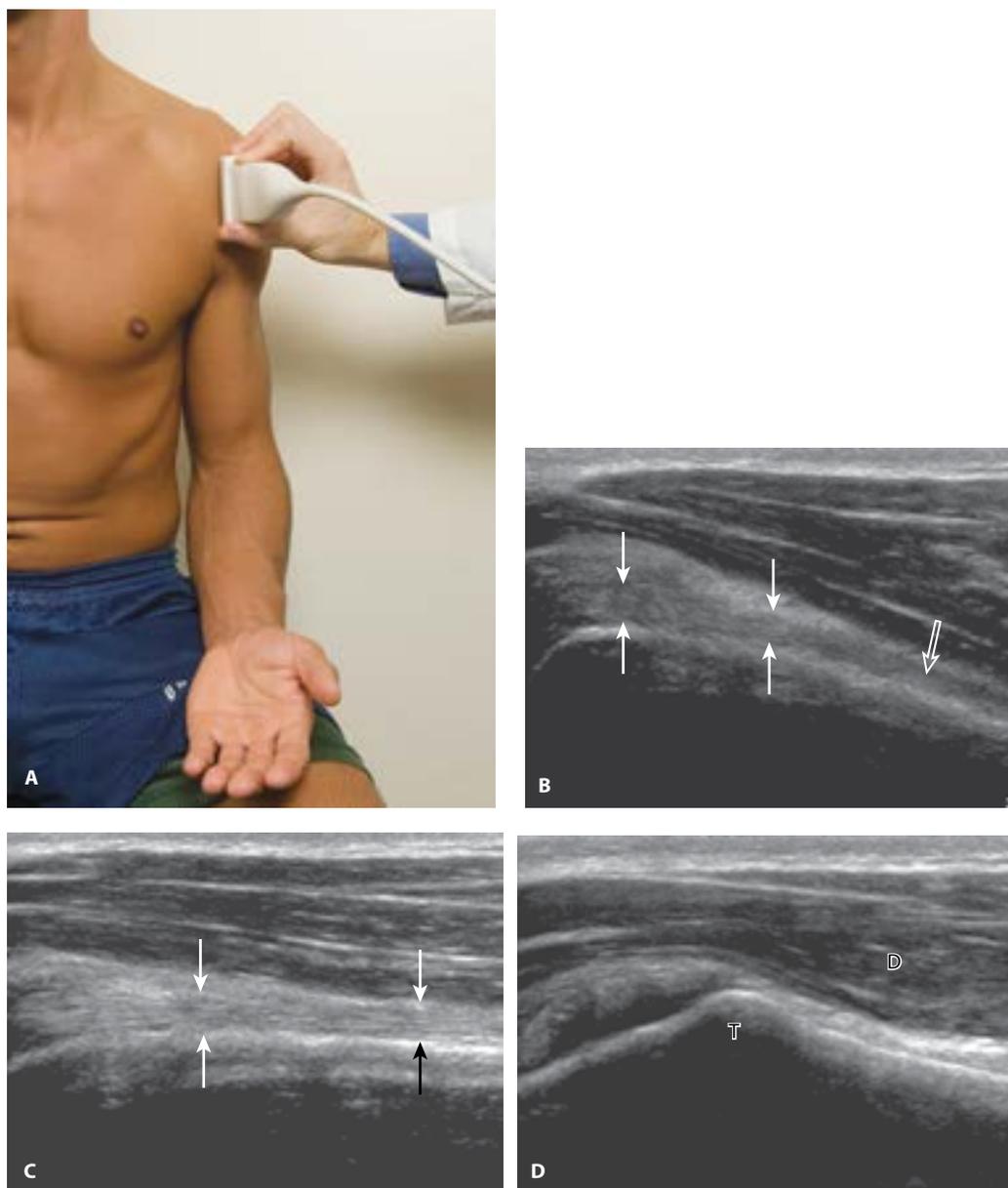
Датчик повторно устанавливается в поперечной плоскости. Вначале визуализируется межбугорковая борозда, затем датчик смещается медиальнее малого бугорка (см. рис. 3.4А). Данная нейтральная позиция позволяет визуализировать продольный срез сухожилия подлопаточной мышцы с выраженной анизотропией (рис. 3.6А). Для ее устранения требуется выполнить наружную ротацию плеча (рис. 3.6В), что обеспечивает перпендикулярную ориентацию волокон сухожилия подлопаточной мышцы по отношению к УЗ-лучу. Полноценность исследования сухожилия подлопаточной мышцы достигается перемещением датчика в верхнем направлении над малым бугор-



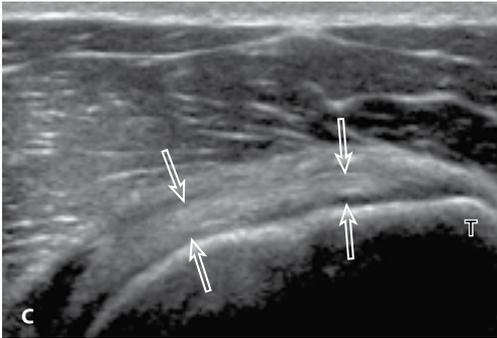
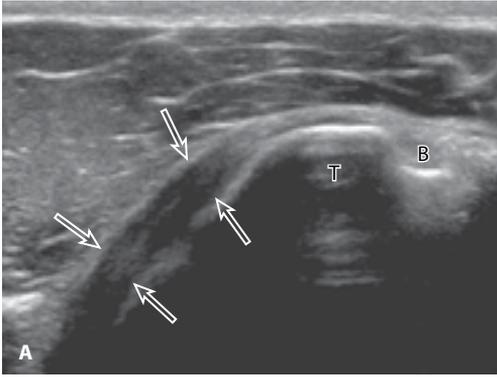
**РИС. 3.4** Исследование сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча при поперечном сканировании. А. Положение датчика. В. На эхограмме представлено гиперэхогенное сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча (*стрелки*) в пределах межбугорковой борозды. Сухожилие подлопаточной мышцы (*SB*) расположено медиальнее (в левой части изображения). С. Боковые наклоны датчика («тумблер») обуславливают появление анизотропного эффекта (*стрелки*). D. На эхограмме более дистальных отделов представлено сухожилие большой грудной мышцы (*головки стрелок*), расположенное над сухожилием двуглавой мышцы плеча (*стрелки*).

ком. Затем датчик перемещается латерально к межбугорковой борозде для исключения вывиха или подвывиха сухожилия двуглавой мышцы плеча, которые могут выявляться только при наружной ротации плеча (см. раздел «Сухожилие двуглавой мышцы плеча: Подвывих и вывих») [11]. Расположив датчик по центру дистального отдела

сухожилия подлопаточной мышцы и повернув его на  $90^\circ$ , исследуйте сухожилие подлопаточной мышцы в поперечном сечении (рис. 3.7А и В). На поперечном срезе часто визуализируются гипозоногенная поперечно исчерченная структура мышцы или прослойки между сухожильными волокнами (рис. 3.7С; видео 3.7).



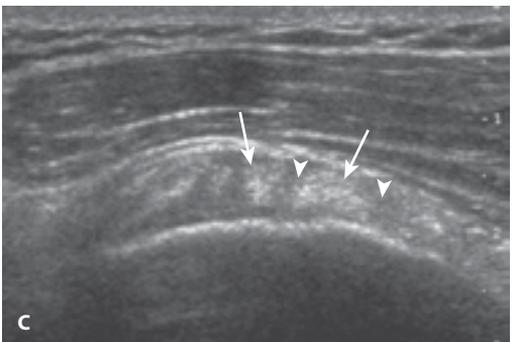
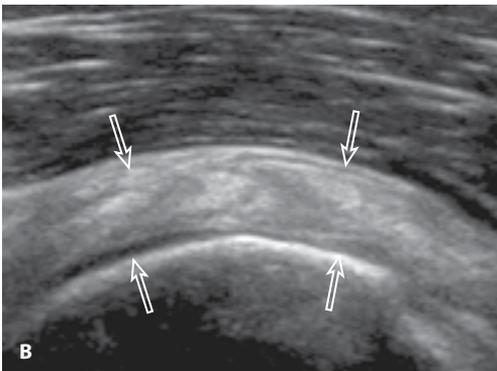
■ **РИС. 3.5** Исследование сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча при продольном сканировании. А. Положение датчика. В. На эхограмме в сагиттальной плоскости, проходящей через межбугорковую борозду, визуализируется продольный срез сухожилия двуглавой мышцы плеча (стрелки), гипозоногенного вследствие анизотропного эффекта (незакрашенная стрелка). С. Перпендикулярная ориентация УЗ-луча по отношению к сухожилию устраняет анизотропию (дистальный конец находится на изображении справа). D. Обратите внимание на пирамидальную форму малого бугорка (Т) в сагиттальной плоскости. Бугорок расположен медиально от межбугорковой борозды. D – дельтовидная мышца.

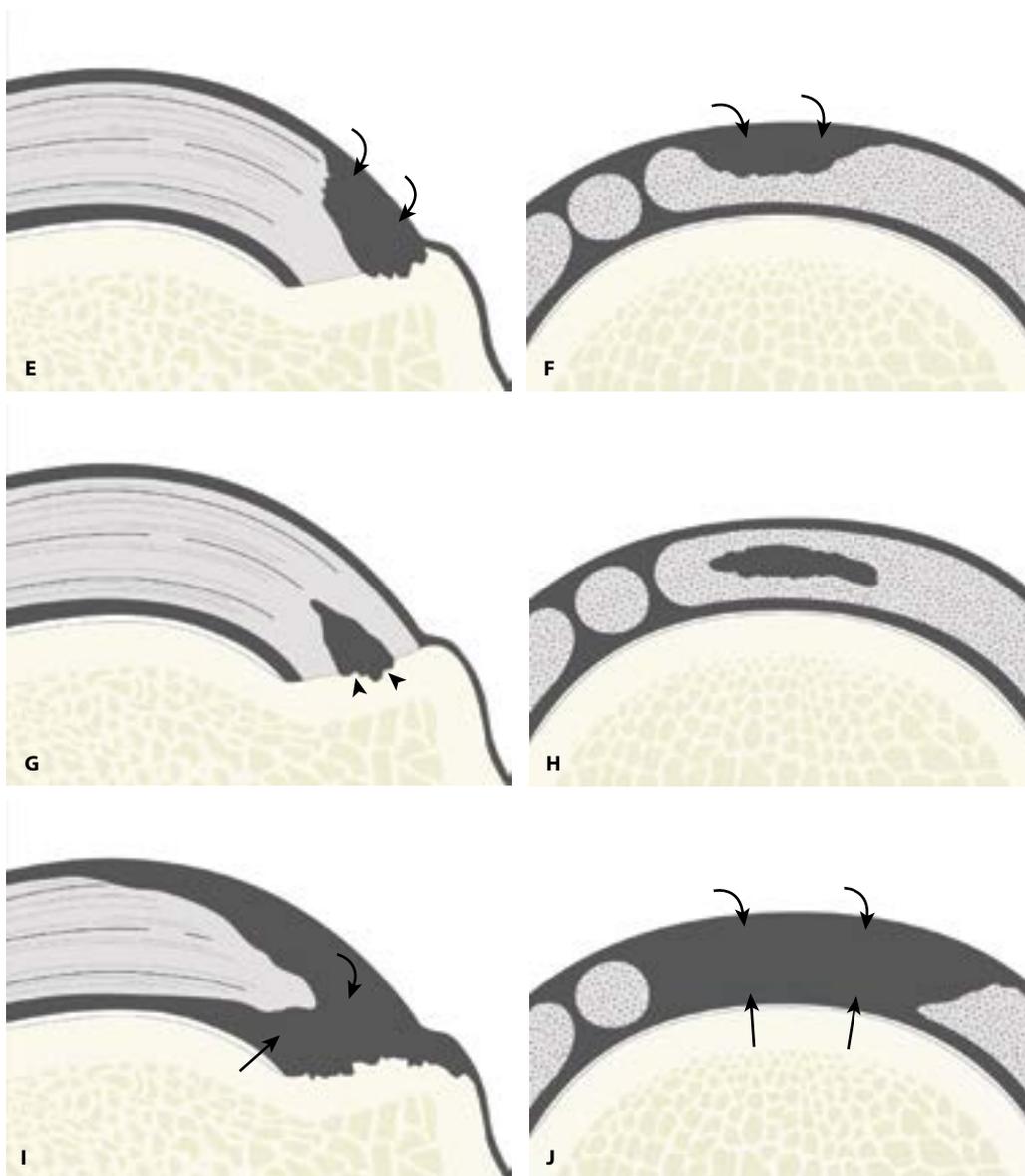


■ **РИС. 3.6** Исследование сухожилия подлопаточной мышцы при продольном сканировании. А. При поперечном сканировании на уровне малого бугорка (Т) визуализируется гипоэхогенное (вследствие анизотропии) сухожилие подлопаточной мышцы (незакрашенные стрелки); медиальные отделы отображаются слева. При наружной ротации плеча (В) на эхограмме (С) визуализируется гиперэхогенное неизмененное сухожилие подлопаточной мышцы (незакрашенные стрелки). В – сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча.



■ **РИС. 3.7** Исследование сухожилия подлопаточной мышцы при поперечном сканировании. А. Положение датчика. В. На сагиттальном срезе передних отделов плечевого сустава визуализируется неизмененное гиперэхогенное сухожилие (незакрашенные стрелки); левая сторона изображения соответствует структурам, расположенным краниально. С. Обратите внимание на неоднородность структуры вследствие визуализации гиперэхогенных пучков сухожильных волокон (стрелки), окруженных гипоэхогенными мышечными волокнами (голови стрелок).





■ РИС. 3.20 (окончание)

сопоставимую чувствительность и специфичность в диагностике повреждений вращательной манжеты [37]. Был предложен алгоритм визуальной диагностики при подозрении на разрыв вращательной манжеты, включающий проведение УЗИ.

#### **НЕПОЛНОСЛОЙНЫЙ РАЗРЫВ**

Неполнослойные разрывы сухожилия надостной мышцы характеризуются отчетливым ан- или гипозоногенным дефектом, нарушающим целостность волокон сухожилия. В зависимости от того, какая из поверхностей сухожилия повреждена, различают артикулярные и бурсальные разрывы [30, 39].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Minagawa H, Itoi E, Konno N, et al: Humeral attachment of the supraspinatus and infraspinatus tendons: an anatomic study. *Arthroscopy* 14(3):302–306, 1998.
2. Ruotolo C, Fow JE, Nottage WM: The supraspinatus footprint: an anatomic study of the supraspinatus insertion. *Arthroscopy* 20(3):246–249, 2004.
3. Mochizuki T, Sugaya H, Uomizu M, et al: Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 91(2 Pt 1): S1–S7, 2009.
4. Petchprapa CN, Beltran LS, Jazrawi LM, et al: The rotator interval: a review of anatomy, function, and normal and abnormal MRI appearance. *AJR Am J Roentgenol* 195(3):567–576, 2010.
5. Nwawka OK, Miller TT, Slaughter AJ, et al: Volume and movement affecting flow of injectate between the biceps tendon sheath and glenohumeral joint: a cadaveric study. *AJR Am J Roentgenol* 206(2):373–377, 2016.
6. Grainger AJ, Tirman PF, Elliott JM, et al: MR anatomy of the subcoracoid bursa and the association of subcoracoid effusion with tears of the anterior rotator cuff and the rotator interval. *AJR Am J Roentgenol* 174(5):1377–1380, 2000.
7. van Holsbeeck M, Strouse PJ: Sonography of the shoulder: evaluation of the subacromial-subdeltoid bursa. *AJR Am J Roentgenol* 160(3):561–564, 1993.
8. Jacobson JA, Shoulder US: anatomy, technique, and scanning pitfalls. *Radiology* 260(1):6–16, 2011.
9. Buck FM, Grehn H, Hilbe M, et al: Degeneration of the long biceps tendon: comparison of MRI with gross anatomy and histology. *AJR Am J Roentgenol* 193(5):1367–1375, 2009.
10. Buck FM, Dietrich TJ, Resnick D, et al: Long biceps tendon: normal position, shape, and orientation in its groove in neutral position and external and internal rotation. *Radiology* 261(3):872–881, 2011.
11. Farin PU, Jaroma H, Harju A, et al: Medial displacement of the biceps brachii tendon: evaluation with dynamic sonography during maximal external shoulder rotation. *Radiology* 195(3):845–848, 1995.
12. Shah NP, Miller TT, Stock H, et al: Sonography of supraspinatus tendon abnormalities in the neutral versus Crass and modified Crass positions: a prospective study. *J Ultrasound Med* 31(8):1203–1208, 2012.
13. Crass JR, Craig EV, Feinberg SB: The hyperextended internal rotation view in rotator cuff ultrasonography. *J Clin Ultrasound* 15(6):416–420, 1987.
14. Ferri M, Finlay K, Popowich T, et al: Sonography of full-thickness supraspinatus tears: comparison of patient positioning technique with surgical correlation. *AJR Am J Roentgenol* 184(1):180–184, 2005.
15. Arend CF, da Silva TR: Comparison between exclusively long-axis and multiple-axis sonographic protocols for screening of rotator cuff lesions in symptomatic shoulders. *J Ultrasound Med* 29(12):1725–1732, 2010.
16. Seibold CJ, Mallisee TA, Erickson SJ, et al: Rotator cuff: evaluation with US and MR imaging. *Radiographics* 19(3):685–705, 1999.
17. Schaeffeler C, Mueller D, Kirchhoff C, et al: Tears at the rotator cuff footprint: prevalence and imaging characteristics in 305 MR arthrograms of the shoulder. *Eur Radiol* 21(7):1477–1484, 2011.
18. Tuite MJ, Turnbull JR, Orwin JF: Anterior versus posterior, and rim-rem rotator cuff tears: prevalence and MR sensitivity. *Skeletal Radiol* 27(5):237–243, 1998.
19. Michelin P, Kasprzak K, Dacher JN, et al: Ultrasound and anatomical assessment of the infraspinatus tendon through anterosuperolateral approach. *Eur Radiol* 25(8):2240–2245, 2015.
20. Chang EY, Szeverenyi NM, Statum S, et al: Rotator cuff tendon ultrastructure assessment with reduced-orientation dipolar anisotropy fiber imaging. *AJR Am J Roentgenol* 202(4): W376–W378, 2014.
21. Bretzke CA, Crass JR, Craig EV, et al: Ultrasonography of the rotator cuff. Normal and pathologic anatomy. *Invest Radiol* 20(3):311–315, 1985.
22. Morag Y, Jacobson JA, Lucas D, et al: US appearance of the rotator cable with histologic correlation: preliminary results. *Radiology* 241(2):485–491, 2006.
23. Ferri M, Finlay K, Popowich T, et al: Sonographic examination of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *J Clin Ultrasound* 33(7):345–355, 2005.
24. Peetrons P, Bedard JP: Acromioclavicular joint injury: enhanced technique of examination with dynamic maneuver. *J Clin Ultrasound* 35(5):262–267, 2007.
25. Bureau NJ, Beauchamp M, Cardinal E, et al: Dynamic sonography evaluation of shoulder impingement syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 187(1):216–220, 2006.

26. Farin PU, Jaroma H, Harju A, et al: Shoulder impingement syndrome: sonographic evaluation. *Radiology* 176(3):845–849, 1990.
27. Ryu KN, Lee SW, Rhee YG, et al: Adhesive capsulitis of the shoulder joint: usefulness of dynamic sonography. *J Ultrasound Med* 12(8):445–449, 1993.
28. Kavanagh EC, Koulouris G, Parker L, et al: Does extended-field-of-view sonography improve interrater reliability for the detection of rotator cuff muscle atrophy? *AJR Am J Roentgenol* 190(1):27–31, 2008.
29. Kim HM, Dahiya N, Teefey SA, et al: Location and initiation of degenerative rotator cuff tears: an analysis of three hundred and sixty shoulders. *J Bone Joint Surg Am* 92(5):1088–1096, 2010.
30. Jacobson JA, Lancaster S, Prasad A, et al: Full-thickness and partial-thickness supraspinatus tendon tears: value of US signs in diagnosis. *Radiology* 230(1):234–242, 2004.
31. Wohlwend JR, van Holsbeeck M, Craig J, et al: The association between irregular greater tuberosities and rotator cuff tears: a sonographic study. *AJR Am J Roentgenol* 171(1):229–233, 1998.
32. Jiang Y, Zhao J, van Holsbeeck MT, et al: Trabecular microstructure and surface changes in the greater tuberosity in rotator cuff tears. *Skeletal Radiol* 31(9):522–528, 2002.
33. Teefey SA, Middleton WD, Bauer GS, et al: Sonographic differences in the appearance of acute and chronic full-thickness rotator cuff tears. *J Ultrasound Med* 19(6):377–378, quiz 383, 2000.
34. Araki D, Miller RM, Fujimaki Y, et al: Effect of tear location on propagation of isolated supraspinatus tendon tears during increasing levels of cyclic loading. *J Bone Joint Surg Am* 97(4):273–278, 2015.
35. Kim HM, Dahiya N, Teefey SA, et al: Relationship of tear size and location to fatty degeneration of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 92(4):829–839, 2010.
36. Teefey SA, Rubin DA, Middleton WD, et al: Detection and quantification of rotator cuff tears. Comparison of ultrasonographic, magnetic resonance imaging, and arthroscopic findings in seventy-one consecutive cases. *J Bone Joint Surg Am* 86-A (4):708–716, 2004.
37. de Jesus JO, Parker L, Frangos AJ, et al: Accuracy of MRI, MR arthrography, and ultrasound in the diagnosis of rotator cuff tears: a meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol* 192(6):1701–1707, 2009.
38. Nazarian LN, Jacobson JA, Benson CB, et al: Imaging algorithms for evaluating suspected rotator cuff disease: Society of Radiologists in Ultrasound consensus conference statement. *Radiology* 267(2):589–595, 2013.
39. van Holsbeeck MT, Kolowich PA, Eyler WR, et al: US depiction of partial-thickness tear of the rotator cuff. *Radiology* 197(2):443–446, 1995.
40. van Holsbeeck M, Introcaso JH, Kolowich PA: Sonography of tendons: patterns of disease. *Instr Course Lect* 43:475–481, 1994.
41. Rutten MJ, Jager GJ, Kiemeny LA: Ultrasound detection of rotator cuff tears: observer agreement related to increasing experience. *AJR Am J Roentgenol* 195(6): W440–W446, 2010.
42. Erickson SJ: High-resolution imaging of the musculoskeletal system. *Radiology* 205(3):593–618, 1997.
43. Kassirjian A, Torriani M, Ouellette H, et al: Intramuscular rotator cuff cysts: association with tendon tears on MRI and arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 185(1):160–165, 2005.
44. Chung SW, Kim JY, Kim MH, et al: Arthroscopic repair of massive rotator cuff tears: outcome and analysis of factors associated with healing failure or poor postoperative function. *Am J Sports Med* 41(7):1674–1683, 2013.
45. Strobel K, Hodler J, Meyer DC, et al: Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology* 237(2):584–589, 2005.
46. Buck FM, Grehn H, Hilbe M, et al: Magnetic resonance histologic correlation in rotator cuff tendons. *J Magn Reson Imaging* 32(1):165–172, 2010.
47. Kjellin I, Ho CP, Cervilla V, et al: Alterations in the supraspinatus tendon at MR imaging: correlation with histopathologic findings in cadavers. *Radiology* 181(3):837–841, 1991.
48. Bachmann GF, Melzer C, Heinrichs CM, et al: Diagnosis of rotator cuff lesions: comparison of US and MRI on 38 joint specimens. *Eur Radiol* 7(2):192–197, 1997.
49. Jin W, Ryu KN, Park YK, et al: Cystic lesions in the posterosuperior portion of the humeral head on MR arthrography: correlations with gross and histologic findings in cadavers. *AJR Am J Roentgenol* 184(4):1211–1215, 2005.
50. Tirman PF, Bost FW, Garvin GJ, et al: Posterosuperior glenoid impingement of the shoulder: findings at MR imaging and MR arthrography with arthroscopic correlation. *Radiology* 193(2):431–436, 1994.
51. Hollister MS, Mack LA, Patten RM, et al: Association of sonographically detected subacromial/subdeltoid bursal effusion and intra-articular fluid with rotator cuff tear. *AJR Am J Roentgenol* 165(3):605–608, 1995.

# УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛАВЫ

### Анатомия локтевого сустава

#### Техника ультразвукового исследования

- Общие моменты*
- Передний доступ*
- Медиальный доступ*
- Латеральный доступ*
- Задний доступ*

#### Патология сустава и синовиальных сумок

#### Патологические изменения сухожилий и мышц

- Двуглавая мышца плеча*
- Трехглавая мышца плеча*
- Общие сухожилия сгибателей и разгибателей*

#### Патология связочного аппарата

#### Патология периферических нервов

- Локтевой нерв*
- Срединный нерв*
- Лучевой нерв*
- Опухоли из оболочки периферических нервов*

#### Эпитрохлеарный лимфатический узел

## ■ АНАТОМИЯ ЛОКТЕВОГО СУСТАВА

Локтевой сустав относится к синовиальным суставам и состоит из трех сочленений: блока плечевой кости с локтевой костью, головчатого возвышения плечевой кости с головкой лучевой кости и проксимальных эпифизов локтевой и лучевой костей между собой (рис. 4.1). Локтевой сустав снабжен выступающими заворотами, расположенными в венечной и лучевой ямках спереди и в ямке локтевого отростка сзади. Внутри каждого суставного заворота имеется внутрикапсульное экстрасиновиальное жировое тело, смещающееся при расшире-

нии полости заворота. Медиальная часть сустава укреплена локтевой коллатеральной связкой. Ее передний пучок, соединяющий медиальный надмыщелок плечевой кости и медиальный край блоковидной вырезки лучевой кости, простирающийся на несколько сантиметров дистальнее, имеет наибольшее значение (рис. 4.1С) [1]. Помимо переднего, имеются задний и косой пучки [2]. С латеральной стороны локтевой сустав укреплен латеральным связочным комплексом, состоящим из лучевой коллатеральной связки, кольцевидной связки и меньшей по размеру добавочной лучевой коллатеральной связки (рис. 4.1D) [3]. Дополнительный компонент – латеральная локтевая коллатеральная связка – проходит от латерального надмыщелка плечевой кости к гребню супинатора локтевой кости, однако в проксимальном отделе она идет вместе с латеральной коллатеральной связкой и только визуализируется в виде отдельной структуры дистальнее кольцевидной связки [3–5].

Плечевая мышца прикрепляется к локтевой кости на передней поверхности локтевого сустава, а сухожилие двуглавой мышцы плеча прикрепляется к бугристости лучевой кости. Двуглавая мышца плеча имеет два места прикрепления: короткая головка проходит более поверхностно и прикрепляется к бугристости лучевой кости дистальнее длинной головки [6]. Трехглавая мышца плеча следует к проксимальному отделу локтевой кости в тыльной части локтевого сустава и прикрепляется к локтевому отростку, поверх которого расположена локтевая синовиальная сумка. Латеральная и длинная головки трехглавой мышцы плеча образуют поверхностный слой дистальной части трехглавой мышцы, глубокий слой представлен сравнительно коротким сухожилием медиальной головки [7]. Локте-

вая мышца расположена между локтевым отростком и латеральным надмыщелком плечевой кости. В медиальных отделах расположено общее сухожилие сгибателей, состоящее из сухожилий лучевого сгибателя кисти, длинной ладонной мышцы, локтевого сгибателя запястья и поверхностного сгибателя пальцев кисти, берущее начало от медиального надмыщелка плечевой кости. В латеральных отделах расположено общее сухожилие разгибателей, состоящее из сухожилий короткого лучевого разгибателя кисти, разгибателя пальцев, разгибателя мизинца и локтевого разгибателя кисти, берущее начало от латерального надмыщелка плечевой кости. Короткий лучевой разгибатель запястья расположен спереди от других мышц этой группы; длинный лучевой разгибатель запястья начинается проксимальнее латерального надмыщелка на латеральной поверхности метафиза плечевой кости.

Локтевой нерв проходит в пространстве, ограниченном локтевым отростком локтевой кости и медиальным надмыщелком, соединенными удерживающей связкой кубитального канала (или фасцией Осборна). Следуя дистально, локтевой нерв погружается в истинный кубитальный канал, ограниченный двумя ножками локтевого сгибателя запястья, и проходит под дугообразной связкой (син. – связка Осборна, сухожильная дуга. – *Прим. ред.*) [8]. Срединный нерв расположен медиально от плечевой артерии и проходит в дистальном направлении между локтевой и плечевой головками круглого пронатора. Лучевой нерв следует по задней поверхности диафиза плечевой кости в дистально-латеральном направлении и погружается под плечелучевую мышцу, где разделяется на глубокую ветвь, проходящую между двумя головками супинатора, и поверхностную ветвь, следующую вдоль предплечья под плечелучевой мышцей.

## ■ ТЕХНИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 4.1 представлен контрольный список исследования локтевого сустава. Примеры заключений УЗИ локтевого сустава показаны в блоках 4.1 и 4.2.

★ ТАБЛИЦА 4.1 Контрольный список исследования локтевого сустава

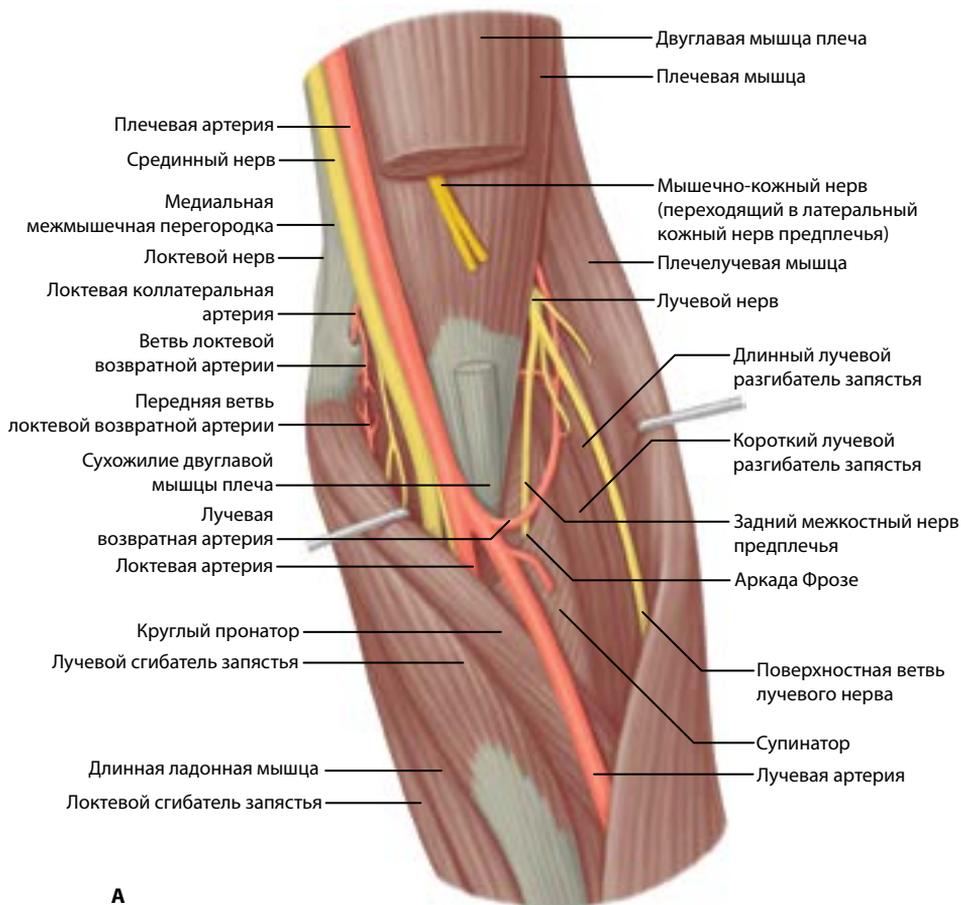
Отделы сустава	Исследуемые структуры
Передний	Плечевая мышца Двуглавая мышца плеча Срединный нерв Передние суставные карманы
Медиальный	Локтевая коллатеральная связка Сухожилие общего сгибателя и круглый пронатор Локтевой нерв
Латеральный	Общее сухожилие разгибателей Латеральный коллатеральный связочный комплекс Головка лучевой кости и кольцевая связка Головка плечевой кости Лучевой нерв
Задний	Задний суставной карман Трехглавая мышца плеча Подкожная сумка локтевого отростка

## Общие моменты

УЗИ локтевого сустава может быть выполнено в положении пациента сидя с расположением локтя исследуемой конечности на горизонтальной поверхности или в положении лежа. Рекомендуется использовать датчики с частотой не менее 10 МГц, так как большая часть исследуемых структур расположена поверхностно. Исследование локтевого сустава может быть сфокусировано в зоне возникновения симптомов или соответствующей анамнезу. Тем не менее рекомендуется во всех случаях проводить полноценное исследование локтевого сустава, что также способствует улучшению знаний нормальной анатомии и вариантов развития, а также совершенствованию техники исследования [9].

## Передний доступ

Передний доступ позволяет исследовать в первую очередь плечевую мышцу, двуглавую мышцу плеча, срединный нерв и передний заворот локтевого сустава. Для проведения исследования рука пациента должна находиться в положении комфортного раз-

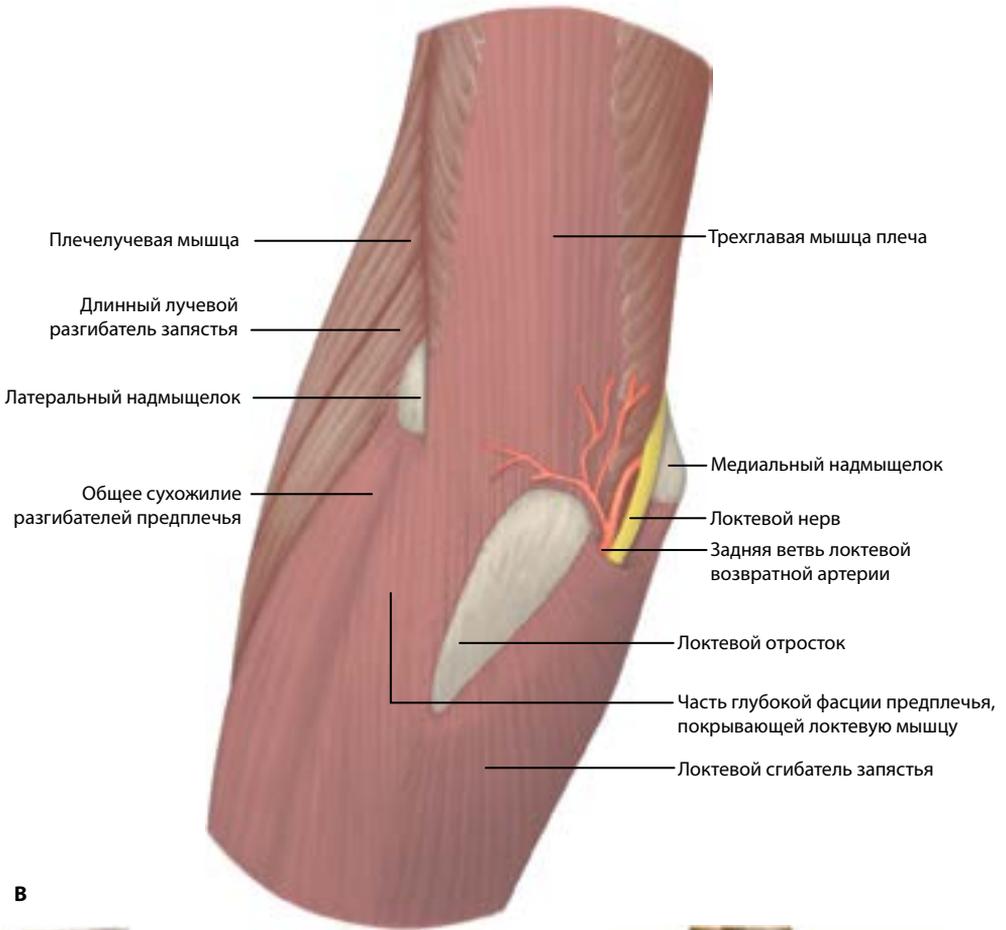


А

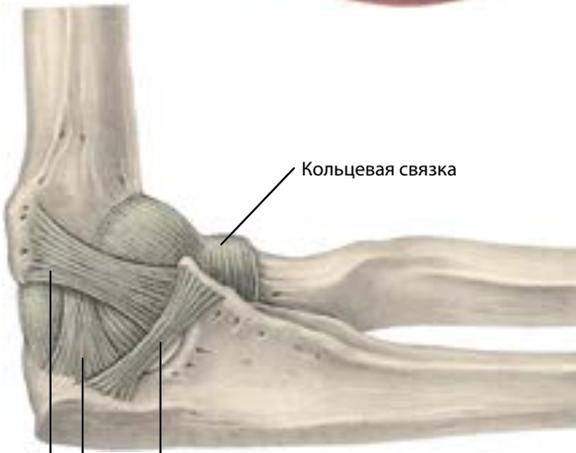
■ **РИС. 4.1** А. Область левого локтевого сустава, вид спереди. В. Область левого локтевого сустава, вид сзади. С. Строение левого локтевого сустава, вид с медиальной стороны. Д. Лучевой коллатеральный связочный комплекс левого локтевого сустава, вид с латеральной стороны. *H* – плечевая кость; *U* – локтевая кость; *R* – лучевая кость; *E* – общее сухожилие разгибателей предплечья; *стрелки* – лучевая коллатеральная связка; *головка стрелки* – кольцевая связка; *изогнутая стрелка* – локтевая латеральная коллатеральная связка. (А–С: *um. no: Standing S: Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice, ed 39, Edinburgh, 2005, Churchill Livingstone.*)

гибания в локтевом суставе с супинацией кисти. Идеальной исходной позицией является передняя поперечная позиция датчика на уровне дистального эпифиза плечевой кости, где волнистые контуры ее суставной поверхности, покрытой гипозоогенным гиалиновым хрящом, напоминают раковину моллюска (рис. 4.2). Гипозоогенная мышца пирамидальной формы, прилегающая к передней поверхности дистального отдела плечевой кости, представляет собой плечевую мышцу. Поверхностно и медиально от нее визуализируется пульсирующая пле-

чевая артерия, которая служит надежным ориентиром для обнаружения сухожилия двуглавой мышцы плеча, проходящего вдоль нее латерально и поверхностно по отношению к плечевой мышце. Срединный нерв проходит медиально от плечевой артерии и эхографически представлен структурой «пчелиных сот»; медиально от него расположен круглый пронатор. Плечелучевая мышца расположена латерально от плечевой мышцы; в разделяющей их наклонной плоской фасции проходят гипозоогенные поверхностная и глубокая ветви лучевого



**В**



**С**

локтевой коллатеральной связки



■ РИС. 4.1 (окончание)

**\* БЛОК 4.1 Результаты УЗИ локтевого сустава: патологии не выявлено, исследованы все структуры**

**Вид исследования:** УЗИ локтевого сустава.

**Дата исследования:** 11 марта 2011 г.

**Пациент:** Kevin Saunderson

**Регистрационный номер:** 8675309

**Жалобы и анамнез:** боль в локтевом суставе. Рекомендовано исследование для исключения патологии сухожилий.

**Результаты исследования:** данных за наличие внутрисуставного выпота или патологию синовиальных сумок не выявлено. Патологических изменений сухожилий двуглавой мышцы плеча и плечевой мышцы не выявлено. Общее сухожилие сгибателей и общее сухожилие разгибателей запястья не изменены. Значимых изменений трехглавой мышцы плеча не выявлено. Передний пучок локтевой коллатеральной связки и латеральный связочный комплекс также не изменены. Локтевой, лучевой и срединный нервы на уровне локтевого сустава – без особенностей. При динамическом исследовании патологических изменений на уровне кубитального канала не выявлено. При прицельном исследовании патологических изменений в зоне максимальной болезненности не выявлено.

**Предварительное заключение:** УЗ-патологии локтевого сустава не выявлено.

нерва. Латеральный кожный нерв предплечья проходит поверхностно по латеральному краю сухожилия двуглавой мышцы плеча (рис. 4.2В) и представляет собой продолжение мышечно-кожного нерва, более проксимально проходящего между плечевой мышцей и двуглавой мышцей плеча (рис. 4.2С) [10].

При исследовании сухожилия двуглавой мышцы плеча в поперечной проекции бывает сложно различить гиперэхогенные длинную и короткую головки, хотя сухожилие часто выглядит несколько раздвоенным (рис. 4.3А). Используя анизотропный эффект

**\* БЛОК 4.2 Результаты УЗИ локтевого сустава: имеются патологические изменения, исследованы все структуры**

**Вид исследования:** УЗИ локтевого сустава.

**Дата исследования:** 11 марта 2011 г.

**Пациент:** Ricky Bobby

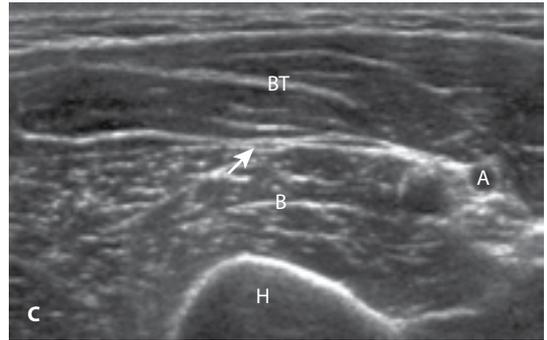
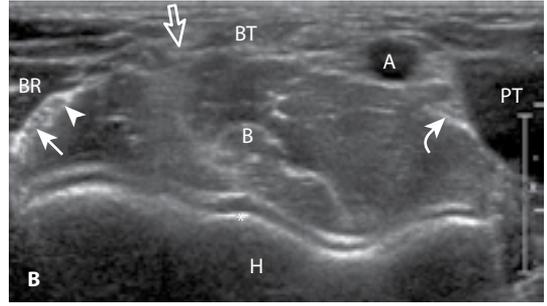
**Регистрационный номер:** 8675309

**Жалобы и анамнез:** боль в локтевом суставе. Рекомендовано исследование для исключения патологии сухожилий.

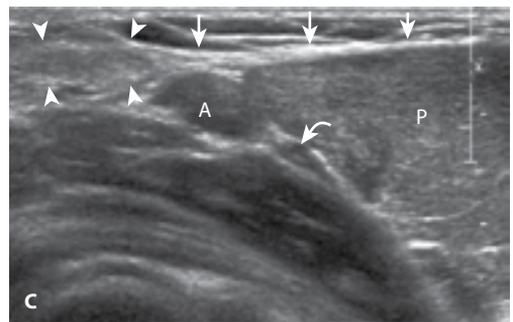
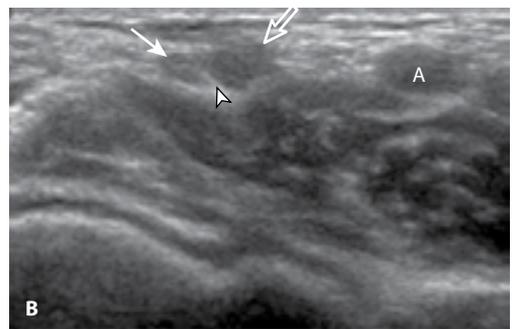
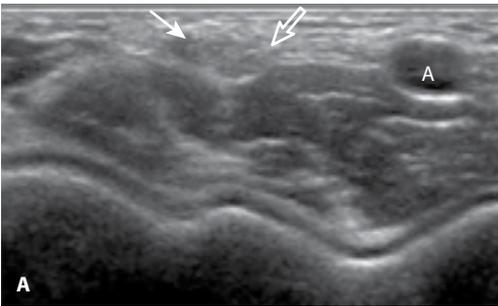
**Результаты исследования:** визуализируется неполнослойный разрыв дистального сегмента сухожилия двуглавой мышцы плеча, повреждение поверхностного сухожилия короткой головки с ретракцией примерно на 2 см; сухожилие длинной головки не повреждено. Целостность сухожилия длинной головки подтверждена функциональными тестами, что исключает полнослойный разрыв. Суставной выпот не обнаружен. Сухожилия трехглавой мышцы, общих сухожилий разгибателей и сгибателей – без изменений. Локтевой, лучевой и срединный нервы на уровне локтевого сустава – не изменены, в том числе при проведении динамического исследования. Локтевая и латеральная коллатеральные связки не изменены. Синовиальные сумки не увеличены.

**Предварительное заключение:** неполнослойный разрыв дистальной части сухожилия двуглавой мышцы плеча.

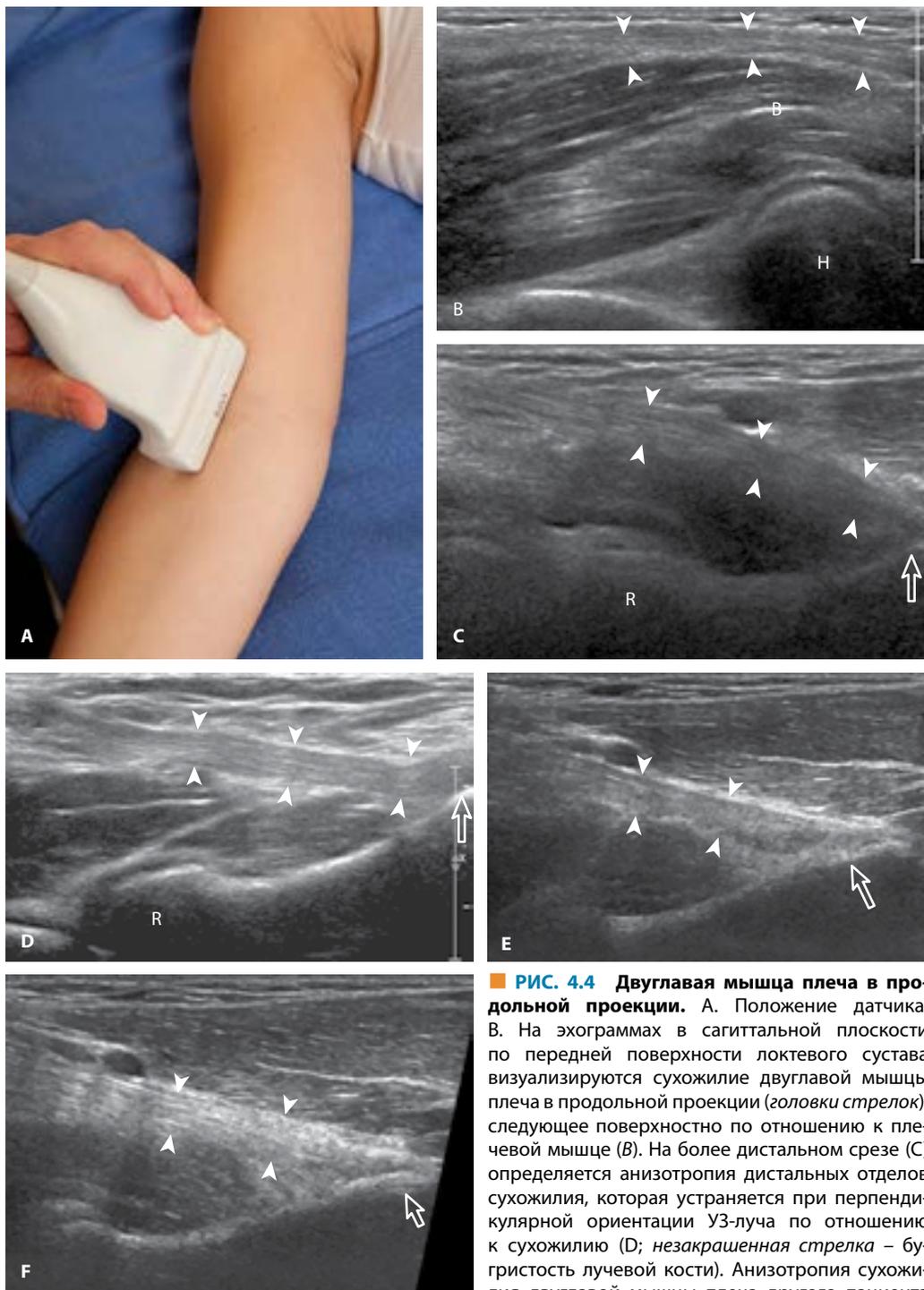
при боковых наклонах датчика, возможно отличить сухожилие длинной головки, расположенное латерально, от более медиального сухожилия короткой головки; оба сухожилия разделены тонкой эхогенной перегородкой – эндотендином (рис. 4.3В) [11]. По мере смещения датчика дистально сухожилие длинной головки ротируется и погружается под сухожилие короткой головки [6]. При отклонении датчика, установленного над передней поверхностью локтевого сустава, дистально и медиально от сухожилия двуглавой мышцы плеча, можно получить изображение фиброзного растяжения, или



■ **РИС. 4.2** Передний доступ. А. Передняя поперечная позиция датчика. В. На эхограмме визуализируются плечевая артерия (А), двуглавая мышца плеча (ВТ), плечевая мышца (В), круглый пронатор (РТ), плечелучевая мышца (ВР), срединный нерв (изогнутая стрелка), латеральный кожный нерв предплечья (незакрашенная стрелка), поверхностная (головка стрелки) и глубокие (хвостик) ветви лучевого нерва (звездочка, фиолетовый хрящ). С. Более проксимальный срез демонстрирует двуглавую мышцу плеча (ВТ), плечевую мышцу (В) и мышечно-кожный нерв (стрелка). Н – плечевая кость.



■ **РИС. 4.3** Двуглавая мышца плеча в поперечной проекции. На эхограммах передних отделов локтевого сустава в поперечном сечении (А и В) визуализируются длинная (стрелка) и короткая (незакрашенная стрелка) головки сухожилия двуглавой мышцы плеча, которые лучше дифференцируются при создании анизотропного эффекта при боковых наклонах датчика за счет лучшей визуализации разделяющего их гиперэхогенного эндотендиния (головка стрелки). С. При отклонении датчика от сухожилия двуглавой мышцы плеча к медиальному надмыщелку визуализируется апоневроз двуглавой мышцы плеча (стрелки). А – плечевая артерия; Р – круглый пронатор.



■ **РИС. 4.4** Двуглавая мышца плеча в продольной проекции. А. Положение датчика. В. На эхограммах в сагиттальной плоскости по передней поверхности локтевого сустава визуализируются сухожилие двуглавой мышцы плеча в продольной проекции (головки стрелок), следующее поверхностно по отношению к плечевой мышце (В). На более дистальном срезе (С) определяется анизотропия дистальных отделов сухожилия, которая устраняется при перпендикулярной ориентации УЗ-луча по отношению к сухожилию (D; незакрашенная стрелка – бугристость лучевой кости). Анизотропия сухожилия двуглавой мышцы плеча другого пациента (головки стрелок), очевидная на эхограмме E, уменьшается на эхограмме F при использовании опции наклона УЗ-луча. H – плечевая кость; R – головка лучевой кости.