
ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 616-006.441:616.419]:616-073.756.8(476)

СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ХОРУЖИК, ЭДВАРД АНТОНОВИЧ ЖАВРИД

*ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова»,
а/г Лесной, Минский район, Беларусь*

ОПТИМИЗАЦИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНО-ТОМОГРАФИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПОРАЖЕНИЯ КОСТНОГО МОЗГА ПРИ ЛИМФОМАХ

Цель работы. Изучить частоту поражения различных отделов скелета и характеристики интенсивности сигнала на стандартных магнитно-резонансных томографических (МРТ) изображениях у пациентов с лимфомами для оптимизации критериев диагностики поражения костного мозга (КМ).

Материалы и методы. В исследование включены 110 пациентов с лимфомами, которым до начала лечения проводили МРТ всего тела и биопсию КМ.

Результаты. Наиболее часто поражался КМ позвоночника (67 %), костей таза (58 %), проксимальных метадиафизов (47 %) и эпифизов (36 %) плечевых и бедренных костей. Для лимфомы Ходжкина характерно очаговое поражение КМ, при неходжкинских лимфомах более чем в половине случаев имело место диффузное поражение. Сигнал пораженного КМ на T1-взвешенных изображениях (ВИ) в 67 % случаев равен сигналу окружающих мышц, выше мышц — в 28 %, ниже мышц — только в 5 % случаев. Предложен новый симптом очагового поражения проксимальных эпифизов плечевых и бедренных костей. Его использование повысило чувствительность МРТ диагностики поражения КМ с 72 до 83 %.

Выводы. Для лимфом наиболее характерно поражение КМ позвоночника и костей таза. Более чем в четверти случаев сигнал пораженного КМ на T1-ВИ выше сигнала окружающих мышц. У пациентов с недостаточным или диффузным однородным снижением сигнала позвоночника и костей таза на T1-ВИ выявление симптома очагового поражения эпифизов подтверждает поражение КМ.

Ключевые слова: лимфома, магнитно-резонансная томография, костный мозг.

Костный мозг (КМ) выполняет в организме человека ряд функций, основными из которых являются кроветворная (гемопоз) и образование клеток иммунной системы (иммунопоз). Два основных вида КМ — красный (гемопозитический) и желтый (жировой) — легко различимы при магнитно-резонансной томографии (МРТ) по интенсивности сигнала (ИС) на T1-взвешенных изображениях (ВИ) и T2-ВИ с подавлением сигнала от жира, включая STIR (Short Inversion Time Inversion Recovery). КМ является динамичным органом, состав которого меняется с возрастом, при физиологических и патологических процессах. Нормальный и измененный КМ могут быть подобными друг другу при МРТ, что требует особенно тщательного подхода к анализу изображений.

У новорожденных детей КМ практически полностью представлен гемопозитическим компонентом, с возрастом происходит его постепенная конверсия в жировой. Конверсия начинается в эпифизах и апофизах, далее последовательно захватывает диафизы,

дистальные метадиафизы, позднее — проксимальные метадиафизы. Характерное для взрослого человека соотношение красного и желтого КМ достигается к 25 годам. В этом возрасте только кости осевого скелета (позвоночник, кости таза, грудина, ключицы, ребра, череп) и проксимальные метадиафизы плечевых и бедренных костей содержат красный КМ [1–3]. У взрослых головки (эпифизы) плечевых и бедренных, большие вертелы бедренных костей (апофизы) обычно не содержат красного КМ [1]. Важно знать возрастные особенности КМ, поскольку именно красный КМ является излюбленной локализацией злокачественных опухолей. Это связано с его лучшей васкуляризацией по сравнению с желтым КМ [4, 5].

Гиперплазия красного КМ происходит при анемии, у курильщиков, пациентов с ожирением, при приеме некоторых лекарств, в том числе стимуляторов гемопоза у пациентов со злокачественными опухолями, получающих химиотерапию. Реконверсия желтого КМ в красный происходит в обратной последовательности: вначале развивается в осевом скелете, потом

в костях конечностей. Островки красного КМ обычно имеют ИС на T1-ВИ выше окружающих мышц, нечеткие контуры, в головках плечевых и бедренных костей чаще расположены субкортикально и имеют серповидную форму [1, 6]. При выраженной гиперплазии контуры становятся более четкими, а форма округлой, что может напоминать метастазы [3].

Кости являются одной из наиболее частых зон метастатического поражения. При солидных злокачественных опухолях по данным аутопсии чаще всего выявляли метастазы в печени (59 % случаев), легких (44 %) и костях (38 %) [7]. Поражение КМ у пациентов с лимфомой Ходжкина (ЛХ) встречается в 3–50 % случаев, при неходжкинских лимфомах (НХЛ) — в 10–100 %. Наиболее велика частота поражения при индолентных НХЛ [8]. Вовлечение КМ соответствует IV стадии лимфомы [9].

Основным МРТ симптомом поражения КМ у пациентов с лимфомой считают снижение ИС на T1-ВИ, равное или меньшее ИС окружающих мышц, с одновременным повышением ИС на STIR выше мышц [10, 11]. Возможно как солитарное, так и мультифокальное и диффузное поражение [2]. В литературе нет единого мнения об эффективности МРТ при диагностике диффузного поражения КМ. При ЛХ причиной диффузных изменений в КМ может быть анемия [12] и воспалительная реакция [13]. Поэтому некоторые авторы в качестве критерия поражения КМ при лимфомах учитывают только очаговое изменение сигнала и не учитывают диффузное [10]. По нашему мнению, такой подход нельзя считать достаточно обоснованным, поскольку он снижает чувствительность метода МРТ. К тому же диффузное поражение КМ легко подтверждается при трепанобиопсии крыла подвздошной кости [14].

Таким образом, участки гиперплазии КМ и злокачественные опухоли локализуются в одних и тех же зонах скелета и могут иметь сходные МРТ признаки. МРТ критерии диагностики очагового и диффузного поражения КМ у пациентов с лимфомами требуют совершенствования.

Целью исследования стало изучение частоты поражения различных отделов скелета и характеристик ИС на T1-ВИ и STIR у пациентов с лимфомами для оптимизации критериев МРТ диагностики поражения КМ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследование включены 130 взрослых пациентов с морфологически верифицированной лимфомой. Всем пациентам до начала лечения проводили обследование в соответствии с национальными стандартами с целью определения исходной распространенности опухолевого процесса [15]. Дополнительно выполняли МРТ всего тела. Использовали сканер с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл (Optima 450w, Дженерал Электрик, США) и встроенную в обшивку сканера катушку для тела (катушка BODY). Преимуществом использования встроенной катушки по сравнению с набором поверхностных катушек является

большее поле обзора и более равномерное проникновение в глубину, недостатком — меньшее отношение сигнал–шум. На практике МР-сканеры редко оборудованы полным набором поверхностных катушек, позволяющим сканировать все тело без переключивания пациента. Сканирование осуществляли на уровне от основания черепа до средней трети бедер при свободном дыхании, положение рук — вдоль туловища. Программа МРТ сканирования представлена в табл. 1. Вначале получали T1-ВИ и STIR в коронарной плоскости верхней половины туловища, далее — эти же серии изображений нижней половины туловища. Проводили диффузионно-взвешенное исследование (ДВИ) путем последовательного сканирования в трансверсальной плоскости шеи, грудной, брюшной полости (обычно за 2 сканирования — верхних и нижних отделов брюшной полости) и таза. В завершение получали серии изображений FIESTA (Fast Imaging Employing Steady State Acquisition) в трансверсальной плоскости в точности на тех же уровнях, что и ДВИ. Изображения FIESTA использовали для анатомической корреляции с ДВИ. Более полная информация о методике сканирования представлена в нашей предыдущей публикации [9]. Общее время МРТ сканирования в зависимости от роста пациента составляло 34–40 минут. После этого с помощью программного обеспечения сканера выполняли постобработку изображений:

- коронарные серии T1-ВИ и STIR объединяли в серии изображений всего тела с помощью программы Pasting;
- трансверсальные серии ДВИ объединяли с помощью программы MR AutoBind, в результате чего получали две серии ДВИ-изображений всего тела — с факторами диффузии $b = 0$ с/мм² (ДВИ-b0) и $b = 800$ с/мм² (ДВИ-b800);
- алогично серии FIESTA объединяли в серию изображений всего тела с помощью программы MR AutoBind;
- из серий ДВИ-b0 и ДВИ-b800 с помощью программы сканера FuncTool строили серию карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) всего тела.

Для быстрой визуальной оценки серию ДВИ-b800 представляли в формате трехмерной проекции максимальной интенсивности (рис. 1) [16]. На исходных (полученных в результате сканирования) изображениях ДВИ-b800 поражения при лимфоме имеют повышенный сигнал. Нормальные ткани практически не дают сигнала, за исключением некоторых органов с физиологически ограниченной МР-диффузией: головной и спинной мозг, селезенка, некоторые другие. С помощью функции постпроцессинга — серошкальной инверсии — изображения ДВИ-b800 инвертировали по яркости сигнала, в результате чего они становятся подобными изображениям позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ): поражения имеют низкий сигнал (темные) на светлом фоне окружающих нормальных тканей (рис. 1).

Таким образом, всего получали 6 серий изображений всего тела, которые и использовали для

Технические параметры сканирования при МРТ всего тела

Параметр	Импульсные последовательности			
	T1-ВИ	STIR	ДВИ	FIESTA
Плоскость	Коронарная		Трансверсальная	
TR/TE/TI, мсек	534/8,5/-	3400/33/145	4000/67/180	4,4/2/200
Фактор диффузии b, с/мм ²	–	–	0 и 800	–
Полоса пропускания, кГц	41,7	62,5	250	62,5
Подавление жира	нет	да	да	да
Толщина/расстояние между срезами, мм	7/2	7/2	5/1	5/1
Количество срезов в уровне сканирования	26	26	28–42	28–42
Количество уровней сканирования	2	2	5–6	5–6
Поле обзора, мм ²	500 × 500	500 × 500	480 × 432	480 × 432
Матрица	384 × 192	320 × 224	80 × 128	224 × 320
Размер вокселя, мм ³	1,3 × 2,6 × 7	1,6 × 2,2 × 7	6 × 3,4 × 5	2,1 × 1,4 × 5
Число повторений	3	2	6	1
Длительность сканирования уровня, мин:сек	2:38	3:24	3:20–5:00	0:41–0:61
Общая длительность сканирования, мин:сек	5:16	6:48	18:20–23:20	3:45–4:46

Примечание: TR — время повторения, TE — время эха, TI — время инверсии.

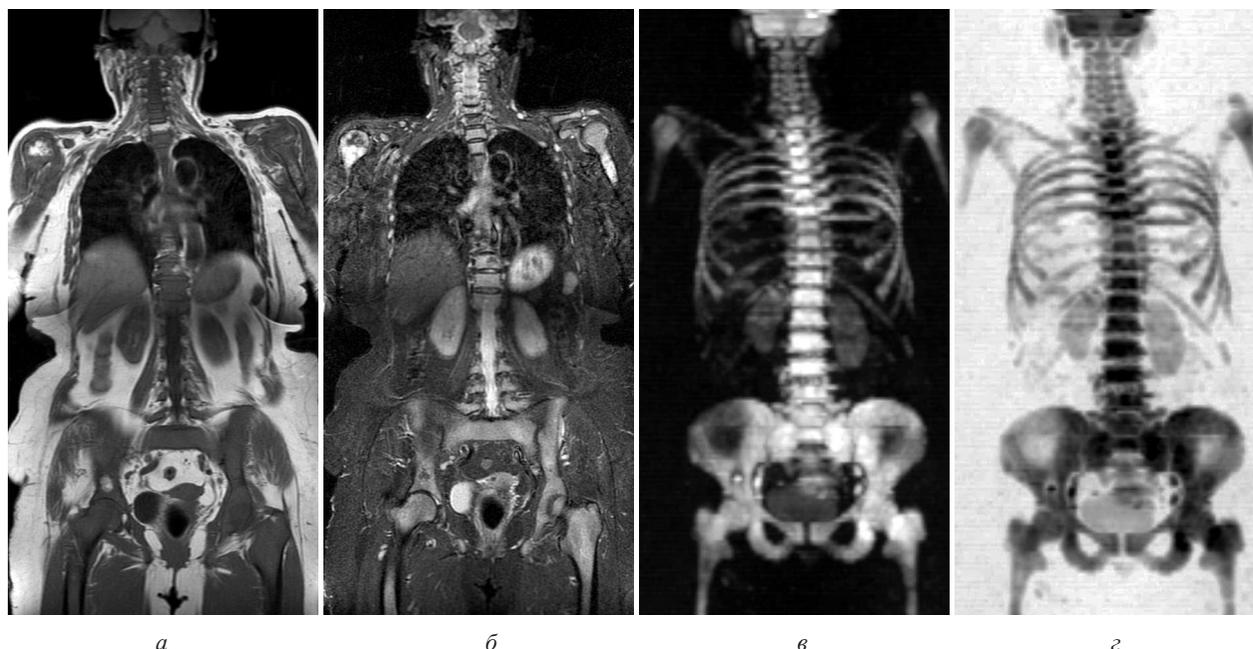


Рис. 1. Пациент 67 лет с НХЛ из клеток мантийной зоны и диффузным поражением КМ. На T1-ВИ всего тела (а) имеется диффузное снижение ИС позвоночника и костей таза (кроме гемангиом в правой подвздошной кости и грудном позвонке), равное ИС окружающих мышц. В головке правой плечевой кости множественные очаги поражения сниженного сигнала. Головки левой плечевой и обеих бедренных костей поражены тотально. На STIR (б) ИС КМ диффузно повышена, кроме сохраненного жирового КМ в центральных отделах головки правой плечевой кости. На изображении ДВИ-b800 всего тела ИС КМ диффузно повышена, определяются нерезко увеличенные подвздошные лимфоузлы с двух сторон. Изображение (в) ДВИ-b800 в инвертированной шкале (ПЭТ-подобное)

диагностики лимфатических и экстралимфатических поражений, включая поражение КМ: T1-ВИ, STIR, ДВИ-b0, ДВИ-b800, FIESTA и карты ИКД. Анализировали в данном исследовании только серии T1-ВИ и STIR, поскольку они стандартизованы и наиболее широко используются в практическом здравоохранении. Для просмотра изображений применяли программу сканера 3D SynchroView, которая синхронизирует все серии: перемещая курсор по одной серии,

можно видеть его положение в той же анатомической точке на других сериях изображений в любой плоскости. Для более четкой визуализации очагов в КМ и сравнения их сигнала с окружающими мышцами выбирали оптимальное окно визуализации [17].

Признаком поражения КМ при МРТ считали очагово или диффузно сниженную ИС на T1-ВИ, более низкую или равную ИС окружающих мышц, с одновременным повышением ИС на STIR выше

окружающих мышц, которое не может быть объяснено дегенеративными, воспалительными или травматическими изменениями. За пределами позвоночника и костей таза учитывали только очаговое изменение сигнала. По расположению поражений анализировали следующие зоны скелета: позвоночник (включая крестец), кости таза, проксимальные метадиафизы, диафизы, головки плечевых и бедренных костей. По объему поражения выделяли единичные (1–4), множественные (≥ 5) очаги и диффузное поражение. Поражение считали диффузным в случае патологического изменения ИС, занимающего $> 75\%$ площади позвоночника и костей таза (рис. 1). К диффузному поражению относили также случаи отсутствия патологических изменений на T1–ВИ и STIR, при которых результат биопсии крыла подвздошной кости был положительным.

Для верификации поражения использовали трепанобиопсию КМ с цитологическим и гистологическим исследованием. При НХЛ дополнительно анализировали миелограмму. У пациентов с диффузным изменением ИС или отсутствием патологических изменений на T1–ВИ и STIR для подтверждения поражения требовался положительный результат биопсии крыла подвздошной кости. При очаговом изменении ИС для подтверждения поражения также требовался положительный результат биопсии, а при отрицательном результате биопсии проводили комплексный анализ данных всех используемых методов лучевой диагностики (МРТ, рентгеновская компьютерная томография, остеосцинтиграфия) и наблюдение в динамике. Уменьшение, увеличение размеров либо появление новых очагов в КМ при МРТ подтверждало поражение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из 130 включенных в исследование пациентов биопсия КМ не проводилась у 16 человек. Еще у 3 пациентов результаты диагностики поражения КМ признаны неясными: у двух пациентов с НХЛ из клеток мантийной зоны результат биопсии КМ и МРТ был отрицательным, но анализ периферической крови указывал на высокую вероятность поражения КМ; у одной пациентки с диффузной В-крупноклеточной НХЛ результат биопсии КМ был отрицательным, однако при МРТ выявлены характерные признаки диффузного поражения КМ, регрессировавшие после лечения. Еще у одной пациентки одновременно с распространенным экстракраниальным поражением установлено поражение головного мозга. Данные пациенты исключены из анализа. Остальные 110 человек составили исследуемую группу. Клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 2. Количество мужчин и женщин в исследуемой группе было примерно одинаковым. Средний возраст составил $43,3 \pm 17,0$ лет. ЛХ имела место у 49 человек, НХЛ — у 61 пациента. Наиболее часто были установлены II и IV стадии лимфомы — по 43 % каждая.

Таблица 2

Клиническая характеристика 110 пациентов с лимфомой

Параметр	Значение
Пол мужской/женский, n	57/53
Средний возраст (интервал), лет	$43,3 \pm 17,0$ (18–79)
ЛХ/НХЛ, n	49/61
Стадия, n	I — 2, II — 47, III — 14, IV — 47

Согласно используемому стандарту диагностики поражение КМ имело место у 36 (33 %) пациентов, отсутствовало — у 74 (67 %). Поражение подтверждено биопсией КМ у 23 человек, результатами комплексной лучевой диагностики и наблюдением в динамике — у 13. Частота поражения КМ при ЛХ составила 18 % (9/49), при НХЛ — 44 % (27/61). Характеристика случаев поражения КМ представлена в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика поражения КМ у 36 пациентов

Характеристика поражения	Количество пациентов (%)
Объем (по данным МРТ и биопсии КМ):	
единичные очаги	8 (22)
множественные очаги	11 (31)
диффузное поражение	17 (47)
Интенсивность сигнала на T1–ВИ:	
ниже мышц	2 (5)
равна мышцам	24 (67)
выше мышц	10 (28)
Интенсивность сигнала на STIR:	
ниже мышц	0
равна мышцам	0
выше мышц	36 (100)
Локализация (по данным МРТ):	
позвоночник и крестец #	24 (67)
кости таза #	21 (58)
очаги в проксимальных метадиафизах плечевых и бедренных костей	17 (47)
очаги в головках плечевых и бедренных костей	13 (36)
очаги в диафизах плечевых и бедренных костей	7 (19)

Примечание: # Не включая пациентов с интенсивностью сигнала КМ на T1–ВИ диффузно выше мышц с подтвержденным биопсией поражением КМ.

При анализе данных таблицы 3 видно, что наиболее частой была диффузная форма поражения КМ (47 %). На втором месте по частоте — мультифокальное поражение (31 %). Менее 5 очагов выявлено только у 8 из 36 пациентов (22 %), в том числе солитарное поражение одной кости — у 6. Все случаи диффузного поражения подтверждены биопсией крыла подвздошной кости, у всех пациентов имела место НХЛ (рис. 1). Поражение КМ при НХЛ в 17 из 27 случаев (63 %) было диффузным. Из остальных 10 пациентов с НХЛ один очаг поражения имел место у 3 человек, 2–4 очага — у 2, пять и более — у 5. При ЛХ диагностирована только очаговая форма поражения КМ:

один очаг поражения — у 3 пациентов, 5 и более очагов — у 6.

Во-вторых, наиболее частой, по нашим данным, была ИС поражений на T1-ВИ, равная ИС окружающих мышц — в 67 % случаев. ИС поражений на T1-ВИ ниже ИС окружающих мышц имела место только у 2 из 36 пациентов (5 %), в то время как считающаяся нехарактерной для злокачественных опухолей ИС выше мышц — у 10 человек (28 %). В 9 из этих 10 случаев поражение было подтверждено биопсией КМ, в одном — наблюдением в динамике (прогрессирование изменений в КМ). На STIR ИС поражений была выше мышц во всех случаях (рис. 1). Таким образом, достоверно установлено, что более чем в четверти случаев пораженный КМ при лимфомах может иметь ИС на T1-ВИ выше окружающих мышц. Результаты нашего исследования не подтверждают данные некоторых авторов, указывающих, что поражения КМ при лимфомах гипоинтенсивны мышцам [12]. Содружественно нашим данным, Шавладзе З. Н. с соавт. отмечают, что поражения изоинтенсивны мышцам на T1-ВИ [18]. По данным Heunin F. H. с соавт., из 21 пациента с первичной лимфомой кости ИС была равна окружающим мышцам у 19 человек и выше мышц — у двух [19]. Таким образом, для поражения КМ при лимфоме наиболее характерна изоинтенсивность окружающим мышцам на T1-ВИ (рис. 1). Гиперинтенсивность мышц встречается достаточно часто — по нашим данным в 28 % случаев. При этом важно отметить, что ИС поражений в большинстве случаев остается близкой к мышцам. Можно предположить, что в случаях недостаточного

снижения ИС имеет место неполное замещение КМ опухолевыми клетками.

В-третьих, наши данные подтверждают излюбленную локализацию поражений в КМ у пациентов с лимфомой, характерную для метастазов солидных злокачественных опухолей: позвоночник и крестец были поражены у 67 % пациентов, кости таза — у 58 %, проксимальные метадиафизы плечевых и бедренных костей — у 47 %. В то же время обращает внимание высокая частота поражения у наших пациентов головок плечевых и бедренных костей — в 13 из 36 случаев поражения КМ (36 %). Очаги в головках имели неправильную, близкую к округлой форму, четкие контуры; размеры варьировали от нескольких миллиметров до субтотального замещения жирового КМ; располагались беспорядочно по всей площади головки; располагались асимметрично, например, только в головке одной плечевой кости; ИС значительно ниже жирового КМ и близка к окружающим мышцам (рис. 1, 2). Частота поражения головок плечевых и бедренных костей у пациентов с поражением КМ при ЛХ составила 11 % (1/9), при НХЛ — 44 % (12/27).

Изучение структуры головок плечевых и бедренных костей у 74 пациентов без поражения КМ показало, что участки сниженного по отношению к окружающему желтому КМ сигнала (островки красного КМ) выявлены в головках только у 3 пациентов (4 %). У двух из них присутствовали небольшие очаги, у одного — серповидные участки. Локализация во всех случаях была субкортикальной, симметричной, ИС значительно выше мышц (рис. 3), что соответствует данным других авторов [1].

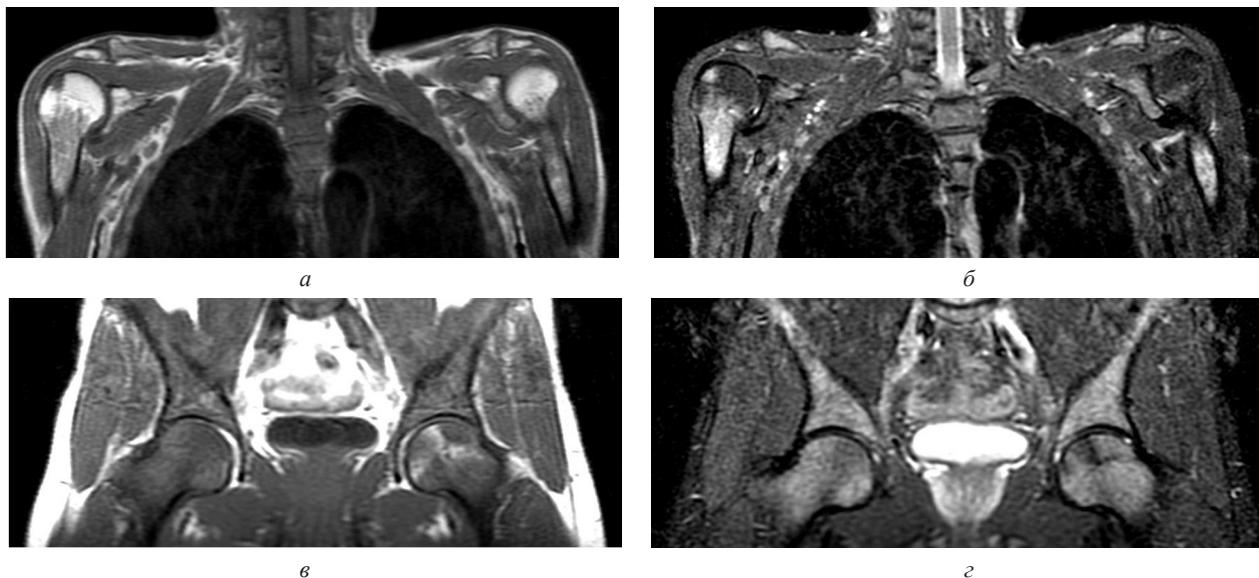


Рис. 2. Два пациента с симптомом очагового поражения проксимальных эпифизов. У пациента 65 лет с НХЛ из клеток мантийной зоны определяется очаг поражения треугольной формы в головке правой плечевой кости сниженного сигнала на T1-ВИ (а), повышенного на STIR (б). У пациента 51 года с лимфоплазмочитарной НХЛ на T1-ВИ (в) и STIR (г) определяется несколько аналогичных очагов в головке левой бедренной кости, головка правой бедренной кости поражена диффузно

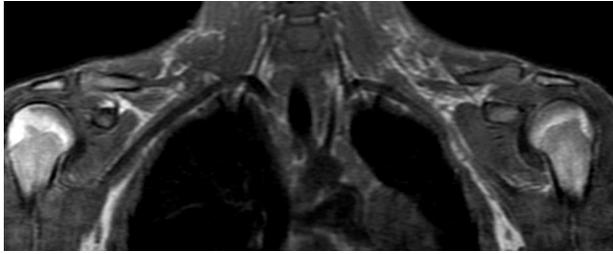


Рис. 3. Островки красного КМ в головках обеих плечевых костей на T1-ВИ у пациента 22 лет с ЛХ. Имеют субкортикальное расположение, серповидную форму, симметричны

Вопрос частоты выявления островков красного КМ в головках плечевых и бедренных костей в норме получил освещение в литературе. Mirowitz S. A. с соавт. обнаружили островки красного КМ в проксимальных эпифизах плечевых костей у 60 из 96 (62 %) пациентов, не имеющих поражающих КМ заболеваний. В большинстве случаев они локализовались субкортикально, имели удлинненную серповидную форму. Только в 11 % случаев установлено очаговоподобное изменение сигнала [6]. В нашем исследовании частота выявления островков гиперплазии КМ в головках плечевых и бедренных костей у пациентов с лимфомой без поражения КМ составила только 4 %. Возможно, это объясняется использованием нами встроенной катушки, которая характеризуется меньшим отношением сигнал—шум. В другом исследовании было показано, что выявляемые при морфологическом исследовании островки красного КМ в головках бедренных костей не определялись на T1-ВИ [20]. Следовательно, островки красного КМ могут присутствовать в головках плечевых и бедренных костей на фоне преобладающего жирового КМ и не визуализироваться при МРТ. Наличие таких островков создает условия для метастазирования злокачественных опухолей, в том числе поражения при лимфоме.

Таким образом, нами обнаружены значительные отличия по частоте встречаемости и МРТ характеристикам очагов в эпифизах плечевых и бедренных костей у пациентов с лимфомами с подтвержденным поражением КМ или без него. Это позволяет считать наличие четко отграниченных, беспорядочно, асимметрично расположенных очагов неправильной формы с ИС, близкой к ИС окружающих мышц, в головках плечевых и бедренных костей у пациентов с лимфомами, дополнительным симптомом поражения КМ. Обозначим его как «симптом очагового поражения проксимальных эпифизов» (рис. 2). Данный симптом при лимфомах ранее не был описан в литературе.

Особенно большое диагностическое значение симптом очагового поражения проксимальных эпифизов имеет в случаях, когда стандартные МРТ критерии диагностики поражения КМ мало информативны или неубедительны. Это две ситуации, вызывающие наибольшие сложности при интерпретации МРТ: 1) при очаговом или диффузном снижении сигнала КМ на T1-ВИ, который остается выше окружающих мышц; 2) при диффузном однородном снижении ИС позвоночника и костей таза на T1-ВИ, требующем

дифференциальной диагностики с диффузной гиперплазией и реактивными изменениями в КМ.

Так, у 10 из 36 пациентов с подтвержденным поражением КМ сигнал на T1-ВИ был выше окружающих мышц, то есть согласно стандартным МРТ критериям поражение КМ не могло быть установлено (ложноотрицательный результат МРТ). У 4 (40 %) из этих пациентов выявлены характерные очаги в головках плечевых и бедренных костей. За счет использования данного симптома чувствительность МРТ диагностики поражения КМ повысилась с 72 (26/36) до 83 % (30/36) без снижения диагностической специфичности. Интересно отметить, что только у одного из 10 пациентов выявлены очаги в проксимальных метадиафизах плечевых и бедренных костей и ни в одном случае не выявлено очагов в доступных визуализации отделах диафизов.

В нашем исследовании симптом очагового поражения проксимальных эпифизов наблюдался у 10 из 17 (59 %) пациентов с подтвержденным диффузным поражением КМ, что послужило важным МРТ критерием диагностики поражения. В то же время у пациентов с очаговым поражением КМ данный симптом был выявлен только в 2 из 19 (11 %) случаев. Данный факт можно объяснить тем, что по мере увеличения объема поражения КМ повышается вероятность обнаружения очагов в менее характерных зонах, таких как эпифизы плечевых и бедренных костей. Также обращает внимание, что симптом фиксировали в 4 раза чаще при НХЛ, чем при ЛХ. Это коррелирует с большей частотой поражения КМ при НХЛ.

Описанный нами симптом достаточно удобен и прост в использовании. Во-первых, головки плечевых и бедренных костей всегда присутствуют на T1-ВИ и STIR в коронарной плоскости, в отличие от диафизов, которые попадают в поле сканирования лишь частично. Во-вторых, головки имеют достаточно большой размер и неподвижны при дыхании, как, например, ребра, что обеспечивает приемлемое качество изображений. В-третьих, на изображениях в коронарной плоскости одновременно с головками плечевых и бедренных костей присутствуют позвоночник и кости таза, что позволяет провести их одновременное изучение (рис. 1).

Таким образом, в случаях неоднозначности МРТ данных в отношении поражения КМ у пациентов с лимфомами, в частности при недостаточном снижении сигнала или при диффузном однородном снижении сигнала позвоночника и костей таза на T1-ВИ, рекомендовано обратить внимание на структуру головок плечевых и бедренных костей. Выявление симптома очагового поражения проксимальных эпифизов подтверждает поражение КМ.

ВЫВОДЫ

1. Для лимфом характерно поражение КМ позвоночника и крестца (у 67 % пациентов с поражением КМ), костей таза (58 %), проксимальных метадиафизов (47 %) и головок (36 %) плечевых и бедренных костей.

2. При ЛХ имело место только очаговое поражение КМ. Частота диффузной формы поражения при НХЛ составила 63 %.

3. Наиболее характерным для поражения КМ при лимфомах является сниженный сигнал на T1-ВИ, равный сигналу окружающих мышц (67 %). В 28 % случаев сигнал КМ выше мышц и только в 5 % — ниже мышц.

4. Предложен новый симптом МРТ диагностики поражения КМ при лимфомах — симптом очагового

поражения проксимальных эпифизов, заключающийся в наличии в головках плечевых и бедренных костей четко отграниченных, беспорядочно, асимметрично расположенных очагов неправильной формы с сигналом на T1-ВИ, близким к окружающим мышцам. Симптом чаще встречается при НХЛ, удобен и прост в использовании. Применение симптома повысило чувствительность МРТ диагностики поражения КМ с 72 до 83 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hwang S.* Magnetic resonance imaging of bone marrow in oncology. Part 1 / S. Hwang, D. M. Panicek // *Skeletal Radiol.* — 2007. — Vol. 36, N 10. — P. 913–920.
2. *Long S. S.* Bone marrow signal alteration in the spine and sacrum / S. S. Long, C. M. Yablon, R. L. Eisenberg // *Am. J. Roentgenol.* — 2010. — Vol. 195, N 3. — P. W178–200.
3. *Magnetic resonance imaging of the normal bone marrow* / B. C. Vande Berg [et al.] // *Skeletal Radiol.* — 1998. — Vol. 27, N 9. — P. 471–483.
4. *Bone scan index: a quantitative treatment response biomarker for castration-resistant metastatic prostate cancer* / E. R. Dennis [et al.] // *J. Clin. Oncol.* — 2012. — Vol. 30, N 5. — P. 519–524.
5. *Hwang S.* Magnetic resonance imaging of bone marrow in oncology. Part 2 / S. Hwang, D. M. Panicek // *Skeletal Radiol.* — 2007. — Vol. 36, N 10. — P. 1017–1027.
6. *Mirowitz S. A.* Hematopoietic bone marrow within the proximal humeral epiphysis in normal adults: investigation with MR imaging / S. A. Mirowitz // *Radiology.* — 1993. — Vol. 188, N 3. — P. 689–693.
7. *The landscape of metastatic progression patterns across major human cancers* / J. Budczies [et al.] // *Oncotarget.* — 2015. — Vol. 6, N 1. — P. 570–583.
8. *Zhang Q. Y.* Bone marrow involvement by hodgkin and non-hodgkin lymphomas / Q. Y. Zhang, K. Foucar // *Hematol. Oncol. Clin. North. Am.* — 2009. — Vol. 23, N 4. — P. 873–902.
9. *Хоружик С. А.* Система стадирования лимфом: исторические аспекты и современное состояние / С. А. Хоружик, Э. А. Жаврид, Н. В. Сачивко // *Онкол. журн.* — 2014. — Т. 8, № 3. — С. 66–72.
10. *Whole-body MRI for the detection of bone marrow involvement in lymphoma: prospective study in 116 patients and comparison with FDG-PET* / H. J. Adams [et al.] // *Eur. Radiol.* — 2013. — Vol. 23, N 8. — P. 2271–2278.
11. *Detection of lymphomatous bone marrow involvement with magnetic resonance imaging* / B. R. Hoane [et al.] // *Blood.* — 1991. — Vol. 78, N 3. — P. 728–738.
12. *Variety in bone marrow 18F-FDG uptake in Hodgkin lymphoma patients without lymphomatous bone marrow involvement: does it have an explanation?* / H. J. Adams [et al.] // *Nucl. Med. Commun.* — 2016. — Vol. 37, N 1. — P. 23–29.
13. *Analysis of 18F-FDG PET diffuse bone marrow uptake and splenic uptake in staging of Hodgkin's lymphoma: a reflection of disease infiltration or just inflammation?* / P. Y. Salaun [et al.] // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* — 2009. — Vol. 36, N 11. — P. 1813–1821.
14. *Хоружик С. А.* Может ли магнитно-резонансная томография всего тела заменить рентгеновскую компьютерную томографию, остеосцинтиграфию и биопсию при диагностике поражения костного мозга у пациентов с лимфомой? Сравнение диагностической и экономической эффективности / С. А. Хоружик // *Вестн. ВГМУ.* — 2017. — Т. 16, № 1. — С. 59–70.
15. *Алгоритмы диагностики и лечения злокачественных новообразований* / под ред. О. Г. Суконко, С. А. Красный. — Минск : Профес. издания, 2012. — 508 с.
16. *Сравнение возможностей диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии всего тела и рентгеновской компьютерной томографии при стадировании лимфом* / С. А. Хоружик [и др.] // *Онкол. журн.* — 2015. — Т. 9, № 1. — С. 43–48.
17. *Хоружик С. А.* Основы КТ-визуализации. Часть 2. Постпроцессинговая обработка изображений / С. А. Хоружик, А. Н. Михайлов // *Радиология-Практика.* — 2011. — № 4. — С. 52–65.
18. *Хоружик С. А.* Основы КТ-визуализации. Часть 1. Просмотр и количественная оценка изображений / С. А. Хоружик, А. Н. Михайлов // *Радиология-Практика.* — 2011. — № 3. — С. 62–75.
19. *Поражение костей при лимфоме Ходжкина: возможности КТ- и МРТ-диагностики* / З. Н. Шавладзе [и др.] // *Радиология-Практика.* — 2007. — № 6. — С. 33–41.
20. *MR imaging characteristics in primary lymphoma of bone with emphasis on non-aggressive appearance* / F. H. Heyning [et al.] // *Skeletal Radiol.* — 2007. — Vol. 36, N 10. — P. 937–944.
21. *MR assessment of red marrow distribution and composition in the proximal femur: correlation with clinical and laboratory parameters* / B. C. Vande Berg [et al.] // *Skeletal Radiol.* — 1997. — Vol. 26, N 10. — P. 589–596.

Статья поступила в редакцию 24.02.2017.

С. А. ХОРУЖИК, Е. А. ЖАВРИД

ДУ «РНПЦ онкології та медичної радіології ім. М. М. Александрова», а/г Лісовий, Мінський район, Білорусь

ОПТИМІЗАЦІЯ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНО-ТОМОГРАФІЧНИХ КРИТЕРІЇВ УРАЖЕННЯ КІСТКОВОГО МОЗКУ ПРИ ЛІМФОМАХ

Мета роботи. Вивчити частоту ураження різних відділів скелета і характеристики інтенсивності сигналу на стандартних магнітно-резонансних томографічних (МРТ) зображеннях у пацієнтів з лімфомами для оптимізації критеріїв діагностики ураження кісткового мозку (КМ).

Матеріали та методи. У дослідження включені 110 пацієнтів з лімфомами, яким до початку лікування проводили МРТ всього тіла та біопсію КМ.

Результати. Найчастіше пошкоджувався КМ хребта (67 %), кісток таза (58 %), проксимальних метадіафізів (47 %) та епіфізів (36 %) плечових та стегнових кісток. Для лімфоми Годжкіна характерне вогнищеве ураження КМ, при негоджкінських лімфомах більше ніж у половині випадків мало місце дифузне ураження. Сигнал ураженого КМ на T1-зважених зображеннях (33) у 67 % випадків дорівнює сигналу оточуючих м'язів, вище м'язів — в 28 %, нижче м'язів — тільки в 5 % випадків. Запропоновано новий симптом вогнищевого ураження проксимальних епіфізів плечових та стегнових кісток. Його використання підвищило чутливість МРТ діагностики ураження КМ з 72 до 83 %.

Висновки. Для лімфом найбільш характерне ураження КМ хребта та кісток таза. Більш ніж у чверті випадків сигнал ураженого КМ на T1-33 вище сигналу оточуючих м'язів. У пацієнтів із недостатнім або дифузним однорідним зниженням сигналу від хребта та кісток таза на T1-33 виявлення симптому вогнищевого ураження епіфізів підтверджує ураження КМ.

Ключові слова: лімфома, магнітно-резонансна томографія, кістковий мозок.

S. A. KHARUZHYK, E. A. ZHAVRID

N. N. Alexandrov National Cancer Center of Belarus, a/g Lesnoy, Minsk region, Belarus

OPTIMIZATION OF MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHIC CRITERIA OF BONE MARROW INVOLVEMENT IN LYMPHOMAS

Purpose. To study the frequency of various parts of skeleton involvement and characteristics of the signal intensity on the standard magnetic resonance imaging (MRI) sequences in patients with lymphoma in order to optimize criteria of bone marrow (BM) involvement diagnosis.

Materials and methods. The study enrolled 110 patients with lymphoma who underwent the whole body MRI and BM biopsy before treatment.

Outcomes. Most commonly the BM of the spine (67 %), pelvis (58 %), proximal humeral and femoral metadiaphyses (58 %) and epiphyses (36 %) was involved. Focal BM involvement was typical for Hodgkin lymphoma, while diffuse involvement occurred in more than half of non-Hodgkin lymphoma cases. BM involvement signal on T1-weighted images (T1-WI) was equal to surrounding muscles in 67 % of cases, above muscles — in 28 %, below muscles — in 5 % of cases only. A new symptom of focal lesions at the proximal humeral and femoral epiphyses was suggested. The application of it has increased the sensitivity of MRI diagnosis of BM involvement from 72 % to 83 %.

Conclusions. Lymphomas are mainly characterized by spine and pelvis BM involvement. Affected BM signal on T1-WI is higher than the signal of the surrounding muscles in more than a quarter of cases. In patients with insufficient or diffuse homogeneous decrease of the spine and pelvis signal on T1-WI, detection of the symptom of focal lesions at the epiphyses confirms BM involvement.

Keywords: lymphoma, magnetic resonance imaging, bone marrow.

Контактная информация:

Хоружик Сергей Анатольевич

канд. мед. наук, доцент, врач МРТ рентгеновского отделения, РНПЦ ОМР им. Н. Н. Александрова

а/г Лесной, Минский р-н, Беларусь

тел. раб. +375 (17) 265-56-81, тел. моб. +375 (29) 765-00-48

e-mail: skharuzhyk@nld.by