

Е.А. Кобякова, М.Б. Долгушин, М.М. Давыдов, П.Б. Назлиев

Магнитно-резонансная томография в режиме диффузионно-взвешенных изображений всего тела (МР-ДВИ-ВТ) в диагностике распространенного рака легкого (обзор литературы)

ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, Москва

Клиническое применение метода магнитно-резонансных диффузионно-взвешенных изображений всего тела (МР-ДВИ-ВТ) включает в себя диагностику опухолевого процесса, оценку его распространенности, степени злокачественности, мониторинга в течение противоопухолевого лечения. Метод занимает немного времени, он надежен, и, в комбинации с другими техническими возможностями современных МР-аппаратов, обладает большим потенциалом в широком клиническом применении в онкологии. Настоящий обзор посвящен применению МР-ДВИ-ВТ у пациентов с диссеминированным раком легкого — одного из самых распространенных онкологических заболеваний. Представлены общие сведения о технических особенностях метода, его возможностях в дифференциальной диагностике объемных образований грудной полости, возможностям первичной (дооперационной) диагностики распространенности рака легкого с определением TNM-стадии, а также мониторинга в течение проводимой терапии. Некоторые ограничения в стандартизации измеряемых параметров метода МР-ДВИ-ВТ не умаляют его основных достоинств: с учетом относительно невысокой стоимости метода, его привязанности только к современным МР-аппаратам и программному обеспечению, но не к контрастным веществам и не к радиоизотопным веществам, метод уже сегодня может конкурировать с ПЭТ/КТ всего тела в диагностических процедурах онкологических больных вообще и пациентов с диссеминированным раком легкого в частности.

Ключевые слова: диффузионно-взвешенные изображения всего тела (МР-ДВИ-ВТ) диагностика распространенного рака легкого

Стадирование рака легкого при первичной диагностике определяет тактику его лечения [1, 2]. Современные подходы к стадированию опухолей легкого основываются на алгоритме обследования, которое включает в себя КТ (компьютерную томографию) грудной клетки и

брюшной полости, МРТ (магнитно-резонансную томографию) брюшной полости, КТ или МРТ головного мозга, УЗИ (ультразвуковое исследование) внутренних органов и лимфатической системы, сцинтиграфию костей [1, 3, 38].

Для выполнения перечисленных исследований требуется большое количество хорошо подготовленных специалистов и немало времени. В качестве альтернативы комплексному обследованию в стадировании рака легкого предлагается ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ (фтордезоксиглюкозой), но в таком случае, с учетом недостаточной достоверности оценки изменений в головном мозге, ПЭТ/КТ дополняют обязательной МРТ головного мозга с внутривенным введением контрастного вещества [15, 38]. Сегодня альтернативой ПЭТ/КТ методу рассматривается магнитно-резонансная томография всего тела в режиме диффузионно-взвешенных изображений (или магнитно-резонансные диффузионно-взвешенные изображения всего тела, МР-ДВИ-ВТ), которую также дополняют МРТ головного мозга с внутривенным введением контрастного препарата [4, 5, 10, 12, 23, 39].

В данной работе представлены возможности применения МР-ДВИ всего тела в сочетании с МРТ головного мозга, как на этапе первичной диагностики, так и в динамическом контроле лечения рака лёгкого.

Диагностический алгоритм стадирования больных раком легкого

Согласно рекомендациям Ассоциации онкологов России и RUSSCO (Российское общество клинической онкологии) для стадирования рака лёгкого перед инвазивными вмешательствами (биопсия или резекция легкого) при мелкоклеточном и немелкоклеточном раке лёгкого (МКРЛ и НМКРЛ) следует выполнять следующие диагностические исследования: сбор анамнеза и физикальный осмотр, клинический и биохимический анализ крови, КТ или УЗИ органов брюшной полости и забрюшинного пространства, КТ органов грудной клетки и головного мозга (с внутривенным контрастированием), сцинтиграфию костей.

По показаниям: цитологическое исследование костного мозга, МРТ головного мозга, ПЭТ/КТ [3]. В рекомендациях RUSSCO по лечению рака лёгкого: «ПЭТ/КТ выполняется для оценки распространенности опухолевого процесса, связи опухоли с окружающими тканями, метаболической активности опухолевых очагов» [10, 14, 25].

В рекомендациях, например, в NCCN (National Comprehensive Cancer Network) 2015г., нет больших отличий от отечественных в диагностике и стадировании рака за исключением двух: МРТ головного мозга с контрастом предпочтительнее КТ головного мозга, ПЭТ/КТ всего тела с ^{18}F -ФДГ-фтордезоксиглюкозой (^{18}F -ФД ПЭТ/КТ) рекомендована перед проведением биопсии для уточнения зоны интереса и для исключения отдаленного метастазирования, особенно в случаях определения ранних стадий заболевания. Для уточнения распространенности локального процесса эксперты сходятся во мнении, что стандартом обследования является КТ грудной клетки с контрастным усилением, в отношении определения отдаленных метастазов консенсус пока не найден [29, 35].

Методика МР-ДВИ всего тела ещё не включена в актуальные клинические рекомендации по обследованию НМКРЛ и МКРЛ и пока не предлагается в качестве альтернативы ПЭТ/КТ и другим методам обследования. Между тем, если обратиться к научным исследованиям в области диагностики диссеминации опухолей вообще, и рака легкого в частности, то большинство исследователей показывают, что чувствительность и специфичность МР-ДВИ всего тела (МР-ДВИ-ВТ) сравнимы с таковыми для ПЭТ/КТ [10, 12, 15, 24, 30].

Характеристика методики диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии всего тела

Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография позволяет визуализировать и измерять случайное (броуновское) движение молекул воды — такой тип движения молекул известен как диффузия. Интенсивность сигнала на ДВИ отражает диффузионную способность молекул воды исследуемого объекта. Когда броуновское движение молекул воды не ограничено ни в одном направлении, диффузия является изотропной, т.е. аналогична окружающим тканям на диффузионно-взвешенных изображениях. В биологических тканях диффузия не является случайной, поскольку они четко структурированы. Если возникает ограничение диффузии в одном или нескольких направлениях, движение молекул воды становится анизотропным (неодинаковость свойств среды по различным направлениям внутри данной среды). При этом, считается, что диффузия во внутриклеточном пространстве ограничена больше, чем во внеклеточном, за счет присутствия множества естественных барьеров (мембраны, ядра, органеллы). Клеточные мембраны, сосудистые структуры, аксональные цилиндры ограничивают диффузию естественным образом (рис. 1) [16, 28].

В количественной оценке диффузионно-взвешенных изображений оцениваются различные коэффициенты b -value — от 0 и выше. « b -value» — физическое понятие «степени плотности диффузии»: продукт соотношения гиро-магнитного отношения устойчивости диффузионных градиентов, продолжительности градиентного импульса и временного интервала между градиентными парами. Другими словами,

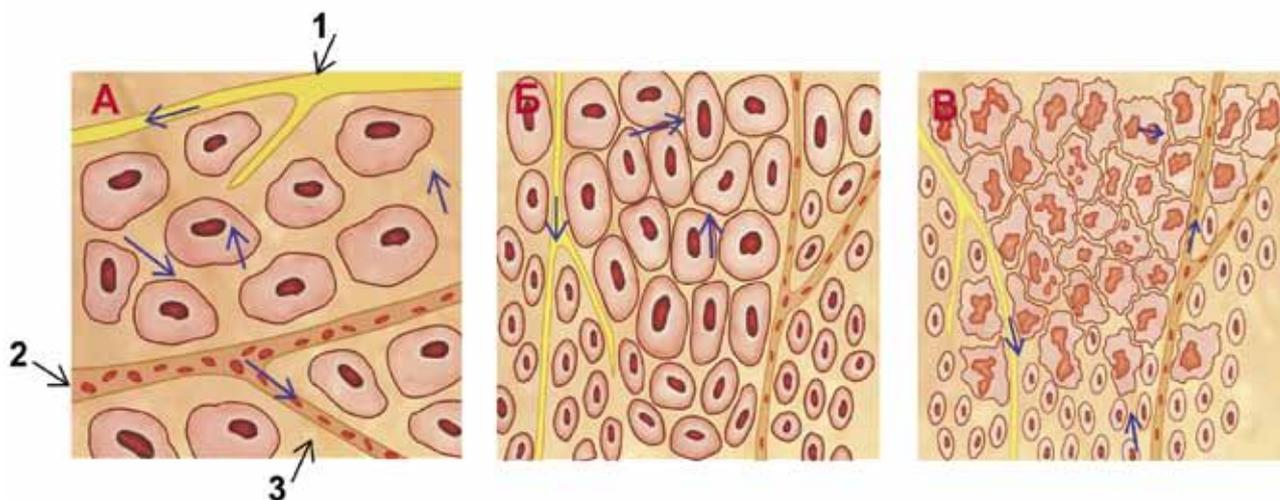


Рис. 1. Схематичное изображение направлений диффузионных движений молекул воды в клетках и межклеточном пространстве. На схеме (А) изображена неограниченная «нормальная» диффузия в тканях. В солидных опухолях схема (Б) количество, размеры и плотность расположения клеток выше, чем в нормальных тканях, отмечается уменьшение внеклеточных пространств, снижение диффузии. В злокачественных опухолях схема (В) плотность клеток еще выше, чем в доброкачественных опухолях и диффузия снижена в большей степени.

1 — лимфа; 2 — кровь; 3 — межклеточная жидкость

b-value отображает силу, продолжительность и время между используемыми диффузионными градиентами [22, 34].

В большинстве протоколов используются 2- и более b-value (по крайней мере, один высокий и один низкий). При значении b-value, равном 0 с/мм², получается хорошее анатомическое изображение схожее с T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани, при значении b-value более 600 с/мм² сигнал от «жидкостных структур» теряется или становится менее интенсивным [43, 57].

Диффузионно-взвешенные изображения на МРТ основаны на физическом принципе диффузии (главным образом жидкостей, в основном — воды): в зависимости от объема внеклеточной жидкости, при определенной обработке получаемого МР-сигнала, появляется представление о тканях в исследуемой области. Таким образом, при большей плотности клеток (с меньшим количеством межклеточной жидкости), обусловленной либо быстрорастущим новообразованием, либо отеком вследствие воспалительных процессов, появляется яркий сигнал от данной области на МРТ, отличающийся от сигнала окружающих тканей. Патологические процессы, приводящие к изменению МР сигнала на ДВИ, также представляются зоной ограниченного сигнала на карте ИКД (измеряемый коэффициент диффузии). ИКД рассчитывается по среднему квадрату расстояния, которое проходят молекулы воды за единицу времени. Для понимания принципов математической (автоматической) обработки сигнала приведем относительно несложную формулу определения коэффициента диффузии, такое отношение используется почти во всех современных диффузионных исследованиях (рис. 2) [16].

$$\ln\left(\frac{A(b)}{A(0)}\right) = -b \cdot ADC$$

Рис. 2. Формула вычисления измеряемого коэффициента диффузии (ИКД)

A(b) — измеренная амплитуда эхо-сигнала, b — мера взвешенности по диффузии, которая зависит от временной диаграммы и величины диффузионных градиентов, A(0) — амплитуда эхо-сигнала в отсутствии диффузионных градиентов

МР-ДВИ стали применять в клинической практике со времени появления эхо-планарных импульсных последовательностей [30, 54] и с тех пор используются в нейровизуализации (ишемические поражения головного мозга на ранних стадиях, при дифференциальной диагностике опухолевого поражения, например, холестеатомы, лимфомы с абсцессами, димиелинизирующими заболеваниями и пр.) [7].

При исследовании головного мозга метод МР-ДВИ характеризуется достаточно высокими

возможностями в оценке опухолевой инвазии мозговой ткани [8, 31]. При метастатических опухолях головного мозга измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) отличается в солидной части опухоли, в ближайшей перитуморальной зоне и в области перифокального отека [6, 13]. R. Zakaria, K. Das, M. Radon et al. в исследовании метастазов рака легкого показали, что на ИКД картах граница метастатического очага в головном мозге видна четче, чем на стандартных МРТ последовательностях, также исследователи установили, что границу между опухолевой тканью и здоровой можно определить по значению ИКД (в солидной части опухоли ИКД=919.4x10⁻⁶mm²/s, на границе опухоли и отека ИКД=2028.4x10⁻⁶mm²/s, в зоне отека на небольшом удалении от опухоли ИКД=1994.9x10⁻⁶mm²/s), что позволило более точно планировать оперативное и лучевое лечение метастатических очагов [59]. Значение ИКД (измеряемого коэффициента диффузии) не имеет существенного отличия между злокачественными первичными опухолями головного мозга и метастазами, также не найдено существенных отличий между метастазами различных опухолей (рака молочной железы, рака почки, рака легкого и т.д.) [17, 21, 25, 46].

В исследовании органов брюшной полости МР-ДВИ стали использовать с 1996 г. с применением single-shot EPI — специальной программы для подавления артефактов; в 2000 г. внедрение в МРТ техники параллельного сканирования позволило минимизировать артефакты и улучшить качество ДВИ всего тела; в последние годы совершенствование технических параметров проведения ДВИ позволило получить изображения, сравнимые с ПЭТ («PET-like images») [19, 26].

Пионером методики исследования «магнитно-резонансное диффузионно-взвешенное изображение всего тела» (МР-ДВИ всего тела, в мировой литературе — whole body MR DWI, или WB-DWI) стал T. Takahara, Y. Imai et al. (2004). Он внедрил технологию DWIBS (diffusion weighted imaging with background suppression) — диффузионно-взвешенное изображение всего тела с подавлением сигнала от фоновых тканей, исследование выполнялось в течение 25 минут в условиях естественного дыхания пациента с выделением анатомических объектов на общем фоне однородных тканей [51]. Области с ограниченной диффузией (например, очаги плотноклеточности в злокачественных опухолях) характеризуются высоким сигналом на МР-ДВИ при использовании высокого коэффициента b-value и низким сигналом на ИКД — картах (то есть в них будет относительно низкий ИКД). Напротив, области с неограниченной диффузией (например, зона отека или жидкости), окажутся

темными на МР-ДВИ при использовании высокого коэффициента *b-value* и яркими на ИКД-картах (то есть в них будет относительно высокий ИКД). Изображения с высоким *b-value* имеют высокую контрастность между опухолевыми и нормальными тканями, что позволяет как определять опухолевые узлы, так и распознавать зону опухолевой инфильтрации [55].

Большинство экспертов [16, 51, 54, 55] считают необходимыми условиями для проведения адекватного исследования МР-ДВИ-ВТ следующие параметры, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Параметры сканирования при проведении МР-ДВИ всего тела

Параметр сканирования	Характеристика или значение
Синхронизация с дыханием	Free Breathing AXIAL SE-EPI with SPEEDER
TR/TE(FS)	8500/50 SPAIR/STRONG
AVERAGES	2
Время сканирования (одного блока, мин)	2
FOV (мм)	450 — 500
Матрица	128x103
Voxel size	3.9x3.9-3.0 мм
Толщина среза (мм x число срезов)	3 x 51
<i>b-value</i> (с/мм ²)	50, 800, 1000
TE (мс)	TE=40-60
Подавление жира:	STIR, chem-Sat
DWI	изотропный
ADC	изотропный
Количество блоков срезов	5-10
Функция непрерывного движения стола	
Подавление артефактов	за счет краевого перекрытия блоков срезов

Пояснения к таблице: Стандартный протокол исследования МР-ДВИ-ВТ, как правило, состоит из аксиальных диффузионно-взвешенных изображений (DWI) и включает в себя набор параметров и требований к исследованию, указанных в таблице. Параметры данного стандартного протокола могут быть изменены в зависимости от разрешающей способности и других технических характеристик используемого оборудования

В зависимости от веса и роста пациента для покрытия зоны исследования — «от головы до кончиков пальцев ног» требуется от 5 до 10 позиций. Применяется набор поверхностных радиочастотных катушек (РЧ) с возможностью наибольшего покрытия всего тела более 200 см. Набор катушек включает в себя: 2-х элементную шейную катушку, 2 нательные мягкие катушки, ангиографическую катушку для нижних конечностей и встроенную в стол спинальную катушку (HITACHI: WIT; SIMENS: IsoCenter Matrix, Philips: & SENSE; General Electric: Express) [48, 56].

Изображения, полученные из разных позиций и последовательностей, T1 и STIR соединяются вместе (fusion) для облегчения анализа все-

го тела. ДВИ изображения наилучшим образом подходят для визуализации в сравнении с ПЭТ и сканированием костей, когда на инвертированной серой шкале отображаются отпечатки 20 мм фронтальных МР (ПЭТ-подобные изображения) [19, 48, 52].

Важным в сравнении с другими методами обследования всего тела является также то, что стандартное МР-ДВИ-ВТ человека средних физиологических параметров не требует контрастного усиления и занимает всего лишь около 20 минут [27], без условия постобработки и интерпретации полученных данных. Для лучшей визуализации исследования могут быть смоделированы 3D изображения [42].

Клинические исследования применения МР-ДВИ всего тела у больных раком легкого

В задачи дооперационного обследования больных с подозрением на рак лёгкого входит дифференциальная диагностика с неопухолевыми образованиями, доброкачественных опухолей со злокачественными, а после постановки диагноза — «рак легкого» обязательное стадирование процесса по TNM-классификации [11, 15]. МР-ДВИ-ВТ можно использовать также для определения рецидива (прогрессирования) рака легкого, для мониторинга в процессе лечения, для прогнозирования течения заболевания [26, 46, 56].

Выявление очаговых образований легких

М. Regier, D.C. Schwarz et al. (2011) в своем исследовании показали, что МР-ДВИ более чувствительна в определении очагового поражения легких, чем мультиспиральная КТ грудной клетки, так, чувствительность МР-ДВИ в определении очагов размерами 6–9 мм составила 86,4%, а в определении очагов от 10 мм и более — 97%, тогда как для мультиспиральной КТ чувствительность в определении узлов более 5 мм составила только 43,8% [47]. В научной работе В.П. Карташова (2011) по данным обследования 34 пациентов с МКРЛ были получены сходные данные по выявлению первичной опухоли легкого и регионарных лимфатических узлов, полученных путем сравнения МР-ДВИ и мультиспиральной КТ с внутривенным контрастированием [5].

Дифференциальный диагноз рака легкого с неопухолевыми очаговыми поражениями

Мы уже указывали, что злокачественные опухоли отличаются плотноклеточностью, и следовательно, ограниченной диффузией, в то время

как в доброкачественных образованиях диффузия молекул воды существенно выше. В 2011г. Tondo F., Saponaro A. et al. [53] представили статистически достоверные отличия ($p=0.05$) в ИКД-картах между доброкачественными и злокачественными поражениями легких. С использованием в качестве пограничного значения $ИКД=1.25 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, они достигли показателей дифференцировки злокачественных и доброкачественных образований легкого с диагностической точностью — 91%, чувствительностью — 90%, специфичностью — 100%.

В 2010 г. H. Liu, Y. Liu, T. Yu et al. [33] привели собственные данные о статистически достоверных различиях ($p=0.001$) между средними значениями ИКД в доброкачественных ($1.65 \pm 0.42 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$) и злокачественных опухолях легких ($1.26 \pm 0.32 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$). Оптимальным пороговым значением для дифференцировки злокачественных образований от доброкачественных было $1.4 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ с чувствительностью и специфичностью — 83,3% и 74,1%, соответственно. S. Satoh, Y. Kitazume, S. Ohdama et al. в 2008г. привели данные исследования значения ИКД для точной дифференцировки злокачественных и доброкачественных очагов в легких более 5мм в диаметре, и получили достоверные данные в более чем 80% случаях. Небольшие метастазы и некоторые несолидные аденокарциномы были, как правило, гипоинтенсивными на ДВИ с высоким b-value. Гранулемы и активные воспалительные и фиброзные очаги, в то же время, выглядели как злокачественные образования с низким МР — сигналом в ДВИ изображениях [48].

T. Mori, H. Nomori, K. Ikeda et al. в 2008г. сообщили о значимых различиях на картах ИКД в области РЛ (рака легкого) и доброкачественных очагов в легком [37]. Y. Ohba, H. Nomori, T. Mori et al. в 2009г. представили результаты исследования, в котором сравнивалась диагностическая эффективность МР-ДВИ и ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ — в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных образований легких: МР-ДВИ не уступала ПЭТ-КТ по чувствительности 97,2% (91,0%) и специфичности 93,7% (89,6%) [38].

С учетом указанных данных трудно сравнивать и обобщать результаты различных серий, поскольку в них используются разные параметры МР-ДВИ, а также различные качественные и количественные методы оценки изменений. В целом, можно заключить, что МР-ДВИ позволяет адекватно дифференцировать злокачественные и доброкачественные очаговые поражения легких [36, 49, 50].

Предоперационное TNM-стадирование рака легкого

К настоящему времени опубликованы данные нескольких исследований о применении МР-ДВИ-ВТ для первичного стадирования больных различными злокачественными опухолями, и в частности, раком легкого. Некоторые из них выполнены с рандомизацией на две и более групп для сравнения точности стандартных подходов к стадированию онкологических заболеваний с МР-ДВИ-ВТ, а также с ПЭТ-КТ всего тела (+/- МРТ головного мозга). G. Sommer, M. Wiese, L. Winter et al. (2012) представили результаты исследования, в котором при предоперационном обследовании пациентов с НМРЛ сравнивались данные ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ и МР-ДВИ-ВТ с подавлением фонового сигнала. В исследование были включены 33 пациента с предполагаемым диагнозом «немелкоклеточный рак легкого». Все 33 пациента до операции были обследованы с использованием ПЭТ/КТ и МРТ всего тела, включая T1 взвешенное turbo spin echo (TSE), T2-взвешенное с short-tau инверсией (STIR), а также ДВИ-ВТ ($b\text{-value}=0/800$). Гистологическое или цитологическое подтверждение диагноза было получено во всех случаях. Как МР-ДВИ-ВТ, так и ПЭТ/КТ позволили получить качественные диагностические данные во всех случаях. Чувствительность в отношении распространенности первичной опухоли составила 93% для МР-ДВИ-ВТ и 98% для ПЭТ/КТ. Точность определения T-стадии составила 63% для МР-ДВИ и 56% для ПЭТ/КТ, M-стадии — 66% и 71% соответственно. TNM-стадирование согласно критериям UICC — 66% и 74% соответственно. Специфичность для отдельных метастатических групп лимфоузлов: 44% для МРТ и 47% для ПЭТ/КТ, а для неметастатических групп лимфоузлов — 93% и 96% соответственно. Оценка точности для отдельных групп лимфоузлов — 85% для МРТ и 88% для ПЭТ/КТ. Соответствие с UICC стадированием — 74% для МРТ и 90% для ПЭТ/КТ. Авторы делают вывод, что не нашли данных в подтверждение преимущества одной из методик, но что обе нуждаются в усовершенствовании [50]. ИКД в структуре высоко дифференцированной аденокарциномы достоверно выше, чем умеренно или низкодифференцированного плоскоклеточного рака легкого ($p=0.05$). ИКД аденокарциномы с гипощеллюлярностью представляется самым высоким в сравнении со всеми другими злокачественными опухолями легкого ($p=0.02$) [34, 45]. Выявлены существенные различия в ИКД между низкодифференцированными злокачественными опухолями легкого и опухолями с умеренной или высокой дифференцировкой ($p=0.03$), поэтому некоторые исследователи предлагают ввести

ИКД в качестве еще одного прогностического параметра больных раком легкого [19, 22]. И так, низкий ИКД указывает на области с ограниченной диффузией из-за высокой плотноклеточности, а высокий ИКД — напротив, на участки гиподенсуозности, так что такая разница может учитываться в предположении об агрессивности опухоли [22, 44].

Для планирования лечения необходимо определение инвазивности НМКРЛ в окружающие ткани, а также определения границ опухоли и зон ателектаза и воспалительных процессов. Так, в лечении инвазивного рака легкого следует избегать агрессивных хирургических вмешательств. Выявлена прямая корреляция инвазивности НМКРЛ и значения ИКД ($p=0.001$). Чувствительность МР-ДВИ для определения инвазивности опухоли составила 90%, а специфичность — 81% [26].

Определение N-стадии

В последние годы существенную роль в определении N-стадии играет ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ (фтордезоксиглюкозой), но этот метод остается дорогостоящим. Использование МР-ДВИ-ВТ в определении N-стадирования основано на том, что значение ИКД в пораженных метастазами лимфоузлах ниже, чем в воспалительных, или реактивных лимфоузлах [38]. МР-ДВИ более точно, в сравнении с ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ (фтордезоксиглюкозой), в диагностике нематастатических очагов (меньше ложно-положительных результатов в стадировании): пограничным значением ИКД, определяющим разницу между метастатически пораженными и неспецифичными лимфоузлами, считают $1,63 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ с точностью в 0.89 [40]. Другие авторы сообщают о точности МР-ДВИ в определении метастатически-пораженных лимфоузлов в 95% [20]. Среднее значение ИКД в пораженных метастазами лимфоузлах достоверно ниже, чем в непораженных ($p=0.001$), и сходно с ИКД в первичном очаге [20]. Минимальный размер внутригрудных лимфоузлов, доступных для определения, как с использованием ПЭТ/КТ, так и МР-ДВИ, примерно одинаков — 4-5мм. В то же время, Ohno et al. в 2012 указали на более высокую чувствительность в определении метастатического поражения лимфоузлов средостения МРТ в режиме T2 STIR turbo spin echo (77,4%), в сравнении с МР-ДВИ (71,0%, $p=0.03$) и ПЭТ/КТ (69,9%, $p=0.02$) [40].

Определение M-стадии

МР-ДВИ всего тела может быть использована для определения M-стадии у пациентов с

НМКРЛ с точностью в 81,8%, что сравнимо с ПЭТ/КТ [46]. Кроме того, МР-ДВИ улучшает результативность МРТ всего тела (без ДВИ), используемого с этой же целью [42]. МР-ДВИ-ВТ может быть использована для выявления костных метастазов рака легкого наравне со сцинтиграфией или ПЭТ/КТ, причем специфичность (93,7%) и чувствительность (93,9%) в определении костных поражений у МР-ДВИ-ВТ достоверно выше, чем у ПЭТ/КТ ($p=0.05$) [52]. Одной из актуальных задач в развитии МР-ДВИ-ВТ с целью внедрения метода в стандарты обследования больных НМКРЛ является стандартизация этой методики обследования.

МР-ДВИ в мониторинге лечения рака легкого

Одной из возможностей методики МР-ДВИ всего тела у больных раком легкого является мониторинг ответа на лечение — дифференцировка локальных изменений в тканях на фоне лучевой и химиотерапии, выявление признаков прогрессирования болезни. Т. Okuma, Т. Matsuoka, А. Yamamoto в 2009 в проспективном исследовании применяли МР-ДВИ у 17 пациентов с 20 злокачественными очагами в легких в оценке эффективности КТ-направленной радиочастотной абляции. МР-ДВИ с расчетом ИКД выполнялась непосредственно перед лечением и три дня спустя. ИКД был значимо выше у больных без локальной прогрессии опухоли, чем у тех, у кого было таковое [41]. Исследователи пытались использовать ИКД для предсказания возможного ответа на лечения, но до настоящего момента не удалось доказать достоверность такого подхода [10].

Н. Yabuuchi, М. Hatakenaka, К. Takayama, et al. в 2011 опубликовали результаты мониторинга химиотерапии у 28 больных НМКРЛ путем вычисления ИКД. Выявлена корреляция между ранними пост-лечебными изменениями ИКД и окончательным изменением размеров опухоли ($p=0.00025$). Медиана времени до прогрессирования у больных с повышением ИКД на фоне лечения составила 12,1 мес., в случаях, где ИКД оставался стабильным или понижался — 6,67 мес. ($P=0.021$) [58]. Таким образом, ИКД представляется хорошим инструментом в определении раннего ответа на лечение, равно как и резистентности к химиотерапии НМКРЛ [59].

У. Ohno, М. Nishio, Н. Koyama et al. в 2013 приводят результаты масштабного исследования, в котором результаты стандартной МР-ДВИ-ВТ сравнивались с контрастным МР-исследованием в режиме Quick 3D в режиме двойного подавления сигнала от жировой ткани, а также с ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ (фтордезоксиглюкозой) и стандарт-

ные методы обследования с целью определения рецидива заболевания у пациентов с НМКРЛ. Было включено 134 пациента с гистологически подтвержденным диагнозом и радикальным удалением НМКРЛ (78 мужчин, 56 женщин, средний возраст — 72 года). Все они обследованы с использованием описанных методик. Выявление рецидива оценивалось по 5-балльной шкале (индивидуально для каждого пациента). Окончательный диагноз устанавливался на основании консенсуса двух специалистов. Для МР-ДВИ с контрастным Quick 3D и двойным подавлением жира специфичность составила 100%, точность — 95,5%, что значимо выше, чем для ПЭТ/КТ (специфичность — 93,6%, $p=0,02$; точность — 91,0%, $p=0,01$) и стандартными методами обследования (специфичность — 92,7%, $p=0,01$; точность — 91,0%, $p=0,03$) [42].

Проблеме улучшения качества диагностики рецидива НМКРЛ также посвящено исследование М.Н. Lee, S.R. Kim, S.Y. Park et al. (2012). Последовательно были обследованы 62 больных раком легкого, которым выполнено как МР-ДВИ-ВТ, так и ПЭТ/КТ. Для каждой группы лимфоузлов диагностические возможности МР-ДВИ строго коррелировали с ПЭТ/КТ ($\gamma=0,86$, $p=0,01$). Коэффициент корреляции составил от 0,999 до 1 в сравнении с выявлением отдаленных метастазов обоими методами ($p<0,01$). Морфологическая верификация выявила схожую диагностическую точность (для ПЭТ/КТ: чувствительность — 85,71%, специфичность — 47,27%; для МР-ДВИ-ВТ: чувствительность — 85,71%, специфичность — 56,52%) [32]. Отметим, что резидуальная, или рецидивная, опухоль часто имеет высокую клеточную плотность (соотношение внутриклеточного/внеклеточного пространства в них повышено) поэтому значения ИКД в этой области низкие по сравнению с участками возникших в результате проведенного лечения изменений, в виде некроза и фиброза [18, 28].

Заключение

МР-ДВИ-ВТ в TNM — стадировании рака легкого успешно конкурирует как со стандартными методами обследования, так и с возможностями ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ, при этом МР-ДВИ-ВТ метод не требующий использования радиофарм-препарата и контрастного вещества, может использоваться для обследования пациентов настолько часто, насколько это необходимо.

МРТ в режиме ДВИ-ВТ у больных раком легкого, позволяет быстро и экономически выгодно проводить дифференциальную диагностику с непухольевыми заболеваниями, классифицировать заболевание по TNM, определить признаки ран-

него рецидива заболевания, а также выполнять мониторинг на любом этапе лечения.

Сравнительный анализ методов МР-ДВИ-ВТ и мультиспиральной КТ грудной клетки показал, что МР-ДВИ-ВТ наиболее чувствительна в определении мелких очагов до 1 см в 86,4%, а в определении очагов от 1 см и более в 97%, тогда как для мультиспиральной КТ чувствительность в выявлении очагов более 5 мм составила 43,8%.

Достоверное отличие значений ИКД в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных образований легких показали диагностическую точность в 91%, чувствительность в 90%, специфичность в 100%.

При сравнении диагностической эффективности МР-ДВИ-ВТ и ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в дифференциальной диагностике с доброкачественными образованиями легких, МР-ДВИ-ВТ не уступает ПЭТ/КТ по чувствительности и специфичности.

В определении предоперационного TNM стадирования, по мнению представленных в статье авторов, которыми был проведен сравнительный анализ методов МР-ДВИ-ВТ и ПЭТ/КТ, убедительных данных в подтверждении преимущества одной из методик не было найдено, обе методики нуждаются в усовершенствовании.

Исследователи установили, что чувствительность МР-ДВИ-ВТ в распространенности первичной опухоли 93%, а для ПЭТ/КТ 98%, точность определения T-стадирования 63% для МР-ДВИ-ВТ и 56% для ПЭТ/КТ.

Использование МР-ДВИ-ВТ в определении N-стадирования основано на значении ИКД, которое значительно ниже в пораженных метастазами лимфоузлах, чем в воспаленных и реактивных. Минимальный размер внутригрудных лимфатических узлов, примерно одинаков 4-5 мм, как для МР-ДВИ-ВТ, так и для ПЭТ/КТ. Чувствительность в метастатически пораженных лимфоузлах средостения при МРТ в режиме T2 STIR — 77,4%, при МР-ДВИ-ВТ-71%, при ПЭТ/КТ — 69,9%.

МР-ДВИ-ВТ в определении M-стадии у пациентов с НМКРЛ используется с точностью в 81,8%, что достоверно сопоставимо с данными ПЭТ/КТ. В выявлении костных метастазов МР-ДВИ-ВТ специфична в 93,7%, чувствительна в 93,9% и может использоваться наравне со сцинтиграфией и ПЭТ/КТ.

МР-ДВИ-ВТ у больных раком легкого в мониторинге ответа на проведенную химиотерапию или лучевую терапию, или в выявлении признаков прогрессирования болезни после хирургического лечения, путем вычисления ИКД, представляется хорошим инструментом в определении раннего ответа на лечение и резистентности к терапии рака легкого.

В выявлении опухолевого рецидива при раке легкого специфичность МР-ДВИ-ВТ составила 100%, при ПЭТ/КТ – 96,6%, а при стандартных методах обследования – 92,7%. Чувствительность в выявлении отдаленных метастазов составила при МР-ДВИ-ВТ – 85,71%, специфичность – 56,52%, для ПЭТ/КТ – 85,71% и 47,27% соответственно.

Следует, отметить, что в понимании метода МР-ДВИ-ВТ еще многое не изучено: недостаточно освещены аспекты изменений показателей ИКД в структуре метастазов рака легкого различной локализации, например, в головном мозге и экстракраниальных поражениях, при мониторинге противоопухолевой лекарственной терапии, нет какой-либо стандартизации физических показателей диффузии (коэффициент b-value, числовые значения ИКД). Поскольку, как сама методика, так и технические параметры МР-аппаратов и их программное обеспечение постоянно совершенствуются, за использованием метода МР-ДВИ всего тела в онкологии вообще, и у пациентов с раком легкого в частности, представляется большое будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов М.И., Ганцев Ш.Х. Онкология: учебник. — Москва. «ГЭОТАР-Медиа», 2010. — 920 с.
2. Долгушин М.Б., Фадеева Л.М., Зайцев А.Ю. и др. 3D-диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография всего тела у пациентов с метастатическим поражением головного мозга // Медицинская визуализация. — 2008. — Т. 1. — С. 118-123.
3. Горбунова В.А., Артамонова Е.В., Бредер В.В. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению немелкоклеточного рака легкого // Злокачественные опухоли. — 2016. — № 4. Спецвыпуск 2. — С. 22-33. — doi: 10.18027/2224-5057-2016-4s2-22-33.
4. Горбунова В.А., Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я. и др. Применение сорафениба (нексавара) в лечении большой диссеминированным раком паращитовидных желез (клинический случай) // Опухоли головы и шеи. — 2016. — Т. 6(4). — С. 67-72. — doi:10.17650/2222-1468-2016-6-4-67-72.
5. Карташов М.В., Карташова П.М., Котляров П.М. Первый опыт применения диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии при мелкоклеточном раке легкого // Медицинская визуализация. — 2011. — № 4. — С. 28-33.
6. Корниенко В.Н., Пронин И.Н., Голанов А.В. и др. Диффузионно-взвешенные изображения в диагностике глиом головного мозга // Медицинская визуализация. — 2000. — С. 18-25.
7. Корниенко В.Н., Пронин И.Н. Диагностическая нейрорадиология // Москва. — 2008-2012. — 1852 с.
8. Серков С.В., Пронин И.Н., Фадеева Л.М. и др. Диффузионно-взвешенная МРТ в диагностике объемных образований задней черепной ямки // Медицинская визуализация. — 2004. — № 2. — С. 66-75.
9. Abdel Razeq A., Fathy A., Abdel Gawad T. Correlation of apparent diffusion coefficient value with prognostic parameters of lung cancer // J. Comput. Assist Tomogr. — 2011. — Vol. 35. — P. 248-252. — doi:10.1097/RCT.0b013e31820ccf73.
10. Antoch G., Bockisch A. Combined PET/MRI: a new dimension in whole-body oncology imaging? // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2009. — Vol. 36(suppl 1). — P. S113-S120.
11. Antoch G., Vogt F.M., Freudenberg L.S. et al. Whole-body dual-modality PET/CT and whole-body MRI for tumor staging in oncology // JAMA. — 2003. — Vol. 290. — P. 3199-3206.
12. Blomqvist L., Torkzad M.R. Whole-body imaging with MRI or PET/CT: the future for single-modality imaging in oncology? // JAMA. — 2003. — Vol. 290. — P. 3248-3249.
13. Cha S. Update on brain tumor imaging: from anatomy to physiology // AJNR Am J. Neuroradiol. — 2006. — Vol. 27(3). — P. 475-487.
14. Cheran S.K., Herndon J.E. 2nd, Patz E.F. Jr. Comparison of whole-body FDG-PET to bone scan for detection of bone metastases in patients with a new diagnosis of lung cancer // Lung Cancer. — 2004. — Vol. 44(3). — P. 317-325.
15. Chin A.Y., Kyung S.L., Lee H.Y. et al. Coregistered Whole Body Magnetic Resonance Imaging-Positron Emission Tomography (MRI-PET) Versus PET-Computed Tomography Plus Brain MRI in Staging Resectable Lung Cancer // Comparisons of Clinical Effectiveness in a Randomized Trial. — 2013. — P. 1784-1791.
16. Curvo-Semedo L., Lambregts D.M., Maas M., Beets G.L. et al. Diffusion-weighted MRI in rectal cancer: apparent diffusion coefficient as a potential noninvasive marker of tumor aggressiveness // J. Magn. Reson. Imaging. — 2012. — Vol. 35. — P. 1365-1371.
17. Duygulu G., Ovali G.Y., Calli C. et al. Intracerebral metastasis showing restricted diffusion: correlation with histopathologic findings // Eur. J. Radiol. — 2010. — Vol. 74(1). — P. 117-120.
18. Chen G.X., Wang M.H. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the detection of metastatic lymph nodes in patients with lung cancer: A meta-analysis // Mol Clin Oncol. — 2017. — Vol. 6(3). — P. 44-354. — doi: 10.3892/mco.2017.1153.
19. Hamstra DA, Rehemtulla A, Ross BD. Diffusion magnetic resonance imaging: a biomarker for treatment response in oncology // J. Clin. Oncol. — 2007. — Vol. 25(26). — P. 4104-4109.
20. Hasegawa I., Boiselle P., Kuwabara K. et al. Mediastinal lymph nodes in patients with non-small cell lung cancer: preliminary experience with diffusion-weighted MR imaging // J. Thorac. Imaging. — 2008. — Vol. 23. — P. 157161. — doi:10.1097/RTI.0b013e318166d2f5.
21. Hayashida Y., Hirai T., Morishita S. et al. Diffusion-weighted imaging of metastatic brain tumors: comparison with histologic type and tumor cellularity // AJNR Am. J. Neuroradiol. — 2006. — Vol. 27(7). — P. 1419-1425.
22. Henzler T., Schmid-Bindert G., Schoenberg S.O., Fink C. Diffusion and perfusion MRI of the lung and mediastinum // Eur. J. Radiol. — 2010. — Vol. 76. — P. 329336. — doi:10.1016/j.ejrad.2010.05.005. PMID:20627435.
23. Heusner T.A., Kuemmel S., Koeninger A. et al. Diagnostic value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DWI) compared to FDG PET/CT for whole-body breast cancer staging // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2010. — Vol. 37. — P. 1077-1086.

24. Heusner T.A., Kuemmel S., Koeninger A. et al. Diagnostic value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DWI) compared to FDG PET/CT for whole-body breast cancer staging // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* — 2010. — Vol. 37(6). — P. 1077-1086. — doi: 10.1007/s00259-010-1399-z. PMID: 20204355.
25. Iima M., Reynaud O., Tsurugizawa T. et al. Characterization of Glioma Microcirculation and Tissue Features Using Intravoxel Incoherent Motion Magnetic Resonance Imaging in a Rat Brain Model // *Invest. Radiol.* — 2014. — Vol. 49(7). — P. 485–490.
26. Kanauchi N., Oizumi H., Honma T. et al. Role of diffusion-weighted magnetic resonance imaging for predicting of tumor invasiveness for clinical stage IA non-small cell lung cancer // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* — 2009. — Vol. 35. — P. 706-711. — doi:10.1016/j.ejcts.2008.12.039.
27. Koh D.M., Collins D.J. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology // *Am. J. Roentgenol.* — 2007. — Vol. 188. — P. 1622–1635.
28. Kwee T.C., Takahara T., Ochiai R. et al. Whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging // *Eur. J. Radiol.* — 2009. — Vol. 70(3). — P. 409-417. — doi: 10.1016/j.ejrad.2009.03.054.
29. Lauenstein T.C., Goehde S.C., Herborn C.U. et al. Whole-body MR imaging: evaluation of patients for metastases // *Radiology.* — 2004. — Vol. 233. — P. 139-148.
30. Le Bihan D. Molecular diffusion nuclear magnetic resonance imaging // *Magn Reson Q.* — 1991. — Vol. 7(1). — P. 1-30.
31. Le Bihan D. Diffusion, perfusion and functional magnetic resonance imaging // *J. Mal. Vasc.* — 1995. — Vol. 20(3). — P. 203-214.
32. Lee M.H., Kim S.R., Park S.Y. et al. Application of whole-body MRI to detect the recurrence of lung cancer // *Magn Reson Imaging.* — 2012. — Vol. 30(10). — P. 1439-1445. — doi: 10.1016/j.mri.2012.04.014.
33. Liu H., Liu Y., Yu T., Ye N. Usefulness of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of pulmonary lesions // *Eur. Radiol.* — 2010. — Vol. 20. — P. 807-815. — doi:10.1007/s00330-009-1629-6. PMID:19862533.
34. Luna B., Velanova K., Geier C.F. Methodological approaches in developmental neuroimaging studies // *Hum. Brain. Mapp.* — 2010. — Vol. 31(6). — P. 863-871. — doi: 10.1002/hbm.21073.
35. NCCN. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. Non-Small Cell Lung Cancer Version 7. 2015.2015.
36. Mori T., Nomori H., Ikeda K. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for diagnosing malignant pulmonary nodules/masses // Comparison with positron emission tomography // *J. Thorac. Oncol.* — 2008. — Vol. 3. — P. 358-364. — doi: 10.1097/JTO.0b013e318168d9ed.
37. Nomori H., Mori T., Ikeda K. et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging can be used in place of positron emission tomography for N staging of non-small cell lung cancer with fewer false-positive results // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2008. — Vol. 135. — P. 816-822. —doi:10.1016/j.jtcvs.2007.10.035.
38. Ohba Y., Nomori H., Mori T. et al. Is diffusion-weighted magnetic resonance imaging superior to positron emission tomography with fludeoxyglucose F 18 in imaging nonsmall cell lung cancer? // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2009. — Vol. 138. — P. 439-445. — doi:10.1016/j.jtcvs.2008.12.026.
39. Ohno Y., Koyama H., Yoshikawa T. et al. N stage disease in patients with non-small cell lung cancer: efficacy of quantitative and qualitative assessment with STIR turbo spin-echo imaging, diffusion-weighted MR imaging, and fluorodeoxyglucose PET/ CT // *Radiology.* — 2011. — Vol. 261. — P. 605-615. — doi:10.1148/radiol.11110281.
40. Ohno Y., Koyama H., Onishi Y. et al. Non small cell lung cancer: whole-body MR examination for M-stage assessment — utility for whole-body diffusion-weighted imaging compared with integrated FDG PET/CT // *Radiology.* — 2008. — Vol. 248. — P. 643-654. — doi:10.1148/radiol.2482072039.
41. Okuma T., Matsuoka T., Yamamoto A. et al. Assessment of early treatment response after CT-guided radiofrequency ablation of unresectable lung tumours by diffusion-weighted MRI: a pilot study // *Br. J. Radiol.* — 2009. — Vol. 82. — P. 989-994. — doi:10.1259/bjr/ 13217618.
42. Ohno Y., Nishio M., Koyama H. et al. Comparison of the utility of whole-body MRI with and without contrast-enhanced Quick 3D and double RF fat suppression techniques, conventional whole-body MRI, PET/CT and conventional examination for assessment of recurrence in NSCLC patients // *Eur. J. Radiol.* — 2013. — Vol. 82(11). — P. 2018-2027. — doi: 10.1016/j.ejrad.2013.07.016.
43. Padhani A. Whole-Body Diffusion-weighted MR Imaging in Cancer: Current Status and Research Directions // *Radiology.* — 2011. — Vol. 261. — № 3.
44. Porto L., Jurcoane A., Schwabe D., Kieslich M., Hattingen E. Differentiation between high and low grade tumours in paediatric patients by using apparent diffusion coefficients // *Eur. J. Paediatr. Neurol.* — 2013. — Vol. 17(3). — P. 302–307.
45. Razek A.A. Diffusion magnetic resonance imaging of chest tumors // *Review. Cancer Imaging.* — 2012. — Vol. 12. — P. 452-463. — doi: 10.1102/1470-7330.2012.0041.
46. Regier M., Schwarz D., Henes F. et al. Diffusion-weighted MR imaging for the detection of pulmonary nodules at 1.5 Tesla: intraindividual comparison with multidetector computed tomography // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* — 2011. — Vol. 55. — P. 266-274. — doi:10.1111/j.1754-9485.2011.02263.x.
47. Regier M., Schwarz D., Henes F. et al. Diffusion-weighted MR imaging for the detection of pulmonary nodules at 1.5 Tesla: intraindividual comparison with multidetector computed tomography // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* — 2011. — Vol. 55. — P. 266-274. —doi:10.1111/j.1754-9485.2011.02263.x.
48. Satoh S., Kitazume Y., Ohdama S. et al. Can malignant and benign pulmonary nodules be differentiated with diffusion-weighted MRI? // *Am J. Roentgenol.* — 2008. — Vol. 191. — P. 464-470. — doi:10.2214/AJR.07.3133.
49. Shim S.S., Lee K.S., Kim B.T. et al. Non-small cell lung cancer: prospective comparison of integrated FDG PET/ CT and CT alone for preoperative staging // *Radiology.* — 2005. — Vol. 236(3). — P. 1011-1019.
50. Sommer G., Wiese M., Winter L. et al. Preoperative staging of non-small-cell lung cancer: comparison of whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging and 18F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography // *Eur. Radiol.* — 2012. — Vol. 22(12). — P. 2859-2867. — doi: 10.1007/s00330-012-2542-y.
51. Takahara T., Imai Y., Yamashita T. et al. Diffusion weighted whole body imaging with background body signal suppression (DWIBS): technical improvement using free

- breathing, STIR and high resolution 3D display // *Radiat. Med.* — 2004. — Vol. 22. — P. 275–282.
52. Takenaka D., Ohno Y., Matsumoto K. et al. Detection of bone metastases in non-small cell lung cancer patients: comparison of whole-body diffusion-weighted imaging (DWI), whole-body MR imaging without and with DWI, whole-body FDGPET/CT, and bone scintigraphy // *J. Magn. Reson. Imaging.* — 2009. — Vol. 30. — P. 298–308. — doi:10.1002/jmri.21858.
53. Tondo F., Saponaro A., Stecco A. et al. Role of diffusion-weighted imaging in the differential diagnosis of benign and malignant lesions of the chest-mediastinum // *Radiol. Med.* — 2011. — Vol. 116. — P. 720–733. — doi:10.1007/s11547-011-0629-1.
54. Turner R., Le Bihan D., Maier J., Vavrek R. et al. Echo-planar imaging of intravoxel incoherent motion // *Radiology.* — 1990. — Vol. 177(2). — P. 407–414.
55. Wilhelm T., Stieltjes B., Schlemmer H.P. Whole-Body-MR-Diffusion Weighted Imaging // *Fortschr Rntgenstr.* — 2013. — Vol. 185. — P. 950–958.
56. Wilhelm T., Stieltjes B., Schlemmer H.P. WholeBody-MR-Diffusion Weighted Imaging in Oncology // *Fortschr. Rntgenstr.* — 2013. — Vol. 185. — P. 950–958.
57. Wong F.C., Kim E.E. A review of molecular imaging studies reaching the clinical stage // *Eur. J. Radiol.* — 2009. — Vol. 70(2). — P. 205–211. — doi: 10.1016/j.ejrad.2009.01.049.
58. Yabuuchi H., Hatakenaka M., Takayama K. et al. Non-small cell lung cancer: detection of early response to chemotherapy by using contrast-enhanced dynamic and diffusion-weighted MR imaging // *Radiology.* — 2011. — Vol. 261. — P. 598–604. — doi:10.1148/radiol.11101503.
59. Zakaria R., Das K., Radon M. et al. Diffusion-weighted MRI characteristics of the cerebral metastasis to brain boundary predicts patient outcomes // *BMC Med Imaging.* — 2014. — № 3. — doi:10.1186/1471-2342-14-26.

*E.A. Kobyakova, M.B. Dolgushin, M.M. Davydov,
P.B. Nazliev*

MR imaging in the mode of diffusion-weighted images of the whole body (MR-DWI-WB) in the diagnosis of common lung cancer (literature review)

N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology,
Moscow

Whole body magnetic-resonance diffusion imaging (whole body MR-DWI) is the useful method for tumor detection, tumor characterization and therapy monitoring. The method if combined with its modern availability of MRI scanners has a wide spectrum of clinical impact in oncology. Current review is focused on the use of whole body MR-DWI in disseminated lung cancer that is one of the most common malignancies. General technical aspects of the method are presented and usefulness of WB MR-DWI in primary diagnostic of intra-thoracic nodules, tumor dissemination, TNM-staging and therapy monitoring in lung cancer patients also. Lack of standardization of measurement parameters limits the comparability of current research results. However due to cheap price and diagnostic opportunity of the method it can successfully compete with PET/CT in primary diagnostic and treatment monitoring in disseminated lung cancer.

Key words: whole body magnetic-resonance diffusion imaging is the useful method for tumor detection, tumor characterization and therapy monitoring

Поступила в редакцию 02.07.2018 г.