

Методика магнитно-резонансной томографии коленного сустава при травме

Т.А. Ахадов*, И.Р. Кузина**

* Центральная клиническая больница РАН, лаборатория МРТ, Москва

** Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, г. Новокузнецк

Коленный сустав представляет сложное анатомо-функциональное образование, в котором в результате травмы могут возникнуть грубые анатомические изменения [1–3, 10, 15]. Частота переломов мыщелков бедренной и большеберцовой костей по данным разных авторов составляет 1,5–2,0% от всех переломов скелета, 4,5% от переломов костей в крупных суставах, 3–8% – от переломов костей нижних конечностей, 14–20% – от всех внутрисуставных повреждений коленного сустава. При этом мениски травмируются в 50–84% случаев [2, 4, 5]. Сочетанные повреждения капсульно-связочного аппарата и мыщелков бедренной и большеберцовой костей встречаются в 23,3% [5]. Около- и внутрисуставные переломы наблюдаются у 4–6% пострадавших [3]. Мыщелки большеберцовой кости ломаются в 4–6 раз чаще, чем мыщелки бедренной кости, и в 67% случаев сопровождаются компрессией мыщелка, преимущественно наружного [4].

Благоприятный исход лечения при травме коленного сустава во многом зависит от своевременной квалифицированной диагностики и последующего адекватного лечения [19, 27]. Ошибки в диагностике закрытых повреждений коленного сустава составляют 30,0%, а в поликлинических условиях достигают 62,7% [6].

Диагностика повреждений коленного сустава основывается на клинических признаках (боль, нарушение функции сустава, отек, гемартроз) и данных рентгенографии [2, 5]. Однако при рентгенологических исследованиях, включая рентгенографию с прямым увеличением изображения, пневмоартрографию, контрастную артрографию и компьютерную томографию (КТ), остаются нерешенными вопросы о наличии повреждений мягкотканых компонентов коленного сустава (менисков, связок, крыловидных складок, синовиальной оболочки и ее заворотов), сухожилия четырехглавой мышцы бедра, мышц с фасциальным покрытием, подкожной клетчатки [4–7, 12, 16]. Дополнительные данные появляются при использо-

вании артроскопии. Она позволяет произвести визуальную оценку состояния внутрисуставных структур, определить характер повреждений капсульно-связочного аппарата и суставного хряща [12, 14, 35, 36]. Недостатками метода являются его инвазивность, опасность заноса инфекции в полость сустава, невозможность выявить внутрименисковые и внутрисвязочные повреждения, переломы суставных концов.

В связи с этим большой интерес представляют диагностические возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ). Метод позволяет одновременно получать дифференцированное изображение костной ткани, костного мозга, связок, хрящей, сухожилий, мышц, жировой ткани, сосудисто-нервного пучка [18, 21]. При этом МРТ имеет преимущество перед КТ в том, что изображения мягких тканей более контрастны и информативны, а также возможно получение изображений в любой плоскости без изменения положения пациента [6–14, 17, 18, 20, 23–29].

Материал и методы

МРТ коленного сустава проводилась на магнитно-резонансном томографе “Vectra-2” со сверхпроводящим магнитом и индукцией магнитного поля 0,5 Тл. Оптимальной для исследования коленного сустава явилась квадратурная приемно-передающая катушка “Surf-76”, которая позволяла выбрать малое поле зрения без артефактов или пространственного искажения и давала возможность увеличения коэффициента сигнал/шум.

Мы считаем, что МРТ показана при повреждениях коленного сустава в следующих случаях:

- 1) ушибе с сохраняющимися болями и выпотом в полости сустава;
- 2) подозрении на перелом;
- 3) оскольчатых и импрессионно-оскольчатых переломах, видимых рентгенологически;



Рис. 1. МРТ коленного сустава. Сагиттальная проекция, центральный отдел. T1 ВИ в ИП SE (а) и T2 ВИ в ИП GRE (б).*

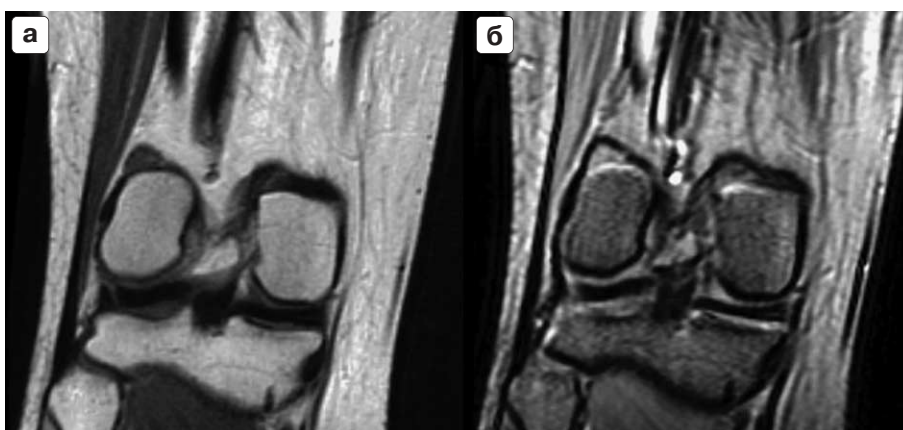


Рис. 2. МРТ коленного сустава. Корональная проекция через задний отдел сустава. T1 ВИ в ИП SE (а) и T2 ВИ в ИП GRE (б).*

4) повреждениях менисков, крестообразных связок;

5) повреждениях коллатеральных связок.

В связи с клиническими потребностями мы разработали и стандартизировали методику исследования коленного сустава исходя из его анатомического строения. Она является компромиссом между максимально возможным качеством изображения, полнотой и достоверностью информации о состоянии исследуемой зоны и минимальным суммарным временем исследования, обусловленным толерантностью больного с болевым синдромом.

Стандартный алгоритм методики исследований был следующим:

– сагиттальная проекция T1 ВИ в ИП SE, 20 срезов при TR/TE 500/25 мс, с одним усреднением, матрицей 192×256 , полем зрения

200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (рис. 1);

– сагиттальная проекция T2* ВИ в ИП GRE, 20 срезов при TR/TE 600/25 мс, с углом отклонения 25° , одним усреднением, матрицей 192×256 , полем зрения 200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (см. рис. 1);

– корональная проекция T1 ВИ в ИП SE при TR/TE 500/25 мс с одним усреднением, матрицей 192×256 , полем зрения 200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (рис. 2);

– корональная проекция T2* ВИ в ИП GRE при TR/TE 600/25 мс с углом отклонения 25° , одним усреднением, матрицей 192×256 , полем зрения 200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (см. рис. 2);

– аксиальная проекция T1 ВИ в ИП SE при TR/TE 500/25 мс с одним усреднением, матри-

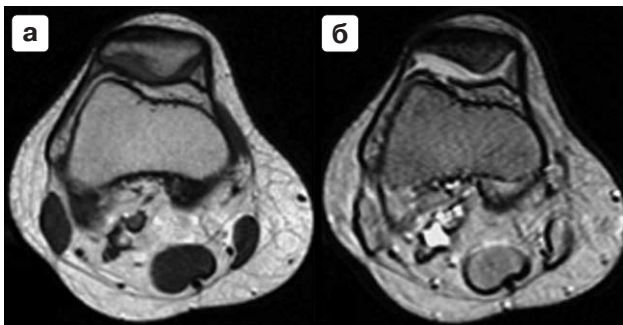


Рис. 3. МРТ коленного сустава. Аксиальная проекция через метафиз бедренной кости. T1 ВИ в ИП SE (а) и T2* ВИ в ИП GRE (б).

цей 192 × 256, полем зрения 200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (рис. 3);

– аксиальная проекция T2* ВИ в ИП GRE при TR/TE 600/25 мс с углом отклонения 25°, одним усреднением, матрицей 192 × 256, полем зрения 200 мм, толщиной срезов 4 мм через промежуток 1 мм (см. рис. 3).

Положение сагиттальных проекций выбиралось стандартно и симметрично центральной оси приемно-передающей катушки.

Количество и наклон срезов в сериях корональной и аксиальной проекций были переменными и выбирались в зависимости от объема коленного сустава, локализации и протяженности повреждений или зоны интереса.

Если количество срезов в серии не превышало 22, время одной серии T1 ВИ в ИП SE длилось 3 мин 35 с, T2* ВИ в ИП GRE – 4 мин 05 с.

Суммарное время стандартного исследования было от 11 до 24 мин.

Практика показала, что из-за сложного пространственного расположения передней и задней крестообразных связок коленного сустава при МРТ в диагностике повреждений связок возникают определенные трудности. Поэтому следует получать изображения коленного сустава в косо-корональной проекции, дающую более достоверную информацию о крестообразных связках.

Мы разработали методику получения изображений передней и задней крестообразных связок, позволяющую получать их проекционно оптимальные изображения при МРТ коленного сустава (способ защищен патентом). Параметры протоколов МРТ коленного сустава для получения изображения крестообразных связок представлены в таблице.

Согласно приведенным в таблице параметрам протоколов получения оптимальных изображений передней и задней крестообразных связок ниже приводим описание самой методики.

1. Для получения оптимального изображения передней крестообразной связки по базовой сагиттальной проекции коленного сустава T1 ВИ в ИП SE с фрагментом передней крестообразной связки выполняли три среза толщиной 4 мм с интервалом 1 мм и получали изображения (T1 ВИ в ИП SE) в косо-корональной проекции. Далее по тому из этих косо-корональных срезов, на котором было изображение центрального отдела сустава и были видны задне-внутренний край наружного мыщелка бедренной кости и переднее межмышечное поле большеберцовой кости, где крепится передняя крестообразная связка, ориентируются три среза толщиной 4 мм. В этой плоскости получаем два типа изображения коленного сустава: T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE по три среза в косо-сагиттальной проекции. На одном из них получается неискаженное изображение передней крестообразной связки (рис. 4). Наиболее информативной была T2* ВИ в ИП GRE. По предложенному нами способу визуализации передней крестообразной связки МРТ проведена у 18 пациентов, из них у 15 – подтвержден или выявлен разрыв связки, у 3 – исключен.

2. Для получения оптимального изображения (T1 ВИ в ИП SE) задней крестообразной связки по базовому сагиттальному изображению (T1 ВИ в ИП SE) коленного сустава, на котором виден фрагмент задней крестообраз-

Параметры МРТ коленного сустава для получения изображения крестообразных связок

Наименование взвешенности среза	Тип проекции	Тип импульсной последовательности	TR ms	TE ms	Flip angle	Echo	FOV mm	NEX	Матрица
T1	Сагиттальная	SE	500	25	–	1	200	1	192 × 256
T1	Косо-корональная	SE	500	25	–	1	200	1	192 × 256
T1	Косо-сагиттальная	SE	500	25	–	1	200	1	192 × 256
T2*	Косо-сагиттальная	GRE	600	25	25	1	200	1	192 × 256

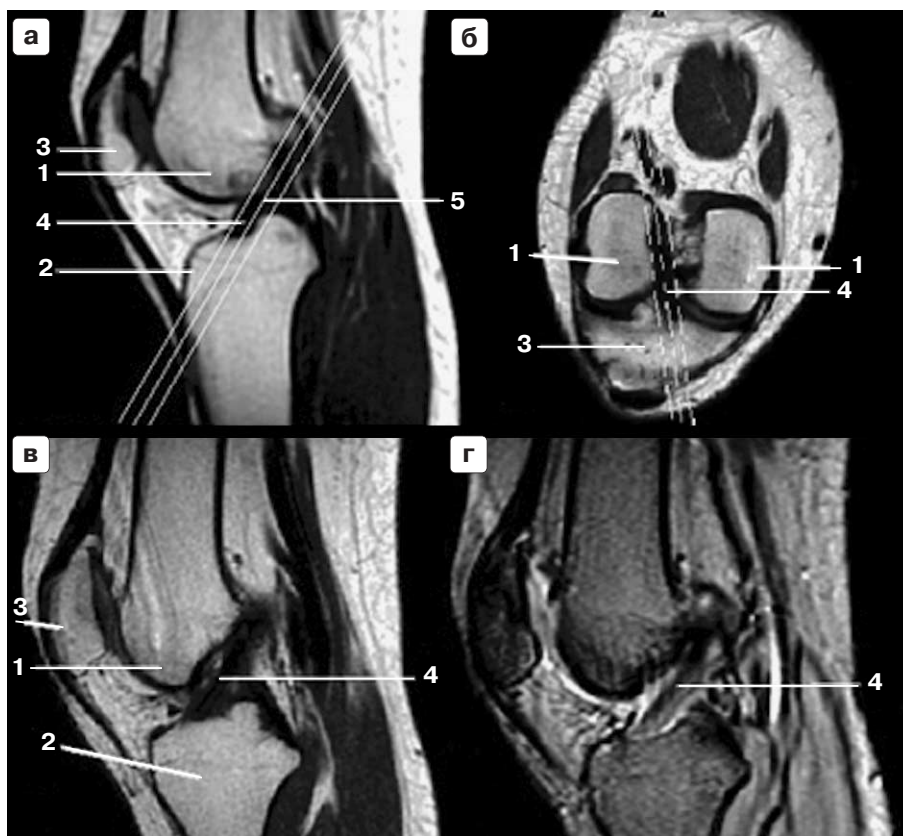


Рис. 4. Вариант ориентации срезов для получения изображения передней крестообразной связки: в сагиттальной (а), косо-корональной (б), переориентированной косо-сагиттальной проекциях (в) при T1 ВИ в ИП SE и в переориентированной косо-сагиттальной проекции при T2* ВИ в ИП GRE (г). 1 – надколенник, 2 – бедренная кость, 3 – передняя крестообразная связка, 4 – большеберцовая кость, 5 – срединная линия.

ной связки, ориентировались пять срезов толщиной 4 мм в нестандартной косо-корональной проекции. Из полученных изображений выбирается то, на котором имеется изображение центрального отдела коленного сустава и видны передне-внутренний отдел медиальной мышечка бедренной кости и заднее межмышечное поле большеберцовой кости с прикрепляющейся к нему задней крестообразной связкой. По этому изображению проводится следующая ориентация проекции по анатомическому прикреплению задней крестообразной связки. Получаем пять срезов толщиной 4 мм с T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE. На одном из срезов будет четко визуализироваться в неискаженном виде задняя крестообразная связка (рис. 5). По сигнальным характеристикам более информативны T2* ВИ в ИП GRE.

Приводим для иллюстрации наши наблюдения.

1. Больная Р., 1954 года рождения, направлена на исследование из травматологического пункта с диагнозом: подозрение на поврежде-

ние внутреннего мениска, внутренне-боковой связки и передней крестообразной связки левого коленного сустава. В анамнезе год назад травма коленного сустава, но при рентгенографии повреждения сустава не было выявлено. В течение года лечилась консервативно. Но сохранялись тупые постоянные боли, а при ходьбе нога как бы “выставляется” и “подгибается”. При осмотре левый коленный сустав опух, движения в нем ограничены. Больная при ходьбе хромает. Проведена стандартная МРТ коленного сустава. Были обнаружены: разрыв внутреннего мениска, деформирующий артроз с выраженными дистрофическими изменениями в суставных хрящах, менисках, задней крестообразной связке, жировых складках, дистрофическая киста наружного мениска и большое количество жидкости в полости сустава. Однако четкого изображения передней крестообразной связки не получено. Исследование было расширено для визуализации передней крестообразной связки. На центральных косо-сагиттальных T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE четко определялся отрыв передней крес-

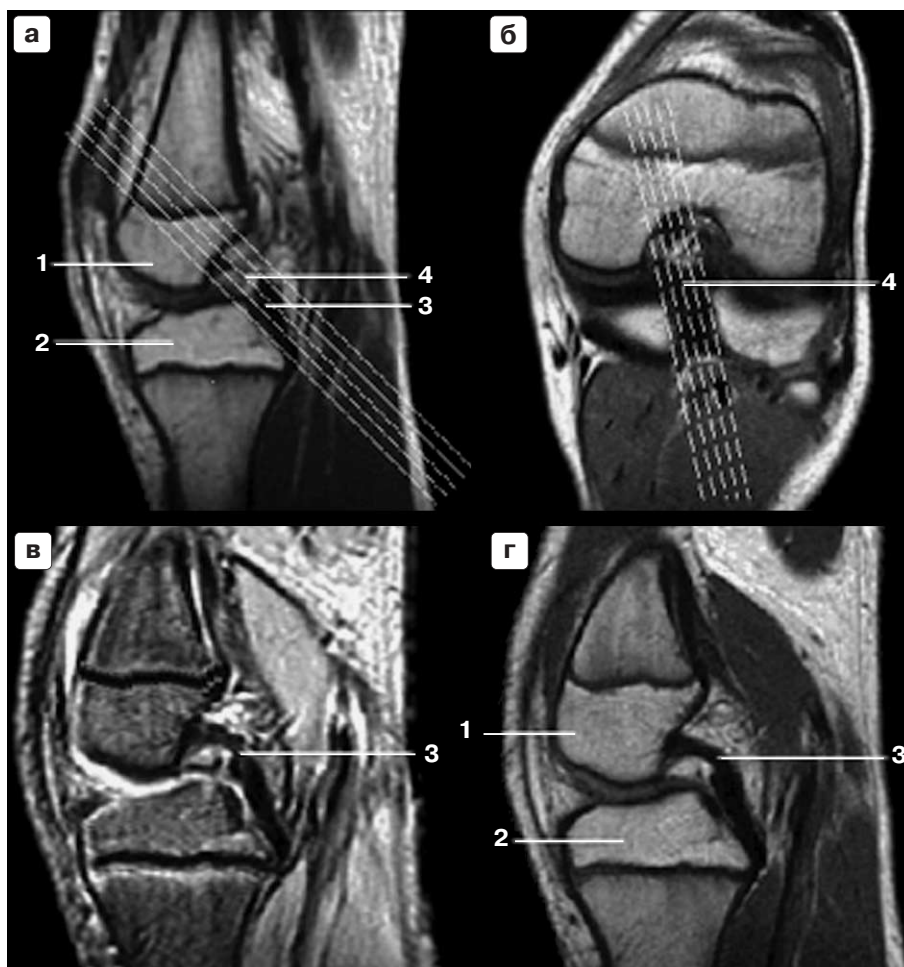


Рис. 5. Вариант ориентации срезов для получения изображения задней крестообразной связки: в сагиттальной (а), косо-корональной (б), переориентированной косо-сагиттальной проекциях (в) при T1 ВИ в ИП SE и в переориентированной косо-сагиттальной проекции при T2* ВИ в ИП GRE (г). 1 – бедренная кость, 2 – большеберцовая кость, 3 – задняя крестообразная связка, 4 – срединная линия.

тообразной связки от переднего межмышелкового поля большеберцовой кости со смещением связки вверх. Связка была неравномерно истончена, с гиперинтенсивным МР-сигналом, что свидетельствовало о выраженном дистрофическом процессе, развившемся в результате перенесенной травмы (рис. 6).

Пациентке произведена артроскопия, при которой отрыв передней крестообразной связки левого коленного сустава подтвержден. Больная была оперирована.

2. Больной П., 1970 года рождения, травму коленного сустава получил 6 мес назад при падении с высоты. За медицинской помощью пациент не обратился. В течение месяца беспокоили боли, что заставило обратиться к травматологу. Лечился консервативно, но боли не только не прошли, но становились сильнее, появилась неустойчивость в суставе, периодически возникала “блокировка”. Был направлен

в центр лучевой диагностики для исключения разрыва передней крестообразной связки левого коленного сустава. При осмотре сустав утолщен, движения умеренно ограничены, болезненны. На обзорных рентгенограммах повреждения левого коленного сустава не определялись. Проведена стандартная МРТ коленного сустава. Обнаружены: дефект суставного хряща надколенника, разрыв внутреннего мениска, небольшие костные разрастания на суставных концах бедренной и большеберцовой костей, надколеннике и большое количество жидкости в полости сустава и наднадколенниковом завороте. Передняя крестообразная связка едва просматривалась. При дальнейшем исследовании на центральных косо-сагиттальных T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE визуализировалась дистрофически измененная, истонченная до 0,8 см передняя крестообразная связка, в центре которой на T2* ВИ в ИП

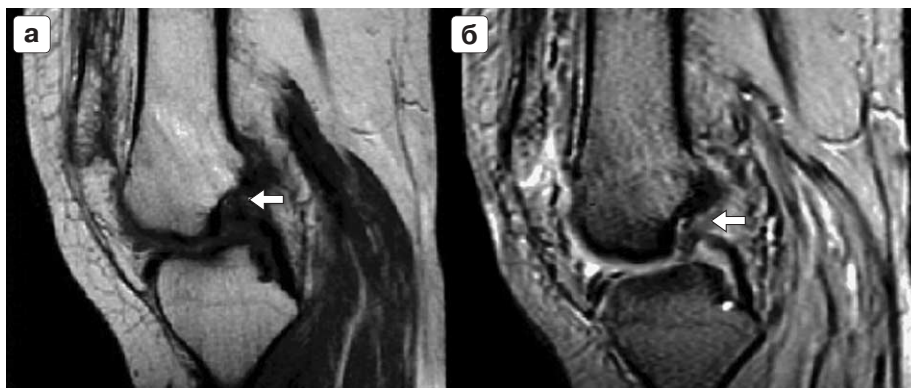


Рис. 6. МРТ коленного сустава. Отрыв передней крестообразной связки (стрелка). Косо-сагиттальные проекции. T1 ВИ в ИП SE (а) и T2* ВИ в ИП GRE (б).

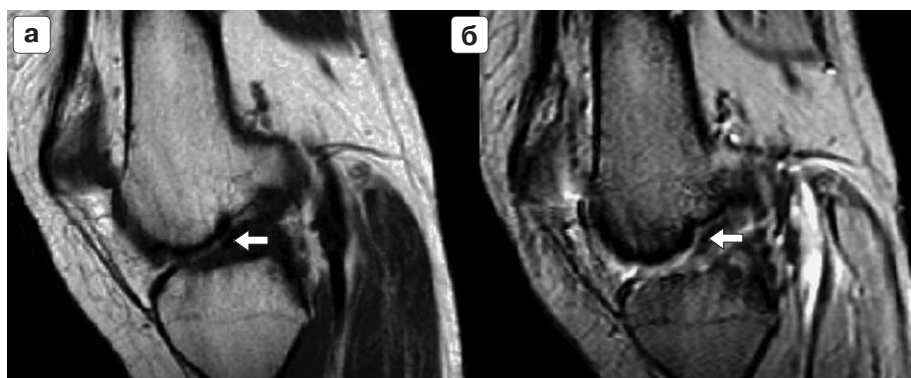


Рис. 7. МРТ коленного сустава. Внутрисвязочный разрыв передней крестообразной связки (стрелка). Косо-сагиттальная проекция, T1 ВИ в ИП SE (а) и T2* ВИ в ИП GRE (б).

GRE определялся неяркий гиперинтенсивный сигнал линейной формы, свидетельствующий о внутрисвязочном разрыве (рис. 7).

3. Больной М., 1950 года рождения, получил травму в шахте: лентой затянуло правую ногу под трубу и развернуло. Почувствовал резкую боль в коленном суставе, терял сознание. Рентгенологически выявлен наружно-ротационный подвывих голени. Правая нижняя конечность резко отечна, синюшно-багрового цвета, коленный сустав утолщен, деформирован, на коже ссадины. Движения отсутствуют. При стандартной МРТ коленного сустава обнаружены: наружно-ротационный подвывих голени и надколенника, внутрисуставные микропереломы межмышцелкового возвышения большеберцовой кости, отрывной перелом передней крестообразной связки, разрыв суставной капсулы, коллатеральной большеберцовой связки, частичный разрыв четырехглавой мышцы бедра, заднего рога наружного мениска, отрыв внутреннебоковой поддерживающей связки надколенника, синовит, внутрисуставные свободно плавающие мелкие костные отломки. Задняя крестообразная связка не

дифференцировалась. Произведена селективная МРТ задней крестообразной связки с получением T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE в косо-сагиттальной проекции. На срединном T2* ВИ в ИП GRE визуализировались разрыв задней крестообразной связки и расслоение ее фрагментов: от связки исходили слабые изотенсивные и гиперинтенсивные сигналы, четкость которых терялась на фоне ярких гиперинтенсивных сигналов от синовиальной жидкости (рис. 8). Произведена ревизия сустава, во время которой разрыв задней крестообразной связки был подтвержден. Выполнена операция пластики связки.

4. Больной Б., 53 лет, направлен на исследование из травматологического отделения с диагнозом: разрыв передней крестообразной связки, большеберцовой связки, внутреннего мениска, гемартроз левого коленного сустава. Травму получил 3 нед назад в результате прямого удара деревянной стойкой крепления шахты по левой ноге. Почувствовал резкую боль в ноге, не смог встать. На рентгенограммах левого коленного сустава повреждений костей не выявлено. При осмотре левый ко-

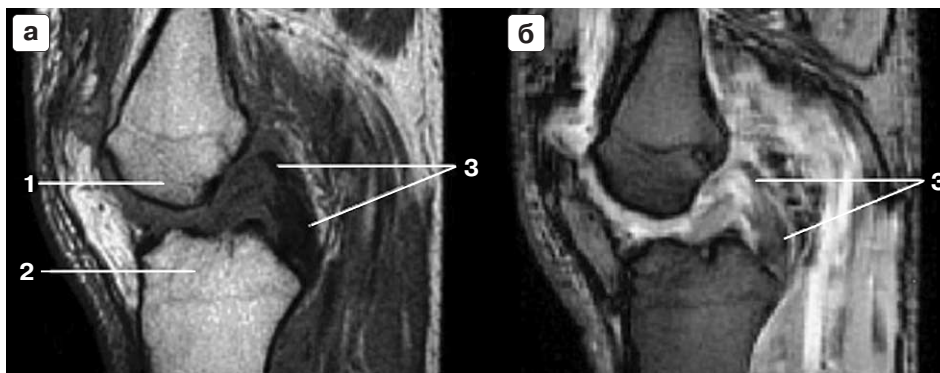


Рис. 8. МРТ коленного сустава. Разрыв задней крестообразной связки. Косо-сагиттальная проекция, T1 ВИ в ИП SE (а) и T2* ВИ в ИП GRE (б). 1 – бедренная кость, 2 – большеберцовая кость, 3 – дистальный фрагмент задней крестообразной связки.

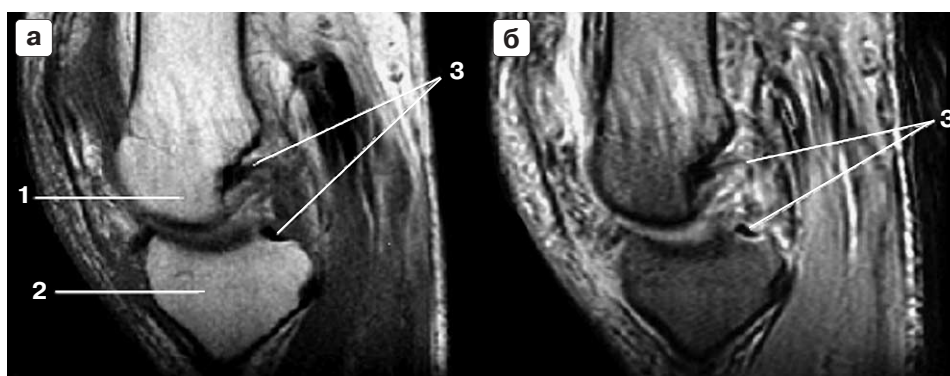


Рис. 9. МРТ коленного сустава. Разрыв задней крестообразной связки. Косо-сагиттальная проекция, T1 ВИ в ИП SE (а) и T2* ВИ в ИП GRE (б). 1 – бедренная кость, 2 – большеберцовая кость, 3 – верхний фрагмент задней крестообразной связки.

ленный сустав резко отечен, периартикулярные мягкие ткани увеличены в объеме, кожа синюшна, движения в суставе отсутствуют, надколенник смещен вверх и кпереди. Во внутреннем отделе сустава пальпируется плотное резко болезненное уплотнение. Проведена стандартная МРТ коленного сустава. Были обнаружены: краевые переломы наружного мышелка левой бедренной кости, надколенника, микропереломы наружного мышелка бедренной кости и внутреннего мышелка большеберцовой кости, разрывы суставной капсулы, передней крестообразной связки, коллатеральной большеберцовой связки, синовит. Задняя крестообразная связка резко отечна, визуализируется нечетко. Выполнена МРТ задней крестообразной связки с получением переориентированных косо-сагиттальных T1 ВИ в ИП SE и T2* ВИ в ИП GRE. На срединном изображении был четко виден разрыв задней крестообразной связки, захватывающий большую часть ее. МР-сигнал связки был неоднородным гипоинтенсивным в T1 ВИ в ИП SE и не-

однородным гипо- и гиперинтенсивным в T2* ВИ в ИП GRE (рис. 9). Произведена артроскопия, разрыв задней крестообразной связки подтвержден. Выполнена пластика связки.

Приведенные наблюдения показывают, что для получения полноценного изображения передней и задней крестообразных связок необходимо, кроме стандартной МРТ, выполнять расширенное исследование по дополнительным протоколам, которые увеличивают время исследования. Однако полученная достоверная информация о состоянии передней и задней крестообразных связок оправдывает удлинение исследования. Кроме того, полученная информация, в свою очередь, позволяет определить оптимальную тактику лечения.

Выводы

1. Для получения максимально возможной информации о характере повреждения всех анатомических структур коленного сустава

методика МРТ должна основываться на T1 ВИ и T2* ВИ независимо от импульсной последовательности как минимум в трех проекциях: сагиттальной, корональной и аксиальной.

2. Для полноты и достоверности оценки всех структур коленного сустава необходимо получать изображения крестообразных связок, используя дополнительные протоколы в нестандартно ориентированных косо-сагиттальных проекциях, что позволяет определить оптимальную тактику лечения.

Список литературы

1. Брюханов А.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний суставов: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. Обнинск, 1998. 46 с.
2. Казанцев А.Б. Оперативное лечение травматических, посттравматических и дегенеративных повреждений костей, составляющих коленный сустав, с применением артроскопической техники и пористого титаникелита: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. Новосибирск, 1999. 40 с.
3. Карусинов П.С. Магнитно-резонансная томография в диагностике патологических изменений в коленных суставах // Нов. инф. технол. в радиол.: Сб. тез. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию Центр. воен. авиац. госп., Москва, 29–30 мая 1997 г. М., 1997. С. 37.
4. Охотский В.П., Ваза А.Ф., Филиппов О.П., Малыгина М.А. Лечение компрессионных переломов проксимального метаэпифиза большеберцовой кости // Матер. Конгресса травматологов-ортопедов России с междунар. участием (Ярославль, 2–5 июня 1999 г.). Ярославль, 1999. С. 310–312.
5. Ткаченко С.С. Сочетанные внутрисуставные повреждения коленного сустава // Заболевания и повреждения суставов: Сб. тр. научн. конф. Свердловск, 1973. С. 179–182.
6. Чижик-Полейко А.Н. Способ диагностики внутрисуставных повреждений и заболеваний коленного сустава: Патент РФ № 2142738. 1999. № 35. С. 164.
7. Bellon E.M., Keith M.W., Coleman P.E. Magnetic resonance imaging of internal derangements of the knee // Radiographics. 1988. V. 8. P. 95–99.
8. Boeree N.R., Watkinson A.F., Ackroyd C.E., Johnson C. Magnetic resonance imaging of meniscal and cruciate injuries of the knee // J. Bone Jt. Surg. 1991. V. 73-B. № 3. P. 452–457.
9. Crues J.V., Stoller D.W. The Menisci // Magnetic Resonance Imaging of the Knee / Ed. by Mink J.H., Recher M.A., Crues J.V. New York: Raven Press, 1987. P. 55–92.
10. Crues J.V., Ryu R.R. Knee // Magnetic Resonance Imaging / Ed. by Stark D.D., Bradley W.G., Jr. 2nd ed. St. Louis; Baltimore; Boston; Toronto: Mosby Year Book, 1992. P. 2355–2423.
11. Eckstein F., Sittek H., Gavazzeni A., Milz S. Nondestructive, noninvasive assessment of articular cartilage thickness using magnetic resonance tomography // Joint Meet. Anat. Soc. Great Brit. and Ireland and Anat. Ges., Southampton, 14–17 Dec., 1994 // J. Anat. 1995. V. 187. № 1. P. 235.
12. Fischer S.P., Fox J.M., Del Pizzo W. et al. Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. A multi-center analysis of one thousand and fourteen patients // J. Bone Jt. Surg. 1991. V. 73-A. № 1. P. 2–10.
13. Goupille P. Longitudinal stress fractures of the tibia: diagnosis with CT // Radiology. 1989. V. 171. № 1. P. 583–584.
14. Hajek P.C., Gylys-Morin V.M., Baker L.L. The high signal intensity meniscus of the knee: magnetic resonance evaluation and in vivo correlation // Invest. Radiol. 1987. V. 22. P. 883–890.
15. Jackson D.W., Jennings L.D., Maywood R.M. Magnetic resonance imaging of the knee // Amer. J. Sports Med. 1988. V. 16. P. 29–36.
16. Kaplan P.A., Nelson N.L., Garvin K.L. MR of the knee: significance of high signal meniscus does not clearly extend to the surface // Amer. J. Roentgenol. 1991. V. 156. № 2. P. 333–336.
17. Krupski W., Zlommaniec J., Bryc S. Bone fragments imaging by means of 3D computerised tomography // Amer. J. Surg. 1997. V. 52. P. 111–116.
18. Lotysch M., Mink J., Crues J.V., Schwartz A. Magnetic Resonance in Detection of Meniscal Injuries // Magnet. Res. Imaging. 1986. V. 4. P. 185.
19. May D.A., Snearly W.N., Bents R. MR imaging findings in anterior cruciate ligament reconstruction: Evaluation of notch plasty // Amer. J. Roentgenol. 1997. V. 169. № 1. P. 217–222.
20. Mink J.H., Levy T., Crues J.V. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee // Radiology. 1988. Vol. 167. P. 769–775.
21. Noyes F., Mooar L., Moorman C.T. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency // J. Bone Joint Surg. 1989. V. 71-B. № 5. P. 825–833.
22. Peh Milfred C.G., Cassar-Pullicino V.N. Magnetic resonance arthrography: Current status // Clin. Radiol. 1999. V. 54. № 9. P. 575–587.
23. Reeder J.D., Matz S.O., Becker L. MR imaging of the knee in the sagittal projection: comparison of three-dimensional gradient-echo and spin-echo sequences // Amer. J. Roentgenol. 1989. V. 153. № 3. P. 537–540.
24. Rosen M.A., Jeckson D.W., Berger P.E. Occult osseous lesions documented by magnetic resonance imaging associated with anterior cruciate ligament ruptures // Arthroscopy. 1991. V. 7. № 1. P. 45–51.
25. Rubin A.A., Kettering J.M., Towers J.D., Greis P.E. MR imaging of combined ligament injuries of the knee: Abstr. 97 th Annu. Meet. Amer. Roentgen Ray Soc., Boston, May 4–9, 1997 // Amer. J. Roentgenol. 1997. V. 168. Suppl. № 3. P. 58.
26. Schatz J., Potter H.G., Rodeo S.A. MR imaging of anterior cruciate ligament reconstruction // Amer. J. Roentgenol. 1997. V. 169. № 1. P. 223–228.
27. Stafford S.A., Rosenthal D.I., Gebhardt M.C. MRI in stress fracture // Amer. J. Roentgenol. 1986. V. 147. P. 553–556.
28. Prodromos C.C., Petsnick J.P. Acute injury of the ligaments of the knee: magnetic resonance evaluation // Radiology. 1985. V. 154. P. 717–723.
29. Weiss K.L., Morehouse H.T., Levy I.M. Sagittal MR images of the knee: a low signal band parallel to the posterior cruciate ligament caused by a displaced bucket-handle tear // Amer. J. Roentgenol. 1991. V. 156. № 1. P. 117–119.