

MRI
کاپلان

جلد ۱



موسکولو اسکلتال

Major, Anderson, Helms, Kaplan, Dussault

2020

ویرایش سوم

ترجمه:

دکتر مهرنگ معصوم آبادی،

دکتر امیرحسین علی محمدی سیابان، دکتر زهرا احمدی

ویراستار: دکتر مهرنگ معصوم آبادی

متخصص رادیولوژی - مدیر گروه تصویربرداری بیمارستان فوق تخصصی صارم

۱. مبانی پایه‌ای MRI اسکلتی-عضلانی ۱

چه چیزی یک تصویر خوب را می‌سازد؟ ۱

عدم حرکت ۱

سیگنال و رزولوشن ۲

کنتراست بافت ۵

سکانس‌های پالس ۵

اشباع چربی ۱۲

گادولینیوم ۱۴

MR آرتروگرافی ۱۶

بافت‌های اسکلتی عضلانی ۱۶

استخوان (Bone) ۱۶

ظاهر عادی ۱۶

سکانس‌های مفید ۱۷

مشکلات ۱۷

غضروف مفصلی (Articular Cartilage) ۱۷

ظاهر عادی ۱۷

سکانس‌های مفید ۱۷

فیبرو غضروف (Fibrocartilage) ۱۸

ظاهر عادی ۱۸

سکانس‌های مفید: منیسک ۱۸

مشکلات ۱۸

سکانس‌های مفید: گلوئید یا لایروم استابولار ۱۸

تاندون‌ها و لیگامان‌ها (Tendons and Ligaments) ۱۸

ظاهر عادی ۱۸

سکانس‌های مفید ۱۹

مشکلات ۱۹

عضله (Muscle) ۲۱

ظاهر عادی ۲۱

سکانس‌های مفید ۲۱

سینوویوم (Synovium) ۲۱

ظاهر عادی ۲۱

سکانس‌های مفید ۲۱

مشکلات ۲۲

برنامه‌های کاربردی ۲۲

۲. مغز استخوان ۲۵

نحوه تصویربرداری از مغز استخوان ۲۵

آناتومی و عملکرد طبیعی مغز استخوان ۲۶

استخوان تراپیکولار ۲۶

مغز استخوان قرمز (Red Marrow) ۲۶

مغز استخوان زرد (Yellow Marrow) ۲۶

تبدیل مغز استخوان (Marrow Conversion) ۲۷

تغییرات در مغز استخوان قرمز طبیعی ۲۸

MRI مغز استخوان طبیعی ۲۸

مغز استخوان زرد ۲۹

مغز استخوان قرمز ۲۹

ناهمگنی مغز استخوان ۳۰

پاتولوژی مغز استخوان ۳۲

اختلالات تکثیر مغز استخوان ۳۲

اختلالات جایگزینی مغز استخوان ۴۰

تقلیل مغز استخوان ۴۶

ادم مغز استخوان (هایپرمی و ایسکمی) ۴۹

سایر بیماری‌های مغز استخوان ۵۴

۳. تاندون‌ها و عضلات ۵۹

نحوه تصویربرداری از تاندون‌ها ۵۹

تاندون‌های طبیعی ۶۰

آناتومی ۶۰

MRI تاندون‌های طبیعی ۶۰

ناهنجاری‌های تاندون ۶۱

دژنراسیون ۶۲

تنوسینوویت (التهاب غلاف تاندون) ۶۳

پارگی تاندون ۶۴

نیمه‌دررفتگی/دررفتگی تاندون ۶۶

ضایعات متفرقه تاندون ۶۷

نحوه تصویربرداری از عضلات ۶۷

عضله طبیعی ۶۹

اختلالات عضلانی ۷۰

آسیب عضلانی ۷۰

آسیب‌های غیرمستقیم عضلانی ۷۰

آسیب‌های مستقیم عضلانی ۷۳

آسیب‌های تروماتیک متفرقه ۸۱

۸۳ میوپاتی‌های التهابی

پیومیوزیت ۸۳

فاشییت نکروزان ۸۳

پلی‌میوپاتی‌های التهابی ایدیوپاتیک ۸۵

بیماری‌های عضلانی اولیه ۸۵

دیستروفی‌ها و میوپاتی‌ها ۸۵

Denervation ۸۶

تومورها ۸۷

ناهنجاری‌های عضلانی متفرقه ۹۰

رادیومیولیز ۹۰

انفارکتوس عضلانی ۹۰

عضلات فرعی ۹۱

پروتو درمانی، جراحی و شیمی‌درمانی ۹۱

۴. اعصاب پریفرال ۹۳

نحوه تصویربرداری اعصاب ۹۳

نرمال و غیرنرمال ۹۳

background ۹۳

- آناتومی طبیعی و ظاهر MRI ۹۴
ناهنجاری‌های اعصاب ۹۶
آسیب تروماتیک عصب ۹۷
تومورهای اعصاب ۹۹
نوروپاتی فشاریو سندرم‌های گیرافتادگی ۱۰۳
ناهنجاری‌های عصبی متفرقه ۱۰۵

۵. عفونت‌های موسکولواسکلتال ۱۰۷

نحوه تصویربرداری از عفونت ۱۰۷

استئومیلیت ۱۰۸

- تعریف اصطلاحات ۱۰۸
مسیرهای آلودگی ۱۱۰
seeding هماتوزن ۱۱۰
گسترش مجاورتی ۱۱۲
کاشت مستقیم ۱۱۳
MRI استئومیلیت ۱۱۳
استئومیلیت حاد ۱۱۳
استئومیلیت تحت حاد ۱۱۶
استئومیلیت مزمن ۱۱۷

عفونت بافت نرم ۱۱۸

سلولیت ۱۱۸

- تنوسینوویت سپتیک و بورسیت سپتیک ۱۱۸
پیومیوزیت (میوزیت عفونی) ۱۱۸
فاشئیت نکروزان ۱۲۰
آرتریت سپتیک ۱۲۱
شرایط متفرقه ۱۲۳
اجسام خارجی ۱۲۳
استئومیلیت مولتی فوکال عودکننده مزمن ۱۲۴
ایدز ۱۲۴
عفونت پای دیابتی ۱۲۵

۶. آرتریت و غضروف ۱۲۹

نحوه تصویربرداری از آرتریت و غضروف ۱۲۹

- آرتریت روماتوئید ۱۳۰
اسپوندیلیت آنکیلوزان ۱۳۱
نقرس (Gout) ۱۳۲
رسوب دی‌هیدرات کلسیم پیروفسفات ۱۳۴
هموفیلی ۱۳۴
آمیلوئید ۱۳۵
تومورها ۱۳۶
کندروماتوز-سینوویال ۱۳۷
سینوویت ویلوندولار پیگمانته ۱۳۹
اجسام آزاد (Loose Bodies) ۱۴۰
غضروف ۱۴۰
خلاصه ۱۴۳

۷. تومورها ۱۴۵

- مرحله‌بندی تومورهای اسکلتی عضلانی ۱۴۵
اصول مرحله‌بندی ۱۴۵
درجه ۱۴۶

- گسترش لوکال ۱۴۶
متاستازها ۱۴۶
اصول تصویربرداری ۱۴۶
تومورهای استخوانی ۱۴۶
تومورهای بافت نرم ۱۴۷
ویژگی‌های مهم MRI ۱۴۷
ارزیابی تومور پس از درمان ۱۵۰
پس از شیمی‌درمانی ۱۵۰
پس از جراحی و پس از رادیوتراپی ۱۵۰
نحوه تصویربرداری از تومورها ۱۵۱
رویکرد به تفسیر تصویر ۱۵۴
اصول کلی ۱۵۴
ضایعات استخوانی ۱۵۵
ویژگی‌های افتراقی ۱۵۶
تومورهای بافت نرم ۱۶۱
اصول کلی ۱۶۱
ویژگی‌های افتراقی ۱۶۲

۸. ترومای استخوانی ۱۸۱

نحوه تصویربرداری از ترومای استخوانی ۱۸۱

- آناتومی ۱۸۲
مروری بر ترومای استخوانی ۱۸۲
گزینه‌های تصویربرداری ۱۸۲
ترومای حاد استخوانی ۱۸۳
آسیب‌های ضربه‌ای ۱۸۳
کانتوزن ۱۸۳
الگوهای کانتوزن ۱۸۴
شکستگی پنهان از نظر رادیوگرافی ۱۸۴
آسیب‌های کندگی (Avulsion Injuries) ۱۸۵
محل‌های شایع ۱۸۷
نمای MRI ۱۸۹
ترومای مکرر ۱۸۹
شکستگی نارسایی ۱۸۹
نمای MRI ۱۸۹
شکستگی‌های fatigue ۱۹۲
نمای MRI ۱۹۳
سیستم درجه‌بندی MRI ۱۹۵
آسیب‌های کششی مزمن ۱۹۵
شاین اسپلینت ۱۹۵
اسپلینت ران ۱۹۶
استئولیز پست‌تروماتیک ۱۹۷
تروما به اسکلت نابالغ ۱۹۷
اپی‌فیزیولیز ۱۹۷
پل‌های فیزیال پست‌تروماتیک ۱۹۸
شکستگی‌های avulsion ۱۹۸
تشخیص افتراقی ۱۹۹
ادم مغز استخوان اپی‌فیزیال/ساب‌کندرال ۱۹۹
شکستگی تنشی در مقابل تومور ۱۹۹
استئوکلندریت دیسکانس ۲۰۰

۹. مفصل تمپورومندیبولار ۲۰۳

نحوه تصویربرداری از مفصل تمپورومندیبولار ۲۰۳

مفصل تمپورومندیبولار نرمال ۲۰۴

ساختارهای استخوانی ۲۰۴

دیسک ۲۰۴

مفصل تمپورومندیبولار غیرنرمال ۲۰۵

اختلالات داخلی ۲۰۶

MRI اختلالات داخلی و دژنراسیون ۲۰۶

۱۰. شانه ۲۰۹

نحوه تصویربرداری از شانه ۲۰۹

تاندون‌ها و قوس کورا کوآ کرومیل ۲۱۱

آناتومی طبیعی ۲۱۱

تاندون‌ها ۲۱۱

قوس کورا کوآ کرومیل ۲۱۴

گیرافتادگی شانه ۲۱۶

علل ۲۱۶

اثرات impingement ۲۱۹

پارگی‌ها، دژنراسیون و دررفتگی تاندون ۲۲۰

سوپراسپیناتوس ۲۲۰

سر بلند عضله بای سپس ۲۲۵

اینفراسپیناتوس و ترس مینور ۲۲۷

Subscapularis ۲۲۸

پارگی‌های وسیع کاف ۲۲۹

ناهنجاری‌های روتاتور اینترنال ۲۲۹

ناپایداری شانه ۲۳۱

آناتومی مربوط به ناپایداری ۲۳۲

کپسول ۲۳۲

لیگامان‌های گلهوهمرال ۲۳۲

لابروم ۲۳۵

ضایعات مرتبط با ناپایداری ۲۳۷

کپسول ۲۳۷

لیگامان گلهوهمرال ۲۳۹

استخوان‌ها ۲۳۹

لابروم ۲۴۱

ضایعات ناپایداری لابرال ۲۴۳

ضایعات SLAP ۲۴۴

کیست‌های پارالابرال ۲۴۶

ضایعات GLAD ۲۴۷

شانه بعد از جراحی ۲۴۸

جراحی گیرافتادگی و روتاتور کاف ۲۴۸

جراحی برای ناپایداری ۲۴۹

ناهنجاری‌های متفرقه کپسولی، بورس و تاندونی ۲۴۹

کپسولیت چسبنده ۲۴۹

کیست سینوویال ۲۵۰

تاندونیت کلسیفیه و بورسیت ۲۵۰

بورسیت ساب کورا کوئید ۲۵۱

ناهنجاری‌های عصبی ۲۵۱

گیرافتادگی عصب سوپراسکاپولار ۲۵۱

سندرم space Quadrilateral ۲۵۴

سندرم پارسوناژ-ترنر ۲۵۴

اختلالات استخوانی ۲۵۶

استئولیز پست تروماتیک کلاویکل ۲۵۶

شکستگی‌های پنهان ۲۵۶

نکروز آواسکولار ۲۵۷

تومورها ۲۵۷

ناهنجاری‌های بافت نرم ۲۵۸

تومورهای خوش خیم و بدخیم ۲۵۸

آسیب‌های عضله پکتورالیس ۲۵۹

۱۱. آرنج ۲۶۳

نحوه تصویربرداری آرنج ۲۶۳

عادی و غیرعادی ۲۶۴

استخوان‌ها ۲۶۴

ارتباط عادی normal relationship ۲۶۴

اختلالات استخوانی ۲۶۵

لیگامان‌ها ۲۶۸

کمپلکس لیگامان رادیال کولترال ۲۶۸

کمپلکس لیگامان کولترال اولنار ۲۷۱

حاشیه سینوویال synovial fringe ۲۷۳

عضلات و تاندون‌ها ۲۷۳

کمپارتمان قدامی ۲۷۳

کمپارتمان خلفی ۲۷۵

کمپارتمان داخلی ۲۷۶

کمپارتمان لترال ۲۷۸

اعصاب ۲۷۹

عصب اولنار ۲۸۰

عصب مدین ۲۸۱

عصب رادیال ۲۸۲

اختلالات مفصلی ۲۸۳

آرتروپاتی‌ها/ لوزیادی ۲۸۳

توده‌ها ۲۸۴

بیماری ادنویاتی اپیتروکلتر Epitrochlear ۲۸۵

بورس‌ها ۲۸۵

۱۲. مچ و دست ۲۸۹

چگونگی تصویربرداری از دست و مچ دست ۲۸۹

نرمال و غیرنرمال ۲۹۰

لیگامان‌ها ۲۹۰

لیگامان‌های داخلی ۲۹۰

لیگامان‌های خارجی ۲۹۴

کمپلکس فیبروغضروفی مثلثی ۲۹۵

غضروف فیبرومثلثی ۲۹۶

لیگامان‌های رادیو اولنار ۲۹۸

Meniscus Homologue ۲۹۸

غلاف اکستنسور کاری اولناریس ۲۹۹

لیگامان کولترال اولنار (مچ) ۲۹۹

لیگامان کولترال اولنار شست ۳۰۰

لیگامان کولترال اولنار شست نرمال ۳۰۰

انگشت شست (Gamekeeper (aka Skier's Thumb ۳۰۰

- تاندون‌ها ۳۰۱
آناتومی طبیعی ۳۰۱
آسیب‌شناسی تاندون ۳۰۳
تونل کاریال ۳۰۵
عصب‌ها ۳۰۵
عصب مدین ۳۰۵
هامارتومای فیبرولیپوماتوز ۳۰۸
عصب اولنار ۳۰۹
ساختارهای استخوانی ۳۱۰
روابط طبیعی ۳۱۰
ابنورمالیتی‌های استخوانی ۳۱۲
تومورها ۳۱۷
ضایعات استخوانی ۳۱۷
ضایعات بافت نرم ۳۱۸
آرتریت ۳۲۰
کیست‌های سینوویال ۳۲۰
عفونت ۳۲۱
- ۱۳. ستون فقرات ۳۲۵**
نحوه تصویربرداری از ستون فقرات ۳۲۵
نرمال و غیرطبیعی ۳۲۶
تغییرات دژنراتیو ۳۲۶
افزایش سن و دژنراسیون دیسک ۳۲۷
تغییرات دژنراتیو استخوانی ۳۳۸
استنوز اسپینال ۳۴۲
تنگی کانال مرکزی ۳۴۳
تنگی نورال فورامن ۳۴۵
تغییرات بعد از عمل ۳۴۷
MRI غیرکمپلیک بعد از عمل ۳۴۷
جراحی ناموفق کمر (Failed Back Surgery) ۳۴۹
تغییرات التهابی ۳۵۰
اسپوندیلودیسکیت ۳۵۰
آبسه اپیدورال ۳۵۱
آراکنوئیدیت ۳۵۱
اسپوندیلیت آنکیلوزان ۳۵۲
تغییرات تروماتیک ۳۵۴
Spondylolisthesis و Spondylolysis ۳۵۴
هرنی دیسک داخل استخوانی ۳۵۶
ترومای مازور ۳۵۷
تومورهای استخوانی ستون فقرات ۳۶۲
تومورهای خوش خیم استخوان ۳۶۲
تومورهای بدخیم استخوان ۳۶۴
محتویات کانال نخاعی ۳۶۶
فضای اپیدورال ۳۶۶
فضای اینترادورال ۳۷۰
ضایعات کورد ۳۷۴
کشیدگی نخاع ۳۷۷
- اختلالات عروقی استخوان ۳۸۵
شکستگی‌ها ۳۹۱
Herniation pits ۳۹۵
تومورهای استخوانی ۳۹۶
بافت‌های نرم ۳۹۸
ناهنجاری‌های عضلانی و تاندون ۳۹۸
اعصاب ۴۰۱
بورسا ۴۰۲
تومورهای بافت نرم ۴۰۳
مفاصل ۴۰۴
لیگامنتوم ترس نرمال ۴۰۴
لایروم ۴۰۵
غضروف مفصلی طبیعی ۴۰۷
غضروف مفصلی غیرطبیعی ۴۰۷
گیرافتادگی فمورو استابولوم ۴۰۸
آرتریت التهابی ۴۰۹
بیماری مفاصل دژنراتیو ۴۱۰
دیسپلازی تکاملی ۴۱۰
«تومورهای» داخل مفصلی (فرآیندهای سینوویال) ۴۱۲
تصویربرداری آرتروپلاستی هیپ ۴۱۴

۱۵. زانو ۴۱۷

- نحوه تصویربرداری از زانو ۴۱۷**
نرمال و غیرنرمال ۴۱۹
منیسک ۴۱۹
نرمال ۴۱۹
غیرنرمال ۴۲۰
پارگی ۴۲۰
کیست‌ها ۴۲۵
منیسک دیسکوئید ۴۲۸
Pitfall ۴۲۹
لیگامان‌ها ۴۳۲
لیگامان صلیبی قدامی (ACL) ۴۳۲
لیگامان صلیبی خلفی (PCL) ۴۳۵
لیگامان جانبی میانی (MCL) ۴۳۶
کمپلکس لیگامان جانبی خارجی (LCL) ۴۳۸
پاتلا (پاتالا) ۴۴۱
Synovial Plicae ۴۴۲
تاندون پاتالار ۴۴۳
Fat Pad Impingement ۴۴۴
بورسا ۴۴۵
پوپلیتال (کیست بیکر) ۴۴۵
بورسا پرپاتالار ۴۴۵
پس آنسرینوس بورسا ۴۴۵
بورسا لیگامان جانبی نیمه‌غشایی-تیبیال ۴۴۵
بورسا لیگامان جانبی داخلی ۴۴۶
استخوان‌ها ۴۴۷
بافت‌های نرم ۴۴۸
غضروف ۴۴۹

۱۶. پا و مچ پا ۴۵۱

- نحوه تصویربرداری از پا و مچ پا ۴۵۱**
نرمال و غیرنرمال ۴۵۲
تاندون‌ها ۴۵۲
تاندون‌های خلفی مچ پا ۴۵۳
آشیل و پلاتاتاریس ۴۵۳

۱۴. لگن و مفاصل هیپ ۳۸۳

- نحوه تصویربرداری از هیپ و لگن (پلوئیس) ۳۸۳**
نرمال و غیرنرمال ۳۸۵
ساختارهای استخوانی ۳۸۵
ساختارهای نرمال استخوانی ۳۸۵

- تاندون‌های داخلی مچ پا ۴۵۶
- تاندون تیبیال خلفی ۴۵۷
- فلکسور دیجیتالوروم لانگوس ۴۶۰
- فلکسور هالوسیس لانگوس ۴۶۰
- تاندون‌های خارجی مچ پا ۴۶۱
- تاندون‌های پروئال ۴۶۱
- تاندون‌های قدامی مچ پا ۴۶۵
- تاندون تیبیال قدامی ۴۶۵
- لیگامان‌های مچ پا ۴۶۶
- لیگامان‌های داخلی مچ پا ۴۶۶
- لیگامان‌های خارجی مچ پا ۴۶۸
- شرایط التهابی متفرقه ۴۷۲
- سندرم گیرافتادگی آنتروترال در مچ پا ۴۷۲
- سندرم سینوس تارسی ۴۷۲
- فاشیت پلانتار ۴۷۵
- ناهنجاری‌های عصبی ۴۷۶
- سندرم تونل تارسال ۴۷۶
- نورومای مورتون ۴۷۹
- ناهنجاری‌های استخوانی ۴۸۰
- به‌هم‌پیوستگی تارسال ۴۸۰
- استخوان‌های فرعی و سزاموئیدها ۴۸۲
- شکستگی‌ها ۴۸۴
- استئونکروز پا و مچ پا ۴۸۵
- تومورهای استخوانی ۴۸۶
- سندرم ادم مغز استخوان ۴۸۹
- تومورهای بافت نرم ۴۸۹
- خوش‌خیم ۴۸۹
- بدخیم ۴۹۰
- تقلیدکننده‌های تومور بافت نرم ۴۹۱
- پای دیابتی ۴۹۳
- اجسام خارجی ۴۹۶

مبانی پایه‌ای MRI اسکلتی-عضلانی

فهرست فصل

چه چیزی یک تصویر خوب را می‌سازد؟

عدم حرکت

سیگنال و رزولوشن

کنتراست بافت

سکانس‌های پالس

اشباع چربی

گادولینیوم

MR آرتروگرافی

بافت‌های اسکلتی عضلانی

استخوان (Bone)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید

مشکلات

غضروف مفصلی (Articular Cartilage)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید

فیبرو غضروف (Fibrocartilage)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید: منیسک

مشکلات

سکانس‌های مفید: گلوئید یا لایروم استابولار

تاندون‌ها و لیگامان‌ها (Tendons and Ligaments)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید

مشکلات

عضله (Muscle)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید

سینوویوم (Synovium)

ظاهر عادی

سکانس‌های مفید

مشکلات

برنامه‌های کاربردی

آنها، به صورت منفعلانه تفسیر کنید. رادیولوژیست‌ها باید درک کاملی از اصول اساسی درگیر در اخذ تصاویر عالی داشته باشند. این فصل اجزای مختلفی را که در تولید تصاویر با کیفیت بالا نقش دارند، شرح می‌دهد و بر اصول بنیادی مشترک در تمام اسکنرهای MRI تأکید می‌کند. هر دستگاه متفاوت است. اسکنرهای بالینی اکنون در قدرت‌های مختلف از ۰/۲ تسلا (T) تا ۳/۰ تسلا موجود هستند. علاوه بر این، هر فروشنده زبان خاص خود را برای توصیف سخت‌افزار، نرم‌افزار و پارامترهای اسکن خود دارد و می‌توان یک فصل کامل را به رمزگشایی اصطلاحات مورد استفاده توسط تولیدکنندگان مختلف اختصاص داد. صرف وقت برای یادگیری جزئیات دستگاه خود با تکنسین‌ها یا فیزیکی‌دانان، وقت مفید و ارزشمندی خواهد بود. در صورت علاقه، می‌توانید یکی از بحث‌های عالی در مورد فیزیک MRI را در مقالات یا کتاب‌های درسی دیگر مطالعه کنید، زیرا در این کتاب، ما بخش فیزیک را تا حد زیادی به فیزیکی‌دانان واگذار می‌کنیم.

چه چیزی یک تصویر خوب را می‌سازد؟

عدم حرکت

حرکت یکی از بزرگ‌ترین مخرب‌های تصویربرداری MRI است (شکل ۱-۱). این حرکت می‌تواند منابع مختلفی داشته باشد، مانند حرکت قلب، حرکات دودی روده و حرکت تنفسی. در بیشتر کاربردهای تصویربرداری از سیستم اسکلتی-عضلانی، حرکت معمولاً ناشی از حرکت بدن بیمار به دلیل ناراحتی اوست. راحتی بیمار اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا حتی اگر تمام پارامترهای دیگر تصویربرداری بهینه شده باشند، هرگونه حرکتی می‌تواند کل تصویر را خراب کند.

درک جزئیات فیزیک هسته‌ای برای تفسیر تصاویر حاصل از تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) ضروری نیست، اما پذیرفتنی هم نیست که تصاویر داده شده را بدون توجه به نحوه‌ی اخذ آنها یا چگونگی بهبود کیفیت

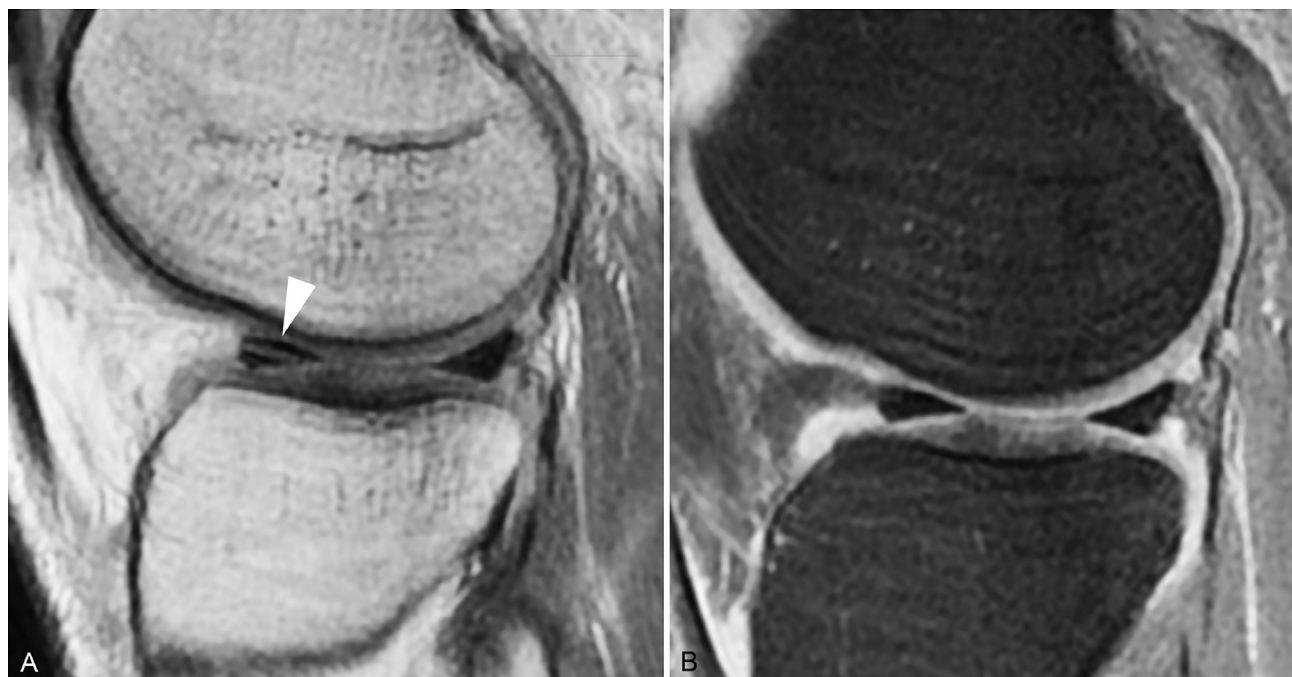


Fig. 1.1 Effect of motion. A, Sagittal proton density-weighted image of the knee. There is marked motion artifact and linear increased signal suggestive of a tear in the anterior horn of the lateral meniscus (arrowhead). B, Sagittal proton density with fat saturation is also degraded by motion artifacts but confirms that the meniscus is intact and that the meniscal signal abnormality was secondary to motion artifact.

TABLE 1.1

Signal and Resolution: Life's Tradeoffs

↑ Signal/↓ Resolution	↑ Resolution/↓ Signal
↑ Slice thickness	↓ Slice thickness
↑ Field of view	↓ Field of view
↓ Imaging matrix	↑ Imaging matrix

هر بار، آناتومی یکسان را در صفحات تصویربرداری یکسان و با استفاده از سکانس‌های یکسان مشاهده می‌کند.

سیگنال و رزولوشن (جدول ۱-۱)

سیگنال مقدار اطلاعات روی یک تصویر است. عوامل دیگر مهم هستند، اما اگر سیگنال تصویر ضعیف باشد (به عنوان مثال، «نویز»)، حتی بهترین رادیولوژیست نیز قادر به تفسیر آن نخواهد بود (شکل ۱-۲).

هر تصویر از وکسل‌ها (عناصر حجمی) تشکیل شده است که مربوط به بخش‌های کوچکی از بافت درون بدن بیمار هستند. یک بعد وکسل با ضخامت برش^۱ مشخص می‌شود. ابعاد دیگر توسط میدان دید^۲ و ماتریکس

راحتی بیمار با پوزیشن‌دهی صحیح شروع می‌شود. باید تمام تلاش خود را برای راحت بودن بیمار به کار بست؛ مثلاً می‌توان زیر زانوهای بیمار هنگام خوابیدن به پشت، بالش قرار داد تا فشار روی کمر کاهش یابد، یا در نقاط فشار، پد گذاشت. وقتی بیمار در وضعیت راحتی قرار گرفت، می‌توان از وسایل بی حرکت‌کننده غیرفعال مانند چسب، فوم لاستیکی یا کیسه‌های شن برای بی حرکتی حداکثری استفاده کرد. پخش موسیقی با هدفون می‌تواند به کاهش اضطراب کمک کند. برای بیماران مبتلا به کلاستروفوبیا (ترس از فضای بسته) ممکن است نیاز به داروهای آرام‌بخش کوتاه‌اثر باشد.

یکی دیگر از دلایل حرکت بیمار، طولانی بودن تصویربرداری است و به همین دلیل پروتکل‌های تصویربرداری کارآمد مفید هستند. با طراحی سکانس‌های تصویربرداری کارآمد، اسکن‌های لازم در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام می‌شوند که نتیجه آن، همکاری بهتر بیمار، افزایش کارایی تکنسین و حداکثر توان عملیاتی دستگاه اسکنر است. پروتکل‌های استاندارد، نیاز به نظارت مستقیم پزشک در طول اسکن را نیز کاهش می‌دهند و به تفسیر بهتر تصویر کمک می‌کنند، زیرا رادیولوژیست

¹ Slice thickness

² Field of view

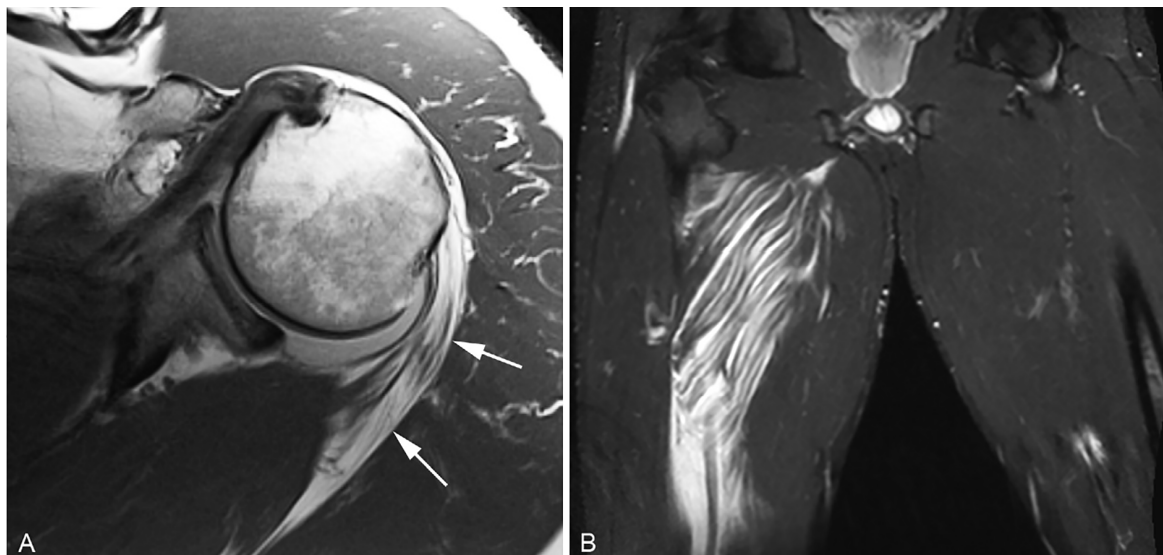


Fig. 1.25 Muscle. A, Axial T1-weighted image from an MR arthrogram of the left shoulder. There is prominent fatty atrophy of the teres minor muscle (arrows). Note the normal high-signal-intensity fat striations (“marbling”) of the overlying deltoid muscle, typical of skeletal muscle. B, Coronal STIR image of the thighs demonstrates extensive fluid/hemorrhage in the right hamstring muscles in this college football player who sustained an injury while running.

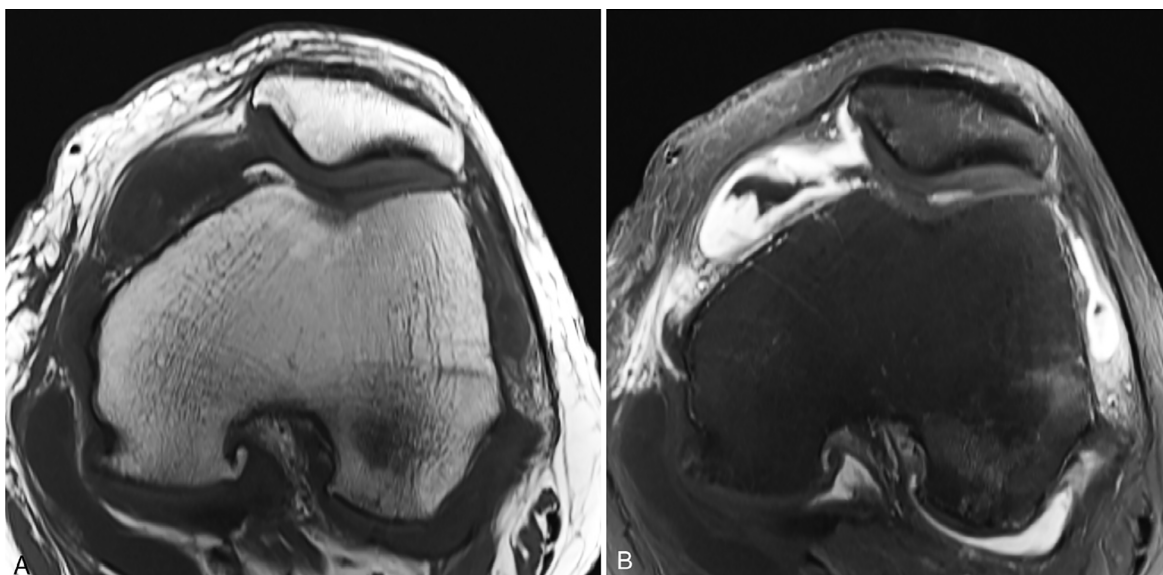


Fig. 1.26 Synovium. A, Axial T1-weighted image of the knee. There is a joint effusion, but the joint fluid is inseparable from synovium. B, Axial T1-weighted image with fat saturation after the intravenous injection of gadolinium contrast reveals massive thickening of the enhancing synovium and a relatively small amount of dark, nonenhancing fluid.

سینوویوم ظاهر عادی

سینوویوم معمولاً آشکار نیست مگر اینکه به‌طور پاتولوژیک ضخیم شود.

مفیدترین سکانس‌ها (شکل ۱-۲۶)

۱. تصاویر T1W اشباع چربی پس از تجویز Gd-DTPA داخل وریدی (IV).
۲. FSE T2 با یا بدون اشباع چربی، سینوویوم را به‌صورت

عضله ظاهر عادی

ظاهر طبیعی عضله، شدت سیگنال متوسط در تمام سکانس‌ها است.

مفیدترین سکانس‌ها (شکل ۱-۲۵)

۱. T1: تصویری خوب از ساختار کلی عضله و آتروفی چربی عضله
۲. STIR: بسیار حساس برای تشخیص اکثر انواع پاتولوژی عضلانی به جز آتروفی

امید است که اطلاعات اولیه ارائه شده در این فصل در مورد MRI که مربوط به سیستم اسکلتی-عضلانی است، به شما این امکان را می‌دهد که در مورد MRI اطلاعات داشته باشید بدون اینکه تحت تأثیر جزئیات فیزیک قرار بگیرید (مگر اینکه بخواهید). تصور ما این است که نام بردن از اصطلاحات مختلف MRI برای پزشکان هیچ هدف مفیدی ندارد. آنها بسیار بیشتر خوشحال می‌شوند اگر به یک خط سفید که از مثلث سیاه منیسک عبور می‌کند اشاره کنیم و به آنها اطمینان دهیم که در آرتروسکوپی پارگی منیسک را پیدا خواهند کرد.

پروتکل‌های ارائه شده در هر فصل بعدی براساس رویکرد ما به MRI اسکلتی عضلانی است. اینها برای ما مفید هستند، اما ما تشخیص می‌دهیم که بیش از یک راه برای انجام صحیح هر معاینه MRI وجود دارد. پروتکل‌های ما قرار است به‌عنوان یک راهنمای مفید عمل کنند. به دلیل انواع مختلف تجهیزات موجود، ما نمی‌توانیم همه پارامترها مانند TR و TE را مشخص کنیم. در عوض، ما بر میدان دید، ضخامت بخش، صفحات تصویربرداری، و سکانس پالس مورد استفاده برای نشانه‌های مختلف تمرکز کرده‌ایم. TR، TE دقیق، تعداد میانگین‌های سیگنال و اندازه ماتریکس باید برای دستگاه خاصی که با آن کار می‌کنید بهینه شود.

به یاد داشته باشید، همه اسکنرها یکسان ایجاد نمی‌شوند. اگر سعی کنید نتایج یک مقاله نوشته شده توسط محققانی که از یک نوع اسکنر MRI استفاده می‌کنند را با استفاده از پروتکل آنها بر روی یک برند متفاوت اسکنر تکرار کنید، احتمالاً کار نخواهد کرد زیرا هر دستگاه از روش‌های مختلفی برای به‌دست آوردن و نمایش داده‌ها استفاده می‌کند. ابتدا باید روی درک اصول اولیه‌ای که برای تولید یک تصویر MR با کیفیت بالا لازم است کار کنید. سپس به همان اندازه سخت تلاش کنید تا بفهمید که چگونه می‌توان این کار را با دستگاه خاص خود انجام داد.

سیگنال متوسط‌تر نشان می‌دهد، در حالی که مایع مفصل شدت سیگنال بالاتری دارد.

۳. تصاویر T1W بدون Gd-DTPA enhancement، پانوسی سینوویال را به‌صورت بافتی با شدت سیگنال متوسط نشان می‌دهند که شدت سیگنال آن کمی بیشتر از مایع مفصل یا ماهیچه مجاور است. این شدت سیگنال کمی بالاتر را می‌توان با بررسی دقیق تصاویر تشخیص داد، اما نسبت به پس از Gd-DTPA enhancement بسیار کمتر آشکار است.

مشکلات

همیشه نمی‌توان سینوویوم هایپرتروفی شده را از مایع مفصلی در تصاویر T2W و STIR تشخیص داد.

برنامه‌های کاربردی

از آنجایی که هر ناحیه آناتومیک دارای چندین ساختار مختلف در حجم مورد تصویر است (مانند تاندون‌ها، غضروف، استخوان، ماهیچه، نخاع)، لازم است از پروتکل‌هایی استفاده شود که به اندازه کافی همه این ساختارهای متنوع را نشان دهد. سکانس‌های پالس و صفحات تصویربرداری باید با دقت انتخاب شوند تا این ساختارها به‌طور بهینه در مدت زمان نسبتاً کوتاهی نشان داده شوند. اندیکاسیون‌های بالینی برای انجام معاینه MRI بیشتر به تعیین سکانس‌های پالس و صفحه‌های تصویربرداری کمک می‌کند. هیچ ارزش افزوده‌ای برای به‌دست آوردن هر سکانس پالس یا صفحه تصویربرداری شناخته شده وجود ندارد. این کار در مقایسه با استفاده از پروتکل‌های سفارشی، توانایی شما را برای تشخیص بهبود نمی‌بخشد. پزشکان همچنین از استفاده از پروتکل‌های استاندارد قدردانی می‌کنند، زیرا این سازگاری به آنها اجازه می‌دهد با آناتومی و پاتولوژی نشان داده شده در مطالعات آشنا شوند.

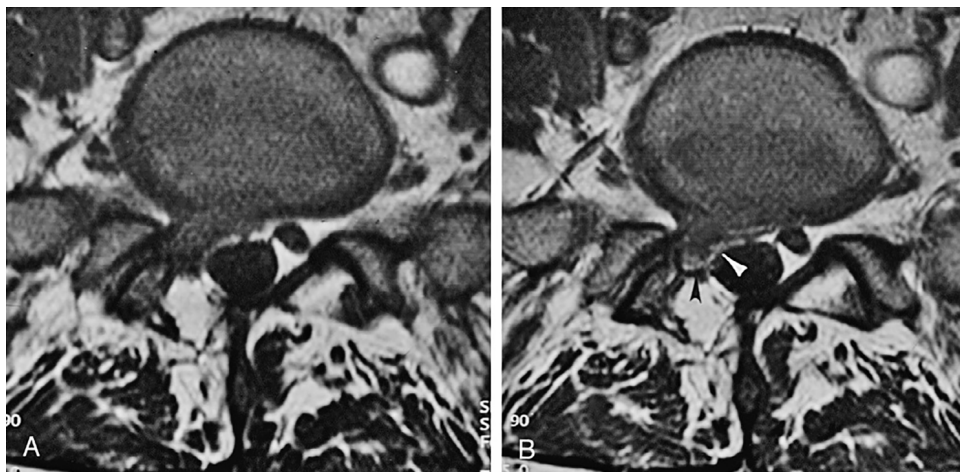


Fig. 13.37 Postoperative complications: recurrent disk (versus scarring). **A**, T1 axial image of L5-S1 disk. A right laminectomy has been performed. The patient has recurrent symptoms, and MRI shows intermediate signal in the right paracentral region that could be either scarring or a recurrent disk extrusion. The descending S1 nerve root is not identified. **B**, T1 contrast-enhanced axial image of L5-S1. There is a thin peripheral rim of enhancement (arrowheads) around the mass typical of a disk, rather than scarring, which would have diffuse enhancement.

• BOX 13.10 Spondylodiskitis

Classic MRI Triad

- T1: Low signal vertebral body marrow
- T1, postcontrast: Marrow enhancement (and possibly disk)
- T2: High signal in disk (and possibly marrow)

Associated Abnormalities

- Decreased disk height
- Destruction of end plate
- Phlegmon or abscess
 - Epidural, subligamentous, paraspinal

اسپوندیلودیسکیت می‌گویند. در مقایسه با بزرگسالان، دیسک‌ها در کودکان پرعروق‌تر هستند، بنابراین عفونت اولیه ممکن است در دیسک رخ دهد و سپس به صورت ثانویه به استخوان مجاور گسترش یابد.

ظاهر MRI به وسعت بیماری و پاسخ تنه مهره به آن در زمان تصویربرداری بستگی دارد. بیمار معمولاً تا زمانی که عفونت در سراسر دیسک منتشر نشده و حداقل دو جسم مهره مجاور را درگیر نکند، در تصویربرداری دیده نمی‌شوند. نتایج MRI شامل سه یافته زیر است:

۱. سیگنال پایین در تصاویر T1W در مغز مهره‌های مجاور
 ۲. آنهنسمنت کنتراست مغز استخوان در تصاویر T1W و احتمالاً دیسک اگر آبسه ایجاد نشده باشد.
 ۳. سیگنال بالای دیسک در تصاویر T2W (شکل ۱۳-۳۸)
- گاهی اوقات سیگنال بالا در مغز صفحات انتهایی مجاور در تصاویر T2W دیده می‌شود، اما اگر تغییرات واکنشی یا اسکروز وجود داشته باشد، مغز ممکن است در این تصاویر

انجام می‌شود تا بین این دو علت شایع علائم در بیماران پس از عمل تمایز قائل شود. بافت اسکار پس از تجویز داخل وریدی گادولینیوم (سیگنال بالا در تصاویر T1W) به‌طور منتشر آنهنس می‌یابد (شکل ۱۳-۳۳ را ببینید). مواد دیسک آنهنس نمی‌یابد، اما به دلیل تغییرات پس از عمل التهاب و تشکیل اسکار، آنهنس پریفرال رخ می‌دهد (شکل ۱۳-۳۷). علائم دیگری که ممکن است به تشخیص فیروز اپیدورال از ناهنجاری دیسک کمک کند این است که فیروز اپیدورال اغلب حاشیه‌های نامنظم دارد. ممکن است با دیسک مجاور پیوسته نباشد و به جای ایجاد یک اثر توده‌ای بر روی ساک دورال، ممکن است باعث retraction شود. برعکس، پروتروژن‌های مکرر دیسک معمولاً پیوسته با دیسک هستند، حاشیه‌های تیز دارند و بر روی ساک دورال اثر می‌گذارند.

تغییرات التهابی

اسپوندیلودیسکیت (باکس ۱۰-۱۳)

عفونت ستون فقرات عموماً از انتشار هماتوژن استافیلوکوکوس اورئوس از یک ناحیه دور رخ می‌دهد. در بزرگسالان، مغز استخوان در ناحیه صفحه انتهایی تنه مهره معمولاً ابتدا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (استئومیلیت یا اسپوندیلیت)، و عفونت به سرعت به دیسک مجاور (دیسکیت) و نزدیک‌ترین تنه مهره مجاور گسترش می‌یابد. هنگامی که استخوان و دیسک عفونی می‌شود، به آن

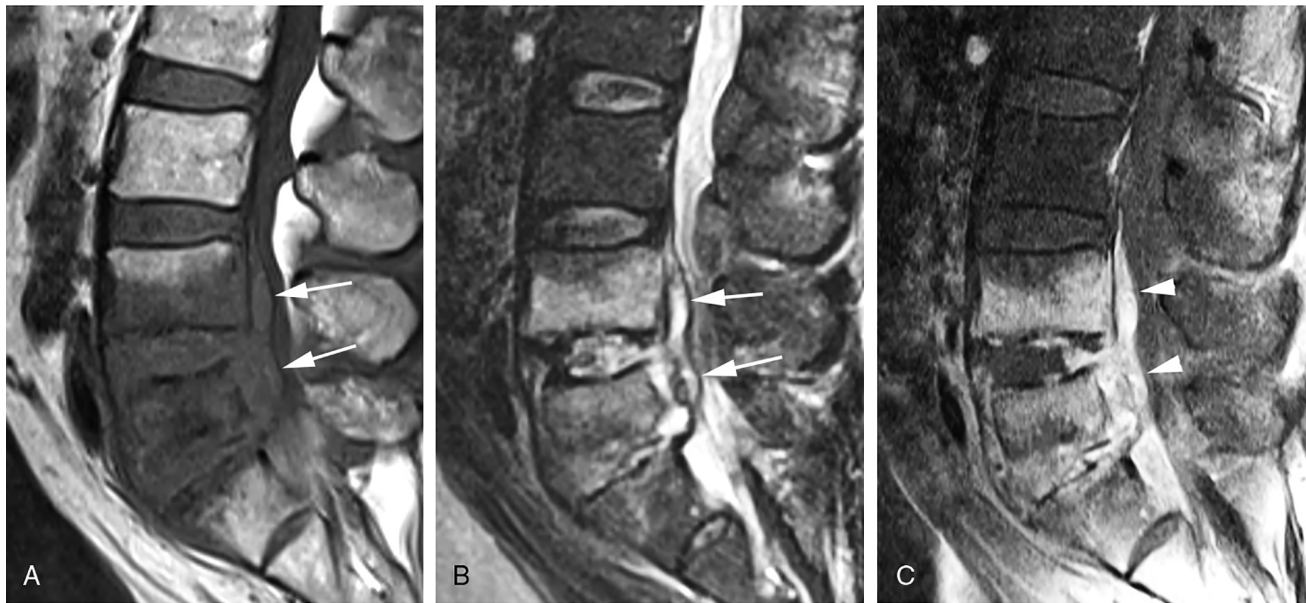


Fig. 13.38 Spondylodiskitis. A, T1 sagittal image of the lumbar spine. There is abnormal low signal in the L4, L5, and S1 vertebrae with associated end plate destruction. Extensive soft tissue is seen within the ventral epidural space (arrows) compressing the thecal sac. B, STIR sagittal image of the lumbar spine. Diffusely increased signal intensity is present within the marrow at these levels with heterogeneous signal in the epidural tissue (arrows). C, T1 contrast-enhanced sagittal image of the lumbar spine with fat suppression. Diffuse enhancement is present within the affected vertebrae. The diffuse enhancement of the ventral epidural tissue (arrowheads) is consistent with inflammatory phlegmon and not abscess.

و آبسه‌های اپیدورال و پاراسپاینوس در زمان بروز شایع و بزرگ هستند.

آبسه اپیدورال

گسترش مستقیم عفونت ناشی از اسپوندیلودیسکیت می‌تواند باعث آبسه اپیدورال شود، همانطور که قبلاً توضیح داده شد. علل دیگر شامل کاشته شدن همتوزن فضای اپیدورال از عفونت در یک مکان دور یا کاشت مستقیم باکتری از دستکاری ابزار است (شکل ۳۹-۱۳). اسپوندیلودیسکیت در ۸۰٪ بیماران مبتلا به آبسه اپیدورال در زمان تصویربرداری وجود دارد. دو مرحله ممکن است مشهود باشد: فلگمون (التهاب منتشر بافت نرم)، که به سمت آبسه (کالکشن فوکال مایع) پیشرفت می‌کند.

آراکنوئیدیت

آراکنوئیدیت یک فرآیند التهابی است که ممکن است پس از جراحی رخ دهد؛ یا از عواملی که به فضای ساب آراکنوئید تزریق می‌شوند، مانند داروهای بیهوشی، مواد حاجب، یا استروئیدها؛ از عفونت؛ یا از خونریزی داخل نخاعی.

سیگنال پایین داشته باشد. ناهنجاری‌های همراه که ممکن است با اسپوندیلودیسکیت شناسایی شوند شامل افزایش ارتفاع دیسک، تخریب صفحه انتهایی کورتیکال با سیگنال پایین؛ و فلگمون یا آبسه التهابی پاراسپاینوس یا اپیدورال می‌شود. MRI التهاب بافت نرم یا واکنش فلگمونی هاپیرمیک را به صورت تورم بافت نرم یا توده در نواحی اپیدورال یا پاراسپاینوس نشان می‌دهد که سیگنال بالایی در تصویر T2W دارد یا با مواد کنتراست در تصاویر T1W به طور منتشر انهنس می‌یابد. اگر آبسه ایجاد شده باشد، توده بافت نرم در تصاویر T1W سیگنال پایین دارد، تصاویر T2W با سیگنال بالا است و تصاویر T1W با کنتراست انهنسمنت را نشان می‌دهد. تجویز کنتراست برای ارزیابی کامل ستون فقرات مشکوک به عفونت الزامی است.

عفونت‌های گرانولوماتوز، مانند سل یا عفونت‌های قارچی، ممکن است از نظر بالینی ضعیف‌تر از عفونت‌های پیوژنیک باشند. تخریب استخوان علاوه بر ادم آن تقریباً همیشه در زمان تصویربرداری مشهود است. ممکن است با انتشار عفونت در زیر لیگامان‌های طولی قدامی یا خلفی ستون فقرات به مهره‌های مجاور، دیسک‌ها به طور کامل یا تقریباً در امان بمانند. عناصر خلفی اغلب درگیر هستند

• BOX 16.2 Achilles Tendon

- No sheath, but a posterior paratenon
- Xanthomas
- Tears at midpoint and proximal or distal extremes
- Plantaris medially may simulate tear
- "Pump bumps" or Haglund's deformity
 - Retrocalcaneal bursitis
 - Achilles tendon bursitis
 - Thickened distal Achilles

ناهنجاری‌های MRI عبارتند از: مایعی که به طور کامل یک تاندون را احاطه کرده است (تنوسینوویت)، اندازه غیرطبیعی تاندون و شدت سیگنال بالای تاندون (به علت پارگی جزئی)، موقعیت غیرطبیعی (ناشی از دررفتگی)، یا عدم وجود کامل یک بخش از تاندون (پارگی کامل). تاندون‌های مچ پا براساس محل قرارگیری آنها در مچ پا به راحتی به چهار گروه تقسیم می‌شوند: قدامی، خلفی، داخلی و خارجی (شکل ۱-۱۶).

تاندون‌های خلفی مچ پا آشیل و پلاتاریس (باکس ۲-۱۶)

تاندون آشیل در خط میانی مچ پا خلفی قرار دارد و بزرگ‌ترین تاندون بدن است که از تلاقی تاندون‌های عضلات گاستروکنمیوس و کف پا تشکیل می‌شود (شکل ۲-۱۶). تاندون آشیل به طور معمول دارای شدت سیگنال کم است. با این حال، یک خط عمودی با شدت سیگنال بالا در بسیاری از تاندون‌های آشیل وجود دارد که احتمالاً نمایانگر یک رابط طبیعی بین دو جزء تاندون

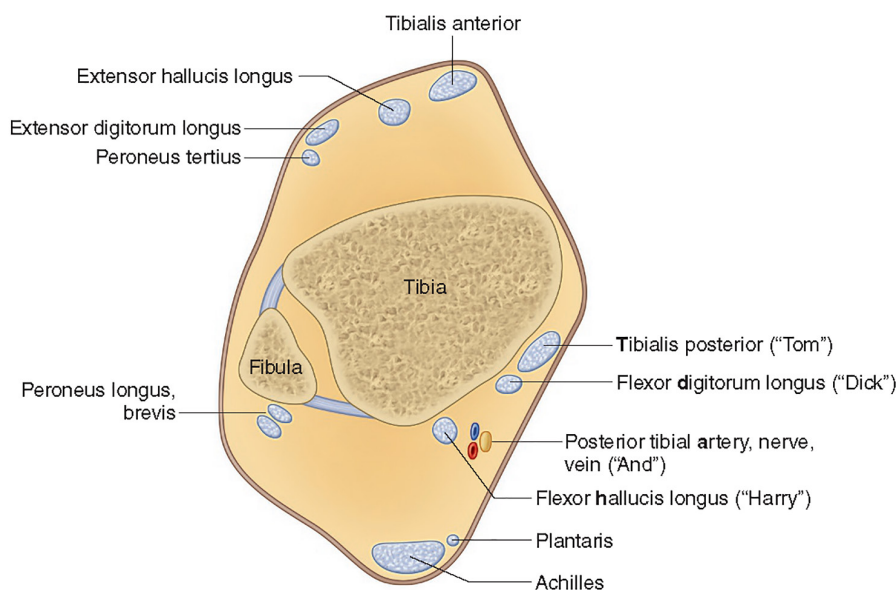


Fig. 16.1 Normal ankle tendons. Diagram of tendons around the ankle, which are divided into the anterior extensors, medial flexors, posterior Achilles and plantaris, and lateral peroneals

• BOX 16.1 Foot and Ankle Structures to Evaluate in Different Planes

Sagittal

- Achilles tendon
- Sinus tarsi
- Plantar fascia
- Osseous structures (length of metatarsals)
- Ankle joint

Axial of Ankle and Long-Axis Axial (Coronal) of Foot

- Ankle tendons
- Sinus tarsi
- Tibiofibular ligaments
- Anterior and posterior talofibular ligaments
- Spring ligament
- Osseous structures (length of metatarsals)

Coronal of Ankle and Short-Axis Axial of Foot

- Deltoid ligaments, deep and superficial
- Calcaneofibular ligament
- Tarsal tunnel
- Sinus tarsi
- Ankle joint
- Osseous structures (metatarsals in cross section)
- Plantar fascia in cross section

تاندون‌ها تأثیر بگذارد عبارتند از: تنوسینوویت، دژنراسیون تاندون، پارگی جزئی یا کامل تاندون، نیمه‌دررفتگی یا دررفتگی تاندون‌های خاص از مکان طبیعی خود، گزانتوم‌های ناشی از هایپرلیپیدمی، تاندونیت کلسیفیک، توفوس اسید اوریک ناشی از نقرس، و به ندرت تومورها. تاندون‌ها ممکن است در نتیجه میکروترومای مزمن مکرر، ترومای حاد عمده؛ و ضعیف شدن ثانویه به دژنراسیون میکسوئید، آرتريت روماتوئید، نارسایی مزمن کلیه، دیابت، نقرس، استروئیدها و سایر داروها پاره شوند.

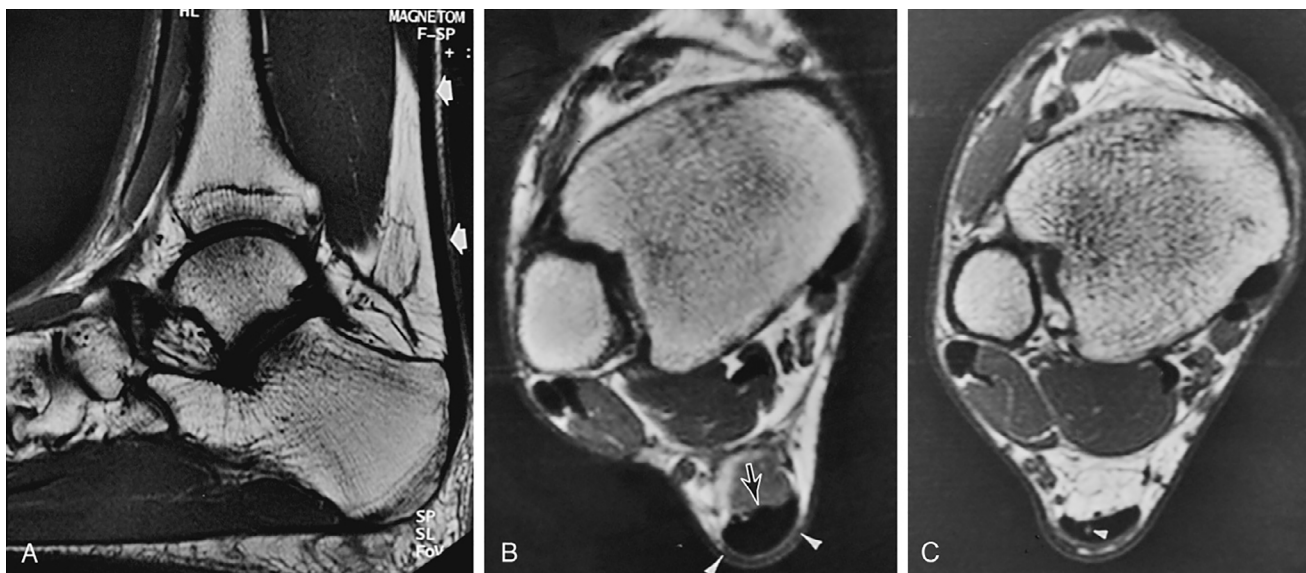


Fig. 16.2 Achilles tendon: normal. A, T1W sagittal image of the ankle. The Achilles tendon (arrows) is low signal, taut, and with parallel straight anterior and posterior margins. B, T1W axial image of the ankle. The Achilles tendon has a flat or concave anterior margin, but a focal convexity (arrow) is a normal finding in many individuals. The paratenon is shown posterior to the tendon (arrowheads) as intermediate signal. C, T1W axial image of the ankle. The Achilles tendon is thin, has a concave anterior margin, and has a focus of high signal (arrowhead) in the substance.

۷ میلی متر است و حاشیه‌های قدامی و خلفی در تصاویر ساژیتال واقعی از تاندون موازی هستند.

نود درصد افراد دارای یک تاندون پلانتاریس کوچک هستند که در قسمت جلویی تاندون آشیل قرار دارد که روی تاندون آشیل، کالکانئوس خلفی یا فلکسور رتیناکولوم قرار می‌گیرد (شکل ۱۶-۳). صفحه با شدت سیگنال بالا بین تاندون‌های پلانتاریس و آشیل را می‌توان با آشیل پاره‌شده پارشیل در حالی که پارگی وجود ندارد، اشتباه گرفت، یا ممکن است به اشتباه به عنوان یک آشیل کاملاً پاره‌شده با تعدادی فیبر میانی دست‌نخورده در نظر گرفته شود، در حالی که اینها صرفاً الیاف پلانتاریس دست‌نخورده است. ارزیابی تصاویر متوالی آگزیکال بین تاندون پلانتاریس نرمال و تاندون آشیل غیرطبیعی تمایز قائل می‌شود.

دژنراسیون و پارگی جزئی یا کامل تاندون آشیل معمولاً در حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر بالاتر از محل اتصال آن به کالکانئوس رخ می‌دهد (شکل ۱۶-۴) اما ممکن است در هر جایی در طول تاندون وجود داشته باشد. همچنین ممکن است پارگی در محل اتصال musculotendinous رخ دهد (شکل ۱۶-۵)، و میدان دید باید به اندازه‌ای باشد که این ناحیه را در تصاویر ساژیتال در بر گیرد تا خونریزی و ادم در حالت حاد یا آتروفی عضلانی در شرایط مزمن بررسی شود.

(گاستروکنمیوس و سولئوس) یا شاید عروق کوچک درون تاندون است. آشیل غلاف تاندون ندارد زیرا در طول خود با سایر ساختارها تماس نزدیک ندارد و همچنین نمی‌تواند تغییرات تنوسینوویت را داشته باشد، بلکه فقط تغییرات پاراتندینیت/پاراتنویت دارد. یک پاراتنون در قسمت‌های پشتی، داخلی و خارجی تاندون آشیل وجود دارد که به جای غلاف تاندون امکان سر خوردن صاف تاندون را فراهم می‌کند. این ممکن است در تصاویر آگزیکال به عنوان یک خط نازک از شدت سیگنال متوسط به موازات تاندون خلفی دیده شود. در جلوی تاندون آشیل یک پد چربی مثلثی به نام مثلث کاگر (*Kager's triangle*) قرار دارد.

تاندون آشیل معمولاً دارای حاشیه قدامی صاف یا مقعر روی تصاویر آگزیکال است (شکل ۱۶-۲ را ببینید). اگر به طور منتشر محدب شود، یک تاندون ضخیم غیرطبیعی وجود دارد. حاشیه قدامی تاندون آشیل به طور معمول ممکن است دارای یک تحدب کانونی باشد که از سمت خارجی تاندون پروگزیمال شروع شده و به سمت داخلی تاندون دیستال منتقل می‌شود. این تحدب کانتور قدامی کانونی ناشی از ادغام فیبرهای کف پا با الیاف گاستروکنمیوس به صورت ماریچی است که تا روی استخوان پاشنه قرار می‌گیرند. حاشیه خلفی آشیل دارای کانتور محدب است. اندازه تاندون طبیعی در بُعد قدامی خلفی حدود