

УДК 616-073.75:616.711

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ОСТЕОАРТРОЗА

А. С. Трофимова, Е. А. Трофимов, М. А. Кахели

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

RADIOLOGIC DIAGNOSTICS OF OSTEOARTHRITIS

A. S. Trofimova, E. A. Trofimov, M. A. Kakheli

North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

© Коллектив авторов, 2016 г.

Статья посвящена современным представлениям о лучевой диагностике остеоартроза с точки зрения врача-ревматолога.

Ключевые слова: гонартроз, рентгенография, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография, T2-картирование хряща, субхондральная кость, суставная щель.

The article is devoted to modern radiology concepts in diagnosis of osteoarthritis from the rheumatologist point of view.

Key words: gonarthrosis, x-ray, ultrasound, magnetic resonance imaging, T2-mapping of cartilage, subchondral bone, joint space.

Введение. Остеоартроз (ОА) на протяжении многих лет остается одной из наиболее значимых проблем современной ревматологии [1]. Это заболевание является результатом сложного комплекса дегенеративных процессов хрящевой ткани и субхондральной кости (СХК) в сочетании с синовиальным воспалением. ОА представляет собой огромную медико-социальную проблему в связи с хроническим прогрессирующим течением, нарушением функциональной способности опорно-двигательного аппарата и ухудшением качества жизни больного [2].

Успех терапии ОА во многом зависит от его своевременной диагностики. Среди неинвазивных методов визуализации, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенография является «золотым стандартом» и занимает первое место в диагностике и контроле эффективности лечения ОА, что обусловлено ее доступностью, простотой, экономичностью и информативностью. Возможности этого метода ограничены оценкой состояния костной структуры. О состоянии хрящевой ткани можно судить лишь опосредованно по ширине суставной щели, а состояние мягких тканей определяется наличием оссификации мест прикрепления сухожилий [3]. Ранние стадии ОА связаны с биохимическими изменениями хрящевой ткани и процессами ремоделирования СХК, что не имеет достаточных характерных клинико-рентгенологических признаков и требует применения более современных алгоритмов лучевой диагностики [4].

Известно, что ОА коленного сустава (гонартроз) является доминирующим среди всех клинических субтипов дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов. Эта локализация особенно детально изучается и является моделью для испытания различных лекарственных средств. Чаще всего в патологический процесс вовлекается медиальная область коленного сустава (75%), существенно реже — латеральная (35%) или пателлофemorальная (48%). Наиболее характерным является тибioфemorальный ОА [5].

Первым и наиболее значимым симптомом гонартроза является боль, которая обусловлена вовлечением в патологический процесс самой кости (остеит, субхондральные переломы, повышение внутрикостного давления), синовиальной оболочки (воспаление, раздражение чувствительных нервных окончаний остеофитами) и периартикулярных тканей (мышечный спазм, нестабильность сустава). Достоверно известно, что клиническая картина заболевания не всегда соответствует рентгенологической стадии, и наоборот — наличие рентгенологических признаков ОА не подтверждается характерными симптомами заболевания.

Возможность использования более информативных методов для оценки структурных изменений коленного сустава, а также разработка алгоритмов верификации ОА на самых ранних биохимических стадиях сможет существенно повысить качество диагностики этой патологии.

Рентгенологическая диагностика. На сегодняшний день традиционным методом диагностики ОА

для оценки костных изменений является рентгенография. Этот метод широко используется для определения наличия остеофитов, субхондрального остеосклероза, кистовидных изменений. Ширина суставной щели до настоящего времени используется как основной показатель в рентгенологической диагностике ОА, а стандартная рентгенография коленных суставов в прямой и боковой проекциях рекомендуется как метод выбора для оценки динамики изменений в суставном хряще [6].

появляются очаги разрежения костного вещества (кисты) (рис. 1).

Клинико-рентгенологические критерии ОА наиболее полно разработаны для коленного сустава и включают в себя классификации М. Lequesne (1980), J. Kellgren и J. Lawrence (1957), А. Larsen (1987), Н. С. Косинской (1961) [8]. Для установления стадии ОА на сегодняшний день традиционно используется классификация J. Kellgren и J. Lawrence (1957), усовершенствованная М. Lequesne (1982)

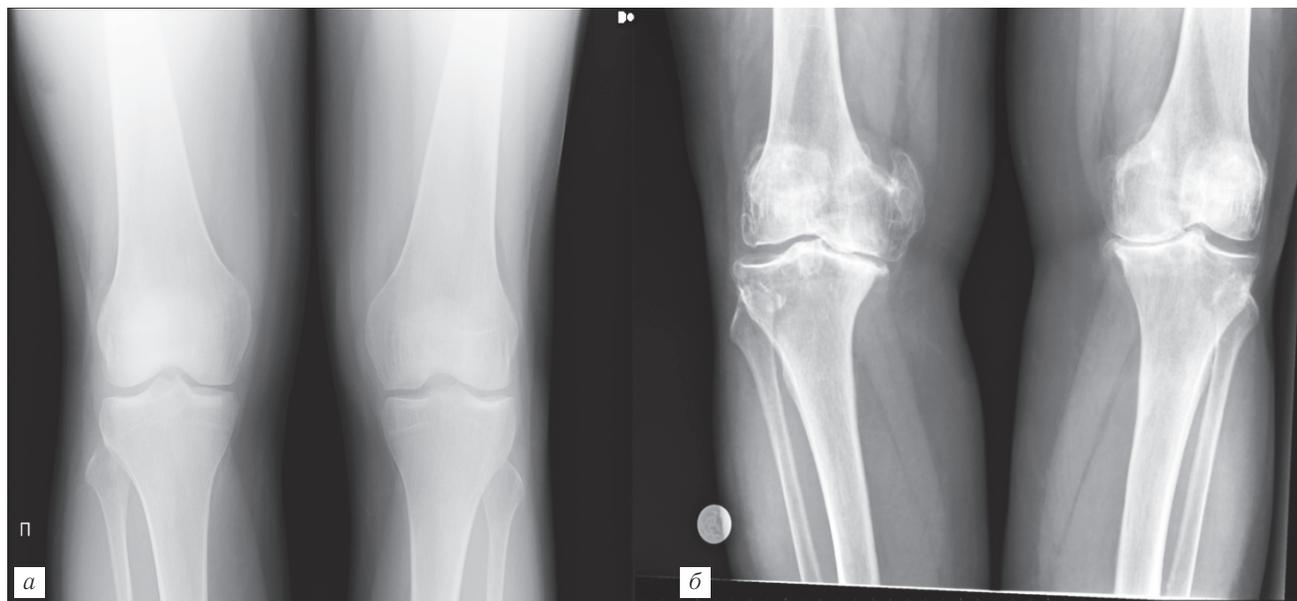


Рис. 1. Рентгенограммы коленных суставов: *а* — отсутствуют рентгенологические изменения (0 стадия ОА); *б* — грубые массивные остеофиты, суставная щель в медиальных отделах прослеживается с трудом, эпифизы костей, образующих сустав, деформированы, резко уплотнены, выраженный остеосклероз сочленяющихся поверхностей (IV стадия ОА).

Из-за своей простоты рентгенологический метод часто используется как стандарт для выявления и оценки стадии тяжести ОА с применением шкалы Келлгрена и Лоуренса [7]. Данная шкала определяет стадию ОА от 0 до IV. Ранее эта методика использовалась для стадирования ОА кисти и тазобедренного сустава, но для коленного сустава она может быть применена только для диагностики тибioфemorального ОА. При ОА пателлофemorального сустава требуются определенные особенности рентгенологической установки.

При проведении рентгенографии сужение суставной щели является одним из первых рентгенологических признаков развивающегося ОА и позволяет судить о состоянии гиалинового хряща. По мере развития заболевания сужение прогрессирует и в конечных стадиях суставная щель едва прослеживается. По мере прогрессирования ОА появляются остеофиты, как небольшие заострения в области границ гиалинового хряща и в местах прикрепления синовиальной оболочки. Их размеры увеличиваются, изменяя конфигурации суставных поверхностей и усиливая клиническую картину заболевания. Важным параметром для оценки СХК является возникновение остеосклероза — уплотнения в области суставной поверхности, на фоне чего параллельно

и основанная на оценке степени выраженности сужения суставной щели, наличия субхондрального склероза и остеофитов.

По J. Kellgren и J. Lawrence выделяют IV стадии заболевания:

0 — отсутствие рентгенологических изменений;

I — кистовидная перестройка костной структуры, линейный остеосклероз в субхондральных отделах, появление маленькие краевых остеофитов;

II — симптомы I стадии + более выраженный остеосклероз — сужение суставной щели;

III — выраженный субхондральный остеосклероз, большие краевые остеофиты, значительное сужение суставной щели;

IV — грубые массивные остеофиты, суставная щель прослеживается с трудом, эпифизы костей, образующих сустав, деформированы, резко уплотнены.

Корреляция между рентгенологической картиной, выраженностью болевого синдрома и нарушением функции сустава в ряде случаев развития ОА отсутствует, что диктует необходимость применения других методик обследования суставов для более ранней верификации заболевания и подбора эффективной терапии [9].

Ультразвуковая диагностика. Применение УЗИ в ревматологии — достаточно новое и перспективное направление диагностики опорно-двигательного аппарата. В последнее десятилетие УЗИ получило широкое распространение при обследовании, контроле лечения ревматических заболеваний суставов ввиду своей доступности и высокой информативности. Этот метод используется для оценки патологии мягких тканей и выявления синовита, но позволяет также визуализировать хрящ и поверхности костных структур. По данным различных авторов информативность УЗИ достигает 90% при диагностике ОА [10]. Методика УЗИ обладает рядом несомненных достоинств, таких как простота, экономичность, широкая распространенность и отсутствие лучевой нагрузки, что обеспечивает этому методу важную роль в визуализации суставов. УЗИ высокоинформативно в исследовании связочно-сухожильного аппарата, позволяет верифицировать и контролировать воспалительный процесс в тканях сустава.

При использовании УЗИ можно верифицировать все основные патологические процессы в суставах, включая травматические повреждения, дегенеративно-дистрофические изменения, а также явления воспаления. В зависимости от положения датчика проводится оценка сухожилия четырехглавой мышцы бедра, верхнего полюса надколенника, супрапателлярной сумки, что представляет особое значение в диагностике дегенеративно-дистрофических повреждений и воспалительных процессов сустава. При наличии синовита определяется утолщение синовиальной оболочки, увеличение супрапателлярной сумки, наличие избытка жидкости, что хорошо отражается при проведении УЗИ [11].

Особую роль играет оценка структуры гиалинового хряща сустава и характера его повреждения. Так, УЗИ позволяет судить о степени дегенерации хряща латерального и медиального мыщелков бедренной кости на самых ранних стадиях ОА, когда рентгенография не обнаруживает никаких патологических изменений суставной щели, в частности, ее сужения [12].

Имеется ряд приоритетных технических условий в ультразвуковой диагностике, влияющих на информативность получаемых результатов ультразвукового сканирования. УЗИ мягких тканей и суставов желательно выполнять на аппаратах экспертного класса с использованием высокочастотного широкополосного линейного датчика, работающего в диапазоне 7,5–20 МГц. С помощью нового поколения широкополосных высокочастотных датчиков с высокой плотностью элементов обеспечивается высочайшее точечное разрешение на получаемых диагностических изображениях. Такие датчики обладают повышенной проникающей способностью УЗ-луча, обеспечивают возможность визуализации различных по эхогенности и глубине залегания структур. Получаемые сегодня

с помощью ультразвука диагностические изображения связок и сухожилий, хрящевой ткани и мышц сопоставимы с анатомическими препаратами [13].

Современные ультразвуковые аппараты дают возможность использовать дополнительные режимы сканирования:

1. Режимы цветового и энергетического доплеровского картирования (ЦДК, ЭДК) — для регистрации сосудистых сигналов в зоне обнаруженных изменений. Неоваскуляризация как проявление воспалительной, опухолевой гиперемии отчетливо регистрируется данными режимами, а паттерн распределения сосудистых сигналов позволяет дифференцировать эти патологические изменения.

2. Режим нативной или тканевой гармоники позволяет получить более контрастное, чем при обычном серошкальном сканировании, что особенно важно при визуализации сухожилий, связок, измененной синовиальной оболочки сустава.

3. Режим панорамного сканирования позволяет получить расширенное по площади изображение, что особенно актуально при обширных поражениях периартрикулярных мягких тканей.

4. Трехмерные реконструкции и режим 3D в реальном масштабе времени (так называемое 4D-УЗИ) обеспечивает получение многоплоскостных срезов исследуемых структур и взаимоотношение с окружающими структурами.

Основные принципы ультразвукового исследования костно-мышечной системы включают в себя:

— обязательное использование высокочастотных датчиков и проведение полипозиционного и полипроекционного исследования с применением не только двух перпендикулярных проекций, но и различных косых срезов;

— установку датчика непосредственно вдоль и поперечно изучаемой структуре, что не всегда совпадает со стандартными плоскостями сканирования, применяемыми традиционно при УЗИ;

— обязательное сравнение симметричных структур правой и левой конечности;

— применение двигательных функциональных тестов во время сканирования;

— включение методик ультразвуковой ангиографии (ЦДК, ЭДК).

В настоящее время известно, что субклинически текущий иммунопатологический процесс развивается задолго до появления клинически очевидных признаков остеоартрита и ультразвуковой метод позволяет регистрировать симптомы хондродегенерации, характерной для ОА. Оценка гиалинового хряща проводится по следующим параметрам: характеристика толщины хряща, однородность структуры, ровность поверхности, изменения в области субхондральной кости, сравнение структуры хряща обоих мыщелков бедренной кости, а также определение наличия кист и эрозий.

Различают 4 стадии ОА коленного сустава по УЗИ [14].

1. В первой стадии (соответствует 0 стадии по рентгенографии) определяются нормальные размеры толщины гиалинового хряща — не менее 2 мм, у части больных можно выявить точечные гиперэхогенные краевые остеофиты. Толщина и структуры суставной сумки остаются в пределах нормы. Отмечается небольшое утолщение синовиальной оболочки до 3–4 мм. На этой стадии заболевания рентгенологических изменений, как правило, не обнаруживается.

2. Вторая стадия (соответствует I стадии по рентгенографии) характеризуется неравномерным снижением толщины хряща преимущественно медиальных отделов бедренной кости, а также появление мелких субхондральных кист, субхондрального склероза и формирование краевых остеофитов. У некоторых больных можно обнаружить синовит и пролабирование мениска на $\frac{1}{3}$ его ширины. Кроме этого регистрируется утолщение синовиальной оболочки до 4–5 мм.

3. Третья стадия ОА коленного сустава (соответствует II рентгенологической стадии) характеризуется неравномерным истончением гиалинового хряща до 1 мм с появлением в нем узур и вертикальных трещин до 1 мм, а также образование краевых остеофитов крючковидной формы. Отмечаются пролабирование мениска на $\frac{1}{2}$ его ширины, а толщина синовиальной оболочки увеличивается до 6 мм и резко повышается ее эхогенность.

4. При четвертой стадии (соответствует III рентгенологической стадии ОА) суставной гиалиновый хрящ не визуализируется либо обнаруживается фрагментарно толщиной менее 0,5 мм со значительно повышенной эхогенностью, грубыми массивными остеофитами по всем краям суставных поверхностей, а также практически полным пролабиранием мениска и неоднородностью его структуры. Синовиальная оболочка к этому моменту имеет вид гиперэхогенной, неравномерно утолщенной (от 6 до 7 мм) с наличием в ней участков повышенной акустической плотности.

На рис. 2, 3 представлены диагностические возможности методики УЗИ коленного сустава.

Таким образом, преимуществами метода являются его доступность и возможность выполнения в любой момент, относительная дешевизна по сравнению с другими методами, простота выполнения, возможность проведения исследования в реальном времени и многоплоскостными доступами.

Информация, полученная с помощью УЗИ, может быть сопоставима с более дорогостоящими методиками исследования коленного сустава, такими как МРТ [15]. В случае необходимости повторения этого исследования в динамике, УЗИ занимает лидирующую позицию среди всех лучевых методов диагностики и может существенно дополнить полученную информацию при проведении стандартной

рентгенографии суставов. Однако следует помнить о том, что качество исследования и достоверность полученных результатов напрямую зависят от профессионального навыка врача-специалиста ультразвуковой диагностики.

Магнитно-резонансная томография. Долгое время считалось, что изменение толщины и структуры суставного хряща, формирование остеофитов являются основными признаками ОА, однако, в настоящее время широко признается, что это заболевание всего сустава, включая субхондральную кость, синовиальную оболочку, мениски и связки [16]. В настоящее время нет стандартной МРТ-диагностики ОА, хотя обнаружение отека СХК является частым признаком начальной стадии заболевания, который может быть связан с основными клиническими проявлениями болезни, такими как боль и структурные изменения суставов.

Появление МРТ коренным образом изменило представление об исследовании суставов [17]. На сегодняшний день данная процедура является высокоинформативным методом визуализации и мониторинга течения ОА. МРТ предполагает осмотр тканей сустава в многоплоскостных срезах высокого разрешения без воздействия рентгеновского излучения.

Как было упомянуто выше, ОА — это болезнь, вовлекающая все ткани сустава, поэтому использо-

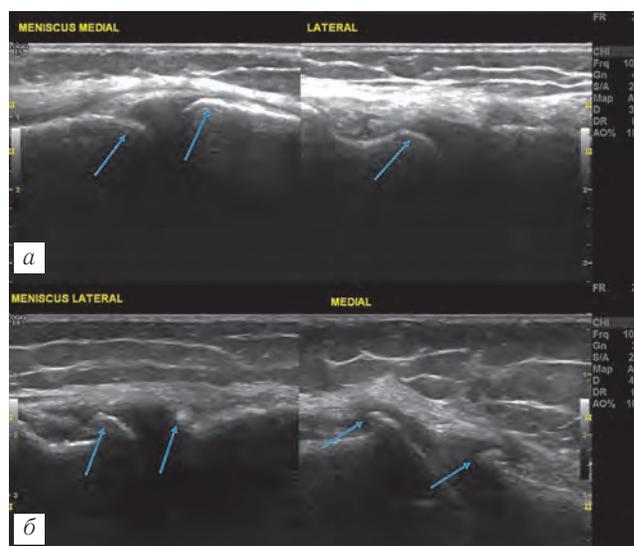


Рис. 2. УЗИ коленного сустава. Визуализация медиального и латерального менисков: а — норма, стрелки указывают на мениски; б — остеофиты (указано стрелками).

вание МРТ расширило границы диагностики по сравнению с рентгенологическим исследованием, позволяющим изучить только костные структуры, и дало возможность оценить весь орган в целом. Такая оценка обычно выполняется с помощью методики WORMS (Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score) [17]. При этом учитываются 14 параметров: поражение костного мозга, изменения СХК, краевые остеофиты, целостность суставного хряща, медиального и латерального мениска, передней

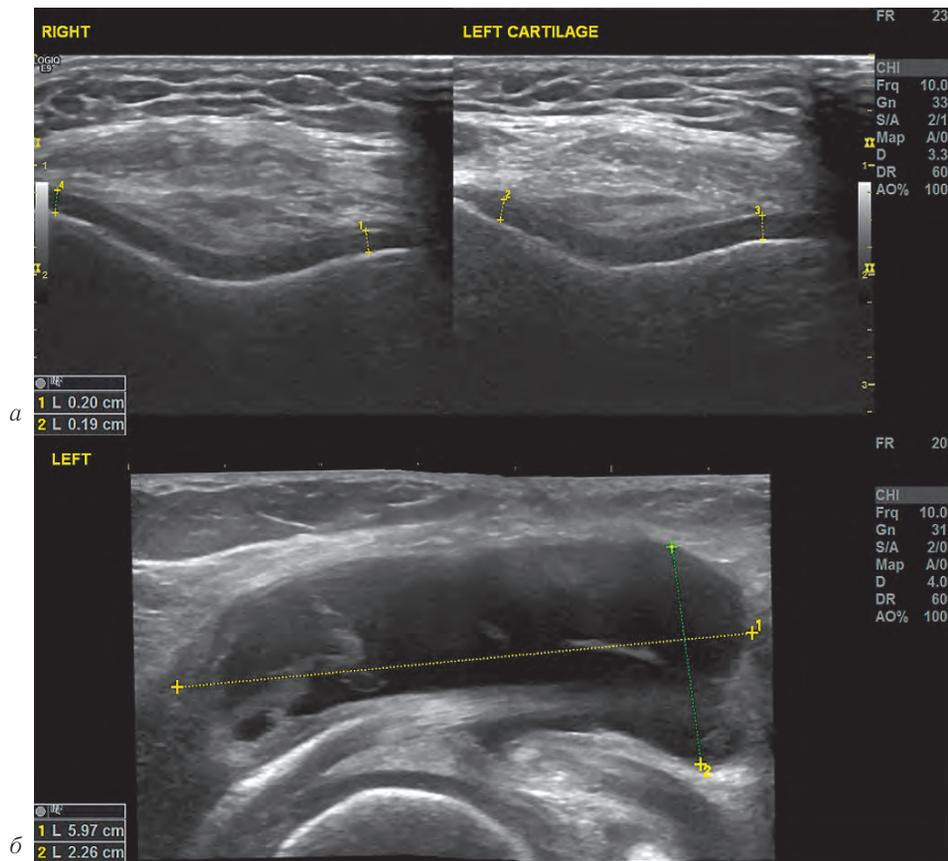


Рис. 3. УЗИ коленного сустава. *a* — нормальная толщина гиалинового хряща обоих коленных суставов; *б* — киста Бейкера 5,97×2,26 мм левого коленного сустава.

и задней крестообразных связок, медиальной и латеральной коллатеральных связок, наличие синовита, внутрисуставных тел, периартикулярных кист, бурсита. Деформация суставных поверхностей оценивается по степени отклонения их контуров от нормы на нескольких томографических изображениях.

Стандартное МР-обследование коленного сустава с акцентом на суставной хрящ включает в себя T2- и протонно-взвешенные (PD) изображения с использованием программ жироподавления и T1-взвешенные градиентные последовательности [19, 20]. Использование такого протокола обследования оказывается недостаточно эффективным особенно на начальных биохимических этапах трансформации хрящевого матрикса. Основными методиками, позволяющими проводить оценку хрящевой ткани на этапе изменения структуры и концентрации коллагена, протеогликанов и межклеточной жидкости, является картирование суставного хряща T2, T1 (T1rho) количественное измерение толщины и объема суставного хряща, а также отсроченное МР-контрастирование суставного хряща препаратами гадолиния (dGERMIC) [21].

Количественное время релаксации T2 — это неинвазивный маркер хрящевой дегенерации, поскольку он является чувствительным к биохимическому составу и степени гидратации ткани [22]. Имобилизация водных протонов в хрящевой ткани с помощью матрикса коллаген-протеогликан способствует затуханию T2, в то время, как подвижные водные протоны

синовиальной жидкости сохраняют высокий сигнал T2. Потеря коллагена и протеогликанов при дегенерации хряща увеличивает подвижность молекул воды, тем самым увеличивая интенсивность сигнала на T2-взвешенных изображениях. Таким образом, время релаксации T2 — это параметр, характеризующий гидрофильность ткани суставного хряща и анизотропию распределения коллагена.

Другим возможным параметром оценки биохимических изменений хрящевой ткани является время релаксации T1rho, которое характеризует собой взаимодействие малой силы между малоподвижными водными молекулами и макромолекулярным окружением. Основным компонентом хряща, оказывающим влияние на подвижность молекул воды, является межклеточное вещество. Уровень протеогликанов в хрящевом матриксе в значимой степени несет ответственность за высокую эластичность и упругость тканей. Таким образом, снижение концентрации протеогликанов, как крупных малоподвижных молекул, может изменять значение параметра T1rho, что и отображает начальные изменения при ОА.

Еще одним методом микроскопической МР-диагностики ОА является методика dGERMIC [23], которая основана на изучении потери гликозаминогликанов (ГАГ) хрящевой ткани. Эти молекулы аккумулируют высокий отрицательный заряд, который обеспечивает прочность тканевого матрикса. Для определения концентрации ГАГ используется специальное контрастное вещество Gd-DTPA2-, также

обладающее отрицательным зарядом. Таким образом, распределение контрастного вещества в суставе будет обратно пропорциональным: в областях с большим уровнем ГАГ концентрация Gd-DTPA2- будет меньше, что будет отражаться на времени релаксации T1. После внутривенного введения препарата гадолиния требуется физическая активность около 10–20 мин для лучшего распределения препарата. Визуализация хряща проводится через 2–5 ч после введения контрастного препарата.

Все количественные методы оценки суставного хряща существенно повысили уровень роли МРТ в диагностике ОА. Каждый из методов уникален и характеризуется своим физическим принципом и точкой приложения в структуре хрящевой ткани, что в совокупности позволяет верифицировать начальные проявления заболевания (рис. 4).

Наличие поражения костного мозга в виде его отека (остеита), по мнению большинства авторов,

болевого синдрома [25]. Однако существует и противоположная точка зрения, а именно — отсутствие ассоциации остеита с интенсивной болью в суставах при ОА. Эти данные были получены при МРТ коленных суставов у 205 пациентов с гонартрозом.

Связь остеита и прогрессирования развития ОА, кроме того, может быть обусловлена деформацией суставов. Очаги остеита отмечались в медиальных отделах сустава у пациентов с варусной деформацией, в то время как латеральные повреждения отмечались при наличии вальгусной деформации коленного сустава.

Подводя итог, следует отметить, что ключевой момент в диагностике ОА ранних стадий — выявление заболевания на начальных стадиях биохимических изменений тканей. Имеющиеся на сегодняшний день количественные методы оценки хряща существенно повысили роль МРТ в диагностике ОА коленного сустава. Каждый из методов обладает своей точкой приложения в структуре гиалинового

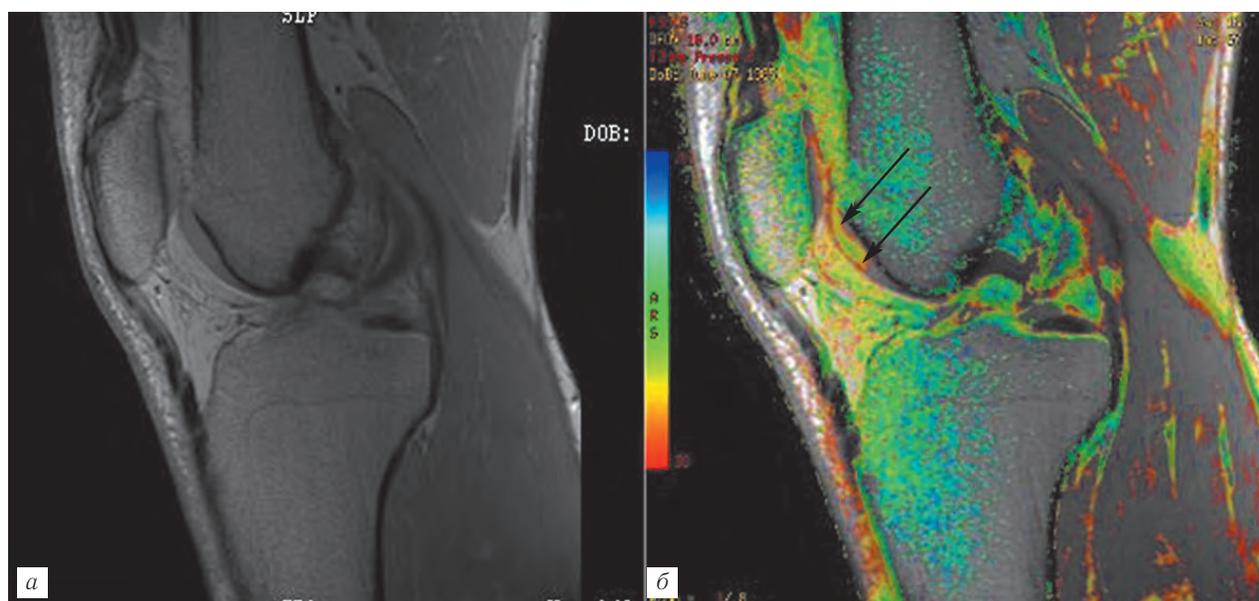


Рис. 4. Сравнение стандартной методики МРТ (а) и методики МРТ с T2-картированием хряща (б) у пациента с ранним остеоартритом. Стрелками обозначены явления отека гиалинового хряща и изменения СХК, не обнаруживаемые при обычной МРТ.

является одним из самых значимых факторов прогрессирования заболевания. Двухлетнее исследование О.-Р. Pelletier и соавт. [24] пациентов с ОА коленных суставов имело целью выявить факторы риска прогрессирования данного заболевания. Анализируя полученные результаты, исследователи пришли к выводу, что наряду с другими факторами остеит занимает одну из лидирующих позиций быстрой потери хряща не только в медиальном отделе, но и во всем коленном суставе. С другой стороны, имеются данные о том, что наличие остеита может быть непостоянным признаком и поэтому не может служить предиктором прогрессирования заболевания.

Некоторые авторы полагают, что наличие остеита коррелирует с тяжестью боли. D. J. Hunter сообщает, что остеит присутствовал у 77,5% пациентов, страдающих болями в коленных суставах, по сравнению с всего лишь 30% тех лиц, которые не отмечали

хряща, что в совокупности позволяет верифицировать минимальные проявления ОА.

Проанализировав все лучевые методы обследования пациентов с ОА коленного сустава с позиции врача-ревматолога, мы предприняли попытку разработки схемы типового обследования больного с данной патологией костной системы. Особый акцент был сделан на ранней диагностике заболевания длительностью до 12 мес, клинических проявлениях синовита и/или повреждения менисков. Основные этапы алгоритма инструментального обследования представлены на рис. 5.

Выводы. В настоящее время лучевые методы обследования нашли широкое применение для верификации ОА. КТ имеет те же недостатки, что и обычная рентгенография, но позволяет получать трехмерное изображение и визуализировать хрящ при использовании контрастных препаратов. УЗИ



Рис. 5. Схема лучевого обследования пациента с подозрением на «остеоартрит коленных суставов».

дает изображение мягких тканей и, в частности, синовиальной оболочки сустава, а также оценивает толщину суставного хряща. МРТ дает возможность исследовать объем, площадь, толщину и качество суставного хряща, а также состояние околоустав-

ных мягких тканей. Современная МРТ с использованием программы T2-картирования хряща является высокоинформативным методом диагностики ранних стадий ОА, что требует включения ее в протокол обследования пациентов с данной патологией.

ЛИТЕРАТУРА

- Насонов Е. Л., Насонова В. А. Ревматология: национальное руководство. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 720 с.
- Беневоленская Л. И., Бржезовский М. М. Эпидемиология ревматических болезней. — М.: Медицина, 2012. — 237 с.
- Смирнов А. В. Рентгенологическая диагностика первичного идиопатического остеоартроза // Русский медицинский журнал. — 2011. — Т. 9, № 7–8. — С. 294–298.
- Дубиков А. И. Остеоартроз: старая болезнь, новые подходы // Современная ревматология. — 2013. — № 2. — С. 82–86.
- Бадюкин В. В. Остеоартроз коленного сустава: клиника, диагностика, лечение // Современная ревматология. — 2013. — № 3. — С. 70–75.
- Мазуров В. И., Онущенко И. А. Остеоартроз. — СПб.: СПбМАПО, 2000.
- Kellgren J. H., Lawrence J. S. Radiographic assessment of osteoarthritis // Ann. Rheum. Dis. — 1957. — Vol. 16. — P. 494–501.
- Жарков П. Л., Удельнова И. А., Пуртова Г. С. Рентгенологическая диагностика артроза // Вестник РНЦРР. — 2010. — № 10. — С. 11–12.
- Алексеева Л. И. Остеоартроз: диагностика и лечение (национальные рекомендации по диагностике и лечению остеоартроза). — М.: Медицина, 2015. — 26 с.
- Васильев А. Ю., Климова И. Б., Шляпак Э. А. и др. Ультразвуковое исследование в оценке состояния коленного сустава при деформирующем остеоартрозе // Вестн. рентгенол. и радиол. — 2001. — № 2. — С. 38–40.
- Букина И. Е. Синовит и кисты Бейкера на ранних стадиях остеоартроза // Клин. мед. — 2002. — Т. 80 (9). — С. 27–30.
- Алешкевич А. И. Ультразвуковая диагностика поражений коленного сустава // Новости луч. диагностики. — 2002. — № 1–2. — С. 48–51.
- Васильев А. Ю. Ультразвуковое исследование в оценке состояния коленного сустава при деформирующем остеоартрозе // Лечащий врач. — 2012. — № 8. — С. 55–58.
- Деджо В. Д., Пономаренко С. А., Могила А. А., Сысун Л. А. Ультразвуковое исследование при дегенеративно-дистрофических и воспалительных заболеваниях коленного сустава // Лучевая диагностика. — 2008. — № 2. — С. 125–130.
- Беляева И. Б., Мазуров В. И., Трофимова Т. Н. Ранний ревматоидный артрит: принципы диагностики и лечения. — СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2007. — 104 с.
- Xu L., Hayashi D., Roemer F. W., Felson D. T., Guermazi A. Magnetic resonance imaging of subchondral bone marrow lesions in association with osteoarthritis // Semin Arthritis Rheum. — 2012. — Vol. 42 (2). — P. 105–118.
- Трофимов Е. А., Мазуров В. И., Трофимова А. В., Уваров С. Ю. Магнитно-резонансная томография кистей в оценке эффективности терапии ревматоидного артрита // Лучевая диагностика и терапия. — 2010. — Т. 1, № 3. — С. 68–73.
- Peterfy C. G., Guermazi A., Zaim S. et al. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis // Osteoarthritis Cartilage. — 2004. — Vol. 12 (3). — P. 177–190.
- Трофимова Т. Н., Карпенко А. К. МРТ-диагностика травмы коленного сустава. — СПб.: СПбМАПО, 2006. — 150 с.
- Гумеров Р. А., Ваганова В. Ш., Трофимова Т. Н. и др. Мениски коленного сустава: морфология, современные методы диагностики их повреждений. — Уфа: Здоровоохранение Башкортостана, 2010. — 178 с.

21. Blumenkrantz G, Majumdar S. Quantitative magnetic resonance imaging of articular cartilage in osteoarthritis [J] // *Eur. Cells Mater.* — 2007. — Vol. 13 (5). — P. 75–86.
22. Насникова И. Ю., Морозов С. П., Филустеев П. А. Магнитно-резонансная томография: методы количественной оценки состояния суставного хряща у больных остеоартрозом // *Российский журнал лучевой диагностики.* — 2011. — Т. 1, № 3. — С. 75–82.
23. Burstein D., Velyvis J., Scott K. T. et al. Protocol issues for delayed Gd(DTPA)(2-)-enhanced MRI (dGEMRIC) for clinical evaluation of articular cartilage // *Magn. Reson. Med.* — 2001. — Vol. 45. — P. 36–41.
24. Pelletier J. P., Raynauld J. P., Berthiaume M. J. et al. Risk factors associated with the loss of cartilage volume on weight-bearing areas in knee osteoarthritis patients assessed by quantitative magnetic resonance imaging: a longitudinal study // *Arthritis Res. Ther.* — 2007. — Vol. 9 (4). — P. 74.
25. Hunter D. J. Insights from imaging on the epidemiology and pathophysiology of osteoarthritis // *Radiol. Clin. North Am.* — 2009. — Vol. 47. — P. 539–551.

REFERENCES

1. Nasonov E. L., Nasonova V. A. *Rheumatologiya: nacionalnoe rukovodstvo*, Moscow: GEOTAR-Media, 2008, 720 p.
2. Benevolenskaya L. I., Brzhezovskij M. M. *Epidemiologiya revmaticeskix boleznej*, Moscow: Medicina, 2012, 237 pp.
3. Smirnov A. V., *Russkij medicinskij zhurnal*, 2011, vol. 9, No. 7–8, pp. 294–298.
4. Dubikov A. I., *Sovremennaya revmatologiya*, 2013, No. 2, pp. 82–86.
5. Badokin V. V., *Sovremennaya revmatologiya*, 2013, No. 3, pp. 70–75.
6. Mazurov V. I., Onushhenko I. A. *Osteoartroz*, SPb.: SPbMAPO, 2000.
7. Kellgren J. H., Lawrence J. S., *Ann. Rheum. Dis.*, 1957, vol. 16, pp. 494–501.
8. Zharkov P. L., Udelnova I. A., Purtova G. S., *Vestnik RNCRR*, 2010, No. 10, pp. 11–12.
9. Alekseeva L. I. *Osteoartroz: diagnostika i lechenie (nacionalnye rekomendacii po diagnostike i lecheniyu osteoartroza)*, M.: Medicina, 2015, 26 p.
10. Vasilev A. Yu., Klimova I. B., Shlyapak E. A. et al., *Vestn. rentgenol. i radiol.*, 2001, No. 2, pp. 38–40.
11. Bukina I. E., *Klin. med.*, 2002, vol. 80 (9), pp. 27–30.
12. Aleshkevich A. I., *Novosti luch. diagnostiki*, 2002, No. 1–2, pp. 48–51.
13. Vasilev A. Yu., *Lechashhij vrach*, 2012, No. 8, pp. 55–58.
14. Dedzho V. D., Ponomarenko S. A., Mogila A. A., Sysun L. A., *Luchevaya diagnostika*, 2008, No. 2, pp. 125–130.
15. Belyaeva I. B., Mazurov V. I., Trofimova T. N., *Early rheumatoid arthritis: diagnosis and treatment principles*, SPb.: SPbMAPO, 2007, 104 p.
16. Xu L., Hayashi D., Roemer F. W., Felson D. T., Guermazi A., *Semin. Arthritis Rheum.*, 2012, vol. 42 (2), pp. 105–118.
17. Trofimov E. A., Mazurov V. I., Trofimova A.V., Uvarov S. Yu., *Luchevaya diagnostika i terapiya*, 2013, vol. 1, No. 3, pp. 68–73.
18. Blumenkrantz G, Majumdar S., *Eur. Cells Mater*, 2007, vol. 13 (5), pp. 75–86.
19. Trofimova T. N., Karpenko A. K. *MRT-diagnostika travmy kolennogo sustava*, SPb.: SPbMAPO, 2006, 150 p.
20. Gumerov R. A., Vagapova V. SH., Trofimova T. N. et al., *The menisci of the knee: morphology and modern methods of diagnostics of their damages*, Ufa: Zdravoohranenie Bashkortostana, 2010, 178 p.
21. Peterfy C. G., Guermazi A., Zaim S. et al., *Osteoarthritis Cartilage*, 2004, vol. 12 (3), pp. 177–190.
22. Nasnikova I. Yu., Morozov S. P., Filisteev P. A., *Rossiiskij zhurnal luchevoj diagnostiki*, 2011, vol. 1, No. 3, pp. 75–82.
23. Burstein D., Velyvis J., Scott K. T. et al., *Magn. Reson. Med.*, 2001, vol. 45, pp. 36–41.
24. Pelletier J. P., Raynauld J. P., Berthiaume M. J. et al., *Arthritis Res. Ther.*, 2007, vol. 9 (4), pp. 74.
25. Hunter D. J., *Radiol. Clin. North Am.*, 2009, vol. 47, pp. 539–551.

Поступила в редакцию: 27.06.2016 г.

Контакт: Трофимова Анна Сергеевна, Anna.Bukatsetl@szgmu.ru.

Сведения об авторах:

Трофимова Анна Сергеевна — врач-ревматолог, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41. e-mail: Anna.Bukatsetl@szgmu.ru;

Трофимов Евгений Александрович — кандидат медицинских наук, доцент кафедры терапии и ревматологии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41. e-mail: evgeniy.trofimov@szgmu.ru;

Кахели Мака Александровна — заведующая отделением УЗД, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41. e-mail: maka.kakheli@szgmu.ru.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2016 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177