

РОЛЬ МРТ В ДИАГНОСТИКЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ СУСТАВНОГО ХРЯЩА НАДКОЛЕННИКА (лекция)

В.В. Чураянц – к.м.н., врач-рентгенолог
А.В. Араблинский – д.м.н., профессор

*ГКБ им. С.П. Боткина ДЗ
г. Москвы*

Введение

Клиническая картина патологических изменений пателлофemorального сустава (ПФС) чаще проявляется в виде боли в переднем отделе коленного сустава, наблюдающейся при многих его заболеваниях и травматических повреждениях. Важно вовремя и точно определить характер изменений, вызывающих боль, для проведения адекватного лечения. Прицельная рентгенография и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) ПФС позволяют оценить соотношение суставных поверхностей, выявить костно-деструктивные, костно-травматические изменения и костно-деформирующие разрастания, но не дают необходимой информации о состоянии суставного хряща (СХ).

Артрография при ее высокой информативности – инвазивный метод. Магнитно-резонансная томография (МРТ) – неинвазивная методика лучевой диагностики, позволяющая получать изображения мягкотканых и костных структур в нескольких плоскостях. Она по праву может считаться методом выбора при боли в ПФС. При подозрении на его участие в обострении в план исследования необходимо включить детальное изучение ПФС.

Предпочтительно выполнять МРТ при высоком пространственном разрешении, особенно важном для оценки состояния ПФС. Его впол-

не обеспечивает магнитно-резонансный томограф с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Специальная жесткая катушка для коленного сустава дает возможность получить максимальное пространственное разрешение – она предпочтительнее гибкой.

Наиболее информативна аксиальная проекция, позволяющая оценить состояние СХ. При выраженном болевом синдроме необходимо обеспечить удобное положение пациента, предусмотреть введение анальгетиков, седативных средств.

Нет единого мнения, какие импульсные последовательности оптимальны для исследования. Чтобы получить эффект артрографии, в его план обычно включают протоколы сканирования, обеспечивающие выявление T2-взвешенных изображений (T2-ВИ). При хондромалации СХ на T2-ВИ имеет гетерогенную структуру, обусловленную T2-временем его релаксации. Дегенерация при увеличении количества жидкости в гиалиновом хряще сопровождается удлинением T2, а при ее уменьшении – укорочением T2.

Благодаря высокому контрасту между хрящом и синовиальной жидкостью на T2ВИ на ее фоне лучше видны поверхностные дефекты СХ. Но контраст между ним и субхондральной костью на T2-ВИ слабо выражен [1]. Магнит-

но-резонансная артрография с внутрисуставным контрастным усилением для диагностики поверхностных хондральных изменений малоинформативна. Импульсная последовательность на основе градиентного эха – 3D-GRE дает возможность получить артрографический эффект, оценить состояние СХ и обнаружить его дефекты, включая поверхностные [2]. При отсутствии выпота возможна грубая оценка состояния хряща по T1 взвешенным изображениям (T1-ВИ). Но наиболее информативными для исследования СХ ПФС на предмет хондромалеции считаются изображения, взвешенные по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жировой ткани (FSE PD FS).

Получаемые изображения в аксиальной проекции имеют наиболее высокую чувствительность для изучения структуры СХ, обладают высоким контрастом, а при наличии жидкости в полости сустава можно получить артрографический эффект.

К недостаткам этого режима сканирования можно отнести низкую чувствительность изменений субхондральной костной ткани, которая вполне компенсируется получением T1-ВИ. Диагностика эрозий гиалинового хряща возможна как по T2-ВИ, так и полученным при FSE PD FS.

Надколенник – сесамовидная кость, закладывается на 8-й неделе, появляется на 2–3-м году жизни, а окончательное его формирование заканчивается к 15 годам. Надколенник имеет неправильную треугольную форму и разделен продольно идущим гребнем на наружную и внутреннюю фасетки. При многообразии форм надколенника наружная фасетка – наибольшая по площади. Его суставная поверхность, кроме нижнего полюса, покрыта гиалиновым хрящом, толщина которого на уровне гребня наибольшая, а на уровне наружной и внутренней фасеток достигает 4–5 мм, изредка 6 мм.

На магнитно-резонансных изображениях СХ надколенника в норме имеет ровную гладкую поверхность, относительно равномерную толщину и неоднородную структуру, определяемую зональным строением. На изображениях, полученных в режиме SPGR с подавлением сигнала от жира, магнитно-резонансный сигнал от СХ гиперинтенсивный по отношению к гипоинтенсивной кости и костному мозгу.

На изображениях, взвешенных по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жира, а также полученных в

последовательности STIR хрящ имеет промежуточный или гиперинтенсивный магнитно-резонансный сигнал.

СХ подразделяют на 4 зоны:

- поверхностная гладкая, повторяющая форму поверхности кости;
- большая промежуточная под поверхностной зоной;
- радиальная глубокая, покрывающая большую поверхность сустава;
- тонкая кортикальная (наиболее глубокая), отделяющая СХ от края субхондральной кости, включая субхондральное плато и губчатую кость.

Поверхностный слой СХ, который занимает от 1/4 до 1/3 его толщины, хорошо виден на изображениях, взвешенных по протонной плотности. Кроме зонального строения, в норме в структуре СХ определяется «поперечная исчерченность». Точная природа этого феномена неизвестна, но считается, что она обусловлена дифференциацией между вертикальными и горизонтальными волокнами хряща и различной степенью гидратации этих слоев, соответствующей строению коллагена [1].

В радиальной зоне волокна коллагена упорядочены преимущественно перпендикулярно к субхондральному плато [3]. В промежуточной зоне, располагающейся между поверхностной и глубокой радиальной, волокна коллагена формируют аркады, однако возможно любое расположение волокон, ориентация которых определяется при высоком разрешении. Эта зона не видна на T2-ВИ, но на изображениях, взвешенных по протонной плотности с подавлением жира, она имеет магнитно-резонансный сигнал более высокой интенсивности по отношению к радиальной [4] (рис. 1).

Диагностика поверхностных дефектов СХ ПФС по изображениям, взвешенным по протонной плотности с подавлением жира, выявляет более высокую чувствительность, чем МРТ + артрография. Суставной выпот, сопровождающий пателлофemorальную хондромалецию, на T1-ВИ имеет магнитно-резонансный сигнал низкой интенсивности, а на T2-ВИ, FSE PD FS и STIR – высокой.

Патологическое размягчение пателлярного хряща называют хондромалецией надколенника. Ее этиология неясна. Чаще ей предшествует как однократная грубая травма, так и повторяющиеся микротравмы. Классификация хондромалеции надколенника основана на макроскопической картине при артроскопии.



Рис. 1. Зональное строение суставного хряща надколенника. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция.

- 1 – поверхностная зона
2 – промежуточная зона
3 – кортикальная зона

Часто используют артроскопическую классификацию Shahriaree [2].

Выделяют 4 стадии:

- I – размягчение и набухание хряща;
- II – с деформацией поверхности;
- III – неровности поверхности с фибрилляцией хряща без значительного вовлечения субхондральной кости;
- IV – изъязвления со значительным вовлечением субхондральной кости.

В.С. Yulish [5] предложил деление на стадии, основываясь на магнитно-резонансных данных и исследовании препаратов после экзартикуляции.

Классификация на МРТ стадий хондромалэции:

- 1) обычно мелкие очаги, не распространяющиеся до внешней поверхности и не нарушающие ее;
- 2) более крупные очаги, распространяющиеся до поверхности хряща, но с сохранением его четкого контура;
- 3) очаги с потерей четкости контуров СХ, которые могут сопровождаться неправильной формы очаговым истончением хряща, но без значительных изменений субхондральной кости;
- 4) очаговое уменьшение интенсивности сигнала на T1-ВИ, распространяющееся от субхондральной кости до поверхностного слоя на значительной площади истонченного хряща с вовлечением субхондральной кости. Часто сочетается со снижением маг-

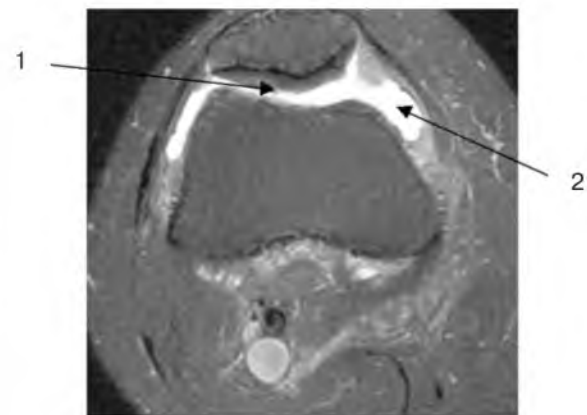


Рис. 2. Поверхностное повреждение суставного хряща. Изображение пателлофemorального сустава взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция. 1-участок травматической хондромалэции. 2-синовит.

нитно-резонансного сигнала от субхондрального слоя кости.

Ранными проявлениями хондромалэции могут быть эрозии СХ, которые обнаруживают на T1-ВИ, на изображениях, полученных при сканировании в режимах FSE PD FS, STIR или на магнитно-резонансных артрограммах. Ранние поверхностные изменения СХ, не видимые на T1-ВИ, T2-ВИ и при сканировании в режиме GRE T2*, хорошо визуализируются на изображениях, полученных в режиме PD FS FSE. А взвешенные по протонной плотности с подавлением жира позволяют выявлять поверхностные и глубокие разрывы в виде внутривещевых и поверхностных гиперинтенсивных участков (рис. 2).

Артроскопическая классификация хондромалэции имеет корреляцию с обнаруживаемыми при МРТ, отображающую возможности МРТ в диагностике морфологических изменений хряща, особенностями изъязвления его поверхности. По данным артроскопии при I стадии хондромалэции на изображениях, взвешенных по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жира, определяется ограниченный участок высокого магнитно-резонансного сигнала в поверхностной зоне хряща или небольшой (до 1 мм) гиперинтенсивный в его поверхностном слое (рис. 3).

Ранняя стадия хондромалэции обусловлена формированием зоны отека на ограниченном участке хондральной поверхности. Полагают,



Рис. 3. Поверхностное повреждение суставного хряща. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция.



Рис. 8. хронические внутрисуставные изменения. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция. 1- очаг пониженной интенсивности МР-сигнала суставного хряща внутренней фасетки надколенника.

что эти изменения – проявление размягчения и вздутия хряща при I стадии [6]. На изображениях, взвешенных по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жира, обычно гиперинтенсивная поверхность хряща при его хронических внутрисуставных изменениях может быть гипоинтенсивной (рис. 4).

При этом гистологические изменения его размягчения хряща (закрытая хондромалиция) обнаруживают в промежуточной или глубоко в поверхностной зоне. Изменения в коллагеновой матрице включают потерю ориентации волокон коллагена вследствие сегментарного сжатия, которое способствует уменьшению в матрице протеогликана. Во II стадии хондромалиции в дополнение к участкам вздутия можно обнаружить разрыв и ограниченную фрагментацию в небольшой (обычно < 1,3 см) области [7].

В III стадии видны неровная поверхность и истончение при артроскопии, что соответствует области снижения магнитно-резонансного сигнала на T1-ВИ на уровне краевого дефекта поверхностного слоя СХ. На изображениях, взвешенных по протонной плотности с подавлением магнитно-резонансного сигнала от жира, зоны отека поверхностного слоя СХ, сопровождающиеся пропитыванием жидкостью, видны как участки магнитно-резонансного сигнала высокой интенсивности.

Режим FS PD FSE используют также в диагностике участков поверхностного изъязвления

суставного хряща по типу «крабового мяса». В надколеннике можно обнаружить одновременно все стадии хондромалиции (рис. 5). Чаще I и II не имеют определенной клинической симптоматики, поэтому такое значение их выявления дискуссионно.

Стадии II и IV подлежат дальнейшему изучению и обсуждению. Наиболее часто изменениям, выявленным при МРТ, сопутствует очаговое или диффузное истончение хряща с неоднородностью его структуры, причем изменения могут не распространяться на кость или, наоборот, наблюдается значительное ее вовлечение (рис. 6).

Чувствительность МРТ при IV стадии весьма высока [6]. Также надежно выявление при МРТ III стадии хондромалиции, но за исключением медиальной фасетки, где могут встречаться ложноположительные и ложноотрицательные результаты. Вероятно, они обусловлены частичным объемным усреднением, которое имеет тенденцию проявляться за счет более крутого изгиба медиальной фасетки надколенника.

Разволокнение хряща в виде «крабового мяса» макроскопично в III стадии, иногда скрадывая нормальную резкую границу между поверхностями пателлярного и трохлеарного хрящей. Этот признак имеет высокую чувствительность при хондромалиции надколенника, но низкую специфичность за счет эффекта частичного объемного усреднения.

Изменение субхондрального слоя кости в

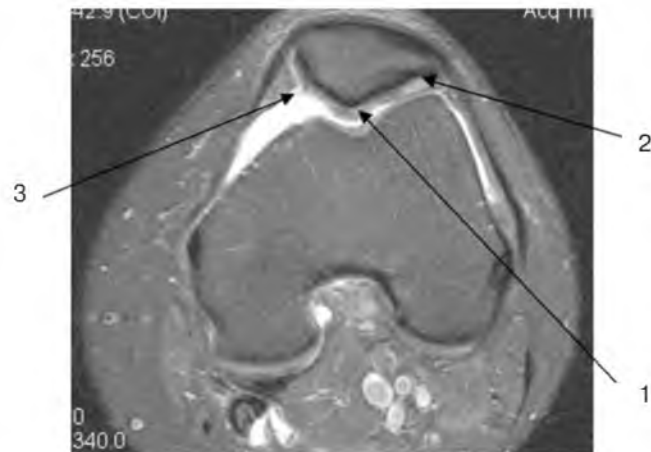


Рис. 5. хронические внутрисуставные изменения. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция. 1- очаг пониженной интенсивности МР-сигнала суставного хряща внутренней фасетки надколенника.



Рис. 6. Хондромалация надколенника 4-й степени. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира, аксиальная проекция. 1- очаг хондромалации. 2- субхондральные эрозии.

IV стадии считается патогномичным признаком и почти всегда обнаруживается при МРТ (рис. 7).

Развитие пателлофemorального остеоартроза также сопровождается изменениями субхондральной кости. Но в отличие от IV стадии хондромалации артроз проявляется в виде суб-

хондрального остеосклероза, экскавации поверхности надколенника и появления остеофитов (рис. 8). Травма ПФС может привести к повреждению СХ по типу паруса, а также к полному хрящевым и костно-хрящевым отрывам. Они имеют соответствующую клиническую симптоматику и лечатся хирургически.



Рис. 7. Хондромалация надколенника 4-я стадия. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция. 1- крупный очаг хондромалации 2- эрозии и субхондральный отек 3- субхондральный участок кистовидной перестройки 4- мелкие поверхностные очаги хондромалации.

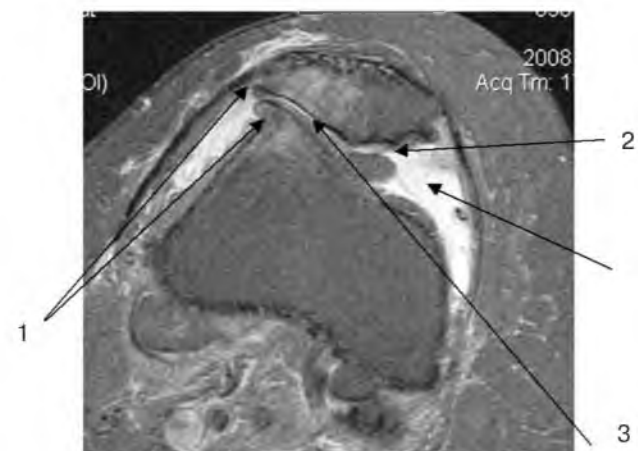


Рис. 8 Гонартроз. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция. 1- краевые костно-деформирующие разрастания 2- дегенеративное изменение структуры хряща 3- истончение хряща

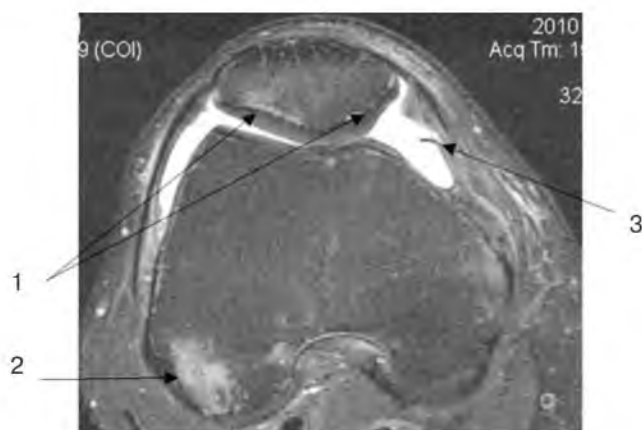


Рис. 7. Повреждение субхондрального слоя надколенника. Изображение взвешенное по протонной плотности с подавлением МР-сигнала от жира. Аксиальная проекция.
1- отек субхондрального слоя надколенника.
2- постконтузионный отек костного мозга.
3- утолщенная медиопателлярная складка на фоне синовита.

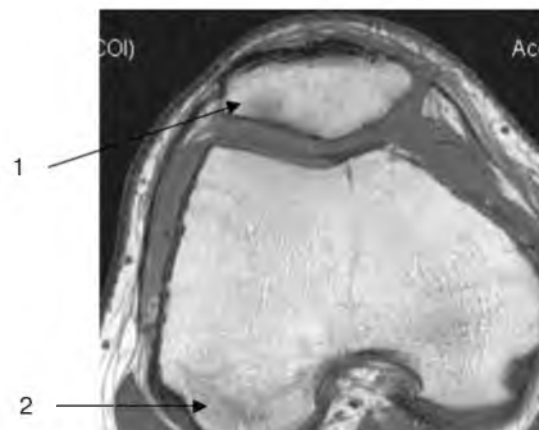


Рис. 8 Повреждение субхондрального слоя. Т1ВИ, аксиальная проекция.
1- субхондральный отек костного мозга надколенника.
2- постконтузионный отек костного мозга наружного мыщелка бедренной кости.

При МРТ обычно выявляют изменения субхондральной кости в виде понижения сигнала в T1-ВИ, повышение в T2-ВИ как при контузии, но имеющие диффузный характер, больше, чем при хондромалиции, и наиболее вероятно, отображают внутрикостный отек. При этом на T2-ВИ могут обнаруживаться участки отделения СХ (рис. 9 а и б).

К ошибкам магнитно-резонансной диагностики относят обнаружение участка низкой интенсивности сигнала от жира кпереди от межмыщелковой борозды на изображениях в режиме FS или STIR, который принимают за изменения гиалинового хряща. У взрослых в норме – преимущественно желтый костный мозг надколенника. Он выявляет высокий сигнал на T1-ВИ.

Зоны субхондрального остеосклероза, имеющие низкий магнитно-резонансный сигнал на T1-ВИ, можно ошибочно принять за субхондральные эрозии. В наружной фасетке надколенника субхондрально в норме может быть видна изогнутая, отграниченная область пониженного магнитно-резонансного сигнала различных размеров, иногда настолько выраженная, что ее ошибочно принимают за зону остеонекроза. Реже подобные изменения наблюдаются во внутренней фасетке. Истинные субхондральные патологические изменения чаще имеют повышенный сигнал на T2-ВИ.

Субхондральный кортикальный слой в подавляющем большинстве случаев равномерно

тонкий, может иногда сливаться с вышеуказанной областью пониженного сигнала, образуя достаточно широкую полосу низкого магнитно-резонансного сигнала, прилежащую к СХ. На срезах в аксиальной проекции суставная поверхность наружной фасетки слегка вогнута, внутренней – прямая или несколько выпуклая.

На срезах в сагиттальной проекции субхондральный слой наружной фасетки часто имеет вид прямой или слегка волнистой вогнутой линии. Оценка субхондрального слоя на срезах в сагиттальной проекции затруднена за счет частичного объемного усреднения. Эти изображения также менее чувствительны к выявлению эрозий гиалинового хряща, поэтому область изгиба хряща в сагиттальной проекции может быть ошибочно принята за дефект его поверхности.

Выводы

МРТ ПФС – высокочувствительный метод диагностики повреждений СХ надколенника, позволяющий своевременно обнаруживать хондромалицию и определять стадию процесса.

Исследование ПФС необходимо проводить при высоком пространственном разрешении (на магнитно-резонансных томографах с напряженностью магнитного поля не ниже 1,5 Тесла).

В план исследования должны быть включены протоколы сканирования, обеспечивающие получение изображений в аксиальной

проекции, взвешенных по протонной плотности с подавлением жира, а также взвешенных по T1.

Список литературы

1. Gagliardi J.A., Chang E.M., Chndnani V.P. Detection and staging of chondromalacia patellae. Relative efficacies of conventional MR imaging, MR arthrography and CT arthrography. *Am. J. Roentgenol.* 1994; 163: 629.
2. Sonin A.N., Pensy R.A., Mulligan M.E. Grading articular cartilage of the knee using FSE proton density - weighted MR imaging fat suppression. *Am. J. Roentgenol.* 2002; 179: 1159-1166.
3. Mosher T.J., Dardzinski B.J., Smith M.B. Human articular cartilage influence of aging and early symptomatic degeneration on the spatial variation of T2 preliminary findings at 3T. *Radiology.* 2000; 214: 259-266.
4. Mosher T.J., Smith H., Dardzinski B.J. MR imaging and T2 mapping of femoral cartilage. *Am. J. Roentgenol.* 2001; 117: 665-669.
5. Yulish B.S. Chondromalacia patellae. Assessment with MR imaging. *Radiology.* 1987; 164: 763.
6. Hayes C.W. Patellar cartilage lesions. In vitro detection and staging with MR imaging and pathologic correlation. *Radiology.* 1990; 176: 479.
7. Conway W.F., Hayes C.W., Loughan T. Cross-sectional imaging of the patellofemoral joint and surrounding structures. *RadioGraphics.* 1991; 11: 195.

Адрес для корреспонденции:

Араблинский Андрей Владимирович
E-mail: arablinskiy@mail.ru



КОАРКТАЦИЯ АОРТЫ

В. В. Плечев, И. И. Семенов, А. М. Караськов
Уфа – Новосибирск, 2005. 248 с.
ISBN 5-8258-0143-X

Обобщен совместный 35-летний опыт хирургического лечения 1147 больных коарктацией аорты Башкирского центра сердечно-сосудистой хирургии и ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина. Представлены современные данные литературы, результаты экспериментальных и клинических исследований, рассмотрены вопросы патогенеза и патофизиологии в развитии компенсаторных механизмов порока. Усовершенствованы классификация стадийности коарктации аорты, ее анатомических типов и вариантов. Систематизированы отдаленные результаты, определены сроки и показания для тех или иных методов хирургического лечения. Книга рассчитана на широкий круг педиатров, терапевтов, кардиологов, кардиохирургов, преподавателей и студентов старших курсов медицинских вузов, слушателей институтов последипломного образования.