

Возможности магнитно-резонансной томографии в диагностике повреждений костных структур лучезапястного сустава и кисти и их осложнений

Ю.В. Буковская

Поликлиника ОАО «Газпром»

В статье представлены возможности и ограничения магнитно-резонансной томографии в диагностике повреждений костных структур лучезапястного сустава и кисти. Показано преимущество метода в определении ушибов костного мозга, микропереломов и скрытых переломов, а также в выявлении осложнений повреждений костных структур лучезапястного сустава и кисти.

Повреждения лучезапястного сустава и кисти являются частыми травмами скелета, их доля составляет не менее 35% от общего числа травм конечностей. К тому же во многих случаях они ведут к длительному ограничению работоспособности, а иногда и к инвалидности [1, 4]. Диагностика повреждений данной области имеет немало особенностей и требует специальных знаний и опыта. Большую часть диагностических проблем позволяют решить рентгенологические методы исследования. Однако все они ограничены в визуализации костного мозга и повреждений мягких тканей. Единственным лучевым методом, позволяющим комплексно оценить повреждения лучезапястного сустава и кисти, является магнитно-резонансная томография (МРТ).

Магнитно-резонансная томография лучезапястного сустава и кисти проводится с использованием специализированных или гибких поверхностных катушек. Протокол МРТ-исследования включает импульсные последовательности, которые позволяют получить T1-, T2- и протон-взвешенные изображения в ортогональных плоскостях. Основной протокол дополняется импульсными последовательностями с подавлением МР-сигнала жира (STIR, SHIRT), изображения которых являются весьма чувствительными при выявлении выпотов и отеков костного мозга.

Одним из патологических состояний, наиболее часто встречающихся при повреждениях

костей лучезапястного сустава и кисти, является **ушиб костного мозга**, который определяется только при МР-исследовании, особенно демонстративно на изображениях с подавлением МР-сигнала от жира. На изображениях с подавлением МР-сигнала от жира (в режиме STIR, SHIRT) ушиб кости определяется как зона субкортикального или субхондрального повышения МР-сигнала в пределах губчатого вещества. На T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ) отмечается зона умеренного снижения МР-сигнала (рис. 1 а, б). Морфологически ушиб костного мозга проявляется нарушением целостности трабекул костной ткани с кровоизлиянием и отеком костного мозга. Однако, несмотря на повреждение трабекул костной ткани, рентгенологические исследования, включая КТ, не позволяют обнаружить патологические изменения.

По расположению ушиба костного мозга в кости и по отношению к травмированным связкам и сухожилиям теоретически можно судить о механизме полученной травмы. Ушиб костного мозга в месте разрыва связки демонстрирует микроавульсивное повреждение, а расположение отека костного мозга контрлатерально по отношению к месту разрыва связки свидетельствует о непосредственном повреждении связки и прямом ударном механизме ушиба [3]. При травмах сухожилий можно наблюдать отек костного мозга под поврежденным сухожилием, сроки выявления которого определяются длительностью острой фазы повреждения сухожилия. При динамическом обследовании пациентов признаки ушиба костного мозга по данным МРТ исчезают не ранее чем через 3–4 мес.

Микропереломы – микроструктурные повреждения костной ткани, выявляемые только при МРТ. В губчатом веществе кости на фоне зон отека костного мозга на T1-ВИ ви-



Рис. 1. Ушиб костного мозга метаэпифиза лучевой и ладьевидной костей (стрелки). Фронтальные МР-томограммы: а – T1-ВИ, б – T2-ВИ.

зуализируются гипоинтенсивные, а на T2-ВИ с подавлением МР-сигнала от жира – гиперинтенсивные сигналы линейной, очаговой или зигзагообразной формы (рис. 2). При этом кортикальный слой остается, как правило, неповрежденным. На рентгенограммах и компьютерных томограммах повреждения костной ткани не выявляются как в ранние, так и в отсроченные периоды. Известно, что микропереломы, возникающие и заживающие в условиях физиологической нагрузки, способствуют возникновению переломов рядом лежащих костных балок, на которые падает удвоенная нагрузка, и, таким образом, количество микропереломов может увеличиваться. Поэтому впоследствии даже травма незначительной силы может явиться фактором, вызывающим перелом. По данным анатомов В.Э. Янковского и соавт., изучавшим микроструктурные нарушения костной ткани, при переломах возникают микротрещины, которые зарождаются в местах, где имеются неоднородности и дефекты костной ткани: питательные отверстия, костные лакуны и кисты.

Термин **“скрытые переломы”** применяется для переломов, первично не выявленных рентгенологическими методами [2, 3]. Более



Рис. 2. Микропереломы метафиза лучевой кости. На фронтальной МР-томограмме (T2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира) выявляется линия микроперелома (длинная стрелка) на фоне отека костного мозга (короткая стрелка.)

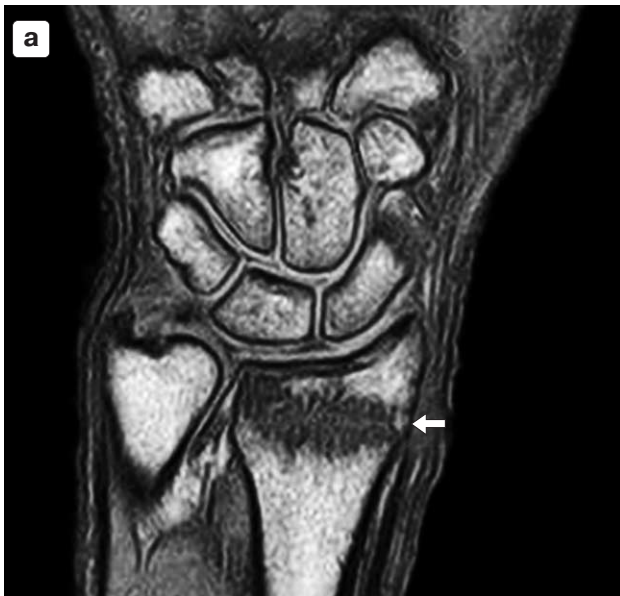


Рис. 3. Скрытый перелом метаэпифиза лучевой кости. На фронтальных МР-томограммах T1-ВИ (а) и T2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира (б) определяется линия перелома (стрелка), окруженная зоной отека костного мозга. Через 1 мес на рентгенограмме в прямой проекции (в) определяются остеосклеротические изменения по ходу ранее выявляемой линии перелома (стрелка).

35% рентгенонегативных повреждений лучезапястного сустава и кисти при наличии выраженных клинических проявлений распознаются только при МРТ [8, 9]. Линия перелома визуализируется как на T1-ВИ, так и на T2-ВИ в виде линейной структуры неправильной формы, пониженной интенсивности, окруженной зоной отека. Демонстративнее всего скрытые переломы определяются на изображениях с подавлением МР-сигнала от жира. Только через 5–10 дней после травмы на отсроченных рентгенограммах появляется линия перелома. Гиперемия, воспаление и ре-

зорбция кости в месте перелома, возникающие в самых ранних стадиях заживления перелома, приводят к просветлению линии перелома. Через 1,5–2 мес после травмы рентгенография и спиральная КТ пациентов со скрытыми переломами позволяют визуализировать незначительные облаковидные остеосклеротические изменения по ходу линии перелома как проявления репаративного процесса. Чаще скрытые переломы области лучезапястного сустава и кисти встречаются в дистальном отделе лучевой кости, в ладьевидной и 1-й пястной кости (рис. 3 а, б, в).

Стрессовые реакции расцениваются в зарубежной литературе как субклинические стрессовые переломы, вызванные синдромом перегрузки на кость [6, 7]. Примером стрессовой реакции является отек костного мозга полулунной кости в ответ на постоянное увеличивающееся давление на нее. Это бывает вызвано анатомическим расположением полулунной кости и неблагоприятным перемещением нагрузки с головчатой кости через полулунную на лучевую, что может быть усилено сопутствующим “минус-вариантом” локтевой кости. С течением месяцев и лет хронический отек костного мозга приводит к тому, что костный мозг становится фиброзным и склерозированным, что нарушает кровоснабжение полулунной кости и приводит к возникновению аваскулярного некроза.

Стрессовые переломы делятся на две группы: усталостные, происходящие в результате воздействия сильного удара, и переломы недостаточности, возникающие при нормальном нажиме, приложенном к кости с недостаточной эластичностью (например, остеопоротически измененной кости). МР-семиотика стрессовых переломов аналогична скрытым переломам костей лучезапястного сустава и кисти. Однако в отличие от скрытых переломов патологические изменения определяются и рентгенологически в виде периостальной реакции и появления полос склероза в медуллярном слое кости. Стрессовые переломы встречаются чаще у спортсменов-теннисистов, гимнастов, гольфистов в дистальном метаэпифизе лучевой кости, в ладьевидной, реже – в полулунной и крючковидной костях.

Переломы костей лучезапястного сустава и кисти в первую очередь диагностируются рентгенологическими методами. Показаниями к проведению МРТ являются клиника повреждения костей при рентгенонегативных данных, подозрение на асептический некроз костей запястья, ранняя диагностика осложнений. МР-семиотика переломов костей лучезапястного сустава и кисти включает в себя наличие линии перелома, уточнение ее соотношений с суставной поверхностью эпифиза, а также оценку наличия и смещения отломков. Линия перелома представлена низкоинтенсивным МР-сигналом линейной формы как на T1-, так и на T2-ВИ, доходящим до края кости. В острую стадию вокруг линии перелома на T2-ВИ выявляется высокоинтенсивная зона отека костного мозга.

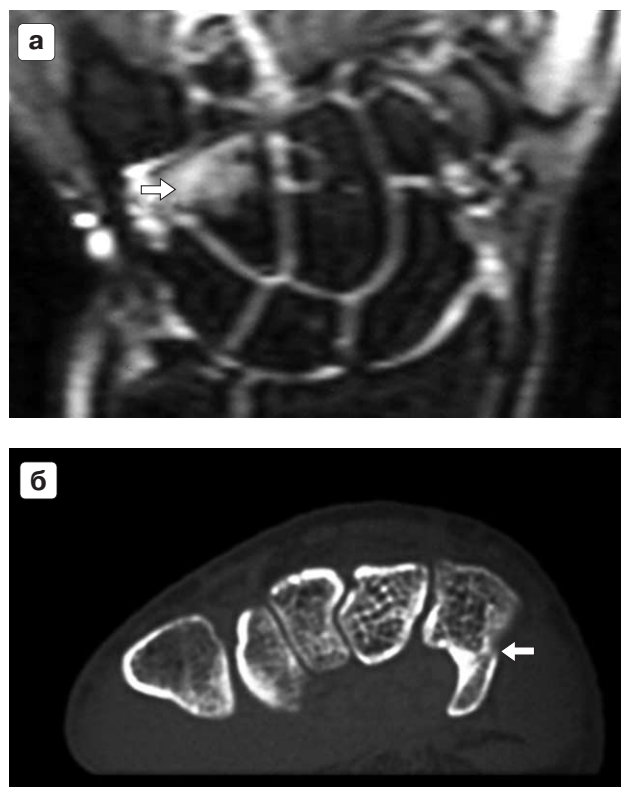


Рис. 4. Перелом крючка крючковидной кости: а – на фронтальной МР-томограмме (T1-ВИ с подавлением МР-сигнала жира) определяется отек костного мозга крючка (стрелка), линия перелома не визуализируется; б – на аксиальная компьютерной томограмме определяется линия перелома крючка (стрелка).

В оценке повреждений костных структур лучезапястного сустава и кисти у МРТ есть ряд недостатков.

1. Вследствие мозаичности изменения МР-сигнала в зоне перелома нередко бывает сложно оценить количество отломков, их взаимное расположение и точные размеры, особенно в костях запястья.

2. МРТ уступает в диагностике малых краевых и внутрисуставных переломов на фоне отека костного мозга (рис. 4 а, б).

3. МРТ не может быть использована при наличии металлоконструкций.

4. Интерпретация МР-изображений после снятия металлоконструкций и удаления спиц может быть затруднена, так как сохраняющиеся микрочастицы металла дают порой выраженные артефакты, которые представляют собой фокусы снижения сигнала в центральных отделах, окруженные ярким с четким контуром гиперинтенсивным ободком по периферии.



Рис. 5. Перелом ладьевидной кости без смещения (стрелка). Фронтальные МР-томограммы, T1-ВИ.

Среди всех переломов костей запястья чаще всего подвергается переломам ладьевидная кость. Общеизвестно, что нередко возникают сложности в диагностике свежих переломов ладьевидной кости. Рутинные рентгенограммы, включающие передне-заднюю, боковую и косую проекции, могут не выявить перелома. Если врач подозревает перелом на основании клиники, то для его подтверждения могут потребоваться правая и левая косые проекции, а также томограммы. Несмотря на это, иногда на снимке перелом можно обнаружить только через 5–10 дней с момента травмы.

МРТ позволяет уверенно диагностировать как свежие, так и скрытые переломы ладьевидной кости. Линия перелома, вне зависимости от стадии перелома, имеет пониженную интенсивность МР-сигнала как на T1-ВИ, так и на T2-ВИ, окруженную зоной отека костного мозга и кровоизлияния (рис. 5 а, б). По данным МРТ можно определить три основных типа прохождения линии перелома по отношению к длинной оси ладьевидной кости: поперечные (60%), косогоризонтальные (35%) и малоблагоприятные косовертикальные, встречающиеся в 5–6%. Они не только хуже распознаются рентгенологически, но и требуют для своего сращения более длительного времени (до 12–14 нед). Знание типов прохождения линии перелома необходимо для определения сроков иммобилизации и прогнозирования осложнений.

Выделяют три основных вида переломов ладьевидной кости по локализации: на уровне

дистальной трети (10–15%), средней трети (65–70%) и на уровне проксимальной трети (15–20%). Чем проксимальнее расположена линия перелома, тем хуже условия заживления из-за нарушения кровоснабжения и тем выше вероятность развития осложнений: асептического некроза или замедленного сращения.

Аваскулярный некроз в 30% случаев сопутствует переломам проксимальной трети **ладьевидной кости**, неадекватно репонированным переломам со смещением, оскольчатым или неадекватно иммобилизированным переломам. Основная причина развития асептического некроза – нарушение трофики участка кости при повреждении питающих артерий. Предрасполагающими факторами к развитию остеонекроза ладьевидной кости являются анатомические особенности строения запястья. Так, сосуды, питающие кости запястья, не проникают через хрящ, а входят через крепящиеся к бугристостям связки и отверстия питающих артерий. Кровоснабжение здесь достаточно скудное и идет от дистального конца кости. При переломах нарушается целостность артериальной веточки, проходящей вдоль косточки. Чаще всего травматическим асептическим некрозом осложняется медиальная часть ладьевидной кости при поперечном ее переломе.

На ранней стадии развития процесса интенсивность МР-сигнала в некротизированном фрагменте снижена на T1-ВИ и повышена на T2-ВИ, что не всегда позволяет отличить от отека, возникшего в результате перелома



Рис. 6. Псевдоартроз ладьевидной кости (стрелка). Склеротическое перерождение. Фронтальные МР-томограммы: а – T1-ВИ; б – T2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира.

или псевдоартроза. Устойчивость таких изменений МР-сигнала в одном из фрагментов в течение более 6 нед после травмы при нормализации МР-сигнала в другом фрагменте явно свидетельствует о развитии аваскулярного некроза. Еще одним относительно надежным свидетельством некроза является отсутствие контрастного усиления при наличии его в другом фрагменте, а также сохранение отека в обоих фрагментах. На более поздней стадии аваскулярный некроз характеризуется снижением МР-сигнала на T1-ВИ и T2-ВИ за счет проявлений фиброза и склероза.

Определение жизнеспособности фрагментов перелома ладьевидной кости имеет прогностическое и терапевтическое значение. Нарушение жизнеспособности увеличивает вероятность развития псевдоартроза и уменьшает успешность консервативного лечения.

Несращение перелома в течение 3 мес после травмы называют замедленным заживлением кости, а устойчивое несращение в течение 6 мес – псевдоартрозом. Частота псевдоартрозов ладьевидной кости достигает 5–10%. Рентгенологически псевдоартроз подразделяется на 3 стадии, требующие разного лечения. Первая стадия характеризуется резорбцией с расширением линии перелома, при которой ограничиваются иммобилизацией. При второй (образовании кист) и 3-й (склерозе фрагментов) стадиях требуется хирургическое вмешательство. Диагноз “псевдоартроз” ставится лишь в случае, если линия перелома остается видимой через всю ширину поврежденной кости.

При МРТ псевдоартроз выглядит неоднородным. Ложный сустав, как правило, проявляется в виде повышения МР-сигнала на T2-ВИ. Отек костного мозга в прилегающих фрагментах визуализируется в виде понижения МР-сигнала на T1-ВИ и повышения – на T2- и STIR-ВИ. Возникающие кисты демонстрируют круглый сигнал низкой интенсивности на T1-ВИ и высокой интенсивности на T2-ВИ. Склеротическое перерождение постепенно понижает интенсивность МР-сигнала на всех изображениях (рис. 6 а, б). Применение внутривенного контрастирования позволяет получить информацию относительно жизнеспособности фрагментов.

Неадекватное лечение перелома полулунной кости может привести к остеонекрозу проксимального фрагмента полулунной кости с рассасыванием (**болезнь Кинбека**). Кроме того, хроническая микротравматизация также способствует развитию болезни Кинбека. В настоящее время рассматривают 4 рентгеноморфологические стадии поражения:

- 1-я стадия – легкая уплотненность структуры (склероз) без изменения формы кости;
- 2-я стадия – склероз, субхондральные просветления, легкое уплотнение выпуклых контуров кости;
- 3-я стадия – коллапс и фрагментация полулунной кости;
- 4-я стадия – коллапс, фрагментация и вторичные изменения в виде деформирующего артроза.

Использование МРТ в диагностике и стадировании аваскулярного некроза полулун-



Рис. 7. Болезнь Кинбека. Отек костного мозга полулунной кости (стрелка). Сагиттальные МР-томограммы: а – T1-ВИ; б – T2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира.

ной кости, а также отслеживание его течения привело к принципиально новым критериям в интерпретации его проявлений и к возникновению нового подхода в понимании лежащих в основе патологических процессов. При 1-й и 2-й стадиях конфигурация и архитектура полулунной кости сохраняются. При 3-й стадии полулунная кость фрагментирована. 4-я стадия характеризуется вторичными дегенеративными изменениями, в частности, в шиловидном отростке лучевой кости.

Ранняя стадия (1-я стадия). Характеризуется минимальным ослаблением интенсивности МР-сигнала на T1-ВИ, охватывающим всю полулунную кость. На T2-ВИ отмечается некоторое повышение интенсивности МР-сигнала. После внутривенного введения контрастного вещества (15 мл препаратов гадолиния) можно наблюдать однородное от среднего до интенсивного его усиление. Такое усиление

лучше всего различается на изображениях с подавлением МР-сигнала от жировой ткани. При этом на рентгенограммах кость выглядит неизменной (стадия 1 а) или с проявлениями однородного склерозирования (стадия 1 б).

Прогрессирование (2-я стадия). Локальные точечные зоны более выраженного понижения МР-сигнала на T1-ВИ. Эти зоны в первую очередь покрывают подхрящевой проксимальный участок кости напротив луча и характеризуются прогрессирующим повышением МР-сигнала на T2-ВИ. Они соответствуют локальным некротическим зонам с начинающейся кистозной трансформацией. В отличие от остальной части полулунной кости эти зоны не накапливают контрастного вещества. Может возникнуть и прогрессирующее диффузное снижение интенсивности МР-сигнала, где не происходит накопления контрастного вещества (рис. 7 а, б).

Поздняя стадия (3-я стадия). Полулунная кость претерпевает структурные изменения с потерей высоты, фрагментацией и вытяжением в сагитальном направлении. На T2-ВИ между некротическими костными участками обнаруживаются локальные, или рассеянные, зоны повышения интенсивности МР-сигнала. Контрастное усиление, если и наблюдается, то в периферических зонах или точечными участками в ткани с репаративной грануляцией. Контрастирование препаратами гадолиния становится неравномерным и неоднородным.

Хронический аваскулярный некроз (4-я стадия). Нестабильность, обусловленная фрагментацией полулунной кости, представляет собой отчасти ладьевидно-полулунную нестабильность. Это может привести к дегенеративным изменениям в шиловидном отростке лучевой кости, а позднее даже в среднезапястном сочленении. Обнаружение таких дегенеративных изменений имеет важное клиническое значение, поскольку они в значительной степени ухудшают прогноз восстановительной хирургии (рис. 8 а, б).

В результате нерепонированных компрессионных переломов дистального отдела лучевой кости суставные поверхности лучезапястного сустава имеют ступенчатую деформацию. Возникающее из-за этого неблагоприятное распределение нагрузки на сустав способно повредить хрящевую ткань, полулунную кость, суставной диск и локтевую кость. МРТ позволяет выявлять изменения в полулунной и локтевой костях, проявляющиеся в виде образования кист, склеротических изменений, а также появления зон отека костного мозга (рис. 9 а, б). Повреждения суставного диска регистрируются в виде участков повышения МР-сигнала на T1- и T2-ВИ, достигающих до края диска, а локальное скопление жидкости в дистальном лучелоктевом сочленении имеет отображение в виде повышения МР-сигнала на T2-ВИ и изображения с подавлением сигнала от жира и понижением МР-сигнала на T1-ВИ (рис. 10 а, б).

Большая часть переломов костей запястья **осложняется транзитной невропатией** чаще всего срединного нерва. Переломы гороховидной кости, крючка крючковидной кости и оснований пястных костей могут осложняться невропатией локтевого нерва. Изменения срединного и локтевого нервов регистрируются на МР-томограммах в виде повышения МР-сигнала на T2-ВИ и утолщения нерва за счет отека (рис. 11).



Рис. 8. Болезнь Кинбека. Хронический аваскулярный некроз полулунной кости, 4-я стадия (стрелка). Фронтальные МР-томограммы: а – T1-ВИ; б – T2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира.



Рис. 9. Деформирующий остеоартроз кистевого сустава. Фронтальные МР-томограммы: а – Т1-ВИ; б – Т2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира.



Рис. 10. Повреждение суставного диска (стрелка). Фронтальные МР-томограммы: а – Т1-ВИ; б – Т2-ВИ с подавлением МР-сигнала жира.

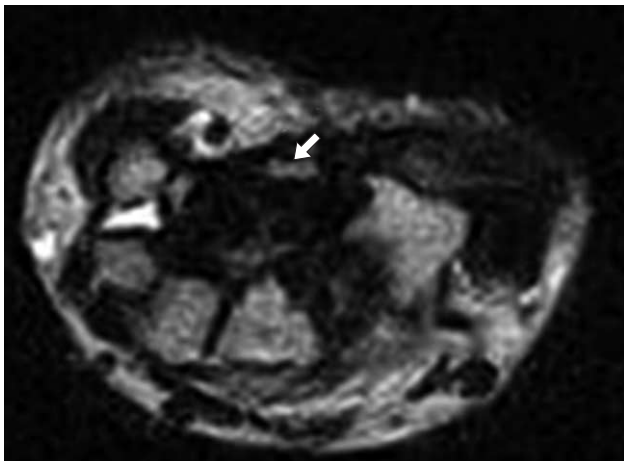


Рис. 11. Синдром запястного канала. На аксиальной МР-томограмме определяются утолщение срединного нерва и повышение интенсивности его МР-сигнала на T2-ВИ (стрелка).

Таким образом, магнитно-резонансная томография расширяет представление о повреждениях костей лучезапястного сустава и кисти и их осложнениях, что дает возможность проводить более адекватное лечение.

Список литературы

1. *Ашкенази А.И.* Хирургия кистевого сустава. М.: Медицина, 1990. 352 с.
2. *Брюханов А.В.* Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний суставов: Автореф. дис. докт. мед. наук. Обнинск, 1998. 18 с.
3. *Витько Н.К., Зубанов А.Г., Серых М.В.* Магнитно-резонансная томография в диагностике повреждений костей голеностопного сустава // Медицинская визуализация. 2002. № 3. С. 22–28.
4. *Черемисин В.М., Ищенко Б.И.* Неотложная лучевая диагностика механических повреждений. СПб.: Гиппократ, 2003. 447 с.
5. *Янковский В.Э., Горяинов О.П., Клевно В.А. и др.* Микронарушения костной ткани // Ортопедия, травматология и протезирование. 1991. № 10. С. 9–12.
6. *Anderson M.W., Kaplan P.A., Dussault R.G. et al.* Magnetic resonans imaging of the wrist // Curr. Prob. Diag. Radiol. 1998. Nov. Dec. P. 191–226.
7. *Berguist T.H.* MRT of the musculoskeletal system, 4th ed. // Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2001. P. 773–841.
8. *Lohman M., Kivisaari A., Vehmas T. et al.* MR imaging of suspected trauma of the wrist bones // Acta Radiol. 1999. 40. P. 615–618.
9. *Stabler A., Vahlensieck M.* MRI of the musculoskeletal system // Thieme. 2000. P. 105–136.

НОВЫЕ КНИГИ

Количественные критерии оценки эффективности лечения рака молочной железы / Ред. Р.В. Ставицкий, Г.А. Паньшин. М., 2007. 192 с.

Королюк И.П. Современные информационные технологии в преподавании лучевой диагностики: Учебное пособие / И.П. Королюк. Федеральное агентство по здравоохранению и социальному развитию. Самара: ИПК "Содружество", 2007. 74 с.

Лучевая диагностика. Т.1. / Под ред. Г.Е. Труфанова. М.: Гэотар Медицина, 2007.

Основные анатомические и физиологические данные для использования в радиационной безопасности: Публикация МКРЗ 89: Пер. с англ. / Под ред. М.Б. Кеирим-Маркуса. М.: Медкнига, 2007. 318 с.

Пашина И.В., Сидоров Г.А. Медицинская информатика: Учебно-методическое пособие для самоподготовки студентов лечебного, стоматологического, медико-профилактического, педиатрического факультетов. Курск: Изд-во КГМУ, 2007. 124 с.

Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. В 2 т. М.: МЕДпрессИнформ, 2007. Т. 2.