

Магнитно-резонансная томография голеностопного сустава и стопы: нормальная анатомия и проблемы визуализации

Н.К. Витько, А.Г. Зубанов

Клиническая больница № 1 Медицинского центра Управления делами Президента РФ

Структурный анализ работы кабинетов магнитно-резонансной томографии (МРТ) в российских лечебных учреждениях демонстрирует незначительное количество исследований голеностопного сустава и стопы. В то же время на долю повреждений данной области приходится до 25% от общего количества травм опорно-двигательного аппарата и 40–60% от числа повреждений нижней конечности. В 70–75% повреждений голеностопного сустава и стопы имеют место изолированные повреждения капсульно-связочного аппарата. У спортсменов их доля достигает 80–85%.

Слабый интерес врачей лучевой диагностики к проблеме повреждений и заболеваний голеностопного сустава и стопы прежде всего объясняется невысокой хирургической активностью по отношению к таким пациентам. Однако существует и другая причина, а именно недостаточное знание врачами особенностей топографо-анатомического строения данной области и проблем интерпретации магнитно-резонансных изображений в норме.

В связи с этим, предвосхищая изложение темы МРТ-диагностики повреждений голеностопного сустава и стопы, рассмотрим анатомию ортогональных сечений данной области с акцентом на возможные диагностические ошибки.

МРТ предоставляет возможность детального изучения анатомии суставных поверхностей и полости голеностопного сустава.

Оценка суставных поверхностей голеностопного сустава и суставов стопы производится на основе прежде всего T1-взвешенных импульсных последовательностей (рис. 1). Низкая контрастность гиалинового хряща по отношению к зоне субхондрального компактного вещества костной ткани на томограммах в T2- и протон-взвешенных последовательностях не позволяет оценить толщину хрящевой ткани. Гиалиновый хрящ визуализируется в виде тонкой, до 1,5 мм, пластины, однородной структуры, повышенной интенсивности по отношению к зоне субхондрального компактного ве-

щества костной ткани и внутрисуставной синовиальной жидкости, с четкими и ровными контурами. Наиболее толстым слой гиалинового хряща является на поверхности блока таранной кости и на латеральной лодыжке. Его ширина в области нижней горизонтальной суставной поверхности (плато) большеберцовой кости почти в два раза меньше ширины в области блока таранной кости.

В соответствии с данными МРТ синовиальная жидкость в полости сустава распределяется неравномерно и имеет низкую интенсивность на T1- и высокую на T2-взвешенных изображениях. Наибольшее ее количество со-

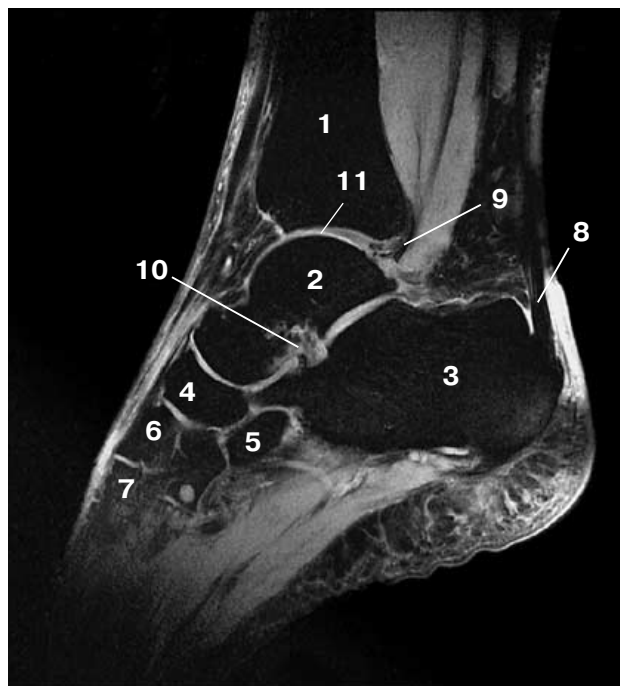


Рис. 1. Срединная сагиттальная МР-томограмма голеностопного сустава и стопы (T1 FLASH). 1 – большеберцовая кость, 2 – таранная кость, 3 – пяточная кость, 4 – ладьевидная кость, 5 – кубовидная кость, 6 – трехгранная медиальная кость, 7 – третья плюсневая кость, 8 – ахиллово сухожилие, 9 – lig. tibiofibulare posterius, 10 – пазуха предплюсны, 11 – суставной хрящ.

держится в переднем отделе (до 4 мм) и в заднем латеральном отделе сустава (до 3–4 мм) при исследовании в сагиттальной проекции.

Одним из объектов исследования при МРТ голеностопного сустава и стопы является связочный аппарат. В норме связки на томограммах выглядят как тяжи, чаще однородной структуры, гипоинтенсивные во всех импульсных последовательностях. Каждая из связок имеет индивидуальные особенности визуализации и требует отдельного описания.

При МРТ в аксиальной плоскости на уровне дистального межберцового синдесмоза (*syndesmosis tibiofibularis*) находятся короткие межберцовые связки (*ligg. tibiofibularia anterius et posterius*).

Lig. tibiofibulare anterius располагается на уровне и несколько выше плато большеберцовой кости и распространяется под некоторым углом к горизонтальной плоскости изнутри наружу и сверху вниз. На аксиальных магнитно-резонансных изображениях она идентифицируется на нескольких последовательных сканах фрагментарно вдоль виртуальной линии, соединяющей передние контуры берцовых костей (рис. 2). У большинства обследуемых *lig. tibiofibulare anterius* на сагиттальных латеральных изображениях определяется в виде тонкого, 2–4 мм, тяжа, соединяющего передние контуры берцовых костей. Визуализация *lig. tibiofibulare anterius* по фронтальным изображениям проблематична ввиду пространственного ее наложения на кортикальный слой берцовых костей. Передние фронтальные изображения позволяют идентифицировать *lig. tibiofibulare anterius* в виде гетерогенной полосатой лентообразной структуры, расположенной косо на уровне переднего контура малоберцовой кости и непосредственно перед ним.

Lig. tibiofibulare posterius располагается практически горизонтально в виде тонкой, 1–3 мм, ленты и на аксиальных изображениях определяется в виде тяжа, соединяющего задние контуры берцовых костей на уровне плато большеберцовой кости. На серии латеральных сагиттальных сканов *lig. tibiofibulare posterius* визуализируется в виде образования округлой или неправильной формы размером до 4 мм, расположенного непосредственно под задним краем большеберцовой кости. Аксиальные изображения на уровне плато большеберцовой кости позволяют идентифицировать связку в виде гетерогенного тяжа, расположенного косо на уровне заднего контура большеберцовой кости (см. рис. 2).

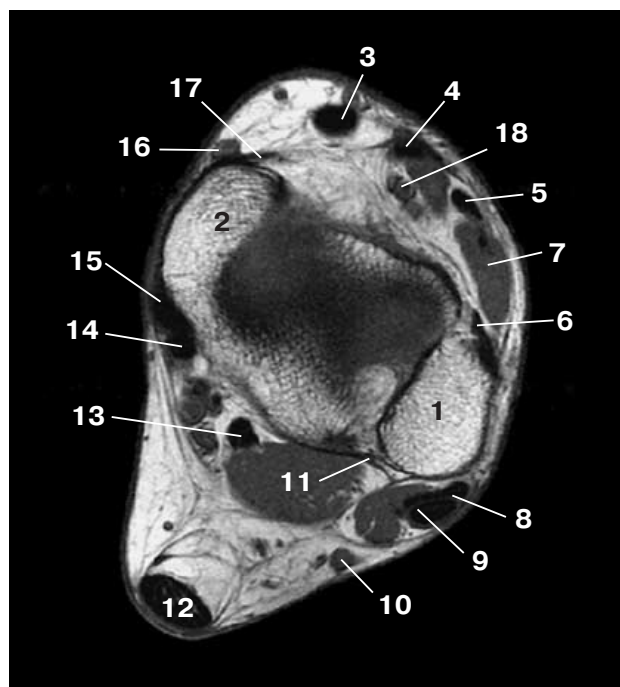


Рис. 2. Аксиальная МР-томограмма на уровне дистального межберцового синдесмоза. 1 – латеральная лодыжка, 2 – медиальная лодыжка, 3 – tendo m. tibialis anterior, 4 – tendo m. extensor hallucis longus, 5 – tendo m. extensor digitorum longus, 6 – lig. tibiofibulare anterius, 7 – anterior m. peroneus tertius, 8 – tendo m. peroneus brevis, 9 – tendo m. peroneus longus, 10 – n. suralis, 11 – lig. tibiofibulare posterius, 12 – ахиллово сухожилие, 13 – tendo m. flexor hallucis longus, 14 – m. flexor digitorum longus, 15 – tendo m. tibialis posterior, 16 – v. saphena magna, 17 – retinaculum extensorum inferius, 18 – a. tibialis anterior.

Около голеностопного сустава визуализируются 10 мышц и их сухожилий, взаимоотношение которых с костными структурами необходимо учитывать при переломах. При МРТ сухожилия имеют низкий сигнал на T1-, T2- и протонно-взвешенных изображениях. Это позволяет четко определять их контуры не только по отношению к жировой клетчатке, но и по отношению к волокнам одноименных и соседних мышц. Мышцы во всех последовательностях у здоровых людей имеют промежуточную между сухожилиями и костным мозгом интенсивность и всегда гипоинтенсивны по отношению к окружающей жировой клетчатке.

На аксиальных томограммах области голеностопного сустава на уровне дистального межберцового синдесмоза в передних отделах визуализируется сухожилие передней большеберцовой мышцы (*tendo m. tibialis anterior*), су-

хожилие длинного разгибателя большого пальца (*tendo m. extensor hallucis longus*) и сухожилие длинного разгибателя пальцев (*tendo m. extensor digitorum longus*), которое срastaется с непостоянной третьей малоберцовой мышцей (*m. peroneus tertius*). Сухожилие *m. tibialis anterior* – самое большое среди всех сухожилий, расположенных спереди голеностопного сустава. Оно в два раза толще сухожилия *m. extensor digitorum longus*. При МРТ отчетливо идентифицируется *retinaculum extensorum inferius*. На томограммах он выглядит как длинный тонкий тяж, неправильной Y-образной лентовидной формы, гипоинтенсивный на фоне яркой жировой клетчатки, окружающий перечисленные выше сухожилия и соприкасающийся с медиальной лодыжкой. Медиальнее сухожилия *m. tibialis anterior* и выше *retinaculum extensorum inferius* определяется большая подкожная вена (*v. saphena magna*) в виде округлого образования средней интенсивности. Под сухожилием *m. extensor hallucis longus* располагаются *a. tibialis anterior* и латерально от нее *n. peroneus profundus* (см. рис. 2).

Позади латеральной лодыжки визуализируются сухожилия длинной и короткой малоберцовых мышц (*tendo m. peroneus longus*, *tendo m. peroneus brevis*), а также волокна *m. peroneus brevis* (см. рис. 2).

В задних медиальных отделах области голеностопного сустава определяется сухожилие задней большеберцовой мышцы (*tendo m. tibialis posterior*) и сухожилие длинного сгибателя пальцев (*tendo m. flexor digitorum longus*). Сухожилие *m. tibialis posterior* – самое крупное сухожилие задней группы. Его средняя толщина на уровне голеностопного сустава составляет 4–8 мм. Сухожилие *m. flexor digitorum longus* тоньше в два раза. В задней, центральной области видны мышца и сухожилие сгибателя большого пальца (*tendo m. flexor hallucis longus*), а за ним – ахиллово сухожилие (*tendo calcaneus*), а также жировая клетчатка в преахилловом пространстве. В пространстве между сухожилием *m. flexor digitorum longus* и мышцей *m. flexor hallucis longus* визуализируется *a. tibialis posterior* и латеральнее *n. tibialis*. Латеральнее ахиллова сухожилия идентифицируется *n. suralis* (см. рис. 2).

При МРТ на задних фронтальных срезах большеберцовой кости нередко визуализируется овальный или линейный фокус низкого сигнала, который может быть расценен как остеохондральный дефект большеберцовой

кости. Он отражает конденсацию кортикальных трабекул на подъеме задней дистальной суставной поверхности большеберцовой кости в норме. Псевдоповреждение располагается на периферии. При этом на сагиттальных и аксиальных сканах изменения в костном мозге отсутствуют.

Аксиальное сканирование голеностопного сустава на уровне обеих лодыжек и блока таранной кости позволяет оценить состояние всех вышеописанных сухожилий и сосудисто-нервных образований (рис. 3).

Нормальная анатомия *ахиллова сухожилия* (*tendo calcaneus*) и, следовательно, семиотика его поражения отличаются от нормальной и патологической анатомии других сухожилий области голеностопного сустава и стопы. Прежде всего, это единственное сухожилие области голеностопного сустава, волокна которого располагаются прямолинейно. Кроме того, оно не имеет синовиальной оболочки. Соединительная ткань непосредственно окружает сухожилие и плотно сращена с ним.

Ахиллово сухожилие формируется из нескольких сухожилий, происходящих из волокон самостоятельных мышц *m. soleus* и *m. gastrocnemius*. Жир, расположенный между отдельными составляющими сухожилия, приводит к возникновению гетерогенности сигнала на магнитно-резонансных томограммах. Чаше это возникает при дистальном объединении сухожилий. Гетерогенность в норме легко отличима от тендиноза или разрыва, поскольку отсутствуют морфологические изменения в сухожилии, а на аксиальных изображениях сохраняется плоский или вогнутый передний контур сухожилия. Размер ахиллова сухожилия зависит от возраста, пола и конституции обследуемого и составляет около 5–6 мм в поперечнике (см. рис. 3).

На аксиальных МРТ-изображениях на уровне подтаранного сустава и пазухи предплюсны визуализируется вся передняя группа сухожилий, короткий разгибатель пальцев (*m. extensor digitorum brevis*) и *v. saphena magna*. *A. tibialis anterior* и *n. peroneus profundus*, как правило, не идентифицируются (рис. 4).

В боковых медиальных отделах голеностопного сустава непосредственно под медиальной лодыжкой видна дельтовидная связка (*lig. deltoideum*), к которой плотно прилежит сухожилие *m. tibialis posterior*. Сухожилия *m. flexor digitorum longus* и *m. flexor hallucis longus* располагаются рядом с *sustentaculum tali*. Около сухожилия *m. flexor hallucis longus* визуализи-

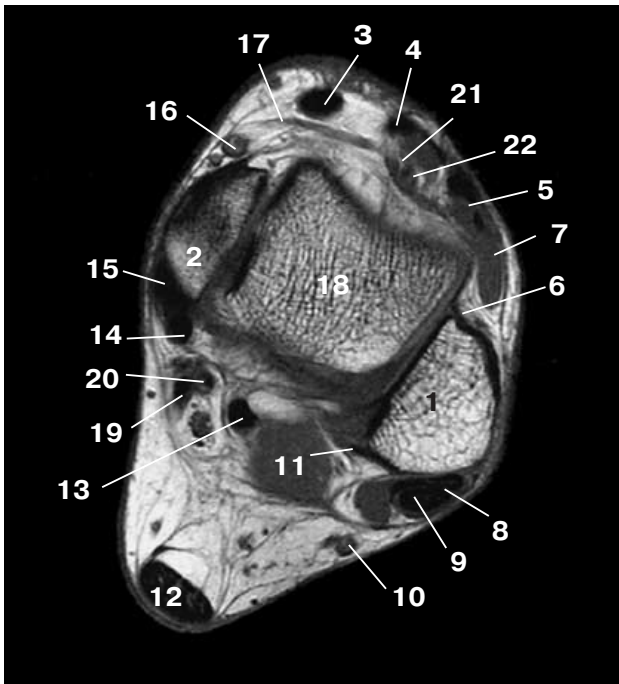


Рис. 3. Аксиальная T1-взвешенная МР-томограмма на уровне обеих лодыжек и блока таранной кости. 1 – латеральная лодыжка, 2 – медиальная лодыжка, 3 – tendo m. tibialis anterior, 4 – tendo m. extensor hallucis longus, 5 – tendo m. extensor digitorum longus, 6 – lig. tibiofibulare anterius, 7 – m. peroneus tertius, 8 – tendo m. peroneus brevis, 9 – tendo m. peroneus longus, 10 – n. suralis, 11 – lig. tibiofibulare posterius, 12 – ахиллово сухожилие, 13 – tendo m. flexor hallucis longus, 14 – m. flexor digitorum longus, 15 – tendo m. tibialis posterior, 16 – v. saphena magna, 17 – retinaculum extensorum inferius, 18 – блок таранной кости, 19 – a. tibialis posterior, 20 – n. tibialis, 21 – n. peroneus profundus, 22 – a. tibialis anterior.

руется a. tibialis posterior и латеральнее ветви n. tibialis – nn. planteres lateralis et medialis.

Для диагностики синдрома предплюсневового туннеля необходимо знание анатомии ортогональных срезов. Предплюсневый туннель представляет собой фиброзно-костный канал, простирающийся от медиальной лодыжки до ладьевидной кости. Для его изучения оптимальны аксиальные томограммы. На них видны сухожилия m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus и m. flexor hallucis longus, а также a. tibialis posterior и латеральнее ветви n. tibialis: nn. planteres lateralis et medialis. Крышей туннеля являлся retinaculum musculorum flexorum, образующий длинный тонкий тяж неправильной формы, гиподенсивный на фоне яркой жировой клетчатки, окружающий перечисленные выше сухожилия. В дистальном отделе

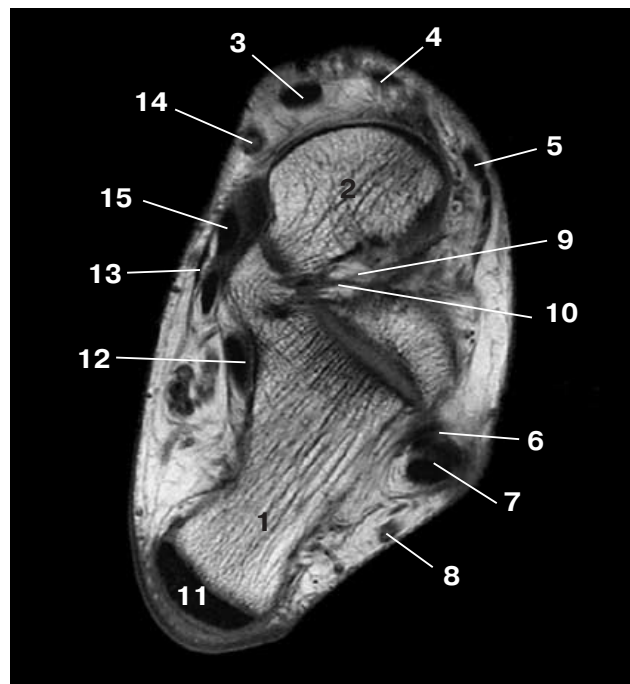


Рис. 4. Аксиальная T1-взвешенная МР-томограмма на уровне подтаранного сустава и пазухи предплюсны правой конечности. 1 – пяточная кость, 2 – таранная кость, 3 – tendo m. tibialis anterior, 4 – tendo m. extensor hallucis longus, 5 – tendo m. extensor digitorum longus, 6 – tendo m. peroneus brevis, 7 – tendo m. peroneus longus, 8 – n. suralis, 9 – пазуха предплюсны (sinus tarsi), 10 – таранно-пяточная связка (lig. talocalcaneum interosseum), 11 – ахиллово сухожилие, 12 – m. flexor hallucis longus, 13 – retinaculum extensorum inferius, 14 – v. saphena magna, 15 – tendo m. tibialis posterior.

туннель разделен перегородками на верхний и нижний этажи, которые содержат nn. planteres lateralis et medialis. Важно отметить непосредственную близость сухожилия m. flexor hallucis longus к n. tibialis и n. plantaris medialis (рис. 5).

МРТ позволяет выявить дополнительные мышцы области голеностопного сустава: m. soleus accessorius, m. flexor digitorum longus accessorius, m. peroneocalcaneus internus, m. tibio calcaneus internus, m. peroneus quartus. Кроме m. soleus accessorius и m. peroneus quartus, все дополнительные мышцы локализуются в предплюсневом туннеле под retinaculum musculorum flexorum (рис. 6).

Детальное изучение дельтовидной связки (lig. deltoideum) при МРТ требует мультипланарного исследования. Широкая веерообразная многоножковая lig. deltoideum начинается от кончика медиальной лодыжки и прикрепляется к нескольким предплюсневым костям.

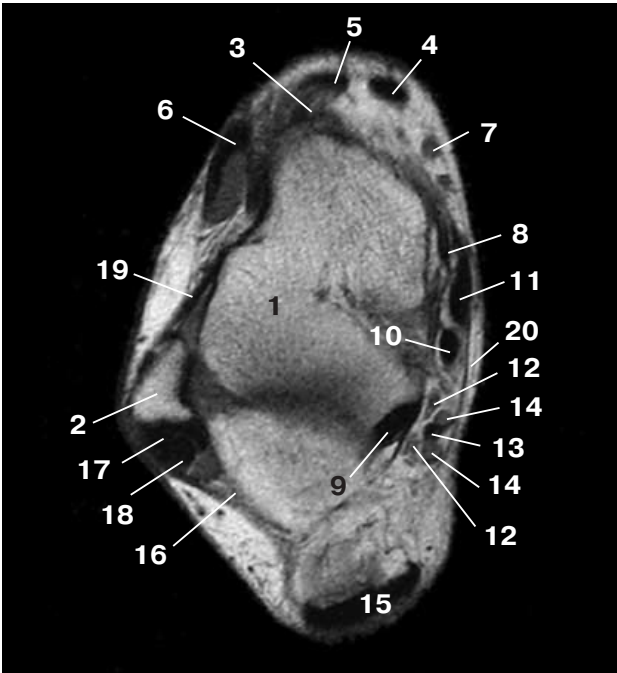


Рис. 5. Аксиальная T1-взвешенная МР-томограмма на уровне предплюсневой туннеля. 1 – таранная кость, 2 – латеральная лодыжка, 3 – ладьевидная кость, 4 – tendo m. tibialis anterior, 5 – tendo m. extensor hallucis longus, 6 – tendo m. extensor digitorum longus, 7 – v. saphena magna, 8 – lig. tibionavicularis, 9 – m. flexor hallucis longus, 10 – m. flexor digitorum longus, 11 – tendo m. tibialis posterior, 12 – ветви n. tibialis, 13 – a. tibialis posterior, 14 – вены, 15 – ахиллово сухожилие, 16 – lig. calcaneofibulare, 17 – tendo m. peroneus brevis, 18 – tendo m. peroneus longus, 19 – lig. talofibulare anterius, 20 – retinaculum musculorum flexorum.

В ней выделяют четыре части: большеберцово-ладьевидная (pars tibionavicularis), большеберцово-пяточная (pars tibio calcanea), передняя и задняя большеберцово-таранные части (partes tibiotalares anterior et posterior). Лучше всего при аксиальной МРТ визуализируется pars tibionavicularis (рис. 7). Ее проксимальный отдел определяется кнутри медиальной лодыжки на уровне плато большеберцовой кости шириной 2–4 мм. Затем она распространяется кпереди вдоль шейки и головки таранной кости, постепенно сужаясь. Остальные части lig. deltoideum определяются непосредственно ниже верхушки медиальной лодыжки, в едином конгломерате под сухожилиями m. tibialis posterior и m. flexor digitorum longus. Практически всегда дельтовидная связка, за исключением pars tibionavicularis, имеет гетерогенную полосатую структуру и интенсивность, несколько превышающую интенсивность приле-

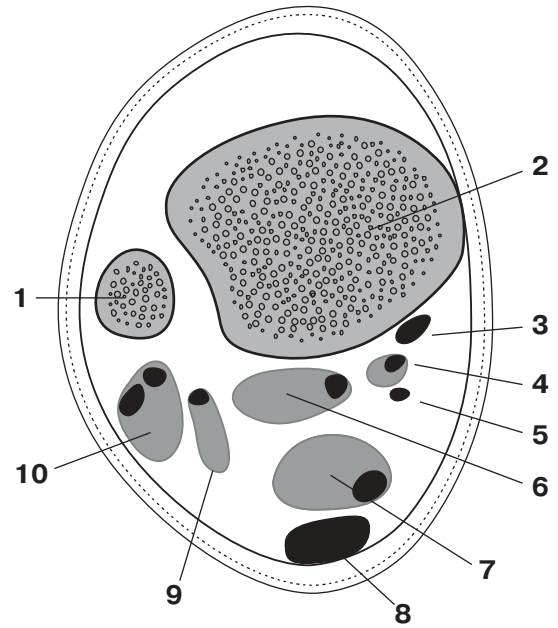


Рис. 6. Схема расположения дополнительных мышц области голеностопного сустава: 1 – малоберцовая кость, 2 – большеберцовая кость, 3 – сухожилие m. tibialis posterior, 4 – сухожилие m. flexor digitorum longus, 5 – сухожилие m. flexor digitorum longus accessorius, 6 – сухожилие m. flexor hallucis longus, 7 – m. soleus accessorius, 8 – ахиллово сухожилие, 9 – m. peroneus quartus, 10 – сухожилия m. peroneus longus et brevis.

жащих сухожилий во всех импульсных последовательностях.

На МР-томограммах во фронтальной проекции (в отличие от аксиальной) сложно идентифицировать pars tibionavicularis дельтовидной связки (рис. 8). В то же время она предпочтительна для изучения pars tibio calcanea и partes tibiotalares anterior et posterior. Partes tibiotalares anterior et posterior проявляются в виде чередующихся полос темной и средней интенсивности сигнала, которые направляются от нижней поверхности медиальной лодыжки к телу таранной кости по кривизне выпуклостью книзу. Pars tibio calcanea располагается на поверхности lig. deltoideum и на серии сканов простирается до медиальной поверхности пяточной кости. Ее компоненты гомогенно гипоинтенсивны. Между поверхностной pars tibio calcanea и глубокими волокнами дельтовидной связки визуализируется яркая прослойка жировой ткани. Малая предсуставная жировая прослойка определяется и по медиальной поверхности вдоль шейки таранной кости (см. рис. 14). Pars tibiotalaris anterior

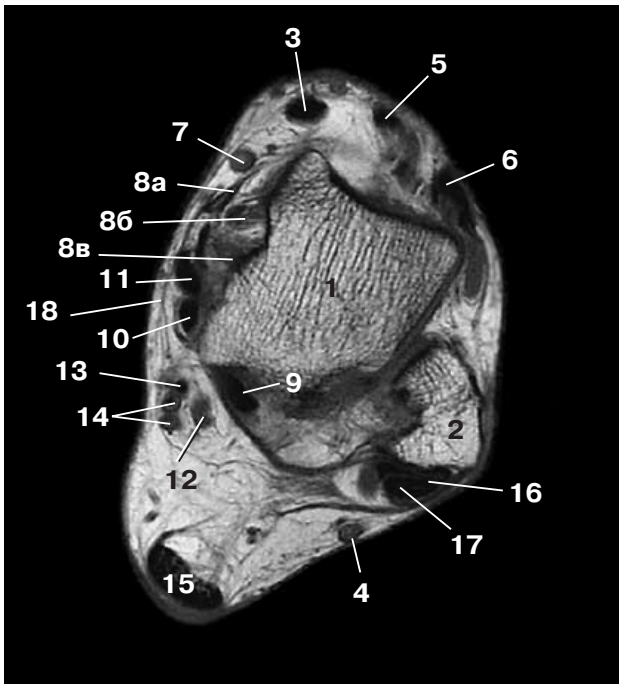


Рис. 7. Аксиальная МР-томограмма в T1-взвешенной последовательности на уровне нижней трети блока таранной кости, правая конечность. 1 – таранная кость, 2 – латеральная лодыжка, 3 – tendo m. tibialis anterior, 4 – n. suralis, 5 – tendo m. extensor hallucis longus, 6 – tendo m. extensor digitorum longus, 7 – v. saphena magna, 8 – дельтовидная связка (lig. deltoideum): а – большеберцово-ладьевидная часть (pars tibionavicularis), б – передняя большеберцово-таранная часть (partes tibiotalares anterior), в – задняя большеберцово-таранная часть (partes tibiotalares posterior), 9 – m. flexor hallucis longus, 10 – m. flexor digitorum longus, 11 – tendo m. tibialis posterior, 12 – n. tibialis, 13 – a. tibialis posterior, 14 – вены, 15 – ахиллово сухожилие, 16 – tendo m. peroneus brevis, 17 – tendo m. peroneus longus, 18 – retinaculum musculorum flexorum.

дельтовидной связки формируют наружную границу подушки. Эти особенности анатомии могут симулировать авульсивный перелом большеберцовой кости на T1-взвешенных изображениях в аксиальных и фронтальных плоскостях. Отсутствие травмы в анамнезе и отсутствие изменений по данным рентгенографии помогают исключить повреждения.

Сагитальное магнитно-резонансное сканирование недостаточно информативно для изучения связки lig. deltoideum, поскольку ее веерообразно расходящиеся волокна визуализируются только на одном медиальном скане.

Позади дистального отдела латеральной лодыжки находятся сухожилия m. peroneus longus, m. peroneus brevis. Они удерживаются

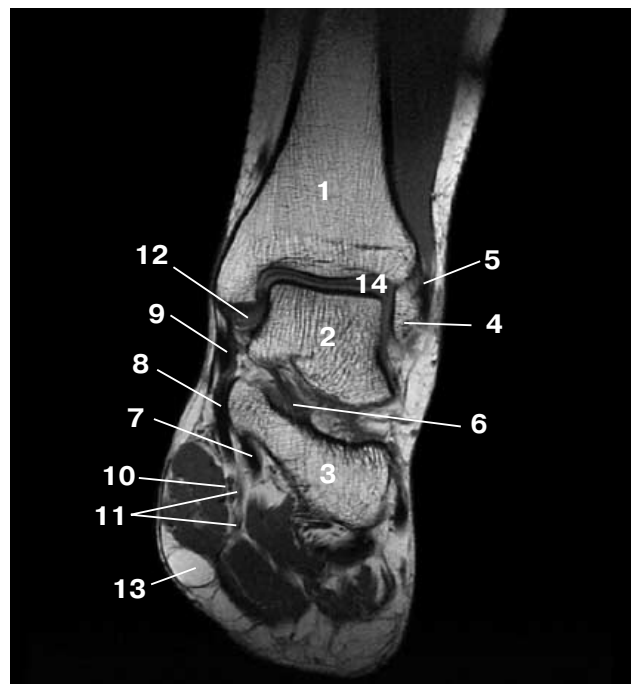


Рис. 8. T1-взвешенная срединная коронарная МР-томограмма через подтаранный сустав. 1 – большеберцовая кость, 2 – таранная кость, 3 – пяточная кость, 4 – латеральная лодыжка, 5 – lig. tibiofibulare anterius, 6 – таранно-пяточная связка (lig. talocalcaneum interosseum), 7 – m. flexor hallucis longus, 8 – m. flexor digitorum longus, 9 – tendo m. tibialis posterior, 10 – a. tibialis posterior, 11 – n. tibialis u n. plantaris medialis, 12 – дельтовидная связка (partes tibiotalares), 13 – псевдолинома.

позади лодыжки благодаря retinaculum peroneus superior. Вырезка в латеральной лодыжке также способствует стабильности. Она представляет собой невыраженную впадину около 1 см над голеностопным суставом. У 90% людей вырезка имеет вогнутую форму и является приспособлением для сухожилий малоберцовых мышц при огибании голеностопного сустава. Однако в 10% случаев область вырезки является плоской и даже выпуклой, что может приводить к латеральной дислокации сухожилий mm. peroneus brevis et longus или продольному их разрыву (рис. 9).

Медиальное расположение сухожилия m. peroneus brevis относительно вырезки на задней поверхности латеральной лодыжки определяется примерно в 2–4% случаев и не должно интерпретироваться как медиальный подвывих сухожилия. Этот псевдоподвывих в норме отражает несколько косое направление сухожилия от малоберцовой кости до пяточной кости.

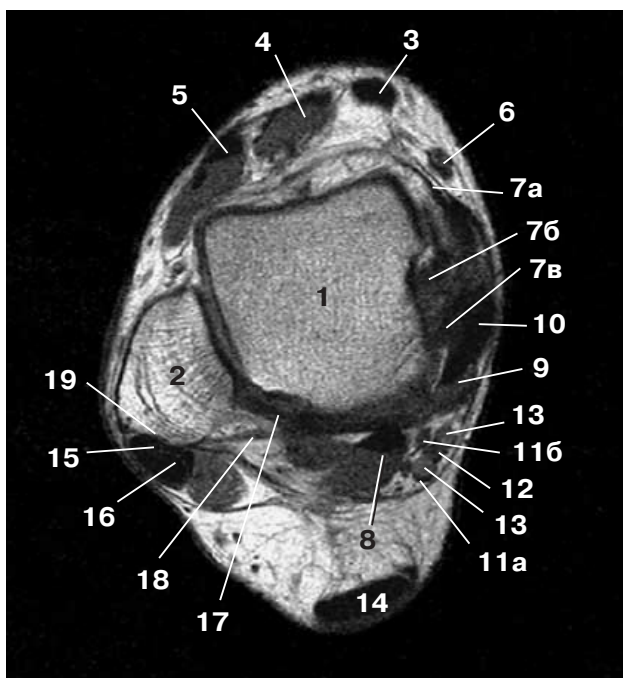


Рис. 9. T1-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне блока таранной кости. 1 – таранная кость, 2 – латеральная лодыжка, 3 – tendo m. tibialis anterior, 4 – tendo m. extensor hallucis longus, 5 – tendo m. extensor digitorum longus, 6 – v. saphena magna, 7 – дельтовидная связка (lig. deltoideum): а – большеберцово-ладьевидная часть (pars tibionavicularis), б – передняя большеберцово-таранная часть (partes tibiotalares anterior), в – задняя большеберцово-таранная часть (partes tibiotalares posterior), 8 – m. flexor hallucis longus, 9 – m. flexor digitorum longus, 10 – tendo m. tibialis posterior, 11 – n. plantaris: а – pars medialis, б – pars lateralis, 12 – a. tibialis posterior, 13 – вены, 14 – ахиллово сухожилие, 15 – tendo m. peroneus brevis, 16 – tendo m. peroneus longus, 17 – lig. talofibulare posterius, 18 – lig. tibiofibulare posterius, 19 – плоская вырезка латеральной лодыжки.

На уровне подтаранного сустава также визуализируется место крепления ахиллова сухожилия к задним отделам пяточной кости. Между сухожилием и пяточной костью имеется сумка ахиллова сухожилия (bursa tendinis calcanei). В норме она содержит незначительное, 2–3 мм, количество синовиальной жидкости и имеет яркий сигнал на T2-взвешенных изображениях (рис. 10).

Ниже уровня расположения partes tibiotalares anterior et posterior и на уровне pars tibio-calcanea дельтовидной связки локализуются связки латеральной лодыжки: пяточно-малоберцовая (lig. calcaneofibulare), передняя и задняя таранно-малоберцовые связки (lig. talofibulare anterior et posterius).



Рис. 10. T2-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне подтаранного сустава. 1 – пяточная кость, 2 – таранная кость, 3 – жидкость в сумке ахиллова сухожилия.

Lig. talofibulare anterior – короткая связка, распространяющаяся от наружной поверхности латеральной лодыжки до шейки таранной кости. Благодаря ее горизонтальному расположению аксиальные магнитно-резонансные изображения предпочтительны для оценки lig. talofibulare anterior. Lig. talofibulare anterior определяется как уплотнение в переднелатеральных отделах капсулы сустава шириной 2–3 мм. На сагиттальных сканах lig. talofibulare anterior в норме, как правило, не идентифицируется. Возможна оценка lig. talofibulare anterior на серии фронтальных изображений. В задних отделах она представляет собой округлое образование, расположенное по наружной поверхности латеральной лодыжки. Кпереди оно перемещается сверху вниз и кнутри до латеральной стенки таранной кости (см. рис. 5).

Lig. calcaneofibulare представляет собой внесуставную шнуроподобную структуру, которая проксимальным концом прикрепляется к латеральной лодыжке, а дистальным – к латеральной поверхности пяточной кости. На аксиальных сканах она визуализируется фрагментарно из-за косоого расположения кпереди и кнутри от сухожилий m. peroneus longus et brevis. Средняя ширина связки в норме составляет 3–4 мм. Подошвенное сгибание стопы помогает увидеть ее в аксиальной про-

екции, а тыльное — на фронтальных сканах (рис. 11).

Lig. talofibulare posterius располагается примерно в одной горизонтальной плоскости с lig. talofibulare anterius, а потому хорошо идентифицируется на аксиальных сканах в виде гипоинтенсивного тяжа шириной 3–5 мм (см. рис. 9). Она распространяется снаружи внутрь от задневыступившей поверхности латеральной лодыжки до заднего отростка таранной кости. Это позволяет визуализировать связку на фронтальных сканах в виде гетерогенной, с продольной исчерченностью, ленты максимальной шириной 7–10 мм. На сагиттальных сканах lig. talofibulare posterius отчетливо определяется ближе к таранной кости и представляет собой темное округлое образование, прилежащее к задней поверхности таранной кости непосредственно над задним ее отростком.

У 8–10% человек выявляется дополнительная задняя связка. Она представляет собой гипоинтенсивную хорошо выявляемую структуру, расположенную между поперечной межберцовой и таранно-малоберцовой связкой.

Важная топографо-анатомическая особенность расположения lig. talofibulare anterius et posterius, по данным срединной сагиттальной МРТ, заключается в том, что связки определяются как образования, симулирующие свободные тела. Суммарная оценка результатов исследования, по данным исследования во всех ортогональных проекциях, позволяет во всех случаях исключить наличие свободных тел (см. рис. 1).

Одной из основных проблем визуализации сухожилий при МРТ на уровне подтаранного сустава является феномен “магического угла”. Данный эффект возникает, когда сухожилие формирует угол в 55° с основным вектором намагниченности при использовании малого времени TE = 10–20 мс. Он вызван изменениями в дипольных взаимодействиях между протонами воды и волокнами коллагена сухожилий. При этом T2-время релаксации удлинено. Возникает локальная гетерогенность и повышается сигнал от сухожилия. Эффект “магического угла”, с одной стороны, симулирует тендинит или разрыв сухожилия, а с другой — может скрывать реальные патологические изменения.

Для сухожилий области голеностопного сустава местом возникновения феномена “магического угла” на аксиальных изображениях является зона перехода на стопу, где они меняют

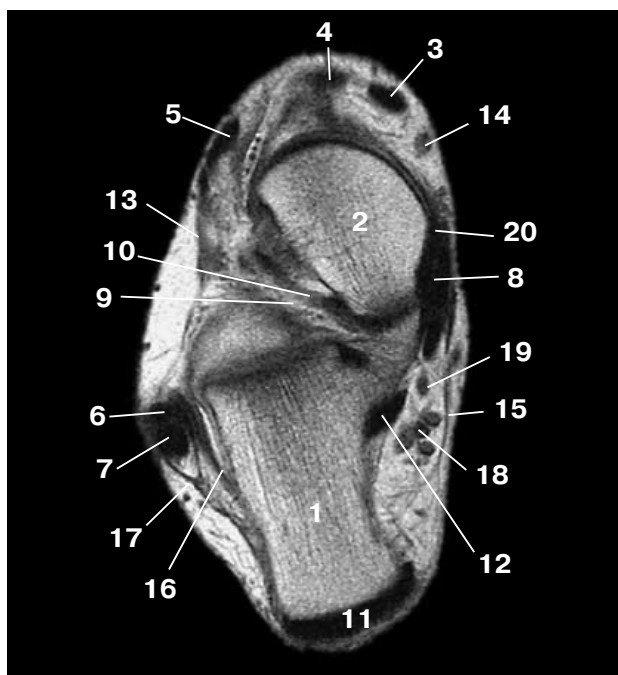


Рис. 11. Аксиальная МР-томограмма в T1-взвешенной последовательности на уровне верхней половины подтаранного сустава. 1 — пяточная кость, 2 — таранная кость, 3 — tendo m. tibialis anterior, 4 — tendo m. extensor hallucis longus, 5 — tendo m. extensor digitorum longus, 6 — tendo m. peroneus brevis, 7 — tendo m. peroneus longus, 8 — tendo m. tibialis posterior, 9 — пазуха предплюсны (sinus tarsi), 10 — таранно-пяточная связка (lig. talocalcaneum interosseum), 11 — ахиллово сухожилие, 12 — m. flexor hallucis longus, 13 — retinaculum extensorum inferius, 14 — v. saphena magna, 15 — удерживатель малоберцовых сухожилий, 16 — пяточно-малоберцовая связка, 17 — retinaculum musculorum flexorum, 18 — задняя большеберцовая артерия, 19 — n. plantaris medialis, 20 — дельтовидная связка (pars tibionavicularis).

направление с продольного на поперечное по отношению к основному вектору намагниченности (рис. 12). На стопе эффект нередко отмечается в сухожилии m. flexor hallucis longus, когда оно пересекает и проходит между первыми плюсневыми сесамовидными костями.

Изображения, выполненные в положении подошвенного сгибания, выравнивание положения большого пальца стопы в магните с помощью подушечек, а также увеличение времени TE помогают в уменьшении эффекта “магического угла”.

Важным преимуществом МРТ является визуализация жидкости внутри оболочек сухожилий. Анатомическими исследованиями многих авторов доказано, что иногда существует связь между полостью голеностопного су-



Рис. 12. Протон-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне подтаранного сустава. Интенсивность МР-сигнала в tendo m. tibialis posterior (1) выше, чем в tendo m. flexor hallucis longus (2) и tendo m. flexor digitorum longus (3), вследствие эффекта “магического угла”.

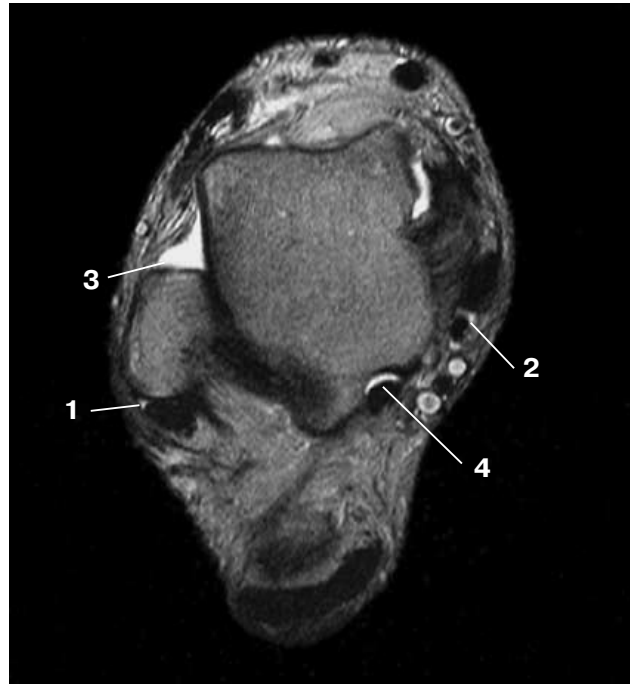


Рис. 13. T2-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне блока таранной кости. 1 – синовиальная жидкость вокруг сухожилий tendo m. peroneus brevis, tendo m. peroneus longus, 2 – жидкость в сухожильном влагалище tendo m. tibialis posterior, 3 – жидкость в полости голеностопного сустава, 4 – жидкость в сухожильном влагалище tendo m. flexor hallucis longus.

става и сухожилиями m. flexor hallucis longus и m. flexor digitorum longus (рис. 13). Поэтому малое количество жидкости внутри оболочек этих сухожилий на МРТ-изображениях обнаруживается у многих пациентов (в 25–35% случаев) и трактуется как норма.

Влагалище сухожилия m. tibialis posterior в 5–7% случаев содержит жидкость, которая располагается сзади сухожилия, ниже медиальной лодыжки, и не распространяется до прикрепления к ладьевидной кости.

Результаты обследования здоровых добровольцев показывают, что жидкость также видна в 10–15% случаев без клинических признаков поражения вокруг сухожилий задней наружной группы (m. peroneus longus, m. peroneus brevis) дистальнее латеральной лодыжки, шириной до 3 мм (см. рис. 13).

По отношению к ахиллову сухожилию и сухожилиям передней группы мышц применяется более строгий подход при трактовке данных МРТ. В норме жидкость во влагалищах сухожилий m. tibialis anterior, m. extensor hallucis longus и m. extensor digitorum longus не идентифицируется. Ахиллово сухожилие – единственное в области голеностопного сустава, не

имеющее синовиальной оболочки. Поэтому вокруг него в норме жидкости не имеется.

При МРТ жидкость, аккумулированная в пределах оболочек сухожилия, проявляется как гомогенное гало средней интенсивности на T1- или протон-взвешенных изображениях и высокоинтенсивное на T2-взвешенных изображениях.

На фронтальных и аксиальных изображениях возможно возникновение “подтаранной псевдокоалиции” в области facies articularis calcanea anterior. Она проявляется неявной, с низким сигналом, линейной тенью, мигрирующей от краниального “среза” к каудальному. Эти проявления отражают эффект объемного усреднения при косом сечении таранно-пяточно-ладьевидного, что имеет место в ортогональных плоскостях. Сагиттальные срезы помогают дифференцировать псевдокоалицию от истинной коалиции (рис. 14).

Между подтаранным и таранно-пяточно-ладьевидным суставами проходит костный канал – пазуха предплюсны (sinus tarsi), в котором залегает крепкая межкостная таранно-пяточная связка (lig. talocalcaneum interosseum).

Эта связка отделяет заднюю суставную поверхность от средней, проходит сзади – наперед и изнутри наружу. Lig. talocalcaneum interosseum играет ключевую роль в фиксации таранной и пяточной костей.

Из-за косого расположения оценка состояния пазухи предплюсны производится по данным мультипланарного исследования. Волокна lig. talocalcaneum interosseum располагаются неравномерно, несколькими пучками ближе к передней стенке. Во всех проекциях связка имеет гетерогенную структуру. Гипоинтенсивные волокна перемежаются с изо- и гиперинтенсивными неравномерными промежутками, заполненными жировой клетчаткой (см. рис. 1, 4, 8, 11, 14).

На аксиальных сканах на уровне таранно-пяточно-ладьевидного сустава следует отметить особенность в визуализации сухожилия m. tibialis posterior. В месте прикрепления сухожилия к бугристости ладьевидной кости в норме определяется гетерогенность, которую реально сложно отличить от истинного повреждения сухожилия. Частично это связано с эффектом “магического угла”. Кроме того, повышение сигнала может быть обусловлено прослойками жировой ткани между волокнами сухожилия, расходящимися веерообразно наружу, окружая бугристость кости (рис. 15).

Сухожилие m. tibialis posterior направляет свои волокна к клиновидным костям, кубовидной и основанию 4-й плюсневой кости. Поэтому сухожилие в месте прикрепления значительно увеличивается в ширину. Средняя толщина сухожилия m. tibialis posterior у обследуемых группы контроля на уровне ладьевидной кости составляет 6,3 мм (от 4,8 до 10,7 мм) (рис. 18).

Особенности анатомии ортогональных сечений пяточной кости могут симулировать патологические состояния. На латеральной поверхности пяточной кости у 30–40% пациентов при МРТ визуализируется небольшой малоберцовый блок (trochlea fibularis), разграничивающий между собой сухожилия mm. peroneus longus et brevis (см. рис. 15).

У 90–98% людей определяется ретроотрохлеарное возвышение, которое располагается позади малоберцового бугорка и борозды mm. peroneus longus et brevis (рис. 16). Дополнительная мышца m. peroneus quartus прикрепляется к нему. У 20–30% пациентов отмечается гиперплазия ретроотрохлеарного возвышения, не имеющая клинической манифестации. При рентгенографии она определяется в

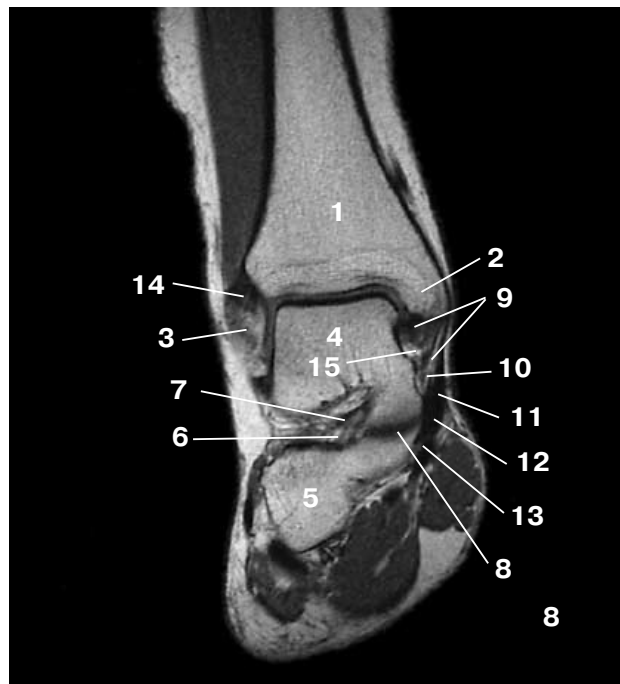


Рис. 14. T1-коронарная МР-томограмма, срез через пазуху предплюсны. 1 – большеберцовая кость, 2 – медиальная лодыжка, 3 – латеральная лодыжка, 4 – таранная кость, 5 – пяточная кость, 6 – sinus tarsi, пазуха предплюсны, 7 – волокна lig. talocalcaneum interosseum, 8 – таранно-пяточная псевдокоалиция, 9 – дельтовидная связка (partes tibiotalares и pars tibio calcanea), 10 – малая предсуставная жировая прослойка, 11 – tendo m. tibialis posterior, 12 – tendo m. flexor digitorum longus, 13 – tendo flexor hallucis longus, 14 – lig. tibiofibulare anterius, 15 – жировая прослойка между pars tibio calcanea и partes tibiotalares дельтовидной связки.

виде деформации пяточной кости. Это требует дифференциальной диагностики с проявлением остеохондромы или со сросшимся переломом пяточной кости.

На уровне таранно-пяточно-ладьевидного сустава визуализируется квадратная мышца подошвы (m. quadratus plantae), которая прищипывает к медиальной поверхности пяточной кости.

На сагиттальных T1-взвешенных изображениях заднего отдела стопы может симулироваться костная коалиция между пяточной и ладьевидной костями. Исключить данное заболевание легко изучением данной области по аксиальным и фронтальным срезам.

На аксиальных сканах дистальнее дельтовидной связки под сухожилием m. tibialis posterior определяется подошвенная пяточно-ладьевидная связка (lig. calcaneanavicularare plantare),

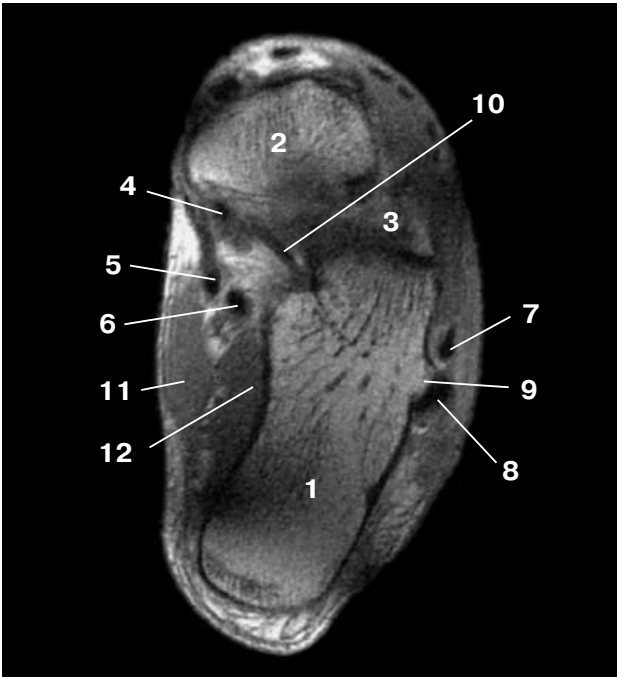


Рис. 15. T1-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне пяточно-ладьевидного сустава. 1 – пяточная кость, 2 – ладьевидная кость, 3 – кубовидная кость, 4 – место прикрепления к ладьевидной кости tendo m. tibialis posterior, 5 – tendo m. flexor digitorum longus, 6 – tendo flexor hallucis longus, 7 – tendo m. peroneus brevis, 8 – tendo m. peroneus longus, 9 – малоберцовый блок (trochlea fibularis), 10 – lig. calcaneonavicularare plantare, 11 – m. abductor hallucis, 12 – m. quadratus plantae.

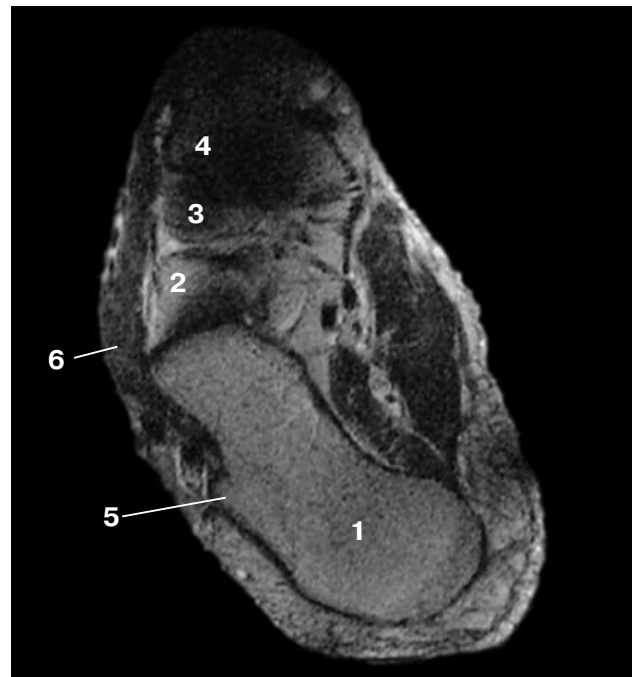


Рис. 16. T2-взвешенная МР-томограмма на уровне пяточно-кубовидного сустава. 1 – пяточная кость, 2 – кубовидная кость, 3 – латеральная клиновидная кость, 4 – средняя клиновидная кость, 5 – ретро-трохлеарное возвышение, 6 – m. abductor digiti minimi.

которая дополняет суставную поверхность пяточной кости в таранно-пяточно-ладьевидном суставе. В области прикрепления к пяточной кости связка имеет однородную гиподенсивную структуру. В средней и передней части она становится неоднородной и продольно исчерченной светлыми полосами (рис. 15, 17). Сагиттальные медиальные изображения также позволяют идентифицировать lig. calcaneonavicularare plantare как гиподенсивный однородный пучок, тянущийся от пяточной кости до нижней поверхности ладьевидной кости, непосредственно прилежащий к нижней поверхности головки и шейки таранной кости, толщиной 3–4 мм.

На аксиальных сканах на уровне трех клиновидных и кубовидной костей в передних отделах медиальной поверхности стопы располагаются m. abductor hallucis, а в задних – короткий сгибатель пальцев стопы (m. flexor digitorum brevis). На данном уровне сухожилие m. tibialis posterior направляет свои волокна к клиновидным костям, кубовидной и основа-



Рис. 17. T1-взвешенная аксиальная МР-томограмма на уровне таранно-пяточно-ладьевидного сустава. 1 – пяточная кость, 2 – ладьевидная кость, 3 – головка таранной кости, 4 – tendo m. tibialis posterior, 5 – lig. calcaneonavicularare plantare.

нию 4-й плюсневой кости. На томограммах волокна проходят сзади вперед и изнутри наружу, имеют выраженный гетерогенный исчерченный рисунок. По заднелатеральной поверхности стопы тянется мышца, отводящая мизинец стопы (*m. abductor digiti minimi*) (рис. 18).

МРТ информативна в выявлении и оценке состояния добавочных костей стопы. Истинными сверхкомплектными костями считаются те, которые отражают особенности фило- и онтогенетического развития. Таких костей в стопе насчитывается восемь. Они лежат между медиальной и промежуточной клиновидными костями (*os intercuneiforme*), между I и II плюсневыми (*os intermetatarsium*), над ладьевидной костью (*os supranaviculare*), над таранной костью (*os supratalus*) и у перегиба *m. peroneus* через кубовидную кость (*os sesamoideum peroneum*). Остальные 3 кости представляют неслившиеся ядра окостенения *tuberositas ossis navicularis* (*os tibiale externum*), *processus posterior tali* (*os trigonum*) и медиальной лодыжки (*os subtibiale*).

Os tibiale externum располагается по задне-внутренней поверхности ладьевидной кости. Бессимптомная добавочная кость находится в сухожилии *m. tibialis posterior* (тип I) и не имеет синхондроза с ладьевидной костью. При типе II *os tibiale externum* треугольной формы и связана синхондрозом с ладьевидной костью.

Знание добавочных костей способствует правильному разграничению между нормой и патологией. В норме на магнитно-резонансных томограммах добавочные кости стопы выявляются во всех ортогональных и косых проекциях исследования, могут иметь ровный или бугристый контур и низкую интенсивность сигнала во всех последовательностях.

МРТ стопы позволяет достаточно тщательно исследовать анатомические образования подошвы. Большое количество жировой ткани содержится вдоль медиальной арки стопы. При этом наличие фиброзных тяжей и септ может имитировать жиросодержащие опухоли. Во всех случаях по данным мультипланарного исследования не составляет труда отличить нормальное расположение жира от подкожной липомы (см. рис. 8).

На срединных сагиттальных и фронтальных томограммах в норме очевидно определяется подошвенный апоневроз (*aponeurosis plantaris*). Он представляет собой образование толщиной 2–4 мм, имеющее сигнал низкой интенсивности во всех импульсных последо-

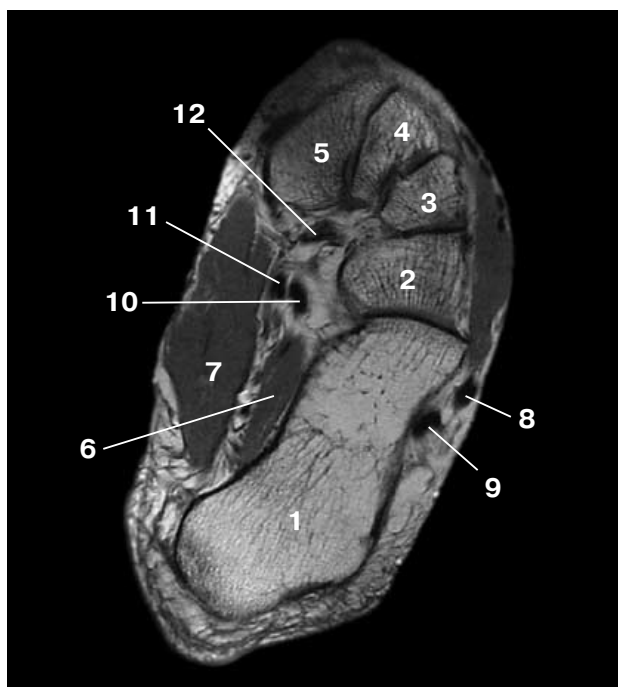


Рис. 18. T1-аксиальная МР-томограмма на уровне трех клиновидных и кубовидной костей. 1 – пяточная кость, 2 – кубовидная кость, 3 – латеральная клиновидная кость, 4 – средняя клиновидная кость, 5 – медиальная клиновидная кость, 6 – *m. abductor hallucis*, 7 – *m. quadratus plantae*, 8 – *tendo m. peroneus brevis*, 9 – *tendo m. peroneus longus*, 10 – *tendo m. flexor digitorum longus*, 11 – *tendo flexor hallucis longus*, 12 – *tendo m. tibialis posterior*.

вательностях. Подошвенный апоневроз начинается от нижней поверхности пяточной кости, распространяется горизонтально вперед, разделяется на пять пучков, уменьшается в толщине до 1–2 мм и крепится в стенках фиброзных влагалищ пальцев стопы. Над апоневрозом располагаются подошвенные мышцы стопы, под ним – подошвенная жировая клетчатка. При этом от нижней поверхности апоневроза отходят множественные различные по форме и толщине септы жировой клетчатки (рис. 19).

Таким образом, область голеностопного сустава и стопы – это сложный топографо-анатомический объект. Ее изображения, полученные при магнитно-резонансной томографии, имеют большое количество уникальных особенностей. Визуализация многих анатомических структур голеностопного сустава и стопы таит в себе ловушки, приводящие к симуляции патологических изменений и, наоборот, скрывающие их поражение. Изучение данных МРТ здоровых лиц позволяет качественно и количе-

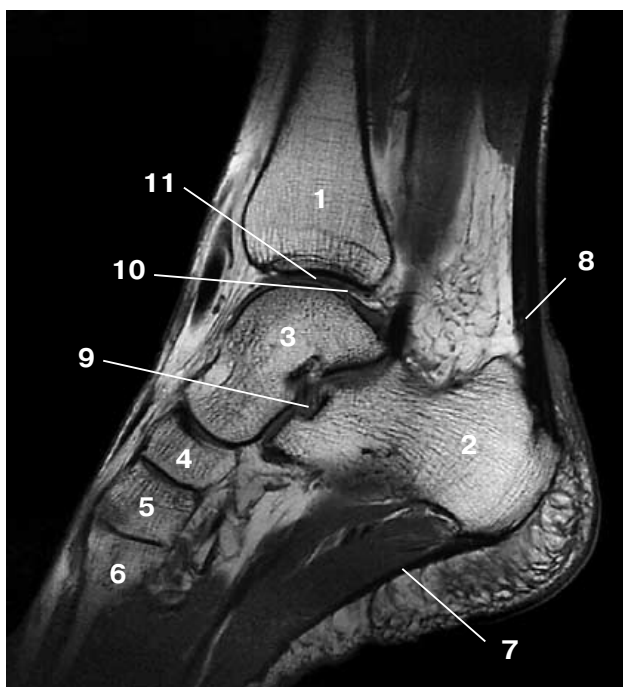


Рис. 19. Срединная T1-взвешенная сагиттальная МР-томограмма. 1 – большеберцовая кость, 2 – пяточная кость, 3 – таранная кость, 4 – ладьевидная кость, 5 – средняя клиновидная кость, 6 – 3-я плюсневая кость, 7 – аponeurosis plantaris, 8 – ахиллово сухожилие, 9 – sinus tarsi, пазуха предплюсны, lig. talocalcaneum interosseum, таранно-пяточная связка, 10 – полость голеностопного сустава, 11 – суставной гиалиновый хрящ.

ственно сформулировать категорию визуальной нормы голеностопного сустава и стопы.

Рекомендуемая литература

Брюханов А.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний суставов: Дис. ... докт. мед. наук. Обнинск, 1998.

Краснов А.Ф., Аршин В.М., Аршин В.В., Цейтлин М.Д. Травматология: Справочник. Ростов-на-Дону: Феникс, 1998. 602 с.

Erickson S.J., Quinn S.F., Kneeland J.B. et al. MR imaging of the tarsal tunnel and related spaces: Normal and abnormal findings with anatomic correlation // *Am. J. Radiol.* 1996. V. 155. P. 323–325.

Firooznia H., Golimbu C. MRI and CT of the Musculoskeletal System. St. Louis: Mosby Year Book, 1992.

Gerone G. Magnetic resonance imaging of sinus tarsi: Anatomy and pathological findings // *European Radiology.* 2000. V. 10. № 1. P. 36.

Haygoog T.M. Magnetic resonance imaging of the musculoskeletal system. The ankle // *Clinical Orthopedics and Related Research.* 1997. № 336. P. 318–336.

Hottya G.A., Peterfy C.G., Uffmann M. et al. Dedicated extremity MR imaging of the foot and ankle // *European Radiology.* 2000. № 10. P. 467–475.

Mota J., Rosenberg Z.S. MRI of the peroneal tendons // *Topics in MRI.* 1998. V. 9. № 5. P. 273–285.

Rosenberg Z.S., Cheung Y.Y., Beltran J. et al. Posterior intermalleolar ligament of the ankle: Normal anatomy and MR imaging features // *AJR.* 1995. V. 165. № 2. P. 387–390.

Подписка

на ежеквартальный журнал “Радиология – Практика” на 2003 год

Подписные индексы и стоимость подписки в каталоге Роспечати
для частных лиц: на год – 176 рублей (индекс 80692), на полгода – 88 рублей (индекс 79754);
для организаций: на год – 198 рублей (индекс 80693), на полгода – 110 рублей (индекс 79755).

Кроме того, подписку на год, на любое полугодие или на 1 мес можно оформить непосредственно в Издательском доме Видар-М, а также на нашем сайте (<http://www.vidar.ru>).

**Контакты
по вопросам
подписки
и приобретения**

Тел.: (095) 915-06-20; e-mail: info@vidar.ru
тел./факс: (095) 915-34-13; <http://www.vidar.ru>
Почтовый адрес: 109028 Москва, а/я 16, Издательский дом Видар-М.
Для посетителей: Москва, Яузский бульвар, 9/6, стр. 3, 2-й этаж.
Часы работы: с 10 до 18, кроме выходных и праздничных дней.