

Диабетическая нейроостеоартропатия: краткий обзор вопросов лучевой диагностики

Азнауров В.Г., Кондратьев Е.В., Давыденко П.И., Широков В.С.

ФГБУ "Институт хирургии им. А.В. Вишневского" Минздрава России, Москва, Россия

Charcot Neuropathic Osteoarthropathy: a Brief Review of Imaging

Aznaurov V.G., Kondratiev E.V., Davydenko P.I., Shirokov V.S.

A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow, Russia

Синдром диабетической стопы – это полиморфное осложнение сахарного диабета, распространенность которого непрерывно растет. Тяжелейшей формой синдрома диабетической стопы является нейроостеоартропатия (НОАП), описанная французским неврологом Жаном-Мартеном Шарко во второй половине XIX века. НОАП является проявлением множества болезней – лепры, полиомиелита, сирингомиелии, ревматоидного артрита, отравления тяжелыми металлами и др., и была описана как проявление третичного сифилиса. Неоднократно предпринимались попытки классифицировать стадии НОАП и оптимальные для каждой стадии методы диагностики. На сегодняшний день существует неопределенность в классификации стадий НОАП и в диагностических алгоритмах при подозрении на НОАП. Ранняя диагностика НОАП имеет важнейшее значение, так как своевременное лечение может предотвратить деформацию стопы, возникновение язв и ампутацию конечности.

В настоящем обзоре рассмотрены наиболее актуальные классификации НОАП, продемонстрированы патогномоничные рентгенологические признаки НОАП. Также предложены возможные алгоритмы лучевой диагностики НОАП в зависимости от клинической картины и этапа лечения.

Ключевые слова: стопа Шарко, сахарный диабет, ДОАП, НОАП, синдром диабетической стопы.

Diabetic foot syndrome is a polymorphic complication of diabetes mellitus, the prevalence of it is continuously increasing. A severe form of diabetic foot syndrome is neuropathic osteoarthropathy (NOAP), described by the French neurologist Jean-Martin Charcot in the second half of the XIX century. NOAP is a manifestation of a variety of diseases – leprosy, poliomyelitis, syringomyelia, rheumatoid arthritis, heavy metal poisoning, and others, and was first described as a manifestation of tertiary syphilis. There were several attempts to classify the stages of NOAP and optimal diagnostic methods for each stage. Today, there is uncertainty in

the classification of stages of NOAP, and in diagnostic algorithms for suspected NOAP. Early diagnosis of NOAP is critical, since early treatment can prevent the deformation of the foot, the occurrence of ulcers, and amputation of limbs.

This review considers the most relevant NOAP classifications and demonstrates pathognomonic radiographic signs of NOAP. Possible radiological visualisation algorithms of NOAP are also suggested, depending on the clinical picture and the stage of treatment.

Key words: Charcot foot, DOAP, NOAP, neuropathic osteoarthropathy, diabetes mellitus, diabetic foot syndrome.

Введение

Всемирная организация здравоохранения прогнозирует, что сахарный диабет (СД) будет 7-й ведущей причиной смерти к 2030 г. [1]. Одним из осложнений СД является синдром диабетической стопы (СДС) – патологическое состояние стопы при СД, возникающее на фоне патологии периферических нервов и сосудов, характеризующееся поражением кожи и мягких тканей, костей и суставов, проявляющееся в виде трофических язв, костно-суставных изменений и гнойно-некротических процессов, согласно определению, данному Международной рабочей группой по диабетической стопе в 1999 г. [2].

Одной из форм этого синдрома является нейроостеоартропатия (НОАП), также известная как "стопа Шарко", впервые описанная французским врачом Жан-Мартеном Шарко в 1868 г. как проявление третичного сифилиса [3]. На сегодняшний день главную роль в причинах развития НОАП играет СД. НОАП является дегенеративным заболеванием с прогрессирующим разрушением кос-



тей и суставов стопы на фоне нейропатии. Это наиболее опасное проявление СДС, с тяжелым течением и требующее значительных расходов на лечение. Распознавание ранней стадии НОАП остается трудным и в настоящее время. Основной проблемой в России с ее высоким (свыше 12 млн диагностированных случаев у лиц в возрасте 20–79 лет и около трети остаются невыявленными [4]) уровнем заболеваемости СД является несвоевременная диагностика осложнений СД, в том числе и НОАП.

Выделены следующие формы СДС:

- 1) невропатическая форма;
- 2) нейроишемическая форма (смешанная);
- 3) нейроостеоартропатическая форма (стопа Шарко, НОАП).

Ранее также отдельно выделяли ишемическую форму, однако, по данным И.В. Гурьевой, поражение периферических нервов в той или иной степени присутствует у всех больных СД, что позволило включить эту форму в единую нейроишемическую форму [5].

Точная частота НОАП у людей с СД составляет от 0,1 до 0,4%, но в последнее время заболеваемость оценивается в 0,08–0,13% [6]. В случае НОАП с вовлечением стоп и голеностопных суставов заболеваемость возрастает до 7,5%, и более чем 9% из них имеют двустороннее поражение [7]. Из всех пациентов с СД, 0,1–7,5% имеют НОАП и 29% людей с СД, осложненным периферической невропатией, также страдают НОАП [8]. Кроме того, ее распространенность больше, так как реальные цифры искажены вследствие неправильной и запоздалой диагностики [9].

НОАП представляет собой серьезную угрозу для пациента вследствие значительного ухудшения качества жизни. Риск ампутации конечности и как следствие инвалидизации больного значительно повышается, а при неадекватном лечении неизбежен. Выделяют несколько причин, приводящих к ампутации конечности: ишемия, инфекционный процесс, невропатия, незаживающие раны,

незначительные травмы, кожные язвы, гангрена. Выделено 8 комбинаций этих причин, приводящих к ампутации в 73% случаев, и лишь острая ишемия в отдельности способна привести к ампутации в 46% случаев [10].

Наиболее очевидным является то, что формирование остеоартропатии непосредственно связано с существованием повреждения периферических нервов и травмы. P.R. Cavanagh и соавт. установили, что у пациентов с диабетической невропатией наблюдалась большая частота изменений костей и суставов, чем у пациентов без неврологических осложнений [11].

Классификации НОАП

Существует несколько классификаций НОАП. Классификации L. Sanders и R. Frykberg [12] и J. Brodsky [13] основаны на распределении изменений в костях и суставах по анатомическим областям. Одну из наиболее известных клинкорентгенологических классификаций НОАП предложил в 1966 г. S. Eichenholtz [14]:

I – начальная стадия – острое начало, разрушение сустава с костно-хрящевой фрагментацией, растяжение капсулы сустава, деформация связок и подвывихи;

II – этап консолидации – частичное рассасывание большинства костных фрагментов и их сращение с ближайшей костью;

III – этап реконструкции – ремоделирование стопы, стопа приобретает форму “пресс-папье”, “качалки”, происходят активный остеосклероз и частичное восстановление костей.

Часто используемой является и классификация E. Sella и J. Barrette, также основанная на рентгенологических данных, по сути, представляющая собой модификацию вышеприведенной классификации S. Eichenholtz [15]:

0 стадия – боль, отек, повышение температуры и покраснение кожи над суставом;

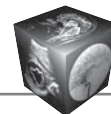
I стадия – резорбция кости, субхондральные кисты, эрозии, диастаз;

Для корреспонденции: Азнауров Владимир Григорьевич – 117997, Россия, Москва, ул. Большая Серпуховская, 27. ФГБУ “Институт хирургии им. А.В. Вишневского” МЗ РФ. Тел.: +7-926-010-06-56. E-mail: vaznaurov@ya.ru

Азнауров Владимир Григорьевич – аспирант отделения лучевой диагностики Института хирургии им. А.В. Вишневского МЗ РФ, Москва; **Кондратьев Евгений Валерьевич** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики Института хирургии им. А.В. Вишневского МЗ РФ, Москва; **Давыденко Павел Игоревич** – врач отделения лучевой диагностики Института хирургии им. А.В. Вишневского МЗ РФ, Москва; **Широков Вадим Сергеевич** – врач отделения лучевой диагностики Института хирургии им. А.В. Вишневского МЗ РФ, Москва.

Contact: Aznaurov Vladimir – 117997 Russia, Moscow, Bolshaya Serpukhovskaya, 27. A.V. Vishnevsky Institute of Surgery. Phone: +7-926-010-06-56. E-mail: vaznaurov@ya.ru

Aznaurov Vladimir Grigoryevich – student of radiology department of A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow; **Kondratiev Evgeniy Valeryevich** – cand. of med. sci., Senior Researcher Fellow of radiology department A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow; **Davydenko Pavel Igorevich** – radiologist of radiology department A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow; **Shirokov Vadim Sergeevich** – radiologist of radiology department A.V. Vishnevsky Institute of Surgery, Moscow.



- II стадия – подвывихи;
- III стадия – вывих и разрушение сустава;
- IV стадия – заживление и гипертрофия кости.

В 2014 г. E. Chantelau и G. Grutzner предложили новую классификацию НОАП [16], основанную на клинической картине и данных МРТ. Эта классификация является относительно простой и в то же время удобной. Предложено всего 2 стадии НОАП – активная (А) и неактивная (В), которые определяются по наличию или отсутствию отека костного мозга (ОКМ). Для оценки состояния костей также предложены степени 0 и I, которые определяются наличием хотя бы одного кортикального перелома в прошлом или на данный момент (I) либо отсутствием каких-либо переломов в прошлом и настоящем (0).

Диагностика острой стадии НОАП

Острая стадия НОАП. В острой стадии НОАП характеризуется отеком, покраснением кожи и повышением температуры стопы [8]. Чаще всего поражаются предплюсне-плюсневые суставы и кости и суставы предплюсны – II и III типы поражения по классификации L. Sanders и R. Frykberg [12]. Язвы, раны, дефекты мягких тканей, свищи для этой стадии нехарактерны.

Как правило, первоначальным методом визуализации является классическая рентгенография стопы [17]. Ранним признаком НОАП при рентгенографии является очаговая остеопения [18]. Тем не менее, к сожалению, чувствительность традиционной рентгенографии в выявлении изменений в острой стадии НОАП низка и составляет, по некоторым данным, не более 50% [19, 20]. Компьютерная томография (КТ) расширяет возможности выявления изменения в суставах, мягких тканях и костном мозге не позволяя стать этому методу приоритетным в диагностике острой стадии. Методом выбора является МРТ [17]. В отсутствие изменений в мягких тканях, множественные изменения в суставах среднего отдела стопы являются характерными для НОАП [18]. При МРТ в острой стадии выявляется ОКМ, отек мягких тканей, также возможна диагностика микропереломов. ОКМ, как правило, не ограничивается одной или двумя костями, а виден во всем среднем отделе и характеризуется низким уровнем сигнала на T1-взвешенных изображениях и высоким уровнем сигнала на T2ВИ. ОКМ визуализируется в области сочленений (рис. 1), что свидетельствует об их поражении [21, 22]. Таким образом, МРТ является оптимальным методом диагностики в острой стадии НОАП (рентгенонегативной).

Хроническая стадия НОАП. Для хронической стадии покраснение кожи и повышение температуры стопы нехарактерно, однако ОКМ может сохраняться [23]. Отек мягких тканей к этому моменту, как правило, спадает. В англоязычной литературе выделены “6 D”, характерных для этой стадии, – joint distention (пастяжение), destruction (разрушение), dislocation (дислокация), disorganization (дезорганизация), debris (детрит) и increased bone density (увеличение плотности костной ткани) [21].

При хронической стадии НОАП диагностическая ценность классической рентгенографии возрастает по сравнению с применением в острой стадии [24]. Классическая рентгенография позволяет визуализировать патологические переломы, вывихи и подвывихи костей среднего или переднего отдела стопы (рис. 2), крупные и множественные остеофиты во всех отделах стопы, остеопороз среднего и переднего отделов стопы. Так как к этому моменту присутствует выраженная нейропатия, пациент преимущественно не чувствует боли при переломах, это приводит к дальнейшей травматизации, нередко практически полному разрушению костей среднего отдела стопы (рис. 3) и неправильному сращению переломов. До 73% пациентов не могут определить момент травмы [25]. На этой стадии при рентгенографии выявляют язвы и свищи, нередко на боковых поверхностях стопы (рис. 4). Хроническая стадия характеризуется наличием одновременно происходящих процессов разрушения костной ткани и консолидацией, наряду с деформациями, дезинтеграциями суставов, вывихами костей и ремоделированием стопы по типу “пресс-папье” [14]. Нередко обнаруживаются кальцифицированные сосуды (рис. 5–7). Ремоделирование стопы приводит к изменению структуры нагрузок на стопу. Кубовидная кость становится основной костью, на которую приходится весь вес тела. В этот момент она часто находится в положении подвывиха и заостренным концом упирается в мягкие ткани подошвенной поверхности стопы, что приводит к формированию мозоли, а затем и изъязвления мягких тканей подошвенной поверхности стопы [23, 26]. На рентгенографии в этой стадии можно выявить все вышеописанные признаки, однако в хронической стадии для предоперационной подготовки более оправданно применение КТ. КТ в хронической стадии НОАП, является, на наш взгляд, более предпочтительной, чем МРТ, так как большое значение имеют состояние костей, возможность формирования криволинейных и объемных реконструкций для оперативного вмешательства.

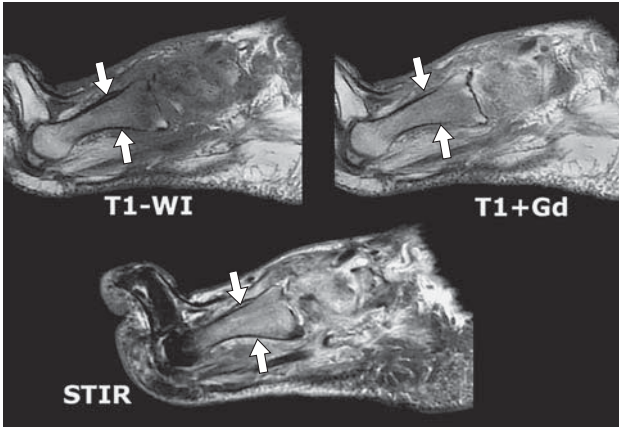


Рис. 1. МРТ-изображения. Серии STIR, T1WI, T1Gd. Серия МРТ-изображений пациента в острой стадии НОАП. ОКМ (стрелки), как правило, не ограничивается одной или двумя костями, а виден во всем среднем отделе. ОКМ визуализируется в области сочленений, что свидетельствует об их поражении. Мягкие ткани без особенностей, признаков инфекционного процесса не наблюдается (цит. по Schoots I. и соавт. [22]).

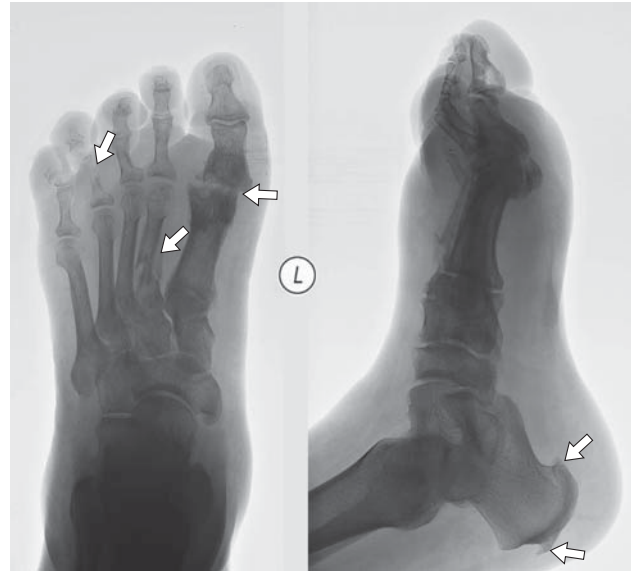


Рис. 2. Рентгенограммы в прямой (а) и боковой (б) проекциях. Подвывих первого плюснефалангового сустава, разрушение костных структур IV пальца, множественный перелом 2-й плюсневой кости (стрелки). Визуализируются пяточные шпоры на боковом снимке. Отек мягких тканей стопы.



Рис. 3. Рентгенограммы в косой (а) и прямой (б) проекциях. Вывихи, подвывихи костей среднего отдела стопы. Практически полное разрушение костей среднего отдела стопы.



Рис. 4. Рентгенограммы в прямой (а) и косой (б) проекциях. Свищ в мягких тканях медиальной поверхности стопы (стрелки). Деформация стопы.

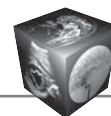


Рис. 5. Рентгенограммы в прямой (а) и косой (б) проекциях. Визуализируются признаки консолидации перелома основания IV плюсневой кости. Визуализируется резкий остеосклероз III плюсневой кости в противоположность резкой порозности и гипотрофии II плюсневой кости (стрелки).



Рис. 6. КТ-изображение, MIP, сагиттальный срез. Деформация стопы по типу «стопы-качалки». Язва на подошвенной поверхности стопы. Кальцинированный сосуд. Подвывих кубовидной кости. Полость в пяточной кости (стрелки).

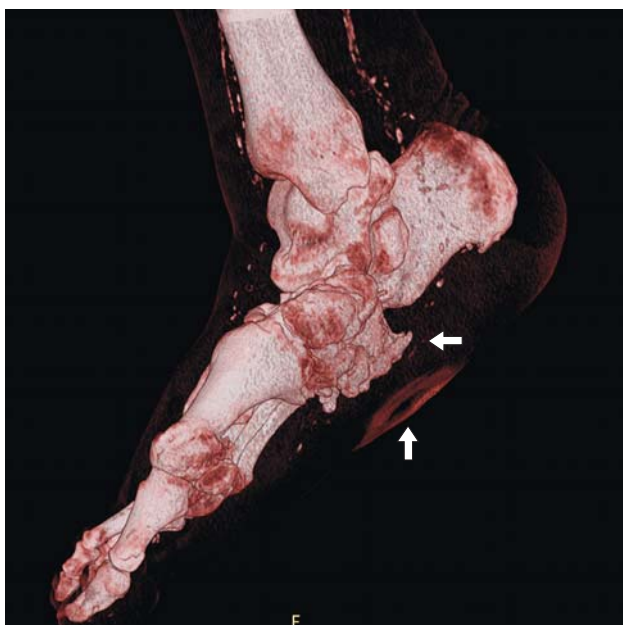


Рис. 7. КТ-изображение, объемная реконструкция. Деформация стопы по типу «пресс-пальце». Язвенный дефект мягких тканей подошвенной поверхности стопы вследствие смещения кубовидной кости (стрелки).

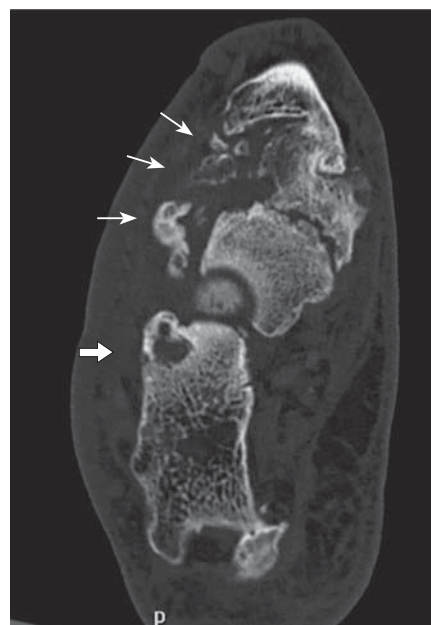


Рис. 8. КТ-изображения, аксиальные срезы. Киста в пяточной кости (стрелка), оскольчатый переломы костей среднего отдела стопы (тонкие стрелки).



ства. При нативном исследовании всегда можно точно определить расположение костных фрагментов. Часто обнаруживаются кисты в пяточной и таранной костях (рис. 8). Таким образом, при хронической стадии НОАП оптимальным методом диагностики является КТ за счет высокой разрешающей способности для оценки состояния костей.

Дифференциальная диагностика НОАП и остеомиелита

МРТ позволяет провести дифференциальную диагностику НОАП и остеомиелита. При дифференциальной диагностике НОАП и остеомиелита следует помнить, что в отличие от остеоартропатии остеомиелит, прежде всего, – болезнь костей переднего и заднего отделов стопы, тогда как НОАП – преимущественно заболевание суставов среднего отдела стопы (см. рис. 1). НОАП в острой стадии поражает суставы, а не кости, в отличие от остеомиелита. Диагностический алгоритм дифференциальной диагностики относительно прост и заключается в следующем – следует оценить наличие ОКМ. Если выявлены признаки ОКМ в сочетании со свищом, имеющим ход до кости, то вероятность наличия остеомиелита высока (рис. 9). Если свищевой ход отсутствует, но выявлены признаки ОКМ, вероятно, это НОАП [23].

Возможные диагностические алгоритмы при подозрении на НОАП

Анализируя данные литературы в процессе работы над обзором, мы предложили несколько возможных диагностических алгоритмов при подозрении на НОАП. Алгоритмы исходят из реальных возможностей современных российских лечебно-профилактических учреждений и нацелены на оптимизацию последовательности исследований.

Первый алгоритм включает в себя практически все доступные методы диагностики:

- 1) МРТ (первичная оценка в острой стадии);
- 2) КТ (предоперационное планирование, хроническая стадия);
- 3) рентгенография (постоперационный контроль);
- 4) ПЭТ/КТ (в случае сложностей с дифференциальной диагностикой НОАП и остеомиелита).

Второй алгоритм более доступен и является наиболее эффективным и применимым в качестве рутинного:

- 1) МРТ (первичная оценка в острой стадии);
- 2) КТ (предоперационное планирование в хронической стадии, оценка состояния костей после стихания активной фазы);
- 3) рентгенография (контроль);

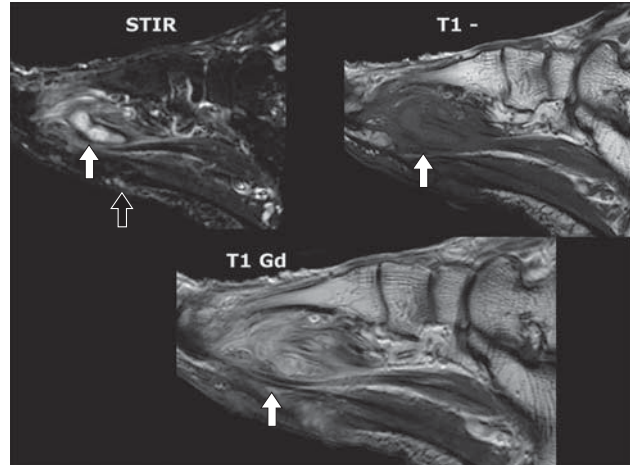


Рис. 9. МР-изображения, STIR, T1WI, T1Gd. Остеомиелит. Небольшой кожный дефект (черная стрелка) и отек плюсны. Вторичный признак, абсцесс (белые стрелки), визуализируется в передней части стопы с высокой интенсивностью сигнала на STIR, сигналом низкой или средней интенсивности на T1ВИ и повышением интенсивности сигнала по краям абсцесса на T1ВИ с контрастированием гадолинием (цит. по Schoots I. и соавт. [22]).

4) при необходимости – повторная МРТ.

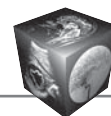
Третий алгоритм отличается высокой доступностью, невысокой стоимостью, однако его точность и эффективность значительно ниже первых двух:

- 1) рентгенография (первичная оценка);
- 2) КТ (повторная оценка и предоперационное планирование);
- 3) рентгенография (контроль).

Заключение

НОАП серьезно ухудшает качество жизни пациента. Риск ампутации конечности резко повышен при этом состоянии. Нередки случаи самоампутации пальцев стопы при обувании и надевании чулочно-носочных изделий. Однако возможно замедлить развитие болезни при помощи своевременной диагностики, в том числе и лучевыми методами визуализации. В связи с этим, особое значение придается ранней и точной диагностике НОАП. Для каждой стадии болезни актуальны определенные методы диагностики.

Рентгенологические признаки НОАП сравнительно неплохо изучены и при определенном сочетании патогномоничны, хотя многофакторность поражения затрудняет диагностику. В настоящее время целью врачей в России должны стать правильная интерпретация этих признаков, повышение уровня осведомленности о осложнениях СД и, в частности, НОАП.



Список литературы / References

1. Mathers C.D., Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Med.* 2006; 3 (11): 442.
2. Apelqvist J., Bakker K., Van Houtum W.H. et al. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot. International Working Group on the Diabetic Foot. *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2000; 16 (Suppl. 1): 84–92.
3. Charcot J.M. Sur quelques arthropathies qui paraissent dépendre d'une lésion du cerveau ou de la moelle épinière. *Arch. Physiol. Norm. Pathol.* 1868; 1: 161–178.
4. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas.* 2015; 7: 52–55.
5. Гурьева И.В. Профилактика, лечение, медико-социальная реабилитация и организация междисциплинарной помощи больным с синдромом диабетической стопы: Автореф. дис. д-ра мед. наук. М., 2001. 29 с. Gurieva I.V. Prevention, treatment, medical and social rehabilitation and the organization of multidisciplinary care for patients with diabetic foot syndrome: Autoref. dis. ... dokt. mednauk. M., 2001. 29 p. (In Russian)
6. Güven M.F., Karabiber A., Kaynak G. et al. Conservative and surgical treatment of the chronic Charcot foot and ankle. *Diabet. Foot Ankle.* 2013; 4.
7. Klenerman L. The Charcot joint in diabetes. *Diabet. Med.* 1996; 13 (Suppl. 1): 52–54.
8. Chisholm K.A., Gilchrist J.M. The Charcot joint: a modern neurologic perspective. *J. Clin. Neuromuscul. Dis.* 2011; 13: 1–13.
9. Van der Ven A., Chapman C.B., Bowker J.H. Charcot neuroarthropathy of the foot and ankle. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2009; 17 (9): 562–571.
10. Pecoraro R.E., Reiber G.E., Burgess E.M. Pathways to diabetic limb amputation. Basis for prevention. *Diabetes Care.* 1990; 13: 513–521.
11. Cavanagh P.R., Young M.J., Adams J.E. et al. Radiographic abnormalities in the feet of patients with diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 1994; 17 (3): 201–209.
12. Sanders L., Frykberg R. Diabetic neuropathic osteoarthropathy: the Charcot foot. In: Frykberg R. (ed). *The high risk foot in diabetes mellitus.* New York: Churchill Livingstone, 1991: 297–338.
13. Brodsky J.W. The diabetic foot. In: Coughlin M.J., Mann R.A., Saltzman C.L. eds. *Surgery of the Foot and Ankle.* St. Louis, MO: Mosby, 2006; 8: 1281–1368.
14. Eichenholtz S.N. *Charcot Joints.* With a foreword by Philip D. Wilson. Springfield Illinois: Charles C. Thomas Publisher, 1966: 7–8.
15. Sella E.J., Barrette C. Staging of Charcot neuroarthropathy along the medial column of the foot in the diabetic patient. *J. Foot. Ankle Surg.* 1999; 38 (1): 34–40.
16. Chantelau E.A., Grutzner G. Is the Eichenholtz classification still valid for the diabetic Charcot foot? *Swiss. Med. Wkly.* 2014; 144: w13948.
17. Loredó R., Rahal A., Garcia G. et al. Imaging of the diabetic foot diagnostic dilemmas. *Foot & Ankle Specialist.* 2010; 3 (5): 249–264.
18. 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: 257–268.
19. Morrison W.B., Ledermann H.P. Work-up of the diabetic foot. *Radiol. Clin. N. Am.* 2002; 40 (5): 1117–1192.
20. Chantelau E., Poll L.W. Evaluation of the diabetic charcot foot by MR imaging or plain radiography an observational study. *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes.* 2006; 114: 428–431.
21. Ledermann H.P., Morrison W.B. Differential diagnosis of pedal osteomyelitis and diabetic neuroarthropathy: MR imaging. *Semin. Musculoskelet. Radiol.* 2005; 9: 272–283.
22. Schoots I., Maasand M., Smithuis R. Diabetic foot – MRI examination. URL: <http://www.radiologyassistant.nl/en/p4b6e855359a09/diabetic-foot-mri-examination.html> [Дата обращения 24.01.2016].
23. Schoots I.G., Slim F.J., Busch-Westbroek T.E. et al. Neuro-osteoarthropathy of the foot-radiologist: friend or foe? *Seminars Musculoskelet. Radiol.* 2010; 14: 365–376.
24. Gouveri E., Papanas N. Charcot osteoarthropathy in diabetes: a brief review with an emphasis on clinical practice. *World J. Diabetes.* 2011; 2: 59–65.
25. Armstrong D.G., Todd W.F., Lavery L.A. et al. The natural history of acute Charcot's arthropathy in a diabetic foot specialty clinic. *Diabet. Med.* 1997; 14: 357–363.
26. Ledermann H.P., Morrison W.B., Schweitzer M.E. et al. Tendon involvement in pedal infection: MR analysis of frequency, distribution, and spread of infection. *Am. J. Roentgenol* 2002; 179: 939–947.