

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ НЕЙРООСТЕОАРТРОПАТИИ ШАРКО

Бреговский В. Б.

Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городской консультативно-диагностический центр № 1», Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Бреговский Вадим Борисович,
СПб ГБУЗ «ГКДЦ № 1»,
ул. Сикейроса, д. 10Д, Санкт-Петербург,
Россия, 194354.
E-mail: podiatr@inbox.ru

*Статья поступила в редакцию 07.01.2021
и принята к печати 30.01.2021.*

Резюме

Под диабетической нейроостеоартропатией Шарко (ДНОАП) понимают асептическую воспалительную деструкцию суставов стопы или голеностопного сустава. Исходом ДНОАП являются деформации стопы различной степени тяжести, приводящие к снижению опороспособности конечности, а также к высокому риску образования трофической язвы стопы и ампутации. Сложности в диагностике данной патологии обусловлены особенностями ее клинической картины и отсутствием надежных методов диагностики. В настоящее время для визуализации артропатии Шарко применяются рентгенография, магнитно-резонансная томография, а также радиоизотопные методы исследования. Рентгенография, несмотря на высокую доступность и дешевизну, непригодна для диагностики ДНОАП на ранней стадии. Магнитно-резонансная томография отличается высокой диагностической значимостью на ранней стадии и дает ценную информацию об активности процесса на протяжении лечения, но дорога и ограниченно доступна. Радиоизотопные методики практически недоступны и используются в научных целях. При этом ни один из этих методов не является надежным для диагностики всех стадий ДНОАП, в особенности — перехода в неактивную стадию. Представленный обзор характеризует достоинства и недостатки этих видов диагностики.

Ключевые слова: диабетическая нейроостеоартропатия, лучевая диагностика, магнитно-резонансная томография, сахарный диабет, стопа Шарко.

Для цитирования: Бреговский В.Б. Лучевая диагностика диабетической нейроостеоартропатии Шарко. Трансляционная медицина. 2021; 8 (1): 12-18. DOI: 10.18705/2311-4495-2021-8-1-12-18

RADIOLOGY DIAGNOSTICS OF THE DIABETIC CHARCOT NEUROARTHROPATHY

Bregovskiy V. B.

Saint Petersburg City Consultative Diagnostic Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Bregovskiy Vadim B.,
Saint Petersburg City Consultative Diagnostic Centre,
Sikeiros str. 10D, Saint Petersburg, Russia,
194354.
E-mail: podiatr@inbox.ru

Received 07 January 2021; accepted
30 January 2021.

Abstract

Diabetic neuroosteoarthropathy (Charcot foot, DNOAP) is the aseptic inflammatory destruction of the joints of the foot or ankle. The outcome of DNOAP is foot deformities of various degrees of severity, which lead to a decrease in the ability to weight-bearing, as well as to a high risk of foot ulcer and amputation. Features of the clinical picture and the lack of reliable diagnostic methods lead to difficulties in the diagnosis of this pathology. Currently, radiography, magnetic resonance imaging, and radioisotope methods are used to visualize Charcot's arthropathy. Plain X-radiography, despite its high availability and low cost, is unsuitable for the diagnosis of DNOAP at an early stage. Magnetic resonance imaging is characterized by high diagnostic significance at an early stage and provides valuable information about the activity of the process during treatment, but it is expensive and limited. Radioisotope techniques are practically unavailable and are used for scientific purposes. At the same time, none of these methods is reliable for the diagnosis of all stages of DNOAP, especially the transition to the inactive stage. The present review characterizes the advantages and disadvantages of these types of diagnostics.

Key words: Charcot foot, diabetes mellitus, diabetic neuroarthropathy, MRI, radiology diagnostics.

For citation: Bregovskiy VB. Radiology diagnostics of the diabetic charcot neuroarthropathy. Translational Medicine. 2021; 8 (1): 12-18. (In Russ.). DOI: 10.18705/2311-4495-2021-8-1-12-18

Список сокращений: ДНОАП — диабетическая нейроостеоартропатия Шарко, КТ — компьютерная томография, МРТ — магнитно-резонансная томография, ОКМ — отек костного мозга.

Под диабетической нейроостеоартропатией (ДНОАП, артропатия Шарко) понимают «безболезную, прогрессирующую деструкцию одного или нескольких суставов стопы на фоне диабетической полинейропатии» [1]. Деструкция при ДНОАП носит характер воспалительной асептической, при этом пусковым моментом служит, как правило, низкоэнергетическая травма стопы, нераспознанная пациентом вследствие тяжелого сенсорного дефицита, вследствие диабетической полинейропатии. Клиническая картина представ-

лена в начале патологии безболезненной гиперемией, гипертермией и отеком стопы, отсутствием деформаций и признаков инфекции. В дальнейшем на этом фоне появляются прогрессирующие деформации стопы, отражающие процесс костных деструкций, дислокаций суставов. Этот этап развития ДНОАП называют острой (активной) стадией процесса. При стихании воспаления отек, гипертермия и гиперемия исчезают, деформации становятся необратимыми и более выраженными (неактивная или хроническая стадия). На этом этапе отмечается крайне высокий риск образования язвы стопы и ампутации даже при сохранении опороспособности конечности [2].

Патогенез ДНОАП до настоящего времени недостаточно изучен и не в последнюю очередь, из-за

особенностей клинической картины и небольшой частоты патологии. В немалой степени трудности в изучении артропатии Шарко обусловлены и проблемами в ее диагностике, и в частности в визуализации. В настоящее время убедительная доказательная база, позволяющая выбрать определенный и наиболее информативный метод исследования, отсутствует. Поэтому рекомендации по ДНОАП основаны в основном на мнении экспертов.

В частности, клинические рекомендации по диагностике ДНОАП, опубликованные на сайте Министерства здравоохранения Российской Федерации, относят основные диагностические мероприятия к уровню убедительности рекомендаций С и к уровню достоверности доказательств 5 (табл. 1 [1]).

Можно сформулировать следующие задачи визуализации артропатии Шарко: оценка масштаба деструкций, оценка активности артропатического процесса, динамика состояния костно-суставного аппарата стопы в процессе лечения, дифференциальная диагностика между неинфекционной артропатией и инфекционным процессом (остеомиелит или остеоартрит). В рамках данного обзора мы кратко осветим рентгенологические методы, магнитно-резонансную томографию и радиоизотопную диагностику ДНОАП.

Несомненно, рентгенологическое исследование является самым доступным. Классификация ДНОАП на основании рентгенологической картины была разработана Eichenholtz S. в 1969 г. [3]. К очевидным недостаткам этого метода относится невозможность визуализации процесса на ранней активной стадии [4]. Так как эта стадия может длиться в течение нескольких недель или даже месяцев и предшествовать появлению признаков остеодеструкций и дислокаций суставов на рентгенограмме, отсутствие изменений на рентгенограмме приводит к задержке в постановке диагноза и начале иммобилизации. Поэтому предложенная

Eichenholtz S. классификация по мере накопления опыта оценки рентгенограмм на самых ранних и более поздних стадиях процесса и сопоставления их с клинической картиной была усовершенствована, в основном в отношении рентгенопозитивных стадий (табл. 2).

При рентгенографическом исследовании важно правильно выбрать проекцию снимка. Это обусловлено тем, что предполагаемая зона деструкций может не совпадать с реально существующей, кроме того, вполне возможно, что область поражения больше предполагаемой. Поэтому при рентгенографии стопы 2 стандартные проекции с обязательным захватом пальцев следует дополнять рентгенограммой в боковой проекции под нагрузкой. Таким образом можно визуализировать пальцы, передний отдел, сустав Лисфранка и частично Шопара, а также оценить состояние заднего отдела стопы (сустав Шопара, таранно-пяточное сочленение). При значительном отеке в области голеностопного сустава рентгенограмма должна быть выполнена в соответствующей проекции. Частота выполнения рентгенограммы для мониторингирования течения артропатии, по-видимому, определяется индивидуально, однако повторять исследование чаще чем раз в 2 месяца нецелесообразно. Мы полагаем, что показаниями для повторной рентгенографии на фоне иммобилизации являются появление новых деформаций стопы или необходимость оценки состояния костно-суставного аппарата стопы на момент окончания активной стадии. Так как при поражениях среднего отдела стопы большое значение имеет оценка динамики состояния продольного свода, представляется целесообразной рентгенограмма в боковой проекции под нагрузкой. Сравнение рентгенограммы, выполненной через 6–8 месяцев, с исходной позволит оценить опускание структур среднего отдела стопы

Таблица 1. Диагностика ДНОАП с позиций доказательной медицины

Диагностические методы	Уровень убедительности рекомендаций	Уровень достоверности доказательств
Проведение клинического и инструментального обследования пациентам для диагностики ДНОАП	C	5
Проведение инфракрасной термометрии кожи пораженной и непораженной стопы при подозрении на ДНОАП	C	5
Проведение магнитно-резонансной томографии для верификации острой стадии ДНОАП	C	5

Таблица 2. Клинико-рентгенологическая классификация ДНОАП

Авторы	Стадия	Клиническая картина	Рентгенологическая картина
Shibata T. et al., 1990 [5]	0 — начало	Горячая, отекая, гиперемизованная стопа (0–1 мес., острая)	Отсутствие видимых переломов, увеличение внутрисуставного объема как расстояния между костями за счет отека или уменьшение как признака возможного перелома, дислокация
Eichenholtz S., 1966 [3] в модификации Johnson J. et al., 1998 [6]	I — растворение, рассасывание	Горячая, отекая, гиперемизованная стопа (2–3 мес., острая)	Местная деминерализация, периартикулярная фрагментация, дислокация суставов
	II — консолидация	Стихание воспаления, отсутствие эритемы, но наличие отека и гипертермии (3–6 мес., подострая)	Периостальная реакция, костные фрагменты в мягких тканях, участки остеонекроза, остеопролиферация, новообразованная костная ткань, признаки консолидации деструкций
Eichenholtz S., 1966 [3] в модификации Johnson J. et al., 1998 [6]	III — ремоделинг	Постоянная фиксированная деформация, отсутствие или минимальный отек, связанный с ходьбой, отсутствие гипертермии (6–9 мес., хроническая)	Сглаживание краев костных фрагментов, остеосклероз, костный или фиброзный анкилоз

(в первую очередь кубовидной кости) в плантарную сторону.

Рентгенограмма отличается низкой чувствительностью и специфичностью (менее 50 %), и диагноз активной стадии ДНОАП только по рентгенографии изменяет тактику лечения от предотвращения развития деформации к тактике консолидации уже свершившихся деформаций [7]. Но именно последняя менее эффективна ввиду неблагоприятного отдаленного прогноза для стопы.

Поэтому основным методом диагностики активной ДНОАП на ранней стадии до появления изменений на рентгенограмме должна быть магнитно-резонансная томография (МРТ). Основным признаком активной артропатии, выявляемом при МРТ, является отек костного мозга (ОКМ) пораженных артропатией костных структур. Морфологическим субстратом ОКМ является трабекулярный микроперелом. Кроме того, отек является следствием острого воспаления в костной ткани в ответ на микроперелом и выброса фактора некроза опухоли- α , интерлейкинов, простагландина E2 и других [8]. ОКМ появляется сразу после повреждения, далее он нарастает, а при отсутствии иммобилизации с увеличением масштабов деструкции захватывает новые области стопы. При начале иммобилизации уменьшение ОКМ происходит постепенно, и его динамика зависит, по-видимому, не только от исходного объема поражения

и качества иммобилизации, но и от локализации процесса [9]. В ряде работ показан параллелизм клинической картины ДНОАП на обеих ее стадиях и изменений, выявляемых при МРТ [10–12].

Именно на МРТ-признаках активности процесса основана классификация ДНОАП, предложенная Chantelau E., & Grützner G. в 2014 г. (табл. 3). В этой классификации, в зависимости от наличия видимых при осмотре деформаций и данных МРТ, в обеих стадиях ДНОАП выделены подстадии 0 и 1: 0 — рентгенонегативная (диагноз подтверждается только при МРТ), 1 — рентгенопозитивная (диагноз подтверждается как при МРТ, так и рентгенографически). В настоящее время эта классификация принята среди специалистов, и, согласно ей, рекомендуется заменить термины «острая» и «хроническая» ДНОАП, на «активная» и «неактивная» в зависимости от наличия и степени ОКМ.

Недостатком МРТ следует признать снижение разрешающей способности метода при ДНОАП межфаланговых суставов пальцев.

Известно, что МРТ можно выполнять с контрастированием. Для этого используются специальные средства, обладающие парамагнитными свойствами, в частности на основе гадолиния (например, «Гадобутрол»). Однако для диагностики ДНОАП обычно контрастирование не применяется, тем более что стоимость исследования в этом случае значительно возрастает. Поэтому МРТ с контрастиро-

Таблица 3. Классификация ДНОАП, основанная на данных магнитно-резонансной томографии (по Chantelau E., Grützner G., 2014) [13]

Стадия/Степень тяжести	Симптомы	МРТ-картина
Активная стадия, степень тяжести — 0	Легкое воспаление, отек, увеличивающийся при ходьбе, (боль?), выраженных деформаций нет	Облигатные: отек костного мозга, отек мягких тканей (не всегда) Факультативные: субхондральные трабекулярные микропереломы, повреждения связок в месте прикрепления к костям
Активная стадия, степень тяжести — 1	Тяжелое воспаление, отек, увеличивающийся при ходьбе, (боль?), выраженные деформации	Облигатные: кортикальные переломы, отек костного мозга, отек мягких тканей Факультативные: остеоартрит, кисты, разрушения хрящей, повреждения связок, участки остеонекроза, остеолитического остеопролиферация, тендосиновит, смещение костей, дислокации суставов
Неактивная стадия, степень тяжести — 0	Нет воспаления, отсутствие выраженных деформаций	Отсутствие отека костного мозга или минимальный отек, субхондральный склероз, кисты, повреждения связок
Неактивная стадия, степень тяжести — 1	Воспаления нет, выраженные деформации, анкилоз или ложные суставы	Резидуальный отек костного мозга, костные мозоли, облитерация и деформация суставов, остеофиты, остеосклероз (более отчетливо визуализируется при компьютерной томографии)

ванием применяется преимущественно в научных целях. В частности, с помощью МРТ-ангиографии появилась возможность визуализации артериовенозного шунтирования и гиперперфузии стопы при активной стадии ДНОАП [14]. Также есть сообщение о том, что по степени захвата контраста можно прогнозировать сроки иммобилизации, т. е. длительность течения активной стадии артропатии [9].

МРТ также является ценной методикой для дифференциальной диагностики ДНОАП и остеомиелита, однако только в сочетании с клиническими и лабораторными данными. Не стоит абсолютизировать значение МРТ в диагностике активности артропатии. В частности, значимый ОКМ может выявляться в проекции язвенных дефектов и в области культей плюсневых костей после ампутации пальца с соответствующей головкой плюсневой кости. В первом случае ОКМ может быть объяснен повышенной васкуляризацией близлежащего к дну хронической раны периоста в результате значительного выброса местных ростовых факторов вследствие хронического воспаления и гиперваскуляризации периоста из-за автономной нейропатии. Во втором случае он может быть связан с костным ремоделированием и избыточной пролиферацией новообразованных костных структур в области культи, особенно ког-

да резекция производилась костными кусачками, а не при помощи моторной системы. Также ОКМ может быть последствием микротравм в области интереса, не связанных с ДНОАП [15].

Тем не менее МРТ остается самым точным из доступных методов диагностики ДНОАП. Так как ключевым вопросом лечения ДНОАП является определение показаний к прекращению иммобилизации, идея использования МРТ с этой целью представляется логичной. В связи с этим необходимо ответить на основной вопрос: какая степень ОКМ (или его отсутствие) являются показателями завершения активной стадии? До настоящего времени эта проблема не разрешена, и только недавно опубликован протокол такого исследования [16].

По-видимому, радиоизотопные методы диагностики ДНОАП на активной стадии в настоящее время потеряли свою актуальность и могут быть использованы у пациентов с противопоказаниями к выполнению МРТ (например, наличие металлоконструкций). К наиболее распространенным можно отнести скинтиграфию с Tc^{99m} пирофосфатом. Чувствительность этого метода достигает 89 %, но специфичность не превышает 62 % [17–19]. В основном радионуклидная диагностика применяется в специализированных научно-клинических центрах для дифференциального диагноза

между ДНОАП и остеомиелитом. Для этого необходимо получить из крови пациента лейкоциты, нанести на них радиоактивную метку (например индий-111) и ввести эти лейкоциты обратно. Лейкоциты мигрируют в очаг остеомиелита, где и будет регистрироваться повышенный сигнал, а при ДНОАП такой избирательной миграции лейкоцитов не должно быть, т.к. гнойного процесса нет. Также для этого в научных целях используется позитронно-эмиссионная томография с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой. Совмещение радиоизотопной методики с компьютерной томографией или с МРТ позволяют увеличить разрешающую способность, чувствительность и специфичность методики [18]. Однако ценность этих методов для решения практических задач в реальной клинической практике полностью нивелируется их малой доступностью.

Роль компьютерной томографии (КТ) в диагностике ДНОАП невелика. На ранних стадиях КТ неинформативна, так как не в состоянии оценивать минимальные изменения [20]. Однако в тех случаях, когда неактивная стадия ДНОАП осложняется язвенным дефектом и остеомиелитом (как правило, на момент проведения исследования хроническим), выполнение КТ может быть полезным для визуализации морфологических особенностей области поражения, что, в свою очередь, позволяет использовать его для планирования оперативных вмешательств. Этим нередко пользуются на практике при обследовании перед реконструктивными операциями с различными вариантами металлоостеосинтеза для создания трехмерной картины костных структур стопы и голеностопного сустава.

Ультразвуковые методы не информативны для диагностики ДНОАП [20]. Однако так как типичной ошибкой при активной стадии 0 являются диагнозы тромбофлебита и диабетической ангиопатии (!), этим пациентам часто выполняется дуплексное сканирование артерий и вен нижних конечностей. Закономерной находкой в этом случае будет расширение и полнокровие вен и очень высокая скорость кровотока в артериях. Эти явления обусловлены автономной нейропатией и локальным воспалением. В то же время следует помнить и о том, что развитие активной ДНОАП вполне возможно даже при наличии стенозов и даже окклюзий при условии хорошего коллатерального кровообращения, которые в данном случае не являются показанием для реваскуляризации [21].

Очевидно, что стандартный алгоритм обследования пациента с активной стадией ДНОАП основан на принятии за аксиому следующего утверждения: если есть клинические признаки активности артропатии и имеются видимые при осмотре дефор-

мации, выполнение МРТ нецелесообразно, и следует ограничиться рентгенограммой.

Заключение

Подводя итог выше сказанному, можно сформулировать некоторые основные положения, касающиеся методов лучевой диагностики ДНОАП:

1. При подозрении на ДНОАП рентгенография должна назначаться в 100 % случаев. Рентгенограмма стопы должна захватывать все ее отделы. Боковая проекция позволит оценить состояние свода стопы, голеностопного сустава, и особенно — таранно-пяточного сочленения.

2. При наличии клинической картины активной стадии ДНОАП (отек стопы, ее гиперемия и гипертермия), отсутствии явных деформаций и деструкций на рентгенограмме, а также отсутствии дефекта кожных покровов и системных признаков воспаления необходимо выполнить МРТ без контрастирования.

3. Решение о снятии иммобилизации принимается на основании клинических критериев на фоне рентгенологической картины III по Eichenholtz или при рентгеногегативной артропатии — при минимальном в сравнении с исходным ОКМ в зоне интереса.

4. Для повышения эффективности диагностики ДНОАП следует налаживать тесное взаимодействие между лечащим врачом и специалистом в области лучевой диагностики.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Type 1 Diabetes Mellitus in adults. Clinical recommendations of the Ministry of Health of Russian Federation. In Russian [Клинические рекомендации Минздрава России. Сахарный диабет 1 типа у взрослых]. http://cr.rosminzdrav.ru/recomend/286_1 (05 January 2021).
2. Sohn M-W, Stuck RM, Pinzur M, et al. Lower-extremity amputation risk after charcot arthropathy and diabetic foot ulcer. *Diabetes Care*. 2010; 33 (1): 98–100. DOI: 10.2337/dc09-1497.
3. Eichenholtz S. Charcot Joints. Wilson. Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, Publisher. 1966.
4. Gooday C, Gray K, Game F, et al. Systematic review of techniques to monitor remission of acute Charcot neuroarthropathy in people with diabetes [published online ahead of print, 2020 Apr 21]. *Diabetes Metab Res Rev*. 2020; e3328. DOI: 10.1002/dmrr.3328.

5. Shibata T, Tada K, Hashizume C. The results of arthrodesis of the ankle for leprotic neuroarthropathy. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72 (5): 749–756.
16. Johnson JE. Operative treatment of neuropathic arthropathy of the foot and ankle. *J Bone Joint Surg.* 1998; 80 (11): 1700.
7. Sanverdi SE, Ergen BF, Oznur A. Current challenges in imaging of the diabetic foot. *Diabet Foot Ankle.* 2012; 3. DOI: 10.3402/dfa.v3i0.18754.
8. Schmidt-Bleek K, Schell H, Schulz N, et al. Inflammatory phase of bone healing initiates the regenerative healing cascade. *Cell Tissue Res.* 2012; 347 (3): 567–573. DOI: 10.1007/s00441-011-1205-7.
9. Zampa V, Bargellini I, Rizzo L, et al. Role of dynamic MRI in the follow-up of acute Charcot foot in patients with diabetes mellitus. *Skeletal Radiol.* 2011; 40 (8): 991–999. DOI: 10.1007/s00256-010-1092-0.
10. Piaggese A, Marcocci C, Golia F, et al. Markers for Charcot's neurogenic osteo-arthropathy in diabetic patients. *Diabetes.* 2000; 49 (5): A32.
11. Schlossbauer T, Mioc T, Sommerey S, et al. Magnetic resonance imaging in early stage charcot arthropathy: correlation of imaging findings and clinical symptoms. *Eur J Med Res.* 2008; 13 (9): 409–414.
12. Thorning C, Gedroyc WMW, Tyler PA. Midfoot and hindfoot bone marrow edema identified by magnetic resonance imaging in feet of subjects with diabetes and neuropathic ulceration is common but of unknown clinical significance. *Diabetes Care.* 2010; 33 (7): 1602–1603. DOI: 10.2337/dc10-0037.
13. Chantelau EA, Grotzner G. Is the Eichenholtz classification still valid for the diabetic Charcot foot? *Swiss Med Wkly.* 2014; 144: w13948. DOI: 10.4414/smw.2014.13948.
14. Çildağ MB, Ertuğrul MB, Köseoğlu ÖF, et al. A factor increasing venous contamination on bolus chase three-dimensional magnetic resonance imaging: Charcot neuroarthropathy. *J Clin Imaging Sci.* 2018; 8: 13. DOI: 10.4103/jcis.JCIS_77_17.
15. Thorning C, Gedroyc WMW, Tyler PA. Midfoot and hindfoot bone marrow edema identified by magnetic resonance imaging in feet of subjects with diabetes and neuropathic ulceration is common but of unknown clinical significance. *Diabetes Care.* 2010; 33 (7): 1602–1603. DOI: 10.2337/dc10-0037.
16. Gooday C, Game F, Woodburn J, et al. A randomised feasibility study of serial magnetic resonance imaging to reduce treatment times in Charcot neuroarthropathy in people with diabetes (CADOM): a protocol. *Pilot Feasibility Stud.* 2020; 6: 85. DOI: 10.1186/s40814-020-00611-3.
17. Fosbol M, Reving S, Petersen EH, et al. Three-phase bone scintigraphy for diagnosis of Charcot neuropathic osteoarthropathy in the diabetic foot — does quantitative data improve diagnostic value? *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017; 37 (1): 30–36. DOI: 10.1111/cpf.12264.
18. Pickwell KM, van Kroonenburgh MJ, Weijers RE, et al. F-18 FDG PET/CT scanning in Charcot disease: a brief report. *Clin Nucl Med.* 2011; 36 (1): 8–10. DOI: 10.1097/RLU.0b013e3181feeb30.
19. Short DJ, Zgonis T. Medical imaging in differentiating the diabetic Charcot foot from osteomyelitis. *Clin Podiatr Med Surg.* 201; 34 (1): 9–14. DOI: 10.1016/j.cpm.2016.07.002.
20. Walker EA, Beaman FD, Wessell DE, et al. ACR Appropriateness Criteria® suspected osteomyelitis of the foot in patients with diabetes mellitus. *J Am Coll Radiol.* 2019. 16 (11S): S440–S450. DOI: 10.1016/j.jacr.2019.05.027.
21. Demina AG, Bregovskiy VB, Karpova IA. Combination of active stage of diabetic Charcot neuroosteoarthropathy and diabetic lower limb macroangiopathy. *Diabetes Mellitus.* 2019; 22 (5): 491–498. DOI: 10.14341/DM10103. In Russian [Демина А.Г., Бреговский В.Б., Карпова И.А. Сочетание активной стадии нейроостеоартропатии Шарко и диабетической макроангиопатии нижних конечностей. *Сахарный диабет.* 2019; 22 (5): 491–498. DOI: 10.14341/DM10103].

Информация об авторах:

Бреговский Вадим Борисович, д.м.н., врач кабинета «Диабетическая стопа» СПб ГБУЗ «ГКДЦ № 1».

Author information:

Bregovskiy Vadim B., MD, Dr. Sci., Saint Petersburg City Consultative Diagnostic Centre.