



Гибридная ОФЭКТ/МРТ в диагностике синдрома диабетической стопы

Удодов В.Д., Зоркальцев М.А., Завадовская В.Д.,
Замышевская М.А., Григорьев Е.Г., Куражов А.П.

ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Томск, Россия

Hybrid SPECT-WBC/MRI in the Diagnosis of Diabetic Foot Syndrome

Udodov V.D., Zorkaltsev M.A., Zavadovskaya V.D.,
Zamyshevskaya M.A., Grigorev E.G., Kurazhov A.P.

Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Цель исследования: оценить возможности программно совмещенной ОФЭКТ/МРТ в обнаружении остеомиелита (ОМ) у пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС).

Материал и методы. Обследовано 76 пациентов с сахарным диабетом 1 и 2 типов с подозрением на наличие ОМ (35 (46,0%) мужчин и 41 (54,0%) женщина, средний возраст $59,4 \pm 7,1$ года). Исследование включало пациентов с нейропатической ($n = 25$), ишемической ($n = 13$) и смешанной ($n = 38$) формами СДС. Всем пациентам выполнена сцинтиграфия с мечеными лейкоцитами, 30 больным проведена магнитно-резонансная томография (МРТ). Совмещение произведено с использованием программного обеспечения RView 9.06 (Colin Studholme).

Результаты. При использовании сцинтиграфии с мечеными лейкоцитами для диагностики ОМ были получены: 25 ИП, 38 ИО, 12 ЛП и 1 ЛО-результат. Точность метода составила 82,9%. ЛП-результаты были обусловлены низкой разрешающей способностью метода и небольшими размерами исследуемого объекта. Один ЛО-результат был вызван снижением кровотока у пациента с ишемической формой СДС. При использовании МРТ получены 20 ИП, 16 ИО, 4 ЛП и 2 ЛО-результата. Диагностическая точность метода составила 85,7%. ЛП-результаты были обусловлены сложностью дифференциальной диагностики отека костного мозга и воспалительной инфильтрации. При оценке 42 гибридных ОФЭКТ/МРТ-изображений был выявлен 21 ИП, 17 ИО, 3 ЛП, 1 ЛО-результат. Диагностическая точность равна 95,9%.

Заключение. В результате исследования показаны более высокие диагностические показатели ОФЭКТ/МРТ в выявлении ОМ у пациентов с СДС (чувствительность и специфичность составили 95,5 и 85,0% соответственно) по сравнению с самостоятельным использованием МРТ и сцинтиграфии.

Ключевые слова: синдром диабетической стопы, остеомиелит, магнитно-резонансная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, гибридные изображения.

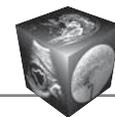
The goal: to detect the possibilities of the software combined SPECT/ MRI in the detection of osteomyelitis (OM) in patients with diabetic foot syndrome (DFS).

Materials and methods. 76 patients with diabetes type I and II, suspected OM (35 (46.0%) men and 41 (54.0%) women, mean age 59.4 ± 7.1 years) were studied. The study included patients with neuropathic ($n = 25$), ischemic ($n = 13$) and neuroischemic ($n = 38$) DFS forms. All patients underwent scintigraphy with labeled leukocytes, 30 patients underwent magnetic resonance imaging (MRI). The combination produced by using software RView 9.06 (Colin Studholme).

Results. By using labeled leukocyte scintigraphy for the diagnosis of OM were obtained 25 TP, 38 TN, 12 FP and 1 FN results. The accuracy was 82.9%. FP results were due to the low resolution of the method and the small size of the object. One FN result was caused by reduced blood flow in a patient with ischemic form of the DFS. By using MRI obtained 20 TP, 16 TN, 4 FP and 2 FN results. The diagnostic accuracy of the method was 85.7%. The FP results were due to the complexity of the differential diagnosis of bone marrow edema and inflammatory infiltration. In assessing the 42 hybrid SPECT/MRI images of 21 TP, 17 TN, 3 FP, 1 FN result have been identified. Diagnostic accuracy was 95.9%.

Conclusion. The study shows a higher diagnostic SPECT/MRI performance in detecting OM in patients with DFS (sensitivity and specificity were 95.5% and 85.0% respectively) compared with the isolated using of MRI and scintigraphy.

Key words: diabetic foot syndrome, osteomyelitis, magnetic resonance imaging, single photon emission computed tomography, hybrid images.



Введение

Синдром диабетической стопы (СДС) является одним из наиболее грозных с медицинской точки зрения, а также наиболее дорогостоящим осложнением сахарного диабета [1]. Данное осложнение требует длительной госпитализации, реабилитации и дальнейшего ухода. Под СДС различными авторами понимаются как гнойно-деструктивные поражения стоп при сахарном диабете, так и негнойные деструктивные процессы [2]. Однако общепринятым считается определение СДС как инфекции, язвы и/или деструкции глубоких тканей стопы, связанной с неврологическими нарушениями и/или снижением магистрального кровотока в артериях нижних конечностей различной степени тяжести [3].

Частота встречаемости СДС в группе больных сахарным диабетом составляет, по данным различных авторов, от 4 до 10%. При этом диабетическая стопа, осложненная остеомиелитом, в 30–50% случаев приводит к ампутации конечностей. Показатель смертности в течение 1 года после ампутации составляет 11–41%, в течение 5 лет – 39–68%. Продолжительность лечения составляет от 4 нед до 2–3 мес, растягиваясь на годы. В связи с этим становится очевидной не только медицинская, но и социальная значимость проблемы СДС [4].

Несмотря на возможность использования у пациентов с СДС микробиологических данных мазков с поверхности язвы и чрескожной пункционной биопсии костной ткани, основными методами в выявлении присоединившейся внутрикостной гнойной инфекции являются методы лучевой диагностики. Рентгенография является основополагающим методом лучевого исследования у пациентов с СДС, однако диагностическая точность метода в выявлении остеомиелита не превышает

50–60% [5]. Компьютерная томография (КТ) имеет преимущество перед рентгенографией в виде большего пространственного разрешения, так как может лучше визуализировать секвестры, периостит, дефекты кортикального слоя. Однако КТ не способна отличить гнойное поражение и образование гранулем, отек и фиброз. Магнитно-резонансная томография (МРТ) обладает высоким пространственным и анатомическим разрешением. В то же время применительно к осложненному течению СДС общепризнанным недостатком МРТ является невозможность отличия отека костного мозга и гнойного воспаления, что приводит к снижению показателей специфичности метода [6]. Методы ядерной медицины широко используются у пациентов с СДС [7]. Наиболее распространенной методикой является остеосцинтиграфия, однако неспецифический характер накопления индикатора в зоне интереса обуславливает низкие показатели специфичности данного метода. Повышают специфичность радионуклидной индикации воспаления методики с использованием сцинтиграфии с мечеными лейкоцитами. В зарубежной литературе также имеются работы об использовании у больных с СДС позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) с ^{18}F -ФДГ и другими радиофармпрепаратами (РФП) [7]. Однако общей проблемой для радионуклидных методов исследования является невозможность точной анатомической локализации выявленных изменений, в частности дифференцирования воспалительных изменений костей и мягких тканей [8]. Данная проблема на современном этапе решается с использованием гибридной медицинской техники (ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ). Вместе с тем при отсутствии данного типа аппаратов имеются возможности для получения программно-совмещенных диагностических изображений как с данными КТ, так и

Для корреспонденции: Удодов Владимир Дмитриевич – 634050 Россия, Томск, Московский тракт, 2. Тел: 8-913-826-57-00 (моб.).
E-mail: linx86rus@gmail.com

Удодов Владимир Дмитриевич – аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ МЗ РФ, Томск; **Зоркальцев Максим Александрович** – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ МЗ РФ, Томск; **Завадовская Вера Дмитриевна** – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ МЗ РФ, Томск; **Замышевская Мария Александровна** – аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ МЗ РФ, Томск; **Григорьев Евгений Геннадьевич** – канд. мед. наук, ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава РФ, Томск; **Куражов Алексей Петрович** – доктор мед. наук, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ГБОУ ВПО СибГМУ МЗ РФ, Томск.

Contact: Udodov Vladimir Dmitrievich – Moskovskii trakt, 2, 634050, Tomsk, Russia. Phone: 8-913-826-57-00 (mob.). E-mail: linx86rus@gmail.com

Udodov Vladimir Dmitrievich – postgraduate, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Zorkal'tsev Maksim Aleksandrovich** – cand. of med. sci., associate professor, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Zavadovskaya Vera Dmitrievna** – doct. of med. sci., professor, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Zamyshevskaya Mariya Aleksandrovna** – postgraduate, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Grigorev Evgeniy Gennadevich** – cand. of med. sci., assistance lecturer, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk; **Kurazhov Alexey Petrovich** – doct. of med. sci., professor, Department of radiology and radiotherapy of Siberian State Medical University, Tomsk.



МРТ. При этом МРТ теоретически имеет преимущества как метод, способный адекватно визуализировать не только костные, но и мягкотканые структуры стопы и характеризующийся отсутствием лучевой нагрузки, а также из-за способности МРТ выступать самостоятельным, достаточно эффективным методом диагностики гнойного поражения костей стоп. Однако возможности совмещенной ОФЭКТ/МРТ на данный момент не изучены, в том числе и применительно к диагностике СДС.

В связи с тем что на данный момент не решена проблема единого подхода к лучевой диагностике остеомиелита при СДС, разработка новых методологических подходов, к которым в первую очередь относятся гибридные методики, является одной из актуальных проблем современной клинической медицины.

Цель исследования

Изучение возможностей программно-совмещенной ОФЭКТ/МРТ в диагностике остеомиелита у пациентов с СДС.

Материал и методы

Обследовано 76 пациентов (мужчин – 35 (46,0%), женщин – 41 (54,0%), средний возраст $59,4 \pm 7,1$ года), страдающих сахарным диабетом 1 и 2 типов с подозрением на остеомиелит, развившийся на фоне СДС. Исследование включало пациентов с нейропатической ($n = 25$), смешанной ($n = 38$) и ишемической ($n = 13$) формами СДС.

Всем пациентам выполнена сцинтиграфия с мечеными лейкоцитами (^{99m}Tc -НМРАО/ ^{99m}Tc -технефит, 370 МБк, ОФЭКТ “Philips BrightView”), которая включала в себя выделение клеток белой крови больного, их инкубацию с РФП *in vitro* в течение 40 мин и последующее реинъектирование готового РФП в сосудистое русло. Сцинтиграфия с мечеными лейкоцитами выполнялась через 1 ч после внутривенного введения РФП в планарном (подошвенная, правая и левая боковая проекции) и томографическом режимах (64 проекции по 30 с).

МРТ голеностопных суставов и костей стоп выполнена в 42 случаях (Toshiba Excelart Vantage 1,5 T; режимы T1ВИ, T2ВИ, PD-FSat). В качестве зон интереса чаще всего выступали пяточная кость с захватом голеностопного сустава, ладьевидная, кубовидная кости, а также кости плюсны и фаланги пальцев. Установка среза выбиралась в зависимости от локализации патологического процесса в вышеуказанных зонах.

Для соблюдения стандартов диагностики всем пациентам выполнялась рентгенография стоп в двух проекциях, по данным которой признаки

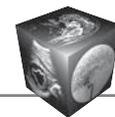
остеомиелита в виде деструкции кортикального слоя кости были выявлены в 38 случаях (20 ИП, 18 ЛП).

Клиническая картина состояния стоп у пациентов была представлена болевым синдромом, который встречался у всех больных с ишемической формой СДС (100%), достаточно часто (у 84,2% пациентов) отмечался у больных со смешанной формой СДС и только в 32% присутствовал у пациентов с нейропатической формой СДС. Снижение чувствительности было выявлено только у 40% пациентов с нейропатической формой. Отек мягких тканей был установлен во всех случаях при смешанной и нейропатической формах СДС и в несколько меньшем проценте наблюдений – у пациентов с ишемической формой СДС (84,6%). Гиперемия, как возможное проявление воспалительного процесса, чаще встречалась у больных со смешанной (89,4%) и нейропатической (88%) формами СДС. Изъязвление, раневая поверхность были также преобладающими (100%) у больных со смешанной и нейропатической формами СДС по сравнению с ишемической формой, при которой изъязвление было зарегистрировано лишь в 15,4% случаев. Флуктуация и гнойное отделяемое в незначительной степени преобладали у пациентов с нейропатической формой СДС, так же как и раневая поверхность с оголенной костью. Мумификация была характерна только для пациентов с ишемической формой (15,2%). Перечисленные изменения протекали на фоне повышенной местной температуры, которая преобладала по частоте среди больных с нейропатической формой (68%) по сравнению с пациентами со смешанной формой (60,5%) СДС. Пониженная местная температура отмечалась при ишемической форме СДС в 30,7% наблюдений по сравнению с 10,5% – при смешанной. Ослабленная пульсация преобладала среди пациентов с ишемической формой СДС (96%) по сравнению со смешанной (39,4%) и нейропатической (8%). Полное отсутствие пульсации артерий стоп также наблюдалось только у 1 (7,6%) пациента с ишемической формой СДС.

Результаты исследования в 39 (51,3%) наблюдениях были верифицированы по данным морфологического исследования операционного материала; диагноз был установлен в ходе динамического клинического наблюдения в 37 (48,7%) случаях.

Результаты

На первом этапе исследования оценены диагностические показатели сцинтиграфии с мечеными лейкоцитами. По данным исследования



гиперфиксация индикатора выявлена в 37 (48,7%) наблюдениях. Накопление РФП визуализировалось преимущественно на уровне язвенных дефектов мягких тканей и выявляемых рентгенологически деструктивно-литических повреждений. При выборе в качестве диагностического критерия остеомиелита факта визуального определения максимального накопления РФП в проекции кости было получено 25 ИП, 38 ИО, 12 ЛП-результатов и 1 ЛО-результат, что обусловило невысокую специфичность метода – 76,0%, при достаточно высокой чувствительности – 96,2% (рис. 1). Точность изучаемого метода составила 82,9%.

Большинство (8 из 12) ЛП-результатов было обусловлено затруднением определения локализации патологического накопления индикатора из-за низкой разрешающей способности метода и небольших размеров исследуемого объекта (рис. 2), а 4 – неспецифическим накоплением лейкоцитов в зоне асептического воспалительного процесса при острой нейропатической форме СДС. Единственный полученный (1,3%) ЛО-результат у пациента с ишемической формой СДС можно объяснить отсутствием достаточной аккумуляции РФП в зоне воспалительного процесса, обусловленной диффузным снижением кровотока.

На втором этапе исследования были проанализированы возможности МРТ-исследования в выявлении остеомиелита. МР-признаки остеомиелита обнаружены в 24 (60%) случаях. При сопоставлении результатов МРТ с данными морфологического исследования операционного материала или динамического клинического наблюдения 20 (50%) случаев были отнесены к ИП-результатам, а 4 (10%) – к ЛП. Также получено 16 (33,3%) ИО и

2 (6,7%) ЛО-результата. В итоге чувствительность, специфичность и диагностическая точность МРТ составили 90,9, 80,0 и 85,7% соответственно, что несколько превышало полученные ранее показатели радионуклидных методов исследования в диагностике остеомиелита. При этом показатель специфичности метода, как и в случае со сцинтиграфией с мечеными лейкоцитами, оставался на недостаточно высоком уровне. Однако если при сцинтиграфических методах исследования специфичность преимущественно снижалась из-за низкой разрешающей способности метода, то при проведении МРТ относительно низкая специфичность была обусловлена наличием ЛП-результатов, обусловленных сложностью дифференциальной диагностики отека костного мозга и собственно воспалительной инфильтрации (рис. 3). Относительно высокая (90,9%) чувствительность метода проявлялась в небольшом количестве ($n = 2$) ЛО-результатов, которые, по нашему мнению, были вызваны ‘стертой’ МР-картиной, наблюдавшейся в случаях латентно протекающего воспалительного процесса.

Анализ первых этапов исследования создал предпосылки для проведения пространственного совмещения результатов сцинтиграфии с мечеными лейкоцитами и МРТ, что и явилось третьим этапом работы. Совмещение выполняли с целью повышения анатомической разрешающей способности сцинтиграфии. Для получения гибридных изображений использовали свободное программное обеспечение RView 9.06 (автор Colin Studholme). Производили пространственное совмещение результатов сцинтиграфии с мечеными лейкоцитами и данных МРТ. При наличии отека

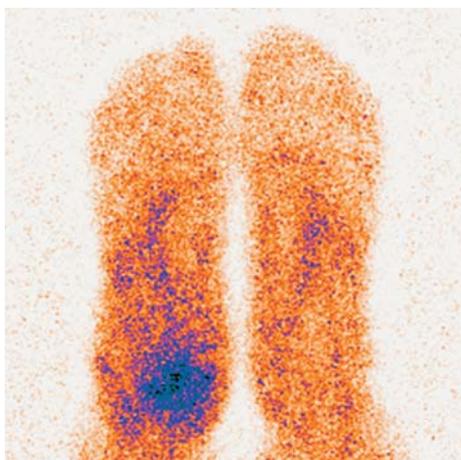


Рис. 1. Пациент Г., 25 лет, сахарный диабет 1 типа. СДС, смешанная форма. Сцинтиграмма с мечеными лейкоцитами. ИП-результат: гиперфиксация индикатора в пяточной кости правой стопы.

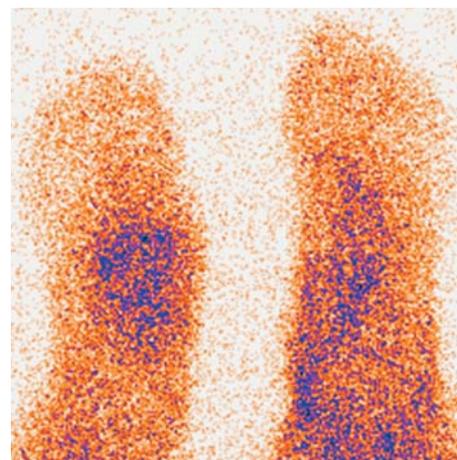


Рис. 2. Пациент Г., 49 лет, сахарный диабет 2 типа. СДС, нейропатическая форма. Сцинтиграмма с мечеными лейкоцитами. ЛП-результат: участки гиперфиксации индикатора в области предплюсны справа в рамках стопы Шарко.

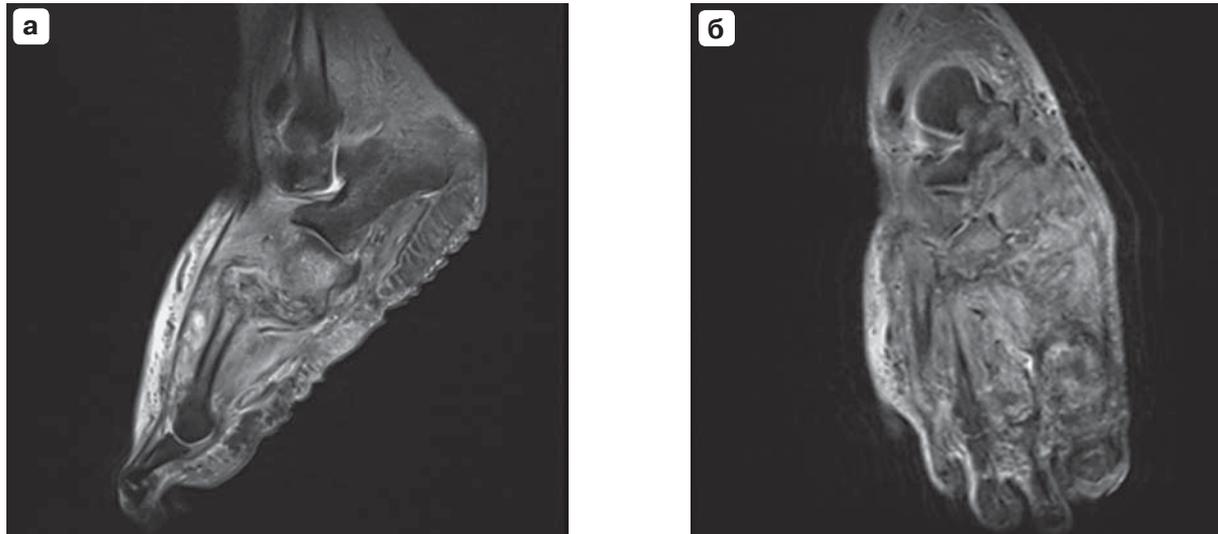


Рис. 3. Пациент Б., 62 года, сахарный диабет 2 типа. Стопа Шарко. МР-изображения стопы (FSat) в сагитальной (а) и коронарной (б) проекциях. ЛП-результат: распространенная деструкция костей предплюсны с дезорганизацией предплюсне-плюсневых суставов. Отек костного мозга костей предплюсны, I и II плюсневых костей. Деформация суставных поверхностей головки и основания I и II плюсневых костей в сочетании с кистозной перестройкой. Дезорганизация и обширный отек мягких тканей области предплюсны и плюсны.

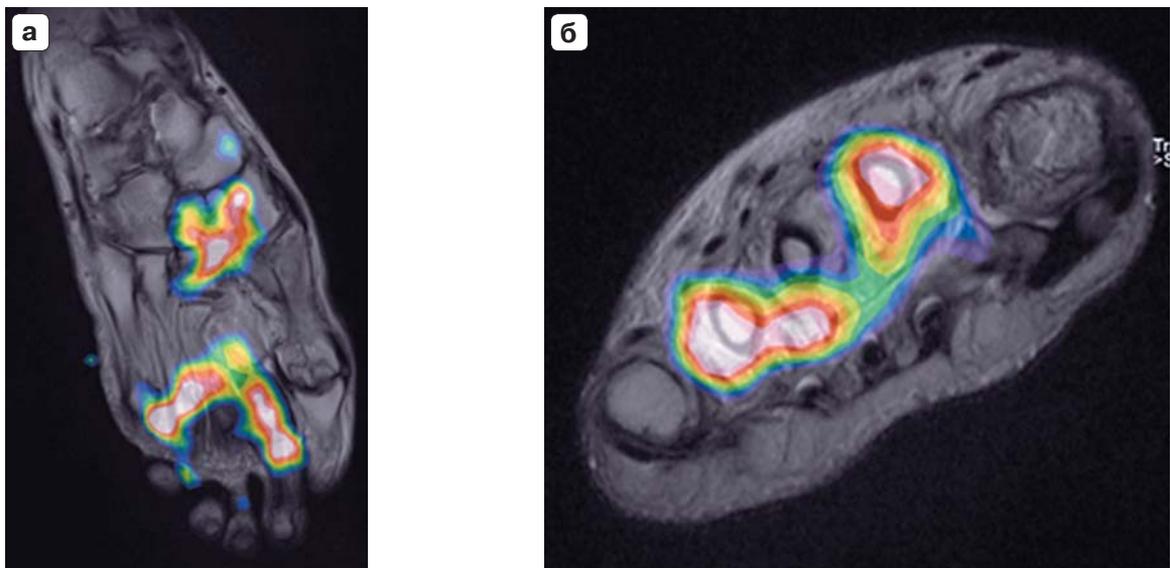
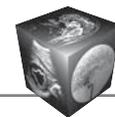


Рис. 4. Пациент К., 27 лет, сахарный диабет 1 типа. СДС, смешанная форма. ОФЭК-томограммы с мечеными лейкоцитами, совмещенные с МР-изображениями (T2): коронарная (а) и аксиальная (б) проекции. ИП-результат: гиперфиксация РФП в клиновидных костях и прилегающих суставах, а также в плюснефаланговых суставах II и IV пальцев, проксимальной и средней фалангах II пальца и мягких тканях III пальца правой стопы.

костного мозга дополнительно производили совмещение с данными МРТ в режиме жироподавления (FSat). В случае несовпадения укладок пациентов при выполнении МРТ и ОФЭКТ проводились раздельное совмещение и последующая диагностическая оценка различных отделов стоп.

При оценке 42 полученных гибридных изображений критерием наличия воспалительного процесса считалась локальная аккумуляция меченых лейкоцитов в кости, визуализируемой на МР-то-

мограммах. Данная картина была выявлена в 24 (57,1%) случаях. Отсутствовала отчетливая фиксация индикатора в кости у 18 (42,9%) пациентов. В результате комплексного обследования и динамического клинического наблюдения 21 результат отнесен к ИП, 17 – к ИО (рис. 4). Также получены 1 ЛО и 3 ЛП-результата. Чувствительность, специфичность и диагностическая точность метода составили 95,5, 85,0 и 90,5% соответственно.



Единственный ЛО-случай, выявленный у пациента с ишемической формой СДС, вызванный диффузным снижением кровотока, обусловил высокую чувствительность используемой гибридной методики. Однако сохраняющаяся недостаточно высокая специфичность метода, вызванная в данном случае неспецифической аккумуляцией лейкоцитов (ЛП-результаты) при острой нейропатической форме диабетической стопы (стопа Шарко) предопределила необходимость поиска дополнительных симптомов, которые могли бы повысить диагностические показатели.

С этой целью на четвертом этапе работы были сопоставлены данные гибридного исследования с симптомами воспалительного процесса, выявленными на МР-томограммах.

Выбранные в начале такие неспецифические МР-симптомы остеомиелита, как отек костного мозга и нарушение целостности кортикального слоя кости, не привели к повышению специфичности метода, так как присутствовали во всех 24 случаях локальной аккумуляции меченых лейкоцитов в кости. Таким образом, дополнение критериев диагностики остеомиелита МР-данными о состоянии кости было нецелесообразным.

Далее, учитывая преимущественно контактный механизм возникновения остеомиелита у данной категории больных, в качестве дополнительного критерия наличия остеомиелита была выбрана оценка состояния мягких тканей, прилежащих к изучаемой кости. Признаки поражения мягких тканей в виде отека в сочетании с их деструкцией были визуализированы в 22 случаях. При дополнительном применении данного критерия получены 21 ИП, 19 ИО, 1 ЛО и 1 ЛП-результат и более высокие показатели специфичности (95,0%) и точности метода (95,2%) при сохранении 95,5% чувствительности. Полученный 1 ЛП-результат был выявлен у пациента с острой диабетической артропатией, сопровождающейся массивным поражением как костной системы, так и мягких тканей, ошибочно трактованной как проявление воспалительного процесса. ЛО-результат, как и в предыдущем случае, был обусловлен отсутствием заметной аккумуляции меченых лейкоцитов в области пониженного кровотока.

При сравнении показателей диагностической эффективности исследуемых в работе методик отмечалась тенденция ($p = 0,06$) к более высокой специфичности при использовании предложенной гибридной методики ОФЭКТ/МРТ, дополненной признаками контактного поражения кости по сравнению со сцинтиграфией с мечеными лейкоцитами.

Обсуждение

Выявление и точная анатомическая локализация гнойных осложнений у пациентов с СДС являются существенной клинико-диагностической проблемой. Методы ядерной медицины, в частности сцинтиграфия с мечеными лейкоцитами, являются ведущими высокоспецифичными способами диагностики наличия воспалительных процессов. Однако известна и основная проблема сцинтиграфических методик – низкое пространственное и тканевое разрешение метода. Данную проблему на сегодняшний момент решают с использованием гибридных диагностических изображений. Существует множество научных публикаций, свидетельствующих о превышении диагностических показателей методик с использованием аппаратно- или программно-совмещенных изображений по сравнению с изолированным применением радионуклидных методов исследования. Так, в частности, в работах L. Filippi и соавт. [9] и E. Aslangul и соавт. [10] показана высокая значимость использования гибридных изображений применительно к пациентам с СДС. А в работе W. Erdman и соавт. на основании высокой диагностической точности ОФЭКТ/КТ предложено включить данную методику в алгоритм оценки степени распространенности гнойного поражения и прогнозирования течения заболевания [11].

Особенностью проведенного научного исследования является применение МРТ для получения совмещенных изображений. Несмотря на то что не вызывает сомнений преимущество изолированного использования МРТ перед КТ в оценке состояния стоп у больных СДС, на сегодняшний момент в литературе не имеется достаточного количества данных о применении ОФЭКТ/МРТ, что, вероятно, вызвано отсутствием гибридного диагностического оборудования и необходимостью программного совмещения изображений. В настоящее время имеется лишь единичная публикация K. Knesaurek и соавт. [12] о попытке совмещения данных ОФЭКТ и МРТ у пациентов с СДС, где для точного сопоставления изображений дополнительно используется КТ. Также об актуальности использования совмещенных с данными МРТ результатов свидетельствуют публикации о возможности применения ПЭТ/МРТ. В частности, A. Glaudemans и соавт. считают данную методику наиболее перспективной в диагностике воспалительных процессов, в том числе и у пациентов с СДС, отмечая в качестве недостатка лишь высокую стоимость исследования [13].

Другим аспектом представленной работы является использование оценки состояния мяг-



котканых структур для установления гнойного поражения костей. Учитывая сложность дифференциальной диагностики остеомиелита и стопы Шарко, достаточно длительное время при окончательном установлении диагноза лечащими врачами используется такой диагностический признак, как наличие примыкания язвы к потенциально пораженной кости. Данный признак также стал использоваться и при оценке лучевых данных, в частности результатов МРТ [14].

Таким образом, полученные в ходе проведенного исследования данные о широких возможностях гибридных исследований полностью согласуются с данными литературы, а замена общепринятой ОФЭКТ/КТ на ОФЭКТ/МРТ находится в русле современных тенденций развития лучевой диагностики.

Заключение

Предложенная гибридная методика ОФЭКТ/МРТ с включением в критерии диагностики воспалительного процесса данных как сцинтиграфического, так и МРТ-исследований позволила повысить диагностические показатели в выявлении остеомиелита у больных с осложненным течением СДС.

Список литературы / References

1. Аметов А.С. Сахарный диабет 2 типа. Проблемы и решение. 2-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 1032 с. Ametov A.S. Diabetes mellitus type 2. Problems and Solution. 2nd ed. M.: GEOTAR-Media, 2014. 1032 p. (In Russian)
2. Удовиченко О.В., Грекова Н.М. Диабетическая стопа: Руководство для врачей. М.: Практическая медицина, 2010. 271 с. Udovichenko O.V., Grekov N.M. Diabetic Foot: A Guide for Physicians. M.: Practicheskaya Medicina, 2010. 271 p. (In Russian)
3. Дедов И.И., Шестакова М.В., Максимова М.А. Федеральная целевая программа "Сахарный диабет". М., 2002. 88 с. Dedov I.I., Shestakova M.V., Maksimova M.A. Federal target program "Diabetes mellitus". M., 2002. 88 p. (In Russian)
4. Уоткинс Питер Дж. Сахарный диабет: Пер. с англ. под ред. М.И. Балаболкина. М.: Бином, 2006. 134 с. Watkins P. Diabetes mellitus. Transl. from Eng. Ed. M.I. Balabolkin. M.: Binom, 2006. 134 p. (In Russian)
5. Naraynsingh V., Maharaj R., Dan D., Hariharan S. Puncture wounds in the diabetic foot: importance of X-ray in diagnosis. *Int. J. Low. Extrem. Wounds*. 2011; 10 (2): 135–145.
6. Toledano T.R., Fatone E.A., Weis A. et al. MRI evaluation of bone marrow changes in the diabetic foot: a practical approach. *Seminars Musculoskelet. Radiol*. 2011; 15 (3): 257–268.
7. Lazzeri E., Signore A., Erba P.A. et al. Radionuclide imaging of infection and inflammation. A pictorial case-based atlas. Italia: Springer-Verlag, 2013. 347 p.
8. Baptista M.S., Tardivo J.P. Osteomyelitis. Publisher: InTech, 2012. 188 p.
9. Filippi L.1., Uccioli L., Giurato L., Schillaci O. Diabetic foot infection: usefulness of SPECT/CT for ^{99m}Tc-HMPAO-labeled leukocyte imaging. *J. Nucl. Med*. 2009; 50 (7):1042–1046.
10. Aslangul T., M'Bemba J., Larger E. et al. Diagnosing diabetic foot osteomyelitis in patients without signs of soft tissue infection by coupling hybrid ⁶⁷Ga SPECT/CT with bedside percutaneous bone puncture. *Diabetes Care*. 2013; 36 (8): 2203–2210.
11. Erdman WA., Bueth J., Bhone R. et al. Indexing severity of diabetic foot infection with ^{99m}Tc-WBC SPECT/CT hybrid imaging. *Diabetes Care*. 2012; 35 (9): 1826–1831.
12. Knesarek K., Kolker D., Vatti S., Heiba S. Precise fusion of MRI and dual energy ¹¹¹In WBC/^{99m}Tc HDP SPECT/CT in the diabetic foot using companion CT: an example of SPECT/MRI imaging. *Quart J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2015; 59 (1): 129–135.
13. Glaudemans A.W.J.M., Quintero A.M., Signore A. PET/MRI in infectious and inflammatory diseases: will it be a useful improvement? *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2012; 39 (5): 745–749.
14. Sanverdi S.E., Ergen B.F., Oznur A. Current challenges in imaging of the diabetic foot. *Citation: Diabetic Foot & Ankle* 2012; 3: 18754 - <http://dx.doi.org/10.3402/dfa.v3i0.18754> [Дата обращения 01.02.2016].