

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ВСЕГО ТЕЛА (DWIBS). ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В КОСТНОЙ ПАТОЛОГИИ

А.К. Морозов, А.Н. Махсон, И.Н. Карпов

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, ГАУЗ «Московская городская онкологическая больница №62»
Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, РФ

Проведено исследование с целью определения роли и места МРТ всего тела в режиме DWIBS в ранней диагностике онкологической патологии опорно-двигательного аппарата человека. Обследовано 256 пациентов с подозрением на онкологическое заболевание. Полученный сигнал оценивали по шкале истинных интенсивностей сигнала в минимальном объеме исследования (вокселе), проведенной через объемное образование или в выделенной площади произвольной формы. Результаты исследования верифицировали с помощью стандартных протоколов МРТ (T1, T2, STIR), контрастного усиления, МСКТ, радионуклидного и морфологического исследований. Показана высокая чувствительность метода к патологически измененным тканям со сниженным коэффициентом диффузии воды. Магнитно-резонансная томография в режиме DWIBS может быть рекомендована как неинвазивный скрининговый метод исследования для выявления онкологического процесса как первичного, так и вторичного (метастазы) характера.

Ключевые слова: лучевая диагностика, новообразование, метастаз, воспаление, МРТ, КТ, рентгенография, диффузно-взвешенные изображения, DWIBS.

Magnetic Resonance Imaging of the Whole Body (DWIBS). Potentialities and Perspectives for Application in Bone Pathology

A.K. Morozov, A.N. Makhson, I.N. Karpov

Central Institute of Traumatology and Orthopaedics named after N.N. Priorov,
City Oncologic Hospital №62, Moscow, Russia

The purpose of the study was to determine the role and place of whole body MRI with DWIBS in diagnosis of human loco-motor system oncologic pathology. Two hundred fifty six patients with presumptive diagnosis of oncologic disease were examined. Obtained signal was evaluated by true signal intensity scale in minimal examination volume (voxel), either drawn through the volumetric lesion or in an isolated area of arbitrary shape. Study results were verified using standard MRI protocols (T1, T2, STIR), contrast enhancement, MSCT, radionuclide and morphologic examination. High sensitivity of the technique to pathologically changed tissues with reduced water diffusion coefficient was demonstrated. Magnetic resonance diffusion-weighted whole-body imaging with DWIBS may be recommended as noninvasive screening technique for the diagnosis of both primary and secondary (metastases) oncologic process.

Key words: radiation diagnosis, neoplasm, metastasis, inflammation, MRT, CT, roentgenography, diffusion-weighted imaging, DWIBS.

Введение. Современная лучевая диагностика заболеваний опорно-двигательного аппарата базируется на высокотехнологичных методах — цифровой рентгенографии, мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), применении различных видов контрастирующих веществ, радиоизотопных препаратов. С помощью каждой из этих методик в отдельности более чем в 50% случаев [1, 2] удается определить генез заболевания. При комплексном их применении частоту верификации можно повысить до 80% [3–5], однако это не всегда выполнимо по ряду известных причин (инвазивность, отрицательное воздействие на организм контра-

стирующих препаратов, дороговизна всего комплекса исследований и т.п.). Тем более затруднено применение лучевых методов в скрининговом исследовании всего тела при подозрении на онкологическую патологию, метастатические поражения скелета, начальные стадии злокачественного процесса [6, 7]. Применение в этих случаях радиоизотопного скенирования ввиду неудовлетворительного пространственного разрешения, полиморфности процессов, сопровождающихся накоплением радиофармпрепарата, инвазивности методики не всегда способствует пониманию сущности патологического процесса [8]. Так, например, очаги воспалительного характера, выраженные локальные

дегенеративно-дистрофические изменения, ткани в ранний период травмы, злокачественные и доброкачественные объемные процессы, метастатические поражения имеют схожие характеристики накопления препарата [9, 10]. Это характерно также и для контрастирования препаратами йода (МСКТ) и гадолиния (МРТ) [11, 12]. Диагностические критерии при этих исследованиях имеют относительную ценность и для правильной их интерпретации в большинстве случаев необходимо дополнительное комплексное обследование. Еще одним способом повышения информативности может стать разработка новых и совершенствование существующих технологий лучевой диагностики.

Существенную помощь в определении злокачественности оказывают количественные оценки диффузно-взвешенных последовательностей — метод DWI и его модификация DWIBS (Diffusion Weighted Whole Body Imaging with Background Body Signal Supression — диффузно-взвешенные изображения всего тела с подавлением фонового сигнала тела) — исследование сегмента или всего тела при различных характеристиках b-фактора (от 1 до 1000), являющегося параметром DWI-техники и определяющего чувствительность МР-томографа к диффузии молекул воды в тканях. Принятые в клинических исследованиях так называемые apparent diffusion coefficient (ADC) вычисляются при различных величинах b-фактора (от 0 до 1000). Показано, что величина ADC (скорость диффузии воды) равная или меньшая $1,03 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ является серьезным основанием для подозрения на злокачественность объемного образования или малигнизацию. Естественно, что морфологическую характеристику объемного образования по данным DWI и ADC получить невозможно ввиду отсутствия специфичности скорости диффузии к виду неопластического процесса.

Цель исследования: определить роль и место МРТ всего тела в режиме DWIBS в ранней диагностике онкологической патологии опорно-двигательного аппарата человека.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Магнитно-резонансная томография всего тела была выполнена 256 пациентам с подозрением на первичный и вторичный (метастатическое поражение) опухолевый процесс. Исследования проводили на МР-томографе INJENIA-1,5T (Philips) с использованием режима DWIBS. Общая длина сканирования тела не превышала 210 см. Обработку полученных данных осуществляли на рабочей станции. Проводили количественную оценку сигнала по шкале истинных интенсивностей сигнала в минимальном объеме исследования (вокселе), проведенной через объемное образование или в выделенной площади произвольной формы. Участки измененного МР-сигнала оценивали как низко-, средне- и высокоинтенсивные. Результаты исследования верифицировали с помощью стандар-

тных протоколов МРТ (T1, T2, STIR), контрастного усиления, МСКТ, радионуклидного и морфологического исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех исследованиях определена высокая чувствительность DWIBS к патологически измененным тканям со сниженным коэффициентом диффузии воды. Величина интенсивности сигнала, измеренная у объектов с повышенной яркостью на аксиальных DWIBS взвешенных изображениях (ВИ) по встроенной шкале МР-томографа, варьировалась от 2000 до 12 000. Граница между объемными образованиями злокачественного характера и прочими патологическими процессами (доброкачественные опухоли, воспалительные и дегенеративно-дистрофические заболевания) находилась в пределах от 6000 до 8000 единиц. Более низкие значения были характерны для доброкачественных процессов, высокие указывали на злокачественное перерождение. Множественные поражения остеолитического характера, как правило, были заметно интенсивнее на DWIBS ВИ, чем остеобластического, с разницей в 2000–3000 единиц шкалы. Причем в некоторых случаях не выявлено корреляции между высоким сигналом на DWIBS ВИ и уровнем накопления контрастирующего агента при последующем прицельном МРТ-исследовании или радиоизотопном скенировании, как самой опухоли, так и в очагах метастазирования остеобластического характера (случаи с подтвержденными данными биопсии первичным злокачественным процессом).

По результатам МРТ в режиме DWIBS и последующего дополнительного обследования вторичные поражения диагностированы в 45 наблюдениях, лимфомы — в 11, рак легкого — в 4, остеосаркома — в 6, гигантоклеточная опухоль — в 8, хондросаркома — в 5, хондробластома — в 3, синовиальная саркома — в 4, рак прямой кишки — в 2, аденокарцинома щитовидной железы — в 3, рак мочевого пузыря — в 2, неврилеммома (шваннома) — в 5, нейрофиброматоз — в 3, хордома — в 2, аневризмальная киста — в 7, гемангиома — в 16, фиброма — в 3, липома — в 5. У 122 обследованных патологических изменений не выявлено.

Сигнал высокой интенсивности, полученный при проведении МРТ в режиме DWIBS различных сегментов тела и конечностей человека, позволяет уверенно идентифицировать такую опухолевую патологию, как фиброма (рис. 1), синовиома (рис. 2), единичные метастатические очаги литического характера (рис. 3). Особую значимость режим DWIBS приобретает при исследовании всего тела в случае подозрения на метастатическое поражение при различной онкопатологии, позволяя выявить как метастазы, так и основной очаг поражения (рис. 4–6). Причем уверенно определяются очаги метастатического поражения как литического, так и остеобластического характера (рис. 7, 8). Так

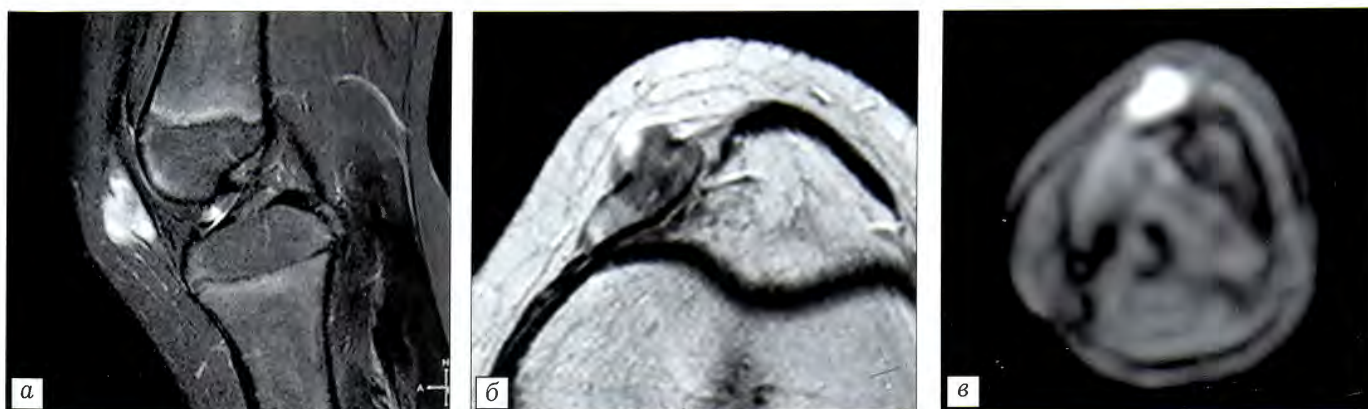


Рис. 1. Пациент К. Фиброма собственной связки надколенника.

На МР-томограмме в сагиттальной плоскости (а) выявляется опухоль с гиперинтенсивным сигналом в режиме STIR, характеризующаяся неоднородным сигналом в аксиальной плоскости в режиме T2 (б); на томограмме в режиме DWIBS (в) опухоль имеет высокую интенсивность сигнала.

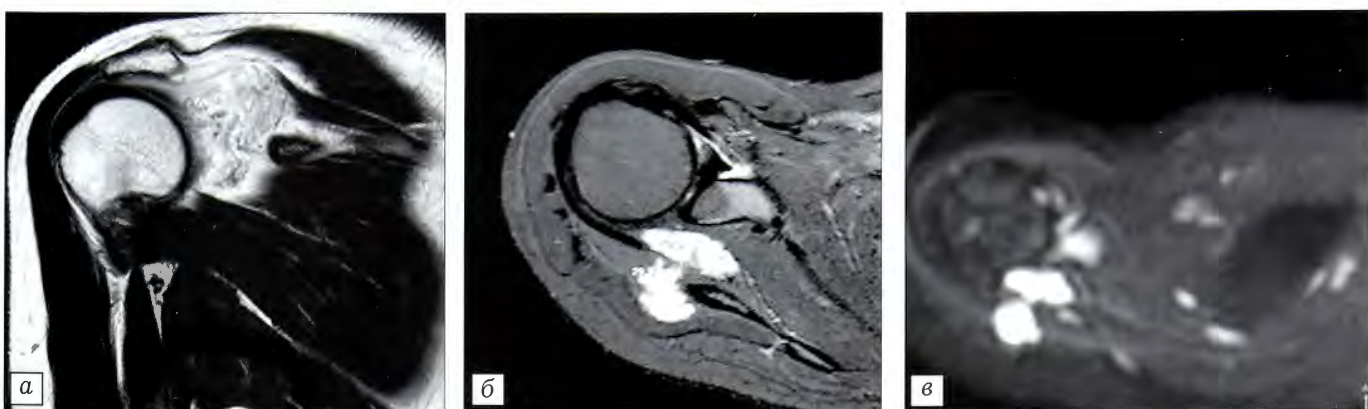


Рис. 2. Пациент Н. Синовиома плечевого сустава.

На МР-томограмме в сагиттальной плоскости (а) выявляется опухоль с неоднородным гиперинтенсивным сигналом в режиме T2, с гиперинтенсивным сигналом в аксиальной плоскости (б) в режиме STIR; на томограммах в режиме DWIBS (в) опухоль имеет высокую интенсивность сигнала.

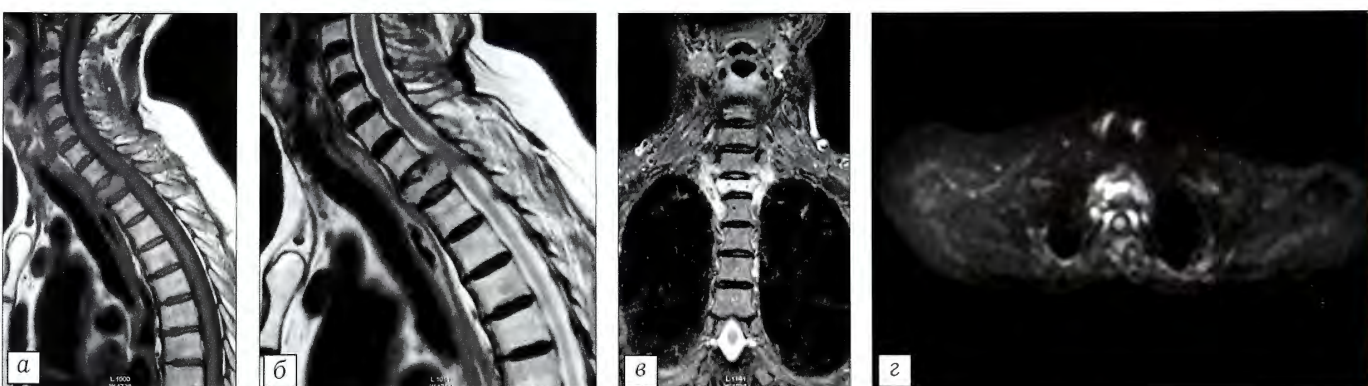


Рис. 3. Пациент В. Патологический перелом Th2 позвонка на фоне метастатического поражения.

На МР-томограмме в сагиттальной плоскости выявляется опухоль с гипоинтенсивным сигналом в режиме T1 (а) и изоинтенсивным — в режиме T2 (б), с гиперинтенсивным сигналом в коронарной плоскости (в) в режиме STIR; на аксиальных томограммах в режиме DWIBS (г) опухоль имеет высокую интенсивность сигнала.

же уверенно при DWIBS-скрининге всего тела верифицируются лимфопролиферативные заболевания: выявляются как множественные группы увеличенных лимфоузлов с повышенной яркостью (рис. 9), так измененные внутренние органы и костная ткань при лимфомах IV–V стадий (рис. 10).

Таким образом, в ходе настоящей работы подтверждена [13] высокая специфичность МРТ в ре-

жиме DWIBS к солитарным и множественным неопластическим процессам по сравнению со стандартными исследованиями с применением контрастирующих агентов или радиоизотопных препаратов. Пример МР-томограмм пациента с множественным метастатическим поражением смешанного характера (рис. 8) показывает, что часть очагов (остео-бластического характера) при радиоизотопном ске-

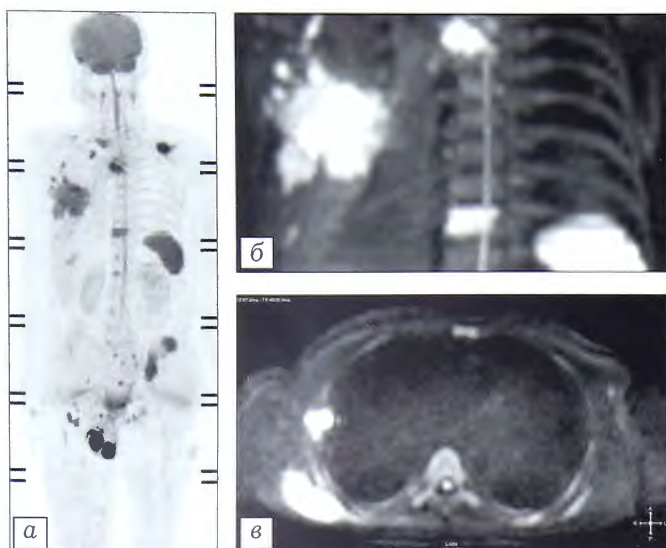


Рис. 4. Пациент Ф. Остеосаркома лопатки.

На МР-томограмме всего тела (а), объемной реконструкции (б) и аксиальной томограмме (в) в режиме DWIBS выявляются опухоль с гиперинтенсивным сигналом, множественное метастатическое поражение позвоночника, ребер, ключицы, крыла левой подвздошной кости.

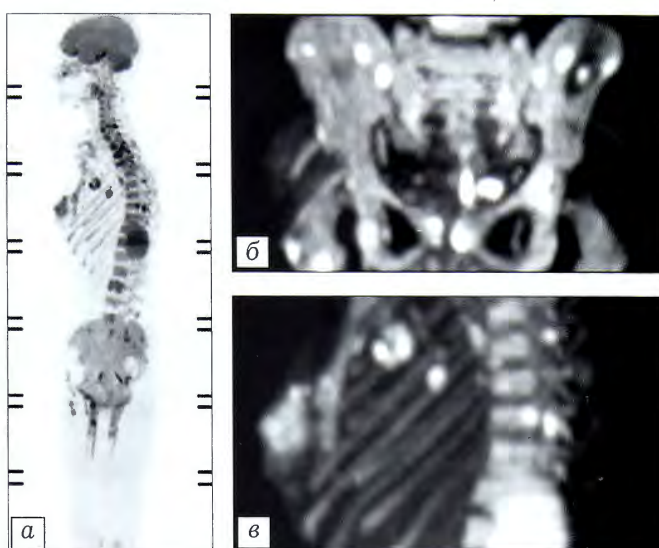


Рис. 5. Пациент М. Опухоль молочной железы.

На МРТ всего тела (а), объемной реконструкции (б, в) в режиме DWIBS выявляется опухоль с гиперинтенсивным сигналом, множественное метастатическое поражение позвоночника, легких, костей таза, верхней трети правой бедренной кости.

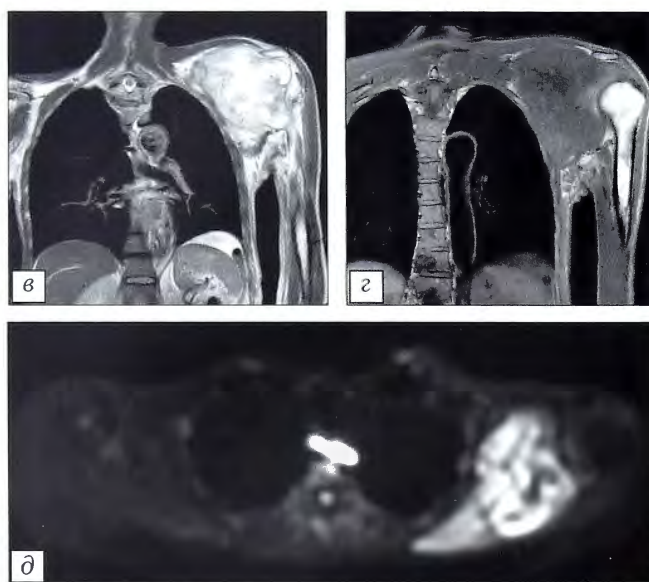
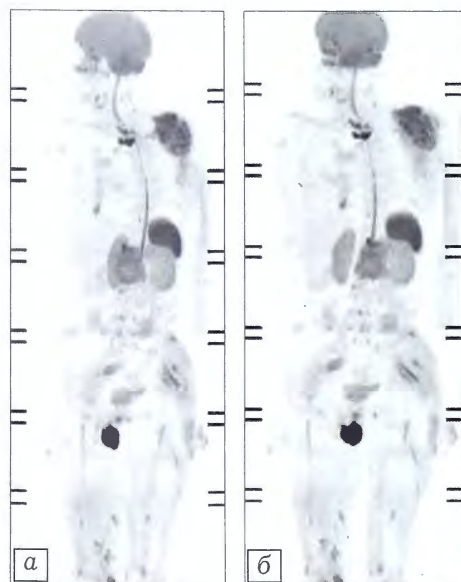


Рис. 6. Пациент Л. Хондросаркома лопатки.

На МРТ всего тела в режиме DWIBS (а, б), коронарных плоскостях в режимах T2 и T1 (в, г) и в аксиальной плоскости (д) в режиме DWIBS выявляется опухоль с гиперинтенсивным сигналом в режимах T2 и DWIBS и гипоинтенсивным — в режиме T1 с множественным метастатическим поражением позвоночника, паравертебральных лимфатических узлов.

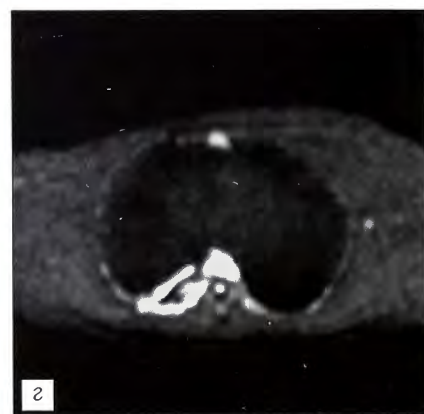


Рис. 7. Пациент К. Хондросаркома лопатки.

На МРТ в сагиттальных плоскостях в режимах T2 и T1 (а, б), в объемной реконструкции (в) и аксиальной плоскости (г) в режиме DWIBS выявляется множественное метастатическое поражение позвоночника (остеолизического и остеобластического характера), ребер с неоднородным сигналом в режимах T2 и T1 и гиперинтенсивным сигналом в режиме DWIBS.

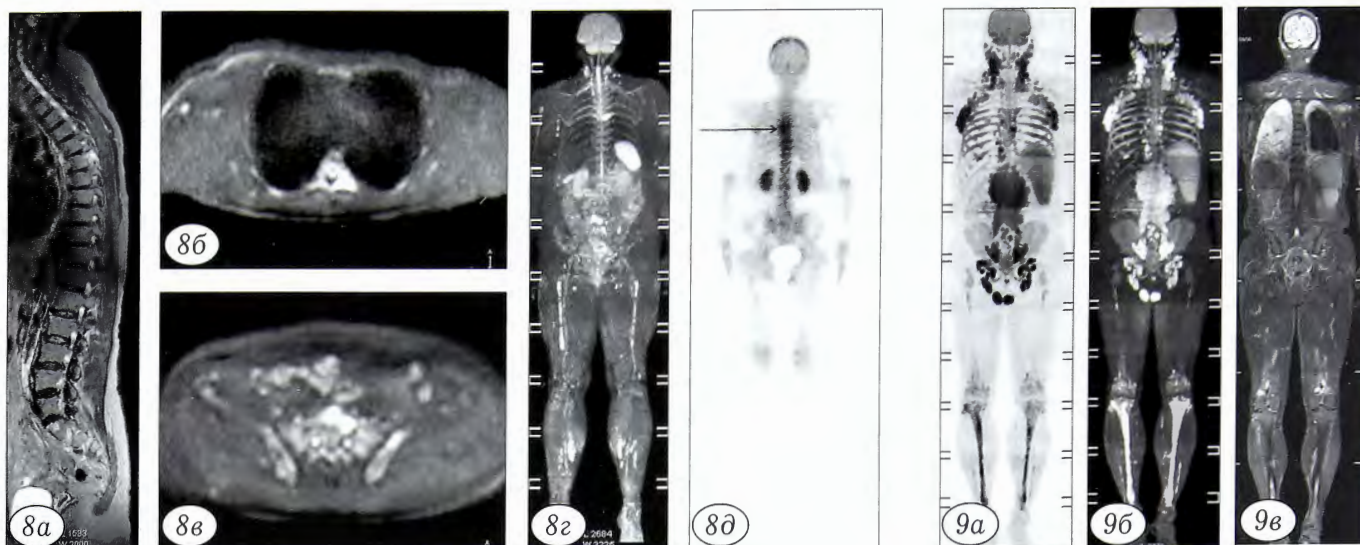


Рис. 8. Пациент Б. Множественное метастатическое поражение смешанного типа.

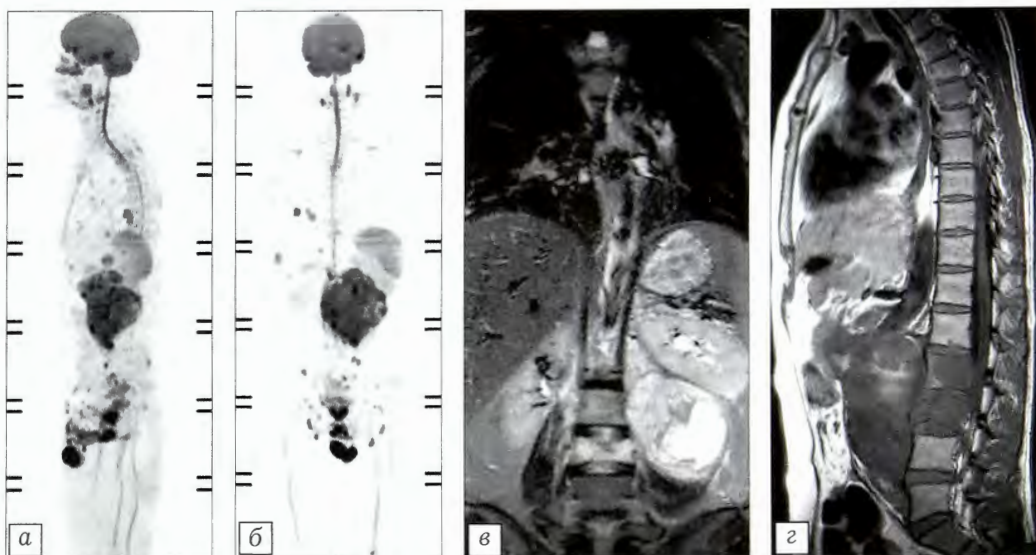
На МРТ позвоночника в сагиттальной плоскости в режиме T2 (а), в аксиальной плоскости (б, в) и всего тела в режиме DWIBS выявляется множественное метастатическое поражение позвоночника (остеолизического и остеобластического характера), с неоднородным сигналом в режиме T2 и гиперинтенсивным сигналом в режиме DWIBS. На радиоизотопной скенограмме (г) определяется единичный очаг накопления радиофармпрепарата в грудном отделе позвоночника.

Рис. 9. Пациент Б. Лимфома.

На МРТ всего тела в режиме DWIBS в прямом (а) и инверсном (б) изображениях, всего тела в режиме STIR (в) выявляются увеличенные лимфоузлы и гиперплазия лимфоидной ткани с гиперинтенсивным сигналом, с наличием воспалительных изменений в легких и выпотом в плевральных полостях.

Рис. 10. Пациент У. Лимфома IV-Стадии.

На МРТ всего тела в режиме DWIBS (а, б), в режимах T2 и T1 (в, г) забрюшинно выявляется выраженная очаговая гиперплазия лимфоидной ткани с гиперинтенсивным сигналом на DWIBS В1, неоднородным сигналом на T2 В1 и гипоинтенсивным сигналом на T1 В1. Определяется вовлечение в опухолевый процесс L2 и L3 позвонков (г).



нировании не выявляется [13]. В то же время при МРТ в режиме DWIBS уверенно определяются очаги патологической клеточной пролиферации объемом вплоть до 5 мм³ (в соответствии с техническими характеристиками примененного МР-томографа и данными собственных клинических и фантомных наблюдений).

Следует особо отметить, что в сложных диагностических случаях, при подозрении на комбинированную или осложненную патологию применение режима DWIBS должно сопровождаться дополнительным сканированием в стандартных режимах T1, T2 или STIR (FS) с целью диагностики, например, воспалительной патологии различной локализации (см. рис. 9) [14, 15]. Этот недостаток

режима DWIBS может быть компенсирован применением дополнительного STIR (FS) сканирования всего тела, занимающего минимальное время (от 4 до 10 мин в зависимости от класса применяемого современного МР-томографа). Существуют и другие, более значимые недостатки: нестабильность яркостных характеристик получаемых изображений, обусловленная типом применяемых антенн, пространственным положением сегмента тела (наложение сигналов на граница двух антенн при сканировании всего тела), условной преемственностью данных, полученных при использовании разных аппаратов у конкретного пациента.

Заключение. Магнитно-резонансная томография в режиме DWIBS показана как скрининговый

неинвазивный метод исследования для выявления онкологических заболеваний. Совершенствование методики должно идти по пути разработки стандартизированного скринингового алгоритма дифференциальной диагностики неопластических процессов, а также методов контроля и стандартизации параметров режима DWIBS МР-томографов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Lecouvet F.E., Malghem J., Michaux L., Maldague B., Ferrant A., Michaux J.L., Vande Berg B.C. Skeletal survey in advanced multiple myeloma: radiographic versus MR imaging survey. Br. J. Haematol. 1999; 106 (1): 35–9.
2. Krishnamurthy G.T., Tubis M., Hiss J., Bland W.H. Distribution pattern of metastatic bone disease. JAMA. 1977; 237 (23): 837–42.
3. Heywang-Kobrunner S.H. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the breast. Invest. Radiol. 1994; 29: 94–100.
4. Imamura F., Kuriyama K., Seto T., Hasegawa Y., Nakayama T., Nakamura S., Horai T. Detection of bone marrow metastases of small cell lung cancer with magnetic resonance imaging: early diagnosis before destruction of osseous structure and implications for staging. Lung Cancer. 2000; 27 (3): 189–97.
5. Daldrup-Link H.E., Franzius C., Link T.M., Laukamp D., Sciuk J., J rgens H. et al. Whole-body MR imaging for detection of bone metastases in children and young adults: comparison with skeletal scintigraphy and FDG PET. AJR Am. J. Roentgenol. 2001; 177 (1): 229–36.
6. Gerwin P.S., Maximilian F.R., Andrea B. Whole-body imaging of the musculoskeletal system: the value of MR imaging Skeletal. Radiol. 2007; 36 (12): 1109–19.
7. Lauenstein T., Freudenberg L., Goehde S. Whole-body MRI using a rolling table platform for the detection of bone metastases. Eur. Radiol. 2009; 12: 2011–9.
8. Eustace S., Tello R., De Carvalho V., Carey J., Wroblecka J.T., Melhem E.R., Yucel E.K. A comparison of whole body turbo STIR MR imaging and planar 99m TC-methylenediphosphonate cintigraphy in the examination of patients with suspected skeletal metastases. AMR Am. J. Roentgenol. 1997; 169: 1655–61.
9. Weatherall P.T., Maale G.E., Mendelsohn D.B., Sherry C.S., Erdman W.E., Pascoe H.R. Chondroblastoma: classic and confusing appearance at MRI. Radiology. 1994; 190 (2): 467–74.
10. Moschetta M., Telegrafo M., Rella L., Capolongo F., Ianora A.A.S., Angelelli G. MR evaluation of breast lesions obtained by diffusion-weighted imaging with background body signal suppression (DWIBS) and correlation with histological findings. Magnetic Resonance Imaging. 2014; 32: 605–9.
11. Murphey M.D., wan Jaovisidha S., Temple H.T., Gannon F.H., Jelinek J.S., Malawer M.M. Telangiectatic osteosarcoma: radiologic-pathologic comparison. Radiology. 2003; 229 (2): 545–53.
12. Frick M.A., Sundaram M., Unni K.K., Inwards C.Y., Fabbri N., Trentani F. et al. Imaging findings in desmoplastic fibroma of bone: distinctive T2 characteristics. AJR Am. J. Roentgenol. 2005; 184 (6): 1762–7.
13. Wu Q., Yang R., Zhou F., Hu Y. Comparison of whole-body MRI and skeletal scintigraphy for detection of bone metastatic tumors: A meta-analysis. Surg. Oncol. 2013; 22 (4): 261–6. doi.org/10.1016/j.suronc.2013.10.004.
14. Khoo M.M., Tyler P.A., Saifuddin A., Padhani A.R. Diffusion-weighted imaging (DWI) in musculoskeletal MRI: a critical review. Skeletal. Radiol. 2011; 40 (6): 665–81.
15. Neubauer H., Evangelista L., Hassold N., Winkler B., Schlegel P. G., Köstler H., Hahn D., Beer M. Diffusion-weighted MRI for detection and differentiation of musculoskeletal tumorous and tumor-like lesions in pediatric patients. World J. Pediatr. 2012; 8 (4): 342–9.

Сведения об авторах: Морозов А.К. — доктор мед. наук, зав. отделением лучевой диагностики ЦИТО; Махсон А.Н. — доктор мед. наук, профессор, главврач МГОВ №62; Карпов И.Н. — канд. мед. наук, старший науч. сотр. отделения лучевой диагностики ЦИТО.

Для контактов: Карпов Игорь Николаевич. 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10, ЦИТО. Тел.: +7 (916) 611–97–58. E-mail: igorkarpoff@mail.ru.

ВНИМАНИЕ !

Подписаться на «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» можно в любом почтовом отделении

Наши индексы в Каталоге «ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ» АО «Роспечать»:
для индивидуальных подписчиков 73064
для предприятий и организаций 72153

В розничную продажу «Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» не поступает

