

Differential Diagnosis in Musculoskeletal MRI

Gary M. Hollenberg, MD, FACR

Associate Professor of Radiology and Imaging Sciences

University of Rochester Medical Center

Director

Advanced Fellowship in Magnetic Resonance Imaging

University of Rochester School of Medicine and Dentistry

Rochester, New York

Eric P. Weinberg, MD

Associate Professor of Radiology and Imaging Sciences

University of Rochester Medical Center

Medical Director of University Medical Imaging

University of Rochester School of Medicine and Dentistry

Rochester, New York

Steven P. Meyers, MD, PhD, FACR

Professor of Radiology, Imaging Sciences, and Neurosurgery

University of Rochester Medical Center

Director

Radiology Residency Program

University of Rochester School of Medicine and Dentistry

Rochester, New York

MPT костно-мышечной системы

Дифференциальная диагностика

Г.М.Холленберг

Э.П.Вейнберг

С.П.Мейерс

Перевод с английского



Москва
«МЕДпресс-информ»
2018

УДК 616-073.756.8:616.7
ББК 53.6
Х71

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

Авторы и издательство приложили все усилия, чтобы обеспечить точность приведенных в данной книге показаний, побочных реакций, рекомендуемых доз лекарств. Однако эти сведения могут изменяться.

Внимательно изучайте сопроводительные инструкции изготовителя по применению лекарственных средств.

Перевод с английского: Э.Д.Акчурина

Холленберг Г.М.

Х71 МРТ костно-мышечной системы. Дифференциальная диагностика / Гэри М. Холленберг, Эрик П. Вейнберг, Стивен П. Мейерс ; пер. с англ. – М. : МЕДпресс-информ, 2018. – 664 с. : ил.
ISBN 978-5-00030-564-5

Издание посвящено МРТ-диагностике патологии опорно-двигательного аппарата, включая врожденные, приобретенные, метаболические, воспалительные, инфекционные и гематологические заболевания, а также опухоли и опухолеподобные образования. Книга состоит из вводной главы и основной части, текст которой разделен на два дифференциально-диагностических ряда в табличном формате (всего 49 таблиц): один – на основании локализации (плечевой сустав, локтевой сустав, лучезапястный сустав и кисть, тазобедренный сустав, коленный сустав, голеностопный сустав и стопа и различные анатомические зоны костей и мягких тканей), другой – конкретных МР-признаков, особенно важных изменений, характерных для патологии той или иной локализации. Комментарии в таблицах содержат описание МР-симптоматики, дополненное результатами других методов визуализации и наиболее важными данными по этиологии, клинической и патогистологической картине описываемых поражений.

Книга выдержана в едином стиле, удобна для пользования и послужит ценным руководством для практикующих лучевых диагностов, аспирантов и ординаторов, которые сталкиваются в своей деятельности со множеством различных травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, заболеваниями параартикулярных тканей, а также заболеваниями, которые могут имитировать поражение костей и мышц. Будет полезна также травматологам-ортопедам и врачам спортивной медицины.

УДК 616-073.756.8:616.7
ББК 53.6

ISBN 978-1-60406-683-8

ISBN 978-5-00030-564-5

© 2015 of the original English language edition by Thieme Medical Publishers, Inc., New York, United States. Original title: «Differential Diagnosis in Musculoskeletal MRI», 1st ed., by Gary M. Hollenberg, Eric P. Weinberg, Steven P. Meyers
© Издание на русском языке, перевод на русский язык, оформление, оригинал-макет. Издательство «МЕДпресс-информ», 2018

Содержание

Предисловие	9
Введение	10
Благодарность	11
Сокращения	12
1 Магнитно-резонансная томография в оценке патологии опорно-двигательного аппарата: введение	14
<i>Steven P. Meyers</i>	
2 Плечевой сустав	20
<i>Gary M. Hollenberg</i>	
2.1 Патология вращательной манжеты	20
2.2 Причины импинджмент-синдрома	32
2.3 Причины нестабильности плечевого сустава	38
2.4 SLAP. Патология сухожилия бицепса	48
2.5 Поражение нервов в области плечевого сустава	54
2.6 Костная патология и артрит плечевого сустава	56
2.7 Рекомендуемая литература: плечевой сустав	62
3 Локтевой сустав	64
<i>Gary M. Hollenberg</i>	
3.1 Повреждения связок локтевого сустава	64
3.2 Патология сухожилий в области локтевого сустава	68
3.3 Бурситы и артрит локтевого сустава	78
3.4 Травмы локтевого сустава	86
3.5 Поражение нервов в области локтевого сустава	90
3.6 Рекомендуемая литература: локтевой сустав	92
4 Лучезапястный сустав и запястье	94
<i>Eric P. Weinberg</i>	
4.1 Разрывы треугольного фиброзно-хрящевого комплекса	94
4.2 Наружные и внутренние связки запястья	100
4.3 Врожденная и приобретенная патология запястья	104
4.4 Костная патология запястья	110
4.5 Патология сухожилий в области запястья	122
4.6 Артрит суставов запястья	126
5 Кисть	132
<i>Eric P. Weinberg</i>	
5.1 Повреждения связок кисти	132
5.2 Патология сухожилий кисти	136
5.3 Инородные тела, инфекции и усталостные переломы	144
5.4 Патология мягких тканей кисти	148
6 Тазобедренный сустав	152
<i>Eric P. Weinberg</i>	
6.1 Костная патология тазобедренного сустава и таза	152
6.2 Патология тазобедренного сустава	162
6.3 Повреждения вертлужной губы	170
6.4 Патология параартикулярных мягких тканей в области тазобедренного сустава	174

7	Коленный сустав	182
	<i>Eric P. Weinberg</i>	
7.1	Патология менисков	182
7.2	Патология связок коленного сустава	196
7.3	Патология хряща коленного сустава	212
7.4	Костная патология коленного сустава	218
7.5	Нарушения механизма разгибания	228
7.6	Патология синовиальной оболочки и синовиальных сумок, артропатии	234
8	Голеностопный сустав и стопа	242
	<i>Gary M. Hollenberg</i>	
8.1	Патология сухожилий в области голеностопного сустава и стопы	242
8.2	Патология связок голеностопного сустава и стопы	258
8.3	Патология/повреждения мягких тканей и добавочных костей голеностопного сустава и стопы	270
8.4	Костная патология и травмы голеностопного сустава и стопы	284
8.5	Рекомендуемая литература: голеностопный сустав и стопа	295
9	МР-диагностика опухолей и опухолеподобных образований костей и мягких тканей: обзор	298
	<i>Steven P. Meyers</i>	
9.1	Классификация опухолей костей и мягких тканей	298
9.2	Распространенность костных опухолей	300
9.3	Распространенность опухолей мягких тканей	302
9.4	Степень злокачественности и стадирование костных опухолей	302
9.5	Степень злокачественности и стадирование опухолей мягких тканей	303
9.6	Лучевая диагностика опухолей и опухолеподобных образований костей и мягких тканей	304
9.7	Список литературы	311
10	Костная патология	314
	<i>Steven P. Meyers</i>	
10.1	Патологические образования, поражающие поверхность кости	314
10.2	Патология, приводящая к утолщению кортикального слоя кости	356
10.3	Интрамедуллярные образования, приводящие к вздутию кортикального слоя кости без нарушения его целостности	376
10.4	Интрамедуллярные образования, вызывающие деструкцию кортикального слоя и распространяющиеся на мягкие ткани	392
10.5	Солидарные интрамедуллярные образования с четкими контурами	410
10.6	Солидарные интрамедуллярные образования с нечеткими контурами	424
10.7	Солидарные интрамедуллярные образования, расположенные вблизи концов трубчатых костей	442
10.8	Солидарные интрамедуллярные метадиафизарные образования	460
10.9	Солидарные интрамедуллярные диафизарные образования	476
10.10	Костные опухоли и опухолеподобные образования кистей и стоп	492
10.11	Диффузные, множественные или мультифокальные зоны патологического сигнала от костного мозга с четкими или размытыми границами	512
10.12	Рекомендуемая литература: костная патология	554
11	Внутрисуставные образования	570
	<i>Steven P. Meyers</i>	
11.1	Внутрисуставные опухоли и опухолеподобные образования	570
11.2	Рекомендуемая литература: поражение суставов	593
12	Образования мягких тканей	596
	<i>Steven P. Meyers</i>	
12.1	Доброкачественные опухоли и опухолеподобные образования мягких тканей конечностей	596
12.2	Злокачественные опухоли мягких тканей опорно-двигательного аппарата	628
12.3	Рекомендуемая литература: поражения с вовлечением мягких тканей	647

Предисловие

Лучевая диагностика непрерывно развивается. Внедрение магнитно-резонансной томографии (МРТ) примерно три десятилетия назад кардинально изменило возможности визуальной диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата, и значение МРТ с момента ее появления демонстрирует экспоненциальный рост. Это связано не столько с выделением новой патологии, сколько с постоянным развитием и усовершенствованием технологии МРТ, включая разработку новых импульсных последовательностей (ИП) и описание новых диагностических признаков. Благодаря несравнимо высокому контрастному разрешению при сканировании мягких тканей МРТ особенно информативна при оценке состояния мягких тканей суставов и мягкотканного компонента опухолей. В этой области МРТ вытеснила другие методы визуализации, и показания к ее выполнению существенно расширились.

Книга «Магнитно-резонансная дифференциальная диагностика патологии опорно-двигательного аппарата» состоит из вводной главы, за которой следуют 49 таблиц с описанием МР-признаков различных заболеваний, дополненным результатами других методов визуализации и клиническими данными. Во введении кратко представлены физические основы МРТ, методика ее выполнения (включая ИП, применяющиеся для визуализации скелетных мышц) в сочетании со сжатым описанием костеобразования и МР-картины в норме и при патологии опорно-двигательного аппарата. Основная часть книги состоит из дифференциально-диагностических таблиц. В каждой таблице перечислены все особенно важные изменения, характерные для патологии той или иной локализации, которые помогут читателю поставить предположительный диагноз и выстроить дифференциально-диагностический ряд. Так как большинство заболеваний может поражать не одну анатомическую область, нам не удалось избежать повторения при описании части нозологических единиц. Тем не менее выбранный нами формат изложения позволил свести такое

повторение к минимуму. Высокое качество МРТ и табличный формат отличают данную книгу от других подобных руководств, в которых рассматривается только МР-симптоматика. В эту книгу, помимо МР-симптоматики, которая приводится более детально, включены также наиболее важные данные по этиологии, клинической и патогистологической картине описываемых поражений.

Книга предназначена для лучевых диагностов, ортопедов-травматологов и терапевтов, которым в практической работе приходится интерпретировать результаты МРТ костно-мышечной системы. В ней дано исчерпывающее описание МР-картины заболеваний опорно-двигательного аппарата, что особенно ценно для врачей-ординаторов, желающих усовершенствовать диагностические навыки и отточить профессиональную интуицию, а также использовать это руководство при подготовке к экзамену по специальности. Всякий врач, которому приходится интерпретировать результаты МРТ при костно-мышечной патологии, сможет, обратившись к этой книге, удовлетворить свою профессиональную любознательность. Следует поздравить авторов Hollenberg, Weinberg и Meyers с тем, что они нашли оригинальный подход при написании книги, смогли превосходно и лаконично описать и максимально полно охватить МР-диагностику заболеваний костно-мышечной системы. Я уверен, что эта книга станет бесценным руководством для ординаторов, аспирантов, лучевых диагностов, ортопедов, физиотерапевтов и врачей других специальностей, интересующихся диагностикой заболеваний костно-мышечной системы, не сомневаюсь также, что книга получит очень высокую оценку медицинского сообщества.

Francis A. Burgener, MD
Профессор радиологии
Медицинский центр Рочестерского университета
Рочестер, штат Нью-Йорк

Введение

Лучевая диагностика травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата – это широкая область медицины, охватывающая множество методов визуализации. Традиционно она включала рентгенографию, подробно описанную многими авторами в течение всего периода ее применения. После дополнения компьютерной томографией (КТ) и ядерной медициной рентгенография продолжала играть важную роль в оценке патологии костно-мышечной системы. Магнитно-резонансная томография (МРТ) становится все более доступной и в настоящее время часто играет основную роль вместе с традиционной рентгенографией и КТ в диагностике различной патологии суставов, мягких тканей и костей. По оценкам специалистов, в мире существует более 50 тыс. МР-томографов и выполняется около 150 млн МР-исследований в год. Благодаря исключительно высокому мягкотканному контрастному разрешению МРТ появляется уникальная возможность диагностировать с ее помощью небольшие изменения мягких тканей. Кроме того, с помощью МРТ часто удается выявить изменения сигнала от кортикального слоя или от костного мозга, невидимые на рентгенограммах и КТ.

Работая в академической системе, мы многие годы непосредственно участвуем в обучении ординаторов и аспирантов, занимающихся лучевой диагностикой поражений костно-мышечной системы. С удовлетворением отмечаем тесное сотрудничество с Медицинским центром Рочестерского университета (штат Нью-Йорк), обеспечивающее возможность работы на современных МР-томографах и исследования пациентов, направляемых к нам выдающимися ортопедами-травматологами, физиотерапевтами, нейрохирургами и неврологами этой клиники.

Основная цель настоящей книги состоит в том, чтобы представить выдержанное в едином стиле, удобное для пользо-

вания и богато иллюстрированное описание МР-картины различных повреждений костно-мышечной системы, асептических и инфекционно-воспалительных артритов, а также доброкачественных и злокачественных опухолей костей и мягких тканей. Текст книги разделен на два дифференциально-диагностических ряда в табличном формате: один – на основании локализации (плечевой сустав, локтевой сустав, лучезапястный сустав и кисть, тазобедренный сустав, коленный сустав, голеностопный сустав и стопа и различные анатомические зоны костей и мягких тканей), другой – конкретных МР-признаков. Каждое поражение или заболевание опорно-двигательного аппарата, приведенное в таблице, описано в виде колонки, обобщающей *МР-признаки* и соответствующие рентгенограммы и/или КТ с интерпретацией, и колонки с *комментариями*, включающей ключевые клинические и патогистологические данные. Подобный формат книги с дифференциально-диагностическими рядами позволяет читателю быстро и эффективно получить необходимую информацию.

Мы надеемся, что эта книга станет ценным руководством для практикующих лучевых диагностов, аспирантов и ординаторов, которые сталкиваются в своей деятельности с множеством различных травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата, заболеваниями параартикулярных тканей, а также заболеваниями, которые могут симулировать поражение костей и мышц. Эта книга будет полезна также травматологам-ортопедам и врачам спортивной медицины, и, надеемся, ею будут активно пользоваться на диагностических станциях с системой архивации и передачи изображений, в клиниках ортопедии и спортивной медицины. Она послужит хорошим учебным пособием для врачей, стажирующихся по лучевой диагностике.

Глава 1
Магнитно-резонансная
томография
в оценке патологии
опорно-двигательного
аппарата: введение

1

1 Магнитно-резонансная томография в оценке патологии опорно-двигательного аппарата: введение

Steven P. Meyers

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – это высокоинформативный метод медицинской визуализации, который широко используется для диагностики патологии опорно-двигательного аппарата, включая врожденные, приобретенные, метаболические, воспалительные, инфекционные и гематологические заболевания, а также опухоли и опухолеподобные образования^{1–25}. МРТ позволяет получить анатомические изображения тела человека *in vivo* с высокой контрастностью мягких тканей. Магнитно-резонансные (МР) изображения можно получить в разных плоскостях (т.е. сагиттальной, аксиальной, фронтальной и косых). Для получения МР-изображений используют «сигнал», исходящий от ядер водорода (протонов), содержащегося в теле человека. По сути, МРТ – это в основном сканирование ядер атомов водорода.

Ядро водорода имеет суммарный заряд +1 и вращается с частотой, зависящей от переменного магнитного поля и его особой физической характеристики, известной как гиромангнитное отношение. Спиновый заряд каждого ядра водорода создает крошечное магнитное поле, перпендикулярное оси спина, таким образом, действуя как крошечный стержневой магнит. Вне апертуры (отверстия) магнита суммарные магнитные свойства (магнитный момент) человека будут равны нулю, так как вращающиеся ядра водорода ориентированы беспорядочно, приводя к общему «погашению» суммы крошечных магнитных полей. При помещении в высокопольный магнит вращающиеся ядра водорода в теле человека, намагничиваясь, выстраиваются вдоль магнитного поля магнита. Эта общая намагниченность ядер водорода соответствует низкоэнергетическому уровню (основное состояние) и параллельна полю магнита. Магнитный момент ядра водорода прецессирует относительно оси вращения с частотой, пропорциональной гиромангнитному отношению и напряженности магнитного поля и определяемой из уравнения Лармора. Частота прецессии ядер водорода при 1,5 тесла (Тл) составляет 64 МГц.

Для генерации МР-сигнала ядрам атомов водорода в магните передается энергия в виде радиочастотного (РЧ) импульса с ларморовой частотой. Ларморова частота зависит от напряженности магнитного поля аппарата и от гиромангнитного отношения, специфичного для конкретного элемента или молекулы. При МРТ этим элементом служит ядро атома водорода. Ядра атомов водорода поглощают энергию РЧ-импульса и выходят из основного устойчивого состояния. После воздействия РЧ-импульса энергия, поглощенная ядрами атомов водорода, испускается на той же частоте. Эту выделенную энергию, или МР-сигнал, можно определить с помощью принимающих катушек (функционирующих как антенны) в магните и использовать для получения МР-изображения. Контрастность мягких тканей обусловлена: 1) различной плотностью протонов (ядер атомов водорода) в тканях; 2) разной скоростью, с которой протоны в различных тканях переориентируются в поле магнита (время, в течение которого протоны переориентируются в поле магнита, называется T1-релаксацией, продольной, или спин-решеточной, релаксацией) и 3) временем спада сигнала, или дефазирования (также называется T2-релаксацией, поперечной, или спин-спиновой, релаксацией). Использование различий в указанных биофизических свойствах между нормальными и патологически

измененными тканями обеспечивает более четкую контрастность мягких тканей при МРТ по сравнению с компьютерной томографией (КТ).

Типичный МР-сканер включает следующие основные компоненты: 1) магнит с крупной апертурой и высокой напряженностью магнитного поля (0,3–3 Тл); 2) РЧ-катушки внутри магнита, которые можно настроить на передачу и прием импульсов определенной частоты и с помощью которых можно создавать магнитные поля определенной ориентации (градиентные поля, или градиенты), и 3) компьютер, который управляет аппаратом и обрабатывает принимаемые от пациента РЧ-сигналы для построения анатомического изображения. Для выполнения МРТ пациента укладывают на стол, который перемещают в нужное место внутри апертуры магнита. После этого оператор выбирает программы, которые включают импульсные РЧ-последовательности, необходимые для получения изображений определенной контрастности в зависимости от протонной плотности и времени T1 и T2 исследуемых тканей. Данные, получаемые от объекта исследования или пациента, обрабатываются компьютером с помощью специальных алгоритмов (двух- или трехмерное преобразование Фурье). Изображения выводятся на монитор и могут пересылаться на другие компьютеры (система архивирования и передачи изображений [PACS]), а также распечатываться на пленке и записываться на DVD- и CD-диски.

Однако МРТ можно выполнять не всем пациентам. Абсолютными противопоказаниями к МРТ являются клипсы, наложенные на интракраниальные артерии при аневризме (если нет документов, подтверждающих их безопасность для МРТ), кардиостимуляторы и металлические инородные тела в глазу. Кроме того, хирургические клипсы, металлические стержни, проволока и другие травматолого-ортопедические конструкции, расположенные вблизи исследуемой зоны, вызывают артефакты, затрудняющие визуализацию анатомических структур.

Основными преимуществами МРТ при визуализации опорно-двигательного аппарата являются высокая контрастность мягких тканей, возможность получения мультипланарных изображений, динамический быстрый сбор данных и доступность различных контрастных веществ. МРТ оказалась высокоинформативным методом лучевой диагностики при патологии жировой ткани, мышц, связок, сухожилий, нервов, костей и костного мозга и выполняется для диагностики следующей патологии:

1. Врожденные и приобретенные заболевания опорно-двигательного аппарата.
2. Нарушения гистогенеза.
3. Метаболические и генетические заболевания.
4. Инфекционные и неинфекционные воспалительные заболевания.
5. Травмы.
6. Дистрофические поражения.
7. Ишемия и инфаркт мышц, жировой клетчатки и костного мозга.
8. Кровоизлияния.
9. Новообразования костей, мышц, жировой ткани и нервов.
10. Опухолеподобные образования костей и мягких тканей.

11. Опухоли (оценка динамики при проведении неoadьювантной (предоперационной) и послеоперационной химио- и лучевой терапии).
12. Резидуальная или рецидивная опухоль (после онкологической операции).

Явление ядерно-магнитного резонанса используется также для визуализации артерий и вен (метод магнитно-резонансной ангиографии [МРА]); изображение кровеносных сосудов, получаемое с помощью МРА, сходно с традиционными ангиограммами и зависит от целого ряда факторов, таких как тип ИП; пульсация сосудов и скорость кровотока в них; размер, форма и расположение сосудов по отношению к плоскости визуализации. Полезную анатомическую информацию о кровеносных сосудах можно получить с помощью ИП «спин-эхо». На МРА, получаемых при таких ИП, сосуды соответствуют зонам потери сигнала (изображения с «черной» кровью), а при использовании ИП «градиентное эхо» (GRE) сосудам с протекающей по ним кровью соответствуют зоны высокого сигнала (изображения с «яркой» кровью). Другие режимы исследования включают: МР-спектроскопию (получение спектральных данных, характеризующих биохимические свойства выбранных зон интереса в мягких тканях), диффузионно-взвешенное исследование, основанное на оценке разницы в скорости диффузии протонов в нормальных и патологически измененных тканях, и перфузионную МРТ, выявляющую разницу в скорости контрастирования нормальных и патологически измененных тканей.

Изображение мышц, фасций, сухожилий, связок, компактного вещества кости и костного мозга зависит от ИП, а также от возраста пациента. Кроме часто используемых стандартных ИП «спин-эхо» или «быстрое спин-эхо», для оценки костно-мышечной патологии иногда применяются и другие импульсные последовательности, например, ИП «инверсия–восстановление»: с короткой инверсионной задержкой (STIR) – для подавления сигнала от жировой ткани и с длительной инверсионной задержкой (FLAIR) – для подавления сигнала от свободной жидкости и т.д., ИП «градиентное эхо» (GRE) с МРА или без нее, перенос намагниченности, диффузионно-перфузионная МРТ и частотно-селективное химическое насыщение. Подробное описание этих последовательностей и режимов исследования можно найти в других руководствах. МРТ с внутривенным введением контрастного вещества на основе хелатов гадолиния (Gd-KB) часто дает ценную диагностическую информацию при костно-мышечной патологии, в частности при опухолях и опухолеподобных образованиях, при воспалении, инфекции, ишемии^{7,8,11–13,15–17,19–24,26}. При этих заболеваниях обычно отмечается патологическое накопление контрастного вещества. При новообразованиях опорно-двигательного аппарата динамическая МРТ после большого внутривенного введения Gd-KB позволяет в ряде случаев дифференцировать быстро контрастирующуюся опухоль от перитуморального отека или некроза с замедленным накоплением контрастного вещества⁷.

Кроме того, Gd-KB используются и в МР-артрографии. МР-артрография проводится после внутрисуставного введения Gd-KB под рентгенологическим или ультразвуковым контролем. МР-артрография применяется для диагностики поражений плечевого, тазобедренного, коленного и лучезапястного суставов^{27–33}. Новые режимы исследования, такие как диффузионно-взвешенная МРТ и МР-спектроскопия, используются в клинических научных исследованиях для оценки костно-мышечных опухолей и других образований, но их клиническая значимость требует дальнейшего изучения^{34–37}.

Формирование костей происходит путем или энхондрального, или перепончатого остеогенеза. Рост в длину происходит

путем энхондрального остеогенеза, при котором кальцинированный хрящевой матрикс в области эпифизарного хряща (пластинки) ремоделируется в кость^{16,38,41}. Ростковый (эпифизарный) хрящ состоит из четырех параллельных зон, расположенных перпендикулярно длинной оси кости^{16,38–41}. Эти четыре зоны от периферии (ближе к эпифизу) к проксимальным отделам (ближе к метафизу) включают: 1) зону покоя (неактивная); 2) пролиферативную зону; 3) гипертрофическую зону; 4) зону окостенения (зона оссифицирующегося хряща). В зонах пролиферации и гипертрофии происходит активное деление и созревание хрящевых клеток^{16,38,41}. В зоне окостенения наблюдаются формирование и минерализация остеоидного матрикса (она называется также зоной предварительного обызвествления). Зоны покоя, пролиферативная и гипертрофическая зоны рентгенонегативные, на T2- и FS T2-ВИ они характеризуются слабо гиперинтенсивным–высоким сигналом и накапливают контрастное вещество, тогда как зона окостенения имеет плотность, аналогичную зрелой минерализованной кости, на рентгенограммах и КТ и низкий сигнал на T2- и FS T2-ВИ^{16,38,39,41}. В прилежащей зоне метафиза (первичное губчатое вещество) тотчас проксимальнее зоны окостенения происходит ремоделирование кости с помощью активных остеокластов, она имеет вид тонкой зоны слабо гиперинтенсивного–высокого сигнала на FS T2-ВИ⁴¹. При перепончатом остеогенезе костные клетки образуются непосредственно из надкостницы (длинные кости, лицевые кости, ключица) и обеспечивают аксиальный рост или из твердой мозговой оболочки (свод черепа) без участия эпифизарных пластинок.

Надкостница вызывает низкий сигнал на T1- и T2-ВИ и сращена с наружной поверхностью кортикального слоя кости в метадиафизах с помощью коллагеновых (шарпеевских) волокон. Надкостница состоит из наружного фиброзного и внутреннего клеточного (камбия) слоев^{25,41}. В области суставных концов костей надкостницы нет. В камбиальном слое содержатся активные остеобласты, благодаря чему во время роста детей происходит увеличение диаметра костей. У детей надкостница рыхло прикреплена к кортикальному слою кости, у взрослых – плотно. Реактивация надкостницы у взрослых может быть обусловлена травмой, инфекцией и опухолью. Периостальное перепончатое костеобразование возникает при переходе фибробластов (в фиброзном слое или прилежащих мягких тканях) в остеогенные клетки-предшественники, которые в итоге дают начало активным остеогенным клеткам в камбии^{25,41}. Гиперемия при переломе, инфекции и опухоли может ускорять периостальный остеогенез, который обуславливает плотную линейную тень поверхностнее кортикального слоя на рентгенограммах и КТ^{11,25}. Периостальная реакция бывает разных типов в зависимости от патологии²⁵. С помощью МРТ можно увидеть отслойку надкостницы при различных заболеваниях, а также поднадкостничные изменения, к примеру кровоизлияние, гной и опухоль^{11,25}.

МР-сигнал губчатого вещества кости зависит от наличия гемопозитического (красного) костного мозга, который содержит 40% жира, 40% воды и 20% белка, и гемопозитически неактивного жирового (желтого) костного мозга, содержащего 80% жира, 15% воды и 5% белка. Жировой костный мозг обычно вызывает сигнал, аналогичный подкожной жировой клетчатке, на T1- и FS T2-ВИ. Красный костный мозг, как правило, вызывает сигнал промежуточной интенсивности на T1-ВИ, который несколько слабее сигнала от жира, и промежуточный сигнал на FS T2-ВИ, часто изоинтенсивный сигналу от мышц. У младенцев и детей младшего возраста костный мозг преимущественно состоит из красного (гемопозитического)^{10,16,39,41,42}. При нормальном развитии ребенка происходит

прогрессирующая конверсия красного костного мозга в желтый на кистях и стопах, а затем в дистально расположенных длинных костях^{10,16,39,41}. В диафизах длинных костей в первое десятилетие жизни происходит постепенная конверсия красного костного мозга в желтый^{10,16,39,41}. Костный мозг оссифицированных эпифизов и вертелов обычно жировой^{10,16,39,41}.

У взрослых красный костный мозг, как правило, находится в позвоночнике, плоских костях, черепе и проксимальных отделах бедренных и плечевых костей. Небольшая разница в характеристиках МР-сигнала на T1- и FS T2-ВИ позволяет увидеть переход красного костного мозга в желтый. У взрослых старше 20 лет нормальный костный мозг не контрастируется, в отличие от костного мозга младенцев и детей младшего возраста^{38,39,41}. В норме у младенцев и детей до 2 лет наблюдается контрастирование росткового хряща и сосудистых каналов в эпифизах. При прогрессирующем созревании скелета и оссификации эпифизов контрастирование эпифизов уменьшается по сравнению с ростковым хрящом^{38,40,41}. Контрастирующийся ростковый хрящ, вызывающий слабо гиперинтенсивный–высокий сигнал на T2- и FS T2-ВИ, в итоге при созревании скелета превращается в низкоинтенсивный рубец, не накапливающий контрастное вещество^{38,41}. У детей гемопозитический красный костный мозг богато васкуляризован и, как правило, контрастируется^{39,41}. Контрастное усиление метафизарного красного костного мозга у детей прогрессивно снижается с возрастом и, как правило, отсутствует у лиц старше 20 лет^{39,41}. Контрастирование костного мозга эпифизов обычно менее выражено по сравнению с метафизарным костным мозгом и, как правило, исчезает к двухлетнему возрасту³⁹.

Большинство патологических процессов приводят к увеличению времени T1- и T2-релаксации пораженных тканей, что проявляется снижением интенсивности сигнала на T1-ВИ и повышением ее на T2-ВИ по сравнению с прилежащими нормальными тканями. К таким процессам относятся ишемия, инфаркт, воспаление, инфекция, метаболические и токсические расстройства, травма, новообразования и лучевое повреждение. Кровоизлияние характеризуется вариабельностью картины в зависимости от срока давности его, оксигенации железа в гемоглобине, гематокрита, концентрации белка, формирования и ретракции сгустка, локализации и размера⁵. Оксигемоглобин в сверхострую фазу гематомы содержит двухвалентное железо и является диамагнетиком. Оксигемоглобин не влияет существенно на время T1- и T2-релаксации тканей, если нет локального отека. Спустя несколько часов в острую фазу гематомы оксигемоглобин теряет кислород, превращаясь в дезоксигемоглобин. Дезоксигемоглобин также содержит двухвалентное железо, но у него непарные электроны, и он является парамагнетиком. В результате дезоксигемоглобин укорачивает время T2 сгустка крови в острую фазу, но почти не влияет на время T1. Дезоксигемоглобин в очаге кровоизлияния вызывает сигнал промежуточной интенсивности на T1-ВИ и низкой – на T2-ВИ в ИП «спин-эхо» и «градиентное эхо». Позже в раннюю подострую стадию гематомы в результате окисления железа до трехвалентного состояния дезоксигемоглобин переходит в метгемоглобин, который является сильным парамагнетиком. Метгемоглобин укорачивает время T1-релаксации ядер водорода, приводя к повышению интенсивности сигнала на T1-ВИ. Пока целостность эритроцитов в гематоме сохранена, метгемоглобин остается в клетке, время T2-релаксации сокращается, и сигнал на T2-ВИ имеет низкую интенсивность. В позднюю подострую фазу разрушение мембран эритроцитов приводит к выходу метгемоглобина из клетки, что обуславливает высокий сигнал на T1- и T2-ВИ. В хроническую фазу происходит дальнейшее

окисление метгемоглобина, его разрушение макрофагами в гемосидерин, который характеризуется низким сигналом на T2-ВИ и сигналом низкой–промежуточной интенсивности на T1-ВИ.

Другими причинами высокой интенсивности сигнала на T1-ВИ являются жир, дермоидные кисты (с разрывом или без него), тератомы, липомы, кистозные структуры с высокой концентрацией белка или холестерина и пантопак (рентгеноконтрастное вещество). Низкая интенсивность сигнала в тканях на T1- и T2-ВИ может быть обусловлена кальцинатами, очень высокими концентрациями белка или хелатов гадолиния, артефактами магнитной восприимчивости (особенно из-за металлических фрагментов или хирургических клипс) и другими.

Первая часть книги посвящена дифференциальной диагностике, описанию и классификации МР-признаков заболеваний суставов и тканей опорно-двигательного аппарата, они сгруппированы в дифференциально-диагностические ряды на основании анатомической локализации (плечевой, локтевой, лучезапястный суставы и кисть, тазобедренный, коленный, голеностопный суставы и стопа). Этот подход аналогичен тому, который ранее использовал один из соавторов в следующих книгах: *Differential Diagnosis in Magnetic Resonance Imaging* Francis A. Burgener, Steven P. Meyers, Raymond K. Tan, Wolfgang Zaubauer, Thieme, 2002; *MRI of Bone and Soft Tissue Tumors and Tumor-like Lesions: Differential Diagnosis and Atlas* Steven P. Meyers, Thieme, 2008; *Differential Diagnosis in Computed Tomography*, 2nd edition, Francis A. Burgener, Christopher Herzog, Steven P. Meyers, Wolfgang Zaubauer, Thieme, 2011. Вторая часть посвящена дифференциальной диагностике, описанию и классификации МР-признаков доброкачественных и злокачественных опухолей и опухолеподобных образований костей и мягких тканей в аналогичном табличном формате.

МР-сигнал на T1-, PD- и T2-ВИ в зависимости от интенсивности описывается как низкий, промежуточный, высокий или смешанный, указывается наличие или отсутствие контрастирования. По возможности даются комментарии и примеры исследования с подавлением сигнала от жировой ткани, в частности с частотно-селективным насыщением жировой ткани (FS) при получении T1-, PD-, T2-ВИ или использованием ИП STIR. Обе методики позволяют отличить патологические процессы (например, новообразования, инфекции, воспаление, отек) от нормальных анатомических структур с характерным высоким сигналом от жировой ткани, таких как костный мозг и подкожные мягкие ткани.

1.1 Литература

- [1] Aboulaia AJ, Monson DK, Kennon RE. Clinical and radiological aspects of idiopathic diabetic muscle infarction: rational approach to diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81: 323–326
- [2] Arndt CA, Crist WM. Common musculoskeletal tumors of childhood and adolescence. *N Engl J Med* 1999; 341: 342–352
- [3] Berquist TH, Ehman RL, King BF, Hodgman CG, Ilstrup DM. Value of MR imaging in differentiating benign from malignant soft-tissue masses: study of 95 lesions. *AJR Am J Roentgenol* 1990; 155: 1251–1255
- [4] Biondetti PR, Ehman RL. Soft-tissue sarcomas: use of textural patterns in skeletal muscle as a diagnostic feature in postoperative MR imaging. *Radiology* 1992; 183: 845–848
- [5] Bush CH. The magnetic resonance imaging of musculoskeletal hemorrhage. *Skeletal Radiol* 2000; 29: 1–9
- [6] Choi H, Varma DG, Fornage BD, Kim EE, Johnston DA. Soft-tissue sarcoma: MR imaging vs sonography for detection of local recurrence after surgery. *AJR Am J Roentgenol* 1991; 157: 353–358

Глава 2 Плечевой сустав

2.1	Патология вращательной манжеты	20
2.2	Причины импинджмент-синдрома	32
2.3	Причины нестабильности плечевого сустава	38
2.4	SLAP. Патология сухожилия бицепса	48
2.5	Поражение нервов в области плечевого сустава	54
2.6	Костная патология и артрит плечевого сустава	56
2.7	Рекомендуемая литература: плечевой сустав	62



2 Плечевой сустав

Gary M. Hollenberg

2.1 Патология вращательной манжеты

- Тендинопатия/тендиноз
- Частичные разрывы сухожилий
- Полные разрывы вращательной манжеты
- Разрывы сухожилия подлопаточной мышцы
- Кальцифицирующий тендинит/бурсит: болезнь отложения гидроксипатита кальция (БОГК)
- Адгезивный капсулит
- Разрывы/растяжение большой грудной мышцы

Таблица 2.1 Патология вращательной манжеты

Патология	МР-картина	Комментарии
Тендинопатия/тендиноз (рис. 2.1)	Для тендиноза характерны: утолщение сухожилия и патологический сигнал промежуточной интенсивности от сухожилия на изображениях, взвешенных по протонной плотности (PD-ВИ) или T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ); неоднородность сигнала от пораженного сухожилия, которое утолщено, имеет неровные контуры и измененную структуру. На T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани (FS T2-ВИ) и при ИП «инверсия–восстановление» с коротким T1 (STIR) определяется неоднородное повышение интенсивности сигнала, который, однако, не достигает интенсивности, характерной для жидкости. Может наблюдаться также истончение дистальных отделов сухожилий вследствие атрофии. В отличие от разрыва вращательной манжеты, при тендинопатии на стороне манжеты, обращенной к суставу, отсутствует контрастирующий дефект на FS T1-ВИ, получаемом при МР-артрографии.	Тендинопатия обусловлена дегенерацией коллагена и, как правило, поражает сухожилия надостной, подостной и подлопаточной мышц. Причинами являются импинджмент-синдром и дегенерация вследствие избыточной нагрузки. Тендинопатию трудно дифференцировать от частичных разрывов, с которыми она часто сочетается. Обычно поражается передний край сухожилия надостной мышцы, при этом при большинстве ИП определяется утолщение, неоднородность сухожилия и повышенный сигнал. Изменения сигнала при тендинопатии видны и на FS T2-ВИ. Аномальный сигнал при феномене магического угла не связан с морфологическими изменениями сухожилия. Следует обратить внимание, нет ли жидкости в субакромиальной/субдельтовидной сумке, свидетельствующей о бурсите, а также остеофитов и других признаков артроза акромиально-ключичного сустава – заболеваний, часто ассоциирующихся с тендинитом вращательной манжеты.

(продолжение на с. 22)

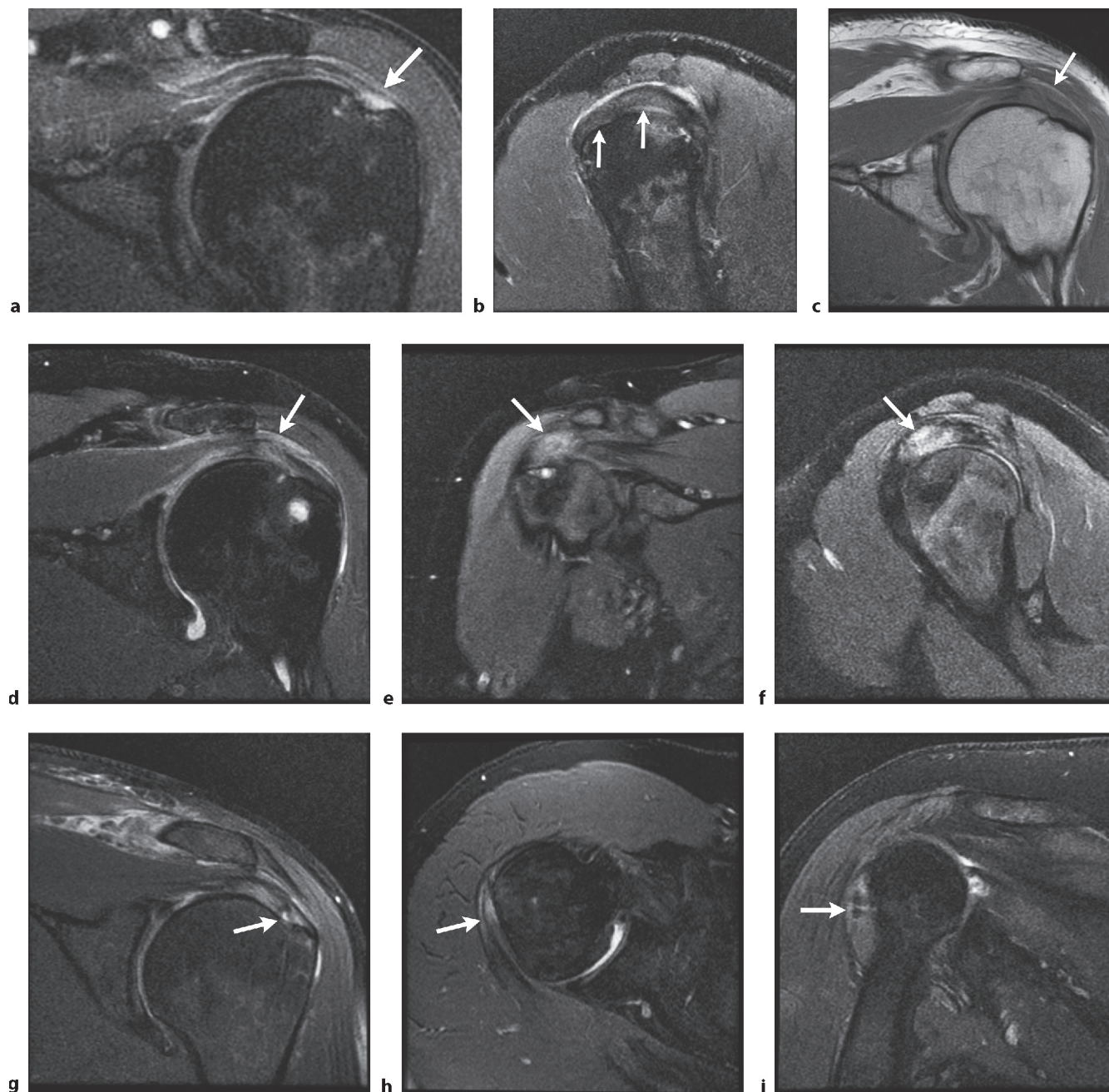


Рис. 2.1 МРТ при тендинопатии вращательной манжеты. (а) При тендинопатии определяется незначительное повышение T2-сигнала от дистальной части сухожилия надостной мышцы (*стрелка*) на кософронтальном FS T2-ВИ. (б) Отмечаются аналогичные изменения сигнала от дистальной части сухожилий надостной и подостной мышц (*стрелки*) на кососагитальном FS T2-ВИ. Видна серповидная полоска сигнала высокой интенсивности, обусловленного скоплением жидкости в субдельтовидной сумке. (с) На МРТ, полученной у другого пациента, в дистальной части сухожилий надостной и подостной мышц отмечаются более выраженные признаки тендинопатии с изменением их структуры и патологическим повышением сигнала (*стрелка*) на кософронтальном PD-ВИ. (д) Патологическое повышение сигнала от дистальной части сухожилий (*стрелка*) также видно на кософронтальном FS T2-ВИ. Сигнал не такой яркий, как у жидкости, что говорит о тендинопатии, а не разрыве сухожилия. У другого пациента определяются выраженные признаки тендинопатии в области переднего края дистальной части сухожилия надостной мышцы на FS T2-ВИ в кософронтальной (е) и кососагитальной (ф) плоскости в виде повышения сигнала, утолщения сухожилия и изменения его нормальной структуры (*стрелки*). (г) У этого пациента на кософронтальном FS T2-ВИ определяется тендинопатия надостной мышцы в сочетании с частичным разрывом дистального отдела сухожилия на стороне, обращенной к суставу (*стрелка*). (h) Нерезко выраженные признаки тендинопатии малой круглой мышцы в виде патологического повышения сигнала в области мышечно-сухожильного перехода (*стрелка*) на аксиальном FS T2-ВИ и (i) на кософронтальном FS T2-ВИ. Тендинопатия малой круглой мышцы в рутинной практике при МР-исследованиях плечевого сустава встречается редко.

Таблица 2.1 (продолжение) Патология вращательной манжеты

Патология	МР-картина	Комментарии
Частичные разрывы сухожилий (рис. 2.2)	Частичные разрывы вращательной манжеты по локализации делятся на разрывы суставной ее стороны, стороны, обращенной к синовиальной сумке, и интрастициальные. Интрастициальные разрывы не сообщаются с полостью сустава и субакромиальной сумки. На МРТ частичные разрывы проявляются изменением структуры сухожилий, их формы в виде утолщения или истончения. Возможны разволокнение сухожилия или его ретракция. Частичные разрывы, особенно если они небольшие, и тендинопатии могут иметь сходные проявления. При частичных разрывах определяется патологический сигнал промежуточной интенсивности на T1- и PD-ВИ. При МРТ в ИП FS T2-ВИ и STIR в месте частичного разрыва отмечается высокий сигнал, обусловленный жидкостью или грануляционной тканью. Обращает на себя внимание присутствие жидкости в толще сухожилия в области разрыва или разволокнения на МРТ в ИП, чувствительных к жидкости. Если место частичного разрыва заполняется грануляционной тканью, то при исследовании с Gd-KB оно усиливает сигнал. При МР-артрографии на FS T1-ВИ отмечается контрастное усиление сигнала от места разрыва на суставной стороне сухожилия.	Наиболее распространенным из частичных разрывов вращательной манжеты является надрыв волокон сухожилия вращательной манжеты на суставной стороне у места прикрепления к большому бугорку плечевой кости*. При передней локализации повреждения рвется сухожилие надостной мышцы, при задней – сухожилие подостной. Риск разрыва сухожилия в этом месте выше. Это объясняется тем, что сухожилия, подходя к большому бугорку, изгибаются под прямым углом. Причин разрывов много, но обычно они связаны с субакромиальным импинджментом, связанным с укороченной клювовидно-акромиальной дугой, или избыточной нагрузкой на вращательную манжету либо ее истиранием, приводящим к дистрофии сухожилия и его разрыву. Для объяснения этиологии разрыва вращательной манжеты предложен целый ряд гипотез. Помимо гипотезы субакромиального импинджмента, выдвинутой Neer, предложены и другие. Так, Codman предложил концепцию «критической зоны», согласно которой дистальная часть сухожилий вращательной манжеты особенно подвержена дистрофическим изменениям и потому часто рвется. Имеются также концепции о сопутствующем разрыве суставной губы, о возможном образовании внутрисухожильных кист. Клинически частичные разрывы дифференцируют с полным разрывом вращательной манжеты, кальцифицирующим тендинитом и адгезивным капсулитом. Раннее начало лечения может предотвратить прогрессирование дистрофических изменений во вращательной манжете и развитие полного ее разрыва.

(продолжение на с. 24)

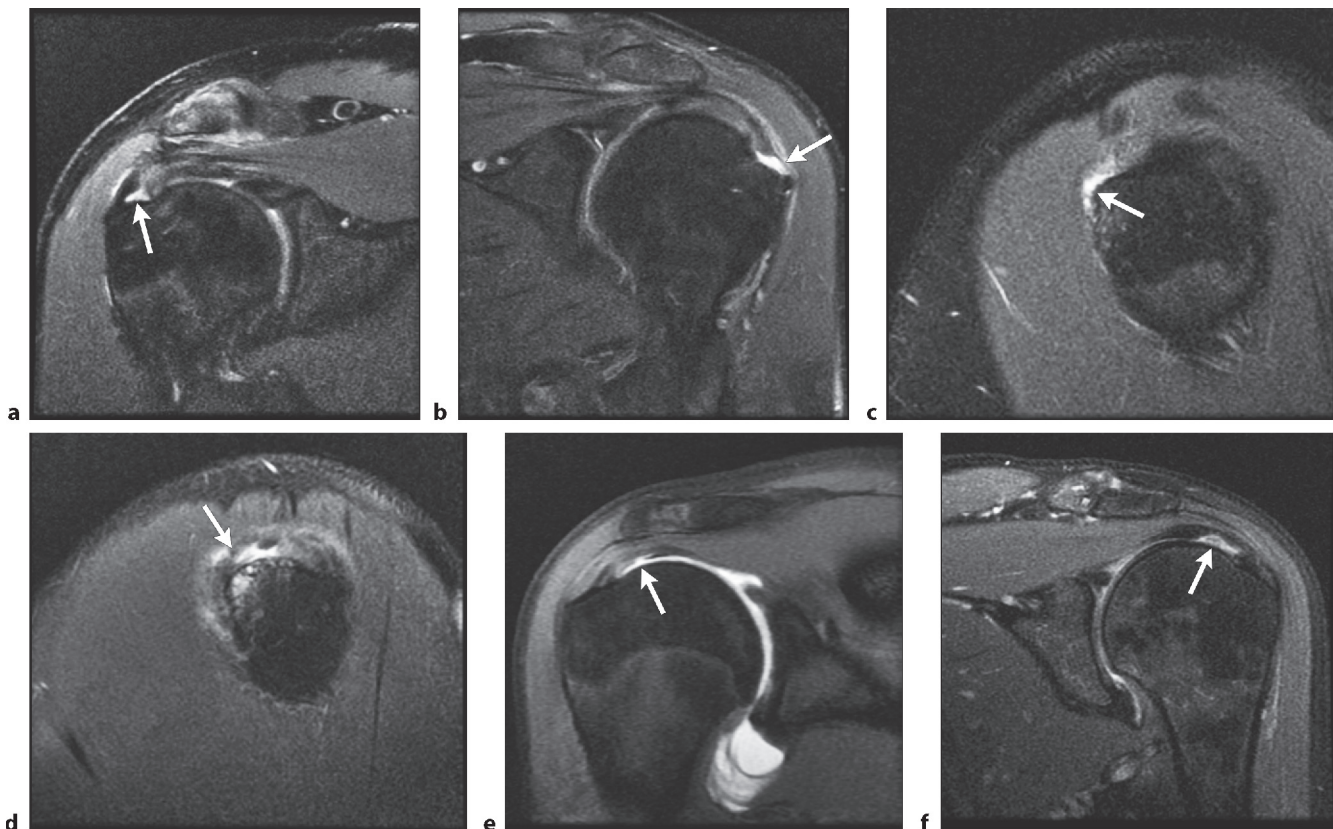


Рис. 2.2 МР-картина при частичном разрыве вращательной манжеты. (а) Патологический высокий T2-сигнал в месте частичного разрыва на суставной стороне сухожилия надостной мышцы (разрыв типа «rim-vent») (стрелка). На кософронтальной МРТ с подавлением сигнала от жировой ткани (FS T2-ВИ) в более проксимальной части вращательной манжеты выявлены также признаки тендинопатии. (б) У другого пациента с частичным разрывом вращательной манжеты на кософронтальном FS T2-ВИ прослеживается сохранившаяся тонкая полоска сухожилия надостной мышцы (стрелка). (с) В другом случае на кософронтальном FS T2-ВИ определяется высокоинтенсивный сигнал от разрыва типа «rim-vent» (стрелка) по переднему краю сухожилия надостной мышцы. (д) Пример более крупного частичного разрыва сухожилия надостной мышцы (стрелка) в сочетании с кистами в головке плечевой кости и реактивным отеком костного мозга на кософронтальном FS T2-ВИ. (е) А у этого пациента определяется затек контрастного вещества в место разрыва на суставной стороне проксимальной части сухожилия подостной мышцы (стрелка) на кософронтальной FS T1-артрограмме. (ф) Более крупный разрыв сухожилия надостной мышцы на суставной его стороне в проксимальной части (стрелка) на кософронтальном FS T2-ВИ (окончание на с. 23).

* В 1934 г. Е.А. Codman описал тип разрыва вращательной манжеты плеча, при котором волокна сухожилия рвутся непосредственно у места прикрепления к плечевой кости вместе с синовиальным заворотом. Этот тип повреждения был назван им «rim-vent tear». Это по существу частичный разрыв волокон сухожилия вращательной манжеты со стороны, обращенной к плечевому суставу, у места прикрепления к большому бугорку плечевой кости. В литературе встречается и более «анатомичное» название этого повреждения: partial articular-sided supraspinatus tendon avulsion, или сокращенно PASTA, которое является по существу синонимом «rim-vent» повреждения. – Прим. ред.

Глава 3

Локтевой сустав

3.1	Повреждения связок локтевого сустава	64
3.2	Патология сухожилий в области локтевого сустава	68
3.3	Бурситы и артрит локтевого сустава	78
3.4	Травмы локтевого сустава	86
3.5	Поражение нервов в области локтевого сустава	90
3.6	Рекомендуемая литература: локтевой сустав	92



3 Локтевой сустав

Gary M. Hollenberg

3.1 Повреждения связок локтевого сустава

- Частичные и полные разрывы локтевой коллатеральной связки (КС)
- Разрывы лучевого коллатерального связочного комплекса

Таблица 3.1 Повреждения связок локтевого сустава

Патология	МР-картина	Комментарии
Частичные и полные разрывы локтевой коллатеральной связки (КС) (рис. 3.1)	Повреждения локтевой КС лучше всего видны на фронтальных МРТ. МР-признаки повреждения этой связки включают отек связки и прилежащих тканей, нечеткость и неровность контуров или дефект связки, вызывающей в норме на FS T2-ВИ сигнал низкой интенсивности. Частичные разрывы обычно происходят в дистальном отделе связки – в области прикрепления ее к возвышенному бугорку*, расположенному в проксимальном отделе локтевой кости. При исследовании в ИП, чувствительных к жидкости, и при артрографии отмечается симптом Т-образной тени. Он обусловлен затеком жидкости, вызывающей сигнал высокой интенсивности, вокруг возвышенного бугорка; пространство между частично порванными глубокими волокнами переднего пучка связки и бугорком имеет Т-образную конфигурацию. При частичных разрывах целостность наиболее поверхностных волокон связки сохраняется. При осмотре этой области на МРТ необходимо повышенное внимание, чтобы не просмотреть сопутствующее растяжение или частичный разрыв общего сухожилия сгибателей.	Передний пучок локтевой КС является наиболее важным стабилизатором локтевого сустава при вальгусной нагрузке. Проксимальный конец связки веерообразно прикрепляется к медиальному надмыщелку плечевой кости, после чего связка, постепенно сужаясь, прикрепляется к возвышенному бугорку. Локтевая КС часто повреждается у питчеров (подающих игроков в бейсбольных командах), совершающих броски из-за головы, при которых сустав испытывает вальгусную нагрузку в момент максимального отведения руки за голову и в начале броска, когда рука получает максимальное ускорение. Аналогичные повреждения встречаются также при других видах спорта, в которых практикуются броски из-за головы. При частичных разрывах наиболее информативна артрография. Важно помнить, что в локтевой коллатеральной связочный комплекс входят также поперечный и задний пучки, но при обычном исследовании они не видны.

(окончание на с. 66)

* Возвышенный бугорок (tuberculum sublime) – небольшое возвышение на медиальной стороне венечного отростка локтевой кости, к которому прикрепляется передний пучок медиальной КС. – Прим. ред.

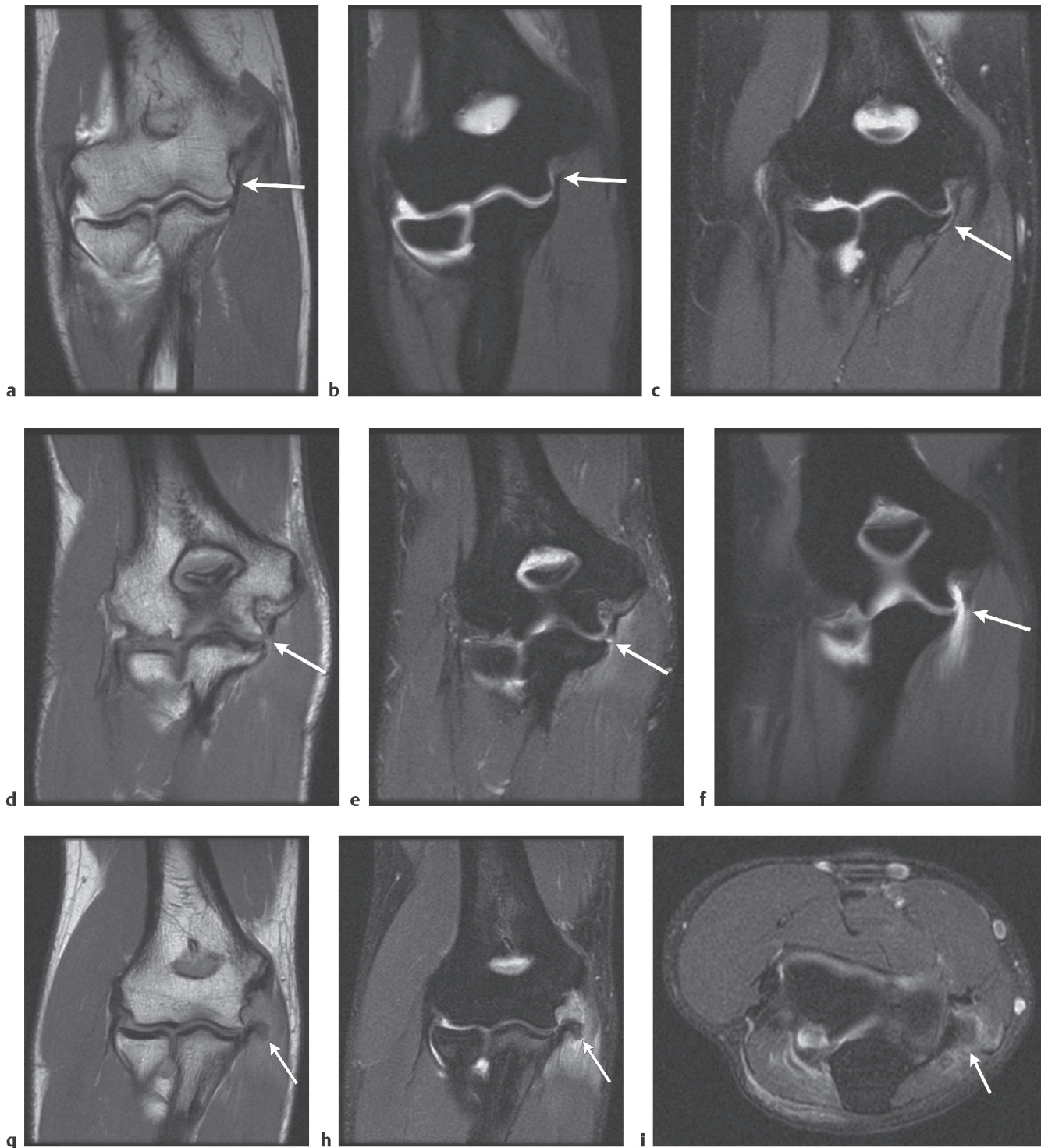


Рис. 3.1 МР-диагностика повреждений локтевой КС. Нормальная локтевая КС (передний ее пучок) (*стрелка*) имеет вид тонкой связки, которая тянется от медиального надмыщелка плеча к медиальной стороне венечного отростка и расположенному на ней возвышенному бугорку и вызывает сигнал низкой интенсивности на фронтальном PD-ВИ (**a**) и на фронтальной FS T1-артрограмме (*стрелка*) (**b**). Проксимальные отделы связки в норме веерообразно прикрепляются к кости. (**c**) Частичный разрыв локтевой КС с характерным симптомом Т-образной тени, обусловленным затеканием суставной жидкости, вызывающей сигнал высокой интенсивности, между возвышенным бугорком и связкой (*стрелка*) на фронтальном FS T2-ВИ, полученном после артрографии с введением физиологического раствора. (**d**) Пример более крупного частичного разрыва локтевой КС с сепарацией ее от возвышенного бугорка на фронтальном PD-ВИ (*стрелка*). (**e**) Жидкость (сигнал высокой интенсивности) в месте разрыва (*стрелка*) и отек на фронтальном FS T2-ВИ, свидетельствующие о растяжении передней группы мышц предплечья. (**f**) Полный разрыв локтевой КС (*стрелка*) с затеканием контрастного вещества через разрыв в переднюю группу мышц предплечья на фронтальной FS T1-артрограмме. (**g**) Полный отрыв локтевой КС от медиального надмыщелка на фронтальном PD-ВИ, связка отогнулась в медиальную сторону (*стрелка*). Обширный отек передней группы мышц предплечья на фронтальном FS T2-ВИ (**h**) и на аксиальном FS T2-ВИ (**i**); разорвавшаяся связка луковцеобразно утолщена (*стрелка*).