

С. А. Мягков, А. П. Мягков, А. С. Семенов, С. Ю. Наконечный

Методические аспекты и современные модальности магнитно-резонансной томографии в диагностике метастатических компрессионных переломов позвоночника

ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины»

Ключевые слова: метастазы, магнитно-резонансная томография, компрессионный перелом.

Метастатические компрессионные переломы позвоночника широко распространены во всем мире, в том числе и в Украине. Целью работы было по данным специализированной литературы оценить методические аспекты и современные модальности магнитно-резонансной томографии в диагностике метастатических поражений позвоночника. Недостаточная чувствительность и специфичность, а порой и сложности в практическом применении методов лучевой диагностики при данной патологии делает актуальной проблему поиска новых методов диагностики, таких как магнитно-резонансная томография. С критической точки зрения приведены и оценены импульсные последовательности (T1-, T2ВИ, STIR, Fat/sat) и новые модальности (DWI, Whole-body), которые применяются при МРТ-диагностике метастазов. Также рассмотрены вопросы контрастного исследования при данной патологии. Внедрение современных технологий в диагностический процесс представляет большой научный интерес и существенную практическую значимость, а также будет способствовать повышению эффективности лечения таких больных.

Методичні аспекти та сучасні модальності магнітно-резонансної томографії в діагностиці метастатичних компресійних переломів хребта

С. О. Мягков, О. П. Мягков, О. С. Семенов, С. Ю. Наконечный

Метастатичні компресійні переломи хребта поширені в усьому світі, у тому числі й в Україні. Мета роботи полягала у оцінюванні методичних аспектів і сучасних модальностей магнітно-резонансної томографії в діагностиці метастатичних уражень хребта за даними спеціалізованої літератури. Недостатня чутливість і специфічність, а часом і складності у практичному застосуванні методів променевої діагностики цієї патології робить актуальною проблему пошуку нових методів діагностики, таких як магнітно-резонансна томографія. У критичному аспекті наведено й оцінено імпульсні послідовності (T1-, T2ВИ, STIR, Fat/sat) і нові модальності (DWI, Whole-body), що застосовуються під час МРТ-діагностики метастазів. Розглянули також питання контрастного дослідження при цій патології. Впровадження сучасних технологій у діагностичний процес становить значний науковий інтерес і має суттєву практичну значущість, а також сприятиме підвищенню ефективності лікування таких хворих.

Ключові слова: метастазы, магнітно-резонансна томографія, компресійний перелом.

Запорізький медичний журнал. – 2014. – №2 (83). – С. 87–93

Resonance imaging in the diagnostics of metastatic vertebral compression fractures

S. A. Myagkov, A. P. Myagkov, A. S. Sementsov, S. Y. Nakonechniy

Metastatic vertebral compression fractures are widespread throughout the world, including Ukraine. The aim was to evaluate the methodological aspects and modern modalities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of metastatic lesions of the spine. Lack of sensitivity, specificity and sometimes difficulty in the practical application of radiographic diagnosis of this disease makes problem of finding of the new methods of diagnosis, such as magnetic resonance imaging. From a critical perspective presented and evaluated pulse sequences (T1WI, T2WI, STIR, Fat/sat) and new modalities (DWI, Whole-body), which are used in the diagnosis of metastases. Introduction of these modern technologies in the diagnostic process has great scientific interest and considerable practical significance, and will also enhance the effectiveness of the treatment of these patients.

Key words: metastases, magnetic resonance imaging, compression fracture.

Zaporozhye medical journal 2014; №2 (83): 87–93

Патологический компрессионный перелом позвоночника (ПКПП) – это серьезная проблема, тесно связанная с возрастом. Согласно демографическим изменениям общества частота ПКПП растет, и они сопровождаются осложнениями и повышенной смертностью, тем самым существенно влияют на качество жизни и ожидаемую продолжительность жизни пациента [1–4].

Второй по частоте причиной развития ПКПП (после остеопоротических переломов) является метастатическое поражение [1,2,4,6–10]. Актуальность этой проблемы подтверждают данные S.N. Sundaresan и соавт. (1990), которые отмечали, что частота паралича, вызванной опухолевым поражением позвоночника, составляет 8,5 на 100 000, в то время как при травме позвоночника – только 3–5 на 100 000

[5]. В течение последних 15 лет в Украине наблюдается четкая тенденция к увеличению заболеваемости опухолями всех основных локализаций (приблизительно на 1,5% в год). Особенно выражен прирост заболеваемости раком простаты, грудной железы и колоректальным раком, поэтому увеличивается смертность, и пока не удастся добиться существенного снижения смертности от наиболее распространенных видов злокачественных новообразований [11]. Согласно данным ВОЗ, Украина и Россия входят в тройку мировых лидеров по смертности от онкологических заболеваний на 100 тыс. населения. Метастатические компрессионные переломы позвоночника (МКП) широко распространены во всем мире, в том числе и в Украине [11]. Низкая доступность диагностики рака, несовершенство систем статистического



учета и анализа эпидемиологических данных, а также недостаточная чувствительность, специфичность, а порой и сложности в практическом применении методов лучевой диагностики данной патологии делает актуальной проблему поиска новых методов диагностики, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ) [4,6–10].

Цель работы

По данным специализированной литературы оценить методические аспекты и современные модальности магнитно-резонансной томографии в диагностике метастатических поражений позвоночника.

В научной литературе последних лет показано (L. M. Shah and K. L. Salzman, 2011), что визуализация очагов метастазирования и специфические отклонения от нормального изображения, которые определяются на МРТ, зависят прежде всего от того, какие конкретные параметры (в основном это импульсные последовательности (ИП) использовали [4].

Импульсные последовательности, применяемые при диагностике метастазов. На T1 взвешенных изображениях (T1ВИ) нормальный костный мозг (КМ) тел позвонков интенсивен, переходя в изо- и гиперинтенсивность у более взрослых людей. МР-сигналы при поражении тел позвонков имеют низкую интенсивность, достигая максимума при склеротических метастазах. Замещение КМ всегда сопровождается низкими сигнальными характеристиками по сравнению с нормальным мозгом на T1ВИ [12–14].

Однако этот признак (гипоинтенсивный сигнал в пораженном теле позвонка) не является специфичным [1,4,15]. В очень редких случаях (гематогенное метастазирование меланомы) при наличии метгемоглобинемии или меланоцитоза, которые влияют на T1ВИ, тела позвонков могут быть гиперинтенсивными [1,4].

На T2ВИ сигнальные характеристики в пораженных телах позвонков могут быть переменными, хотя, по мнению большинства исследователей, в основном отмечается нарастание интенсивности сигнала [4,16]. Метастатические поражения на T2ВИ, как правило, гораздо интенсивнее, чем прилежащий КМ в связи с высоким содержанием в них воды. Метастазы часто (но не всегда) по периферии имеют ободок гиперинтенсивного сигнала на T2ВИ, известный в специализированной литературе как симптом ободка, или «halo sign» [17]. По утверждению Schweitzer M.E. et al. (1993) этот признак, как и другой симптом – очагового диффузного гиперинтенсивного сигнала, – являются убедительными маркерами метастатического поражения (при чувствительности 75% и специфичности 99,5%) [17].

Для улучшения качества T2ВИ можно увеличить контрастность между изображением КМ и опухолью при помощи частиц ультрамелкого суперпарамагнитного оксида железа (USPIO). Специфическая особенность для системы клеток ретикулоэндотелиальной системы обусловлена индуцированием локальных высоких полей в КМ (так называемый суперпарамагнитный эффект), что ускоряет фазовые сдвиги протонов воды. Этот эффект понижает интенсивность T2ВИ нормального КМ и приводит к увеличению интенсивности сигнала для желтого и красного КМ

при метастазах, что делает их изображение более четким, при том, что они остаются гиперинтенсивными [18–20]. Высокая интенсивность МР-сигнала метастатического очага обусловлена разрушением губчатого вещества кости вследствие ее опухолевого поражения, а также потерей магнитной чувствительности [4,19].

У пожилых пациентов вследствие инверсии красного КМ в желтый (который содержит большее количество жира) рекомендуется использовать импульсную последовательность *STIR* (Short T1 Inversion Recovery – восстановление с инверсией с коротким T1) [5]. Это очень эффективный способ подавления сигнала жировой ткани, который полезен в случаях, когда высокий сигнал жира может скрыть патологию поврежденного позвонка. Эта импульсная последовательность более чувствительна при определении метастазов, чем T1- и T2ВИ, но менее чувствительна при определении паравертебрального распространения [21–23]. На T1ВИ при использовании ИП *STIR* метастазы характеризуются увеличением сигнальных характеристик от слегка интенсивной до высокой интенсивности МР-сигнала, в то время как неопухолевые заболевания сопровождаются низкой интенсивностью МР-сигнала [21–23]. Существенными недостатками этой ИП является выраженная артефактность вследствие высокой чувствительности к применяемому оборудованию (в первую очередь катушкам) и из-за избыточной массы тела [4]. H.E. Daldrup-Link et al. (2002) показали, что *STIR*-изображения более чувствительны, чем T1- и T2ВИ, и продемонстрировали изменения интенсивности сигнала в КМ после введения оксида железа. При этом отмечено уменьшение интенсивности сигнала для нормального КМ через 45–60 минут после введения данного препарата, а при метастазах в красном КМ пораженного позвонка или наблюдали минимальное снижение сигнала интенсивности, или его не было вообще [24].

Кроме ИП *STIR*, в последние годы в литературе по обсуждаемой патологии рекомендуют и ИП, которые предполагают как насыщение изображений КМ жиром (*saturated fat – Fat/sat*), так и подавление жира (*suppression of fat – Fat/sup*) [23].

Кроме этого, ряд авторов указывают, что на изображение метастазов в позвоночнике сильно влияет выбор параметров изображения (время эхо – TE и время повторения – TR), а также ряд некоторых других факторов [1,4,22–25].

Вариации приведенных ИП дают возможность по сигнальным характеристикам различать изображения, обусловленные наличием в них воды и жира, что крайне необходимо учитывать при проведении дифференциальной диагностики между отеком различного генеза в теле пораженного позвонка и другими патологическими изменениями КМ [1,4,25].

Однако немногочисленные исследователи считают, что изменение сигнальных характеристик указывает только на наличие патологически измененной структуры и не дает полной информации именно о характере этих изменений, а только по данным МРТ нельзя уверенно проводить дифференциальную диагностику метастатических поражений позвоночника [7,23].



Тем не менее, принимая во внимание возможность наличия очагов поражения с одинаковыми сигнальными характеристиками при метастазах в инволютивном КМ, все исследователи, изучавшие данную проблему, рекомендуют в качестве стандартного протокола исследования использовать еще и контрастное усиление.

Постконтрастное МРТ-изображение. Еще одним условием увеличения контрастности изображений может быть введение контрастного вещества типа гадолиний-диэтилентриаминпентауксусной кислоты (Gd-DTPA). Постконтрастное изображение (ПИ) после внутривенного введения Gd-DTPA может существенно улучшить визуализацию метастазов, особенно вне позвоночника. Тем не менее на ПИ можно определить уровень накопления контрастного вещества (КВ), который увеличивается при наличии опухоли даже при склеротических метастазах. При данном виде метастатического поражения описано специфическое кольцевидное периферическое накопление КВ [17,26]. Этот признак, как указывают Shah L.M., Salzman K.L. (2011), является очень надежным в ходе дифференциальной диагностики между склеротическими метастазами и эностомами (которые не накапливают КВ) [4]. Накопление КВ в очагах метастатического поражения может иметь характер центрального или диффузно-однородного накопления [4]. Но при этом, как показали исследования S. Falcone (2002), ПИ существенно не помогают в диагностике метастатического поражения позвоночника потому, что при ряде заболеваний может иметь место контрастное окрашивание пораженных позвонков, в т. ч. и при острых остеопоротических компрессионных переломах (типы контрастирования указаны в соответствующем разделе обзора) [27].

Контрастное исследование, как правило, входит в стандартный протокол исследования, поскольку позволяет идентифицировать распространенность метастатического поражения интрамедуллярно, интрадурально и экстрадурально, а особенно эпидурально, что может привести к вертебро-медуллярному конфликту и, соответственно, изменить тактику лечения [1,4,8–10,27].

Для повышения эффективности диагностики с помощью постконтрастных Т1ВИ, когда предполагаемые очаги метастатического поражения выглядят на МРТ изоинтенсивными, предлагается сочетание ИП STIR и контрастного исследования. Такое сочетание необходимо для получения качественного изображения метастатического поражения в т. ч. и новых, не визуализируемых очагов на нативных МРТ [28].

Вместе с тем, как отмечают В.Н. Кассар-Пулличино (2009) и L.M. Shah and K.L. Salzman (2011), при остром травматическом и остеопоротическом переломах позвонков такое контрастное окрашивание неоднозначно вследствие того, что в остром периоде такого перелома может иметь место незначительное контрастное окрашивание, обусловленное экстравазацией КВ – до 30% [1,4]. В связи с этим контрастное усиление не может быть критерием дифференциальной диагностики острых травматических и метастатических компрессионных переломов, однако может служить отличительным признаком после того, как отек исчезнет. Таким образом, наличие отека и/или контрастного окрашивания при однократном исследовании – неоднозначный признак

при проведении дифференциальной диагностики между этими видами ПКПП.

Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) – мощный метод оценки тканеспецифичной диффузионной способности биологических тканей. Первую статью по описанию использования ДВИ для дифференциации ОПКП и злокачественных КП позвонков опубликовали A. Baur et al. (1998). Она вызвала многочисленные дискуссии, которые продолжаются и до сегодня [29]. Так, эти авторы приводят качественные сигнальные характеристики для остеопоротических и метастатических КП: первые характеризуются гипо- и изоинтенсивными сигнальными характеристиками по сравнению с прилежащими нормальными телами позвонков, а вторые – гиперинтенсивны [29].

Последующие работы по изучению возможностей ДВИ при обсуждаемой патологии, проведенные S. Falcone (2002), показали, что данная методика не увеличивает специфичность исследования в диагностике метастатического поражения, а измеряемые коэффициенты диффузии автор считал игрой цифр [27].

Последующие попытки трактовки ДВИ при оценке метастатического поражения позвонков принесли положительные диагностические результаты [16,27,29–43]. Наиболее обстоятельное исследование X.J. Zhou et al. (2002) показало, что гистограммы, полученные методом изучения количественного коэффициента диффузии (ADC), могут дать ценную информацию, позволяющую отличать остеопоротические переломы от метастатических [37]. Качественная оценка ДВИ, по данным этих авторов, проблематична из-за т.н. блеск-эффектов на Т2ВИ, которые могут приводить к ложноположительным результатам. Так, у 50% больных с остеопоротическими КП были визуализированы гиперинтенсивные сигналы на Т2ВИ ДВИ с коэффициентами диффузии $2,8-3,3 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, а при метастатическом поражении обнаружены гипоинтенсивные изменения, характерные для остеопоротических КП, за счет высокого содержания в них воды [35,37]. В этой же работе авторы доказали, что между остеопоротическими и метастатическими поражениями позвоночника на основании средних показателей коэффициента диффузии существуют статистически значимые различия. Так, средние значения ADC при метастатическом поражении составили $1,9 \pm 0,3 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ и $3,2 \pm 0,5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ при остеопоротических КП [37]. Аналогичные выводы в 2006 г. сделали A.A. Bhugaloo et al., которые констатировали достаточно высокую диагностическую эффективность ДВИ (по данным авторов, специфичность составила 92%, а чувствительность – 87%) [38].

Наиболее оптимистичные выводы о применении ДВИ при обсуждаемой патологии сделали M. Karchevsky et al. (2008), которые на основании 8 исследований, выполненных за период 1998–2003 г. с достаточным количеством материала (104 больных с остеопоротическими и 141 пациент с метастатическими переломами позвоночника) пришли к заключению, что, несмотря на противоречивые данные научной литературы, показатели коэффициента диффузии являются надежным критерием диагностики метастатических поражений позвоночника [44].

В то же время Н.И. Сергеев и соавт. (2012) утверждают, что ДВИ в диагностике метастатического поражения



костной системы обладают высокой чувствительностью и низкой специфичностью, что подтверждается данными контрольной МРТ. Кроме этого, изменения, обнаруживаемые при стандартных режимах высокопольной МРТ, находят полное отображение на ДВИ. Поэтому авторы рекомендуют использовать ДВИ как скрининговый метод при подозрении на метастатические поражения костей [45].

Несмотря на эти оптимистические результаты о возможностях ДВИ в диагностике обсуждаемой патологии, ряд исследователей утверждают, что данные МРТ, основанные на изучении коэффициентов диффузии не имеют существенного преимущества перед традиционными нативными изображениями при определении метастазов в позвоночнике [37,44,45].

Подводя итоги научной дискуссии о возможностях указанной технологии, большинство исследователей отмечают, что оптимизация техники получения ДВИ по-прежнему является очень актуальным вопросом, а также предметом многочисленных исследований и дискуссий. Но все же применение этой модальности, с точки зрения современной науки, обеспечивает уникальный контраст, который может помочь в диагностике патологических КП [4,15,40,41,43,44–50].

Магнитно-резонансная томография всего тела (Whole-body). Методика МРТ всего тела, позволяет получать изображения всего осевого и проксимальных отделов периферического скелета с достаточным диагностическим качеством без использования дорогостоящего специализированного оборудования и программного обеспечения. Методика дает возможность за относительно короткое время в рамках одного исследования оценить состояние костей всего осевого и проксимальных отделов периферического скелета. Использование методики повышает точность диагностики костных метастазов и, естественно, переломов позвоночника [42,51].

Как показано в работе Д. В. Неледова (2010), методика МРТ всего тела в пределах одного исследования за небольшой промежуток времени и без использования дорогостоящей модернизации оборудования и программного обеспечения позволяет сделать МР-изображение хорошего диагностического качества для большинства костей, с ограничениями в отношении костей лицевого черепа, лобной, затылочной костей, передних и боковых отростков ребер, некоторых отделов лопаток, и в отдельных случаях, грудины [51]. Дополнительное преимущество – возможность эффективно определять метастатическое поражение

не только в скелете, но и в других органах. Методика МРТ всего тела обладает более высокой эффективностью в диагностике метастатического поражения скелета по сравнению со сцинтиграфией скелета (с точностью 98% и 71% соответственно), позволяя в 28% случаев изменить стадию онкологического заболевания и в 31% уточнить степень распространенности метастатического процесса в скелете [23,52,53]. Эту методику можно считать скрининговым методом диагностики метастатического поражения скелета у онкологических больных, имеющих высокий клинический риск его развития. Методика является уточняющей в ходе диагностики при неопределенных или отрицательных результатах сцинтиграфии скелета, а также при необходимости уточнить степень распространенности опухолевого поражения скелета [1,4,54].

Следует отметить, что в настоящее время выделяют такие области клинического применения метода: обнаружение злокачественных новообразований, дифференциация злокачественных и доброкачественных новообразований [54], определение стадии злокачественного процесса [55], лечебный мониторинг [56], определение активности воспалительного процесса, обнаружение абсцессов, диагностика гематом в острой фазе [42].

Несмотря на значительное количество приведенных МРТ импульсных последовательностей, данных постконтрастных МРТ и современных модальностей (ДВИ, МРТ всего тела), ведущие радиологи и травматологи утверждают, что почти у трети больных не удается сформулировать окончательный диагноз [1,57,58].

Выводы

МРТ диагностика метастатических компрессионных переломов позвоночника остается актуальной и сложной проблемой для радиологов. Еще 10 лет назад утверждалось, что клиническое применение МРТ для диагностики метастазов является дополнительной опцией вследствие высокой стоимости исследования, его продолжительности, зависимости качества изображения от движения органов и тканей, а также малой распространенности МР-томографов. Сегодня не подлежит сомнению, что использование МРТ для изучения этой актуальной проблемы позволит получить новые сведения по недостаточно изученным вопросам МРТ диагностики метастатических компрессионных переломов позвоночника. Решение этой задачи представляет большой научный интерес и существенную практическую значимость, а также будет способствовать повышению эффективности лечения таких больных.

Список литературы

1. Кассар-Пулличино В.Н. Спинальная травма в свете диагностических изображений / В.Н. Кассар-Пулличино, Хервиг Имхоф; [пер. с англ. под общ. ред. проф. Ш.Ш. Шотемора]. – М. : МЕДпресс-информ, 2009. – 264 с.
2. Mortality and incident vertebral fractures after 3 years of follow-up among geriatric patients / Н.С. Van der Jagt-Willems, М. Vis, С.Р. Tulner [et al.] // *Osteoporosis International*. – 2013. – Vol. 24. – № 5. – P. 1713–1719.
3. Особенности патологических переломов позвонков [Электронный ресурс] / А.С. Неред, Н.В. Кочергина, А.Б. Блудов [и др.] // *Russian electronic journal of radiology*. – 2013. – Т. 3. – № 2. – С. 20–25. – Режим доступа: www.rejr.ru.
4. Shah L.M. Imaging of Spinal Metastatic Disease / L.M. Shah, K.L. Salzman // *International Journal of Surgical Oncology Volume*. – 2011. – Vol. 1. – P. 1–12.
5. Metastatic tumors in the spine / S. Sundaresan, H.H. Scmidek, A.L. Schiller [et al.] // *Tumors of the spine. Diagnosis and Clinical Management*. Philadelphia: WB Saunders. – 1990. – P. 279–304.
6. Шишигин А.В. Оптимизация лучевой диагностики и локального лечения метастазов и гемангиом позвоночника : автореф. дис. на соискание ученой степени к.мед.н. : спец. 14.00.14 «Онкология» / А.В. Шишигин. – Уфа, 2009. – 22 с.
7. Спужак Р.М. Комплексна променева диагностика метастатичних уражень хребта : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к.мед.н. : спец. 14.01.23 «Променева диагностика, променева терапія» / Р.М. Спужак. – К., 2002. – 20 с.
8. Стегачев С.К. Магнитно-резонансна томография в диагностике злокачественных заболеваний позвоночника : автореф. дис. на соискание ученой степени к.мед.н. : спец. 14.00.19 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» / С.К. Стегачев. – М., 2003. – 21 с.

9. Соколова В.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике и мониторинге метастатических опухолей позвоночника после лучевой терапии : автореф. дис. на соискание ученой степени к.мед.н. : спец. 14.00.19 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» / В.А. Соколова. – М., 2009. – 22 с.
10. Гуничева Н.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике новообразований опорно-двигательного аппарата : дис. на соискание ученой степени д.мед.н. : 14.00.19 / Н.В. Гуничева. – М., 2009. – 227 с.
11. Седаков И.Е. Украинская онкология в 2012 году: реформы, достижения, инновации / И.Е. Седаков // Здоровье Украины. – 2013. – № 3. – С. 6–7.
12. Poe L.B. Evaluating the varied appearances of normal and abnormal marrow / L.B. Poe // MRI Web Clinic. – 2010. – December. – Режим доступа: www.protopracs.com.
13. Shah L.M. MRI of spinal bone marrow: Part I, techniques and normal age-related appearances / L.M. Shah, C. Hanrahan // Am J Roentgenol. – 2011. – Vol. 197. – P. 1298–1308.
14. Магнитно-резонансно томографическая семиотика острых остеопоротических компрессионных переломов позвоночника. журнал / Е.П. Шармазанова, С.А. Мягков, Н.Д. Еремеева [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2012. – № 4. – С. 62–69.
15. Baur-Melnyk A. Malignant versus benign vertebral collapse: are new imaging techniques useful? / A. Baur-Melnyk // Cancer Imaging. – 2009. – Vol. 9. – S. 49–51.
16. Quantitative assessment of diffusion abnormalities in benign and malignant vertebral compression fractures by line scan diffusion-weighted imaging / M. Maeda, H. Sakuma, S. E. Maier [et al.] // Am J Roentgenol. – 2003. – № 181(5). – P. 1203–1209.
17. Bull's-eyes and halos: useful MR discriminators of osseous metastases / M.E. Schweitzer, C. Levine, D.G. Mitchell [et al.] // Radiology. – 1993. – Vol. 188(1). – P. 249–252.
18. Pollen J.J. Osteoblastic response to successful treatment of metastatic cancer of the prostate / J.J. Pollen, W.J. Shlaer // Am J Roentgenol. – 1979. – Vol. 132. – P. 927–931.
19. The role of MR imaging in evaluating metastatic spinal disease / W.R. Smoker, J.C. Godersky, R.K. Knutson [et al.] // Am J Roentgenol. – 1987. – Vol. 149. – P. 1241–1248.
20. Monitoring radiation-induced changes in bone marrow histopathology with ultra-small superparamagnetic iron oxide (USPIO)-enhanced MRI / H.E. Daldrup, T.M. Link, S. Blasius [et al.] // J Magn Reson Imaging. – 1999. – Vol. 9. – P. 643–652.
21. Comparison of three fat suppression sequences for the detection of vertebral detection. Turbo STIR, phase contrast gradient-echo, and MISTEC-Chopper after gadolinium injection / J.P. Cottier, S. Akoka, L. Brunereau [et al.] // J Neuroradiol. – 1998. – Vol. 25. – P. 129–135.
22. MR evaluation of vertebral metastases: T1-weighted, short-inversion-time inversion recovery, fast spin-echo, and inversion-recovery fast spin-echo sequences / R.C. Mehta, M.P. Marks, R.S. Hinks [et al.] // Am J Neuroradiol. – 1995. – Vol. 16. – P. 281–288.
23. MR imaging of vertebral metastases: evaluation of fat saturation imaging / N. Uchida, K. Sugimura, K.A. Kajitani [et al.] // European Journal of Radiology. – 1993. – Vol. 17(2). – P. 91–94.
24. Iron-oxide-enhanced MR imaging of bone marrow in patients with non-Hodgkin's lymphoma: differentiation between tumor infiltration and hypercellular bone marrow / H.E. Daldrup-Link, E.J. Rummeny, B. Ihssen [et al.] // Eur Radiol. – 2002. – Vol. 12. – P. 1557–1566.
25. Comparison of three fat suppression sequences for the detection of vertebral detection. Turbo STIR, phase contrast gradient-echo, and MISTEC-Chopper after gadolinium injection / J.P. Cottier, S. Akoka, L. Brunereau [et al.] // J Neuroradiol. – 1998. – Vol. 25. – P. 129–135.
26. Detection of osseous metastases of the spine: comparison of high resolution multi-detector-CT with MRI / S. Buhmann-Kirchhoff, C. Becker, H.R. Duerr [et al.] // European Journal of Radiology. – 2009. – Vol. 69(3). – P. 567–573.
27. Falcone S. Diffusion-weighted imaging in the distinction of benign from metastatic vertebral compression fractures: is this a numbers game? / S. Falcone // Am J Neuroradiol. – 2002. – Vol. 23(1). – P. 5–6.
28. Spinal cord compression due to metastatic disease: diagnosis with MR imaging versus myelography / R.F. Carmody, P.J. Yang, G.W. Seeley [et al.] // Radiology. – 1989. – Vol. 173(1). – P. 225–229.
29. Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: Differentiation of benign versus pathologic compression fractures / A. Baur, A. Stabler, R. Brüning [et al.] // Radiology. – 1998. – Vol. 207. – P. 349–356.
30. Le Bihan D.J. Differentiation of benign versus pathologic compression fractures with diffusion-weighted MR imaging: a closer step toward the „holy grail» of tissue characterization? / D.J. Le Bihan // Radiology. – 1998. – Vol. 207(2). – P. 305–307.
31. Castillo M. Diffusion-weighted MR imaging offers no advantage over routine noncontrast MR imaging in the detection of vertebral metastases / M. Castillo, A. Arbelaez, J.K. Smith // Am. J. Neuroradiol. – 2000. – Vol. 21(5). – P. 948–953.
32. Herneth A.M. The value of diffusion-weighted MRT in assessing the bone marrow changes in vertebral metastases [in German] / A.M. Herneth, S. Guccione, M. Bednarski // Radiologe. – 2000. – Vol. 40(8). – P. 731–736.
33. Magnetic resonance imaging of benign spinal lesions simulating metastasis: role of diffusion-weighted imaging / N.E. Leedsa, A.J. Kumar, X.J. Zhou [et al.] // Top. Magn. Reson. Imaging. – 2000. – Vol. 11(4). – P. 224–234.
34. Finelli D.A. Diffusion-weighted imaging of acute vertebral compressions: specific diagnosis of benign versus malignant pathologic fractures / D.A. Finelli // Am. J. Neuroradiol. – 2001. – Vol. 22(2). – P. 241–242.
35. Herneth A.M. Apparent diffusion coefficient: a quantitative parameter for in vivo tumor characterization / A.M. Herneth, S. Guccione, M. Bednarski // Eur. J. Radiol. – 2003. – Vol. 45(3). – P. 208–213.
36. Characterization of Benign and Metastatic Vertebral Compression Fractures with Quantitative Diffusion MR Imaging / X.J. Zhou, N.E. Leedsa, G.C. McKinnonb [et al.] // AJNR. – 2002. – Vol. 23. – P. 165–170.
37. Diffusion weighted MR imaging in acute vertebral compression fractures: differentiation between malignant and benign causes / A.A. Bhugaloo, B.J.J. Abdullah, Y.S. Siow [et al.] // Biomedical Imaging and Intervention Journal. – 2006. – Vol. 2(2). – P. 12–19.
38. Baur-Melnyk A. Malignant versus benign vertebral collapse: are new imaging techniques useful? / A. Baur-Melnyk // Cancer Imaging. – 2009. – Vol. 9. – S. 49–51.
39. SSH-EPI diffusion-weighted MR imaging of the spine with low b values: is it useful in differentiating malignant metastatic tumor infiltration from benign fracture edema? / O. Oztekin, E. Ozan, Z. Hilal Adibelli // Skeletal Radiol. – 2009. – Vol. 38(7). – P. 651–658.
40. Diagnostic value of apparent diffusion coefficients to differentiate benign from malignant vertebral bone marrow lesions / E. Balliu, J.C. Vilanova, I. Peláez [et al.] // Eur J Radiol. – 2009. – Vol. 69(3). – P. 560–566.
41. Бахтиозин П.Ф. Диффузионно-взвешенное исследование всего тела в диагностике и лечебном мониторинге злокачественных новообразований [Электронный ресурс] / П.Ф. Бахтиозин, П.Р. Сафиуллин // Russian electronic journal of radiology. – 2011. – Т. 1. – № 2. – С. 13–18. – Режим доступа: <http://rejr.ru/>.
42. Comparison of Qualitative and Quantitative Evaluation of Diffusion-Weighted MRI and Chemical-Shift Imaging in the Differentiation of Benign and Malignant Vertebral Body Fractures / T. Geith, G. Schmidt, A. Biffar [et al.] // AJR. – 2012. – Vol. 199. – P. 1083–1092.
43. Karchevsky M. Can diffusion-weighted imaging be used to differentiate benign from pathologic fractures? A meta-analysis / M. Karchevsky, J.S. Babb, M.E. Schweitzer // Skeletal Radiol. – 2008. – Vol. 37(9). – P. 791–795.
44. Сергеев Н.И. Диффузионно-взвешенные изображения в диагностике метастатического поражения позвоночника и костей / Н.И. Сергеев, П.М. Котляров, В.А. Солодкий // Сибирский онкологический журнал. – 2012. – № 6(54). – С. 68–72.
45. MRI of the Spine: Image Quality and Normal-Neoplastic Bone Marrow Contrast at 3 T Versus 1.5 Tc / J. Zhao, R. Krug, D.X. Ying [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2009. – Vol. 192. – P. 873–880.
46. Токарь Т.Ю. Магнитно-резонансная томография в комплексной диагностике острых патологических переломов позвонков на основе алгоритмического подхода: автореф. дис. на соискание ученой степени к.мед.н. : спец. 14.00.19 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» / Т. Ю. Токарь. – Воронеж, 2009. – 20 с.
47. Tanenbaum L.N. Diffusion imaging in the spine / L.N. Tanenbaum // Applied radiology. – 2011. – Vol. 40. – № 4. – P. 9–15.



48. Mubarak F. Acute vertebral compression fracture: Differentiation of malignant and benign causes by diffusion weighted magnetic resonance imaging / F. Mubarak, W. Akhtar // JPMA. – 2011. – Vol. 61. – P. 555–561.
49. Tanenbaum L.N. Clinical Applications of Diffusion Imaging in the Spine Diffusion imaging in the spine / L.N. Tanenbaum // Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. – 2013. – Vol. 21. – P. 1–21.
50. Неледов Д.В. Магнитно-резонансная томография всего тела в диагностике метастатического поражения скелета у онкологических больных: автореф. дис. на соискание ученой степени к.мед.н.: спец. 14.00.19 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» / Д.В. Неледов. – М., 2010. – 23 с.
51. Whole-body MR imaging of bone marrow / G.P. Schmidt, S.O. Schoenberg, M.F. Reiser [et al.] // European Journal of Radiology. – 2005. – Vol. 55(1). – P. 33–40.
52. Chavhan G.B. Whole-Body MR Imaging in Children: Principles, Technique, Current Applications, and Future Directions / G.B. Chavhan, P.S. Babyn // RadioGraphics. – 2011. – Vol. 31. – P. 1757–1772.
53. Whole-body MR diffusion-weighted imaging: Usefulness for Assessment of M- stage in Lung Cancer Patients as Compared with Standard Whole-body MR Imaging and FDG-PET / Y. Ohno, I.T. Koyama, M. Nogami [et al.] // Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. – 2007. – Vol. 15. – P. 112–117.
54. Quantitative Diffusion Weighted Imaging of nonpalpable breast lesions at 3T / N.H. Peters, L.W. Bartels, K.L. Vincken [et al.] // Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. – 2007. – Vol. 15. – P. 135–137.
55. Monitoring Prostate Thennal Therapy with Diffusion- Weighted MRI / J. Chen, C. Diederich, M. van den Bosch [et al.] // Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. – 2007. – Vol. 15. – P. 137–140.
56. Справочник практического врача / [Ш.Ш. Шотемор, И.И. Пурижанский, Т.В. Шевлякова и др.]. – М.: Советский спорт, 2001. – 400 с.
57. Астапенков Д.С. Системный диагностический подход при патологических переломах позвонков на фоне остеопороза и обоснование комплексного лечения: автореф. дис. на соискание ученой степени д.мед.н.: спец. 14.00.19 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» / Д.С. Астапенков. – Курган, 2011. – 40 с.
9. Sokolova, V. A. (2009). *Magnitno-rezonansnaja tomografija v diagnostike i monitoringe metastaticheskikh opuholej pozvonochnika posle luchevoj terapii*. (Avtoref. dis ...kand. med. Nauk) [MRI for diagnostics of spine metastases and their monitoring after radiation therapy]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, Russia.
10. Gunicheva, N. V. (2009). *Magnitno-rezonansnaja tomografija v diagnostike novoobrazovaniy oporno-dvigatel'nogo apparata*. Diss. dokt. med. nauk [Magnetic resonance imaging in the diagnosis of tumors of the musculoskeletal system. Dr. med. sci. diss.]. Moscow, Russia.
11. Sedakov, I. E. (2013). *Ukrainskaja onkologija v 2012 godu: reformy, dostizhenija, innovacii*. [Ukrainian oncology in 2012: reform, achievement, innovation]. *Zdorov'e Ukrainy*, (3), 6–7. [In Russian]
12. Poe, L. B. (2010, December). Evaluating the Varied Appearances of Normal and Abnormal Marrow. *MRI Web Clinic*. Retrieved from <http://www.radsources.us/clinic/1012>
13. Shah, L. M., & Hanrahan, C. J. (2011). MRI of spinal bone marrow: part I, techniques and normal age-related appearances. *American journal of roentgenology*, 197(6), 1298–308. doi:10.2214/AJR.11.7005.
14. Sharmazanova, Ye. P., Miagkov, S. A., Yeremeeva, N. D., & Kostjukovskaya A. Ye. (2012). Magnetic resonance tomographic semiotics of osteoporotic compression fractures of the spine. *Ortopediya, travmatologija i protezirovaniye*, (4), 62–69. [In Russian]
15. Baur-Melnyk, A. (2009). Malignant versus benign vertebral collapse: are new imaging techniques useful?. *Cancer Imaging*, 9(Special Issue A), S49-S51. doi:10.1102/1470-7330.2009.9013
16. Maeda, M., Sakuma, H., Maier, S. E., & Takeda, K. (2003). Quantitative assessment of diffusion abnormalities in benign and malignant vertebral compression fractures by line scan diffusion-weighted imaging. *American Journal of Roentgenology*, 181(5), 1203–1209.
17. Schweitzer, M. E., Levine, C., Mitchell, D. G., Gannon, F. H., & Gomella, L. G. (1993). Bull's-eyes and halos: useful MR discriminators of osseous metastases. *Radiology*, 188(1), 249–52.
18. Pollen, J., & Shlaer, W. (1979). Osteoblastic response to successful treatment of metastatic cancer of the prostate. *American Journal of Roentgenology*, 132(6), 927–931.
19. Smoker, W., Godersky, J., Knutzon, R., Keyes, W., Norman, D., & Bergman, W. (1987). The role of MR imaging in evaluating metastatic spinal disease. *American Journal of Roentgenology*, 149(6), 1241–1248.
20. Daldrup, H. E., Link, T. M., Blasius, S., Strozyk, A., Könemann, S., Jürgens, H., et al. (1999). Monitoring radiation-induced changes in bone marrow histopathology with ultra-small superparamagnetic iron oxide (USPIO)-enhanced MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 9(5), 643–652.
21. Cottier, J. P., Akoka, S., Brunereau, L., Sonier, C. B., Franconi, F., Hommet, C., ... Sirinelli, D. (1998). Comparison of three fat suppression sequences for the detection of vertebral detection. Turbo STIR, phase contrast gradient-echo, and MISTEC-Chopper after gadolinium injection. *Journal of neuroradiology*, 25(2), 129–135. (in French)
22. Mehta, R. C., Marks, M. P., Hinks, R. S., Glover, G. H., & Enzmann, D. R. (1995). MR evaluation of vertebral metastases: T1-weighted, short-inversion-time inversion recovery, fast spin-echo, and inversion-recovery fast spin-echo sequences. *AJNR*, 16(2), 281–288.
23. Uchida, N., Sugimura, K., Kajitani, A., Yoshizako, T., & Ishida, T. (1993). MR imaging of vertebral metastases: evaluation of fat saturation imaging. *European Journal of Radiology*, 17(2), 91–94.
24. Daldrup-Link, H., Rummeny, E., Ihssen, B., Kienast, J., & Link, T. (2002). Iron-oxide-enhanced MR imaging of bone marrow in patients with non-Hodgkin's lymphoma: differentiation between tumor infiltration and hypercellular bone marrow. *European Radiology*, 12(6), 1557–1566.
25. Cottier, J.P., Akoka, S. & Brunereau, L. (1998) Comparison of three fat suppression sequences for the detection of vertebral detection. Turbo STIR, phase contrast gradient-echo, and MISTEC-Chopper after gadolinium injection. *J Neuroradiol*. 25, 129–135.
26. Buhmann Kirchhoff, S. B., Becker, C., Duerr, H. R., Reiser, M.,

- & Baur-Melnyk, A. (2009). Detection of osseous metastases of the spine: Comparison of high resolution multi-detector-CT with MRI. *European Journal of Radiology*, 69(3), 567–573. DOI:10.1016/j.ejrad.2007.11.039
27. Falcone, S. (2002). Diffusion-weighted imaging in the distinction of benign from metastatic vertebral compression fractures: is this a numbers game? *AJNR*, 23(1), 5–6.
 28. Carmody, R. F., Yang, P. J., Seeley, G. W., Seeger, J. F., Unger, E. C., & Johnson, J. E. (1989). Spinal cord compression due to metastatic disease: diagnosis with MR imaging versus myelography. *Radiology*, 173(1), 225–229.
 29. Baur, A., Stäbler, A., Brüning, R., Bartl, R., Krödel, A., Reiser, M., & Deimling, M. (1998). Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow: differentiation of benign versus pathologic compression fractures. *Radiology*, 207(2), 349–356.
 30. Le Bihan, D. J. (1998). Differentiation of benign versus pathologic compression fractures with diffusion-weighted MR imaging: a closer step toward the «holy grail» of tissue characterization? *Radiology*, 207(2):305–307.
 31. Castillo, M., Arbelaez, A., Smith, J. K., & Fisher, L. L. (2000). Diffusion-weighted MR imaging offers no advantage over routine noncontrast MR imaging in the detection of vertebral metastases. *AJNR*, 21(5), 948–953.
 32. Herneth, A. M., Naude, J., Philipp, M., Beichel, R., Trattnig, S., & Imhof, H. (2000). The value of diffusion-weighted MRT in assessing the bone marrow changes in vertebral metastases. *Radiology*, 40(8), 731–736. [in German]
 33. Leeds, N. E., Kumar, A. J., Zhou, X. J., & McKinnon, G. C. (2000). Magnetic resonance imaging of benign spinal lesions simulating metastasis: role of diffusion-weighted imaging. *Topics in magnetic resonance imaging*, 11(4), 224–234.
 34. Finelli, D. A. (2001). Diffusion-weighted imaging of acute vertebral compressions: specific diagnosis of benign versus malignant pathologic fractures. *AJNR*, 22(2), 241–242.
 35. Herneth, A. M., Guccione, S., & Bednarski, M. (2003). Apparent Diffusion Coefficient: a quantitative parameter for in vivo tumor characterization. *European Journal of Radiology*, 45(3), 208–213.
 36. Zhou, X. J., Leeds, N. E., McKinnon, G. C., Kumar, A. J. (2002). Characterization of benign and metastatic vertebral compression fractures with quantitative diffusion MR imaging. *AJNR*, 23(1), 165–170.
 37. Bhugalloo, A., Abdullah, B., Siow, Y., & Kh, N. (2006). Diffusion weighted MR imaging in acute vertebral compression fractures: differentiation between malignant and benign causes. *Biomedical Imaging and Intervention Journal*, 2(2), 12–19. doi: 10.2349/bij.2.2.e12.
 38. Baur-Melnyk, A. (2009). Malignant versus benign vertebral collapse: are new imaging techniques useful?. *Cancer Imaging*, 9(Special Issue A), S49–S51. doi:10.1102/1470-7330.2009.9013.
 39. Oztekin, O., Ozan, E., Adibelli, Z. H., Unal, G., & Abali, Y. (2009). SSH-EPI diffusion-weighted MR imaging of the spine with low b values: is it useful in differentiating malignant metastatic tumor infiltration from benign fracture edema? *Skeletal Radiology*, 38(7), 651–658.
 40. Balliu, E., Vilanova, J., Peláez, I., Puig, J., Remollo, S., Barceló, C., et al. (2009). Diagnostic value of apparent diffusion coefficients to differentiate benign from malignant vertebral bone marrow lesions. *European Journal of Radiology*, 69(3), 560–566. doi: 10.1016/j.ejrad.2007.11.037.
 41. Bakhtiozin, R., & Safullin, R. (2011.) Whole-body diffusion-weighted imaging in diagnosis and monitoring of malignant neoplasm treatment. *Russian electronic journal of radiology*, 1(2), 13–18. Retrieved from <http://rejr.ru/volume/2/sr-bakhtiozin-rejr-1-2-2011-.pdf>. [In Russian]
 42. Geith, T., Schmidt, G., Biffar, A., Dietrich, O., Dürr, H. R., Reiser, M., & Baur-Melnyk, A. (2012). Comparison of qualitative and quantitative evaluation of diffusion-weighted MRI and chemical-shift imaging in the differentiation of benign and malignant vertebral body fractures. *American journal of roentgenology*, 199(5), 1083–1092. doi:10.2214/AJR.11.8010.
 43. Karchevsky, M., Babb, J. S., & Schweitzer, M. E. (2008). Can diffusion-weighted imaging be used to differentiate benign from pathologic fractures? A meta-analysis. *Skeletal Radiology*, 37(9), 791–795. doi:10.1007/s00256-008-0503-y.
 44. Sergeev, N. I., Kotlyarov, P. M., & Solodky, V. A. (2012). Diffusion-weighted magnetic resonance image in diagnosis of metastatic cancer of the spinal column and pelvic bones. *Sibirskij onkologicheskij zhurnal*, (6), 68–72. [In Russian]
 45. Zhao, J., Krug, R., Xu, D., Lu, Y., & Link, T. M. (2009). MRI of the Spine: Image Quality and Normal-Neoplastic Bone Marrow Contrast at 3 T Versus 1.5 T. *American Journal of Roentgenology*, 192(4), 873–880. doi:10.2214/AJR.08.1750.
 46. Tokar', T. Ju. (2009). *Magnitno-rezonansnaja tomografija v kompleksnoj diagnostike ostryh patologicheskikh perelomov pozvonkov na osnove algoritmicheskogo podhoda*. Avtoref. dis ...kand. med. nauk [Magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute complex pathological vertebral fractures based algorithmic approach]. Extended abstract of candidate's thesis. Voronezh, Russia.
 47. Tanenbaum, L. N. (2011). Diffusion imaging in the spine. *Applied radiology*, 40(4), 9–15.
 48. Mubarak, F., Akhtar, W. (2011). Acute vertebral compression fracture: differentiation of malignant and benign causes by diffusion weighted magnetic resonance imaging. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, 61(6), 555–558.
 49. Tanenbaum, L. N. (2013). Clinical applications of diffusion imaging in the spine. *Magnetic resonance imaging clinics of North America*, 21(2), 299–320. doi:10.1016/j.mric.2012.12.002.
 50. Neledov, D. V. (2010). *Magnitno-rezonansnaja tomografija vsego tela v diagnostike metastaticheskogo porazhenija skeleta u onkologicheskikh bol'nyh*. Avtoref. dis ...kand. med. nauk [Magnetic resonance imaging of the whole body in the diagnosis of metastatic skeletal disease in patients with cancer]. Extended abstract of candidate's thesis. Moscow, Russia.
 51. Schmidt, G., Schoenberg, S., Reiser, M., & Baur-Melnyk, A. (2005). Whole-body MR imaging of bone marrow. *European Journal of Radiology*, 55(1), 33–40.
 52. Chavhan, G. B., & Babyn, P. S. (2011). Whole-Body MR Imaging in Children: Principles, Technique, Current Applications, and Future Directions. *Radiographics*, 31(6), 1757–1772. doi:10.1148/rg.316115523.
 53. Ohno, Y., Koyama, I. T., & Nogami, M. (2007) Whole-body MR diffusion-weighted imaging: Usefulness for Assessment of M- stage in Lung Cancer Patients as Compared with Standard Whole-body MR Imaging and FDG-PET *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 15, 112–117.
 54. Peters, N. H., Bartels, L. W., Vincken, K. L., Mali, W. P., & Luijten, P. R. (2007). Quantitative Diffusion Weighted Imaging of nonpalpable breast lesions at 3T. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 15, 135–137.
 55. Chen, J., Diederich, C., & Van den Bosch, M. Monitoring Prostate Thermal Therapy with Diffusion-Weighted MRI. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 15, 137–140.
 56. Shotemur, Sh. Sh. (2001). *Putevoditel' po diagnosticheskim izobrazhenijam (Pokazaniya. Vozmozhnosti. Predely): spravochnik prakticheskogo vracha* [Guide to diagnostic images]. Moscow, Russia: *Sovetskij sport*. [In Russian].
 57. Astapenkov, D. S. *Sistemnyj diagnosticheskij podhod pri patologicheskikh perelomah pozvonkov na fone osteoporozna i obosnovanie kompleksnogo lechenija*. (Avtoref. dis... dokt. med. nauk) [Systematic diagnostic approach in pathological vertebral fractures and osteoporotic substantiation of complex treatment. Dr. med. sci. diss.] Kurgan, Russia.

Сведения об авторах:

Мягков С.А., ассистент каф. лучевой диагностики, ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины», E-mail: myagkov_sa@mail.ru.

Мягков А.П., д. мед. н., профессор, зав. каф. лучевой диагностики, ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины».

Семенцов А.С., доцент каф. лучевой диагностики, ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины».

Наконечный С.Ю., доцент каф. лучевой диагностики, ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины».

Поступила в редакцию 20.02.2014 г.