

УДК 616.711-001.5-073.763.5

## Магнитно-резонансная томографическая семиотика остеопоротических компрессионных переломов позвоночника

Е. П. Шармазанова<sup>1</sup>, С. А. Мягков<sup>2</sup>, Н. Д. Еремеева<sup>3</sup>, А. Е. Костюковская<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Харьковская медицинская академия последипломного образования. Украина

<sup>2</sup> ГУ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МОЗ Украины»

<sup>3</sup> Областная клиническая больница, Запорожье. Украина

*The article contains an analysis of MRI in presence of osteoporotic compression fractures in 35 patients. In the process of their research, the authors specified signs of osteoporosis in MRI cases through comparison with DEXA data, as well as developed and specified MRI semiotics of osteoporotic compression fractures of the spine (bone marrow oedema, “fluid” sign, compression of the central part of the body, remains of yellow bone marrow, compression of the basivertebral vein, fracture of a vertebral end plate, ring-shaped oedema of paravertebral tissues).*

*У статті представлений аналіз МРТ за наявності остеопоротичних компресійних переломів у 35 пацієнтів. У процесі дослідження уточнено ознаки остеопорозу у разі МРТ через порівняння з даними ДРА, а також розроблена і уточнена МРТ семиотика остеопоротичних компресійних переломів хребта — набряк кісткового мозку, симптом «рідини», компресія центральної частини тіла, залишки жовтого кісткового мозку, компресія вени Бреше, перелом замикальної пластинки, кільцеподібний набряк паравертебральних тканин.*

**Ключевые слова:** остеопороз, компрессионные переломы, магнитно-резонансная томография.

### Введение

Остеопороз, по мнению экспертов ВОЗ, среди основных медицинских проблем современности занимает четвертое место после сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и сахарного диабета, и, в первую очередь, опасен своими осложнениями (переломами). За последние десятилетия проблема остеопороза в Украине приобрела выраженную медико-социальную окраску, что объясняется двумя тесно связанными демографическими процессами — резким увеличением популяции пожилых людей, и количества женщин в постменопаузальном периоде [1]. Только в Украине 2,5 млн женщин и 900 тыс. мужчин страдают остеопорозом, лечение которого остается проблемным. Практически у каждой женщины в Украине после 65 лет встречается один перелом костей [1]. Частота остеопороза с годами не уменьшается и темпы заболеваемости растут во всем мире: если в 1990 г. были зарегистрированы 1 млн 66 тыс. переломов бедренной кости вследствие остеопороза, то, по прогнозам экспертов, в 2050 г. их прогнозируют около 6,5 млн. Кроме переломов бедренной кости, увеличивается

и количество переломов других локализаций, среди которых особое клиническое значение имеют переломы позвонков [1].

Ошибки и трудности, возникающие при проведении дифференциальной диагностики остеопоротических компрессионных переломов (ОКП), не позволяют качественно осуществлять лечение пациентов с данной патологией. Спорным остается и вопрос о дифференциальной диагностике остеопоротических деформаций и переломов позвонков [2–6]. Тем более, что и у здоровых людей существует так называемая физиологическая клиновидная деформация, которая наиболее выражена в нижнегрудном отделе позвоночника и чаще встречается у мужчин [3]. Эти данные подтверждают исследование F. Crados с соавт. [7], которые изучили 149 статей за 33 года (1975–2008) и сделали вывод о том, что все применяющиеся методы определения ОКП, в том числе и рентгеновская остеоденситометрия, не являются пока еще «золотым стандартом» в диагностике данной патологии [7].

Магнитно-резонансную томографию (МРТ) применяют в диагностике остеопороза сравнительно

но редко, хотя ее возможности визуализировать мягкие ткани, в частности костный мозг, хорошо известны и подтверждены многолетней практикой. Объясняется это в основном высокой стоимостью исследования и наличием альтернативных, более дешевых и доступных методов изучения остеопороза, в частности остеоденситометрии. В единичных публикациях, представляющих главным образом научный интерес, хорошо проиллюстрированы возможности метода для изучения трабекулярной структуры кости при использовании томографов высокого разрешения [8].

Сегодня в связи с развитием современных технологий в диагностике патологических переломов позвонков широко используют такие методики, как рентгенографию, рентгеновскую денситометрию, компьютерную томографию и все больше внимания уделяют диагностике данных состояний с помощью МРТ [4]. В отдельных отечественных публикациях и в странах СНГ подчеркнуты преимущества МРТ по сравнению с другими методами лучевой диагностики для выявления ОКП.

Целью исследования явилось усовершенствование МРТ диагностики ОКП за счет разработки новых признаков и уточнения семиотики известных симптомов данной патологии.

## Материал и методы

Всего исследовано 35 больных, из них 23 (65,7 %) женщины и 12 (34,3 %) мужчин. Минимальный возраст составил 34 года, а максимальный — 76 лет (средний возраст  $56,3 \pm 6,3$  года). Большую часть пациенток (95,7 %) обследовали по поводу первичного постменопаузального либо сенильного остеопороза, а одну (34 года) — по поводу вторичного, медикаментозного. У мужчин первичный остеопороз имел место у 50 %, у остальных — вторичный, медикаментозный. Критериями отбора были переломы, которые произошли без травм (у 50 % пациентов травм в анамнезе не было) или в результате низкоэнергетической травмы, например падения с высоты роста. Пострадавших с тяжелыми травмами из исследования исключили. МРТ проводили спустя 1–40 дней (в среднем 15) после появления клиники. Практически все больные предъявляли жалобы на боль в месте перелома, 10 из них — на слабость в ногах.

МРТ выполняли на низкопольных аппаратах с напряженностью магнитного поля 0,2 и 0,36 Тс («AIRIS Mate» фирмы «Hitachi» и «I-Open 0,36» производства КНР) в 3 плоскостях с получением T 1- и T 2 взвешенных изображений (ВИ) с подавлением сигнала от жировой ткани (STIR, TSHIRT). Наличие

и выраженность остеопоротических деформаций позвонков оценивали с помощью полуколичественного метода Н. Genant [9], т. е. уменьшение высоты любого отдела позвонка на 25 % и больше расценивали как перелом. Кроме этого, для уточнения семиотики данных состояний ретроспективно проанализировали МРТ 14 больных с установленными ОКП.

У 10 больных для подтверждения диагноза ОКП проводили контрольное МРТ исследование через 4–13 мес после первого перелома.

Всем больным выполнили также двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (ДРА) поясничного отдела позвоночника на аппарате «Lunar PRODIGY Primo» по стандартному протоколу.

## Результаты и их обсуждение

В процессе исследования решали две задачи: определить признаки остеопороза при МРТ путем сравнения с данными ДРА, а также разработать и уточнить МРТ семиотику ОКП позвоночника.

Известно, что обнаружение каналов вен Бреше (базивертебральных) на рентгенограмме в позднем возрасте свидетельствует или о большой толщине, или об удачной проекции поперечно проходящего сосуда (по И. Л. Тагер, В. А. Дьяченко, 1971 [10]). Спустя 10 лет И. Г. Лагунова приводит данные о том, что вены Бреше нередко, особенно в старческом возрасте, когда костная структура становится более поротичной, могут визуализироваться на боковых рентгенограммах в виде поперечно идущей полосы просветления [11]. В процессе исследования данной категории больных обратили внимание на то, что у больных с доказанным остеопорозом по данным ДРА на T 1 ВИ в сагиттальной плоскости отчетливо визуализируются вены Бреше в виде поперечно расположенных полос низкоинтенсивного сигнала с четкими ровными контурами (рис. 1).

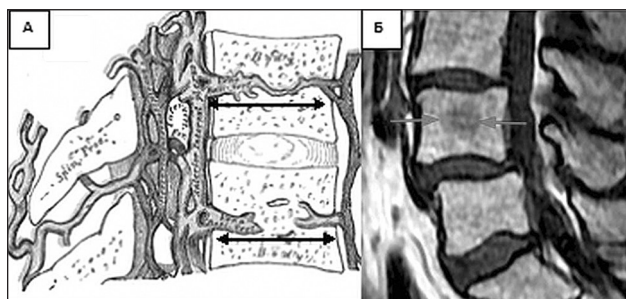
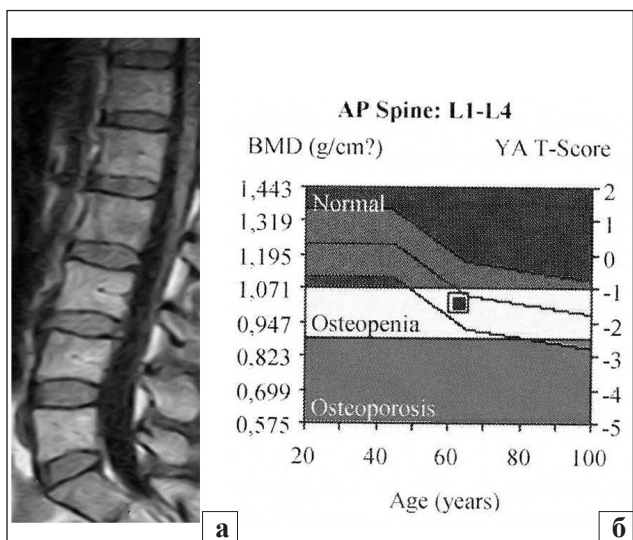


Рис. 1. Схематическое изображение вен Бреше в телах позвонков (черные стрелки), спереди и сзади тел позвонков имеются переднее и заднее наружные венозные сплетения (а). МРТ. Сагиттальное постконтрастное T 1 ВИ этой же вены — красными стрелками показана тонкая горизонтальная полоса интенсивного сигнала в теле L IV (б)



**Рис. 2.** МРТ изображение. Сагиттальное Т 1 ВИ больной Е., 60 лет, демонстрирует изображение вен Бреше в телах L I, L III, L IV с остатками желтого костного мозга вдоль них (а). Результаты ДРА, отражающие общую МПК L I–L IV, соответствуют остеопении (б)

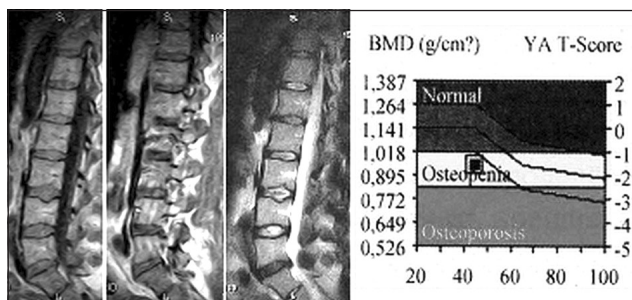
Сопоставив данные МРТ и ДРА, мы обнаружили, что у 55 (98 %) больных с остеопорозом или остеопенией визуализируются вены Бреше и их можно считать одним из признаков остеопороза/остеопении при МРТ исследовании (рис. 2).

На втором этапе при исследовании больных с ОКП была разработана и уточнена МРТ семиотика данной патологии, которая приведена в таблице. Как видно из нее, по локализации ОКП чаще располагались в поясничном отделе позвоночника (L I–L V — 68,6 %) и, как правило, имело место поражение более одного тела позвонка (91,4 %). Только в трех случаях отмечены одиночные переломы.

По степени тяжести среди ОКП преобладали переломы II степени (42,9 %), в 20 % отмечены выраженные компрессии тел позвонков — более 75 % (краш-переломы). При этом компрессия центральной части позвонка (68,6 %) отмечена в 3 раза чаще по сравнению с передней (22,8 %) и задней

**Таблица.** Магнитно-резонансно-томографическая семиотика остеопоротических компрессионных переломов

МРТ семиотика	Количество больных	
	n	%
Локализация на грудном уровне (Th VII–Th XII)	11	31,40
Локализация на поясничном уровне (L I–L V)	24	68,60
Поражение одного позвонка	3	8,60
Поражение нескольких позвонков	32	91,40
Степени перелома:		
I	13	37,10
II	15	42,90
III	7	20,00
Компрессия задней части тела	3	8,60
Компрессия передней части тела	8	22,80
Компрессия центральной части тела	24	68,60
Отек костного мозга (Т 2 ВИ, STIR)	29	82,80
Компрессия вены Бреше	26	74,30
Симптом жидкости (линейный, треугольный, точечный)	34	97,10
Перелом замыкательной пластинки	16	45,70
Линейный интравертебральный «вакуум-феномен»	3	8,60
Жировой костный мозг (остатки)	29	82,80
Грыжи Шморля	8	22,60
Наличие элементов крови в межпозвонковом диске	2	5,70
Вогнутая задняя поверхность тела на поясничном уровне	13	37,10
Выпуклая задняя поверхность тела на грудном уровне	11	31,40
Задние угловые фрагменты	9	25,70
Вовлечение дужек и задних элементов позвонка	6	17,40
Изменения паравертебральных мягких тканей (тонкие кольцевидные изменения)	18	51,40
Состояние эпидурального пространства (сдавлено)	14	40
Сдавнение просвета канала задними угловыми фрагментами	9	25,80



**Рис. 3.** МРТ изображения. Т 2 ВИ в сагиттальной и фронтальной плоскостях демонстрируют линейный гиперинтенсивный сигнал в центральных отделах тела L I. Стрелка указывает на базивертебральную вену, вокруг которой определяется неравномерный периваскулярный отек, что подтверждают данные исследования в сагиттальной плоскости в режиме STIR (последняя МРТ) (а). Суммарные данные ДРА L I–L IV. Минеральная плотность кости снижена и соответствует остеопении (б)

(8,6 %). Такие типы переломов, по данным литературы, обусловлены физиологическими изгибами в соответствующих отделах позвоночника (кифоз и лордоз), статической нагрузкой на остеопоротически измененные позвонки и, естественно, в разной степени выраженными травмирующими факторами (если такие были в анамнезе) [6, 7, 12–15].

При ОКП отек и жидкость замещает желтый костный мозг (ЖКМ) в теле позвонка, что сопровождается появлением гипоинтенсивного сигнала на Т 1 ВИ, изоинтенсивного или гиперинтенсивного на Т 2 ВИ или гиперинтенсивного в режиме STIR, TSHIRT [6, 7, 12–15]. В наших исследованиях отек костного мозга выявлен в 82 % и при этом состоянии патологический сигнал был однородной интенсивности (44 %), неоднородной гетерогенной (51 %) и лентовидным (4 %), что соответствует данным других исследователей [11–16, 17].

Вследствие отека и компрессии костных трабекул при ОКП отсутствовало изображение вены Бреше в 74,3 % и только в 25 %, при ОКП I степени, визуализировались ее фрагменты преимущественно в задних отделах тел позвонков.

Симптом интравертебрального скопления жидкости («симптом жидкости») был описан в 1996 году D. E. Dupuy с соавт. [18] как потенциальный признак аваскулярного некроза. Другие авторы считают, что появление этого симптома обусловлено развитием отека костного мозга и продавливанием жидкости в разреженные участки. Существуют и другие точки зрения на появление этого признака: причиной этого симптома может быть острая ишемия тела позвонка вследствие повреждения позвоночных питающих сосудов на основе линейной конфигурации и прилегания к замыкательной пластинке [18, 19]. «Симптом жидкости» в телах позвонков



**Рис. 4.** МРТ изображения. Сагиттальные Т 2 ВИ в динамике больной 72 лет с остеопенией: а) ОКП L I II ст. с прерывистой линейной зоной интенсивного сигнала в центральных отделах тела; б) исследование через 8 мес, частичная редукция «симптома жидкости» в теле L I, которая уже дислоцирована в сторону верхней замыкательной пластинки, а также появление нового ОКП в центральных отделах тела L II с горизонтальной зоной гиперинтенсивного сигнала

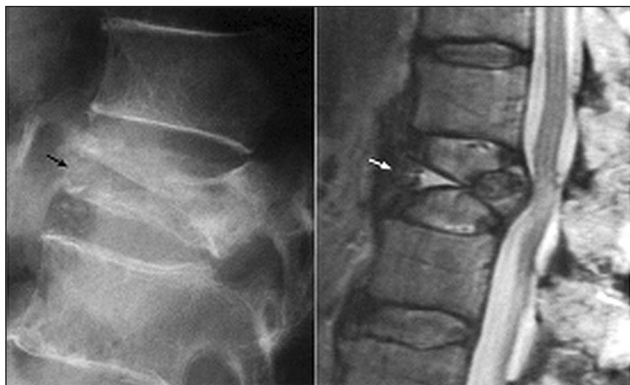
выявлен у 97 % больных и на МРТ он сопровождался появлением преимущественно линейной (85,4 %), треугольной (8,8 %) или очаговой (8,8 %) формами изоинтенсивного сигнала на Т 1 ВИ и Т 2 ВИ, который, как правило, располагался ниже верхней замыкательной пластинки (94,3 %) и только у 2 больных (5,7 %) он обнаруживался параллельно нижней замыкательной пластинке. В отличие от других исследователей [13, 19, 20], отмечавших данный симптом у 12 — 60 % больных, в наших наблюдениях эта цифра была значительно выше — 97 %. Такой разброс данных, с нашей точки зрения, объясняется вероятнее всего разными сроками исследования данной категории больных.

В нескольких случаях (особенно при динамической МРТ), подтвержденных данными ДРА, приводимый симптом линейной формы мы наблюдали по ходу вены Бреше, т. е. в центре тела позвонка (рис. 3 и 4).

Таким образом, приведенные результаты констатируют факт, что ОКП сопровождается появлением периваскулярного «симптома жидкости» по ходу расширенной в центре вены Бреше. Этот признак, по нашему мнению, может служить предиктором ОКП (центральный «симптом жидкости»), а потом (в сроки от 3 до 8 мес) вследствие уменьшения отека и развития фиброзных процессов эта линия смещается в сторону замыкательных пластинок (периферический «симптом жидкости»).

Оценить состояние замыкательных пластинок было возможным только на поясничном уровне, где выявлено нарушение их целостности в 45,7 % (16).

Еще одним симптомом в диагностике ОКП является линейный интравертебральный «вакуум-феномен». Однако это редкий симптом, который лучше определяется на рентгенограммах в положении



**Рис. 5.** Фрагмент боковой рентгенограммы в положении разгибания и сагиттальное Т 2 ВИ у больного (61 год) с болевым синдромом после падения. В переднем отделе компремированного тела Th XII определяется треугольный участок пониженной плотности, что отображает воздушную щель (стрелка). При МРТ визуализируется значительное сплющивание данного тела позвонка со смещением его задней поверхности в позвоночный канал и гиперинтенсивным сигналом в передней части тела

разгибания или на КТ [12, 20]. В наших наблюдениях этот признак был выявлен у 3 больных (рис. 5).

Известно, что в большинстве ОКП тел позвонков имеется нормальное (обычное) состояние желтого костного мозга (ЖКМ) на Т 1 ВИ [12, 13, 15–17, 19]. Наши исследования подтверждают это положение. Так, в 82,8 % наблюдений отмечено обычное состояние ЖКМ (без дополнительных сигналов) и поэтому можно также согласиться с мнением большинства исследователей, что зоны нормального расположения ЖКМ в сохранившихся участках тел позвонков в сочетании с переломом замыкательной пластинки и «симптомом жидкости» считаются характерными для данных переломов [13, 14, 23].

Гораздо реже (17 %) отмечено практически полное отсутствие остатков ЖКМ при ОКП. На Т 2 ВИ ОКП сопровождалась различными сигнальными характеристиками — от обычных до гетерогенных (неоднородных) и гомогенных (однородных). Исходя из приведенных сигнальных характеристик ЖКМ в компремированных телах позвонков можно сделать вывод, что его состояние обусловлено, в первую очередь, сроками существования данных переломов. В большинстве работ по диагностике острых ОКП утверждается, что в течение 3 мес после перелома почти всегда наблюдается полное восстановление структуры ЖКМ и сохранение линейного горизонтального гипоинтенсивного сигнала на Т 1 ВИ и гиперинтенсивного на Т 2 ВИ [12, 14, 15, 25, 26]. Возвращение интенсивности сигнала от гиперинтенсивного до изоинтенсивного на Т 2 ВИ является убедительным свидетельством доброкачественной природы компрессионного перелома (КП) [15, 16].

Спустя 3 мес сохраняющийся гипоинтенсивный сигнал на Т 1 ВИ в компремированном теле позвонка является отражением наступившего фиброза и может быть иногда ошибочно принят за злокачественный компрессионный перелом (КП). Поэтому для дифференциальной диагностики причин КП необходимо динамическое исследование: при заживлении ОКП наблюдается конверсия ЖКМ и он возвращается к своему обычному виду [16, 26].

Однако в трех наших наблюдениях (рис. 4) при динамическом МРТ исследовании гиперинтенсивный сигнал в компремированном позвонке на Т 2 ВИ прослеживался более 3 мес (максимально 8), что можно объяснить неадекватным лечением, т. к. в прилежащем смежном позвонке появился еще один ОКП.

В 22,6 % наблюдений при ОКП были выявлены локальные зоны изменения сигнальных характеристик на Т 1 ВИ в смежных позвонках. В этих случаях причинами большинства измененных сигнальных характеристик были преимущественно центральные хрящевые узлы Шморля (22,6 %), наличие элементов крови в прилежащем поврежденном межпозвонковом диске (5,7 %).

При изучении состояния задней поверхности коркового слоя тела компремированного позвонка большинство авторов утверждает, что выпуклость ее кзади является признаком, характерным для злокачественных КП [13, 22, 23]. Однако при этом необходимо учитывать и тот факт, что этот признак может определяться до 20 % и при ОКП, но в большинстве случаев отмечается сохранение нормальной вогнутости заднего края тела позвонка и интактность дужек [13, 19].

При изучении данного симптома мы обнаружили выпуклую заднюю поверхность тел позвонков при ОКП у 11 больных (31 %) с локализацией на грудном уровне (Th VII–Th XII), а на поясничном уровне (L I–L V) у 13 больных (37,1 %) ОКП сопровождалась вогнутой задней поверхностью, а в остальных она располагалась обычно. Вопреки данным литературы, только в 32 % наблюдений не отмечено изменений задней поверхности тел компремированных позвонков, а ее деформации, на наш взгляд, отражают доброкачественность переломов в виде вогнутости ее при локализации на поясничном уровне при выраженном и распространенном остеопорозе с типичными и усугубляющимися деформациями позвонков, что также подтверждено в работах отдельных авторов [3, 25].

Смещение задних угловых фрагментов (задневерхних или задненижних) тел позвонков в позвоночный канал констатировано в 25,7 % случаев,

хотя этот признак, по мнению разных авторов, является характерным для данной патологии, но эти изменения наблюдаются довольно редко [13, 15, 25]. В мировой литературе описано только одно наблюдение с задними угловыми фрагментами при злокачественном характере перелома [27].

Аномальные МРТ сигналы в задних отделах позвонка диффузного характера на T 2 ВИ и STIR изображениях при ОКП мы отметили у 17,4 % пациентов в одной (11,4 %) или двух дужках (5,7 %), что зафиксировали и другие исследователи (от 6 % до 29 %) [13, 22, 28]. Вовлечение в процесс дужек при данной категории переломов возможно при неизменных ее размерах [28].

Когда речь идет о вовлечении в процесс мягких тканей, то мнение врачей всегда однозначно, однако в литературе по этому поводу имеются противоречивые данные.

Так Н. S. An и соавт. [14] утверждают, что изменения паравертебральных мягких тканей при ОКП встречаются редко и это единичные наблюдения. Противоположной точки зрения придерживаются T. Shih и соавт. [28], которые в 100 % солитарных ОКП обнаружили тонкие кольцевидные изменения паравертебральных мягких тканей. Пытаясь оправдать свои выводы, исследователи ссылаются на то, что данные были получены при изучении переломов III–IV степени компрессии. Мы выявили изменения при данной патологии в 51 % наблюдений и, на наш взгляд, они были обусловлены отеком, т. к. не сопровождалась выраженными деформациями мягких тканей. Утолщение имело равномерный тонкий (не более 5 мм) кольцевидный ободок гиперинтенсивного сигнала по ходу расположения передней продольной связки.

При оценке состояния эпидурального пространства при ОКП получены данные, не противоречащие литературным. Сдавнение этого пространства выявлено в 40 % наблюдений и преимущественно при выраженных краш-переломах, локализовавшихся на среднегрудном и верхнепоясничном уровнях. А расширение эпидурального пространства, что встречается довольно редко, выявлено в одном наблюдении и также согласуется с данными литературы [13, 14, 17, 22].

Таким образом, на основе проведенных МРТ исследований при ОКП в порядке убывания отмечаются следующие семиотические признаки: отек костного мозга, симптом «жидкости», компрессия центральной части тела, остатки желтого костного мозга, компрессия вены Бреше, перелом замыкательной пластинки, кольцевидный отек паравертебральных тканей, вогнутая задняя поверхность

позвонка, задние угловые фрагменты. Кроме этого, при диагностике ОКП необходимо учитывать также их множественность.

## Выводы

Магнитно-резонансная томография является высокоинформативным методом диагностики остеопоротических компрессионных переломов. Использование МРТ в динамике имеет значение в уточнении сроков давности компрессионных переломов, определении восстановления структуры желтого костного мозга, а также оценке их лечения.

Предиктором остеопоротического компрессионного перелома является протяженный линейный гиперинтенсивный сигнал на T 2 взвешенных изображениях по ходу визуализируемой вены Бреше при сохраненной его высоте.

Основными признаками наступившего остеопоротического компрессионного перелома является снижение его высоты более чем на 25 % с переломом замыкательной пластинки, наличие симптома «жидкости», компрессия базивертебральной вены на фоне остатков жирового костного мозга, вогнутость задней поверхности тела позвонка, кольцевидно утолщенные паравертебральные мягкие ткани.

Выявление отека костного мозга тела позвонка является показателем острого и подострого компрессионного перелома, даже на фоне остеопороза.

## Список литературы

1. Поворознюк В. В. Болевой синдром при остеопорозе и методы его коррекции / В. В. Поворознюк, Н. В. Григорьева // Боль, суставы, позвоночник. — 2011. — № 1 (01). — С. 148–158.
2. Путеводитель по диагностическим изображениям: Справочник практического врача / Ш. Шотемор, В. И. Пурижанский, Т. В. Шемякова и др. — М.: «Советский спорт», 2001. — 400 с.
3. Кассар-Пулличино В. Н. Спинальная травма в свете диагностических изображений / Виктор Н. Кассар-Пулличино, Хервиг Имхоф; пер. с англ.; под общей ред. проф. Ш. Ш. Шотемора. — М.: МЕДпресс-информ, 2009. — 264 с.
4. Астапенков Д. С. Системный диагностический подход при патологических переломах позвонков на фоне остеопороза и обоснование комплексного лечения: автореф. дис. на соискание учен. степени докт. мед. наук / Д. С. Астапенков. — Курган, 2011. — 34 с.
5. Ахадов Т. А. Магнитно-резонансная томография спинного мозга и позвоночника / Т. А. Ахадов. — М.: ПИК ВИНТИ, 2000. — 747 с.
6. Holzer G. Якість кісткової тканини та вертебральні переломи / G. Holzer, L. Holzer // Боль. Суставы. Позвоночник. — 2011. — № 3 (3). — С. 11–17.
7. Radiographic methods for evaluating osteoporotic vertebral fractures / F. Grados, J. Fechtenbaum, E. Flipon et al. // Joint Bone Spine. — 2009. — № 76 (3). — P. 241–247.
8. Королюк И. П. Старение костной ткани: признаки, современная лучевая диагностика / И. П. Королюк, А. Г. Шехтман // Радиология — практика. — 2004. — № 3. — С. 4–9.
9. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morpho-

- metric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group / H. K. Genant, M. Jerqas, L. N. Palermo et al. // *J. Bone Miner. Res.* — 1996. — № 11 (7). — P. 984–996.
10. Тагер И. Л. Рентгенодиагностика заболеваний позвоночника / И. Л. Тагер, В. А. Дьяченко. — М.: «Медицина», 1971. — 241 с.
  11. Лагунова И. Г. Рентгеноанатомия скелета / И. Г. Лагунова. — М.: «Медицина», 1981. — С. 386.
  12. Vertebral compression fractures: Distinction between benign and malignant causes with MR imaging / W. T. Yuh, Z. C. Kachar, T. J. Barloon et al. // *Radiology.* — 1989. — Vol. 172. — P. 215–218.
  13. Acute vertebral collapse due to osteoporosis or malignancy: Appearance on unenhanced and gadolinium-enhanced MR images / C. A. Cuenod, J. D. Laredo, S. Chevret et al. // *Radiology.* — 1996. — Vol. 199. — P. 541–549.
  14. Can we distinguish between benign versus malignant compression fractures of the spine by magnetic resonance imaging? / H. S. An, T. G. Andreshak, C. Nguyen et al. // *Spine.* — 1995. — № 20. — P. 1776–1782.
  15. Benign versus pathologic compression fractures of vertebral bodies: Assessment with conventional spin-echo, chemical-shift, and STIR MR imaging / L. L. Baker, G. S. Boodman, I. Perkash et al. // *Radiology.* — 1990. — Vol. 174. — P. 495–502.
  16. MRI description of vertebral osteomyelitis, neoplasm, and compression fracture / A. R. Vaccaro, S. H. Shah, M. E. Schweitzer et al. // *Orthopedics.* — 1999. — Vol. 22. — P. 67–73.
  17. Acute vertebral body compression fractures: Discrimination between benign and malignant causes using apparent diffusion coefficients / J. H. Chan, W. C. Peh, E. Y. Tsui et al. // *Br. J. Radiol.* — 2002. — Vol. 75. — P. 207–214.
  18. Dupuy D. E. Vertebral fluid collection associated with vertebral collapse / D. E. Dupuy, W. E. Palmer, D. I. Rosenthal // *Am. J. Roentgenol.* — 1996. — Vol. 167. — P. 1535–1538.
  19. Acute osteoporotic and neoplastic vertebral compression fractures: Fluid sign at MR imaging / A. Baur, A. Stabler, S. Arbogast et al. // *Radiology.* — 2002. — Vol. 225. — P. 730–735.
  20. Bhalla S. The linear intravertebral vacuum: A sign of benign vertebral collapse / S. Bhalla, W. R. Reinus // *Am. J. Roentgenol.* — 1998. — Vol. 170. — P. 1563–1569.
  21. Tan S. B. The limitations of magnetic resonance imaging in the diagnosis of pathologic vertebral fractures / S. B. Tan, J. A. Kozak, M. E. Mawad // *Spine.* — 1991. — № 16. — P. 919–923.
  22. Rupp R. E. Magnetic resonance imaging differentiation of compression spine fractures or vertebral lesions caused by osteoporosis or tumor / R. E. Rupp, N. A. Ebraheim, R. J. Coombs // *Spine.* — 1995. — Vol. 20. — P. 2499–2503.
  23. MR prediction of benign and malignant vertebral compression fractures / L. A. Mouloupoulos, K. Yoshimitsu, D. A. Johnston et al. // *J. Magn. Reson. Imaging.* — 1996. — № 6. — P. 667–674.
  24. Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: Differentiation of benign versus pathologic compression fractures / A. Baur, A. Stabler, R. Bruning et al. // *Radiology.* — 1998. — Vol. 207. — P. 349–356.
  25. Magnetic resonance imaging of benign spinal lesions simulating metastasis: Role of diffusion-weighted imaging / N. E. Leeds, A. J. Kumar, X. J. Zhou et al. // *Top. Magn. Reson. Imaging.* — 2000. — № 11. — P. 224–234.
  26. Yamato M. MR appearance at different ages of osteoporotic compression fractures of the vertebrae / M. Yamato, G. Nishimura, E. Kuramochi // *Radiat. Med.* — 1998. — № 16. — P. 329–334.
  27. Musculoskeletal MRI / P. A. Kaplan, C. A. Helms, R. Dussault et al. — Philadelphia, PA, WB Saunders Company, 2001. — 676 p.
  28. Shih T. T. Solitary vertebral collapse: Distinction between benign and malignant causes using MR patterns / T. T. Shih, K. M. Huang, Y. W. Li // *J. Magn. Reson. Imaging.* — 1999. — № 9. — P. 635–642.